

塩化ビニル技術史の概要と資料調査結果（２）

An Outline of the Development of Poly Vinyl Chloride Technology in Japan, Including a Description of Historical Materials (2)

宮本眞樹

- １．はじめに
- ２．軟質分野
- ３．硬質塩ビパイプ
- ４．硬質塩ビの射出成形
- ５．その他の硬質および半硬質分野
- ６．塩ビ鋼板
- ７．廃塩ビ処理とリサイクル技術

【要旨】

昨年度、塩化ビニル樹脂（塩ビ）の製造技術を中心に調査を行ったが、今年度は塩ビ樹脂の成形加工技術を中心に調査を行った。

日本の塩ビの成形加工工業は実質的には戦後にはじまる。塩ビ樹脂の成形加工製品は軟質分野と硬質分野に大別されるが、まず軟質分野の日用雑貨からはじまった。戦前からのゴム加工メーカーがゴムの成形加工機を改造して製造を開始したのである。

軟質分野では、その後、電線被覆と農業用フィルム（農ビ）の２つの大きな用途が開発された。この２つの分野は、いずれも海外から本格的な成形機を輸入して開始された。

硬質分野では1951年に硬質塩ビパイプの製造がはじまった。この分野も海外からの成形機（押出機）の輸入からはじまった。硬質塩ビパイプは、その後、最も大きな塩ビの用途に発展した。日本で最初に試作された硬質塩ビパイプなど草創期のパイプが現存している。

硬質塩ビの射出成形の分野では継手が最初の量産品であろうと思われるが、その開始時期については明らかでない。継手に続いてバルブが製品化された。射出成形による硬質塩ビ製バルブの最初の製品が現存する。射出成形機は戦前に国産化がはじまっていたこともあって、硬質塩ビの射出成形は国産成形機を用いてスタートした。戦前に輸入された成形機や国産の初期の成形機が保存されている。

この他、硬質塩ビ板、窓枠、塩ビ鋼板などの製品分野の技術についての調査を行った。

また、廃塩ビの処理とリサイクル技術の現状と最近の動きについて調査した。塩ビ樹脂は産業分野の用途で用いられる比率が高いこと、使用済み製品の物性劣化が少ないことなどから、それぞれの製品業界で成形材料としての再利用が積極的に進められている。また、最近では工業材料の原料にリサイクルする技術が開発されている。

PROFILE

MASAKI MIYAMOTO

国立科学博物館産業技術史資料調査主任調査員

昭和35年3月 北海道大学理学部化学科卒業
昭和35年4月 鐘淵化学工業株式会社入社
主として塩化ビニル樹脂、発泡性スチレン樹脂の研究、製造、技術サービスを担当
昭和61年5月 特許部
昭和63年2月～平成3年2月
同社の技術開発社史を執筆
平成7年4月 化学工学会に出向、化学産業技術史の調査・研究を担当
平成10年5月 鐘淵化学工業株式会社を定年退職
平成12年4月 国立科学博物館 主任調査員

1. はじめに

国立科学博物館では、平成9年度から実施している「産業技術史資料の評価・保存・公開等に関する調査研究」の一環として、平成12年度から塩化ビニル樹脂（以下塩ビとする）に関する技術史的資料の所在調査および技術発展の系統化調査を実施した。昨年度（平成12年度）は主として塩ビ樹脂製造技術を中心に調査を行い、その成果は昨年度の報告書「国立科学博物館技術の系統化調査報告 第1集」に報告した。今年度は、これに引き続いて塩ビ樹脂の成形加工技術の分野を中心に調査を実施した。

成形加工技術については、具体的な成形加工製品の面からと成形機の技術的發展の面から調査を行ったが、成形機についての調査は十分網羅したとはいえない。

また、廃塩ビの処理とリサイクル技術の分野については、その現状と最近の動きについての簡単な調査を行った。

塩ビ樹脂は、熱安定剤などさまざまな配合剤を配合することによって製品物性や成形加工特性がきわめて多様に変化する。そのため塩ビ樹脂の成形加工製品は、パイプや板のような硬質のものからレザーやチューブのような軟質ものまできわめて多様な拡がりを示す。

配合剤にも目的により、熱安定剤、可塑剤、加工助剤、耐候性改良剤、耐衝撃性改良剤、充填剤などがあり、各々の配合割合にも多様な種類がある。したがって、配合技術も独立した技術分野を形成し、製品分野によっては配合物（コンパウンド）を製造するメーカーが樹脂メーカーと成形加工メーカーの間に介在し、コンパウンドが製品として流通している。

また、塩ビ樹脂の成形方法にもいろいろな方法がある。なかでも、フィルムやシートを製造するカレンダー成形、パイプなど一定の断面形状を持つ長尺の製品を連続的に製造する押出成形、加熱溶解した樹脂を密閉した金型内に射出して冷却・固化して成形する射出成形が重要である。特殊な塩ビ樹脂であるペースト樹脂を成形する分野も重要である。

塩ビ樹脂の製品分野は大きくは、可塑剤を多く配合した軟質分野と、可塑剤を使用しない硬質分野の2つに分けられる。もちろん、可塑剤を少量配合した半硬質の製品もある。用途別・製品別の塩ビ樹脂の需要は、当然、歴史の変遷があったが、2000年度におけるデータは図1および図2に示したとおりである。図1は製品分野別の需要の比率、図2は用途別の需要比率である。図1にみるように、現在では硬質分野の方がやや多く、なかでもパイプの分野がもっとも大きな分野である。

このように塩ビ樹脂の製品分野はきわめて多岐にわたるので、これらを短期間に網羅的に調査することは困難であることから、今回は主要な製品分野に絞って調査を行った。

日本の塩ビ樹脂工業は戦前の1941年、日本窒素肥料の生産開始にはじまったが、当時は大部分が軍需用に使用され、一般の市場にはほとんど出回らなかったこともあり、成形加工に関する技術史的資料は断片的な文献資料以外、皆無に近い。したがって、日本における本格的な塩ビの成形加工工業は戦後にはじまるとみられる。

いち早く塩ビに着目したのは戦前からのゴム加工メーカーであった。1947年頃から、P Xと呼ばれていた駐留軍の専用売店から横流しされた

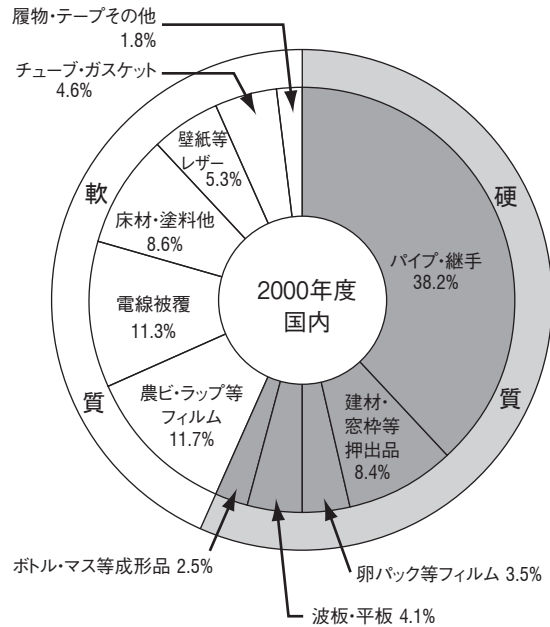
り、香港などからヤミルートで持ち込まれた軟質塩ビ製のレインコート、ハンドバッグ、ベルトなどが一般の市場に出回るようになっていた。敗戦の暗い世相のなかで、これら塩ビ製品の鮮やかな色彩は、物珍しさとともに人々の目を引いた。そして敗戦により南方からのゴムの供給を絶たれたためゴムに代わる素材を模索していたゴム加工業界がこれに着目したのである。軟質塩ビはゴムと性質が似ていること、ゴムの加工設備が利用できることなどから、軟質塩ビの成形加工技術の確立に向けて試行錯誤をはじめたのであろう。

先鞭をつけたのは川口ゴム工業（現・ロンシール工業）であったとみられる。川口ゴム工業は1948年春には軟質塩ビフィルムの生産を開始した。6月には長浜ゴム工業（長浜樹脂を経て、現・三菱樹脂）が生産を開始、秋には大和ゴム（現・ヤマト化学工業）、藤倉ゴム、高砂ゴム（現・高藤化成）なども生産を開始したといわれる*。これらのフィルム・シートはカレンダー成形、あるいは2本ロールによる圧延成形で生産したが、いずれもゴム加工用の設備を改造したものであったと伝えられる。これらのフィルム・シートからレインコート、ハンドバッグなどが造られた。

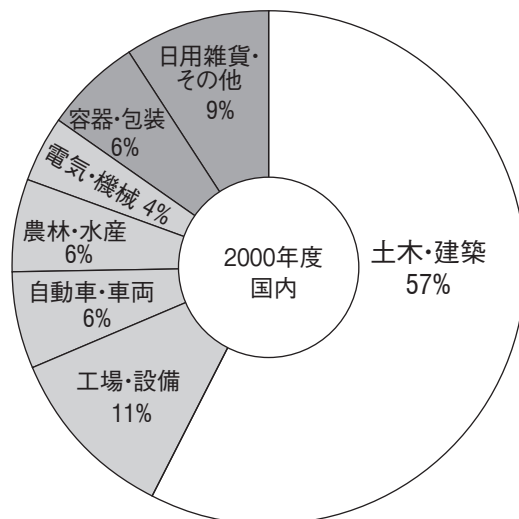
しかし、この時期には、まだ塩ビ樹脂の本格的な製造ははじまっておらず、輸入も認められていなかったのも、戦前、日本窒素肥料が製造し軍に収めた塩ビ樹脂の残存品が実質的に唯一の原料であり、その入手に関係者は大変苦労したと伝えられている。

1949年に塩ビ樹脂の生産が本格的になると、成形加工工業も本格的な発展を遂げるに至った。

この頃からは押出成形によるベルト、プレス成形による腕時計のバンド



【図1】 塩ビ樹脂の製品別比率
（塩ビ工業・環境協会提供）



【図2】 塩ビ樹脂の用途別比率
（塩ビ工業・環境協会提供）

* 刊行されている諸文献では川口ゴム工業、長浜ゴム工業の軟質塩ビフィルム・シートの生産開始は1947年となっているが、両社の社内資料をみると1948年が正しいと思われる

なども製造されはじめた。これらの成形機もゴム用成形機の転用であった。軟質の押出成形機は1950年、サーモプラスチック工業が製作、販売を開始した。

川口ゴム工業の技術開発の中心であったのは、戦前、陸軍科学研究所で塩ビ樹脂やポリプロピレンなどの研究に従事した経験を持つ山田櫻（写真1）であった。山田は、生まれたばかりの塩ビ加工業界の技術のリーダーとしても、長く業界の発展に尽くした。

1949年にはもう一つのルーツを持つ軟質塩ビ製品が登場した。塩ビレザーである。塩ビレザーは基布の上に塩ビ皮膜を貼着して一体化したものであり、この基布を紙にしたのが後に開発された塩ビ製の壁紙である。したがって、塩ビのレザーと壁紙はほぼ同じ技術分野に属する。

この塩ビレザーを最初に手掛けたのは、戦前からの硝化綿レザーメーカーであった共和レザーと日本レザーであった。先のゴム加工メーカーと同様、試行錯誤で硝化綿レザーの製造装置を改造して塩ビレザーの開発を行い、製造をはじめたのである1951年にはより生産性の高いカレンダー法による製造がはじまった。

このように、日本の塩ビ成形加工工業は戦前からのゴム加工メーカーと硝化綿レザーメーカーによってその歴史がはじめられたのである。製造装置も自社で手持ちの装置を改造したものでスタートした。

この時期の軟質塩ビ製品は全て日用雑貨、消耗品であり、当時の製品の現存は確認されていない。また、当時の生産設備の現存も確認されなかった。



【写真1】山田 櫻氏（山田晃氏提供）

2. 軟質分野

軟質分野で最初に重要な用途となったのは電線被覆の分野であった。電線被覆の分野については、その概略を昨年度に報告した。1949年に古河電気工業がアメリカのNRM社から電線被覆装置を輸入して国産化を果たしたのを皮切りに、翌1950年には住友電気工業、昭和電線電纜、日立製作所、大日電線などが同様にアメリカから電線被覆装置を輸入して製造を開始した。これらの電線被覆装置の押出機は単軸の押出機であった。

国産の電線被覆装置は1951年に池貝鉄工（現・池貝）がNRM機を模して製造した。38ミリ油熱式単軸の押出機である。芝浦機械製作所（現・東芝機械）も1952年、昭和電線電纜向けに自社開発を果たしている。

この時期の塩ビ被覆電線の資料として古河電気工業に電線の見本集（写真2）が保存されていることを昨年度報告した。営業マンが営業活動に用いたものと思われる。

軟質の分野で電線被覆に続いて大きな用途となったのは、フィルム、特に農業用塩ビフィルム（農ビ）であった。初期の塩ビ樹脂の用途の多くは、海外で開発されたものを真似て開発したものであったが、農ビは日本で独自に開発されたものであった。

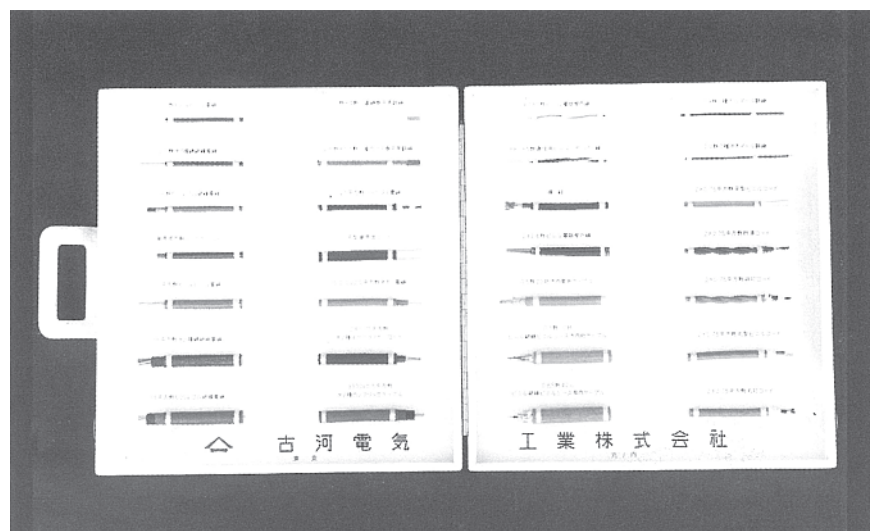
農ビの実用化の研究は、農林省の技官を退官して千葉県幕張に自らの農園を開設していた渡辺誠三が1951年秋に試験を開始し、良好な成績を収めたのにはじまる。これを契機に、1952年4月には農林省の肝いりで渡辺を会長とする農業用樹脂研究会が発足、1953年6月には早くも農ビのJISが制定された。

軟質フィルムの製造は、先に述べたように、川口ゴム工業などがゴム加工

用のカレンダー成形機を改造するなどしてレインコート用など日用雑貨向けの製造を比較的小規模で行っていたが、1951年には三井化学工業（現・三井化学）がアメリカのアダムソン・ユナイテッド社から、日本化成工業（現・三菱化学）がファーレル・バーミングラム社から、それぞれ本格的なカレンダー成形機を輸入し、量産を開始した。日本化成工業は1951年から、三井化学工業は1952年から農ビフィルムの生産も開始している。1952年には横浜護謄も、アダムソン・ユナイテッド社からカレンダー成形機を輸入してこれにつづいた。

この他、軟質塩ビフィルムのユニークな用途として、1956年頃から、黒色のフィルムが塩田で用いられた。

しかし、こうした農ビフィルムや塩田用フィルムなどの初期の製品、あるいは、これらを製造した当時の成形機などの現存は確認されなかった。



【写真2】塩ビ被覆電線国産化初期の電線見本（古河電気工業(株)所蔵）

3. 硬質塩ビパイプ

硬質塩ビは熔融温度と分解温度の差が小さく、また熔融時の粘度も高いなど、軟質塩ビはもちろん、他のプラスチックにくらべて成形加工の難しい樹脂である。そのため、軟質分野にくらべて硬質分野のスタートはやや遅れた。それでも1951年には代表的な硬質分野の製品であるパイプが登場している。

今日、もっとも大きな塩ビの用途となっている硬質塩ビパイプは、1951年9月13日、東亜合成化学工業名古屋工場で外国の一技術者の指導により、はじめて試作に成功した。

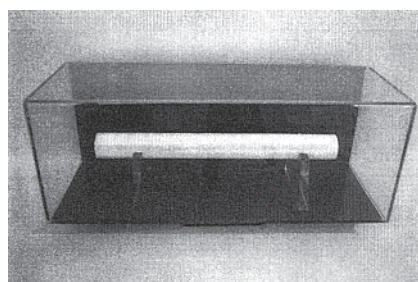
この頃までに東亜合成化学工業と積水化学工業は硬質分野、特に硬質パイプの開発を目指してイギリスのウインザー社からRC-65と名づけられた2軸の押出機を導入して硬質塩ビ押出の研究を行っていた。しかし、硬質塩ビの成形は難しく、試作は難航していた。ちょうどその時、ウインザー社の技師長E・G・フィッシャーが市場調査と技術サービスのために来日し、この両社を訪問した。東亜合成化学工業を最

初に訪問したのは9月11日であったが、この時、硬質塩ビパイプの試作に苦戦している様子を見て、フィッシャーはフリーハンドで口金（ダイス）の図面を描き、この口金の製作が間に合えば、明後日、再度訪問して試作を指導すると申し入れた。同社の工作陣は徹夜でこの口金を製作し、9月13日、再度フィッシャーを迎えた。そして日本ではじめての硬質塩ビパイプの試作に成功したのである。この時試作した日本で最初の硬質塩ビパイプ(写真3)と、記念写真(写真4)がアロン化成の名古屋工場に保管されている。(東亜合成化学工業は、塩ビ樹脂加工部門を分離してオークライト工業を設立、同社が東亜樹脂工業を経て、1973年に寺岡製作所と合併、現在アロン化成となっている)。

東亜合成化学工業につづいて、長浜ゴム工業と積水化学工業が1952年に相ついで製造をはじめた。長浜ゴム工業は1951年の11月に、やはりウインザー社のRC-65を設置して試作を開始し、1952年3月29日にはじめて試作に成功した。この時の試作品(写真5)が三菱樹脂の長浜工場に保存されている。その後、各社はより大口径のパイプを製造するため、RC-100など大型機を導入している。

3社ともウインザー社のRC機を導入して企業化を果たしていることが注目される。これは加工の困難な硬質塩ビの押出技術のポイントが成形機にあったことを示している。この頃、日本ではまだ2軸の押出機は製作されていなかった。日本の硬質塩ビパイプを生み出したRC-65型機の現存は確認されていないが、三菱樹脂にはこの押出機の写真(写真6)が残されている。

国産の押出機では、池貝鉄工が、先



【写真3】日本で最初に試作された硬質塩ビパイプ（アロン化成(株)所蔵）



【写真4】日本で最初に硬質塩ビの試作に成功した時の記念写真（アロン化成(株)所蔵）

に電線用としてNRM機を模して製作した単軸の押出機を、38ミリから50ミリ、65ミリ、90ミリと大型化し、硬質塩ビパイプ用として積水化学工業などに供給していた。しかし、単軸の押出機では完全に無可塑剤配合の塩ビ樹脂の押出しは困難であったといわれている。2軸の押出機の国産化は1955年、芝浦機械製作所がウインザー機を模して製作を開始したのが最初であろう(写真7)。同社は1957年には独自に改善した2軸押出機を完成させている(写真7)。池貝鉄工は1958年ウインザー社から技術導入を行い2軸押出機の製作を開始した。

硬質塩ビパイプは1936年頃ドイツで実用化された。その後、ドイツで戦前～戦中に大きく発展し、戦後ドイツを調査したアメリカの調査団を驚かせたと伝えられている。しかし、ドイツ以外での実用化は遅れ、ウインザー社の本拠イギリスでも工業的生産の実績はほとんどなかったのではないかとされている。ヨーロッパではイタリアのLMP社がウインザー社のRC機で生産を開始していたことが知られている。したがって、日本の3社の硬質塩ビパイプの企業化は世界的にみても非常に早い時期に属する。技術のキポイントである押出機が外国技術であったとはいえ、この事実は技術史上特記されるべきであろう。

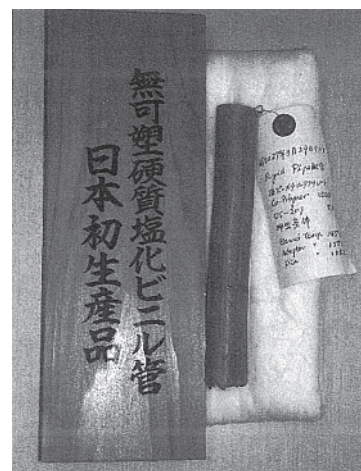
草創期の硬質塩ビパイプの用途は、耐薬品性の特長から主として化学工場の薬液の配管に用いられていたが、硬質塩ビパイプ業界がもっとも力を入れた用途分野の一つは上水道用であった。戦後の水道の復旧は各都市の緊急課題であり、この新しい配管材料が積極的に検討されたのだろう。1952年頃には岡崎市や枚方市が試験配管として使用を開始したといわれている。現在、三菱樹脂には草創期の水道用パイプとして、1953～54年に川崎市がはじめて採用した時のパイプ(写真8)

が保管されている。

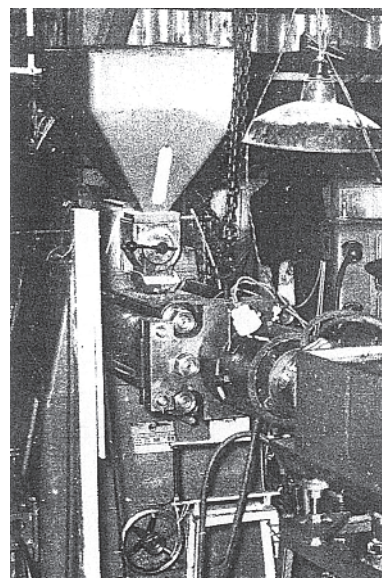
日本水道協会も1952年の総会で硬質塩ビパイプの規格の検討を決議し、1955年には日本水道協会規格「水道用硬質塩化ビニル管、同継手」を制定した。つづいて1956年には硬質塩ビの水道管と継手のJISも制定され、全国の自治体で採用されるようになった。

農業用(灌漑用)のパイプとしてはじめて本格的に用いられたのは愛知用水であった。愛知用水事業は、岐阜県南部の兼山で木曾川の水を導入し、知多半島の南端まで流下させるもので、農業用水、工業用水と飲料水を含む都市用水、および電力開発を含む大プロジェクトであり、国土総合開発のモデルケースとなった。1955年に愛知用水公団が設立され、1957年11月に最初のダム工事に着工、1961年10月に通水された。建設費423億円(計画額)、幹線水路112km、支線水路1,135km、水田受益面積15,900ha、畑地約7,800haの規模である。

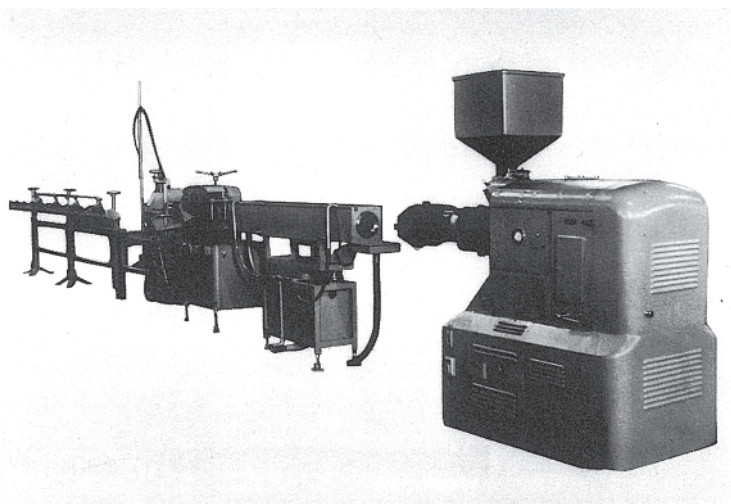
硬質塩ビパイプは、この事業のなかで敷設された畑地灌漑用水路のうち、口径50～125mmの小口径パイプに採用されたのである。125mm以上の大口径管には従来の石綿セメント管が用いられた。実際の工事は1959年と1960年



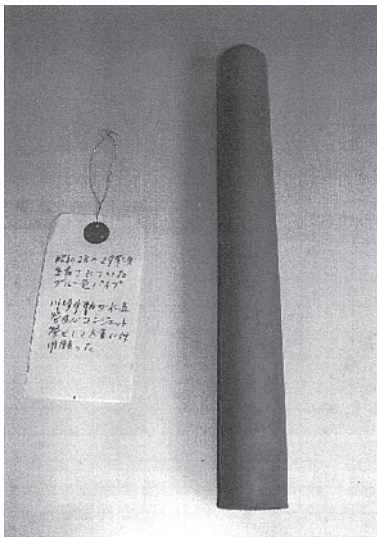
【写真5】長浜ゴム工業(三菱樹脂株)の最初の硬質塩ビパイプ試作品(三菱樹脂株所蔵)



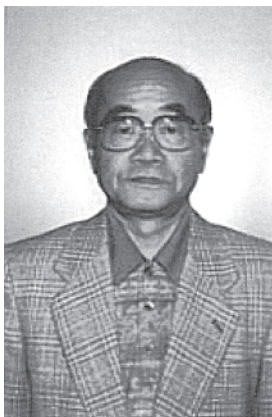
【写真6】ウインザー社製2軸押出機(RC-65)(三菱樹脂株写真提供)



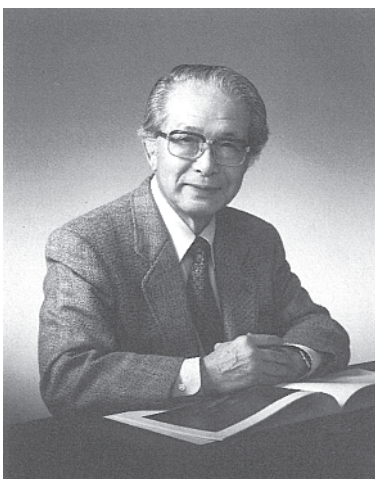
【写真7】最初の国産2軸押出機「TS 100」(東芝機械株写真提供)



【写真8】川崎市ではじめて採用された水道用硬質塩ビパイプ（三菱樹脂(株)所蔵）



【写真9】久米幸男氏



【写真10】猿渡良一氏

に行われ、この間の硬質塩ビパイプの使用量は415,650m（約530トン）になった。

この愛知用水の完成によって、従来、水不足に悩み、人工の溜池によって灌漑されていた尾張、知多の丘陵地帯で恒常的な用水による多角的な農業が可能となった。この時、敷設された硬質塩ビパイプ用水路は、施工後40年余を経て今なお機能しつづけている。

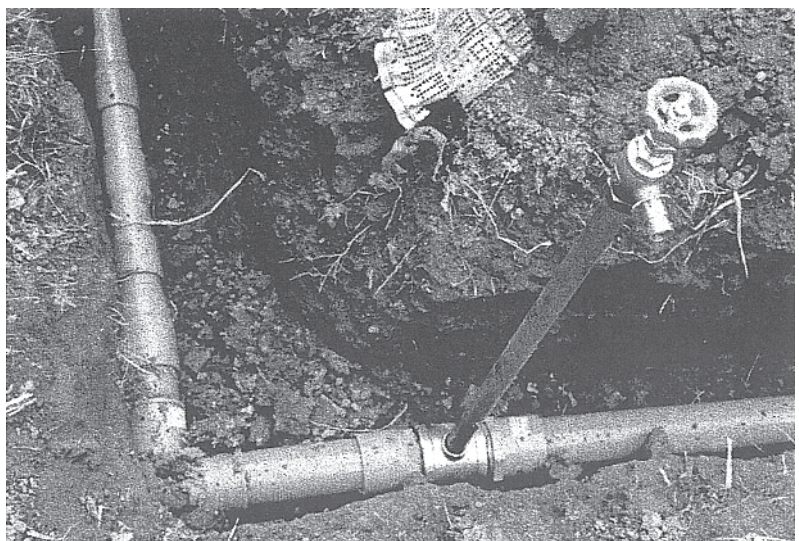
この畑灌漑工事は愛知用水事業のなかの「耕地整備事業」として実施されたが、愛知用水公団は、この耕地整備事業を愛知用水土地改良区（1952年設立）に委託し、愛知県の指導で実施した。愛知県はこの事業のために県農地部に愛知用水課を設置した。

この灌漑用水路への硬質塩ビパイプの採用を愛知県側に熱心に働きかけ、採用のキッカケをつくったパイプメーカー側の中心は久保田鉄工の久米幸男（写真9）であり、愛知県側の中心は、当時、愛知用水課の指導係長であった猿渡良一（写真10）であった。久保田鉄工は鋼管、ダクタイル管、石綿セメント管などのパイプのメーカーであ

ったが、1954年には先発3社につづいて硬質塩ビパイプの製造を開始していた。

愛知用水に引き続いて、1961年からはより大規模な豊川用水事業がはじまり、ここでも同様に畑地灌漑用水路として、50～125mmのパイプには硬質塩ビパイプ（写真11）が使用され、その総延長は約1500kmに及んだ。

なお、愛知用水に硬質塩ビパイプが使用された時期には、継手はまだ、50mm以下の小口径のものしか製造されていなかったので、パイプの接合は、工事現場でパイプの一端（雌側）をバーナーで加熱して軟らかくし、軟らかい間に雄側のパイプを差し込んで接合する熱間工法が採用されていた。このため、とくに冬季の工事では、熱を加えてもなかなか軟らかくならず、時にパイプ表面を焦がしてしまうトラブルが多発したという。この経験から、豊川用水では継手を用いることにした。このため愛知県は大手パイプメーカーの協力を得て、新たに継手の「愛知県農業用水規格」を制定、各メーカーに継手の製造を要請した。



【写真11】豊川用水での硬質塩ビパイプ施工（硬質塩ビ管本管に取り付けた給水栓）（猿渡良一氏写真提供）

4. 硬質塩ビの射出成形

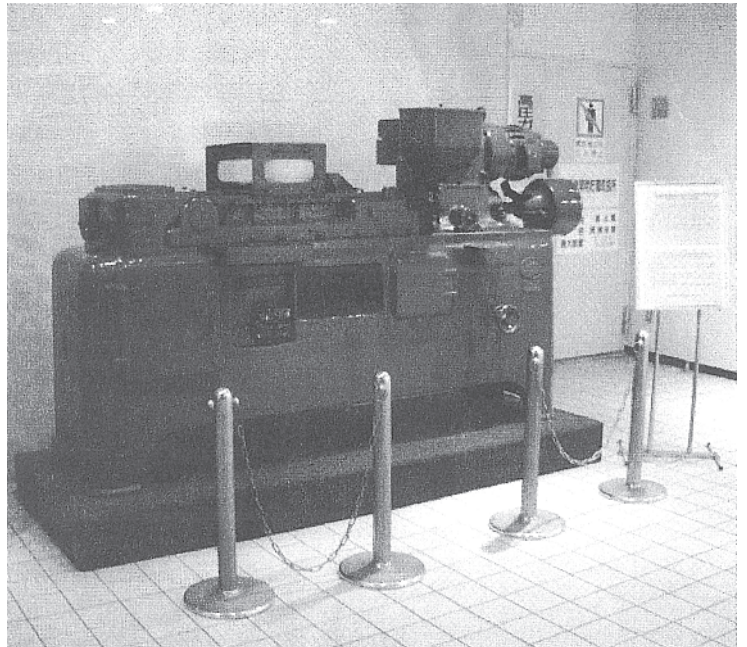
4-1 日本の射出成形の黎明期（戦前）

日本におけるプラスチックの射出成形の歴史は戦前に遡る。当初は射出成形機を海外から輸入し、一部ではこれを模して国産化もはかられた。成形材料は酢酸繊維素樹脂やポリスチレンなどが用いられていた。しかし戦前はまだ研究段階で、一部を除き本格的な生産には至っていなかったようである。もちろんこの時期には塩ビ樹脂の射出成形はまだ行われていない。

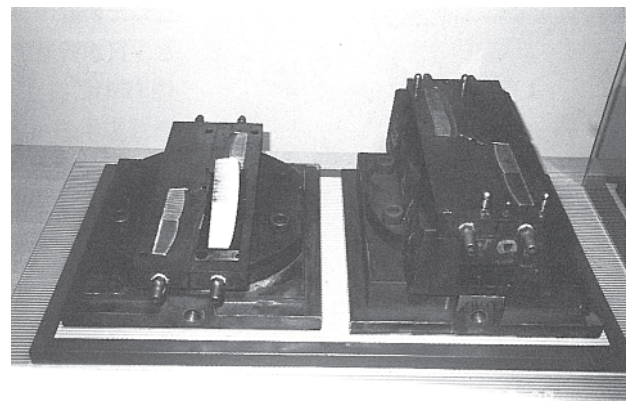
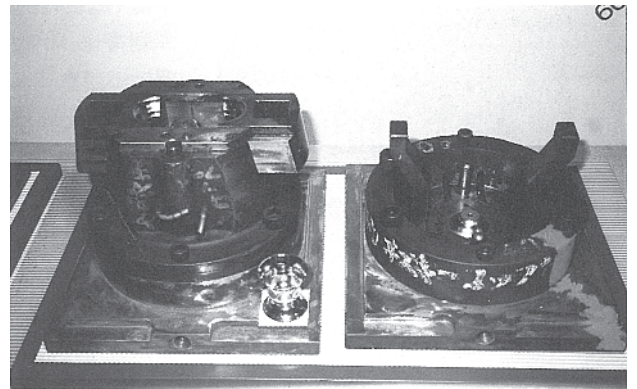
日本で最初に本格的にプラスチックの射出成形に取り組んだのは、おそらく古河電気工業であろう。古河電気工業は1937年にドイツのエッカート・チーグララー社から2.5オンスの小型射出成形機を輸入した。古河電気工業は、戦時中、これをモデルに数十台の国産射出成形機を製作し、ケーブルの離隔片（1本の銅線を銅管の中心部に支えるための支持棒、勾玉状のもの2個1組を一定間隔毎に接着剤で貼り合わせたもの）をポリスチレンで成形していたという。

古河電気工業につづいて、1940年、日本曹達の中野友禮社長はアメリカの万国博覧会に出展されていたワトソン・スチルマン社の12オンスの射出成形機に着目、これを輸入した。

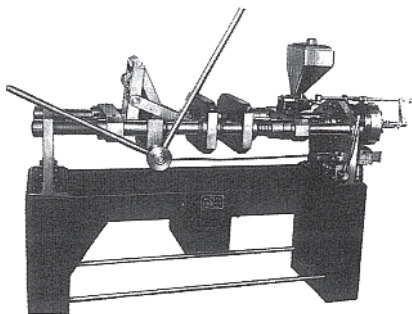
さらに1943年、日本窒素肥料はドイツのフランツ・ブラウン社の射出成形機「ISOMA」（写真12）を輸入した。この「ISOMA」はフランツ・ブラウン社が1933年に開発したもので、射出能力は1オンス（約30g）に過ぎないが、加熱シリンダーを装備し、電動機で駆動する横型射出成形機であり、今日の横型射出成形機の原型をなすものといわれる。第2次世界大戦中であり、本機はドイツ海軍の潜水艦で輸送されたという。この射出成形機は、



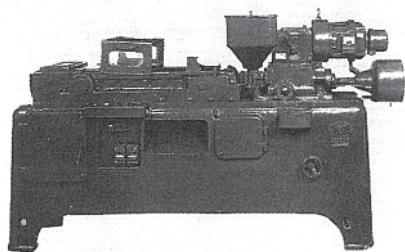
【写真12】 戦前ドイツから輸入された射出成形機「ISOMA」（旭化成(株)所蔵）



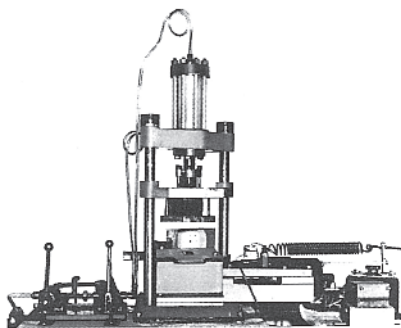
【写真13】 「ISOMA」と同時に輸入されたウイスキーカップと櫛の金型（積水化学工業(株)所蔵）



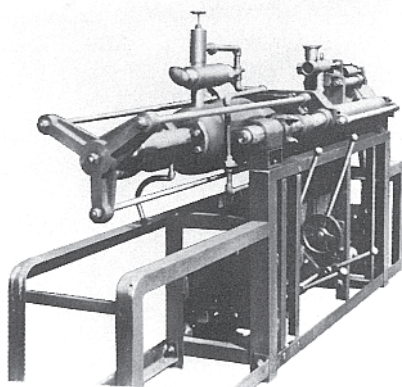
【写真14】戦前の国産射出成形機試作機「8AH」（株名機製作所写真提供）



【写真15】国産最初の射出成形機量産機「ナデム100」（株名機製作所写真提供）



【写真16】戦後の射出成形草創期の
縦型射出成形機（日精樹脂工業(株)写真提供）



【写真17】戦後の射出成形草創期の射出成形機「YA-1」（日精樹脂工業(株)所蔵）

現在、旭化成（川崎市）に保管されている。また、同時に輸入された金型（ウイスキーカップおよび櫛）（写真13）は積水化学工業京都研究所に保管されている。

戦前における射出成形機の国産化は松田製作所と名機製作所の2社が手掛けていた。

松田製作所は1942年、圧縮成形機を改造してポット式射出成形機を製作した。

名機製作所も1942年、射出能力15g（0.5オンス）の小型射出成形機「8AH」（写真14）を試作した。この試作機は現存しないが写真が同社に保存されている。この試作と平行して、同社は商工省の指令にもとづき、日本曹達が輸入したワトソン・スチルマン機をスケッチして国産化をはかったが、戦時下の軍需優先のため中止された。

4-2 戦後の射出成形草創期

戦後は、1947～48年に、戦時中の酢酸繊維素、ポリスチレンの在庫品を用いて成形が開始された。当初は、先に述べた戦前に輸入された3機種が中心となった。

輸入3機種またはそのコピー機を用いて戦後の射出成形事業の草分けとなったのは、戦時中、古河電気工業で射出成形に係わり、古河理化学研究所の塩比研究の中心でもあった佐久間昇が創立した天竜合成工業（後に新光レジン）と、日本曹達、および日本窒素肥料が1947年に設立した積水化学工業の3社であった。

日本窒素肥料は、1947年に名機製作所に「ISOMA」をモデルに射出成形機の国産化を要請し20基を発注した。これにこたえて名機製作所が開発した成形機が「ナデム100」と名づけられた成形機（写真15）である。この「ナデム100」が実質的に国産射出機の最初の量産機となった。この機種

の現存は確認されていないが、フロッピー・ディスクに収録された写真が名機製作所に保存されている。

1950年には松田製作所が堅型の2オンスの射出成形機を製作した。また、この年、戦争により中断されていた射出成形機の輸入も再開された。

この時期、射出成形機のメーカーは松田製作所と名機製作所の2社であったが、この頃、射出成形事業を開始した成形加工メーカーのなかには自ら成形機を開発・製作し、成形加工まで行うメーカーがあった。合資会社日精樹脂製作所や寺岡製作所（粘着テープの専門メーカーの寺岡製作所とは別の会社）などである。

そのうち、日精樹脂製作所は、1957年に日精樹脂工業となり、成形機メーカーの道を歩むこととなる。

日精樹脂製作所時代の1952年、同社が開発・製作した堅型射出成形機の写真（写真16）、1955年に開発・製作した横型の射出成形機2基（写真17、写真18）、さらに日精樹脂工業となって同社の最初の量産機となった「YD-2」機（写真19）は同社資料館に展示されている。同資料館には、ほかにも同社が開発・製作した約20機種の射出成形機が展示されており、1962年開発の回転式射出成形機（1963年製作）、1965年開発の靴成形専用機（1966年製作）、1983年、世界に先駆けて開発したサーボモーター駆動式射出成形機（1987年製作）など射出成形機の歴史を示す成形機も展示されている。同社の製品に限られるが、射出成形機の歴史を知ることのできる貴重な資料館である。これらの射出成形機は、一度ユーザーである各成形メーカーに収められたもので、その後、使われなくなったものを同社が引き取って保管・展示している。

一方、寺岡製作所は、やがて、自家用成形機の製作は中止し、成形専門メーカーの道を歩み、先に述べたように、

1973年には東亜樹脂工業と合併してアロン化成となった。

寺岡製作所は1951年頃には射出成形機を自社製作し、成形事業を行っていたと思われるが、初期の活動を語る資料は失われている。アロン化成に残されているもっとも古い資料としては、1954年に設計した6オンスの射出成形機的设计図がある。同社はこれに先立って、2オンス、3オンスの射出成形機を製作していたといわれている。

4-3 硬質塩ビの射出成形

射出成形による硬質塩ビの最初の量産品は硬質塩ビパイプの継手であったと思われる。

当初、硬質塩ビの継手は圧縮成形でつくられていたとされるが詳細は不明である。最初に硬質塩ビの継手を射出成形でつくったのは寺岡製作所ではなかったかと思われるが、今回の調査では、その開始時期に関する確かな資料を見出すことはできなかった。

先にも述べたように、寺岡製作所は自社開発の射出成形機で成形を行っていた。ただし、同社の初期の硬質塩ビ継手は完全無可塑剤の配合ではなく、少量の可塑剤が配合されていた可能性が大きい。完全無可塑剤配合での継手の量産に最初に成功したのは1954年の前澤バルブ工業(現・前澤化成工業)であったといわれている。

硬質塩ビは、先に述べたように、熔融温度と分解温度の差が小さく、熔融時の粘度も高いので、成形の難しい樹脂であるが、とくに射出成形では高い射出圧力が必要であるので、初期には、その圧力を実現するために機械的なさまざまな工夫がされた。寺岡製作所は高圧を実現するためにラジアル・プランジャータイプと呼ばれる高圧ポンプも独自に開発した。寺岡製作所の当時の射出成形機は現存しないが、1950年代後半に製作された射出成形機の写

真を集めたアルバムがアロン化成に保存されている。

芝浦機械製作所は積水化学工業の協力を得て、1957年、硬質塩ビの成形を目的とした射出成形機「20-450S」(写真20)を開発した。同社ではじめての射出成形機であるが、おそらく、硬質塩ビの成形を目的としたものとしては日本ではじめての量産機であろう。「20-450S」の開発でも高圧ポンプが重要なポイントであったといわれる。

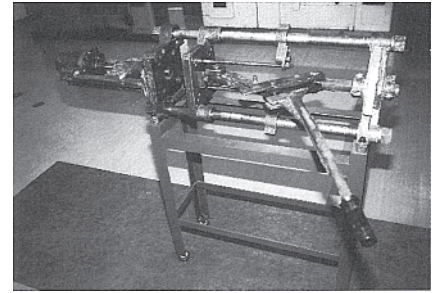
この当時の射出成形機の射出装置はプランジャー式と呼ばれるものであった。このタイプは熔融樹脂が滞留しやすい欠点があった。したがって、とくに硬質塩ビでは分解しやすく、生産性の面でも品質の面でも十分なものではなかった。

現存する初期のプランジャー式の射出成形機としては、名機製作所が1967年に製作した全自動型の「H16-A」が同社に展示されている。同機種は1952年に開発された、国産ではじめての全自動機種である。また、日精樹脂工業の資料館には、同社が1963年に製作した全自動タイプの射出成形機「YD-50A」が展示されている。同機種は1961年に同社の最初の量産機としてつくられた「YD-2」の発展型として開発した機種である。

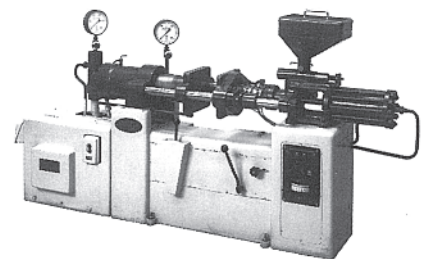
その後、射出装置はスクリュウ・プリプラ式、スクリュウ・インライン式と呼ばれる装置が開発された。

現存する初期のスクリュウ・プリプラ式の射出成形機としては、日精樹脂工業の資料館に同社が1963年に製作した「YD-50B」が展示されている。この機種は1961年に開発された機種である。

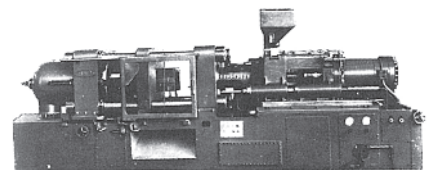
スクリュウ・インライン式の登場によって、熔融樹脂の滞留は著しく小さくなり、硬質塩ビの射出成形は安定し、生産性も品質も大きく向上した。例えば名機製作所の「SJ-50」および



【写真18】戦後の射出成形草創期の手動式射出成形機 (日精樹脂工業(株)所蔵)



【写真19】日精樹脂工業(株)の最初の量産機「YD-2」 (日精樹脂工業(株)所蔵)

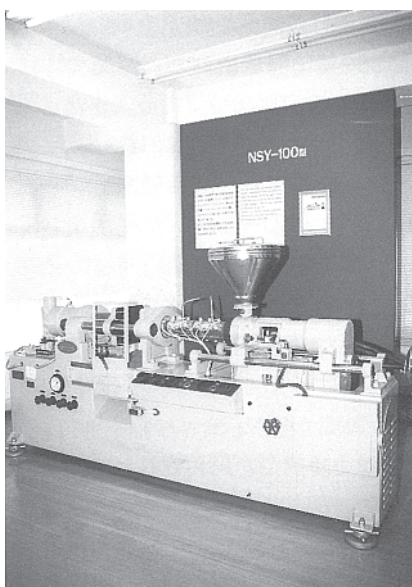


【写真20】硬質塩ビの成形を目的とした最初の量産型射出成形機「20-450S」 (東芝機械(株)写真提供)

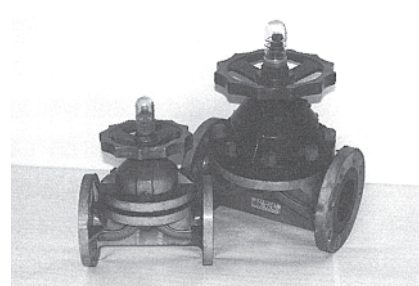
「SJ-60」(1960年)、日精樹脂工業の「NSY-100」(1961年)、東芝機械の「35/70-450S」(1961年)などである。日精樹脂工業の「NSY-100」は、1962年に製作されたものが同社の資料館に展示されている(写真21)。

継手につづいて重要な硬質塩ビの射出成形製品となったのは、1957年に旭有機材工業によって開発されたバルブである。バルブは継手にくらべて形状が複雑であり、肉厚部もあり、それだけ技術的困難は大きい。旭有機材工業は1950年代のはじめから金属バルブに代わるプラスチック製バルブの開発を手掛けていたが、1952年に圧縮成形による硬質塩ビバルブを上市した。つづいて射出成形の技術確立し1957年に量産を開始した。成形機についての詳細は不明であるが、アメリ

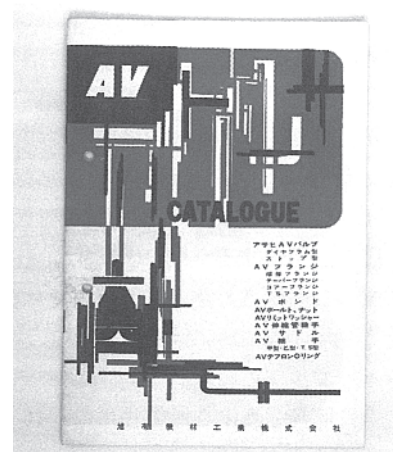
カから輸入した射出成形機に半年にわたって自社で改造を加えながら検討し、ようやく技術確立したといわれている。同社の射出成形による硬質塩ビバルブの量産開始は世界的にみても、もっとも早い時期に属する。最初の製品であるダイアフラムバルブは、耐蝕性の特長から旭化成延岡工場のレーヨン製造工程に用いられた。この硬質塩ビ製ダイアフラムバルブは2001年まで使用されたが、同社のレーヨン工場撤収にともないその一部が回収され、現在、旭有機材工業に保管されている(写真22)。また、同社には、硬質塩ビバルブの草創期のカタログ(写真23)が保存されており、当時、どのような製品が生産されているかを知ることができる。



【写真21】初期のスクリー・インライン式射出成形機「NSY-100」(日精樹脂工業(株)所蔵)



【写真22】射出成形による硬質塩ビバルブの最初の製品(旭有機材工業(株)所蔵)



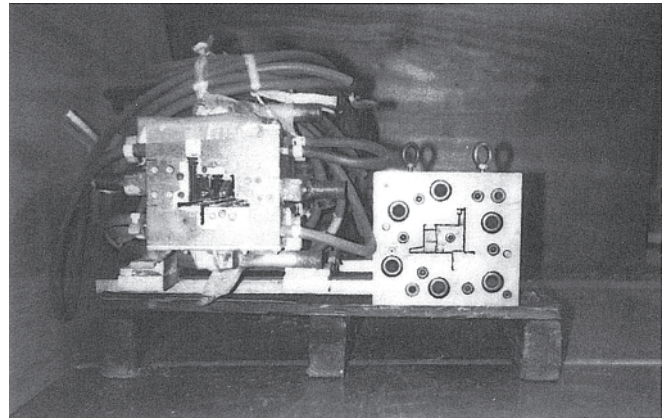
【写真23】硬質塩ビ製バルブの初期のカタログ(旭有機材工業(株)所蔵)

5. その他の硬質および半硬質分野

パイプにつづく重要な硬質塩ビ製品に平板、波板を含む硬質板の分野があること、こうした板は当初はカレンダー・シートをプレスで積層する方法で製造されていて、後に押出法でも生産されるようになったこと、また、初期のプレス機が2基、三菱樹脂に保管されていること、最初に押出法で硬質板を製造した時の押出機（アメリカ、NRM社）の銘板がタキロンに保管されていることは昨年度に報告した。

さらに昨年度の報告では、硬質塩ビの異形押出の分野で、比較的新しい重要な製品に塩ビ窓枠があることも述べているが、その開発は1969年に金森化学工業がドイツのレハウ社から技術導入をしたことに端を発している。当時、金森化学工業はアルミサッシメーカーであった三機工業と共同開発を行っていた。これにサン・アロー化学が参加し、1970年、3社の共同開発がスタートした。その後、三機工業のサッシ部門が三井軽金属加工に移管されたので3社の共同開発は解消し、サン・アロー化学が単独で開発を進めることになったが、サッシ部材の製作（硬質塩ビの異形押出）は金森化学工業に委託した。こうして1976年、サン・アロー化学は塩ビ窓枠を企業化したのである。最初の量産タイプの窓枠の主要部（枠および框）の口金（写真24）と、ダイス設計図、および製品図面が現在、金森化学工業に保管されている。この塩ビ窓枠を最初に実用した家屋が札幌市に現存していることを昨年度報告したが、その窓枠第1号を押出したのが写真の口金である。

この他、硬質塩ビの分野には、フィルム・シート、雨樋などの建材、半硬質分野では、日本の伝統産業に根ざした塩ビすだれなどがある。



【写真 24】日本で最初に量産された塩ビ窓枠製造用の押出機の口金
(金森化学工業(株)所蔵)

また、硬質塩ビの特殊な分野として、塩ビ繊維がある。塩ビ繊維についても、戦前、日本窒素肥料が酢酸ビニルとの共重合物を繊維化して隔膜法食塩電解の隔膜やベンベルグ紡糸液の濾材に使用していたことを昨年度報告したが、紡糸法はアセトンを溶媒とした乾式紡糸法であった。

1956年に帝国人絹（現・帝人）が、共重合物ではなく、ストレートの塩ビ樹脂を用いた繊維の工業化に成功した（写真25）。アセトンとベンゼンの混合溶媒を用いることが紡糸技術のポイントであった。この塩ビ繊維に用いる原料の塩ビ樹脂には、当初は日本カーバイド工業が製造した純度の高い特殊塩ビが用いられていた。しかし、その後の紡糸技術の進歩によって、汎用の塩ビ樹脂で製造が可能となったとみられる。

今日でも塩ビ繊維を製造しているのは、帝国人絹と、相前後して工業化に成功したフランスのロービル社との2社のみである。塩ビ繊維の特徴は全繊維中でも最高の保温性と、抜群の透湿性であり、これらの特長を生かして、高級な肌着、寝具、ウインタースポーツ用品などに用いられている。



【写真 25】塩ビ繊維
(塩化ビニル環境対策協議会写真提供)

6. 塩ビ鋼板

昨年度、ペースト用塩ビ樹脂の有力な用途として塩ビ鋼板について報告した。しかし、塩ビ鋼板はペースト樹脂を用いる方法だけでなく、硬質の塩ビフィルムを積層またはラミネートする方法もある。

1957年、筒中プラスチック工業がプレス法で積層した塩ビ鋼板を上市した。つづいて長浜樹脂（現・三菱樹脂）が1958年、ラミネート法で企業化した。プレス法はもちろんラミネート法も、当初は単板へのラミネートであったので、生産性も低くコストも高く、用途は限られていた。これに革命をもたらしたのが東洋鋼鋳によるペースト法による塩ビ鋼板であった。連続法による生産技術を確立して、一気に高生産性と低コストを実現したのである。これを実現するために、従来のペースト加工法では考えられなかった高温・短時間の加熱・ゲル化を実現するなど

の技術開発が必要であった。東洋鋼鋳はこの新しい技術による塩ビ鋼板を1959年に試験販売を開始、1964年には本格的な生産を開始した。

これに対して長浜樹脂はコイル巻きの鋼板に塩ビフィルムを連続的に接着するラミネート法の技術を確立、1960年にはこの技術による生産に全面的に移行した。

なお、東洋鋼鋳には1960年代に作成されたとみられるポータブルなケースに収められた製品見本セット（写真26）が保存されている。営業マンや市場開発担当者が持ち歩き、商品説明に用いたものであろう。また、1958～60年の、シャッターなどの施工例を撮影した写真集（アルバム）も保存されている。これらによって塩ビ鋼板の草創期の応用例を窺うことができる。



【写真 26】 塩ビ鋼板製品見本セット
（東洋鋼鋳(株)所蔵）

7. 廃塩ビ処理とリサイクル技術

軽量で強く、成型加工しやすく、しかも安価であるプラスチックは、とくに経済の高度成長期以降急速にその需要を伸ばした。それにともない廃棄物問題を中心とした環境問題が深刻となってきた。とくに塩ビ樹脂の場合は塩素を含むため、これを燃やすとダイオキシンが発生する問題が発生した。この問題は廃棄物の燃焼温度を高くすることで完全に防止できることがわかり、解決した。燃焼時のダイオキシンの発生は、塩ビ樹脂だけの問題ではなく、塩素を含むすべての廃棄物共通の問題であるので、燃焼条件が不適性であれば、廃棄物中に塩ビ樹脂の有無に係わらずダイオキシンは発生するし、燃焼温度を適性にすれば塩ビ樹脂の有無に係わらずダイオキシンは発生しないのである。

先の図2にみるように、塩ビ樹脂は産業用途で用いられる比率が圧倒的に高いので、リサイクルには有利である。実際、塩ビ樹脂の各製品別業界でリサイクルが積極的に進められている。また、塩ビ樹脂は、自然環境下での耐久性が高く、使用済みの製品でも物性の劣化がほとんどないこと、繰り返し成形加工しても物性低下がほとんどないこと、用途が広く重なる用途でも再利用ができることなど、他のプラスチックにはない利点があるため、他のプラスチックにくらべてリサイクル率は高くなっていると思われる。今回の調査では廃塩ビ処理の歴史的な調査には至らなかったが、各製品分野別のリサイクルの現状と最近の動きに触れておきたい。

(1) 硬質塩ビパイプと雨樋

硬質塩ビパイプの出荷量は年間約550千トンであるが、耐用年数が長い

ので廃パイプの排出量は約35千トンであり、そのうち約14千トンが再生パイプとして排水管にリサイクルされている（1999年度）。再生パイプには100%再生原料を用いたものと、外面と内面に新原料を用い、中間層を再生原料を用いた発泡層とする3層パイプがある100%再生原料を用いたパイプの規格は新原料を用いたパイプと同じ物性値が適用される。

硬質塩ビ雨樋も再び雨樋にリサイクルすることができる。また、塩ビパイプと品質設計が近いので、パイプへのリサイクルも検討されている。

(2) 窓枠

窓枠は歴史も浅いのでまだ廃窓枠は発生していないが、すでに、内側にリサイクル層を設けた窓枠の成形技術が開発されている。リサイクル層は将来予測される廃窓枠を消化するのに十分な厚みとなるよう設計されている。

(3) 農ビフィルム

農ビフィルムには、1970年代半ばから識別マークをつけ、収集、リサイクルを行っている1999年の廃農ビの排出量は約100千トン、そのうち約51千トンがリサイクルされている。廃農ビからは、泥を完全に除去することはできないので、透明性を命とする農ビにリサイクルすることはできないが、透明製品以外の用途では新原料と同様に扱われる。なかでも床材（Pタイル）は廃農ビが主原料になっている。その他、履物、マットなどに用いられている。また、電線被覆へのリサイクルも試みられている。

(4) 電線被覆

使用済み電線は銅を含むので、その

ほとんどが回収されている。塩ビ系被覆材の排出量は約120千トンで、そのうち44千トンがリサイクルされていると推定される。太い動力ケーブルの被覆材は選別・剥離が容易なので再び電線被覆材にリサイクルされる。一般電線の被覆材は銅を分離後、比重分離でポリエチレンなどと分離して再生原料としている。この再生原料は主として鞋底などに用いられている。

(5) 廃プラスチックの工業原料へのリサイクル

廃プラスチックのリサイクルは、再び成形材料としてリサイクルするのがもっとも経済的に有利である。先に述べたように、塩ビ樹脂の場合は、こうした成形材料へのリサイクル率が非常に高いのが特徴である。しかし、一般の廃プラスチックや産業系の廃プラスチックの一部では様々なものが混合されており、分離することが困難な場合が多い。このような場合は、分離することなく熱分解して工業材料の原料や燃料にリサイクルすることが適当である。この場合、廃棄物中の塩ビ樹脂の存在は、熱分解に際して塩化水素を発生するので不都合なことが多かった。しかし最近、塩ビ樹脂を含む廃プラスチックを高炉還元剤にリサイクルする技術、セメントキルン燃料にリサイクルする技術が開発されている。

①高炉還元剤

塩素を含まない廃プラスチックを高

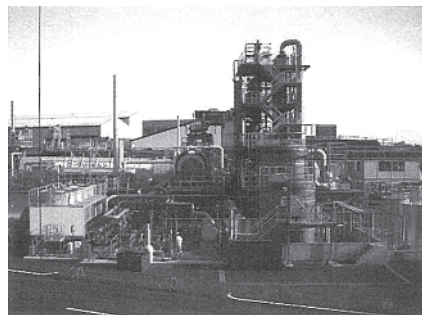
炉の還元剤にリサイクルすることは、すでにNKKが実用化している。そこで、塩化ビニル環境対策協議会はNKKと共同して塩ビ樹脂を含む廃プラスチックも使用できる技術を開発した。塩ビ・工業環境協会とプラスチック処理促進協会は、2000年、この技術で5千トン／年能力の実証プラント（写真27）を完成させた。

塩ビ樹脂を含む廃プラスチックをコークスとともにロータリーキルンのなかで熱分解し、脱塩素処理して、得られた炭化物を高炉還元剤として利用し、ロータリーキルンから発生した塩化水素は必要な精製を行って工業塩酸として回収する技術である。

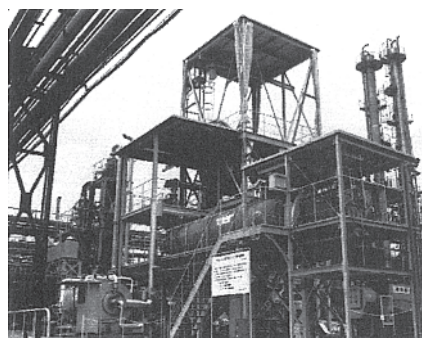
②セメントキルン燃料

塩ビ工業・環境協会とトクヤマが共同開発した技術であり、1999年に実証プラント（写真28）を完成させた。廃塩ビをロータリーキルンのなかで窒素雰囲気下で熱分解し、得られた炭素および炭化水素残渣をセメント焼成炉の原料として利用し、回収塩化水素は塩ビモノマー原料としてリサイクルする技術である。

以上、廃プラスチック処理技術、リサイクル技術の現状を瞥見したが、今後、樹脂製造技術、樹脂成形加工技術と並んで、この廃プラスチック処理、リサイクル技術の分野が重要な分野となると思われる。



【写真27】 廃塩ビ高炉原料化実証プラント
（(社) プラスチック処理促進協会写真提供）



【写真28】 廃塩ビセメントキルン燃料化
実証プラント（(株)トクヤマ写真提供）

謝 辞

今年度も、この調査にあたって多くの方々のご指導とご協力を頂いた。今年度は成形加工を中心とした調査であったので、昨年度に引き続いて塩化ビニル環境対策協議会運営委員長の牧野哲哉氏（三菱化学MKV）の全面的なご協力を頂いた。

また、塩化ビニル環境対策協議会に加盟している塩化ビニル管・継手協会と日本ビニル工業会のご協力を頂いた。

個別の企業では次の方々のご協力を頂いた。

成形加工メーカーでは旭有機材工業の立花重和氏、アロン化成の三箇信也氏と石川弘氏、金森化学工業の久徳眞敬氏、共和レザーの瀬尾誠氏、積水化学工業の滝呑昌広氏、三菱樹脂の大曾根雅秀氏、成形機メーカーでは池貝の松下洲一郎氏、東芝機械の大谷徹氏、日精樹脂工業の杉村俊明氏、名機製作所の加藤義政氏である。これらの方々は、ご多忙にもかかわらず、それぞれの会社の窓口となって、社内の古い資料を調べて下さり、また、それぞれの技術の創始期を知る諸先輩をご紹介して下さいました。

こうしてご紹介頂いた諸先輩の証言はとりわけ有意義であった。元・積水化学工業の坂上守氏と元・三菱樹脂の高橋義衛氏には、それぞれの会社の技術の歴史全般について教えて頂いた。元・アロン化成の福田守氏には東亜合成化学時代の硬質塩ビパイプについて、小林康人氏には旧寺岡製作所時代の射出成形機の開発と硬質塩ビ継手の製造について教えて頂いた。元・トクヤマの中野敏氏には塩ビ窓枠の開発の経緯について語って頂いた。元・ロンシール工業の須藤真氏には、ロンシール工業が社史刊行のために作成した原稿をお貸し頂いた。この社史原稿はすでに完成しているが事情により未刊に終わっているが、日本の塩ビ成形加工の草分けとなった同社の初期の状況のみならず、塩ビ成形加工分野の黎明期の状況を知ることのできる貴重な資料であった。

元・池貝の若宮四郎氏からは同社の押出機開発の、とくに初期の頃のお話を伺った。

硬質塩ビパイプの発展の重要な契機の一つとなった愛知用水については、元・クボタの久米幸男氏、愛知用水時代に県の指導係長として活躍された猿渡良一氏、愛知用水土地改良区の猪塚昌彦氏の有益な証言を得た。

この他にも多くの方々のご協力を得て、昨年度の報告と併せて、塩ビ樹脂工業技術の発展の経緯を、その草創期からかなり明確にすることができた。ここにあらためてご協力頂いたすべての方々に心から御礼を申し上げます。

参考文献

1. 佐々木均編「日本のプラスチック工業変遷史」（佐々木事務所、1988年刊）
2. 日本の塩化ビニル産業編集委員会「日本の塩化ビニル産業」（日本ビニル商業連合会、1978年刊）
3. 三菱樹脂(株)社史編集委員会「三菱樹脂50年史」（三菱樹脂(株)、1996年刊）
4. ロンシール工業(株)「社史草稿」（未刊行）
5. 共和レザー(株)「共和レザー50年のあゆみ」（共和レザー(株)、1985年刊）
6. ダイヤモンド社編「池貝鉄工」（ダイヤモンド社1969年刊）
7. 近藤恒雄「農ビとともに半世紀」（近藤恒雄、1998年刊）
8. 塩化ビニル管・継手協会「三十年の歩み」（塩化ビニル管・継手協会、1984年刊）
9. アロン化成(株)「アロンパイプ30年史」（アロン化成(株)、1980年刊）
10. 坂上 守編「積水化学50年技術史」（積水化学工業(株)、1997年刊）
11. (株)名機製作所50年史編集委員会「名機製作所50年史」（(株)名機製作所、1986年刊）
12. 日精樹脂工業(株)「日精30年の歩み」（日精樹脂工業(株)、1977年刊）
13. シャノンウインド20周年記念誌編集委員会「プラスチックサッシの本」（(株)トクヤマ）

An Outline of the Development of Poly Vinyl Chloride Technology in Japan, Including a Description of Historical Materials (2)

Masaki Miyamoto

The commercial industrial processing of the PVC in Japan began in 1948. Rubber processing companies such as Kawaguchi Rubber Industrial Company Ltd. started the fabrication of ordinary commodities of plasticized PVC by remodeling the rubber molding machine. In 1949, The Furukawa Electric Co., Ltd. started the manufacturing of the PVC insulated wire and cable using imported extruders for the electric wires from the United States.

In 1951, Mitsui Chemical Industry Co., Ltd. and Japan Chemical Industries Ltd. started the mass production of the plasticized PVC films using calendaring machines imported from the United States.

Also in 1951, the manufacturing of the rigid PVC has begun. First Toa Gosei Chemical Industry Ltd., and subsequently Nagahama Rubber Industry Co., Ltd. and Sekisui Chemical Co., Ltd. started the manufacturing of rigid PVC pipes, using double screw extruder machines imported from England. The production of rigid PVC pipes have outnumbered the production of various other PVC products.

Fittings is the first mass product made by injection molding of the rigid PVC but the exact year of its beginning is unknown. However, it is certain that mass production of fittings was well under its way in 1954. In 1957, Asahi Organic Chemicals Industry Co., Ltd. started the production of rigid PVC valves made by injection molding. One of these products is preserved.

**国立科学博物館
技術の系統化調査報告 第2集**

平成14（2002）年3月29日

- ◎編集 独立行政法人 国立科学博物館
「産業技術史資料の評価・保存・公開等に関する調査研究」企画推進委員会
- ◎発行 国立科学博物館 〒110-8718 東京都台東区上野公園7-20
03-3822-0111(代)
- ◎印刷 社会福祉法人 東京コロニー
- ◎編集協力 有限会社うつばや