



チェーンのフラッシュバット溶接。わずかに接触した面に大電流を流すと火花が激しく飛び散る。

MANUFACTURING  
POWER OF JAPAN

# 時を超え、技をつなぐ

## 姫路城の釘職人からつながる鎖づくり

姫路市は鎖の一大産地である。その生産量は全国の約70%を占めるといふ。ではどうして姫路で鎖づくりが盛んになったのか。

江戸時代、天下の名城である姫路城を築城する際、建造に必要な釘を火造りで作った。火造りとは、熱した鉄を槌で叩いて形を作る、昔ながらの鍛冶技術である。この釘は、当時のこの地域の地名をとって「松原釘」と呼ばれた。地域の人々は、この頃から鍛冶についての知識と経験を持っており、明治の中頃には船釘の製造も行われるようになった。

明治末期、姫路出身の瀬川長蔵が、大阪で船釘や鎖の製造を開始した。第一次世界大戦時に鎖の需要が急速に増大し、瀬川は姫路に製鎖工場を建設した。この工場ですべての技術を得た弟子たちはそれぞれ工場を開いた。これが今日の製鎖



1950年ごろの姫路の製鎖工場のような様子

工業の基礎となったのである。

姫路で、濱中製鎖工業(株)が創業したのは1936年のことだった。同社は、船舶の錨をつなぐアンカーチェーンを製造しており、戦

後にはロイド船級認定工場、JIS認可工場の指定も受け、造船需要の高まりに伴って生産量を伸ばしていった。しかし、アンカーチェーンは寸法が大きく、当時は火造りや鍛造で製造されていたが、いずれも人手に頼る方法であり、チェーンの大型化や量産化には限界があった。

戦後、ヨーロッパでフラッシュバット溶接によるチェーンの生産が始まった。この方法は、従来の方法に比べ、製造工程がシンプルで、低コストで製造できるため、急速に普及していった。そして、1957年、同社はスウェーデン製のフラッシュバット溶接機を日本で初めて導入した。これにより、大型チェーンの高品質化、量産化に成功し、現在では、最大重量340kg、直径160mmという大型チェーンを製造できる日本唯一のメーカーとなった。

## 微妙な調整は人間にしかできない

同社の主力製品である船舶用のアンカーチェーンは、何万tもの船を確実に固定するという、重要な役割を課せられており、材料や製造工程にも品質重視の姿勢が表れている。

まず材料は、高強度非調質棒鋼が使われる。アンカーチェーンに使用される鋼材は、素材強度によってグレード\*が決まっており、一般的には第2種(引張強さ490~690N/mm<sup>2</sup>)や第3種(引張強さ690N/mm<sup>2</sup>以上)が使用される。同社では、高炉メーカーとの共同開発による、クロムやモリブデンなどの成分を調整した非調質鋼を使用しており、材料にも同社のこ

\*「JIS F3303フラッシュバット溶接アンカーチェーン」および「日本海事協会鋼船規則」による。



製鎖工場の内部。中央の柱の上部には四方に腕が伸びている。それぞれの腕の先で曲げ、溶接、バリ取り、整環が行なわれ、工程が終わると、90度回転する(右図参照)。また、電圧のコントロールも品質安定化のための大切な要素である。



材料は高強度非調質棒鋼、鉄鋼メーカーとの開発鋼種を使用する。



真っ赤に熱した棒材をC形に曲げる。



溶接後のバリ取り。

# 大型チェーン

だわりが感じられる。

直径50~160mm程度の棒鋼をチェーン1個の長さに切断してから、製鎖工場ではこれを加熱しC形に曲げる。次に、C形の突合せ部をフラッシュバット溶接し、1個の環とする。この溶接部周辺のバリを取り、最後にスタッドと呼ばれる部材をチェーンの内側真ん中に嵌め込む。この曲げ、溶接、バリ取り、整環の4工程を連続して行い、チェーンは少しずつ長くなっていく。

製造工程の中で最も重要なのは、フラッシュバット溶接だ。フラッシュバット溶接とは、棒鋼同士の突合せ溶接で利用される方法であり、鉄道レールやパイプライン鋼管などにも適用される。短時間に小刻みに前進、後進しながら、大電流を流して接合面に火花を発生させて部分的な溶融(フラッシング)を繰り返す、最後にドーンと圧力をかけて完全に接合する。フラッシュバット溶接は、短時間に接合できる利点があるが、溶接部

の結晶組織の粗大化を防いで安定した品質を得るためには、電流の流し方や材料選定などの細かなノウハウが不可欠である。現場では、溶接時にすさまじい火花が周囲に飛び、作業員は短時間で確実に作業しなくてはならない。同社では以前、フラッシング作業を自動化しようとプログラム化を試みたそうだが、細かな調整が機械ではどうしてもうまくいかなかった。そこで、人間が微妙な調整をする方法に方向転換し、現在のように安定した品質が得られるようになった。

## ものづくりの魅力



鎖作りの工場が多いこの地において、長年大型チェーンを製造してきました。現場の作業環境は楽ではありませんが、チェーンは船の命綱であり、品質の高いものを作ろうという意気込みをみんなが持っています。今後は、風力発電や津波予測用ブイなどの新しい分野へと進んでいきたい。これまでの技術の蓄積を生かせば、さらにいろいろな分野で可能性が開けると感じています。(濱中剛社長)

濱中製鎖工業株式会社(兵庫県姫路市)  
1950年設立。大型チェーンの量産化技術を確立したわが国の先駆けであり、最近ハイグレード鋼を使用した海洋構造物用チェーンで世界3大メーカーの一角を占める。  
<http://www.hamanaka-chain.co.jp/>



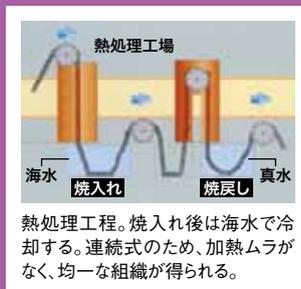
これまでで最大のチェーンは材料直径160mm、重量338kgであり、楕円形の長径は約1mもある。



アンカーチェーンの内側に嵌め込むスタッド。船内でチェーンが絡んだりよじれたりするのを防ぐ役目をする。



熱処理工場に入っていくチェーン。焼入れ炉と焼戻し炉が連続して設置されている。なお、工場敷地内の地面は、チェーンの表面に傷がつきにくくするため、ほとんどが鉄板で覆われている。



熱処理工程。焼入れ後は海水で冷却する。連続式のため、加熱ムラがなく、均一な組織が得られる。



チェーンを左右から引っ張る耐力試験は、全数検査することが義務付けられている。



出荷を待つチェーン。工場は海に面しており、このクレーンでチェーンを船まで運んでいく。オフショアチェーンでは、1本の長さが1,000m以上のものも少なくない。

長くつながったチェーンはスタッド部が溶接された後、工場内の熱処理工場へと向かう。熱処理は、まず約1000℃で焼入れした後、海水で冷却する。海水中の塩分の作用により、水冷に比べ焼入れ効果が高いからである。その次は焼戻しで、約600℃で加熱した後真水で冷却する。これらの工程は連続式であり、入口から入ったチェーンが焼入れ、焼戻しされて出口から出てくるまでつながっている。大きくて長いチェーンをバッチ式で処理すると、チェーンの表面と内部の温度にバラつきが出て、品質が安定しないそうだ。

この後、各種の船級規格で定められた品質検査(超音波探傷試験など)を実施し、塗装すればアンカーチェーンの完成となる。

### 世界最高グレードR6の製品化を目指して

同社の代表製品には、アンカーチェーンともう1つ、海洋構造物用チェーンがある。これはオフショアチェーンと呼ばれている。海洋構造物は、海底から石油や天然ガスを採掘するためのリグなどのことで、オフショアチェーンは、これらの構造物を海底に固定する役目を果たす。構造物と海底をつなぐチェーンは大きな張力をかけてピンと張られる。こうしないと、海底から石油などを掘削するドリルパイプに波による横ゆれなどの力がかかって折れてしまうおそれがあるからだ。近年は世界的にエネルギー需要が高まり、石油・天然ガスの開発の中心は大深海や北極海などの寒冷地となっている。そのためチェーンに使用される材料は、R3種、R3S種、R4種、R5種(例えばR5種は1000N/mm<sup>2</sup>級鋼クラス)というハイグレードな高強度非調質棒鋼である(日本海事協会規則による)。強度だけでなく、波によ

る疲労破壊に耐え、厳寒の海洋環境で低温靱性を維持しなくてはならない。以前、メキシコ湾に超大型ハリケーンのカリーナが被害をもたらした時、掘削リグのオフショアチェーンが軒並み破損したことがあった。この事故もオフショアチェーンのハイグレード化を後押しすることとなった。

このようなハイグレードなチェーンを製造できるのは、世界の中でもわずかに3社しかなく、日本でも唯一同社のみが製造している。世界に知られた「濱中ブランド」を頼って大型物件の見積依頼も多く、世界中のユーザーからの信頼も厚い。海洋構造物は、大海の真中で、石油や天然ガスだけでなく、多くの人や装置を載せた構造物であり、オフショアチェーンは何よりも先ず信頼性が問われる製品だ。このため、同社では、全品耐力検査および磁粉探傷検査を行い、世界の船級規格をクリアしたきめ細かな品質管理体制を整えている。同社ではこれに甘んじることなく、現在、世界最高レベルのグレードR6種(1100N/mm<sup>2</sup>レベル)の材料開発に、鉄鋼メーカーと共同で取り組んでいる。

また、長年にわたって培ってきた技術を生かし、洋上風力発電用チェーンや津波予測ブイ用チェーンの開発など、新しい分野への進出を着々と進めている。このような新規需要に対応できるのも、他社にはない高度な技術と長年積み重ねた実績があればこそである。

その昔、姫路で始まった鎖の歴史。ものづくりのDNAは途切れることなく、世界の海にその活躍の場を広げている。