反転鋤込み耕（ボトムプラウ耕）技術の系統化調査

3

History of Reversal Tillage (bottom plow tillage) Technology

田辺 義男 *Yoshio Tanabe*

反転耕（ボトムプラウ耕）は一般の人にとっては馴染みが薄く、その説明に苦慮するところである。農耕が始まって以来、農作物を栽培するうえで耕すという行為は大昔より棒→石斧→鍬→鋤→洋犂と時代と共に変遷してきたが土を掘る、反転する、砕土することには基本的に変わりはないのではないかと思われる。人々は鍬や犂により田畑の土を少しでも深く耕し、柔らかな土を求めて圃場を作ってきた。そのことが豊かな稔りを得るために必要であることを長い経験の中で学んできた。農具をけん引する動力源の進歩と同時に農機具自体が改良されて、大型化、堅牢化、精密化が図られてきているが原理は同じである。

望ましい土の条件は、播種した種子の発芽と、その後の生育に良好な環境を与え、その環境が毎年維持されることである。このことは土壌構造と密接な関連を有する。

作物が生育するには、根から養分を吸収しなければならず、そのために根は自由に伸びなければならない。土の養分は広い範囲にバランスよく位置していること、有機物が豊富にあり、その腐食を助けるに必要な水と空気、地温が充分であること、それを分解して根に吸収しやすくする微生物も豊富にあることが肝要である。水と空気が適当であれば地温も高まるのである。腐食した有機物は土の単粒構造を結びつけて団粒にする糊のような役目を果たし、土壌の団粒構造化を促進する。

化学肥料を与えすぎない、表土に雑草や害虫がなく作物の生育に支障を与えないことも大事である。根は養分を求めて自由に伸びる。したがって土は広い範囲にわたって適度の柔らかさに保たれていなければならない。これを実現するために硬盤（不透水層）を破砕し、さらに深く耕し、広い範囲を膨軟にし、作土層を広げなければならない。また、条件に応じて排水を良くすることも必要である。サブソイラやプラソイラで心土を破砕しても不足の場合は、暗渠を施工して作物の生育環境を良好にすることもしなければならない。

土の中の養分は作物に吸収されて、減少してゆく。したがって、有機物を入れなければ地力は低下していくことになる。残った養分の維持は当然として、作物により吸収されたよりも多くの有機物を土に返さなければならない。この循環農法こそ作物にとって、望ましい土づくりの条件であり、持続型農業の基本である。

農作業体系を一般的に説明すると、①排水対策（サブソイラ、プラソイラ、溝掘り機）②施肥、堆肥散布（ブロードキャスター、マニアスプレッダ）③耕起（ボトムプラウ、ロータリティラー、駆動型デスクプラウ、スタブルカルチ）④砕土・整地（ロータリハロー、バーチカルハロー、デスクハロー、レーザーレベラー）⑤播種・移植（ドリル、田植え機、プランター）⑥防除（スプレイヤー）⑦追肥　⑧収穫（コンバイン、ハーベスタ）⑨乾燥・調整（乾燥機、もみすり機、選別機）と多工程になる。

農作業体系の中の③耕起方法は大きく分けてⓐ反転耕（ボトムプラウ耕）、ⓑ撹土耕（ロータリティラー）、ⓒ簡易耕（スタブルカルチ、駆動型デスクプラウ）に分類される。

本系統化のテーマである反転耕（ボトムプラウ耕）は農業にとって基本となる土の物理性の改善と維持のため有効な手段である。深耕によって根圏域の拡大、有機物の鋤き込み、表層土壌の再生、土壌の均質化、潜在地力の活用と保全、作業の高能率化をもたらし、播種作業前に最適な土壌環境を作ることを可能とする。

北海道農業は、明治開拓以来ケプロンをはじめ多くの西欧の技術者の指導により、畑作畜産を主体とし、西欧型畜力機械化農業が行われてきたが、その西欧では既に戦前にトラクタによる農業の機械化が広く実施されていた。

これに対し、北海道農業の機械化が進みだしたのは、戦後になってからの昭和30年ころからであった。しかし、誰もが考えられないハイスピードで、明治開拓以来続いていた畜力機械体系から一挙にトラクタ機械体系に移行し、現在の様な北海道の農業に進展したのである。

農業の機械化の急速な進展の背景には、戦後の混乱した世相を安定させるために、食糧を確保しようとする社会経済政策があった。一刻も早く不足する食糧を増産し、アメリカによる全面的な食糧支配から脱することに加え、機械化の結果余剰となった農村の労働力を、他の産業の振興のために振り向けようという思惑もあった。

また占領政策にとって封建的な農村機構の体制は不都合であり、これを変革して農業の近代化を急ぐ必要もあった。その基本政策として農地法、農協法、更には農業基本法を制定した。北海道は広大なる農地と未墾地を有している。これらを改良・開発し、食料増産基地として早期に整備することは当時の諸々の時代背景として喫緊の課題であったのである。このためにも大型機械化の普及が急務であった。

第１章では農耕の始まりを紹介する。田畑の耕しは、棒によって土を突く、掘ることに始まった。このため、持ちやすく、刺さりやすくする形態のものが多い。それが進化して打込みやすいように角度が付き、鍬の原型のようになった。さらに進歩して人力で引っ張る鋤のような形になった。これは現在のプラウの原型のように思える。4000 年前から土の耕起・反転の原理は同じである。

第２章では、韓国・中国から伝わり、日本で江戸時代に盛んに改良が進んだ和犂について説明する。増収のための深耕の始まりである。この流れは、明治時代後半からの松山原造、高北新冶郎を始めとする諸人の研究につながり、近代短床犂が完成した。

第３章では、洋犂（プラウ）の起源と、現在のプラウの基となった洋犂の発達を紹介する。

第４章では、洋犂（プラウ）の北海道への導入と農業機械化の変遷について述べる。1869（明治２）年にプロシア商人ガルトネルが七重村に３頭曳きプラウを持込んだのが最初といわれる。北海道開拓庁は 1874（明治７）年に基幹農機具としてプラウを米国から輸入している。ケプロンは技術普及のために農業現術生制度を設け、洋式農業の普及に努めた。当時導入された洋式農具についても説明する。また北海道農業機械の進展についての経緯を説明する。

第５章ではトラクタ用プラウの変遷と畑地の耕起について述べる。欧米の製品をそのまま、日本の土に適用できるほど農耕は単純ではない。物真似の時代を経て、日本独自のプラウ曲面、土壌付着問題の解決などに到った国産化の過程について説明する。

第６章では、畑地の土層・土壌改良とその器具であるプラソイラおよび沖縄用プラウについて述べる。北海道は火山灰土、泥炭など不良土が多く土層改良が必須の課題であった。開発された畑地の土層改良について、利用した機械とその効果について説明する。また、心土を活用する新しい考えで開発されたプラソイラについての効果も説明する。さらに、沖縄の重粘土に取組んだ土耕機メーカーの開発経緯を紹介する。

第７章では、水田の耕起、砕土、整地（レーザーレベラー）について述べている。日本の水田面積は約 245 万 ha で耕地面積の約半分を占める。コメ余り現象の中でこれをどのように活用するかが長年の課題であるが、農業技術は確実に進んでおり、本章では新しいレーザーレベラーを使用した耕法について説明する。

第８章では、作物にとり望ましい土の構造はどうあるべきか、何故プラウ耕が必要なのか、といったことを含め、畑地の易耕性について説明する。

第９章では、プラウ耕とトラクタドラフトコントロール機能について説明する。耕起作業の仕上がり状態は後作業に大きな影響を与える。圃場の変化に合った耕起作業が出来るようにドラフトコントロール機能が設定されている。この装置について説明する。

第 10 章では、ボトムプラウの種類と機能について基本的なことを説明する。

第 11 章では、プラウ耕の技術を応用した工事について説明する。土を起こす、反転する、破砕するといった機能を持つプラウは農耕以外に利用されることが多いので、その例を紹介する。火山噴火による降灰への対策、湖底に水道管を敷設する湖底プラウ、プラウ耕を利用した基盤整備、汚染土壌のゼロ排土埋却等、代表的なものについて説明する。

第 12 章では軽量で耐久性のあるプラウの生産についての一部を紹介する。プラウの生産は農業大国のヨーロッパ、アメリカが主流である。日本では 20～200PS の幅広い範囲のトラクタを使用して、小規模から大規模までの農業が行われている。対応する製品も少量多品種になっている。このようなニーズに対応したプラウについて述べる。

日本農業も TPP 大筋合意で専業農家と兼業農家の進むべき方向が明確になってくるものと考えられる。農業製品分野では米国、カナダ、ブラジル、豪州、ニュージーランドが主な参加国で、わが国は経営規模的には対等に戦えず、品質、安全性等の面での競争になると考える。本技術系統化が、農業経営の後継者が反転耕（プラウ耕）による持続性ある土つくりを不断に行い、魅力ある農業を実践していく上での参考になることを期待する。

■ Abstract

Reversal tillage (bottom plow tillage) is not a familiar term for the general public, and it can be a struggle to explain. Since the start of agriculture, tilling has been a part of cultivating crops. Though the tools have changed with the times, from sticks to stone axes to hoes to spades to Western plows, the basic act of digging, turning, and harrowing the soil appears to have remained the same since the earliest of times. Humans have used hoes and plows to till the soil as deep as they could, making fields in pursuit of soft soil. They have learned through experience over a long period of time that tilling is necessary to achieve a bountiful harvest. Agricultural equipment has been improved along with the advancement in sources of power to pull agricultural implements. Equipment has been made larger, more durable, and more precise, but the principle is the same.

The best soil condition is one that provides a good environment for sown seeds to germinate, then grow—and preserves that environment every year. This is closely related to soil structure.

For crops to grow, they must absorb nutrients with their roots, and for that, the roots must be able to grow freely. The keys are for the soil to have its nutrients distributed in a balanced way over a wide area; have ample organic matter; have enough water, air, and soil temperature to help it decay; and have ample microorganisms which break it down and make it easier for the roots to absorb nutrients. If the water and air are appropriate, the soil temperature also rises. Decomposed organic matter acts like glue to bind together the single particles in the structure of soil into aggregates, promoting the formation of aggregate structures in the soil.

It is also important that not too much chemical fertilizer is used, and that the soil surface is free of weeds and harmful insects so that they do not inhibit crop growth.

Roots grow freely as they seek nutrients. Accordingly, soil must be kept reasonably soft over a wide area. To bring this about, the hardpan (impermeable layer) must be broken up, the soil tilled even deeper, and a wider area loosened to spread the plowed layer. It is also necessary to improve drainage according to the circumstances. If breaking up the subsurface soil with a subsoiler or plowsoiler is not enough, ditches may need to be constructed to make the growing environment good for the crop.

The nutrients inside soil decrease as they are absorbed by the crop. Therefore, soil productivity decreases unless organic matter is added. In addition to retaining the remaining nutrients, more organic matter than was absorbed by the crop must be returned to the soil. This cyclical farming method is a condition for creating the ideal soil for crops and is the basis for sustainable farming.

A general explanation of the system of agricultural operations involves many stages: (1) draining (subsoiler, plowsoiler, trench excavators); (2) fertilization and compost-spreading (broadcaster, manure spreader); (3) plowing (bottom plow, rotary tiller, driven disk plow, stubble cultivator); (4) harrowing and soil preparation (rotary harrow, vertical harrow, disk harrow, laser level); (5) sowing and transplanting (drill, rice transplanter, planter); (6) pest control (sprayer), (7) fertilizer addition; (8) harvesting (combine, harvester); and (9) drying and preparation (dryer, huller, sorter).

The methods for Item (3) plowing in the system of agricultural operations can be loosely classified into (a) reversal tillage (bottom plow tillage); (b) tillage by stirring (rotary tiller), and (c) minimum tillage (stubble cultivator, driven disk plow).

Reversal tillage (bottom plow tillage), the theme of this systemization, is an effective method of improving and maintaining the physical condition of soil, a basis for farming. Deep tilling brings about the expansion of the rhizosphere, the plowing in of organic matter, the renewal of surface soil, the homogenization of soil, the use and conservation of potential soil productivity, and the enhancement of work efficiency. It also makes possible the preparation of a suitable soil environment before the sowing process.

Farming in Hokkaido since its development in the Meiji era had been mainly of crops and livestock by way of animal-powered mechanized farming in the Western style under the guidance of many Western experts such as Capron. In the Western world, mechanized farming using tractors was already widely in use before World War II.

In contrast, the mechanization of farming in Hokkaido started to progress only after the war, in the mid-1950's. However, the speed of adoption was higher than anyone would guess. The animal-powered mechanical system which had been in use since its development in the Meiji era was at once abandoned for the system of mechanized tractors, advancing to the current state of farming in Hokkaido today.

Behind the rapid advancement of the mechanization of farming was a socioeconomic policy seeking to secure food to stabilize the social conditions of postwar confusion. One goal was to increase the then the insufficient production of food as soon as possible to get away from complete reliance on the U.S for food. There was the additional anticipation of using the labor of farming villages made redundant by mechanization to further other industries.

Furthermore, a system with a feudalistic farming-village structure was not suitable for the occupation policy, and there was a need to reform this and expedite the modernization of farming. The Agricultural Land Act, the Agricultural Cooperatives Act, and the Agricultural Basic Act were enacted as basic policies. Hokkaido has a vast amount of agricultural and uncultivated land. In the varying context of the times, improving and developing these and expediting their preparation as a base for increased production of food was a pressing issue. For this reason, also, the adoption of large-scale mechanization was an urgent matter.

Chapter 1 presents the start of agriculture. Tilling of the field began with jabbing and digging soil with sticks. For this reason, most utensils are shaped for easy holding and piercing. It evolved to form an angle for easier driving and became a primitive hoe. It progressed further and became shaped like a spade to be pulled by human force. This appears to be the primitive form of the modern plow. The principle of soil plowing and overturning has been the same since 4,000 years ago.

Chapter 2 explains the wari, a plow introduced from Korea and China that underwent extensive improvement in Japan during the Edo period. It was the beginning of deep tilling for increased yield. The course of events led to the research of many such as Genzo Matsuyama and Shinjiro Takakita starting in the latter half of the Meiji period, culminating in the completion of the modern tanshori (short-heel plow).

Chapter 3 presents the origins of the Western plow and the development which became the basis for the plow of today.

Chapter 4 describes the introduction of the Western plow to Hokkaido and the changes of the mechanization of farming. A plow pulled by three animals brought by the Prussian merchant Gaertner to the village of Nanae in 1869 is

said to be the first. The Hokkaido Development Agency imported plows from the U.S. in 1874 as key farming equipment. Capron established the farming internship program to spread technology and made efforts to popularize the Western way of farming. The Western style farming equipment introduced at that time is also explained, as well as the sequence of events regarding the advancement of Hokkaido farming equipment.

Chapter 5 describes the changes in plows for tractors and the tilling of farmland. Agriculture is not so simple that European and American products can be applied as-is to Japanese soil. The process leading to a domestic plow is explained, from the period of imitation to the development of a Japanese original curve on the plow and a solution for the problem of soil attachment.

Chapter 6 describes the improvement of the soil layer and soil of farmland, the tools used—the plowsoiler and the plow for Okinawa. Hokkaido has much volcanic ash soil, peat, and other undesirable soil, making soil layer improvement a necessary challenge. Equipment used in improving soil of developed farmland is explained, along with its effects. The effect of a plowsoiler is also explained—a product of a new idea to make use of subsurface soil. Also presented is the history of development by a soil tilling machinery manufacturer who took on the heavy clay soil of Okinawa.

Chapter 7 describes the tilling of paddy fields, harrowing, and soil preparation (laser level). Paddy fields in Japan total 2,450,000 hectares (9,459 square miles), taking up about half of cultivated land. Making use of this has been a long-term issue with the phenomenon of excess rice, but farming technology has certainly progressed. This chapter explains a new method of tilling using new laser levels.

Chapter 8 explains the tilth of farmland, including what the ideal soil structure for crops should be and why plow tilling is necessary.

Chapter 9 explains plow tilling and the tractor draft control system. The condition at the completion of tilling greatly affects the procedures that follow. The draft control system is set so that tilling can be done, adapting to the variations of the field. This system is explained.

Chapter 10 explains the basics of the types and functions of bottom plows.

Chapter 11 explains how plow tilling technology is applied to construction. Plows which bring up soil, overturn it, and crush it are often used outside of agriculture. Some examples are presented. Some typical uses are explained, such as measures against ash from volcano eruptions, lake-bottom plows for laying water pipes on lake floors, laying of foundations using plow tilling, zero-soil removal burial of contaminated soil.

Chapter 12 presents an aspect of the production of lightweight and durable plows. Plows are mainly manufactured in the great farming countries of Europe and the U.S. A wide range of tractors from 20 to 200 PS are used in Japan for farming, from small-scale to large-scale. A wide variety of applicable products are also becoming available in smaller lots. Plows filling such needs are described.

With broad agreement having been reached by the Japanese government regarding TPP, the paths to be taken by those who farm as their main or subsidiary business are expected to become clearer. In the category of agricultural products, the major players are the U.S., Canada, Brazil, Australia, and New Zealand. Japan cannot compete in terms of size of operations, but is expected to be able to compete in terms of quality and security. It is hoped that this systemization of technology will become a reference point as successors to agricultural management continue to use reversal tillage (plow tilling) to prepare sustainable soil to put attractive farming into practice.

■ Profile

田辺　義男 *Yoshio Tanabe*

昭和39年 3月	北海道道立旭川工業高校　機械科卒業
昭和39年 4月	日立製作所那珂工場へ入社
昭和42年 8月	同社退社
昭和42年 9月	スガノ農機株式会社へ入社
昭和48年11月	ホワイトハーベスター製造(株)へ入社 ビート収穫機の開発、製造に携わる。
昭和51年12月	同社代表取締役就任
昭和53年12月	スガノ農機株式会社取締役就任
昭和57年10月	同社茨城工場　工場長就任
平成 4年 2月	同社常務取締役就任
平成22年 7月	定年により退職。技術顧問に就任
平成25年 6月	スガノ創新株式会社　取締役就任
平成27年 4月	国立科学博物館 産業技術史料情報センター主任調査員
平成27年 6月	同社退社　スガノ農機技術顧問に就任
平成28年 2月	スガノ農機　退社

■ Contents

はじめに …… 261
1. 農耕の始まり（耕起、整地用具）…… 263
2. 和犂の発達 …… 268
3. すき（プラウ）の起源と洋犂の発達 …… 274
4. 洋犂（プラウ）の北海道への導入と農業機械化の変遷 …… 282
5. トラクタ用プラウの変遷と畑地の耕起 …… 293
6. 畑地の土層・土壌改良とプラソイラおよび沖縄用プラウ …… 312
7. 水田の耕起、砕土、整地（レーザーレベラー） …… 333
8. プラウ耕およびロータリ耕より見た畑地の易耕性 …… 341
9. プラウ耕とトラクタドラフトコントロール機能 …… 346
10. ボトムプラウの種類と機能 …… 355
11. プラウ耕の技術を応用した工法・工事の紹介 …… 362
12. プラウの生産方式 …… 372
16. あとがき・謝辞 …… 378
系統図 …… 380
所在確認 …… 381
付録１ …… 382
付録２ …… 385

はじめに

「農業は耕すことから始まる」、このことは古今東西を問わない真実である。耕すことによって、土地の持つ潜在地力を活用できるのであり、作物は健全に生育する。そうして増収が約束され、安定的な食糧供給が確保される。土を耕す上で道具が成否のカギを握っていることは容易に理解できる。折しもわが国はTPPへの参加を決め、今後の日本の農業を考える上でその生産性の向上が喫緊の課題であることを全国民が意識し始めている。このような背景があって、今回、技術の系統化調査の中で反転耕（プラウ耕）を取上げた。日本の本格的農業の始まりのきっかけとなった洋式農業において、洋犂（ボトムプラウ）が基本となったと考えても間違いではないからである。

明治維新以前の北海道の農業は、ほとんど取るに足らない状態であった。幕末までに開墾された田畑は、道南地方に1,000町歩程で、その内300町歩ほどの稲作が定着しつつあった。その他、粗放な漁業兼業の畑作農業（粟、稗、蕎麦、大豆、蔬菜）が営まれ、市場に出すものとしては僅かに函館付近で馬鈴薯の栽培が見られる程度であった。

北海道の農業開発が本格的に進められたのは、明治2年に開拓使が設置され、次いで同4年に開拓使10ケ年計画が発足してからである。開拓使は官営事業をおこし、積極的に欧米の近代的な農業技術の導入をはかったが、その基本的な考え方は府県と異なる気象条件に対し、北方系の農業技術を移入することによって開拓の技術的基礎を築くとともに、欧米農業を基礎とする近代的な農業経営の樹立を目指すことであった。

かかる指導方針に最も強く影響を与えたのは、開拓使が1871（明治4）年にアメリカから招聘した開拓使最高顧問ホーレス・ケプロン（Horace Capron）の構想であった。H.ケプロンらが説いた考え方は以下のようなものであった。すなわち北海道での稲作は技術的にも経営的にも不利不適で、小麦を主要食糧作物とする畑作農業をおこなう必要がある、また、耕種の方法をあらため、畑作物の新しい種類を取り入れて輪作を行い、動物からの堆厩肥と鉱類の肥料を用いるようにする、このような畑作農業において機械化が達成できるというものであった。つまり輪作体系と有畜と機械化を結んだ輪作畑作農法を植え付けようとしたのである。

なお府県でも千葉、茨城県で失業武士の「生活再建」と「殖産興業」を目的とした国の政策にのっとり和歌山県士族津田出が千葉県、茨城県にわたる官有荒地18ケ所、3,000町歩におよぶ、日本で最初にして最大の洋式大農法経営に取り組んだ。この津田農場の中で最大規模のものが、700町歩を有する第七農場（明治11年開始）の女化原であった。しかしこの経営は不振に陥り、明治24年頃から津田は農場を次々と手放し、大農場は小作農地と変わっていった。現実の女化原は関東ローム層の酸性土で耕しても稔らぬ大地であった。

洋式農機を用いての農場経営の成功には、畑地の規模が大きく影響したことが分かる。北海道ではアメリカの1マイル（1,600メートル）四方の区画を参考に300間（540メートル）区画とし、府県と比較して圧倒的な大規模農地とした。こうして整然とした1区画30ヘクタールの農地を作り、これに6戸を配して1戸分を5ヘクタールとした。北海道開拓事業は当初より畜力一貫体系を考慮していた。府県のように変形した小さな区画割りでスタートしていれば失敗の可能性があったのではないか。このような状況下、アメリカをはじめ、世界各国から多くの種苗、農具、家畜が輸入された。

農機具ではプラウ（Plow洋犂）、ハロー（Harrow砕土）、ドリル（Drill播種機）、コーンプランタ（播種機）、カルチベータ（除草機）モーア、リーパ（刈取り機）ほか各種の畜力農機具が輸入され、開拓使自体でも官営製造所を設置して製造と普及をはかった。このように種苗や家畜の導入が、北海道の畑作農業と畜産業の基盤つくりの上で果たした役割は大きく、またプラウやハロー等の畜力農具が一般農家に普及し、プラウ耕を特色とする北海道農法の成立の端緒を開いた。

こうして明治40年ころまでに、府県から持ち込まれた在来農法と欧米の耕種法を融和させた畜力農法が生まれ、わが国の農業発達の上で特有な北海道農法が形成された。

とはいえ、海外から輸入したボトムプラウを直ぐに活用するには問題がありすぎた。けん引動力源の馬格が違うことから耕起作業が難しく、また日本の土壌に合ったプラウの反転性能にも問題があった。いずれも直ぐには改良が難しく、洋式農業が一般に普及しだしたのは馬匹改良が進展した明治後半であった。プラウの国産化も直ぐに真似出来るような単純なものではなく、必要な鋼材を入手できる社会的環境も整っていな

かった。

時代が下って1961（昭和36）年になると第一次農業構造改善事業が発足され、補助金でトラクタの導入は一気に加速する。トラクタ営農時代に入り、てん菜や馬鈴薯などの根菜類の収量は畜力時代の約2.5倍に達した。進歩した化学肥料や農薬を使用できるようになったこともあるが、基本的にはトラクタによる力の農業が増収をもたらしたといっても差し支えない。

トラクタによる深耕、反転、鋤き込み、いわゆるボトム耕は根圏域（養分吸収領域）を拡大したばかりでなく、排水性を改善して生育を安定させている。合わせて化学肥料や農薬も専用作業機で効率的に使用でき、相乗効果を発揮している。

反転耕（プラウ耕）をベースにした栽培技術を確立し、栽培面積は経営規模の目標にしていたヨーロッパ農業に近づき、生産性はほぼ同水準に達している。気象条件に恵まれず生育期間が短いことや、痩せた火山性土壌が多いことがハンディになっているが、それらの課題に対して対応した先人達の努力が結果となって表れている。

この技術の系統化の中では、北海道における洋犂（プラウ）の導入経過や、その性能を国内の土壌に合わせるための技術開発、日本のトラクタにマッチした軽量・強靭な製品開発の過程、日本独自の水田耕起法、その他の工事に応用された事例について主に記述する

1 農耕の始まり（耕起・整地用具）[1)]

我々は、日常、文化というものをあまり認識していない。そこで百科辞典[2)]を開いてみると次のように解説している。文化、自然に対する語。人間が自然のままの状態にとどまる事なく、目的意識をもって自然を開発し、自らも自然状態から脱して形成してきた物心両面の全成果をいう。文化を意味する英語のカルチュア（culture）はカルチベート（cultivate, 耕作する、栽培する：語源は同意のラテン語の動詞コロー colo 名詞クルツス cultus・クルツーラ cultura）と関連している。このことから見られるように、もともと、文化とは、土地の自然状態を人間の労働や技術によってつくりかえ、自然のままの植物を養ってよりよく、またより多い果実を実らせ、人間の生活を豊かにする事に由来している。

そのことは、人間が自然の中に新しい価値を創造することであるとともに、その創造された物を生活において享受することを意味している。その場合「自然」は人間外部にも人間自身の内部にもあると考えられながら、文化は、物心両面の成果を含み、物質的生産・衣食住・社会制度・学問・芸術・宗教等の形で現れる。

また、文化は人間を自然的な粗野な段階から、真の人間らしい人間につくりあげていくという意味で、「教養」の意味にも理解される。文化は人間生活の完成への努力とその成果としての地域性、統一性をもって現れる。

民族文化・国民文化等のもつ性格または個性は、その民族・国民の生活の型により形作られるものであり、伝統・接触・交流・創造の長期間にわたる歴史的形成によって培われてきたものである。文化の本来の意義から見て、文化的な生活とは、単なる文化（文化財）の享受・（消費）にあるのではなく、新しい価値の創造をともなうものでなければならない。

従って、農耕＝文化とみることが出来る。食があって生活があり、生活があって文化があるとみることもできよう。原始人は自然の動植物を食物とする採集生活をし、徐々に動物を飼いならす事を覚えた。

エミールウエルトは、これを「採集」－「原文化」としている[3)]。やがて一定の土地に定住する農耕生活を営むようになる。堀棒や石斧に改良が加えられ、すきや鍬などの農具が使われる。「縟（じょく）耕」－「素文化」の時代である。人口が増加し、生産性を高める必要性が生ずるとすきや鍬が発達し、犂（すき）が開発されて「犂耕」－「高文化」の時代に入る。

農業の発祥には色々な説があるが、もっとも古い農業は、15,000 年前に東南アジアで始まったイモ作農業というのが有力である。禾穀類を作付するには至らず、ヤマイモやタロイモが主である。家畜も鶏・豚・山羊・犬などの小家畜のみで、牛や馬などの大家畜は飼育されていない。やがてイモ作農業は、熱帯地方を西方に進んでアフリカへ、東方へは南太平洋を経て中央アメリカに広がった。10,000 年前には西南アジアに達して、禾穀類を作付するようになる。同時に牛や馬も家畜化される。それまでの小家畜は肉用として飼育されていたが、大家畜は調教し、その力を使役にも利用するので、必然的に犂（すき）の開発に発展する事になるのである。農業は土質と気象条件に左右されるので、地域性がある。これは昔も今も変わらない。それぞれの地域で得意な発達を見せる。図 1.1 はサバンナ農耕文化の分布と伝播を示すものである。表 1.1 に農業発祥のころの主要な農耕文化を示す。表に見るごとく、四つの農耕文化に大別される。

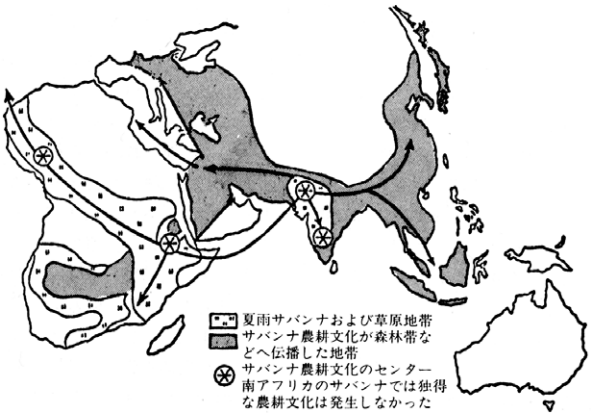


図 1.1　サバンナ農耕文化の分布と伝播[3)]

中尾らは畑作文化とか、稲作文化とかいったような単純な分類は出来ず、稲作文化は後世の混成文化とみるべきであるとしている[3)]。伝播の過程で地域別に形を変えるのは当然であるが、それに付随して農具の発達も地域的な特色を見せるのが面白いところである。農具の発達、特色について考察して見よう。図 1.2 に種々の掘棒を示す。これは現代においても熱帯地方の奥地で使われていると言われている。堀棒は食物の採集や、狩猟の道具として使われていたものであったが、イモ作の進展とともに工夫されて形を変えた。図 1.3 は道具の柄の付け方である。鍬は採集・狩猟段階では使われた形跡はないと言われるが、本図に見る道

表 1.1　四つの農耕文化[3)]

文化名	ウビ農耕文化 [根栽農耕文化]	カリフ農耕文化 [サバンナ農耕文化]	ラビ農耕文化 [地中海農耕文化]	アフリカ農耕文化 [新大陸農耕文化]
起源地	マレー半島付近	ニゼル川付近	オリエント	カリブ海
分布	オセアニア・マレーシア・インド・中部・アフリカ	サハラ・エチオピア・西ドイツ・アフリカ・アジア	地中海地域・オリエントヨーロッパ・パキスタン	
人種	モンゴロイド	ネグロイド	コーカソイド	
環境	熱帯降雨林	夏雨性サバンナ	冬雨性地中海気候	
作物生態	多年生	カリフ	ラビ	
主要作物	ヤム・タロ・バナナ・サトウキビ	ミレット・イネ・マメ類	ムギ類・エンドウ・ソラマメ	トウモロコシ・カボチャジャガイモ
成立年代	B．C．１５００？	B．C．５０００？	B．C．５０００？	
耕地利用	焼畑・ブッシュ・ファロー	連作園耕	輪作・グラス・ファロー	
播種様式	点播	条播	散播	
農具	堀り棒	クワ（ホーマドック）	スペード・アード	
加工	生食石やき	タテギネ精白α - 澱粉加工	キルン（粉食）	
食料経済	貯蔵輸送困難	余剰貧弱	余剰豊富貯蔵輸送容易	

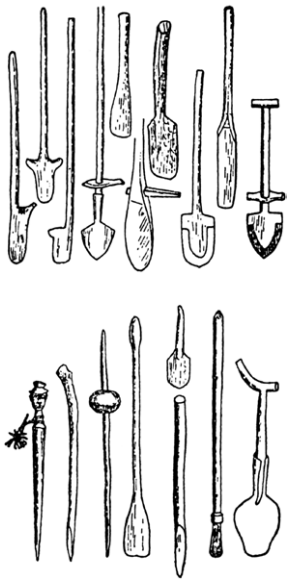


図 1.2　堀棒の色々[5)]

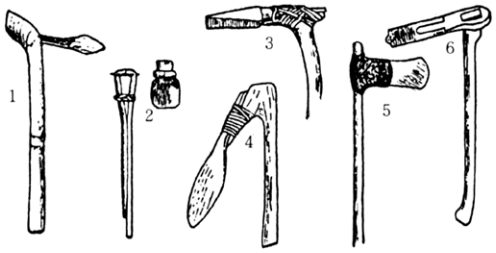


図 1.3　道具の柄の付け方出典[5)]
1、刃茎差込み式　2、リング柄式　3、憧木むすび式　4、屈曲柄式　5、旗むすび式　6、刃孔差込み式

具は鍬としては使われていなくとも、形から見る限り石斧からの発展であると見るのが自然である。禾穀類が作付されるようになって、鍬として独自の形に整えられたとするのが正しいのではないかと考えられる。

農耕とともに生活が安定し、同時に人口も増加する。そうすると食料の生産量を多くする必要性が生ずる。当然のこととして道具に工夫を凝らし、増産体制を整えることになる。図 1.4、1.5 に農耕具の発達過程の例を示した。道具の発達は土壌や気象条件の地域差に依存し、かつ、途中で外部から新技術が加わるなどして複雑な形態を示すものである。単純な整理は出来ないが、一つの流れを例示することはできる。形体からみて鍬は石斧から発達し、犂（すき）は堀棒から発達したと考えられる。犂は鋤（すき）から発達したとする説が有力である。しかし、鍬から発達したとみられないこともない。より深く、より早くということになれば、鍬にも工夫をして複数の人数による作業は当然考えられるからである。差し込み柄の鍬が工夫された頃から、種子を播きつけるだけの穴あけに満足せず、あらかじめ鋤のような堀棒で耕起しておき、これを鍬で溝切りして播種をしたに違いない。

犂（り）は牛に引かせて耕す道具とされている。家畜の飼育が一般化して調教が行われるようになると、単純な食用から使役に利用することになり、人間の力の及ばない部分を補うようになる。鍬の溝切りを大型化し、犂（すき）としての形を整えたと考えられる。棍棒にヒモを結び、牽引したのが犂というのであれば、鍬にヒモというのも同じ発想である。博物館に残されている人力犂を見ると、犂の原型を鋤とするか、鍬とするかは結論づけることは難しい。地域によって鋤（すき）から発達したものもあるだろうし、鍬の場合もある。

犂（すき）の発達は、耕地面積を拡大させただけでなく、土地の生産性を飛躍的に向上させたに違いない。耕起によってもたされものとして次の事があげられる。

①根圏域の拡大によって土壌中の養分が広く吸収できる。

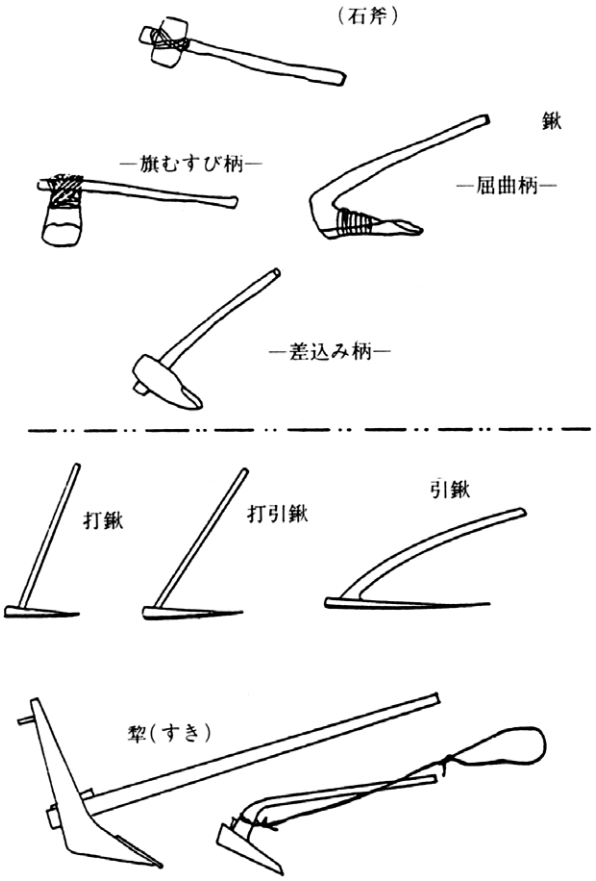


図 1.4　農耕具の発達　その１（畑作）[1)]

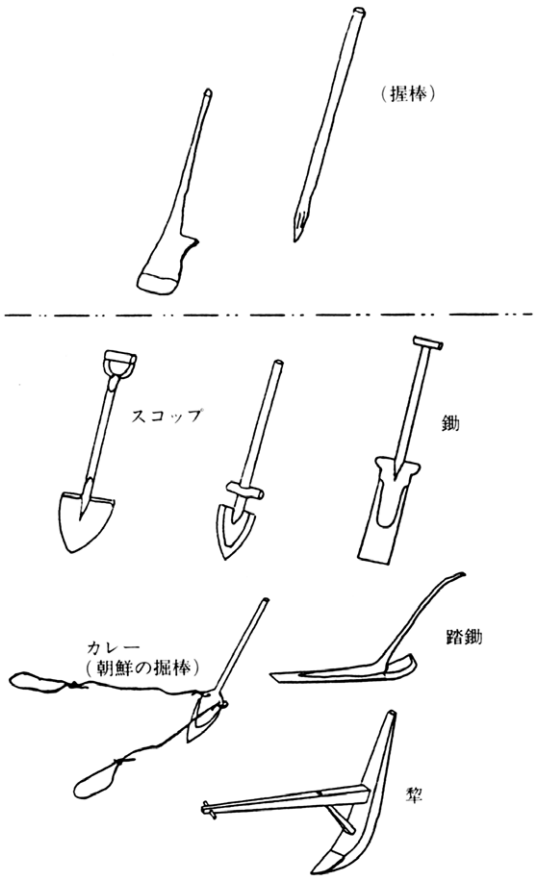


図 1.5　農耕具の発達　その２（根菜・稲作）[1)]

②土壌中の空気、水の状態が調整され、適正に保たれる。

③土壌の風化作用が十分に行われ、植生に有利な環境が作られる。

④地表の有機物が土壌中で分解して植生に好適な土壌条件を作ると同時に、可給態となって吸収されるようになる。

限られた条件下で、生育が制限されていた作物も、生育環境が整備されれば、生育は旺盛になる。犂の発達は深耕の歴史であったとみることも出来る。インドでは現在も地域によって多少の違いはあるが、昔とほぼ同じ古い形態のプラウが使われている。（図 1.6、1.7、1.8、1.9）現在、われわれが一般的に使用しているものは、ボトムプラウであり、完全反転耕用である。これに対してインドで使われているものは、鑿（のみ）による攪土耕用である。反転は全く行われていない。これは土質と気象条件によるもので、反転耕が望ましくはあっても、粘質土壌で乾燥していれば割り込むのが精一杯で、反転耕は不可能である。従って、縦横に作業し、砕土も兼ねる耕起法を行っている。参考までにこのような場所での播種は、図 1.10 に示すような播種機が使われ、プラウと同じ形態となっている。それ程土壌が硬いのである。インドが犂の発祥の地あることは、広く知られている。地力に恵まれ、豊かな農作物が文化を支えていたためと見る事は出来るが一面では、土壌の硬さが犂の発明を促すきっかけになったともいえる。人力には限界があり、硬さに対応するためには、畜力を利用せざるを得なかった事情がある。増大する人口を支えるための食料確保、禾穀類の栽培とその増収のためには耕起法の改善が第一であり、知恵を絞ったと思われる。

一方、インドが犂の発祥の地でありながら、依然として原形をとどめているのは、土壌の硬さに起因していると思われる。現在でも他の犂は受け入れず、新農法のネックになっている例は随所にみられる。熱帯圏にあっては、有機物の分解が早い。地力の消耗と相まって余計に土壌を硬化させているかも知れない。開発が進み、周辺の林が退化すると燃料不足に苦しみ、藁稈類はすべて燃料や住居資材に使われて圃場に還元されることも少ない。土壌硬化の要因はそろっており、単純耕法しか受け付けない条件下にある。犂が播種機や中耕機に兼用できる利点があっても、犂の発展がこばまれている特殊な例である。

乾燥地帯では犂に反転機能を持たせ得なかったとす

図 1.6　インドカシミール州の犂耕 [1)]

図 1.7　長床型（彎轅犂）[1)]
長床犂は土壌の硬い地域に用いられる。深耕は望めないが、比較的安定した耕起作業ができる。犂体は樹木の形状を巧みに利用して作られる。

図 1.8　長床型インドウッタブラディシュ州 [1)]
木工が発達すると形を整え、量産体制もとられる。掘削部はバーポイントになっている。インドにおける近代犂で欧州で発達する方形犂に近い形になっている。

れば、どこでいつ頃から反転機能を持たせるようになったのであろうか。中国や欧州に移ってからというのは論をまたないが、中国犂は畑作犂と稲作犂に分化

図 1.9　短床型（インドビハール州）[1)]
土壌が軟らかいと耕起しやすく、深耕も可能となる。短床型となって深耕の容易な構造になる

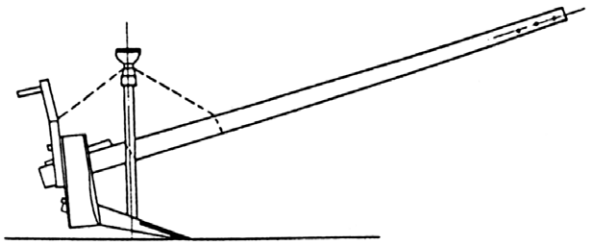


図 1.10　硬質土壌地帯の播種機 [1)]
プラウに漏斗が装備されていて、補助作業者が横から種子を適宜投入する。

し、軟弱地を対象にする稲作犂に反転機能を多く持たせているようである。これが日本に渡来して和犂の独特な形状に発展する。図 1.11 に日本における犂の系譜を示したが、無床型と長床型のそれぞれの長所を組み入れて、一つの型にしている。

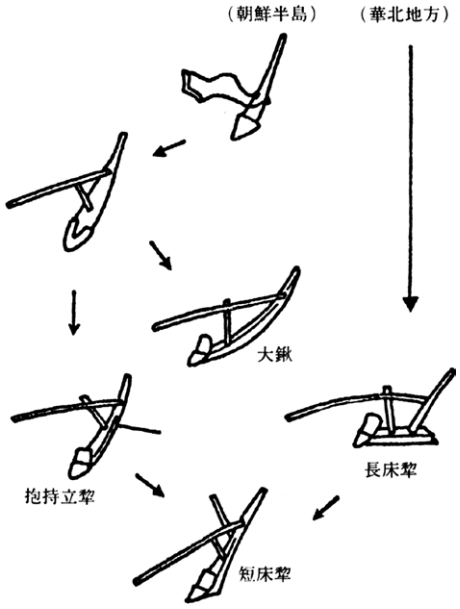


図 1.11　日本における犂の系譜 [1)]

欧州型（図 1.12、1.13）は、典型的な長床犂の形態であるが、掘割・攪土の作用から切削・反転の現代犂

への移行を示しており、乾燥地帯の犂と形態を異にし始めている。これは土質と気象条件の違いに由来するものであり、また、根菜類の作付けが増え、深耕が有利であることを認めたこと、圃場残差物の処理や雑草対策に反転・すき込みが効果的であることを知り始めたからであろう。

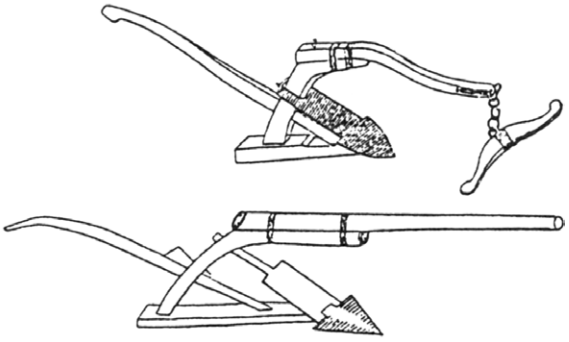


図 1.12　欧州の犂（その 1）[4)]
出典、農業文化の起源　上はユケリッツ（ウセドム島）の「メクレンブルク鈎犂」下はハンノーフエルのリューデル（ユルツェン地区）の「メクレンブルク鈎犂」

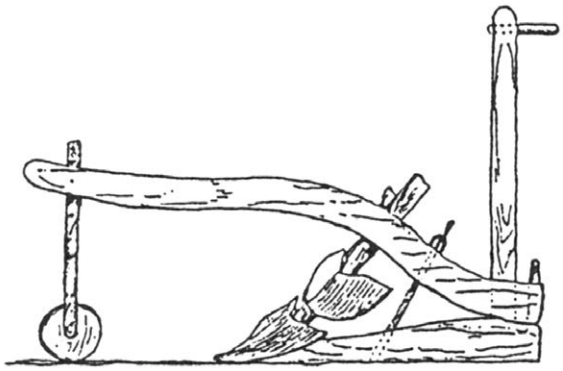


図 1.13　欧州の犂（その 2）[4)]
ヴィッティンガウ（ベーメン）の「ノコレスニーク」犂（ブラウンガルトによる。レーゼルからの引用）

特に湿潤地の農業にとっては、除草が大きな負担であり、雑草を抑えるためにすき込みに工夫をしている。深耕が根圏域を拡大して土壌中の養分を作物に広く吸収されやすくしている他に、排水を良好にし、好適な水分環境を保つのに有利であることによることが、もうひとつの大きな理由であることは言わずもがなのことである。

乾燥地の農業では、土壌が硬く深耕が困難なことも浅耕の理由であるが、少ない水分を保持するために、表層を浅耕することによって毛細管現象を断ち、水分の蒸散を防止する目的にも合致している。浅耕は播種床を造成するだけのことであり、根菜類の作付けをしても多くの収量は望めず、穀類も生産性が低い。乾燥地帯と湿潤地帯とでは明らかに農法の違いがある。

このようなことから乾燥地の発展途上国では、仮に動力源に恵まれても深耕できない理由がある。しかし灌漑のできる地域でも深耕しないのは何故であろうか。それは水が豊富であれば、稲作を指向し、稲作は必ずしも深耕を必要としないし、深耕は漏水対策面から不利である場合がある。また、浅耕でもある程度の収量を確保出来る。必要以上の耕起は化学肥料などがなければ逆にマイナスで、湿潤地の畑作とは内容を異にする。欧州の畑作は、深耕によって生産性を高めたことは十分に推測できる。同時にこれは地力の収奪の歴史でもあり、これに対応しなければならない。休閑緑肥に始まり、輪作形態の採用、化学肥料投入と、新技術を開発して今日の近代農法に形を整えてきたといえる。

引用文献

1)　村井信仁：「耕うん機械と土づくりの科学」，農業技術普及協会，昭和 62 年，p10-16
2)　「世界原色百科辞典」，7，小学館，p514
3)　家永泰光：「犂と農耕の文化」，古今書院，p28
4)　エミール・ヴェルト著，藪内芳彦・飯沼二郎訳：「農業文化の起源」，岩波書店，1968.3
5)　飯沼二郎・堀尾尚志：「農具」，法政大学出版局，1976

2 和犂の発達[1)]

2.1 主要犂系の伝播と近代犂[2)]

和犂は現在では、ほとんど使われることはないが、中国犂や朝鮮犂から発展して、わが国独自の形態にまとめられたものである。水田の深耕、反転すき込み性能ではみるべきものがあり、日本犂として高い評価を受けている。

化学肥料を手軽に使えない時代には、土の能力を最大に利用しようとした。その代表的な手法のひとつとしての深耕は根圏域の拡大や乾土・乾田効果などをもたらした。わが国は第2次大戦後化学肥料が豊富に使えるようになった。水耕栽培も可能な時代であるから、水稲も化学依存型にかたむいていくのは当然である。化学万能論が支配し、堆肥有効論や土づくりの考え方が衰退した。しかしひとたび不作になると、このような趨勢に対する反省が起こり、構造不作ではないかと言われるようになって、農業技術の本質について議論されるようになって来た。確かに化学肥料の効果は大きく、品種改良と相まって今日の高収量稲作技術を形づくって来たものの、現状の水準から更に抜け出して、高品質・安定多収を望もうとすれば、堆肥の活用や有機物の鋤き込みを行い、土づくりを主体とした、農業を目指す必要がある。

江戸時代の末期に来日した、ドイツ人医師シーボルトの名著「Nippon」に、当時の農機具が詳しく紹介されている。図2.1に江戸時代末期の日本の農機具を示す。当時の稲作に関する農具が主体で、鍬・鋤・犂があり人力と畜力の農業が見られる。

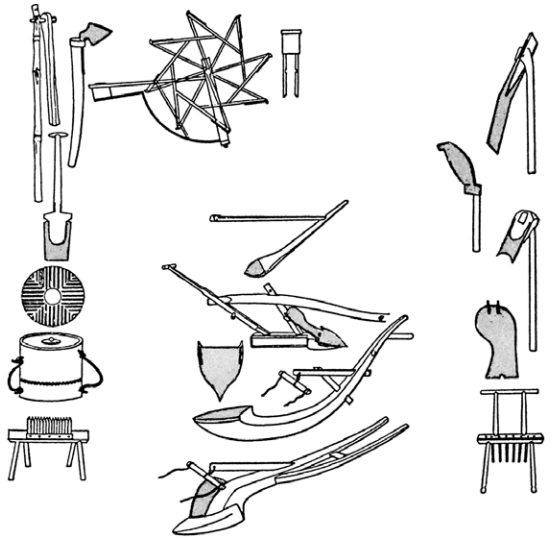


図2.1　江戸時代末期の日本の農機具[3)]

現在の近代犂は明治時代に入って導入された洋犂の影響を強く受けて改良されたものでこの時期にはまだ形にはなっていない。無床犂と長床犂が主流である。無床犂は朝鮮から、長床犂は中国から渡来しているものに改良を加えているものと見られている。

わが国では10世紀頃から犂が日常的に使われるようになったが、鉄製の鍬・鋤（すき）鎌が普及したのも同時期である。犂が導入されると、それまでの手作業の時代に比較しての高能率が評価されたが，名主（みようしゅ）等の富裕層は鍬を使って高能率に耕起することができても名子等の一般の農民は犂を購うことが出来ず依然として非効率な鍬による耕起に依っていた。しかし皮肉なことに収量においては逆に名子の田の方がずっと多かった。鍬を使って深耕し、刈敷と言う草や樹木を堆肥の代わりに鋤き込んだ田の方が、低能率とはいえ収量が多いのはいわば当然であった、このため鍬の効用を無視することは出来なかった

応仁の乱から150年続いた戦国時代は、武将は実力を養うために百姓を厚遇している。農業の発展期ともいわれるゆえんで、他の国と違って鍬農業が発達した。中耕用の農具が耕起用に改良されて耕起の主流となるのは、他にあまり類型を見ない。

面積に制限があり、そこから最大限の収量を上げようとすれば、必然的にこのような人力を使ったち密な農業に移行せざるを得なかったものと考えられる。また、稲作が主で水を張る関係上、区画を大きくする事が出来ず、畜力よりも人力の方が能率的であったのかもしれない。あるいは比較的豊富に労働力を得られたこともその理由であろう。

いずれにしても、16・17世紀から農書が出され、農事全般にわたって技術の体系化と、新技術の普及が試みられている。疎放化時代には見られなかった傾向である。農具は農民にとり大切なものであったが、それを改良して記録することは江戸時代に入り労農といわれる人達が出てきて始まったことであった。最も農具が発達したのは江戸時代で、この間のことについては大蔵永常（注1）の農具便利論にくわしい。

犂は牛馬を飼養し、多くの下人をもつ大規模経営の農家で使用されていた。この頃長床犂が主で、あまり深くは耕起していない。当時は現在のように水利が発達していなかったので、毎年水不足で水による騒動も起きている。透水を少なくして水を有効に利用しよう

とすると、長床犂の浅耕、犂床による水止めが効果的であったと思われる。やがて江戸時代も末期に入って農具が発達し、農業技術がそれなりに高度化すると、犂の時代も反省期を迎えることになる。いつまでも人力ではなく畜力を利用した犂に、鍬と同じ耕起深を求めようとしたのである。日本農業の特徴である労働集約型にも転換期をえる。

ちょうど、鎖国からぬけだし、西洋文明にも触れる時期である。農具の改良も加速される。当初は犂と鍬を組み合わせて深耕を試みたようであるが、鍬を使う限りにおいては作業能率に限界があって断念せざるを得ない。1870（明治 3）年、現在の農業試験場とも云える七重官園が出来た。農具改良や試験は江戸時代の老農と云われる人達から農業試験場に変わっていった。農業に関する情報は各地に設立された試験場を通して広まった。図 2.2 に明治時代の北海道試験機関の設置状況を示す。明治維新後、文明開化により情報の伝達が早くかつ容易になった。

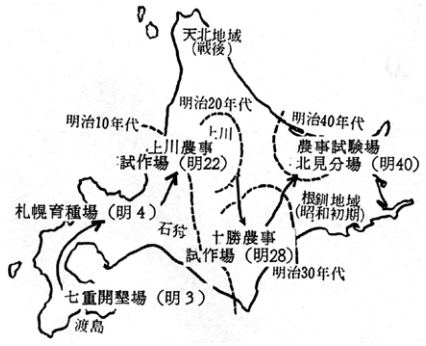


図 2.2　北海道試験期間の設置 [4)]

2.2　和犂の普及

抱持（かかえもち）立（たて）犂は朝鮮半島から日本に伝わってきたと云われている。日本の在来型犂は深耕が出来なかったが、北九州地方には深耕型犂があった。

北九州地方の深耕用抱持（かかえもち）立（たて）犂（図 2.3）が、にわかに注目されて各地に普及するようになる。抱持立犂は老農によって普及されたともいえる。明治政府による西洋化対策も、農業に対しては短期に功を奏することはなかった。特に稲作に対しては , 洋式農業は異質のものであり、そのまま導入することは出来なった。各地の老農と呼ばれる農業技術指導者が競うように新しい稲作を鼓吹し、深耕論を展開し、抱持立犂を推奨した。

当時の代表的な老農の一人林遠男は、自身の考え出した農法（寒水浸・土囲法）を実践・教育するために

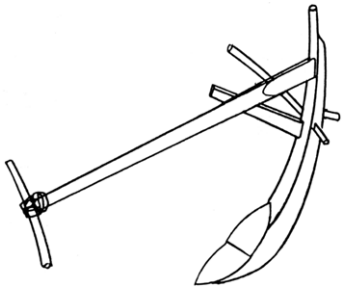


図 2.3　抱持立犂 [5)]

明治 16 年に勧農社を設立している。ここで教育を受けた塾生のうち、一定の試験に合格した者には「実務教師」の資格が与えられ、各地からの要請に応じて派遣された。卒業生の実業教師が各地に招かれる際には、必ず抱持立犂を持参したといわれる。こうして、この犂の本格的な普及が始まった。福岡県では明治 18 年に第 1 回の競犂会が開催された。この犂が普及していった山形、長野、徳島、佐賀などでも 20 年代に入ると競犂会が開催された。

抱持立犂は、洋式農法に執着する人達には反発されたが、お雇い外国人に同調者がいなかった訳でない。駒場農学校に招聘されたドイツ人教師マックス・フェスカは、日本では耕深は 3 寸（9cm）ないし 5 寸（15cm）に過ぎない。しかし耕深は 6 寸（18cm）が必要であるとし、抱持立犂を「作土を少しも反転しないで、ただ土を軟くするだけであるが、軽しょうな土には通気性があり、更に日本の気象条件では、有機質がよく分解されるから、土をただ深く軟らかくするだけでも土壌はおおいに改良される。資金の乏しい小農には、軽しょうな土壌で用いるに、抱持立犂は適している」（日本地産論）としている。理想的な農機具とはいっていないが、鍬には優るものであり、深耕用の犂として評価している。当時は外国人の言葉には千金の価値があり、普及に役立ったことは言うまでもない。

抱持立犂の普及に伴って乾田馬耕という言葉が生まれた。深耕と乾田効果が増収に結びついたことと、抱持立犂の構造が、牽引速度の遅い牛より速い馬に牽引させる方が適していたためである。当時の水田の多くは乏しい用水源で稲作を続けるため、漏水を防ぎ、常時湛水の状態にしておかなければならなかった。従って排水して乾田化することには、大きな抵抗のあったことは充分推測出来る。しかし、効果が認められれば新技術として浸透する。近代稲作がこうしてスタートした。

稲作増収の基本は、水の調整であり、潜在地力の活用である。これらは耕起・整地法に大きなかかわりを

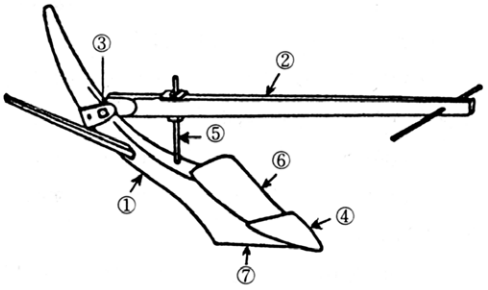
持ち、その改善によってもたらされるといって良い。深耕は犂床の不透水層を破砕するが、代かきによって減水深は調整出来る。適度の減水深は、根に酸素と養分を供給する。深耕は根圏域の拡大を意味する。また、深耕は土壌の乾燥を促進させ、土壌中の養分や成分を有効化する。(乾土効果)。

深耕は有機物のすき込みを可能にし、腐食の促進にも効果的であるから、多肥栽培の基盤でもある。文明の発達は農業にも浸透するが、増収が約束されれば、新技術への取り組みは容易である。この抱持立犂は農具の文明開化であり、先鞭的役割を果たしていると云える。西洋文明に追い付け、追い越せの風潮の中にあって、馬産改良も盛んにおこなわれた。動力源に不足しなければ、技術改革にも拍車がかかる。

水田を一度乾田にすると、人力では容易に耕起できなくなり、過重な労働が要求される。

従って明治に入って、馬産改良が奨励されたことが新技術の導入に幸いしている。例えば3本鍬で1日10a耕起出来るといわれたものが、乾田にすると7aに満たないと云われている。それでなくとも鍬耕は重労働であり、深耕・乾田化が推奨されても、人力では到底行えない。しかし馬耕では鍬耕の過酷な労働負担を解消し、1日30aの能率で、しかも9〜12cmの深耕を可能にした。従って馬産改良は農業技術の向上に大きく貢献したのである。

乾田馬耕―福岡農法が急速に全国に普及しはじめても、基調とする抱持立犂に全く問題が無かった訳ではない。名称の通り抱え持つようにして操作しなければならないので、作業が極めて不安定である。犂床（図2.4の⑦）がないため、深耕できても土壌条件によって上下の変動が激しく、軽しょう土や降雨後の適度の水分を含む状態の時以外は不安定であった。このため、より安定性の良い犂の開発・改良が要望されたのである。抱持立犂の使われていた北九州では、既に短床犂（注2）が使われており、福岡地方では抱持立犂と区別して押持立犂、熊本地方では猫犂と呼ばれていた。熊本県の大津末次郎が明治33年に猫犂を改良し、特許を出願して㋭犂の商標で製造・販売を始めた。近代短床犂の始まりである（図2.4）。



① 犂身　② 犂轅　③ 結合部　④ 犂先　⑤ 犂柱
⑥ 犂へら　⑦ 犂床

図2.4 最初の近代短床犂[4)]

2.3 水田と畑地の違い

洋犂（プラウ）がお雇い外国人によって紹介されながら、なぜ使われなかったのかは水田と畑土壌の違いである。水田土壌は固結していて、畑地土壌よりも牽引抵抗が大きく、畜力耕といってもようやく牛から馬に切替えられた時期では、馬の調教も行き届かず、牽引力にも不足していたため、大型の洋犂を水田に使う事は出来なかったとみられる。小型にして牽引抵抗を少し小さくしようとすれば、耕深は不足する。深耕を目標にしている時に、逆行する方向は、洋式農法を目指している時には認められない。勿論、洋犂の構造が鉄材を多く組み入れたもので、わが国では材料の調達が困難であったこと、刃物鍛冶屋が主で、機械鍛冶に至るまでには期間があったことなども、洋犂の導入を阻んだ理由であろう。

わが国の犂が、欧米の影響を強く受けながら和犂として洋犂と区別されるのは、水田土壌に対する小動力用の深耕犂だからである。図2.4と図2.5の洋犂を比較するとよく理解できる。犂先、犂篦（へら）のボトムの形状に明らかな違いがある。洋犂は完全反転すき込みを目標にした形状（曲面）になっている。畑作の場合、農作業で大きな負担になるのは除草であり、表層の残渣物、雑草の種子等を埋め込むものでなければならない。土壌を平らに切削して、これをせりあげ、犂篦（へら）で反転放擲するようにしている。このため耕深は耕幅の1/2程度に制約されている。耕深を深くしようとすれば、それだけ大きなボトムが必要で、動力源に不足する地域には適用できない。

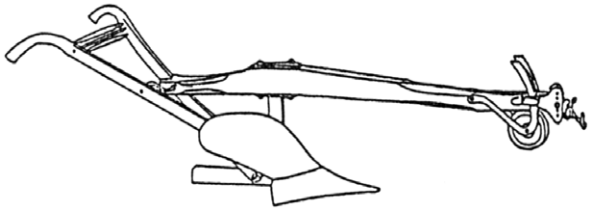


図2.5 洋犂（歩行型）[1)]

これに対し、和犂は勿論反転すき込みをねらいにしているものの、水田の場合、畑作ほど雑草は負担にならないので、あまり重要視していない。小動力で深耕を第1の目標にして、刃幅を狭くして対応できるようにしている。耕起して乾田化すると、水田の雑草は消

える。乾田化して発生した雑草はまた水で絶やされる。雑草の性質が異なり、限られた動力源で、土地の潜在能力を最大限に活用しようとすると、畑作とは異なった犂の形となる。これは大正時代に入って更に発展する和犂にも継承されている。図 2.6 に種々の日本の近代短床犂を示す。(1) は一般の犂であり、(2) は廻転犂である、(3) は 2 段階犂、更に深耕できるように改良されたものである。和犂は水田を主体にしたわが国独自の工夫によるものである。

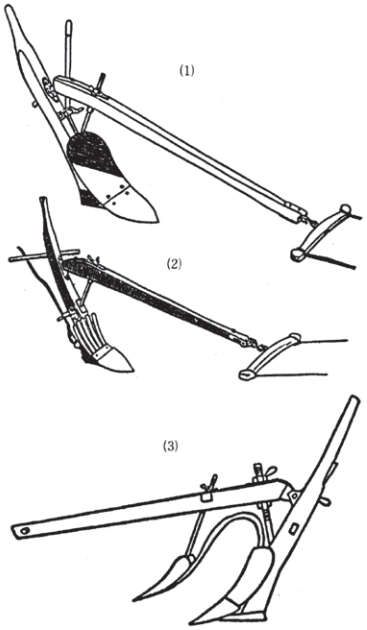


図 2.6　日本の近代短床犂 [3)]

2.4　和犂の開発・改良

和犂の開発・改良は九州から始まったが、短床犂に移る頃（明治時代後半）から長野県の松山原造（図 2.7）や、三重県の高北新治郎（図 2.8）も研究を始め、近代短床犂を完成させている。松山原造の発明は双用犂である。片側反転の単用犂は、回り耕法で行うが枕地（注 3）での回行に時間を要し、かつ、圃場の中にすきわけ、すき寄せの凹凸を生じる。作業能率、耕起精度向上の観点から好ましくないとし、この解消を試みた。右反転、左反転できるものであれば往復耕が出来、問題が解決するが、洋犂のように左右の犂を使用するのでは、経済力に乏しかったわが国では成立しなかった。当時日本アルプスを境にして、主に北では右反転、南では左反転としていたのを参考にし、一つの犂で左右反転出来るようにした。水田用犂で深耕を主目的とし、多少反転性能を低下させても差し支えないとする条件が有利に働いたのである。簡単な操作で左反転、右反転に切換える事が出来、高能率犂に転身した。卓越した発想であり、こうした技術の発達が犂耕を更に推進することになる。

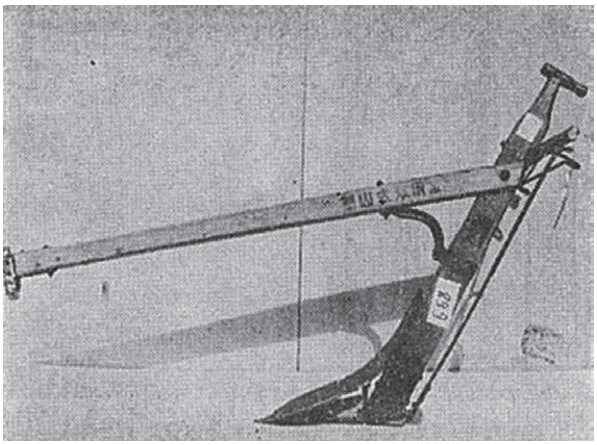


図 2.7　双用犂　松山式 [5)]

図 2.8　高北新治郎　2 段耕犂
（スガノ農機提供）

松山原造はこの他に犂身を直線木取りにする等、量産化にも備えている。それまでは犂身には適度の曲がりを持った原木が使われていたが、同じ規格の原木を求めることは困難である。こうした創意工夫が更に近代化を進めることになった。

高北新治郎は松山原造に若干遅れるが、1915 年（大正 4 年）に耕深 6 寸 5 分（19.5cm）という深耕型の短床犂を開発している。更に、土壌付着を避けるための格子型犂篦（へら）を工夫している。土壌の付着は反転性能を低下させるばかりでなく、牽引抵抗を大きくする。軽快な耕起作業のためには、土壌付着が問題となった。犂篦（へら）の間をくりぬくことによって、土と接する面を少なくし土壌付着を減少したのである。しかしこれでも土壌付着問題は完全に解決せず、この格子型犂篦（へら）にプラスチックを取付けた製品が昭和 30 年代後半に開発された。　この格子型犂篦（へら）の発明は、後に双用犂とした場合の犂篦（へ

ら）の曲面の微調整にも役立ち、更に性能を向上させている。第２次大戦後、リバーシブルプラウとして東南アジアにも輸出されるようになった（図 2.9）。

文明開化によって産み出された和犂は、当初、潜在地力を活用するものとして注目されたが、やがて文明開化の進展とともに工業力が伸び、その副産物として化学肥料が豊富に使えるようになると、深耕は更に強く要望され、稲作に飛躍的な増収をもたらすこととなり、和犂は近代農業に大きな足跡を残した。

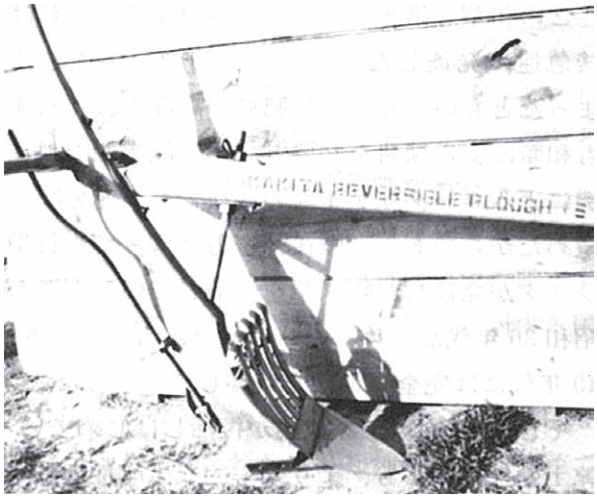


図 2.9　東南アジアに輸出された和犂 [1)]

2.6　和犂の現在

この和犂も第２次大戦後は衰退する。このことに関しては戦後急速に発達した工業力が、和犂を駆逐してしまったともいえる。化学肥料の高度化により、必ずしも和犂による深耕が必要とされなくなり、能率的な耕運機によるロータリティラの浅耕でも、十分収量は望めたからである。戦後、畜力に代わって歩行型トラクタが普及し、これに短床犂を装着していたものが、昭和 30 年代からロータリティラが台頭してきて、40 年代には完全に世代交代した。

そして、現在では再び深耕論が復活してきている。乾土効果無用論も、より生産性の高い稲作を期す上では説得力に欠けるからである。技術の発展には限りがなく、特に化学肥料の発達が今日の農業の繁栄をもたらしたといえるが、さらに生産性を高めるためには、その技術に何かをプラスさせるものでなければならない。それはやはり土の持つ潜在能力を生かすことであろう。効率的と言われたロータリティラと化学肥料についても、その万能論に対する反省の時が訪れたのである。その後、深耕可能な駆動型デスクプラウが一時期注目されたのがその表れである。しかし、和犂はトラクタが発達した現在においても、トラクタ用のものが販売されている。地域によっては和犂へのこだわりは根強いものがある。

昔からの耕うんの歴史を知ることで和犂発達の過程を振り返ることも必要である。乾田化法は、土地の生産性を高める一方で土壌を硬化させて耕起を困難にした。人力による鍬耕には限界があり、馬耕を経て和犂の発達を促した。馬耕から歩行用トラクタ、乗用トラクタの時代に入り、水田では犂はロータリにとって代わられた。ロータリ耕では使い勝手が良く能率は上がったが、土の潜在能力を引き出すうえでの力が低く、トラクタ駆動式ディスクハロー（図）2.10 が開発された。このハローは湿田には能力を発揮しても、硬い圃場には適応性が劣る欠点がある。洋犂も同様である。硬い圃場では畑地におけるような能力を発揮しない。現在、洋犂（プラウ）についてはそれぞれに改良を加えて時代に対応する水田耕起法が提案されている。

図 2.10　駆動式ディスクハロー
出展：小橋工業（株）カタログ

現在はトラクタも水田用として適応可能なホーイルタイプ、パワークローラタイプ、ハーフクローラタイプ、フルクローラタイプ等が開発され、牽引動力源の面からはほとんどの水田での耕起作業が可能となった。また稲作においての栽培方法も移植、無代かき移植、湛水直播、乾田直播、と幅広くなっている。10 章で新しい水田の耕起、砕土、整地について述べる。

注１　**大蔵永常**
江戸後期の農学者。豊後（ぶんご）国日田（ひた）の生まれ。各地を遍歴、土地ごとに特色ある農業技術、特にハゼノキ、サトウキビなど特用作物に関心を持ち、見聞した知識をもとに、（農家益、除蝗（じょこう）録、公益国産考）等多数の書を表した。百科辞典マイペディアより

注２　**短床犂と長床犂**
西日本に普及していたのが長床犂といい、長い犂床で耕

起が安定し、操作も容易であった。
その反面小回りが利かないため、不整形で狭小な水田区画には不利であったし、深耕に向かなかった。抱持立犂は無床犂で深耕には適するが、安定性に乏しく、操作に熟練を要するものであった。これらの欠点を解消したのが短床犂であり、長床犂と無床犂の長所を兼ね備えていた。

注 3　**回り耕法**
犂耕の手順で、枕地（注 4）を図りながら耕起する方法であり、外返しと内反しがある。

注 4　**枕地**
田を犂耕する場合、畔際で方向を変える必要があるが、このとき方向転換する場所のことを枕地という。動力源と作業機を合わせた長さが必要である。

参考文献

1）村井信仁「耕うん機械と土づくりの科学」農業技術普及協会　昭和 62 年 10 月　p17-22
2）飯沼二郎・堀尾尚志：「農具」 1992 年 5 月
3）家永泰光：「犂と農耕の文化」，古今書院，p91，1980 年 4 月
4）北海道農業機械工業会編：「農業機械北海道」
5）飯沼二郎・堀尾尚司：「農具」 法政大学出版局，1976

3 すき（プラウ）の起源と洋犂の発達

3.1 犂（プラウ）農耕の起源およびプラウの語源[1)]

1章でも触れたが、E.Werth[2)] は犂（プラウ）農耕はそれ以前に東南アジアの熱帯地方に発生した鍬農耕を基礎として、それに付加されて発生したものであるという推論を重視し、その発生地域は両農耕地域の会合した地域―西北インドとその直接の近隣地域―であるとしている。その論拠としているところは以下のとおりである。

1）犂農耕と結合すると、発生が当然と考えられるムギ類や熱帯雑穀類（トウモロコシ、トウジンビエ、シコクビエ）の発生地がこの地域であると推定されること。

2）犂農耕において最初の役畜としての役割を持ったと考えられている原牛（犛牛（ほううし）、ぽう牛、セブ牛、Zebu）水牛、ヤク（Yak）、ガウル（Gaur, インド産野牛）およびバンテングの5種の野生種が、中央アジアを中心とする地域に存在し、ないしは最近まで存在し、そして世界の中でこの地域においてのみ、これらが完全に家畜化されたということ。

3）これらの地域に現在なお各種の形態をもった犂が見出されること。そしてさらに、このすき発生地から農耕が四方に伝播して行く過程において、新しい作物を累積した地域―第二中心地―は、東南アジア、東北アフリカ、および中近東・地中海地方であるとしている。

一方、中尾佐助[3)] は雑穀類を代表作物とするサバンナの農耕文化と、ムギ類栽培を特色とする地中海農耕文化を明確に区別している。サバンナ農耕文化はアフリカからアジアにわたるサバンナ地帯をつらね、長年月の間に東西に長く伝播した、その起源地はこの文化を成する作物群から推定して、アフリカではエチオピア、ニゼル川など、アジアでは北インドおよび南インドなどであろうとしている。そして地中海農耕文化はムギ類の野生種すべてを含む地帯、即ち地中海東岸からパキスタン辺りの間において発生し、ムギ作農業を中心としていたとしている。この両文化の耕作法については、サバンナ農耕文化が手グワ農法を採用し、条播と入念な除草体系を発展させたのに対し、地中海農法はすき農法を採用して散播、無除草のムギ作農法を発展させたとしている。中尾はウシ、ヒツジ、ヤギ、ウマ、ロバの家畜化とその利用は地中海農耕文化に欠く事のできないものであるという。サバンナ農耕文化圏にはセブ牛の分布地域との一致が認められるものの、この文化圏では本来的に動物の家畜化は一切行われておらず、地中海農耕文化に接触してはじめてその家畜を受け入れた、特にプラウが導入されてから畜力用としてウシを飼う事が普遍化したという見解を示している。

H.J.HOPPEN[4)] は家畜を農業に役畜として初めて利用したのはシュメール人であるとし、その最も古い牽引法は二頭額引法（Double-head yoke）で、メソポタミアにその起源を求めている。この額引き法は当時のメソポタミア地方に分布した、強くて短い首を持った牛によく適していた。これが東方に伝播して行く際、水牛を利用しようとしてその後向きに長く伸びた角にさまたげられて額引法に困難が生じたこと、あるいはセブ牛の肩峯（Hump-neck yoke）の利用が指向されたことにより、二頭頸引法（Double-neck yoke）に変わったものとしている。古代エジプトの農耕を示す図3.1からも、当時二頭額引法により犂耕が行われていたことが明らかである。

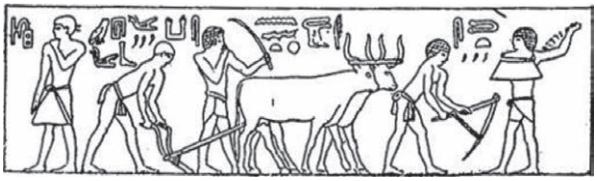


図3.1 上古エジプトの農業（2頭額引法）[1)]

以上のように、犂農耕がいずれの地に起源したかについては、今なお定説を得ていない。E.WERTHが犂農耕文化の発生地としている西北インドとその近隣地域は、中尾の分類するサバンナ農耕文化地域に含まれており、中尾の見解である犂農耕文化は、それよりさらに西方の地中海農耕文化地域であり、両者の論はその位置を異にしている。この差異は、犂農耕文化の発生地についての推論の一つの根拠である動物の家畜化が初めて行われた地域について、それぞれ異なる見解を有していることに帰することができるとみられる。

E.WERTHは西北インドとその近隣地域においてのみ、5種の牛の野生種が家畜化されたとしている。しかし、その中の水牛についてみれば、その野生種が現在なお東南アジアからアフリカにかけて、広く熱帯の低地に分布しており、その正確な頭数を把握できないのが現状である。しかも、現在でもアフリカなどで

その家畜化が行われていることなどを考慮して、下田博之は水牛の家畜化をある地域に限定して推論することに疑問を呈している。

また、農耕文化を代表する作物として、ムギ類と熱帯雑穀類を同一文化の中に含ませたE.WERTH の見解は、それを明確に分けて考えた中尾のそれと異なっている。我々は、ここで論ぜられている諸事項や、H.J.Hoppen の云う牛の最古牽引法としての二頭額引法と、その他地域への伝播の過程における変化の様相を見ると、犂農耕文化が当時すでに成立したものであろうことについてはほぼ疑いない事実と考える。そうしてこの犂農耕文化では、一部または殆んど家畜化されていた牛を活用しており、ムギ類を栽培していたと思われる。この推論は、後述する、最も古いすきと目されるアードの形態と構造、その機能等の諸点の調査によっても裏打ちされるものである。そして史実が示すように、古代メソポタミおよびやや時代が下がったエジプトにおいて、この犂農耕文化は開花したのであった。この事に関する下田の考え方は以下の通りである。すなわち、これらの地域では毎年定期的に見舞われる洪水と共に運ばれ、堆積する肥沃な土壌からなる耕地をプラウで耕し、ムギを散播し、時に灌漑をも行って豊かな収穫をあげ、古代オリエントおよびさらに完成された形でのエジプト文明が築かれたものと引用文献著者の下田博之は考えた。

3.2 牛馬等の家畜化と牽引法の発展 [1)]

農耕文化の中で役用として牛が最も古くから採用されたという事については、既に広く認められているところである。しかし家畜牛の祖先についてはただ一種であるとする一元説、二種あるいはそれ以上とする多元説とがあって、尚定説に至っていない。一方、肉用または乳用としての牛の家畜化の歴史は極めて古く、ヨーロッパでは紀元前5,000年にさかのぼることができるといわれる。役用としても古代メソポタミア、エジプトにおいては紀元前3,500年以前にすでに農耕に用いられたのは疑いの無い事実となっている。

頸引法はまもなく牛と共にメソポタミア、エジプトにも逆に伝わってその後この地域でも額引法にとって代わるようになった。額引法はスペイン人によってスペインおよびラテンアメリカの諸国に伝えられ、今日なおこれらの国々で用いられている。馬の家畜化はさらに遅れた。まずアフリカのエチオピアにおいて野生驢馬が家畜化され、これがオリエント全土に拡がり、その後西方アジアに伝播し（紀元前2,900年）、やがて紀元前1,500年ころ中央アジアにて初めて馬が家畜化されたことが認められている。

ヨーロッパの歴史時代に入って5－6世紀に、ドイツのエルベ河口に住んでいたザクソン人（Sachsen）が英国の低地に移住してサクソン人（Saxon）となったが、彼らがよくプラウを使った。このことはプラウ（Plou, Plough）の発達史上重要なことであるが、プラウの語源はサクソン語の「Plou」から来たといわれている。Plou の意味はサクソン農民が馬の尻尾にプラウを結んで引かせた習慣から出たという（この野蛮な習慣は17世紀までアイルランドの一部で続けられていた）。

このようにヨーロッパの古代末期から中世初期においてすでに馬の役利用が行われていたが、これはおそらく、馬の多い中央アジアからシベリアを経て、当時の民族大移動によってヨーロッパに伝播されたものと考えられる。

馬による牽引法はシベリアに起源があると考えられる頸環（Collar-harness）による牽引法が主体であったと思われる。そしてこの牽引法の影響を受けて、7世紀頃には牛の頸環によるサクソンプラウの牽引を行っている（図3.2）（世紀600年頃）。

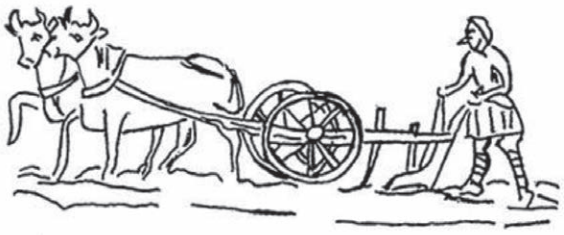


図3.2　牛の頸環によるサクソンプラウのけん引 [1)]

また逆に馬の牽引法にも牛の牽引法が導入されて、パット（Pad）をつけた二頭牽引法がイラン、イラク、シリアなどで用いられている。

馬の頸環引の場合には、引綱（Draft-trace）と引木（Evener）を利用し、一頭引または多頭引の形を取ったと考えられている。この点は本来牛が二頭引として発達したために、その牽引にはプラウに長いビーム（Beam）を必要としたのとは異なる。しかし、馬の多頭引の場合も犂体を安定させるために、特に中国の北辺地方では、牛、馬の混合チームで引けるようにビームが長くなっているのが見られる。とはいえその発想は牛の場合の長いビームとは全く異質なものと考えられる。

一頭引の方法は、ある時代に中国および中部ヨーロッパにおいて二頭引から改良されたと云われてい

る。その当初は引綱でなく牛馬車の牽引のように二本のシャフトであったが、犂耕や砕土作業に用いる限りにおいては、後退時に作業機を押す必要がないことから綱に変わっていったと推測される。そしてこの一頭引は韓国、日本、東南アジア諸国、さらにスイスの一部やイタリアをはじめヨーロッパ諸国においても用いられるようになったが、主は二頭引であり、これに一頭引を従として併用している国が多い。

役畜の牽引法は宗教上または社会習慣上の影響があるといわれ、太古のイスラエルでは牛と驢馬の協同によって同じ犂を引かせることが禁じられていた[5)]。

3.3 すきの起源と伝播[1)]

すきがどの様な道具をもとに発達したものか、また地球上の1ヶ所から発生したものか、あるいは幾つかの所で独自の発展をとげたものかなどのついては諸説がある。

E.WERTH は鍬農耕における主要農具であった堀棒に連畜用の装置を付けることにより、最も簡単なすきが出来、それがその後の一部を折取ることによって、今日世界に分布する多種のすきの中で最も広く用いられている有低犂（Sohlpflug, Bottom Plough）ができたと推論している。H.J.HOPPEN は、すきはそれ以前にメソポタミアのシュメール人が農耕に用いていた手農具、例えばショベルあるいはホーを家畜に引かせるように工夫し、それがすきに発達したとしている。アラビヤ、シリア、イラク、イラン、アフガニスタン、トルキスタン等の乾燥及び半乾燥地帯で、太古から行われた灌漑農業では、灌漑用の作条作畦に二人用ショベルを使った。そして今もこれらの地域で受け継がれている。

これは図 3.3（1）、（2）のように、ショベルに紐を付けて一人は引き、一人は抱えて押すようにハンドルを操作する。この人用ショベルから犂への変化は当然考えられる。図 3.3（3）はショベルを数個並べて畜力で引くもので、現在西パキスタンその他その近隣地域で作条、ハローに用いられているものである。

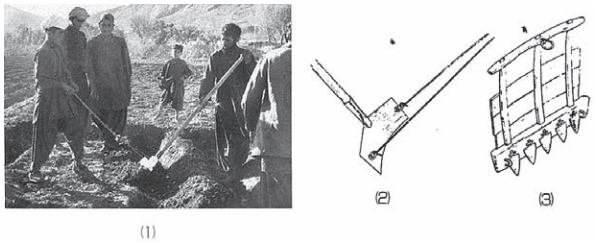


図 3.3　二人用ショベルおよび畜力用作条機（西パキスタン）[1)]

東大寺正倉院に保蔵されている「子日鋤―ネノヒスキ」は二つあり、1つは長さ4尺1寸で、孝謙天皇の天平宝宇2年（758）正月の子の日に用いられた儀鋤である。図 3.4 のごとくわが国特有の鍬の形をしているので犂ではないと云われる。しかし柄が彎曲しており、中国の耒耜（らいし）に似ていること、それに中国の鋒についている突起と共通なものもあり、これに引綱を結んだものと考えれば、すきとして用いられたとも考えられる。

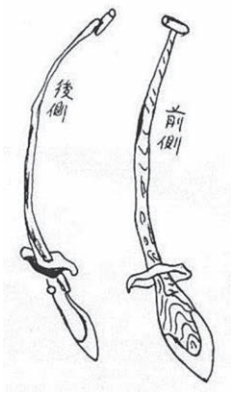


図 3.4　子の日鋤[1)]

同様に韓国の鋤（カレー）は手鋤として広く用いられたが、図 3.5 のごとく柄がまっすぐで人力用を思わせる。

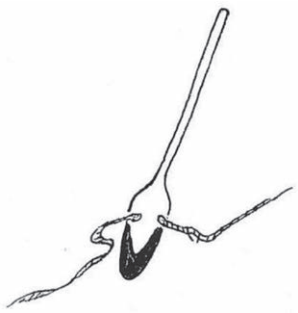


図 3.5　韓国の鋤（カレー）[1)]

わが国に文政年間にあった「源兵衛犂」は人力用の培土犂であり、後退しながら引いた。また群馬県の「上州鋤」は「無轅（えん）犂」とも呼ばれ（図 3.6）、ビームがなく犂身に結び付けられた縄で引くすきで犂床がない。これはわが国のすきが無床犂から発達したという考えを裏づけるものである。以上の諸例から、すきは人力用の鍬から次第に動物に引かせる農具へと、各地で発想が展開していった結果であるという推論が充分成り立ちえる。

これに対して、すきはすき独自の起源を持つとする説もある。すなわち、エジプトにて「く」の字型の曲

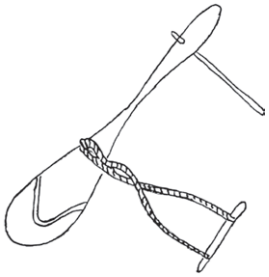


図 3.6　群馬県の鋤 [1)]

木（Crooked stick）をすきにつかったのがすきの原型であるとする推論である [6)]。これより遅れた時代の古代ギリシャ人は、2 本の枝つき幹で、1 本の枝をハンドルとし、他の一本をすき先（Share）に、幹はビームとして使ったといわれる [7)]

現在地中海沿岸諸国、アジア北西部、東南アジア一帯に自然木を利用した自家製すきが分布しているが（図 3.7）、これらでは土壌の軟らかいところでは全く木部だけを用い、かたい土壌では鉄製の小さなすき先をキャップのように木部の先端に付け、まれには小さな鉄片をヘラの部分に張っているものもある。

図 3.7　カンボジヤの木製鋤 [1)]
小さい鉄片をすき先に付けている

木は目的とする形を与え易く、自然木に近い形のものから、簡単なホーを大きくした形のものまで各種の形態を得ることができる。しかし、これらが各地域で独自に発生したものか、他からの伝播によるものかをただちに結論づけることは困難である。

以上のごとく、すきの起源についていろいろ推論されているが、要するにすきは家畜に物を牽かせることを思い立った時を起源としているのであろう。その文化が、ある地域では家畜の伝播とともに、またある地域では作物の伝播とともに伝わり、それぞれの地域に以前からあった農耕文化を基礎として改良発達していったものであろう。

以下に下田博之の畜力農業発達史での推論を記す。

現在、世界の各地に分布する各種のすき（プラウ）の中で、最も原始的な形態を持ち、しかも非常に広い地域に渡って分布するものとしてアード（Ard）と呼ばれるプラウをあげることができる。アードはムギ類の栽培発生地と目される地域（地中海東岸からパキスタンにかけて）とその近隣諸国、すなわちイラク、イラン、アフガニスタン、インド北部、パキスタン、ネパールおよびブータン、等の乾燥地域（Arid）および高原地方で、今なお在来犂として広く用いられている。この地域の中に古代オリエント文明を築き上げたチグリス、ユーフラテス流域が含まれており、その文化圏はこれらの隣接地域であるチベット自治区や、新彊ウイグル自治区にまで及んでいて、これらの地域においても現在なおアードが普及している。このアードの形態は土を反転する作用を持たず、土壌の浅い層を破砕する作用を持つもので、これがこれらの地域の乾燥（Arid Zone）ないし半乾燥地帯（Semi Arid Zone）の耕耘作業によく適したものになっている。と同時に、このプラウの作用性からムギ類の散播栽培の整地法に用いられるものとして発達したと理解することも極めて容易である。

東南アジアの稲作湿潤地帯においても現在、インド、スリランカ、マレー半島、インドネシアの一部などでこのアードが用いられているが本来的に表土の反転を必要とする湿潤農業にはこれは適さず、各地ですきへら（Moldboard）を持った反転型プラウへの改良発達の跡がみられる。このことについては、アードの起源地が上記の乾燥ムギ地帯にあって、漸次東方に伝播していく過程で、その地域の多様な作物群と気象・土壌条件に遭遇し、各種の形態に改良発展したものと思われる。WERTH の「鍬農耕文化と犂農耕文化の混成地である前方インドのその直接近隣地域において、犂農耕文化圏内でのすき形の最大の多様性を見る事が出来る」という指摘はこのことについて重要な示唆を与えている。アードは現在も北アフリカ、東南ヨーロッパ、中近東およびラテンアメリカにおいては最も普及している畜力プラウとなっている。それらの形態は多様であるが、共通する特徴は、牽引線がビームとすき先の先端（Share-point）を含む垂直面で、すき先を左右同型に二分することである。この形態では土を反転する性能は殆んどなく、いわゆる破砕型プラウとして、現在世界のプラウの主流をなす反転型プラウと明確に区別される。

元来、すき先部は堅木であったが、次第に鉄製に変わっていった。その鉄製すき先の木製犂への取付け法としては、乾燥した礫質土壌では舌状のすき先を犂身

（Body）の先端に溝を切って嵌め込み、止金でとめる方法（Tang type）や、ノミ状のすき先を同様の方法で取付ける方法（Chisel type）がある。その他の土壌の場合に対しては、犂身の先を尖らせてソケット状のすき先部を嵌め込む方法（Socket type）が一般にみられている。

アードをその基本的な形態により分類すればビーム・アード（Beam ard）とボディアード（Body ard）の二つとなる。ビーム・アードはもっとも古い破砕型プラウと考えられているもので、その本来の形態は図3.8のごとく、地面近くで下方に曲がったビームに、槍状のすき先とハンドルを含む犂身（Body）が貫通している。後になってハンドルと犂床が別々に差し込まれるものに改良されたものが見られる。ボディアードは犂床にあたる部分から犂身にかけて上方に曲がって、その先端は先細りとなってハンドルとなるボディに、ビームが刺し込まれている形態をなしているものである。犂床の部分は後方が横に広く、すき先部になるほど狭く、いわゆる楔形を呈しているものが多く、先端にソケット式またはチゼル式につけられたすき先がある。

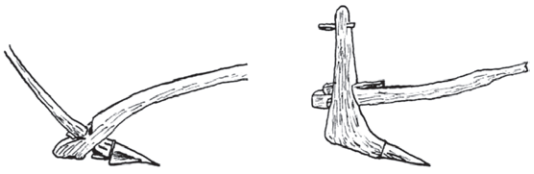


図 3.8　アード（ard）[1)]

ビーム・アードは、その原型が刃先の狭い堀棒状の人力農具を牽引用としたものであるために安定性に欠け、古代メソポタミアのごとく灌漑の行われた柔らかい土壌に対してのみ用いられたと考えられている。後になってビームとボディの間の応力の違いを是正するために、両者を繊維または皮革で連結する工夫がなされ、その後のアードに犂柱（Brace）が取付けられるようになった。

ボデイ・アードになるとビーム・アードよりも頑丈な構造で刃先部の幅も広く、より深耕にも耐えるものとなった。木製の犂柱を備えるものも出現して、地中海沿岸諸国から、それに隣接するヨーロッパ内陸諸国、インド、スリランカ、タイ、インドネシア等アジア諸国にまで、最も広く分布するようになった。

ボデイ・アードに含まれるものの中で注目される形態を有するものに、インドのオリッサ（Orissa）地方にみられる水田用プラウがある。これは図3.9のごとくボディの下端が彎曲して幅広の犂先部の働きをなし、その中央部にノミ状の刃先がチゼルタイプによって付けられている。これが後の水田用無床犂に繋がるものと推考することもできる。

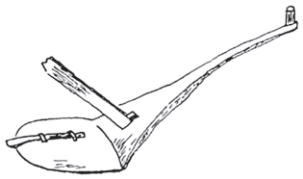


図 3.9　インドオリッサ地方の水田用アード[1)]

さらに注目される点は、中国の蘭州（Lanchow）の西部に肘状の犂柱（Knee-like brace）をもった長いビームのボディアードがみられることである。このことはアードが中国北部地方にまで伝播したことを示し興味深い。現在中国の北西、東北部に普及している代表的すきの犂丈（リージャン、図3.10）は、その形態上から明らかにアードに含まれるとみられる。また韓国の朱鉅（ザンギ、図3.11）はこの犂丈の影響を受けたものであることも容易に推考し得て、アードの伝播と犂の改良史を探る上で重要なことと考えられる。

図 3.10　中国（東北地方）の犂[1)]

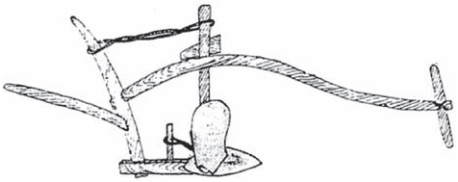


図 3.11　韓国の犂（朱ザンギ）[1)]

3.4　プラウの起源と発明・発達[1)]

3.4.1　欧米における発達

へら型プラウ（Moldboard plough）がヨーロッパに芽生えたのは14世紀以前と云われている。しかしながら、17世紀以前のプラウは殆んどアード型のものとみられ、プラウの改良はすき先だけに限られており、その作用は土壌を掘起し、攪土耕を行うに過ぎなかった。

ローマは古くから農業改革が盛んであった。東方に発生したすきがローマに渡り、ここで改良が加えられて世にいう“ローマプラウ”が出現した。17世紀の初めに至って、オランダは曲面のあるへら（Moldboard）を作出した。そしてこの頃、イギリスの清教徒がメイフラワー号で渡米する途中（1620年頃）オランダに寄港してプラウを得、それを持ってアメリカに移り、マサチュセッツ州のプリマウスに居を定めた。これがアメリカへのプラウの紹介の最初とされている。

プラウも他のすきと同じく、最初は木製で幾世紀間もそのままで使われた。図3.12に示したものは1927年ドイツの泥炭地帯で発見されたプラウで、現在西ドイツのハノーバー博物館に保存されており、現存のプラウとしては最古のものであろうといわれている。アードの先端は朽ちていて点線で形が示されている。ビームは長く二頭引プラウで、頸引又は額引きに使われたものであろう。鉄が出現しても木製のままで永く使われつつも次第に改良が進み、摩耗の甚だしい部分に鉄片を被せるようになったのであろう。

図3.12　現存する世界最古のプラウと見られているアード型プラウ（西ドイツハノーバ博物館）[1)]

プラウの改良は農耕の進歩に伴って進められた事も考えられる。W.H.Cashmore[8)] によれば英国では種子を手播きする段階ではプラウ耕は、壥条（Furrow-slice）を破砕せずに壥をただ反転するだけで、土壌の排水をはかるために行われた。しかし条播機が発明されてからはプラウ耕に要求されるものが変わり、1885年頃に土塊を砕くためにヘラに角度を付与した深耕プラウ（Digger-plough）が導入されようになった。両者とも現在から考えると極端に見える形状であるが、現在のプラウの設計ではこの両者の特徴を生かした中間の形状にしている。

ローマプラウの改良がオランダでなされ、その改良の方向は北英国とスコットランドにて引き継がれた。その中で目覚ましいものが、ローザハム（Rotherham）で働き、Walter Blythe に指導を受けたJoseph Folzambe による、“ローゼルハムプラウ”として世に知られるものである。当時としては最も完全なプラウであり、Joseph Folzambe は特許権を得た。これは図3.13に示したもので、本体の大部分が木製で、牽引装置、鉄製のコールター（Coulter）とシェアー（Share）、および鉄板を張ったへらと犂底からできている。

図3.13　ローゼルハム・プラウ（約1730年）[1)]

次にスコットランド人であるJames Small は機械学的理論に基づいてプラウの製作を行い、初めて鋳物（Cast-iron）のへらを用いたプラウを世に出した（図3.14）。彼はまた1784年にプラウに関する著書を出版した。その後ビームとハンドルにも鉄を用いるように改良されてからプラウは大きく進歩した。スコットランドにおけるこれ以外の当時の著名なプラウ名としてウィルキー（Wilkie）、フィンレーソン（Finlayson）およびサフォーク・ブラックスミス（Suffolk Blacksmith）などが挙げられる。

図3.14　スモール・チエーン・プラウ（約1760年）[1)]

へら（Moldboard）はその名から類推されるように、元来は木製であった。後にそれに鉄板が被せられ、そして最後にはすべてが鉄製となった。寿命や掘削性能を考えれば自然な推移であったといえるであろう。はじめはすき先を鍛鉄（Wrought-iron）で作ったが、1785年に当時ノーウイッチ（Norwich）に住んでいたRovert Ransome が鋳鉄から作ることの特許権を得た。1803年彼がイスプウィッチ（Ispwich）に転じてから、鋳鉄のすき先の表面硬化法について2回目の特許権を得た。その内容は下面をチルド（Chilled）して、上面を硬くする方法である。従って上面は速く摩耗し、絶えず切刃が鋭くなる。このチルドの鋳鉄すき先はそれ以後利用され、地方によっては今なおその他のものより優れた性能を持つとして利用されている。現在は、条件によって鍛鉄や表面硬化板鋼を用いたり、石礫、岩石の多い土壌に対しては鋼鉄のバーポイント（Steel barpoints）（図3.15）を用いたりしている。

これより少し前の18世紀の後半頃、耕深と耕幅を

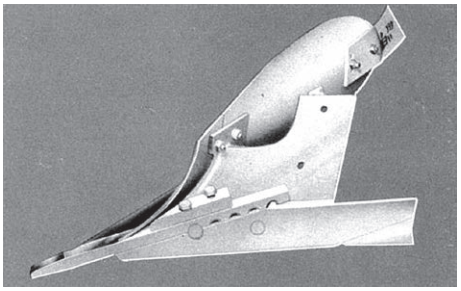


図 3.15　現在のバーポイントプラウ
（スガノ農機提供）

調整するクレビス（Clevis）がプラウに備えられるようになった。この簡単な牽引装置は牽引型プラウに利用された（図 3.16）。

図 3.16　クレビスを装したスコッチ・プラウ（約 1775 年）[1)]

また、19 世紀に入って間もなくサフォーク（Safolk）の農家が鋳鉄の犂底を発明し、これが東英国（East England）地方に急速に普及した。この数年後プラウボディ（犂体）を組立て式とする考案がなされ、各部が破損や摩耗したときには取り換え可能となった。

当時のプラウの製作は、一般に車大工（Wheel wright）と野鍛冶（Blackswith）の合弁で作られていた。このため彼らの発明・構想が具体的に評価されずに全体の進歩を遅らせていたが、鉄製プラウが現れ、需要も漸次増大してきて工場規模が大きくなり、設計上の進歩もめざましくなるとともに製造が飛躍的に伸びるようになった。

この時代に英国でプラウの改良に関係した人々としては、以上に挙げた人々のほかに、Tasker, Bell, Howard, Hornsby, Page, Cooke, Gray, Sellard および Roberts などがいる。また広く銘柄の知られた特殊プラウとして Clarke の汎用プラウと Rackheath の心土プラウがある。前者は Lonng Sutton 社の Willam Clarke の作で、畦立、畜力除草用などにも利用された。後者は神学士 Sir Edward Stracey BT の発明で地下 10～15㌢の心土破砕が可能であったといわれる。

プラウの改良史上画期的なことは 1864 年に Newcastle でおこなわれたプラウ試験である。

この時、主宰者の Rase はプラウ耕の理想的な形について次の如く定義した。「プラウ」はスキ溝の底を完全に平らに切断すること、溝壁は綺麗で真直ぐのこと、壥条は溝壁に垂直に切られて一様に反転して並ぶこと、溝の広さは馬の歩くのに充分であること」と。

この定義は馬がトラクタに変わった今日においても、著しい不合理を感じさせないし、また、この時のプラウ試験で成功を収めたプラウの型が、その後の 70 年以上もの長期間にわたって使われることになった。

この時以前のプラウオペレーターはプラウ耕競技に際してプラウの重量、大きさ、ビームの長さ、ハンドルの長短は勿論、その他非常に細かな要求を出していたが、この頃から汎用プラウ（General purpose piough）と称するプラウが現れて、広い条件下の共通のものが用いられるようになった。汎用プラウの他に、耕深耕幅比が 1：1（注 1）の深耕用プラウが用いられた。このプラウを用いると壥条はほぼ完全に破砕された。また汎用と深溝用の中間型の準深耕用プラウも特定の地区、条件下で用いられた。

二連プラウ（Double-furrow plough）が初めて作られた年次は明らかではないが、19 世紀の初期に Lord Somerville の作ったものがその最初の頃のものとみられている。英国 Ispwich の近くに住む農家が二連プラウを使って、それまでの 2 倍のプラウ耕能率をあげたといわれている。二連、三連プラウは 19 世紀の終わりになって、その操縦用に上げ下ろし装置が発明されたので非常に使いやすくなった。

19 世紀のヨーロッパでは各種の特殊プラウが開発された。例えば心土をそのままの位置で破砕する心土耕プラウのほか、除草プラウ（Hoeing-plough）、排水用のモールプラウ（Mole-plough）、双用プラウが出現した。そのほかに Brabant 型プラウ、ケントの曲面プラウ（Kent turnwrest plough）などもこの時代の製品である。またこの期に双輪プラウの改良やコールターなどの改良が進められ、ヨーロッパでのプラウの改良は全体的に大きく進歩した。アメリカでは[9)]、Thomas Jefferson と Daniel Webster の二人がプラウの初期における研究者として知られている。また New Jersey 州 Burlington の Chares Newbold は、1797 年に図 3.17 に示すような鋳鉄製プラウを製作して特許を得た。1814 年に Jethro Wood がへらの曲面改良で特許を得、1833 年には John Lane が古い手引きの鋸から初めて鋼製プラウを作った。この J.Lane は後に 1868 年、現在のプラウの製作に利用されている三層鋼（Soft-center-steel）の特許権も得ている。

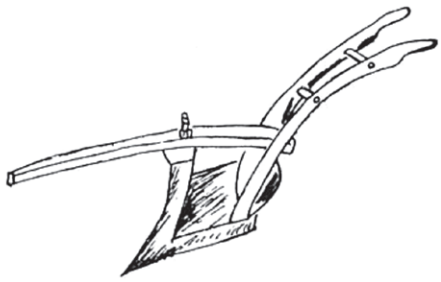


図 3.17　鋳鉄製プラウ [1)]

1837 年に Illinois 州の Grand Detour の John Deere は、図 3.18 に示されるような鋼鉄製のプラウを作った。これは製材所から出た古い鋸を用いて作った一枚板のプラウで、John Deere 社の最初のスチールプラウである。彼は 10 年後に同州の Moline の地に工場を建設した。なおプラウの材質改良では、Jmaes Oliver が 1868 年、チルドアイロン（Chilled iron）の名で知られる鋳鉄の硬化法についての特許を得ている。

図 3.18　John Deer の最初のスチールプラウ [1)]

1856 年に M.Furely が乗用一連プラウの特許を得たが、1864 年に至って F.S.DAVENPORT が畜力用二連乗用ガングプラウ（Riding two-bottom horse drawn gang plough）の特許を得て、プラウの乗用化、多連化が進められた。3〜4 連のプラウは、馬の場合 10〜12 頭によって牽引する必要があったが、1890 年代には蒸気トラクタが開発され、10〜15 連プラウを牽引できるようになった。これが 1900 年から 1910 年に至って、大型の低速ガソリントラクタに変わっていく。

初期の 2 − 5 連の牽引型トラクタプラウは、手動のレバーリフトで操作されたが、今世紀の初期に機械的作動リフトが発達し、さらに 1940 年代になって現在用いられているような油圧作動リフトに移行した。

最近に至って、プラウの多連化（Multiple-furrow plough）が急速に進んでおり、ヨーロッパアメリカではで 16″ − 18″ − 20″ − 22″ × 8、規格の製作と利用が見られるようになった（2015 年では最大 16⅌〜22⅌ × 12 連の製品がある）。また、最近は欧州、米国、日本も双用プラウ（リバーシブルプラウ）が一般的に普及している。最近のリバーシブルの導入割合は、海外では 80%、日本では 40%位と推測する。

注 1　深耕用プラウ・耕深耕幅比 1：1
一般的な汎用プラウの場合、適正耕深が耕幅の 75%前後になるように曲面が設計される。1：1 の耕深耕幅比達成には高度な曲面設計が必要であり、当時から深耕が望まれていたことと考えられる。

引用文献

1）下田博之：「図説畜力農機具発達史」，明誠企画株式会社，平成 7 年 6 月
2）藪内，飯沼訳（1968）E .Werth 農業文化の起源. 岩波書店
3）中尾佐助（1966）栽培植物と農耕の起源（岩波新書）岩波書店
4）H.J.Hoppen: “Farm Implemaents for Arid andTropicalRegions. FAO43”, 1960
5）W.H.Cashmore: “Ploughing through the Ages.”, W.P.O 資料，1966
6）山岡真十郎（1937）犂に関する研究、高知農試特別報告：2〜3
7）W.H.Cashmore: “Ploughing through the Ages”, British, 1966
8）W.H.Cashmore: “Ploughing through the Ages.”, W.P.O 報告書，1966
9）John Deere 社資料

4 洋犂（プラウ）の北海道への導入と農業機械化の変遷

わが国で洋犂（プラウ）の本格的な導入の計画がされたのは、維新初期の国策によるもので、都府県、北海道ともほぼ同時期であった。しかし、「はじめに」でも記したように、プラウによる反転耕起耕法は、経営規模、土地条件、土壌条件、風土等の関係で北海道においてこそ適していると判断され、本格的に推進された。その導入の経緯と北海道における農業機械メーカーの変遷を記す。

4.1 洋犂（プラウ）の北海道への導入 [1)]

北海道農業の特徴は、欧米の農業技術を組入れた畑作にあるといってよい。今日でこそ稲作が浸透しているが、開拓初期は開田する計画は全くなかった。北海道では、洋式農法を展開する上での適正な耕作面積を得ることが可能であった。文明開化から得られた技術を基に新しい農業の実験を行うには恰好な新天地であった。

畑作農業で使用する農機具はプラウ、ハローを基調とする。畑地には土質の違いから和犂の入る余地はなく、畑作地帯に発達した洋犂を導入する。プラウ馬耕が北海道農業の前提となったのは、以下のような事情による。

①寒冷地では府県のように多毛作は望めず、単当収量も低いので、経営上大面積の耕地が必要である。したがって畑作一戸当たりの経営面積としては、5ha（5町歩）は必要とされ、鍬耕による作業能率では対応が難しい。

②農期間が短いので、適期を逸することは出来ない。そのため高能率作業体系の編成が不可欠である。

③北海道は必ずしも地力に恵まれているとは言えず、潜在地力を最大限に活用する必要があった。また寒冷地の基幹作物として根菜類の作付けを奨励せざるを得なかったので、深耕による根圏域の拡大が必要であった。

④比較的湿潤な風土の中にあって、大面積経営には除草が大きな労働負担となる。除草の省力化のために深耕・反転すき込みは基本である。

安政仮条約に基づいて、1857年4月アメリカ合衆国事務官ライスが箱館（函館）に赴任した際に、箱館奉行に洋式農機具を献上した記録がある。この中にプラウが含まれていたかどうかは明らかでないが[2)]、1869（明治2）年にプロシア商人ガルトネルが七重村に300万坪（約1,000ha,1000町歩）の土地を租借して農場を開設し、3頭曳きプラウ、2頭曳きハロー等を多数持ち込んでいる。

この農場は後に七重開墾場―七重勧業試験場となり、洋式農業普及の先駆的役割を果たすことになる。北海道農業は、欧米の労働生産性の概念に基づいて指導されているので、この後積極的に洋式農機具が七重官園に導入されている。

札幌本庁でも、1874（明治7）年から西洋農機具を輸入している。勿論基幹農機具としてプラウがあり、技術普及のための農業現術生制度（注1）も設けられ、洋式農機具は着実に普及し始める。札幌農学校における洋式農法の現術教養も見逃すことができないとされている[2)]。札幌農学校では現術教養が重視され、多数の人材が移住地の指導者となり、プラウ農法の確立に貢献している。

1874（明治6）年には開拓使は西洋農機具貸与規則を制定し、民間農家に貸与するようにしている。このため農機具の借用調達が容易になり士族の集団移住を先頭に機械化が促進される。洋式農機具をすべて購入していては普及に制約があることから、プラウやハローなどについては道内生産を行うことが計画され、1872（明治5）年、札幌東創成通りに鍛工所、錬鉄所、鋳造所、製鉄所、木工所が建設された。民間企業も洋式農機具の製作を開始し、1876年（明治9年）に有珠郡紋別の岩本米次郎が最初にプラウを製作したと云われる。

1884（明治17）年には同じ紋別の江田盛造が浸炭法による炭素焼きプラウを製作している。紋別製糖所がアメリカから輸入したジョン・ディアー社のプラウの構造や材質を調査し、同じ内容のものとすべく銃剣製作に用いる炭素焼法を応用して、耐久性に富むプラウを作ったのである。わが国の製糖は大正末期から本格化するが、既に明治から製糖企業は新技術の導入に積極的で、技術発達に貢献している。伊達紋別地方は開拓も早かったが、技術的にも先進地で、札幌と共に先導的な役割を果たしている。江田盛造の弟子であった小西力蔵、瀬川三造等は技術を伝承して、伊達のプラウとしての評価を高めている。浸炭法はやがて札幌から全道に拡大する。当時鍬で手起こしする場合の能率は、1日当たり1.7～2.0a（50坪～60坪）であった。仮に2.0aとしても3人の労働力では6.0aしか耕起出来ない。経営面積を5ha（5町歩）とすれば、全部耕

起するのには83日要することになり、適期作業は到底不可能である。開拓の進展にともない、馬は運搬、交通には不可欠なものとなった。

馬匹改良（注2）は経済的な面からの要求であると同時に、開拓当初は農業に利用されるより生活物資の運搬に利用され、しかも駄載が主であり、生活の面からも求められることが大きかった。併せて外圧に対する国力維持の面から軍馬としての馬匹改良施策も推進され、馬産に対する積極的な取組が行われた。馬産は開拓地北海道の特色であり、農機具の発達と併行して特記されるべきものである。

経営力のある農家は、盛んに賃耕も行っていたようである。明治後期には鍬耕が一部残っていたとはいえ、再墾地では畜耕が主で、畜耕面積は70％に達したと云われている。開拓当初の手耕・手刈りの、動力ゼロの時代から短い期間で伸張したのである。

当時、外国から導入されたプラウには、装輪式の3頭曳プラウも含まれていたが、実際にはあまり使われていない。馬の調教が行きとどかなかったことや、国産化の製造技術に弱点があったことが原因である。

一般的に使われた畜力プラウを図に示す。新墾型プラウ（図4.1）は開墾に使われるもので、反転すき込みを主目的にしている。樹林地開墾には使えないが、笹地や草地に利用した。樹林でも抜根を充分に行い、ある程度熟畑化している場合には使用することができる。兼用型（図4.2）は熟畑化が進行中に使用するものである。完全に熟畑化すれば、反転放擲砕土型の再墾型（図4.3）プラウを用いる。時代の進展と共にプラウにも種々の工夫が加えられた。図4.4は棟木（ビーム）を鉄製にしたものである。より耐久性を増し、また量産化に備えている。

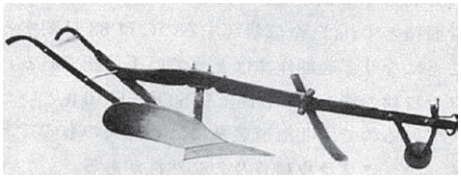


図4.1　新墾プラウ[1)]

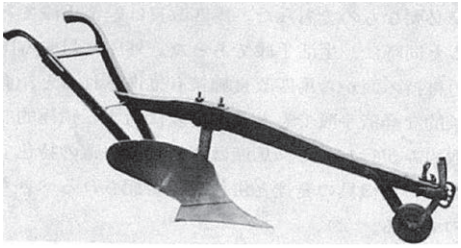


図4.2　兼用型プラウ[1)]

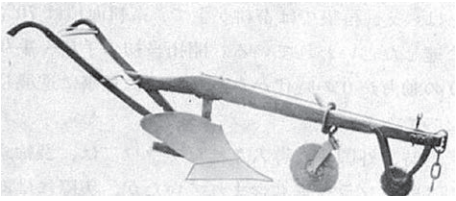


図4.3　再墾型プラウ[1)]

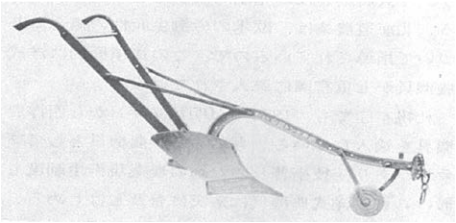


図4.4　ビームを鉄製にしたプラウ[1)]

鉄をプラウの素材に採用するようになったころから、刃物鍛冶と云われた人達が各地で機械鍛冶としての体制を整え、プラウ、ハローを主体とする専用メーカーとして農機具を製造するようになり、技術は一段と向上してきた。明治の後期には、輸入機が高価であったので、プラウとハローについて国産機を充当している。

プラウやハローの土農具に関するものは、大企業が一括生産できるものではない。鍛冶が各地に散在して技術を競ったのは、土壌を知り尽くさないと土質に適合したプラウを作ることが出来なかったためである。このことは水田の和犂が比較的量産体制をとれたのとは対照的である。水田の場合、水を介しているので、乾田化しても畑作の場合のように地域による差異が大きくない。畑作の場合地域別の土質の差が大きく現われ、かつ、水分も微妙に変化する。作目も多く単純な扱いは出来ないものもある。現在のように大きな動力源に恵まれて、力で押し切れる時代ではなかった。限られた動力源で、土壌の付着を避け、丁寧な反転すき込みをしようとすると、土質を充分に研究して、それに合わせたプラウ構造とする必要があった。プラウには地域性があるといわれる所以である。

政府は、プラウやハローの製造を大工場にゆだね、量産化によって安い製品を広く供給しようと試みたようであるが、構造が簡単でも大工場が扱い得なかったのは、地域の土質を完全に掌握出来なかったことによる。また輸入機にあまり依存しなかったのも、価格面ばかりでなく、この微妙な土質対応ができなかったことにもよる。さらに、地域によって営農構造が異なれば、飼育する耕馬の馬格、調教にも差が生ずるが、これらには地域メーカーでないと対応できない。

明治の前期を洋式農法導入期とすれば、中期はプラウの国産化が開始されて畜耕成立期、後期は安定した畜耕定着期とみることができる。大正に入って第一次大戦がぼっ発し、北海道農業も大きな変革期を迎えた。欧州が戦乱の渦に巻き込まれ、世界から食料の買い求めが始まり、北海道の豆類、馬鈴薯でんぷん粉が高額で取引きされたからである。開拓農家がようやく資力をつけ、零細農業から幾分脱っすることが出来た。

さらに戦後、本格的な洋式農法を推進すべく、てん菜製糖事業が発足する。農家が力を付けてきたこと、農業技術水準が向上して、てん菜栽培に取り組める実力が備わってきたこと、工業技術が発達して、農産加工に対応できるようになってきたことなど条件が整ってきたことによる。てん菜を組入れた輪作体系はようやく成立する。

また同時に深耕が奨励され、耕起技術は飛躍的に向上した。この大正の後期から昭和の前期は畜耕再編期ということが出来よう。てん菜には深耕が基本であるとして、大正８年に製糖会社が深耕にトラクタを導入している。大正 11 年には北海道技師山田勝伴、安孫子孝次がドイツより深耕プラウ、心土プラウを輸入した。それまでの畑作は豆作が主体で、あまり深耕されることはなかったが、ここで耕起の内容が変わることになる。

耕起の意義について改めて認識されたということもあるが、政府の奨励策でもあって関係者が積極的な取組を見せる。新しい耕起法に最も説得力があったのは、製糖会社が招聘した２戸のドイツ人と２戸のデンマーク人（脚注３）のデモンストーレションであるといわれる。大正 12 年に、十勝の清水村（現清水町）と大正村（現帯広市）に 5ヶ年契約で模範契約するが、農機具はすべてドイツから持ち込まれたものである。大正村のグラボーは、周辺の畑を見て開口一番、これは畑と云うものではない。畑には雑草があってはならないといったそうである。きちんと輪作が守られ、深耕されていれば雑草は少ないものである。畑作の耕起が浅いと、必然的に雑草が多くなる。このことは土地の生産性を高める上での基本的なことがなされていないことを物語っている。このような背景があるので、彼らは雑草の多い畑を容認できなかったものと思われる。彼らは耕起の実際を示そうとして深耕して見せた。

しかしすべてが順調に運んだわけではない。肥料反応のよいてん菜については、急激に深耕してもあまり大きな問題は生じないが、以下のような理由から豆類には大きく影響することがある。火山性土壌は下層土が不良である場合が多く、有効態リン酸や微量要素に不足している。したがって急激な深耕は土壌改良を伴うものでなければならない。土壌改良資材に乏しい当時では、急激な深耕によって豆作が極端に不良となった。当時は土壌改良資材を入手することは困難であり、深耕は大英断であったのである。

深耕には以下のような問題点もあった。長い間の浅耕によって形成された犂底盤は（注：浅耕の方が人畜の踏圧で硬盤層が形成されやすい）根の下層への進入を妨げ、水分や養分の吸収を困難にする。これは干ばつ被害を受ける要因となる。一方犂底盤は不透水層であり、降雨が続くと表面に滞水し湿害をもたらす原因となる。根圏域が制約されて充分に養分を吸収出来ないということもあるが、水分収支のバランスを崩し、作物の順調な生育を阻害するのである。

深耕に伴うこのようなトラブルはあるものの、深耕を単に根圏域拡大効果としてのみ考えるのでなく、総合的な効果として捉えるべきである。豆類については深耕が飛躍的な増収をもたらさないだけでなく、初期には不作となる場合もあったが。しかし深耕によって冷湿害に耐え得る土壌構造となり、冷湿害の被害が緩和される。また深耕は降雨の多いわが国では生育を安定させる。豆類は地力でとる作物と云われ、急激な深耕はある時期収量を低下させるが、長期的に見れば、地力を増進し必ず有利に展開するものである。土壌が慣れてくると深耕は結局増収を示すようになった。豊作年では、生育・収量において深耕区とその他の区域で大きな差が出ないのは当然であるが、だからといって深耕を否定すべきでない。以上のような深耕の効果が認識されるに従ってプラウに改良が加えられ、深耕を施した面積が増加して行ったのである。

大正に入って大型の深耕プラウが使えたのは、馬の改良が進んで馬の体格が大型化してきたことに負っている。列強の国々に伍して軍備を増強しようとしている時である。軍馬の育成の面からも馬産は国として大きな関心事であった。このことが犂の奨励策に有利に働いた。このような状況下、プラウも年々大型化の傾向をたどった。一方大きな動力源を得られない地域の深耕は、プラウ耕を２組にして、１組が普通耕で先行し、この後に続いて、そのれき底を耕起するようにした。この場合膨軟にするだけで反転は不要であるから犂へらを装備していない。仮に普通耕が４寸（12cm）耕起したとすれば、さらにその下を心土プラウで４寸（12cm）耕起して計８寸（24cm）の耕起深となる。2組の作業構成であっても、従来には得られなかった耕起深となり、しかも下層土を作土に全く混入せず、豆

作にも悪影響は与えないので一つの工夫として評価される。

犂底盤は数年を経ないと形成しないので、心土プラウは3〜5年に一度の割合で使えば、充分その効力を発揮できる。動力源が豊富な場合には、プラウ耕と同時に心土耕をするのも一つの方法である。心土耕プラウは図4.5に示すように後隋型である。開発当初は取付けの位置関係が難しく、バランスを崩して取扱いの困難な方式であるとされていたようであるが、次第に改良されて標準的なものに集約されていった。現在のようにトラクタという大きな動力源があれば、力で押し切ることができるので、あまり設計に神経を使わなくても良かったであろうが、畜力という制約のある動力源しかなかった当時にあっては、できるだけ抵抗を少なくするような力学的構造を追求しなければならず、相当の苦労があったであろう。もっともそのときの基礎研究が、今日の技術確立に大きく貢献していることはいうまでもない。

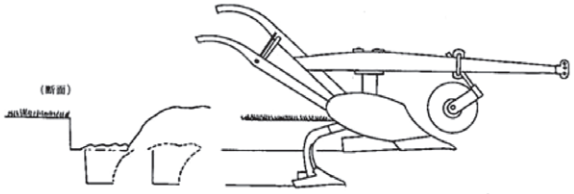


図4.5　心土耕プラウ[1)]

昭和に入ってドイツから浅耕型双耕プラウ（図4.6）が輸入された。これは双輪式の2連プラウである。それまで装輪式は見本として導入されているが、大型過ぎるなどの理由で実際には使われなかった。この時期にはドイツではプラウは幾つかに分化し、コンパクトにまとめ、取扱い易い形の物も開発されている。この双耕プラウは2連プラウであるから高能率であるが、深耕は望めない。ドイツでは根菜類用の深耕プラウと、禾穀類用の浅耕プラウと使い分けていたようであるが、導入されたのは浅耕用のプラウである。作物別の生育を考えると、必ずしも全ての作物に深耕の必要はなく、相応に使い分けるのが合理的である。当時根菜類が増加しはじめ、深耕が奨励されていたとはいえ、依然豆作が主流であった。このプラウは豆作圃場には高能率プラウとして利用価値が高かった。装輪式で作業者の労働負担の少ないことも評判のよい理由で、近代プラウとして注目された。やがてこの浅耕型の双耕プラウ（2連）は、深耕型の装輪プラウ（1連）（図4.7）に発展する。

第2次大戦後の行政の柱は、食料増産対策である。

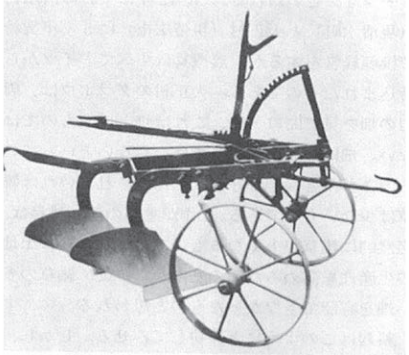


図4.6　双耕プラウ（浅耕型）[1)]

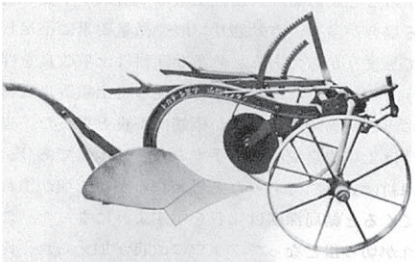


図4.7　深耕型装輪プラウ[1)]

進駐軍の占領政策によって機械化による緊急開拓事業が全国的に繰り広げられた。北海道においては、開墾用トラクタ（主にクローラ型トラクタ）600台、プラウ489台、ハロー422台が導入されたが、この事業は数年にして進駐軍の中止指令で挫折してしまった。しかしこれは幸いにして耕土改善事業に引継がれて、既耕地の土地生産性向上に活躍することになる。農業者は深耕が増収に結び付く事を知っていた。

大型トラクタの牽引による深耕プラウ、心土耕プラウが全道で稼働し、実績を挙げた。事業により深耕の実績が認められると、一般営農でも当然ながら深耕を試みる。浅耕型双耕プラウ（2連）を改良して大型のボトムを一連装着して深耕できるようにしたのが深耕型装輪プラウ（1連）である。浅耕用の双耕プラウと区別するために、同じ装輪であっても浅耕型双耕プラウ（2連）、深耕型装輪プラウ（1連）と名称を変えている。深耕型装輪プラウ（1連）は昭和25年頃から急増している。昭和30年頃からは一般営農にホイールトラクターが導入され、これらはやがてトラクタ用プラウに交替する。深耕型装輪（1連）は畜力用プラウとしての最高の技術を結集し、1965（昭和40）年頃で幕を閉じる。同時にそれは畜力時代の終焉を告げるものであった。

4.2　北海道農業機械化の始まり[2)]

北海道は、稲作を中心として進んだ府県とは全く異

なる経緯をたどる。北海道開拓使がアメリカから招聘した開拓使最高顧問ケプロン（H.Capron）の意見に従い、冷涼な土地に合う畑作酪農をアメリカ式畜力農法で進めることに決め、1872（明治5）年に官営鍛工所（後に農馬具製造所、札幌機器製作所）を開設してプラウ等を国産化した。当別（岩出山藩）、札幌（白石藩）、伊達紋別（伊達藩）、八雲（徳川藩）等に入植した士族集団がこの方針を積極的に受け入れ、プラウ普及の基礎を作った。

これらの集団では、集団としての特色を生かして、技術伝習をする官園等に人材を派遣できたこと、内部に鉄砲や刀の鍛治職経験者がいて農具の修理や改造が容易であったことなどが、プラウの導入を可能にした大きな理由である。しかし、一般の入植者にとっては事情が異なっていた。ひとつには当時のドサンコ馬や日本人の体格にはプラウが大きすぎて合わない、原始林の開墾地には根株が大量に残存し、プラウ本来の機能を発揮しにくいという一般的事情があった。加えて、士族集団と異なり、資金力、組織力にも乏しく、プラウ導入にはそれほど大きな魅力はなかった。このようなことにより、一般入植者へのプラウの普及は遅れた。

そこでケプロンに伴われて来日したエドウィン・ダンの指導を受けて輸入農耕馬の繁殖に努め、同時に農馬具製造所の生産台数を1875（明治8）年には349台であったものを、毎年倍増させて明治11年には5,308台まで伸ばし、1880（明治13）年には馬とプラウを入植者数戸に1組ずつ貸与するまでになった。

明治20年代に入植者が全道に拡がり始めると、民間の小規模プラウ鍛冶（野鍛冶）が各地に開業し、地域に合った形態のプラウを製造して普及が進んだ。1903（明治36）年に刊行された移住希望者へのガイドブック北海道刊「北海道開拓要覧」は、「最モ広ク用イラレル農具ハ西洋犂（プラウ）ト「ハロー」ナリ。農家ニシテ此二者オ具エザルハ稀ナリ」と記載している。

図2.2に明治期の北海道における試験機関設置状況を示したが、七重開墾場を皮切りに設置されたこれらの機関は、その後現在の農場試験場に受け継がれていった。それに伴いその地域の開拓も進んだ。図4.8は北海道の耕地面積の推移を示している。

尚、北海道開拓をテーマにした小説に本庄睦夫の「石狩川」、開高健の「ロビンソンの末裔」、城山三郎の「冬の派閥」等があり、明治維新後の士族や第2次世界大戦後の庶民の生き方について、新天地北海道の開拓の困難さと、それとの人々の戦いを中心に描いている。

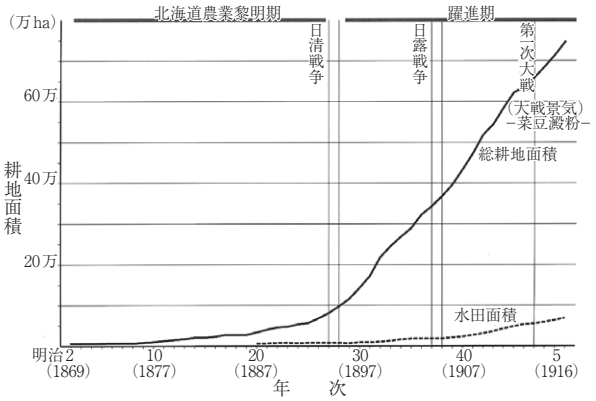


図4.8（a） 北海道の耕地面積推移（1）1869（明治2）年～1917（大正6）年

出展：北海道農業試験場の歴史と農業機械遺産

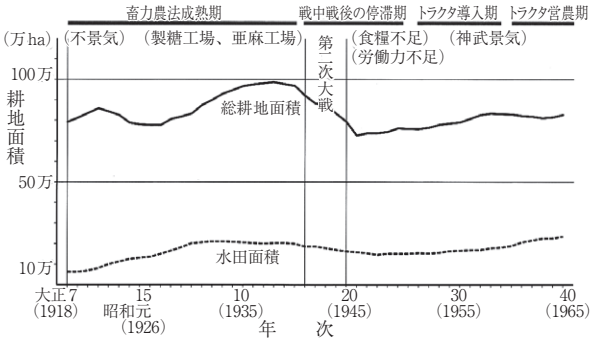


図4.8（b） 北海道の耕地面積推移（2）1917（大正7）年～1966（昭和41）年

出展：北海道農業試験場の歴史と農業機械遺産

4.3 プラウ鍛冶の創業[2)]

プラウ鍛冶の祖として名高い江田盛造（伊達）は、鹿児島の鉄砲鍛冶から東京の刀剣鍛冶を経て、子息が伊達製糖所技師として赴任したために来道した。製糖所に輸入プラウやカルチベータがあって国産機より性能も耐久性も良いことを聞き、自身が持つ技術を生かせば国産化が可能となると確信して1884（明治17）年にプラウ鍛冶となった。江田はプラウ曲面と材質の研究を重ねて素晴らしいプラウを生産した。この江田の高弟であった小西弥三郎は江田の、土性に応じたプラウの曲面のありかたと材質に関する研究の精神を受継いで、明治28年（1895）年に伊達で小西農機製作所を開業した。同社は後年にスター農機に合併されて消え去るが、スター農機からさらにIHIスターに到るまでをも小西農機製作所の歴史が継続していると認めるならば、今日に残る企業では最も古い歴史を持つ農機会社ということになる（注：（株）クボタが明治23年に操業しているが、農業機械に進出したのはこれよ

り遅い)。弥三郎の技術は子息の小西力蔵に受継がれ、大正末期に従来プラウの耕深が12cm程度であったものを、甜菜栽培と地力増進の要請に応えるべく18cmまで伸ばした深耕プラウを開発した。この機種は北海道奨励農具に指定されて5割補助が付き、約18年間に3,600台が供給されて全道の土地改良に貢献した。また、敗戦直後の食料増産対策の事業で、開拓102型プラウやマンモスプラウの開発等も手掛けて、プラウ製造会社として優れた業績を挙げた（図4.9)。

図4.9　小西式プラウ

日本のプラウメーカー（平成27年時点でプラウを生産中止の会社も含む）について創業年を中心に記すと以下のごとくなる。1909（明治42）年創業の山田トンボが最も古く、次いで大正初期の第1次大戦の好況を契機として1916（大正5）年に太田農機が創業、翌年に山畑農機（以上3社は現東洋農機）と菅野農機具（現スガノ農機)、1918（大正7）年に藤見農機具、1920（大正9）年に渡辺農機、1936（大正11）年に三由農機、1924（大正13）年に豊平農機（現IHIスター）と続いている。さらに昭和に入って不況時代と戦前の労力不足を契機に1927（昭和2）年に土谷製作所、1931（昭和6）年に田端農機具、1933（昭和8）年に帯広土谷（現土谷特殊)、1937（昭和12）年に工藤農機と創業が続いた。

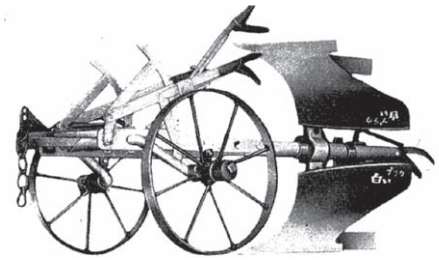


図4.10　菅野式上下反転リバーシブルプラウ

4.4　日本農機具工業組合連合会の発足[2)]

1937年（昭和12年）年は、日中戦争から第2次大戦に至る8年戦争の初年であり、国民精神総動員運動や軍需工業動員法が始まるなど、戦時色濃い施策が取り入れられ、軍備拡張に伴う予算・資源・人材の配分合理化を進め、その後の物価・資源統制令、国家総動員法、配給制度を実現する起点となった。

1937（昭和12）年に業種別に組合を結成させる国の指令により、農機具業者は、「北海道農機具工業組合」、馬車・馬橇業者は「北海道車橇業組合連合会」を組織させられ、これが企業統制の基礎組織となった。翌年には鉄鋼の配給統制が強化され、組合に入らないと生産資材が入手できなくなる事態に入る。北海道農機具工業組合の結成は、軍事体制という不幸な事態ながら、今から見れば地域ごとに孤立していた、鍛冶屋と呼んだ方がよい農機具メーカーの連帯意識を醸成する効果があった。なお1939（昭和14）年に日本農機具工業組合連合会が発足し、各地域の農機具の全国統一がされている。

4.5　満蒙開拓団[2)]

1940年（昭和15年）には、道内の18社の農機具工場が満州国（現中国東部、以下の都市名は当時のまま）の19都市へ移転させられ、国策で募集した「満蒙開拓団」向けの農機具を生産に従事した。この中には以下の人々が含まれる。

1．菅野　豊治（上富良野町出身、現スガノ農機、)
2．佐々木四郎（美唄峰延出身、現ササキCo)
3．高畑由太郎（芽室出身)
4．宮崎静三郎（清水出身)
5．成瀬　菊市（新得出身)
6．堀　　一美（幌加内出身)
7．藤川　丈夫（北広島出身)
8．田中　留吉（美幌出身)
9．稲川　三郎（帯広出身)
10．阿部　清治（長万部出身)

10名が店を閉鎖して斎々哈爾、訥河、興鎮、延吉、国家房、東安、黒臺等に渡っている。さらに山田清次郎・山田嘉蔵（両社とも現東洋農機)、および黒田春彦・高梨光雄・阿部鉄太郎・中村義直・石丸次作・池端仁市の8名が協同して国際耕作工業を設立し、斎々哈爾（ハルピン）と奉天の2都市で開業している。これらの会社は、農林省が満州でプラウの性能試験を行い、現地の土性に合ったプラウを作る製造者を選定して移住命令を通達したとされ、現地工場で多量のプラウ、ハロー、カルチベータを製造して満州国の要請に応えている。しかしながら、これら派遣者は、昭和20年の敗戦により裸一貫で帰国することを余儀なくさせられたばかりか、移住前に自社工場を閉鎖して出発しているため、戦後の混乱のなかで工場再建をする

という苦しみを味わった。

図 4.11　菅野農機満州工場

4.6 北海道農機具工業（株）（後に北農機と改称）の発足[2)]

1941 年（昭和 16 年）5 月、北海道長官と酪連会長黒沢酉蔵等が酪農関係企業の効果的な活動を提案した。これを受けて北海道興農公社（雪印乳業の前身会社を再編した組織である。当時は乳業会社が道内一社であった。）が発足した。同時に、酪農作業機を生産する豊平農機（現 IHI スター）、高橋鉄工所（札幌、モアーとヘーレーキーを製作）、土谷製作所、帯広土谷（現土谷特殊農機具）の諸企業を合同させ、（有）北海道特殊農機具製作所を設立して「特農」ブランドの製品を酪連に供給した。1943（昭和 18）年には「統制会社令」が施工され、資材仕入れから製品販売まで業種別に統制され、各社の自由裁量が全くなくなった。

1944 年（昭和 19 年）には、いよいよ戦時体制が強化され、生産調整、資材調達の合理化等を目的にした改革を北海道から命じられた。北海道農機具工業組合は、物資国家統制令により「北海道農機具工業統制組合」に移行すると共に、11 月にわが国最大の「北海道農機具工業（株）（後に北農機と改称）」が設立された。この北農機には , 前述の北海道興農公社と北海道農業会（現ホクレン）の 2 農業団体から資金出資があったが、そのほかに北海道内の農機具会社 23 社が現物出資の形で参加して企業合同し、札幌市北 4 条東 7 丁目の敷地 3,000 坪を用意して本社を設置した。社長には黒沢酉蔵が就任した。

同社の定款第 3 条には、本会社は北方農業建設に必要なる農機具を供給し、農畜産資源の開発、軍需並びに食料・農畜産物の増産を図るを以て目的とすると記している。企業合同された会社は以下のとおりである。前記の北海道特殊農機具製作所（豊平、高橋、土谷、帯広土谷の各製作所）を省くが、阿部農具、北海農機（以上札幌）、小西農機（伊達）、本田農機（栗沢）興農（妹背牛）、北海道農機、加藤農機、吉沢産業（以上 3 社深川）、上林農機、成久、進藤農具、佐藤農具（以上 4 社旭川）渡辺農機（永山）、宮本、遠藤、佐々木農具、川崎鉄工（以上 4 社帯広）、太田農機具（芽室）、小野農具（止若）、野川鉄工（北見）近藤農機具（斜里）、別所農具（中標津）の 22 社、北海道特殊農機具製作所の 4 社を加えて実質 26 社を数え、前述の満州移駐工場を加えれば、当時の道内農機業者を網羅している。各社は分工場の名を与えられ、需要に応じて生産が割り当てられる計画であったが、壮年工員と壮年農業者の大多数が徴兵されていること、農機具生産に使える資材がほとんどないことから、開店休業状態で計画倒れであった。一方、大義名分の下で発足した本社は、1945 年（昭和 20 年）春に巨大な農機具工場の新築を開始するが、8 月に敗戦を迎えて全構想が瓦解した。企業合同した 26 社は北農機を独立させることを前提とし、実務に明るい関野副社長に残務整理を任せて企業合同を解散し、自社工場分を買い取って再独立した。

解散を保留して残った豊平農機副社長の関野太一は工場完成まで協力し、1946（昭和 21）年にようやく落成して操業開始すると離脱し、北農機は全国唯一の農業団体出資の会社として独立経営となった。

戦時下での農地開拓と農機生産を国策で進めることの難しさが表れている出来事であり、今の自由な企業活動から見ると困難な時代を経てきたことが分かる。

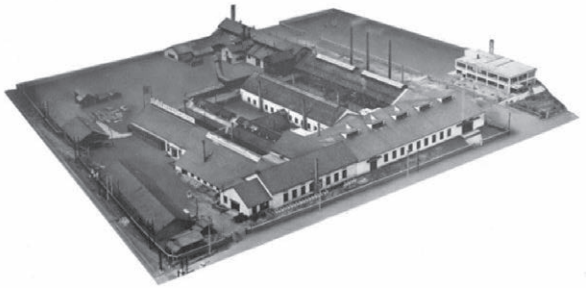


図 4.12　北海道農機具工業株式会社

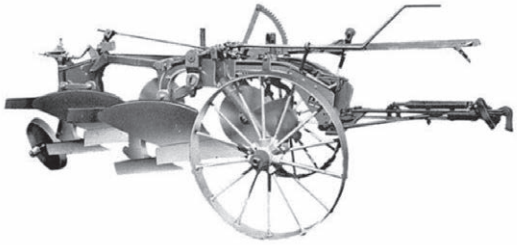


図 4.13　北農式　心土耕プラウ

4.7 最大の企業北農機（株）の活躍[2)]

第2次大戦の戦況が悪化の中で、食料増産のための畜力機械化を進めるために設立された北海道農機具工業株式会社であったが、全ての物資が不足して統制経済になったため、期待した結果を出せないまま終戦になったことは前項で述べた。しかし、この会社は戦後の復興期に大きな役割を果たすことになる。この会社の工場は、鋳造工場、鍛造プレス工場、機械加工工場、塗装工場、木工場、組立工場から成っていた。昭和28，31年の2回で機械・組立・塗装の三工場を増設し、当時としてわが国でも新しい静電塗装装置を設け、合理的な生産方式を採用した。また道東方面のサービスを拡充するため、昭和30年には帯広市の遠藤農機具工業（株）を買収して帯広工場とした。昭和33年には北海道農業機械工業会設立総会に参画し、北海道農機具工業株式会社社長であった西本嘉一が会長になった。

その後、府県向けの出荷実績が順次増加したので増資を重ね、1961（昭和36）年5月には、「北農機株式会社」に社名変更した。府県の需要およびアフターサービスに対して万全を期すため、全購連の協力により岡山県浅口郡船穂町に約1,300坪（4,290m^2）の工場を新設し、1962（昭和37）年4月に操業を開始した。その頃は、農機具メーカーの中で、年商7億円余りを挙げる有数の地位を占めるまでに発展したのである。

地元の船穂町長は岡山工場落成式典で「農村のこの町に北農機が新設されたことにより、農業収入だけで賄えない農家にとって工場就労の収入で生活が安定する。町民は挙って悦び、協力を惜しまない」と挨拶した。

新工場向けの従業員が集まるか危惧されたが、一年前に岡山の地元から32名を雇用して札幌で訓練したところ、一名の脱落者もなく新工場に着任したという。また、同落成式での社長、西本嘉一の挨拶は次の通りである。

「吾国の農業は、他産業に比してその所得に著しい格差を生じ、また目前に迫った貿易の自由化を控え、このまま放置することを許さない状態に至ったのであります。茲に政府におかれましては、農業経営の抜本的施策として本年度から農業構造改善事業に着手され、多額の予算を計上して応急または恒久的に計画性のある手段を執られつつありますことは、吾国農業近代化のために誠によろこばしいことであります。当社は全国唯一の農業団体出資の会社として創立以来農業近代化のための各種作業機を製作し、北海道を始めに全国的にご利用を賜っておりますが、近時その需要著しく増大し、従来の設備を以てしては到底その需要に応じきれなくなりましたので、今回全国的需要者各位の御便益と運賃その他の合理化、さらにはアフターサービスの完璧を期す目的を以て種々地理的条件を勘案し、岡山県に工場を新設したのであります」以下略

尚、北海道企業の府県進出は前述のように北農機（株）が最初であり、その後1980（昭和55）年5月に茨城県稲敷郡美浦村にスガノ農機が進出した。北海道ではプラウ耕が基本となり普及しているが、反転耕（プラウ耕）の普及率が低い府県で有機物循環農法を普及させることを目的に進出した。2015（平成27）年現在、茨城事業所として所属人員140名、敷地15,000坪（49,500m^2）に工場2,000坪（6,600m^2）を建設し、土耕起製品（サブソイラ、プラウ、スタブルカルチ、レベラー等）を年間5,000台生産している。

図4.14　スガノ農機茨城工場
（スガノ農機提供）

4.8 北農機の生産品目[2)]

北農機の生産品目は多岐に亘ったが、昭和20年代から畜力農機具のプラウ、乗用ディスクハロー、カルチベータ、モーア、レーキ、テッター等を生産した。この乗用ディスクハローは、戦後華やかに登場した砕土・整地用具であり、特に運搬車付を製作したことにより、道内では非常によく売れた。これはディスクハローの左右のウエイトボックスに前後方に反転可能なように取付けたアームの下端に車輪を取り付け、農道を走行する時はアームを前方反転してディスク回転軸の下方を受けた車輪で走行し、圃場ではアームを後方反転して車輪をウエイトボックス上に載せ、ディスクの刺さりこみを助ける重荷としたものであった。特にディスクブレードにドイツのエーベルハルト社製を使

用することにより、破損が無くしたことから好評を受け、生産が間に合わないほどの人気を集めた。

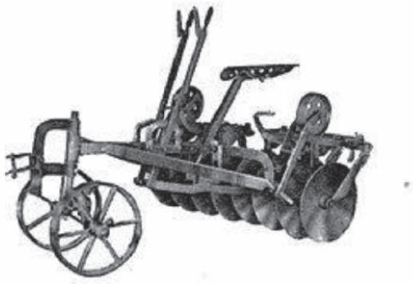


図 4.15　北農式　ディスクハロー[1)]

昭和 30 年代には、トラクタ作業機でいずれも牽引型であるが心土耕プラウ、ディスクハロー、ブラッシュブレーカー、混層耕プラウ、ディスクプラウ、石灰散布機、マニユアスプレッダ、尿散布機等を生産していた。粗飼料用機械では、吹上カッター、自脱カッター、フイードグラインダ（粉砕機）、ルートカッタを生産し、収穫機では新規開発の自走式コンバイン、ビートハーベスタ、ポテトディガーがあった。帯広工場では、防除機械として車載型動噴、畜力噴霧器を生産していた。昭和 20 年代後半から昭和 30 年代前半の主力製品に吹上カッターがあった。飼料裁断機は酪農という面からのみでなく、一般家畜飼料の調整という面から普及が伸びてきた農業機械の一種であった。

図 4.16　北農式　深耕プラウ[1)]

図 4.17　北農式　ブラッシュブレーカー[1)]

4.9 北農機の解散[2)]

優秀な設備と生産技術および品目を持ちながら北農機は破綻した。その原因の第一は、市場調査不十分のまま岡山工場を新設したことで、その目的を果たすことなく、1966 年（昭和 41 年）8 月に閉鎖の止む無きに至った。第二は 1964（昭和 39）年に本道を襲った大冷害、凶作による売上不振と過大在庫であった。1966（昭和 41）年 11 月 13 日付の北海道新聞に「北農機（株）の経営行き詰まり」が載った。1966 年（昭和 41 年）12 月 14 日に大株主ホクレンは緊急理事会を開き、早急に北農機を整理することを確認し、1967 年（昭和 42 年）2 月 15 日解散した。

尚、北農機は 1966 年（昭和 41 年）7 月に北海道での販売の足掛かりとして札幌出張所を設けた高北農機（三重県名張市）と販売提携を結んでいた。

高北農機では北農機との間に締結した業務提携契約の全てを解除するとともに、同社の債権者であるホクレン農業協同組合連合会（ホクレン）と新たな契約を結ぶこととなった。

これにより北農機の札幌工場、敷地を高北農機が借受け、未完成の機械を買い取った上で業務を引き継いだ。

4.10 北海道農機具工業会の設立[2)]

4.10.1　北農工設立前史

戦後の混乱が、GHQ 管理下で少し落ち着き、1947（昭和 22）年に中小企業共同組合法が施行されると、統制的色彩が強い組合運営に代わる民主的運営の商組設立の機運が生まれ、同年 2 月に北海道農機具工業統制組合を解散して「北海道農機具工業協同組合」を設立した。これが現北海道農業機械工業会の前史と言える。更に 1948 年（昭和 23 年）には、豊平農機（株）社長の関野が府県に築いた人脈から、日本農機具工業統制組合大阪支部長と近畿農機具価格査定委員会事務局長を歴任した中田正雄を招請し、常勤の常務理事に就けて会の運営を任せた。中田は、同組合の倒産時に責任を取って一時退任するが、現北農工発足と共に専務に復帰し、専務または顧問として 1983 年（昭和 58 年）まで農機業界を牽引した。

しかしながら、1953（昭和 28）年、1954（昭和 29）年と連続して冷害と風水害が発生し、全道で農家の経済がピンチに追い込まれた。このため、農繁期前に農機具を渡し、秋の収穫後に資金回収する方式が慣行であったこともあり、経営基盤の弱い道内農機業界に大変な危機を招いた。そこで同農機工業組合は、販売製品代金の回収不能や長期延滞による資金不足を救済するため、傘下組合員に対する資金対策に奔走し、諸悪条件を打開して業界の立て直しに努力し、最終的には同商工中金より 4 千万円の転貸資金を入れて会員の危機を救った。

しかし、会社の傷跡が深い上に不況が継続して遂に負債償還が不能となり、1955（昭和30年）10月に会員数70社余りで構成する農機工業協同組合は解散するに至った。これに直面した業界は、商工中金と一般外部への負債措置のため清算人を設けると共に、倒産組合の負債を返済履行することを前提とし、更につなぎ資金を融資して貰う組合の設立に走り、1955（昭和30）年12月に「北海道農業機械工業協同組合」を発足させた。

初代理事長に山本佐一郎（平田農機具製作所社長）が就任し、直ちに道知事に認証の手続きを採って翌年4月に認証されるにいたったが、過大の負債額がありながら経営専門家の中田もいないということもあり、経営は極めて厳しく開店休業の状態であった。

指導官庁の道商工部は、混迷している工業組合の経営を抜本から改善するよう求めるとともに自らもその支援に乗り出した。この中で、「北海道総合開発計画が着々と進められている現状を考え、道商工部は『北海道総合開発計画』に不可欠な農機具業界の立直し策を検討する、機械工業対策委員会を設置して強力な支援を図る」との方針を提示し、新たな北農工の発足に道を開いた。

4.10.2　北農工の創立

農機業界は、道商工部の提示を前向きにとらえ、過去の業界活動の反省に基づき、全く新しい構想と企画を立案し、前向きな同志的団体を結成する方針を立てて、農機業界の新しい受け皿団体の結成を目指した。1958（昭和33年）6月11日に北農工設立発起人会が開かれ、過去の失敗の経緯を踏まえて経済行為を行わず、工業水準を高めて近代企業経営を目指す組織とすることを決定した。「道が機械工業振興のため、農業用機械専門の部会を設けて施策方針を強力に推進するには、本道農機具工業会が一丸となった強力な組織団体が必要であり、組織を持たない個々を対象にしては到底業界の振興が期待できない。道の施策と相まった自主的業界団体の活動が組み合わさり、本道農機工業の技術向上により近年急速に増加しつつある本州農機具製品に対抗できる組織とする。」と記した設立趣旨書を発送した。同年6月27日に札幌市労働会館において農機具業界37社が参加して「北海道農業機械工業会（略称北農工）」設立総会が開かれ、会長に北農機（株）の西本嘉一社長を選出して正式に発足した。設立総会で会長は次のような挨拶を行った。

統制経済から自由経済に移行して戦後13年、目まぐるしい経済激動期の中にあって農機工業会もまた変貌極まりないものがあり、遂にその中に埋没した経緯もあった。1952年（昭和27年）から北海道農業の積極振興策が展開され、その年の農機需要額8億円の内訳が道内生産5億6千万円、道外2億6千万であったが、その後府県メーカーの急速な進出が始まり、1957年（昭和32年）の需要額20億円に対し道内生産品が25％の5億円で伸びが見られず、府県メーカーが75％の15億円と6倍に増して、道内勢の市場シエア率は低く惨憺たる情勢であった。現状を考えると、この難関を打破するために自主的に技術力を築き、移入農機を防衛し、果ては府県への移出する技術力を獲得せねばなりません。幸いに道で「北海道機械工業振興対策要領」を取りまとめられ、緊急対策として農機工業が優先的に取り上げられるとの事であります。本会は施策に全面協力し、その運用献策の具体化に万全を期することこそ業界向上安定の要であると考えます。

その後道商工部と農務部は、1961（昭和36）年から約10年間に、それぞれ産業振興と労働生産性向上の両観点から国産農機の開発助成や輸出振興（戦後賠償で輸出した）の予算枠を使い、本工業会を通じて事業総額1億3千万に対して約6千万円の助成をし、これによって今日の強力な農機業界の基盤が育成された。

1958（昭和38）年の出発当時の構成員は下記の通りである。

1. 北農機（株）　2. スター農機　3.（株）土谷製作所　4 遠藤工業（株）5. 阿部農機具製作所　6. 北原電牧（株）　7. 佐藤農機具製作所　8. 北海道鉄工（株）　9. 本田農機工業（株）　10. 山本鉄工所　11. 増沢工業（株）　12. 勝木農機具製作所　13. 丹野農機具製作所　14. 渡辺農機具製作所　15. 旭川農機興業（株）　16. 加藤農機製作所　17. 菊池鉄工所　18. スガノ農機（株）　19. 上家農機具製作所　20. 福島鉄工所　21. 斎藤農機具製作所　22. 福島農機具製作所　23. 山田トンボ農機（株）　24. 山畑農機具（株）　25. 土谷特殊農機具製作所　26. 対馬農機具製作所　27. 岩田農機具製作所　28. 別所機械工業（株）　29. 似内共栄舎工場　30. 北都農工（株）31. 井田農機具製作所　32. 渋谷鉄工所　33. 佐藤農機工場　34. 八重樫農機具製作所　35. 南部農機具製作所　36. 広瀬農機具工業（株）

4.10.3　現在の北海道農業機械工業会

2014（平成26）年4月現在の北海道農業機械工業会の正会員は31社。大きく分類すると作業機の専門化が進んでいることが見てとれる。

1. 株式会社 IHI スター　2. 株式会社 アトム農機

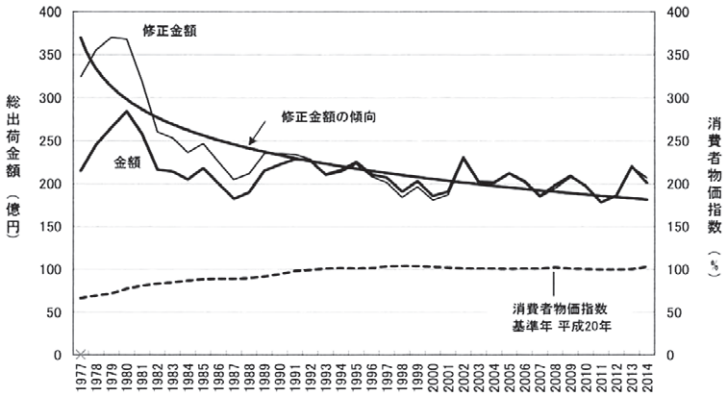


図 4.18　北農工正会員の生産出荷実績の年次推移

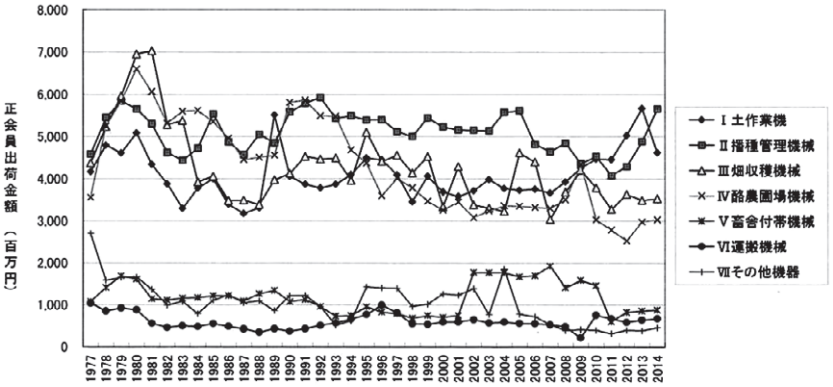


図 4.19　北農工正会員の機種別出荷金額

3. 株式会社 イダ　4. 株式会社 石村鉄工　5. 株式会社 エフ・イー　6. オサダ農機株式会社　7. 株式会社 キュウホー　8. 有限会社 工藤農機　9. 訓子府機械工業株式会社　10. サークル機工株式会社　11. サンエイ工業株式会社　12. 株式会社 渋谷鉄工所　13. スガノ農機株式会社　14. スドー農機株式会社　15. 株式会社 タカキタ　16. 合資会社田端農機具製作所　17. 株式会社 土谷製作所　18. 株式会社　土谷特殊農機具製作所　19. 東洋農機株式会社　20. 十勝農機株式会社　21. 日農機製工株式会社　22. ノブタ農機株式会社　23. 株式会社福地工業　24. やまびこ北海道株式会社　25. 北海道ニプロ株式会社 26. 北海道ホンダ販売株式会社　27. 株式会社 北海農機　28. 北海バネ株式会社　29. 本田農機工業株式会社　30. 株式会社 三由製作所　31. 株式会社 ロールクルエート

注 1　**農業現術生制度**
外国人教師についてその作業を手伝いながら実地に技術を学ぶ制度。

注 2　**馬匹改良**
馬を利用したプラウ農耕は北海道の農業開拓に大きな役割を果たした。1886（明治 19）年、開拓使に替わる北海道庁が設置されたのと同時に、真駒内に北海道種畜場が設置された。1887（明治 20）年には、乗用馬としてのトロッター種、農用馬としてのペルシュロン種が奨励種に指定されている。その後、和種とトロッター種、ペルシュロン種の交雑種である農トロが生産され、北海道開拓に大きな役割を果たした。

注 3　**２人のドイツ人と２人のデンマーク人**
北海道の農業方法と拓殖政策を確立するためには、ドイツあるいはデンマーク式の集約農業と農牧混成農業を行なうべきであるとの考えに立ち、これらの国から農業者を招聘した。彼らに実地に経営をさせて生産方法、経営方法、延いては彼らの家庭生活まで解放して、農民の生きた見本とした。1923（大正 12）年北海道に渡来した。デンマーク人のラーセンが札幌郊外真駒内の北海道庁種畜場内で、フエンガーが札幌郊外琴似村で、共に混成農業を経営した。
ドイツ人のグラボーは十勝国北海道製糖株式会社工場付近で、コッホが同国清水駅明治製糖株式会社近郊で、共にてん菜を主とした農業を実践した。
（農業世界第一号北海道における独逸人経営の模範農場昭和 3 年）

参考文献

1）村井信仁　耕うん機械と土づくりの科学　農業技術普及協会　昭和 62 年 10 月　p22-27
2）農業機械　北海道　No868　北海道農業機械工業会　平成 20 年 5 月 26 日

5 トラクタ用プラウの変遷と畑地の耕起 1) 2) 3)

北海道農業の特長を端的に表現するならば、都府県の和犂農法に対して、洋犂（プラウ）農法にあることは前述している。開拓の当初から欧米の技術を導入し、都府県とは異なる新しい世界を築こうとしていたが、それは面積規模に対応する力の農業であり馬匹改良と馬耕に代表されたことは事実であった。プラウは明治の中期から国産化され、盛んに利用された。

北海道開拓の基本方針の中には稲作は含まれてはいない。しかし日本人の主食は米であり都府県では稲作が中心であった。寒地の北海道でも栽培技術を工夫し面積を増やした。和犂は水田で発達したものであるが、北海道では和犂が使われることは少なく、多くの場合、水田プラウが使われた。水田といえども都府県とは趣を異にしている。

農業は耕す事に始まるといわれるだけに、耕起に対して手抜きは許されない。1869（明治 2）年に政府は北方開拓のために行政府として開拓使を設置した。翌年開拓使最高顧問に米国農務長官のケプロンを招聘した。農業設計の重点施策として、アメリカから苗木、種子、農機、家畜を輸入するとともに、「良好ナ、農具機械ヲ購入シ其用法ヲ日本人ニ教授スベキ事」とした。その中にプラウの改良・開発があり、この普及を奨励している。第二次大戦後もこの思想は受け継がれて、活発な展開が見られた。終戦直後は緊急の農地開発が行われ、続いて耕土改良事業に発展する。事業用のクローラトラクタ用牽引型プラウが開発され、この運用により実績を挙げた。深耕が土地の飛躍的な生産性向上をもたらしたことから、改めてトラクタの威力を認識させられた。

昭和 30 年頃から一般営農にトラクタが導入されるが、当初は主に耕起、整地作業に利用された。化学肥料が豊富に使えるようになると、深耕と多肥栽培が結び付いて一層生産性を高めるようになった。トラクタ耕になってボトムの土壌付着の問題が顕在化するが、プラスチック撥土板（モールドボード）の採用で問題を解決し、トラクタ営農時代を迎えた。

一貫作業体系が成立するのは、10 年を経過した昭和 40 年頃からであるが、耕すことに対する関心はいっそう高まっている。100 馬力（PS）級のトラクタを導入し、更に深耕、あるいは高能率化して作業の適期作業を可能にするなど進歩している。さらに 1984（昭和 59）年には国産のリバーシブルプラウが開発されて普及し、より高水準・高馬力化の方向に進んできた。

農業生産は土地を基盤にするだけに、潜在地力をフルに引出すことに関しては、これからも重要なテーマであることには変わりはない。昭和 30 年以降、トラクタが導入される頃からの耕起・整地、土壌・土層改良機械の変遷を整理し、これからの方向性を考察する。

5.1 畜力からトラクタへ

一般営農へのホイールトラクタの導入は、当時としては大きな問題であった。余りにも高額に過ぎて、どう計算しようとも採算のとれる内容でなかったのである。勿論当時は機械化一貫体系なども構築されていない。畜力の栽植様式の中に、どのようにトラクタを持ち込むか不明の点も多かった。それでも篤農家があえて導入して、トラクタ営農の突破口を開いた。

それは先ずプラウ耕である。耕土改善事業で、トラクタによる深耕の威力を実感として受け止めると、公共の計画事業に依存するばかりでなく、個人の営農の中に取り込んで、より緻密な耕起、適期作業を目指したのである。当時の篤農家は馬産の名手でもあった。共進会で素質の良い馬を選び、大きく育て、その動力源を利用して他人よりも深く、速く耕したのである。

土地の潜在能力を最大限に活用し、適期に作業するのが篤農家としての基本条件であった。篤農家はそれだけ馬に執着しているとすれば、トラクタに切替えられないのではないかと考えられるが、馬に精通しているからこそ、馬の能力の限界を知り、馬に執着する限り現状から抜けきれないことを感じ、トラクタに切換えることが出来たのである。

高価なトラクタを購入して、どのように採算を取ったのだろうか。それは誰しもが予想しなかった賃耕である。経営面積が大きいと言っても 10ha 程度である。自分の圃場はたちまち耕起し時間的余裕がある。隣人もまた、耕土改善事業でトラクタ耕の威力を知っているから、賃耕を依頼する事に抵抗はない。昭和 30 年～35 年ころは賃耕期ともいえる時期で、シーズンには徹夜で賃耕が行われた。高価なトラクタも、1 年で償却費に見合う利益をあげたといわれる程であった。馬耕時代も新しい技術が開発されて、転機を迎えた時には、賃耕が行われたといわれているから、篤農家はこのことを知っていたのかもしれない。いずれに

しても、技術の高度化への意欲が決断を促し、一つの技術を定着させる。そして農業の場合、そのほとんどがプラウ耕であるところが興味深い。土地の生産性が高まれば、当然所得も増え、土地を拡大する事も可能になる。トラクタ営農体系もプラウ耕ばかりでなく、次第に管理作業や収穫作業も整備されて省力化される。労働生産性が高まれば、規模の拡大にも容易に対応できた。馬が北海道農業の一時代を画したが、馬に最後まで執着したグループが結局落後して、都市労働者に転出することになった。

5.2 トラクタ用プラウの課題

ホイール用トラクタによるプラウ耕には、問題がなかったわけではない。30ps のトラクタでも大型といわれた時代であるから、動力に限界があった。土壌の多くは犂底盤が形成されていて、牽引抵抗が大きく、かつ、プラウに土壌が付着しやすい土質であった。海外からプラウを輸入しても、土質が異なる北海道では土壌が付着して使用できない。国産化して土質に対応しようにも、馬耕の低速型ボトムには自信があっても、トラクタの高速型ボトムの設計には経験がなかった。まさに手探りからの出発であった。

時代が進んでも、開発には開拓時と同じ苦労があったのである。紆余曲折を経ながら、牽引抵抗の少ない高速型の曲面の研究を続け、土壌付着を避けることにもっとも効果的な格子型プラウ（図 5.1）を開発する。しかし格子型も完全でなく、付着問題の解決は後述するプラスチックプラウの開発まで待たねばならなかった。

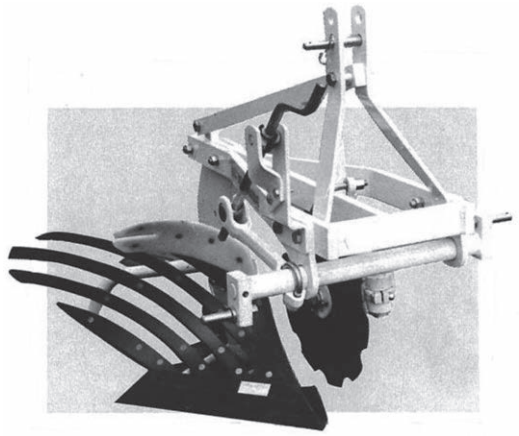


図 5.1　格子型プラウ
（スガノ農機提供）

トラクタが大型化するにしたがいプラウも大型化の傾向をたどり、最近では畑作地帯では 25cm～35cm の耕起深であり、一部には耕起深 40cm も行われるようになっている。

5.3 ボトムプラウの変遷

プラウは農業機械の中で最も単純な構造のものである。傍目にはあまり構造の変化がないようにみえるが、単純な中にも時代の流れに沿い、幾度か大きな波にもまれて内容を変えている。単純なだけに外観だけでは判断がつかない変化に技術面での味わいがある。

巻末にトラクタ用プラウの変遷・時期区分を示した。昭和 30 年代前期は、畜力プラウの完成期であると同時にホイールトラクタ用プラウの黎明期でもある。畜力については馬匹が改良されて大型化され、戦争に動員されることもなく農業に集中できた時期である。牽引力に恵まれてプラウ、ハローは作業性の良い乗用型の開発が盛んに行われた。この年代の代表的な畜力用プラウ、ハローについて下記に説明する。

図 5.2 に畜力用双耕プラウを示す。このプラウはヨーロッパでは浅耕用プラウとして使われたようである。本道では豆作が多かった関係もあり、あまり深耕されることはなく、このプラウは手頃なプラウと評価され近代化プラウとして相当台数が使用された。

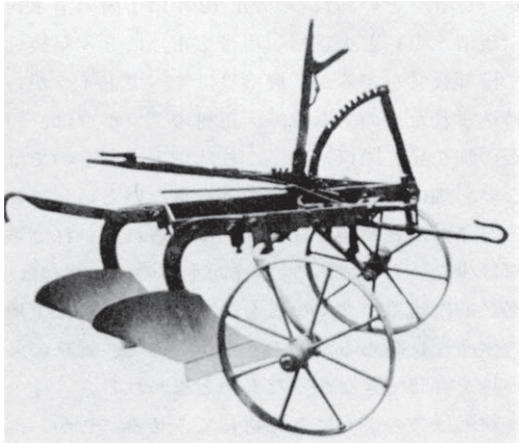


図 5.2　畜力用双耕プラウ [1)]

図 5.3 は畜力用装輪プラウである。ばれいしょ・てん菜などの深根作物には深耕が有利であることは前述したとおりである。このプラウは双耕プラウをワンボトムにして深耕を狙いとしたものである。双耕プラウと区別する意味において装輪プラウと呼ぶが、1950 年頃から急増し、最も進歩したプラウである。座席を付けて乗用型にする工夫も行われたが、一般化する前にトラクタプラウに切り替えられた。

図 5.4 に畜力用デスクハローを示す。これは戦後、

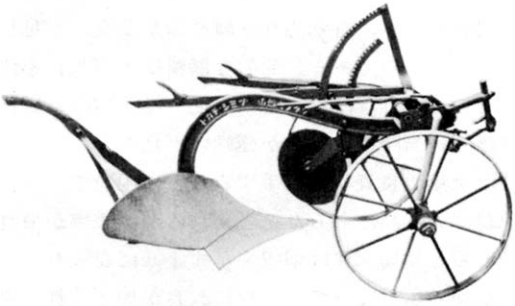


図 5.3　畜力用装輪プラウ[1)]

華やかに登場した砕土・整地農機具で、いくら作っても生産が間に合わないと云われるほど人気があった。デスクハローはある程度下層を鎮圧する事にも効果があり砕土・整地の基本農具といえる。

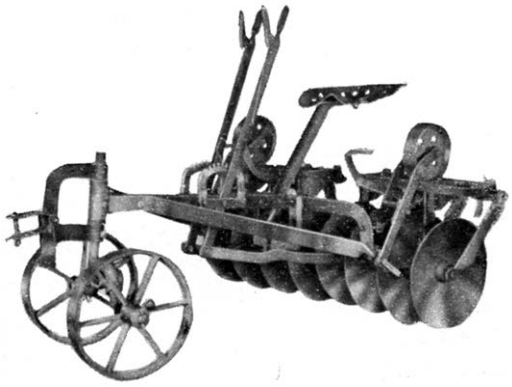


図 5.4　畜力用デスクハロー[1)]

図 5.5 に畜力用回転ハローを示す。これは水田の鬼ハローを参考に畑作用の乗用型ハローとして開発された。人が乗って馬を追える事、砕土性が優れていることから評判になったが間もなくトラクタが導入され、真価を発揮する間もなく、短命に終わった。

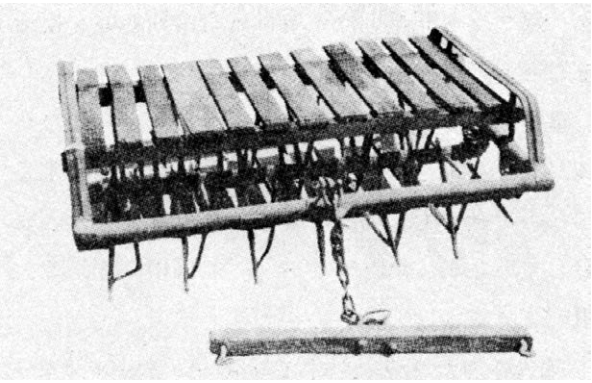


図 5.5　畜力用回転ハロー[1)]

以上は当時の代表的な畜力プラウ、ハローである。手作りとはいえ、職人芸がみられ精巧な作りである。

この頃からプラウには 2 層鋼板、3 層鋼板が使われて量産体制も整えられてきた。それまでのプラウのシェア（刃板）は軟鋼をベースにして刃縁に鋼を鍛接するものであった。撥土板（モールドボード）は自工場で処理した浸炭鋼が使われるのが普通で、それぞれの性能を競っていた。

畜力で培われた技術があったからトラクタプラウへの移行も比較的円滑に行われたとみることができる。プラウの性能は土質に関係するので、地域の土壌を知っていなければならない。海外からトラクタと一緒にボトムプラウも導入されるが、これは高価すぎて使いきれないという理由のほかに、多くは土質に合わず、反転・すき込みに満足できるものでなかった。国産化による肌理細かな対策が求められる中、ローカル機械鍛冶メーカーはよくこれに応えていた。

勿論、問題が無かった訳ではない。畜力と異なりトラクタは高速であったことから、ボトムの曲面を変える必要もあったし、長い間の畜力耕で発達した犂底盤を破って深耕する際に発生する土壌付着をどの様に解消するか、全く新しい経験をする事になった。ホイールトラクタ用プラウ開発期は土壌付着対策期と言いかえることもできる。

5.3.1　プラウへの土壌付着と取組み

ボトムへの土壌付着の問題は、ボトムを格子型にすることで解決するかと考えられたが、十分な解決には至らなかった。ある土質に対して付着を少なくすることが出来ても、場所が変わると付着が多いなど、土質が異なるとその性能を充分に発揮できないといった具合に安定していなかったためである。

図 5.6 にスチールボトムプラウの土壌付着状況を示す。長い間の畜力耕で深さ 12～13cm の層に犂底盤（注 1）が形成されていたが、トラクタ耕になったことによりこの層まで耕起できるようになったため、これが土壌付着に関与したと考えられている。トラクタを導入し、力による深耕の過程では土壌付着が大きな問題であった。反転性能が劣ることは勿論のこと、牽引抵抗が増大して時には牽引不能となることもあった。図 5.7 に格子型プラウの土壌付着状況を示す。

輸入されたプラウの中で、ファームオールカブトラクタの付属機具として装着されたプラウが最も土壌付着が少なかったと云われている。曲面が付着を少なくするような設計になっているのか、材質そのものが付着しにくい物質なのか、いろいろ議論された。ともかくこのプラウを参考にして国産ボトムを作ろうと、スケッチを重ねてコピー製品の製作に取組んだが土壌付着問題は解決できなかった。当時の加工技術では同じ

図 5.6　ボトムプラウの土壌付着状況
（スガノ農機提供）

図 5.7　格子型プラウの土壌付着状況
（スガノ農機提供）

曲面を作ることが難しかった。図 5.8 にファームオールカブトラクタとプラウの作業写真を示す。このトラクタは、戦後もっとも早く導入されたトラクタとして知られている。1951（昭和 26）年には農場に導入されて活躍している。アメリカでは管理作業用のトラクタであるが、わが国では主に耕起作業用に使われた。

図 5.8　ファームオールトラクタとプラウ [1)]

図 5.9 に国産ジープ用プラウを示す。かなり精巧に作られているが、土落とし用のスコップを荷台に乗せておいて、随時土落としをしながらの作業であった。現在ではジープが農耕用に使われたといっても信用されないが、72 馬力（PS）、4 輪駆動である。荷台の後部に油圧式 3 点リンクをセットしてトラクタとして利用した。1952 年（昭和 27）年から使われているのでファモールカブトラクタに次いで古い。この当時のプラウにはまだカバーボードは装備されていない。地側板（ランドサイド）への側圧を受けるため尾輪が使われていた。

図 5.9　国産ジープ用プラウ [1)]

図 5.10 にデスクプラウを示す。土壌付着対策としてデスクプラウが導入された。早速国産化されるが、ボトムプラウのような反転鋤き込みができず、定着するに至らなかった。

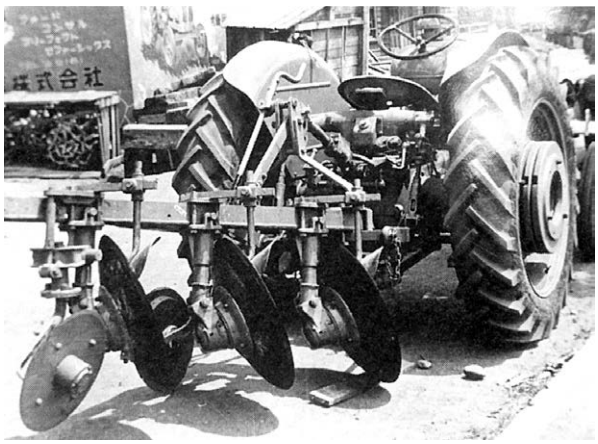


図 5.10　デスクプラウ [1)]

前述のように土壌付着は格子型にすることによって解決すると考えられたが、現実は厳しかった。ほとんど効果の認められない地域もあった。加えて格子型は製造の面でも加工が複雑であることから、加工が簡単なデスクプラウに活路を求めようとした。しかし、土

壌付着は解決してもデスクプラウは元々反転性能に劣るため、泥落としの役目を担うスクレーパに反転のための補助機能をも持たせようと、種々改良を加えたが結局定着しなかった。

プラウには所定の深さに耕起できれば良いというだけでなく、反転動作の円滑性や残渣物の鋤き込み性能等も求められる。わが国は降雨量が多く、雑草が生えやすい条件下にあるので、完全反転鋤き込みでないと雑草処理に多くの手間を要するのである。大面積になると手作業でも簡単に処理できる小面積の場合とは違い、除草の省力化のために完全反転鋤き込み性能の良さが求められた。

さらに土壌付着防止のため、図 5.11 に示すようなデスクプラウとボトムプラウを組み合わせた、複合プラウ（ボトム＋デスク）が開発された。その他にも、図 5.12 に示すアジャストプラウ、図 5.13 に示すロータリプラウのような複合プラウが開発された。どちらも土壌付着の多い撥土板（モールドボード）を最小限の面積にして、土壌の反転、破砕機能を後部の回転盤や回転カゴに持たせた。アジャストプラウは回転盤の角度を調整できることから冠された名称で、反転鋤き込みを調整できた。これらのプラウについては、双方の長所が生かされると注目されたが定着しなかった。

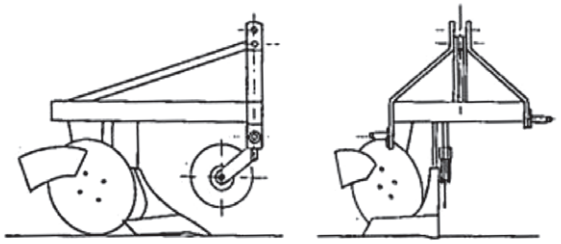


図 5.11　複合プラウ（ボトム＋デスク）[1)]

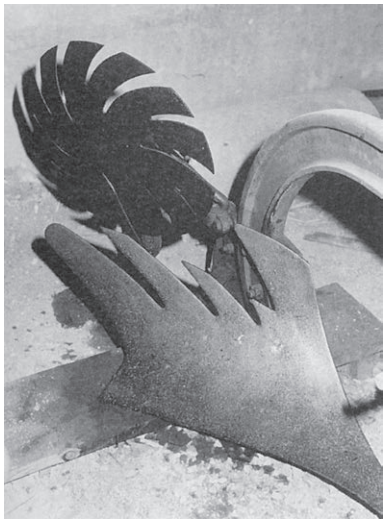


図 5.12　複合プラウ（アジャストプラウ）[1)]

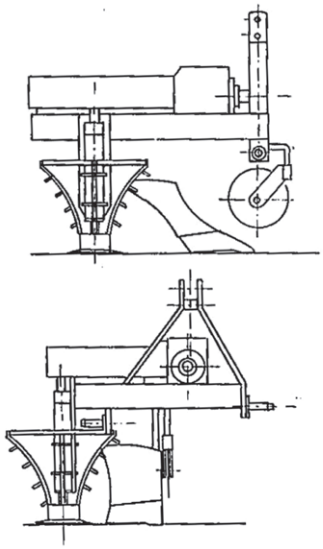


図 5.13　複合プラウ（ロータリプラウ）[1)]

さらに、昭和 30 年代後期に入ってロータリプラウ横軸型（砕土装置付きプラウ）も開発されて各地で実演会が開かれたが普及に至らなかった。この場合は構造が複雑であることと、ロータリを装備するために作業速度が制約されたことのためであった。砕土を兼ねるので、反転鋤き込みの作業能率は低下してもトータルでは同じであると説明したが、プラウ耕は高速・高能率作業というイメージがあるので、農家は納得しなかった。

しかし、昭和 35 年頃は賃耕によるプラウ耕の全盛期でもあり、耕起・砕土・整地の効率化が課題であった。

更に開発は続けられ、図 5.14 に示すような、格子型プラウに砕土装置付きプラウ（ロータリハロー型）を組込む方式が各地で取組まれた。ロータリハロープラウは、ロータリハローとプラウの合した構造であるが、土壌付着対策は格子型にすることで付着を減少させることが可能と考え、ロータリプラウから発展させて砕土同時作業の省力化を目的として開発された。

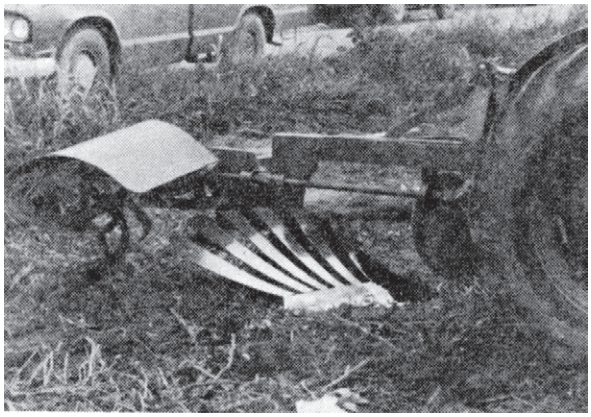


図 5.14　砕土装置付きプラウ（ロータリハロー）[1)]

図 5.15 に示す砕土装置付きプラウ（デスクハロー型）はデスクハローとプラウとの合した構造である。複合作業というのは 2 つの作業が同時に行われるので効率的であるが、取扱いや作業速度調整は難しかった。ある面では評価されながら、単純作業に徹すべきであるとの考え方が支配的で、普及に至らなかった。

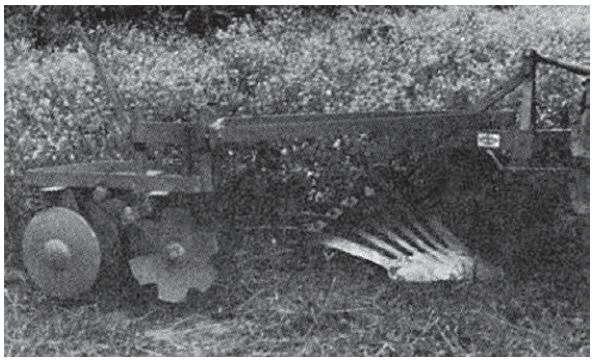


図 5.15　砕土装置付きプラウ（デスクハロー）[1)]

現在の複合作業プラウは土壌付着防止の目的とは異なり、経営規模拡大による作業能率向上のために、トラクタを大型化して十分なけん引力をもたせ、土耕機を中心にした複合作業機が検討され出し、徐々に製品化されつつある。最近はフロント 3 点リンク装置付きトラクタが導入され、トラクタ前後にそれぞれ作業機を装着して高能率な作業が可能となっている。

図 5.16 に複合作業機例を示す。前部はスプリングボードとスチールローラからなり、前者で砕土し、後者で鎮圧する。後部はコンビソイラとパイプローラからなり、前者で心土破砕、後者で整地する。

図 5.16　最近の複合作業機
（スガノ農機提供）

5.3.2　トラクタ用プラウのテスト

トラクタ用プラウの性能試験は北海道立中央農業試験場で 1963（昭和 38）年から行われている。それまでも個別に行われていたが、道有貸付事業の対象機にするためには正式のデータを必要とするとして、まとめて試験することになった。この当時はボトムに対する土壌付着が大きな問題点であった。21 機種中 11 機種が格子型であり、切断角や撥土角を小さくするなどの工夫をしている。砕土装置付きも 10 機種試験されている。この内 3 機種はロータリをボトムの前部に配置し、ボトムを小さくして土壌付着を少なくすることを工夫したものであった。

同時期にはロータリティラ、ロータリハローの試験も行われている。トラクタの普及に伴い、水田の耕起用として検討された。ロータリティラは 7 機種中 3 機種が輸入機械であり、国産機の中には横軸型ばかりでなく、スクリュー型も 1 機種みられる。当時ロータリ耕で苦労したのは過負荷の場合の安全装置である。ロータリ刃の形状の検討も現在ほどには進んでおらず、圃場も整備されていなかったこともあり、埋没根などの障害物に触れて破損することが多かったのである。安全クラッチを付けても十分に作動しないとか、シェアピン方式では切断頻度が多過ぎるといった状況で、対策に窮していた。その後、圃場整備が行なわれ、合わせてプラウの方も機体構造の改良、機体材質の選択、熱処理の採用などで解決していった。

1964（昭和 39）年には土壌付着地帯におけるプラウの性能試験として 16 社、31 機種の現地試験が行われている。同年の冷害はそれまでの浅耕に起因するところが大きいとして、トラクタによる深耕を推進しようと計画された。問題の土壌付着に対して積極的な取組みがみられた。また、鋤き込みの精度向上のためジョインタ（前犂）の効果を見直し、トラクタの踏圧による土壌硬化の緩和を目的として側耕型心土犂の開発などを同時に検討している。

表 5.1 に再墾時の作業速度とホイールスリップ率の試験結果を示す（当時の参加会社名、テスト型式、使用トラクタが分かる）。

31 機種を集結して 1ヶ所で試験する場合は、時間的な制約があるため、綿密な試験が難しく、実演検討会のように順次作業を進めてその状況を目視するのが主体となる。試験成績が詳細に発表されなくとも、開発、改良面には大きな効果が見られた。16 社の技術者が集結し、それぞれ他社の作業状況を確認しているのであり、自社製品の長所、短所も他社と比較対照しながら見ることによって、見極めができる。この種の

表 5.1　再墾時の作業速度とスリップ率 [1)]

テストNo	会社名	型　式	トラクター名	変速位置	エンジン (r. P. m)	作業速度 (m/S)	スリップ (%) 溝側	スリップ (%) 丘側	備考
1	佐藤安	14″×1格	インターB44	4	1,500	1.56	10.0	11.3	A圃場
		〃	〃	〃	〃	1.52	13.8	14.0	〃
2	〃	14″×2格	〃	4	1,800	1.89	12.7	12.8	〃
3	小西	〃	E. S. D	4	1,400	1.49	14.3	13.9	〃
4	三興	〃	M. F. 35X	5	1,300	1.62	17.4	18.1	〃
5	スガノ	〃	B. 414	4	1,800	1.77	1.7.7	18.1	〃
6	北農	〃	E. S. D	5	1,600	1.80	11.7	10.2	〃
7	長山	〃	M. F. 35X	5	1,300	1.69	17.4	21.0	〃
8	山田	〃	B. 414	4	1,700	1.78	12.2	13.3	〃
9	岡久	〃	M. F. 35X	5	1,500	2.19	16.4	16.7	〃
10	山畑	〃	E. S. D	5	1,500	1.64	22.8	28.2	〃
11	本間	〃	M. F. 35X四輪	4	1,500	1.52	32.2	33.2	〃
12	小西	16″×2格	F. S. M	5	1,500	2.41	16.6	15.6	〃
13	山田	〃	M. F. 65	5	1,500	1.74	24.1	25.5	B圃場
14	山畑	〃	〃	4	1,500	1.64	16.8	16.9	〃
15	小西	18″×1格	E. S. D	4	1,400	2.15	12.8	13.3	A圃場
16	道東	〃	F. S. M	5	1,200	1.32	17.5	20.7	〃
17	山田	〃	F. S. D	4	1,800	1.94	10.6	11.2	B圃場
18	山畑	〃	〃	4	1,800	1.80	8.2	9.4	〃
19	岡久	〃	〃	4	1,600	1.90	5.4	6.2	〃
20	佐藤	20″×1格	F. S. M	5	1,500	2.31	14.6	15.9	A圃場
21	三興	14″×2ボ	M. F. 35X	5	1,300	1.83	11.9	11.1	〃
		〃	〃	〃	〃	2.12	13.6	14.1	〃
22	スガノ	〃	B. 414	4	1,700	1.83	15.8	15.1	〃
23	山田	〃	〃	4	1,900	1.58	21.4	21.3	〃
24	斉藤	〃	M. F. 35X	5	1,400	1.86	17.9	24.5	D圃場
25	足寄	14″×2アジャスト	B. 414	4	1,900	1.81	17.8	18.2	A圃場
26		14″×1アジャスト	〃	6	1,500	2.14	13.6	14.5	B圃場
27	道東	20″×1デスクボトム	F. S. M	5	1,500	1.97	23.5	22.6	A圃場
28	松山	12″×3犁	B. 414	4	1,600	1.76	13.1	13.6	B圃場
29		14″×3犁	M. F. 65	5	1,500	1.97	20.6	20.2	A圃場
30	高北	14″×2犁	F. S. D	5	1,500	1.55	19.3	22.2	〃
31		14″×2　2段犁	B. 414	4	2,000	1.88	19.5	16.7	B圃場

注：1. 場所　上川郡美瑛町美沢
2. 期日　昭和39年11月4日
3. 土性　軽しよう土（火山性洪積土）

性能試験があると、それぞれの改良点を把握することが出来てそれを契機にして技術が向上した。

5.3.3　土壌付着テスト

図 5.17 に再墾型ボトムの、図 5.18 に格子型ボトムの土壌付着をそれぞれ示す。また、図 5.19 と図 5.20 に複合プラウの土壌付着の異なる例を示す。ボトムに対する土壌付着例を示したものである。すでに述べたように複合型や格子型にしたからといって土壌付着が解決したわけではなかった。わずかの土のもたつきが土の流れを阻害し、土壌付着面積を多くすることにつながる。複合プラウにしてもスクレーパや回転円板に土壌が付着して、時間が経過するとともに反転性能が低下することになる。

1967（昭和 42）年には北海道道立十勝農業試験場がロータリプラウとプラスチック撥土板の試験をしている。このころ、ロータリプラウに若干の改良を加えて反転、砕土性能を高めようとしていた。図 5.21 にロータリプラウの仕様を、図 5.22 に反転プロフィールの例を示す。反転性は再墾型ボトムと明らかな違いを見せている。

再墾型ボトムでは No7, No8, No10, No11 の左下層部が表層に反転されるのに対して、No5, No6, No8,

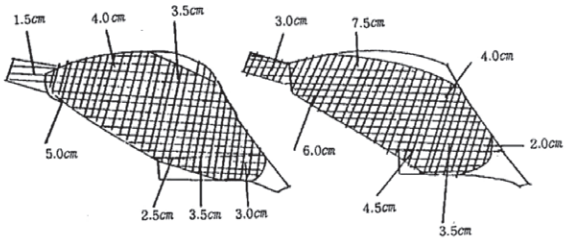


図 5.17　再墾型ボトムの土壌付着例 [1)]

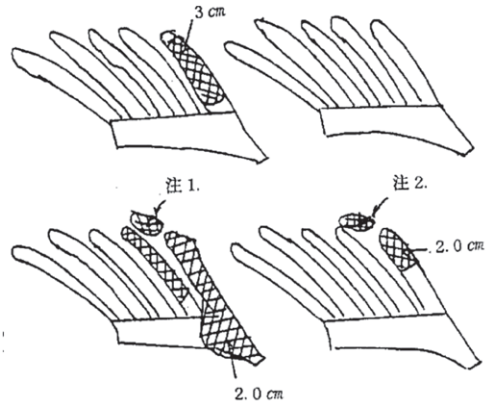


図 5.18　格子型ボトムの土壌付着例 [1)]

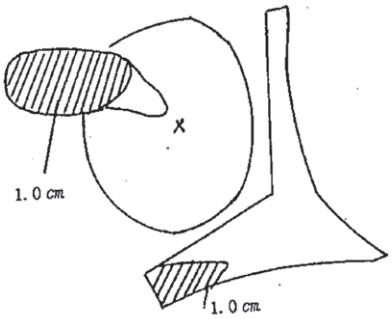


図 5.19　複合プラウの土壌付着例（1）[1)]

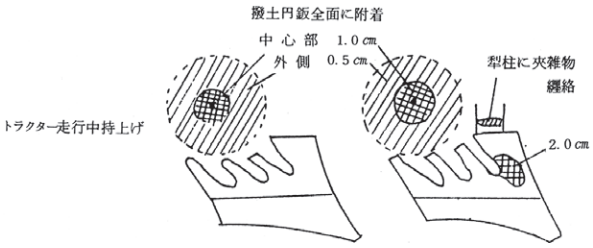


図 5.20　複合プラウの土壌付着例（2）[1)]

No9 の右中央部が表層に出ている。コーンの作用によるものと考えられる。表層部 No1, No2, No3 が下層に鋤きこまれているので、プラウとしての反転には特に問題はない。砕土性に優れ、土壌付着も見られないことから有望であると考えられたが普及することはなかった。構造が複雑であることと作業速度が制約されたことがその理由である。特に再墾型プラウには常に

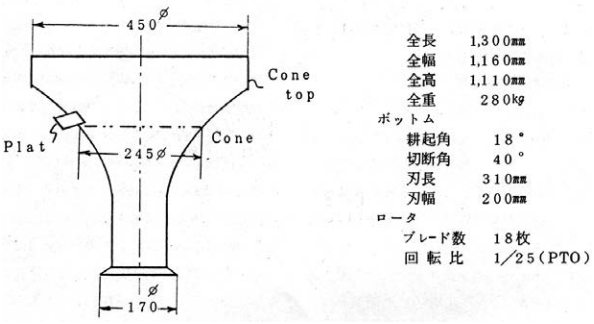


図 5.21　ロータリプラウ仕様

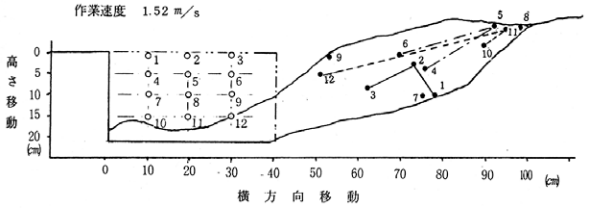


図 5.22　反転プロフイール

高速作業が求められ、ボトム曲面は反転性能と高速作業を両立させるものでなければならない。

5.3.4　プラスチック撥土板プラウの開発

5.3.1～5.3.3 で土壌付着問題に対するいろいろな取組みを紹介し、試験結果について述べてきたが、このころでは次第に、モールドボード（撥土板）材料を鉄製にこだわる限りにおいては、時間をかけても解決できないのではないかと考えられるようになって来ていた。

試行錯誤を重ねる中、1963（昭和 38）年に撥土板にプラスチックを採用したプラウの開発に成功した。プラウに対する土壌付着は、格子型にすることによって、ある程度解決はできたものの満足できるレベルではなかった。曲面やスチールモールドボードの材質についての研究がなされたが、思うように進行しなかった。スチールに水を流すことや、土壌付着の少ない塗料を使用することなども検討された。

当時国内のトラクタメーカーは国産トラクタの開発に着手し始めた時期であった。トラクタ用作業機の開発も同時に行わなければトラクタを農作業に使用することが出来ないことから、トラクタメーカーと作業機メーカーはトラクタ開発、作業機開発に一体となって取り組んでいた。

1959（昭和 34）年に井関農機（株）がトラクタ TC10 型を発売し、畑用プラウの検討を行っていた。当時、東京の町田工場の技術部が、町田市野津町にある、農村聖書神学校の圃場を借りて、プラウのテストを行った時のことである。土壌付着が激しいためにけん引負荷が不安定でトラクタの牽引力テストが出来ず、トラクタのけん引力評価が出来なかった。

テスト参加者全員がなんとかプラウモールドボードに軽しょう土が付着しない方法がないかと議論していた。甲論乙駁の末、そもそも土が付着するのは鉄である、土が付着しない材料はないかと、鉄以外の材料に目を向けだした。ある技術者が「モグラは土が付かないから皮をなめして貼り付けようか」というようなこともいった。今でこそ笑い話にされるが、当時の彼らは真剣であった。また丁度テスト中、肥料袋のビニールが犂先に刺さり、除こうとして、ビニールに土が付かないことがわかった。早速、肥料袋のビニールをプラウモールドボードにかぶせて耕起してみたが、すぐ破れてしまった。しかし、一つのヒントが得られた。すなわち、鉄以外の素材であるモグラの革や、樹脂製のプラスチックには土壌が付着しないということである。

製品化を目指してスチールモールドボードに替わるプラスチックの素材集めから始めたが、市場には土壌が付着せず、耐摩耗性が鉄に匹敵するプラスチックは簡単に見つからなかった。当時、東京農工大学でも犂への土壌付着の研究をしていて、水滴接触角が大きいほど土壌付着が少ないことが分かっていた。また、プラスチック撥土板に土壌が付着しないのは、土壌抵抗が少ない（面圧が少ない、すなわち土がよく流れる）ばかりでなく、土壌による切削によって摩耗するためであるとも見られた。実験を重ねて、テフロン、ポリエチレンが有望であることが分かった。付着の最も少ないテフロンは摩耗が早すぎることと、価格が高いことのため製品には採用が出来なかった。このため、土壌付着防除の面ではテフロンに若干劣ったが、モールドボード曲面の加工性や耐摩耗性、価格面を考慮して超高分子ポリエチレンを採用することにした。実証試験で 7mm の板厚であれば 50ha 以上の耕起が可能と判断された。表 5.2 に超高分子ポリエチレン仕様を示す。図 5.23 に初期のスガノ農機製のプラスチック撥土板プラウを示す。カバーボードとエクステンションがなくプラスチック使用面は最少にしている。

以上はスガノ農機の関わった開発プロセスを中心に記したが、樹脂製プラウの開発については他にも数社が開発を行っていた。スガノ農機やこれらの会社との間に特許係争もあったが、和解が成って特許は成立せず、各社が製造可能となった。このことは農業発展への寄与という点で喜ばしいことであり、各社の英断を評価したい。

土壌付着のないプラスチックプラウの開発で軽しょ

表 5.2　超高分子ポリエチレン仕様

出典：作新工業カタログ

項目		試験方法	実験値
分子量	百万	ASTMD2857	5.5
密度	[kg/m^3]	ASTMD1505	940
融点	[℃]	ASTMD117	136
引張破断点強度	[MPa]	JIS K 7113 2 号	44.1
引張破断点伸び率	[%]	JIS K 7113 2 号	400
曲げ初期弾性率	[MPa]	ASTMD747	785
デュロメータ硬度	[HDD]	ASTMD2240	67
摩擦係数	[μk]	ASTMD1894	0.09
砂磨耗損量	[mg]	サンドスラリー法(1)	13
アイゾット衝撃強さ	[kJ/m^2]	JIS K 7110	無破壊
熱変形温度	[℃]	0.45MPa:ASTMD948	80
線膨張係数	[×10^{-4}℃]	20℃:ASTMD696	1.7
体積固有抵抗	[Ωcm]	ASTMD257	10^{17}

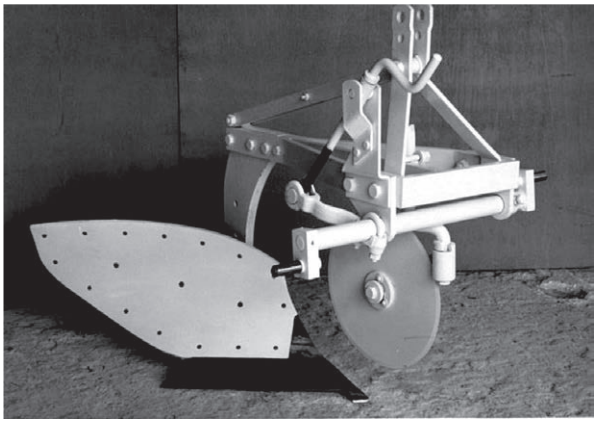


図 5.23　初期のプラスチック撥土板プラウ
（スガノ農機提供）

う土地帯での反転耕は性能、能率ともに格段に向上した。これは土耕機として画期的なことであった。土壌付着の激しい火山灰土が多い日本で、独自のボトムプラウが苦難の末開発された。

しかし開発当初は何の抵抗もなく受け入れらたわけではなかった。プラスチックは余り出回っていない時代であり、入手難で、かつ高価であった。摩耗も早く、耐久性の問題が指摘された。摩耗が激しければランニングコストが多く掛かるので、耐久性の改善は大きな課題であった。土質別に摩耗試験が行われ、耐久性に優れたプラスチック撥土板の選択に取組んだ。多くの人の多くの努力が実り、現在では耐摩耗性の土壌付着がないプラスチックが開発され、価格も安定している。曲面の研究も進み、土壌付着のないボトムが商品化され軽しょう土地帯で使用されている。

このようにしてプラスチック材が使えるようになったおかげで、土壌付着回避策について複合機のような苦しい方法も取る必要がなく、単純な構造が受けて普及した。農業機械には単純な構造が生き残ると云う鉄則がある。

土壌付着が激減することにより、反転すき込みを完全に行えるばかりでなく、牽引抵抗を少なくすることができる。作業能率も 20％向上と評価されている。こうしてプラウは高速型に移行する。作業速度は畜耕の 1.0m/s から 1.5m/s～2.2m/s と約 2 倍になっている。プラスチック撥土板の登場により新しいプラウ耕時代を迎えた。図 5.24 にプラスチック撥土板プラウの作業写真を示す。その後適用範囲も広がり沖縄用プラウのジャーガル、島尻マージ、国頭マージの圃場にも使用されている。特に材質は厳しい土壌条件に対応してさらに耐摩耗性の高いものが採用されている。

海外ではハンガリーのメーカーがプラスチック撥土板プラウの特許を 1982（昭和 57）年に日本に出願しているので、土壌付着問題は日本だけの問題ではなかったと考えられるが、製品化され日本に入って来たのは、1990 年頃に D 社のプラスチック製プラウが最初であった。

図 5.24 プラスチック撥土板プラウ作業
（スガノ農機提供）

プラスチック撥土板は世界に例を見ないが、なぜわが国だけでこのように発達したのだろうか。これは火山性土壌と降雨量に起因すると考えられる。埴土（注 2）や乾燥地帯ではよほどプラウの曲面に不合理性がない限り、土壌付着は考えられない。付着しやすい軽しょう土地帯と、そうでない重い土の地帯との違いでもある。プラスチック製プラウは土壌を知る地域メーカーにしか製作できないという概念を覆し、標準化、量産化の時代に入った。最近の輸入プラウにも日本市場をターゲットに樹脂制の製品が多く見られるようになった。海外と違い軽しょう土の多い日本独自の市場でもある。表 5.3 にプラウの種類別にボトムの土壌付着比較を示す、図 5.25 にプラスチック撥土板の摩耗量を示す。

表 5.3　ボトムの土壌付着比較 [1)]

No.	プラウ種類	作業速度 (m/s)	車輪スリップ率 (%)	耕深 (cm)	耕幅 (cm)	耕起断面積 (cm²)	第1ボットム付着量 (g)	〔比〕
1	プラスチック	0.98	41.1	20.9	74.6	1,561	293	〔 4.0 〕
2	撥土板	1.57	20.6	20.3	74.0	1,505	—	—
3		2.04	30.7	18.4	72.4	1,331	127	〔 1.7 〕
4		2.05	16.1	19.1	73.6	1,405	—	—
5	格子型	1.23	26.3	21.1	72.6	1,532	6,643	〔 90.2 〕
6		1.45	19.9	19.6	71.2	1,396	—	—
7		1.76	24.8	17.7	80.0	1,430	2,348	〔 31.9 〕
8		1.98	19.2	16.5	80.8	1,335	—	—
9	普通型	1.17	36.9	15.6	75.2	1,172	8,055	〔109.4 〕
10		1.47	21.1	14.4	73.0	1,051	—	—
11		1.45	38.7	19.6	72.8	1,425	6,673	〔 90.6 〕
12		1.72	37.3	19.1	74.2	1,415	—	—

注：1.　土壌付着比は普通型ボットムの平均値7,364 gを100.0としたもの。
　　2.　プラスチック撥土板はポルカニックス
　　3.　プラウ規格　14×2

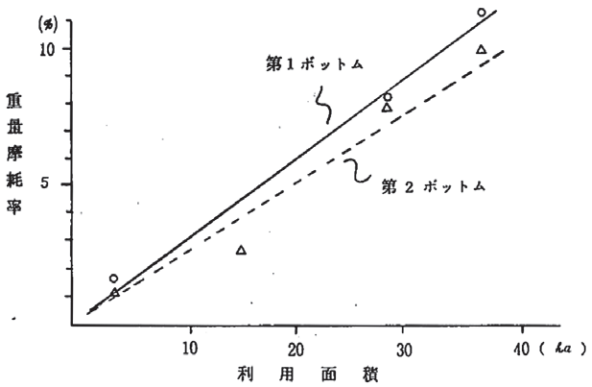


図 5.25　プラスチック撥土板の摩耗量 [1)]

5.3.5　リバーシブルプラウの開発

トラクタによるプラウ耕が一般化すると早くもリバーシブルプラウが海外から導入されている。管理作業や収穫作業にトラクタが使用されるのは、昭和40年を過ぎてからである。それまではトラクタは主にプラウ耕に使われ、賃耕も盛んに行われていた。畜力耕から、トラクタ耕に替わった時代であり、耕起に対する新しい技術の導入に積極的であった。海外から導入されたリバーシブルプラウは、ほとんどが普及しなかった。ボトムが鉄製で土壌付着の問題もあったが、別の問題としてリバーシブルプラウは重いため、当時のトラクタでは持ち上げ力不足でバランスが悪く、円滑な作業が出来ないことがあった。また、畜力耕からトラクタ耕に切替えられたばかりの頃で、ユーザはそれ以上の効率化は望まず、ワンウエイプラウの能力に満足していたとも考えられる。更に当時の製造技術は国産化が出来るレベルには達していなかったことにもよる。

昭和40年代後期は大型プラウ期である。一部には100PS級のトラクタを動力源とする多連プラウが導入されて効率化が図られた。図5.26に3連リバーシブルプラウの作業風景を示す。また当時、篤農家は深耕プラウを使い始めるようになった。作物別にプラウを

図 5.26　3連リバーシブルプラウ
（スガノ農機提供）

使い分けて、深根作物には40cm耕起も行うようになった。同時に心土破砕も行われ、自家営農形態における土層改良が一般化している。

昭和50年代後半になると農地の規模拡大（耕地面積は1960（昭和35）年の955千haから1990（平成2）年には1,209千haに増加した）も始まり1戸当たりの面積が増加したので、適期作業を行うために耕起・砕土作業の高効率化が求められた。このようにリバーシブルプラウに対するニーズが高まり始めると、その製作の要望に応えるべくメーカーも生産設備に高精度なNC機を導入するなど、充実を図るようになった。金型技術も自動車の金型製作法を取入れ、左右対称なボトム曲面が高精度で生産可能となった。1983（昭和58）年スガノ農機（株）は新機構のツイストコールタ付、H型リバーシブルプラウ1連～4連を発売した。これが、国産リバーシブルプラウの先駆けとなり、ワンウエイプラウからリバーシブルプラウへの移行が始まった。

5.3.6　リバーシブルの新技術

農業の大規模化が始まり、プラウ耕の能率向上と精度向上のために、1983（昭和58）年頃より日本でも本格的にリバーシブルプラウが普及しだした。以下、スガノ農機（株）の例を挙げながら説明する。

日本のトラクタは水田に使われるため、海外製トラクタと比較すると、軽量な機種が多く、重量の大きい多連プラウをけん引するには不利であった。海外のトラクタは重量があり、けん引力はあるが、水田代掻きに使用すると水田が深くなり農家は敬遠しがちであった。1例を挙げると、95PSの場合、国産車重量が3,305Kgであるのに対して、イギリス製は4,200Kgである。海外製トラクタは重量が約27％大きく牽引力では有利である。

農家から求められたのは高馬力ではあっても軽量なトラクタでけん引できるリバーシブルプラウの商品化

であった。リバーシブルプラウはボトム数がワンウエイプラウの2倍になり、それを保持するためにフレームなどの強靭性が要求される。総重量が増えてトラクタとの重量バランスが崩れ、作業精度の低下が免れなかった。そのためそれまでは高馬力・高重量のトラクタが適用されていた。ところが、それでは上述のような問題が残る。そこで軽量なトラクタでも作業バランスが保たれ、負荷を減少させることができる機構を開発した。以下にこのリバーシブルプラウの新技術について説明する。

1）ツイストコールタ機構

ロアリンクからプラウ重心点までの距離を短くし、ロアリンク先端荷重を軽減した。

プラウの重い軽いは、トラクタのロアリンク先端にかかる荷重によって決まり、プラウの重心点が短いほど有利になる。

荷重が小さいと、圃場でプラウを持ち上げて移動したり、枕地で旋回したりする時に発生するトラクタ前輪の浮き上がりを抑えられるし、操作性や安全性が高まり、さらに燃費の向上やオペレータの疲労度の低減も期待できる。

図5.27にツイストコールタ（一個で左右兼用となる）を示す。

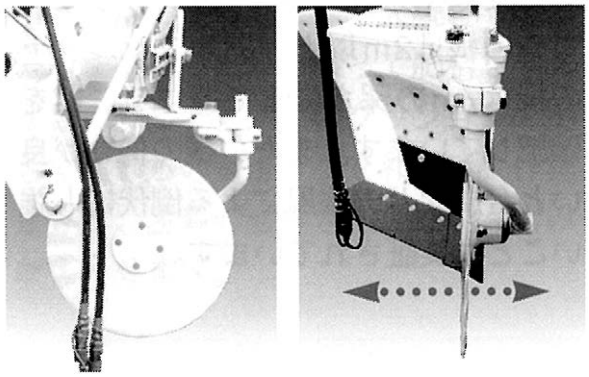


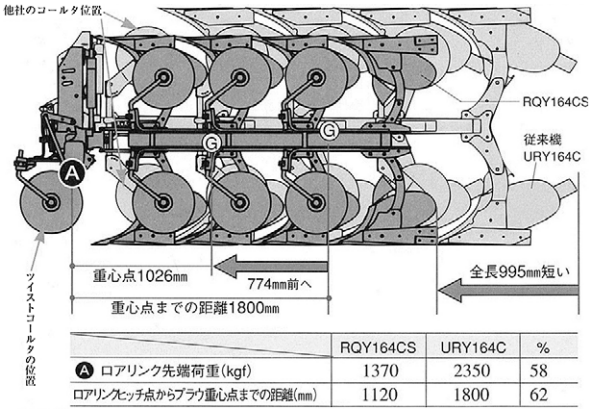
図5.27　ツイストコールタ
（スガノ農機提供）

図5.28に重心点の比較（従来機種とツイストコールタ装着機種）を示す。ロアリンクリンク先端荷重が2,350Kgから1,370Kgに減少している。

2）アクスル機構（AQSL）[Automatic Quick Suction Linkage]

アクスル機構はプラウ作業を効率良く作業するために開発されたものである。図5.29にアクスル機構を示す。アクスル機構には以下に記すように3つの機能がある。

①オート機能



	RQY164CS	URY164C	%
Ⓐ ロアリンク先端荷重(kgf)	1370	2350	58
ロアリンクヒッチ点からプラウ重心点までの距離(mm)	1120	1800	62

図5.28　重心点の比較
（スガノ農機提供）

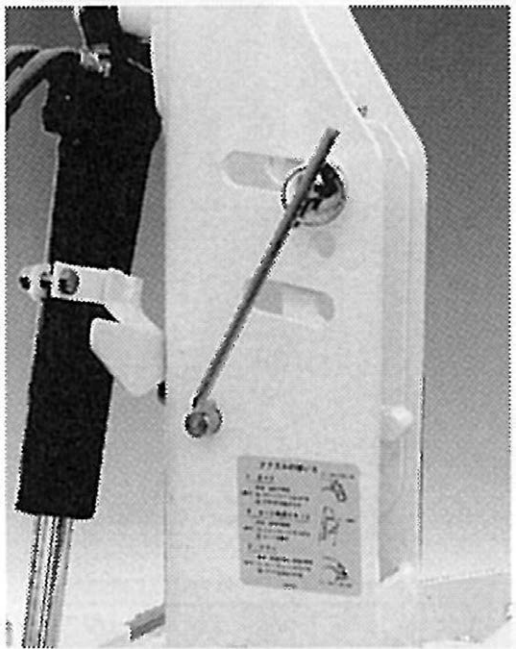


図5.29　アクスル機構
（スガノ農機提供）

図5.30にオート機構を示す。通常、犂のシェア（刃）の刺さり込みの角度は、トップリンクのハンドルを回して調整するが、オート機構付のプラウではこれを自動的に行う。したがって、枕地でもその場からササリ込むので従来と比べて鋤き込み距離は半分以下になり、仕上げ耕起が効率良くなる。図5.31にオート機構の枕地の鋤込み長さの比較を示す。

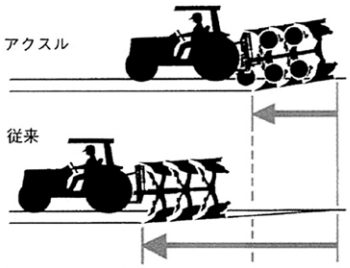


図5.30　オート機構

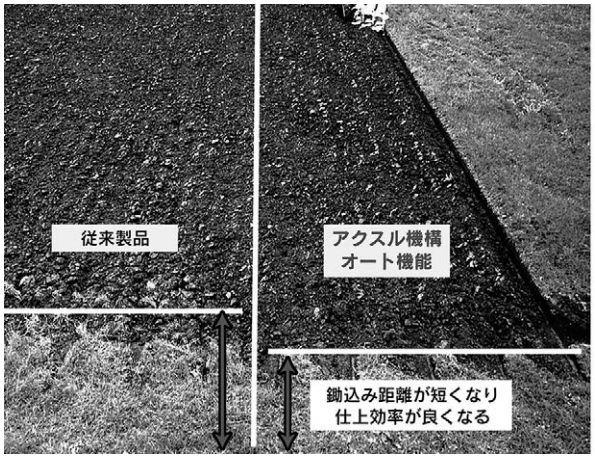


図 5.31　オート機構ささりの比較
（スガノ農機提供）

②ロック機能

図 5.32 にロック機構を示す。プラウを持ち上げた時の地上高を保持し、畔越えや埋め戻しを容易にする。

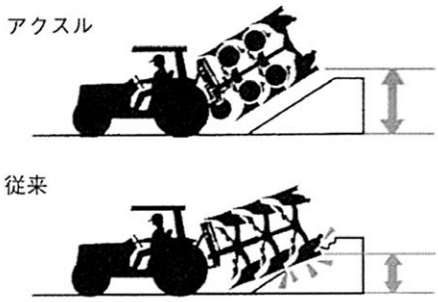


図 5.32　ロック機構

③フリー機能

図 5.33 にフリー機構を示す。ロアリンク感知方式のドラフトコントロール機構を持つトラクタで、多連プラウ耕の場合に有効である。圃場が波状地の場合、それに合わせてプラウが追従する。したがって作土層を一定の深さにすることができる。

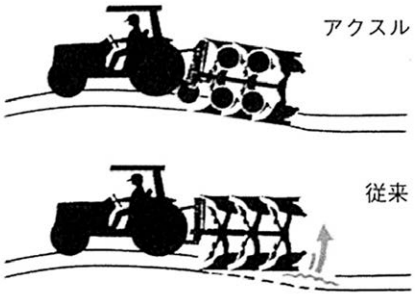


図 5.33 フリー機構

3）製品の軽量化

12 章で詳細を述べるが、構成部材に熱処理を行い材料の板厚を下げ、製品全体の重量軽減を図った。

5.3.7　リバーシブルプラウボトムの反転性能

畑作の一般的な耕起作業はボトムプラウとロータリティラで行う。それぞれの特徴を表 5.4 に示す。

表 5.4　ボトムプラウとロータリティラの比較 [1)]

機種名	区分	長所	短所
ボトムプラウ	反転耕	深耕が出来る 残渣物をすき込みする 土層改良が出来る 作業速度が速い	牽引抵抗が大きい 下層に耕盤を形成する 土壌移動が大きい
ロータリティラ	攪土耕	砕土性がある 土壌移動が少ない	深耕が出来ない 反転・すき込み性が劣る 所要動力が大きい 作業速度が遅い

火山灰性土壌の占める割合が多い日本の場合は、可能な限り潜在地力を引き出す工夫をしなければならない。また欧米と比較すると降雨量も多いので、排水性を良好にすることが必要である。このような条件を満たす上で深耕は不可欠である。これまでに使いやすさからロータリティラが導入されていたが、広く普及することはなかった。前述のようにロータリティラ耕では雑草の繁茂が多く、除草に苦労することも理由の一つであるが、その最も大きな理由は深耕が出来ないことである。

ボトムプラウが、牽引抵抗が大きい上に土壌の移動も多いと云われながら、畑作に定着して行ったのは、土地の生産性の追求から来る深耕への強い要求があったからである。ボトムプラウは現在圃場区分では畑作、水田、草地にまで対応している。けん引する適用トラクタも 15PS～300PS の広範囲で対応している。日本農業の畑作地帯では普及率が高いが、さらに近年は水田の大区画化、大規模化による耕起作業の効率化と米の高品質化を目的として普及が進んでいる。

日本のプラウは反転・すき込み性能で、世界でも通用する高水準の域にあるといってもよい。反転・すき込み性に特に優れているのには、ユーザである農家が、葉一枚、残渣物一個が表層に残っていても指摘するほど要求に厳しいこと、撥土板の曲面の研究レベルが高いこと、材料にプラスチックを採用して土の流れを円滑にしたことなどが与って大きい。

図 5.34 に反転性能のテストの結果を示す。このテストは、長さ 2cm のチョークに番号を付けて所定の位置に埋め込んでおき、耕起後に移動位置を計測する方法によるものである（玉ころがし試験と云われている）。断面図に見られるように、表層部にあった No ⑬、⑭、⑮、⑯が反転されて下層部に位置しており、

下層部にあったNo②、③、④が上層部に移動しているので、反転状態は良好であると判定される。最近はトラクタの牽引力も大きくなり、高速作業も可能である。放擲作用についてもNo⑯が前方に約1.4m移動していることから十分であるし、砕土性も良い。供試したプラウの仕様を表5.5に示す。図5.35に供試プラウの外観図を示す。図5.36に土壌水分、土壌貫入抵抗等の圃場条件を示す。

試験地はトラクタの走行によって硬く踏み固められた圃場であったが、トラブルもなく耕起した。耕起深は畑地では標準的な30cmに設定した。図5.36に見られるようにトラクタの走行による土壌の踏圧硬盤層の形成は、10cmの深さにピークがあり、硬さの影響は20cm位のところでとどまっている。よってこの圃場での耕起深30cmは適正であった。30cmより深く硬盤層が形成される場合もあるが、これはプラウ耕時に、トラクタ右車輪が耕起されたれき底を走行するためである。あまり硬い層にはなっていないが、この場合、別工程で心土破砕等を作業体系に入れることが必要である。

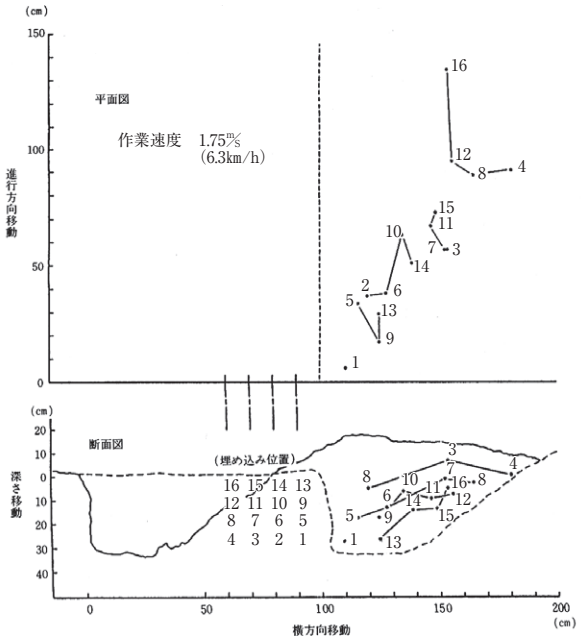


図5.34　反転性能（玉ころがし）[3)]

表5.5　供試プラウの仕様スガノ TROY1921DC[3)]

型　　式	TROY 1921 DC
サイズ	20×2
全長 (mm)	2600
全幅 (mm)	1600
全高 (mm)	1700
重量 (kg)	780
標準耕幅 (cm)	91～ 102
標準耕深 (cm)	20～ 41
刃幅 (mm)	510
コールタ (mmφ)	455ウェーブ
ゲージホイル	600- 12タイヤ 4PL

注：リバーシブルプラウはD型ボトム

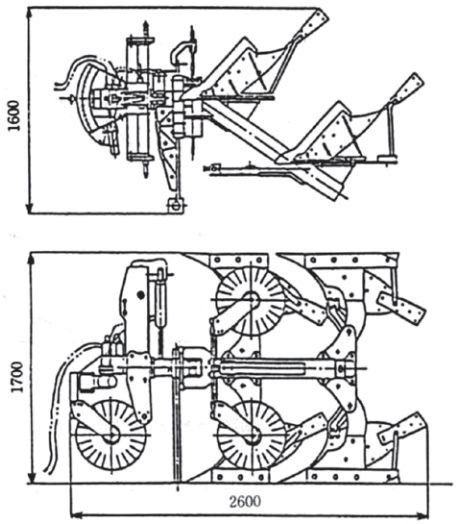


図5.35　供試プラウ仕様[3)]

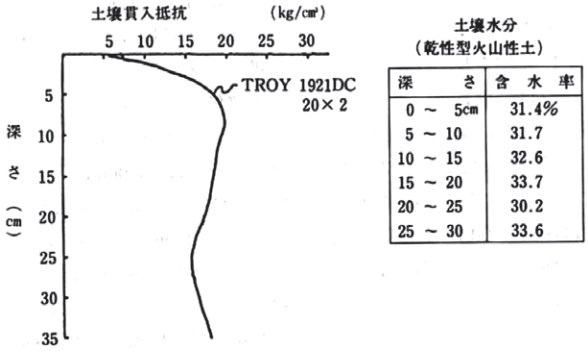


図5.36　圃場の土壌状態[3)]

5.3.8　耕起深の設定

適正耕深の定義は年代によって変わる。畜力時代は15cmで深耕と呼ばれたが、現在では30cm以上を深耕と呼ぶのが一般的なイメージであろう。畑作の耕起は25～30cmが標準耕となっており、この範囲では、耕起後の砕土・整地作業によって残差物が表層に出ることはない。また大規模化で耕起面積が増加しているが、これに伴って作業時間が増えている。しかし、だからと言って耕深を下げるような対応は避けるべきである。

耕起深と作物の収量との間にはどのような関係があるのだろうか。図5.37は戦後の土層改良事業と馬鈴薯の収量の関係を示したものである。作物の収量増は、多くは品種改良と大きな関わりを持つが、馬鈴薯については戦前からの品種が主流なので、品種改良とは直接的な関係はない。参考に2012（平成24）年度

の北海道の馬鈴薯の品種別作付面積を表 5.6 に示す。

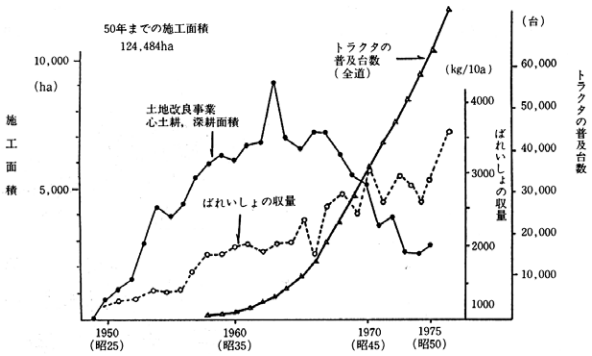


図 5.37　土層改良事業と馬鈴薯の収量 [3)]

表 5.6　馬鈴薯の品種別作付面積 [3)]

品種	作付面積 ha	主な産地	用途
コナフブキ	13,562	オホーツク、十勝	でんぷん加工用
男爵	11,016	オホーツク、十勝	食用
トヨシロ	7,127	オホーツク、十勝	食品加工用
メークイン	5,755	十勝、檜山	食用
キタアカリ	2,167	後志、上川	食用

十勝の例をみると、馬鈴薯の収量は、土層改良事業による心土耕、深耕の面積と比例関係にある。てん菜もほぼ同じ傾向をたどっているので、根菜類については、深耕が根圏域の拡大と密接な関係にあることが分かる。十勝地方における土層改良事業は 1975（昭和 50）年までに、124,484ha に達しているので、全耕地面積の半分以上に対して行われたことになる。

土層改良事業は、昭和 40 年頃をピークにその後は下降線をたどるが、これは一般営農にホイールトラクタが普及し始めたことによる。一般営農へのトラクタの導入は、土層改良に刺激されたことが端緒になっている。欧米に追いつけ、追い越せの風潮もあって、農家が個別に深耕を心掛けた上に、さらに適期作業によって、より土地の生産性を高めようと努力している。土地改良事業は、やがてこのホイールトラクタに交代する形になるが、その後の馬鈴薯の収量はこのトラクタの普及台数に比例する。しかも収量の伸びは加速されている。

これは深耕プラス化学肥料の効果と見ることができる。昭和 35 年頃から、化成肥料が一般に使われるようになって施肥量も多くなっている。作付け条件に合った肥料が安く供給されるようになったこと、多肥栽培に必要な深耕によって根圏域（養分吸収領域）の拡大が進んだことなど、多収の条件も整備された。その結果、昭和 30 年頃の馬鈴薯の収量は約 1,500Kg/10a であるのに対し、昭和 50 年には 3,000Kg/10a に達した。同じ品種を使って、20 年の間に 2 倍の収量に達してわけである。さらに昭和 60 年代の収量は 3,700Kg/10a を超えており、昭和 30 年当時に比較すると 2.5 倍の驚異的な数字である。

表 5.7 に農業技術の変革を示す。馬鈴薯の収量が化学肥料の消費量、トラクタの普及台数、プラウの発達、耕起深の変化と密接な関係にあることがうかがえる。

今後の課題は、最近横ばいになってきている収量の、より一層の増収を期す上で、次の栽培技術の革新をどこに求めるかを同定することである。今まではトラクタの大型化に合わせて深耕してきたが、すでに既存品種の能力に限界が来ているとみることができる。これからは単純に深く耕起していくことで、そのまま増収に結び付くことは考えられない。新しい多収型の品種を育成し、それに合わせた耕起法の工夫、耕深の設定がなければならないと考えられる。

図 5.38 に耕起深別作物収量例を示す（北海道農業試験場、現北海道農業研究センター）。耕深と作物収量との関係を示した少ない試験報告である。この図では、馬耕時代の耕深 9cm を 100 とした場合、3cm 刻みで深耕していくと馬鈴薯は 30cm の深耕で 30% の増収となっている。土壌が変わっても大きな変化はなく、ほぼ同じ傾向をたどっている。燕麦は 21cm までは耕深に比例して増収しているが、それ以上ではあまり変化はない。

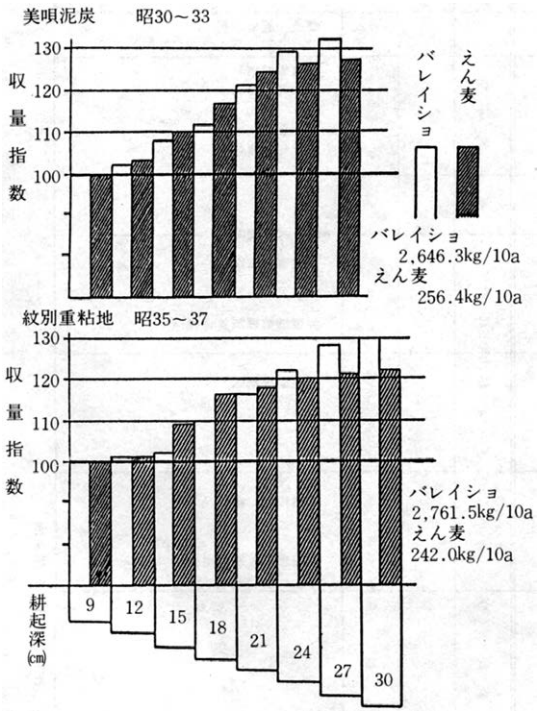


図 5.38　耕起深別作物収量例（北農試）[3)]

こうしてみると、作物には深根型と浅根型があるこ

とが分かる。このことは作物により適正な耕深を選択することが重要であることを物語っている。馬鈴薯のような深根型は連数を少なくした深耕型プラウを使用すべきである。ボトムを大型にして深耕すると、牽引抵抗が大きくなるので、プラウの連数を増やすことはできない。耕起幅が狭いので作業能率が低いのが難点である。

一方浅根型の燕麦などには連数の多いプラウを用いた方がよい。浅耕用ボトムは小型で牽引抵抗は少ないから、連数を多くすることができる。作業幅が広く作業の効率化が図れる。このようにプラウを使い分ける必要がある。

5.3.9　耕起と土壌の順化

わが国の土壌は下層土が不良土の場合が多いので、深耕が有利であると云っても、急激な深耕は下層土を混合して、一時期収量を停滞させることがあるから注意を要する。土壌改良資材や堆肥を有効に使用するとか、段階的に深耕を続けて土に慣らすとか、あるいは影響の少ない作物と組み合せるなどの工夫が必要である。試験例から作物を組み合わせた例を紹介する。

試験区の設定は次の通りである。図 5.39 に圃場区画および輪作体系を示し、図 5.40 に試験区の断面を示す。図 5.40 に示すように、踏圧浅耕区（後の作業の必要上、耕起前にトラクタを走行させて踏み固めた圃場、耕起深 15cm）、踏圧深耕区（プラウ耕等の際にトラクタに踏み固められた圃場、耕起深 25cm）、深耕区（無処理、耕起深 25cm）の 3 区とし、これを図 5.39 に示すように、A, B, C, D の 4 圃場に分けて、てん菜、小豆、馬鈴薯、トウモロコシの 4 年輪作体系（注 1）を組んだ。機械化による踏圧の影響と、深耕の効果を確認するためのものである。

踏圧区は、トラクタで踏み固められているので、約 5cm 沈下している。従って 25cm 耕深といっても実際には 30cm 耕起された事になり、この場合は下層の心土が一部混合している。同様に浅耕 15cm 区も、5cm プラスされて 20cm の耕深である。表 5.7 に土壌分析結果を示す。表から分かるように、浅耕区は表層だけの処理であり、生物活性度が高く、有効態リン酸も多い。いわゆる最も標準的な土壌である。踏圧深耕区は不良土の心土が一部混合しているので、この逆である。通常の場合、このような条件では土壌改良材を投入して矯正するが、この試験では作物生育の影響を見るためそのままの状態で試験をした。

トラクタの走行が圃場にどのような影響を与えるかの確認もした。トラクタが耕起した圃場を走行すると、どのように土壌が踏み固められかを、図 5.41 のホイールトラクタによる踏圧断面図によって示す。膨土深が約 40cm の圃場に対して 30cm の耕起をした後、63PS、自重 2,165kg のトラクタが 1 回走行しただけで踏圧深度は 35cm に達する。この場合、仮に 30cm よりも浅く耕起すると、その分だけ弾力性を有する下層が浅くなるので、トラクタによる踏み固めは更に強く表層に影響するとみなければならない。前輪の通過跡を後輪が更に通過して踏み固めることになる

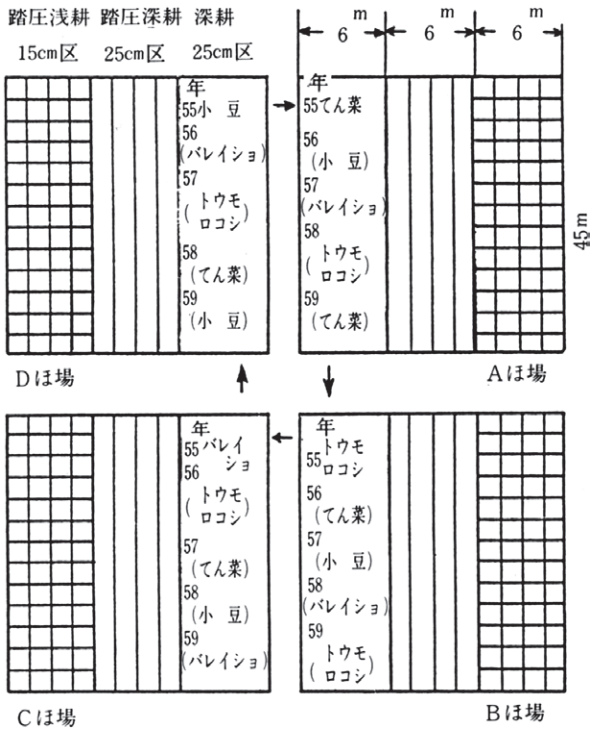


図 5.39　圃場区画および輪作体系 [3)]

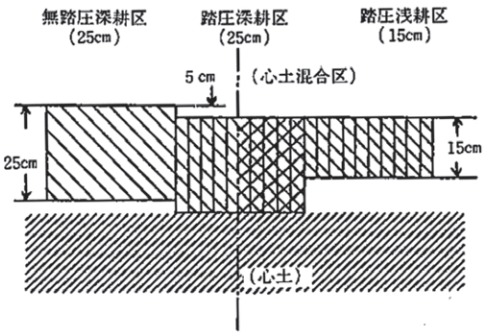


図 5.40　試験区断面（乾性型火山性土）[3)]

表 5.7　土壌分析結果 [3)]

処理区分 ＼ 項目			生物活性 (μH／100g)	置換性石灰 (CaO mg／100g)	有効態リン酸 (P_2O_5mg／100g)
無踏圧	深耕	(25cm)	3.4	101	2.4
踏圧	深耕	(25cm)	3.4	105	3.0
		(心土混合)	2.4	114	2.2
	浅耕	(15cm)	4.6	101	2.9

注 1. 生物活性は脱水素酵素活性ＴＴＣ還元法。
2. 有機態リン酸はTruog法。

ので、この2重になった場所が最も硬い。

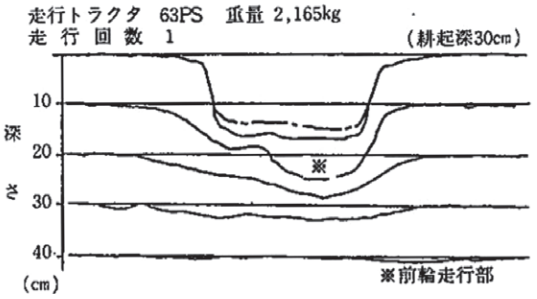


図 5.41　ホイールトラクタの踏圧断面 [3)]

図 5.42 に耕起圃場のトラクタ単体走行土壌踏硬度を示す。深さ 20cm 位のところで最も硬くなっている。何回か踏み固められ、やがて降雨等があって表層部が元の位置に戻ると、最も硬い層は 10〜15cm に位置する。踏圧の影響深度は 25cm 程度となる。要するに、トラクタ走行による踏圧の影響深度は、土壌の種類や、水分によって多少異なるが、大体 25cm ということである。従って耕起の際に 25cm 以下の耕深では、硬盤を残すことになる。人工的に破砕しておかないと下層に硬盤を形成し、不透水層を作ることになるので注意しなければならない。農家は浅耕するとプラウの刃板（シエア）が硬盤に位置し、牽引抵抗が大きいばかりでなく、プラウが揺動して操作がしづらいために、硬盤の下の軟らかい所から起こすようにしていた。結果として人工的に踏み固められた所をプラウ耕によって、反転・破砕していた。このため根圏域の拡大にも貢献する所となり、好結果をもたらしていた。つまり、現在の機械体系では、硬盤層を形成させないためには、25cm 以上耕起しなければならない。

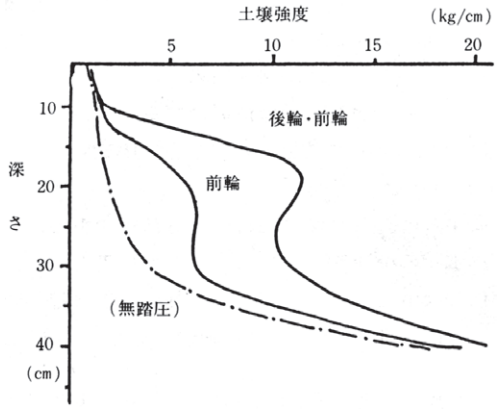


図 5.42　耕起圃場のトラクタ単体走行土壌踏圧硬度（63ps,2165Kg）[3)]

機械が大型化すれば、さらに深耕を必要とする。硬盤層の形成は、表層に滞水させて湿害をもたらすだけではない。土壌が硬いと根が下層に伸びることが出来ないので、干ばつ時には下層から水を吸収する事が出来ない。毛細管現象の遮断でもあり、干ばつ害をもたらすことになるのである。

図 5.43 に生育期の土壌硬度を示す。これは、試験圃場の生育期の土壌硬度である。15cm の浅耕の場合（図の「踏浅」）は浅い位置に硬盤層が形成されていることがわかる。25cm 耕起区（図の踏深」）は踏圧区（図の無踏深」）とほぼ同じ硬度であるので、25cm の耕起によって、固められていた土壌はプラウ耕によって破砕されたとみることが出来る。ここで、「踏深」は作物を栽培している圃場を指し、「無踏深」は耕起したまま作物を栽培することなく、そのままの状態で放置した圃場を指す。この関係を、図 5.44 に踏圧浅耕区のトウモロコシの根相を示す。下層に硬盤が形成されているため根は下に伸びる事が出来ずに横に這っている。このような状態では湿害、干ばつ害を受けやすい。図 5.45 に深耕区のトウモロコシの根相を示す。根はまっすぐに下層に伸びている。根圏域が広いため順調な生育を示している。図 5.46 に生育相全景（昭和 54 年予備試験区）を示す。図 5.47 に踏圧浅耕区のトウモロコシの生育を示す。生育は劣りかつ、雑草が繁茂している。図 5.48 に深耕区のトウモロコシの生育を示す、生育は旺盛で雑草が少ない。このテスト結果でボトムプラウによる反転・すき込み・深耕がいかに大切か理解できよう。

昭和 55〜59 年の 5 年間の、トウモロコシの収量推移によって調べた生育調査結果を、図 5.49 に示す。図 5.50 にてん菜の収量推移を、図 5.51 に小豆の収量推移を、図 5.52 にバレイショの収量推移を示した。気象変動が激しく生育の違いはあるが、全般を通してみて深耕区の成績が良い結果となっている。

興味を引くのは小豆である。小豆は地力でとる作物と云われ、肥料反応の少ない作物である。不良下層土が混入すると生育は良くないが、これが 55 年、56 年の収量に出ている。しかし 3 作目に入ると土壌が順化して来たと見え、深耕区が多収となっている。

根菜類は当初から深耕区が好成績である。ただし、踏圧深耕区はやはり下層土が混入しているところがあって、当初は不安定な内容となっている。肥料反応のよい作物とはいえ、深耕に際しては土壌を診断し、必要な土壌改良資材を投入するのが正しい栽培法と云える。

なお 4 年目に、心土破砕の効果を確認するために、各区の 1/2 を心土破砕した。この効果は顕著に認められる。図 5.53 にホイールトラクタによる下層踏圧硬

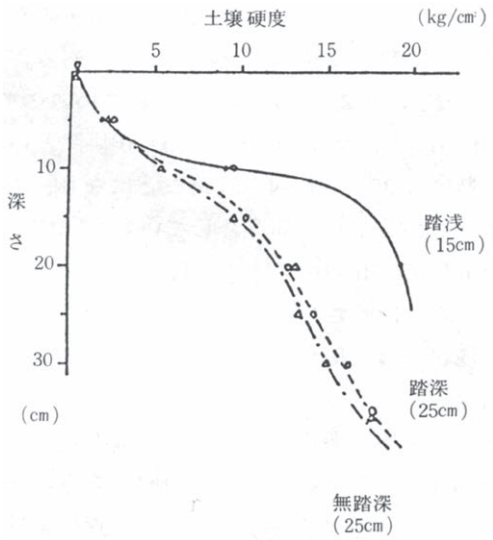


図 5.43　生育期の土壌硬度 [3)]

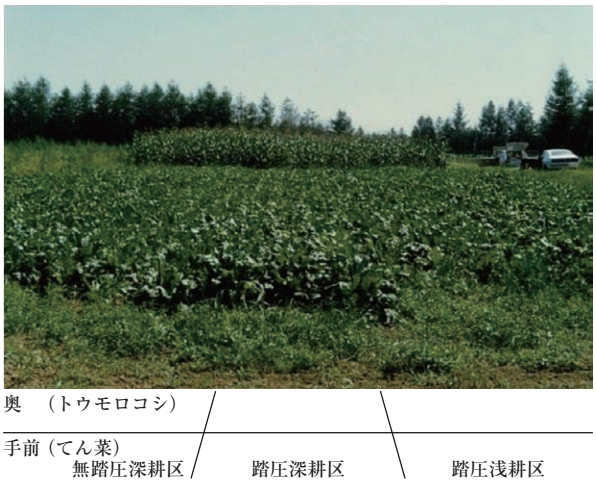


図 5.46　生育相全景（昭和 54 年予備試験区）[3)]

図 5.44　踏圧浅耕区のトウモロコシの根相 [3)]

図 5.47　踏圧浅耕区のトウモロコシの生育 [3)]

図 5.45 深耕区のトウモロコシの根相 [3)]

図 5.48　深耕区のトウモロコシの生育 [3)]

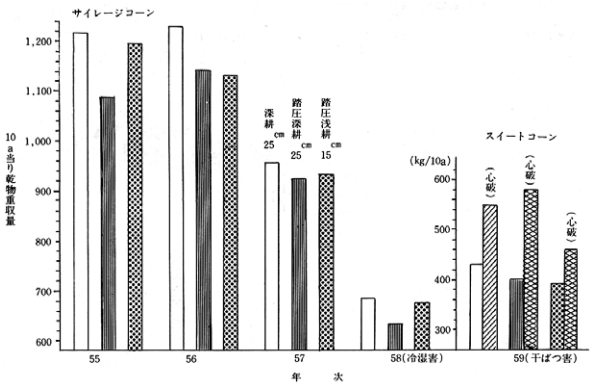


図 5.49　トウモロコシの収量推移（乾物）[3)]

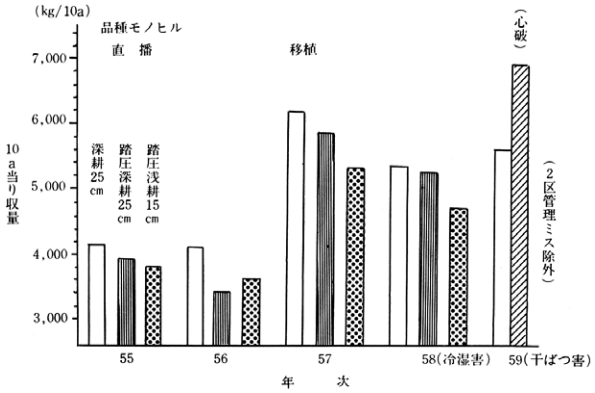


図 5.50　てん菜収量推移 [3)]

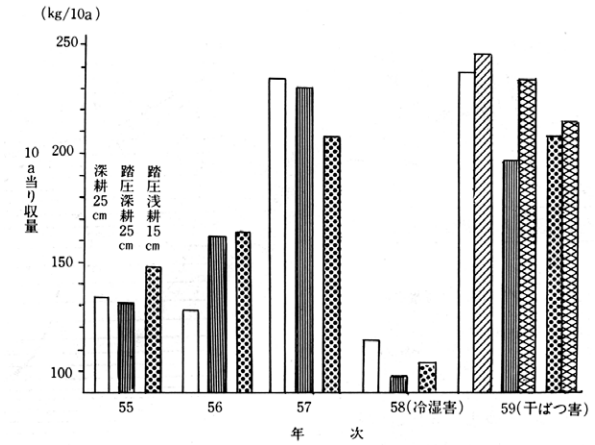


図 5.51　小豆収量推移 [3)]

盤層形成を示す。この硬盤層形成は、プラウ耕ではトラクタの右車輪がれき底を走行し、下層を踏圧することを示すものである。走行回数が少ないので、表層部のような硬い硬盤が形成されることはないが、年次を重ねるとやはり影響が出てくることを示している。図5.54に一般耕地の土壌硬度を示した。下層硬盤形成について述べると、硬度のピークが上層と下層の２ヶ所にあるので、4〜5年に１度は心土破砕することが望ましい。繰り返すようであるが、これも深耕の１部であり、根圏域の拡大、水分収支のバランスを保つため

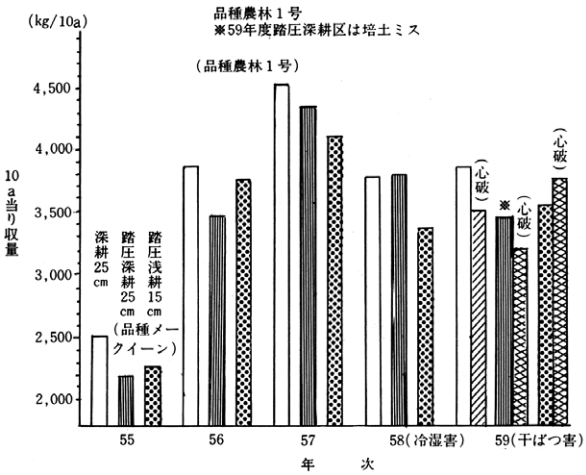


図 5.52　バレイショの収量推移 [3)]

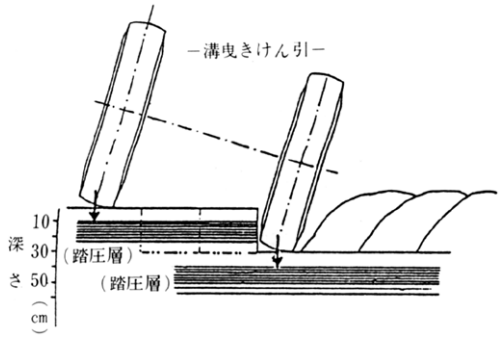


図 5.53　ホイールトラクタによる下層踏圧硬盤層形成

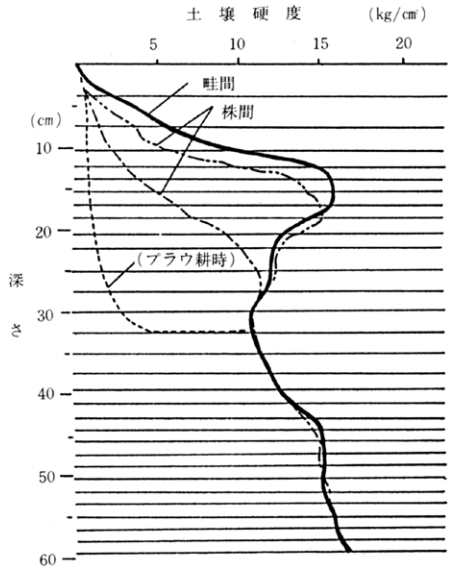


図 5.54　一般耕地の土壌硬度例

の措置である。

さて、一般営農の中でプラウ耕を通してどのように土壌を順化すべきかといえば、図5.55に示す、プラウ耕と土づくり（一般営農における土壌の順化法）が一つの方法として考えられる。20cm耕起では硬盤がそのまま残るので、作物にとって好適な環境を作って

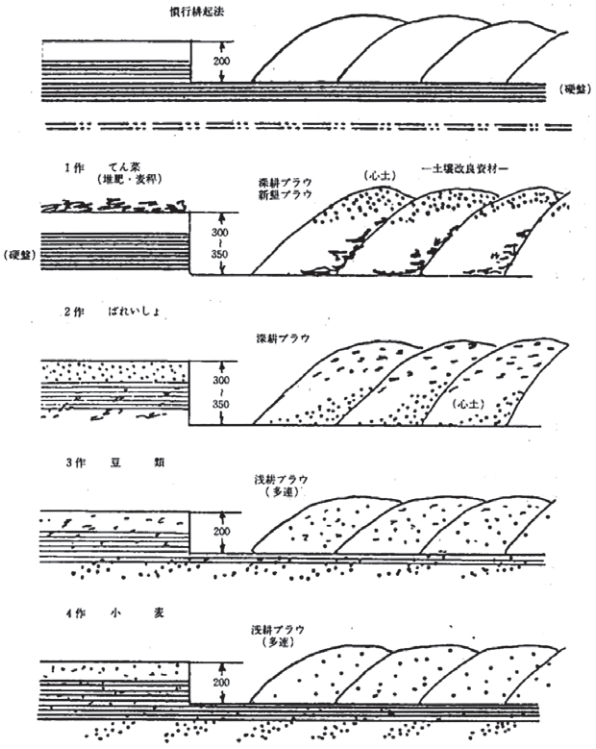


図 5.55　プラウ耕と土づくり（一般営農における土壌の順化法）

いるとはいえない。浅耕では施肥にも制約があって多収を期待できないとすれば、機械力でこの硬盤を破砕することになる。しかし、下層心土が不良土であれば、これを表層に混入させる事は一時的に低収要因となる。1年1作とも減収をさせないで深耕を図ろうとすれば、1作目には肥料反応の良いてん菜を選ぶのが最良である。この際、堆肥や麦桿等有機物を投入して深耕・反転・すき込みをする。心土が表層に上がってきているので、若干の土壌改良資材を投入する。てん菜は深根型なので、これで収量が確保される。

2作目も深根型作物にして馬鈴薯を選ぶ。深耕プラウで深く耕起すると、ボトムプラウの特性で、先に表層に上げられた心土は、また下層に戻る事になる。多少は中層に混入するが、徐々に混和させるので問題は出てこない。先にすき込まれた有機物は、完全に腐植化して表層部に位置する。いわゆる生きた土である。これで馬鈴薯の生育には問題がない。

3作目は豆である。2年間深耕されているので、ここでは必ずしも深く耕起しなくても良い。多連の浅耕プラウで能率的に20cm程度耕起する。浅耕なので心土が上に出ることはない。豆類にとっては好適な土壌条件である。

4作目が小麦である。麦類は浅耕型の作物なので20cmの耕起で充分である。能率本位の耕起であって差し支えない。勿論浅耕と云っても完全反転すき込みには充分留意することが必要である。これで作物は一巡することになる。2年浅耕すると硬盤が形成されてくるので、また元に戻って、てん菜の作付けをすることとし、深耕を行う。

このようにすれば、下層土が不良土であっても、深耕によって一時的な減収をもたらすことは起きない。プラウ耕は単純な作業のように思えるが、実は、以上のような扱い方でその効力が倍加されるのである。土壌があって作物がある。収量は土質に影響されている。プラウ耕を見直し、適正な使い方を守るべきである。

注1　**犁底盤**
長年同じところを耕起していると、人間の足跡やトラクタのタイヤ踏圧、プラウの土壌切削圧で硬盤層が形成される。作物根が伸びなかったり、排水性が悪化したりしていく。対策としては心土破砕が行われる。

注2　**埴土**
細土中に50%以上の粘土を含む土壌。構造は緻密で水分や養分の吸収力は強いが、通気性は悪い。乾燥すると固結して砕けやすくなる。

注3　**4年輪作体系**
同一耕作地に異なる種類の作物を交代に繰り返し栽培すること。
例として、馬鈴薯→秋まき小麦→てん菜→豆類（スイートコーン）を年ごと順番に作付けをする。①病害虫の発生を防ぐ②収量の低下を防ぐ③複数の作物を栽培することにより、各種作業のピークをずらせる、などの効果がある。

参考文献

1）（社）北海道農業機械工業会：「北海道農業機械発達史」，p33-44，昭和63年
2）村井信仁・スガノ農機：「北海道における機械化農業50年の歴史－トラクタ営農黎明期の先達に学ぶ－」，平成13年7月
3）村井信仁：「耕うん機械と土づくりの科学」，p30-44，農業技術普及協会，昭和62年10月

6 畑地の土層・土壌改良とプラソイラ及び沖縄用プラウについて

地力の定義を集約すると、「光、温度、土壌の物理性が最適の状態にある場合に、その土壌が、作物が必要とする養分のバランスを保って供給しうる能力」[1)]となる。地力といえば、有機物量と誤解している向きがないわけでないが、堆肥や緑肥を投入する有機物還元に起因する作用は当然ふくむとしても、それ以上のもっと幅の広い概念である。

土壌の物理性を最適な状態に保ってその能力を発現させるとならば、有機物還元以前に土壌環境の整備を優先しなければならない。農業の生産性を高めるためには、耕種技術の高度化に先行させて、土地の生産阻害要因を取り除いておくべきである。北海道は火山性土、重粘土等の特殊土壌が広く分布していることから基盤整備、土層、土壌改良は、重要な問題であった。

地力対策は大きく以下の3つに区分する事が出来る。

①まずは農地周辺の土地基盤整備である。地域全体の広がりの中で環境を整備し、風蝕害、湿害、干ばつ害を避けるために行う対策である。防風林の設置、用排水路の整備等は、土地が持つ本来の能力を発現せしめるための重要な環境整備である。

②次は土層改良である。一つには、その地域の土壌を組み合わせ、それぞれの欠点を補てんし合わせることによる改良がある。あるいは異なる土壌を組み合わせるところまでせずとも、単独の土壌の改良を目的として、例えば硬化した土層を破砕して物理的特性を改善させるといったことなども行われる。混層耕、改良反転客土耕、心土肥培耕、心土破砕耕などがこれにあたる。

③土壌改良に関連するもので、土壌に不足する要素分や有機物を補てんし、化学的特性を健全な形にするものである。

土層改良といっても、改良反転客土耕や、心土肥培耕は、施工時に土壌改良資材を同時に投入するので、単純な土層改良ではない。土層・土壌改良耕といえるであろう。いずれにしても潜在能力を活用しようとするもので、①は圃場環境の整備、②深度、③は表層に関するものである。地力はこれらの総合的な組み合わせによって更に向上する。これらは大きな動力源を必要とすることから、ほとんどが土層改良事業，耕土改良事業などにより実施されて来た。

6.1 土層・土壌改良法の分類[1)]

土層・土壌改良法は土層の条件で区分される。図6.1は土層構成に対応した主な土層改良（模式図）[2)]について示したものである。この図から読み取れることを以下に記す。

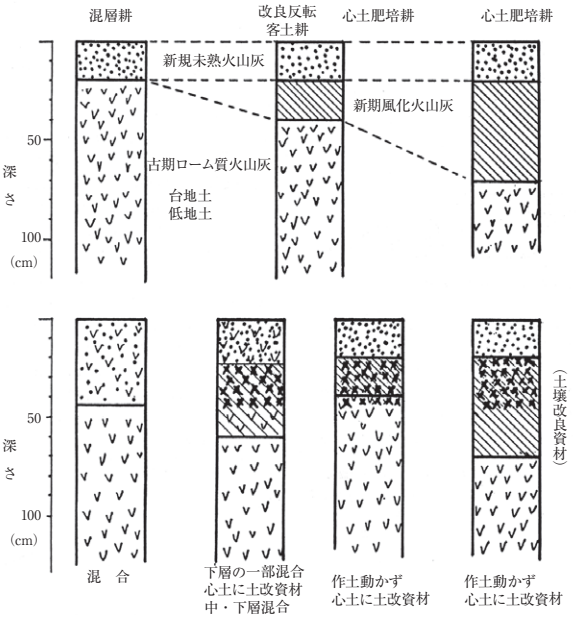


図6.1　十勝管内における土壌の構成と土層・土壌改良（十勝火山性土の土層改良法）[1)]

①混層耕は下層が良質土である場合に適用される。下層土を作土に混合することによって物理性、化学性を改善しようとするものである。

②改良反転客土耕は第3層が良質土である場合に、第2層と第3層を反転し、第3層の一部を作土に混合するのである。通常、客土とは他の地域から良質土を運んで投入するものであるが、このように、下層土を活用して客土の作用をさせることもあり得る。下層土が混入するので施工と同時に土壌改良資材を投入し、化学性の改善を図る。

③心土肥培耕プラウは、第2層が不良土で急激な深耕が望めない場合に、前もって下層土に土壌改良資材を投入して改良しておくものである。下層土が改良されれば、次回から深耕しても、改良された心土が作土に混入するので、特に問題は起きない。

④心土破砕耕は下層の硬盤を破砕するだけの工法である。プラウ耕時に心土を破砕するものと、専用機で

全体を破砕するものとがある。

火山性土は下層土が不良土である場合が多い。ローム質の良質土であっても阻害要因を抱えているものであるから、土壌診断をして石灰やリン酸等の土壌改良資材を投入することになる。単純な物理性の改善であれば土層改良であるが、土壌改良資材を投入して化学性の改善をも加えるものであれば、土層・土壌改良である。動力源が大きくなり、かつ技術も高度化してきているので、土層に土壌改良を加える場合が多い。技術を複合化することによって改善効果が高く、収量レベルも上がり、持続年限も長くなる。

6.2 混層耕プラウ [1)]

混層耕プラウは、下層の良質土を作土に混和しようとするもので、以前は図6.2、図6.3のような大型プラウが使われた。耕深が1mに達するものもあり、マンモスプラウと名付けられたこともある。また新しい試みとしては、作土を動かさずに不良土の第2層を良質土の第3層とを下層で反転・混層するものがあり、注目された。良質土の層を厚くしようとする考え方で、土地を縦に立体的に利用しようとしている。

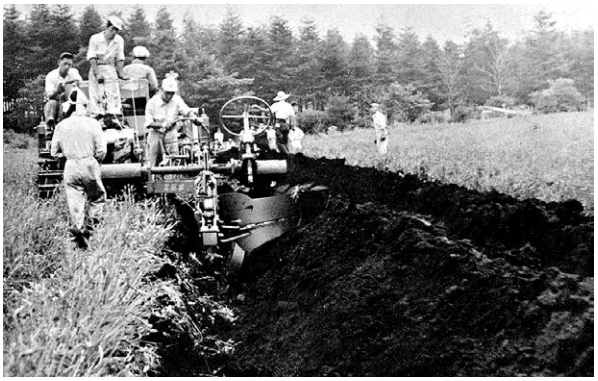


図6.2　混層耕プラウ　実演風景 [1)]

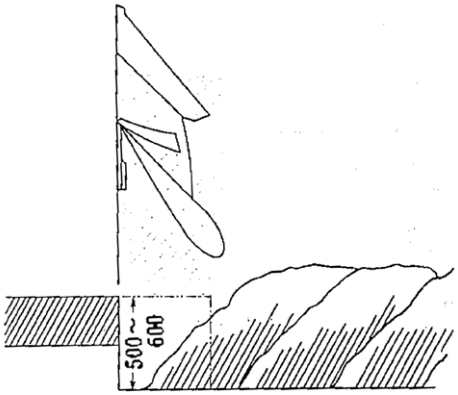


図6.3　ワンウエイボトムプラウ耕起断面 [1)]

一般的な混層耕プラウの形は図6.4に示すようなものであり、それらの諸元は表6.1に掲げている。施工深が50cm程度のものであれば、ホイールトラクタで作業ができる。通常溝曳きではホイールトラクタは耕起時に右車輪がれき底を走行するので、耕起深が深い場合には、トラクタの傾斜が大きくなるばかりでなく、腹部がつかえて走行不能になることがある。そこでホイールトラクタ用の混層耕プラウは、心土用、作土用と、ボトムを分けて2段耕の形態にしている。図6.5に示されるように、心土プラウは右車輪が通過した後を耕起するようにしている。このようにすることで、通常のプラウ耕と同じ要領で作業ができる。

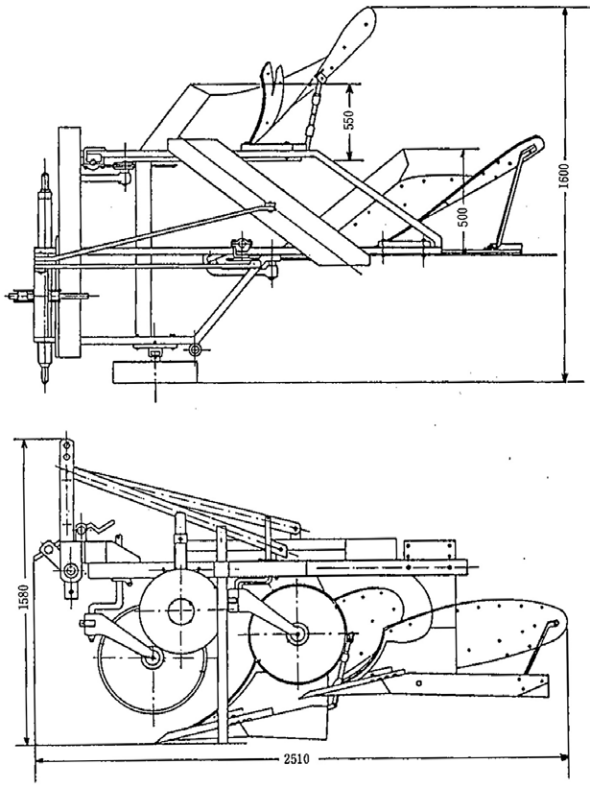


図6.4　直装型2段耕混層耕プラウ外形図 [1)]

表6.1　直装2段耕混層耕プラウの仕様諸元 [1)]

型式	直結型混層耕プラウ MD型 (WYB2014)	フロントコルタ	510mmφ
		リアコルタ	456mmφ
全長	2,510mm	グランドホイール	鉄輪405mmφ
全高	1,380mm		ロックピン高低調節 50mmピッチ
全幅	1,600mm	犂柱高低調節	フロント・リア50mm ピッチ3段
全重	約350kg	標準耕地	フロント　心土20cm
フロントボトム	スリック深耕 14°バーポイント		リア　作土20cm
リアボトム	スリック普通耕 20°バーポイント	標準耕幅	50cm
適用トラクタ	80PS以上	作業能率	23a/hr

このような2段耕の特長は、土層の状態に応じて適時層圧を変える事ができることである。1連ボトムの

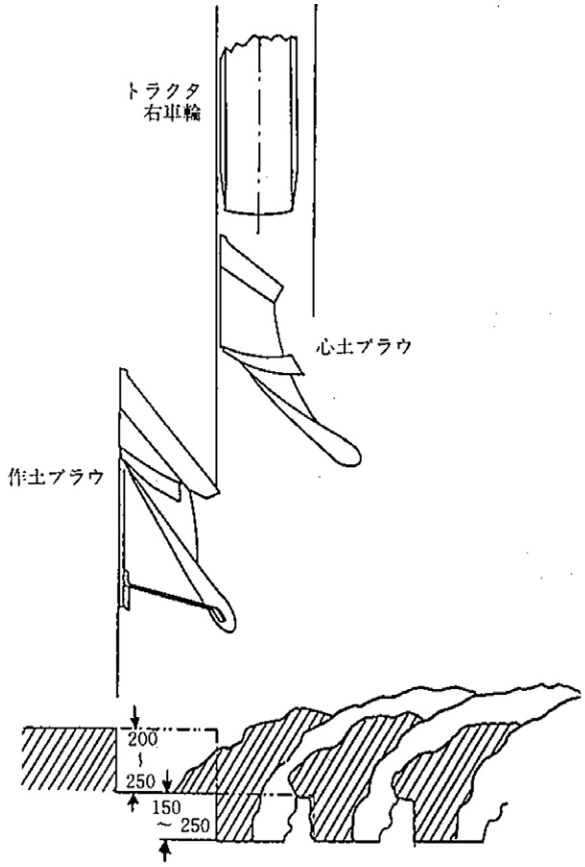


図 6.5　直装式２段混層耕プラウ耕起断面 [1)]

場合は、土層に関係なく混層することになるが、2段耕の場合は緻密な設計に基づく施工が可能である。表6.2に作物別の混層耕の効果としてのてん菜、バレイショ、大豆の原土区、混層区、混層改善区別の収量比較を示す。増収効果は混層区、混層改善区ともに9～14%である。

心土を構成する低地や台地土、古期ローム層火山灰等は、比較的生産力に恵まれている。作土と混合させることによってその能力を活用できる。ただ、下層土の土質により土壌の三相分布が悪くなることも時としてあるので、工事前に土層、土壌の調査を充分に行う必要がある。混層耕は作土と心土双方の能力を活かし、欠点を補うものと考えて良いであろう。

混層によって粘土含量が多くなり、土性は火山灰と沖積土との中間に位置付けられるようになる。養分の保持力、放出量に優っていることが、作物増収の要因であるが、混層単独では約9%の増収であり、土壌改良資材を併用すると14%前後に達している。

わが国は欧米などと比較すると降水量が多い。土壌は火山灰が多く、養分の保持力に劣ると云われている。養分が下層に熔脱して蓄積している事は充分考えられる。混層耕はリサイクルの技術であって、土層改良の効果もさることながら未利用資源の活用の技術ともいえる。

また、深層反転によって地下休閑農業の考え方も成立する。土地に余裕があれば、休閑して緑肥作物を栽培し、地力を養成することも出来ようが、わが国の経営面積からすれば難しい。ハウス栽培では、いや地現象が現れると深耕してこれを緩和することがある。これと同じ発想で、土層が厚ければ作土を下層に反転してしばらく休ませる方法もある。混層とは若干内容が異なるが、混層量を調整することによって同じ技術が適用できる。

馬鈴薯の連作で、そうか病（注1）に悩んでいた圃場を混層施工したところ、そうか病がほとんど発生しなかったという事例がある。混層耕によって地力がつき、そうか病を回避できたのか、作土を下層にすき込む事によって、病原菌が希釈されたためなのか、その理由は明らかでない。おそらく双方が関係していると思われるが、病害が発生したら薬剤散布というパターンでは抵抗性も出てきて将来性に欠ける。今後、混層耕はこうしたことにも関連させて検討して行く必要がある。

6.3　改良反転客土耕プラウ [1)]

本耕は6.1②で述べたように、作土をそのままにし

表 6.2　試験地別・年次別の混層耕の収量調査結果 [1)]

試験地	中札内A			中札内B			清水		士幌		更別				大樹			浦幌			平均
年次	S 46	47	48	S 46	47	48	S 46	48	S 49	50	S 47	48	49	50	S 48	49	50	S 48	49	50	
供試作物 / 処理区別	ばれいしょ	てん菜	大豆	ばれいしょ	てん菜	大豆	てん菜	てん菜	秋小麦	ばれいしょ	てん菜	ばれいしょ	てん菜	大豆	大豆	ばれいしょ	てん菜	てん菜	小豆	てん菜	
① 原土区	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	(5,240)	(4,380)	(249)	(4,980)	(4,680)	(246)	(5,380)	(3,780)	(330)	(4,700)	(3,540)	(4,100)	(3,620)	(187)	(250)	(3,870)	(4,600)	(5,340)	(242)	(3,760)	
② 混層区	109	106	105	110	113	103	106	109	112	104	107	103	104	102	114	108	109	128	120	107	109
③ 混層改善区	119	111	111	108	117	109	105	120	124	115	125	108	119	104	112	104	114	128	108	102	114

（十勝火山性土の土層改良法）

ておいて、第2層の不良土と第3層の優良土を反転し、第3層の一部を作土に混合しようとする耕法で、1965（昭和40）年から研究開発されている[1)]。

土層の性状によって微妙に土壌の反転状態が異なり、必ずしも全てに効果的であるとは言えないが、全般的にみて効果を認めることができる。特に湿性型の火山性土において効果的であり、土壌の反転が円滑に行われたことをうかがわせる。

図6.6は心土反転客土の状態を示したものである。2層目のプラウは破砕が主で、3層目のプラウと違って反転装置が小さい。3層目のプラウは土壌を大きく表層に動かすが、このことにより生じた間隙へ2層目の土壌が落としこまれるのである。1行程で作業しようとする場合には、この程度が限界であり、土壌の動きの鈍いものについては、下層反転が少ないばかりでなく、不良土までもが表層に浮上することがあり得る。

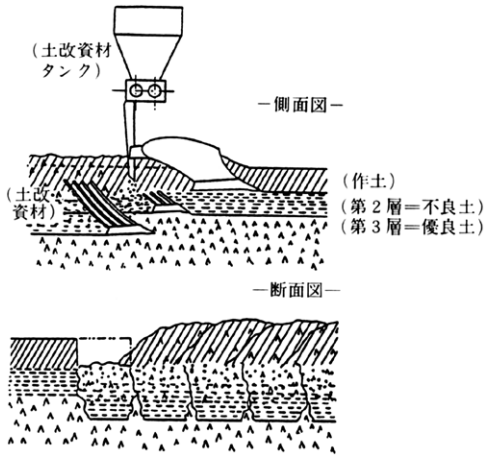


図6.6　直装式2段混層耕プラウ耕起断面[1)]

土壌別の作物収量調査結果を表6.3に示した。反転区は土壌改良資材を投入しない区である。乾性型の下層ローム層はマイナスの結果となっている。これについては表6.4に示すように、反転によって第1層の粘土含量が多くなり、作土に心土が混合され、腐食含量が低下したことが原因と考えられる。その他の化学的特性についても同様に説明できる。

反転区は原土区に比較してCEC（注2）、置換性石灰、有効態リン酸が低下し、逆にリン酸吸収係数が増大している（表6.5）。作土が第2層に落下し、第3層があまり動かされていない。このような土壌の場合には、プラウの形状を更に考慮する必要がある。

下層低地土については、表6.6に示すように、原土と反転区との間には容積重と三相分布に明らかな違いを見せている。反転がほぼ理想の形で行われているため、このことは化学性の変化にも現れている。湿性火山灰土の下層台地の場合も似たような傾向がある（表6.7、）。反転によって第1層は置換性石灰、有効態リン酸が低下し、リン酸吸収係数が増大している。不

表6.3　土壌別・年次別の改良反転客土耕の収量調査結果[1)]

乾性型火山灰土 区分	下層ローム型 中伏古 44 菜豆	明野 48 小豆	明野 50 秋小麦	平均	下層低地土型 毛根A 47 小豆	毛根A 48 てん菜	毛根A 49 とうもろこし	毛根A 50 ばれいしょ	毛根B 43 てん菜	平均
①原土区	100 (218)	100 (208)	100 (382)	100	100 (154)	100 (3,960)	100 (4,960)	100 (4,780)	100 (5,466)	100
②反転区	88	99	85	91	105	115	105	106	110	108*
③反転改良区	87	104	103	98	107	125	126	109	−	118*

湿性型火山灰土 処理区別	下層ローム型 西幌国 44 てん菜	明野 48 大豆	平均	下層台地土型 美蔓 47 とうもろこし	美蔓 48 てん菜	美蔓 49 てん菜	美蔓 50 牧草	勇足川向 47 大豆	勇足川向 48 てん菜	負筋 43 小豆	平均	下層低地土型 毛根 44 てん菜	平均
①原土区	100 (3,800)	100 (240)	100 (254)	100 (7,080)	100 (5,370)	100 (3,690)	100 (1,680)	100 (187)	100 (6,060)	100 (129)	100	100 (4,260)	100
②反転区	−	−	101	102	107	107	102	98	104	113	105*	101	101
③反転改良区	106	106	109	−	−	−	−	111	109	−	110	103	103

*：5％水準で原土区との差は有意　　注）（　）の単位はkg/10a

表6.4　乾性火山灰土の反転による土層の理学性の変化[1)]

（幕別町明野）

処理	柱状図 (cm)		粘土含量 (%)	腐植含量 (%)	容積重 (g/100cc)	三相分布 (%) 固相	液相	気相
原土区	Ap	18 Ta.b Me.a	16.2	6.2	85.4	34.7	37.2	28.1
	IIAB	25 To.c	28.0	2.1	66.8	31.4	45.2	23.4
	IIB	40	26.2	0	68.9	25.9	48.8	25.3
	IIIB	60	31.8	0	91.7	34.5	43.9	21.6
	IIIBC	En.a	28.5	0	97.0	39.6	39.4	21.0
反転区	第1層	20	22.0	3.8	72.0	32.0	41.2	26.8
	第2層	40	25.6	3.0	69.2	31.8	46.2	22.0
	第3層	60	29.6	1.6	90.0	34.0	40.8	25.2
	第4層		28.5	0	97.0	39.6	39.4	21.0

表6.5　乾性型火山灰土の反転による化学性の変化（幕別町明野）下層ローム[1)]

処理	柱状図 (cm)		pH (H_2O)	C.E.C (Me/100g)	置換性石灰 (Me/100g)	石灰飽和度 (%)	リン酸吸収係数	有効態リン酸 (mg/100g)
原土区	Ap	18 Ta.b Me.a	6.2	17.9	5.6	31.3	930	4.2
	IIAB	25 To.C	6.5	17.6	3.8	21.7	2,120	tr
	IIB	40	6.5	16.4	4.7	28.6	1,980	tr
	IIIB	60	6.0	17.2	4.8	28.1	1,890	tr
	IIIBC	En.a	5.8	13.5	4.2	31.1	1,520	tr
反転区	第1層	20	6.1	16.0	4.2	26.3	1,720	1.5
	第2層	40	6.2	17.2	4.7	27.3	1,900	1.1
	第3層	60	6.0	17.0	4.8	28.2	1,920	tr
	第4層		5.8	13.5	4.2	31.1	1,520	tr
反転改良区	第1層	20	6.3	16.2	6.5	40.1	1,780	7.2
	第2層	40	6.1	17.0	4.5	26.5	1,900	1.3
	第3層	60	6.1	17.0	4.7	27.6	1,880	tr
	第4層		5.8	13.5	4.2	31.1	1,520	tr

表 6.6　乾性火山灰土の反転による土層の理学性の変化（芽室町毛根）　下層低地型 [1)]

処理	柱状図 (cm)		粘土含量 (%)	腐植含量 (%)	容積重 (g/100cc)	三相分布 (%) 固相	液相	気相
原土区	Ap	Ta.b Me.a	18.0	8.8	69.0	34.1	40.9	25.0
	IIAB (33)	To.c	33.0	4.8	57.6	24.0	52.5	23.5
	IIB (42)		25.4	0	69.2	24.5	38.5	31.0
	IIIAB (55)		35.1	3.2	91.7	34.5	49.9	15.6
	IIIBC	沖積土	30.8	0	109.2	41.2	40.1	18.7
反転区	第1層 (20)		20.2	6.0	72.2	30.2	41.8	28.0
	第2層 (40)		32.6	4.0	72.6	28.0	45.8	26.3
	第3層 (60)		32.0	4.8	86.0	33.0	47.8	19.2
	第4層		30.8	0	109.2	39.6	36.5	18.7

表 6.7　湿性型火山灰土の反転による土層の変化（本別町勇足川向）　下層低地土型 [1)]

処理	柱状図 (cm)		pH (H_2O)	C.E.C (Me/100g)	置換性 (Me/100g)	石灰 (%)	リン酸吸収係数	有効態リン酸 (mg/100g)
原土区	Ap (23)	Me.a	5.6	35.8	17.4	48.6	1,570	5.2
	IIAC (37)	Me.c	5.1	54.2	14.2	26.2	2,430	1.0
	IIIAg (50)		5.3	39.0	10.5	27.1	1,770	tr
	IIICg	洪積土	5.4	29.0	7.7	26.6	1,700	tr
反転区	第1層 (20)		5.2	42.0	14.8	35.2	1,720	2.2
	第2層 (40)		5.2	46.4	12.0	25.8	1,980	3.0
	第3層 (60)		5.4	41.8	12.9	30.8	2,100	tr
	第4層		5.4	29.0	7.7	26.6	1,700	tr
反転改良区	第1層 (20)		5.9	42.0	22.0	52.3	1,800	11.0
	第2層 (40)		5.5	47.0	13.0	27.6	1,820	2.2
	第3層 (60)		5.4	40.8	13.0	31.8	2,000	tr
	第4層		5.4	29.0	7.7	26.6	1,700	tr

良土の混入を示すものであるが、第2層はCEC（塩基置換容量）や置換性石灰、リン酸吸収係数が低くなっている。これは一部作土が落下、下層土が浮上してきていることを示している。深耕反転によって粗孔隙の分布が下層にまで広がり，湿潤期には排水が良好になる。一方では有効土層が広くなり、水分保持力を高めてもいる。反転客土効果の他に、こうした土壌水分環境の改善の効果が、作物の生産性向上に大きく関与していることになる。反転客土耕に関連する図が、図6.7、6.8、6.9である。作土と第2層は同じ火山灰土であるが、粗粒子で保水性に乏しく生産性が低い。1m下の第3層はローム層で腐食に富んでいる。この第2層と第3層を反転させて、なおかつ第3層の一部を作土に客土しようとしている。耕起深は1.3mに達するが、現在はでは大型トラクタの動力源に恵まれているので、特に問題にはならない。図6.9に示されるように施工される前の土層（前方）と、施工された土層（側方）をみると分かるように、第3層に一定間隔で第2層が落としこまれている。完全な形の反転・客土ではないが、下層に横たわったままであった第3層が浮上して、利用される形になっている。第2層の粗粒子が薄くなっていることは、干ばつ年に効果が発揮できるものとして期待ができる。

図 6.7　心土反転客土耕プラウの写真 [1)]

図 6.8　反転客土耕（3段耕）[1)]
第2層の砂質土の1部が少ないが表層に出ている。黒土は第3層のローム質土

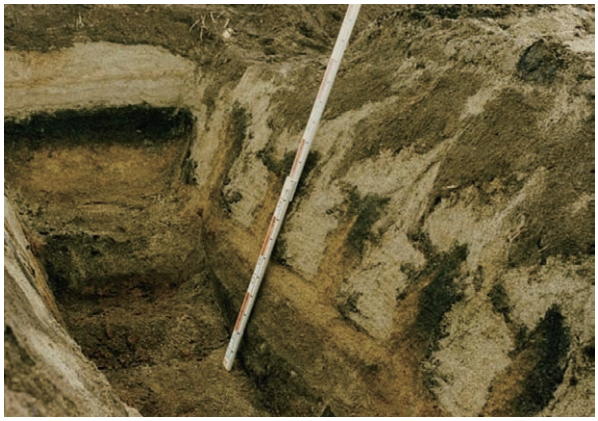


図 6.9　土壌断面 [1)]

6.4 心土肥培耕プラウ [1)]

現在のトラクタの作業体系では、トラクタや作業機の走行による土壌踏圧の影響深度は、30～40cm に達している。機械は年ごとに大型化の傾向にあり、更に影響深度は深くなるといえよう。したがって浅く耕起すると、硬い層を耕起することになるので牽引抵抗力が大きくなり、作業の能率が落ちるばかりでなく、硬盤層を除去しきれず残したままになってしまう。このような場合の対処については 6.5.2 を参照していただきたい。

硬盤層の形成は、根圏域（養分吸収領域）を狭めるばかりでなく、水分収支のバランスを崩すものである。硬盤層は作られた不透水層であり、降水量が多い場合には、長い時間の表面滞水となって湿害をもたらすことになる。一方干ばつが続けば、根が浅いので、下層の水分を吸収する事ができず干害となる。人工的に固められた層は、常に砕かれていなければならない。

この場合、プラウ耕による深耕が最も合理的ではあるが、硬盤層が不良土であれば、耕起によって作土に不良土が混入されることになり、著しく化学性を悪化させる。深耕によって物理性は改善されても、化学性にマイナス効果をもたらしては無意味である。物理性、化学性、更に生物性にも優れた厚い作土層を造成することが理想であるが、そのためにはこのようなマイナス効果を回避すべく、前もって下層土を改善しておくなどの処置が必要である。

心土肥培耕プラウは一種の心土耕プラウで、プラウ耕と同時に心土を破砕しながら、心土に土壌改良資材を投入・混和するものである。心土耕によって硬盤が破砕され、深耕の目的が達成されるが、これだけでは物理性の改善だけで化学性まで改善されない。従って土壌改良資材を心土に投入・混和して化学性を改善し、良質土の層を厚くする。次回からは再墾型プラウで深耕しても、既に下層土は改善されているから、これが作土に混入しても生産性を低下させることにはならない。図 6.10 はこの関係を示したものである。耕起下の土層に土壌改良資材が 3 分割されて散布される。図 6.11 はけん引型心土肥培耕プラウの外観を示すものである。また、表 6.8 は小型のけん引型肥培耕プラウの諸元を表している。事業用としてクローラトラクタでけん引される大型のものもあるが、また大型ホイールトラクタ用の直装型も実用化され広範囲に利用されている。(図 6.12)

心土肥培耕は、土層改良であると同時に土壌改良である。表 6.9、図 6.13、6.14 に土壌別の収量試験結果を示した。改良によって、15% 程度の増収になっていることが読み取れる。土壌区分 I の乾性型火山灰土については、心土肥培耕の効果が認められない。このことについては石灰飽和度が低いのに対し pH が高いこと、全炭素含有量、塩基置換容量が小さいことなどに関係するものと考えられる（表 6.10)。

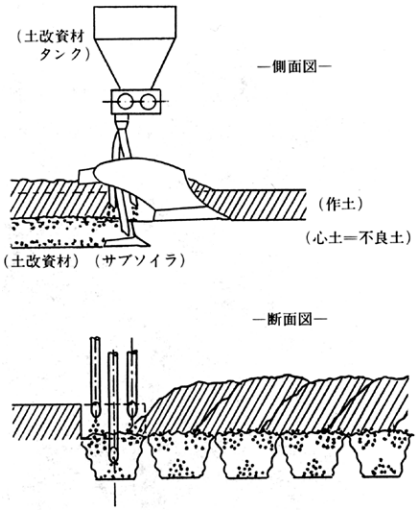


図 6.10　心土肥培耕プラウによる土層・土壌改良 [1)]

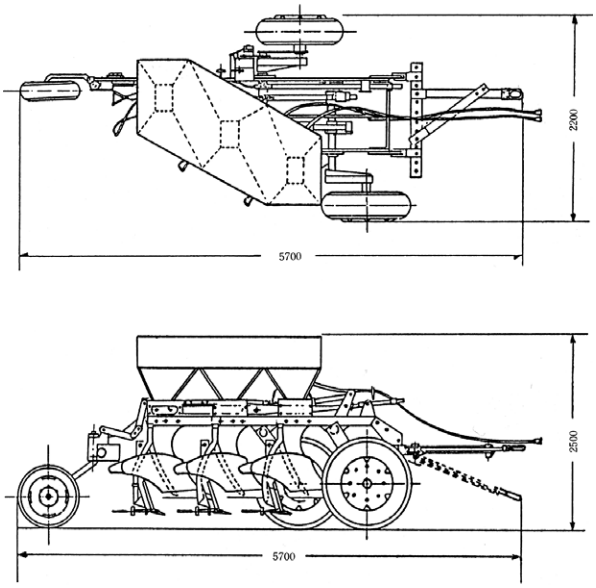


図 6.11　けん引型心土肥培耕プラウ（TPHS163）[1)]

表 6.8　けん引型小型肥培耕プラウ仕様諸元

型式	TPHS163	作土プラウ	16吋×3連ポルカニックス
規格	16吋×3連		標準耕深　200mm
全長	5,700mm		標準耕巾 1,230mm(410×3)
全幅	2,200mm	下層土プラウ	ウイングホーン型
全高	2,500mm		標準耕深　200mm
重量	2,500kg		標準耕幅　315mm（一連当）
けん引トラクター	125PS級	改良資材散布装置	ベルト型タンク容量 0.9㎥
標準作業能率	30a／Hr		散布量 200kg～1,200kg/10a

図 6.12　ホイールトラクタ用直装型心土肥培耕プラウ [1)]

土壌の緩衝力（注 3）が比較的小さいために、土壌改良資材として用いた炭酸カルシウムやよう成リン肥が、あまり有効に働いていない。次年度に深耕しても、それまでのようにマイナス効果とはならなかったので、これも一つの効果と認めることはできるが、この種の土壌については、やはり化学的不良因子を除くべく別の資材を投入することが求められる。スラリインジェクタ等で、有機資材を投入する考え方があるので、別途検討すべきである。

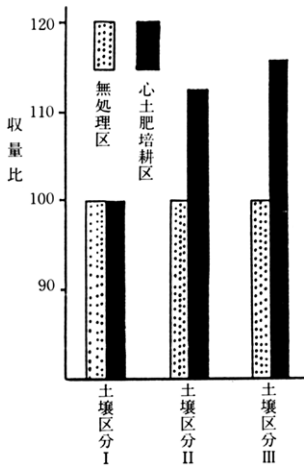


図 6.13　心土肥培耕の全年、全作物土壌別収量比 [1)]

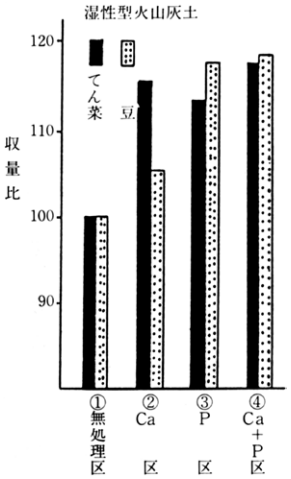


図 6.14　心土肥培耕の作物別土壌改良資材別収量比 [1)]

表 6.9　土壌・試験地別・年次別の収量試験調査結果 [1)]

土壌分区		I					II														III			
土壌類型区分		乾性全層火山灰土（下層ローム，下層台地土，下層低地土）					湿性全層火山灰土（下層ローム，下層台地，下層整層台地，下層低地土）														湿性薄層火山灰土（心土整層台地土，心土低地土）			
試験地		芽室町中伏古		芽室町下伏古		処理別平均	帯広市豊西		帯広市川西		清水町美蔓		本別町勇足		芽室町祥栄		鹿追町下幌内			処理別平均	帯広市清川	幕別町南勢		処理別平均
試験年次		昭和45年	46年	44年	45年		44年	45年	47年	48年	47年	48年	47年	48年	44年	45年	43年	44年	45年		45年	45年	46年	
供試作物		てん菜	ばれいしょ	大豆	イタリアンライグラス		てん菜	菜豆	てん菜	ばれいしょ	とうもろこし	てん菜	大豆	てん菜	菜豆	菜豆	てん菜	大豆	イタリアンライグラス		てん菜	小豆	てん菜	
処理区別																								
①無処理区		100 (5,040)	100 (3,615)	100 (388)	100 (3,913)		100 (5,328)	100 (155)	100 (4,560)	100 (4,496)	100 (7,080)	100 (5,370)	100 (188)	100 (6,060)	100 (129)	100 (193)	100 (9,354)	100 (372)	100 (2,618)		100 (5,145)	100 (190)	100 (5,870)	
②Ca区	A	92	109	−	−	101	105	101	−	−	103	114	109	121	105	105	120	108	110	109	111	121	112	115
		120					400				500		500		400		1,000				250	240		
	B	−	−	−	−		−	−	−	−	−	−	−	−	116	105	−	−	−		−	−	−	
															800									
③P区	A	102	103	103	92	97	112	120	−	−	−	−	−	−	118	115	108	104	106	112	120	110	112	114
		210		350			500								500		350				300	150		
	B	−	−	111	90		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−		−	−	−	
				700																				
	C	−	−	102	87		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−		−	−	−	
				※350(1:1)																				
	D	−	−	95	87		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−		−	−	−	
				※700(1:1)																				
④Ca＋P区	A	103	107	−	−	105	112	115	111	102	−	−	−	−	121	111	133	111	112	114	127	113	118	119
		120＋210					400＋500		120＋100						400＋500		1,000＋300				500＋210	240＋150		
	B	−	−	−	−		102	94	116	112	−	−	−	−	144	124	126	122	110		−	−	−	
							400+1,000		300＋100						400+1,000		1,000＋700							
	C	−	−	−	−		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	116	106	102		−	−	−	
																	1,000＋700							

注）1．（　）内の数字は10ａ当り収量kgである。
2．下段の数字は10ａ当りの資材の投入量，kgである。
3．ＡＢＣＤは同区にある資材量別処理
4．※は熔性燐肥と過燐酸石灰を等量散布したことを示す。

表 6.10　火山灰度における心土肥培耕施工跡地の心土（20～40cm）の分析結果 [1)]

土壌区分	処理区別	pH		置換性塩基（mg/100g）			石灰飽和度（%）	Truog-P（mg/100g）	型態別リン酸（mg/100g）			Al_2O_3（mg/100g）	全炭素（%）	全窒素（%）	土壌微生物×10⁴/g	
		H_2O	KCl	CaO	MgO	K_2O			Ca-P	Al-P	Fe-P				細菌	色素耐性菌
土壌区分Ⅰ（芽室町下伏古）	①無処理区	6.50	5.64	151.4	28.2	8.0	32.9	0.3	0.1	23.8	2.6	305.0	1.06	0.10	263	34.1
	③P区A（ようりん 350kg/10a）	6.63	5.82	185.0	49.3	9.0	40.2	0.8	4.2	69.2	5.9	175.6	－	－	－	－
	③P区B（ようりん 750kg/10a）	7.31	6.26	322.5	92.7	6.0	70.1	2.6	4.6	134.2	8.9	233.7	1.44	0.13	1369	106.3
	③P区C（ようりん 175kg/10a 過石 175kg/10a）	6.42	5.81	210.3	34.2	5.0	45.7	0.6	1.4	59.6	3.1	206.4	－	－	－	－
	③P区D（ようりん 350kg/10a 過石 350kg/10a）	6.80	5.83	297.4	48.3	5.0	64.6	3.4	10.5	157.4	5.5	172.4	1.31	0.13	1362	77.8
土壌区分Ⅱ（鹿追町下幌内）	①無処理区	5.85	4.66	358.5	35.3	6.0	31.7	0.8	0.6	30.0	6.6	262.5	10.10	0.75	950	91.2
	②Ca区（炭カル1,000kg/10a）	6.48	5.32	776.4	44.3	7.0	68.6	1.6	1.1	38.0	9.0	156.2	10.89	0.79	1348	124.6
	③P区（ようりん 350kg/10a）	5.81	4.78	482.2	96.7	7.5	42.6	3.8	6.3	89.0	18.3	197.5	11.07	0.80	983	183.1
	④Ca＋P区A（炭カル1,000kg/10a ようりん 350kg/10a）	6.48	5.44	944.2	72.4	5.5	83.4	6.0	10.5	155.2	25.0	92.5	11.55	0.83	2004	266.5
	④Ca＋P区B（炭カル1,000kg/10a ようりん 700kg/10a）	6.82	5.76	1087.9	139.1	6.0	96.2	2.6	24.7	227.0	32.9	70.0	－	－	－	－
	④Ca＋P区C（炭カル1,500kg/10a ようりん 700kg/10a）	6.88	5.87	1200.1	104.8	6.0	106.2	8.0	30.1	1.2	35.1	108.7	－	－	－	－

湿性型火山灰土では、収量指数はいずれも 110 以上となっている。特に石灰（CaO）やリン酸（P_2O_3）の単用区より、石灰とリン酸の併用区が多収を示している。心土肥培耕によって増収した作物的要因については、てん菜の場合は表 6.11 に示されるように根長に現れている。作土層が深くなって、素直に伸長することが出来たためである。

表 6.11　湿性火山性土の心土肥培によるてん菜増収効果の内容 [1)]

処理区＼試験地・調査項目	帯広市清川（S.45）		幕別町南勢（S.46）	
	根周	根長	根周	根長
①無処理区	0	100	100	100
②Ca区	98	108	97	109
③P区	97	106	93	113
④Ca＋P区	104	108	97	105

豆類については表 6.12 で、分枝数と千粒重に差が認められる。石灰施用よりもリン酸施用の効果が大きい。緩衝力の小さい乾性型火山灰土の心土に炭酸カルシュウムを施用する事は、pH を高めすぎる危険性がある。リン酸質資材を併用したり、よう性リン酸肥に過リン酸石灰を組み合わせたりすることなども検討されても良いと考える。

表 6.10 に示すごとく、乾性型火山灰土に、よう成燐酸肥料を 350kg/10a 施用すると、pH（H_2O）は 6.63、石灰飽和度は 40.2% になっている。pH はわずかに上昇しているに過ぎず、石灰飽和度は 60% に及ばない。よう成燐酸肥料を 700Kg/10a の施用とすると pH（H_2O）7.31、石灰飽和度は 70% となる。この場合は pH が高すぎるので好ましくない。よう成燐酸肥料（よう燐）に過リン酸石灰（過石）を組み合わせて、それぞれ 350Kg/10a を施用すると目的に達している。しかし前述のように作物の増収効果は認められなかったので、乾性型火山灰土については別の土壌改良資材を求めることになる。

表 6.12　湿性火山性土の心土肥培による菜豆、大豆増収効果の内 [1)]

処理区別＼作物・試験地・調査月日・調査項目	菜豆					大豆
試験地	帯広市豊西（S.44）					鹿追町下幌内（S44）
調査月日	7月14日	7月22日		9月17日		
調査項目	草丈	草丈	分枝数	草丈	着きょう数	1000粒重
①無処理区	100	100	100	100	100	100
②Ca区	109	97	107	94	98	102
③P区	99	101	117	88	107	104
④Ca＋P区	105	107	114	94	110	104

湿性型火山灰土については、炭酸カルシュウム 1000Kg/10a の施用で、原土の pH（H_2O）が 5.60 であったのが、6.48 となり目標に達している。炭カル 1000Kg/10a によりリンを 350Kg/10a を加えることによって pH（H_2O）は 6.48、石灰飽和度は 83.4% となっている。これらの関係を図 6.15 に示した。湿性型火山灰土は pH や石灰飽和度が低く、強酸性を呈しているが、全炭素量が多く、土壌の緩衝力は大きい。改良資材を投入すれば、比較的円滑にその効果が発現することになる。

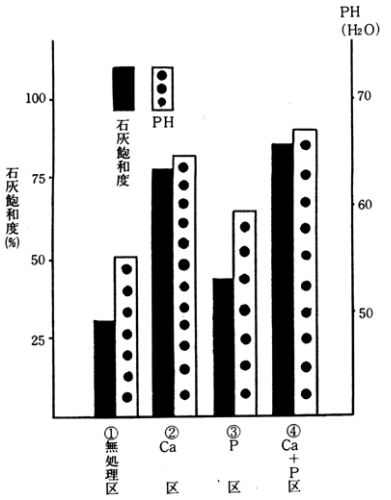


図 6.15　湿性火山灰土の心土肥培耕による PH と石灰飽和度 [1)]

心土の不良性を示すものとして、リン酸吸収係数が著しく大きいこと、有効態リン酸含量の少ないことなどが挙げられるが、この対策としてリン酸質資材の施用によるリン酸含量の増大と、石灰施用によるリン酸の有効化が期待できる。AL-P 含量が 70mg/100g 以下の場合は、リン酸の施用効果が大きいことが知られている。図 6.16 は、リン酸の施用によって AL-P やトルオーグリン酸（注 4）が増大していることを示している。図 6.17 は石灰の施用によってリン酸が有効化すると同時に、活性アルミニウムが押さえられ、土壌の不良性が軽減されることを示している。心土肥培耕は土壌の物理性、化学性ばかりでなく、生物性にも好結果をもたらしている。土壌微生物の調査結果は表 6.10 の通りであるが、全細菌数は原土区より多く、作物収量と密接な関係にあるといわれる色素耐性菌が高い値を示している。注目すべきは、湿性火山灰土が乾

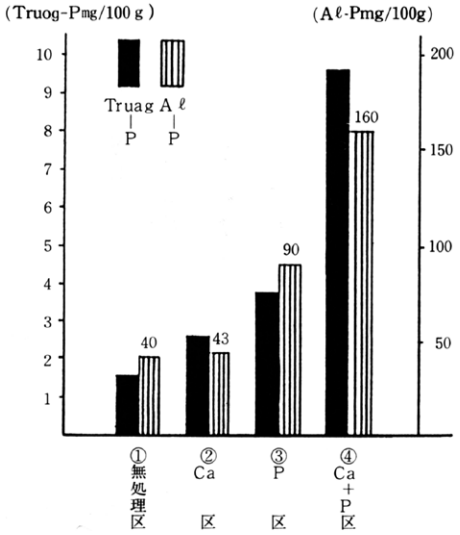


図 6.16　湿性火山灰土の心土肥培耕による有効態リン酸 [1)]

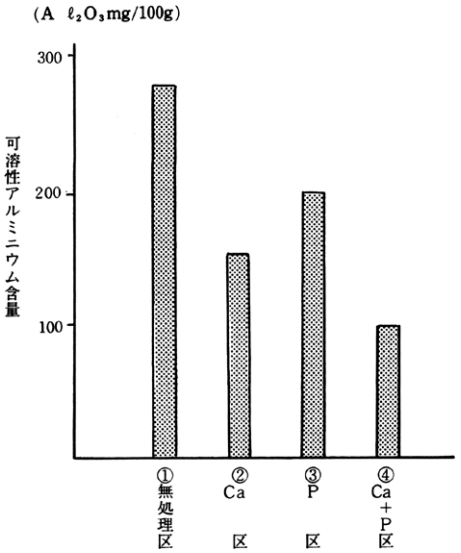


図 6.17　湿性型火山灰土の心土肥培耕による活性アルミニュウム [1)]

性火山灰土より収量において格段に優っていることである。湿性型火山灰土が施工によって増収しているのは、この生物性の改善にも原因があると思われる。

心土肥培耕事業は、火山灰土の土層・土壌改良として十勝、網走を中心に普及した。土壌改良資材の施用量は、一般的に炭酸カルシュウムが 500～1,000Kg/10a, よう性リン肥 300～400Kg/10a である。年ごとに大型化する機械化体系の中でその効用が認められ、なお増加の機運にあるが、更に土層、土壌別に緻密な試験が繰り返され、成績が積み上げられればその面積は拡大するであろう。改良反転客土耕と比較すれば、手軽に施工ができ、深耕による直接的な効果が期待できる。

十勝では、あまり効果がないと云われる乾性型火山灰土地帯にも浸透している。秋まき小麦の作付けが増え、有機物のすき込み量が多くなった結果、以前とは圃場条件が異なってきていることが、明らかな効果をもたらしているのかもしれない。いずれにしても、心土耕 + α の深耕工法は、時代的要望とも云えるし、より生産性を増大させるために投入資材についても更に検討され、新しい展開をみせることが予想される。

6.5　心土耕プラウおよびサブソイラ [1)]

6.5.1　心土耕プラウ、心土犂

畜力時代には長い間同じ深さに耕起されるので、犂底盤（耕盤）が形成されていた。有機質に不足する乾性型火山灰土にはその弊害が顕著に現れて、このための対策が重要課題とされていた。現在でこそ大型トラクタを自由に使うことができ、深耕によって硬盤の形

成を防止できるが、動力源が畜力では簡単に解決できない。そこで考え出されたのが心土耕プラウである。（図 6.18）

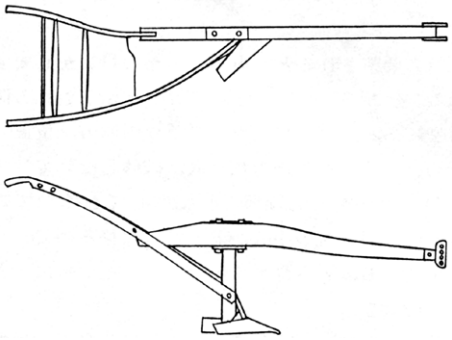


図 6.18　畜力用心土プラウ [1)]

プラウ耕後のれき底をプラウ耕とは別工程で破砕するのである。図 6.19 に示されるように、心土耕プラウはプラウに先行するか、あるいは後に続いてけん引するかである。土壌が硬いので、プラウの耕幅全面を破砕することは難しいが、それでも相当の効果が認められる。馬の品種改良が進み、馬の体格が良くなって比較的大きなけん引力を得る事ができるようになると、ボトムを大きくして深耕を心がけるようになった。更に発展するとボトムの後ろに心土犂を装着し、耕起と同時に心土を破砕する事も試みられた。（図 6.20）。下層土が不良土の場合には、急激に深耕すると一時的に生産性が低下することがあるので、安全な深耕法として評価され、戦後の耕土改善事業（注 5）には、この心土耕プラウは深耕の主流となって活躍したのである。

心土耕プラウは、その取り付けの形態から後随型と側耕型に分かれる。上述のように心土耕プラウは畜力から出発しているが、畜力の場合は後随型である。本プラウの後方にあって直後の心土を破砕する。戦後の耕土改善事業にもこの形態は引継がれた。この事業ではクローラトラクタが主に採用されたため、丘曳きけん引であった。れき底が破砕されて膨軟になっていても作業には支障はない。昭和 30 年頃から、一般の営農家にもホイールトラクタが導入されたが、ホイールトラクタは右車輪がれき底を走行するので、この部分が膨軟になっていると作業は困難になる。ホイールトラクタ導入当初は、賃耕が多く行われたが、心土耕を要望されると、この問題を解決して対応しなければならなかった。そこで考案されたのが、図 6.21 に示される側耕型である。サブソイラをプラウの側方に位置し、プラウ耕直後のれき底は破砕しないで、次回のトラクタの走行部として残しておくのである。けん引抵

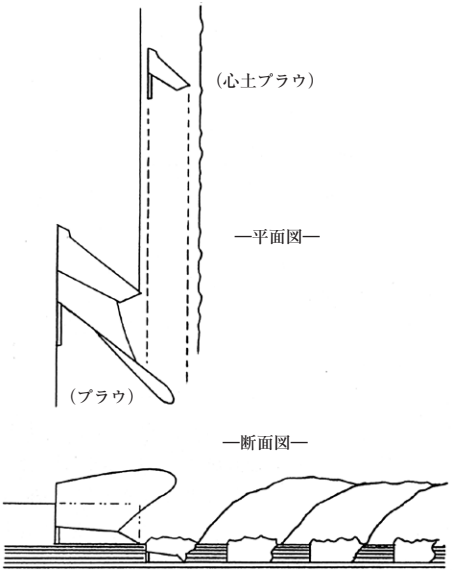


図 6.19　畜力心土耕プラウとの組み作業による心土耕 [1)]

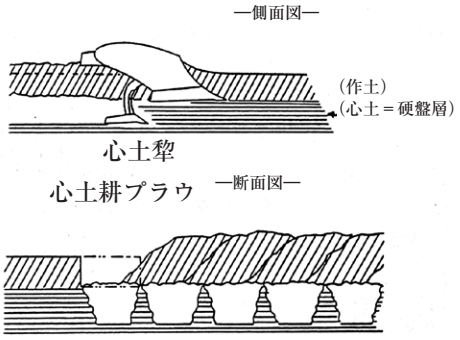


図 6.20　畜力心土耕プラウによる心土破砕（後随型）

抗の中心が若干側方に移るので、ハンドルが右に取られやすいが、作業上は特に大きな支障はない。耕起と同時に心土耕を行うことは、最も合理的な心土破砕法である。

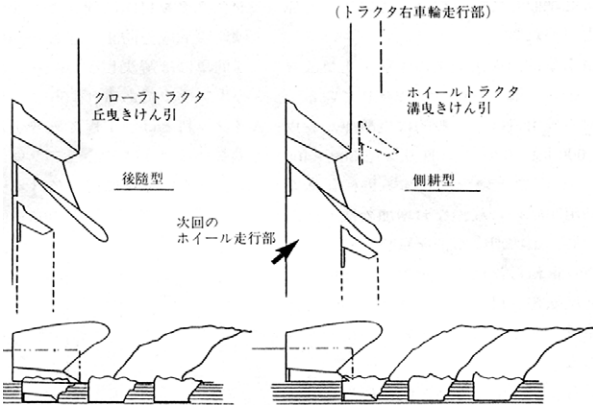


図 6.21　トラクタ心土耕プラウの種類 [1)]

6.5.2　サブソイラ

普通の心土破砕法は、サブソイラの構造は単純であっても、土壌を切断し、全体を持ち上げて破砕する

ものであるから、その抵抗は大きい。プラウの場合は、土壌を刃板（シエア）で切断し、滑らせて反転するので抵抗はそれほど大きくはない。刃の形を一見して、プラウよりもサブソイラの方が、抵抗が小さいと考えることは誤りであり、この判断に基づいてサブソイラを使用すると、作業深度の不足につながる問題を来すことになる。ちなみに、抵抗の大きい洪積土における牽引抵抗例をみると、図 6.22 に示されるように 40cm の深さでも、1.2m/s の作業速度では約 1,000kg に達している。40cm 幅のウイングを付けて幅広く破砕するとその抵抗は約 2 倍になる。普通のホイールトラクタではけん引出来ないほどの抵抗である。図 6.23 に示す例では、土壌硬度は深さ 40cm 位のところから急激に大きくなっており、硬い層になっていることを示している。土壌の水分が多いために硬度の絶対値は必ずしも大きくはないが、不透水層を形成しているため、この硬盤を破砕しなければならないのである。従って施工深は 40cm 以上必要とする。50～60cm の施工深では更に大きな抵抗であることを念頭に置かなければならない。図 6.21 で説明したように、プラウ耕と同時に心土破砕することは、心土破砕の施工深を浅くできることになり、結果としてけん引抵抗を小さくすることにつながるので合理的といえる。

けん引抵抗の小さい火山性土壌でも、50cm の施工深では、サブソイラの 1 連あたりの抵抗は、500Kg を見込んでおくのが普通である。仮に 500Kg の抵抗であるとすると、60PS 級の 2 輪駆動トラクタが必要である。参考までにトラクタのけん引力は自重に比例する。けん引力はタイヤのスリップ率と密接な関係があるが、トラクタの自重が大きいほどタイヤが土壌に食い込む力が大きくなり、スリップ率が小さくなってけん引力が増すのである。常用けん引力の限界は、スリップ率が 20% 位のところである。それ以上の場合は、タイヤはスリップするばかりで大きなけん引力は望めない。常用のスリップ率は 10% 前後であると考えてよい。一般的な 2 輪駆動トラクタ、4 輪駆動トラクタ、クローラトラクタのけん引力性能曲線を図 6.24、6.25、6.26 に示した。60PS 級トラクタで、スリップ率 10% の時のけん引力は、600kg に満たない。前述したようにサブソイラは 1 連しかけん引出来ない事を意味している。高能率のため 2 連を牽引しようとすれば、より大型の 4 輪駆動トラクタを選択することになる。

2 輪駆動と 4 輪駆動とを比較した場合、4 輪駆動は前輪も回転してけん引力を出すため、約 20% 増のけん引力と考えるのが常識である。スリップ率 20% で

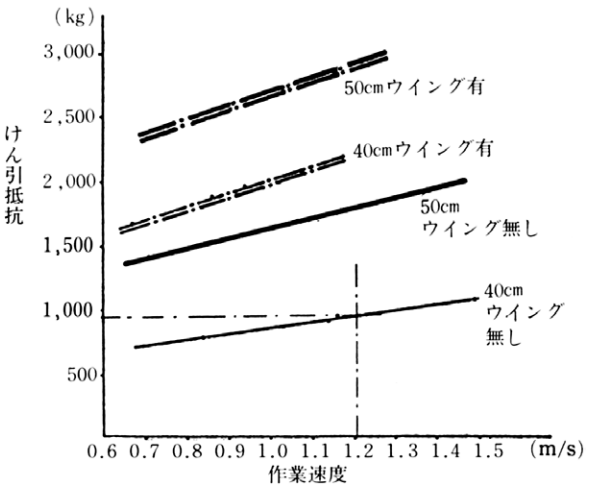


図 6.22　サブソイラ 1 連当りのけん引抵抗（洪積土）[1)]

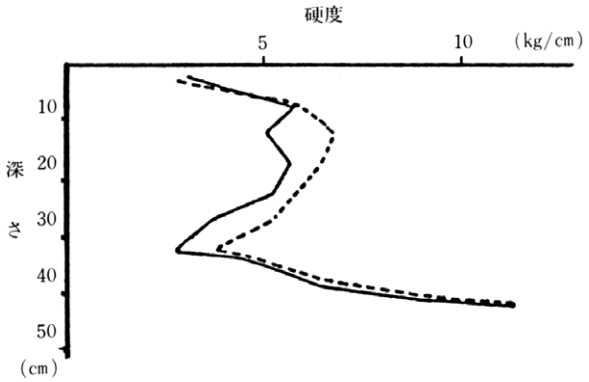


図 6.23　土壌硬度（洪積土）[1)]

のけん引力をみると、2 輪駆動は自重の 45% がけん引力となっている。（けん引比）。これが 4 輪駆動では 20% 増えて約 65% となる。力仕事をさせようとすれば、4 輪駆動を選択する事になる。これがクローラトラクタになると更に効率が良くなる。

クローラトラクタは重量が大きいばかりでなく、クローラの設置面積が広いので、それだけ多く土壌をつかんでけん引力を増加する構造になっている。けん引比は約 70% であるので、小型のクローラトラクタでも大きなけん引力が出せる。図 6.26 は農業用クローラトラクタのけん引力を示しているが、搭載エンジンが 65PS と小さくとも、重量は 100PS 級ホイールトラクタよりも重く、大きなけん引力を出している。心土破砕の様な、けん引抵抗の大きい作業機のけん引には適している。

犂底盤が形成されている場合と、そうでない場合との収量差は、てん菜の例では 10～20% である。この状況を表 6.13 に示す。乾性型火山灰土壌の心土破砕の効果は表 6.14 に示したが、施工によって約 10% の増収なっている。湿性型火山灰土、沖積土の例は表 6.15、6.16 であるが、この場合もそれぞれ増収となっ

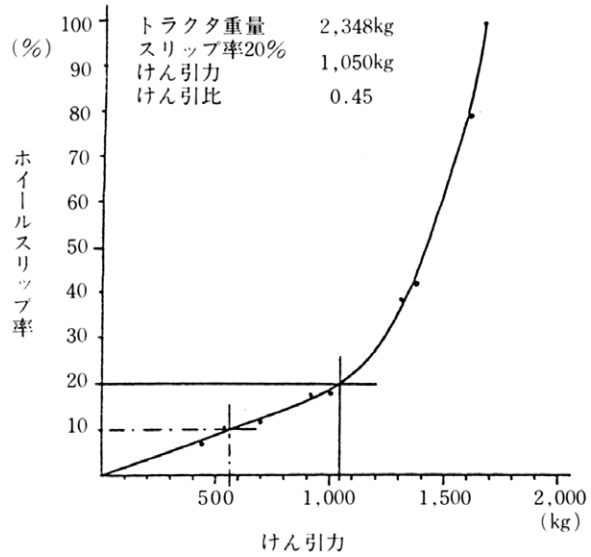


図 6.24　60PS2 輪駆動トラクタのけん引力 [1)]

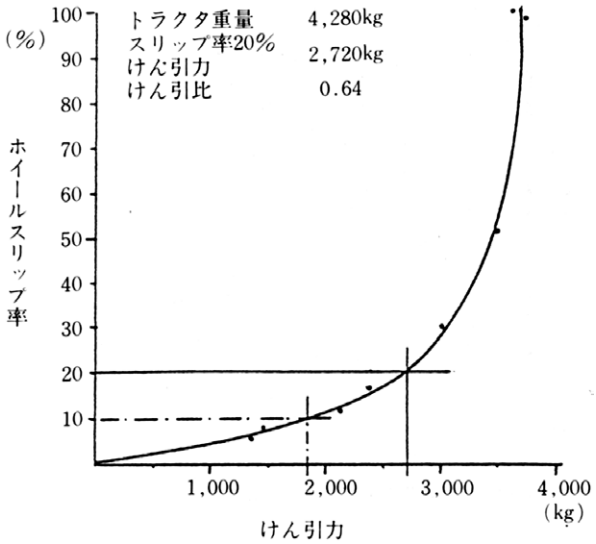


図 6.25　100PS 4 輪駆動トラクタのけん引力 [1)]

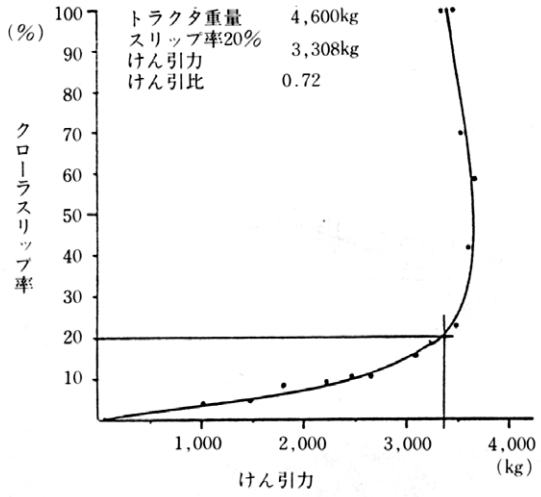


図 6.26　農用クローラトラクタ 65PS のけん引力 [1)]

ている。硬盤が下層に位置すると、作物の根の伸長を阻害すると同時に排水不良を招いて湿害をもたらす。

表 6.13　乾性型火山灰土における犂底盤の硬さとてん菜収量（北農試畑作部）[1)]

区分 / 栽植様式	膨軟区			堅密区		
	コーン指数 (kg/cm²)	菜根収量 (ton/10a)	根重比 (%)	コーン指数 (kg/cm²)	菜根収量 (ton/10a)	根重比 (%)
移植	11.7	6.01	100	15.4	4.90	81
直播	11.3	4.81	100	14.2	4.27	89
〃	13.2	3.66	100	19.2	3.45	94

表 6.14　乾性型火山灰土壌における心土破砕の効果（北農試昭和 48 年度）[1)]

作物 / 処理区分	てん菜			ばれいしょ		
	収量 (ton/10a)		地下部収量比	収量 (ton/10a)		地下部収量比
	地上部	地下部		地上部	地下部	
無処理区	6.08	3.50	100	4.25	3.14	100
心破区	6.16	3.91	112	4.07	3.43	109

表 6.15　多湿黒ぼく土（湿性型火山性土）における収量 [1)]

年次 / 作物 / 区分	59 年	60 年	61 年
	大豆(kg/10a)	小豆(kg/10a)	てん菜(kg/10a)
無処理	261 (100.0)	223 (100.0)	4,902 (100.0)
心土破砕	303 (116.1)	253 (113.5)	5,681 (115.9)

注：1. 心土破砕処理59年
2. 59年，60年は干ばつ年
3. 十勝地方における耕盤層の判定基準と改善対策から抜すい。

表 6.16　褐色低地土（沖積土）における収量 [1)]

年次 / 作物 / 区分	59 年	60 年	61 年
	小豆(kg/10a)	てん菜(kg/10a)	ばれいしょ(kg/10a)
無処理	191 (100.0)	5,440 (100.0)	4,876 (100.0)
心土破砕	208 (108.9)	6,030 (110.8)	4,597 (94.3)

注：1. ばれいしょは上いも量
2. 十勝地方における耕盤層の判定基準と改善対策から抜すい。

心土破砕は土壌を膨軟にし、気相を多くする。図 6.27 に耕土改良事業で使用されたサブソイラの概念図を示す。また、図 6.28 には破砕効果例を示した。気相が増加し、バランスがとれてきている。心土破砕の持続効果であるが、土壌条件や機械化体系、あるいは栽培作物、天候によって異なるので、一律に何年ということにはならない。例年 30cm 以上深耕していれば、硬盤の形成は遅いので、5 年に 1 度のサブソイラ、あるいは心土耕プラウで十分と思われる。そうでない耕深が 30cm 以下の場合は 3～4 年に 1 回施工するのが無難である。

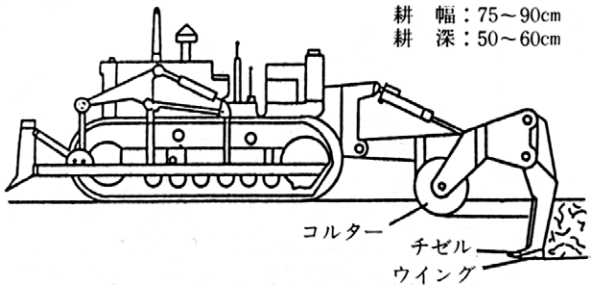


図 6.27　心土破砕（クローラトラクタ用サブソイラ [1)]

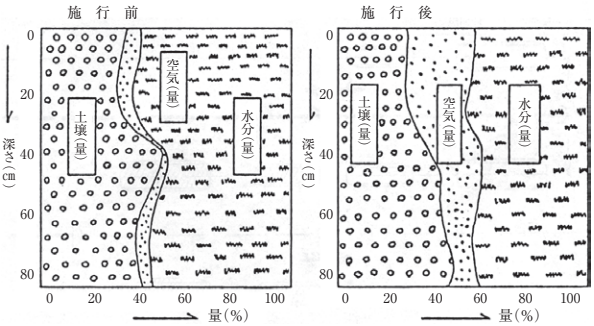


図 6.28　心土破砕の施工前、後の土壌３相の状況（畜大古谷・武井）[1)]

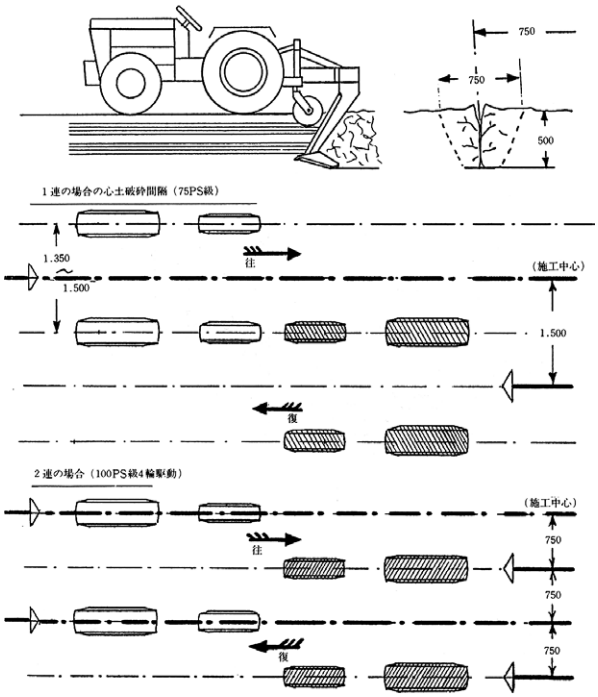


図 6.29　サブソイラによる心土破砕とトラクタの選択 [1)]

表 6.17 に硬盤層の物理的特性の調査例を示した。土壌別の差は認められるが、山中式硬度計で硬度 20mm（ペネトロメータ約 10Kg/cm）に達していれば不良土層とされている。通常硬盤層は深さ 30cm 程度の位置に生じて厚さは 6～15cm である。したがって、心土破砕の効果を求めるならば、45cm の施工深を必要とする。仮にプラウが 30cm を耕起できるとすると、心土耕プラウの心土犂の作用深は 15cm あれば、全体の心土破砕は 45cm になり、効果は充分である事を示している。

ホイールトラクタは、エンジン馬力は大きくともけん引力は必ずしも優れているとはいえない。サブソイラが大きなけん引力を必要とすることは前述したが、施工にあたっては可能な限りサブソイラを２連けん引できるトラクタを選択すべきである。その理由は図 6.29 に示した。１連あたりの破砕幅は、50cm の施工深で約 75cm である。２連のサブソイラの場合、トラクタのタイヤの踏圧がかかった場所をトラクタの走行直後に破砕できるが、１連の場合、二つのタイヤの跡を破砕するだけの破砕幅には満たないので、破砕できなかったところを耕すために再度トラクタを走らせなければならない。そうすると、２回目のトラクタの走行で、折角一回目の破砕で膨軟にしたところを再度タイヤで踏みつけることとなる。サブソイラには大型の４輪駆動のトラクタを選択するのが妥当である。

サブソイラには、排水性の残存効果を高めようとして、いろいろな工夫が試みられている。図 6.30 は弾丸（モール）を曳いて暗渠効果を求めている例と、プラスチック製暗渠パイプを引き込んでいる例である。普通の心土破砕より持続性に優れ、標準作業となっている。

表 6.17　硬盤層の物理性調査 [1)]

項目 / 土壌区分	位置 (cm)	厚さ (cm)	硬度 (mm)	容積量 (g/100cc)	固相 (%)	気相 (%)	通気係数 μ^2	透水係数 (cm/S)
黒ボク土（乾性型火山性土）	25.6	13.7	21.4	93.2	46.9	11.6	3.6	2.6×10^{-4}
多湿黒ボクト（湿性型火山性土）	27.0	6.0	19.3	83.1	38.0	9.5	0.3	7.2×10^{-6}
褐色低地土（沖積土）	30.3	14.5	23.0	125.1	49.7	7.4	0.9	2.0×10^{-5}

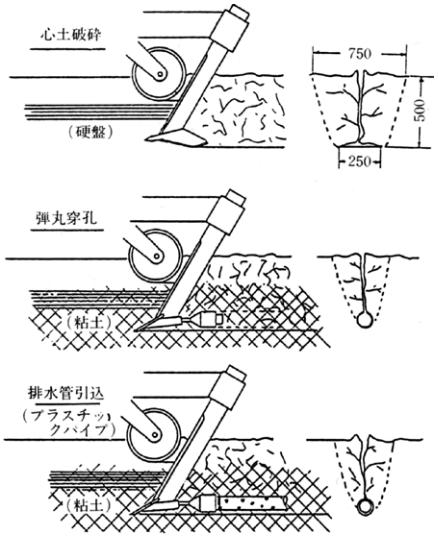


図 6.30　サブソイラの多目的利用 [1)]

図 6.32　もみ殻封入状態
（スガノ農機提供）

6.5.3　もみ殻封入装置付きサブソイラ [1)]

排水性を高め、それを持続するためには疎水材の投入が効果的である。図 6.31、図 6.32 は疎水材としてもみ殻を封入する装置を取り付けたサブソイラを示している。心土破砕と同時にもみ殻を投入することをもみ殻心土破砕と呼ぶが、もみ殻は水田に多く用いられる。このようにして作成する補助暗渠を本暗渠に直交させて施工することにより、排水効果を高められる。もみ殻のような有機物は腐植しても、しばらくはその部分の土壌構造は保たれるので、排水性は一定期間維持される。また、もみ殻は有害なものでなく、稲作では必ず産出されるので材料の入手に困ることはない。ただ、その効果が持続する期間は限定的であり、やがて元の土壌構造に戻ってしまうので、数年おきにこの作業を繰り返す必要がある。最近では疎水材として木材チップ、ほたて貝殻、砂利、鉄炉スラグなど多様な物質が利用されだしている。

図 6.31　疎水材（モミガラ）封入装置付きサブソイラ
（スガノ農機提供）

6.5.4　ドレンレイヤー工法

暗渠施工にはプラスチックのコルゲートパイプが使われることが多くなってきているが、施設方法も新しいものが開発された。図 6.33 にドレンレイヤー施工模式図を、図 6.34 にその作業風景を示す。

ドレンレイヤー工法の、従来の掘削敷設方式と比較したときの特徴を以下に記す。

①弾丸暗渠の様な非掘削貫乳入掘進方式のため、掘削土の埋め戻しが必要ない。

②掘削しながら吸水渠の自動敷設、疎水材の自動投入を行うため、パイプ・疎水材の圃場への搬入が必要ない。

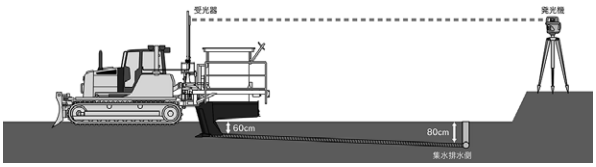


図 6.33　ドレンレイヤー施工模式図
（スガノ農機提供）

図 6.34　ドレンレイヤー作業風景
（スガノ農機提供）

③オペレーター、施工管理者を含め4〜5名で作業ができる。
④耕深調整はレーザ制御で行うので、セットを終えれば自動でできる。勾配設定も簡単である。
⑤地盤の支持力と作業速度が適正であれば高精度な敷設が可能である。

大型のクローラトラクタを利用すれば、敷設と疎水材の投入を同時におこなうことができる。また、レーザ光線を利用して正確に勾配をつける事ができる。この工法では省力的かつ正確に敷設できる大きなメリットである。加えて、油圧バケットで掘削するのと違い、作耕の幅を最小限にとどめることができるので、疎水材を大幅に節約できる利点もある。費用が少なく済むばかりでなく、タンクが大きく疎水材の補給回数を少なくできることから、施工能率をも高めている。事業用として普及している。

6.6 プラソイラによる作耕・心土改良

前節6.5においてサブソイラはけん引負荷が大きく、けん引動力についても高馬力の機種を必要とすることを説明した。けん引力軽減のため振動式サブソイラが開発されたりもしたが、軽く引ける、破砕量が大きくなるといった利点がある反面、構造が複雑で衝撃に弱い等の欠点があった。結局、簡潔な構造のサブソイラを採用し、トラクタを大型化する、というところに落ち着き、この方式が普及することになった。

1996（平成8）年茨城県、千葉県の畑作地帯で野菜を中心に湿害が発生し、大雨があると畑地が水びたしになり発芽不良、根腐り病を起こした。原因は長年のロータリによる耕起作業で硬盤層が形成されて、排水不良を引き起こしたことであった。

大規模農業の北海道畑作地帯でもトラクタの大型化による硬盤層の形成により、不透水層が作物の収量に大きく影響していることが問題となっていた。排水対策については、前述のごとく北海道でもサブソイラによる真摯な取り組みがなされていた。ここでも排水性の改善に取り組むことになったが、北海道の土壌とは比較にならないほどの、土壌付着の激しい関東ローム層に悩まされた。サブソイラのナイフ（板厚1.6cm）が棒状になるくらい土壌付着が激しく、連続作業が不可能なほどでその対策に苦慮していた。

ここでスガノ農機の今井が画期的なサブソイラを開発した。従来のサブソイラのナイフは2cm幅の板状のものであったが、今井は7cm幅で、かつ曲面を有するものに変え、さらにボトムプラウで実績を挙げていたプラスチックを適用することを考えた。ただでさえ牽引抵抗の大きなサブソイラで、ナイフの幅を3倍以上にするのであるから、とても牽引できないであろうというのが大方の見方で、当初は反対も大きかった。今井はこのような反対を押し切って、試作したサブソイラでテストした。掘削された土は曲面に沿って上方へ送られて側方に反転され、土壌付着は生じなかった。そうしてボードには土壌を効率よく掘削していることの証である土壌掘削抵抗が生じ、これがトラクタのトップリンク、ロワーリンクがなす3点リンク機構を通じて後輪に荷重移行（Weight Transfer）し、従来のサブソイラと比較すると軽くけん引することができた。簡単な構造で長年誰もが気がつかなかったナイフの改造で心土耕はもちろん、作耕・心土改良に大きな効果を発揮する商品となった。常識に挑戦した今井の勝利であった。

この商品は後にプラソイラ（注6）と命名され、土耕機として小型トラクタ30PS級で30〜45cmの耕起深、大型トラクタ60〜90PS級で30〜60cmの耕起深がとれるものになった。部分深耕・全層破砕が可能となり、府県の野菜地帯、北海道の畑作地帯における排水改善と土層改良に大きく貢献した。図6.35は2本爪プラソイラの単体写真を示す。図6.36はプラソイラによる作業風景の写真を示している。心土が表面に上がっているのがわかる。

その販売台数は累計40,000台となり、特に野菜農家

図6.35　2本爪プラソイラ
（スガノ農機提供）

図6.36　プラソイラ作業写真（心土が表面に上がっている）（スガノ農機提供）

に排水改善、土層改良用機械として利用されている。

6.6.1　プラソイラの効果

プラソイラの構造は基本的にはサブソイラと同じである。サブソイラのナイフキーパーとプラソイラのプラソイラボードは交換可能で、両方を使い分けることが可能な構造になっている。土の動きを見るとサブソイラナイフは押圧により土層を切断している。プラソイラではチゼルにより掘削された心土は湾曲したナイフ曲面に沿ったプラソイラボード表面を流れる。プラソイラは従来のサブソイラに見られた作用を顕著に発揮すると同時に、新しい作用も具備している。以下にこれらを整理して示す。

作業面の特徴

①プラスチックプラソイラボードにかかる負荷が、トラクタ後輪に荷重移行しけん引力が増加となる。

②硬盤層を破砕し、排水性・保水性を向上させる。

③部分的に深耕することにより、数年で全層破砕ができる。

④下層土が良質土であれば、客土効果が期待できる。

作物の面からみた特徴

①地中に空気が入って地温が上がり、肥効性も高まり根が伸びる

②排水が良くなり、作物に良い環境になる。

③生育が旺盛になり、病気にかかりにくくなる。

④保水性があり、干ばつに強い

6.6.2　破砕方法の違いによる生育・収量の状況

帯広畜産大学の菊地晃二は、十勝管内における多湿黒ぼく土でテンサイを栽培するケースについて調査した。その中で、プラソイラとサブソイラを使用したときの多湿黒ぼく土の物理性について検討し、それとテンサイの生育・収量の関係を分析した。

丹羽勝久他の論文「細粒質褐色低地土の耕盤層破砕による土壌物理性改良とテンサイの根系発達」[2] を引用しつつ以下に説明する。

十勝管内幕別町相川地区に分布する細粒質褐色低地土は、従来、理学性が良好で、作物生産力の高い土壌として位置づけられてきた（北海道中央農業試験場 1965）。しかし丹羽（1998）は同地区の細粒質褐色低地土畑の作土直下に、踏圧および練り返しに伴う耕盤層の生成を認めた。この耕盤層は、土壌水分動態の不良化および作物根の伸長阻害を招く作物生産力低下要因であり、耕盤層破砕による物理性の改良が必要であると提言した。

土壌の物理性改良法としては、一般的に心土破砕が有効である。一方菊池（1987）は心土破砕の物理性の改良効果およびその持続性が、土壌によって異なることを示した。心土破砕以外の工法として深耕があるが、この工法は重粘土の物理性および水田の畑地化のための鋤床層破砕に有効である。しかし、作土に下層土が混入するために、下層土の化学性が不良の場合はその不良が作土に悪影響を及ぼしたり、下層が膨軟な粘土層である場合は砕土後に再圧縮を受けて、著しい物理性の不良化を招いたりすることがある。以上のことから、心土破砕および深耕による物理性改良効果は、土壌のタイプにより異なるといえる。したがって、上記の物理性改良法が細粒質褐色低地土の耕盤層破砕に有効であるか否かを検討する必要がある。

そこで本テストは細粒質褐色低地土畑で無処理、心土破砕、プラソイラによる改良心土破砕および深耕を行い、その耕盤層破砕効果を土壌の物理性と作物根系の発達から検討した。各耕盤層破砕試験区の概要を図 6.37 に示す。図 6.38 に各耕盤層破砕試験区の土壌物理性調査模式図を示す。1998 年 10 月の秋耕前に各区を掘削し、縦 80cm、横 60cm の土壌断面を 10cm メッシュで区分した。整地部分以深のメッシュで、それぞれ彩土管により資料を採取し、容積重、土壌水分の分析を行った。作物を栽培しての調査の概要は以下のとおりである。

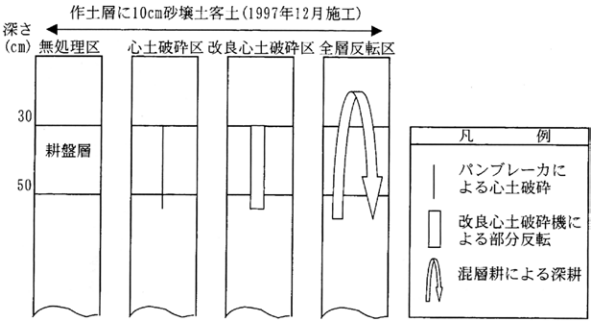


図 6.37　各耕盤層破砕試験区の概要 [2]

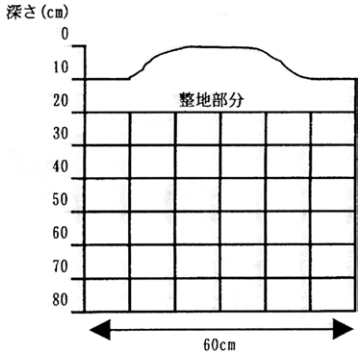


図 6.38　各耕盤層破砕試験区の土壌物理性調査模式図 [2]

①試作物は、深根性で、根の伸長が土壌物理性に敏感に反応するテンサイとした。

品種はハンナであった。

②各区でテンサイの深さ別根長を、生育初期（6月下旬）、成育中期（7月下旬）、生育後期（9月下旬）ごとに調査した。

③各区で5月中旬～10月上旬までの間、約2週間に一度、計10回のテンサイの生育

調査を行った。測定項目は、草丈、根周である。10月中旬に各区の収量調査を行い、根収量、糖収量を測定した。

6.6.3 テスト結果

耕盤層破砕工法による土壌の変化について記す。図6.39に耕盤層破砕前の土壌断面柱状図を示す。

作土層直下（深さ34～52cm）に緊密で、強く発達した連結状構造を示す耕盤層が認められた。また、耕盤層以深の層位では、比較的土層が膨軟であり、土壌構造は中程度に発達した細塊状構造であった。

表6.18に耕盤層破砕前の土壌の諸物理的指数の一覧を示す。耕盤層（A層、BCg1層）は、他の層位に比べて容積重過大および透水不良であり、重力水孔隙率が3.3～4.4%と他の層位に比べて著しく小さい値を示した。一方、易有効水分孔隙率は各層位で5%前後と差が見られなかった。

図6.40に耕盤層破砕試験区のテンサイの草丈と根周の推移を示す。表6.19に各耕盤層破砕試験区のテンサイの収量調査結果を示す。根系発達が良好である全層反転区および改良心土破砕区の根収量は、無処理区に比べて12～23%の増収であった。

一方、心土破砕区も無処理区に比べて、約3%増収したが、全層反転区および改良心土破砕区の根収量に比べて劣った。また、糖総収量は、根重収量と同様の傾向であった。

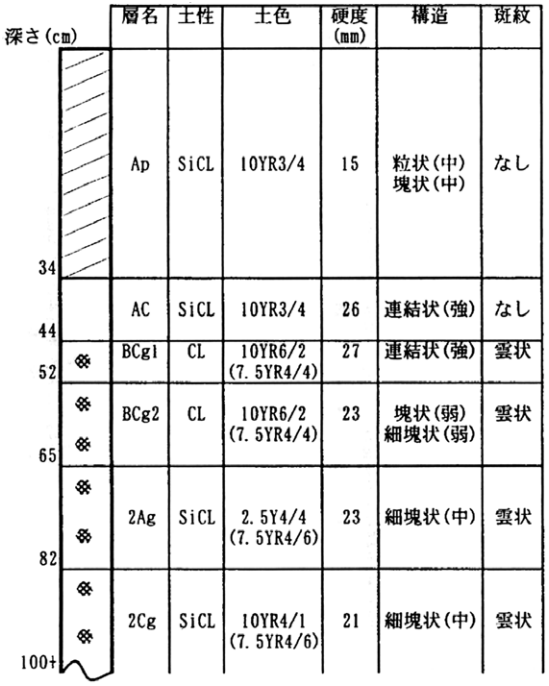


図6.39　耕盤層破砕前の供試圃場の土壌断面柱状図[2)]

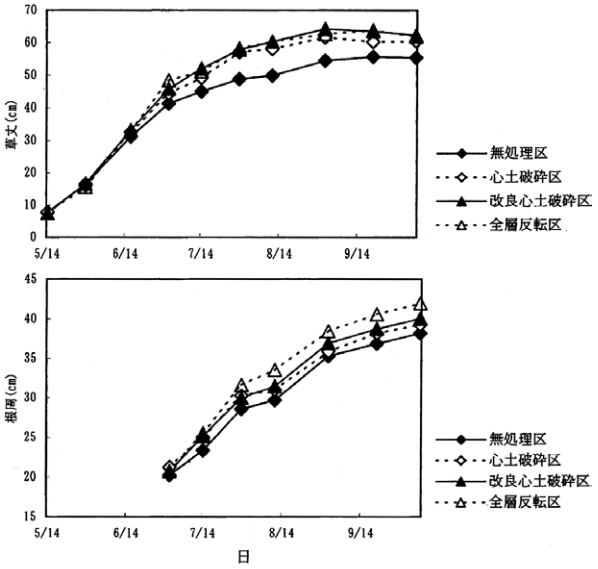


図6.40　各耕盤層破砕試験区のテンサイの草丈と根周の推移[2)]

表6.18 耕盤層破砕前の土壌物理性結果[2)]

層位	深さ (cm)	粒径組成 粗砂 (%)	細砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	重力水孔隙率* (%)	易有効水分孔隙率** (%)	飽和透水係数 (cms^{-1})	容積重 (Mgm^{-3})
Ap	0－31	1.7	25.5	50.4	22.5	17.0	5.3	8.1×10^{-3}	1.13
A	34－44	1.4	27.7	47.9	23.0	4.4	3.0	9.9×10^{-5}	1.36
BCg1	44－52	0.8	37.2	39.1	23.1	3.3	4.2	1.1×10^{-5}	1.37
BCg2	52－65	0.8	37.2	39.1	23.1	4.5	5.3	2.8×10^{-5}	1.34
2Ag	65－82	2.1	24.1	52.2	21.8	11.3	4.0	3.2×10^{-4}	1.16

重力水孔隙率*：0.1～3.1KPa
易有効水分孔隙率**：3.1～98.1KPa

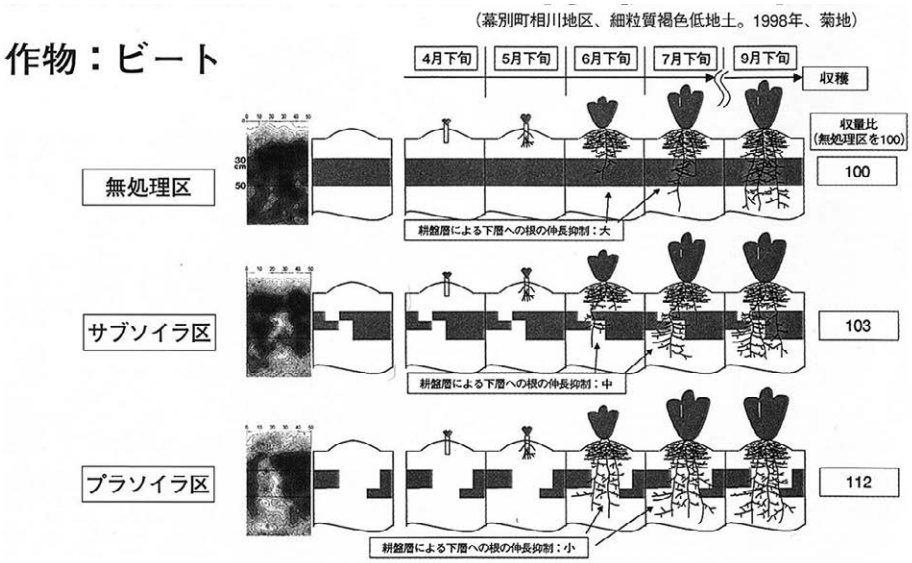


図 6.41　破砕方法の違いによる生育・収量の状況 [2)]

表 6.19　各耕盤層破砕試験区のテンサイの収量調査結果 [2)]

	根収量 (kgha^{-1})	糖収量 (kgha^{-1})
無処理区	52,950(100)	7,750(100)
心土破砕区	54,620(103)	8,080(104)
改良心土破砕区	59,040(112)	8,480(110)
全層反転区	65,110(123)	9,340(121)

＊(　) は無処理区を100とした比率

図 6.41 に破砕方法と生育・収量の関係をビートの場合について示した。結果は①無処理区は硬盤層のために多雨時に停滞水を生じ湿害が大き、②サブソイラ区は硬盤層の破砕が不十分で多雨時に湿害を発生、③プラソイラ区は硬盤層が破砕され多雨時にも湿害は小である。

6.7　沖縄用プラウの開発

本節では特殊土壌を有する沖縄用のプラウの開発経過について述べる。沖縄では、現在はさとうきび栽培体系の中でプラウ耕を中心としつつも、これにサブソイラ、プラソイラを組み合わせで増収技術に取組んでいる。しかし、その土壌は強固結土壌ゆえに 1 年目のプラウ耕は困難を極める。以下はこのような難しい土壌用のプラウを如何に開発したかについての記述である。

沖縄の農業は亜熱帯の地域特性を生かして、サトウキビ（注 7）の生産を中心にマンゴー等の熱帯果樹、花卉、野菜、肉用牛等、多様に展開されている。わが国の甘味資源及び冬春期の農産物の供給地として一定の地位を占めている。

農産品の販売農家数は 2010（平成 22）年で約 15,000 戸であるが、内訳は専業農家数 7,600 戸、兼業農家数 7,400 戸となっている。2010（平成 22）年現在の耕地面積は 39,200ha で内訳は田面積が 878ha、畑面積が 30,200ha、樹園地が 2,030ha、牧草地が 6,030ha となっている。

沖縄は米国の管理下にあったためか、輸入条件に恵まれていたためか早くから、50PS 級の大型トラクタ主体の農業が進み、現地の販売店のコーラルモータースがフォード、国際物産社がファーガソンの輸入販売会社であった。スガノ農機の沖縄プラウ開発と販路の開拓も、これら先進の農業機械販売の先行努力の基盤があってのことであった。フォードは図 6.42 のランサム製プラウ（イギリス）、フアーガソンは図 6.43 の純正プラウ（アメリカ）を扱い、沖縄農業に大きく貢献していた。日本のプラウメーカーも幾度か挑戦した歴史はある。北海道の K 社、H 社（現存せず）、本州の T 社、M 社である。いずれも成功に至らず中途撤退であった。

沖縄の土壌（注 8）はジャーガル（灰色台地土）、島尻マージ（暗赤色土）、国頭（くにがみ）マージ（赤色土や黄色土）である。火山灰列島の軟らかい畑地で使用するプラウの開発経験しかない日本の農業機械メーカーにとっては、想像を超えた、岩石の様な硬い土壌を耕起するためのプラウの開発は未体験であった。現地に適するプラウを扱えない国産トラクタメーカーは、販売上の壁が厚くフォード、フアーガソン 2 社の独占状態であった。

このような中にあって井関農機は 1971（昭和 46）年、チエコ製トラクタのゼトア 5011 を南大東島に 5 台納入することの契約をした。プラウについては M 社と提携して取組んだが、本州とは違う土壌への対策

図 6.42　ランサム製プラウ
（スガノ農機提供）

図 6.43　ファーガソン純正プラウ
（スガノ農機提供）

に苦慮した。1972（昭和 47）年 1 月、井関農機は本社が現地に乗り込んで対応しなければならないほどの緊迫した状況に置かれていた。このような中、同社からスガノ農機に沖縄で通用するプラウの開発要請があった。スガノ農機としても北海道の土壌に対してこそ、長年の間ノウハウを積み、対応するプラウ開発への自信をもっていたが、未知の沖縄の土壌を相手としたプラウ開発には不安があった。しかし、専門メーカーとして挑戦を避けることは矜持が許すところではなく、敢えて取組むことに決定した。当時国産トラクタの普及も拡大し、作業機も耕起・砕土はもち論、整地・播種・管理・収穫等幅広い商品が揃っていた。トラクタの開発も作業機メーカーと一体となって取組む状況であり、両者は密な連携を保ちながら開発にあたっていた。

スガノ農機にとって初めての、琉球農業の現地調査を始めた。宮古島では棚原モータース、石垣島では三田商会も参加してともに現地調査を行った。開発要望を聞き取りながら、問題点の把握にも努めて試作に取り掛り、1 号機を完成させてテストを開始した。80 馬力のトラクタゼトア 8011 をけん引に用い、島尻マージ（暗赤色土）の開墾地で行った。結果はフレームが曲がる、ビームが伸びる、曲がる、ボルトは切れる、刃は刺さらない等惨憺たるものであった。

過去に取組みながら撤退した国内プラウメーカーも同様の状況であったのであろう。当時使用されていた前述のランサム、ファーガソン純正プラウは、ユーザーの評価は決して高いものではないながらも、ともかく使用可能であった。日本製が上述のごとくまったく使用に耐えなかったのは、やはり技術力に差があったのであろう。当時の日本のプラウメーカーは模倣の域から脱し得ていなかったのである。

試作 1 号機に失敗したからと言って今更撤退することは出来ず、2 号機の試作に取り掛かかった。十分な事前テストが必須であることを理解し、北海道内で沖縄の土壌と同じ悪条件を備えた圃場を探した。取引のあった芦別市の横市農場に、開墾して農地にすることが不可能な重粘土壌の大石礫地があったので、ここでテストを開始した。

北海道から沖縄までの距離は約 2,100Km であり、スガノ農機にとっては最も遠方のユーザーとなるはずであった。アフターサービスを考慮すると開発目標として、消耗部品はユーザーが完全に交換できること、プラウ本体は仮にけん引するトラクタは破損しても、折れたり、曲がったりしない強靭なものであること、トラクタの買い替えによりけん引の馬力が増えても、強度的に余力があることなどを掲げた。また当時の製造設備では純正ファーガソンのように、フレームの熱処理加工で強靭化を図ることができず、適正強度を有する材質を選択することが条件となった。

試作 2 号機のプラウテストで用いたプラウは 18 × 1 連（耕幅 46cm）で、安全装置は備えていないものであった。トラクタは全輪駆動 76 馬力の MF185 を使用した。数回のテストを繰り返し、改良を加えながら当初定めた条件に合致した製品を完成した。刺さり込み、反転も良好でトラクタがスリップして立ち往生してもプラウの強度は確保された。プラウの型式はジャーガルの（G）、バーポイントの（B）、沖縄の（O）組合せ GBO18 × 1 とした。設計者は菅野信孝、製作は白戸和昭が担当した。営業は福原豊が担当し、沖縄の情報を的確に把握して開発・改良につなげた。福原はその後も沖縄でのプラウ耕普及に長年取組んだ。

図 6.44 は GBO18 × 1 の製品単体写真、図 6.45 は沖縄専用シンナイフ、図 6.46 は GBO バーポイント、図 6.47 はバーポイントの比較を示している。GB018 の主な仕様は以下のとおりである。重量は強度確保と耐

久性向上のために標準品の約 1.6 倍の 355Kg とした。ビーム板厚は従来 25mm であったのを 50mm とした。バーポイント径は 25 角から 38 角に拡大し、硬い土壌を割るためのシンナイフを取り付けた。

1972（昭和 47）年 6 月に 2 号機試作完了を受け、プラウ耕実演会が開催された。沖縄本島の西原建設造成地跡のジャーガル（灰色台地土）で、母岩はクチャと云う土壌であり、セメントを固めた一枚岩のようなであった。

実演会参加社は国際物産がファガーソントラクタと純正プラウ、コーラルモータースのフォードはランサム製プラウ、井関ゼトアトラクタとスガノが GBO18 × 1 プラウをテスト機として持参し、3 社の参加となった。

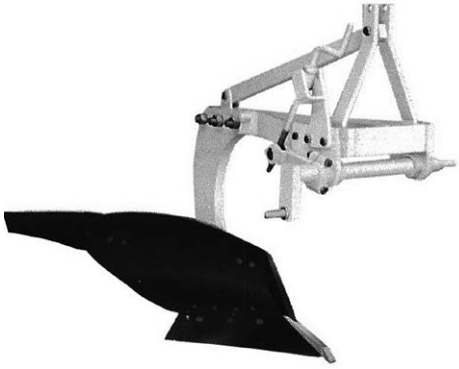


図 6.44　GBO18 × 1
（スガノ農機提供）

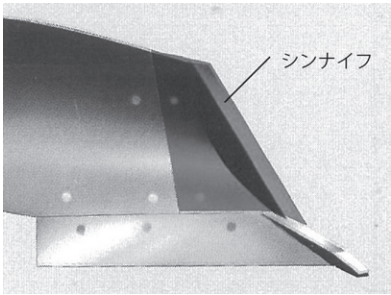


図 6.45　沖縄用　シンナイフ
（スガノ農機提供）

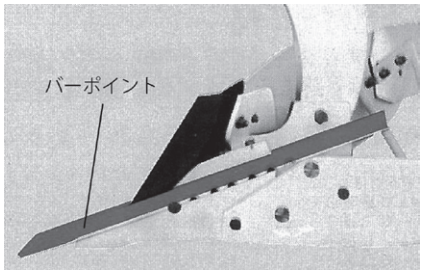


図 6.46　GBO バーポイント
（スガノ農機提供）

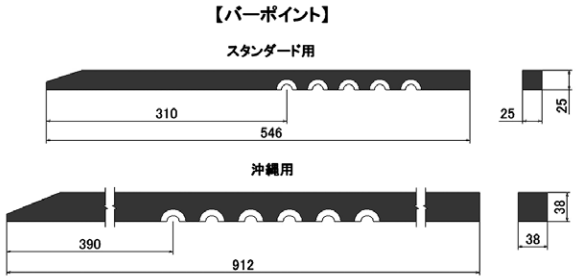


図 6.47　バーポイント比較図
（スガノ農機提供）

沖縄での農業はサトウキビが大きなウエイトを占めているが、圃場は特殊土壌であり耕起にはプラウが必需であることから関心も高かった。実演会には県庁、試験場、製糖会社、琉球農連、沖縄経済連、出品会社、組合機械といったところから 100 名を超える参加者が集った。実演会での結果は、プラウの刺さり込み、反転ともに GBO18 × 1 が最も優れ、参集者も沖縄のプラウ耕はこれで可能になったと、上々の評価を与えた。成功の鍵は井関農機をはじめ沖縄県農業試験場、県庁糖業農産課の担当者等の、沖縄県農業発展に対する熱い思いや真摯な指導にあった。輸入品を扱っていた販売店も GBO18 × 1 の性能を認め、沖縄用プラウは GBO18 × 1 と評価し、取り扱うようになった。その後、小面積の南西諸島に GBO18 × 1 が 1,500 台、その他の型式を含めると 2,000 台のスガノ農機製の土耕機が投入され、深耕による作物生育範囲の拡大をもたらし、サトウキビ栽培に寄与している。

沖縄農業と国産プラウメーカーの関係はその後も発展した。現在ではサトウキビ畑の硬盤破砕、排水、根切り、茎葉残渣物混和などにハーフソイラ、プラソイラ、サブソイラが、砕土整地作業にバーチカルハロー

図 6.48　ハーフソイラ作業風景
（スガノ農機提供）

図 6.49　GBO18 × 1 作業風景
（スガノ農機提供）

が用いられている。プラウも多様になり、オフセットタイプや、圃場基盤整備が行われた比較的条件の良いところではリバーシブルプラウが使われている。

注 1　そうか（瘡痂）病
イモの形成・肥大期に低温多雨であったり、腐食に富んだ、排水不良の畑であったりすると発生しやすい。イモの表皮の下部がやや紫色となり淡褐色～赤褐色のやや隆起した円小斑を多数発生する。連作の回避や健全な種イモを使用することなどが対策としてとられる。

注 2　CEC：塩基置換容量
CEC は土が肥料を吸着できる能力（保肥力）のことで、吸着できる最大量を塩基置換容量とか、塩基（陽イオン）を吸着することから陽イオン交換容量という。火山灰土や腐植が多い土はイオン交換容量が大きいため保肥性に優れ、逆に砂などは小さい。

注 3　土の緩衝力
土壌が持っている物理的、化学的、そして生物的な性質や機能は、土壌中での水や熱、物質の流れを急激なものから緩やかなものへと変化させ、ある場合には土壌中に貯留して流れそのものを抑制することすらある。この物質の移動速度をやわらげる機能を土の緩衝力という。土壌に、ある程度の酸またはアルカリを加えてもほぼ一定の PH を維持する性質も、この緩衝力に含まれる。水に酸またはアルカリを加えると PH は著しく変化するが、緩衝力を有する土壌の場合はこれらの物質を加えても PH の変化はわずかである。堆肥や石灰質資材の十分な施用、または、良質な粘土を客土することにより土壌の緩衝力を増大させることができる。

注 4　トルオーグリン酸
有効体リン酸は、トルオーグリン酸とも言い、作物の根から吸収されやすいリン酸のことである。

注 5　耕土改良事業
緊急開拓事業が GHQ の中止命令で挫折すると、一部先進的農協が特別措置で貸付を受け、開墾を継続すると共に深耕、心土耕、混層耕等の耕土改良に取組んだ。この実績が認められ、1951（昭和 26）年にこれを本格的に推進して第 1 次耕土改良 7ヶ年計画が樹立され、北海道に多い特殊土壌の改良に取組むことになった。

注 6　プラソイラ
Plow+Subsoiler から付けた造語である。日本語表記：心土作耕機

注 7　サトウキビ
茎を押圧して砕くことにより、糖分を含んだ液汁を得ることができる植物である。古くから砂糖の原料となってきたが、最近ではエタノールの原料ともなっている。熱帯地方で広く栽培されている。日本では沖縄を中心に九州、四国で栽培されている。常緑の大型の多年草であるが、深根性であるため台風や干ばつに強い。茎は約 3m 位になる。2013（平成 25）年の栽培面積は全国（鹿児島、沖縄）29,500ha で収量は 5,440Kg/10 a である（2014 年農林水産統計）。

注 8　沖縄の土壌
1）ジャーガル（灰色台地土）
沖縄本島中南部の小起伏丘陵地に分布し、久米島、宮古島、波照間島の一部にも分布する。
一般に、母岩の島尻層群泥岩をクチャ（青灰色）と呼び、それが風化した土壌をジャーガルと呼んでいる。PH はアルカリ性で、石灰や苦土等に含まれる養分は豊富で養分保持力も大きく、最も肥沃な土壌である。
2）島尻マージ（暗赤色土）
各地域のカルスト台地に広く分布し、琉球石灰岩や古生代期の石灰岩を母材とした土壌である。PH は概ね中性である。石灰や苦土等の交換性塩基に富み、養分保持力は中程度である。腐植含量が少なく、土性はほとんど強粘質であるが、土壌構造が強度に発達しているため作土は膨軟で作業性が良い。心土は硬く締っている。サトウキビ栽培には、保水力の乏しさが問題であり、サブソイラやプラソイラによる有効根群域の拡大、夏場の生育伸長期に必要な水分量の確保、地域によっては節水型灌水方式による灌漑方法の改善も重要である。
3）国頭マージ（赤色土や黄色土）
沖縄本島中北部や八重山諸島、久米島等の台地および丘陵地に広く分布し、千枚岩や国頭礫層、砂岩、花崗岩等を母材とした土壌である。PH は酸性で、石灰や苦土等の交換性塩基含量に乏しく、養分保持力も小さい。土性は主として強粘質～粘質であり、有機物含量が少なく、心土は硬く締っている。サトウキビ栽培は、強酸性を改善することにより、収量増が望めるので、土壌改良が必要な場合がある。また耐水性団粒に乏しく、分散率が高いため土壌侵食を起こしやすい。サブソイラやプラソイラ処理による赤土流出防止対策を図る必要がある。

引用文献

1）村井信仁：「耕うん機械と土づくりの科学」，農業技術普及協会，p48～74，昭和 62 年 10 月
2）丹羽勝久・辻　修・大渕　清・菊池晃二：「ペドロジスト」，第 43 巻　第 2 号（1999）

7 水田の耕起、砕土、整地（レーザーレベラー）について[1)]

日本で食料自給率100%の米について、一人当たり消費量の変化を見ると最高は1962（昭和37）年の118.3Kgであるが、2005（平成17）年になると61Kgと、約半分に激減している。2010（平成22）年には遂に60Kgを割り込み、59.5Kgになった。総需要量は1996（平成8）年の944万トンから2010（平成22）年の820万トンに減少した。価格についてみると、近年の最高値は2003（平成15）年の22,296円/60Kgであったが、2010（平成22）年には12,711円/60Kgに低下している（価格は2003年（財全国米穀取引・価格形成センター入札結果、2010年は相対取引価格の平均値）。このことは農業経営者の経営に大きな影響を与えるようになってきている。

この傾向の背景としては①人口の減少②若年層と高齢者のウエイトの変化③世代交代による消費性向の変化などが考えられる。このことから今後も消費量は減少するものと予想されている。この結果、1971（昭和46）年から減反政策が、稲作転換対策、水田総合利用対策、水田利用再編対策、水田農業確立対策，水田農業構造改革対策等、名称を変えながらも長年続けられている。2014（平成26）年度の農作物作付面積は田畑合計で4,146,000haであり、内訳は田が2,273,000ha（その内水稲作付面積1,573,000ha，転作面積は700,000ha）、畑は1.874,000haとなっている（面積は農林水産省平成26年度農作物作付け延べ面積及び耕地利用率による）。上述の転作地には現在、麦類、豆類、野菜、飼料作物が栽培されている。また耕作放棄地が全国に42.4万haあり、なお増加傾向にある。食料自給率の向上や、環境の保護、農地の再生などの観点から水田の耕地利用法を考える必要がある。

水田での栽培は稲作を中心として転作作物の麦・大豆、野菜作、飼料作物トウモロコシ、そば等多種にわたっている。水田圃場で適期に播種作業が出来る圃場作成のための排水対策を含め収穫後からの作業計画が必要である。耕起、砕土、整地については、栽培作物を考慮すると浅耕から深耕までのプラウ耕が必要である。深耕が収量、食味、品質に大きく影響することは、第2章の和犂の発達の中でも述べたが、最近は温暖化の影響で米に心白粒、乳白粒、基部未熟粒等の品質低下が発生して問題になっており、土づくりの重要性が再認識されだした。

水田の耕起作業の変遷は鍬耕・畜力鋤耕からロータリテイラ耕、パワーデスク耕などを経て現在はトラクタによるロータリー耕の普及率が高い。水田において毎年浅耕し、水田の均平化を図り、過度の代掻きをもって耕盤層を形成すれば、そこには還元層が早く出現することになる。還元層は根の伸長をさまたげるばかりでなく、不透水層となって、水の動きの調整ができない湿田を形成することになる。田畑輪換（注1）を主体とする現在の水田利用を考えると、耕起作業には反転耕を導入していくことが栽培上必要と考える。

このような水田利用上の課題に思いを致せば、水田用プラウの重要性もおのずと明らかになる。ここで、水田用プラウを開発してきた現在までの経緯を簡単に説明する。1971（昭和46）年に始まった減反政策の中で田畑輪換用としてオフセットプラウ（12-14 × 2、16 × 1）（本表記については10.4を参照）を開発した。本機によれば畦際まで耕起することが可能となり、本格的に始まった水田での畑作物栽培に寄与した。

図7.1にオフセットプラウ16 × 1を示す。また1977（昭和52）年スガノ農機（株）は独特な構造をもつ水田、畑作に対応できる作業効率が高い多連プラウ、白鳥シリーズ14 × 3、4、5連を開発した。図7.2に白鳥3連プラウを示す。

1987（昭和62）年には水田（稲栽培）の耕起を主体とした耕幅の狭い12インチ（30cm）サイズのボトムを開発した。土の横移動を少なくし、後作業の砕土・整地作業を容易にした。プラウは当初はワンウエイプラウであったが、水田の区画拡大につれて往復耕が出来る水田用リバーシブルプラウを開発した。図7.3に水田用リバーシブルプラウ12 × 4を示す。

その後、低コスト稲作として直播栽培が導入されだし、水田の均平化が課題になってきた。水田の均平は水を目視しながら代掻きで行うのが一般的であった。代掻きを運土作業として行うと過剰代掻きとなり土層構造が不均一で栽培上問題があった。この辺りのことについては7.1にて説明する。

スガノ農機はこの対策として、水を使わずレーザー光線を使用し、乾田状態で均平作業を行うレーザーレベラーを開発した。水田の大区画化が始まりトラクタもクローラトラクタが開発された。1996（平成8）年にはレーザープラウ丘曳き用12 × 8連リバーシブルプラウが開発された。

本章では、サブソイラ、プラウ、レーザーレベラーを含めた一連の農法について説明する。

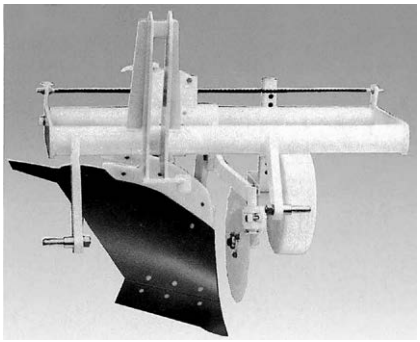


図 7.1　オフセットプラウ
（スガノ農機提供）

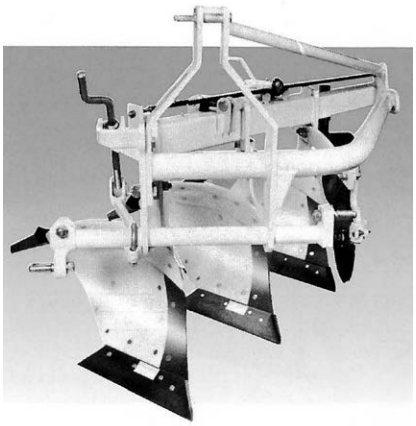


図 7.2　白鳥３連プラウ
（スガノ農機提供）

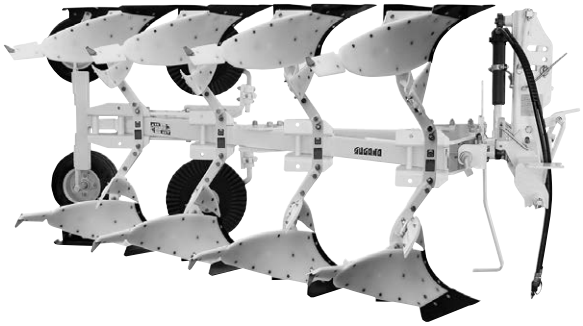


図 7.3　水田リバーシブルプラウ
（スガノ農機提供）

7.1　水田の耕起・砕土・整地について

最初にスガノ農機が提唱する不練レーザー耕法について説明する。サブソイラで排水対策を行い、乾いた状態でプラウ耕を行う。その後運土に必要な土量が乾いた状態でレーザーレベラーによって処理され、砕土・整地が行われる。この方法によって３相分布の優れた土壌により、均平度の高い圃場つくりが可能となる。本節では、稲栽培についてどのようなことが必要か説明する。

7.1.1 稲にとって好ましい水田圃場とは

稲の養分吸収の大部分は根の呼吸作用によるといわれる。そのために、土壌は呼吸に必要な酸素を多く含んでいなければならない。すなわち、心土の透水性が良好で、灌漑水の地下浸透を助け、豊富な酸素が補給される状態にしなければならない。この状態にある水田の稲は根部の発達が順調である。この場合、畔からの漏水と縦浸透の透水を見極め、適正減水深（注 2）を判定することが必要である。図 7.4 に代かきが過ぎて透水性が悪化した図を、図 7.5 に減水深と 10a 当たり水稲収量を示す。

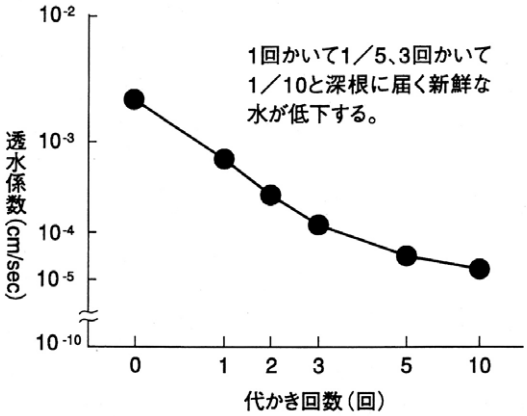


図 7.4　代かきすぎて透水性が悪化
（スガノ農機内部資料）

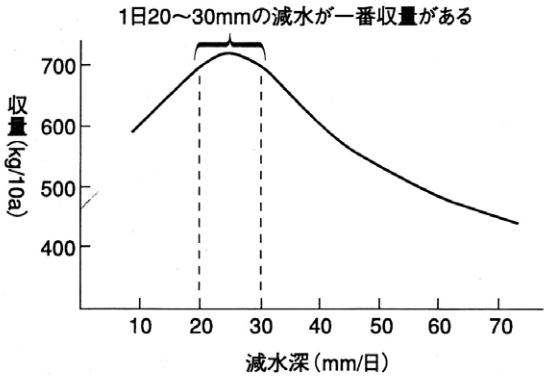


図 7.5　減水深と 10a 当たり水稲収量
（スガノ農機内部資料）

7.1.2 地温の保持と有害物質生成の回避策

排水施設の完備された日本の水田でも、作土の上層と下層の地温差が大きくなっている。これは水面に合わせて均平にする、過度の代掻きにより、土壌粒子の間に存在する空気を追い出して、土を固結状態にしているからである。水田土壌に手を差し込んだ時、表層が暖かくても指先の下層が冷たいような状態は、透水性が悪いために田面の温かい水が地下に移動するのが少ないことを示している。このような状態では同時

に、酸素不足を引き起こし、有機酸や硫化水素の有害物質を発生しやすくして呼吸障害を起こしている。これは、土壌の物理性が大きく劣化している状態である。

酸素不足の場合は根に有害な有機酸や硫化水素などが発生しやすい。稲にとり影響の大きいのは土の練りすぎによる透水性の悪化である。こうなると根は呼吸障害になり、養分を十分に吸収できなくなる。また、水の縦浸透がない所では低温になると呼吸が衰えて養分吸収が不足する。結果として葉が退色し、分けつが不足する。逆に縦浸透を促すと温かい水と酸素を根まで届けることができる。しかし、低温による呼吸障害よりも硫化水素などによる呼吸障害の方が悪影響は大きい。したがって、有機酸や硫黄分を蓄積しないことが必要である。

図 7.6 に酸素不足の場合を示す。図 7.7 に硫化水素と低温の場合を示す。

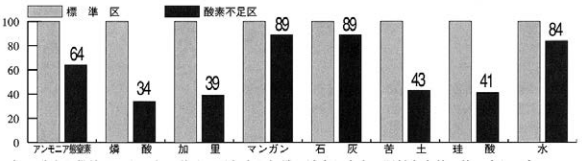


図 7.6　酸素不足の場合
（スガノ農機内部資料）

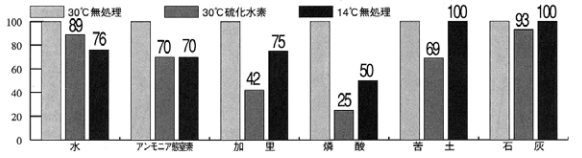


図 7.7　硫化水素と低温の場合
（スガノ農機内部資料）

7.1.3 浅植え、多収について

浅植えすると分けつが早くなる結果、必要穂数の確保が容易になる。また、出穂や成熟が早く登塾も良好となる。しかし実態は浅植えの出来ない水田が多い。湛水前から湿っている水田に水を入れ、代かき時に機械の踏圧と過剰な練り付けを受けては、浅植えが難しく深植えにならざるを得ない。このような土壌では刈取前に落水しても、圃場の乾きが悪く、収穫作業がスムーズに進まずにさらに圃場に負担をかけることとなり、悪循環を繰り返す。表 7.1 に植え付け深さが収量にどのような影響を与えているかを示す。

7.1.4 雑草対策

日本は雨量が多く、高温多湿で雑草の繁茂が激しい。営農は雑草との戦いでもある。戦後、日本の耕し方は過剰な砕土と、雑草種子を撹拌する撹拌耕が多くなり、除草については除草剤の多投に頼ることとなった。このような状態は好ましいものではない。プラウ耕の目的は土壌の物理性を保ち、有機物とともに雑草の種子を下層に埋没させ、地力を上げ雑草より先に作物を発芽、生育させることである。下層に入った雑草の種子はかなり死滅する。農産物に安全性を求められる現在、除草剤の使用は極力避けるためにも反転耕を選択する必要がある。

表 7.1　植え付け深さと収量の関係（出典 : スガノ農機内部資料）

植え付け深さ	10a 収量
25mm	13 俵
35mm	10 俵
45mm	7～8 俵

7.1.5 土づくり

鉄は古くなると酸化し茶褐色になる。土も空気に多く触れると、土の中に含まれている鉄分が茶褐色を帯びて、団粒構造のポロポロした状態になる。土壌 3 相分布状態が良くなり、水田土壌の地温が高まり根の呼吸作用も順調になり根部がより発達して、養分吸収も良好になる。このような水田土壌は乾土効果も高く、代掻き作業も泥状にならずサラサラした感触を保つことができる。堆肥・緑肥・土壌改良資材等を投入するにしても、まず土壌物理性を改善してから行えば効果が高まる。

7.1.6 白い根

土の物理性が良いと土壌中の酸素が豊富で、縦浸透、根張りともにいい活力のある強い白根が多くなる。葉は気孔から炭酸ガスを取り込んで光合成を行う。しかし、根の生育がよくないと、水分の吸収力が弱いので、日中は葉からの水分の蒸散を防ぐため葉は気孔を閉じなければならない。そうすると光合成が十分に行われなくなってしまう。これとは逆に、根がしっかりしていると葉は気孔を閉じる必要はなく、穂が稔る大切な時期まで光合成が衰えない。そればかりでなく下葉も枯れず、倒伏の危険も少ない。また、根が深く伸びると食味の良い米となり安定多収となる。根圏域の拡大はこのような効果をもつので大切である。図 7.8 に根の状態透水性が良い稲と悪い稲の比較を示す。

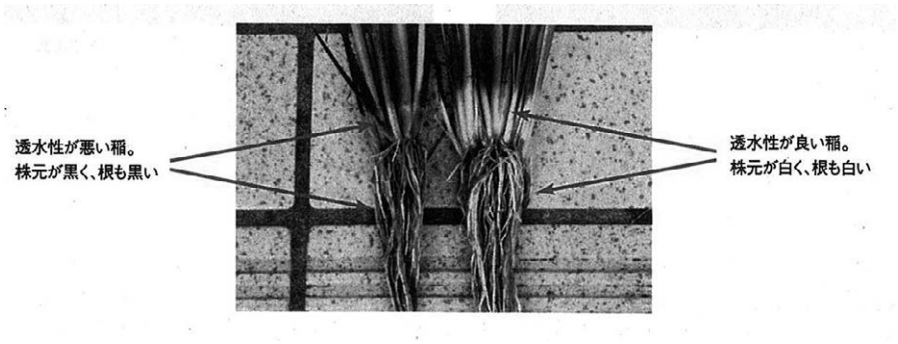


図 7.8　白い根
（スガノ農機提供）

7.2　レーザーレベラーの開発

圃場の均平化作業は、湛水直播栽培を行っている米国やイタリアではレーザー光線を利用して行っている。日本でも低コスト稲作への取り組みの中で直播栽培が始まったが、水田の均平化は代掻きで行うのが一般的であった。代掻きには水田区画の大型化に伴い、作業時間が掛かり過ぎるという問題点がある上に、均平率を上げようとすると過剰代掻きとなり、前述のごとく稲の生育不良や、地耐力の減少などのマイナス面をもたらした。そこで、日本でもレーザーレベラーを導入しようとしたが、海外のレーザーレベラーは160PS 級の大型牽引式で、運土作業を目的としたものであった。これは圃場区画が小さく、圃場の隅々で小回り性能を求める日本の水田には不向きであった。図7.9 にイタリア式けん引レベラー作業風景を、図 7.10 にアメリカ式けん引レベラー作業風景を示す。

スガノ農機はこのような欠点を解消して、日本の区画、使用トラクタ、作業体系に合った製品を開発することを目標に掲げて取り組んだ。内容を以下に記す。

①トラクタ 3 点リンク直装タイプレーザーレベラーの開発。

小回り性能を実現する上で求められることは、自由度の大きい操作が可能なことである。つまり、レベラーを任意の位置に任意の角度で置けるようでないと、圃場の隅での作業は不可能である。これに対応するために、左右のロワーリンク、トップリンクを使用する 3 点リンク直装方式のものを開発することとした。軽量化や排土板の材質、角度など種々の開発課題をクリアして完成した。一方、小面積での作業や共同利用向けとして、小型のトラクタでも作業が可能なドローバーけん引式レーザーレベラーも開発した。これはけん引のみによって運搬が可能なものであり、海外で使用されていたものと同型機であった。

図 7.9　イタリヤ式牽引レベラーによる運土作業
（スガノ農機提供）

図 7.10　アメリカ式牽引レベラーによる運土作業
（スガノ農機提供）

適用馬力

：3 点リンク直装式レーザーレベラー⇒
65PS～160PS

：ドローバーけん引式レーザーレベラー⇒
40PS～120PS

運土、均平機能、砕土機能、鎮圧機能を有し、且つトラクタとの重量バランスを保持するようにした。3 点リンク直装で且つ砕土機能を持つレベラーは日本独自の製品である。

②レーザー3 点リンク制御機構の開発

開発当時は、トラクタ側にレーザー3 点リンク制御機構を装備した機種が少なかった。これに対応するために、上記①で開発した技術の応用として、すでに稼

働中のトラクタに後付けで設置が可能なレーザー制御用コントローラを開発した。

③ドローバーけん引式用レーザコントローラ

けん引式ではレーザーレベラー側に高さを制御する電磁切換え弁を設置している。レーザー光を電気信号に変え、電磁切換え弁を作動させるコントローラであり、1本の操作レバーで手動、自動の切り替えを行う。

④レーザープラウ

作土層を一定にするため、まず、圃場表面の凹凸に関係なく犁底を一定にする必要がある。このため耕深制御をレーザー制御で行う多連プラウを開発した。耕深調整が犁底盤の硬さに影響されない機能を持たせることに腐心した。このレーザープラウで犁底を一定にした後、表面をレーザーレベラーで均平化することになる。

以上の4点が大きな開発テーマーであった。スガノ農機、トリンブル・ジャパン（現ニコン・トリンブル）、農業工学研究所（現農村工学研究所）の共同研究で1994（平成6）年に開発に着手し、1996（平成8）年に完成した。

3点リンク直装式レーザーレベラーは1996（平成8）年の完成後、販売を開始し、2015（平成27）年までに2,500台の販売実績を達成した。レーザー制御用コントローラはトラクタに電子式3点リンク制御装置を装備している、海外からの輸入トラクタにも後付出来るまで対応が可能となった。

また2013（平成25）年にはGNSS（Global Navigation Satellite System）、GPS、GLONASSを利用して圃場マップの描画や土量計算をすることができ、それを基に均平作業をすることができるまでに高度化されたGPSレベラーも開発された。

図7.11に3点リンク直装式レーザーレベラーの構成図を、図7.12に同機による作業風景を示す。図7.13にドローバーけん引式レーザーレベラーの構成を、図7.14に同機による作業風景を示す。図7.15に後付けレーザー制御用コントローラを示す。

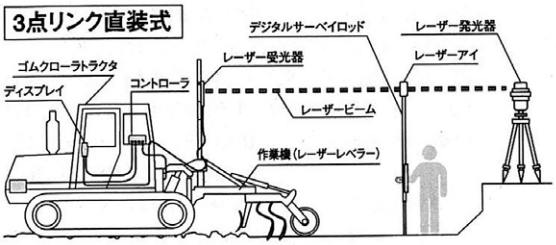


図7.11　3点リンク直装式レーザーレベラーの構成
（スガノ農機内部資料）

図7.12　3点リンク直装式レーザーレベラーの作業風景
（スガノ農機提供）

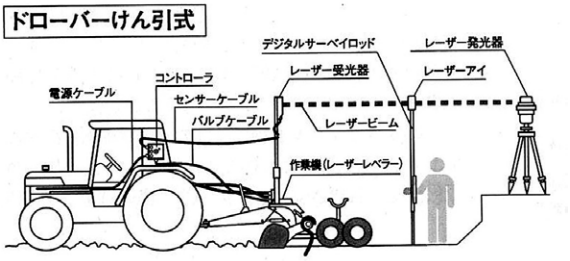


図7.13　ドローバーけん引式レーザーレベラーの構成
（スガノ農機内部資料）

図7.14　ドローバーけん引式レーザーレベラーの作業風景
（スガノ農機提供）

図7.15　後付けレーザー制御用コントローラー
（スガノ農機提供）

7.2.1 レーザーシステム

上述のレーザーレベラー、レーザープラウの制御に利用されたレーザーシステムについて述べる。

発光部は600回/分で回転し、この光は全方位で受光可能である。簡単な操作で2方向勾配設定が可能であり、この光線を基準としてレベラーで勾配をつける。発光素子としては波長670nmのレーザダイオードを用いている。有効使用範囲は900mである。

受光器は受光素子のアレイからなり、受光幅は17cmで360°受光可能である。通常はトラクタキャビンより上に設置して使用する。

圃場高低差を作業前に測定し圃場の状態を事前に知ることは精度、能率の面からも必要である。これに使用するのがレーザアイ・デジタルサーベイロッドである。レベラー作業では高い方から低い方へ運土するが、作業方向、運土量を決め、効率的に作業を行う。

7.2.2 作業手順

高精度、高能率なレベラー作業による種床作りをするには、土が乾いた状態で行うことがポイントとなる。心土破砕やもみ殻暗渠の施工を行い、適正減水深の確保と排水を促して田を乾かす。良質の播種床作りは、レベラーによる均平化に加えて、土壌の物理性を確保することが重要である。このことがその後の稲の生育と品質の向上を左右する要因となる。図7.16にレーザー耕法の作業フローを示す。図7.17にレーザーシステムによる圃場均平作業図を示す。これらのことを含めた具体的な手順を以下に記す。

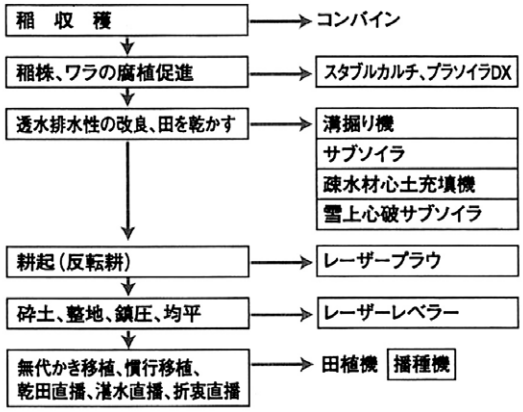


図7.16　レーザー耕法の作業フロー図
（スガノ農機内部資料）

1）高低差測量

レーザーアイを使用して作業前に圃場の高低差を計り、運土方向や運土量を予測する。

2）心土破砕

サブソイラで心土を破砕した上で、圃場一面に一定間隔で廻らした補助暗渠を本暗渠につなぎ、圃場全体の透水性、排水性を高める。積雪地帯では土を傷めずに出来る雪上心破がある。図7.18に心土破砕作業風景を、図7.19に耕起後の乾いた水田圃場を示す。

3）施肥

本章に関係せず説明を省く

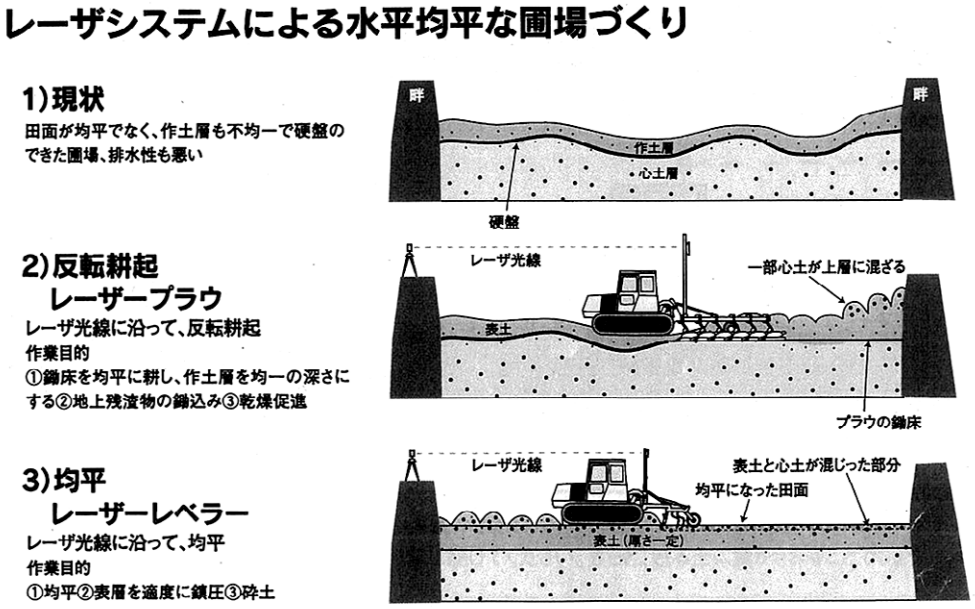


図7.17　レーザーレベラーシステムによる圃場均平作業図
（スガノ農機内部資料）

図 7.18　心土破砕作業風景
（スガノ農機提供）

図 7.19　耕起後の乾いた水田圃場
（スガノ農機提供）

4）反転（プラウ耕）

レーザープラウは高低差のある圃場面と無関係に犂低を水平に耕起、反転、放擲、砕土を行う。このことをプラウ耕と称する。プラウ耕には、わら・雑草種子等を埋設させて雑草の繁茂を抑制する効果もある。このことにより有機物の還元が促進されて、土の三相分布（固相、気相、液相）が整えられ、同時に圃場表面もきれいになる。結果として後行程の均平作業の精度が良くなることにつながる。図 7.20 にレーザープラウによる耕起作業を示す。

図 7.20　レーザープラウ作業風景
（スガノ農機提供）

5）均平（レーザーレベラー）

反転された圃場は、数日で表層が乾き、還元土壌は酸化してサラサラとした圃場に変化する。これで乾土効果が期待できる。さらに、運土すれば、当然のことながら運土後に表層となった部分が乾き、レベラー作業がスムーズに行える。また、表面の均平化だけでは作物は均一に生育しないので、レーザープラウで犂底を水平に耕起する必要がある。レーザーレベラーでは残渣物のない乾いた土を、高い方から低い方へ運んで行き、作土深を均一にして表層を均平にする。レーザーレベラーには土を運土する排土板の後方にスプリングタインが取り付けられており、作土層は常に砕土される。反転して乾いた土の移動にはゴムクローラを履いたトラクタを使用するので、踏み固めも少なく、土の易耕性の悪化を最小限に留めることができる。

作土深を均一にして、圃場全体を均平に乾かした土壌の断面をみると、上層部は細砕土され、均平化で更に鎮圧されている。鎮圧は後工程の播種機や田植え機の走行の安定化につながる。またコイルパッカーの溝は湛水時の水回りを早める効果がある。

図 7.21 にレーザーレベラーによる均平作業を、図 7.22 に均平に仕上がった水田を示す。図 7.23 には作業後の土壌断面と土壌硬度を示す。

本章で説明したプラウ耕、あるいはレーザーレベラーを使用した均平作業は以下のような効果を持つ。すなわち、水田の圃場では均平率が向上する結果、直播栽培を行う際に、乾田、湛水、折衷等、種々の栽培法に対応することが出来る。また、発芽率が向上する、減農薬が可能となる（圃場の不陸による農薬効果の減少がなくなる）、といった効果も期待できる。さらに土壌物理性の安定化による品質向上等をもたらし、また移植栽培（乳苗・成苗）でも、無代かき移植、簡易代かき移植、浅植えなど広範囲の稲作に利用できる。

図 7.21　レーザーレベラーによる均平作業風景
（スガノ農機提供）

図 7.22　均平に仕上がった水田
（スガノ農機提供）

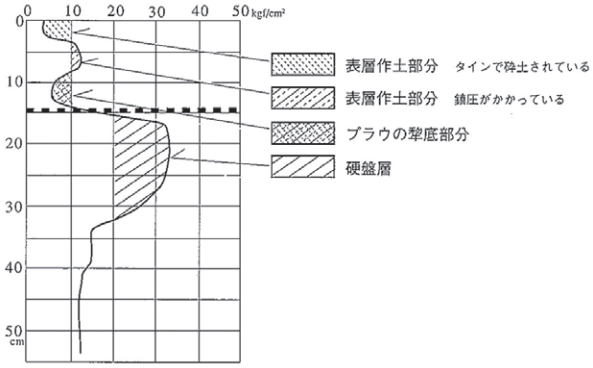


図 7.23　作業後の土壌断面
（スガノ農機内部資料）

また田畑輪換では大豆栽培時の培土作業等により損なわれた均平度を回復することが容易にできるので、稲の作付け時の圃場問題も解消した。麦・大豆の湿害対策として、表面排水対策、水管理対策としての田面傾斜化技術（注 3）も普及し始めた。

TPP 交渉も大筋合意したが、これからの水田利用は海外の大規模な農業に対抗して何を目指すべきかである。規模で競っても勝つことはできない。稲作、畑作でも土作りを主体とした農地で安心安全な作物を生産することではないかと考える。農業経営を永続性のあるものにするためには、いかなる圃場でも土の易行性をよくしなければならない。

注 1　**田畑輪換**
一般的に水田状態で水稲の作付けを数年間継続してから、その後農地を畑状態にし、野菜、飼料作物、麦、大豆等の畑作物を栽培して、再び水田に戻すことを周期的に継続する耕地の利用法をいう。このようにすることにより、畑作を続けることによって窒素が不足したり（窒素飢餓）、病害虫が増えたりする弊害を防ぐことができる。

注 2　**適正減水深**
湛水した水田で湛水深の低下の速度をいい、通常は 1 日当たりの水の低下を mm で表す。低下量は蒸発散量と降下浸透量を足した減水量を表す。目安として蒸発散量は 5mm、降下浸透量は 15～35mm とする。適正減水深は 20mm～40mm となる。

注 3　**田面傾斜化技術**
レーザー光の勾配設定機能を使って、田面に勾配を付けることをいう。これにより、雨水の早期排出を促して湿害からの回避や水田への入水時間の短縮を図り、水の駆け引きを迅速に行うことができる。

参考文献

1）　スガノ農機（株）内部資料

8 プラウ耕及びロータリ耕より見た畑地の易耕性に就いて[1)]

農作業の最初に行うのは耕起作業である。農耕の始まりから棒で突き、砕土し土を反転することが行われてきた。棒から鍬、鋤、犂、畜力用プラウ、トラクタ用プラウと進化してきたが目的は同じである。土壌の物理性を考える上で土の易耕性について説明する。

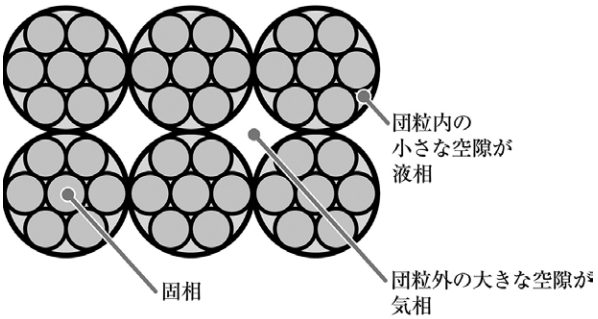
現在の耕起作業は主にプラウ耕であり、ロータリ耕である。その着手時期の判定は畑地の乾湿程度即ち土壌水分の大小が基準になっている。適度な土壌水分であれば、砕土が良く好適な播種床が出来上がるが、過度であれば耕土は放てき、砕土ともに不良で、特に埴土系では洋カンを切り倒した如き形状を呈するし、また乾燥し過ぎると、人頭大の土塊がごろごろと放てきされる。プラスチック撥土板プラウが開発される前は、水分が適度であっても火山灰性土壌ではプラウの曲面に土粒が付着し、それが相互粘着して、耕土のスキわけをなして放てき、反転が行われず、拙劣なプラウ耕起状態となった。プラスチック撥土板プラウの反転性能は5.3.7の図5.34で記した通りで、土壌付着も無く完全反転が可能となった。ロータリ耕の場合でも、火山灰性土壌では同じ問題を発生した。従ってこれ等の作業を開始する場合の判定は土壌水分のみでなく、土壌粒子の状態をも考慮に入れ、それを更に改良する手段を講じてやる必要があった。つまり易耕性とは新しい考え方のもとに研究をすることが必要となった観点である。以下では、プラウ耕の研究者であり、常に現場重視の思考をする常松栄の論文を引用しつつ説明する。

8.1 易耕性の意義

Baverが”Physical Properties of Soil”で述べているSoil Tilth（耕作作業）は機械で耕転することにより、植物の成育に適した物理的条件を土壌に持たせるということである。この条件とは土壌の物理的環境、つまり、適度な換気性、成育に適した水分を常に保持し、過剰水を迅速に地下へ浸透排除せしめるといったことであり、それを可能とする土壌構造を実現することがSoil tilthの目的である。

この様な構造を保持せしめるには、Soil consistency（土壌結持力）（注1）がある特定の限られた範囲になければならない。Atterbergは1911年にClayを使用して実験した結果に基づいて報告し、ここで云う或る範囲とは流動下限と細棒限界（可塑性）で表示するConsistency（土壌結持力）なるもの部分に限られるとしている。粘土を基準として決定されたいわゆる塑性指数をそのまま他の土壌に適用することはできない。日本の農耕地には各種の特性を有する火山性土壌があり、泥炭土壌が存在する。これらの土壌結持力について多くの研究がなされている。易耕性を判定するのには団粒化に関連した土塊の分布や孔ゲキ量が取り上げられる。土・水・空気の三相構造（図8.1）の表示はこの判定には役立つものであるが現在のところ、各々の土壌についての決定版は発表されていない。更に別の判定の仕方として、Penetrometer（貫入式土壌硬度計）が利用されはじめた。これは土壌が塑性を示す領域の中でのみ考えられるものである。この測定数値が大であれば構造は極めて堅蜜で、孔隙量があったとしても作物根の伸延は困難である。この堅さの土壌はたとい耕起したとしても作物の成育に適した状態にはならない。つまり粒団化させることができない。そのためには他の手段を講ずる必要がある。言い換えれば測定数値の大小は耕転方法の選定の目安となるのである。この方法については後述する。

土壌の三相分布（模式図）



粒子の状態は有機物等により接着され結合している

図8.1　土壌の三相分布
（スガノ農機提供）

要するに易耕性とは作物の成育に適した換気性と水分を保持し、過剰水は急速に地下へ浸透排除する粒団化した耕土の状態である。このような土壌の物理環境を持続させ、或いは保持させる目的で使用するのが耕転用機械（主としてボトムプラウ）である。

8.2 易耕性とプラウ耕の種類

易耕性はプラウと密接な関わりがあることは上述のことからうかがい知ることができる。本節ではこの観

点からプラウ耕の種類について述べる。反転耕は犂と共に耕転用機械の重要な役目を果たす農機具である。プラウ耕の目的は作物の発芽、根の伸延に適した土壌構造を与え、表面に散在している夾雑物を地中に埋没して腐敗分解を促進させ、有機物を含有せしめる。従って耕土の表層について或る一定の深さで耕起・反転・放てき・破砕の4種の作業をする農機具である。次にプラウ耕の種類を述べる。

(1) 表土耕　Surface Plowing

表土耕は最も広く行われているプラウ耕で、耕土の表層30㎝位の深さで耕起する。毎年大体同一深さで耕起しているのでこの耕土を作土と云う場合もある。20㎝位までの深さで耕起するのを浅耕とか削耕（shallow plowing）と呼んで区別している。最初に耕起した土壌をれき土（Slice or Furrow Slice）と呼ぶ。各部の名称を図8.2に示した。

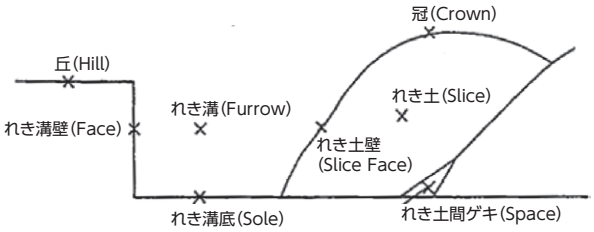


図8.2　れき土各部名称[1)]

(2) 深耕　Deep plowing

35～40㎝の耕深で耕土を耕起するもので、れき土は原則として反転される。40～50㎝の耕深で耕起するのを特に超深耕と呼ぶ。

(3) 心土耕　Sub-soiling

表土耕を連年行っていると、れき溝底が犂底で押しつけられたり、トラクタタイヤの走行で踏圧が発生したり、又雨水により運ばれた微粒子の粘土分が沈殿して固結した盤状組織が出来る。この固結層を犂底盤あるいは硬盤層（Plow-soil an. Hardpan）と呼んでいる（図8.3）。ホイールトラクタが耕馬に代わって使用されだしてからはれき溝底を走行するので、この底部を踏み固める度合いが大きくなり、水の滲透を不良にし、かつ作物根の伸延を一段と強く阻止するようになった。これを踏圧と呼ぶがPenetrometerの使用により、容易に固結程度を知ることができる。易耕性確保の上から心土耕が不可欠である理由がここにある。走行回数の増加につれて土壌密度も増加するが、トラクタと作業機の重量によって、その密度には差異が生ずる。しかし土壌密度が増加して、ある一定の値に達すると、その固結度合いはそれ以上増加せずにれき溝底全部に一つの面として形成されるようになる。図8.4に示す踏圧層と呼ぶ層がこれである。この層は、要するにトラクタと作業機のタイヤの走行により土壌が踏締められた固結部である。この踏圧層を耕起と破砕つまり膨軟化せしめる目的で行うプラウ耕を心土耕と特に呼ぶのである。心土耕の深さは大体10㎝が標準であるが30㎝にも及ぶことがあり、耕巾は表土耕プラウの刃巾の1/3～1/1である。ドイツでは刃巾の1/3、耕深30㎝で行う心土耕を特別に心土溝耕（Pillen-Kultur）と称している。ホィールトラクタの普及により、れき溝底の踏圧層形成は益々激しくなるので、これを解消するには是非とも本耕を実施しなければならないのである。

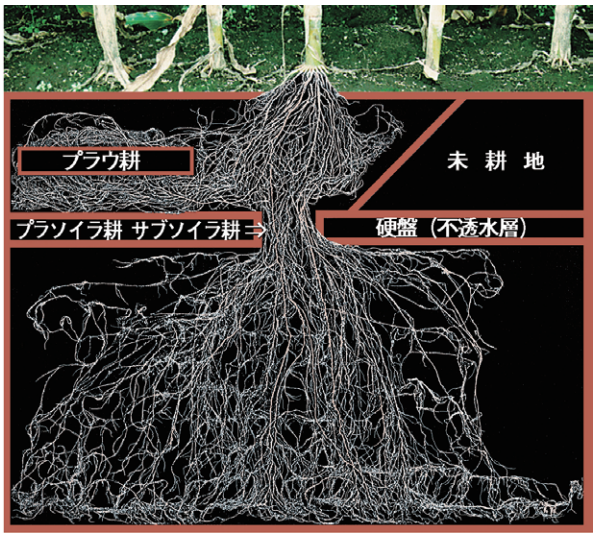


図8.3　硬盤層と根
（スガノ農機提供）

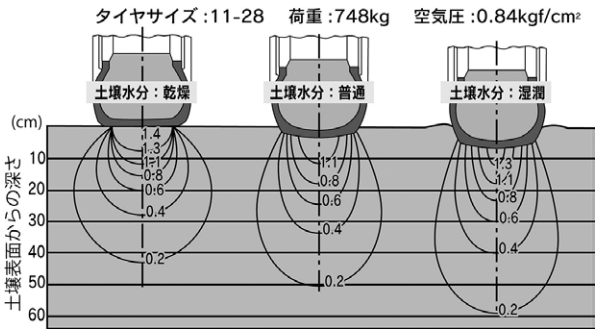


図8.4　踏圧層図
（スガノ農機内部資料）

(4) 心土破砕耕　Pan-breaking

心土耕の一種と考えられるが、れき溝底の踏圧層の膨軟化のみでなく、更に深層の固結層を耕起破砕する耕法である。本耕は単独にプラウ耕をする前に深さ40～100㎝、のみ刃（chilsel）と称する刃巾6～10㎝

の堅牢な刃を犂柱の下端に装着させ、更に水平刃または三角刃（wing）と呼ぶ刃を、のみ刃の背部の両側に、犂柱に装着する形で配してある。水平刃の左右両端の刃は20～30㎝である。この犂柱を1～3本、丈夫な枠組に固定してあるから、固結した盤層中に貫入すると、耕土は割裂されると同時に水平刃により耕起される。全層に割目を生ずるから過剰水の地下への滲透を促進すると共に換気性を良好にする。けん引するトラクタの馬力の大小に応じて犂柱の数、深さが異なる。暗渠排水の効果を迅速に発揮せしめる目的で行われるのが常道であるが、犂柱を一本にして水平刃を除去し、犂柱の下端後方即ちのみ刃の後端に直径10㎝の弾丸円柱を装着して、けん引すると土管暗渠の代用になる。これを弾丸暗渠、あるいはもぐら暗渠と称し、簡易な排水暗渠となる。本耕は過剰水の排除、耕土の換気性の促進及び降水の吸着保持等に大きな効果を発揮し更に作物根の伸延を容易にする。また風化を促進するから土壌の粒団化に役立つところが大である。易耕性との関係より見るならば作物根の伸延領域を拡大する作用をもつ重要な手段である。

(5) 混層耕　Soil-layers mixing

火山灰地にて、火山灰が堆積した下層に肥沃な土層がある場合や、火山礫層と火山灰層の混和が植生に有効であることから行う、複数層の混和を目的とした北海道独特のプラウ耕である。耕深は40～150㎝にも及ぶもので、混層耕プラウが使用される。撥土板型と円盤型の両種があり、両者共に超大型クローラトラクタでけん引する。

以上、プラウ耕の種類を述べたが種類ごとに目的が異なり、したがって耕深にも差異がある。すべてが作物の成育に適した環境の生成のための手段である。一方で、けん引する動力源が畜力から機械力に移行したことによって生じた踏圧を解消するための心土耕並びに心土破砕耕が必要となってきた。このため大型トラクタの導入により特殊な心土破砕耕や混層耕が普及して来た。

8.3 ロータリ耕の種類

作土をプラウや犂で耕起せず、ある深さだけを砕土して膨軟化し、作物の成育に適した環境を作るのが大きな特徴になっている。耕転する深さは大体15㎝～20cm程度である。最近は深耕ロータリが開発されて45cm～50cmの耕深が可能な製品も出てきている。プラウ耕に比べて作業速度が3m/時以下で作業能率は低い。

(1) ロータベータ耕

ロータベータは英国Haward社の製品でRotavatorなる商品名で輸入されたが、耕転深が22㎝にも及び、深耕転が可能なので農家が好んで使用した。特に火山灰性土壌の牧草地の耕深の場合には、プラウでは曲面に土壌が付着するので完全な反転をれき土に与えられない。また土の付着を防止するためにデスクプラウを使用してもれき土の反転は極めて不良であり、放てき作用がないから冠（耕起れき高さ）が突出して整地に労力を要する等の欠点があった。本耕はそれ等の欠点を排除して平坦で破土良好な土地を形成してくれるので極めて迅速に普及した。そうしてロ-タベータは深く耕転するロータリ耕の一種としての位置を確保した。火山灰地ばかりではなく、他の多数の種類の土壌にまで使用されている。

(2) ロータリ・ハロー耕

ロータリ・ハロー耕は耕転深が10㎝程度の麦刈跡地の耕転や、プラウ耕の後の砕土の際に行う。西ドイツでは秋播麦類の収穫後の、紫カブの播種床作りに良く行われる耕法で、スペードハローや回転砕土機が使用されている。わが国では、特にプラウ耕後の砕土専用に極めて広く各地で行われている耕法で、花型ロータが用いられる。このようにロータリ耕は作土の砕土を重点として行う耕法である。特に乾固すると砕土に多大の労力を要する埴土では良好な播種床作成には極めて適当な耕法である。しかしながらロータリ・ハロー耕でもたらされる過膨軟による植生の障害もないわけでもない。春の干天により土壌水分の急激な蒸発が起こり、発芽を害した事例もある。この例は火山灰性土壌に多く見られる。

8.4 中耕

播種後地表面が雨滴に打たれた際に、風に吹かれると地表面に土壌の薄い皮膜（Soil film）が生じて暖気が地中へ侵入するのを阻止する。又雑草が繁茂してくると耕土を固結する。これ等の障害を除去する目的で行うのが中耕の本来の使命であった。その後、けん引力が強力なトラクタの普及につれて、重作業用カルチベータHeavy duty cultivatorが使用され始め、ハロー、播種機あるいは畑作カルチベータの牽引のおりに形成された踏圧部（Harrow sole）や牧草地の表面踏圧層、心土踏圧層の膨軟化に利用されるようになっ

た。畦間の耕土や牧草地の表面を膨軟化し、作物根の伸延を助長し、換気性を良好とならしめ更に降水による地表面の滞水を地中へ急速に滲透せしめる等の効果を発揮する。

8.5 土壌環境への提言

作物の成育に適当な土壌の物理的環境とは、適度な換気性、成育に適した水分、過剰水の迅速な地下への滲透等を具備した状態をいう。このような土壌構造を易耕性という語で表すとするならば、易耕性を高め且つそれを保持せしめることが重要であり、このような施工を土壌耕転法と呼ぶ。

現在では土壌構造を作り出す耕土の範囲は、播種床と呼んでいる深さ20㎝たらずの浅い範囲ではなくなった。耕転作業を、耕馬や10ps位のエンジンを搭載している耕転機によっていた時代と異なり、現在の如く大型トラクタが動力源として使用される時にはタイヤによる踏圧により、土壌構造はますます悪変される。現在の耕土づくりは、この間の状況を踏まえて考えなければならなくなった。

そこで耕土の範囲も拡大され作物根の伸延する領域についての土壌構造を検討することになった。上述の耕転法のところで触れた如く1mぐらいの深さまでの土壌構造を易耕性の観点から検討しなければならなくなった。農業機械の設計者は耕転用農業機械設計の際の必須情報である土壌別の比抵抗（10.7.5を参照）を知っておく必要があるが、通常知られているのは表土耕時における数値であって、耕深1m或いは1.5mにも及ぶ場合にはこの比抵抗は設計の参考にはならない。土壌の表面だけではなく深い層を知り農地を縦方向に利用する考えも必要である。

したがって易耕性を考える場合、土壌別比抵抗と同様に、少なくとも1mぐらいまでの土壌の構造についての知見が求められる。Baverの述べる団粒化に関連した土塊分布、土壌の硬さ、三相構造等についても作土の範囲のみでなく1mぐらいまでをSamplingの範囲となすべきである。わが国には特殊な土壌が豊富にあるので、粘土を分析対象の主体としたAtterberg法以外の適切な表示法が案出されるべきである。それを基にして、土質の改善法としてもっと適格な、単に物理的な側面のみでなく、化学的側面に配慮した独特の方法が機械化とともに展開されるべきである。

図8.5は易耕性の改善の重要性についてまとめたものである。図8.6は40年間、1.2トンの堆肥投入をしてきた畑の様子を示すものである。この畑では団粒構造が発達し、線虫、カビ,細菌等の多様な微生物が豊富に生息している。これに対して、図8.7は40年間、化学肥料だけを施してきた畑の様子を示すものである。土壌が単粒化して孔隙が少なくなり、微生物の種類や量は極端に少なくなっている。図8.6との差異が著しい。こうした畑では、何かの拍子に特定の微生物だけが急激に繁殖する可能性がある。

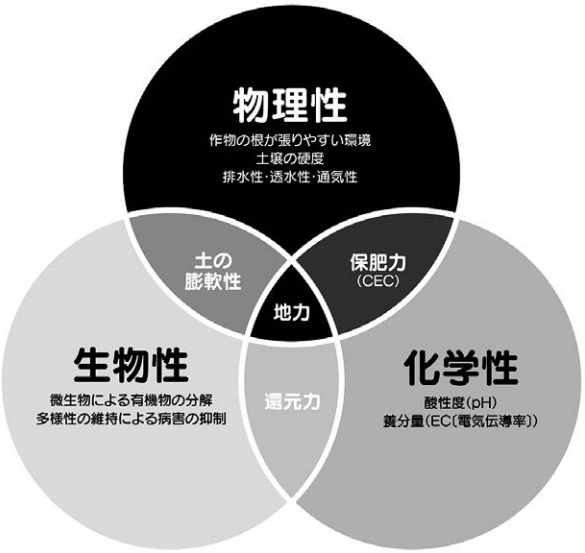


図8.5　物理性の改善
（スガノ農機内部資料）

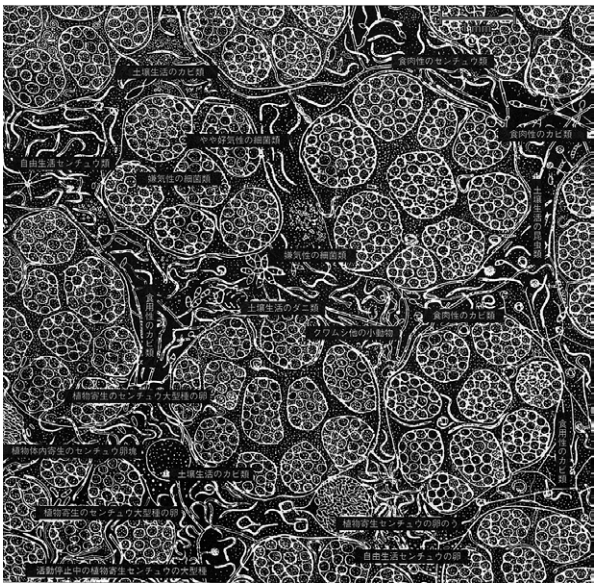


図8.6　40年間、1.2トンの堆肥投入を施してきた畑
出典　三枝線虫研究所

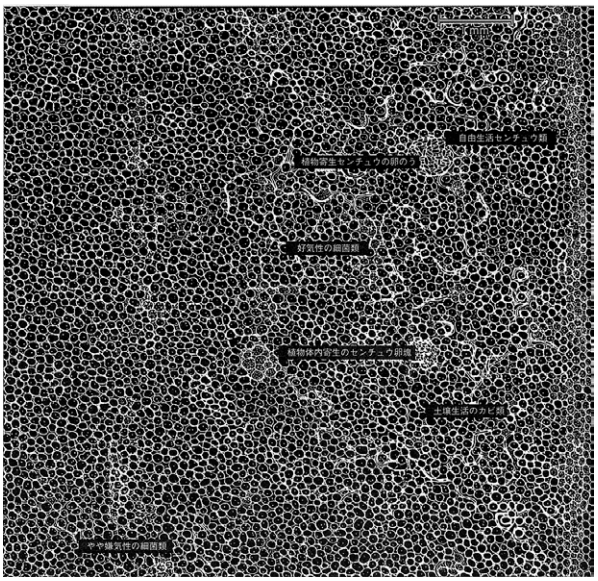


図 8.7　40 年間、化学肥料だけを施してきた畑
出典　三枝線虫研究所

注 1　Soil consistency（土壌結持力）
土壌の物理的な状態は、その含水量よって著しく変化する。つまり、水分は土壌の硬軟、粗密、可塑性、粘着性、砕易性等に影響する。

参考文献

1）　常松　栄：「土壌の物理性」，第 14 号，昭和 41 年 3 月

9 プラウ耕とトラクタドラフトコントロール機能

9.1 トラクタの経過 [1)]

ガソリンエンジンのトラクタが初めて作られたのは1901年、アメリカでのことである。これに刺激されて1903年にイギリスでも製作された。図9.1に初期のころにおけるガソリン機関トラクタの図を示す。1910年頃から少しずつこの種のガソリンエンジンのトラクタがスチームトラクタやガス機関のトラクタに置き換わり始めた。図9.2に1915年頃のガソリン機関トラクタの写真を示しているが、この頃になると形も大体整ってきている。第1次大戦のため一時停滞していたトラクタであったが、1918年にイギリスのフォードソン会社が20馬力のものを大量に生産するようになるなど、大戦が終わるとともに順調な発展を見せ始めた。この年にはガソリン機関からスチームやガス機関への転換が完全に達成された。

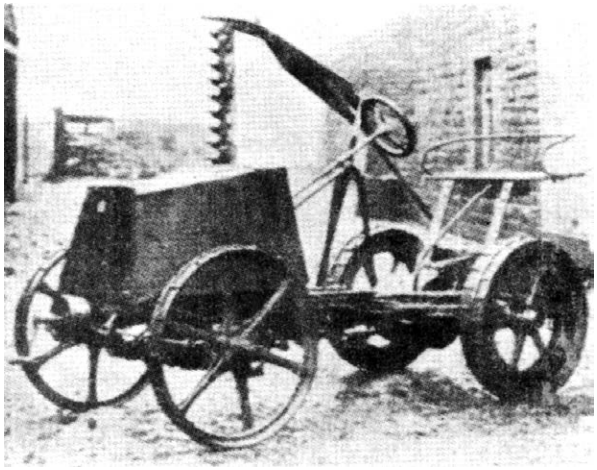


図9.1　発達初期におけるガソリントラクタ [1)]

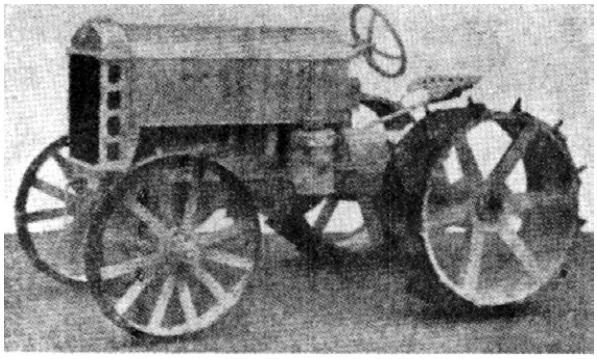


図9.2　1915年頃のガソリン機関トラクタ [1)]

以上はすべて車輪型のものであったが、装軌型のものもあり、最初のものが1905年にアメリカで製作されている。図9.3に1908年頃の装軌型トラクタを示す。ただ、1917年頃まではアメリカのトラクタも主として車輪型であり、牽引出力が大体10～15馬力の中小型のトラクタが中心となっていた。装軌型のものは製作されてはいたが一般に大型のものであった。しかし1920年ころになると装軌型トラクタの形態もほぼ整い、装軌型が中心になって来た。

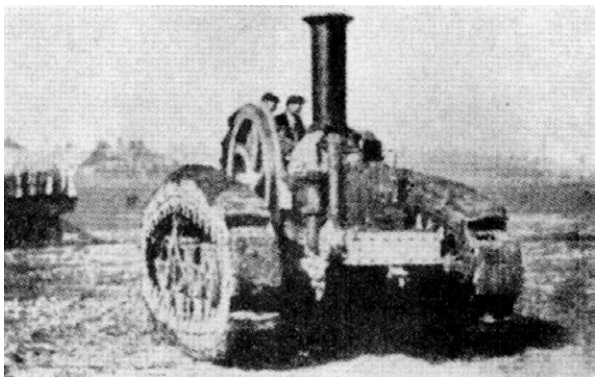


図9.3　初期における装軌型トラクタ1908年頃 [1)]

1923年にはインターナショナルハーベスター社で営農用に広く利用できる汎用型（それ以前も中耕・除草にトラクタが利用されていた）、即ち畦間作業に利用できるロークロップ用のトラクタがはじめて製作され、トラクタの利用範囲は著しく広まった。

さらに1935年にドイツでディーゼル機関のトラクタが製作されたが、この頃鉄車輪にかわってゴム車輪が使用されるようになり、1940年代には90%までがゴム車輪を採用したものになった。なお、ゴム車輪の利用と共に汎用型トラクタの利便性を更に拡大したのは、作業機の3点支持による直装方式と油圧による制御方式の採用で、これに先鞭をつけたのはイギリスのファーガソントラクターである。

こうしてトラクタおよび作業機は軽量化され、確実な作業が軽快に行えるようになり、現在わが国に導入されているような型式にまとまってきた。この発達の過程を車輪型トラクタについてまとめると次の通りである。

(1) 1770～1870年

スチームプラウ（注1）時代の発達～普及時代

この年代のスチームエンジンは後方にプラウを牽引する装置が無くトラクタと呼ばず単にエンジンと呼んでいた。

(2) 1870～1915 年
スチームおよびガス機関トラクタ時代
(3) 1915～1925 年
ガソリン機関標準型トラクタ時代
(4) 1925～1940 年
ガソリン機関鉄車輪汎用型トラクタ時代
(5) 1941 年以降
ガソリンおよびディーゼル機関ゴム車輪汎用型トラクタ時代

9.2 北海道でのトラクタの役割 [2)]

北海道では明治以降、開墾および開拓事業から実質的な農業が始まったが、他の都府県に比べて農家 1 戸当たりの耕地面積が広いことから大規模農法を目指し、このためトラクタの導入、農業の機械化は北海道独自の経過をたどってきた。初期のトラクタ導入の目的は開拓用であったが、その後の用途は一般営農用に広がっていった。トラクタ導入効果については当時多くの検討・議論が重ねられた。その結論を待たずにトラクタの導入は増加の兆しを見せ、1956（昭和 31）年には全道で既に 300 台弱のトラクタが使用されており、営農試験地での試験も続けられていた。当時としては、トラクタ営農には経済的にも技術的にも多くの課題があったが、耕起作業、耕深、牧草収穫での刈り取り作業や運搬作業等、種々の作業でトラクタがその威力を見せ始めていた。当時の報告書には次のような報告がある。『自力でトラクタを導入するには多額の自己資金を必要とする。また借り入れ資金の利率が高く、償還期間も短いため、導入計画の立案と実施は容易ではない。しかし、賃耕などによる収入も見込めるので、10ha 以上の耕地があって、かつ機種の選定を誤らなければ、トラクタの導入を導入しても採算が取れるのではないか。加えて、トラクタの導入によって合理的な輪作が容易になり、耕種生産効率が飛躍的に早まるであろう。とはいえトラクタと作業機を含めた購入価格は高く、安価な国産トラクタ・作業機の出現を期待している』と結論づけている。以上のように、トラクタに関する研究を進めていた頃は技術的・経済的な面からの懸念材料が多く、畜力との併用等の意見が多かったが、1960 年後半には、労働力不足への対応、適期作業への要望、深耕多肥による機械化体系への志向等の要因が重なり、大勢は次第にトラクタ導入へと移って行った。その後、耕起・牧草刈り取り・運搬のみの機械から、施肥播種・管理収穫等を含む全ての作業部門に対して、トラクタとこれに適合する作業機が開発され、生産され始めた。性能が向上するにつれ、トラクタはその性能を広く認められ、急激に普及して行った。即ち、農業の機械化一貫体系の確立に営農用トラクタが中心的役割を果たし、それに付随して各種作業が発展・進歩して行ったと言える。トラクタの導入により適期作業、合理的輪作、収量の増加、労働の軽減、安全性の向上等が可能となり、トラクタは農産物生産に対して大きく貢献している。

国内農産物の価格は輸入農産物に比べて高く、低コスト生産が求められている。トラクタおよび作業機は、この目的を達成するため、作業精度・能率・耐久性・安全性・価格等の諸要因を再度見つめなおす時期に来ており、新たな農産物生産システムへ寄与する機械化一貫体系が求められている。

9.3 プラウ耕とトラクタの機能（ドラフトコントロール装置）

耕起作業の中でも、プラウ作業は、地表の収穫残渣物などの有機物を含む土と、地表面から一定の深さにある豊かな作土とを天地返しにより入れ替え、さらに作土を進行方向にも移動させる重要な作業として位置付けられている。この地力を均質化させる横 , 高さ , 縦方向移動作業はまた、土の中に空気を入れ、排水を良くし、土の中に微生物やミミズ等の小動物が生息しやすい環境を作り、作物が有機物などを吸収しやすい快適な環境をつくる。こうした環境を整えることにより、微生物は有機物を分解し、ミミズなどの小動物は水や空気の通り道を土の中に作る働きをしている。さらにこの作業は、土壌の団粒化を促し、団粒構造は土壌の流失を防ぎ、トラクタの踏圧に対してバネのように働き土が硬くなるのを防ぐ。

土壌改良に化学肥料や農薬を用いることもあるが、これらに頼りすぎると微生物や小動物が死滅し、結果として限られた土壌改良しかできず、不足分を、再び化学肥料や農薬で補うという悪循環に陥る恐れがある。従って、耕起作業により自然の持つ地力回復力を最大限利用し、不足分を化学肥料や農薬で補う方が望ましい。

作物の生育に伴い、土の中の養分は奪われていく。従って収穫した後の土地の状態を、種子を播く前と同じ状態にしてやらないと、繰り返して作物を収穫するうちに土地は痩せていくことになる。

望ましい土壌環境を作り、維持するためにプラウを用いて耕起作業を行うことが、有効である。また、毎年同じ深さの土を繰り返し使用するのではなく、耕深の異なる土を使用することで、地表の作土をより有効

に活用できる。したがって，耕深を制御しながら、表面の有機物を完全に鋤き込むことが、土壌管理の重要なポイントとなる。

プラウをけん引することによって、一定の深さの土を切断、反転するプラウ作業では、深さに応じたけん引負荷がトラクタに加わる。プラウ作業中に耕深が増大したり、土質が変化したり、地表面の水分が多くなったりするとけん引負荷の増大やけん引能力の低下が生じ、トラクタの駆動輪がスリップし，正常なプラウ作業ができなくなる場合がる。けん引能力は主として，トラクタの自重、プラウけん引負荷、およびタイヤと土との摩擦係数によってその最大値が決まる。従ってトラクタでプラウをけん引（ドラフト）する場合、けん引負荷を見ながらけん引能力とけん引負荷を制御できる仕組みが必要となる。これをドラフト制御という。

トラクタ（一般的に大型トラクタ）には作業の能力を最大に引出す３点リンク油圧制御システムとして、ポジションコントロール、ドラフトコントロール、ミックスコントロールの他レーザー機能等も付加されている。以下にこれらの機能について略述する。

①ポジションコントロール：全てのトラクタに使われている油圧コントロールシステムで作業機の地上高を定位置に保つ機構である。

②ドラフトコントロール：プラウやサブソイラ、スタブルカルチベータのような牽引作業機の負荷に応じて作業深を変化させ負荷を一定にする機構である。トップリンクセンシング方式（60PS くらいまでの比較的小型のトラクタに適用）とロアーリンクセンシング方式（80PS 以上の比較的大型のトラクタに適用）がある。また方式的に分類すると電子式、機械式に分けられる。

③ミックスコントロール：ポジションコントロールとドラフトコントロールの中間の油圧でコントロールする方式である。比較的軽量の作業機に適用する。

④レーザーコントロール：トラクタ３点リンク制御機構へ、レーザー光の信号を入力し、常時３点リンク高さを一定に制御する機構である。レーザーレベラー、レーザープラウ等に適用する。

以下に、主にプラウ耕等のけん引作業時に使用するドラフトコントロールについて説明する。

9.3.1　トップリンク検出方式（ファーガソンシステム）[3) 4)]

プラウの抵抗によって３点リンケージを自動操作し、トラクタのタイヤにかかる荷重をコントロールしてけん引力を増加させる方式で、1933 年に完成した。現在世界で生産されるトラクタの 85% 以上は、何らかの形でファーガソン方式に基づいている。

図 9.4 に示すように、プラウにかかる荷重は後輪に誘導され、より牽引力を増加する。

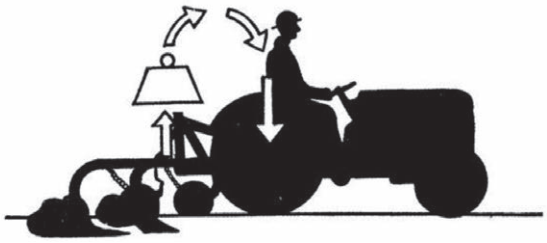


図 9.4　ウエイトトランスフアー効果 [3)]

図 9.5 には、図 9.4 の作用と同時に、プラウの土壌に食い込む力がトップリンク（上部連結）を通じて前輪を押さえ、より牽引力を増加する機構を示している。

図 9.5　適正牽引線による前輪荷重の増加 [3)]

図 9.6 にはプラウ耕時に自動的に耕深を一定に保持する機構を示している。

以下に上記のドラフトコントロール（けん引力制御）の構造について説明する。純油圧方式によるプラウのドラフトコントロールは、プラウに作用する抵抗力をばねで検出し、油圧制御弁を作動させ、けん引力を一定に保つ装置である。通常は位置制御を併設し、両者を切り換えて使用するものと、併用して使用するミックスコントロール（混合制御）がある。図 9.7 にミックスコントロール（混合制御）の方法を模式的に示す。ドラフトコントロールの場合は、切換レバーB を後ろに倒し、弧状接触片 E-F の下端 F に D を接触させる。プラウを下降させるには、レバーA を前に倒すと、制御弁 C は後退し、シリンダ内の油はタンクに戻り、プラウは自重で下がって土中に入る。

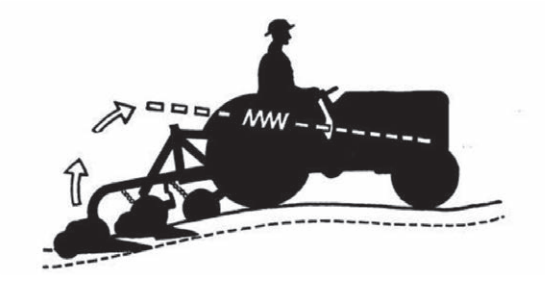


図 9.6　自動耕深制御 [3)]

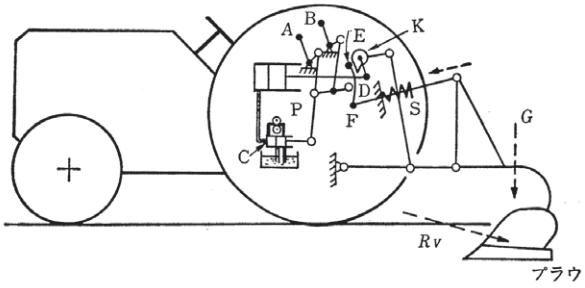


図 9.7　ミックスコントロール [4)]

反対にプラウを上昇させるには、レバーA を後ろに引くと、制御弁 C は前に進み、ポンプ P は吸込み側の油圧回路が開き、圧油をシリンダ内に送り、リフトアームで 3 点リンクを上昇させる。プラウが土中に入ると、プラウの抵抗は次第に増大し、上部リンクを押す力でばね S を圧し F,D が前進し、コントロールアームを前に押し、制御弁を中立に戻す、この状態では、プラウはトラクタに固定され、プラウの重さやその抵抗のすべてはトラクタが支え、重量移転により駆動輪には大きな荷重が作用し、大きなけん引力を発生することができる。けん引抵抗が大きくなると、上部リンクに作用する圧縮力でばねをたわませ、制御弁は中立位置から前に進み、プラウを上昇させる。上昇してけん引力が減少すると、ばねは再び伸び、制御弁は中立位置に戻る。このようにして、一定のけん引力を発生するように制御制御するものである。またトラクタが不整地を走行し、プラウが下向きに押し付けられた時は、プラウの地側坂底面反力が発生し、上部リンクの圧縮力が増大し、プラウを上昇させ、反対にプラウが上がる時には、プラウを自由にして下降させ、同様に常に耕深が一定になるように制御される。またドラフトコントロール制御では、図 9.8 に示すようにプラウが石などに当たると、上部リンクのばね⑬は衝撃力で急圧縮され、フィードバックリンク⑤が油圧シリンダ⑪のスカート部に当たり、フォーク状になって折れ曲がるようになったスプール作動レバー⑥が急激に右に動き、シリンダ内の油を自由にし、固定していたプラウを自由にする。このため、駆動輪荷重は急減し、タイヤはスリップして、プラウの刃先などの破損を防ぐ。

大型のトラクタでは、プラウも多連となりで重量が大きくなり本説明の機構では上部リンクのばね⑬が牽引抵抗の増加を上部リンクの圧縮力として作動せず、引張り力となるので、上述のような働きはしない。現在は上部リンク作動が引張・圧縮両方で検出できるようにしたものや、下部リンクでの引張力で検出して制御するものが開発され、大型では主流になっている。図 9.8 にドラフトコントロール（Ferguson）の構造を示す。

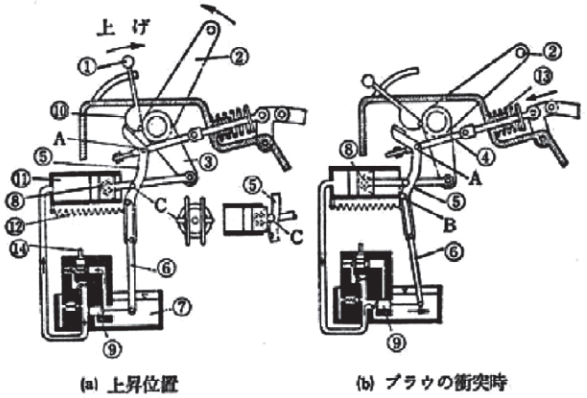


図 9.8　ドラフトコントロール（Ferguson）[4)]

9.3.2　ロワーリンク検出制御システム [5)]

前項では油圧制御システムについて述べた。しかし時代とともにプラウが大型化してくると重心移動が生じ、力の感知方式も従来のトップリンク感知方式からロワーリンク検知方式に変えなければならなくなった。これに伴って制御方式も電子式に変わってきたので、本項ではこれについて概要を述べる。

（1）ドラフト制御機構

前述したようにドラフト制御方式には、大きく分けてトップリンク感知方式とロワーリンク感知方式がある。最近では上述のように、プラウの大型化に伴いロアリンク感知方式が主流となっているので、本項では（株）クボタの例をとって、ロアリンク感知方式について説明する。

図 9.9 に 3 点リンクを、図 9.10 に検出バーにドラフト制御方式を備えたトラクタの 3 点リンク機構を示す。プラウは①ロアリンク②トップリンク③リフトロッドの 3 点リンクで支えられている。④油圧シリンダの内圧が上がると⑤ピストン⑥ロッド⑦油圧アーム⑧リフトアーム③リフトロッドと力が伝わり、①ロアリンクを持ち上げてプラウを吊り上げることができ

る。この状態を固定リンク状態という。但し④油圧シリンダは単動シリンダであり、プラウが土に押されて持ち上がる方向には自由に動ける。

また、油圧シリンダの内圧が下がって0Paとなり、リフトロッドの持ち上げ力がなくなると、プラウはロアリンクとトップリンクの拘束の範囲内で自由に動くことができる。これを自由リンク状態と云う。したがって、プラウから受けるけん引負荷を、3点リンクを介して⑨検出バーで検出し、油圧シリンダの内圧を制御することにより、以下のいずれかの状態を選択できる。

(A) プラウが深く食い込むままに自由リンク状態にする。このときシリンダ内圧は0Paである。

(B) プラウを固定リンク状態に保持し、プラウが深く食い込もうとする力を支える。このときシリンダ内のオイルは外部と遮断され、シリンダ内圧は外力に応じて上下する。

(C) プラウを固定リンク状態に持ち上げ、耕深を浅くする。このときシリンダ内圧は上昇する。

(2) 機械式負荷検出機構

1) けん引負荷検出機構

本項ではけん引作業機の負荷を検出する機構を説明する。

図9.11は、トラクタがプラウをけん引する力が、ロアリンク①を通して内部リンクに伝わる仕組みを示す内部リンク機構の図である。ロアリンク①前端にかかる力の水平方向成分により検出バー⑨にはδのたわみが生ずる。このたわみは、リンク⑩、リンク⑪を介して、ドラフトカム⑫を回転させる。ドラフトリンク⑬は手動のレバーによりドラフトカムと接するまで相対位置を変えることができ、目標とするけん引負荷の設定に使用する。ドラフトカム⑫の回転がドラフトリンク⑬からコネクタ⑭、プッシュ金具⑮を経てスプール押さえ⑯へと伝わりドラフトコントロールバルブ⑰のパイロットスプール⑱をA方向に押し込む。

2) 機械式ドラフト制御機構

図9.12 (a) ～ (c) はドラフトコントロールバルブの油圧回路図を示すものである。図 (a)

⑱においてパイロットスプールはスプリングで押し出されて下降位置にある。図 (b) で示すように検出バー⑨のたわみが大きくなると、パイロットスプールは中立位置に移動し、油圧シリンダ④は2つのチェックバルブにブロックされた状態になる。図 (c) のようにさらに、検出バー⑨のたわみが大きくなって、A方向にパイロットスプールを押し、中立位置から上昇位置に移動させると、油圧ポンプ⑲の圧力が④油圧シリンダに伝わりプラウを持ち上げる力となる。この時中立位置から2mmの範囲内では、ストロークが小さいほど、オイル流量も少ないので、プラウ上昇開始時と停止時のショックを緩和している。

一方、プラウをけん引する力が小さくなり、パイ

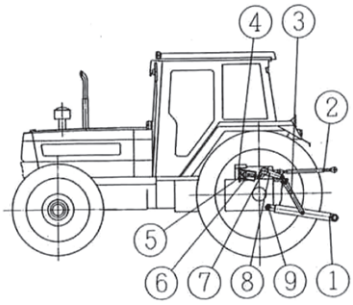


図9.9 3点リンク[5)]

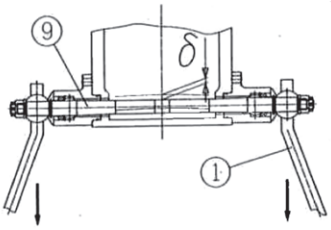


図9.10 検出バー[5)]

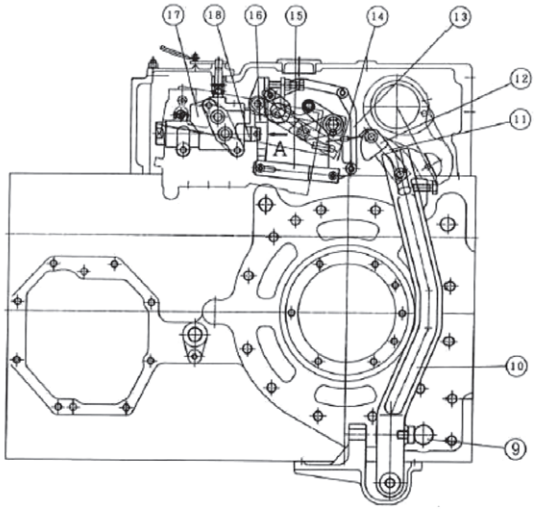


図9.11 内部リンク機構[5)]

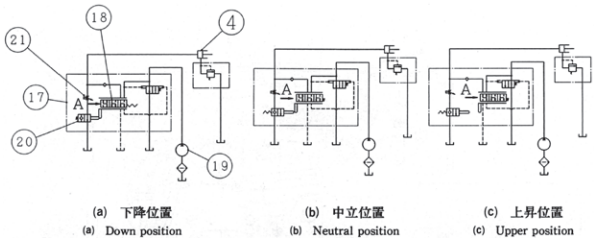


図9.12 ドラフトコントロールバルブ油圧回路[5)]

ロットスプール⑱がスプリング力で押し出されて、(a) 中立位置から下降位置に動くと⑳ロアリンクバルブを押し開く。これにより、油圧シリンダ④内の油圧は可変オリフィス㉑を経てオイルタンクへ戻りプラウが下降する。可変オリフィスの開度は、手動により変えられるのでプラウの下降速度は0m/sから、自由落下速度まで調整できる。図9.13にドラフトコントロールバルブ位置を示す、図9.14にドラフトコントロールバルブ制御流量を示す。

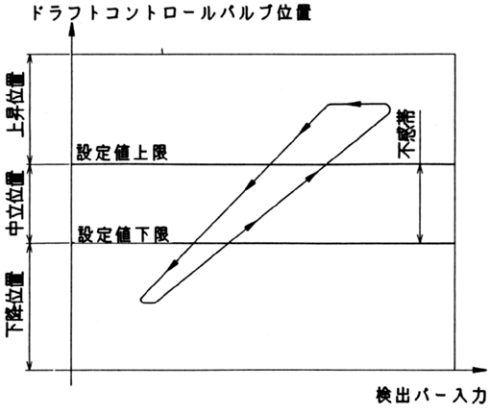


図9.13　機械式ドラフト制御（バルブ位置）[5)]

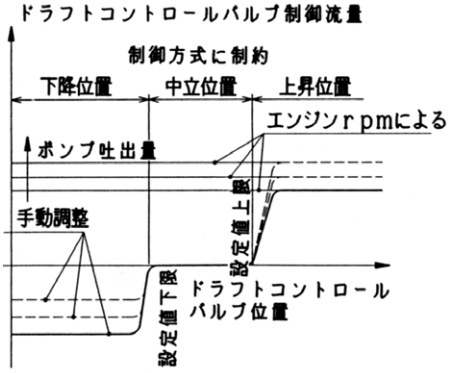


図9.14　機械式ドラフト制御（制御流量）[5)]

(4) 電子式ドラフト制御

1) けん引負荷検出機構

図9.15に電子ドラフト制御におけるけん引負荷検出機構を示す。この装置は検出バー入力を検出バーの曲げ変異としてとらえ、この変位をけん引負荷検出器で検出するものである。この方式は従来の機械式に比べて、けん引負荷を検出バーから直接検出するので、精度の高い検出が可能である。

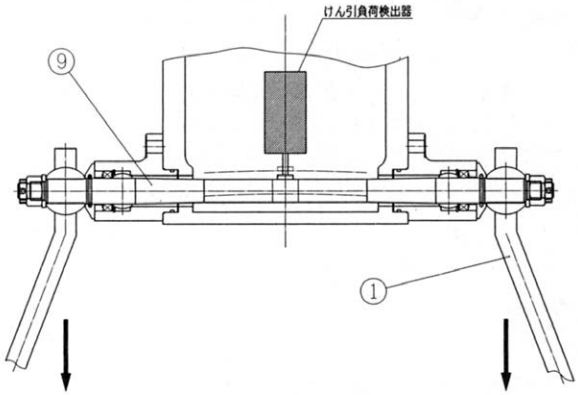


図9.15　けん引負荷検出機構（電子ドラフト）[5)]

2) 電子ドラフト制御機構

図9.16は電子ドラフト制御システムの主要部のブロック線図を示すものである。基本的な制御は、以下に記す下降制御、上昇制御、中立制御からなり、この結果けん引負荷をほぼ一定に制御できる。

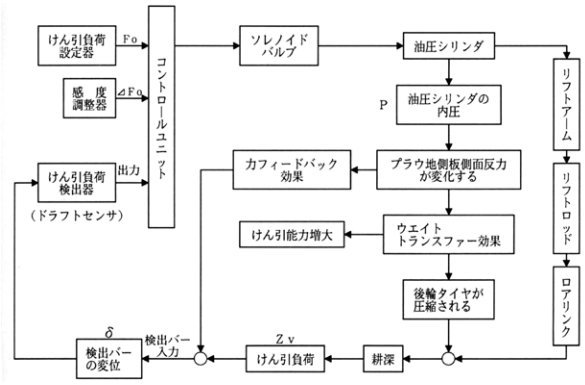


図9.16　ブロック線図[5)]

①下降制御

けん引負荷が減少すると、検出バー入力も減少する。この結果、けん引負荷検出器の出力がけん引負荷設定器の値F_0（設定時下限）よりも小さくなっている場合は油圧シリンダの内圧を低下させる方向にソレノイドバルブを駆動し、プラウの耕深を深くすることにより、けん引負荷を増大させる。

②上昇制御

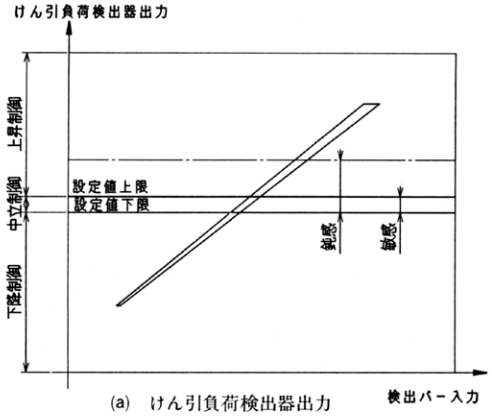
けん引負荷が大きくなると、検出バー入力も増大する。この結果、けん引負荷検出器の出力がけん引負荷設定器と感度調整器で決まる値$F_0+\Delta F_0$（設定値上限）よりも大きくなると、油圧シリンダの内圧を増大させる方向にソレノイドバルブを駆動し、ウェイトトランスファーによりけん引能力を増大させるとともに、プラウの耕深を浅くすることにより、けん引負荷

を軽減させる。

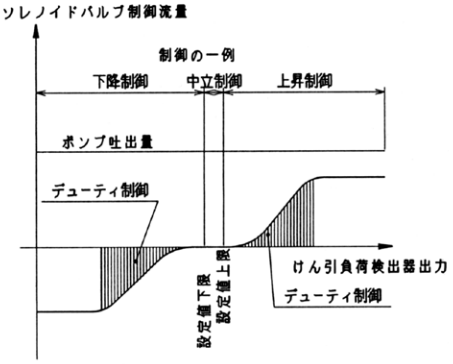
③中立制御

けん引負荷検出器の出力が、設定値上限と設定値下限の中間の値である時には、ソレノイドバルブは中立となりシリンダ内圧は外力に応じて上下する。なお、感度調整器は土質に合わせて敏と鈍の2種類の感度を選択出来るようになっている。また、上昇、下降の制御におけるソレノイドバルブの駆動方式は設定値上限（または下限）とけん引負荷検出器との偏差に応じた流量が得られるように、デューティ制御を行っている（図9.17を参照）。この制御により偏差が小さいときは、シリンダ内圧が急激に変化しないよう微小流量を得ることができ、上昇下降時に発生することが懸念されるショックを低減している（図9.18を参照）。

本装置は、このようなプラウ作業時のけん引負荷制御のために開発され、1990年スーパードラフトという愛称で、大型のトラクタに装着されて発売された。



(a)　けん引負荷検出器出力
(a)　Draft sensor output



(b)　制御流量
(b)　Control flow

図9.17　電子ドラフト制御[5)]

スーパードラフトの性能。実作業での性能を以下に述べる。

①静的ドラフト性能

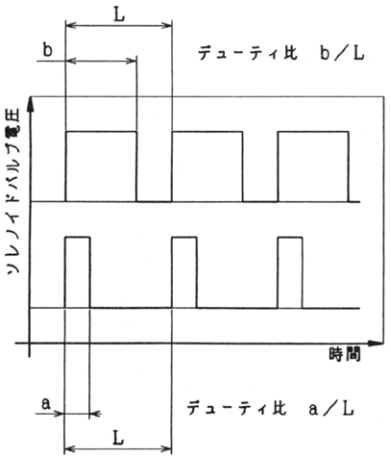


図9.18　デューティ制御[5)]

図9.19に示すようにけん引負荷の設定値F_0に対して、検出バー入力を増加減少させたときの、中立位置の幅が、機械式に比べて小さく、精度の良いけん引制御ができる。

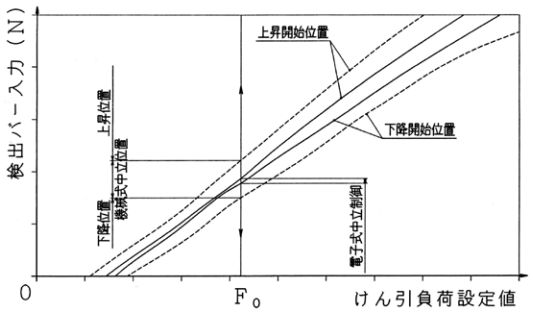


図9.19　静的ドラフト性能[5)]

②耕深制御性能

この結果、図9.20に示すようにけん引負荷の設定値に対して、耕深を精度よく制御することができる。

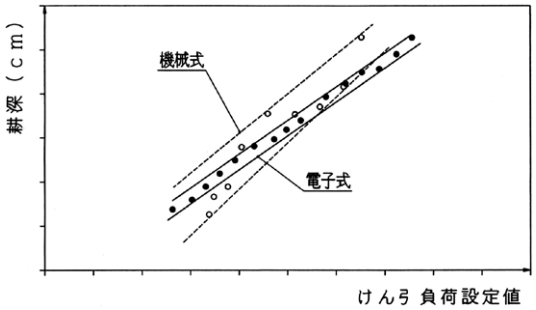


図9.20　ドラフト性能（耕深）[5)]

③スリップ率

図9.21はスリップ率を示しているが、きめ細かなけん引制御により、機械式に比べてスリップ率を小さくすることができる。

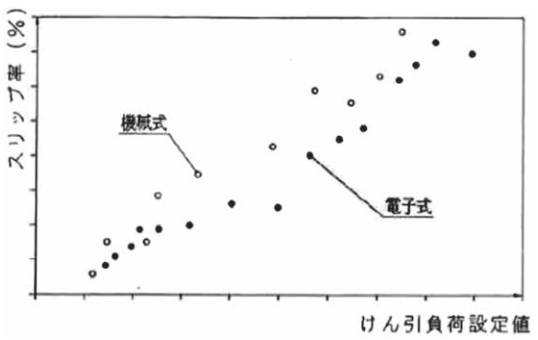


図 9.21　スリップ率（%）[5)]

以上のように、電子式ドラフト制御により容易な操作で高精度のプラウ作業が実現できた。

9.3.3　トラクタドラフトコントロールの操作方法[6)]

トラクタの制御方法も電子化により操作が容易になっている。圃場条件を適切に把握できればその性能を十分発揮できる。作業に応じて適切なモードを選択できるよう切換えスイッチを備えている。以下に操作方法の特徴の一部を紹介する。

（1）モード切替スイッチの使い方

①ドラフト：プラウやサブソイラなどのけん引作業時、このモードを選択する（図 9.22 参照）。

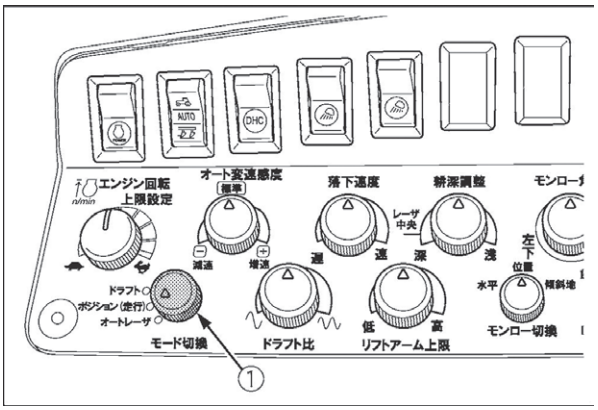


図 9.22　モード切換えスイッチ[6)]
出典（株）クボタ

②ポジション：けん引作業を除く一般作業機、または作業機を装着しての走行時に選択する。

③オート / レーザー：オート耕運作業やレーザー作業時に選択する。

（2）ポジションレバーの使い方

①ポジションレバー：ポジションコントロールとして使用の場合はポジション範囲 A、B 間では作業機の位置は任意に保たれる。

ドラフトコントロール（ニューミックスコントロール）として使用する場合は、ドラフト範囲 AB では、けん引負荷に応じて自動的に作業機を上下させ、一定のけん引力を維持する。（図 9.23 参照）。フローティング範囲では、作業機は最下限まで下がる。

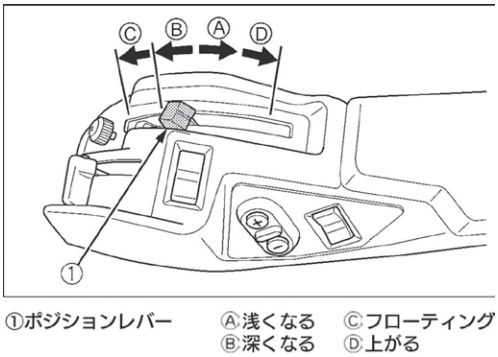


図 9.23　ポジションレバー[6)]
出典（株）クボタ

（3）ドラフト比調整ダイヤル

モード切換えスイッチで［ドラフト］選択時、ドラフト比調整ダイヤルにより、牽引負荷の変化量に対する作業機の動き量を調整することができる。一般けん引耕起作業では図 9.24 参照にして調整する。サブソイラやプラウ耕は播種前の圃場つくりで最も大切な作業である。精度良く適期に耕起作業が終了できれば、後工程の砕土、播種、防除、収穫、調整作業の計画も立て易い。

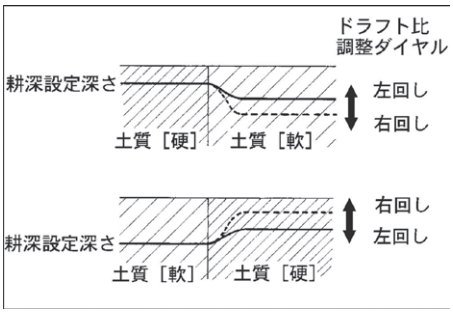


図 9.24　ニューミックスコントローラー[6)]

最近の大規模化により耕起作業に時間が取られるので、能率を上げるため浅起こしの傾向にあるとも聞いたことがあるが、基本は適正耕深、高能率でプラウ耕を行うことである。ドラフトコントロールの進歩はその期待に応えるものである。さらに GNSS を利用した機能も開発され始めた。トラクタ利用範囲が広がりさらなる農業発展につながることが期待される。

注 1　スチームプラウ
1770 年蒸気機関を発明したジェームスワットが自分の

発明した蒸気機関を利用したスチームプラウを完成した。これが農業における機械力利用の最初であり、英国において農業の機械化の端緒となった。このプラウによる耕起は以下のとおりである。2 基のスチームエンジンを圃場の両側に配置し、この間に張られたワイヤーにプラウを取りつける。スチームエンジンに取付けられた巻取り装置がこのワイヤーを交互に引き合って往復耕を行う。図 9.25 にスチームプラウによる耕起作業風景を示す。

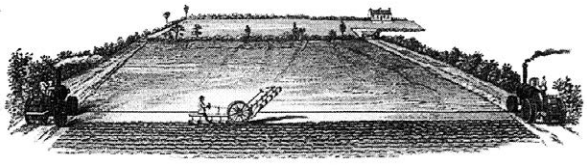


図 9.25　スチームプラウによる耕起作業風景 [1)]

参考文献

1) 川延謹造・三枝浩三:「大型トラクタとその利用」, 農業技術協会
2) 南部悟他:「北海道農業機械発達史」, (社) 北海道農業機械工業会, 昭和 63 年 5 月
3) 東急自動車株式会社　FERGUSON カタログ, 昭和 33 年
4) 田中孝他:「新版農業動力学」, 文永堂出版, P182-P184, 1991 年
5) 片山良行他:「KUBOTA TECHNICAL REPORT」, No.26, 1993
6) クボタトラクタ M135G 取扱説明書

10 ボトムプラウの種類[1)]と機能

本章ではボトムプラウの種類とそれぞれの機能について略述する。作物を栽培するためには土を耕すことが基本となりその作業は、プラウ耕によって行われ一般的に反転鋤込み耕（ボトムプラウ耕）と呼ばれている。またロータリティラで行われることもあり、この場合はロータリ耕（攪土耕）と呼ばれている。その違いは5.3.7に記述した。

10.1 ボトムの形状による分類

当然のことながら、プラウのボトムの形は、その用途によって大きく異なる。本節では用途ごとにどのような形を採用しているかについて説明する。

a）再墾プラウ

畑地で毎作の耕起に使用される最も一般的なプラウで、砕土性が良い。

b）兼用（汎用）プラウ

ボトムは再墾プラウより小さく、ボトムの後端は捻じれが強い曲面になっている。

c）深耕プラウ

一般に35cm以上の耕深ができるプラウをいう。構造的にボトムサイズが大きく、耕起断面積が大きくなり、それに比例して牽引抵抗が大きくなるために1連、2連が限度である。

d）新墾（草地）プラウ

新墾地や草地に利用されるもので、完全反転が主目的である。ボトムは後方に長く伸び、曲面のねじりは大きい。後方にエクステンション（補助羽根）をつけて反転を補助している。

e）水田プラウ

水田や田畑輪換などに使うプラウで、比較的浅く耕すためにボトムは小さい。水田の乾土効果を出す目的から、反転した土塊に亀裂をいれるためボトムの後端にカットナイフが付いている。

f）緑肥プラウ

ソルゴーなどの長大緑肥を立毛状態で、しかも1行程で鋤込むプラウである。緑肥を切断するために、大型のコールタが装備されている。

g）沖縄特殊プラウ

ジャーガルやマージなどの特殊な硬質土壌に使用する。硬質土壌を破砕するシンナイフがついたボトムを使用している。

図10.1にa）再墾型、b）兼用型、c）深耕型、d）新墾型ボトムの形を示す。

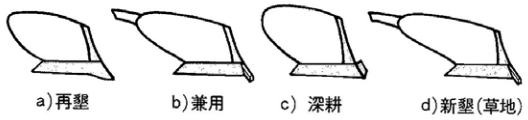


図10.1　ボトムの形[1)]

10.2 ボトムの材質による分類

プラウのボトムの材質は、圃場の土質によって大きく異なる。本節では用途ごとにどのような材質を採用しているかについて説明する

a）プラスチックボトム

樹脂でできている。火山性土壌（注1）など比較的軽い土でプラウに付着しやすい土壌に対して使われる。

b）スチールボトム

鉄でできている。粘土、砂壌土等比較的重い土壌に適している。

c）格子ボトム

鉄でできている格子型のボトムである。火山灰礫土壌や比較的軽く、付着しやすい土壌に適している。

図10.2　モールドボードの種類[1)]

10.3 プラウの構造（機能）による分類

プラウは作物栽培の場合は対象となる作物によって使い分けるが、そのほかに土層改良などの目的にはまた、専用のものが必要である。また、経営規模によっても使用するプラウは異なる。本節では構造（機能）の違いと使用方法について説明する。

1）ワンウエイプラウ

右ボトムが装着され、回り耕が主体で小面積の圃場に使用されている。

2）リバーシブルプラウ

左右のボトムが装着され往復耕が可能で、能率が高く大規模面積、大区画の圃場で使用されている。

3）オフセットプラウ

畦ぎわ、畑境界ぎわ、水田の畦や畑の境界がある圃場に使用する。タイヤトレッドと耕起幅の関係を容易に調整出来る。

4）2段混層耕プラウ（土層改良）

構造的にはボトムを前と後ろに2個装備し、前ボトムで心土を耕起して生じた溝へ後ボトムで表土を落とし込み、下層の新しい土壌と表土を入れ替える。混層、深耕で土層を改善、地力の向上を目的に使用するもの。

5）心土耕プラウ

側耕型心土犂を装備して、不良な心土と作土を混合しないように、作土を耕起しながら同時に心土を破砕する。心土（耕盤）を破砕することで排水性の向上や作土層の拡大を図る。

トラクタタイヤでの踏圧を防止することができる。

10.4 耕幅と耕深の関係

ボトム曲面の設定時に重要なのは耕幅と耕深の関係である。各社独自の反転を求めて比率を決めている。

ボトムサイズ（耕起幅）により、適正耕深は変わる。完全反転するための耕起深は、1個のボトム耕起幅の1/2〜2/3が一般的である。（ボトムタイプにより異なる）。耕起幅はインチで表示するのが一般的である。図10.3に耕起幅と耕深の関係を示す。

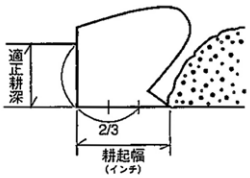


図10.3　耕起幅と耕深の関係[1)]

プラウ規格表示は14×2のように表示する。14は1ボトム当たりの耕起幅（インチ表示）を表し、2はボトムの数である。従って耕幅14インチ（35.5cm）×2連で耕起幅は71cmになる。図10.4に耕起幅と連数の関係を示す。

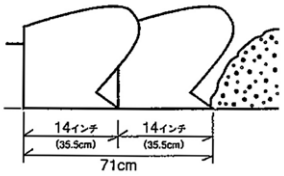


図10.4　14×2の呼称のプラウの耕幅[1)]

10.5 ボトムの数について

ボトムの数は「連」の単位で表す。トラクタのけん引能力に合わせて、作業能率を最大にするように、1連プラウから多連プラウまで状況に応じて設定する。

1）1連プラウ

ボトムを1個装着したもので、深耕するのに適している。

2）2連〜7連プラウ

ボトムをそれぞれ2〜7個装着し、広い面積を効率的に耕起するのに適している。7連は3点リンク直装型プラウの限界の連数である。

図10.5に1連ワンウエイプラウを、図10.6に4連リバーシブルプラウを示す。

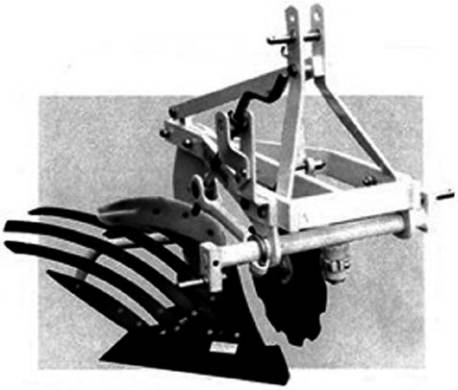


図10.5　1連プラウ[1)]

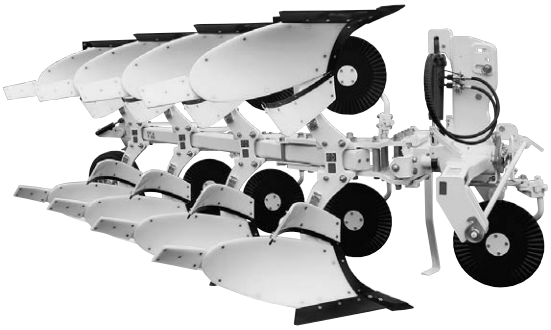


図10.6　4連リバーシブルプラウ[1)]

10.6 土の反転方向について

ボトムの反転方向には右方向と左方向の２種類がある。

1）右反転プラウ

（ライトハンドプラウ、ワンウエイプラウ）

耕起した土壌を進行方向後方より見て右方向へ反転するプラウである。

2）互用プラウ

（リバーシブルプラウ、ツーウェイプラウ）

右方向への反転ボトムと左方向への反転ボトムの組合せで、一行程ずつ左右それぞれの方向に反転し、順次往復耕するものである。

10.7 ボトムプラウの構造と作用

本節ではプラウの各部の構造と作用について説明する。

10.7.1　構造と名称と機能

この項ではリバーシブルプラウを例にとって説明する。図 10.7 にリバーシブルプラウ各部の名称を示す。以下の部品の中で、土と接触する部分は摩耗するため、定期的に交換する必要がある。

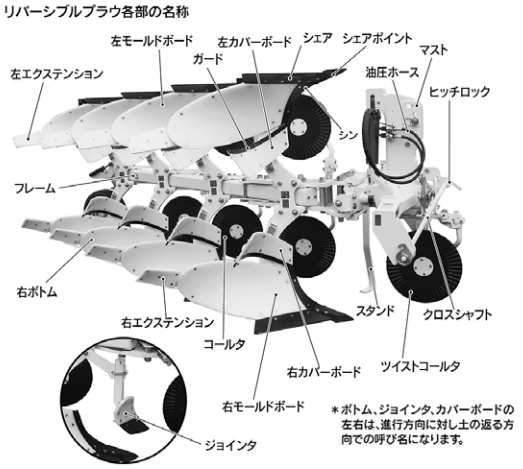


図 10.7　リバーシブルプラウ各部の名称 [1)]

①シェア（刃板、すき先）

土を水平に切断、耕起してモールドボードに送り込む。

②シェアポイント

シェアの先端にあり、土へささり込む働きをする。

③シン

シェアポイントで切削された土が流れる部分で、モールドボードの前部に装着され、モールドボードの偏摩耗を防止する。

④モールドボード

シェアポイントおよびシェアから送り込まれた土を反転・放擲・破砕する。この部分は、プラウの生命線ともいうべき重要な部分であり、その曲面については、土の破砕や付着防止の観点から、過去に多大な研究がなされてきた。曲面の曲率はシェアポイントおよびシェアに比して小さくなっており、このために切削された土塊がこの曲面を流れるにしたがって破砕されることになる。

⑤カバーボード

反転の時、土の飛散を防ぎ、草や残差物を確実にれき溝底にすき込む補助具である。

⑥エクステンション（補助羽根）

モールドボードの終端部に装着され、反転を補助する部品である。土壌の質や耕起の目的に応じて角度を調整し、反転・放擲を効率的に果たす役割を持っている。

⑦ランドサイド

れき溝壁に接し、モールドボードにかかる側圧を受け、プラウの進行方向の耕幅を保持する。

⑧ボトム一式

①～⑦までの部品で構成される。プラウの反転・放擲・破砕するプラウの性能を左右する最重要機能部品である。

⑨ツイストコールタ装置

スガノは従来のものに比して、コールタの位置を前方に配置することにより、全体を前方に移動させることを可能にした。結果としてプラウの重心を前方に移すことができて、トラクタの三点リンク持上げ負荷を軽減させることができた。スガノ農機が独自に開発したコールタ取り付け装置である。

⑩コールタ

残渣物を切断し、すき込みを容易にする。プラウの進行方向に対して縦溝を切り、シンの切削を補助する。

⑪マスト

プラウとトラクタを簡単に連結するための、プラウ側のユニットである。トラクタ３点リンク装置へ装着するためのトップリンク取付け穴と、クロスシャフトをロアリンクに取り付けるための機構を装備している。

⑫回転シリンダー

リバーシブルプラウをトラクタの外部油圧の作動に

より回転させるための、プラウ側に装備された油圧シリンダーである。

⑬クロスシャフト

トラクタ3点リンク装置へ装着のための2点ロアリンクピンが装備された部品である。

⑭油圧ホース

トラクタ外部油圧取り出し口と回転シリンダーを接続し油圧回路を構成する。

⑮メインフレーム

マスト後方に装着され、ボトムを取り付ける、角パイプで出来たフレームである。

⑯ビーム

ボトムとメインフレームをつなぐ部品である。

⑰スタンド

プラウを取り外した時、転倒を防止するための部品である。

⑱ジョインター（前犂）

ボトム前方にあって反転前に地表面の残差物、有機物をれき溝に落し込み、後ろのボトムで土をかぶせて、すき込みを良好にする。

10.7.2　プラウのささり（サクションの役目）[1) 2)]

プラウが土中に円滑にささり込み、安定した状態で作業を行うためには耕深と耕幅のささりが重要となる。ささりとは耕深（垂直方向）と耕幅（水平方向）への先端の出っ張りで構成されるくぼみ、すなわちサクションのことである。シェアの先端とランドサイドのヒールを結ぶ直線と、

1）垂直サクション（垂直方向へのささり）

耕深は、けん引線と速度と下方に食込もうとする力のバランスが取れると安定する。適度の耕深サクションは、上下に動揺するのを防ぎ、作業開始の土中への食込みを良くして短い距離で所定の深さに達する。

図10.8に垂直サクションを示す。

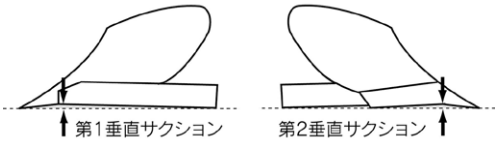


図10.8　垂直サクション[1)]

2）水平サクション（水平ささり）

水平（耕幅）サクションはプラウが左右に振れるのを防ぎ、耕幅を一定に保たせる役目をする。

図10.9に水平サクションを示す。

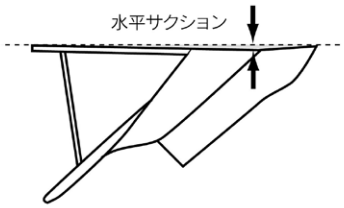


図10.9　水平サクション[1)]

3）モールドボード角度

土壌を切断、耕起、反転、破砕する主要部の基準角度で、けん引抵抗や作業の安定性に密接な関係がある。それぞれの角度は、プラウの形状と土壌の種類や土質、耕深により変わってくる。

1）耕起角：α

シェアポイントとシンの接合部と、シェアポイントの先端を結ぶ線が地面となす角度で一般に13°～18°である。

2）切断角：β

シェアポイントと刃尻を結ぶ線がランドサイドと成す角で、一般に35°～48°である。

3）撥土角（反転角）：γ

耕深の85%の高さのモールドボード上の線が進行方向となす角度で一般に38°～53°

図10.10にモールドボード角度を示す。

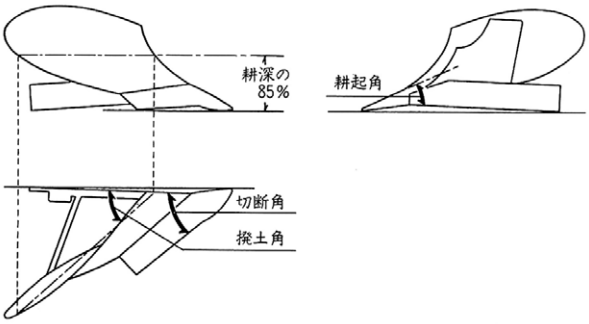


図10.10　モールドボードの角度[1)]

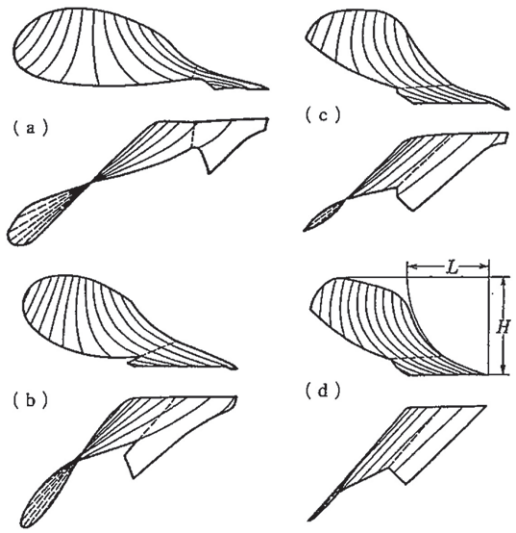
ボトムのサクションと上述の三つの角度については、各メーカーが独自のものを研究してそれぞれの特徴を出している。

4）撥土板モールドボードの形態（1）

モールドボードは10.1で説明した再墾型、汎用型、新墾型等に区分されている。

その形態を「農業機械システム学」より引用して表示する。

図10.11に用途別ボトムの標準形態を、図10.12に用途と三つの角度の関係を示す。



（a） 新墾プラウ（ねん転型）
（b） 汎用プラウ（半ねん転型）
（c） 汎用プラウ（楕円型）
（d） 再墾プラウ（円筒型）

図 10.11　撥土板モールドボードの形態（1）[2)]

発土板形状	用途	対象土壌	作用		発土板傾斜 L/H 0.7～1.3	耕起角 α	切断角 β	反転角 γ
			反転	破砕				
ねん転型	新墾	重粘土	大	小	大	小	小	大
中間型	汎用	壌土	↑	↓	↑	↓	↓	↑
円筒型	再墾	砂質土	小	大	小	大	大	小

図 10.12　撥土板モールドボードの形態（2）[2)]

10.7.3　プラウのけん引抵抗

プラウのけん引抵抗は耕起する土質やプラウの型式などにより変化するが、この抵抗は以下のような力の総合になるものである。

①土壌を切削するに要する力・・・・・・・・50%
②撥土とプラウとの摩擦に打ち勝つ力・・・・25%
③撥土を反転するに要する力・・・・・・・・15%
④撥土およびプラウの重さに対する力・・・・10%

切削と摩擦に費やされる負荷が多いので、シェアを鋭利にし、曲面を滑らかに滑りやすくすることが牽引抵抗を少なくすることの要諦である。

10.7.4　牽引抵抗中心点

ボトムの牽引抵抗中心点は耕幅の 1/4、耕深の 1/2～1/3 のところにあり、土質やプラウの形式により多少の位置ずれが生ずる。フレームの設計上重要なポイントとなる。

図 10.13 に牽引抵抗中心点を示す。

10.7.5　トラクタ必要牽引力

トラクタに必要とされる馬力は下記のように求める。

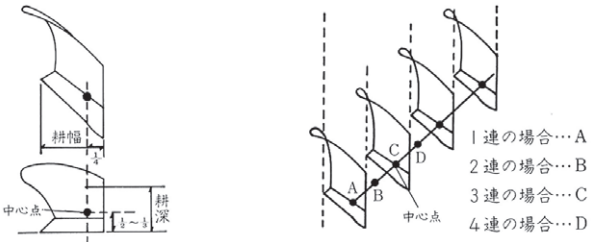


図 10.13　牽引抵抗中心点[1)]

①プラウのけん引抵抗＝耕起幅×耕深×比抵抗
②トラクタのけん引力＝総重量×けん引係数

上記②が①より大きくなければならないことは自明である。以下に具体的例で説明する。なお、比抵抗、けん引係数については表 10.1 を参照されたい。以下の例題では、双方共に中間的な値である 0.5 を使用した。

表 10.1　土性別牽引係数表[1)]

土性	乾湿	比抵抗（Kg/m²）	牽引係数（%）
砂土		0，20～0，25	0，30
砂質土	湿	0，25～0，30	0，40
	乾湿	0，30～0，40	
壌土	湿	0，40～0，50	0，50
	乾湿	0，45～0，55	
植壌土	湿	0，55～0，65	0，60
	乾湿	0，60～0，70	
植土	湿	0，80～0，90	0，65
	乾湿	0，90～1，00	
※傾斜地やは条地の場合は比抵抗を20～30%増で計算			

（例題）リバーシブルプラウ：20 吋× 1 連、トラクタ総重量：2,500Kg、耕起幅：51cm、耕深：35cm 、土性：壌土

○プラウのけん引抵抗は 51 × 35 × 0.5=893Kg
○トラクタのけん引力は 2,500 × 0.5=1,250Kg

上記のとおり、計算の結果、トラクタのけん引力がプラウのけん引抵抗より大きいのでこの例題の場合、けん引が可能となる

10.7.6　作業機の装着

作業機とトラクタを装着する方式は、プラウの種類、大きさ、取り付け位置により、次の 3 つに分けられる。

①けん引式（ドローバ方式）

けん引式は、古くから採用されてきた方式で、トラクタ後部に取り付けられたドロバー（けん引桿）で作業機をけん引する方法である。連結部の構造は簡単で堅牢であるため、大型の作業機を使用する場合はこの方法が用いられる。

②半直装式（セミマウント方式）

3 点リンク直装式のようにプラウ前部のマストを 3

点で装着して、移動時はプラウ全体を持ち上げるのではなく、後方に装着した上下可能な移動輪タイヤを下げて設地し、移動する方式である。大型で重量の大きな作業機に適用する。図 10.14 に半直装式プラウ移動風景を示す。

図 10.14　半直装式プラウ移動風景 [1)]
（スガノ農機提供）

③ 3 点リンク直装式（マウント方式）

最も一般的な方式は 3 点リンク直装式である。作業機の上下、左右の動きをコントロールする 3 本のリンクを使うのが特徴である。トラクタ後部に 3 本のリンクが取り付けられているが、上部に取り付けられたリンクをトップリンクと呼び、後輪車軸の真下方向に 2 本取り付けられたのをロアリンクと呼ぶ。これらのリンクは油圧装置と一体になって、所定の作動を行う。上下に作動するリフトアームは、ロアリンクのやや後方に位置するリフトロッドを介して作業機を上下させる。なお左右のロアリンクの相対的な高さを調整するために、右側のリフトロッドには、レベリングハンドルが取り付けられている。ロアリンクの横ブレを規制するために車体とロアリンクにチェックチェーンが取り付けられている。

3 点リンク装置は日本をはじめ各国で規定されている。日本工業規格（JIS）にはカテゴリ 0、1、2、3 があり、それぞれトップリンクピンやロアリンクピンの直径、ピン穴径等が決められている。「0」は 20PS 以下、「1」は 15～60PS、「2」は 40～100PS、「3」は 90PS 以上のトラクタにそれぞれ多く使われている。

図 10.15 は 3 点リンク直装式トラクタを示す。図 10.16 は 3 点リンク直装式プラウの作業風景示す。

プラウ作業の一般的な傾向としてプラウが 3 点リンクで持ち上げられる 7 連までは③ 3 点リンク直装タイプが多い。旋回半径が小さく、小回りが利き効率が良い。大型プラウで 3 点リンクが持ち上げ力に問題がある場合は①けん引式、②半直装式が採用される。

10.7.7　耕し方（溝引きと丘引き）

プラウ耕には溝引き式と丘引き式がある。それぞれの特徴について説明する。

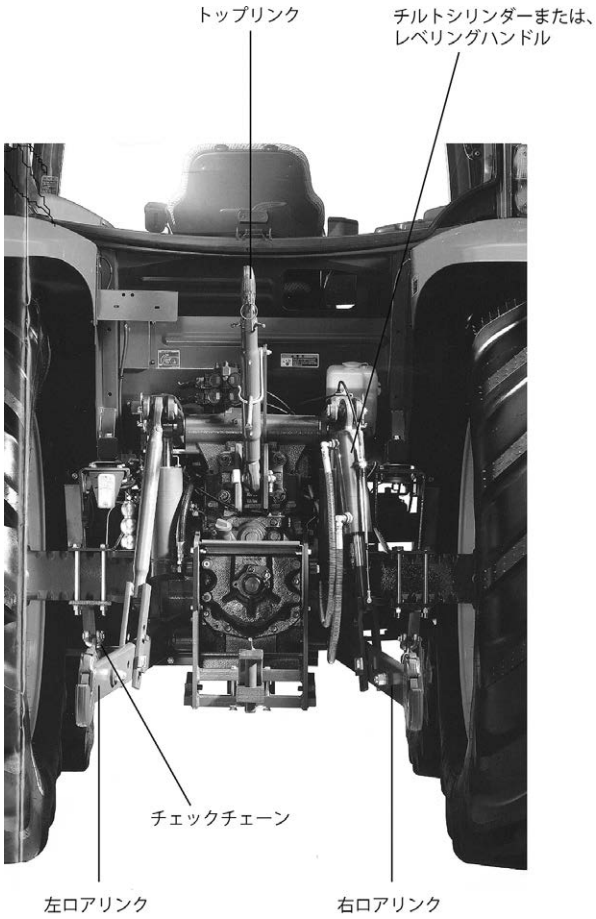


図 10.15　トラクタ 3 点リンク装置
（スガノ農機提供）

図 10.16　3 点直装式プラウ
（スガノ農機提供）

1）溝引き式（リバーシブルプラウで説明）

溝引き式は、前工程で出来たれき溝に右側タイヤを落とし溝に沿って走行し、耕起を行う方式である。トラクタが傾き作業姿勢が悪いが真っすぐ走行できる。

図 10.17　溝引きプラウ
（スガノ農機提供）

図 10.18　丘引きプラウ
（スガノ農機提供）

折角耕起したところをトラクタのタイヤの踏圧で痛めるという欠点はあるが、溝にそって耕起して行けるので、耕幅が安定し運転操作が楽であるというメリットがある。

2）丘引き方式

丘引き方式はタイヤを擡溝に落とさずに両輪とも未耕地を走行し耕起をする方式である。

トラクタが傾かず作業姿勢もよく、タイヤ踏圧の問題も起きない。ゴムクローラーをはいたハーフクロラーやフルクローラー等のクロラートラクタ用のプラウに多く使われている。またれき溝にタイヤを落とす事が出来ない、タイヤサイズの大きいトラクタ用プラウにも適用される。図 10.17 に溝引きプラウ作業の風景、図 10.18 に丘引きプラウ作業の風景を示す。

10.7.8　トラクタとプラウの関係

溝引きプラウのけん引の基本は、トラクタの右後輪の内側の一線上にシェアの刃尻（ウイング）を一致させ、トラクタの中心線上にプラウの抵抗中心点がくるようにセットすることである。しかし、トラクタによるけん引は左右 2 本のロアリンクを左右対称の「ハ」の字にして行うため、けん引中心点を正確にとらえていなくても作業精度が著しく低下することはない。図 10.19 にプラウのけん引線を示す。

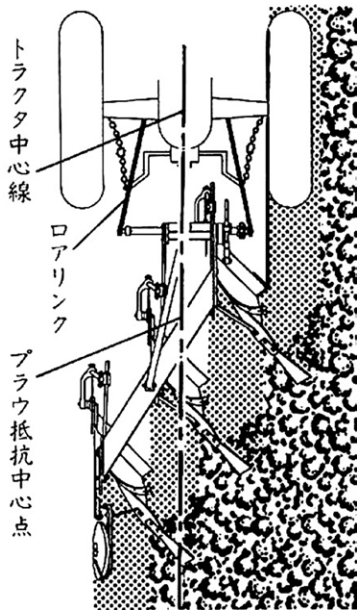


図 10.19　プラウ牽引線 [1)]

注 1　火山性土は日本の農地に広く分布し、一般に排水が良いなど物理性は比較的良好であるが、プラウへの土壌付着や化学性の貧弱さといった面で不良土壌の一つにされている。
図 10.2 に a）プラスチックボトム、b）スチールボトム、c）格子ボトムを示す。

参考文献

1）　スガノ農機（株）:「プラウ教本」
2）　川村登 :「新版農作業機械学」，文永堂，p22～p23，1991 年

11 プラウ耕の技術を応用した工事

プラウ耕の主目的は農地を耕起し、作物にとって最適な土壌条件を作ることであるが、プラウ耕の土の掘削、溝切り、反転の作用を応用して営農外に使われた4例を以下に紹介する。

1. 有珠山火山爆発による降灰被害の復旧工事[1)]
2. プラウとレーザーレベラーの組み合わせによる反転均平工法による基盤整備[2)]
3. 汚染土壌のゼロ排土型埋却技術の開発[3)]
4. 宍道湖への水道管敷設工事[4)]

11.1 有珠山火山爆発による降灰被害の復旧工事

有珠山は、1663（寛文）年から現在まで、8回の大きな噴火をしたと記録されている。1977（昭和52）年8月7日から始まった爆発噴火は、13日まで18回に及ぶもので、噴煙は約一万2千メートルの上空に達し、その噴火に伴う火山灰、火山礫の降下は付近のみならず、北は名寄市周辺、東は女満別あたりまで観測され、その量は8千3百万立方メートルに達した。このため農作物をはじめ、住宅、土木、農林水産等の各施設に多大な被害をもたらし、その被害額は3百億円余（当時）に達した。その中でも、特に被害の大きかった地域は、有珠山周辺の胆振、及び後志支庁管内伊達市、虻田町、洞爺村、壮瞥町など13市町村であった。

被害の特徴的なことのひとつは、堆積した灰が、その後の降雨により、コンクリート状に硬化したことである。また、火山灰が、農作物や樹木に付着したことにより、折損等の被害が広範囲におよび、被害を甚大にしたことである。この農地被害については、伊達市、虻田町、洞爺村、壮瞥町、留寿都村の一市4町村で4,019haにおよび、その被害額は22億2千万円余に達した。図11.1は昭和52年8月7日の噴火の様子を、図11.2は収穫目前のスイートコーンの被害の状況を示す。

有珠山噴火による、農地災害は、前述のとおり近年に類例のない降灰災害で、その災害復旧の方法は、原則的には降灰全量排除であった。しかし有珠の火山灰は、質的に植生に影響が少ないとの関係機関の大方の意見により、土層改良に類した耕法で機能回復を図ることになった。これに基づき開発公社は作物別、降灰深別に圃場区を設けて、数回にわたる試験施工を行った。この結果、以下の結論に達した。

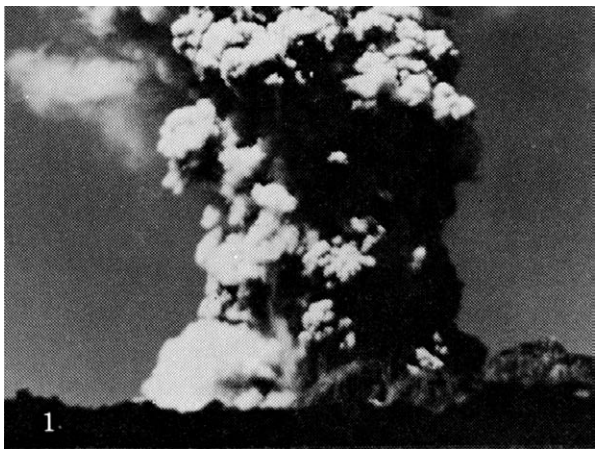


図11.1　昭和52年8月7日の噴火[1)]

図11.2　収穫目前のスイートコーンの被害[1)]

①有珠山噴火による降灰は、当初の予見どおり、作物に悪影響を及ぼす因子は少ない。したがって、農地としての機能の回復は、作物栽培上必要とする耕土深を限度として、降灰を既存耕土に混合することによって復旧する。

②降灰と既存耕土の混合割合は、1対2〜3であれば、許容される耕土状態とみなしてよいとして、復旧作業深を決め（表11.1）、これに相応する機種を選定する。なお、降灰深15cm以上は、除灰を原則とする。

表11.1　降灰深と復旧作業深[1)]

型	降　灰　深	混合割合	所要混合深	反転混層深
I	5cm未満	1：3.0	20cm	25cm
II	5cm以上10cm未満	1：2.5	35cm	35cm
III	10cm以上15cm未満	1：2.0	45cm	45cm

③耕土としての完全回復、すなわち、被災前の耕土に回復するには、復旧工事後の営農努力にゆだねることがあるも止むを得ないものとする。

以上の原則的な考え方にたって、次の区分により復

旧工法が決定された。以下農地復旧工法を記す。

1）反転混層耕方式（プラウ耕）

降灰量が15cm以下で、今後の営農によって耕土になり得ると判断される場合にとる工法である。本工法の作業工程は、砕土→反転混層耕→整地の順序で行う。砕土は、デスクハロー、またはプライングハローで混層耕の前処理作業を行う。この前作業は、以下の目的で行う。

①降雨などによってコンクリート化した火山灰、礫を破砕することによって、塊状混合することを防ぎ、既存耕土との均等な混合を図る、

②火山灰が層状にすき込まれるのを防ぐために、初期撹拌をする。

③災農作物を反転作業及び翌年の農作業等に支障を与えない程度に切断する。

反転混層耕はボトムプラウ、ブラッシュブレーカー、混層耕プラウによって行った。作業をより確実なものにするために、反転された既存耕土、心土の乱塊状のものを砕土し、更に表層15～18cm程度の部分について撹拌を行った。整地は、ロータベータ、デスクハローで行い、営農機械による耕起など、通常の農作業が出来る状態にまで整地した。図11.3に反転混層耕の様子を示す。また、表11.2に条件別作業工程と適用機種を挙げている。

2）埋込み排土方式

降灰量が15cm以上で、既存耕土との撹拌混合によっても、耕作土として機能を回復しない場合にとる工法である。また、既存耕土は十分にあっても、下層の心土が旧火山礫、砂利混ざり土などで、今後の営農によっても、耕土になり得ない場合や、土捨場が周辺に求められない場合、以下のような方法を採る。すなわち、降灰火山灰をブルドーザで一度排土して1ケ所に積み保管する。その後表土を剥ぎ同じように保管し、その後、先に降灰火山灰を敷き、次に表土を戻す（表土扱い）。

図11.3　反転混層耕[1)]

3）運搬排土方式

降灰量が15cm以上で、既存耕土が浅く、今後の営農に必要な耕土深を確保できない場合にとる工法である。圃場外に土捨て場を確保できることが前提で、降灰火山を外部に持ち出す、原形復旧方式である。

4）層厚調整方式

降灰量が非常に多く、圃場の周辺に低位部と高位部が存在するときにとる工法である。降灰火山灰を圃場内の低位部にまとめて廃棄し、高位部の切り土を流用

表11.2　条件別作業工程と適用機種[1)]

畑区分	降灰深		傾斜区分	砕土（1回掛）	反転すき込み（1回掛）	整　地
普通畑	I	5 cm未満	A	6 t級トラクター ～22″×24デスクハロー	65～75ＰＳ級トラクター ～22″ボトムプラウ 8 t級トラクター ～22″ブラッシュブレーカー	傾斜区分A 65ＰＳ級トラクター ～ロータベータ（1回掛）
			B			
	II	5 ～ 10 cm	A			
			B		15 t級トラクター ～22″混層耕プラウ	
	III	10 ～ 15 cm	A	16 t級湿地用トラクター ～28″プラウイングハロー		
			B			
牧草畑	I	5 cm未満	A		65～75ＰＳ級トラクター ～22″ボトムプラウ 8 t級トラクター ～22″ブラッシュブレーカー	傾斜区分B 6 t級トラクター～22″×2424デスクハロー（2回掛）
			B			
	II	5 ～ 10 cm	A			
			B		15 t級トラクター ～22″混層耕プラウ	
	III	10 ～ 15 cm	A			
			B			

注）1．傾斜区分のAは5°未満、Bは5°以上。
　　2．トラクターのＰＳ級はホイール型、t級はクロラー型。

して、覆土する方式である。

日本は火山の多い国であり、一度噴火すると農地も被害を受けることが多い。プラウ耕による農地の復興には、戦後の耕土改善事業の中心であった混層耕、心土耕のノウハウが生かされているのである。降灰の状況にもよるが、プラウ耕が更に精度よく農地復興を可能とするようプラウの機能を追求する必要がある。

11.2 反転均平工法

反転均平工法は、整地工においてトラクタ及びブルドーザでけん引するレーザープラウを用いて土壌を反転し、圃場の乾燥後レーザーレベラーまたはブルドーザで運土・整地を行うのが基本である。上述のレーザーレベラーは7章にて説明した一般用と機能は同じで、事業用として大型化、高度化した製品である。

反転均平工法は、1998（平成10）年から北海道において道営圃場整備事業に取り入れられ、現在では北海道と10府県に普及した。現在、施工面積が約4,400haに達するほどの実績を有する、新しい整地工法である。水田農業を取り巻く厳しい経営環境の中、より一層の生産性向上に向け、圃場の大区画化や土地集約が課題とされている。こうした基盤整備にかかわる事業の効率的・効果的施工や事業費のコスト削減は重要な課題である。反転均平工法は低コスト施工が可能な基盤整備法であり、耕しながら施工すると云う新しい試みで、土壌に対して様々な利点がある。

11.2.1　反転均平工法の特徴

以下にこの工法の特徴について述べる。

1）圃場に負荷のかからない施工方法

重機械（ブルドーザ等）による施工時の転圧や練り返しが次の理由により発生しにくい工法である。下記にその理由を記す。

①ゴムクローラトラクタによる施工が中心で、圃場を必要以上に締め付けることがなく、表層のみを適度に鎮圧する。

②プラウによって反転した土壌を一定程度に乾燥させた後に作業する。

③レーザーレベラー排土板後方に取付けたスプリングタインによる砕土・膨軟化により工事圃場の通気性を確保する。

④反転耕法を行わない従来工法では、ブルドーザやトラクタが作土上を直接走行するので過転圧を発生する。これに対し、レーザーレベラーはプラウ耕で反転した圃場を運土作業するとき、反転した心土の上を走行するので、作土を痛めることがない。

これらの特徴を有するがゆえに、適正な圃場としての透排水性や減水深の確保が容易となり、転作に際して必要となる汎用耕地化への対応も可能な圃場に仕上がる。

2）高い均平精度

最終的な仕上げ均平はレーザーレベラーを使用し、均平精度は±2cmが可能である。このため、無代かき移植、乾田直播の導入、代かき時間の短縮などでの効果も大きい。

3）低コスト施工

従来の表土扱い工法では、表土の剥ぎ戻し作業にかかるブルドーザの運転時間が全作業時間の1/2以上を占めており施工費の縮減が難しい状況であった。反転均平Ⅱ工法は（後述）、ブルドーザによる表土の剥ぎ戻しの作業をプラウによる反転耕起作業で行う。そのため大幅な作業時間の短縮が図れることから工事コストが縮減される。

図11.4に表土扱い無し工法、簡易な圃場整備、反転均平Ⅰ工法（後述）の1ha当り工費を比較したものを示す。図11.5には表土扱い工法と反転均平Ⅱ工法の1ha当りの工事費を比較したものを示す。

11.2.2　反転均平工法に使用する機械

反転均平工法の作業は各種作業機をトラクタでけん引することが基本であるが、圃場整備工時には従来から重量のあるブルドーザが多く使われていた。反転均平工法に用いるレベラーやプラウは現在では土木建築

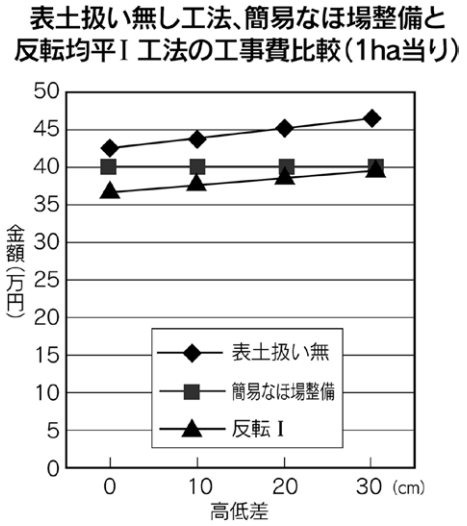


図11.4　表土扱い無し工法[2)]

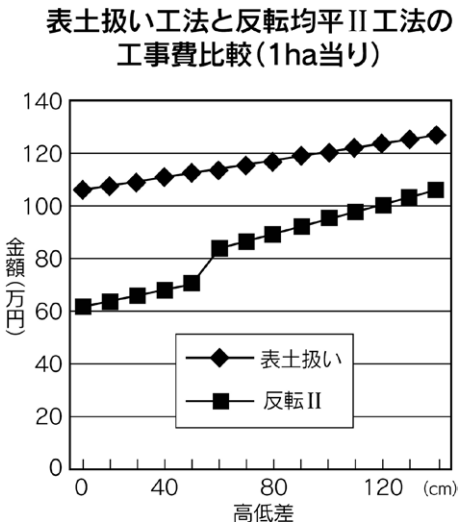


図 11.5　表土扱い工法 [2)]

業者にも導入されている。ブルドーザを所有する施工業者の設備稼働率向上のために以下のような、ブルドーザ用の反転均平工法用の製品化も行われた。

①心土破砕用パンブレーカ：地表排水の迅速化を図り、乾いた状態でプラウ、レベラー作業するための機械である。図 11.6 にパンブレーカ作業風景を示す

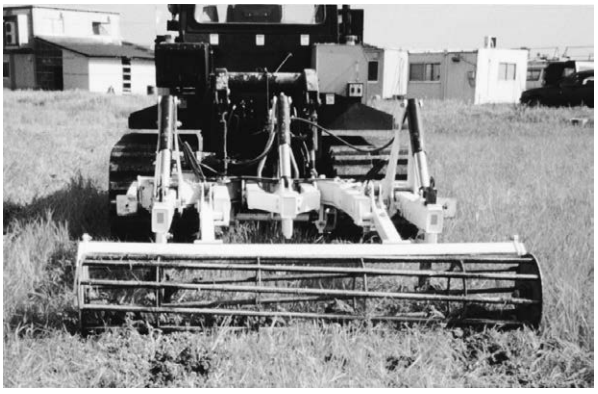


図 11.6　パンブレーカ（心土破砕）[2)]

②ブルドーザ用レーザー制御装置：運土作業、プラウ耕に使用する。ブルドーザに装着できるレーザー制御装置・水平制御装置も開発され、犁底を水平に耕起することが可能となった。図 11.7 にブルドーザプラウ（反転耕起）による運土作業を、図 11.8 にレーザープラウによる状況を示す。また、図 11.9 にレーザーレベラー（運土・整地）の作業風景を示す。

③事業用レーザーレベラー：作業幅 6m、事業用（高馬力、高強度）製品の開発により高能率化が可能となった。図 11.9 に事業用レーザーレベラーによる運土・整地作業を示す。

図 11.7　ブルドーザ（運土作業）[2)]

図 11.8　レーザープラウ（反転耕起）[2)]

図 11.9　レーザーレベラー（運土・整地）[2)]

11.2.3　プラウでの施工

反転均平工法は、レーザーレベラーによる表土と心土の反転が基本となるが、ボトム性能上表土と心土を完全に分離する事は出来ない。そのため、耕起深に該当する心土層に不良土、礫、埋木等がある場合には、本工法は採用できないが、心土の状況によりプラウ耕をすることにより表土が活性化される効果は期待出来る。

図 11.10 は表土を黄色土に置き換えて反転した後の心土の混入度合いを確認した状況である。図の右の写真から分かるように混入割合は 1 割～3 割程度である。図 11.11 にはこの作業で使用するプラウを示している。営農に使用するものと異なり大型で、より深耕が可能な反転重視のタイプである。耕起深が 35cm までのときは写真左のワンウエイプラウを用い、それ以上のときは写真右の 2 段耕プラウを用いる。

図 11.10　心土の混入度合い [2)]

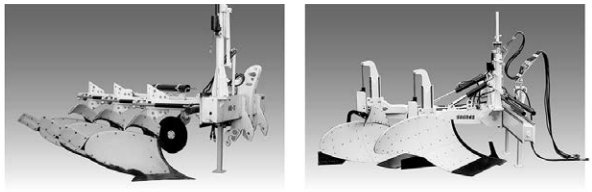


図 11.11　反転重視大型プラウ [2)]

11.2.4　作業手順

反転均平工法には、従来の「表土扱いなし」（突き均し）に対応した『反転均平Ⅰ工法』と「表土扱いあり」に対応した『反転均平Ⅱ工法』がある。以下にこの 2 工法について説明する。

反転均平Ⅰ工法

最大田差（田と田との高低差）20cm 以下の場合に適用する。図 11.12 に工法の概要を示す。

①計画田標高を算出

②畦畔除去、農道撤去、排水路埋め戻しをブルドーザまたはバックホーで行う。

③圃場を乾かす場合は、パンブレーカで心土破砕を行う。

④レーザーレベラーで反転耕起を行う。目的は心土を表面に上げ、犂底を平らにすることである。耕起深の設定は、計画田面標高から計画表土厚分だけ下がった耕起深で行う。

⑤ブルドーザで運土、粗整地を行い、排水路、畦畔は反転して表面に出現した心土で造成する。

⑥レーザーレベラーで、仕上げ整地作業を行う。

1）反転均平Ⅱ工法

最大田差 35～80cm の場合に適用する。図 11.13 に工法の概要を示す。

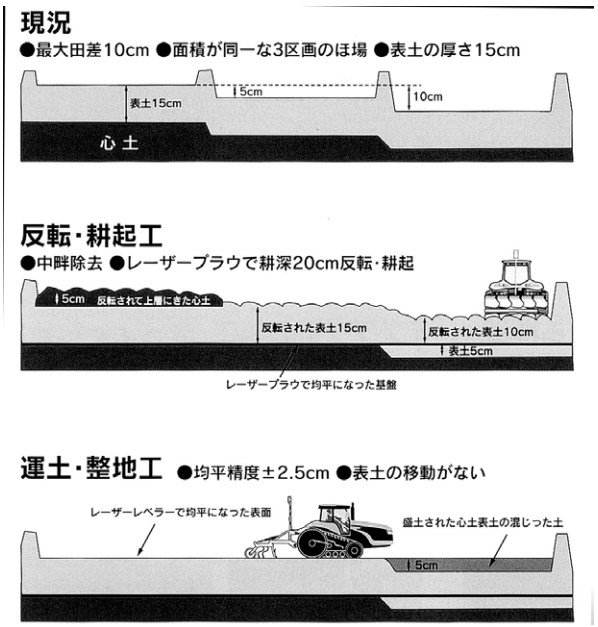


図 11.12　反転均平Ⅰ工法（表土扱い無し）[2)]

図 11.13　反転均平Ⅱ工法（表土扱いあり）[2)]

①～③はⅠ工法に同じである。

④バックホー等で排水路を掘削する。

⑤レーザーレベラーで計画田面標高より高い水田を反転・耕起する。この場合、現況標高に表土厚を加えた耕起深で施工する。この作業で心土と表土を反転させ、表土が計画田面直下となるようにする。

⑥表面に出現した心土をブルドーザによって計画田面標高より低い水田に運土し、粗均平作業を行う。この際、新たに造成する畦畔および旧排水路の埋め戻しに必要となる土も運土する。

⑦レーザーレベラーで計画田面標高より低い水田を反転・耕起する。この場合、旧田面高に表土厚を加えた耕起深で施工する。この作業によって下層の表土を表面に上げる。

⑧レーザーレベラーで、仕上げ整地作業を行う。

11.2.5　施工後の状況

図 11.14 は北海道新十津川町北花月地区、大豆畑、播種日平成 11 年 6 月 2 日を示す。図の左側がブルドーザを使用する従来工法で基盤整備を行った圃場の大豆の生育状況であり。排水性が悪く、湿害により収量は皆無であった。図の右側が反転均平工区で基盤整備を行った圃場の大豆の生育状況である。透排水性も良く湿害もなく 200Kg/10a の収量があった。反転均平工法の優位性が明らかである。

図 11.14　透排水性の違い [2)]

図 11.15 は平成 15 年度、作況指数 80 の東北地方の稲の生育状況を見る。左側が従来工法で基盤整備を行った圃場の稲の生育状況である。生育不良で穂が非常に少ない。右側が反転均平工法で基盤整備を行った圃場の稲の生育状況である。平年作に近い作況である。

図 11.15　東北地方の稲の生育状況 [2)]

図 11.16 は空から見た圃場整備状況を示す。黒く見える圃場が従来工法によるもの、茶色く見える圃場が反転均平工法によるものである。従来工法の場合は表面に水がたまっている。工法の違いによる透・排水性の差が確認できる。

図 11.16　工法の違いによる透・排水性の違い [2)]

図 11.17 は圃場整備における整地工で、反転均平工法を採用する場合のフローチャートである。図に示す通り反転均平工法の採用には、心土の混入、施工時間、耕起深、土壌条件等の判断がポイントになる。

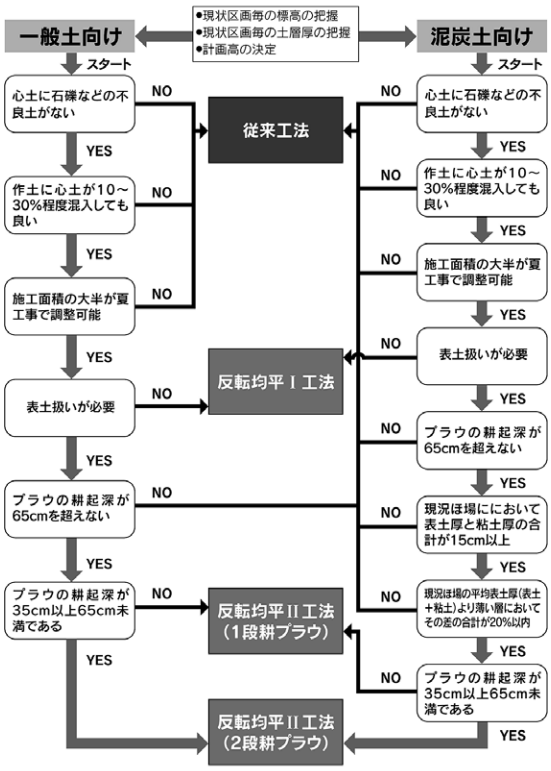


図 11.17　工法選定フローチャート [2)]

11.3 汚染土壌のゼロ排土型埋却技術の開発 [3)]

11.3.1　反転耕の意義

反転耕は放射性セシウムによる農地汚染を解決する上で最も有効な手段である。土壌に落下した放射性セシウムは直ちに土壌中の粘土に吸着され、表層のごく

浅い部分に存在する場合が多い。吸着されない放射性セシウムが降雨などで下層に移動したとしても表層5cm以内に存在していると考えられる。これの除去方法としては表土削り取りが最良と考えられるが、農地は広大であり排出した放射性セシウムを含む大量の土壌処理方法が確立されない限り、この方法は採用できない。そこで、プラウを用いた反転耕により表層にある放射性セシウムを下層に埋却できれば、大量の排土を出すことなく空間線量率を低減でき、耕作者や周辺住民の被曝を低減できる。

11.3.2　プラウによる反転耕

プラウにつては各章で説明してきているので詳しい事は省くがプラウ耕は一度実施すると他の方法はとれない。除染では様々な土壌条件でも上層と下層の入れ替え精度が比較的良好な2段耕プラウを推奨している。

今回開発した2段耕プラウは耕幅20インチ(51cm)で、前方のボトムで下層土を表層に反転するとともに、後方のボトムで、表層の土を前方のボトムが通過して出来た犂溝に落とすプラウであり、表土を確実に下層に埋却できる。図11.18に2段耕プラウによる反転耕の原理を示す。図11.19に水田用2段耕プラウの作業断面模式図を示す。図11.20に2段耕プラウ施工前後の深さ別放射性セシウム割合事例を示す。

図11.21に畑用2段耕1連リバーシブルプラウを示す。表11.3除染用に開発したプラウを示す。

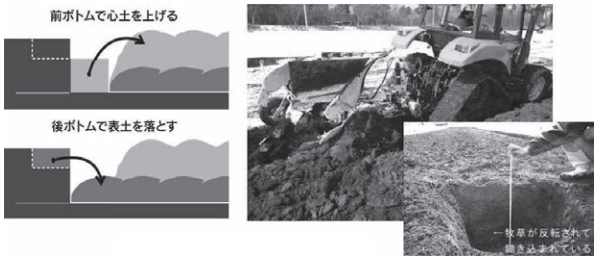


図11.18　2段耕プラウによる反転耕の原理[3)]

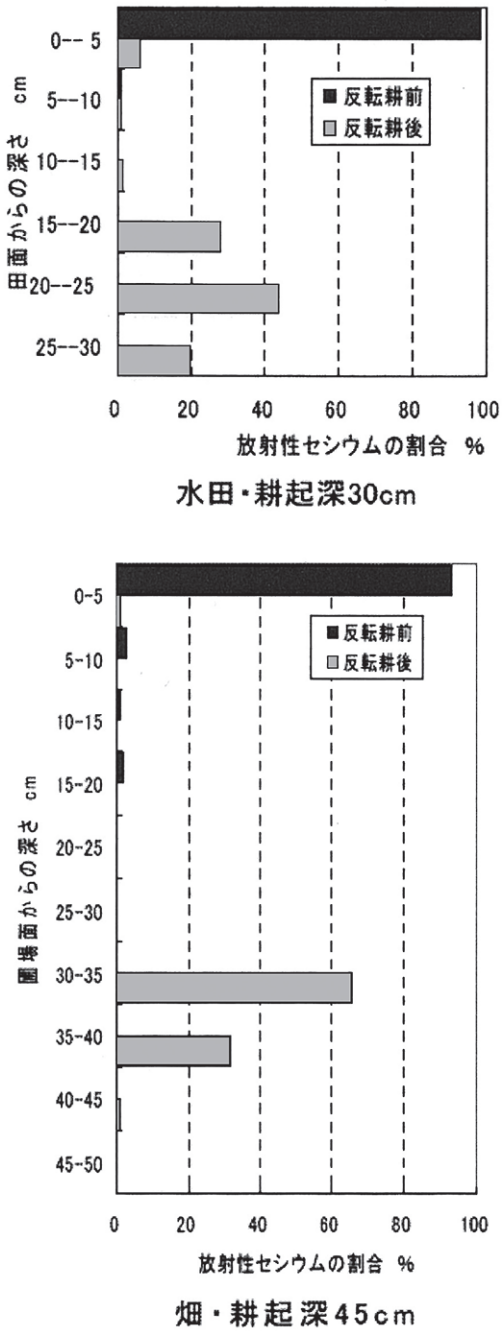


図11.20　2段耕プラウ施工前後の深さ別放射性セシウム割合事例[3)]

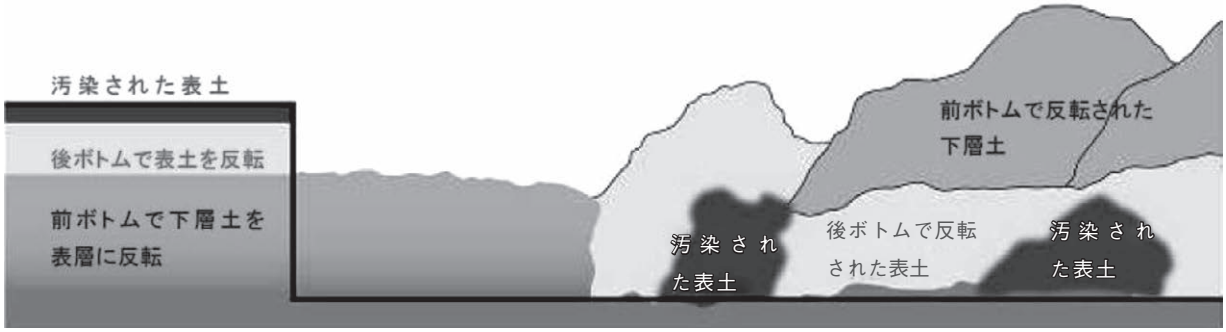


図11.19　水田2段耕プラウの作業断面模式図[3)]

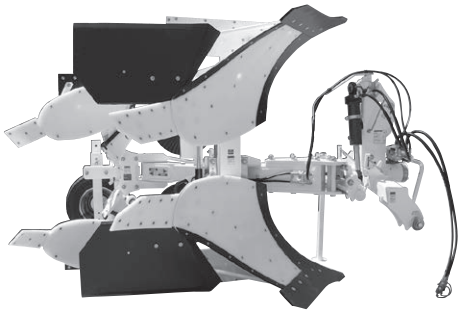


図 11.21　畑用２段耕１連リバーシブルプラウ [3)]

表 11.3　除染用に開発したプラウ [3)]

適用農地	トラクタ PS	プラウの種類	耕深 cm
水田	65～100	①二段耕1連リバーシブルオフセットプラウ	25～35
	105～135	②二段耕2連リバーシブルプラウ	25～35
	80～100	③丘溝兼用ジョインタ付き2連リバーシブルオフセットプラウ	25～35
畑	80～120	④畑用二段耕1連リバーシブルプラウ	25～35

11.3.3　プラウ耕後の整地均平作業

プラウ耕後は表層を鎮圧・砕土する必要がある。この機械にはロータリとパワーハローがある。ロータリは横軸回転で下層と上層を混和するため、汚染土を掻き上げる恐れがある。パワーハローは縦軸回転のために汚染土を掻き上げる恐れがなく効果を保ち、作業速度（4～8Km/hr)、作業能率（120 分 /ha 程度）はロータリの２倍であることから、パワーハローの採用を推奨する。図 11.22 にパワーハロー作業写真を示す。

水稲を栽培するためには均平が必要であり、レーザーレベラーや GPS レベラーを使用する。図 11.23 にレーザーレベラー作業の写真を示す。このように反転耕ではプラウとパワーハロー、レーザーレベラーをセットで用いることにより、優れた埋却効果を発揮することが可能である。

図 11..22　パワーハロー

図 11.23　レーザーレベラー

11.3.4　反転耕の効果（空間線量率の低下）

放射性物質が降下（フオールアウト）後に耕起していない圃場の空間放射線量低減率は、２段耕プラウで 74%～87%、改良型ジョインタ付プラウで 68% となり、大きな効果が得られた表 11.4 に反転耕に伴う空間放射線量率の変化を示す。

一方、フオールアウト後に耕起された圃場は、２段

表 11.4　反転耕に伴う空間放射線量率の変化

No.	地目	耕起状況	耕深 cm	プラウの種類	地上1m線量率 μSv/h プラウ前	プラウ、転圧後	低減率 %
1	牧草地	不耕起	45	畑用二段耕プラウ	1.30	0.17	87
2	牧草地	不耕起	45	畑用二段耕プラウ	2.13	0.41	81
3	牧草地	不耕起	30	水田用二段耕プラウ(開発機)	0.46	0.12	74
4	田	不耕起	30	ジョインタ付きプラウ(改良機)	1.63	0.52	68
5	田	耕起	30	水田用二段耕プラウ(開発機)	1.02	0.45	56
6	畑	耕起	30	水田用二段耕プラウ(開発機)	0.65	0.34	48
7	田	耕起	30	ジョインタ付きプラウ（改良機）	0.41	0.20	51
8	田	耕起	30	ジョインタ付きプラウ（改良機）	0.51	0.31	39
9	田	耕起	30	ジョインタ付きプラウ	0.69	0.41	41
10	田	耕起	30	ジョインタ付きプラウ	0.32	0.23	28

耕起状況：放射性セシウムが降下したと考えられる2011年3月以降に耕起したか不耕起かを示す。
低減率：（プラウ前の線量率－プラウ、転圧後の線量率）／ プラウ前の線量率×100

耕プラウで 48%～56%、改良型ジョインタ付プラウで 39%～51% となり、減少率は小さくなるが一定の効果は得られた。

11.4 宍道湖への水道管敷設工事 [4)]

島根県企業局では、県東部の慢性的な水不足を解消し、良質で安定した水道用水を供給するため、尾原ダムを水源として、雲南市加茂町三代地内で取水し 3 市 1 町に供給する斐伊川水道建設事業を行っている。宍道湖南部の水源から北部への水供給を目的として計画されたものである。宍道湖湖底管敷設工事は松江市宍道町東来待から松江市大野町までの区間 5.4Km に湖底プラウ（鋤）を引いて湖底に水道管を敷設する工事である。同工法は施工期間中でも漁業が可能なほど環境への影響が少なく、事業費や施工の安全性、維持管理から見ても他の工法と比較し最も適していると判断され採用された。図 11.24 に宍道湖位置図を示す。

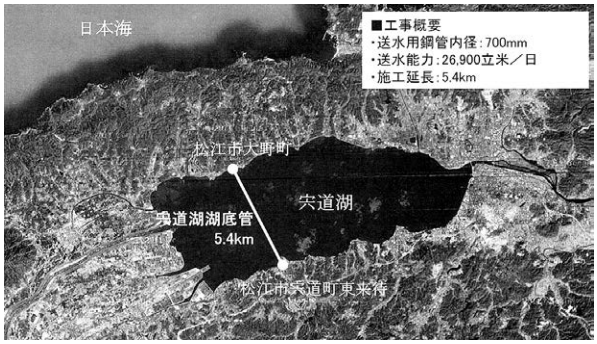


図 11.24　宍道湖位置図

本工事の湖底プラウ設計は、湖底で浮き上りがなく、安定した牽引をする必要がある。最適のけん引角度、水平サクション、吸いこみ力を求めるため、畜力プラウの一点曳きのけん引方法を参考に設計した。図 11.25 は参考にした畜力けん引線を示す。また、けん引角度、水平サクション、吸いこみ力確認のため、縮尺 1/10 水槽モデルを工場敷地内に作成し、縮尺 1/10 の実験機で水中でのけん引状況、溝の保持パイプ負荷等を確認し設計のデータとした。図 11.26 に湖底プラウけん引実験風景を示す。これは、対岸（松江市大野町）に設置した曳航 150t ウインチ（ワイヤー径 8.5cm、ウインチ径 2.5m）で湖底プラウと水道管を引張り、プラウで湖底を掘削しながら、内径 700mm の送水管を布設するものである。布設工事は 2006（平成 18）年 7 月開始 8 月に予定通り完了した。

図 11.26　湖底プラウけん引実験風景 [3)]

図 11.27 に鋤曳航工法概要図を示す。図 11.28 に鋤浚渫工と布設パイプを示す。図 11.29 に組立て中の湖底プラウを示す。図 11.30 に湖底プラウ概略図を示す。

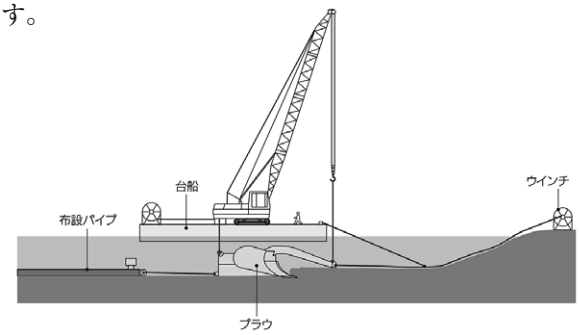


図 11.27　鋤曳航工法概要図 [3)]

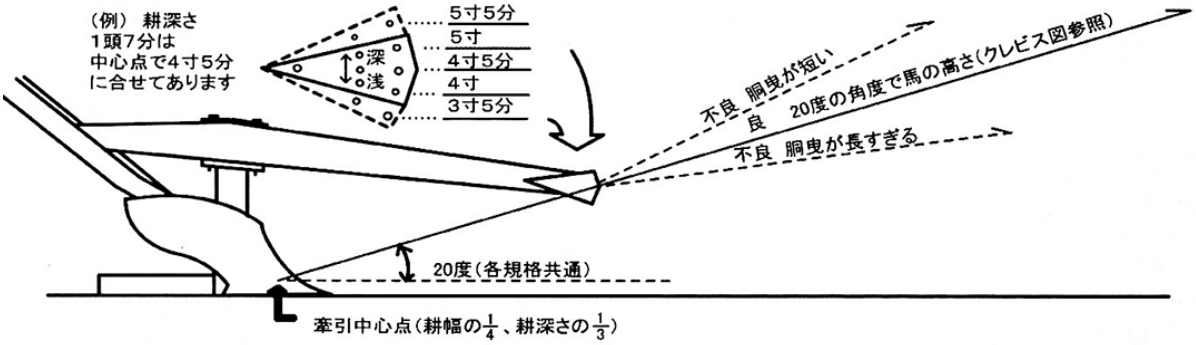
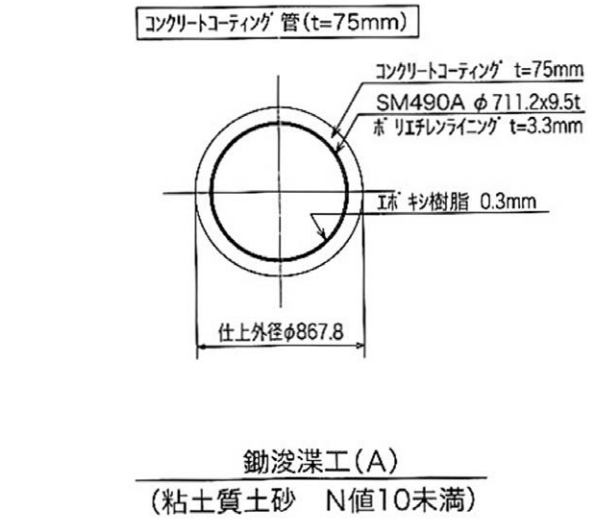


図 11.25　参考にした畜力用プラウけん引線 [3)]

本工事を通して海底工事が多種多様にあることを知った。プラウ耕がどこまで有効かは直ぐには結論を得ないが、掘削・反転が営農外でも可能な事が確認できた。



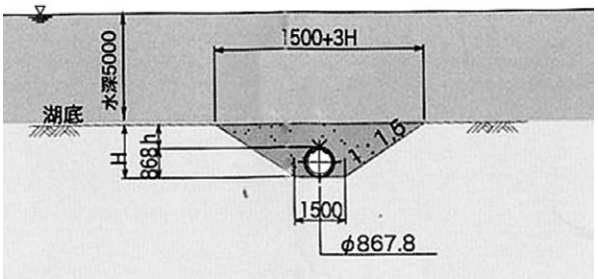


図 11.28　鋤浚渫工と布設パイプ [3)]

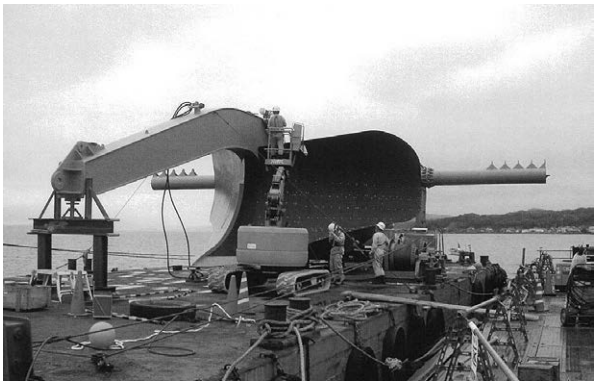


図 11.29　組み立て中のプラウ [3)]

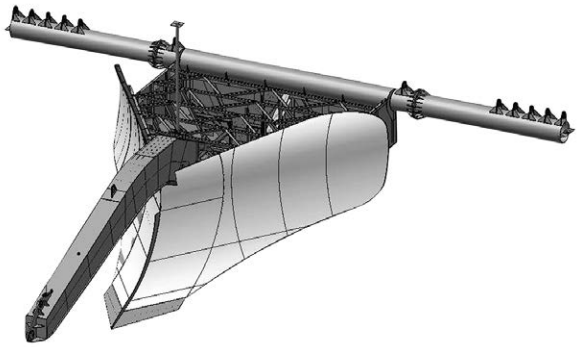


図 11.30　湖底プラウ概略図 [3)]

引用文献

1)　北海道農業開発公社十年史　昭和 55 年 6 月 1 日

2)　スガノ農機、反転均平工法研究会作成カタログ 2015 年 3 月 15 日

3)　スガノ農機内部資料

12 土耕機（プラウ・サブソイラ）等の生産方式

12.1 畜力時代のプラウ生産の先駆け [1)]

プラウは明治維新期に欧米より導入されたことは、第4章で述べた通りである。

西洋式農機具を製作する民間企業の発祥の地は、有珠郡紋鼈（もんべつ）（現在の伊達市）であった。西洋農機具の先進地であった紋鼈は、農機具製作への着手もすこぶる早く、すでに1876（明治9）年に岩本米次郎が製作を開始したと伝えられる。これは民間における西洋農機具製造の嚆矢である。その後1884（明治17）年に、同じ紋鼈の鉄砲鍛冶江田盛造が浸炭法による表面鋼化法つまり炭素焼きによるプラウ製造の方法を考案し、撥土板の耐久力を増加するという農機具製作上画期的な業績を上げた。盛造は鹿児島県出身の刀鍛冶で、我が国にはじめて軍隊が創設されたころ東京に出て銃剣を納入していた。そのころ子息の江田彦左衛門が技師として紋鼈製糖所に勤務していた関係から、盛蔵も来道した。1885（明治18）年に紋鼈製糖所はアメリカからジョン・デーア（John Deere）のプラウやカルチベータを輸入した。国産品に比較して高価ではあったが、耐用年数は長かった。その原因を究明して、国産品の改良をはかれば、低廉なプラウがもっと農家に普及するはずであると製糖所技師から指摘されて、ジョン・デーア（John Deere）の材質および構造を仔細に検討した。炭素焼きの方法によって銃剣を製作した過去の経験を生かして、ついに炭素焼きによる国産プラウを完成した。刀鍛冶の手法が西洋農機具の製作に寄与したのである。江田盛造の炭素焼きプラウは、彼から直接・間接的に教えを受けた門弟小西力蔵、瀬川三造らによって受け継がれ「伊達のプラウ」の評価を高めるにいたった。なお炭素焼きの手法は、彦左衛門がその後一時札幌鉄工所の建設に関係したことから、札幌にも伝えられ、多少手法が異なるが、札幌においても炭素焼きが開始されたと云われている。図12.1に最初に輸入されたジョン・デーア製プラウ、図12.2に江田盛造の炭素焼きプラウに付した焼印を示す。

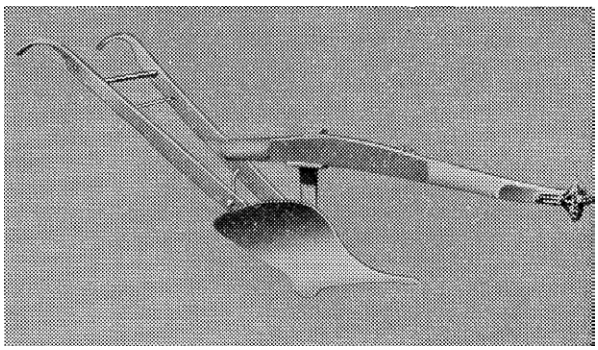


図12.1　最初に輸入されたジョン・デーア製 [1)]

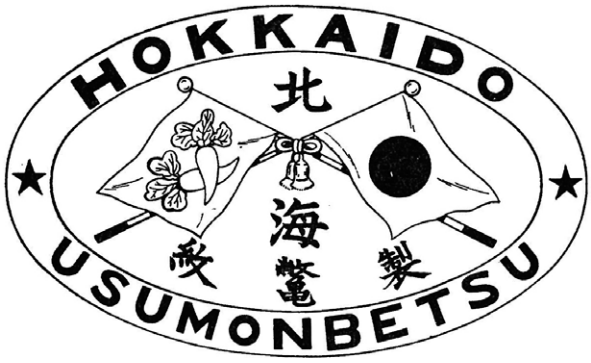


図12.2　江田盛造の炭素焼きプラウに付した焼印 [1)]

12.2 国産畜力プラウの研究と製造

畜力プラウの研究については、北海道農業試験場報告第35号「北海道に於ける再墾用洋犂に関する調査成績、1935（昭和10）年9月発行」に記載されているが、その内容は国産化を目指し、日本の土壌に合致した性能を目指して調査・研究した、先人達の報告書である。犂の試験報告書としては現代に至るまでこのように内容の充実したものは無く、如何に農機具の中で犂が重要な位置を占めていたかが理解できる。調査内容を見ると、供試洋犂は北海道内の犂製作所37社が製作した二頭曳き再墾用洋犂83台であった。北海道における当時の主要な機種をほとんど網羅していた。

なお、37社の内現在農機具メーカーとして存続しているのは二社であり、プラウを生産しているのはスガノ農機（株）一社のみである。以下にこの報告書に記載されている図を添付する。

図12.3に畜力プラウ各部の名称を示す。図12.4に

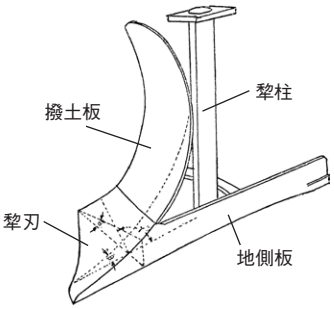


図 12.3　畜力プラウ各部の名称 [2)]

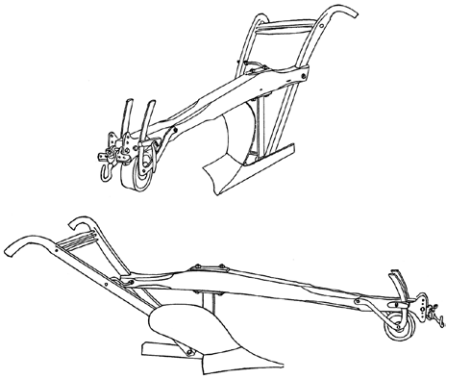


図 12.4 木製犂轅を有する洋犂の構造図 [2)]

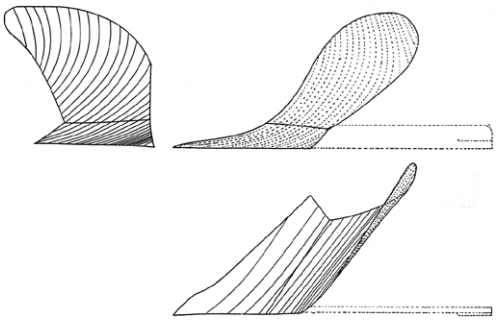


図 12.5　B 型撥土板曲面線図 [2)]

木製犂轅を有する洋犂の構造図、図 12.5 に B 型撥土板曲面線図を表わす。

1963（昭和 38）年頃の畜力プラウの製造方法について、畜力プラウ製造の経験をもつ五十嵐義彦（現スガノ農機）の経験談に基づいて記述する。シエア・ランドサイドヒール部は、火床（ほど）で焼いた鉄をスプリングハンマーで刃先および刃部形状に作り、刃部はグラインダーで研削して刃付した。シェア先端部は、耐摩耗性に優れた SK3 材を沸かし付けし、グラインダーで研削して形状を作った。モールドボードについては、切断加工はシャリングで行い、外形形状は加工が単純な直線の組合せで行った。焼入れ前に脱炭部除去のため、グラインダー研削とバフ研磨を全面に掛けた。1960（昭和 35）年頃までは固形浸炭処理を行っていた。浸炭処理時間が長いうえに硬化層が薄く耐久性にも劣り、改良が求められていた。1961（昭和 36）年以降は炭素工具鋼と一般構造用圧延鋼材の三層鋼板が開発され、モールドボードの性能は向上した。またシェアは 2 層鋼板になり安定した性能が保たれた。シェアとモールドボードの段差隙間は、グラインダーですり合わせを行い、隙間の出ないよう組立した。組立後再度シェア、モールドボードとの境目の段差が出ないようにし、取り付けボルト穴は、全てタッピングネジを立てた後、モールドボード表面のボルトの出っ張りを無くすため、アセンブリ後にバフ研磨した。土壌付着、牽引抵抗削減のため土の流れるボトム表面を鏡面になるまで仕上げた。土の流れに沿ったバフ研磨目を吟味した作業で、特にモールドボードの焼きむら（焼入れ不良）の検査は厳しかった。

畜力時代のプラウ作業における土壌付着については、現在のようにプラスチックの効果が分かっておらず、曲面と面仕上げの良し悪しで決まるとされていたので面精度を出すのに気を使った。モールドボードの段差はけん引抵抗を増加させ、けん引する馬の負担が大きくなるので、緻密な仕上がりが必要であった。

図 12.6 に畜力用再墾プラウ、図 12.7 に畜力用リバーシブルプラウ、図 12.8 に当時の工場を示す。

1963（昭和 38）年当時、工場で使用された主な設備は、フリクションプレス（摩擦プレス）50 屯、スプリングハンマー、クランクプレス 50 屯、パワープレス 30 屯、重油炉 1200 度、シャーリングマシン、電気溶接機、切断機、汎用旋盤、枝型ボール盤、バフ研

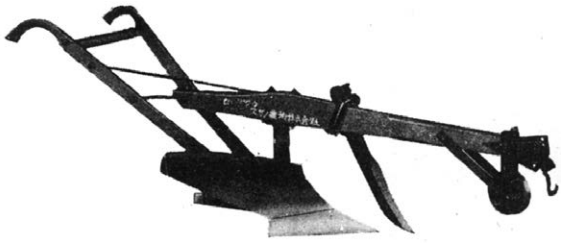


図 12.6　畜力用再墾プラウ（菅野農機）[3)]

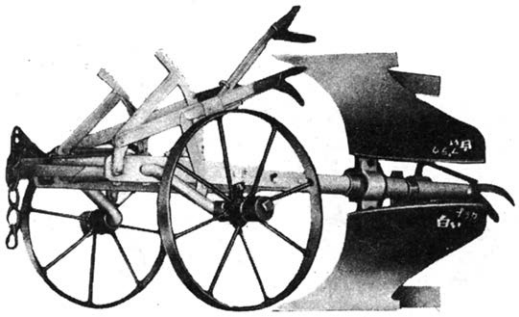


図 12.7　畜力用リバーシブルプラウ（菅野式）[3)]

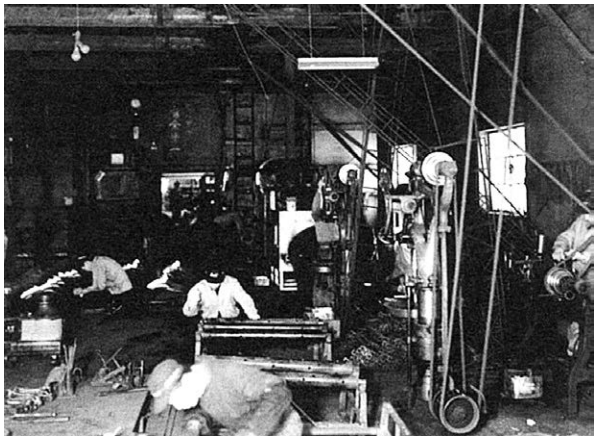


図 12.8　当時の工場 [3)]

磨機、手吹き塗装設備などであり、現在のようにNC（数値制御機械）機はなかった。現在と違い、手造り主体で生産された製品を見ると実に丁寧に作られており、けん引する馬に対する気遣いを感じることができる。

12.3 新材料の開発と熱処理および生産設備

最近輸入される海外（ドイツ、スエーデン等）の大型プラウは製品全体に熱処理加工を施され、軽量・強靭で耐久性に優れた製品が主流である。プラウ耕は大きなけん引力を必要とするが、軽量のトラクタが相手であっても重量バランスが取れ、牽引抵抗が少なく反転性能の高いプラウが望まれる。そのために製品の軽量化と強靭化が求められる。以下では、スガノ農機の開発を例にとって説明する。

製品全体に熱処理加工を施し、精度を向上させるために、新材料の探求と焼き入れ用プレスの開発を進めた。

12.3.1 材料の開発

製品の軽量化と耐久性向上のためには部品の成形一体構造を取り入れ、熱処理加工を施す必要がある。新材料開発の条件として下記の4項目を目標とした。

①熱処理加工は冷却能力と作業環境を考慮し、水を冷却剤として使用すること。

②耐摩耗部品にも適用できるよう、十分な焼き入れ硬度が得られること。

③フレームの構造材として使用するため溶接が可能であること。

④成形と同時に水焼き入れが可能であること

土耕機（プラウ、サブソイラー等）の部品は、縦横200cm × 30cm、板厚25mm、重量40Kgの大きいものから1kg以下の小物まで多種多様である。熱処理は連続式無酸化加熱炉で850℃まで加熱し、水冷却によるプレスクエンチ焼き入れを行い、200℃の焼き戻しを行う、という手順で行った。

焼き入れ性と作業環境を考慮して冷却剤は水を使用した。当初は市中にある材料でテストを繰り返したが、焼き入れ時の割れの発生や熱処理後の溶接時の割れの発生があり、品質の安定性に問題があった。市場には採用できる材料規格がなかったので、1976（昭和51）年～1978（昭和53）年までN鋼管株式会社と共同研究を行い、水焼き入れで硬度HRC47～51（注1）の鋼材を得ることができた。さらに、本材料は耐摩耗性に優れ、予後熱は必要であっても溶接が可能な材料であり用途も広がった。最も苦労した熱処理時の、材料の2枚割れの問題も解決し、構造材としても耐摩耗性製材としても、広い範囲で使用できる材料の開発に成功した。熱処理品の品質は材料が保証されていることが基本であるが、本鋼は現在、スガノのオリジナル鋼としての位置を確立するに到っている。開発当初からすると若干の成分変更等は生じているが、最重要材料として使用している。図12.9にスガノオリジナル鋼の引張り強度を示す。

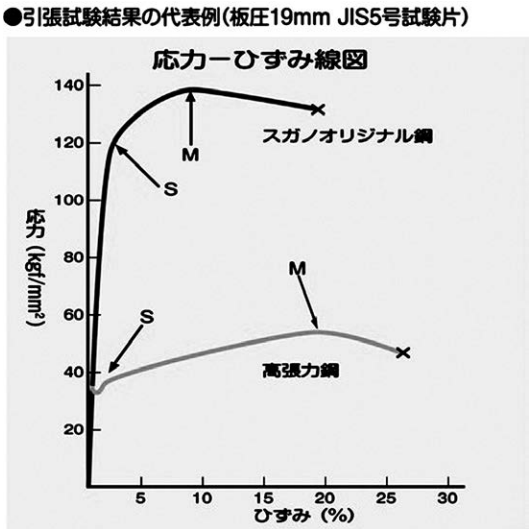


図 12.9　スガノオリジナル鋼の引張り強度 [3)]

12.3.2　プレスクエンチ＆水中ジェット焼入れ装置

熱処理の欠点は熱処理後に歪が発生して寸法が狂うことであった。従来は歪取り作業を摩擦プレスで行っていたが職人芸であり、作業時間も長かった。慣れるまで長年要したことと単純作業であることが嫌われ、この職種の希望者がいなかった。したがって、生産数量が増えるにつれて、歪取りのいらない熱処理方法を開発する必要に迫られた。スガノ農機は成形と同時に

冷却する、大型部品用のプレスクエンチ（成形同時焼入れ）方式、小型部品用の水中ジェット焼き入れ方式の開発を行った。

プレスクエンチ方式の開発では、1974（昭和 49）年～1978（昭和 53）年に 250t 油圧プレスを使用して基礎実験を行って各種データを得た。この基礎実験から焼入れと成形の同時処理が可能であることを確かめ、同時に焼入れ硬度が設定値に入っていることや歪量が減少していることも確認した。

1980（昭和 55）年の茨城工場建設時に、それまでの開発結果を基に、熱処理方式としてはプレスクエンチ方式を採用することとし、関連設備を導入した。クエンチングプレス一号機は K 社製 1000t で、テーブル面積は 2m × 1m、日本で最初のクエンチングプレスであった。冷却媒体としては環境負荷・汚染のない水を選んで水焼入れ方式を採用した。これにより、作業環境の悪化も来さず、冷却媒体の管理も容易になった。冷却水槽は容量 150t で、焼入れ性能安定のために冷却能力 32.6t/ 日の冷凍機で冷却水槽の水温を 20℃以下に維持している。冷却水槽から水ポンプでプレスに装着した金型に送って焼入れを行っている。この方式による焼入れの対象となるのは大型部品、平物部品である。小型部品の焼き入れはスガノ農機が開発した設備を使って、行っている。この焼入れ装置は、150t 冷却水槽にエレベータ装置を設置したものである。材料を挟んで金型にセットし、エレベータを下げて冷却槽に入れることにより、焼入れを行う。この設備は部品毎の冷却時間管理も可能で、加工品の品質、作業性、能率面のどれをとっても他に類例をみない。この方式を水中ジェット焼き入れ方式と呼称し熱処理の品質向上に取り組んでいる。

図 12.10 にクエンチングプレスの冷却水の流れを示す。図 12.11　にプレス用金型の構造を、図 12.12 に冷却水の噴射状況を示す。また、図 12.13 にクエンチングプレスを、図 12.14 に水中ジェット焼き入れ装置を示す。

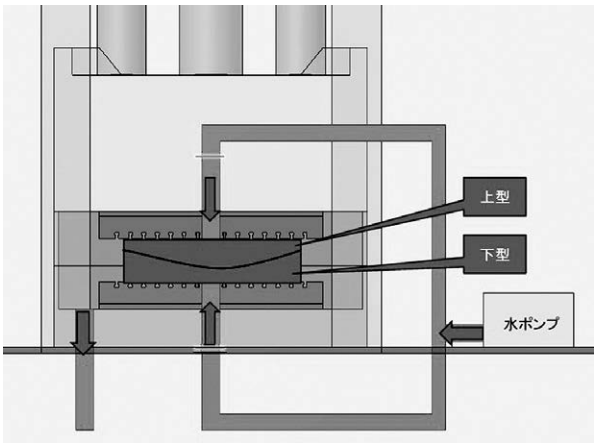


図 12.10　クエンチングプレスの原理 [3)]

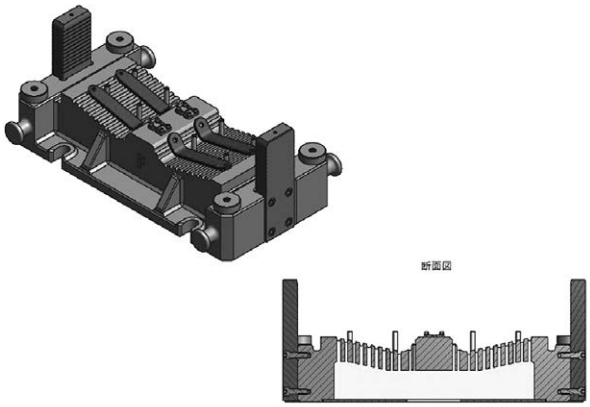


図 12.11　プレス用金型 [3)]

図 12.12　水の噴射状況 [3)]

図 12.13　クエンチングプレス [3)]

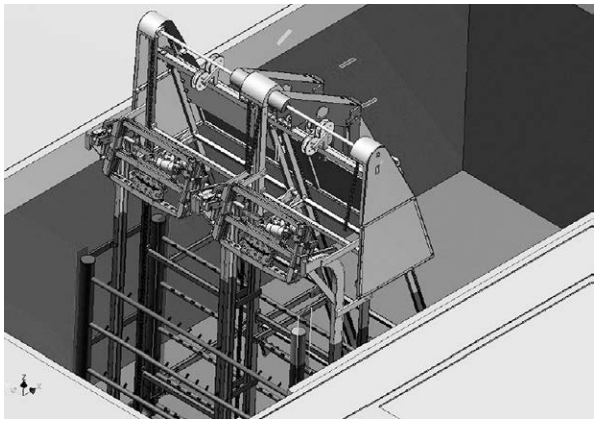


図 12.14　水中ジェット装置[3)]

12.3.3　プラスチック成形加工

第 5 章において、日本は火山灰土壌が多く、土壌付着の回避がプラウ耕での大きな課題であることを述べた。畜力プラウ時代から土壌付着の回避を求めて曲面を追求し、モールドボード材の熱処理や面仕上げに多大の労力を費やしたことは説明したとおりである。

こうした苦労の末、プラスチックが土壌付着対策に威力を発揮することを発見して、プラウ製造は大きな転換点を迎えることになった。プラスチックの材料面の研究を進め、1968（昭和 43）年に到って、超高分子量ポリエチレン（120 万分子量）が耐摩耗性、耐衝撃性に優れ、水滴接触角が 90 度で、土壌付着が無く、モールドボードの面材に使えることが分かり、テストを重ねた後、製品化に成功した。同年に YF（F ポイントタイプ）YE（S 型シエアガンネル無し）タイプを発売した。初めての生産で 1 日に 5 ボトムを生産することができた。開発当初は 3 次元曲面にプラスチックをボルト止めすることに苦心した。

こうなると、次の課題は製品組立て時の取付け方法や摩耗時にユーザが交換する際のことを考慮して、より適切なプラスチックモールドボードの成型方法を開発することであった。当時使用していたプラスチックモールドボードは常温では硬くて組み付けが出来ず、曲面に温間成形をして組付けることとなり、このための加工方法の開発を行った。

1968 年には液温が 120℃のグリセリン液を使用して加熱後、挟み型で温間成形した。成形したボード板をボトムベットに取付け、順次穴あけをして皿ボルトで取付けをしたが、加熱時間が長く能率に問題であった。加熱方法をボイラーに変更して、蒸気温度 120℃で挟み金型で温間成形後、水冷却し曲面を維持した。しかし時間の経過と共に曲面精度が悪くなる問題が発生した。ボードの曲面精度と作業能率を向上させるため、温度・時間管理が正確に行える遠赤外ヒーターを使用した連続樹脂加熱炉を 1996（平成 8）年に導入した。樹脂溶融点直前（物温 136℃）まで加熱し、アルミ製の精密金型を使用して冷却した。この結果、プラスチックモールドボードの曲面精度が上がり、曲面の戻りもなく製品の品質が向上した。

海外メーカーも日本市場向けに樹脂製の製品を開発して輸出している。この中には極厚でベットの無い物もある。プラスチック製プラウは、モールド面の偏摩耗、取付け法も含めてまだまだ研究の必要性があると考えている。図 12.15 にプラスチック成型作業の状況を示す。右側が連続樹脂加熱炉、左側が冷却水槽である。

図 12.15　プラスチック成形装置[3)]

12.3.4　粉体焼付け塗装

農業機械は屋外で使用するため雨水や土埃に曝される。また石礫等の障害物も多く、使用条件は過酷である。保管も長期間屋外に置かれるのが普通であり、厳しい条件下にある。このような製品では塗装が極めて重要である。

1973（昭和 48）年までは、溶剤型塗料のデッピング方式により全体塗装を行い、仕上げ塗装を静電吹付け塗装で行っていた。しかしこの方法では、膜厚が薄く耐錆性が悪い、乾燥時間が長いために作業能率が低い、シンナー溶剤を使用することによる作業者の健康被害、防火対策が必要、といったような多くの問題があった。これらの問題を解決するため 1974（昭和 49）年に粉体塗装を導入し、塗膜性能の品質の向上と作業の安全を図った。図 12.16 に粉体塗装用の装置を示す。

粉体塗装技術の応用として生まれたのが、プラスチック粉末のボードへの吹き付け・焼き付け技術である。部品表面を土が流れるシエア・シン・スチール

図 12.16　粉体塗装装置 [3)]

モールドボードでは土壌付着を避けるため、当初はバフ研磨を行っていた。この作業は重労働で、粉塵も発生し健康面での問題があり、さらに危険も伴うことから、その改善に苦慮していた。プラスチックプラウの開発で、樹脂がモールドボードへの土壌付着を防ぐ上で効果があることは分かっていたので、プラスチックの粉を粉体塗装装置でシエア・シン・スチールモールドボードに吹付けて焼付け出来れば、薄い（0.2mm）膜が出来て土穣付着が無く、土の流れで耕起作業中に自然に研磨状態になると考えた。各種樹脂の粉を実験した結果 , 接着性ポリオレフインの粉が適していることが実験で証明された。この接着性ポリオレフインは土の中に入る部品に塗布することによりプラウ以外の土耕機にも採用された。本工法はスチールモールドの無研磨工法として世に認められている。

日本農業は小規模農業から大規模農業までトラクタ馬力でも 15PS～200PS と幅が広く生産品目もそれに合わせ多機種にわたる。上述のように、過酷な条件下に置かれる土耕機（サブソイラ、プラウ、スタブルカルチ、レベラー）では、耐久性を確保する上で塗装が重要な工程である。今後も塗装の研究は継続して進めなければならない。

注 1　硬度 HRC47～51　ロックウエル硬さ C スケール
主に熱処理を施した鉄鋼材料の硬さを表す数値である。測定が簡単で測定者による誤差が少ない。硬さの記号は HR で表し、その後に測定のスケール（圧子の種類と試験荷重）を記す。例えば円錐圧子を用いて 150kgf の試験荷重で測定を行った場合は C スケールとなるので HRC と表記する。焼き入れ前の材料硬さは HRC18 前後で軟らかい。

参考文献

1)　尾谷正二：「北海道農業発達史 I」，中央公論事業出版，1963 年
2)　北海道農業試験場報告第 35 号
3)　スガノ農機内部資料

13 あとがき・謝辞

本論文執筆中の2015年10月にTPP（環太平洋戦略的経済連携協定）交渉が大筋合意で将来的には関税が無くなり、海外農産物との価格競争が大きな課題になる。

現在食料自給率が40%を切り政府目標とは離れるばかりである。食生活の変化もあるが、先進国の中では最低の自給率であり、将来どこまで輸入農産物に依存していくのかについての基本方針を出す必要があろう。また国産農産物はどのような位置付けで取組むのか、日本農業がどの方向に進むべきかを明確にする事が重要と考える。

各国との平均経営面積の比較をすると、日本平均2.27ha、北海道22.3ha, アメリカ170ha, ドイツ56ha, イギリス79ha, オーストラリア2970haであり、国土に占める農地の割合は日本11.2%, アメリカ41%、ドイツ47%オーストラリア53%である。他国との差が著しく、現在わが国で考えているような農業の大規模化による競争では解決しない問題と考える。日本の場合規模拡大もさることながら農地の集約化と合せて栽培の効率化を図らなければならいと考える。

消費者が価格第一ではなく、安全・安心の食べ物を求めるのは当然であり、そのためには、取組む課題は①環境保全型農業への取り組み②有機農業への取り組み③環境負荷の低減下での生産性維持を図る防除手法④気候変動と農業生産面への対応が必要である。

この度テーマに取り上げた耕起作業の中での反転耕（プラウ耕）は作物を栽培する上で最も重要な土の物理性に関係することである。すなわち「土づくりはなぜ必要か」という問に対して①良い品質の作物を②低コストで③安定的に生産できる基盤を作ることであるという答が導き出された。

農業は屋内で生産活動をする製造業とは違い、太陽・土・水いわゆる自然の中で営む産業である。気象により高温, 低温, 小雨, 多雨、風等の厳しい条件の中で農作物を栽培する。また土づくりに関する知識・技術、栽培に関する知識・技術等がなければ持続可能な農業は期待できない。

農作業の作業体系の1例を示すと、①排水対策（サブソイラ、プラソイラ、溝掘り機）②施肥、堆肥散布（ブロードキャスター、マニアスプレッダ）③耕起（ボトムプラウ、ロータリティラー、駆動型デスクプラウ、スタブルカルチ）④砕土・整地（ロータリハロー、バーチカルハロー、デスクハロー、レーザーレベラー）⑤播種・移植（ドリル、田植え機、プランター）⑥防除（スプレイヤー）⑦追肥⑧収穫（コンバイン、ハーベスタ）⑨乾燥・調整（乾燥機、もみすり機、選別機）と、作業工程は9工程になり、それぞれに適期がある。

プラウ耕を始める前には耕起前の排水対策や土層改良、土壌改良の必要性を理解しなければならない。更に播種前には砕土整地作業の適正化が必要であり、土耕作業の良し悪しが、その後の各種作業の適期実施に影響する。これらは更に生育状況にも関係し収穫時期や品質にも影響を及ぼす。

農業が始まって以来、種を蒔くために土を反転する、破砕する、放擲する事は必須であり、そのための道具が棒から始まりそれに柄をつけ鍬の形態になった。ここまでは人間が動力源であった。更に効率を図り家畜に動力を求め畜力用犂の発展に繋がった。水田は牛に引かせた鋤、畑は馬に引かせた犂が畜力用として完成した。それが現在のプラウの基本である。現在の動力源はトラクタになり更に大型化し踏圧による問題が提起されている。更に経営規模の拡大により作業面積の消化のため耕起深を浅くしてプラウ耕の能率を上げているケースもある。経営規模拡大の拡大と共により確実な土づくりが基本と考える。

プラウ耕を主とした北海道の農業が比較的スムーズに進められた背景には開拓使・北海道庁の計画達成への強い意欲と、指導のために招聘した、ケプロンをはじめとする欧米の指導者の熱意があった。

また開拓使の一つの制度であった外国人技師について、その作業を手伝いながら実地に技術を学ぶ農業現実生制度による生徒の熱心な技術習得努力や普及活動がアメリカ、ドイツ、イギリスからの輸入農機具の普及につながった。日本が大規模農業経営に乗り出したとき、既に欧米には技術の蓄積があり、明治維新期において他産業同様、海外技術の習得を如何に果し日本での普及につなげて行くかが大きな課題であった。

プラウ（洋犂）は日本の土壌に適応できず土壌付着問題解決が大きな課題であり、また動力源の馬も馬体が小さく輸入されたプラウは大きく性能を十分発揮できなかった。北海道は特殊土壌と呼ばれる火山灰土、泥炭地、重粘地が多く土層改良、土壌改良が必要であった。先人達はよくこの困難を克服し、その成果は6章に述べる様に増収効果に結びついた。

また、畜力プラウの研究については、北海道農業試験場報告第35号「北海道に於ける再墾用洋犂に関す

る調査成績、1935（昭和10）年9月発行」がある。その内容は国産化を目指し、日本の土壌に合致した性能について試験研究した、先人達の報告書である。北海道における食料生産の重要性を鑑み、耕起作業はプラウ耕が主体で且つ、深耕が可能なボトムの重要性を意識した研究を展開している。

現在国内プラウメーカーも激減しているが国内の土を知り尽くしているメーカーが大規模化に対応できる高速の深耕タイプのプラウを開発することが急がれている。反転耕に対しての研究者も少なく、これからの日本農業を考えると強化しなければならいことを提言する。

また、これからの日本農業は食の志向が変化してきて米の需要は伸びる事はないのではないかと考える。これからは水田圃場の活用が重要である。水田で野菜、麦、大豆栽培が出来るような地下水位制御・明渠・暗渠ができる汎用田にしていくことが必要である。水田の新しい耕起法も7章で記述した。参考にしていただきたい。

本論文が今後の日本の農業の発展に些かなりとも参考になれば幸いである。

本報告書は多くの方にご指導ご協力を戴き執筆する事が出来た。感謝の意を表する。

執筆の機会を戴いた元（独）農業技術研究機構　中央農業総合研究センター作業技術部室長　行本修氏(現新農業機械実用化促進株式会社)、筆者が農機具開発技術者としてスタートして以来、農業全般に至るご指導を頂き、且つ本論文をまとめるに当って種々の資料をご提供下さり、過去の試験データーの解釈まで詳細にわたりご教示いただいた、元北海道農業機械工業会専務理事　村井信仁氏、資料提供や活発な議論に協力いただいたスガノ農機株式会社の今井和春氏、田村政行氏、松本義徳氏、谷山英俊氏、渡辺桂氏、松下光紀氏、石坂忠宏氏、相沢早苗氏、斎藤元子氏に謝意を表する。

戦後の農業情勢と土耕機（ボトムプラウ）の開発経過の系統図

年次：1945（昭和20）・1950（昭和25）・1955（昭和30）・1960（昭和35）・1965（昭和40）・1970（昭和45）・1975（昭和50）・1980（昭和55）・1985（昭和60）・1990（平成2）・1995（平成7）・2000（平成12）・2005（平成17）・2010（平成22）・2015（平成27）

社会情勢

- ●第二次世界大戦終戦
- ●ポッダム宣言
- ●物価統制令
- ●ガリオア資金の米国の対日食料援助打切り
- ●東京タワー完成
- ●国連加盟
- 神武景気
- ●ヨーロッパ経済共同体EC発足
- ●GNP世界第2位となる
- ●平均寿命世界一になる
- いざなぎ景気
- ●第1次オイルショック
- ●成田空港開港
- ●第2次オイルショック
- ●日本海中部地震
- ●チェルノブイリ原発事故
- ●消費税3%スタート
- ●つくば科学万博開催
- ●青函トンネル開通
- バブル景気
- ●阪神・淡路大震災
- ●製造物責任（PL）法施工
- ●消費税5%スタート
- 東日本大震災M9と福島原発事故●
- 衆院選自民党圧勝、政権復帰●
- 消費税8%スタート●

農業情勢

- ●農地調整法改正
- ●食料緊急措置令
- ●農林省食糧増産5年計画
- ●GHQ緊急開拓事業中止命令
- 農業基本法公布●
- ●山村振興法制定
- ●米の完全自給達成
- ●自主流通米制度の発足
- ●農政審議会80年代の農政の基本方向
- ●みかんの生産調整開始
- ●答申「日本型食生活」「食料安全保障」
- ●農地3法
- ●「新しい・食料・農業・農村政策の方向」公表
- ●戦後最悪の米の不作
- ●日米農産物交渉合意（牛肉・オレンジ自由化）
- ●食料管理法廃止・食糧法制定（管から民へ）
- ●国内初のBSE（狂牛病）確認
- 民主党政権個別保障開始●
- TPP協定大筋合意●
- ●宮崎で家畜伝染病口蹄疫発生

農業期区分

- 耕土改良/トラクタ営農萌芽期
- 賃耕期
- トラクタ営農黎明期
- トラクタ営農定着期
- 一貫体系成立期
- 4年輪作体系の確立
- 道産米特 A評価
- 高品質化高性能化時代
- ●低コスト稲作直播導入（乾田直播・湛水直播・折衷直播）
- ICT農業

主なる土層改良関連事業

- ●緊急機械開拓事業
- ●北海道耕土改良第１次７カ年計画
- ●北海道総合開発第１次５ヶ年実施計画
- ●北海道総合開発第１次５ヶ年計画
- ●北海道耕土改良第２次７カ年計画
- ●北海道総合開発第２次５ヶ年実施計画
- ●北海道総合開発第２次５ヶ年計画
- ●特殊重粘土壌等改良事業
- ●北海道総合開発第３次５ヶ年計画

トラクタの変遷

- 小型（10～30ps）
- 中型（40ps）
- 中型（50ps）
- 中型（60ps）
- 大型（100ps）
- 超大型（160ps～）

国産トラクタの変遷

- 小型（10～20ps）
- 小型（30ps）
- 中型（40～60ps）
- 大型（100ps）
- 大型（120ps～）

畑作における耕起深

- 15～20cm
- 20～25cm
- 25～30cm
- 30～35cm

用途開発区分

- ◎ホイールトラクタ用プラウ開発期
  - ●土壌付着対策模索期
  - ◆土層・土壌改良プラウ開発期
- ◎大型プラウ開発期
  - ◆深耕プラウ開発期
- ◎プラウ耕高水準期
  - ※水田用プラウ開発期
- ◎ホイールトラクタ超大型プラウ開発期
  - ※水田用レーザレベラ・レーザプラウ開発期
  - ※水田用プラウ開発期
- フロント作業機開発期
  - スタブルカルチ開発期、□海外製品リバーシブルプラウの輸入増大

開発経過

- ◎畜力双耕プラウ
- ◎畜力双輪プラウ
- ◎（多用途）ジープ用プラウ開発
- ◎国産リバーシブルプラウ開発
- ●（土壌付着）複合プラウ開発
- ●（土壌付着）格子型プラウ開発
- ●デスクプラウ
- ●アジャストプラウ開発
- ▲心土耕プラウ
- ◎（耐摩耗性）バーポイントプラウ開発
- ◎（畦際耕起）水田オフセットプラウ開発
- ◎草地プラウ18－20×３
- ●（土壌付着）プラスチックプラウ
- ◆（土壌改良）心土肥培耕プラウ開発
- ◆（土層改良）２段混層耕プラウ開発
- ◆（土壌改良）心土反転客土耕プラウ開発
- ◎クローラトラクタ直装式プラウ開発
- ◎国産新機構リバーシブルプラウ開発
- ◆（土層改良）深耕プラウ24×１開発
- ◆（土層改良）深耕プラウ30×１開発
- ◆混層デスクプラウ60×１開発
- ◎安全装置付きプラウ開発
- ◎水田用 12×8 開発
- ◎田畑輪換 14～16×6開発
- ■（均平）直装式レーザレベラ開発
- ■（均平）牽引式レーザレベラ開発
- ◎直装式レーザプラウ開発期
- ◆（排水、土層改良）新型心土耕プラソイラ発明
- □海外製品
  クーン（ドイツ）、クバナランド（ノルウエー）、レムケン（ドイツ）、オバーラム（スウェーデン）、ダズウエル（イギリス）

開発された新技術

- 欧米の模倣からの脱却し日本の土壌に適した曲面を持ったボトム開発
- 浅耕から深耕へ
- 世界で最初の土壌付着のないプラスチック製ボトムプラウ
- 水田転作で稲から畑作へ転換畔際耕起（水田転作開始）
- ジャーガル、島尻マージ、国頭マージの強粘質、強固結土壌用沖縄用プラウ
- ツイストコールタ、2Pクロスシャフト、アクスル機構を持つ日本独自のリバーシブルプラウ
- 高品質な稲栽培を可能とする水田用プラウ
- 心土を8cmの幅で耕起し土層に空隙をつくり排水性の効果が高い日本独自の心土耕発明
- レーザレベラ・プラウを組合せ田畑輪換での稲・麦・大豆の輪作を最適化する圃場作りを可能としたシステム
- 大型多連プラウによるオート可変16～20×6連
- 多様化する耕起方法への対応

北海道農機業界の歩み

- 北海道農機具工業株式会社設立（S19）
  道内農機具メーカー23社参加
  昭和21年参加各社分離独立
- 北海道農業機械工業会設立（S33）
  農機研究機関総動員の農機性能試験
  土壌付着テスト
- 社団法人北海道農業機械工業会となる
- トラクタと作業機のマッチング寸法刊行
  優良農機施設開発改良表彰の実施
- 大規模畑作野菜等
  機械化推進現地検討会
- PL法対策研究会
  ドイツ農機工業会と技術交流

反転鋤込み耕（ボトムプラウ耕）の産業調査資料　所在確認

番号	名称	製作年	製作者	資料種類	資料現状	所在地	選定理由
1	上下反転自由プラウ 1頭7分曳	1960年頃	スガノ農機株式会社	量産品	展示	土の館（茨城分館）	国産化畜力プラウの代表的製品である。畜力時代後半の製品で、各地の土壌に合わせた深耕を可能とし、生産性の向上に寄与した。牽引する馬の負担を少なくすることに配慮し、ボトムの仕上げを滑らかにしてけん引抵抗を少なくしている。
2	プラスチックプラウ GY16×4	1972年	スガノ農機株式会社	量産品	展示	土の館（北海道本館）	ボトムへの土壌付着を無くすためにボトムにプラスチックを採用した、日本オリジナルの製品である。これにより土壌付着が解消し、プラウ耕の急速な発展をもたらした。日本の特殊な土壌が生んだ地域密着型の独自の製品で、本機はその初期のものである。
3	マッセイ・フアーガソントラクタMF65 （50.5馬力）	1960年頃	マッセイ・フアーガソン社イギリス	量産品	展示	土の館（北海道本館）	本機は農耕用トラクターの著名なブランドである。プラウの抵抗をトップリンクで検知することにより、3点リンケージを自動的に操作する。これと同時に、ロワーリンクを介してトラクターの後輪に掛かる荷重をコントロールし、けん引力を増減させるという画期的な「ファーガソンシステム」を採用している。

付録1　日本の洋犂（プラウ）の技術の導入・開発・改良の歩み ①（明治2～23年まで）

年号	1869～1880 明治2～13年	1881～1,890 14～23
農業及び一般	●開拓使設置（M2） ●蝦夷地を北海道に呼び名変更(M2) ●開拓使最高顧問ケプロンを招集（M3） ●有珠郡紋鼈に伊達藩旧亘理藩主伊達邦成およびその家臣からなる士族集団移住(M3） ●農業現実生制度を創案（M5） ●エドウインダン（米国）を畜産専門家として招聘（M6） ●札幌農学校開設、米国よりウイリアム・スミス・クラーク博士を教頭に招く（M9） ●八雲に徳川農場、旧尾張藩主徳川慶勝の家臣団が入植（M11）	●開拓使廃止（M15） ●十勝の開拓者、依田勉三晩成社を組織し帯広に入植 ●明治19年　耕地面積,田1,698ha,畑28,331ha　計30,029ha ●華族組合農場の設立始まる。鷲ノ巣耕舎（徳川農場）もソルキープラウを導入し大農経営を企画する。（M22）
輸入製品の動向	●プロシア人商人ガルトネルが七重村の土地300万坪を租借し、農場開設プラウ、ハロー、ドリルを含む農機具数十種2百数十点整備。後の七重勧業試験場（M2） ●米国ジョンデア-製プラウ輸入（M11 ） ●仏国製プラウ輸入するも土地に適合せず。（M13）	●独国製プラウ輸入するも土地に適合せず。（M16） ●米国ジョンデア-製プラウ80台輸入（M17 ） ●米国ジョンデア-製プラウ50代輸入（M20 ） ●民有西洋農機具の国別分布（プラウ）（M22） 石狩：451台、　釧路：28台 渡島：82台　根室：12台 後志：58台　北見：4台 胆振：447台　十勝：35台 日高：192台　天塩：3台 プラウ総台数　1,312台　ハロー総台数　478台
普及への取組み	●伊達家臣田村顕光米国製洋犂1台横浜にて購入率先利用の上範を示す（M5） ●洋式農機具払下げ台数。1877（明治10）年～1881（明治14）年 1頭曳き再墾プラウ87台、2頭曳き再墾プラウ216台、その他プラウ32台	●プラウ150台、伊達紋鼈に入る。1頭7分再墾プラウで単価18円（M15 ）
国産化の歩み	●（我国洋式農機具国産化の嚆矢） 札幌本庁は鍛工所、錬鉄所、鋳造所、木工所を設置しプラウを含む農機具、馬車、諸機械器具等を製作。明治5年に設置された官営工場は札幌製作所と呼ばれた。 明治12年から蒸気器械所、水車器械所、木工所、錬鉄所、鋳造所、製鉄器械所、厚別水車器械所の7部に分かれたので「7製造所」と称された 明治16年農商務省北海道事業管理局に移管 明治21年札幌深谷正之助に払い下げされ官営時代に終止符を打つ ●（民間におけるプラウ工場の始め） 岩本米三郎（伊達）プラウ工場を開設し、製作場に修理に従事す(M9)	●鹿児島県人鉄砲師江田盛造プラウ工場開設（伊達）（M17 ） わが国炭素焼きプラウの始め。製糖会社嘱託のドイツ人技師R.Seider指導のもとに炭素焼きプラウの製作に着手する（M18） ●佐藤久蔵（伊達）プラウの製造開始(M20)(大正9年休止） ●川越竹次郎（札幌）プラウ製作に着手する（M22） ●深沢吉松（三石村）は裏鋼プラウを製作（M23）

日本の洋犂（プラウ）の技術の導入・開発・改良の歩み ②（明治24～45年まで）

年号	1891～1,900 24～33	1901～1912 34～45
農業及び一般	●北海道に於ける米国式種苗農具商の嚆矢 札幌興農園（小川三郎）が創立（M26） 米国ジョン・デイア-社から技師来朝、同店が総代理店となる。	●水稲直播器の始め（黒田式） ●明治３９年耕地面積 田　22,828ha,畑366,349ha,合計389.177ha ●日高種馬所を浦河に設置（M40） ●十勝種馬所を音更に設置（M43） ●第1期拓殖15ヶ年計画が発足 ●明治44年耕地面積田44,479ha,畑535,770ha　計580,249ha ●第1次馬政計画(M40)
輸入製品の動向	●米国ジョンデア-製プラウ39台輸入（M24 ） ●西洋農機具所有台数 米国製再墾プラウ234台 和製再墾プラウ306台 ハロー149台	
普及への取組み	●札幌郡軽川旧加賀藩前田農場の農機具 ソルキープラウ2台、プラウ8台、ハロー4台その他和洋農機具多数（M27） ●札幌農学校での農機具整備 サスペンド再墾プラウ、芝土プラウ、復板プラウ,サブソイルプラウ、新墾プラウその他ハロー等多数(M27) ●三重団体（空知郡幌向村）プラウ導入を積極的に行う 青山奥佐衛門1行30人十勝利別で中古ソルキープラウを購入3頭曳き耕馬にて開墾する（M29） ●和犂は永山村山形出身庄司三郎が試験導入（M33）	●十勝豊頃村興復社戸数145戸中馬所有者74戸その頭数186頭にてプラウ、ハロー所有者17戸であった（M34） ●札幌郡篠路村、興産社小作農家１２５戸中、馬持ち凡そ１００戸。プラウハローを所有し馬耕を取り入れていた。（M３５） ●北見、上常呂原野の屯田兵約2割がプラウハローを所有する（M35） ●「植民公報」蛎崎三郎調査による、この時期に使われていた農機具。1頭5分曳きプラウ、ハロー、砕土機等
国産化の歩み	●小西彌三郎（香川県人）伊達でプラウ工場開設する（M28 ）。 ●賀川鉄工場（札幌）プラウ製造開始（M30） ●明治33年当時のプラウ工場 札幌機械製作所　川越鉄工場 藤森安次郎　赤尾新助 賀川源治　佐藤勇助 山幸鉄工場　大丸鉄工場 松本鉄工場　花輪富太郎 前田庄次郎　森山五郎吉 奥石太郎 山又鉄工場 金岩鉄工場 河端鉄工場 1898（明治31）年プラウ生産実績2,186台	●上野鉄工所（狩太）プラウ製造開始」（M35） ●渡五郎プラウ工場始める（M36） ●札幌工作株式会社設立各種農機具製作（大正１１年解散） ●岩城農機具製作所（岩城理蔵）札幌にてプラウ、ハローの製造開始 ●山田清次郎、山田嘉蔵帯広にてプラウの製造開始（M42） ●帝国議会主催全国農具展覧会へ北海道から出品 3等賞に伊達の佐藤久蔵、4等賞に帯広の山田清次郎が受賞

日本の洋犂（プラウ）の技術の導入・開発・改良の歩み ③（大正～昭和20年まで）

年号	1912～1926 大正1～15	1926～1945 昭和元年～20
農業及び一般	●トラクタの嚆矢 トラクタの営農用が北海道に始めて紹介されたのは、三井合名会社斜里農場が米国、ホルト会社製45PS無限軌道式牽引者を輸入したことを持って嚆矢とする。これは我国最初のトラクタ導入であった。（T4） ●欧州戦乱の影響により輸出農産物は暴騰し北海道農業の黄金時代を現出し、各種農場用大農機具の輸入旺盛となった。（T5） ●北海道開拓50周年記念北海道農具共進会での受賞 1等　再墾プラウ上製　1頭7分　札幌　岩城理蔵 1等　再墾プラウ鋼巻　1頭7分　札幌　岩城理蔵 2等　プラウ　札幌　池田惣次郎 2等　プラウ　真狩　坂田清次郎 2等　プラウ　再墾　伊達　佐藤久蔵	●6から7年2ヶ年に亘り北海道は大凶作が続き農民は食糧にも不自由する。 ●北海道庁種畜場にキャタピラートラクタ導入 ●農機具配給統制要領の実施により農機具の統制始まる。農機具統制規則公布される（S14） ●北海道農機具工場満州へ移住。昭和15年19工場、16年17工場 ●（有）北海道特殊農機具製作所設立（企業合同） ●北海道農業試験場を設置（S17).北海道農事試験場、北海道庁種畜場、北海道庁種羊場が合併した。 ●第2次馬政計画（S10）
輸入製品の動向	●北海道庁農務課主任技師山田勝伴氏と安孫子孝次氏が渡欧した際、ドイツから深耕プラウ2頭曳き、心土耕プラウ2頭曳き等を購入してきた。これが将来大きな役割を果たした。（T11）	
普及への取組み	●道庁は5ヶ年計画でデンマーク、ドイツから模範農家招聘。デンマーク、フエンガー氏琴似5町歩、ラーセン氏真駒内15町歩畜産。ドイツ、コホ氏帯広ウラホー氏清水、ビート栽培。①輪作方式②緑肥の混播。模範農場を実際に経営にあたらせ指導が行われてデンマークを理想とした。（T13） ●北海道として最初のプラウ審査 北海道農事試験場時報43号プラウの調査報告。比較的優れたものと認めたた国内製品である。 赤プラウ　1.5、1.7、2.0頭曳き　小西力蔵　伊達 岩城プラウ　1.5、1.7、2.0頭曳き　岩城理蔵　札幌 阿部プラウ　1.5、1.7、2.0頭曳き　阿部平吉　札幌	●北海道農事試験場時報56号プラウの調査報告。比較的優れたものと認めたた国内製品である。 山田式プラウ2.0頭曳き　山田農具製作所　十勝清水 山畑式プラウ2.0頭曳き　山畑鉄工所　十勝清水 南部式プラウ2.0頭曳き　南部朔太郎　女満別 竹内式3号プラウ2.0頭曳き　竹内福太郎　女満別 ●北海道農事試験場時報104号プラウの調査報告。 北川式プラウ2.0頭曳き　北川金次郎　野幌 岩間式プラウ2.0頭曳き　岩間農具製作所　伊達 菅野式プラウ2.0頭曳き　菅野豊治　上富良野 ●心土耕を一般農家でも実施される。
国産化の歩み	●三興精機（常呂）プラウ製造開始（T3） ●大田鉄工所（大田源二）十勝芽室でプラウ類の製造開始（T5） ●佐藤農機工場ルベシベでプラウ類の製造開始(T5) ●本間農機製作所芽室でプラウ類の製造開始(T5) ●阿部鉄工所（阿部平吉）札幌でプラウ類の製造開始（T6） ●山畑鉄工所（山畑久治）十勝清水でプラウ類の製造開始（T6） ●菅野農具製作所（菅野豊治）上富良野でプラウ類の製造開始(T6) ●田端鉄工場（田端喜一）札幌でプラウ類の製造開始 ●山田農機製作所（山田嘉蔵）帯広で独立プラウ類の製造開始（T9） ●黒田農具製作所大正村でプラウ類の製造開始(T14)	洋式農場用大農具の国産化漸次進む（S4） ●別所鉄工場根室中標津でプラウ類の製造開始(S2) ●福島鉄工場天塩雄信内でプラウ類の製造開始(S3) ●斎藤農機具製作所（歌登）でプラウ類の製造開始(S8) ●1939(昭和14）年時の農機具製造会社総数250社その内プラウ製造メーカー99社 ●北海道庁指導のもとに道内農機具メーカ23社、北海道興農公社、北海道農業界が参加して全道一円に工場を持つ「北海道農機具工業株式会社」を設立（S19） ●「北海道農機具工業株式会社」に参加していた各メーカ分離独立した（S21） ●北海道開墾機器技術委員会設置 最初の試みとして1犂体の開墾用トラクタプラウの製作を企図し、設計の基準としてI・Hの会社製の撥土板新墾プラウを選出した。（S21）

付録2 トラクタ用プラウの変遷(1)

年 代	時期区分	製品区分	内　　容
昭和30 (1955)	ホイールトラクタ用プラウ開発期 畜力プラウ末期	大型・乗用型	ジープ点プラウ 16×1、12×2 開発【山田トンボ】 畜力用乗用型装輪ボトムプラウ開発【芽室、山田トンボ、山畑】 デスクプラウ開発【芽室、山田トンボ、山畑】
昭和31 (1956)			畜力用水田プラウ性能試験16機種【中央農試】 複合プラウ研究開始【十勝数社】 トラクタ導入に伴う深耕時の撥土板土壌付着対策。
昭和32 (1957)	トラクタ用プラウ土壌付着対策模索期	格子型プラウ	格子型プラウ 14×2 開発、畜力用デスクプラウ開発【山畑】 急激な深棋は好ましくないとして心土耕プラウの研究が盛んになる。
昭和33 (1958)			トラクタ用プラウ 12×1、16×1、心土耕プラウ開発【スガノ農機】 トラクタ用デスクプラウ開発【芽室】
昭和34 (1959)	デスクハロー・スパイクツースハロー期	デスクプラウ	デスクプラウ 26×1、26×2、26×3 開発【スター】 デスクプラウ 36×2、36×3 開発【山田トンボ】 デスクプラウは土壌付着問題を解決したが、反転鋤込性に劣った。 スクレーパに改良を試みる。
昭和35 (1960)			格子型プラウ 18×1、14×2 開発【山田トンボ】 草地用プラウジョインタ付き開発【山田トンボ】
昭和36 (1961)		複合プラウ	プラスチック援土板プラウ研究開始【スガノ農機】 土壌付着に対しては曲面の研究、機構の複合化にも限界が認められ、 撥土板の材質面の検討が行われるようになる。
昭和37 (1962)		砕土草地付プラウ	砕土装置付プラウ研究開始【北農】 トラクタの扱いに慣れ、回転動力多く使われるようになる。土壌付着に対しては 撥土板の面積を少なくすべきとし、ロータを付加する研究が盛んになる。
昭和38 (1963)			性能試験：格子型プラウ他 計21台【中央農試】 リバーシブルプラウ開発【山畑】 ブラッシュブレーカー 16×1、18×1、20×1 開発【スガノ】
昭和39 (1964)			性能試験：2段耕プラウ、心土耕プラウ・格子型プラウ、 格子型心土耕プラウ、アジャストプラウ、 アジャスト心土耕プラウ他 計59台【中央農試】 プラスチック撥土板プラウ実用の域に達する。 エクステンション(延長補助羽)装備多くなる。 心土反転客土耕プラウ開発。

トラクタ用プラウの変遷(2)

年 代	時期区分	製品区分	内　　容
昭和40 (1965)	ホイールトラクタ用プラウ安定期 プラスチック撥土板プラウ期		性能試験：格子型プラウ他 計24台【中央農試】 カバーボードの装備始まる。 バーポイントプラウ開発【スガノ農機】 心土反転客土耕プラウ現地試験。
昭和41 (1966)			性能試験：格子型プラウ・アジャストプラウ他 計18台【中央農試】
昭和42 (1967)	ロータリハロー台頭期		心土肥培耕プラウ研究開始【中央農試・小西】 レーキ付でプラウ開発【芽室】 水田プラウ 12×2 開発【芽室】 性能試験：ロータリプラウ、プラスチック撥土板プラウ【十勝農試】
昭和43 (1968)			性能試験：心土肥培耕プラウ プラスチック撥土板プラウ市販本格化【スガノ農機】 クローラトラクタ用心土反転客土耕プラウ開発、事業化【本別町】
昭和44 (1969)	土層・土壌改良プラウ開発第二期		心土肥培耕プラウ実用化【東洋】 プラスチック撥土板プラウ普及、土壌付着問題終焉。 ここでボットムプラウ本来の単純な形態に戻る。
昭和45 (1970)		事業用プラウ	本田用オフセットプラウ開発 14×1、16×1、1 0×2【スガノ農機】 100PS級ホイールトラクタ用プラウ現地検討会【於芽室】 100馬力トラクタの利用、経営規模100ha,作業時間100ha/hがスローガン。
昭和46 (1971)			セミマウントプラウ開発 16×5、16×8【スガノ農機】 大型化に伴う技術開発、欧米と異なり区画面積の関係から 普及するには至らなかった。
昭和47 (1972)			100PS級ホイールトラクタ用プラウ開発 16×4～5、18×3～5【スガノ農機】 2段混層プラウ開発 20－14×1【スガノ農機】 深耕プラウ開発 18－20×1【スガノ農機】
昭和48 (1973)	大型プラウ導入期	一〇〇馬力級トラクタ用	100PS級ホイールトラクタ用草地プラウ開発 18×3、20×3【スガノ農機】
昭和49 (1974)	大型プラウ期 ロータリハロー定着期		フレーム構造の改良始まる。トラクタの大型化に伴いスピードアップし、 深耕が一般化すると、従来のフレーム構造では満足できなくなってきた。 湿害でてん菜が大減収。
昭和50 (1975)	深耕プラウ開発期		深耕プラウ開発 24×1【スガノ農機】 100PS級トラクタが部落に導入され始めると、土層改良にも関心を強め、 深耕プラウの開発を要望する。

トラクタ用プラウの変遷(3)

年 代	時期区分	製品区分	内　　容
昭和51 (1976)	事業用クローラトラクタ用プラウ改変期	直装式プラウ	クローラトラクタ用直装式プラウ開発 14×5、16×4【スガノ農機】 100PS級トラグタに続いて300PS級トラクタも導入される。 これに刺激されてクローラトラクタにも直装化が進展する。
昭和52 (1977)			心土肥培耕プラウ改良【スガノ農機】 草地用2段耕プラウ開発【道央】 性能試験【十勝農試】 49年、50年の湿害でてん菜の作付けが43,000haに減少する。 草地にてん菜を拡大しようとして完全反転鋤込型のプラウ改良が要望される。
昭和53 (1978)	一般営農深期		リフタプラウ(深根野菜収穫)開発【スガノ農機】 パイプ熔接構造のフレームが一般化し、プラウ近代化のイメージアップとなる。 スタンダードとプレーストがプレスで一体構造になったものも開発される。
昭和54 (1979)	コンビネーションハロー台頭期		レーキ付きプラウ改良 18－20×3【スガノ農機】 クローラトラクタ用アキュームレータ付プラウ開発 22×4、24×4、30×1【スガノ農機】 草地用2段耕プラウ開発【スガノ農機】 草地用2段耕プラウ事業化
昭和55 (1980)			超深耕プラウ開発 30×1【スガノ農機】 クローラトラクタ用オフセットプラウ開発 30×2【スガノ農機】 混層耕デスクプラウ開発 60×1【スガノ農機】
昭和56 (1981)	水田プラウ導入期	オフセットプラウ・ドライブデスクプラウ	ドライブデスクプラウ開発、全国的に話題を集める。 稲作は10年来収量増はなく、冷害が依然として頻発することに対する ロータリ浅耕に対する反省、 歴史の繰返しで土の能力を付加しようとする意識が芽生える。
昭和57 (1982)	プラウ耕高水準期		草地兼用プラウ開発 20×1、18×2【東洋】 ドライブデスクプラウ道内にも普及する。
昭和58 (1983)	専用ハロー期		リバーシブルプラウ改良(油圧機器を付加高水準化・H型)【スガノ農機】 性能試験：ドライブデスクプラウ(ツーウェイー)【中央農試】 性能試験：リバーシブルプラウ 18－2×2、18－20×3【十勝農試】

トラクタ用プラウの変遷(4)

年 代	時期区分	製品区分	内　　容
昭和59 (1984)	リバーシブルプラウ汎用期		クロスシャフトレスプラウ開発【スガノ農機】 リバーシブルプラウ改良 18×2、18×3【東洋】 十勝農試性能試験:リバーシブルプラウ 18×3
昭和60 (1985)			ミニプラウ開発13×1【スガノ農機】 セフテイデバイス付プラウ市販 16×2、18×3、20×2、20×3【東洋】 性能試験：ドライフデスクプラウ(ワンウェイ) 水田用リリバーシブルプラウ【中央農試】 性能試験：小型リバーシブルプラウ【十勝農試】 リバーシブルプラウ(クバナランド)【東洋】
昭和61 (1986)			水田プラウ改良 10×2、3、4【スガノ農機】 小型リバーシブルプラウ開発 12×1、16×1【スガノ農機】 性能試験：セフテイデバイス付プラウ 18×2【十勝農試】
昭和62 (1987)			大型リバーシブルプラウ改良(M型)【スガノ農機】
平成 2 (1990)	簡易耕スタブルカルチ汎用期 ホイールトラクタ超大型開発期	スタブルカルチ	リバーシブルプラウ(ダウズウェル)【北海道フォード】 リバーシブルプラウ改良(U型)【スガノ農機】
平成 6 (1994)			リバーシブルプラウ改良(Q型)【スガノ農機】
平成11 (1999)		デスクハロー	水田用レーザプラウ【スガノ農機】
平成18 (2006)			リバーシブルプラウ改良(V型)【スガノ農機】
平成26 (2014)			第33回国際農業機械展で、多くの海外製リバーシブルプラウが展示される。 クーン(ドイツ)【日本ニューホランド】 クバナランド(ノルウェー)【クボタ】 レムケン(ドイツ)【レムケンジャパン】 オーバーラム(スウェーデン)【ビコンジャパン】 ダウズウェル(イギリス)【日本ニューホランド】