



新たな航海へ。波浪推進船ついに完成

このほど、海洋冒険家・堀江謙一氏の新たな航海を支える船が完成し、進水式が行われました(写真は進水式の様子)。今回、堀江氏は波の力だけを動力とし、6000キロの単独航海に挑みます。波の力だけで進む船はオールアルミニウム製。どのように船がつくられたのか、建造の様子を紹介します。



水素貯蔵容器

燃料電池車の水素貯蔵容器に、アルミ合金の適用が検討されています。

アルミ
ものづくり
押出

複雑な形でも、
意外にかんたん?

アルミを押し出す、ってどんなこと?

風が吹いた日
All Epoch-making



オールアルミ缶

おいしさとファッション性で選ばれた容器

つぎの冒険へ。波を力に、夢をかなえるアルミ船

たくさんの夢をのせて ハワイ～紀伊水道6000キロの航海

もしも十分な時間とお金があったなら、あなたはどこへ行ってみたいですか。世界一周、それとも宇宙でしょうか。はるか遠くへ、見たことのない景色を見てみたいと思うのは多くの人が抱く夢です。海洋冒険家として知られる堀江謙一氏は「夜がめぐり朝が来るように。限らないチャレンジそのものが私の人生であります」といい、ヨット単独無寄港世界一周をはじめとして数々の冒険にチャレンジし続けています。現在、堀江氏の止むことのない好奇心によって、またそれに夢を託した多くの人々の支えによって、次の航海の準備が着々と進められています。

今回は、波の力を利用した波浪推進船で、ハワイから紀伊水道(徳島・^{かみだみさき}蒲生田岬 - 和歌山・^{ひのみさき}日ノ御崎の線上)まで約6000kmの単独航海が計画されています。これまで堀江氏は人力や風、太陽など、自然エネルギーを動力源とした航海を成功させてきましたが、今回は波のエネルギーに着目。そもそも波は船の航行スピードを低下させたり、転覆の原因ともなるものです。その波で船が進む?世界初となる試みは、波浪推進の研究に携わる東海大学海洋学部・寺尾裕教授の協力を得て、船の設計が進められました。波浪推進船「SUNTORYマーメイド 号」はオールアルミニウム製。アルミニウムを用いて、どのように船は建造されたのでしょうか。広島県福山市の造船所(常石造船カンパニー)を訪ね、建造中の船の様子取材しました。



全長9.5mのオールアルミ製双胴船。写真は、建造中のため船底が上のさかさまとなっている。写真左が船の前方となり、2枚の翼が付いている。これが波を受けて推進力を発生させる。

船体はソネシホールディングス(株)の常石造船カンパニーおよび常石林業建設カンパニーにおいて建造された。



堀江 謙一氏
(1938年9月生まれ)

【今回の航海の計画】
2007年5月末 進水式
2008年3月 出航 ハワイヨットクラブ(ホノルル)
2008年5月下旬 終航 紀伊水道

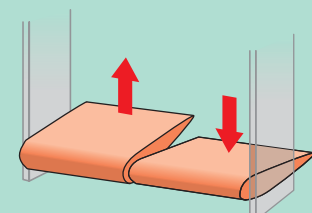
堀江氏は「今回、波のエネルギーに注目したのは、以前、航海中にマストが折れ船の安定感がなくなり、波による激しい横揺れを経験した時に、この波の力を活用できないかと思ったのがきっかけです。変動しやすい太陽や風のエネルギーと違って、波は海に無限に存在するエネルギーです。また波のエネルギーを推進力に利用すれば、船の揺れが少なくなり乗り心地がよくなる効果も期待できます。今は船の姿をみて、多少の不安とワクワクする気持ちでいっぱいです。今回の航海で、自然エネルギーに皆さんの関心が集まってくれたら、またチャレンジする素晴らしさを感じてもらえたら嬉しいと思っています」と語る。

【過去の航海】

- 1962年 単独太平洋横断航海
- 1973～74年 単独無寄港世界一周航海(ホーン岬西回り)
- 1978～82年 縦回り地球世界一周航海
- 1985年 ソーラーパワーボートでハワイ・父島間航海
- 1989年 太平洋横断では世界最小の外洋ヨットでサンフランシスコ・沖縄間航海
- 1992年 足漕ぎボートでハワイ・沖縄間航海
- 1996年 アルミ缶リサイクルソーラーパワーボートでエクアドル・東京間を単独無寄港太平洋横断
- 1999年 ビール樽を利用したリサイクルヨットでサンフランシスコ・明石海峡大橋間を横断
- 2002年 ウイスキー貯蔵用樽、ペットボトルを利用したリサイクルヨットで西宮・サンフランシスコ間を横断
- 2004～05年 単独無寄港世界一周(ホーン岬東回り)



この部分が船の心臓となる。アルミ製の翼が波をとらえ推進力を生み出す



二枚の翼が波を受けて上下運動し、推進力を発生させる

>>>

まるでドルフィンキック。波をとらえる水中翼

この船の特徴は、船の前方にあります。二枚の翼が取り付けられており(写真は建造中のため船底が上のさかさまとなっている)、水面下1m程度でこの翼が波を受けて上下運動し、イルカのドルフィンキックのような動作で波のエネルギーを吸収し推進力を発生します。翼は、さまざまな方向から船体にあたる波に対して効果的に推進力を発生できるよう形状が工夫されており、横波や後ろからの波でも、波さえあれば前進できるといえます。平均速度は3ノット(推定)。

>>>

アルミニウムを用いた曲面フォルム

船体の材料に使用されたのは、船舶材料として信頼性の高いアルミ材料5083合金(Al-Mg系)。エンジン動力に比べパワーに劣る波浪推進のため、板厚3mmの薄板が用いられ軽量化が図られました。通常、アルミニウムを使用した船形は直線的なものが多くないが、この船は抵抗の少ない船形を追求し、曲線を生かしたフォルムとなっています(詳細は次ページ)。



曲線を生かした双胴船は波の力を効果的に取り入れる工夫がなされている

環境への配慮から、アルミニウムを船体に採用

建造された船は全長9.5m、最大幅は3.5m、重量は3トンの双胴船です。このような小型船は通常、船体にFRP(繊維強化プラスチック)が多く使用されていますが、今回はリサイクル性が重視されアルミニウムが採用されました。船体の設計を担当し



(有)マリンデザインシステム
横山 一郎氏

た(有)マリンデザインシステムの横山氏は「FRPだと量産には適していますが、成形には型が必要となり、それが使用後にはゴミとなってしまいます。その点、溶接接合によって建造するアルミニウムは無駄が少なく、さらにアルミニウムは船の使用後にリサイクルが図れるので、環境にやさしい材料といえます」と語ります。

使用されたアルミ材料は5083合金(Al-Mg系)で、耐食性、強度、溶接性にすぐれ、船舶材料として広く使用されています。もともとアルミニウムは表面にち密で安定な酸化皮膜を生成するため耐食性にすぐれますが、5083合金はさらに耐食・耐海水性を向上させた合金です。また耐食性にすぐれるだけでなく、船の構造部材に求められる高い強度を持ち、さらに溶接接合により船は建造されますが、良好な溶接性も兼ね備えています。このような特性から船舶材料として高い信頼性を持ち、巡視艇や高速旅客船、漁船など、多数の船舶で活躍しています。

波の力を最大限に生かす船形

アルミ合金を用いて、波浪推進船はどのように建造されたのでしょうか。この船は、エンジン動力に比べパワーに劣る



ツネイシホールディングス(株)
常石林業建設カンパニークラフト・救命艇事業部長
伊東 和太氏

ため、通常、船舶の船殻の板厚は5mm程度ですが3mm厚の板材が選ばれ、軽量化が図られました。使用量は約2トン。この板材を曲げ、細かく組まれた骨組みに合わせ溶接接合されました。とくにこの船で特徴的なのが曲線を生かした船形です。設計の横山氏は「アルミ船は直線的な船形が多いなか、この船は抵抗を少なくするため曲線を生かしたフォルムとしました。また波の力を効率よく取り入れるため、双胴船の左右は非対称となっており、建造を担当された方は非常に苦労したようです」といいます。船体の建造を担当したツネイシホールディングス(株)常石林業建設カンパニーのクラフト・救命艇事業部長伊東氏は、「小型なので溶接工が内部に入りにくく、限られたスペースで作業を行う必要がありました。そのうえ、難易度の高い曲面です。さらに薄板の溶接はひずみや孔あきが発生しないよう細心の注意が必要です。私どもはアルミ高速旅客船を主に建造しているためアルミは扱い慣れています。その経験と技術を生かして、この非常に難しい、特殊な船をつくり上げました」といいます。繊細さが求められる作業は、まるで芸術品を扱うようだったと伊東氏は表現します。世界で唯一の本格的な波浪推進船は、高度な技術とすぐれた材料によりつくり上げられました。出航は2008年3月。この船はどんな波を乗り越え、新たな記録を生みだすのでしょうか。たくさんの人々の情熱から生まれたアルミ船は、その時を待ち望んでいるようです。



撮影：山田 茂雄

難易度の高い曲面の溶接作業は繊細さを要求され、まるで芸術品をつくるようだったという。



とくに船底は、部位によってカーブの角度が異なり、苦心したという。

知ってなるほど
アルミ
用語

水素貯蔵容器

究極のクリーンエネルギー自動車として注目を集める燃料電池自動車。その燃料となる水素の貯蔵容器の材料として、アルミ合金の研究が進められています。

水素をどうやって自動車に載せるか

炭酸ガスなどの温室効果ガス排出削減問題が世界的な問題となっている現在、自動車においてもハイブリッド車をはじめとするクリーンエネルギー自動車への取り組みはいっそう盛んになっています。クリーンエネルギー車のなかでも燃料電池自動車は、燃料の水素と酸素で発電し、排出するのは水だけ、という特徴から、実用化への期待が高まっています。そもそも水素は、無色無臭、自然発火しにくい、燃えても炭酸ガスや硫黄酸化物を発生しないなどの特徴を持ち、自動車以外でも家庭用や携帯機器用のクリーンエネルギーとしても期待されています。

自動車用として現在研究されている燃料電池システムにおいて、使用する燃料の種類とそれにあった燃料貯蔵方式の選択は、実用化の上で重要なポイントとなっています。しかし、燃料の水素は常温では気体であるためエネルギー密度が低く、ガソリンのように自動車に載せるためには高密度化しなくてはなりません。高密度化の具体的な方法の1つが、水素を高压にして容器に貯蔵する方法です。

高压と水素の影響に耐えられるアルミ容器の開発

現在検討されている高压水素容器では、水素を70メガパスカル(700気圧)にして貯蔵します。私たちの身近にある高压容器では、たとえば風船をふくらませる時に使うヘリウムガスのボンベが約15メガパスカル程度だといえますから、70メガパスカルでは容器にもかなりの圧力がかかっていることは想像がつかます。

一般に圧力容器の材料には、鉄やステンレスなどが多く使われ



自動車各社の燃料電池自動車の例
(2005年東京モーターショー会場より)



ています。しかし、このような金属では組織中に水素が入り込むことにより材料がもろくなる場合があるため、より安全性の高い容器材料の研究が進められてきたのです。

そこで注目されるのがアルミ合金を使った容器です。アルミ業界では、(独)新エネルギー・産業技術開発機構の受託事業「水素安全利用等共通基盤技術開発」の一環として、平成15年度から日本アルミニウム協会とアルミ圧延6社のグループが技術開発に取り組んできました。この研究の成果として平成16年度には、高压水素貯蔵できる複合容器の材料として、アルミ合金のA6061-T6材が採択されました。この容器はアルミライナー(内面)材に炭素繊維補強が施されたものです。

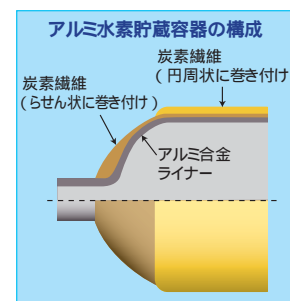
平成17年度からは、70メガパスカル容器の実用化を目指し、ライナー材の高強度化、部品材料選定範囲の拡大を目的とした各種アルミ合金の適用可能性の検討が進められています。また、容器の製造方法についても、押出管の両端をスピニング加工して容器形状にする方法や、その他の製造方法についての検討も行なわれています。

航空宇宙用としての実績をベースに

すでにアメリカでは、航空機や宇宙ロケットなどの高压容器材料としてアルミニウムが使用されてきた実績があり、材料の特性データも長年にわたって蓄積されてきたという経緯があります。また、アルミニウムは水素に反応しにくく安定しているという特徴があるため、安全性の高い容器材料として有望だと考えられています。

最近では、日本の自動車メーカーでも燃料電池車の本格化に向けての取り組みを本格化しており、今年秋に開催される東京モーターショーでも、自動車メーカー各社から燃料電池自動車のコンセプトカーや新技術の発表などが行なわれることでしょう。

アルミニウムの将来を見据えた研究により、クリーンな水素エネルギーの利用が今後いっそう進むことが期待されています。



最高充填圧力70メガパスカルを目指し開発が進むアルミ製水素貯蔵容器
(写真提供:サムテック 株)



意外に 複雑な形でも、かんたん？

アルミを押し出す、ってどんなこと？

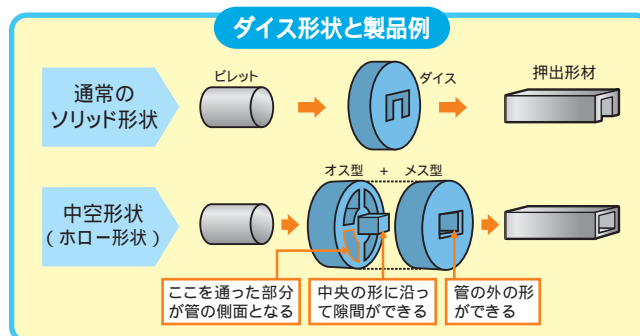
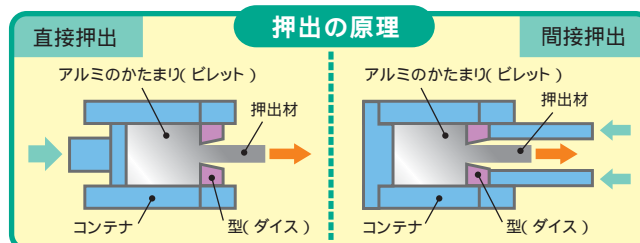
たとえばケーキを作るとき、ホイップクリームを星形の口金からしぼりだすと、星形になったクリームが出てきます。アルミニウムの押出も、原理はこれと同じ。穴の開いた型を設置しておき、熱したアルミニウムを圧力をかけて型に押しつけると、型と同じ断面形状の長い材料が出てくるのです。

じつは、押出加工はアルミニウムだけのものではなく、銅や樹脂、セラミックスなどでも行われています。同じ金属である鉄に比べて、アルミニウムは軟らかく加工しやすい、製品の形を精度よく作ることができる、などの特徴を持っており、押出加工に適した材料だといえます。

日本では、1950年代にアルミニウムの押出加工が本格的に始まり、なかでも建築用のアルミサッシが普及し、押出は、アルミニウムの代表的な加工方法として、広く知られるようになりました。アルミサッシなどの建材のほか、自動車や電子機器などの部品、日用品など、アルミ押出材は幅広く使われています。

ダイスの工夫で複雑な形も可能に

アルミニウムの代表的な押出方法には直接押出と間接押出があります。直接押出では、あらかじめ350～500の高温に熱したアルミのかたまり(ピレット)を、型(ダイス)の片側から圧力をかけて押すと反対側から押出材が出てきます。これに対し間接押出は、ダイスをピレットに向かって前進させ、



ダイスの後方側に製品を押し出す方法で、ピレットと機械との間に摩擦が起こらず、より寸法精度の良い製品ができます。

ところで押出では、長い棒の中が空いて管のようになった中空形状(ホロー形状)の製品を作ることができますが、この仕組みはどうなっているのでしょうか。

このような製品を作るには特別な形をしたダイスが使われます。ダイスは、違う位置に穴の開いたダイスを複数組み合わせさせてあります。アルミ材料の流れは、最初のダイスで一度分かれ、次のダイスで再び一体化されます。こんな複雑な形を一工程で作ることができるのも、アルミ押出ならではのメリットです。

これは小さい! 熱交換器用精密押出チューブ

カーエアコンに使われる精密押出チューブは、放熱性能を高めるため表面積をできるだけ広くして放熱性を高めるため、小さくても複雑な断面形状をしています。チューブの断面は幅2センチ、高さ2ミリ程度で、薄肉、精密な形状が高度な押出技術によって可能となり、内側に10個以上の穴が空いた多穴管も多く作られています。



A1風が吹いた日 Epoch-making

おいしさとファッション性で選ばれた

オールアルミ缶

1971年、日本初のオールアルミ缶が登場しました。それまでの容器にないファッション感覚にあふれたアルミ缶は、またたく間に人気の的となりました。夏の到来とともに、今年もアルミ缶の季節がやってきました。

ライフスタイルの変化とともに

大阪で万国博が開催された翌年の1971年、わが国は高度経済成長の最盛期を迎え、人々の消費生活もそれ以前とは大きく変化しました。日本初のハンバーガーチェーンが東京・銀座でオープンしたり、カップ入りヌードルが発売されたのもこの頃のことです。若い世代を中心に、日本人の新しいライフスタイルが注目されるようになりました。

同じ年、日本で初めてオールアルミ缶ビールが登場しました。それまでのスチール缶に比べ、缶臭さがなくおいしい、印刷が美しくファッショナブル、などの特徴から、多くの消費者に支持されました。またアルミ缶は、よく冷える、おいしさを長く保つ、軽量なため輸送や保管が楽などの点から、缶ビールを販売する店舗や流通関係でも大きな支持を得ました。また自動販売機の普及も、アルミ缶の普及の大きな追い風となりました。

DI法の導入により大量生産を実現

日本初の缶ビールは昭和33年に登場しました。当時の缶ビールはスチール缶で、缶のフタに切り込みを入れて開けて飲めるようになっていました。また、びんビールのように割れることがなく、コップがなくても気軽に

に飲むことができる缶ビールは、どこへでも持ち運ぶことができる利便性が受け、屋外でビールを飲むという楽しみが生まれました。

もともと飲料用アルミ缶は、先にアメリカで普及しましたが、これはアルミニウムの特長を生かした2つの技術が開発されたことが、大きなきっかけとなりました。1つは、飲料缶のフタを手で開けられるイーザー・オープン・エンド(プルタブ)の開発(1963年)、もう1つはDI法の開発(1955年)でした。

とくにDI(Drawing & Ironing)法は、缶ボディを大量生産することが可能な製造方法で、もともと弾丸の薬きょう製造方法からヒントを得た方法だといわれています。

DI法では、まずアルミ板から浅いカップを打ち抜き、これを絞り加工(Drawing)で所定の内径にし、さらにしごき加工(Ironing)で側壁部を薄く伸ばし、同時に強度を高めます。このような加工によって底と一体となった缶ボディができあがります。これは、缶ボディとフタの2つのパーツでできているので、2ピース缶と呼ばれます。

DI法は、生産効率が高い、缶の薄肉化が図れ軽量化が可能、など多くのメリットを発揮します。まさに成形加工性にすぐれたアルミニウムに最適な方法だといえるでしょう。

小さな缶に詰まった高度な技術

DI法だけでなく、それ以後もアルミ缶の製造技術は進化を続けてきました。以前は、ビールや炭酸飲料のように、炭酸ガスで内圧がかかるような飲料を中心にアルミ缶が採用されてきましたが、液体窒素充てん

技術などの技術開発により、これ以外のさまざまな種類の飲料にも対応できるようになりました。また、缶ボディの絞り加工などにより軽量化も進みました。また1980年代後半には散乱ごみを出さないステイオンタブが登場、1991年「あき缶はリサイクルへ」の識別表示マークが表示されるなど、リサイクルや環境への配慮もされるようになりました。いまでは広く知られるようになったアルミ缶リサイクルですが、これをきっかけに、アルミニウムのすぐれたリサイクル性が一般に広く知られるようになりました。



より、これ以外のさまざまな種類の飲料にも対応できるようになりました。また、缶ボディの絞り加工などにより軽量化も進みました。

また1980年代後半には散乱ごみを出さないステイオンタブが登場、1991年「あき缶はリサイクルへ」の識別表示マークが表示されるなど、リサイクルや環境への配慮もされるようになりました。いまでは広く知られるようになったアルミ缶リサイクルですが、これをきっかけに、アルミニウムのすぐれたリサイクル性が一般に広く知られるようになりました。

現在日本では、1年間に約184億缶(2006年度)のアルミ缶が使われていますが、ビール缶でほぼ100%がアルミ缶となっています。また、アルミ缶のリサイクル率は90.9%(2006年度)と、高い水準に達しています。最近では、炭酸飲料やお茶製品にアルミボトル缶の需要が増えています。

じつは日本のアルミ板の生産量、年間約130万トンのうち、アルミ缶に使われるのはおよそ40万トンで、3分の1がアルミ缶に使用されていることとなります。現在、日本のアルミ缶製造技術は世界トップレベルといわれています。ここにもアルミニウムの高度な材料技術が生かされているのです。

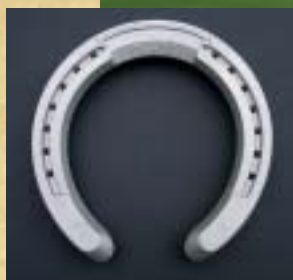


缶ボディの製造では、いちばん左の浅いカップから、側壁が徐々に伸ばされ缶の形ができていく

押出能力9,500トン! 日本最大の大型押出設備

日本でいちばん大きいアルミ押出設備は押出能力9,500トン大型押出設備です。大型とは、押出材の断面積が大きいということで、この設備では最大600mmクラスの押出材が製造できます。大型押出材は、新幹線などの鉄道車両や建材、産業機械などの分野で広く使用されています。(取材協力: 軽金属押出開発(株))





兼用蹄鉄

アルミ製蹄鉄を調教時、レース時、両方で使用できるように開発された。摩耗の激しい鉄頭部(つま先)には鋼製補強片が埋め込まれている。一般的にアルミ製蹄鉄は、異形押出材(2000系(Al-Cu系)合金、5000系(Al-Mg系)合金など)を使用し、切断、U字曲げ、熱間鍛造して仕上げられる。写真提供:尾形伊之助商店

日本中央競馬会のレースでは、蹄鉄は、重量が125グラム以下と規定されており、現在では、アルミ製兼用蹄鉄が主に使用されている。

取材協力:(株)日本装蹄師会

蹄鉄

勝負をかけた軽やかな蹄

ひとびとの興奮は追い風を生むのだろうか
勢いよく飛び出した駿馬は
歓喜の熱風をうけて、
飛ぶように、長い脚を繰りだす

競走馬の脚は驚くほど華奢である
この蹄を守る蹄鉄は、

レース時、重量が百二十五グラム以下と規定されている()
そのため、レース前に鋼製の調教蹄鉄から

アルミ製の「競走用ニウム鉄」へ打ち変えられた
別名「勝負鉄」とも呼ばれるこの軽い蹄鉄は、スピードアップに貢献する
これを調教時でも使用できるよう改良した蹄鉄が登場し、
いまではほとんどの競走馬の蹄はアルミニウムが支えている()

のこり百メートル、

怒涛のような蹄の音が鳴り響く

芝を蹴り上げ、いっきに後続をひきはなす

誇らしげにタテガミをなびかせて、駿馬は軽やかにゴールを駆け抜ける