

食の安全を守る

スチール缶と 缶用鋼板

飲料缶や食料缶に使われるスチール缶は、消費者にとって最も身近な鉄鋼製品の1つである。最近では、新興国の人口増加や生活水準の向上に伴い、世界的に需要が拡大している。日本の鉄鋼メーカーは、ぶりにきで代表される缶用鋼板の提供を通して、食の安全に貢献するという役割を果たしている。



飲料用スチール缶として広く使われているラミネート2ピース缶
(写真提供:東洋製罐(株))

国によって異なる食文化と缶詰

アメリカの人気漫画で、大男に立ち向かうヒーローがすかさずポケットから出すのは、ホウレンソウの缶詰であった。日本ではあまりない話だが、こんなところに缶詰が登場するのも、国による食文化の違いなのかもしれない。

飲料缶や食料缶は、世界各国で利用されているが、缶詰の消費スタイルは、世界各国や地域で異なっているといわれる。食品のコールドチェーンが発達し、生鮮食品を手に入れやすい日本では、缶詰は保存食というイメージが強く、缶の用途の多くは飲料用である。しかし、北米などでは缶詰の食品が多く、外出時など日常的に利用するという。海から遠い地域では、魚介類なども缶詰ならば流通するのに都合がよい。また、食料自給率が高い国では、豊富な食材を缶詰にして輸出することができる。

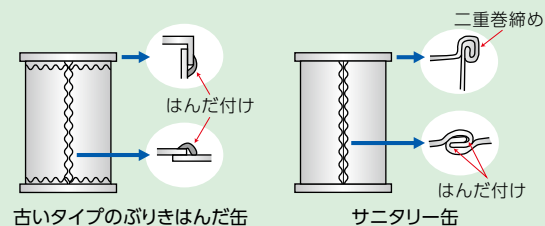
現在まで、食品や飲料などの内容物の種類や保存性や利便性などのニーズの高まりに対応して、さまざまなスチール缶が開発されてきた。それを支えてきたのは、各種の製缶技術や缶用鋼板の開発の歴史である。今回はとくに飲料缶に注目し、代表的なスチール缶と缶用鋼板の技術について紹介する。

サニタリー缶の開発とぶりにき技術

1896年、アメリカでサニタリー缶（オープントップ缶）が開発された(図1)。この缶は、それ以前のぶりにき缶に比べ、食品の保存性の高さが大きな特徴であった。缶の製造には、二重巻き

●近代製缶の始まりーサニタリー缶(図1)

古いタイプのぶりにきはんだ缶では缶胴の継ぎ目、および缶胴と蓋を職人がはんだで付けていた。一方、サニタリー缶では、ラバーをシール材として缶胴と蓋の間に挿入し、二重に巻き締めて密封性を高めた二重巻き締め法が新しく導入され、衛生的であることから「サニタリー缶」と名付けられた。



(出典: 缶用表面処理鋼板の産業技術史、国立科学博物館編、2007)

締め技術と自動はんだ付け技術が新たに導入された。これにより、製造効率が飛躍的に高まり、1日あたりの製造量はそれまでの60～70缶から一気に1,000缶以上に伸びたといわれている。これが近代製缶の始まりといわれ、缶詰の大量生産のきっかけとなった。

当時の食料缶の材料はぶりき(すずめっき鋼板)であり、加工性、耐食性、印刷性などの特徴を持つことから現在も代表的な容器用鋼板である。

すでに13世紀にボヘミアで、薄い鉄板にすずをめっきするぶりき製造が始まったといわれる。18世紀にはイギリスで、圧延した薄鋼板を使ってぶりきの原板を製造する技術が生まれ、19世紀初頭のイギリスは世界有数のぶりき生産国となっていた。

日本では、日清・日露戦争を経験して軍用食料として缶詰の要請があり、当時の官営八幡製鐵所で1923年に初めて国産のぶりきを出荷した。

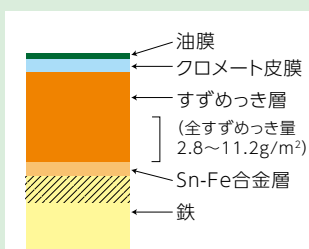
当時のぶりきの製造方法は、原板を1枚ずつ溶融すずめっき槽にくぐらせ(いわゆるドブ漬け)表面にすずを付ける熱漬めっきであった。当時すずはたいへん高価であったが、熱漬めっきではめっき層の厚さを細かくコントロールするのが難しかった。そこで、1934年にドイツで、すずの使用量を減らし、安定した付着量を確保する電気めっき技術が開発された(図2)。

電気めっきとは、すずが含まれる溶液槽の中で、鋼板を陰極、すずを陽極として電解めっきを行う方法である。これにより、すずの付着量をコントロールすることができ、美しくなめらかな表面形状が得られるようになった。日本でも1955年に、海外の技術を導入して、電気めっきラインが初めて設置された。

すずを使わないTFSの開発と接着缶

1950年代以降になると、ぶりきの材料であるすずの価格が高騰した。当時すずの産地は不安定な社会情勢にあり、すずは高価なうえに資源の枯渇が懸念されるようになった。

●電気めっきぶりきの皮膜構造(図2)



電気めっきぶりきは、鋼板に電気すずめっきした後、すずを溶融処理して表面に光沢を出し、その上にクロメート処理して耐食性と塗料密着性を付与する。

電気めっきぶりきの皮膜構造

(出典: 缶用表面処理鋼板、和氣、ふえらむVol.5(2000)No.2)

●軍隊の食料保存から生まれた缶詰

19世紀初期に、フランスのナポレオンが海外遠征していた時、乾物などの食料しかなく兵士たちが体調を崩すという問題が起きた。そこで長期間保存しても腐敗せず、味の良い食料の保存方法を募集したところ、フランスのニコラ・アペールが加熱と密封による長期保存法の技術をびん詰めで完成させた。この技術を元に、1810年にイギリスのピーター・デュランがぶりきの缶詰を発明し、1812年に世界初の缶詰を製造した。

その後、缶詰の技術はアメリカに広がり南北戦争(1861～1865年)では軍用の食料として缶詰が使用されたため缶詰産業が大きく発展した。

日本では1871年、フランス人の指導で松田雅典が作ったイワシの油付け缶詰が最初だった。その後、1877年に北海道に日本初の缶詰工場が建設され、石狩川で取れるサケの水煮缶詰を製造し、国内だけでなく輸出用にも使われたといわれている。

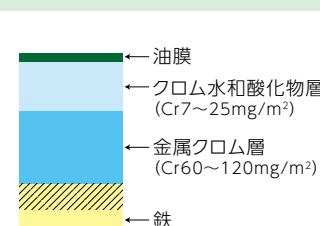
このため、すずを使わない材料の研究が進められた。その結果、すずめっきに替わる処理としてクロムめっき処理を行ったのが、TFS(Tin Free Steel)であり、1961年以降、世界に先駆けて日本の鉄鋼メーカーが相次いで開発した(図3)。

それ以前のぶりきの材料技術は日本が欧米から導入したものであったが、TFSは初めて日本が独自技術で開発した缶用材料であった。しかも、材料だけでなく製造技術をも輸出した。

ただしTFSははんだ付けに適していなかったため、ぶりきと同様のはんだ缶を作ることはできなかった。そのため、TFS開発当初の1960年代には、ぶりき溶接缶も多く使われていた。

その後、日本で開発したTFSを使用した缶の技術開発が進み、1970年、TFSを使った接着缶(商品名: トーヨーシーム)が新しく開発された。缶胴はナイロンテープによる高周波誘導加

●TFSの皮膜構造(図3)



TFSは、鋼板の表面に金属クロムと水とクロム酸化物の皮膜を付けたもので、優れた耐食性、耐熱性、耐薬品性、加工性などを発揮する。

TFSの皮膜構造

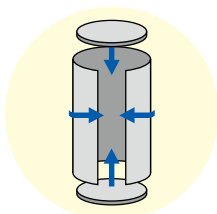
(出典: 缶用表面処理鋼板、和氣、ふえらむVol.5(2000)No.2)

●3ピース缶と2ピース缶(図4)

缶は、構成されるパーツの数で分類すると、2ピース缶と3ピース缶に分けられる。

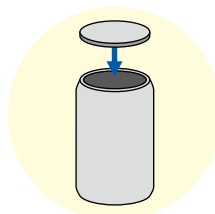
3ピース缶の特徴

缶胴、天蓋、底蓋の3つから構成されるスチール缶である。強度が高く、外からの圧力に耐えられる形状で、主に食料やコーヒー飲料などレトルト殺菌を必要とする用途に使用される。



2ピース缶の特徴

缶胴、缶蓋の2つから構成され、スチール缶とアルミニウム缶がある。スチール缶の用途は3ピース缶と同様だが、アルミニウム缶はビールや炭酸飲料など内圧のかかる飲料を中心に使用される。



熱により接着された。圧延技術の開発により、材料の板厚は従来より大幅に薄くなり、高品質かつ安価な缶が供給できるようになった。TFS接着缶は、ジュース類や炭酸飲料を中心に広く普及し、一時は金属缶市場全体の3割程度を占めるまでになった。

TFS接着缶の登場とほぼ同時期に、アメリカからアルミニウムDI(Drawing & Ironing、絞りしごき加工)缶製造技術が導入された。DI缶は缶胴と缶蓋で構成される2ピース缶である(図4)。缶胴は、薄板を打ち抜いたカップから、絞りしごき加工によって薄く伸ばして、板厚が材料の約3分の1まで成形する。その後、ぶりをを使ったDI缶も登場した。

このように1970～80年代には、ぶりき溶接缶、TFS接着缶、ぶりきDI缶などのスチール缶が使われており、飲料メーカーにとっては選択の幅が広がった時期だといえる。

環境を配慮したラミネート2ピース缶

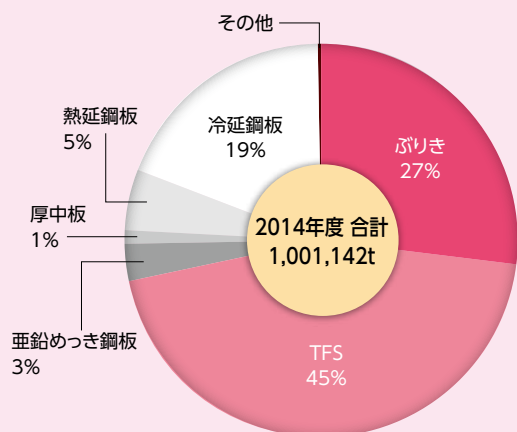
1980年代の後半から地球環境問題の深刻化が叫ばれ、容器にも環境への配慮が求められるようになった。1992年、TFSを使用したラミネート2ピース缶(商品名;TULC:Toyo Ultimate Can)が登場し、環境保全性を高めた金属缶として注目を集めた(図5)。

材料面での特徴は、ポリエステルフィルムを付与したラミネート鋼板を使用していることである。これにより、缶胴の成形工程では、DI缶で必要だったクーラント(潤滑剤入り冷却水)や洗浄用の水を使用する必要のないドライフォーミングが適用された。缶胴の内面はラミネート塗装面であるため、スプレー工程や焼付けオープン工程を省略することができた。これらの製造技術の導入により、製造ラインの省スペース化や消費エネルギーの削減にもつながり、生産効率も向上した。

一方、ラミネート鋼板においては、成形工程で発生する熱による劣化を防ぐため、細かな温度コントロールが不可欠となった。またラミネート技術についても、開発当初は鋼板にフィルムを貼り付けた材料が使用されていたが、その後、加工効率を向上させるため展延性の高いフィルムを使用するようになり、さらに現在では、フィルムを貼り付けるのではなく、溶融した樹脂を直接コーティングするダイレクトラミネート技術が開発されている。

ラミネート2ピース缶の開発当初はスチール缶へ適用されていたが、優れた環境保全性が知られるようになり、現在ではアルミニウム缶にも適用されている。

容器用鋼板の品種構成比(2014年度、受注基準)



主に飲料缶や食料缶に使われるぶりきとTFSは、合わせて70%超(約72万t)となっている。

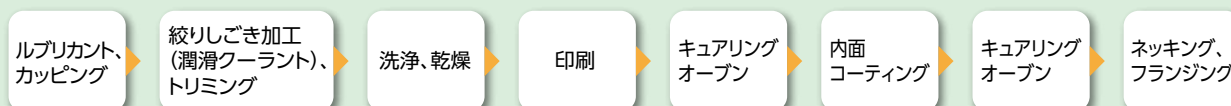
*容器用鋼板:飲料缶及び食料缶、ドラム缶、18リットル缶、高圧容器、コンテナおよびエアゾールを含む塗料缶などの一般缶、王冠などを含む。

(出典:鉄鋼需給統計月報、(一社)日本鉄鋼連盟編、614(2015))

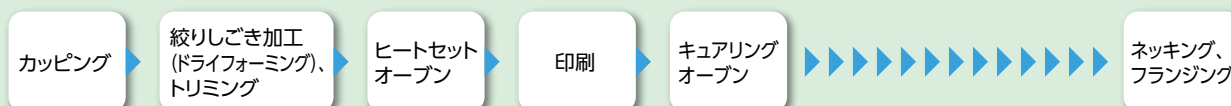
●ラミネート2ピース缶とアルミニウムDI缶の製造工程の比較(図5)

ラミネート2ピース缶は、ドライフォーミングを適用することにより、洗浄工程を省略でき、排水処理設備が不要となった。また飲料と接する内面のコーティング、焼き付けオープンの工程も不要となった。

アルミニウムDI缶の製造プロセス（排水処理設備が必要）



ラミネート2ピース缶の製造プロセス（排水処理設備が不要）



（資料提供：東洋製罐（株））

高度な鉄鋼技術が詰まった缶用鋼板

日本の缶用鋼板は世界をリードする高い品質を誇っているが、それを支える鋼板製造技術が重要な役割を果たしている。一般に缶用鋼板には、軟らかくて成形しやすい低炭素鋼が使われる。

製缶メーカーの缶用鋼板への要求特性には、成形加工性の向上やコスト低減がある。成形性に優れ、薄肉で丈夫な缶ができれば、缶の原単位を低減することができ、コストダウンにつながるからである。

現在のスチール缶の缶胴の板厚は60～70 μm 程度ときわめて薄い。薄肉で加工度の高い成形を行うには、材料の清浄度向上が重要なポイントである。清浄度を向上するには金属組織中の介在物の制御が必要であり、現在の缶用鋼板の清浄度は、自動車用鋼板と同等またはそれ以上といわれている。

日本の鋼板製造技術の特徴として、製鋼段階での正確な成分コントロールと、連続鋳造技術を駆使した非金属介在物の制御が挙げられる。連続鋳造では、溶鋼が固まるまでに酸化物などの固体の介在物を除去する。これにより材料強度や加工性の低下を防ぎ、表面きずを防ぐことができる。

さらに連続焼鈍技術も、缶の薄肉化ニーズに対応し、材料の加工性を高めるために必要不可欠である。原板の冷間圧延コイルを、連続焼鈍、調質圧延、精整の連続焼鈍プロセスで処理することにより、均一な品質と強度、加工性、成形性の向上が図れる。このような特徴を持つ缶用鋼板により、製缶メーカーには製缶速度向上や歩留り向上などのメリットが生まれる。

食の安全性を守るスチール缶

現在では多くの種類の容器が使われているが、私たち消費者から見たスチール缶のメリットの1つに、安全性の高さがある。他の容器に比べスチール缶は内容物を丈夫に守ることができ、たとえスチール缶を壊そうと思っても容易に壊れない。また、打検という検査ができるのもスチール缶の特徴である。打検とは、内容物を詰めた後で缶底を叩き、その反響音で缶内圧の変化を把握し、腐敗を検査する方法である。容易に検査ができ、出荷や流通の段階での内容物の損傷を防ぐことができる。

また、スチール缶の特徴として知られるようになったのが、リサイクル率の高さである。2014年度にはリサイクル率92.0 %を記録し、経済産業省のガイドライン目標である90 %以上をクリアしている。

数多くの鉄鋼材料の中でも缶用鋼板は、食の安全に直結するという点で異色の存在である。日本のメーカーであっても最近では、国内だけでなく海外の飲料・食品市場への提案も図られている。今後は、新興国も含め世界各地で優れたスチール缶が普及していくことが期待される。

●取材協力 東洋製罐（株）、新日鐵住金（株）

●文 杉山香里