

缶用表面処理鋼板の産業技術史

池田 昌男 Masao Ikeda

■ 要旨

英国で缶詰が誕生した 1810 年以来約 150 年間、不動の座を占めていたブリキ半田缶は、昭和 36 年（1961）に日本の鉄鋼メーカーがティンフリー・スチール（Tin Free Steel：錫を使わない鋼板の意があり「TFS」と表示する）の開発に成功して工業化すると、フェーズアウトを始めた。主にマレーシア、インドネシア、ボリビアなどから産出される錫は、戦後の 30～40 年代には供給不足となって、国連が国際錫会議を開催し、世界の需給調整を行わなければならなかった。世界的に錫の枯渇不安が広がると、錫を最も使用するブリキ業界は、錫に頼らない新素材開発が喫緊の課題になって行った。日本鉄鋼メーカーが開発したクロム酸水溶液中の電解メッキ鋼板は、金属クロム層とクロム水和酸化層の 2 層構造を有し、加工性、塗装後耐食性に優れ、コスト削減も可能な画期的な表面処理鋼板であった。この TFS の発明が契機となって、缶用表面処理鋼板を欧米から学ぶ後進国であった日本は、独自の先端技術を次々に創出し、世界をリードする下記の技術開発を成し遂げた。

- 1 錫資源の枯渇不安を解消した TFS の開発
- 2 TFS 接着缶・トヨシーシム缶によるブリキ半田缶からの脱皮
- 3 アルミ DI 缶に対抗するスチール DI 缶用ブリキの開発
- 4 省エネルギー・省工程が可能なプロセス技術の開発
- 5 ブリキの新メッキ法・不溶性陽極技術の開発
- 6 高温殺菌に耐えられるトヨシーシム缶用 TFS の開発
- 7 スードロニック溶解法に適した缶用表面処理鋼板の開発
- 8 地球環境に優しい PET ラミネート 2 ピース缶の開発
- 9 地球環境に優しい PET ラミネート 3 ピース缶の開発
- 10 溶解した樹脂を直接金属に被覆するダイレクタラミネート技術の開発

上記の新製品・新技術の開発は、鉄鋼メーカーと容器メーカーが密接に技術交流し、ニーズとシーズが縦糸と横糸になって織り成した効果であった。また、表面処理の原板となる鋼板製造技術の革新により、品質面、コスト面などにおける国際競争力が強化されたことを忘れてはならない。しかし、平成 8 年（1996）年に小型 PET ボトルが解禁となると、右肩上がりを続けてきた金属容器のシェアが右肩下がりに転じた。現在は、チルド・ワールドが流通が普及したためプラスチック容器、紙容器、パウチ容器でも内容物保存が可能となり、長期保存性を武器として誕生した缶詰容器の社会的ニーズが縮小してきた。今、まさに“21 世紀におけるスチール容器の役割は何か”を問われ、いまだ確たる答えが見つからない状況にある。今回、19 世紀初期から始まった缶用表面処理鋼板の技術の系統化調査を行い、歴史的な経路を辿ってきたが、この調査を通じて得た知見から、今後は持続可能な社会構築のために求められる、新しいニーズを発見することが何よりも大切なことと信じる。

■ Abstract

Tin can which was invented in 1810 in U.K. and had been enjoying championship for around 150 years, started to phase out from can stock market, when the invention of Tin-Free Steel (TFS) was developed by Japanese steel manufacturers in 1916. After World WAR II, the United Nation had periodically held an International Tin meeting to adjust for shortages in the supply of tin from developing countries. Tin plate producers have been endeavoring to develop new materials without tin coating for can stocks. TFS, which were invented by Japanese steel manufacturers, consists of two chromium layers with metallic chromium and chromium oxide and shows excellent performance by lacquering and cost saving potential. This epoch making TFS invention had changed Japan from developing country of can stocks materials receiving the technologies through the West countries to one of innovative countries in the world. Then Japanese steel manufactures have achieved development of original new technologies as follows.

- 1 Development of TFS by Japanese steel manufacturers which led to dissolve unrest of tin shortage and deflate the price of tin in the world
- 2 Development of Toyo Seam Can which is better quality and cost performance by TFS
- 3 Tin plate for steel DI can stock competing with Al DI can stock
- 4 Energy and time saving technologies by connecting processes and eliminating batch process
- 5 New tin plating method ; Insoluble anode technology
- 6 New TFS which is available for high temperature sterilization such as juice and coffee drink
- 7 New coating steels adaptable to Soudronic welding process
- 8 2 pieces can stock with laminated film which is related to global environmental protection
- 9 3 pieces can stock with laminated film which is related to global environmental protection
- 10 New technology of direct laminating through co-extrusion

Above innovative developments have achieved by strong cooperation between steel and can makers like jointly weaving new textile. And we never forget many innovations of steel making and rolling which contributed quality improvement and cost saving.

However steel and aluminum can stock began to losing market sharing due to new comer PET bottle in drink market. Currently there are many kinds of competitors in packed food field such as plastic containers, paper containers, pouch packagings under chilled and cold distribution. Now we steel manufacturers have to consider deeply what is valuable new mission in 21st century. In this investigation I have tried to make clear the historical scenario of materials of can stocks. One of the most important thing for steel manufacturers is we will discover real missions to contribute sustainable growth in 21st century.

■ Profile

池田 昌男 Masao Ikeda

国立科学博物館産業技術史資料情報センター特任調査委員

- | | |
|----------|---|
| 昭和45年3月 | 早稲田大学理工学部応用科学化学大学院科卒業 |
| 昭和45年4月 | 新日本製鐵株式会社入社
主として容器材料の製造、開発、品質管理部門
などを担当 |
| 平成8年4月 | 九州テクニサーチ株式会社(新日鉄子会社)
代表取締役社長 |
| 平成12年10月 | 大和製罐株式会社 取締役
生産技術本部副本部長、販売本部副本部長など
を歴任 |
| 平成18年7月 | 大和製罐株式会社 顧問(現在に至る) |

■ Contents

- | | |
|---|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 欧米におけるブリキの起源から缶詰産業、
ブリキ産業の勃興 | 5 |
| 3. 明治期における缶詰業の草創 | 11 |
| 4. 大正期における製缶業の分離・独立と
ブリキの国産化への歩み | 13 |
| 5. 昭和前期における輸出産業の興隆から
全体主義・統制経済への歩み | 18 |
| 6. 戦後の混乱から復興への歩み | 21 |
| 7. 高度経済成長期以降における日本オリジナル
技術の創出と世界への発信 | 25 |
| 8. まとめ | 66 |
| 9. 考 察 | 75 |
| 10. あとがき・謝辞 | 77 |
- 登録候補一覧

1 | はじめに

缶用表面処理鋼板の元祖はブリキである。中世期から製造されてきたブリキが大量生産されるようになるのは、缶詰産業の発展が契機となった。缶詰の誕生がナポレオン・ボナパルトと深いかわりがあったことは余り知られていない。1796年に若きナポレオンがイタリア遠征軍司令官に任じられ、次いでオーストリア、エジプトなどへ戦地を転々としていた時に、総裁政府に要請したのは美味しい腐らない兵食であった。当時の食糧保存法は、塩漬け、酢漬け、煉製、乾燥物などであり、不味いだけでなく腐って体調を崩すことがあったため、ナポレオンにとって食糧保存は切実な嘆願であった。まさにこの強いニーズを受け止めた政府は、直ちに食糧の長期保存法を懸賞募集したところ、料理人であったニコラ・アペールが約10年間かけて「加熱と密封による長期保存法」の技術を、1804年にビン詰で完成させた。この発明がもととなって、1812年に当時フランスにとって最大の敵国であった英国で缶詰として実用化される。同年、ナポレオンがロシア遠征し惨敗を喫した時に、フランスではまだ缶詰が実用化されていなかった。英国で始まった缶詰業は、広大な土地と自然に恵まれたアメリカ大陸への移民達によって、自動車産業と並ぶ米国の一大産業として開花した。このように誕生した缶詰産業は、鉄鋼業の発展と相俟ってブリキ産業の興隆を促した。わが国における現在の缶用表面処理鋼板の生産は、このような欧米の流れの延長線上にあることは間違いない。しかし、その道筋は断片的であり、一部は埋もれて姿を見せないものがあるに違いない。新しい技術が生まれるには、先ず強いニーズが必要である。ユーザーニーズ、社会的ニーズ、国家的ニーズ、そして今日では地球的ニーズなど様々なニーズがその時々の人を動かし研究・開発に駆り立てる。新しい技術は、暫くの間技術が技術生む連鎖反応によって膨張を続けるが、やがて条件変化や競合技術の台頭などによって収縮していく。現在、缶用表面処理鋼板は、膨張が止まり収縮の道を歩み始めたように見える。しかし、約200年間蓄積されてきたこれまでの知恵の再認識は、新しい探求心を生む源泉でもある。技術の系統化とは、これまで蓄積されてきた知恵をより明らかにして行く仕事であると筆者は考え、先ず缶詰誕生から約150年間、ブリキが辿った道筋を整理することから始めた。次に、ブリキに代わるティンフリー・スチール (Tin Free Steel:TFS) を、日本が欧米諸国に先駆けて開発し、工業化に成功した

時をエポックとして捉えた。その後誕生した日本発の缶用表面処理鋼板に関する先進技術を抽出し、鉄鋼業界と製缶業界が一体となって切り開いてきた道筋を整理した。今回、筆者は食糧缶詰の表面処理鋼板を対象を絞り、エアゾール缶、18リットル缶、オイル缶、ビンのキャップ、乾電池、玩具などの分野は対象としなかった。一方、本稿では表面処理技術だけでなく、表面処理鋼板の製造にかかわる鉄鋼技術と製缶技術を含めて取上げることとした。

(註) ブリキの語源

寺田慶一「表面処理用語の語源散策—ぶりきの履歴書—」より抜粋^{1,2}

〈ブリキ〉はオランダ語の〈Blik, Blek〉を音訳したもので、オランダ語が日本語になった一つである。日本で〈ブリキ〉という語の初出文献は、森島中良の「蠻語箋」(寛政10年・1798年)といわれ、下記のように日本語をオランダ語に翻訳し片仮名で示している。

罐ニ造ル鉄ノ薄金 ブリキ

わが国第2の蘭日辞典である「訳鍵」(藤村譜山著、文化7年・1810年)では、

Blek 鉄錫ヲ和合セシモノ

Blik 鉄錫ヲ和合セシモノ

硝子障ノ蓋 電光 瞬目

幕末に刊行された洋学時代最大の蘭日辞書「和蘭字彙」(安政2年・1855)によると

blek, of blik. F. g 鉄地ニ錫ヲナガシタルカ子

このようにしてみると、〈ブリキ〉は18世紀末に日本にはいったオランダ語の〈Blik, Blek〉を原語のまま直訳して使われたものといえることができる。

「厚生新編」(弘化2年・1845年)によると「ブリキは薄く打延した鉄に錫メッキして白色となったものを云い、諸器械、家具、厨房の諸器に使い、第一清潔で高価でない有用なもの」とある。また、ブリキの表現として下記のように多くの当て字があるが、戦後より次第に消えた。

馬口鉄、鉄葉、鋳葉、葉鉄、鋳力、武力、鍍錫鉄葉、鍍錫鉄、白葉鉄

「明治工業史建築編」(工学会、1927)に下記内容の一文があるが、年代的な関係から語源ということは適切でない。

「ブリキの箱に入って輸送されてくる煉瓦のこと

を、英米の技師がブリキ (Brick) と呼んでいた
ので、わが国の職工は箱の材料と誤解して、錫メッ
キした鉄をブリキと称することとなった。」

現在のオランダ語辞典 (講談社、2005) によると、
「Blik」の語義は下記である。

- 1 ブリキ (板)
- 2 (保存用の) 缶、缶詰
- 3 ちり取り

尚、東洋鋼板株式会社発行の「東洋鋼板 50 年の歩み」
13 頁には、欧州における「ブリキ」という言葉の誕
生について下記のように記載されている。

「鉄鉱石を木炭で加熱・還元して可鍛鉄を得る技術
は古代からあり、中世末期には木炭高炉による溶
鉄を酸化脱炭して可鍛鉄を製造できるようになっ
た。この低炭素可鍛鉄を加熱し、人力または水力
利用のハンマーで鍛延すると板表面からスケール
が除かれて光沢のある薄鉄板ができるが、古代
ゲルマン人はこの薄鉄板を“blech” (きらめく:
blitzendeに由来) と呼んだ。オランダ語の“Blik”
も全く同じ意味で、これが日本語の“ブリキ”の
語源とされている。」

引用文献:

- 1 寺島慶一「表面処理用語の語源—ぶりきの履歴書
散策」防錆管理(1998)
- 2 寺島慶一「表面処理用語の語源散策—めっきの語
源」防錆管理 (1997)
- 3 東洋鋼板 50 年の歩み p13 東洋鋼板株式会社
(昭和 60)

2 | 欧米におけるブリキと缶詰の誕生

2.1 ブリキの起源

ブリキ製造におけるメッキ原料である錫は、青銅の原料として使用されていたため、紀元前よりヨーロッパや中国で用いられていた。古代フェニキア人は、錫資源を求めて英国にまで渡り錫鉱石を探しに行ったため、世界最古の錫鉱山として知られている英国コーンウォールの地名は、フェニキア語に由来するといわれている。錫は融点が231.9℃と低いため、加熱すると容易に溶融化できるので鉄製の器物類を浸漬させ錫で被覆された。表面は銀に似た輝きと色調を持ちながら安価に入手ができ、加工・半田接合が容易なことから、装飾品や器物などの素材としてヨーロッパに広く普及していった。1240年頃になるとコーンウォールから移住してきた鉱山師によって南ドイツやボヘミアに錫が発見され、薄い鉄板にメッキするブリキ製造がボヘミア（現チェコ共和国）において誕生する。300年程後に南ドイツのサキソニー侯は、部下をボヘミアに送って技術を習得させブリキ生産を行うと、やがてボヘミアを凌駕するようになった。英国は、自国の良質な鉄と錫からブリキ生産を試みたが、価格面などでドイツからの輸入ブリキに勝てず、工業化が進まなかった。しかし、英国政府は、1706年にドイツから輸入するブリキに対して、高率の関税を課したことがきっかけとなり、1714年にアルサスでブリキ生産が本格的に開始された。当時のブリキ製造工程は下記であった。^{1,2}

- (1) 薄鉄板の素材は、木炭銼をパドル炉で精錬した錬鉄で、これを手作業で鍛延するか、水力で上下するハンマーで鍛延して板にする。
- (2) 板の表面を清浄にするため、弱い酸の中に浸す。この酸液としては、ライ麦の粉を水に加えて発酵させたものが賞賛され、この中にいく日も浸すこともあったが、後には硫酸と塩酸を次の工程で用いて時間を短縮するようになった。
- (3) 砂や繊維でみがき、メッキするまで水中に貯蔵された。
- (4) メッキ槽は溶融錫をいれた鉄の槽で、上は牛脂でおおわれている。鉄板はこの中に挿入されて、数十分から1時間半程放置される。
- (5) とくに清浄な錫を溶融した別の槽に入れ、次に油脂槽に移して表面を滑らかにする。

- (6) 下端の錫過剰の部分を取り去り、ふすまや繊維で研磨する。

1730年にサウスウェールズで開発された水力駆動のロールにより、鉄板を高温に熱した状態で圧延する方法がブリキ原板製造に採用されると生産性と品質が飛躍的に向上した。また、1770年頃になると木炭銼から錬鉄にされる「チャコール鉄」に代わり、コークスを用いる溶鉱炉の銼鉄製造が開発され「コークス鉄」が普及するようになるなど、ブリキ原板にかかわる技術も向上し、英国は世界のブリキ輸出国となっていた。1800年代初期における英国のブリキ製造工場は11を数え、1810年にピーター・デュランが特許取得するブリキ缶詰の工業化に繋がっていく。19世紀末にはブリキ工場が90に増加した。³

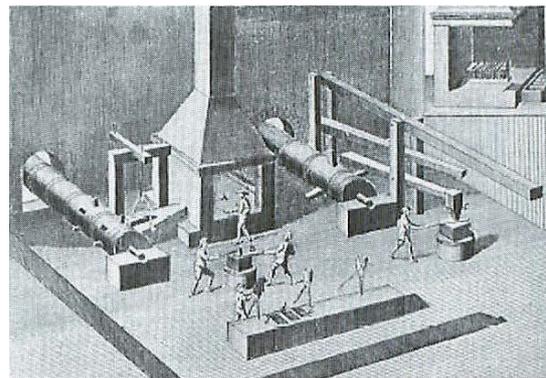


図 2.1 1700年代のブリキ製造図⁴

2.2 缶詰の誕生

缶詰の誕生は、フランス革命とナポレオン・ボナパルト (Napoleon Bonaparte) と深く係わりがあるといわれている。フランス革命は1789年7月14日のバスティーユ牢獄攻撃を皮切りに火蓋が切られた。1792年に王政を廃止し国民公会が召集されると共和体制が樹立され、新しい総裁政府は周辺諸国へ戦線を拡大した。すでに数々の輝かしい戦歴を重ねてきた若きナポレオン・ボナパルトは、イタリア、オーストリア、エジプト遠征で指揮をとりフランス軍を勝利に導いていった。外国遠征で東奔西走し戦闘に明け暮れるナポレオン・ボナパルトにとって、栄養豊富で新鮮・美味の兵食を大量に確保することが、兵士達の士気の維持、高揚に不可欠と考え、総裁政府に軍用食糧貯蔵法

の検討を要請する。政府は兵食の長期貯蔵に関する研究委員会を設置し、公募を始めた。1804年に、ニコラ・アペール (Nicolas Appert) は下記の新食糧貯蔵法を完成させた。⁵

「広口ビンに調理しておいた食品を詰め、コルク栓をゆるくはめる。次に湯煎鍋に入れ沸騰点において30-60分加熱する。ビンの空気を駆除した後にコルク栓で密封する」

1806年に数種類のビン詰を船に積み、赤道を横断し温度、湿度の変化する条件で輸送試験を行ったところ、船長、海上提督から極めて高い評価が得られた。海軍にとっては、最大の災禍であった壊血病防止に役立つため、塩蔵品に代わって糧食に採用された。当時のフランスの新聞・ウリアードユーロップ (1809年2月1日付) に下記内容の記事が掲載された。

「アペールは季節の自由を定める方法を発見した。春、夏、秋がビンの中に貯えられている」

ニコラ・アペールは、1750年にパリ東方約130kmのシャロン・シュール・マルヌで生まれ、漬物業、菓子製造業、料理店、醸造業などを経験していたが、政府の長期貯蔵法の募集に応募するため、新鮮な果実、肉、魚、調理品などを使用して試行錯誤を重ねた。「真空詰めした食物は殺菌加熱すれば長く保存できる。加熱が偉大な自然的殺菌者である。如何なる防腐剤も殺菌剤も熱にはかなわない」という発見のもとで、缶詰の基本原理を発明したのであった。ニコラ・アペールの「加熱殺菌説」は、細菌学者ルイ・パスツール (Louis Pasteur) の「長時間高温で加熱すればすべて無菌となり、外部から細菌が進入しない限り、決して腐敗するものではない」という原理が実験によって立証される1862年より58年前のことであった。フランスの内務大臣は、委員会の答申に基づきニコラ・アペールに12,000フランの賞金を授与する際に、研究成果を纏めた著書200部の提出を要求した。1810年6月にニコラ・アペールの「動植物質の永久保存法 (The Art of Preserving Animal and Vegetable)」が出版された。アペールの著書は直ちにドイツ語、英語に翻訳され、同年8月25日には、英国のピーター・デュラン (Peter Durand) が食品の貯蔵法および蓋をする容器に関しての特許 (N3372) を取得した。ニコラ・アペールの処理法をブリキ缶に展開する発想は、当時、英国が世界一のブリキ生産を誇っていたことと無縁ではなかった。当時の缶は鉄でブリキ板を長方形に切り、丸めて円筒にしたものを半田で接合し胴部にする。蓋は

円形に切ったブリキ板の周囲を折り曲げて胴部に被せて半田付けをする。いわゆる手づくりであったから1日に60-70缶程度の出来高であった。今日のブリキ缶の原型を発明したピーター・デュランは、後に「ブリキ缶の開祖」といわれるようになる。ニコラ・アペールより以前、1765年にイタリア人牧師スパンツァニが、肉エキスなどをビンに密封し、加熱すれば数週間腐らないことを発見したといわれているが、10年近くにわたる膨大な実験とデータに基づき、普遍的な貯蔵原理を発明したニコラ・アペールこそ「缶詰の始祖」と呼ぶべきものと思われる。

2.3 一大産業へ発展した米国の缶詰産業

1812年、ピーター・デュランの特許をもとに、ブライアン・ドンキン (Bryan Donkin) とジョン・ホール (John Hall) が世界初の缶詰工場を設立し、1813年より陸海軍に納入が始まった。ピーター・デュランはこの缶詰のことを「Tin Canister」と称したが、後に「Tin Can」といわれるようになった。ドンキン社の製品は、エドワード・パリー (Sir Edward Parry) が率いる北極探検隊に携帯された。当時の缶詰はブリキ板が厚いため「のみとハンマーで開けてください (Cut round on the top near the outer edge with chisel and hammer)」と書かれていた。ブリキ缶詰は、ビンのように破損することがなく、輸送においても軽量で有利であった。しかし、ビン詰に比べてコスト的に高価になるため、軍需用、探検用などの特殊な用途に限られていた。英国において発明されたブリキ缶詰を一大産業として開花させるのは、アメリカ大陸へ渡った移民達であり、殺菌、製缶、充填など各部門で下記のように急速な技術進歩が見られ、生産性を上げる機械化も進められた。⁶

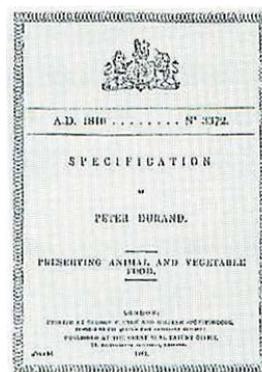


図 2.2 ピーター・デュランの特許表紙⁷



図 2.3 エドワード・パリーが携帯した缶詰⁷

- 1817年 英国人アンダーウッド (William Underwood) はボストンに渡り果実などのビン詰工場を設立。
- 1818年 ダゲット (Ezra Dagett) がニューヨークでカキの缶詰を製造。
- 1825年 ケンセット (Thomas Kensett) が米国で最初のブリキ缶に関する特許を取得。
- 1839年 アンダーウッドはブリキ缶詰を製造開始。ウインスロー (Issac Winslow) はコーン缶詰などを製造。
- 1847年 テイラー (Allen Taylor) が打抜缶の特許を取得。
- 1849年 エバンス (Henry Evans) が蓋と底を打抜く機械「ティン・プレス」を発明し、ニューヨークで缶詰工場設立。
- 1858年 ケンセットは缶詰の中心地としてチェサピーク湾に着目し、工場をボルチモアに移した。湾内にはオイスター、ロブスター、ハマグリなど魚介類が豊富で、沿岸にはリンゴ、プラム、イチゴ、トマトなど栽培された。原料の採取から缶詰製造までの一貫作業のシステムをつくった。時期になると季節労働者が集まり、この地は活気に満ち溢れ、缶詰の一大中心地として発展していった。
- 1861年 ソロモン (Issac Solomon) は塩化カルシウムの沸騰液中で殺菌を行い、缶詰の殺菌時間の短縮に成功した。
- 1862年 マックマレイ (Louis McMurray) はチェサピーク湾を出てカキ床に錨を下ろし、船上でカキ缶詰の加工を始める。その後シンシナティーで食べたシュガーコーンの美味を経験すると、メリーランドで数百エーカーに及ぶシュガーコーンの栽培を始めた。製缶法を改善し、自動刈取り機を導入して1日に工場全体で20万缶の缶詰製造を行った。
- 1880年 最初の自動製缶機が開発され、1人の職工が1日に150缶程度の製造であったものが1200缶の製缶が可能になった。

2.4 缶詰産業から分離・独立した米国の製缶業

チェサピーク湾周辺に缶詰業が集積し発展していくと、優秀な製缶職工が缶詰工場の要になっていった。次第に製缶職工の鼻息は荒くなり、労働組合を組織し

て高給を要求するなど、経営者に対抗姿勢を示すようになる。経営者としてこの難局を打開するには、機械化を推し進めることが急務と考えた。1890年に自動製缶機械の一大進歩があり、1ラインで1日3万5000缶の製造能力を有するようになった。製缶が缶詰製造の生産性を大きく上回ってくると、次第に製缶作業が缶詰業から分離独立し始めた。当時の米国では、缶詰の産地に必ず一ヶ所以上の製缶工場があり、缶詰業者は2000以上を数え、1年間に約7億缶を製造する米国の重要産業に発展していった。1868年以来、ニューヨークで缶詰業を経営してきたマクス・アムス・プレザービング社は、サニタリー缶の最初のメーカーとなった。チャールス・アムス (Charles Ams) は、ラバーをシール材として缶胴と缶蓋の間に挿入し、2重に巻締めるだけで密封性を確保できる2重巻締法を完成させ、1896年に特許を取得した。この方法で作られる缶詰は、上下の缶蓋と缶胴を接合するための半田付けが不要となり、生産性が高まるだけでなく衛生的であるため「サニタリー缶」と名付けられた。翌年、技師ジュリアス・ブレジンガー (Julius Brenzinger) は、この方法による自動製缶機を完成させた。1900年に至り業者間の協調が成立し、ボルチモアの四大製缶会社を中心となって、1901年に資本金8800万ドルのアメリカン・キャン・カンパニー (American Can Company: ACC) を創立する。この大合同は、事実上米国全土の製缶業者を傘下に収めると共に、自動製缶機の製作場も買収するものであった。1903年になると、サニタリー缶を売り出し、巨大なリーダーが誕生した。⁸

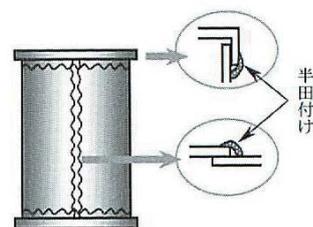


図 2.4 古いタイプのブリキ半田缶

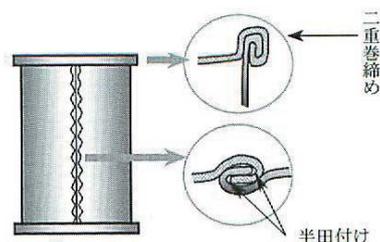


図 2.5 新しいタイプのブリキ缶 (サニタリー缶)



図 2.6 20 世紀初頭の ACC⁸

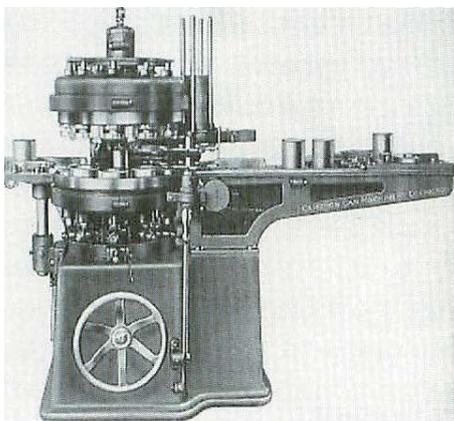


図 2.7 サニタリー缶の巻締機⁹

2.5 缶詰誕生以来の英国、米国のブリキ産業

(1) 世界におけるブリキ産業

英国において缶詰業が誕生し、生産規模が拡大していったが、ビン詰の方がまだコスト的に有利なため、販路は限られていた。しかし、米国では目覚ましい技術革新により缶詰業が着実に伸長し、1861年に勃発する南北戦争を契機として米国の一大産業に発展した。この発展はブリキ需要を激増させ、英国で生産されるブリキの最大の用途が缶詰用の缶となる。米国では1858年頃、ピッツバーグの製鋼工場ですブリキ製造を開始したが、英国のブリキに押され1874年に操業を停止した。その後、1890年10月に、マッキンレー法(関税法)が連邦議会で成立し、英国からの輸入ブリキに対し1ポンド当たり2.2セントの関税を課したため、米国内のブリキ産業を育成する好機となった。1912年(大正元年)には、米国の輸入ブリキは皆無となり、第一次世界大戦以降、米国は生産においても消費においても世界第1位となる。

表 2.1 世界のブリキ生産高

(下表の数字は夫々の5年間の平均年間生産高を示す) 単位 千トン

	米 国	英 国	ドイ ツ	フ ラ ン ス	日 本
1891-1895	53	562	-	-	-
1901-1905	445	592	-	-	-
1911-1915	853	776	78	-	-
1921-1925	1,268	673	69	51	6
1931-1935	1,468	749	193	119	51
1941-1945	2,321	430	195	12	60

出典：FIRST INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE 1976

(2) 20 世紀初頭のブリキ製造工程

1) 塩基性または酸性平炉で、炭素成分が0.1%前後の低炭素鋼に精錬し、インゴット法で、通常はリムドタイプ¹⁰の造塊を行う。

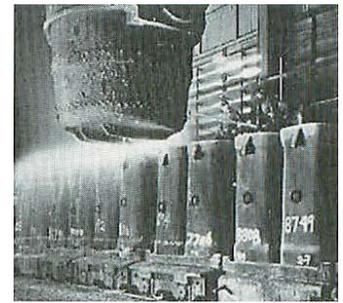


図 2.8 造塊工程¹⁰

2) 鋼塊を加熱して可逆式分塊圧延機で圧延し、ティン・バー (Tin Bar)

を製造する。通常は厚み0.5インチ、幅10インチ、長さ15フィートに仕上げて次工程に搬送される。

3) 長尺のティン・バーはブリキの原板の幅にほぼ等しい長さに切断される。

4) 加熱されたティン・バーを一枚毎に圧延し、圧延後に2重に折り曲げると、再加熱し2枚圧延を行う。さらに、圧延後に再度2重折りして再加熱し4枚圧延を行う。さらに、圧延後に2重折りを行い再加熱して8枚圧延を行う。



図 2.9 分塊工程¹¹

この熱間圧延では多くの操作が手動で行われる。

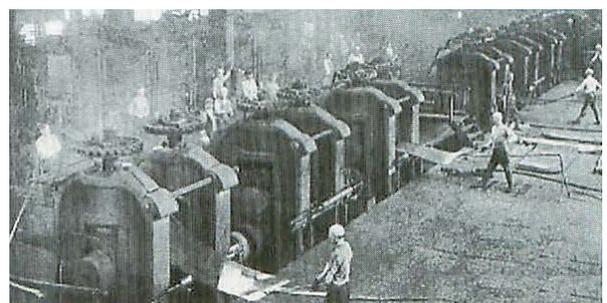


図 2.10 プルオーバー圧延工程¹²

イズにした後に、剥して8枚の独立した板にする。

6) 圧延中に生じた板表面の酸化鉄を除去するため、

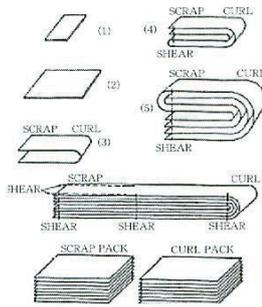


図 2.11 圧延順序¹³

高温希硫酸液に浸漬し、最後は水に浸漬される（黒酸洗）。

7) 圧延中に加工硬化しているため、重ねられた板に箱を被せてサンドシールして約 850℃の温度のガスまたは石炭炉で加熱する（黒焼鈍）。

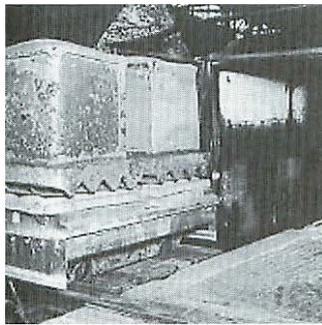


図 2.12 焼鈍工程¹⁴

8) 黒焼鈍後、表面を高度に研磨した冷間ロールを用いて調質圧延を行い、板表面を磨く。

9) 上記工程は、特に圧延することを目的としないが、一定の歪が加わるので焼鈍を行い歪を取り除く（白焼鈍）。黒焼鈍に比べるとかなり低い温度の処理を行う。

10) 白焼鈍で生じた薄い酸化膜を除去するために、希硫酸槽に浸漬して除去する（白酸洗）。白酸洗した板は、錫メッキの作業に入るまで極めて薄い酸性の水が入ったタンク内に保管される。

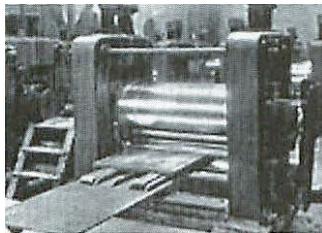


図 2.13 矯正工程¹⁵

11) 白酸洗した板は、錫ポットと呼ばれる大きな容器に入れられ、熔融錫の浴に通される。板は順次、フラックス槽、錫槽を通過しグリース（パーム油）槽に送られる。フラックス内のロールには、通常アスベストまたはブラシが付けられていて、グリース付着量を調整することができる。グリース槽を通過した板は、クリーニング装置に入り、高

温ソーダ溶液浴、または糠を絡めて回転している布ロールの間を通過してグリースが除去される。

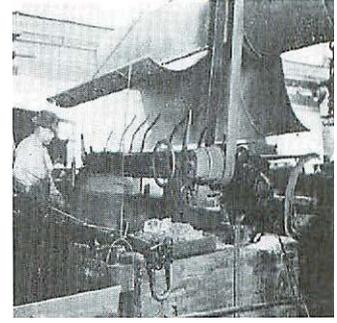


図 2.14 メッキ工程¹⁶

12) 上記メッキラインから出たメッキ板は、計量、検査を行って等級別に仕分けし、木製、ダンボールのブリキ製容器で梱包する。

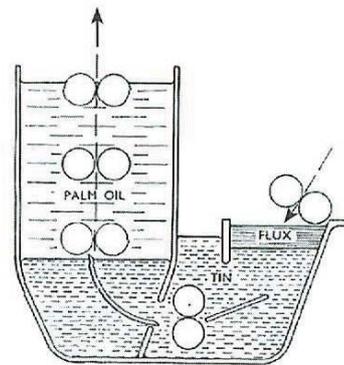


図 2.15 メッキ機構造図¹⁷



図 2.16 検査工程¹⁸

引用文献：

- 1 W.E.Hoare & E.S.Hedges : “Tinplate” P1
EDWARD ARNOLD (1946)
- 2 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」 p8 アグネ (1974)
- 3 W.E.Hoare & E.S.Hedges : “Tinplate” P2
EDWARD ARNOLD (1946)
- 4 W.E.Hoare & E.S.Hedges : “Tinplate” P8
EDWARD ARNOLD (1946)
- 5 山中四郎 : 「日本缶詰史第1巻」 p1 日本缶詰協会 (昭和37年)
- 6 山中四郎 : 「日本缶詰史第1巻」 p12 日本缶詰協会 (昭和37年)
- 7 日本缶詰協会 : 「目で見ると日本缶詰史」 p242 (昭和62年)
- 8 山中四郎 : 「日本缶詰史第1巻」 p25 日本缶詰協会 (昭和37年)
- 9 Internatinal Tin Research and Development
Cuuncil : “Tinplate and Tin Cans in the
United States” p98 (1936)
- 10 R.W.Shannon: “Sheet Steel and Tin Plate” p59
The CHEMICAL CATALOG COMPANY (1930)
- 11 R.W.Shannon: “Sheet Steel and Tin Plate” p99
The CHEMICAL CATALOG COMPANY (1930)
- 12 Internatinal Tin Research and Development
Cuuncil : “Tinplate and Tin Cans in the
United States” p55 (1936)
- 13 W.E.Hoare & E.S.Hedges : “Tinplate” P24
(1946) London
- 14 Internatinal Tin Research and Development
Cuuncil : “Tinplate and Tin Cans in the
United States” p63 (1936)
- 15 W.E.Hoare & E.S.Hedges : “Tinplate” P76
(1946) London
- 16 R.W.Shannon: “Sheet Steel and Tin Plate”
p201 The CHEMICAL CATALOG COMPANY (1930)
- 17 Internatinal Tin Research and Development
Cuuncil : “Tinplate and Tin Cans in the
United States” p16 (1936)
- 18 R.W.Shannon: “Sheet Steel and Tin Plate”
p204 The CHEMICAL CATALOG COMPANY (1930)

3 | 明治時代における缶詰業の草創

3.1 缶詰産業の黎明

日本の缶詰業誕生に関わる活動は、下記の三つの事項がほぼ同時並行的に進行した。

- ・ 大久保利通内務卿の殖産興業政策推進の実行部隊となった新宿試験場開設
- ・ 北海道と属島の行政・開拓を行う開拓使が設立した官営缶詰工場開設
- ・ 松田雅典が中心となって勸業を推進した長崎県立缶詰試験場開設

(1) 新宿試験場

大久保内務卿が率いる内務省は、産業育成を率先垂範して進めるため勸農局を設置し、新宿試験場（当初は内藤新宿試験場と呼ばれた）を中心に各種の事業開発を始めた。明治12年には、パリ万国博覧会巡遊時に購入した製缶設備を千葉・銚子に移し、イワシ漁業の盛んな銚子でイワシ油漬缶詰を2000缶試験製造し試売される。その後、この製缶設備は移動され、下総牧場で羊肉缶詰を試製し、さらに館山でイワシ油漬缶詰2400缶を試製している。しかし事業としての成功には至らなかった。

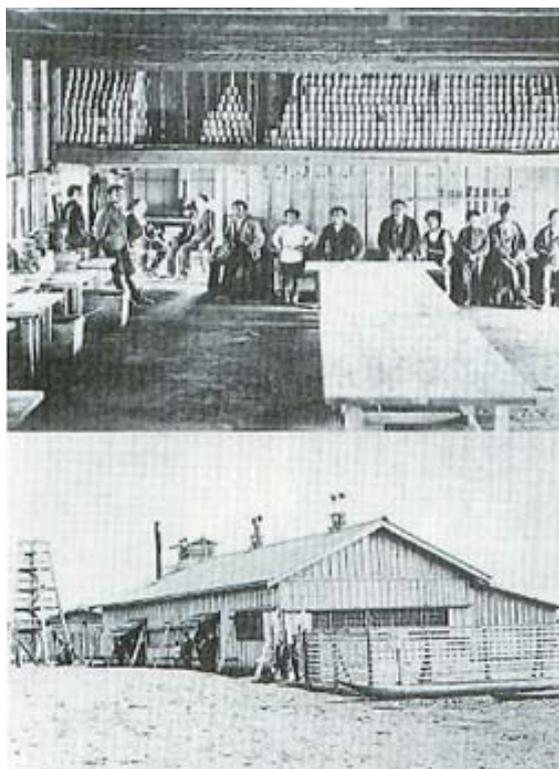


図3.1 石狩缶詰製作所¹

(2) 北海道開拓使による官営缶詰工場

蝦夷地を日本人自身の手で開拓する方針を固め、政府は明治2（1869）年に北海道開拓使を設置する。北海道開拓使は、明治15（1882）年に北海道庁に統一されるまで、北海道と属島の行政・開発を司った。明治3（1870）年に開拓使次官として就任し、明治7（1874）年に長官となる黒田清輝は、北海道開発を積極的に推し進めた。黒田長官は、熱意を持って現役の米国農務長官ジェネラル・ケプロンを説得して、開拓使の最高顧問に就任させた。また、自ら米国に渡り視察する中で、漁獲したサケを缶詰加工してヨーロッパに輸出している事業に触れ、サケ・マス資源の豊富な北海道での缶詰産業振興を決意する。明治6（1873）年に開催されたフィラデルフィア万国博覧会に派遣された関沢明晴、池田謙蔵は、下記の手動製缶機一式を購入する。

- ・ ティンプレス
- ・ 足踏切断機
- ・ 3本ロール
- ・ 胴付機
- ・ 半田ロウ鋳型
- ・ 半田ロウ切断機
- ・ 底締ロール
- ・ ヒーターロール

上記機械は、明治10（1877）年に開拓使石狩缶詰製造所を設立する際に据付けられる。開拓使は石狩缶詰製造所を皮切りとして約2年間に道内に別海工場、厚岸工場、美々工場、紗那工場を建設し、日本のサケ・マス缶詰業の基礎が築かれる。この缶詰工場立上げには、米国よりウリセス・トリート（Ulysses S Treat）とトレスコット・スエット（Trescott Swett）の2名を伝習教師として招聘した。

(3) 長崎県・松田雅典

明治4年（1871）年に松田雅典は、長崎の外国語学校「広運館」の司長だった時に、フランス人レオン・デュリーに缶詰というものを見せら



図3.2 松田雅典² 図3.3 レオン・デュリー²

れ、その手ほどきを受けてイワシ油漬缶詰の試作をおこなった。広運館が東京に移転されると、松田は長崎県庁勸業課に勤務し、缶詰試験場の設置を提案して明治12年に県立缶詰試験場が開設された。松田が最初

に苦労したのは油であった。日本には油漬缶詰に使用するオリーブ油がないため、菜種油、ゴマ油など在来のものを色々テストしたが、結局ツバキ油が最高の成果をあげ、フランス製に劣らかったとされている。生来の旺盛な探究心により試製したイワシ油漬缶詰は、極めて評価が高く、フランス人の信用も得てフランス軍艦の入港ごとに納品するようになる。日本初のこの缶詰試験場は、明治 15（1882）年に廃止となり松田雅典に払下げられた。松田は、官職を辞して缶詰製造の経営に携わると、アワビ水煮缶詰の製造を明治 16（1883）年より開始し、清国に輸出したところ、需要は年々増加し注文殺到の有様となった。缶詰の輸出額が初めて税関年報に記載されるのは、明治 32 年のことである。総輸出額と数量が記載されている中で、アワビ缶詰だけが個別に輸出数量と輸出額が記載されており、当時として重要な外国輸出品と認められていた証左と考えられる。

引用文献：

- 1 日本缶詰協会「目で見る日本缶詰史」日本缶詰協会 p29(昭和 62年)
- 2 日本缶詰協会「目で見る日本缶詰史」日本缶詰協会 p37(昭和 62年)

4 | 大正時代の製缶業の独立とブリキ国産化

4.1 製缶業の独立

4.1.1 ACC 自動製缶機の導入

明治4（1872）年に長崎の松田雅典によってわが国最初の缶詰が試作され、明治20年頃より民間による缶詰業が生産活動を開始するが、欧米と同様、それぞれの缶詰工場に製缶の熟練工を抱え自前で製作していた。しかし、日露戦争勝利で権益が拡大された北洋漁業の興隆の中で、堤清六は、サケ・マスを原料として缶詰製造を創業し、欧米への輸出を拡大した。堤は大正2（1913）年に菅宮清吉を米国に派遣し、最新鋭の製缶設備の購入を命じた。サニタリー缶は販売するが、設備は売りたいがらない米国ACCとの交渉に成功すると、高速自動製缶機が、北洋漁業の拠点となっていたカムチャッカに設置された。生産性が高く、製缶能力が余るため、その自動製缶機を函館に移設し、大正5（1916）年から外部の缶詰会社にも缶を供給する事業を始めた。

4.1.2 日本初の製缶専業会社・東洋製罐株式会社の設立

(1) 創業

高碕達之助は、16歳で越中島・水産講習所（現東京海洋大学の前身）で缶詰製造を学ぶと、三重県の東洋水産株式会社に勤務したが、明治44（1911）年に25歳でアメリカ大陸へ渡った。ロワー・カリフォルニアで缶詰技術者として働きながら、ACCの最新鋭工場を訪問するなど見聞を広めると共に、後の米国大統領ハーバード・フーパーなど多くの知己を得た。大正4（1915）年に帰国すると、高碕は小野金六の経営する輸出食品株式会社に就職し、カムチャッカで缶詰製造に携わる。米国では缶詰業と製缶業がすでに分離・独立しており、ACCやロサンジェルス・キャン（後にシアトル・アストリアという機械メーカーを買収して大きく成長し、コンチネンタル・キャンと改名する）等の製缶会社を見聞して来た経験から、日本においても製缶会社の分離・独立が必要であることを関係者に説いた。小野金六と伊谷以知二郎の賛同を得て、大正6（1917）年6月に日本で初めての製缶専門会社・東洋製罐株式会社（資本金50万円）が小林一三議長のもとに創立された。輸出食品株式会社社長の小野金六が会長に就任し、高碕達之助は支配人として実務の経営に携わった。工場は、大阪市福島の廃校となっていた西野田小学校の敷

地と校舎を大阪市より購入し、改造を加えてACCの自動製缶機を据えた。創立当時、高碕は分離・独立の動機を下記のように語っている。²

「1日に7万缶も出来る空缶の製作機を缶詰業者が個々に持つということは、その生産率からいうも、又固定資産を要する点からいうも、またこれに要する特種の技術者の点からいうも、現在内地の缶詰業としては不生産なことであるから、各缶詰業者が組み合って共同で製缶工場を持てば良いという結論に到達したのである。これがすなわち東洋製罐株式会社が創立されたゆえんである。…」

設立趣意書には1ポンドたて缶1個に関して、従来の手製半田缶と自動式サニタリー缶でコスト比較を行い、下記のように記されている。

	手製半田缶	自動サニタリー缶
・材料費（1箱10円）	2銭233	2銭379
・ロウ（1貫4円50銭）	900	113
・ラバーセメント	0	72
・製作工費・消耗費	550	565
合 計	3銭683	3銭129

高碕が推し進めた製缶業の分離・独立の功績は万人の認めるところであるが、製缶業の発展に極めて大きな影響を与えたものとして「商品の単一化と標準化」の普及があった。大正13（1924）年に渡米した時、高碕は当時の商務長官が推進していた「商品の単一化と標準化」を直接学ぶため、長官に面談を求めると、何とアメリカ在住時代に知合ったハーバード・フーパーであった。高碕はこの偶然の再会を果たしてから、フーパー商務長官から「商品の規格化と標準化が量産、安価、質の向上、信用の向上に大きな影響を与える」ことを深く学び、製缶業に実践したのである。当時は、缶詰業者が勝手な寸法の缶を注文し、製缶会社は小ロット多品種生産を強いられたため、注文ロット毎に設備部品の取替えと調整が必要になった。高い生産性を誇る製缶専業会社の発展にとっては、規格統一が不可欠であった。

(2) 東洋製罐の事業拡大

1) 大正8年（1919）11月 函館工場設置

輸出食品株式会社が所有する函館近郊の亀田製缶

工場と日魯漁業が所有していた七重浜日魯製缶工場を買収し、亀田工場に併合して東洋製罐函館工場とした。大正9(1920)年5月に堤商会の所有する函館台場町工場が火災となり、自動製缶機3ラインが焼失したため、全従業員を引取り最盛期に直面していたサケ・マス缶詰用の缶を間に合わせた。又、広島工場と東京工場設置のために発注していた自動製缶機2機が横浜港に到着していたが、北洋漁業への缶供給を確保するため、急遽、函館工場へ据付けることとなった。

2) 大正9(1920)年9月 東京工場設置。

大正9(1920)年8月、近所のセルロイド製手鏡柄の製造場より出火し、大阪工場は類焼を被ったため、東京工場は関西地区の需要家向けの生産を優先した。

3) 大正10(1921)年12月 広島製罐株式会社設立
広島畜産、笹野缶詰などの地元パッカーと協議して、地元資本と折半の投資で設立した。大正12(1923)年に東洋製罐に合併される。

4) 大正11(1922)年8月 台湾製罐株式会社を設立
ハワイ産改良種の大量栽培を開始し、ハワイに次ぐパイナップル缶詰業界を育成した。

5) 大正15(1926)年6月 仙台工場を設置。

4.1.3 北海製罐倉庫株式会社の設立

(1) 創業

第一次世界大戦後の経済不況によりロンドンの缶詰が滞貨する中、堤清六は1000万円におよぶイギリス金融市場からの借入金返済に迫られた。堤清六は、原敬首相、井上準之助日銀総裁の支援で朝鮮銀行より融資を受けるが、この貸付条件として、輸出食品、旧日魯漁業、カムチャッカ漁業の三社合併による日魯漁業株式会社の設立が要求された。大正10(1921)年3月に新しく誕生した日魯漁業株式会社は、北洋漁業の70%を占める大合同であった。会長に堤清六、専務に檀野禮助、常務に平塚常次郎が就任したが、堤・平塚の持株は、合せて41%を占めていた。¹日魯漁業は、大正9(1920)年5月に焼失した函館台場町製缶工場の復旧について、東洋製罐と協議して下記を決めた。

1) 製缶工場の復旧場所は小樽とする。

2) 日魯漁業は缶詰業に専念、缶は東洋製罐に任せる。

上記に従い、東洋製罐が小樽工場の建設にかかり、小樽区北浜町の区営埋立地に大正10(1921)年5月に完成した。しかし、新たに誕生した日魯漁業は、製缶から缶詰までを一貫して自社で行うことに拘り、大

正10(1921)年10月、東洋製罐は、所有する函館、小樽工場を含めた北海道の事業を日魯漁業に総て譲渡した。その結果、日本で2番目となる製缶専業会社「北海製罐倉庫株式会社」が日魯漁業直系子会社として創業した。堤清六と高崎達之助は役員として名を連ねた。

(2) 北海製罐倉庫の事業拡大

第一次世界大戦後、世界的金融恐慌のあおりを受けて、日本経済は大正末期から深刻な不況に突入していったが、北海製罐倉庫は当時の輸出の花形品目であったサケ・マス、カニ缶詰用の缶を独占的に製造し、極めて順調なスタートを切った。カムチャッカ・千島・樺太の水産缶詰に加えて、北海道の地の利を生かしてアスパラガス缶詰や練乳缶詰、育児粉乳缶等の農畜産缶詰の商品開発を推進し、多大なる成果を挙げた。

(3) 北海製罐倉庫と北洋漁業

明治40(1907)年7月に締結された「日露漁業条約」により急速に発展した北洋漁業は、当初、ロシア領沿岸に拠点を設け缶詰工場を設置するいわゆる陸上工場であった。一方、大正8(1919)年に水産講習所の伊谷以知二郎所長は、船内にハンドシーマー、簡易エギゾーストボックス、縦型レトルトを整備し、沿岸州沖に出漁して缶詰製造を行い、カニ工船への道を開いた。大正9年に富山県水産講習所の練習船呉羽丸は、僅か175トンの帆船であったがカムチャッカ西岸沖合に出漁し、海水を使用してカニ缶詰を船上で初めて製造した。これが契機となって、カニ工船漁業が発展していくと、陸上組と工船組の対立が生まれた。北海製罐倉庫は、創業間もなく、親会社日魯漁業が運営しているカムチャッカ、樺太方面の陸上工場向けにカニ缶詰用の缶を製造するが、大正12(1923)年にはカニ工船にも缶供給を始める。カニ工船漁業は、正式には、「工船カニ漁業」と呼ばれ、その後「母船式カニ漁業」といわれるようになった。工船カニ漁業とは、母船にカニ缶詰製造設備を備え、缶詰製造に要する一切の人員、資材を擁して漁場に待機し、川崎船および独航船によって漁獲したカニを原料として、母船内で缶詰製造する事業である。従って、缶を納入する北海製罐倉庫としては、出漁毎に入社2~3年目の技術者を「北洋サービスマン」として派遣し、営業、品質、缶詰機械の技術指導、クレーム処理、巻締管理、機械修理等を担当させた。

4.1.4 日本製罐株式会社の設立

大正2（1913）年に堤清六の命で米国に派遣された菅宮清吉は、ACCの自動製缶機械の購入という大任を果たした後、大正3（1914）年に堤商会を辞した。その後、製缶事業を計画して出資者を求めていたが、大正14（1925）年に至り和田治五郎、小熊幸一郎等の出資を得て、大正14（1925）年4月に日本製罐株式会社を設立した。函館市新浜町に工場を設け、ASTORIA自動製缶機2ラインを設置し、主としてカニおよびサケ・マス缶詰用の缶を製造した。しかし、業績が上がらず次第に経営困難に陥ったため、昭和7年に東洋製罐が株式を購入して人材を投入し、東洋製罐の支配下に置かれた。北海製罐倉庫も2000株を入手して株主になったため、日本製罐を媒介として東洋製罐と北海製罐倉庫は協調関係が築かれた。大正末期からソ連への缶輸出を始めるなど他社にない商売を行った。

（註）現在の日本製罐株式会社

政府の通牒に基づき、昭和16（1941）年7月21日に東洋製罐、北海製罐倉庫、日本製罐が中心となって製缶会社8社による合併が行われ、新たな東洋製罐株式会社が誕生する。この合併と同時に各社は解散したため、日本製罐株式会社は存在しなくなる。一方、大正14年より東京本所で宮谷商店川俣製罐所が創業し、製缶事業を展開していたが、上記合併で解散した日本製缶株式会社の社名を買収し、宮谷商店川俣製罐所から日本製罐株式会社に改名し、今日に至っている。

4.2 ブリキの国産化

4.2.1 国産化以前のブリキ事情

明治34（1901）年に官営八幡製鐵所が操業を開始すると、鉄鉱石から鉄を取り出し製品までを製造する一貫鉄鋼生産体制が整い、人の移動と物資輸送に必要な鉄道用レール、建築、構造物（橋梁・船舶・車両用など）向けの形鋼、中板などが生産された。日清・日露戦争時に兵食用缶詰を欧米から大量輸入した経験を持つ陸海軍は、国防的理由からも缶詰用容器に用いられるブリキの国産化を求めていた。さらに、近代国家建設に必要な外貨獲得のために、日本の豊富な海産資源を原料とする缶詰輸出は、安価で安定供給が可能となるブリキの国産化を必要とした。しかし、大正期に入ってもブリキは100%輸入に頼っていた最も大きな理由は、乗越えるべき技術の壁が余りにも高かったことであった。ブリキは特別に良質な鋼を必要とし、その鋼片を加熱と圧延を何度も繰り返しながら0.3mm前後の薄板に加工し、さらに多くの処理工程が必要となるため、他の製品と比べてはるかに工程数が多かった。欧米において、ブリキは18世紀末より英国が独占的生産を続け、缶詰産業が大発展した米国でも1890年頃まではブリキの自国生産が実現しなかった。明治34（1901）年に近代製鉄の操業が始まって間もない日本にとって、ブリキを国産化できなかったことは無理からぬことであった。

4.2.2 官営八幡製鐵所におけるブリキ製造開始までの経緯

大正3（1914）年7月に勃発した第一次世界大戦は、日露戦争以後、反動不況に陥っていた日本に未曾有の大戦景気をもたらした。先進国英国を中心とするブロックと、英国に抗して躍進しようとするドイツブロックの二大勢力の争いによって引き起こされた大戦争は、交戦諸国から殺到する軍需製品の注文急増により、国内の諸産業発展の起爆剤となった。また、欧米先進国に占有されていたアジア市場は、欧米からの出荷が止まり、急速に日本製品で埋められていった。鉄鋼については、欧米各国の輸出禁止措置によって日本は「鉄飢餓」状態になった。このような状況下でブリキの輸入価格が下記のように暴騰し、自国生産の必要性が高まった。²

明治41年：153円／トン

大正5年：256円／トン

大正6年：435円／トン

大正9（1920）年、錫メッキ機を海外から導入した東京鋳力製造株式会社は、ブリキ原板を輸入して、日本初のブリキ製造を開始した。しかし、1000箱程度生産したが、間もなく採算が合わず作業を中止した。大正10（1921）年、神奈川県川崎市の日東製鋼株式会社社長の犬塚栄吉は、交易の困難を乗り越えて、米国の既存工場を建物から機械まで一式輸入し、川崎工場に設置した。犬塚からブリキ製造の指導者探しを依頼された機械輸入商・高田商会は、ドイツ政府やクルップ社長などに選考を求めたところ、ワルター・ルオスキー（Walter Lwowski）が推薦され、圧延職員のヘンケ（Johannes Henke）とメッキ職員のフロアエン（Johannes Frohwein）と共に雇用契約が結ばれた。ルオスキーは、薄鋼板製造技師として豊富な現場経験を持ち、来日前後に「Dr.ing」を授与されている学識豊かな、立派な人物であった。³ 大正10（1921）年7月に38歳のルオスキーが家族を伴って来日すると、シートバーから始めるわが国初のブリキ製造を熱心に指導した。シートバーを供給する官営八幡製鐵所の製造に関しても適切な指示を出し、輸入品に匹敵する高品質なブリキを製造できるまでに至った。しかし、第一次世界大戦が大正7（1918）年11月に終わると、日本は深刻な反動不況に突入しており、ブリキ価格が急速に崩れるという厳しい現実と直面する。犬塚は、官営八幡製鐵所長官・白仁武を訪問し、修得した技術保存のため、設備一式と3名のドイツ人指導者および川崎工場で経験を積んだ日本人職員13名の引受けを申し入れた。官営八幡製鐵所は、大正6（1917）年より西田地区にブリキ工場を建設し、独力でブリキ製造を試みていたが暗礁に乗り上げていたため、犬塚の申し入れを受け入れた。ルオスキーは、日本人の特質をよく把握しながら誠意あふれる指導に当たったため、所員一丸となって技術習得に邁進した。ブリキ製造技術は急速に向上し、大正12（1923）年6月に初の国産ブリキを市場に出荷することが出来た。⁴

(1) 製造工程

ブリキの国産化が始まった時は、鋼塊を分塊工程で通常は0.5インチまで薄く長尺に延した後、ブリキの製品幅に剪断したTin Barがプルオーバー式圧延工程に搬送された。下図に示されるように、圧延前に加熱炉内で一定の温度まで昇温したTin Barを、圧延手が上下の圧延ロールの間に差し込むと、反対側のオペレーターが鉄で掴み、引き抜きながら板厚を減少させる。引き抜いた板は、上ロールの上部から圧延手に戻され、上下ロールの間隔を狭めた空隙に、再度差し込

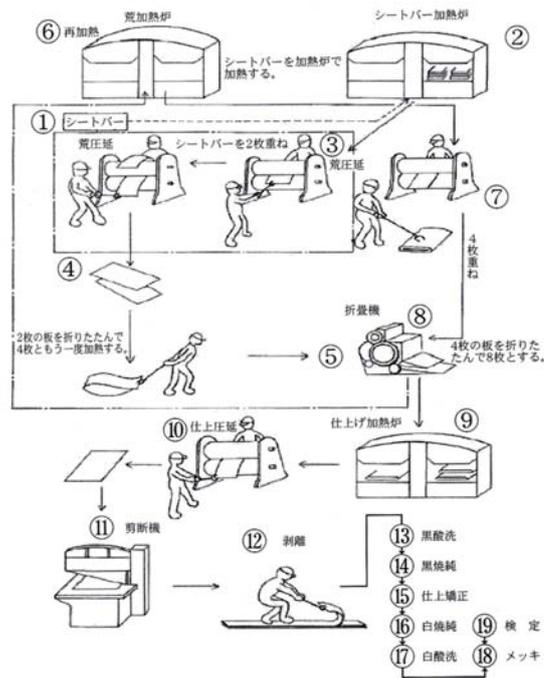


図 4.1 ブリキ原板の圧延工程図⁶

んで板厚を薄くして行く。ブリキの原板は、0.3mm前後まで薄くする必要があるが、上記のような圧延作業だけでは達成されないため、圧延後の板を二枚重ねに折ってから、同様の作業を繰返し、さらに四枚、八枚と重ねて圧延を続けて所定の最終厚みに仕上げた。このように重ねて圧延するため、パック圧延と呼ばれることがある。⁵ 上記で分かるように、昭和14年に冷間圧延機が日本に導入されるまでは、全てのブリキ原板は熱間圧延材であった。酸洗、焼鈍後に室温で2本のロール間を通板する作業は、軽圧下による形状矯正と調質を目的としており冷間圧延ではなかった。各工程の作業は、前述の「20世紀初頭のブリキの製造技術」と同様である。

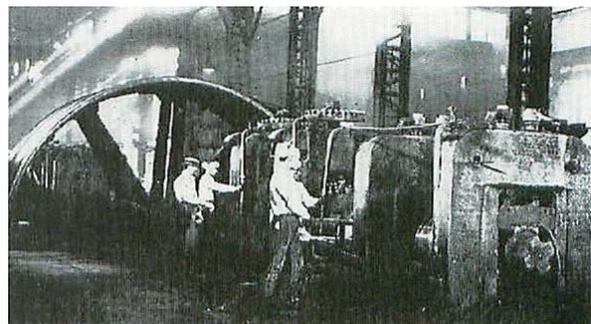


図 4.2 プルオーバー式熱延作業⁶

(2) ドイツ人技師ルオスキーが導入した制度

ルオスキー技師は、生産技術に止まらず、管理面における指導も行い当時としては斬新な下記の制度を提案し、実施した。

1) 圧延工場の3交代制導入

加熱炉があるため24時間連続作業を必要とするが、2交代の12時間作業を廃止して、3交代の8時間作業に変更した。

2) 功程払い制度

高熱重筋連続作業に採用された一種の出来高払い制度を導入した。

問題もあったが、生産意欲の昂揚と技術の進歩を促す画期的な制度であった

3) 検定作業の女工採用

女性達の鋭い感覚を製品検査に活用した。彼女達は、外観検査だけでなく、ブリキを持った瞬間に板厚の不良を見つけることができた。

引用文献：

- 1 「70年のあゆみ北海製罐株式会社」p22 北海製罐株式会社（平成3年）
- 2 「東洋鋼板50年の歩み」p16 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 3 松尾宗次「鉄の歴史ブリキ板と珪素鋼板の国産を指導したドイツ人技師」ふえらむ Vol.10 No.10（2005）
- 4 水谷浩「本邦鉄力板工業の発達」p75 鐵と鋼第21年 第6号（1935）
- 5 八幡製鐵所「ブリキ50年の歩み」p23 新日本製鐵株式会社（昭和48年）
- 6 八幡製鐵所「ブリキ50年の歩み」写真集 新日本製鐵株式会社（昭和48年）

5 | 昭和前期における企業合同とブリキ増産

5.1 鉄鋼業界の大合同

官民の大合同は、原内閣が大正 10（1921）年に作成した政府案から始まるが、幾度もの流産を繰り返しながら、昭和恐慌下の世情騒然、挙国一致の風潮の中、齊藤実内閣が昭和 8（1933）年 2 月 28 日の第 64 議会に「日本製鐵株式会社法案」を提出し、昭和 8（1933）年 3 月 25 日に成立した。法案の主旨は、「官民製鐵事業を整理統合して徹底的合理化をはかり、わが国製鐵事業の基礎を強固にして、低廉かつ豊富な鉄鋼の供給を行う」であった。このように「日本製鐵株式会社法案」は難産の末、成立したが、八幡製鐵所従業員、労働組合、市民、消費者団体などから反対運動が続発し、紛糾した。円為替の急落による輸出景気で鉄鋼界も活気を取戻していたため、民間鉄鋼各社は、株式の評価方法などにおいて強気の交渉にあたり、日本鋼管、浅野造船、浅野小倉製鋼、東海鋼業、大阪製鐵の 5 社は合同に参加せず自立の道を選択した。昭和 9（1934）年 1 月 29 日、日本製鐵株式会社が誕生した。発足した日本製鐵株式会社にとって、第一の課題は、輸入を防圧して明治以来の宿願であった「鉄鋼自給」をはかることであり、第二の課題は、風雲急を告げる世界情勢を踏まえた「広義国防」への対応であった。新生日本製鐵株式会社の概要を以下に記す。¹

- ・ 参加会社 八幡製鐵所、九州製鋼（安川・松本）、輪西（三井）、釜石（三井）、三菱製鐵一兼二浦（三菱）、富士製鋼（渋沢）（昭和 11 年 4 月に大阪製鐵は日本製鐵株式会社に買収される）
- ・ 資本金 3 億 4594 万円（政府の出資率 79%）
- ・ 初代社長 中井励作（前官営製鐵所長官）
- ・ 人員 4 万 5847 名
- ・ 初代社長 製鉄 186 万トン（国内シェア 96%）
粗鋼 201 万トン（国内シェア 52%）
- ・ 改名 官営製鐵所から八幡製鐵所に変更

5.2 東洋鉄板株式会社の設立

(1) 創業までの経緯

東洋製罐を創業した高碕達之助は、「東洋製罐はどこまでも消費者である缶詰業者のための会社であるから、いかにして安く缶をつくるか、いかにしていい缶をつくるか、いかにして缶を必要な時に間に合わせるかという 3 つの点を一番重点としてやってきた」²と語っているように、製缶コストの大半を占めるブリキを、いかにして安価に購入するかを執拗に追及し続けた。創業計画書「本会社ハ、需要家ノ注文ニ依リテハ自ラ材料ヲ購入シ製缶製函ヲナシ適当ナ価格ニテ缶詰業者ニ販売スルモノトス」³と明記されている通り、高碕は、世界最大の鉄鋼会社 US スチール社のスコット社長に直談判し、全面協力を取り付けている。高碕は、八幡製鐵所の中井励作長官を訪問し、「八幡製鐵所のブリキも安心して使えるようになったので、今度は自分のところでブリキを作りたい」と申し入れると、「技術と鉄板は供給するから東缶でやれ」と強く勧められたという。^{4,5} 東洋製罐のブリキ自給計画は、昭和 4（1929）年 4 月から昭和 6（1931）年 7 月にかけて 4 名の社員をブリキ技術習得のため、八幡製鐵所へ派遣して具体化した。その間、昭和 5（1930）年に高碕東洋製罐常務は、欧米へ出張してブリキ生産視察を行った。この時、八幡製鐵所の須永己代治技師が同行している。しかし、ニューヨーク・ウォール街の株式大暴落が発端となって世界恐慌に発展すると、日本もいわゆる昭和恐慌に突入し、到底、計画を進める事業環境ではなかった。昭和 7、8 年になると、日本経済は活力を取り戻し、東洋製罐のブリキ自給計画の実現に向けて検討を再開した。昭和 9 年 1 月に「東洋鋼板株式会社創立趣意書」が作成され、下記のように述べられている。⁶

「世界のブリキ生産の 8 割強を米・英・独三カ国で占めており、わが国では官営八幡製鐵所のみが、3 万 8917 トン（昭和 9 年）生産している。しかるに需要は年 12 万トンないし 15 万トンあり、大部分は外国からの輸入である。…すなわち東洋製罐および系列の日本製罐のブリキ所要量は年間 4 万 2000 トンを超える実情であるのに製鐵所からの供給は 5000 トンないし 8000 トンに過ぎず、大部分を輸入に依存している。製缶会社が真に順調な

る作業をなし安価なる空缶を供給し、かつまた一朝有事に備えるにはブリキの自給をはかるほかない。そのために東洋製罐は、数年前からブリキ自給計画を立て、製鐵所の指導により計画を進め、昭和5年に高碕常務を欧米に派遣し同氏の帰朝とともにブリキ製造を開始する予定であったが、折柄財界極度の不況に際会したため遂に見合わせて今日に至った。今回、東洋製罐と東洋製罐関係者が大株主となり、一部を縁故募集して東洋鋼板株式会社を創立してブリキ製造の計画を立てたが、本計画の第1期においては東洋製罐需要の半数、第2期工事拡張後に初めて同社現在の需要を満たすことになる」

(2) 創業

創立総会は、昭和9（1934）年4月11日、大阪市北区堂島浜通大阪商工会議所で開催された。代表取締役社長に小野耕一、代表取締役専務に高碕達之助、代表取締役常務に進藤義輔が就任した。資本金は500万円であった。

[事業計画]⁷

- 1) 第1期は第1回払込金を徴収して会社を設立し、東洋製罐株式会社にて計画中のブリキ板製造業を引き継ぎ、シートバーを株式会社昭和製鋼所およびその他より購入しブリキ板の製造をなす。
- 2) 工場ならびに機械設備の完成に従い、さらに12円50銭の払込を徴収して第1期作業を開始す。
- 3) 第1期は熱ロール機6基、冷ロール機2列およびその他所要の設備をなし、年間1万9285トン（100ポンドベース換算約43万2000函）のブリキ板を製造するものとす。
- 4) 第2期はさらに1株につき10円宛の払込を受け、製造設備を倍加して年間額3万8570トン（100ポンドベース換算86万4000函）のブリキ板を製造するものとす。

(3) 操業開始

原材料となるシートバーやティンバーは、日本製鐵株式会社と昭和製鋼（満州）より購入する予定であったが、鋼材需要が急増し、日本製鐵自身がティンバー

を輸入する始末になっていたため、不足分はドイツ合同製鋼会社に注文することとなった。製造工程は下記のように酸洗工程から始まる。

ブリキ技術の習得のため、昭和9（1934）年5月から昭和10（1935）年1月まで、八幡製鐵所へ養成工延べ85名を派遣した。昭和10（1935）年5月16日の地鎮祭から1年2ヶ月弱でブリキを初出荷するという記録的なスピードで立ち上がった。⁸

(4) 日本初のストリップミルの稼働

米国ではすでに半数を占めていた冷間ストリップ圧延は、プルオーバー熱間圧延方式と比べて品質、コスト面で優位にあるとの判断により、昭和12（1937）年2月に導入を決定した。昭和12（1937）年に勃発した日中戦争の影響を受けて半年遅れたが、9月に試運転にこぎつけた。冷間ストリップ圧延は運転技術の熟練に予想外の日時を要し、昭和14（1939）年5月ようやく月産1000トンの圧延が可能となった。従来のプルオーバー方式の手作業からみれば、まさに革新的な新鋭機械であるから、熟練に半年以上を要したのも当然であった。リバース冷間圧延ミルとして、日本最初のストリップミル運転の荣誉を担うことになった。プルオーバー圧延機による熱間圧延板の使用は、昭和28（1953）年に廃止され、ストリップ圧延による冷延鋼板がブリキ原板となった。⁹

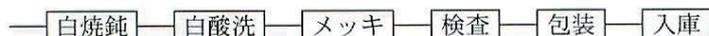
5.3 その他ブリキ製造会社

昭和8（1933）年に横浜市神奈川区に扶桑鋼業が設立された。扶桑鋼業はブリキ原板を購入し、下記の工程でブリキ製造を行った。



中山製鋼株式会社、淀川製鋼株式会社もブリキ生産を行った。

神戸製鋼は、昭和11（1936）年1月にブリキ板製造を企画し、ストリップミル購入のため外島技師を渡米させ準備を進めたが、政府が日本製鐵集中生産の方針のもと、認可しなかった。



5.4 製缶業界の大合同

昭和12（1937）年7月から始まった日中戦争は戦局が深まると、資金、物資、労働の3方面にわたる統制強化が加速され、製缶原材料、資材の入手も一段と困難になった。昭和14（1939）年8月には経済統制により、食糧品缶詰製缶工業組合に対して共同販売実施令が発令され、空缶共同販売制による窓口の一元化がなされた。日独伊三国同盟の調印、米国の対日屑鉄輸出の禁止などあわただしさが高まっていく中で、昭和15（1940）年12月に食糧品缶詰製缶工業組合に対して商工、農林両次官通牒により、食料品缶詰用空缶製造業者の合同が勧告された。昭和16（1941）年7月21日、下記8社が合併し、新たに東洋製罐株式会社を設立、合併と同時に各社は解散することとなった。^{10,11}

東洋製罐（大正6.6） 北海製罐倉庫（大正10.10）
日本製罐（大正14.4） 朝鮮製罐（昭和14.1）
明光堂（昭和13.12） 広島製罐（昭和13.3）
鶴見製罐（昭和13.3） 長瀬商事（昭和12.3）
上記（ ）内は創業時期を示す。

引用文献：

- 1 「八幡製鉄所八十年史」p106 新日本製罐株式会社（昭和55年）
- 2 「東洋製罐八十年の歩み（年表）」p13 東洋製罐株式会社（1977）
- 3 「東洋製罐八十年の歩み（年表）」p19 東洋製罐株式会社（1977）
- 4 「高碓達之助集」上 東洋製罐株式会社（1965）
- 5 中井励作「鏡と私 半世紀の回想」p222 鐵鋼と金属社（昭和31年）
- 6 「東洋鋼板 50年の歩み」p23 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 7 「東洋鋼板 50年の歩み」p25 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 8 「東洋鋼板 50年の歩み」p18 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 9 「東洋鋼板 50年の歩み」p40 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 10 「東洋鋼板 50年の歩み（年表）」p76 東洋鋼板株式会社（昭和60年）
- 11 日本缶詰協会「目で見る日本缶詰史」p538 日本缶詰協会（昭和62年）

6 | 戦後の復興と新たな出発

昭和20(1945)年8月15日、わが国のポツダム宣言受諾により第二次世界大戦は終結した。国民は疲労困憊の極に達し、虚脱状態に陥った。その上、食料不足と常軌を逸したインフレに人々は苦しみ、日々の生活に喘いでいた。長期にわたる戦争は、国力の総てを使い尽くした。諸物資が枯渇したため生産と輸送は麻痺状態となり、日本経済は崩壊の危機に晒されていた。鉄鋼業は空襲や艦砲射撃によって約75%にのぼる設備被害を受けていた。生産再開にあたって特に致命的なのは原燃料の欠乏であった。昭和20(1945)年8月30日、連合軍最高司令官ダグラス・マッカーサー元帥を乗せた飛行機が厚木飛行場に着陸し、9月2日にミズーリ号艦上で降伏文書が調印された。直ちにGHQ(General Head Quarters: 連合国軍最高司令総司令部)は対日占領政策を発表した。それは「非武装化」を最重要方針とし、連合国指令第1号が陸海軍と軍需工業の解体等であった。経済面では「潜在的戦争能力の完全排除」と「日本経済の民主化」を実現するため、昭和21(1946)年11月に、先ず三井、三菱、住友、安田の四大財閥の解体に着手した。その後、次第に対象が拡大され、昭和22(1947)年9月には、83の持株会社とその傘下の約4500社が事業経営の制限を受ける「制限会社」に指定された。制限会社は所有する有価証券を接收され、持株会社と傘下会社の間における資本関係、人的支配などが切断されて行った。併せて、2500社にのぼる主要会社の首脳が「公職追放」された。昭和22(1947)年12月にGHQより「過度経済力集中排除法」が公布され、財閥解体後に残る巨大企業の分割を狙い、潜在的戦争能力の排除をより徹底的なものにしようとした。しかし、昭和22(1947)年に発生したギリシャの共産ゲリラ反乱に端を發し、いわゆる米ソの「冷戦体制」が世界を二極化する中、中国における共産政権の樹立が避け難くなると、占領政策は昭和23(1948)年より大転換された。昭和23(1948)年1月のロイヤル陸軍長官の声明の中で、「日本が自国の輸出品の対価によって必要な輸入品を購入できる」ように政策を転換し、「アジアに今後生ずる可能性のある共産主義革命の脅威に対して、日本を自由主義陣営の防波堤とする必要がある」と述べていることが転換の方向をよく物語っている。過度経済力集中排除法の緩和、公職追放の解除などが実施され、ようやく復興への光が見え始めた。

しかし、過度経済力集中排除法は全面解除とはなら

ず、最終的に下記17社が分割の対象となった。

日本製鐵、東洋製罐、大日本麦酒、三井鉱山、三菱重工業、三菱鉱業、帝国纖維、東京芝浦電気、日立製作所、王子製紙、大建産業、日本化薬、北海道酪農協同、松竹、東宝、帝国石油、井華鉱業

6.1 日本製鐵の分割と鉄鋼業界の復興

6.1.1 日本製鐵株式会社の分割

昭和23(1948)年12月16日付けで、持株会社整理委員会から下記の再編成計画の決定指令が通達された。

鉄鋼部門は八幡製鐵株式会社と北日本製鐵株式会社に分割し、粗鋼シェアをほぼ二分する案であった。最新鋭の広畑製鐵所は、賠償対象としてどちらにも属さなかったが、北日本製鐵の社長に就任する永野重雄は、社名を富士製鐵株式会社とし、広畑製鐵所を取り込むことに成功した。輸送、煉瓦事業も分割し、昭和25年4月1日に下記が発足した。¹

表 6.1 日本製鐵株式会社の分割

	当初資本金	代表者	営業目的	継承内容
八幡製鐵	8億円	三鬼 隆	鉄鋼の製造・販売	八幡製鐵所
富士製鐵	4億円	永野重雄	鉄鋼の製造・販売	輪西、釜石、広畑、川崎
日鉄汽船	4000万円	太田民治	船舶運輸	船舶24隻
播磨耐火煉瓦	2000万円	藤村哲之	耐火煉瓦の製造販売	高砂、赤穂

6.1.2 鉄鋼業界の新たな出発：

6.1.2.1 八幡製鐵株式会社のスタートとブリキ生産の再開

昭和25(1950)年4月1日に新生八幡製鐵株式会社が発足した。厳しい試練の時期が続き、特にストリップ圧延による高品質で廉価な製品が欧米諸国から海外に輸出されており、日本の鋼材は全く歯が立たない状況にあった。昭和25(1950)年6月25日に朝鮮動乱が勃發した。北朝鮮の韓国軍撃破を契機として鉄鋼需要が急激に増加し、売り手市場に変わった。国内鋼材の滞貨は一掃され、物価は急騰し、企業に資金が蓄積された。この結果、鉄鋼業は、設備の更新と合理化を遂行し、戦時中の空白を埋め大規模な設備投資と近代化を進めた。一方、昭和23(1948)年より占領政策を転換した米国は、資金面、技術面で積極的な支援を始め、経済自立促進という占領政策を背景に、昭和26(1951)年から政府の鉄鋼業第一次合理化計画が始動した。八

表 6.2 ストリップ圧延とプルオーバー圧延の生産性比較³

	ホットストリップミル	コールドストリップミル	プルオーバーミル
操業度 (%)	約 100	約 50	約 50
材料トン当り消費熱量 (10 ³ kcal)	321	—	1,265
ロール運転時間当り材料圧延量 (t)	136	51.2	2.0
直接工 1 人当り材料圧延量 (t)	661	299	50

幡製鐵における第一次合理化計画の最大のポイントは、ブリキ工場を含む戸畑ストリップ工場の増強であった。大正 11 年よりブリキの国産化を担ってきたプルオーバー圧延機は、昭和 22 (1947) 年に休止され、ストリップ圧延に全面移行した。²

それは、製鉄、製鋼設備に比べて老朽化が著しい圧延設備を更新する目的だけでなく、戦後の経済構造を見通した計画であった。昭和 27 (1952) 年に米国出張していた湯川正夫常務は、電気メッキ法によるブリキ（以下、電気ブリキと呼ぶ）が世界を席巻することを看破し、生産拡大しようとしていた熱漬ブリキ増設計画を、急遽変更してフェロスタン式電気ブリキラインの導入を指示した。高能率で錫が節約できる電気ブリキは、無塗装缶として使用される場合は問題があるかもしれないが、今後の印刷、塗装技術の進歩によって充分缶寿命を保証することが可能と判断しての英断であった。また、東洋鋼板は、八幡製鐵からの強い奨めもあって電気ブリキラインの新設に踏みきった。² 昭和 30 (1955) 年 4 月 19 日に電気ブリキラインは、日本における商業生産を開始した。しかし、伝統的な熱漬ブリキを使い慣れてきた需要家からは、容易に理解が得られず生産が伸び悩んだ。特に錫付着量が少ない電気ブリキは、従来の 6・4 半田 (Pb6 : Sn4) では半田性が悪く、高鉛半田 (Pb98 : Sn2) に切替えて使いこなす必要があった。電気ブリキは、農畜産産物が豊富なアルゼンチンからの大量受注を契機として漸増し、国内においても次第に価格の優位性と品質の安定性が広く認められ、熱漬ブリキに代わっていった。

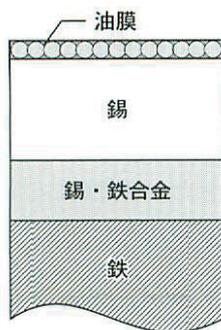


図 6.1 熱漬ブリキ断面図

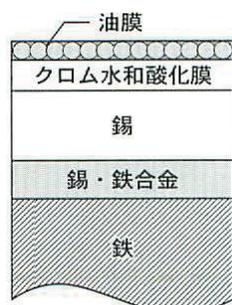


図 6.2 電気ブリキ断面図

(註) 電気メッキブリキについて⁴

昭和 12 (1937) 年に工業用の電解錫メッキラインが、米国のアメリカン・シート・アンド・ティンプレート社（現在の US スチール社）のゲーリーブリキ工場に設置された。このラインは、酸性メッキ浴を用い、生産能力は年間 5 万トンであった。最初のブリキラインには溶錫処理装置がないため、回転するワイヤーブラシで表面を研磨して光沢ある外観にした。しかし、熱漬ブリキに比べると外観が見劣りするだけでなく、半田付けが難しく、耐食性も悪いものであった。昭和 16 (1941) 年に世界初の溶錫装置が実用化され光輝を持つ電気メッキブリキが誕生した。同年には、クラウン・コーク・アンド・シール社が、アルカリメッキ浴により、ゲーリー工場と同等の生産能力を持つ電解錫メッキラインを稼働させ、品質の高いブリキを製造した。ほぼ同じ時期に、ドイツでも電解錫メッキラインが設置されたが、生産能力が低く最大幅が 9 インチのストリップ用であり、米国の上記 2 社に比べると技術的に劣るものであった。電解質水溶液における電解法による錫メッキ鋼板であるが、以後は「電気ブリキ」と称す。電気ブリキが熱漬ブリキの性能に到達するには多くの技術的進歩が必要であったが、ACC の Mr. G. G. Kamm らが開発した高耐食性ブリキ (K プレート、J プレート) が電気ブリキの信頼性を高め、熱漬ブリキを凌駕する大きな力となった。

6.1.2.2 東洋鋼板株式会社の再出発

空襲による工場被害はなかったが、原料入手が全く不可能であったため、呉工廠から薬莖用鋼板の入手を行った。昭和 21 (1946) 年 3 月まで約 5000 トンを確保し、昭和 21 (1946) 年 4 月から圧延機 1 基を稼働させてブリキ製造を開始した。昭和 25 (1950) 年に勃発した朝鮮動乱の特需で様相が一変した。企業収益が急増し、東洋鋼板のブリキ生産は昭和 25 (1950) 年下期に 2 万トンに達して戦前水準を上回った。ブリキ価格は、昭和 26 (1951) 年 3 月末には、それまで 8 万円台であったものが 11 万 5000 円に急騰した。昭和

26(1951)年度から出発した鉄鋼業の第一次合理化計画に基づき、従来の冷間圧延機を調質圧延機に改造し、リバース冷間圧延機の新設、焼鈍設備の大幅な増強を推進した。創業以来続いていたプルオーバー圧延を昭和28(1953)年に休止し、冷間圧延一本の体制となった。昭和28(1953)年度のブリキ生産は4万7000トン、昭和29(1954)年度は5万トン台、昭和30(1955)年度は6万トン台と順調に増産し、第一次合理化が大きく寄与した。第一次合理化の追加工事として電気メッキブリキ設備の新設を打ち出した。年間5万トン能力の設備をウィーン・エンジニアリング社に発注し、昭和30(1955)年3月に生産が開始された。⁵

6.1.2.3 ブリキ市場への新規参入

(1) 富士製鐵株式会社

富士製鐵は、第1次合理化計画として広畑製鐵所に年間24万トンの冷間圧延機と亜鉛メッキ設備の設置を進めていたが、さらに総工費31億円をかけて熱漬ブリキと電気ブリキ設備の新設による、年間9万6000トン

体制の構築を推進して行った。昭和31(1956)年から17名が八幡製鐵で3ヶ月間研修し、熱漬ブリキは昭和32(1957)年3月から作業を開始した。昭和32(1957)年4月にフェロスタン式電気ブリキラインが完成、昭和34(1959)年3月にはわが国初の連続焼鈍ラインを導入した。

(2) 日本鋼管株式会社

昭和37(1962)年7月に京浜製鐵所にフェロスタン式の電気ブリキラインを導入した。

(3) 川崎製鐵株式会社

昭和42(1967)年8月に千葉製鐵所において、日本で初めてハロゲン式の電気ブリキラインを稼働させた。

6.1.2.4 電気メッキブリキの生産統計

表6.4に見られるように、昭和30(1955)年に電気メッキブリキラインが生産を開始すると、5年目に電気ブリキの比率が50%を越えた。

表 6.3 電気ブリキラインの製造設備⁶

会社名	名称	稼働年	ライン速度	設備能力 (t/M)	めっき欲	現 状 (2007年3月現在)	
新日本製鐵	八 幡	No.1	1955	244MPM	14,000	フェロスタン浴	ライン休止
		No.2	1958	305MPM	12,630	〃	ライン休止
		No.3	1964	381MPM	12,500	〃	
		No.4	1970	549MPM	15,910	〃	
	広 畑	No.1	1958	305MPM	13,160	〃	
		No.2	1973	244MPM	13,330	〃	1972年、TFSラインを改造
	名古屋	No.1	1965	420MPM	17,500	〃	
東洋鋼鋳	下 松	No.1	1955	183MPM	9,000	〃	Niメッキラインへ改造
		No.2	1960	381MPM	13,500	〃	Niメッキラインへ改造
		No.3	1968	457MPM	18,500	〃	
NKK	京 浜	No.1	1962	305MPM	13,000	〃	1996年、解体し、中国へ移設
	福 山	No.1	1971	450MPM	18,000	〃	
川崎製鐵	千 葉	No.1	1967	305MPM	10,000	ハロゲン浴	ライン休止
		No.2	1972	488MPM	20,000	MSA浴	2005年、メッキ浴をハロゲン浴から変更

表 6.4 国内ブリキ生産高

	総生産量 (A) トン	電気ブリキ (B) トン	熱漬ブリキ (C) トン	(B) / (A) 比率 %
昭和30年	181,494	13,838	167,656	7.6
昭和31年	244,700	73,412	171,288	30.0
昭和32年	246,037	100,286	145,024	40.8
昭和33年	251,929	122,189	129,740	48.5
昭和34年	338,127	188,368	149,759	55.7
昭和35年	449,970	268,291	181,679	59.6
昭和36年	490,694	321,247	169,447	65.5
昭和37年	494,442	308,397	186,045	62.4

上表は下記資料をもとに筆者が作成した。

・八幡製鐵所「ブリキ50年の歩み」⁷ ・吉崎鴻造「新編ブリキ」⁸

6.2 製缶業界の復興と新規参入

6.2.1 東洋製罐の分割と北海製罐株式会社の誕生

昭和23(1948)年に過度経済力集中排除法に基づき、東洋製罐は持株会社整理委員会より経済力集中企業と指定された。昭和24(1949)年7月、東洋製罐は「別に分離会社1社を新設し、小樽工場および附属設備、ならびに工場以外の他の資産を譲渡しなければならない」旨の再編成計画の指令を受けた。東洋製罐は、あえて母体体力の温存と将来の再合流を希求して、これを受容れることとなった。昭和25(1950)年2月1日、小樽工場およびその付帯設備、資産を東洋製罐から分離・独立させ、新たに下記内容の北海製罐株式会社が誕生した。^{9,10}

資本金	5000万円
本社	東京 (東京都千代田区内幸町内幸ビル)
工場	小樽工場 製缶機械ロールフォーム 3ライン、 インバーテッド 4ライン、
役員	取締役社長 堤清七、 専務取締役 堀越一三

サケ・マス工船とカニ工船の再開により北洋漁業缶詰用の製缶が経営を支えた。同時に、北海道の地の利を生かした乳製品、アスパラガス、スイートコーン、トマトなどの農畜産缶詰の育成にも努め、新しい市場開拓が経営其軸を一層強固なものにしていった。

6.2.2 製缶業界への新規参入

(1) 九州製罐株式会社の設立

長崎県のイワシトマト漬缶詰業(トマトサーजन)は、戦前からの長崎県における花形輸出産業であった。容器は東洋製罐戸畑工場から輸送されてきたが、戦後の輸送事情や労働争議などのため、納期が遅れることがしばしば発生していた。容器納入遅れは、缶詰会社にとって死活問題であったため大洋漁業の中部悦良副社長は、東洋製罐に対して長崎市への製缶工場建設を要請したが受容れられなかった。中部副社長は、長崎商工会議所に対して製缶会社の設立を働きかけ、昭和25(1950)年3月7日に九州製缶株式会社が設立された。¹¹

(2) 大和製罐株式会社の設立

昭和14(1939)年に山口久吉が本田次一と共同出資して創業した大阪コルク工業は、戦時中に供給が途絶えがちな天然コルクに代わる、アベマキを原料とする合成コルクの製造を行っていた。同業他社より進んだ一貫生産を行う大阪コルク工業は、火薬庫の断熱材など陸海軍のご用達企業に指名され、軍需中心の生産を行った。¹²戦後は軍需がなくなったため、製缶事業を将来の柱に育てることを目指して、昭和28(1953)年2月に社名を大和製罐株式会社に改称し、主要事業が製缶事業であることを明らかにした。昭和31(1956)年、世界の二大製缶会社の一つであるACCと八幡製鐵は、容器製造に関する技術援助協定を締結すると、大和製罐・九州製罐はサブライセンサーとなって最先端の製缶技術を吸収して行った。

引用文献：

- 1 「八幡製鐵所八十年史」p200 新日本製罐株式会社(昭和55年)
- 2 八幡製鐵所「ブリキ50年の歩み」p36 新日本製鐵株式会社(昭和48年)
- 3 戦後技術調査小委員会「戦後復興におけるわが国鉄鋼技術の発展」p262 日本鉄鋼協会(平成4)
- 4 Wean Eng. Co.「Electrolytic Tin Plate」p5
- 5 「東洋鋼板50年の歩み」p67 東洋鋼板株式会社(昭和60年)
- 6 「わが国の缶用表面処理鋼板の技術史」p5 日本鉄鋼協会(平成10年)
- 7 八幡製鐵所「ブリキ50年の歩み」p37 新日本製鐵株式会社(昭和48年)
- 8 吉崎鴻造「新編ブリキ」p30 鉄鋼と金属社(昭和39年)
- 9 「東洋製罐八十年の歩み(年表)」p83 東洋製罐株式会社(1977)
- 10 「70年のあゆみ 北海製罐株式会社」p79 北海製罐株式会社(平成3年)
- 11 「大和製罐六十年史」p59 大和製罐株式会社(平成13年)
- 12 「大和製罐六十年史」p3 大和製罐株式会社(平成13年)

7 | 高度経済成長期以降における日本オリジナル技術の創出と世界への発信

高度経済成長は、昭和 30(1955)年から昭和 48(1973)年の第一次石油ショックまで続く。三種の神器（白黒テレビ、洗濯機、冷蔵庫）による家庭電化時代が到来するなど、第一次消費革命を迎えた日本経済は、「軍需」ではなく「民需」をテコとした経済に移行して行く。輸出拡大で貿易収支が好転し、実質 GNP の平均伸び率は、OECD 諸国の 2 倍以上の速度となり、「世界経済の奇跡」とまで言われた。「もはや戦後ではない」と昭和 31 年の経済白書が述べ、日本経済は成長と近代化の道を歩み始めた。昭和 36 (1961) 年に池田内閣が打ち出した「所得倍增計画」は、国民に明るい希望を抱かせると共に、10 年後の日本経済のあり方を示した。このように日本経済が発展した背景には、投資が投資を呼ぶ積極経営の高まりと、鉄鋼、石油精製、自動車、合成繊維、プラスチック、エレクトロニクスなどの技術革新があったといわれている。

鉄鋼業界では、昭和 25 (1950) 年から合理化計画が推進され、平炉メーカーであった川崎製鉄、住友金属、神戸製鋼が銑鋼一貫生産に新規参入すると、八幡製鐵、富士製鐵、日本鋼管を含めた 6 社による生産規模拡大競争が過熱化した。

ブリキメーカーは、戦前の 2 社体制から 5 社体制となり、昭和 30 (1955) 年より電気ブリキラインが導入されると、連続焼鈍ラインの導入、調質圧延機の増強など米国の設備、技術が流れ込み、短期間にストリップを中心としたプロセスが主流を占めた。

缶詰産業は、サケ・マス、マグロ、ミカンなどの缶詰輸出が再興し、昭和 30 (1955) 年には戦前における最高値 1712 万箱を追い越した。¹昭和 45 (1970) 年頃より、飲料缶詰の成長が食品缶詰の伸びを上回り、飲料缶詰時代に突入して行った。一方、昭和 51 (1976) 年にソ連が 200 カイリ漁業専管水域を宣言すると、母船漁業は終焉を迎え、昭和 56 (1981) 年以降、缶詰輸出額は減少を始める。

東洋製罐は、昭和 29 (1954) 年に米国コンチネンタル・キャン社 (CCC) と技術提携して積極的に米国技術の導入を進め、昭和 33 (1958) 年 8 月に日本初の缶詰ビールを朝日麦酒と共同で商品化した。³

北海製罐は、昭和 25 (1950) 年に過度経済集中排除法により東洋製罐から分離独立した。昭和 27(1952)年に北洋漁業が再開され、サケ・マス船団とカニエ船が出漁を開始すると活気が戻り始めた。昭和 30 年代に入るとサケ・マス、カニ缶詰の成長が経営の主軸と

なり、アスパラガス、スイートコーン等の農産缶詰と乳製品缶詰などが新しい経営の柱を構築していった。しかし、昭和 51 年に母船漁業が終焉し、北海道を拠点としていた乳製品メーカーが本州に移転したため、飲料缶時代に相応しい経営への大転換が迫られた。昭和 28 (1953) 年に大阪コルク工業株式会社から社名を改称した大和製罐株式会社は、八幡製鐵・稲山嘉寛常務の支援により清水工場を建設し、昭和 31 (1956) 年 10 月に竣工した。昭和 40 (1965) 年 6 月、大和製罐は九州製罐と合併し、仙台から長崎までの地域に 8 製缶工場を有する新しい大和製罐株式会社が誕生した。この合併までは 90%以上のシェアを占有してきた東洋製罐が製缶業界に君臨してきたが、約 26%のシェアを持つ大和製罐の出現により、実質的な競争関係が生まれ、製缶業界の活性化が図られた。大和製罐は、昭和 31 (1956) 年に八幡製鐵を介して締結し ACC との技術援助契約に基づく最新製缶技術の吸収と、山口久吉の強力なリーダーシップにより数々の革新的な技術を誕生させ、業界の発展に貢献した。

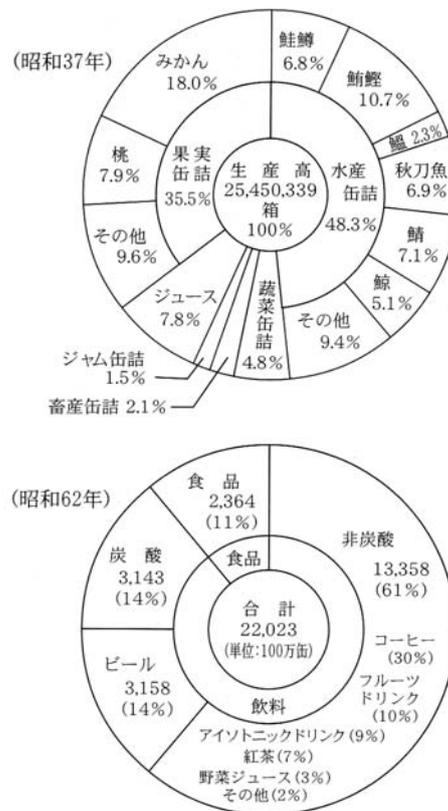


図 7.1 缶詰品種別生産比率の比較²

7.1 日本オリジナル技術の創出と世界への発信

昭和30（1955）年から始まる高度経済成長は、八幡製鐵、東洋鋼鈹のブリキ生産2社体制から5社体制化を促し、各社間の開発競争が活発となった。昭和30年代前半から、資源枯渇が懸念され価格が高騰する錫への不安が世界に拡がり、ブリキに代わる缶用表面処理鋼板の研究開発が欧米で進められていた。当時、まだ缶用表面処理鋼板に関して後進国であった日本の鉄鋼が、世界に先駆けて錫を使用しない缶用新素材・TFSの開発に成功すると、世界は驚いた。大正12（1923）年にドイツ人技師の指導の下でブリキの国産化が始まり、戦後昭和30（1955）年に米国より電気ブリキプロセスを導入するなど、欧米の背中を見ながら走ってきた日本の缶用表面処理鋼板の歴史において、初めて欧米の技術を追い抜いたエポックイヤーは昭和36（1961）年であった。これを契機として日本独自の新製品、新技術が数多く誕生することとなり、世界をリードした。下記にこれらの開発について概説する。

- (1) 錫資源の枯渇不安を解消した TFSの開発
- (2) TFS接着缶・トーヨーシーム缶によるブリキ半田缶からの脱皮
- (3) アルミ DI缶進出に対抗するブリキ DI缶の開発
- (4) 軟質材の連続焼鈍化・工程短縮化技術の開発
- (5) ブリキの新メッキ法・不溶性陽極技術の開発
- (6) 高温殺菌に耐えられるトーヨーシーム缶用 TFSの開発
- (7) スードロニック溶接法に適した缶用表面処理鋼板の開発
- (8) 地球環境に優しいPETラミネート・2ピース缶の開発
- (9) 地球環境に優しいPETラミネート・3ピース缶の開発
- (10) 溶融した樹脂から直接金属に被覆するダイレクタラミネート技術の開発

7.2 錫資源の枯渇不安を解消した TFS の開発

7.2.1 TFS とは

錫資源は、マレーシア、インドネシア、タイ、ポリビア等の限られた国に偏在する上に、主要生産地である東南アジアの政情が不安定なため、米国では戦前よりブリキ代替鋼板の研究に着手していた。昭和25年の朝鮮動乱勃発で錫地金も高騰し、表7.2に見られるように、世界の錫需要量は産出量を上回り、米国の備蓄を切り崩す状況が続いた。このような深刻な事態を打開するため、米国では錫を使わない缶用鋼板の研究開発が再燃し、昭和30年頃より本格化していった。同時期に日本の鉄鋼メーカーでも研究が開始され、各社は缶用新材料の開発にしのぎを削った。その結果、各社独自の着想と独創性により、世界に先駆けてクロムメッキ鋼板の実用化に成功した。TFSの開発以降、鉄鋼メーカーと製缶会社の密接な技術交流の中で、数々の独創的な技術、製品が開発されるのであるが、TFSの開発ほど世界に大きな影響を及ぼしたものはない。クロムメッキを施したこの新しい缶用表面処理鋼板は、錫（Tin）を使用しない（Free）鋼板（Steel）という意味を込めて「Tin Free Steel（TFS）」と称した。しかし、後にクロム系以外のメッキが開発されるため、TFS-CT（CTとはChromium Typeの略語）のように表現することがある。一般的にTFSといえばTFS-CTを示すため、本稿では必要が生じた場合のみTFS-CTと記すが、通常はTFSと表現する。また、正確に表現をするため、「Electrolytic Chromium / Chromium Oxide Coated Steel」を略したECCSと表現する場合もあるが、本稿では広く使用されているTFSを採用する。

TFSは半田接合ができないため、開発当初は、カシメ接合法、セメント接着による接合缶や缶胴に接合部のない絞り缶、および各種容器の蓋などに適用され、

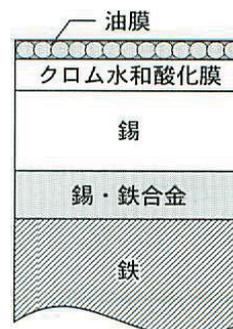


図 7.2 電気ブリキ断面図

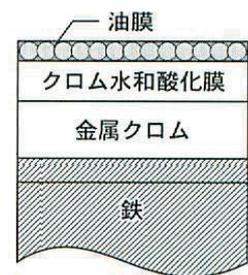


図 7.3 TFS 断面図

内容物も限定されていた。しかし、後に米国の ACC、CCC および東洋製罐によって開発された高速接合法の開発によって、通常の飲料、食品用3ピース缶詰への

道が開かれ、名実共にブリキに代わる缶用表面処理鋼板として成長していった。

表 7.1 日本の缶詰生産統計

(単位 実箱)

	水産缶詰 合計	果実缶詰 合計	野菜缶詰 合計	食肉缶詰 合計	飲料缶詰 合計	缶詰全体 総合計
昭和23年	416,688	186,505	90,968	8,117	—	730,509
昭和24年	1,147,418	115,966	158,656	16,589	—	1,649,234
昭和25年	3,528,709	666,853	337,772	310,711	57	7,684,807
昭和26年	3,259,996	957,178	349,077	229,417	3,118	7,079,349
昭和27年	4,163,391	1,284,891	370,641	278,703	573	7,188,316
昭和28年	5,903,919	1,357,388	520,483	327,967	4,310	10,678,345
昭和29年	7,979,222	2,907,817	447,768	471,010	6,120	14,362,337
昭和30年	9,908,364	5,134,266	545,197	589,808	20,229	19,560,862
昭和31年	13,090,801	6,246,782	749,958	785,188	166,988	24,687,993
昭和32年	16,011,932	5,981,131	942,337	762,197	1,092,381	28,519,949
昭和33年	17,827,806	7,444,585	1,265,668	876,506	1,955,549	33,599,535
昭和34年	21,993,018	10,053,483	1,671,724	1,054,448	2,262,590	42,690,460
昭和35年	23,675,690	13,962,526	2,774,326	1,295,521	4,201,530	52,761,437
昭和36年	26,943,506	13,821,771	3,198,822	1,213,276	4,919,244	57,521,995
昭和37年	25,333,386	14,215,664	2,263,668	992,389	4,369,122	52,985,208
昭和38年	25,536,523	18,862,558	2,787,968	1,008,989	4,658,170	59,507,455
昭和39年	25,186,426	16,810,636	2,803,858	958,818	4,118,411	55,583,567
昭和40年	26,252,287	20,200,789	3,165,761	1,077,332	4,627,352	61,259,511
昭和41年	27,333,174	22,219,790	3,496,634	1,078,886	6,103,122	68,414,539
昭和42年	31,243,972	21,657,515	4,250,457	1,093,441	7,916,691	74,711,538
昭和43年	30,743,400	22,373,122	4,710,876	1,103,937	8,899,281	75,591,774
昭和44年	30,863,904	23,958,485	5,419,197	1,473,255	9,321,112	80,727,358
昭和45年	32,192,468	22,961,912	5,898,884	1,501,364	10,484,291	84,681,945
昭和46年	36,472,796	19,955,248	6,270,868	1,991,328	12,049,960	88,993,971
昭和47年	35,443,508	23,676,792	7,486,716	2,363,851	16,483,196	96,966,811
昭和48年	33,291,321	28,166,798	7,544,174	3,218,452	31,538,803	116,650,313
昭和49年	35,714,619	27,513,383	7,919,238	3,240,378	44,046,537	131,748,329
昭和50年	34,405,282	20,294,382	8,407,215	3,265,521	74,939,668	155,824,115
昭和51年	35,882,391	24,001,285	8,513,469	3,398,883	119,308,006	206,240,997
昭和52年	38,539,922	26,205,614	10,285,203	4,119,419	141,255,390	235,354,387
昭和53年	37,441,005	23,798,017	10,472,670	4,519,110	182,414,705	273,887,639

出典：日本缶詰協会「戦後日本の缶詰生産統計集」より筆者が抜粋

表 7.2 世界の錫生産量と消費量⁴

(単位 t)

年	生産量 全世界	消 費 量					
		全世界	U.S.A	日 本	イギリス	西ドイツ	フランス
1963	143,200	168,900	56,092	16,150	20,966	11,340	11,227
1964	148,700	176,600	59,523	18,232	19,560	12,592	11,201
1965	154,400	173,000	59,489	17,425	19,564	11,849	10,298
1966	166,300	175,700	61,172	18,920	18,720	10,945	10,465
1967	172,800	174,600	58,774	20,729	16,633	10,837	10,871
1968	183,200	179,600	59,801	22,598	17,699	11,278	9,449
1969	178,100	186,600	58,654	25,879	18,059	13,429	11,278
1970	185,600	184,500	53,807	24,710	16,950	14,062	10,500
1971	187,000	189,000	52,814	29,300	16,425	14,202	10,450
1972	195,900	191,500	54,365	32,341	14,649	14,392	11,030
1973	186,200	213,600	59,075	38,676	16,600	15,847	11,701
1974	183,300	199,700	52,439	33,817	14,459	14,539	11,266
1975	177,700	173,200	43,620	28,115	12,165	11,958	10,340
1976	178,300	192,500	51,767	34,720	13,500	14,844	10,200

7.2.2 米国における TFS 開発競争

米国では TFS の研究開発に早くから着手し、下記の新表面処理鋼板が市場に登場した。

(1) ハイナック (HINAC)⁵

ハイナックはハインツ (Heintz Manufacturing) 社が開発した新表面処理鋼板である。無水クロム酸溶液に浸漬し、還元剤、劣化防止剤を含む水溶液、さらに有機樹脂を含む水性分散液を含む水溶液を塗布して、120 - 230°Cの温度で加熱焼付けすることを特徴とする。昭和 28 (1953) 年にハインツ社は、ベスレヘム・スチール (Bethlehem Steel) 社と共同でベスレヘム・スチール社のスパロー・ポイント (Sparrow Point) 工場に建設したパイロットラインを用いて大量に製造し、製缶会社にサンプル提供して PR した。当時、電気洗濯機の普及と共に急激に需要が増加していた液体洗剤缶の材料として、電気ブリキより優れているとの評価がなされ、昭和 29 (1954) 年に連続生産を開始した。

(2) TCR-210⁵

US スチールは、浸漬法であるハイナックに対抗するため、電解法をベースにしてリン酸と重クロム酸ナトリウム浴を用いた電気メッキ鋼板の開発を進めた。この方法はリン酸濃度が重クロム酸塩濃度より高いため、主としてリン酸塩よりなる処理皮膜が形成された。当初、CTS と呼ばれ、後に TCR-210 という商品名で液体洗剤缶の材料に供給され始めたが、ハイナックと比べて耐熱性、加工性などが劣り、市場へ浸透して行かなかった。

7.2.3 日本各社の TFS 開発経緯

米国の技術動向を注視しながら日本の鉄鋼各社は、それぞれ異なる発想のもとで独創的な TFS 開発を進めた。東洋鋼板はクロム水和酸化皮膜の形成を目指し、富士製鐵は金属クロムメッキ技術の開発を進めた。八幡製鐵は、金属クロムとクロム水和酸化皮膜の 2 層メッキ技術の確立に取り組んだ。⁶

(1) 東洋鋼板における TFS 「ハイトップ」の開発経緯⁷

東洋鋼板の TFS 商品名である「ハイトップ」の開発に至る前には、塗装鋼板の先駆けとなった「プラスコ」の開発があった。同鋼板の箱型焼鈍中に生ずる酸化膜 (コイルエッジに発生する青色でブルーイングという) を除去する技術を検討している時に、研究所の北村陽一の提案で試用した界面活性剤との出会いが TFS 開発につながったといわれている。すなわち、微量に添加した界面活性剤の働きで、瞬時に水と炭化水素系溶剤が置換して、水酸化鉄の皮膜のない美しい表面が得られ、塗料の濡れが均

一できれいな「プラスコ」が製造できた。この鋼板表面の特性を知ったことが、その後の鋼板の表面処理、有機塗膜の密着などの発想の原点になったとハイトップ開発者の 1 人である乾恒夫は述べている。電解クロム酸処

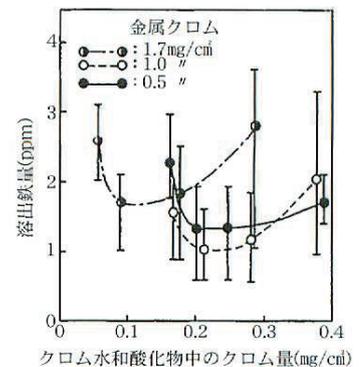


図 7.4 FTS 皮膜のクロム量と溶出鉄量との関係⁸

理の研究開発は、鋼板表面に極薄の耐食性に優れた酸化膜を形成し、鋼板表面を親水性から疎水性に変化させることを基本思想として始まった。昭和31年頃より無水クロム酸を主剤として適当な添加剤を加えた水溶液中で、鋼板を陰極としてクロム酸を電解還元し、3価クロムを主とした皮膜を安定した状態で形成させる試作を行った。この時には添加剤の選択に最も苦労したといわれている。昭和36年3月から、東洋鋼板下松工場に設置された電気ブリキのパイロットラインを使って工業化の基礎データを蓄積した。昭和36年6月に世界で初めて電解クロム酸処理鋼板の工業化に成功し、「ハイトップ (Hi-Top)」と名付けた。添加剤として芳香族ジスルホン酸またはその水溶性塩を選択したことに特徴があった。当時、鋼板上に形成される皮膜は、3価クロムを主とした水和酸化物とされ、金属クロムの存在は明確にされていなかった。その後、得られたハイトップは、下層が金属クロム量90-140mg/m²、上層がクロム水和酸化物量25-50mg/m²で構成され、水和酸化クロム量が淡青色を呈するほど多いものの、現在の2層型TFSの原型を有していたことが判明した。缶容器への適用開発が進む中で、研究所の鶴丸迪子らにより金属クロム量とクロム水和酸化物量の缶用材料としての最適範囲が図7.4のように示された。

(2) 富士製鐵におけるTFS「キャンスーパー」の開発経緯⁹⁾

昭和31(1956)年頃、富士製鐵でTFSの研究開発が広畑製鐵所研究所の内田弘、佐藤秀之らによって開始された。戦後の化学技術の進歩により、性能に優れた合成樹脂が誕生していることに着目し、新しい缶用表面処理鋼板の開発を目指した。それまでのクロムメッキの常識を破り、金属表面に対する塗膜との密着性に着眼し、メッキ層と塗膜との総合耐食性を追及したことは、これまでになかった技術的先見性であった。加工性を高めるためクロムメッキ層を薄くすることは耐食性を低下させるものであるが、クロムメッキ表面と塗膜の高い密着性で、総合的に十分な耐食性が維持されるという結果が得られた。昭和33(1958)年に内田は、電解クロム酸処理鋼板とクロムメッキ鋼板を並べて上司と相談し、クロムメッキ鋼板を選択すると、電気メッキブリキ用パイロットラインでTFSの開発を開始した(「キャンスーパー」と命名)。昭和36(1961)年12月、亜鉛メッキラインを改造して兼用ラインとし、キャンスーパーの生産を開始した。半田付けができないため打抜き缶(2ピース缶)を試作し、実缶テストを繰返し行った。昭和37(1962)年に東

洋製鐵会長・高崎達之助に試作品を持参すると、目前で開缶させて試食し「これはいける」と即断したといわれている。この決断は東洋製鐵社内も動かし、その後のTFS発展に大きく寄与した。昭和39(1964)年よりキャンスーパーの輸出が開始された。

(3) 八幡製鐵におけるTFS「スーパーコート」の開発経緯¹⁰⁾

米国におけるハイナックなどの簡易防錆処理鋼板に刺激されて、昭和30(1955)年より玩具や安価な容器用冷延鋼板において、需要家が使用するまで錆の発生しない表面処理鋼板が要望され、八幡製鐵技術研究所の米崎茂、清田稔らによって、陰極電解法の研究が始まった。昭和36(1961)年に新設されたNo2ボンデラインをパイロットラインとして用い、酸化クロム皮膜で被覆された化成処理鋼板「YCS」の開発が行われたが、色調と加熱耐食性に問題があった。しかし、この技術的蓄積が缶用材料を目的としたTFS「スーパーコート」開発のベースとなった。八幡製鐵所の米崎茂、日戸元、朝野秀次郎らは、通常のクロムメッキに用いられるサージェント浴よりも低濃度である無水クロム酸50g/lメッキ浴に微量の硫酸を添加し、浴温50℃以下の条件で陰極電解処理すると、下層に金属クロム、上層にクロム水和酸化物からなる2層の表面処理鋼板が製造できることを発見した。その後、パイロットラインで高速生産する場合には浸漬時間が短縮され、無水クロム酸濃度は90g/l以下でも2層皮膜が形成されることを見出した。開発当初は無塗装の耐食性が重視され、塩水噴霧試験で評価したため、水和酸化クロム量が30-60mg/m²を最適範囲としていたが、塗装する場合は10mg/m²を下限値とした。昭和40(1965)年に技術提携関係にあったACCが、ナイロン接着による高速製缶技術「ミラシーム法」を開発し、八幡製鐵が開発しているスーパーコートの供給を要望された。昭和41(1966)年にスーパーコート専用ラインの基本設計と建設が決定し、昭和42(1967)年5月12日に工業生産を開始した。

(4) 日本鋼管におけるTFS「ブライトコート」の開発経緯¹¹⁾

日本鋼管は昭和36(1961)年にHeintz Manufacturing社(後にPennsalt Chemicalsとなる)と技術提携しハイナック処理技術を導入したが、高温多湿の日本では期待通りの性能が発揮されず、下地を亜鉛メッキしたハイナック亜鉛鉄板が主要な製品となった。昭和41(1966)年よりTFS開発に着手し、昭和46(1971)年に福山製鐵所のブリキとの兼用ラインを建設、TFS「ブライトコート」の製造を開始した。研

表 7.3 日本における TFS 製造設備および製造方法¹²

会社名	名称	稼働年	ライン速度	設備能力 (t/M)	プロセス	現 状 (2007 年 3 月現在)	
新日本製鐵	八 幡	No.1	1967	460MPM	19,060	1 ステップ法	
		No.2	1979	240MPM	14,900	〃	ライン休止
	広 畑	No.1	1961	67MPM	3,600	2 ステップ法	ETL に改造
		No.2	1993	244MPM	12,980	〃	ETL に改造
	名古屋	No.1	1968	460MPM	27,660	〃	
東洋鋼鋳	下 松	No.1	1964	91 → 183MPM	当初、6,000	1 ステップ法	合金亜鉛メッキラインに改造
		No.2	1971	381MPM	15,000	〃	
		No.3	1973	610MPM	17,500	〃	
		No.3LL	1995	400MPM	20,000	〃	フィルムラミネートラインに直結
NKK	福 山	ETL	1971	450MPM	18,000	〃	ぶりき生産と兼用、1980 年ぶりき専用化
		No.1	1980	450MPM	18,000	3 ステップ法	2004 年、コイル準備機に改造
		No.2	1990	450MPM	18,000	〃	
川崎製鐵	千 葉	No.1	1967	305MPM	15,000	2 ステップ法	
		TFL	1983	400MPM	20,000	〃	

研究所の山岸秀久、高野宏らは無水クロム酸溶液に少量の硫酸の代わりにチオチアン基を有する化合物を添加し、独自のメッキ浴組成を完成させた。氷晶石を添加した高速生産に適した処理液を開発し、安定した TFS 製造が可能になった。

7.2.4 TFS の飲料缶へ展開

半田付けできない TFS が缶詰として実用化が可能になったのは、世界の製缶業界をリードする米国の ACC (American Can Company) と CCC (Continental Can Company) による新接合技術の開発であった。昭和 41 (1966) 年 8 月、ACC は塗装した TFS のブランク板の接合部分に、一定量のナイロン 11 を溶融押ししによ

り塗布し、円筒状に成形後加熱接着する缶胴接合法・ミラシーム法(Miraseam法)を発表した。昭和 42(1967) 年 4 月には、CCC が TFS ブランク板の接合部分を研削法で TFS 皮膜を除去して円筒成形後接合部分に点溶接し、次いでシーム溶接するコノウエルド法 (Conoweld 法) を発表した。ミラシーム法は原板—塗料皮膜—ナイロン—塗料皮膜—原板の重ね合わせとなるが内面塗料に問題があり、塗料皮膜と原板との接着強度のバラツキが生じた。特に、缶内面側の TFS エッジを完全にナイロンでカバーすることが難しく、鉄溶出の原因になった。コノウエルド法は TFS 表面を研削するため、生産ラインが金属粉で汚れ、溶接極輪は約 15 分毎に取り換える必要があるなど、作業性に問題があった。

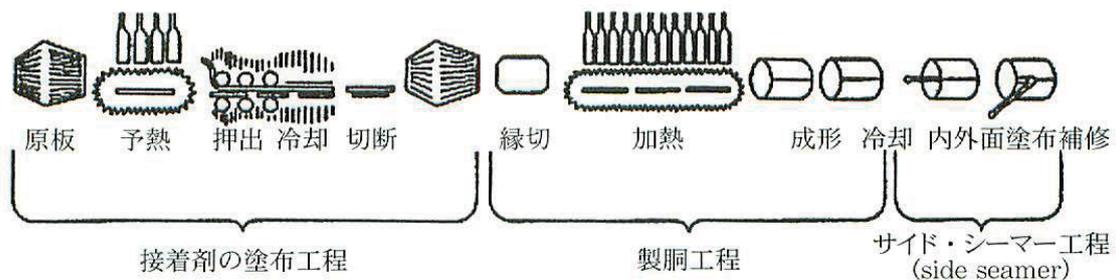


図 7.5 ミラシーム製造プロセスの概略図¹³

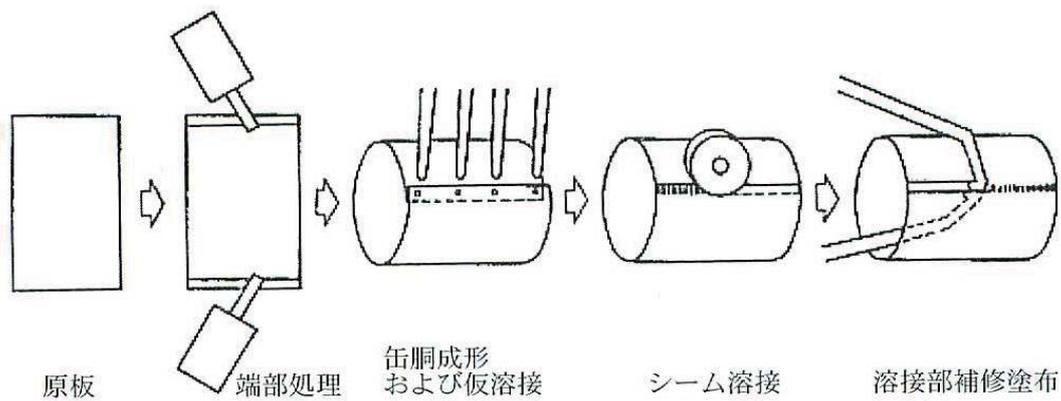


図 7.6 コノウエルド缶製プロセスの概略図¹⁴

両社は、米国で急速に膨張を続けていたビール・清涼飲料缶詰市場に対して、ブリキよりも安価で、かつ、既に市場シェアを伸ばしてきたアルミ DI 缶よりコスト的に有利な TFS 缶の採用を希求していた。US スチール社が開発した TFS・TCR-210 を用いて腐食性の弱いビール缶として評価した結果、3ヶ月程度の品質保証が可能であると判定し、商品化を行った。さらにビールよりも腐食性の強い炭酸飲料缶としての評価を行うと、TCR-210 では接合部または溶接部の塗膜下腐食が進行して不合格であったが、日本の TFS は合格の評価がなされた。この時に ACC の G. G. Kamm らは、炭酸飲料缶として使用される TFS がクリアすべき特性を解明し、下記の評価法を開発した。¹⁵

① 接着強度 (Enamel Adhesion)

エポキシ・フェノール系塗料を塗装した TFS を規定された条件でポリアミド系接着剤を用いて熱圧着により貼り合わせ、Tピール試験により評価する。

② 耐食性 (Corrosion Resistance)

一辺が 6 インチ (152.4mm) 程度の大きさの TFS を 20 枚重ね、温度 85° F (29.4°C)、相対湿

度 85% の恒温槽に 1 ヶ月間放置し、錆の発生状況を評価する。

③ 耐塗膜下錆 (Underfilm Rusting)

塗装した TFS に十文字状にカミソリで疵をいれ、温度 85° F (29.4°C)、相対湿度 85% の環境に 2 ヶ月間放置し、疵を入れた部分からの糸状錆の発生程度を評価する。

④ 塗膜下腐食 (Undercutting Corrosion)

塗装した TFS に十文字状にカミソリで疵をいれ、炭酸ガス飽和のレモンライム中に、温度 80° F (26.7°C) で 2 週間、又は 1.5% クエン酸 + 1.5% 塩化ナトリウムからなる水溶液に 4 日間浸漬し、引上げ乾燥後、テープ剥離により腐食の幅を測定する。

Kamm らは上記の方法で製造方法の異なる 4 種類の TFS の性能を評価し、1 ステップ法 (1 液方式) および 2 ステップ法 (2 液方式) で製造された TFS の性能に差がないことを明らかにした。又、金属クロム量の違いは影響が少なく、クロム水和酸化物層の有無が金属クロムおよび素地鋼の腐食抑制に大いに貢献していることが示された。

表 7.4 炭酸飲料中における TFS の耐食性試験結果¹⁵

試料		コーラ中に 4 日浸漬後				レモンライム中に 4 日浸漬後	
製造方式	記号	Cr ^x (mg/ft ²)	Cr ^o (μin)	Cr ^o (μin)	鋼の腐食 (μA/cm ²)	Cr ^o (μin)	鋼の腐食 (μA/cm ²)
1 液方式	A	0.5	0.24	0.23	4.4	0.23	2.3
	B			0.11	15.0	0.23	3.8
	C			0	13.7	0	7.6
	A	1.8	0.38	0.38	4.8	0.35	1.7
	B			0.15	21.3	0.36	2.5
	C			0	15.2	0	6.7
2 液方式	A	0.6	1.77	1.78	4.2	1.80	1.9
	B			1.64	16.2	1.71	5.5
	C			0	45.6	0	10.1
	A	4.0	0.51	0.52	5.1	0.50	1.3
	B			0.40	20.1	0.50	3.2
	C			0	22.8	0	10.5

7.2.5 TFS の耐食性について¹⁶

ブリキはクエン酸などの有機酸を含み、かつ酸素の存在しない状態（例えば果実缶詰の内部）では錫の電位が鉄よりも低いため、錫が先に溶解して鉄を保護する、いわゆる犠牲腐蝕作用を示し、錫の溶解速度も大きくないため局部的に露出している部分（ピンホール）があっても缶詰が孔食することはない。しかし、内容物がコーラ系飲料のように合成飲料が普及してくると、図 7.7 に示すように錫の鋼板に対する防食性がなければ、鋼板の露出が存在する場合は、錫はむしろ鉄腐食の促進因子となる。一方、TFS 表面は化学的に不活性で、下層のクロムと鋼板との電位差も小さく、鋼板の防食性に優れている。TFS の腐食防止で最も重要なことは密着性、バリアー性の大きい有機皮膜の選

択と缶製造加工時にメッキ表面が損傷しないことである。

7.2.6 TFS 製造技術の海外技術供与契約

日本で開発された TFS の優位性を認めた AGC と CCC は、米国鉄鋼メーカーに対して国産化を要求した。日本の TFS 技術に対抗するため、さらなる研究開発を重ねたが、最終的には US スチールは高張力鋼板の製造技術と、ナショナルスチールは溶融亜鉛メッキ鋼板の製造技術とのクロスライセンスの契約を締結し、富士製鐵「キャンスーパー」、東洋鋼板「ハイトップ」、八幡製鐵「スーパーコート」の海外への技術供与は表 7.5 に示すように 11 カ国 18 社となった。

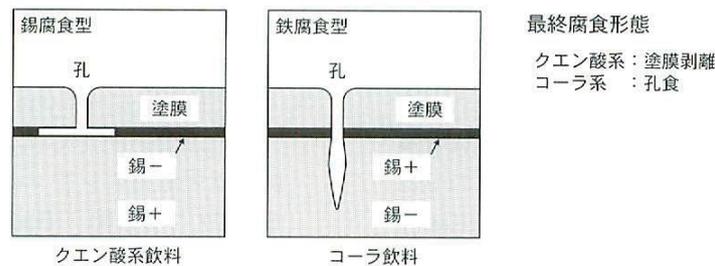


図 7.7 飲料によるガルバニック腐食形態の相違例¹⁷

表 7.5 日本で開発された TFS 製造技術の技術供与¹⁸

導入年月	技術導入会社 (国名)	開発鉄鋼メーカー
1966. 2	National Steel (アメリカ)	新日本製鐵 キャンスーパー法
9	Bethlehem Steel (アメリカ)	
10	Youngstown Steel & Tube (アメリカ)	
1967. 2	Koninklijke Nedevlandsche Hoogovens (オランダ)	
6	Phenix Works (ベルギー)	
8	Höesh Westfalenhutte (西ドイツ)	
11	Cockerill Ougree Providence (ベルギー)	
1970. 3	U.S.Steel (アメリカ)	新日本製鐵 スーパーコート法
3	川崎製鐵 (日本)	
1967. 2	Societe Lorraine de Laminace Continu (フランス)	東洋鋼板 ハイトップ法
1968.10	Kiöckner Werk (西ドイツ)	
12	Elizalde Iron & Steel (フィリピン)	
1969. 2	Siderurgia Nacinal (ポルトガル)	
1965. 3	Rasselstein (西ドイツ)	東洋鋼板 ハイトップ法
1966. 6	Steel Co. of Canada (カナダ)	
10	Steel Co. of Wales (イギリス)	
1969. 8	Italsider (イタリア)	
1970. 6	Dominion Foundries & Steel (カナダ)	
1973. 9	東洋錫板工業 (韓国)	

7.3 TFS 接着缶・トーヨーシーム缶によるブリキ半田缶からの脱皮

7.3.1 市場動向

昭和36（1961）年6月に工業生産を開始した東洋鋼鋳のTFS・ハイトップは、半田付けができないため、用途が限られていたが、ACCのミラシーム接着缶とCCCのコノウエル



図 7.8 日本初のトーヨーシーム缶（缶ビール）¹⁹

ド溶接着缶の新接合法が発表されると、ビール、炭酸飲料用缶への適用が開始された。日本においては、東洋製罐の大久保一男、上野博らによって、昭和39（1964）年頃より独自の接着缶開発が着手された。昭和45（1970）年、茨木工場

でビール、炭酸飲料を対象とした、いわゆるコールドパック用接着缶・トーヨーシーム缶の開発が完成し、大阪万国博覧会で朝日麦酒より缶ビールとして初登場した。ビール、炭酸飲料は炭酸ガスを封じこめるため、3℃前後に冷却した内容物を充填するので「コールドパック飲料」と呼ばれる。炭酸ガスの入っていない果汁飲料、茶飲料などは85℃前後で充填するため「ホットパック飲料」、コーヒー飲料のようにホット充填後に、さらに125℃前後でレトルト殺菌するため「レトルト飲料」と区別して呼ぶ。昭和40（1965）年頃の米国市場では、全缶詰の約30%がビール、清涼飲料缶詰で占められていたが、日本ではまだ魚肉、果実類缶詰が85%程度のシェアを持ち飲料缶詰は10%未満であった。有価飲料の飛躍的な伸びは昭和39（1964）年開催の東京オリンピック以降に始まった。缶飲料は、昭和45（1970）年開催の大阪万国博覧会から急激に伸長し、若者中心に習慣化されて行った。アサヒビール缶として初登場したトーヨーシーム缶は、日本コカ・コーラ社の炭酸飲料缶として採用が決まった。充填工場と製缶工場が隣接し、缶が床続きで納入できるパイプラインの建設は、昭和46（1971）年の埼玉工場から始まった。その後、昭和47（1972）年、千歳工場、昭和48（1973）年、広島工場、昭和49（1974）年、基山工場と同方式の建設が続いた。強大な米国資本をバックとして日本コカ・コーラ社と日本ペプシコーラ社が

炭酸飲料市場のシェア競争を展開した。容器から見ると「トーヨーシーム缶／日本コカ・コーラ」対「ブリキ半田缶／日本ペプシコーラ」の戦いとなった。この競争で日本コカ・コーラが勝利したため、鉄鋼メーカーはTFSの供給体制増強を急いだ。

表 7.6 トーヨーシーム缶の生産推移^{20,21}

	トーヨーシーム缶 生産数 単位：千缶	TFS 生産量 単位：千トン	備考
昭和45年	12,761	279	大阪万国博覧会
昭和46年	216,369	336	東洋製罐・埼玉工場新設
昭和47年	485,182	442	東洋製罐・千歳工場新設
昭和48年	2,057,186	552	東洋製罐・広島工場新設
昭和49年	1,819,251	514	東洋製罐・基山工場新設
昭和50年	2,094,173	388	

7.3.2 トーヨーシーム缶の製造技術

東洋製罐でトーヨーシーム接着缶の開発が始められた昭和39年頃は、TFSがサイドシームセメント缶としてモーターオイルや洗剤用容器として使用されていた。半田ブリキ缶（サニタリー缶）は、缶胴をロックシームにすることにより、半田の侵入を容易にしたが、一方でロック部は蓋の巻締が難しく、漏洩の原因になる箇所であった。サイドシーム缶の漏洩問題に取り組んでいた大久保、上野らは、ラップシーム化の必要を感じ、当時航空機分野でも金属の接着剤として研究されていたナイロンに注目して、手作りの接着缶開発が始まった。トーヨーシーム接着缶の最大の特徴は、図 7.9 に見られるように缶内面側のTFSの断面が完全に接着テープで被覆されていることと、接着剤-接着剤で接合することである。この独自技術が先行していた米国ACCのミラシーム接着缶を凌駕することができた重要なポイントであった。開発されたトーヨーシーム接着缶は、ブリキ半田缶より鉄溶出が少なく、接合部の強度もはるかに大きかった。さらに半田付けに必要なニスよけ部がないため、全周印刷ができる特徴を持っていた。このような優位点を持つトーヨーシーム接着缶は、ブリキ缶より安価であったため、直ちにコールドパック飲料缶分野の主役に躍り出た。

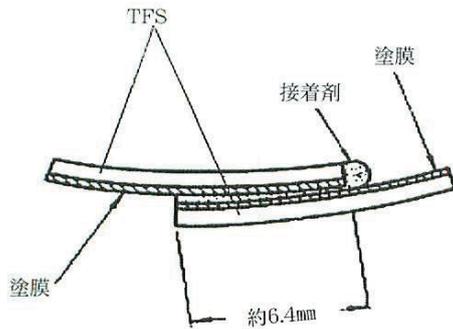


図 7.9 ミラシーム缶の接合部断面²²

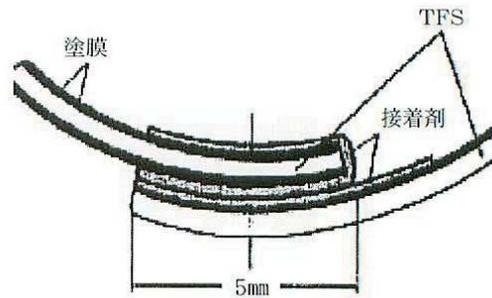


図 7.10 トーヨーシーム缶の接合部断面²²

トーヨーシーム缶の製造プロセスは下記である。

〈第一工程〉 接着テープアプリケーター

接着缶用塗料の塗装と反対面に印刷された TFS 切板（1 辺が約 100cm）を、第一切断した中板の片側に切断面を保護するように接着テープを貼り、他方には接合部分のみに接着テープを仮接着する。

〈第二工程〉 ボディーメーカー

上記の中板を 1 缶当りのサイズであるボディープランクに切断し、巻締に相当する部分をノッチ切

断する。ロールフォームで円筒形にした後に、接着剤同志を加熱、冷却して接合を完成させる。冷却工程では円筒状にした TFS板がスプリングバックによって、まだ熔融状態にある接合端部が相互に剥離方向に開こうとするので、瞬時に冷却固化しなければならない。そのため約 -30°C の塩水により冷却されたハンマーとスプラインにより圧着する。また、接着剤として ACCのミラシーム接着缶がナイロン11を採用したのに対し、トーヨーシーム接着缶は熔融温度の温度依存性と結晶化速度が大きく、吸水性が小さいナイロン12を選択した。

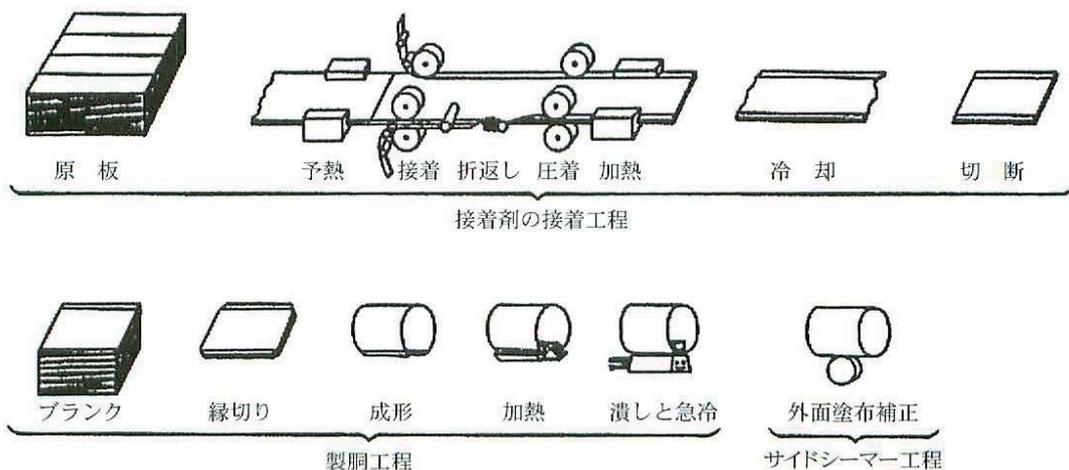


図 7.11 トーヨーシーム缶による缶胴製造工程²³

7.3.3 波及効果

大和製罐は、昭和 50 (1975) 年から ACC の技術を導入して「ミラシーム缶」を生産開始した。北海製罐では、研究所の高橋勇蔵らが独自の TFS 接着缶を開発し、昭和 52 (1977) 年 6 月に「ホックシーム缶 (HS 缶)」という商品名で生産を開始した。コールドパック用 TFS 接着缶の登場は、昭和 44 (1969) 年より米国から日本に導入されたアルミ DI 缶の拡販にブレーキをかけ、日本の飲料缶時代はスチール缶がリードした。また、天地の蓋材の TFS 化に加えて、飲料缶で開発された接着技術を活用して、乾電池外装缶、18 リットル缶などに展開された。

米国ではアルミ DI 缶の急成長により、ACC のミラシーム缶、CCC のコノウエルド缶は市場から姿を消し、ビール・炭酸飲料市場はアルミ 2 ピース缶の時代に入って行った。

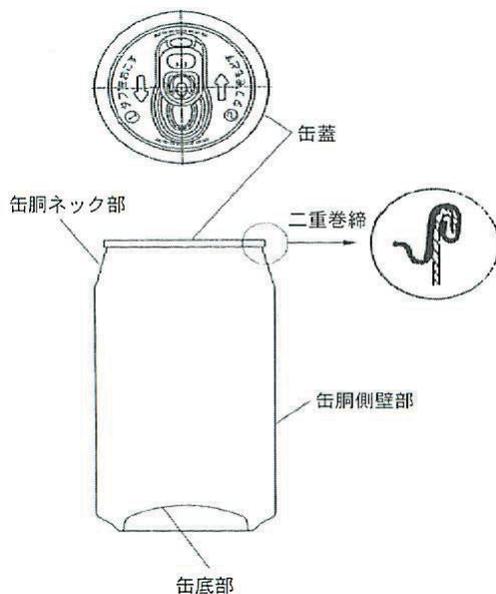


図 7.12 DI 缶の構造

7.4 アルミ DI 缶進出に対抗するブリキ DI 缶の開発

7.4.1 米国における DI 缶の誕生

DI 缶とは「Drawn and Ironed Can」の略語であり、ブリキに絞り加工 (Drawing) としごき加工 (Ironing) を連続的に行い、円筒状に成形する製缶法である。成形後は缶胴と缶底が一体となっており、内容物充填後に巻締める缶蓋と 2 つの部分で構成されているため、2 ピース缶に分類される。2 ピース缶の元祖は、1847 年に米国人テイラーが発明した打抜き缶であるが、絞り加工のみのため缶高さが低い容器に限られている。DI 缶の場合は、しごき加工の効果で缶高さが深い容器に仕上げられるため、ビール、清涼飲料缶のような縦長の缶を製造することに適している。缶詰用容器の主流は、缶型を容易に変更できるブリキ半田缶に始まり、TFS 接着缶、溶接缶などであるが、何れも接合した缶胴部、缶底、缶蓋の 3 部分から構成されているため、3 ピース缶に分類される。しごき加工は、1940 年代にスイスの J. Keller の発明した Keller Press によって、黄銅板から菓莢を製造したことに端を発するといわれている。現在の DI 缶製造法は、昭和 20 (1945) 年に米国の W. V. Lee によって開発された。缶詰市場への参入を目指していたアルミニウム業界としては、急成長してきたビール・炭酸飲料を対象にこの DI 製缶法の導入を考え、カイザー社 (Kaiser Industries) は昭和 33 (1958) 年に DI 缶の試作まで行った。しかし、商業生産はレイノルズ・メタル社 (Reynolds Metal) が昭和 38 (1963) 年 2 月に開始し、アルミニウムによるビール用 DI 缶の製造で実現した。²⁴ この成功は缶詰市場への参入という宿願を果たしたことから、アルミニウム業界を元気づかせ、たちどころに世界に普及して行った。アルミニウム会社は、高価な DI 成形設備一式を貸与し、自社内で養成した優秀な技術者を安定操業ができるまで派遣するなど、徹底したサービスでビール業界や飲料業界への浸透を図った。既存の製缶会社が困ったのは、アルミニウム業界がビール会社や飲料会社と直接取引する新しいビジネスモデルが生まれたことであった。ブリキなどのスチール缶は、鉄鋼会社が製缶会社に材料供給し、製缶会社が食品、ビール、飲料会社へ缶を供給するという分業が行われてきたが、アルミニウム業界の新ビジネスモデルは大きな波紋となって既存業界を揺さぶった。また、アルミニウム業界の戦略の中に、製缶工場で発生するアルミスラップを有償で引取ってスチールとの差別化を図った。さらにその後、消費者からも廃缶を有償で引取る

デポジット法へ誘導し、日本における今日の容器リサイクル法に強く影響していることを見逃すことができない。筆者が昭和56(1981)年に米国最大のビールメーカー・アンホイザーブッシュ社を訪問し、DI缶用の新スチール材を提案したところ、「鉄鋼会社は材料のサービスしかない。アルミニウム会社は材料、設備、技術そしてスクラップ購入までのフルセットのサービスをしている」といわれ、米国アルミ業界が構築した新ビジネスモデルの影響力を思い知らされた。

7.4.2 日本におけるアルミDI缶の進出

昭和44年(1969年)、カイザー社の技術を導入した昭和アルミニウム缶株式会社が誕生した。昭和45(1970)年には三菱金属がレイノズル社と技術提携して2工場5ラインを稼働させる。昭和47年、日本軽金属が米国のナショナル・キャン・オーバーシーズ社と提携して日本ナショナル製罐を設立。北海製罐は飲料市場に参入するにはアルミDI缶の製造が必要と考え、昭和48年(1973年)に三菱商事、三菱金属と合併で、アルミDI缶専業会社「千代田アルミニウム製罐株式会社」を設立した。しかし、昭和52(1977)年には三菱金属の2工場と千代田アルミニウム製罐が合併し、新菱製罐が誕生したため、北海製罐としては昭和54(1979)年の館林工場新設によって初めて自社のDI缶生産が始まった。上記のようにアルミDI缶専業会社が続々と誕生し、ビール、炭酸飲料分野における“スチール缶”対“アルミ缶”の販売合戦が展開された。1970年代の炭酸飲料市場に対しては、東洋製罐がコカ・コーラ社の充填工場と直結するパイプラント工場の建設が続き、トーヨーシム缶が急拡大した。当初は、スチールの方が明らかに価格的に有利であったため、まだアルミ缶からのプレッシャーは大きく感じなかったが、生産規模の拡大と経済・社会情勢の変化に伴って、次第に競争関係が激化して行くことになる。

7.4.3 大和製罐における日本初のスチールDI缶の商業生産

大和製罐は新しい缶製品を目指して、昭和45(1970)年に米国の大手ビールメーカーであり、アルミDI缶を他社に先駆けて自家製缶していたクアーズ社と技術協力の契約を結んだ。クアーズ社に派遣された大和製罐の技術者は、アルミDI缶の製造法を習得すると、世界ではまだ安定生産が達成されていなかったブリキDI缶のサンプル製造を試みた。絞り加工としごき加工によりブリキ板厚を約1/3まで薄くしながら成形するDI缶は、従来の半田缶用ブリキでは全く対応できなかった。幸いに新日本製鐵八幡製鐵所では、鋼板用

のスラブ連続鋳造材の実用化が始まっていたため、その連続鋳造材を武器としてDI缶用ブリキの開発が開始された。昭和48(1973)年に、大和製罐東京工場内に新設したDI缶工場に、新日本工機製の製缶設備を設置してブリキDI缶の商業生産を開始した。しかし、開発段階では気付かなかったトラブルが続発して生産が続行できず、新日本製鐵八幡製鐵所から技術部門の西田好昭と池田昌男が特命を受けて問題解決に取り組んだ。八幡製鐵所技術研究所の大八木八七、大河平和男と大分製鐵所製鋼技術の草野昭彦らと共に諸問題の原因究明とテスト材のトレースを繰返した結果、約1年間でDI缶に適したブリキ製造が可能となり、大和製罐は安定生産の軌道に乗った。以下に主な課題と対策について記す。

(1) DI缶用ブリキの製造技術の確立

ブリキDI缶の生産設備は、高速・大ロット・大量生産型のプロセスであったため、乗り越えるべき大きな課題が百出した。西田、池田は、素材に起因すると思われるフランジ割れ、ストリッパー不良、ビルドアップ、錫切れを解決することが最優先課題と考え、下記のように取り組んだ。夫々の発生箇所は、図7.13に示す。

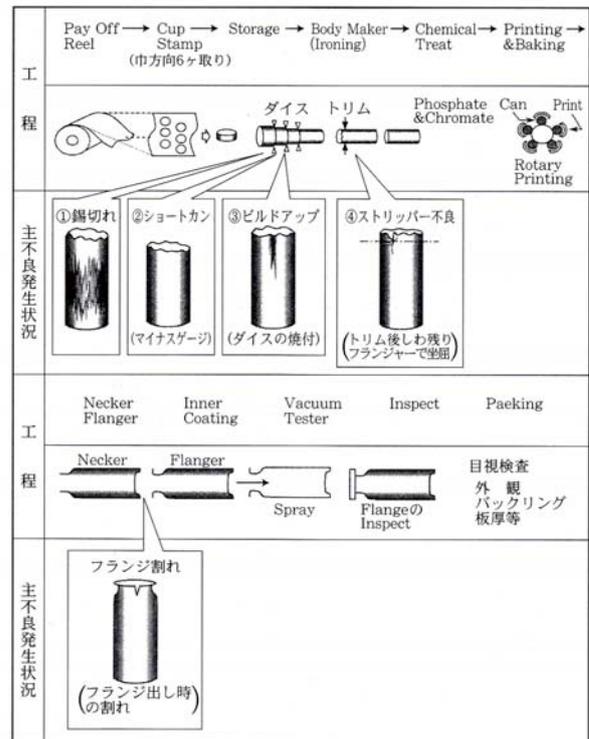


図 7.13 DI製缶行程と主な不良発生箇所

(1)ー1 フランジ割れ

ネッキング後のフランジ成形の段階で、フランジ部分の1ヶ所または数ヶ所が割れることをいう。フランジ割れが発生したブリキの製造履歴を解析すると、連続鋳造時の取鍋交換時の箇所、ま



図 7.14 フランジ割れ缶

たはモールドでポイリングなどが発生した箇所に相当することが判明した。フランジ割れ部分の破面を電子顕微鏡 EPMA で観察すると、予想していたアルミナクラスターではなく Al - Ca - O の組成を持つノロ系介在物であることが明らかになり、ブリキの連続鋳造技術開発時には認識されていない介在物であった。水モデル実験などにより連続鋳造機のタンディッシュ内における介在物混入挙動についての検討を行い、下記の対策などでフランジ割れにつながる介在物を鋼板内部に存在させない方法を確立した。

- 1) タンディッシュ内湯面を高くする。
- 2) ストッパーノズルで渦流の発生を防止する。
- 3) 注入湯落下近傍に堰を設置する。
- 4) 注入速度を低くし、タンディッシュ内における溶鋼の滞留時間を長くする。
- 5) タンディッシュ内アルゴンバブリングなどにより適度の混合を行う。

また、フランジ成形される缶胴のフランジ部は、約 50%の板厚減少を伴うアイアニング加工の後に成形さ

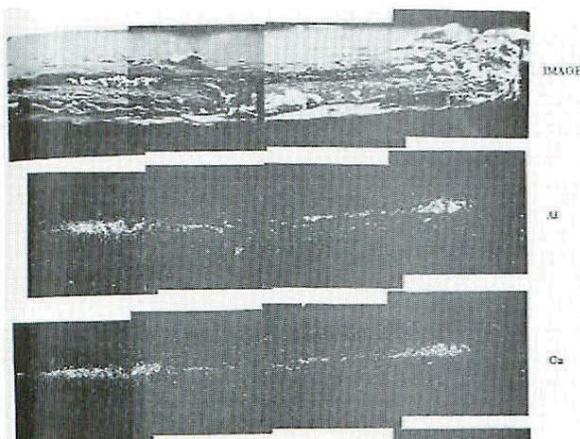


図 7.15 走査型電子顕微鏡 EPMA によるフランジ破面分析結果

れるため、スチールの結晶組織は繊維状に変化し、材質は高強度となり伸び特性が 2%前後に低下してしまう。その結果、30 μ 以下の超微小介在物やフランジ先端の軽度な疵に対しても割れ感受性が高くなっているため、ブリキ原板の適正材質についても検討された。引張り強度、伸び率、ランクフォード値、n 値、結晶粒径、結晶粒形状などの最適品質設計とフランジ成形限界を評価する試験法が開発された。

(1)ー2 ストリッパー不良

DI 成形された缶をパンチスリーブから外す時に、缶上端部が座屈、または激しいときにはバナナの皮をむいたように裂けることをいう。ストリッパー不良缶の製造履歴を解析すると、ブリキコイルの両端部であることが分かり、DI 成形後にこの両端に相当する部

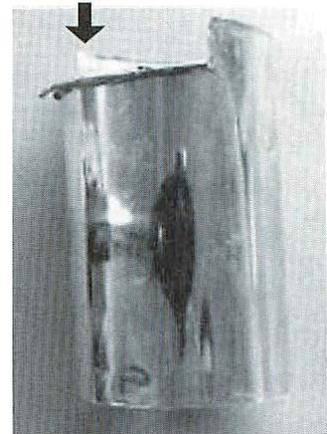


図 7.16 ストリッパー不良缶

分が異常に伸びたことによって発生していることが判明した。ストリッパー不良で保留されたブリキコイルからサンプリングし、幅方向の材質を調査してみると、コイル両端の結晶粒が延伸してセンター部より大きく、軟質化していることが明らかとなった。1 ブランク内における材質レベルの変動がアイアニングという厳しい加工により、パンチスリーブが軟質方向にシフトしながらクリアランスを縮め異常に伸びる部分が発生させている機構が原因であることを突き止めた。対策としては、板幅方向の高度な均一性を実現する必要があり、鋼成分、熱延条件、焼鈍条件の最適化と製品検査においてコイル端部と中央部の結晶組織による判定法を作成した。

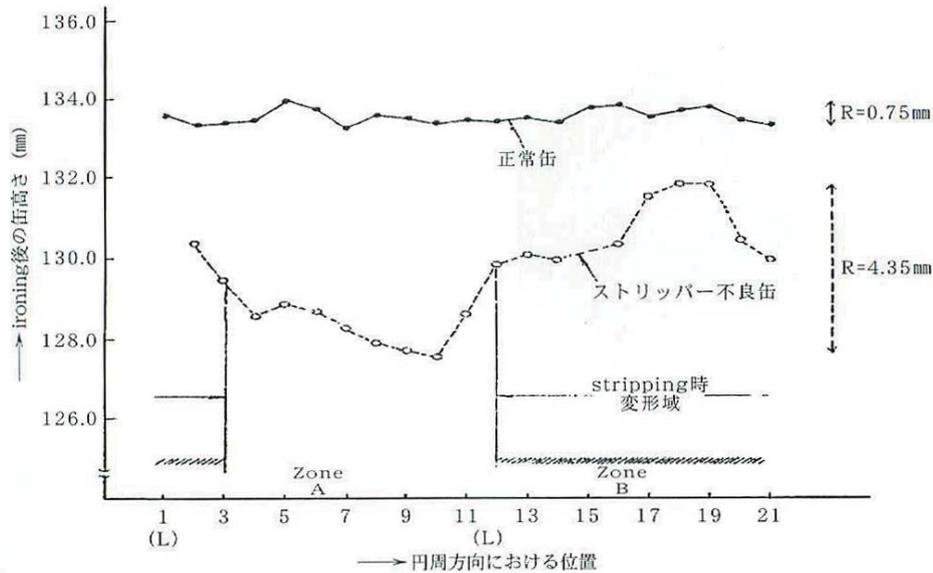


図 7.17 正常缶と不良缶の円周方向の缶高の比較

(1) - 3 ビルドアップ

ビルドアップとは、ボディメーカーを抜けた缶の外壁に、まず細い縦筋が入り光沢も鈍ってくる現象をいい、その線が次第に太く激しくなると缶壁が破れ出す。ビルドアップ発生部の断面を検鏡観察すると二枚板状になっており、空洞に見える部分を EPMA 分析すると連続鋳造機モールドの

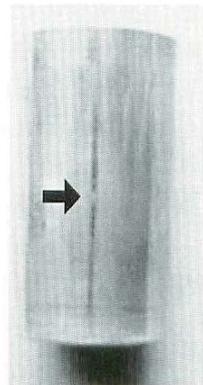


図 7.18 ビルドアップ不良

表面に潤滑剤として散布しているパウダー成分であることが判明した。対策としてパウダーを低融点化して流れ込みを改善すると共にスラブ手入れの強化がとられた。

(1) - 4 錫切れ

錫切れは、アイニング加工後に缶外壁の中央部分に錫が削られたようになって、光沢が周辺と異なる外観不良のことである。錫切れ発生缶を干渉顕微鏡で観察すると、正常部ではアイニング加工時にダイスとの摩擦によりつくられる均一な凹凸が認められるのに対して、不良部分は錫が溶解し流れた模様が現れている。

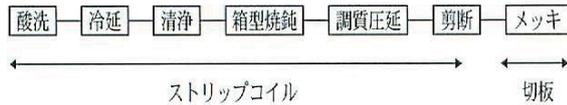


図 7.19 錫切れ

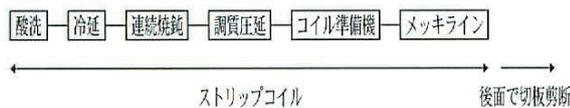
このことから DI 加工時の温度上昇のために 232°C という低融点の錫が溶解し流れ出したために起こった現象であり、DI 成形時のクーラントの温度を下げることで解決された。

7.4 軟質材の連続焼鈍化・工程短縮化技術の開発

ストリップ圧延が切っ掛けとなって、下工程である電気清浄ライン、焼鈍ライン、調質圧延ラインにおける作業を切板からストリップコイルへ転換し、生産性と品質を飛躍的に向上させた。このストリップ方式は下記のような製造工程となった。



米国では昭和 15（1940）年に、クラウンコーク・アンド・シール社（Crown Cork & Seal）は、電気清浄工程と箱型焼鈍工程を一つのラインに配置し、冷延コイルを巻き戻しながら連続的に焼鈍を行う連続焼鈍ライン（CAL：Continuous Annealing Line）を開発した。電気清浄から箱型焼鈍作業を完了するには、1週間前後要していた工期が5分前後に短縮された。日本では、昭和 34（1959）年に富士製鐵広畑製鐵所が初めて連続焼鈍ラインを導入し、その後各社にも普及して行った。焼鈍時間が短いため T-4 から T-6 クラスの硬質材の製造に限られ、T-1 から T-3 クラスの軟質材は箱型焼鈍で製造されていた。昭和 30 年にストリップを巻き戻しながら連続的にメッキを行う電気ブリキラインが操業を開始されると、下記の工程になった。



7.4.1 軟質ブリキ原板の連続焼鈍化技術の開発

昭和 55（1980）年に川崎製鐵は、T-3 以下の軟質材についても工期が大幅に短縮でき、高品質が期待される連続焼鈍化技術を開発し、ブリキ、冷延鋼板、電磁鋼板の製造が可能な多目的連続焼鈍ライン・KM-CAL（Kawasaki Steel Multipurpose Continuous Annealing Line）を建設した。^{25, 26}

この KM-CAL には、それまでの CAL と異なり冷却帯が3帯で構成され、下記の機能を有した。さらに KM-CAL の前面には、電解メッキ槽を設置し、焼鈍中にニッケルなどを鋼板中に熱拡散させる表面処理機能も備えた。

- 第1冷却帯：急冷して固溶炭素の過飽和度を高める
- 第2冷却帯：温度を保定し固溶炭素を迅速に析出させる過時効処理を行う
- 第3冷却帯：空気に触れても酸化しない温度冷却

メッキラインにおいて硬度上昇原因となる固溶窒素を減少させるためには、製鋼段階で窒素吸収を防ぎ、熱延時に炭化物が凝集粗大化しない程度の中温域で巻取り、AIN として析出させた。実ラインでの実験を重ねた結果、下記の一貫製造技術によって、これまでの CAL では製造不可能であった軟質材・T-2、T-3 クラスの技術開発に成功した。²⁶

- 1) 素材は C を 0.02%～0.07%、N を 0.003% 以下に調整した低炭素アルミキルド鋼連铸材とする。
- 2) 熱延巻取温度は 620℃ 程度の中温とする。
- 3) 連続焼鈍の熱サイクルは、再結晶保持温度を 700℃ 前後、急冷速度を 40～70℃/秒、過時効処理を 400～450℃ として 60 秒行う。
- 4) 調質圧延は 0.8% 程度の低圧延率とする。

7.4.2 4工程完全連続・全テンパー連続焼鈍化技術の開発

昭和 57（1982）年 11 月に新日本製鐵八幡製鐵所では、電気洗浄工程、焼鈍工程、調質圧延工程、精整工程を連続化して 1 ラインに設計し、硬質材から軟質材までの全ての材質を製造可能とする ATC（All Temper grade Control）技術を開発し、稼動を開始した。この新技術開発の集積によって、従来の CAL 製造工程に比べても生産日数は 3 日間の短縮が図られた。主な技術開発を以下に記す。²⁷



(1) 軟質ブリキの製造が可能な連続焼鈍化技術の開発
ブリキ原板の軟質化は、結晶粒の粗大化、固溶炭素、固溶窒素の減少にポイントをおき、アルミキルド鋼を適用した。熱間圧延では低温加熱・高温巻取を行い、連続焼鈍炉プロセスでは結晶粒の成長と冷却過程での短時間過時効処理技術を開発した。

(2) HRT 圧延法（HRT:Heavy Reduction Tempering）を開発

従来のドライ圧延と異なるウェット圧延方式を前提として、低圧下率から高圧下率まで安定した圧延を可能とする技術を開発した。特に低圧下率領域では、突然圧下率が不安定となるジャンピング現象があり安定

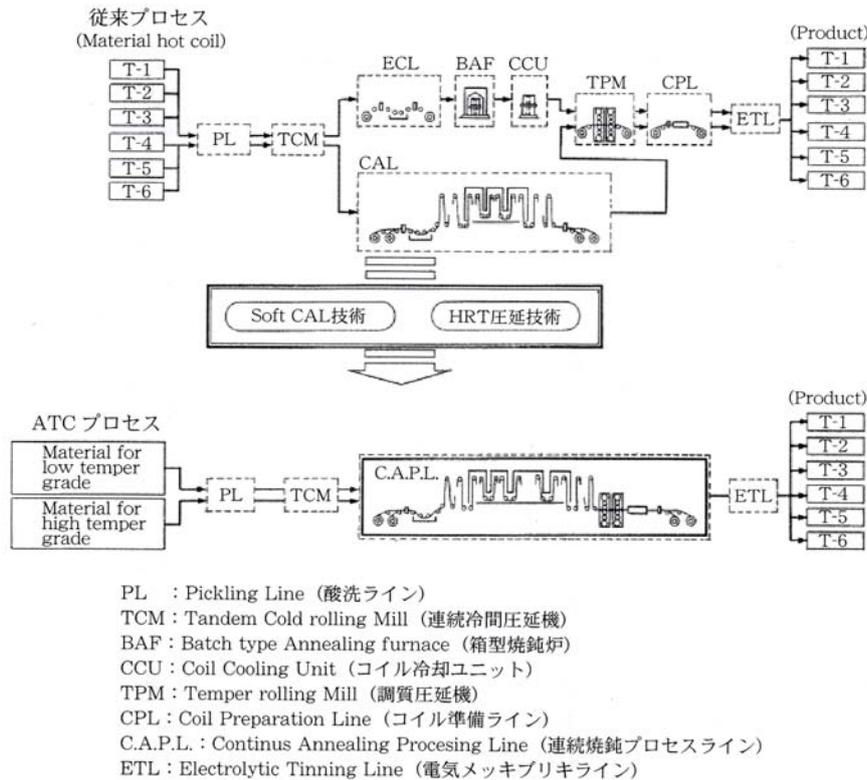


図 7.20 ATC プロセスの概念図²⁷

製造が困難であったが、ロール径と潤滑圧延液の摩擦係数の最適組合せにより解決した。広範囲の圧下率を高精度で圧延するため、非接触型の着磁式圧下率計を開発し自動制御を行った。需要家から厳しく要求されるフラット形状を製造するため、6重圧延-2スタンド方式を採用した。

(3) 圧延型溶接機の開発

入側、出側作業については自動化を実現し、炉内ロールの保全と後面の圧延機のロール疵入り防止のため、入側の溶接継手部の板厚を重ね溶接した後、圧延する機能をもった溶接機を開発した。

(4) 走間高速幅変更システムの開発

サイズ替えの時に、760 m/分という高速度を維持しながら連続的にトリミング幅を高精度で変更する技術を開発した。平均4秒で変更が可能となった。

7.4.3 極低炭素鋼による全テンパー連続焼鈍化技術の開発

平成2(1990)年3月に川崎製鉄・千葉製鉄所ではNo.4 CALが稼動開始し、ニオブを微量添加した極低炭素アルミキルド鋼を用いて、最も軟質なT-1グレードを製造することに成功した。すでに過時効処理炉(焼鈍後の冷却過程において鋼板中の固溶炭素を炭化物として析出を促進する炉)を有するKM-CALでは、アルミキルド鋼によるT-2グレードまでの製造技術は確立していたが、次第に製造コストが下がってきた脱ガス精錬を有効活用し、極低炭素鋼炭素アルミキルド鋼をベースとして開発を進めた。併せて、焼鈍炉後面に多目的圧延機を直結したプロセスを開発した。以下に主な開発内容を記す。^{28, 29}

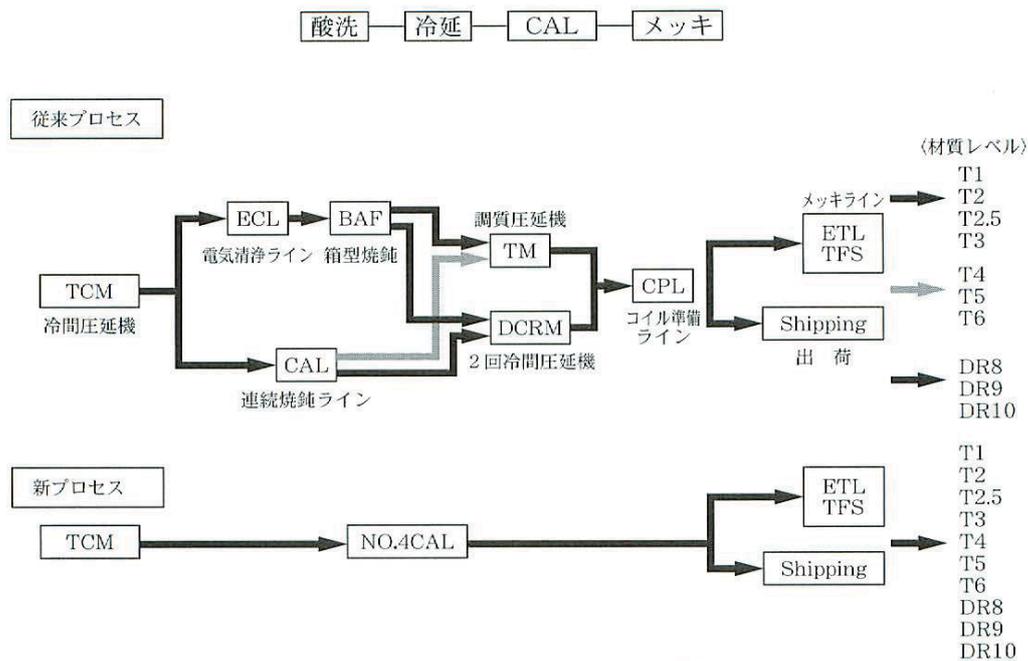


図 7.21 No.4 CAL プロセスの概念図²⁸

(1) KM-TEC 技術の開発

極低炭素鋼で深絞り性の高い T-1 グレードが製造できるが、イヤリング特性に問題があるため、ニオブの微量添加を行った。ニオブ添加鋼は、ニオブ系析出物と固溶ニオブにより結晶粒の成長が遅れ、連続焼鈍温度が高温となり、炉内での通板性が悪くなる問題があった。鋼成分、熱間圧延工程の温度、連続焼鈍プロセスの熱サイクルなどを一貫して検討した結果、下記の品質設計で成形性の高い T-1 グレード製造技術の開発に成功した。

- 鋼成分：炭素 0.003%以下
- ニオブ 0.003 ~ 0.009%
- 熱延：加熱温度 830℃前後
- 巻取温度 600℃前後
- 連続焼鈍：均熱サイクル 750℃×10 秒

(2) 多目的圧延技術の開発

上記で開発したニオブ微量添加・極低炭素アルミキルド鋼により T-1 から T-3 グレードを製造し、その後の 4 重圧延 - 2 スタンドの多目的圧延機において圧下率を制御することにより、調質度をつくり分ける。T-4 から DR-10 までは低炭素アルミキルド鋼素材を用い、窒素量の調整により T-4 と T-5 をつくり分ける。さらに DR 圧延の圧下率を組み合わせることにより、調質度 DR-8 から DR10 をつくり分ける。ドライスキンプス、ウェットスキンプス、DR 圧延機能を有し、1

～30%という広範囲な圧下率を制御するため下記を採用した。

- ・伸び率制御 1：スタンド間張力により制御
- ・伸び率制御 2：ミル入側ブライドル / No.1 スタンド速度比により制御
- ・板厚制御：ミル入側ブライドル / No.1 スタンド速度比により制御

(3) 極薄鋼板の高速通板技術の開発

最小板厚 0.15mm の極薄鋼板を最高速度 1000m / 分で通板することを可能にするため、高機能ベクトルインバーターと低慣性高応答テンションデバイスを開発した。その結果、炉内における変動が ±10kgf 以内という、極めて高精度の張力制御を可能にした。

表 7.7 No.4 CAL プロセスの主要スペック²⁸

Strip	Thickness (mm)	0.15 ~ 0.40	
	Width (mm)	600 ~ 1,067	
Coil	Max. weight (t)	22	
	Inner diam. • eter	Entry (mm)	419, 508
		Exit (mm)	406, 419, 508
Maximum speed	Entry (m/min)	1,200	
	Fumace (m/min)	1,000	
	Delivery (m/min)	1,400	
Fumace capacity	(t/h)	100	
Annual Production	(t/year)	560,000	

7.5 ブリキの新メッキ法・不溶性陽極技術の開発

昭和30(1955)年に米国から技術導入して生産を開始した電気ブリキ製造プロセスは、高速に走行しているストリップ鋼板に錫イオンを電着させる技術であるため、メッキ浴には連続的に錫イオンを供給する必要がある。新日本製鐵、東洋鋼板と日本鋼管がUSスチール社より導入したフェロスタン方式は、縦型のメッキタンク内をストリップ鋼板がコンダクターロールとシンクロールで方向転換しながら上下に走行し、そのストリップ鋼板の両面に錫棒が多数懸垂されている。陽極となる錫棒(以下、「アノード」と呼ぶ)が、溶解しながらメッキ浴内に錫イオンを供給し、陰極のストリップ鋼板表面に電着する原理となっている。メッキセクションの作業者は、溶解して一定以上に薄くなったアノードを取り出し、新たなアノードを反対方向から挿入しなければならない(図7.22)。電気ブリキラインのメッキタンクの近傍には、通常厚さ50mm、幅76mm、長さ1.8m程度で重量が約50kgの鑄造されたアノードが5~60本置かれており、メッキ作業者がホイスを操りながら、アノードの出し入れを繰り返している。この作業で重要なことは、アノードとストリップ鋼板との間隔が一定でないときめ細かい調整をしながら出来るだけ一定になるようきめ細かい調整をすることである(図7.22)。アノードの厚み減少を考慮してアノードを懸垂するブリッジは、ストリップ鋼板に対して傾斜を持った構造にしている。800mm幅のストリップ鋼板をメッキする場合には、11本のアノードが並ぶのであるが、各アノードとストリップ鋼板との間隔は厳密には一定とならない。また、メッキ浴中のストリップ鋼板の両端には、電気の廻りこみで錫メッキ量が過剰になる現象があり、錫メッキ付着量のバラツキと錫の無駄が生じていた。さらに、アノードからの錫イオン溶出量の方がストリップ鋼板への電着量より大きいことなどにより、メッキ作業中にメッキ浴の錫イオン濃度が上昇するため、希釈して過剰なメッキ浴を排出する必要があった。熱漬ブリキに比べて電気ブリキプロセスは、作業性、生産性、品質面で飛躍的な向上を達成したのであるが、心臓部にあたるメッキ作業にはこのような人に頼る作業が残っていた。新日本製鐵広畑製鐵所の斉藤隆穂らは、アノードを挿入しない不溶性陽極錫メッキ法を1970年代初頭より研究を開始し、昭和53(1978)年に広畑製鐵所のNo.2 ETLにおいて実機化に成功した。国内外の飲

料缶詰分野において、スードロニック社の溶接技術法によって半田缶から溶接缶への転換が図られる時期であったため、錫メッキ量の均一化を実現できる不溶性陽極技術は、時宜を得た新技術であった。以下に不溶性陽極錫メッキ法を概説する。³⁰

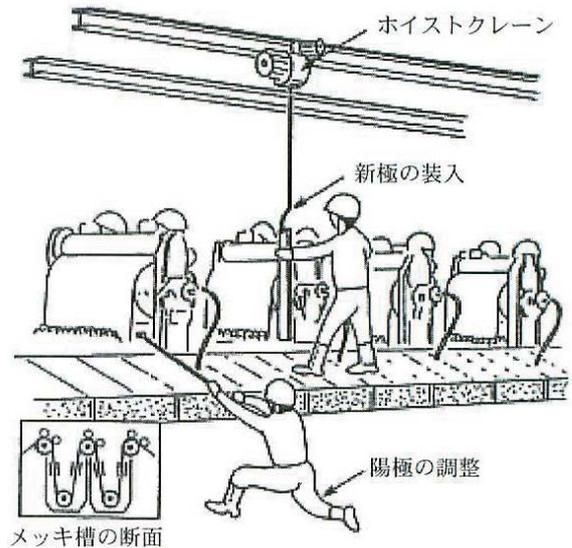


図7.22 アノード作業図³³

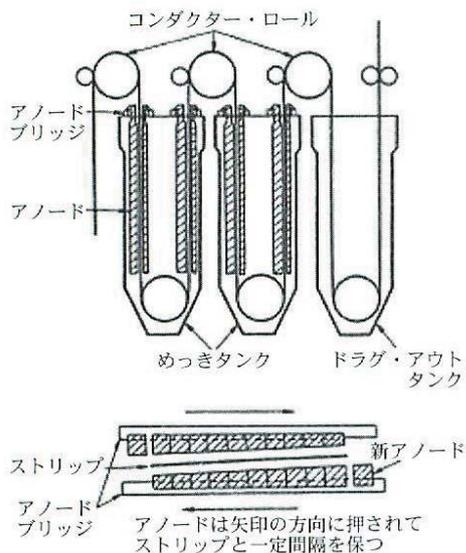


図 7.23 アノード挿入概念図³¹

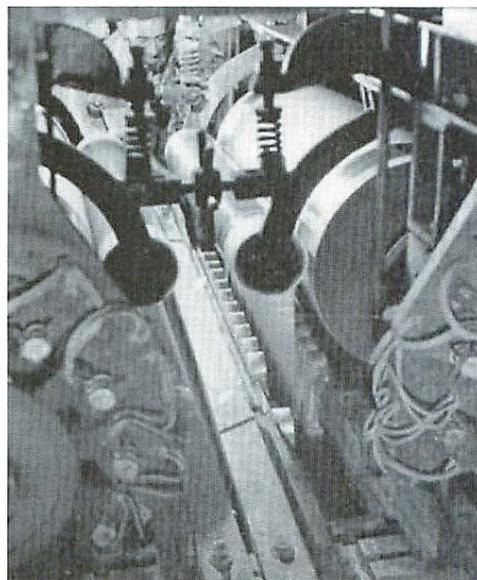


図 7.24 錫メッキ槽のアノード³²

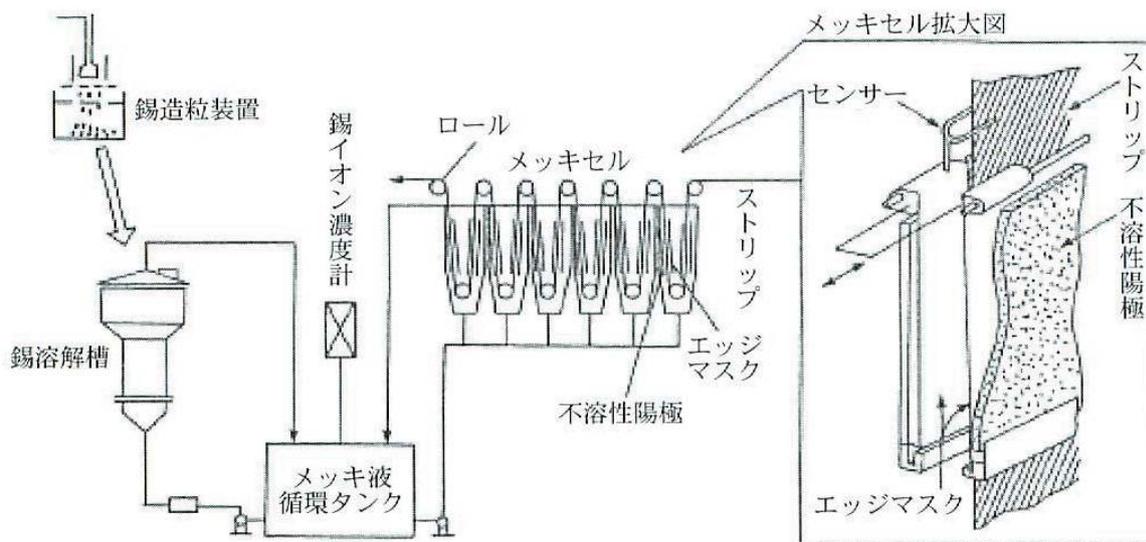


図 7.25 全不溶性陽極システムの概要³³

7.5.1 開発の目的

齊藤らは、不溶性陽極技術の開発にあたり、下記を目的として研究開発を進めた。

- 1) メッキ浴のクローズド化によるラインの物質収支改善、原単位節減と水質汚染防止
- 2) 錫陽極鑄造作業の省力と鑄造時のドロス損失防止

- 3) 電気メッキ操業時の陽極交換作業、陽極位置調整作業の省力
- 4) 一定の極間距離確保によるメッキ量分布の均一化
- 5) 極間距離短縮による省エネルギー

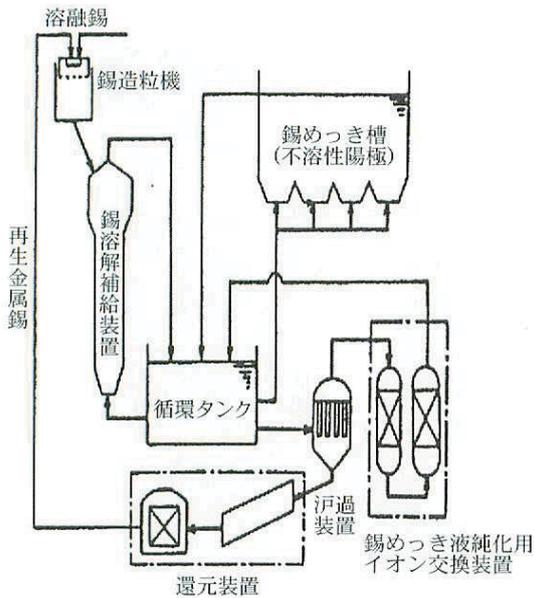


図 7.26 不溶性陽極方式によるクローズドシステム³⁴

7.5.2 錫イオン供給技術の開発

経済性を考慮して金属錫をイオン供給源とした。メッキ浴中での金属錫の溶解反応速度は、溶存酸素の消費反応で溶存酸素の物質移動に律速させる。

しかし、通常の溶解速度は小さいので、下記の工夫によってコンパクトな設備で大きな錫イオン供給能力を持たせることに成功した。

- 1) 小径の金属錫粒を用いて反応面積を増加する。
- 2) 固液流動層反応容器を用いて溶存酸素の物質移動速度を増加する。
- 3) 流動層を高圧化し、酸素吹込みによって溶存酸素濃度を増加する。

(1) 金属錫粒の製造法

金属錫粒は、溶融金属錫を底に多孔板ノズルを設けた多孔板容器を経由して流出させ、熱水中で凝固させ製造する。流出速度を上げ溶融金属錫を層流または遷移状態に維持し、ノズルに水平方向の振動を与えて強制的に層流ジェットの長さを短くする。ノズル-水面間の距離は短くし、冷却水温を適切に保つことによって球状化させる。広畑製鐵所では2トン/Hrの能力を達成した。

(2) 流動層反応器による金属錫粒の溶解

金属錫粒とメッキ浴との固液流動層内の流れはピストン流であり、金属錫粒の溶解速度は、流動層の膨張が著しくない範囲で溶存酸素の供給速度に一致するこ

とが実験で確かめられた。

7.5.3 浴管理技術の開発

(1) 錫イオン濃度制御

全不溶性陽極操業では、電気メッキ作業により持出される錫量と補給する錫イオン量をバランスさせるために、浴中の錫イオン濃度検出端からの信号を受けて反応器への酸素供給速度を制御して行う。錫イオン濃度検出にはオンライン錫イオン濃度分析計を実用化した。

(2) 鉄イオン除去技術

メッキ浴のクローズド化を進めると、鉄イオンなどの夾雑イオンの蓄積が起こり、光沢の変化とスラッジの増加を招く。この問題を解決するために、キレート樹脂とカチオン交換樹脂を組合せ、夾雑イオン除去技術を開発した。メッキ浴またはドラッグアウト液をキレート樹脂塔に通過させて錫イオンを吸着し、次いで通常のカチオン樹脂塔を通過させて、鉄イオンその他の夾雑カチオンを除去する。得られた酸液を濃縮してキレート樹脂塔に挿入し、錫イオンを脱着して浴に戻す。

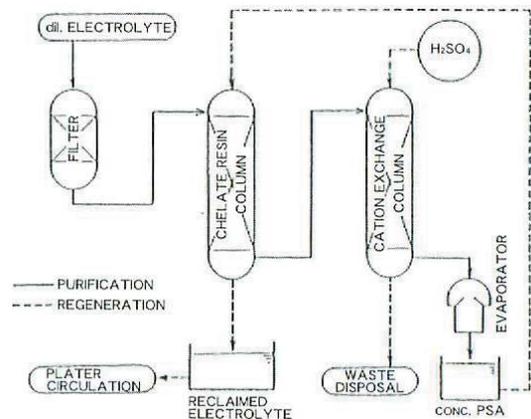


図 7.27 鉄イオン除去法³⁰

7.5.4 錫回収技術の開発

全不溶性陽極操業は、酸化性の操業であり4価の錫イオンの生成は防げないため、通常の金属錫陽極メッキに比べてスラッジの生成が多い。スラッジからの錫回収を行うため、メッキ浴をろ過し、回収したスラッジケーキを酸化焙焼して、次いで焼鈍炉を利用して水素還元を行う。得られた金属錫は純度の高いものに仕上がりに、そのまま造粒プロセスでリサイクルできる。

7.5.5 幅方向メッキ量分布の均一化技術の開発

(1) 不溶性陽極の選択

不溶性陽極は鋼板両面に位置するブリッジに固定して設置するため、鋼板と電極の距離が一定となり、幅方向のメッキ付着量が均一になる。しかし、長期間メッキ浴に浸漬され、通電される不溶性電極の表面は、腐蝕が進行し、腐蝕生成物の剥離、落下により押疵などの欠陥発生の原因となる。このことから不溶性電極の材質選択が極めて重要となる。各種電極を実験した結果、白金メッキ方法を改善したチタン電極を開発し、約1年間の連続使用が可能となった。

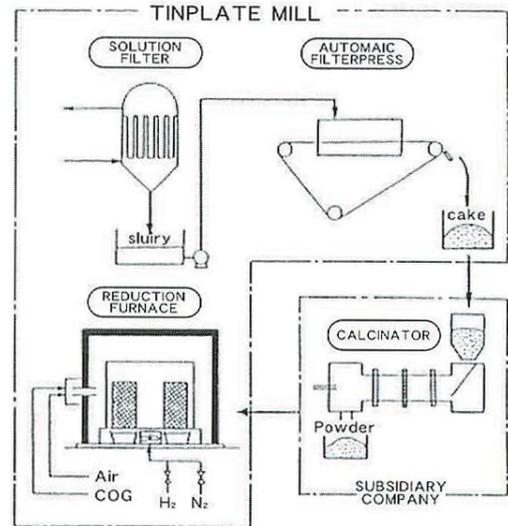


図 7.28 スラッジからの錫回収法³⁰

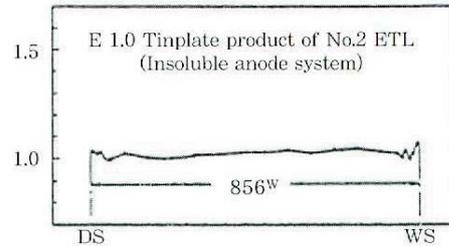
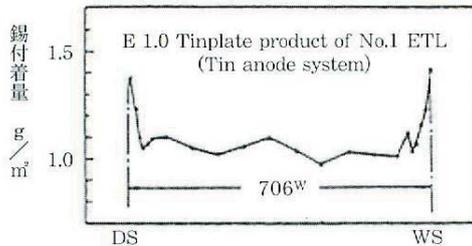


図 7.29 板幅方向の錫付着量分布 (左図が従来法、右図が不溶性陽極法)³⁰

(2) エッジオーバーコート防止技術

固定した不溶性陽極は、メッキする鋼板の注文サイズに応じて幅を変化させることが出来ないため、不溶性電極より狭幅の鋼板が通板されると、鋼板中央部と比べて鋼板両端部にメッキ電流が多く流れ、過剰な錫が付着するオーバーコートが発生する。この問題は通板している鋼板の両端をセンサーで検出して、自動的に追従するエッジマスクにより両端のメッキ電流を遮断して、全幅のメッキ付着量が均一になる技術を開発して解決した。

7.5.6 工業的な成果

(1) メッキ付着分布の均一化

従来法では下図・左のように、板幅両端部に過剰なメッキが付着し、板中央部においても、不均一なメッキ量となっていたが、不溶性陽極法と上記エッジマスクの効果により全幅に均一なメッキ付着量が実現された。また、全体の付着量が従来より減少してコスト低減となるばかりでなく、製缶工程では半田作業、溶接作業の安定化が進み品質向上につながった。

(2) 錫原単位率の向上

幅方向のメッキ量の均一化と錫ロスの減少により、図 7.30 に示すように錫原単位率は大幅に向上し、貴重な錫の省資源が可能となった。

(3) 電気メッキラインにおける物質収支の改善

不溶性陽極法によるクロズドシステムの実現により、溶液排出は通板中の鋼板表面に付着して不可避免的に持ち出されるメッキ浴、ドラッグアウト液、フラックスなどに限られ、従来法の錫陽極ライン当時の 5%



図 7.30 錫原単位の比較 (広畑製鐵所 No.2 ETL)³⁰

以下に減少した。当初から開発目的とした水質汚染防止に貢献することが出来た。

(4) 極間距離の短縮

陰極となる鋼板と不溶性陽極の距離を 31mm まで短縮し、電流効率を向上することが出来た。さらに極間距離を短縮すると、鋼板両面における圧力差により鋼板が不溶性陽極に接触する現象が発生するため、圧力バランスを制御する新たな技術開発が期待される。

(5) 操業性の向上

全不溶性陽極化により、錫陽極鑄造作業、錫陽極交換作業、錫陽極位置調整作業などがなくなり、労働負荷は大幅に軽減された。また、ストリップ鋼板の幅変更やメッキ量変更に伴うセット替作業は、エッジマスク装置が自動的に追従するシステムとなっているため、セット替時間が著しく短縮され、ライン停止回数が大幅に減少した。

(6) 安全衛生環境の改善

陽極交換、調整作業などがなくなったので、電気メッキ槽の上部に排気フードを設置でき、メッキ槽周辺の臭気などが大幅に減少し、安全衛生環境が改善された。

7.6 高温殺菌に耐えられるトーヨーシーム缶用 TFS の開発

昭和 45（1970）年に登場したトーヨーシーム缶は、ビール・炭酸飲料などのコールドパックを対象とした第一世代の接着缶であると位置づけられている。日本コカ・コーラ社の炭酸飲料販売が昭和 46（1971）年以降に急成長したため、コールドパックのトーヨーシーム缶は新工場を次々に立上げ、昭和 50（1975）年には 20 億缶を越える大市場となった。東洋製罐は、トーヨーシーム接着缶の販路拡大のため、当時はブリキ半田缶で占められていた果汁飲料類のホットパック飲料缶詰とコーヒー飲料などのレトルト飲料缶詰への展開を始めた。しかし、果汁飲料では殺菌のため高温充填となり、コーヒー飲料はさらに 125℃×30 分程度のレトルト釜内での殺菌工程が必要になるため、密封性不良や接着部剥離という大問題が昭和 50（1975）年に発生した。東洋製罐は、直ちに鉄鋼メーカーとの共同作業を開始し、接着部剥離の原因究明と対応策の検討に入った。各社共、容器材料の研究、技術部門のスタッフを総動員して検討した結果、TFS の改質と接着剤の改質などによって、ホットパック・レトルト用トーヨーシーム缶の技術確立に成功した。その後、トーヨーシーム缶は、1000 缶/分までの高速製缶技術が確立され、食品缶詰分野へも展開された。トーヨーシームラインは、平成元年に 63 ラインまで増設され、平成 6（1994）年に年間 78 億缶の生産を達成したが、ラミネート 2 ピース缶・TULC が平成 4（1992）年に本格稼動すると、徐々に置き換えが進み、平成 13（2001）年からトーヨーシーム接着缶ラインの休止が始まった。

7.6.1 ホットパック接着缶用 TFS の開発

(1) ホットパック接着缶の問題と再現試験法

ミカンやピーチなどの果汁飲料は、殺菌のため通常は 85℃以上の加熱後に缶に充填されるため、ホットパック飲料缶詰と呼ばれる。昭和 50（1975）年に果汁入りトーヨーシーム接着缶詰が初登場すると、缶内に空気が進入する、いわゆるバキュームロス問題が発生し、関係者を驚かせた。ホットパック飲料缶詰は、缶内圧が冷却後に 30cmHg となるので缶胴の凹み防止のため、TFS 板厚を炭酸飲料より厚くしていた。その結果二重巻締部の接着部は炭酸飲料よりも大きな加工歪とヒートショックが加わるため、接着部の劣化が生じ、缶内への空気進入によるバキュームロスが発生する。しかし、新日本製鐵名古屋製鐵所の TFS には問題

が発生しないことから、2ステップ法 TFS が1ステップ法 TFS より二次密着性に有利であることが示唆された。直ちに東洋製罐と TFS メーカー各社による原因究明が開始された。製缶せずに素材を評価する方法として、Tピール剥離試験時に尿素水溶液で濡らす方法がとられ、実際の接着性能とよく対応することが判明した。

(2) TFS の改質

ホットパック条件下では、TFS クロム水和酸化皮膜中の OH 基が湿潤状態の TFS プライマーとの密着性に重要な役割を果たしていることが分かった。この二次密着性を向上させるには、クロム水和酸化皮膜中の非結晶水および可溶性のアニオンの減少をはかることが改良につながると考えられた。1ステップ法では TFS 後に高温で洗浄することが検討され、皮膜中に共析した硫酸根を OH 基に置き換えることで、接着性を飛躍的に向上させることが可能になった。

(3) 接着缶用塗料の改質³⁵

開発当初のフェノール樹脂は、密着性のほか加工性、柔軟性を重視したアンモニア触媒を使用したレゾールであったが、レゾール合成触媒をアルカリ土類金属の酸化物に変更し、かつ、ガラス転移点をアップすることにより、プライマーと TFS の二次密着性は格段に向上した。

(4) 接着剤の改善³⁶

少量の非結晶系共重合ナイロンをブレンドすることによりナイロン 12 系接着剤は、従来のナイロン 12 より少ない熱量で熔融し、冷却固化ができることを突き止め、湿潤高温下での接着強度を保ちつつ高速製缶性を向上した。

7.6.2 レトルト接着缶用 TFS の開発と製造技術の確立

(1) レトルト接着缶の問題と原因究明

レトルト釜内で殺菌中に接着部が剥離して破洞することがあり、さらに自動販売機内のコーヒー飲料缶詰は、秋口から約 55°C に保温したホットベンダーに切り替わるため、市場トラブルの危険性が発生した。この場合も新日本製鐵名古屋製鐵所の TFS はトラブルが少なく安定していた。レトルト缶用 TFS を評価するには、実際に接着缶を製缶する方法と試験片に一連の荷重を負荷した状態で、高温水に浸漬し、破断するまでの時間と荷重から引張り剪断応力を測定する「デッドロードストレス法」が開発された。塗料二次密着性に TFS によって差があることは、剥離がナイロン接着剤の凝集破壊でなく、TFS と塗膜との界面破壊であることを意味しており、X 線光電子分光装置 (XPS) で証明された。XPS や AES (オージェ電子分光装置) の解析結果などにより、硫酸根のクロム水和酸化皮膜中への残留が悪影響していることがわかった。これは、硫酸根がフッ素イオンに比較して体積が大きく、クロム水和酸化物のオール結合を切断して低分子化させ、皮膜をルーズにして歪を与えるためと推定されている。一方、フッ素イオンは塗料が焼き付けされる時に、大部分が揮散するため影響が小さいと考えられる。クロム水和酸化物のオキシ化とオール化の比率は、塗料二次密着性に微妙に影響する。オール結合の多いルーズな皮膜は、塗料を塗装、焼付けした時、体積が収縮し、塗膜との間に歪を与えるため、塗料二次密着性を低下させる要因となる。しかし、オキシ結合の比率が高すぎると、塗料との酸塩基結合の基となる水酸基濃度が低下することになるため好ましくない。また、金属クロム層の厚みが薄いと、鋼板の露出部分が多くなり、耐食性のみならず塗料二次密着性も劣化するため、一定量以上の金属クロムが必要である。さらに、塗料二次密着性に対して金属クロムの析出形態の影響もあり、角状の結晶が優れていることも判った。³⁷

(2) TFS の改質と製造法³⁸

レトルト用 TFS の場合は、ホットパック用 TFS に必要とされたクロム水和酸化皮膜中に共析した可溶性アニオンを減少させることに加えて、鋼板に対して被覆性のよい適量の金属クロムと緻密で適量のクロム水和酸化皮膜を有することが、プライマーとの二次密着性を向上させて、苛酷なレトルト処理にも耐えることが判明した。鉄鋼各社の TFS 製造法は、開発経緯の違いもあって夫々にメッキ浴組成が異なり、メッキ法についても 1ステップ法と 2ステップ法に別れている。

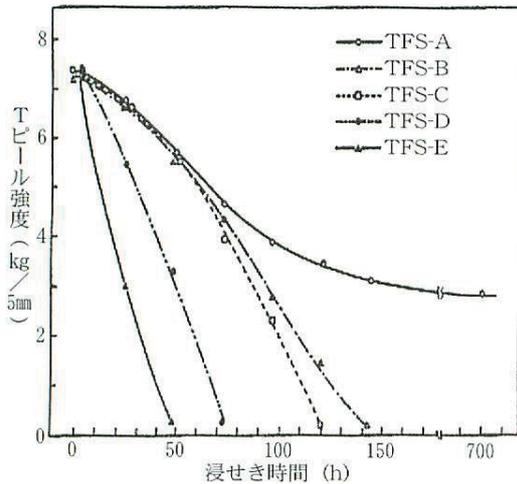


図 7.31 各種 TFS の塗料密着力の変化 (90℃、0.4%クエン酸水溶液中)³⁸

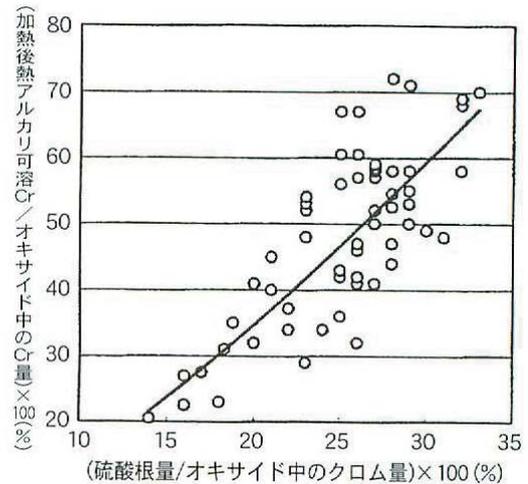


図 7.32 クロム水和酸化物の硫酸根量と加熱後の熱アルカリ可溶クロム量の関係³⁹

従って、新日本製鐵・名古屋の TFS がホットパック性、レトルト性に優れた性能を示していたが、本質的な原因追求を行い、レトルト性に適した TFS の物性を解明することが最優先課題であった。ビール、炭酸飲料缶詰の内圧に長期間、接着機能を果たしているトーヨーシーム接着缶が、一度高温の加熱殺菌工程を通すと数十分間で密着力は低下し、TFS と塗料の界面で剥離が発生する。東洋製罐は各メーカーの TFS とレトルト接着缶としての良否を幅広く調査し、解析した結果、下記の条件を満たす TFS をレトルト用 TFS と定義し、製品スペックとした。この条件を満たした TFS は、図 8.12 の TFS-A に見られるように、熱水中の接着強度が長時間維持される。ホットパック用の TFS-B, C はコールドパック用の TFS-A, B よりは大きく改善されているが 120 ~ 140 時間で T-ピール強度がゼロとなる。以下に、東洋製罐が発見したレトルト用 TFS の条件について記す。

1) クロム水和酸化物の組成と構造³⁸

アニオンの影響調査で、硫酸イオンは共析量が多くなると塗料二次密着性を著しく低下させ、フッ素と塩素イオンの影響は比較的小さいことが判った。皮膜中の $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cr}$ が空焼き後のアルカリ可溶クロムにほぼ比例することからスペックに規定した。

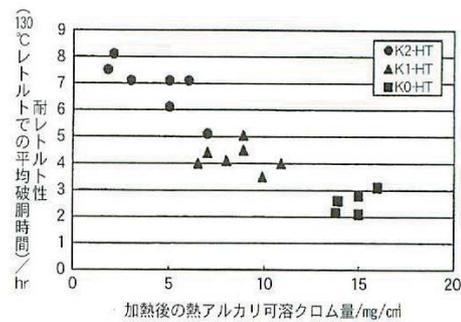
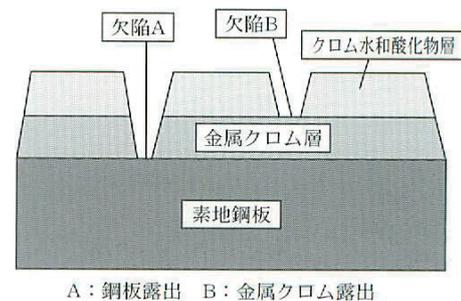


図 7.33 加熱後の熱アルカリ可溶クロム量と耐レトルト性の関係⁴⁰

2) TFS 皮膜の連続性

クロム水和酸化物の組成、構造が優れていても、金属クロム層が鋼板上を十分に被覆していなければ良好な塗料二次密着性を得ることが出来ない。鉄メッキ前処理硫酸銅試験により金属露出度を測定しスペックに規定した。



A: 鋼板露出 B: 金属クロム露出

図 7.34 TFS 皮膜モデル図³⁸

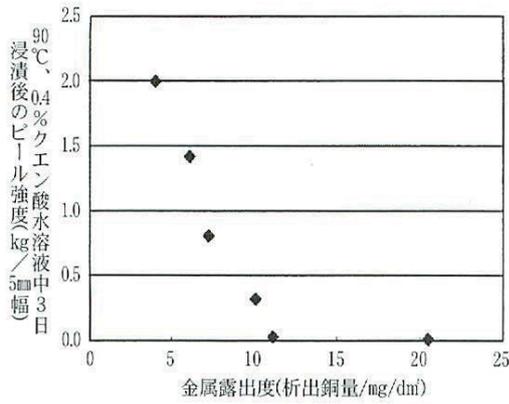


図 7.35 金属露出 TFS 二次密着性⁴⁰

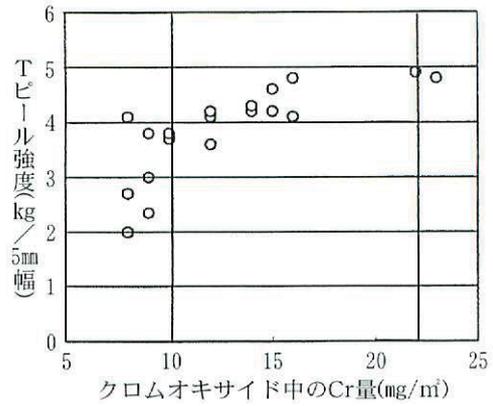


図 7.36 クロム水酸化物の厚みと二次密着性⁴¹

3) クロム水和酸化層の厚さの均一性

コールドパック用 TFS のクロム水和酸化物の規格は、7～25mg/m²であったが、図 7.36 に示すように塗料二次密着性の点から下限を 10mg/m²に上げた。また、クロム水和酸化物の厚さをマイクロな部分においても満足させるには、厚さが均一であることが重要である。クロム水和酸化層は薄いため、通常は光学顕微鏡で観測すると透明であるが、 μm オーダーになると干渉色が見えるようになる。このようにクロム水和酸化層の厚みムラを測定することをスペックに取り入れた。

新日本製鐵技術研究所の山本正弘、前田重義らにより、回転検光子型の顕微エプソメトリーが開発され、クロム水和酸化層の均一性を図 7.37 のように測定することが可能となった。塗料二次密着性の良い TFS

のクロム水和酸化物が不良な TFS に比べて、膜厚が均一であることが明瞭にわかる。このサンプルは TFS 生産ラインの条件を変動させて作成したが、外観上は全く同じに見えても、クロム水和酸化層の違いを可視化できることとなり、メッキ技術のレベルアップに大きく貢献した。

4) 金属クロム層の厚さの均一性³⁸

レトルト TFS の用途は、コーヒー飲料のように中性であることが多いが、味付けに酢酸を含む酸性食品もある。金属クロムに被覆されていない鉄露出部は、レトルト殺菌中に塗膜を透過してくる酢酸によって腐食して、塗膜プリスターを発生させることから、金属クロム層の連続性、均一性は重要である。

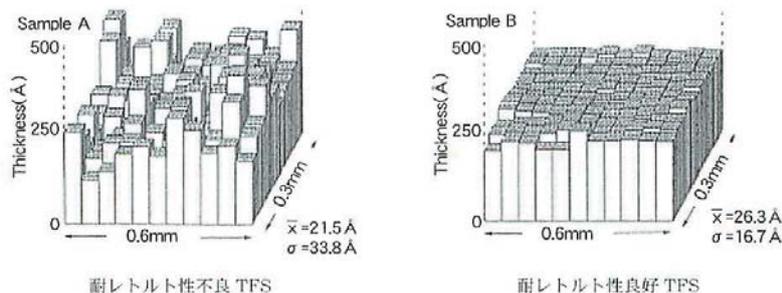


図 7.37 クロム水和酸化物皮膜の三次元分布⁴²

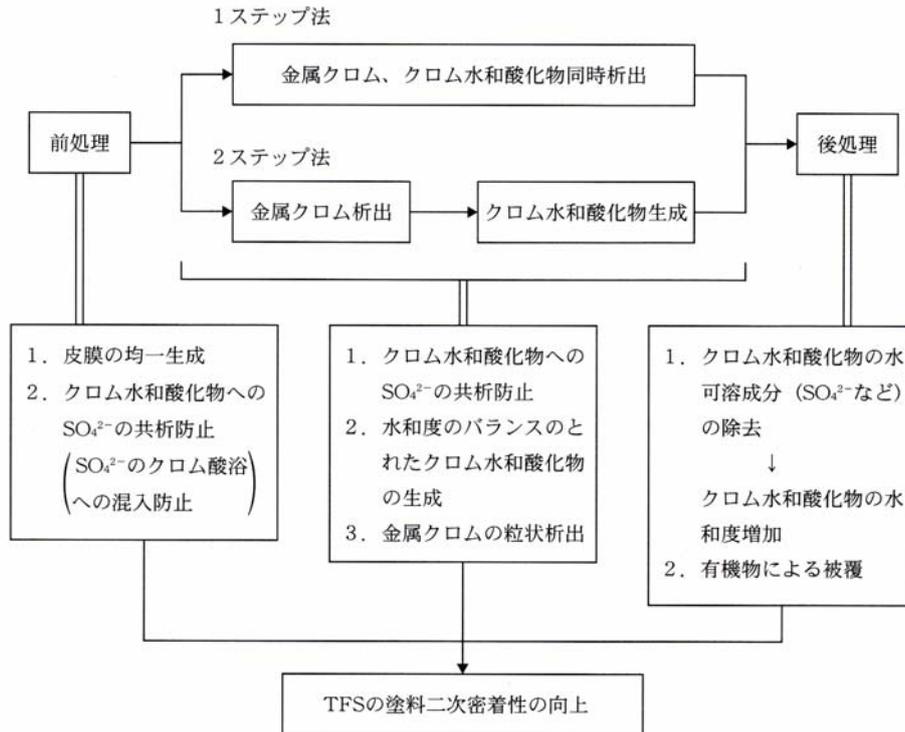


図 7.38 レトルト用 TFS の開発ポイント³⁷⁾

(3) TFS 製造法の改善

鉄鋼各社は、東洋製罐のレトルト条件をクリアーするため、夫々の TFS 製造技術を見直し、図 7.38 のような考え方によって改善を加えた。昭和 36 (1961) 年の TFS 開発以来、1 ステップ法と 2 ステップ法の優劣が議論されてきたが、耐レトルト特性という全く異なる次元からのニーズによって、質的な製造技術の変更が迫られた。1 ステップ法ではレトルト飲料用 TFS を製造するために、硫酸イオンを添加しないフッ素化合物添加浴に切替えられた。2 ステップ法では、金属クロム上に残存する不純物の多いルーズなクロム水和酸化物皮膜を第 1 ステップの最終パスで陽極電解して除き、第 2 ステップで純粋なクロム水和酸化物皮膜を形成させる方法 (逆電解法) が開発された。

(4) 接着缶用塗料 (プライマー) の改質

エポキシ樹脂の分子量などを評価し、エポキシ基の濃度を上げることにより高温レトルト下で耐性が向上することが判明したため、フェノール樹脂の変更と併せてプライマーを改質した。⁴³⁾

7.6.3 波及効果

レトルト飲料へ実用化できるトーヨーシーム接着缶が完成すると、魚介類、蔬菜類、水羊糞等の食品缶詰へと適用が広がり、さらに巻取りキーにより開封するコンビーフ、ランチョンミート缶詰へ展開された。又、ホットパック・レトルト缶用 TFS の製造技術について、TFS が誕生した時には存在していなかった高度な表面解析技術によって、本質的な探究への道が開かれた。すなわち、1970 年代に出現した XPS や AES などの表面分析機器により皮膜構造の基礎的な解明がなされ、缶用表面処理鋼板の基礎研究の重要性が再認識された。トーヨーシーム法は、国内において缶詰容器材料をブリキから TFS へ大転換させた、まさに革新的な技術であったが、海外へはデンマークの Hastrup を除き普及しなかった。その理由として、上記のような高度な表面処理技術を要するホットパック・レトルト用 TFS を供給できる鉄鋼メーカーが外国では存在しないからである。また、日本においては、ブリキから TFS へ素材を変更することが大きな購入価格の低減につながるが、欧米においては、ブリキと TFS との価格差が少なく、TFS 化へのインセンティブが弱かったことも理由とされている。

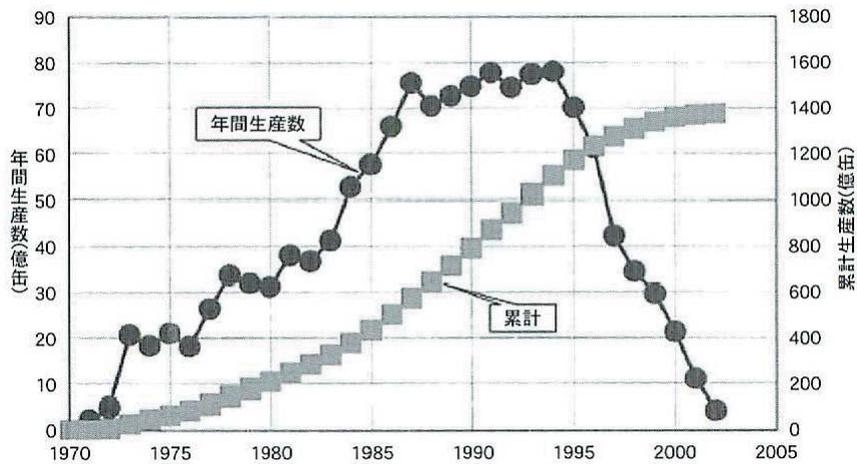


図 7.39 トーヨーシーム缶の生産数推移、累計⁴⁴

(註) XPS : X-ray Photoelectron Spectroscopy (X線光電子分光分析器)

ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) と称することがある。

AES : Auger Electron Spectroscopy (オージェ電子分光分析)

エリプソメトリー : Spectroscopic Ellipsometry (偏光回折法)

7.7 スードロニック溶接法に適した 缶用表面処理鋼板の開発

ブリキ缶の誕生以来、接合に使用されてきた半田が鉛と錫の合金であったため、缶詰の内容物中に鉛が溶出していることが実証され、食品衛生上の問題として世界の愁眉の的となった。昭和 54 (1979) 年に米国 FDA (Food and Drug Administration) より“5年間で鉛溶出量を半減させる”という鉛規制計画が発表された。スードロニック溶接機は、CGC が昭和 42 (1967) 年に発表したコノウエルド法とは異なり、極輪の回転と同時に連続して電極となる銅ワイヤーを走行させるため、安定した連続溶接作業が可能となる。世界の製缶会社はスイスのスードロニック社の技術進歩に注目した。それまでの 3 ピース半田缶は、板を 2 枚に重ねて接合し板厚は 2 倍になったままであったため、蓋の巻締が完全に行われず漏洩トラブルの原因になることがあった。エアゾール缶、一般缶に適用されてきたスードロニック溶接は、重ね幅を 2 ~ 3mm としていたが、昭和 55 (1980) 年に重ね幅 0.4mm まで縮め、上下からの圧力で板厚を薄くする“スーパーウイマー技術”を発表すると飲料缶市場への適用が急激に広がった。

ホットパック・レトルト用トーヨーシーム接着缶技術をすでに確立していた東洋製罐と異なり、半田ブリ

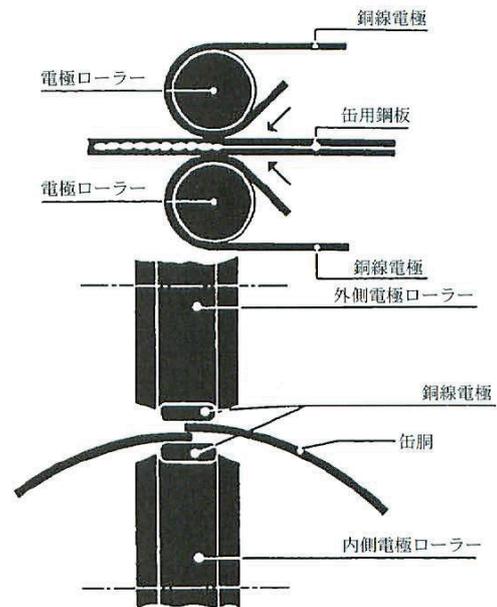


図 7.40 スードロニック溶接法⁴⁵

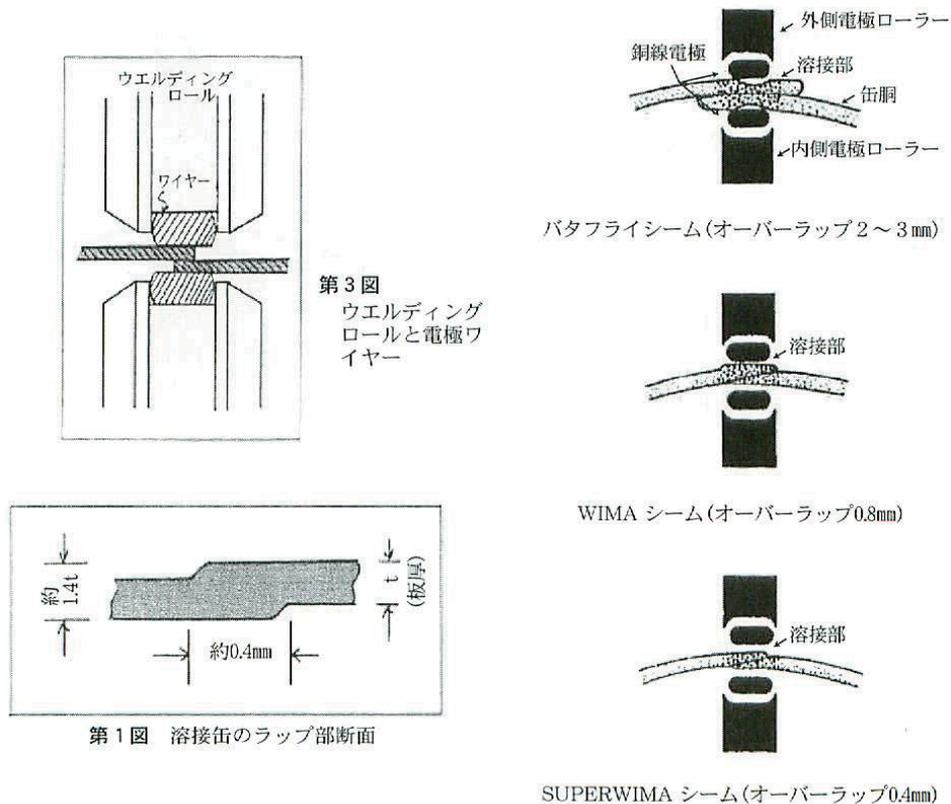
キ缶を中心に製造していた大和製罐、北海製罐は鉛規制への対応策としてスードロニック溶接機による溶接缶の開発に全力を注いだ。一方、鉄鋼メーカーとしては、半田付けのために必要とされてきた錫メッキの役割を見直すこととなり、溶接接合に適した新素材の開発に拍車がかかった。

表 7.8 日本における飲料缶・食用溶接缶の歴史⁴⁶

西暦	項目
1975年	果実用大型容器（ダイエル10）生産開始
1978年	飲料缶用溶接缶（野菜・トマトジュース，果実，コーヒー飲料用）の生産開始
1981年	キャンウエル材（TFSの一種）の溶接技術を確立・生産開始
1984年	一般食缶（魚肉・畜肉類，果実類，そ菜類など）に本格適用

表 7.9 スードロニック溶接技術の変遷⁴⁶

西暦	項目	溶接スピード
1959年	ブリキ用半自動溶接機開発 ○生産能力小さい ○オーバーラップ幅：2～3mm ○雑缶用	1963年：12m/分
1964年	自動溶接機の開発 ○電流周波数：50～100Hz	1969年：15m/分 1971年：25m/分
1975年	WIMA (Wire Mash) 溶接技術の開発 ○オーバーラップ幅：0.8mm ○ラップ厚さ：約1.4t ○主としてエアゾール缶、雑缶用 (食缶に対する適用は製缶スピードがハンダ缶に比べ遅いので困難であった)	1975年：30m/分
1982年	SUPER WIMA 溶接技術の開発 ○オーバーラップ幅：0.4mm ○溶接スピード：30～55m/分 ○電流周波数：150～540Hz 飲料缶・食缶への適用化加速	1980年：50m/分 1981年：55m/分



7.7.1 飲料缶市場へ溶接缶の登場

(1) 大和製罐株式会社

大和製罐は、昭和 53 (1978) 年に半田缶、ミラシーム接着缶から溶接缶への全面切替を決定し、昭和 54 (1979) 年から昭和 61 (1986) 年の間に完了した。溶接部は、溶接時に高温に晒され表面処理皮膜が破壊されるため、大和製罐は内外面の溶接部補修技術を独自に開発した。半田缶よりも品質面、作業面で優れている溶接缶は、当初、ブリキを使用して野菜ジュース用に製造していたが、ブリキよりも安価な素材への転換が強く要求され、新日本製鐵と大和製罐の共同開発が開始された。價格的に最も有利な TFS は、電気伝導性の悪いクロム水和酸化物の皮膜が障害となって適正な溶接条件を見つけ出せず、研削して除去する必要があった。しかし、TFS の表面研削は CGC のコノウエルド法でも実証されているように、金属粉の発生が品質問題を引き起こすリスクをはらんでいたため、新素材開発は無研削で適正溶接範囲が大きいことが条件とされた。新日本製鐵は、ニッケルベースの溶接缶用新素材を開発し、商品名を「キャンウエル (CANWEL)」とした。昭和 55 (1980) 年より大和製罐に供給され、トマトジュース、コーヒー飲料用溶接缶の製造が始まった。溶接缶をオレンジ果汁などの酸性飲料分野に適用するには錫の必要性が求められ、昭和 59 (1984) 年より川崎製鐵が開発した錫・ニッケル系新素材「リバーウエルト (RIVERWELD)」の採用が始まった。新日本製鐵でも製造法の異なる錫・ニッケル系新素材「キャンライト (CANLITE)」を開発すると、リバーウエルトと同じ内容物に使用された。溶接缶の製造体制が整うと、飲料分野に加えて一般食缶、食用油、水羊羹用缶などに適用を拡大していった。また、東洋製罐に限定されていた日本コカ・コーラ社において、スポーツ飲料、果実飲料、コーヒー飲料分野に大和製缶の溶接缶が採用された。⁴⁷

(2) 北海製罐株式会社

北海製罐は、昭和 44 (1969) 年に手動式スードロニック溶接機を購入して溶接缶製造技術のノウハウを蓄積し、昭和 47 (1972) 年に導入した自動式溶接機 AMB150 型で実用化の研究を進めた。上記溶接機を日東製器に移設して昭和 50 (1975) 年より美術缶の製造を開始した。その後、スードロニック溶接機が高速化され、スーパーウイマー (Super WIMA) 技術の開発が進んだため、昭和 56 (1981) 年 5 月に飲料缶の製造を開始した。昭和 57 (1982) 年 6 月、缶胴溶接部の鉄面露出を補修するスプレー方式技術と短時間で

乾燥できるコンパクト乾燥炉の開発により、独自の溶接缶補修技術を確立した。昭和 59 (1984) 年 4 月に川崎製鐵が開発したニューティンステール (NEW TIN STEEL) を国内で初めて採用した。川崎製鐵は冷延コイルを連続焼鈍ラインにおいて電解脱脂後、ニッケルメッキを施し、焼鈍炉内を通過中に鋼板表面にニッケル拡販層を形成させる。調質圧延後、電気ブリキラインで電解脱脂、硫酸酸洗が施され、ついでハロゲン浴を用いて 800-1000mg / m² の錫メッキを施しリフロー処理を行う。このリフロー処理によってメッキされた錫層は島状に分散される。北海製罐研究所の宮崎俊三らの提案によりリフロー処理後、クロム酸系水溶液中で陰極電解処理を施した。このニューティンステール (後日リバーウエルトと命名) は、コストダウンと溶接性・品質の安定化を同時に実現することが出来た。⁴⁸

7.7.2 溶接缶用表面処理鋼板の開発状況

大和製罐と北海製罐により、スードロニック溶接機を活用した高生産性・高品質な溶接缶が飲料缶分野で商業生産されると、19 世紀初頭より缶詰の主流を歩んできたブリキ半田缶はその役割をさらに縮小していった。溶接缶の出現による歴史的な意義は、ブリキに要求される重要品質の一つ半田性の保証が不要となり、錫付着量は 25 番 (2.8 g / m² / 片面) 以上とされてきた制約が外されたことである。半田接合に代わる溶接接合は、新たな課題が顕在化し、鉄鋼各社は溶接缶用新表面処理鋼板の開発に拍車がかかった。

スードロニック溶接技術は、すでにエアゾール缶、18L 缶、一般缶などで実用化されてきたが、缶詰業界の主役である飲料缶詰に溶接缶を導入するには、高速製缶性、溶接安定性、溶接部補修性など多くのハードルを越える必要があった。以下に、日本の鉄鋼メーカーが開発した溶接缶用表面処理鋼板について 3 つに分類して記す。この開発で重要な点は、ブリキより廉価な TFS によるトーヨーシーム缶が、上述したようにコールドパックからレトルトまでの全分野における技術確立を完了していたため、TFS 接着缶よりもコストの低い溶接缶の開発を目指したことである。

- ① ニッケル系溶接缶用表面処理鋼板
- ② 錫系溶接缶用表面処理鋼板
- ③ クロム系溶接缶用表面処理鋼板

(1) ニッケル系溶接缶用
表面処理鋼

新日本製鐵八幡製鐵所の研究・技術部門の大八木八七、樋口征順、秦 瑛、三宅紀次らは、昭和 30 年代の TFS 開発中のシーズの一つとして研究された、**図7.42 キャンウエル断面図** ニッケルメッキ鋼板の製造技術を掘起し、昭和 55 (1980) 年に溶接缶に適した表面処理鋼板、商品名を「キャンウエル (CANWEL)」を完成させた。昭和 30 年代において、ニッケルメッキ鋼板を塗装して使用する場合は、内容物を選べばブリキの塗装缶と同等の耐食性を示すことが報告されていた。ニッケルメッキ鋼板は、強いフラックスを用いると半田付けも可能という知見も得られていた。スードロニック社よりスーパーウイマー溶接法が発表されると、世界の製缶会社は、缶詰用溶接缶の開発に着手したが、TFS は無研削では溶接適正範囲が得られないため、新しい表面処理鋼板のニーズが高まった。溶接性に求められる技術課題は、下記をクリアーすることであった。



- 1) 加工性と溶接外観が両立する溶接適正範囲が十分広いこと。
- 2) 溶接部ナゲットに空隙がなく、ナゲットの連続性がよいこと。
- 3) 熱影響部の強度があること。

材料表面の接触抵抗が高いと、通電時の接合界面での発熱が大きく、チリが発生し鉄溶出の原因となる。この接触抵抗を比較すると TFS が最も高く、塗装焼付け条件で空焼をするとさらに抵抗値が上昇する。一方、クロム水和酸化層を $4 \sim 10 \text{ mg/m}^2$ にコントロールしたニッケルメッキ鋼板は 25 番ブリキに近似し、空焼後も抵抗値の増加が少ないことが判明した。溶接性に求められる加工性は、フランジ成形やビード加工において溶接面に剥離が生じないことを保証することである。ニッケルメッキ鋼板は、錫系と TFS-CT に比べると圧倒的に加熱圧着性に優れ、ナゲットの広がりがかさみにかかわらず、接合強度が十分得られる特徴を見出した。このように開発された、世界初の溶接缶用表面処理鋼板・キャンウエルは、実缶試験で 25 番ブリキと同等な耐食性を示すことが実証され、昭和 55 (1980) 年より大和製罐が使用を開始した。当初はコーヒー飲料缶を中心にキャンウエルが適用されたが、大和製罐の溶接技術の進歩により総ての用途に採用されて行った。

(2) 錫系溶接缶用
表面処理鋼板

(2)-1 錫単純系 LTS
錫メッキしたブリキは、電気伝導性が高く溶接性が安定しているため、初期のスードロニック溶接缶である、エアゾール缶、18L 缶などにおいて採用されて



図 7.43 錫単純系 LTS

ていた。飲料缶の場合は、単純にブリキを素材として選択することは、製造コスト面から受容れられないため、ブリキの最低錫付着量であった 25 番 (2.8 g/m^2 /片面) より少ない錫メッキ鋼板をベースとした素材開発が進められた。東洋鋼板は $0.3 \sim 0.5 \text{ g/m}^2$ の錫層と錫・鉄合金層を電気メッキした極薄メッキを開発し、昭和 55 (1980) 年の第二回国際ブリキ会議で報告した。錫メッキしているが、JIS や ASTM で規定しているブリキの錫目付量を外れているため、Lightly Tin Coated Steel Sheet (LTS) として紹介した。この LTS は高速溶接性が十分でなかったため実用化には至らなかった。その後、鉄鋼各社は錫価格がピーク時の $1/4$ 程度に下がったこともあり $1.1 \sim 1.5 \text{ g/m}^2$ に錫目付量を増量し、TFS のように塗料密着性を向上させるため溶接処理後、電解クロム酸処理を行って、金属クロムとクロム水和酸化物を錫の上に被覆する溶接缶用表面処理鋼板が開発され、実用化された。溶錫処理によって錫層は錫・鉄間で形成される合金層と金属錫層の二層となる。溶接性に大きく影響するのは金属錫であるため、一定量以上の金属錫層を残存させることが必要となる。飲料メーカーが金属光沢を缶デザインに取り入れる場合には、この錫単純系 LTS が選択され、錫量を増量することもある。

(2)-2 錫-ニッケル系
LTS

鉄と錫の間にニッケル層が存在することにより、溶錫処理の時に鉄-ニッケル-錫の合金層が生成され金属錫が残存しやすくなるため、錫の付着量をさらに減少することが可能となる。鉄鋼各社は製造法と技術視点が

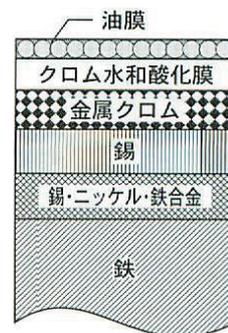


図 7.44 錫・ニッケル系 LTS

同じではないが、錫-ニッケル系溶接缶用表面処理鋼板として、下記の商品名で製造されている。

- 新日本製鐵：キャンライト
- 東洋鋼板：ウエルトップ
- JFE：JFB ウェルト
(元リバーウエルトまたはライトウエル-N)

(2)ー3 クロム系 LTS

金属クロム層の上に錫メッキを施した表面処理鋼板である。低濃度錫メッキ浴を用いて、電解時に陰極表面に発生する多量の水素ガスで金属クロム層上のクロム水和酸化物を溶解、除去すると同時に錫メッキを行う。メッキ付着量は下記の通りである。

- 金属クロム量：100mg / m²以上
- 錫メッキ量：100mg / m²以上
- クロム水和酸化物：12mg / m²以下

- 東洋鋼板：WHT (18 リットル缶、一般缶用)

(3) クロム系溶接缶用表面処理鋼板

製缶会社としては、最も価格の低いTFSを溶接缶用に適用したいのであるが、電気伝導性の悪いクロム水和酸化物層を持つ従来のTFSは、実用化ができない。鉄鋼各社は独創的なシーズによって、下記のクロム系溶接缶用表面処理鋼板を開発し、18リットル缶などに実用化している。

(3)ー1 粒状錫下地メッキクロム系表面処理鋼板

特定組成の錫メッキ浴を用いて粒状の錫を分散した後、電解クロム酸処理を施して金属クロムとクロム水和酸化物からなるTFSと同様な皮膜を形成させる。粒状錫の粒径が大きいほど接触電気抵抗は低下し、錫メッキ量が0.1g / m²以上、錫粒径は0.5μm以上が好ましい。錫メッキ量が微量であるため、外観はTFSと同じ色調を有している。下記の商品名で製造されている。

- 新日本製鐵：キャンエクセル
- 東洋鋼板：WHT-2

(3)ー2 平坦金属クロム系表面処理鋼板

フッ化系電解クロム酸処理浴を用いて陰極電解処理後、形成されるクロム水和酸化物の表層の可溶性クロム水和酸化物をクロム酸浴に浸漬溶解し、難溶性クロム水和酸化物を5mg / m²程度残存させることを特徴としている。

東洋鋼板が製造している(商品名はない)。

(3)ー3 粒状金属クロム系表面処理鋼板

溶接部を溶接極輪で加圧した時に、電気伝導性の悪いクロム水和酸化物層を破壊し、溶接電流の通路を形成するため、下層である金属クロム層を粒状に析出させることを特徴とする。製造法は、クロムメッキに先立って鋼板をクロムメッキ浴中で陽極電解処理を施し、鋼板表面の全体に複合酸化物を形成させ、その後、高電流密度で鋼板に直接粒状金属クロムの集合体を析出させる。下記の商品名で製造されている。

- JFE：JFE ブライト

7.8 地球環境にやさしい PET ラミネート・2ピース缶の開発

東洋製罐は、平成3(1991)年にTULC(Toyo Ultimate Can)のテスト生産に入り、平成4(1992)年から本格生産を開始した。平成4(1992)年6月にブラジル・リオデジャネイロで開催された地球サミットには、182ヶ国の政府代表が参加した。この会議は、昭和47(1972)年にローマクラブが“成長の限界”を公表して以来、議論されてきた持続可能な開発が人類共通の課題であることを再確認し合い、アジェンダ21を採択した。環境問題を先取りしていた東洋製罐は、2ピース缶の主流であるDI缶の製造技術が、大ロット大量生産には適しているが、環境負荷の高いプロセスであるとの認識に立ち、今津勝宏、金子俊治らによりTULC開発を続けてきた。TULCはポリエステルフィルムをラミネートしたTFSを採用して、ストレッチドロ加工により2ピース缶に成形することを特徴としている。表面処理鋼板としてはレトルト用TFSを開発した時の技術がそのまま活用された。これまで炭酸飲料・ビールの陽圧缶は2ピースDI缶、果汁・コーヒー飲料などの陰圧缶は3ピース缶と棲み分けをしてきたが、TULCの場合は缶仕様を変更することで陽圧缶と陰圧缶が製造できる利点を持っている。平成19年現在、TULC製造ライン数は19ラインである。以下に開発内容を概説する。

7.8.1 開発内容

(1) TULC用ラミネートTFS

これまでのブリキ、TFSなどの缶用表面処理鋼板は、通常はフェノール系樹脂、エステル系樹脂などの硬化剤を添加したエポキシ系の熱硬化型樹脂が塗装され、焼付工程で三次元網目構造を作るため、200℃前後で

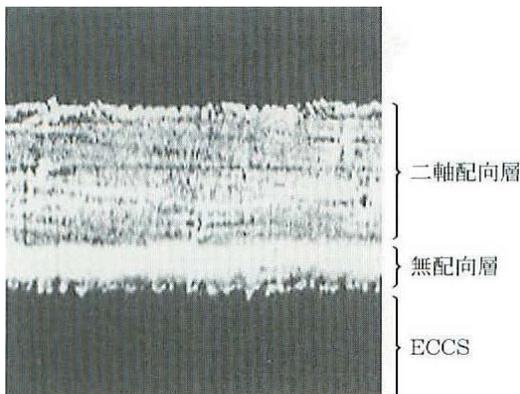


図 7.45 ハイペットのフィルム断面⁴⁹

10-20分間を保持する必要がある。この焼付工程は生産性を阻害するだけでなく、熱効率が低いためエネルギーロスがある上に、多量の有機溶剤とCO₂を外部に放出する問題がある。また、打抜き缶や絞り缶のように浅い缶型では、従来の塗装板を使用できるが、ビール缶のように深絞り缶の場合は塗装皮膜に亀裂が入るため品質保証ができない。昭和56(1981)年に東洋鋼鉄の田中厚夫、岡村高明、英哲広らが、缶用材料として二軸配向ポリエチレンテレフタレートフィルム(B0-PETフィルム)を用いてラミネート技術の開発を始めた。フィルム融点以上に加熱しTFSにフィルムをラミネートさせ急冷すると、下層は無配向層、上層は配向層からなるラミネート鋼板の製造技術を確立した。商品名を「ハイペット(HI-PET)」とし、蓋、絞り缶、18リットル缶などに使用されていた。同じ頃、英国のCMB(Carnaud Metalbox Technology)はポリエステル樹脂フィルムのラミネート技術を開発し、「フェロライト(Ferrolite)」という商品名で用途開発を開始していた。

(2) ストレッチドロ加工法の開発

昭和61(1986)年に米国のウエアトン・スチール社(Weirton Steel)がコイル塗装したTFSを絞り加工後、ストレッチ加工により深絞り成形するDTR缶(Draw & Thin Redraw Can)を開発した。キャンベルスープ社に製缶ラインを設置して製造を開始したが、安定生産が確立できず中断した。同じ頃、東洋製罐は種々の塗装TFSを用いて同様な加工法の研究開発を進めていたが、東洋鋼鉄の二軸配向ポリエステル樹脂フィルムをラミネートしたハイペットが優れていることを見出し、東洋鋼鉄、帝人との3社共同開発が推進された。

TULCの製缶技術であるストレッチドロ成形法は、絞り・再絞り加工を基本として再絞りダイス肩部で引張り曲げ・曲げ戻しによって薄肉化を達成する成形技術であり、DI加工法よりも有機フィルムに損傷を与えない方法である。ハイペットの有機フィルムによる摩擦低減効果により、ストレッチドロ成形性が大幅に向上したため、潤滑剤を使用しないドライ成形が可能になった。ストレッチドロ成形法は1工程当たり20%程度の板厚減少率であり、2工程の場合は30%前後が工業レベルといわれている。後に、より薄肉化するためストレッチドロ成形法にアイアニング加工を付与したストレッチドロ・アイアニング成形法を開発し、板厚減少率を50%まで高めることができた。ストレッチドロ成形法は所要ブランク径を小さくで

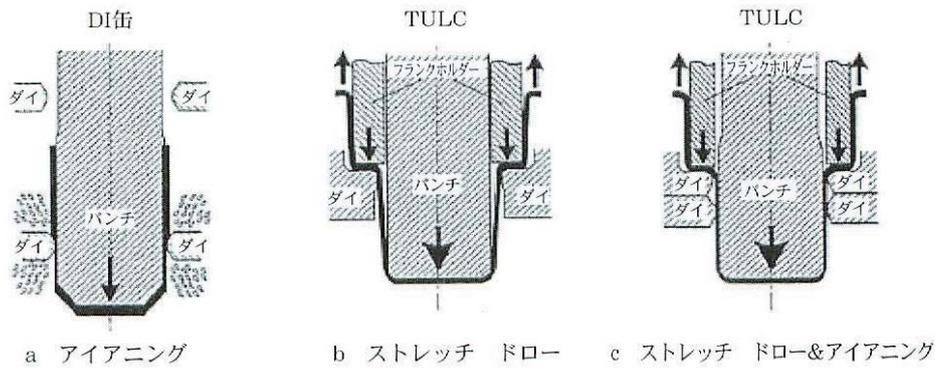
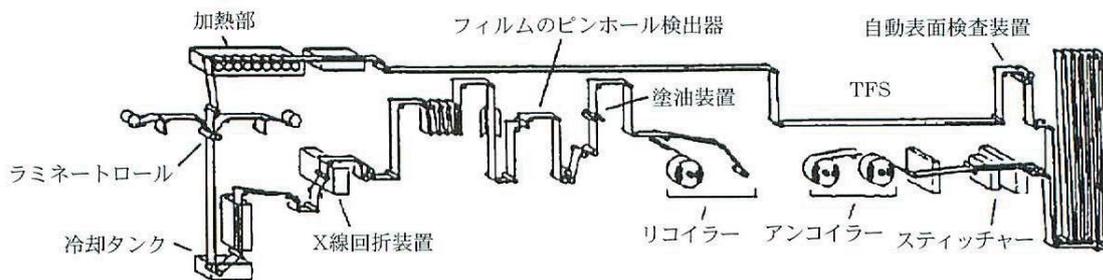


図 7.46 DIおよびTULCの加工原理⁵⁰



設備仕様

生産能力		10,000トン/月	最高ライン速度	200m/分	
鋼帯	厚さ	0.13~0.38mm	ポリエステル樹脂フィルム	厚さ	12~38 μ m
	幅	650~1240mm		幅	620~1240mm
	コイル重量	最大18トン		コイル重量	最大800kg

図 7.47 TULCのラミネートラインの概要⁵³ (東洋鋼板・No. 2ラミネートライン)

き、有機フィルム面の加工後の表面性状の向上が期待できる。⁵¹

(3) TULC用樹脂フィルム

二軸延伸ポリエステル樹脂フィルムは、熱接着性には優れていたが、ストレッチドロー成形性には不十分であったため、ポリエチレンテレフタレートを主体とし、ポリエチレンイソフタレートを約12モル%含む、共重合ポリエチレンテレフタレート樹脂フィルムが選定された。缶内面には透明フィルム、缶外面には成形後のホワイトコート省略と加工性を向上させる目的で、特定粒径の酸化チタン顔料を含む白色フィルムを適用した。⁵²

(4) TULC用ラミネートTFSプロセス

TULCの工業化に伴い、平成4(1992)年に東洋鋼板は専用のラミネートラインを設置し、平成7(1995)年にはTULCの需要に対応するため400m/分のTFSラインと直結したラミネート設備を増設した。この

製造技術は平成3年に新日本製鐵へ、平成8(1996)年に日本鋼管(現JFEスチール株式会社)へ技術供与され、東洋鋼板に2ライン、新日本製鐵に2ライン、JFEに1ラインが稼働している。⁵³

(5) TULCプロセスの特徴

- 1) 耐食性、耐錆性に優れている。
缶内面の検査によって金属露出がゼロになるよう管理されている。
- 2) フレーバー保持性に優れている。
吸着量の少ない共重合ポリエステル樹脂フィルムを採用している。
- 3) 衛生性に優れている。
有機物溶出が塗装缶より少ない。
- 4) 全製造工程はクリーンな環境の中にあり、全自動高速製缶システムで製造される(2000缶/分)。
- 5) 洗浄工程、表面処理工程が不要なため水質汚濁防止の観点から好ましい。

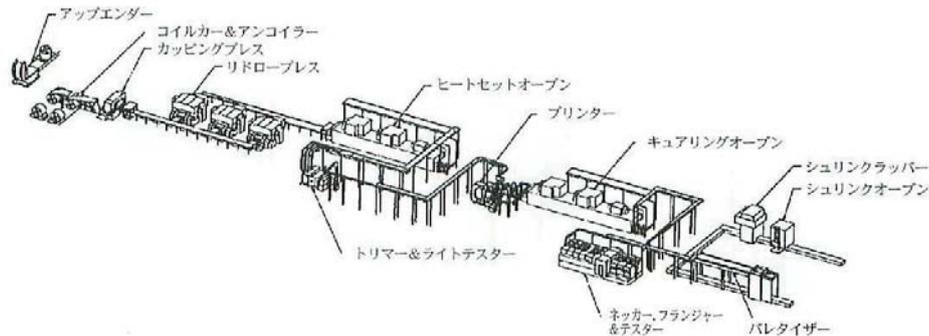


図 7.48 TULC ラインの構成図⁵³

- 6) 洗浄、塗装用オープンが不要であるので大気への排出物が少ない。
- 7) 使用エネルギーが少ない。
- 8) 製造工程で発生する廃棄物が少ない。
- 9) 大気中への炭酸ガスの排出量が少ない。
- 10) 素材である TFS は、ブリキより資源リサイクル性に優れている。

7.8.2 波及効果

平成 4 (1992) 年 6 月に開催された地球サミットで採択されたアジェンダ 21 の実現のために、世界の各分野で様々な取組みが行われている。気候変動枠組み条約 (FCCC: The United Nations Framework Convention Climate Change) の目標である「1990 年水準への回帰」の達成のための会議・COP (The

Conference of the Parties to the FCCC) が逐次開催されてきた。平成 9 (1997) 年に京都で開催された COP3 では、各国の抱える条件が異なるため大激論が交わされたが、最終的に下記目標を 2008 年から 2012 年の間に達成することが採択された。

〈1990年の CO₂発生量に対しての削減目標〉

日本：6% EU：8% 米国：7%

米国のブッシュ大統領は、経済の減速を招くとして批准拒否を表明したが、日本政府は目標達成のために産業界毎に目標値を提示して、達成のための活動を展開している。このような動向の中で、具体的な取組みを定量的に評価する共通指標として LCA (Life Cycle Assessment) の考えが世界的に普及した。TULC は缶詰容器として初めて LCA 評価を行い、容器業界に環境的視点の重要性を示した。

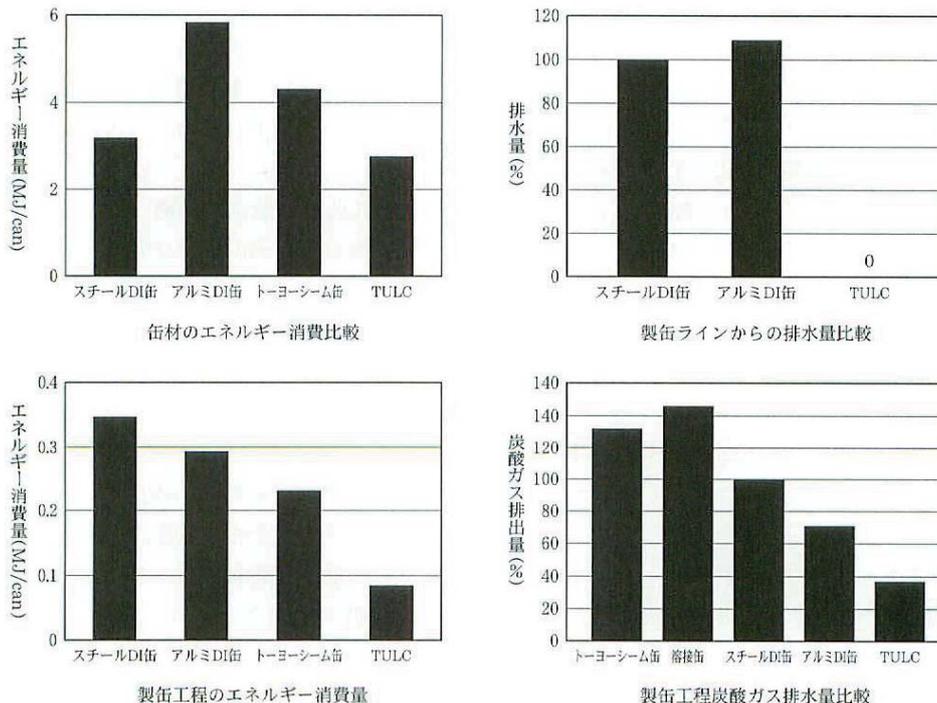


図 7.49 各種容器の環境負荷比較⁵⁴

7.9 地球環境にやさしい PET ラミネート・3ピース缶の開発

昭和 54 (1979) 年に大和製罐が、昭和 57 (1982) 年に北海製罐が本格生産を開始した溶接缶は、それまでのブリキ缶と同様、ブリキを切板にして金属面に直接、塗装と印刷を施す方法が採られていた。両社は環境負荷が少なく、省資源、省エネルギーが可能になる上に、内容物性によりポリエステル樹脂フィルムをラミネートした 3 ピース溶接缶の技術開発を推進した。北海製罐は、切板の鋼板を第一ブランクした後のスリット板にフィルムをラミネートする技術開発を行い、平成 5 年に「クリスタル缶」を商品化した。大和製罐は、新日本製鐵、東洋紡、関西ペイント、桜宮化学と共同で進め、平成 7 (1995) 年にコイルラミネートラインを本格稼動し「ラミネート缶」を生産開始した。以下に夫々の技術について概観する。

7.9.1 北海製罐の切板式フィルムラミネート技術の開発

外面用フィルムは、幅 1000mm 程度のポリエチレンテレフタレートフィルムにオーバーコートした後、グラビア印刷機により高速・高精度の多条の多色印刷を施し、その上に接着剤を塗布する。次工程でこの広幅フィルムコイルを 1 条分毎にスリットして狭幅フィルムコイルを製造する。内面用フィルムは、接着剤を塗装した後に 1 条分のサイズにスリットする。上記 2 種類の外面および内面用フィルムを第 1 ブランクまでスリットした溶接缶用表面処理鋼板に圧着した後に、第

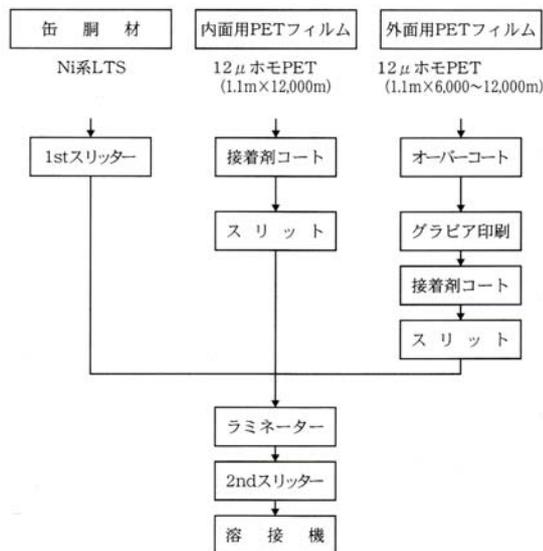


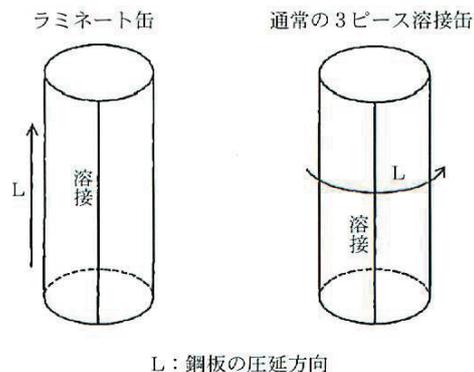
図 7.50 切板方式のラミネート溶接缶プロセス⁵⁷

2 ブランクを行い溶接工程に供給する。この方式の特徴は、1 ブランク毎にオフセットされるため、フィルムを高精度にラミネートできることである。

7.9.2 大和製罐の連続式ラミネート技術の開発

(1) ラミネート技術の開発

平成 4 (1992) 年に新日本製鐵八幡製鐵所構内に新設した大和製罐・新戸畑工場では、表面処理鋼板を従来の切板ではなくコイル購入に切替えて、コイルのまま塗装・印刷をすることを目指した。まず、缶蓋用のコイルコートラインを設置した。当初、3 ピース溶接缶胴は切板の状態では内面塗装と外面印刷を行っていたが、鋼板コイルへの直接塗装・印刷の開発に着手した。しかし、需要家からの品質要求は、ますます厳しくなっており、数千メートルにおよぶコイルの印刷ズレを 2mm 以下に収める連続印刷技術は困難であった。そこで事前に印刷したフィルムであれば、ラミネート時のフィルム張力調整で精密な位置あわせが可能であるとのアイデアが新日本製鐵より提案され、パイロットラインでの実験が繰返された。2 ピース缶の打抜き成形と異なり、3 ピース溶接缶の場合は、溶接部分のフィルムは溶接不良の原因となるため、フィルムが鋼板に圧着される直前にスリットして除去する技術と、表裏のフィルム位置のズレをミニマムにする制御技術が開発された。鋼板の走行方向に平行して溶接部となるフィルムのない部分を確保することは、缶胴成形時に、鋼板の幅方向に円筒にすることを意味する。これは、従来の 3 ピース缶の成形とは逆となる、いわゆるリバースグレインとなる。鋼板中の非金属介在物は、鋼板の L 方向に長く伸びる性質があるため、リバースグレインではフランジ部に非金属介在物が存在する確率が高くなり、フランジ割れの頻度が増加する。この問題を解決するには、非金属介在物を極限まで減少させること以外に策がなく、介在物のないクリーンスチー



L: 鋼板の圧延方向

図 7.51 鋼板の圧延方向と缶胴の加工方向の関係製缶方向⁵⁵

ル技術が必要になった。これまで開発してきたアルミキルド鋼による連続製造技術がベースとなって対策が練られ、この問題は回避された。フィルムラミネート方式の可能性が見えてくると、フィルム印刷のグラビア印刷機を導入し、外面用印刷済みフィルムと内面用接着剤コート済みクリアーフィルムを200 m/分で同時ラミネートする製造技術を開発した。既存の切板の場合は、塗装ラインを1~2回通板し、その後に印刷ラインを3~4回通板するため、合計5回前後の通板作業が約100 m/分で行われる。フィルムラミネートプロセスの場合は、約2倍の速度による1回通板で総てが完了する技術であるため、生産性が10倍以上高まった。さらに外観上も飛躍的な品質向上が図られ、歩留的にも有利な世界初の3ピース缶用連続ラミネートプロセスが誕生した。

れた二軸延伸ポリエステル樹脂フィルムが採用された。2ピース缶用のポリエステル樹脂フィルムとは異なり、3ピース溶接缶の場合は、溶接近傍の高温耐熱性と耐レトルト性などの技術開発が必要であった。東洋紡は、ホモのポリエステル樹脂では大和製罐の要求する性能を満たせないため、適正な共重合ポリエステル樹脂を開発してレトルト用飲料缶詰に耐えるフィルムを造り上げた。溶接部補修時の乾燥温度400℃以上の熱影響に耐えるためには、樹脂に加えて桜宮化学のオーバーコートと接着剤が大きな役割を果たした。桜宮化学は、エポキシ樹脂をベースとして高速塗装、低温乾燥に適した熱硬化型接着剤を開発した。又、外面フィルムには、印刷仕上がりをよくするためのホワイトコートが施されるが、200 m/分という高速ラミネート下で、鋼板との密着力確保が懸念されたが、関西ペイントの技術力で克服された。

(2) ラミネートフィルムの開発

3ピース溶接缶用のラミネートには、耐食性に優

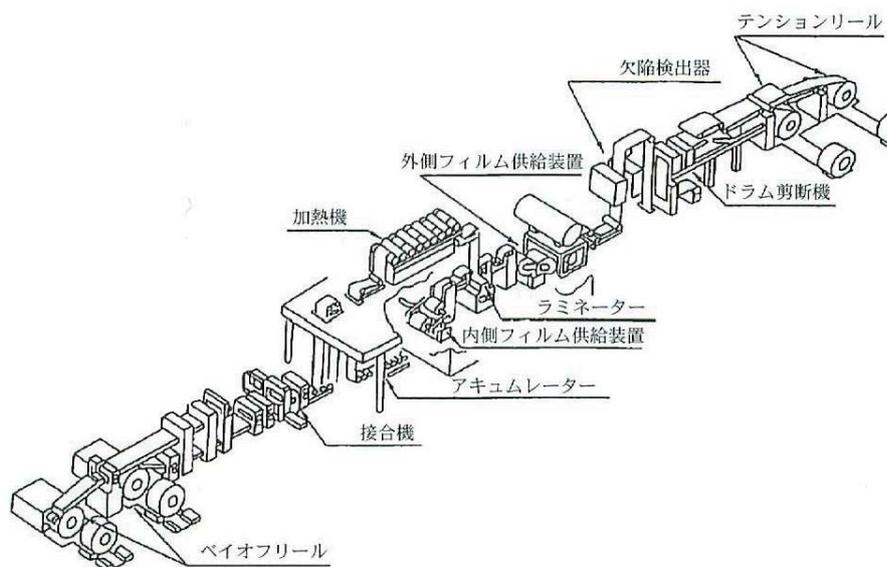


図 7.52 3ピースラミネート缶用フィルムラミネートラインの構成図⁵⁶

表 7.10 2軸延伸フィルムラミネート溶接缶の特性⁵⁶

特 性	BO-PETフィルムラミネート缶	塗 装 缶		備 考	
		シングルコート	ダブルコート		
缶内面	硫酸銅試験	優	良	優	
	内 面	優	良		
	溶 接 部	優	良	優	
	陽極溶解電流 (mA)	0~0.2	1.0~3.0	0~0.2	
レトルト処理後の密着性	優	良	優	125℃×30分	
缶外面	滑り性 (動摩擦係数)	優	優		
	疵 付 き 性	輸送試験	優	優	距離1,000 km
		振動試験	優	優	1G×30分
	耐候制 (Weather Meter)	優	優	優	500時間
	レトルト処理後の密着性	優	優	優	125℃×30分

7.9.3 ラミネート溶接缶の特徴

ラミネート溶接缶の特徴を以下に記す。

- 1) フィルムの多層化・高機能化が容易
高加工を受けない3ピース缶用フィルムであるため、事前にフィルム、クリアーコート、インキ、接着剤により多機能な設計が容易にできる。
- 2) 優れた耐食性
機械的・熱的・化学的性質が優れた二軸延伸ポリエステル樹脂フィルムは、内容物保護に優れた効果を発揮する。
- 3) 高級感のある商品イメージ
グラビア印刷により8色までの多色印刷、または写真印刷した二軸延伸ポリエステル樹脂フィルムが缶外面となる面にラミネートされているので、従来のオフセット印刷では表現できなかった鮮明で、深みのある美しい印刷を施すことができる。
- 4) 全ての3ピース缶へ適用が可能
既存の製缶設備と充填設備を用いることができる。
- 5) 生産効率が低い
連続式ラミネートの場合は既存プロセスの約10倍の生産性となる。
- 6) 極薄材の採用が可能
切板の金属塗装、印刷ラインでは乾燥炉内のバタツキや板の曲がりなどにより通板が困難であったが、ラミネート缶の場合は事前にフィルムに印刷、塗布が施されているため、極薄材を採用することが容易になる。

7.10 溶解した樹脂を直接金属に被覆するダイレクタラミネート技術の開発

平成8（1996）年4月より飲料業界は、散乱ゴミの増大を防止するためにこれまで自主規制してきた1リットル未満の小型PETボトルの採用を解除した。ミネラルウォーターを中心として小型PETボトル入り飲料は、欧米より輸入されすでに市販されており、若者達に浸透し始めていた。日本コカ・コーラ社は、国内の供給体制が未整備であることを理由に、オーストラリアからPETボトル入りコカ・コーラを輸入するなど、ミネラルウォーターを含む飲料のPETボトル化は堰を切ったように拡大した。この影響を強く受けて、昭和46（1971）年以来継続してきた飲料缶の上昇傾向は、平成8（1996）年をピークとして下降線を辿り始めた。しかし、このように金属缶が減少する中でも、図7.53に示されるように樹脂フィルムラミネート缶は増加し続け、金属缶需要の急落をくい止める役割を果たしていた。平成4（1992）年にバブル経済がはじけデフレ経済に突入すると、消費者物価は年々下がり始め、飲料業界からの値下げ要求が厳しくなったため、製缶コストの50%以上を占める材料関係のコスト低減を目指して鉄鋼メーカーと容器メーカーが共同で取り組んだ。樹脂フィルムラミネート缶においては、フィルムの薄手化などによりコストを下げるだけでなく、溶解した樹脂を直接金属表面に被覆する熔融樹脂押し出しラミネート法、いわゆるダイレクタラミネート法の技術開発が進められた。

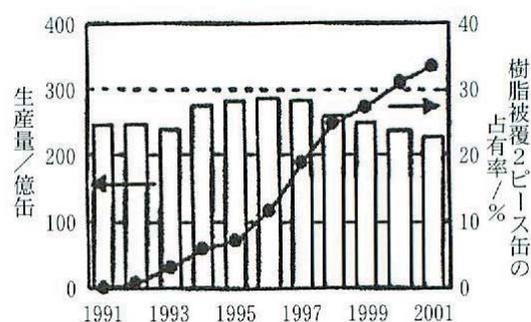
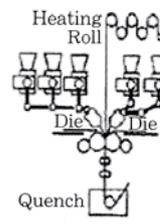
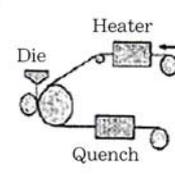
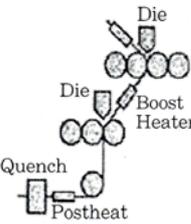


図7.53 国内飲料用金属容器市場動向⁵⁸

新日本製鐵では平成2（1990）年よりダイレクタラミネートTFS製造技術を確立し、アトロン缶の代替としてPP樹脂により18リットル缶用素材の開発を行い、東洋鋼鋳では平成13（2001）年にアルミTULC缶（aTULCと呼ばれる）に適用され、缶ビールが発売された。海外ではコーラス社が「プロタクト（Protact）」とい

表 7.11 世界各社のダイレクトラミネートシステムの比較⁵⁸

社名	東洋製罐	新日鐵広畑	Corus	Alcoa	Valspar	
システム名称	DEC		Protact	Flex-Coat	Dextec	
概観図						
位置付け	生産ライン	生産ライン	生産ライン	パイロットライン	パイロットライン	
特徴	コート面	両面同時	片面毎	片面毎	片面	
	後加熱工程	不要	無	有	有	
適用材料	基材	スチール、アルミ	スチール	アルミ	スチール、アルミ	
	樹脂	PET	PP、PET	PET、PP	特殊 PET	PET
公称能力	基材幅/mm	1240	1250	950	267	254
	速度/m/min	200	50	80	200	50
層構成	内面2層/外面3層	単層または2層	内面3層/外面3層	単層	単層	

う商品名でダイレクトラミネート鋼板の用途開発を進めているが、平成 17（2005）年に大和製罐が米国で設立した DSC 社のエアゾール缶製造の材料として採用された。以下に、わが国のダイレクトラミネート技術の開発について記す。

7.10.1 新日本製鐵におけるダイレクトラミネート技術の開発⁵⁹

広畑製鐵所では図 7.54 に示すように溶融した熱可塑性樹脂を T ダイから押し出し、鋼板上に直接 PP 樹脂フィルムを被覆させる方法を開発した。この方法は、T ダイより共押し出された PP 樹脂と変性 PP 樹脂からなる 2 層溶融樹脂フィルムを 130℃ 以上に加熱された TFS などの缶用表面処理鋼板の缶内面となる面にラミネートし、次いで急冷することを特徴としている。鋼板上に押し出された直後の PP 樹脂は溶融状態であり、冷却後に凝固して初めて安定した樹脂層が形成される。この冷却条件の差異によりラミネートされた PP 樹脂層の結晶化度に差が生じ、得られた PP 樹脂ラミネート鋼板の品質特性に影響するので、冷却条件の最適化が必要であった。徐冷材は厳しい加工により微細なクラックが入るため急冷条件が選択された。さらに溶融押しラミネート法でラミネートされた PP 樹脂層の伸び率と結晶化度との関係を調査すると、結晶化度 50% 以上で急激に伸び率が低下することがわかった。したがって、加工性、耐食性などの特性に優れた PP 樹脂ラミネート鋼板を溶融押しラミネート法

で製造するには、溶融 PP 樹脂をラミネート後急冷し、PP 樹脂の結晶化を抑制して樹脂層の結晶化度を 50% 以下にすることが望ましい。PP 樹脂ラミネート後の冷却条件を含め製造条件の管理が重要である。

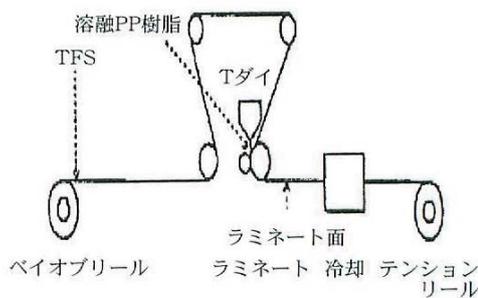


図 7.54 PP 樹脂ラミネート鋼板の製造工程概略図⁵⁹

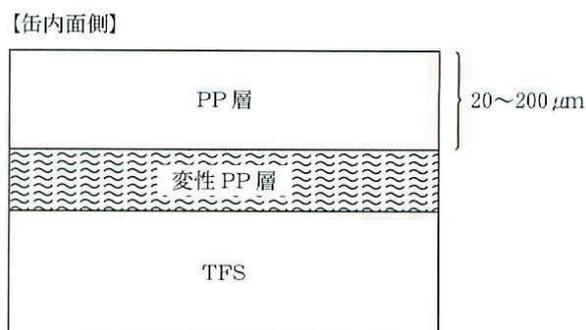


図 7.55 PP 樹脂ラミネート鋼板の皮膜構成模式図⁵⁹

7.10.2 東洋鋼板におけるダイレクトラミネート技術の開発

東洋鋼板は金属の両面に同時に樹脂の薄膜をコートするシステム (DEC System: Dual Co-Extrusion Coating System) を開発し、世界に先駆けて実用化した。この技術をもとに平成 13(2001)年に、東洋製罐は、アルミラミネート DI 缶 (東洋製罐は a TULC と命名) の供給を開始し、キリンビールの缶ビール「極生」が上市された。この a TULC はストレッチドロー成形法ではなく、DI 成形法により製缶されたことが画期的なことであった。図 7.56 に示された DEC プロセスの中で特に重要な技術を記す。⁵⁸

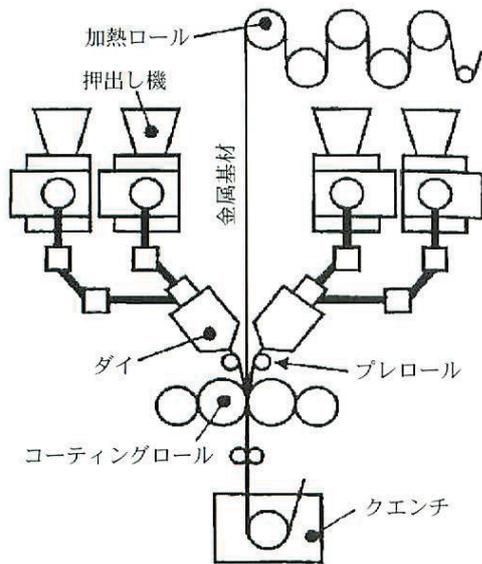


図 7.56 DEC システムの概略図⁵⁸

(1) 基材の直接パス

鋼板、アルミ板などの基材が最後の加熱ロールを経由して垂直に下り、コーティングロール部を貫いてクエンチ部までを一直線に通過するパスラインを構成している。このパスラインにより、基材は樹脂膜の貼り合わせの瞬間までなにものにも接触しないため、加熱工程で基材に与えた熱量を樹脂膜との熱接着に最大限利用することができる。また、垂直パスにしたことで押出し機と T ダイなどを左右対称の形に配置することが可能となった。

(2) プレロール技術

PET 樹脂は、溶融時の張力が低いため、膜がダイを出てからコーティングロールで拘束されるまでの空間で、膜幅が極端に狭くなり、両端部が厚くなって均一

な膜厚分布が得られない (ネックイン現象)。この問題を解決するため、T ダイとコーティングロールとの間に、プレロールとよぶ小径ロールを配置した。T ダイから押出された溶融樹脂膜は、近接しているプレロールに接触することにより冷却し、拘束させてからコーティングロールへ供給する技術を開発した。

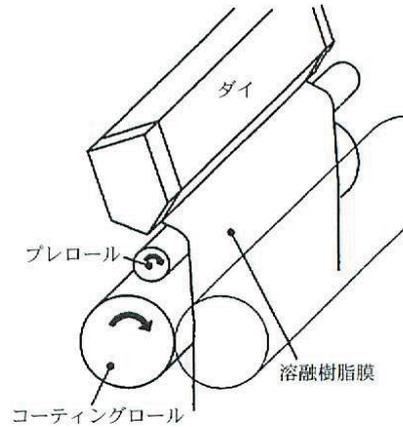


図 7.57 プレロール技術⁵⁸

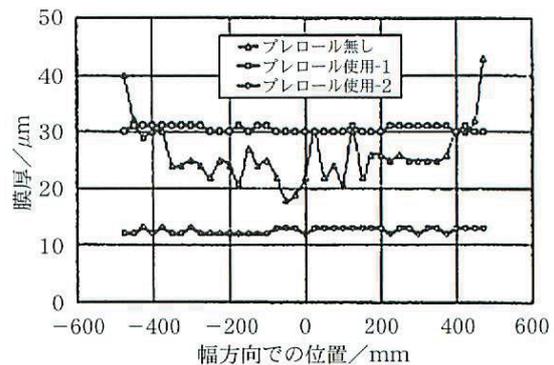


図 7.58 プレロールによる膜厚の均一化⁵⁸

(3) フィルムエッジトリミング技術

製膜後のフィルム両端は、中央部と比べて膜厚が大きくなり、この部分をトリミングする必要がある。オフラインでトリミングすると工程が増え、コスト増につながるため、ダイレクトラミネートプロセス内でトリミングする技術を検討し下記の 2 通りの技術が開発された。

・ニップトリミング法

コーティングロールのゴム巻幅を適切に設定し、適切なゴム硬度と基材エッジ部を利用して樹脂両端部を押し切りする技術。

・レーザトリミング法

レーザ光によってプレロール通過直後に膜幅を切り揃える技術。レーザ光は僅かなエネルギーでトリミングの起点を作る役割だけ果たせばよく、樹脂膜自体のわずかに残った収縮力で自発的なトリミングがなされる。

7.10.3 波及効果

ダイレクトラミネート技術は、フィルムがアモルファス状態にあるため加工性に富み、高度な加工に適している。また、二軸延伸製膜プロセスと比較してコンパクトであり、設備投資の総額が低くなるため、海外においても採用の可能性が高まる。日本の製缶会社の海外進出が今後増加すると予測されているが、これまで国内市場に限られてきたラミネート2ピース缶やラミネート3ピース缶を海外生産する時に、特にDEC技術は有力なプロセスになると思われる。

引用文献

- 1 日本缶詰協会「目で見る日本缶詰史」p179 日本缶詰協会（昭和62年）
- 2 吉崎鴻造「新編ブリキ」p37 鉄鋼と金属社（昭和39）
- 3 「東洋製罐八十年の歩み（年表）」p106, 120, 東洋製罐株式会社（1977）
- 4 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p37 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 5 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p11 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 6 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p12 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 7 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p39 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 8 鶴丸迪子 防食技術 29（1980）
- 9 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p29 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 10 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p33 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 11 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」P47 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 12 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p20 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 13 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」p330 東洋鋼板株式会社 アグネ（1974）
- 14 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」p331 東洋鋼板株式会社 アグネ（1974）
- 15 G. G. Kamm, A. R. Willy, N. J. Linde “Surface and Corrosion Characteristics of Tin-Free Steel Type for Beverage Containers” J. Electrochemical Technology (1969) 1299
- 16 鶴丸迪子“腐蝕から見たトーヨーシーム缶”「トーヨーシーム缶」p109 東洋製罐株式会社（2003）
- 17 O. Maercks & H. K. Ziegler Neue Verpackung, No. 7 (1974) 109
- 18 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p16 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 19 “トーヨーシーム缶の歴史”「トーヨーシーム缶」東洋製罐株式会社（2003）
- 20 “トーヨーシーム缶の歴史”「トーヨーシーム缶」東洋製罐株式会社（2003）
- 21 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p212 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 22 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」p333 東洋鋼板株式会社 アグネ（1974）
- 23 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」p332 東洋鋼板株式会社 アグネ（1974）
- 24 缶用鋼板技術史WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p18 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 25 柳島章也、下山雄二、鈴木宗利、角南秀夫、芳賀雄彦、井田幸夫、入江敏夫「多目的連続焼鈍炉の建設と操業」川崎製鉄技報 Vol. 13 No. 2（1981）
- 26 九々凌英雄、泉山禎男、角南秀夫、柳島章也、中里嘉夫、小原隆史「連続焼鈍法による軟質ぶりき原板製造技術の開発」川崎製鉄技報 Vol. 14 No. 4（1982）
- 27 浅村 峻、高橋延幸、植松伸夫、塩田光重「新日本製鐵株式会社八幡製鐵所 No. 2 C. A. P. L. の建設と操業」製鉄研究第319号 p52 新日本製鐵株式会社（1985）
- 28 九々凌英雄、加藤寿勝、西川廣、白石昌司、下山雄二、藤長千香子「連続焼鈍法による全調質度ぶりき原板の製造技術の開発」川崎製鉄技報 23 4, 308-314（1991）
- 29 大野浩伸、八角忠明、下山雄二、大西建男、中村武尚、千野俊彦「ぶりき原板用高速連続焼鈍設備と操業」川崎製鉄技報 23 4, 300-307（1991）
- 30 齊藤隆穂「電気メッキライン全不溶性陽極化技術の開発と工業化」表面技術 Vol. 41, 1,（1990）
- 31 東洋鋼板株式会社「ぶりきとティンフリー・スチール」p87（1974）
- 32 Wean Eng. Co. “Electrolytic Tin Plate”
- 33 広畑製鐵所「広畑製鐵所50年史 部門史」p241-242 新日本製鐵株式会社（平成2年）

- 34 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p6 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 35 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p67 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 36 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p68 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 37 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p82 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 38 松林宏“TFSの二次密着性、耐ハイドロショック性能の改善”「トーヨーシーム缶」p14 東洋製罐株式会社（2003）
- 39 堀口誠、松林宏「トーヨーシーム・レトルト缶、ホットパック缶用 TFS 第二報 クロム水和酸化物の組成と構造」東洋製罐株式会社 総合研究所報告書 79-2E-2（1979）
- 40 堀口誠、松林宏「トーヨーシーム・レトルト缶、ホットパック缶用 TFS 第一報 皮膜欠陥による金属露出」東洋製罐株式会社 総合研究所報告書 79-2E-1（1979）
- 41 松林宏、堀口誠「トーヨーシーム・レトルト缶、ホットパック缶用 TFS 第三報 クロム水和酸化物の量および均一性」東洋製罐株式会社 総合研究所報告書 79-2E-4（1979）
- 42 山本正弘、浅井恒敏、前田重義「顕微エリブソメトリーによる TFS 水和酸化クロム皮膜の解析」金属表面技術 Vol. 39, No. 8（1988）
- 43 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p69 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 44 “トーヨーシーム缶の歴史”「トーヨーシーム缶」p153 東洋製罐株式会社（2003）
- 45 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p101 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 46 山崎方宏「溶接缶とその技術」p517 食品と容器缶詰技術研究会（1984）
- 47 「大和製罐六十年史」p156 大和製罐株式会社（平成13）
- 48 「70年のあゆみ」p168 北海製罐株式会社（平成3）
- 49 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p133 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 50 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p151 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 51 今津勝宏 学位論文「板材のストレッチドロ一成形法の開発と薄肉缶の成形に関する研究」京都工芸繊維大学（平成10）
- 52 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p149 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 53 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p134 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 54 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p152 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 55 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p144 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 56 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p143 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 57 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p142 日本鉄鋼協会（平成10年）
- 58 小林亮、山田幸司・今津勝宏「DEC 技術とその容器」Journal of the JSTP vol. 44 No. 509(2003)
- 59 缶用鋼板技術史 WG「わが国における缶用表面処理鋼板の技術史」p147 日本鉄鋼協会（平成10年）

8 | まとめ

これまでに述べてきた第2章から第7章までのまとめを以下で行う。

前半はブリキの系統化、後半はTFS誕生以降の世界をリードした日本独自技術の創出について、夫々のニーズを明確にしながらか要約を行う。

また、本稿の全体を総括的に現した系統図と、登場した各種表面処理鋼板の断面図を最後に添付する。

8.1 ブリキの系統化について

(1) 缶詰誕生以前のブリキについて

ボヘミア、ドイツ、英国へとブリキの製造技術が移転した背景には、ブリキ輸出による富の獲得と移動があり、その富というニーズをめぐる覇権争いと見ることが出来る。英国のブリキが先輩格にあたるドイツを凌駕したのは、高額な関税の寄与も大きかったが、英国におけるコークス鉄の製造技術、圧延技術などの発明があった。18世紀後半には英国が最大のブリキ生産国となり、約1世紀半の間、世界のブリキ市場を支配し、莫大な国益をもたらした。

(2) ナポレオンと食糧長期保存法の発明について

海外遠征で指揮を取っていた26歳のナポレオンが政府に要求した良質な兵食確保は、フランス軍を戦勝に導くために不可欠な極めて強いニーズであったに違いない。ところが、ナポレオンが政府に要請したという証拠を筆者は明らかに出来なかった。ナポレオンの遠征以前にニコラ・アペールがすでに長期保存のできるビン詰を製造していたという説もある。アペール自らの発想で開発を進めたとしても、当時の食糧保存法を改善しなければならない社会的ニーズがあったはずである。フランス政府が委員会を設置し、ニコラ・アペールの業績を高く評価し、1810年に12,000フランの懸賞金を授与した時に、その成果を取りまとめて著書200部の作成を命じたことは史実である。その著書は1810年6月に初版が発行され、当時、フランス最大の敵国である英国において直ちに翻訳され、同年10月には英国のピーター・デュランが缶詰としての特許を取得している。このような短期間に多くの歴史的な展開がなされた。安藤卓雄の「ぶりきの歴史」によると、アペールは英国の特許を取得するために、デュランを利用したという説を残している。また、鶴丸道

子によるとデュランより約6ヶ月早くA・ヘインが容器詰包装の特許を得ていると述べられている。

(3) アメリカにおける缶詰産業の発達とブリキ生産について

1818年にニューヨークでカキの缶詰が製造され、1825年にトーマス・ケントが米国における缶詰の特許を取得している。その後、東海岸を中心に缶詰産業が興隆し、一大産業に発展した。この発展の背景には、自然豊かなアメリカの春から秋にかけて、大量に収穫される農水産物を保存し、厳しい冬季に備える生存のためのニーズがあった。また、1861年に勃発する南北戦争では、リンカーン大統領がいち早く兵食として缶詰を活用したため、缶詰産業は大発展した。製缶技術が自動化、高速化し、缶詰作業をはるかに越える缶の量産化が可能になると、製缶専業会社生まれ、1901年にACC (American Can Company) が誕生する。ACCは新しいタイプの半田缶であるサニタリー缶を世界に供給した。1911年に高崎達之助がアメリカ大陸への航海中、燃料補給のため寄港したハワイでACCの工場を見学している。一方、英国は植民地である米国の鉄鋼生産を禁止する立法を行い、米国では1890年のマッキンリー関税法の制定までブリキ産業は育たなかった。同年に行われた下院議員選挙においてマッキンリーは落選すると、オハイオ州知事に立候補し、当選する。その時の選挙の争点の一つが国内のブリキ産業育成であり、選挙運動中のシンボルがブリキとターン(鉛・錫合金メッキ)のバッチであった。製造を阻止しようと目論んでいる英国に抵抗しながらブリキ産業振興を推し進めるのは、米国の将来にわたる国益に適うニーズがあった。

(4) 明治時代における缶詰産業の揺籃

明治政府が列強からの独立を確保するために、富国強兵策として国防、産業の基礎物資である鉄鋼と近代国家に必要な外貨を獲得する缶詰業の振興に政府が力を注ぐことは、まさに国益というニーズにかなうものであった。明治4(1871)年に長崎の松田雅典は、わが国初の缶詰試作を行ったため、日本の「缶詰の始祖」といわれている。松田は缶詰の基本技術を政府機関である新宿試験場より多くを学んでおり、日本の缶詰産業は北海道開拓使と新宿試験場がリードする官主導で

進められた。その後、勃発した日清・日露戦争と北洋漁業の開拓によって、缶詰業が民間企業として芽生えて行った。松田雅典が外国語学校「広運館」に勤務していた時にイワシ缶詰の製造法を伝授したのは、フランス人教師のレオン・デュリーであったが、語学教師である彼が何故、缶詰製造技術に詳しくあったかは今明らかにできなかった。米国の缶詰産業は上述したように発展したが、フランスにおける缶詰産業についての調査は未着手である。1851年に英国で初めて開催された万国博覧会は、その後世界各国の参加により先端科学技術の競争の場になった。明治11(1878)年のパリ万国博覧会視察団の副総裁として渡航した松方正義は、二人の随行員にイワシ油漬缶詰の技術習得を命じている。このことから推測すると、イワシ油漬缶詰の技術はフランスで進んでいたものと思われる。明治15(1892)年に長崎県の缶詰試験場が閉鎖されると、松田は払下げを受けて缶詰工場を経営するが、フランス軍艦が長崎に入港するたびに、イワシ油漬缶詰を納品した。このことは、長崎近海にイワシが取れることと、フランス人がイワシ油漬缶詰を好んでいたことを示唆している。明治における缶詰製造のニーズは、戦時の兵食確保と近代国家建設に必要な外貨獲得ということができる。

(5) 大正時代におけるブリキの国産化

鉄鋼業は明治34(1901)年に官営八幡製鐵が操業を開始し、日本における一貫製鉄所の幕が開かれた。当初の製品はレールや形鋼などの社会インフラに必要な鋼材を生産しており、ブリキを含めた鋼板は後回しとなった。しかし、日清、日露戦争を経験した政府からのニーズもあり、官営八幡製鐵所は大正期に入るとブリキの国産化に挑戦する。しかし、ブリキの原板となる鋼板の製造技術と錫を均一にメッキする技術の修得が難しく失敗を重ねていた。日東製鋼株式会社の社長大塚栄吉は、独自にブリキ製造技術を蓄積してきたが、経営が難しくなったため、官営八幡製鐵所への技術と技術者の譲渡を決意する。八幡製鐵所は、大塚がドイツから招聘していたルオスキー博士を受け継ぎ、技術指導を受けることになる。第一次世界大戦を契機として、米国の経済力は英国を追いぬき、ブリキ生産と消費においても世界一になって行った。この時期にドイツの技術者を招聘した経緯は、松尾宗次の「鉄の歴史」によると、大塚の依頼を受けた機械輸入商・高田商會が、ドイツ政府やクルップの社長に人選を要請したことが切っ掛けとなった。明治、大正期におけるブリキ輸入は英国と米国で占められドイツからは殆ど

なく、ドイツのブリキ生産高も10万トン以下と英・米国の1/10程度であった。ルオスキー博士は高い学識と豊富な工場運営経験を併せ持ち、日本人の特質を理解しながら指導に当たったため、所員からの人望を集め、ブリキ製造技術は急速に向上した。一人の優れたドイツ人技師との出会いが、ブリキの国産化に果たした役割は計り知れないものがあった。

(6) 昭和戦時体制下における米国技術の導入

昭和9(1934)年に官営八幡製鐵所と民間鉄鋼5社が大合同して誕生した日本製鐵は、昭和11(1936)年に米国で威力を発揮していたストリップ圧延機の導入を決めた。しかし、風雲急を告げる中、工事の労働力不足や機械積載船の沈没などで工期が長引き、連続式冷間ストリップ圧延機が試運転に入ったのは、昭和15(1940)年5月であった。続いて連続式熱間ストリップ圧延機が、昭和16(1941)年4月に試圧延を始めた。

東洋鋼板では昭和12(1937)年にリバー式冷間ストリップ圧延機の導入を決定、昭和13(1938)年11月に試運転に入り、わが国最初のストリップ圧延を開始した。昭和16年12月の太平洋戦争開戦直前に、米国から購入した最新鋭圧延機の導入は、「広義国防」という国家的なニーズの中で行われた。しかし、この最新鋭設備は、太平洋戦争に突入し戦局が進むと、労働力不足、原材料不足等で十分な操業ができず、威力を発揮するには至らなかった。

(7) 戦後復興と鉄鋼業界の合理化計画

終戦直後の米国の占領政策は制裁的なものであり、財閥解体、公職追放、賠償問題など、産業の前途は極めて厳しい状況にあった。しかし、米ソの対立が烈しくなり、世界が2極化されると米国の方針が大転換された。日本の経済力を弱体化するよりも自立できるよう早期に復興させ、共産主義革命の防波堤にするという政策に切り替えられた。昭和23(1948)年より米国が積極的に技術援助に力を入れ人的交流も忙しくなった。また、昭和25(1950)年に勃発した朝鮮動乱は、鉄鋼価格を急騰させ、企業には資金が蓄積された。昭和26(1951)年から、鉄鋼業界の老朽設備の近代化と鉄鋼一貫製鐵所を建設する政府主導の合理化計画がスタートした。この政策の中では、欧米に大きく水を開けられていたブリキを含む薄板設備の増強が優先された。昭和27(1952)年に開かれた参議院運輸委員会で、国産自動車生産を巡る激しい論戦が繰りひろげられ、参考人の下記発言が当時の状況を物語っており、

潜在的なニーズを示しているといえる。

「現にアメリカの鉄鋼業と比べますと、普通の鋼材が先ず一倍半、それから薄板に至っては二倍二分という高値になっておるのであります。而も私も皆さんに訴えたいことは、一番私どもが終戦直後におきまして僅かに 35%の歩留しかなかったのであり…この 30, 35%の歩留しで皆さんに安い車を提供することはなかなか困難性があつたわけであります」

「向こうではプレスによってボディを作っている際に、こちらではハンマーでひっぱたいてでこぼこのボディを作って、横から見ると情けないような始末であります。…アメリカのような乗用車を作ることはプレス技術もいのでありますけれどアメリカのミシガン湖の北側のスチールでなければ良くて値の安いスチールは得られないというような細かいところまでいっております。乗用車に手を染めにならんほうが経済上却ってよくもあり、国家全体としても又徳用である」

昭和 26 (1951) 年に八幡製鐵鋼材部の藤木俊三は、論文「アメリカに於ける最近のストリップミルに就いて」の中で、「戦前と比べて熱間圧延機より冷間圧延機の進歩が著しく、圧延速度は 2～3 倍になっている」と述べている。

ストリップ圧延法は、圧延以降の工程も連続化を可能とし、ブリキも電気メッキ法による連続プロセスが米国で開発された。昭和 26 (1951) 年の米国ブリキ総生産量の約 74%は連続式電気メッキ法によってつくられていた。昭和 27 (1952) 年に米国出張していた八幡製鐵の湯川正夫常務は、このような趨勢を現地で察知して熱漬ブリキの増設計画を縮小し、電気メッキブリキラインの新設の決断を行った。また、この計画を東洋鋼板に伝え、昭和 30 (1955) 年に両社で電気メッキ法を稼働させたことは特記に値する。当時、高収益性を誇っていたブリキ製品の市場に、富士製鐵が昭和 34 (1959) 年、日本鋼管が昭和 37 (1962) 年、川崎製鐵が昭和 42 (1967) 年に参入し、5 社体制となった。

8.2 TFS 開発以降の世界をリードした日本独自技術の創出

(1) TFS の開発

昭和 30 (1955) 年に、電気メッキブリキラインが日本で初めて稼働すると、熱漬メッキ法に比べて理論的な研究開発が進めやすい電気メッキ法によって、新し

い表面処理鋼板の研究と開発が加速した。錫資源の枯渇と、錫産出国の政情不安を背景として国連でも議論され、米国では錫を使用しない缶用材料の開発が先行していた。このような世界的なニーズの中、日本の優秀な研究者と技術者は開発競争に参画した。昭和 36 (1961) 年、缶用表面処理鋼板の先頭を走ってきた欧米を追い抜き、日本鉄鋼メーカーは、TFS の開発に成功するという快挙を成し遂げた。この TFS は、ブリキのように半田付けができないため、当初は用途が限られていたが、米国の二大製缶会社である ACC と CCC が新接合法を開発することによって、米国市場で急成長していたビール、炭酸飲料缶詰への道が開かれた。米国で開発していた TFS に比べて、日本製 TFS の品質の方が優位にあることを認めた ACC と CCC は、世界のブリキ業界の頂点にあった US スチールやナショナルスチールに対して、日本と同等レベルの TFS を要求した。自社開発に見切りをつけ、ナショナルスチールは昭和 41 (1966) 年、U. S. スチール社は昭和 45 (1970) 年に、富士製鐵との技術提携に踏み切ったのである。東洋製鐵は CCC と昭和 29 (1954) 年に業務提携し、八幡製鐵は大和製鐵と九州製鐵の発展のために ACC と昭和 31 (1956) 年に技術提携しており、ACC と CCC は日本の技術力を十分に理解した上で、米国の鉄鋼会社に上記の要求を行ったと見ることができる。US スチールとナショナルスチールの両社は、TFS 技術導入契約にあたってクロスライセンス契約とし対等の立場を維持した。

(2) トーヨーシーム缶の開発

東洋製鐵による TFS 接着缶「トーヨーシーム缶」の開発は、昭和 39 (1964) 年頃より独自に進められていたが、昭和 41 (1966) 年に ACC が接着缶「ミラシーム缶」を、昭和 42 (1967) 年に CCC が溶接缶「コノウエルド缶」を発表した。昭和 45 (1970) 年の大阪万国博覧会に、朝日麦酒の缶ビールとしてトーヨーシーム缶が初登場する。東洋製鐵は、翌年の昭和 46 (1971) 年から埼玉工場を皮切りに、コカ・コーラ社の充填工場とのパイプライン方式でトーヨーシーム缶専用工場を毎年建設する。この時の東洋製鐵の大決断は、日本の製缶業界の雄としてコカ・コーラ社のニーズに応え、トーヨーシーム缶の将来を決定づけた。トーヨーシーム缶は、日本で初めて 2 回圧延材 (Double Reduce : DR) を採用して TFS の大幅なゲージダウンを進め、安価でブリキ半田缶より高品質な缶の供給を開始した。

(3) スチールDI缶の開発

大和製罐は、新しい缶製品を目指して、昭和45(1970)年に米国の大手ビールメーカーであり、アルミDI缶を他社に先駆けて自社製缶していたクアーズ社と技術導入の契約を行った。大和製罐研究所の日原久好、西山澄生らは、アルミDI缶の製造法を習得すると、世界ではまだ安定製造が出来ていなかったブリキDI缶の開発に心血を注ぎ、昭和48(1973)年に商業生産に入った。絞り加工としごき加工によって板厚を約1/3まで薄くしながら成形するDI缶は、従来の半田缶用ブリキでは全く対応できなかった。幸いに八幡製鐵では、鋼板用のスラブ連続鋳造材の実用化が始まっていたため、その連続鋳造材を武器として、DI缶用ブリキの開発を開始した。先ずビール缶でスタートし、炭酸飲料、オレンジジュースなどへ展開した。オレンジジュースの場合は、炭酸ガス入りでないため缶胴の板厚がフランジ部より厚い設計になっており、世界では例のないDI缶であった。ブリキ連続鋳造技術の開発完了後、1年足らずの時期に、DI缶用ブリキという最も難しいテーマに取り組んだことは、連続鋳造によるクリーンスチール製造技術のレベルアップにつながり、自動車、家電、建材用鋼板などを連続鋳造化することを容易にした。また、DI缶用ブリキは全長、全幅の板厚、材質の均一性が厳しく求められるため、圧延機のクラウン制御技術、連続圧延技術、連続焼鈍における軟質材製造技術などの開発を促した。

北海製罐の「70年のあゆみ」146頁には、昭和44年に東洋製罐高崎社長と北海製罐大久保専務らが米国レイノルズ・メタル社を訪問して、アルミDI缶の技術導入の交渉を行ったことが記されている。しかし、東洋製罐と北海製罐との合弁事業設立の話し合いが実らず、レイノルズ・メタル社との交渉を打ち切った。

昭和38(1963)年に、米国のレイノルズ・メタル社がアルミDI缶の生産を開始し、ビール、炭酸飲料市場に新規参入したことは、下記のような重大な意味が含まれていた。

- 1) アルミ業界が長年目指してきた缶詰市場への参入が実現し、鉄鋼メーカーのブリキ独占体制が崩れた。
- 2) ブリキ半田缶は、3ピース缶であったため、半田接合部と蓋巻締部の重なった部分からの漏洩トラブルが発生することがあったが、アルミDI缶の胴体は缶底との一体加工で成形されるため、接合部がなく、蓋との巻締が理想に遂行できるなど、缶容器としての品質が飛躍的に向上した。

3) アルミメーカーは、製缶設備、製缶技術を自ら開発し、製缶会社のみならず、ビール・飲料メーカーに設備貸与し、技術スタッフを投入するなど新しいビジネスモデルを構築した。

4) アルミ業界は、製缶工場で発生するアルミスクラップを積極的に回収し、さらに、廃缶を有価で引取るデポジット法を、米国の数州が制定する時に大きな影響を与えた。

鉄鋼メーカーと製缶メーカーに対して、さらに大きなインパクトを与えたのは、日本のアルミメーカーがDI缶技術を導入して製缶事業を展開することであり、スチール缶が独占してきた缶市場に価格競争が現出したことであろう。以上のことから、DI缶をブリキでも製造可能にすることは、鉄鋼業界にとって極めて大きなニーズであった。また、昭和44(1969)年に、昭和アルミが米国カイザーの技術を導入して、日本初のアルミDI缶の製造を開始するが、東洋製罐・トーヨーシーム缶と大和製罐・ブリキDI缶の登場によって、鉄鋼メーカーは毎年10%以上の受注拡大と設備増強に忙しく、アルミDI缶からのインパクトはまだ大きなものでなかった。

(4) 軟質材の連続焼鈍化・工程省略化技術の開発

薄板の焼鈍法は箱型焼鈍から始まったが、ブリキにおいては米国で昭和15(1940)年にクラウンコーク社が連続焼鈍プロセスを開発し、日本には昭和34年に初めて導入された。連続焼鈍プロセスは、生産性を飛躍的に向上させる反面、軟質ブリキが製造できず、T-4クラス以上の製造に限られていた。米国における戦後のビール、炭酸飲料缶詰の市場拡大は、内圧缶であったため、硬質材の方が板厚減少にも貢献し、連続焼鈍法は急速に普及した。一方、日本ではアルミ缶対抗のため、箱型焼鈍による軟質ブリキを用いたDI缶の商業生産に取組み成功すると、材質が均質になる、軟質材の連続焼鈍化が望まれた。すでに新日本製鐵と日本鋼管は、自動車用鋼板において焼鈍直後に過時効処理を行う連続焼鈍技術を開発し、生産を開始していたため、ブリキへの展開が検討された。日本のブリキメーカーでは、飲料缶以外に18リットル缶、王冠などの軟質材の生産比率が高いこともあり、約1週間の工期を要する箱型焼鈍を5分前後に短縮する工期短縮メリットは大きかった。川崎製鉄は、昭和55(1980)年にT-3、T-2.5、T-2クラスまでの連続焼鈍化に成功し、多目的連続焼鈍ラインを設置した。新日本製鐵は、昭和57年に製鋼工程からの一貫品質設計とHRT圧延

法を開発して、全ての材質を連続焼鈍プロセスで製造することを可能にし、かつ、電気清浄工程、焼鈍工程、調質圧延工程、コイル準備工程を一つの工程に集約することに成功した。川崎製鉄は、平成2（1990）年に、通常は自動車鋼板などの超深絞り用鋼板に適用される脱ガスプロセスを有効利用して、純鉄である極低炭素鋼にニオブを添加した鋼種を開発し、全ての材質の連続焼鈍化と工程集約に成功した。このように、欧米から導入した製鋼、圧延、焼鈍工程は日本のオリジナル技術によって一新された。両社が開発した連続焼鈍技術は、海外の鉄鋼メーカーに技術輸出された。

(5) 電気ブリキプロセスにおける全不溶性陽極技術の確立

錫資源枯渇問題と価格競争力向上に対応するため、昭和30（1955）年に米国より導入した電気ブリキプロセスは、それまでの熱漬ブリキプロセスに比べると高生産性、高品質、低コストを実現する画期的なプロセスであった。しかし、心臓部に当る錫メッキセクションは、錫イオンを供給する錫棒（アノード）の出し入れが人手に頼られ、板幅方向のメッキ量の均一性は、作業者がアノードの位置を移動させて調整していた。また、陽極側からの錫イオン供給量の方が、陰極側のストリップ鋼板に電着する錫イオンよりも多いため、メッキ作業を続けるとメッキ浴中の錫イオン濃度が上昇して行く。メッキ浴の組成を所定の範囲に戻すには、メッキ浴を希釈する必要があり、過剰分は排出された。このような問題を解決するため、1970年代に新日本製鐵広畑製鐵所では不溶性陽極の研究を開始した。錫イオンをメッキプロセスの系外で準備し、陽極には白金メッキしたチタン製不溶性陽極を固定、自動分析しながら錫イオンを補給する自動コントロールシステムを昭和53（1978）年に実機化した。この技術開発によって、錫の節減と溶液排出量は大幅に減少した。昭和55（1980）年にスードロニック社のスーパーウイマー法が発表されると、世界的に、缶詰が半田缶から溶接缶へ転換を開始した。溶接缶用表面処理鋼板によって、溶接性の安定化のためにはメッキ付着量の均一化が必須となり、全不溶性陽極電極法の優位性が更に高まった。この全不溶性陽極技術は、メッキ技術においても米国を凌駕し、溶接缶時代を先取りした技術開発であった。

(6) ホットパック、レトルト缶 TFS の開発

ビール・炭酸飲料市場でDI缶の採用が拡大すると、トーヨーシーム缶の需要が減少傾向を見せ始めた。東

洋製罐は、用途拡大のニーズが生じ、果実ジュースや急成長していたコーヒー飲料への展開を進めた。しかし、炭酸ガスが存在するビール・炭酸飲料は、低温で充填するのに対して、ジュース類は、殺菌のために85℃前後の高温で充填し、コーヒー飲料は、さらにレトルト釜の中で125℃前後で30分間程度の殺菌を行うため、トーヨーシーム缶の接着部の剥がれ問題が発生した。昭和50（1975）年より、この問題を解決するために東洋製罐と鉄鋼メーカーとの共同作業が始まった。それまでのTFSの規格は、金属クロムとクロム水和酸化物の量の範囲を規定してきたが、上記の問題発生を契機として金属クロムの形態、クロム水和酸化物内の微量成分や構造など、ミクロな品質設計が必要となった。XPS、AES、エリプソメトリーなどの表面解析技術の進歩により、クロムメッキ皮膜の中が観察できるようになり、メッキ技術の飛躍的なレベルアップに繋がった。製缶面では塗料、接着剤などの改質が進められ、樹脂に関する技術蓄積が進んだ。この問題解決によってトーヨーシーム缶は年々増産を進め、昭和62（1987）年には年産70億缶を越える生産レベルに達した。トーヨーシーム缶の伸長は、ブリキ半田缶を駆逐し、当の目的である錫の枯渇問題を回避、錫価格下落の方向に向わせた。

(7) 溶接缶用表面処理鋼板の開発

大和製罐と北海製罐は、高温充填に耐えられるTFS接着缶技術を保有していなかったため、昭和55（1980）年にスイスのスードロニック社が発表したワイヤー溶接によるスーパーウイマー法が発表されると、スードロニック溶接機の導入と飲料用溶接缶の開発を加速した。トーヨーシーム缶の品質、コストを凌駕するには高価なブリキ使用は許されず、新しい溶接缶用素材が要請された。昭和55（1980）年に、新日本製鐵八幡製鐵所が大和製罐と共同でニッケル系の溶接缶用表面処理鋼板・キャンウエルを開発し、飲料分野における溶接缶時代の先陣を切った。北海製罐は川崎製鉄が開発していた錫・ニッケル系の表面処理鋼板を評価していたが、重クロム酸処理皮膜では耐食性が不十分であることを指摘し、TFSタイプのケミカル処理に変更してリバーウエルトは完成した。リバーウエルトは、昭和59（1984）年より北海製罐への供給が始まり、続いて大和製罐においてpHの低いジュース類用に採用された。スードロニック溶接機による溶接缶は、急速にブリキ半田缶と交替しブリキ需要が減少したため、鉄鋼メーカーでは電気ブリキラインをTFSラインへの転換、または電気ブリキラインで溶接缶用

表面処理鋼板を製造できるよう改造がなされた。スードロニック溶接機は18リットル缶やエアゾール缶分野には先行して展開されていたため、飲料缶とは異なる溶接缶用表面処理鋼板が開発され実用化された。海外においては、高品質なTFSと高度な接着缶製造技術を持たないため、溶接缶化が急速に進んだ。

(8) ラミネート2ピース缶の開発

平成期に入ると地球環境に関する議論が活発になり、平成4(1992)年にブラジル・リオデジャネイロで開催された地球サミットには、182カ国の政府代表が集結した。東洋製罐は、環境に配慮した新しい缶容器の開発を進め、平成4(1992)年にPETフィルムをラミネートしたTFSによる2ピース缶・TULCを市場に登場させた。まさに地球環境問題が開発ニーズとなった。

2ピース缶の代表であったDI缶の製法では、フィルムへの成形時の負荷が大きく疵が入りやすいため、ストレッチ・ドロー法による製缶技術を開発した。水とエネルギーを多用するDIプロセスと異なる省水、省エネルギー型のドライな製缶プロセスを実現した。このTULCの登場は、鉄鋼メーカーに対してラミネートプロセスの新設を促し、東洋鋼板から技術導入を行った。TULCの特徴は、缶の設計によってビール・炭酸飲料などの陽圧缶とジュース・コーヒーなどの陰圧缶の双方を2ピース缶で対応できることである。TULC用TFSは、先に開発したレトルト用TFSが活用され、PETフィルムとの密着力を安定化した。

(9) ラミネート3ピース缶の開発

3ピース缶のラミネート化は、東洋製罐のTULCが本格生産された翌年、平成5年(1993)年に北海製罐で製造開始した。北海製罐研究所の宮崎俊三らの開発目的は、内容物のフレーバー性向上であったため、当初、外面は従来の金属印刷であり、内面のみがフィルムラミネート仕様であった。また、フィルム印刷に関しても、多条の広幅印刷ではなく1条の狭幅フィルムへ印刷された。大和製缶では平成7(1995)年より、広幅の溶接缶用表面処理鋼板コイルに連続的にラミネートする方式を開発した。従来の3ピース缶の場合は、表面処理鋼板を切板にしてから、一枚毎にロールで塗装と印刷を行い、炉内で加熱硬化させていた。仕上げるには塗装工程で1,2回、印刷工程で3,4回通板するため生産性が悪く、印刷では職人的技術が必要とした。米国から導入された低生産性の従来プロセスを嫌った大和製罐社長山口久吉の意を受けて、

野沢哲夫、柿本道之、三浦明らは缶胴のコイルコート、コイル印刷技術の開発を始めたが、所定の印刷精度が得られず、困難を極めた。新日本製鐵研究所の大八木八七、林知彦らの提案により鋼板コイルへのダイレクト印刷ではなくPETフィルムラミネート化の実験が繰返され、従来法より10倍ほどの高生産性を持つコイルラミネート技術が完成した。コーヒー飲料、果汁飲料などの陰圧缶市場で、ラミネート3ピース缶とTULC(ラミネート2ピース缶)が競うこととなった。この技術開発により、欧米から導入した缶用材料の製造技術と製缶技術は、完全に日本の技術に置き換えられたということが出来る。

(10) ダイレクトラミネート技術の開発

環境負荷の大きな従来の塗装、印刷工程がフィルムに転換されると、フィルムのコスト低減を目指して多くの努力が重ねられた。特に加工度の高い2ピース缶にとっては、無配向のアモルファスフィルムの方が加工に適しているため、溶融した樹脂を直接に鋼板にコーティングする、いわゆるダイレクトラミネート法の開発が進められた。飲料缶用として、東洋鋼板と東洋製罐が共同でDEC技術を完成させ、平成13(2001)年に缶ビールでアルミDI缶に適用された。このダイレクトラミネート技術は、従来のフィルム製造プロセスと比較してコンパクトで設備投資が節約できるため、海外における缶容器のラミネート化が促進される可能性を含んでいる。

8.3 ブリキから始まる缶用表面処理鋼板の系統化(総括)

これまでの記述を総括し、缶用表面処理鋼板の技術を系統化したものが図8.1である。

図8.2は本稿でとりあげた各種缶用表面処理鋼板を分類し、メッキ構成を表わした模式図である。

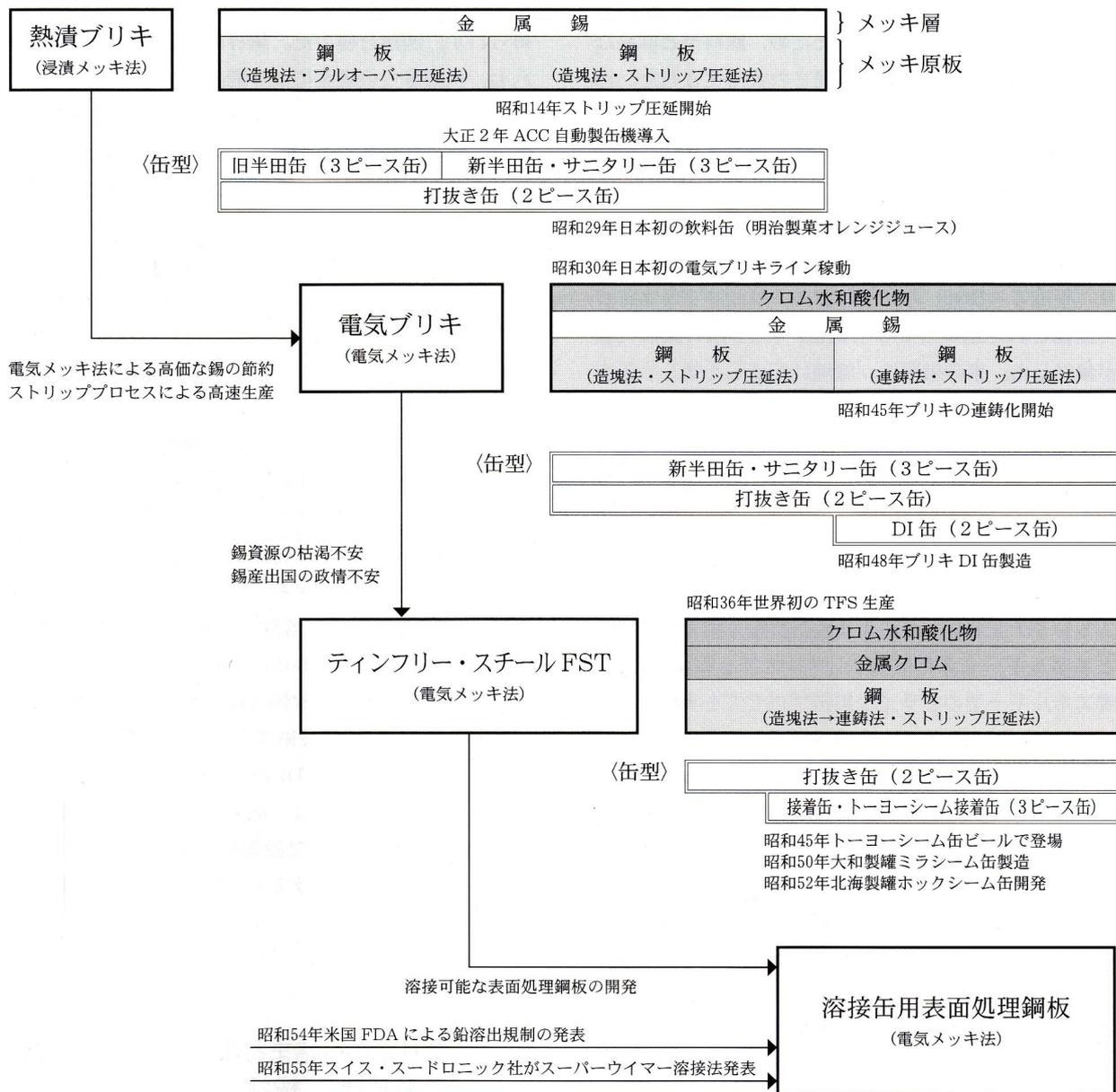


図 8.1 缶用表面処理鋼板の系統図 (筆者作成)

明 治	大 正	昭 和 前 期
明治 4 年松田雅典が日本初の缶詰試作 (イワシ油漬缶詰) 明治 27 年日清戦争勃発 明治 28 年日清講和条約 明治 34 年官営八幡製鐵所稼働 明治 34 年 US スチール発足 明治 34 年 ACC 発足 明治 37 年日露戦争勃発 明治 38 年日露講和条約 明治 40 年日露漁業条約締結 明治 40 年以降北洋漁業の興隆	大正 2 年堤商会が ACC 自動製缶機導入 大正 3 年第一次世界大戦勃発 大正 6 年東洋製鐵株式会社創業 大正 7 年第一次世界大戦終結 大正 11 年北海製鐵倉庫の創業 大正 12 年八幡製鐵所ブリキの国産化 大正 12 年関東大震災	昭和 4 年世界金融恐慌始まる 昭和 9 年製鐵誕生 (鉄鋼大合同) 昭和 9 年東洋製鐵株式会社設立 昭和 12 年日中戦争勃発 昭和 14 年缶詰輸出が戦前のピーク 昭和 14 年大阪コルク工業創業 (大和製鐵の前身) 昭和 14 年冷延リバーストリップミル稼働 (東洋製鐵) 昭和 15 年冷延連続ストリップミル稼働 (八幡製鐵所) 昭和 16 年熱延連続ストリップミル稼働 (八幡製鐵所) 昭和 16 年製缶 8 社合併・社名 東洋製鐵株式会社 昭和 16 年太平洋戦争開戦

現在製造している缶用
表面処理鋼板と缶型

(日本・2007年3月現在)

クロム水和酸化物
金 属 錫
鋼 板 (連鑄法・ストリップ圧延法)

溶接缶 (3ピース缶)
打抜き缶 (2ピース缶)
DI 缶 (2ピース缶)

昭和56年 PET フィルムラミネート鋼板 (ハイトップ) 開発 平成13年 aTULC 登場

2軸延伸 PET フィルムラミネート	PETダイレクトラミネート
クロム水和酸化物	
金属クロム	
鋼 板 (連鑄法・ストリップ圧延法)	

ホットパック、レトルト用接着缶・トーヨーシーム缶 (3ピース缶)	
昭和50年ホットパック用トーヨーシーム缶製造 昭和53年レトルト用トーヨーシーム缶製造	ストレッチドロ缶・TULC (2ピース缶) 平成4年 TULC 用ハイベット生産開始

平成7年溶接缶用 PET フィルムのコイルラミネート

各種
メッキ

2軸延伸 PET フィルムラミネート
クロム皮膜層
ニッケル系メッキ層
ニッケル-錫系メッキ層
錫系メッキ層
クロム系メッキ層
鋼 板 (連鑄法・ストリップ圧延法)

〈缶型〉

溶接缶 (3ピース缶)	ラミネート溶接缶 (3ピース缶)
昭和55年溶接缶用キャンウエルの生産開始 昭和59年溶接缶用リパーウエルト、キャンライト生産開始	平成5年ラミネート鋼板による溶接缶の生産開始

昭 和 後 期		
昭和20年ポツダム宣言受諾 終戦 昭和25年日本製鐵の分割 八幡製鐵株式会社、富士製鐵株式会社誕生 昭和25年東洋製鐵の分割 北海製鐵株式会社誕生 昭和25年朝鮮動乱 昭和25年九州製鐵株式会社創業 昭和28年大阪コルク工業が大和製鐵へ社名変更 昭和29年東洋製鐵は CCC と技術提携 昭和30年高度経済成長始まる (神武景気) 昭和30年日本初の電気ブリキライン稼働 昭和31年八幡製鐵は ACC と技術契約 昭和36年世界初の TFS 生産開始	昭和38年米国レイノルズアルミ DI 缶生産開始 昭和40年大和製鐵と九州製鐵合併 昭和41年 ACC ミラシーム缶発表 昭和42年 CCC コノウエルド缶発表 昭和44年昭和アルミニウム設立 昭和45年新日本製鐵株式会社誕生 昭和45年大阪万博・トーヨーシーム缶登場 昭和48年大和製鐵ブリキ DI 缶生産開始 昭和48年第一次石油ショック 昭和51年ソ連200カイリ宣言 (母船漁業の終焉) 昭和52年ホックシーム缶開発 (北海製鐵)	昭和53年不溶性陽極技術開発 昭和54年第二次石油ショック 昭和54年溶接缶用キャンウエル生産開始 昭和55年スードロ社スーパーウイマー発表 昭和60年プラザ合意 平成3年バブル経済崩壊 平成4年東洋製鐵 TULC 生産開始 平成5年北海製鐵ラミネート溶接缶生産開始 平成8年小型 PET ボトル解禁 平成12年大和製鐵ボトル缶生産開始 平成13年東洋製鐵 DEC 技術開発

		熱漬法	電気メッキ法			
3	半田缶	<p>〈ブリキ〉</p>	<p>〈ブリキ〉</p>			
	接着缶		<p>〈TFS〉 コールドバック</p>	<p>〈TFS〉 ホットバック</p>	<p>〈TFS〉 レトルト</p>	
2	溶接缶		<p>〈ブリキ〉</p>	<p>〈Niメッキ〉</p>	<p>〈Ni系LTS〉</p>	<p>〈Sn系LTS〉</p>
	DRD缶・打抜缶		<p>〈ブリキ〉</p>	<p>〈ブリキ〉</p>		<p>〈TFS〉</p>
1	STULC缶		<p>〈ラミネートTFS〉</p>			<p>〈ブリキ〉</p>

図 8.2 缶用表面処理鋼板の断面図（筆者作成）

9 | 考察

過去 50 年の間に家庭への冷蔵庫の普及、冷凍保存技術の発達、流通の変革という環境変化によって、食品缶詰の存在感は希薄になってきた。食品缶詰に代わって主役となった飲料缶詰も、やはりチルド流通の登場やプラスチック容器、紙容器などの普及によって減少の道を歩み始めている。このような動向は、缶詰と共に成長してきたブリキに代表される缶用表面処理鋼板の減産を招き、業界は確たる将来像を描けない状況が続いている。確かに、ナポレオンが戦地から発したニーズが切っ掛けとなって誕生したといわれている缶詰は、南北戦争、日清・日露戦争、第一次、第二次世界大戦などの戦争を契機として飛躍を続けてきたが、現在はその軍需的役割は終わったと見るべきであろう。今世紀に入って勃発した数々の戦争・紛争において、一時的にも缶詰需要が増大することがないのは、缶詰市場が軍需ではなく民需によって支えられている証左でもある。今日の缶詰の苦境を一言で表現することが許されるなら、それは「大きなニーズに支えられていない」からである。過去には戦争や外貨獲得などの国家的ニーズがあった。大阪万国博覧会で接したアメリカンスタイルへの憧れと、高度経済成長の中で増加した収入とストレスが清涼飲料へのニーズを醸成した。現在はこの延長線上に乗っており、強いて挙げれば、健康志向ニーズであろうか。筆者は環境変化がニーズの源泉で、潮目の変化を見極めることが最も重要であると考えている。これまでの生産者は、生産の立場に立ったシーズを探し、目前の顧客の要求がニーズだと思い込んできた。大阪万国博覧会の時代とは明らかに社会環境が変化した今日、新たな大きなニーズが潜在しているに違いない。

世界は戦争のない 21 世紀を期待しているが、すでに石油に始まるエネルギーを巡る国際紛争が多発し、鉄鉱石、石炭、レアメタルなどの地下資源を巡って先進国と発展途上国の奪い合いが始まっている。20 世紀の工業発展がもたらした公害問題は、環境問題として今世紀に引き継がれ、バランスを大きく崩しつつある地球環境の復旧が世界共通の重要課題になっている。併せて、大量消費・大量廃棄のツケが廃棄物問題となって社会を悩ませ、廃棄物の減量化とリサイクルによる資源循環社会の構築が叫ばれている。このように変化する、グローバル化した社会環境の中で、果たして缶詰の役割は終わったのであろうか。筆者には下記

のような理由によりどうもそのようには思えない。

- 1 缶詰の食糧保存法は、常温に放置できるため、冷凍庫、冷蔵庫保存と異なり、全くエネルギーを必要としない優れた保存技術である。
- 2 冷蔵庫は手軽に遠方に運ぶことが出来ないため、冷蔵庫に保存された食糧の利用は、通常家庭内に限定されるのに対して、缶詰は自由にどこへでも持ち運べる。
- 3 冷蔵庫内に保存された食糧は、1ヶ月もすれば味や色調が変質してしまうのに対して、缶詰は通常2、3年は全く問題がない。
- 4 生鮮食品は流通や料理の過程で、全体の半分以上を棄てているのに対して、缶詰はほとんどの部分をそのまま利用でき、豊かな栄養素を閉じ込める。
- 5 スチールのような金属は、外部からの空気の進入を防ぐバリアー性があり、プラスチックや紙などが技術進歩しても圧倒的に有利な特性であるので、内容物保存性に極めて有効な材料である。

上記は缶詰の特徴であるが、現実には同様の機能を持った容器・包装が多数存在する。ここで必要なことは、保存期間、用途などに応じて品質設計できる対応力である。今後の方向性としては下記を提案したい。

- 1 冷凍・冷蔵保存と異なり、エネルギーを必要としない常温下で食糧保存が可能な缶詰技術を積極的に活用すべきである。
- 2 開発途上国の生活レベルが向上し、近い将来到来するであろう「食糧難」問題を解決するため、食材の大部分を有効利用し、栄養素豊かな缶詰を活用すべきである。同時に、廃棄物減量化の一助とすべきである。
- 3 容器用素材としての表面処理鋼板は、強度を主張するのではなく 100ミクロン以下の極薄スチールを安価に供給し、バリアー性と電磁特性を武器としたプラスチック、紙などの複合材を開発すべきである。回収はスチール容器として行い、複合したプラスチック、紙などは再熔融するときの熱エネルギーとして活用すべきである。

上記の提案は、これまでの個人向けの缶詰分野に止まる必要はない。

目的によって、地域、国家レベルの大量貯蔵、社会循環システム形成のための貯蔵、食品工業の原料貯蔵等多くの分野への展開が可能である。特に、豊作時に農産物をトラクターで踏み潰したり、余剰となった牛乳を廃棄する問題に対して、余った夜間電力や大企業が利用できない中温エネルギーを活用して熱殺菌保存することは重要なテーマであると思われる。

個人消費向けとしては、現在の飲料缶詰に代表されるように、印刷や形で消費者の食指を動かすことに集中するのではなく、「食生活をたのしみ、かつ生活を豊かにする」ための本質的な開発と提案が必要である。そのためには、缶詰からの発想ではなく、社会環境の変化から捉えた新しいニーズが何であるかを、深く研究することが不可欠であろう。

また、缶詰用容器で開発した優れた表面処理技術、接合技術、樹被覆技術、成形技術、品質保証技術、設備技術などを容器以外の分野に積極的に展開する活動をさらに活性化させる必要がある。現在の異業種交流は経営を中心としており、技術中心とはいえない。最近、大学の独立法人化や休眠特許の有効活用などの施策がしかれ、民間企業の活性化が推進されているが、現実には当該企業のみで使われている優れた設備、技術が埋もれていると推察される。

最後に、日本で開発、蓄積してきた技術・ノウハウを発展途上国などで有効活用することを提案したい。今後の日本は少子高齢化、人口減少などによって飲料市場の大きな成長は望めない。世界の最高レベルにある日本の製缶技術がこのまま埋没しないためにも、海外への進出が望まれるが、経営として成り立つことが大前提となる。まずは魅力ある市場が不可欠であり、高品質な材料が安定して供給されることがセットになっていなければならない。このような条件を短期で100%満足することはあり得ないので、長期的な展望に立つことを期待する。

今回の調査によって、直ちに将来が見えることにはならない。しかし、数えきれない先人達が作り上げてきた知恵の土壌から、新しい芽が出てくることを信じてみたい。

10 | あとがき・謝辞

今回の調査にあたり約 200 の文献を読み込み、メモを蓄積しながら準備を進めた。自分なりのシナリオを描きながら文書化を進めて行くと、上記文献の部分、部分の切り貼り作業となり、記載された史実の確認や実地調査などの手順はとれなかった。従って、本稿は直接面談して情報収集することもあったが、多くは上記 200 の文献に依った。本調査の成果のひとつは、これまでは分野別に存在していた夫々の著書、文献、情報などを結びつけ、参考文献等も残しているため、入門書として役立つことが期待されることである。国立科学博物館産業技術史資料情報センターが進めている技術の系統化事業は、基本的には技術と技術の結びつきを調査することであると思われるが、夫々の技術は大小様々な環境の影響を受けながら生まれたはずである。筆者としては、世界をリードした日本のエポック的な技術のエキスを整理することを第一の目的としたが、同時にその技術が生まれた背景とニーズについても整理を試みた。他稿で取上げた系統化のテーマと異なり、鉄鋼という材料は中間製品であるため、一般人には馴染みが薄い上に、筆者の力量不足もあって、専門家でない読者には理解し難くなったことをお許しいただきたい。

今回、8ヶ月間という短期の調査に苦しみながらも、最も楽しんだのは筆者であると信じる。先ずは、このような機会を与えて戴きました寺山一清氏に感謝を申し上げます。また、秦瑛氏、松尾宗次氏、前田重義氏、梶原俊一氏には本調査のため、労苦を惜しまず支援してくださったことに衷心より御礼を申し上げます。さらに、文献収集、調査、編集などに多大なるご協力を賜った下記各位に深く感謝申し上げます。

東鋼業株式会社	竹内慎五郎氏、井上 昭氏、 須田誠一氏
缶詰技術研究会	寺崎典男氏、山崎方宏氏
新日本製鐵株式会社	安浦重人氏、橋本 淳氏、 片山俊則氏、村上明子氏、
元新日本製鐵株式会社	朝野秀次郎氏、砂子隆央氏
JFE スチール株式会社	田中久義氏、佐藤 覚氏、 吉田峰夫氏
大和製罐株式会社	伊藤哲夫氏、浦田勝啓氏
第一金属工業株式会社	佐藤芳弘氏、佐藤兼一氏
東洋製罐株式会社	中井隆夫氏、小島瞬治氏

東洋鋼板株式会社	田辺博一氏、古賀 守氏、 英 哲弘氏、
日本缶詰協会	沼尻光治氏
日本製缶協会	松崎克彦氏
日鉄技術情報センター	今富良子氏
北海製罐株式会社	佐藤鴻司氏
元 ACC	Mr. Gilbert G. Kamm

登録候補一覧

番号	名称	資料形態	所在地	製作者	製作年	分類	コメント
1	八幡製鐵所 No. 1TFS ライン	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	新日本製鐵/ABB社	1967	メッキ設備	日本に現存する最古の1ステップ式TFSライン (稼働中)
2	名古屋製鐵所CTL	実物	新日鉄名古屋製鐵所 (愛知・東海市)	三菱重工	1968	メッキ設備	日本に現存する最古の2ステップ式TFSライン (稼働中)
3	八幡製鐵所 N 鋼連続鑄造機	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	神戸製鋼	1970	鑄造機	ソ連式スラブ連続鑄造機。日本初のDII缶用鋼片を製造 (稼働中)
4	八幡製鐵所 No. 3SPM 設備	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	石川島播磨/東芝	1968	圧延設備	日本初のDCR圧延とHRT圧延を行った圧延機 (稼働中)
5	八幡製鐵所 No. 2C. A. P. L	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	日立製作所/三菱電機	1982	焼鈍設備	日本初の電清・焼鈍・調圧・精製工程を連続化したライン (稼働中)
6	八幡製鐵所4CM 設備	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	MESTA/三菱電機	1962	圧延設備	日本初の6重式冷間圧延機 (稼働中)
7	八幡製鐵所 N. HOT ライン	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	三菱重工/日立製作所	1982	圧延設備	日本初の7重式熱間圧延機 (稼働中)
8	広畑製鐵所ダイレクトラミネートライン	実物	新日鉄広畑製鐵所 (兵庫・広畑市)	住友重機械モダン	1990	ラミネート設備	日本初の容器用ダイレクト片面ラミネートライン (稼働中)
9	広畑製鐵所 CAL	実物	新日鉄広畑製鐵所 (兵庫・広畑市)	Wean/三菱重工	1959	焼鈍設備	日本が最初に導入した連続焼鈍ライン (稼働中)
10	ベアークロスロール	実物	新日鉄広畑製鐵所 (兵庫・広畑市)	三菱重工	1984	圧延設備	ロールがクロスしてクラウン調節できる世界初の熱間圧延機 (稼働中)
11	錫メッキ不溶性陽極システム	実物	新日鉄広畑製鐵所 (兵庫・広畑市)	新日本製鐵	1978	メッキ設備	世界初の不溶性錫メッキシステム (稼働中)
12	戦災にあった熱漬ブリキ	実物	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	日本製鐵	1945	製品	太平洋戦争の間東空襲中に規格荷姿である1ペースボックスのまま被災したブリキ
13	八幡・西田地区ブリキ工場の写真	写真	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	官営八幡製鐵所	1923-1934	写真	大正12年に日本で初めてブリキを国産化した頃の作業写真
14	八幡・東田第1高炉火入れ式写真	写真	新日鉄八幡製鐵所 (福岡・北九州市)	官営八幡製鐵所	1900-1901	写真	明治34年に官営八幡製鐵所の高炉が火入れする前後の写真
15	ACCとの技術提携契約書	書類	新日鉄本社 (東京・千代田区)	八幡製鐵/ACC	1956	書類	八幡製鐵所がACCの製鉄技術を日本に導入するために締結した契約書
16	Feilner レポート	書類	新日鉄本社 (東京・千代田区)	I. S. Feilner	1974	書類	世界の製鉄業界の動向を約17年間にわたり報告されたレポート
17	千葉No. 2連続焼鈍	実物	JFEスチール東日本製鐵所 (千葉・千葉市)	川崎重工/日立	1980	焼鈍設備	世界最初の多目的連続焼鈍ライン (稼働中)
18	千葉No. 4連続焼鈍	実物	JFEスチール東日本製鐵所 (千葉・千葉市)	IHI/日立	1990	焼鈍設備	日本最初のT-1からDR-10までを製造できる連続焼鈍ライン (稼働中)
19	千葉No. 1電気ぶりき	実物	JFEスチール東日本製鐵所 (千葉・千葉市)	Wean, IHI/三菱電機	1967	メッキ設備	日本最初のハログンタイプ電気ぶりきライン (稼働中)
20	福山No. 2タンデム	実物	JFEスチール西日本製鐵所 (広島・福山市)	IHI/三菱電機	1971	圧延機	日本最初の連続冷延ミル (稼働中)

番号	名称	資料形態	所在地	製作者	製作年	分類	コメント
21	コーハン400型旋盤	実物	日本工業大学工業技術博物館	東洋機械	昭和12年	工作機械	戦時中最も多く使われた旋盤の一つ
22	No.2LL	実物	東洋鋼板(山口・下松市)	東洋鋼板	1992	ラミネート設備	日本最初の飲料缶用のフィルムラミネートライン(稼働中)
23	逆転式冷間圧延機	実物	東洋鋼板(山口・下松市)	UE、IHI、GF、東芝	1937	圧延機	日本が最初に導入した冷間圧延機(改造して活用されている)
24	ダイレクトコート設備	実物	東洋鋼板(山口・下松市)	東洋鋼板株式会社	2003	ラミネート設備	日本最初のダイレクトコートライン(稼働中)
25	ひばさみ	実物	東洋鋼板(山口・下松市)	不明	不明	道具	プルオーバー圧延時使用されたもの
26	雪駄	実物	東洋鋼板(山口・下松市)	不明	不明	道具	プルオーバー圧延時使用されたもの
27	トヨーシーム缶製造設備	図面	東洋製罐開発本部(神奈川県・横浜市)	開発本部設計部	1970	製缶機	日本最初のトヨーシーム缶製造ラインの図面
28	トヨーシーム缶製造	ビデオ	東洋製罐本社(東京・千代田区)	東洋製罐株式会社	2000	ビデオ	トヨーシーム缶製造作業のビデオ
29	TULC製造設備	図面	東洋製罐開発本部(神奈川県・横浜市)	開発本部設計部	1991	製缶機	日本最初のTULC缶製造ラインの図面
30	TULC製品写真	写真	東洋製罐本社(東京・千代田区)	東洋製罐株式会社	1991～	製品	TULCを使用している缶詰の写真集
31	トヨーシーム缶	実物	東洋製罐グループ総合研究所	東洋製罐株式会社	1970	製品	大阪万博博覧会で初めて登場したトヨーシーム缶(現存は2缶のみ)
32	トヨーシーム缶製品写真	写真	東洋製罐本社(東京・千代田区)	東洋製罐株式会社	1970～	製品	トヨーシーム缶を使用している缶詰の写真集
33	TULC製造現場写真	写真	東洋製罐横浜工場	東洋製罐株式会社	1992	製缶機	TULCの製造現場写真
34	ホックシーク缶	実物	北海製罐本社開発センター	北海製罐株式会社	1985	製品	北海製罐株式会社が開発した接着缶(唯一の残存サンプル)
35	インバーテッド製鋼機	実物	第一金属工業(福岡・直方市)	ナショナルキヤンカンパニー	1912	製缶機	半田作業が手作業から機械化された初期の製鋼機(日本に唯一現存)
36	熱漬ブリキ設備	設備	東鋼業(埼玉・八潮市)	不明	不明	メッキ設備	日本に現存する熱漬ブリキ設備(東鋼業)。2007年4月に休止予定
37	熱漬ブリキ作業のビデオ	ビデオ	新日鉄八幡製鐵所(福岡・北九州市)	新日鉄	2007	ビデオ	上記の設備で行っている作業を2006年12月に録画したもの(新日鉄撮影)
38	缶詰時報 全巻	書類	日本缶詰協会(東京・千代田区)	日本缶詰協会	1906～	資料	大正11年より缶詰業界のニュースを紹介してきた業界誌(通巻985号)
39	缶詰 ラベル	資料	日本缶詰協会(東京・千代田区)	缶詰会社	1887～	資料	明治から昭和までの缶詰ラベルの蒐集約2000枚(夫々の世情を表現し、芸術性豊か)
40	缶詰生産統計資料	資料	日本缶詰協会(東京・千代田区)	日本缶詰協会	1906～	資料	明治から昭和までの缶詰生産と貿易の統計資料
41	創業10周年記念写真帳	写真集	中井新兵器(福岡・北九州市)	八幡製鐵株式会社	昭和25年	資料	昭和15年より日本で開始されたストリップ圧延によるブリキ製造工程の写真集(10周年)

国立科学博物館 北九州市
技術の系統化調査報告
共同研究編 第1集

平成19(2007)年3月31日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館
産業技術史資料情報センター
(担当：コーディネイト 永田宇征)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20
TEL：03-3822-0111
北九州市（北九州産業技術保存継承センター）
〒805-0071 福岡県北九州市八幡東区東田 2-2-11
TEL：093-663-5411
- 印刷 有限会社 秀文社印刷