

第1章

連続鋳造法の概要

鋼の連続鋳造が工業化され、生産設備として採用されたのは1950年代である。ここでは、連続鋳造の歴史、原理、主な型式の特徴、および連続鋳造設備の概要、特徴などについて述べる。

連続鋳造法の概要を理解し、なぜ連続鋳造化が急速に進んできたか、従来の造塊と比べてどんな課題があったか、を理解していただきたい。

1. 連続鋳造の歴史

連続鋳造の歴史は1860年代に、その基本的着想が発表されて以来、種々の方法が試みられてきたが、これが鋼において工業化されたのは1950年代に入ってからであり、とくにスラブに適用されたのは1960年代である。

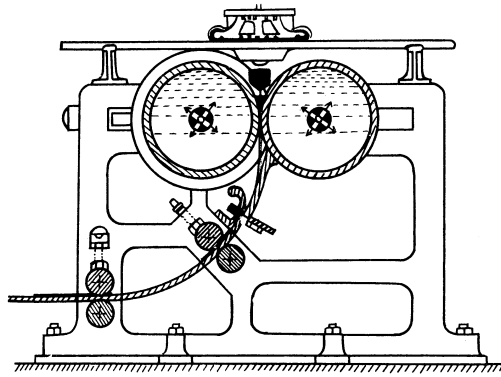


図1-1 Bessemerの連続鋳造機（特許1857年）

連続鋳造に初めて関心を持ち、その実現に努力したのは転炉の発明者として有名なヘンリー・ベッセマー（Henry Bessemer）であり、1846年頃から試験を始めた。彼が試作した連鋳機は図1-1に示すようなツインロール（Twin Roll）式のもので直接圧延法と呼ばれたものである。これは2つのロールの間に溶鋼を流し込み、冷却凝固させながら、一挙に板状製品を得ようとするものであるが、制御技術が十分でなかったため実用化されなかった。

その後多数の研究者によって考案がなされたが、ドイツのジークフリート・ユンハンス（Siegfried Junghans）は1927年頃金属の連続鋳造の研究に専念し、まず銅合金について実用化に成功した。ついで1937年には、アルミニウム合金についても成功している。このようにユンハンスによって非鉄金属の連続鋳造

方式は1930年代に実用化されたが、鋼の連続鋳造はまだ工業化にはほど遠かった。鋼の連続鋳造が困難な理由として次の点が挙げられる。

① 鋼の熱的性質が他の金属（アルミニウム、銅およびその合金）にくらべると連続鋳造に不利である。これは鋼の熱伝導度がアルミニウム、銅のそれよりも小さく、また溶鋼の含熱量が大きい、鋼の凝固速度がアルミニウム、銅よりも小さいためである。

② 鋼の溶解温度が他の金属（アルミニウム、銅など）にくらべて高い。

③ 鋼の生産規模が非鉄金属のそれにくらべて大きい。

表1-1に鋼、銅、アルミニウムの熱的性質を示す。

表1-1 鋼、銅、アルミニウムの熱的性質

	熱伝導度 w/mK	比重 kg/m ³	比熱 kJ/kg・K	溶解温度 °C	溶解熱 kJ/kg	溶解状態における熱容量 kJ/kg
鋼（20°C）	51	7,810	0.486	1520	272	1423
鋼（1200°C）	34	7,550	0.670			
銅	349	8,930	0.406	1083	209	737
アルミニウム	215	2,700	0.942	659	385	850

非鉄の連続鋳造に成功したユンハンスは1947年頃から鋼の分野に進み、今日広く行われている鋼の連続鋳造法の考え方の基礎となる画期的な一連の発明をした。

ユンハンスの特許には今日確立されている連続鋳造技術の多く、すなわち

- ① 水冷下端開放鋳型の使用
- ② 鋳型の往復運動の採用

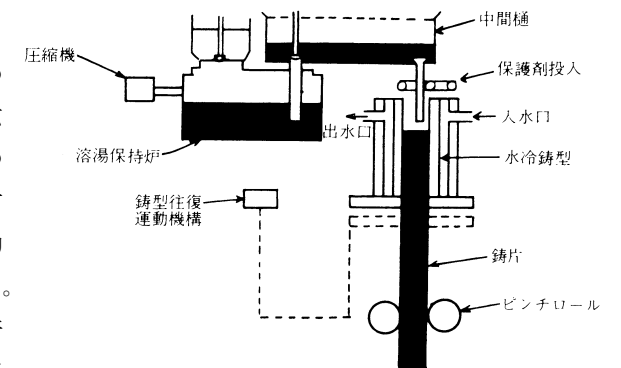


図1-2 Junghansの特許原理図（U.S. Patent 2, 135, 183）

- ③ 潤滑剤の使用
- ④ 浸漬ノズルの使用
- ⑤ 鋳型上部のガスシール

などについて述べられている。上述のごとく、ユンハンスは鋼の連続鋳造に横たわる種々の問題を解決し、近代的連続鋳造機の基礎を固めた。ユンハンスの特許原理図を図1-2に示す。

1949年に西ドイツ、マンネスマン社 (Mannesmann A. G.) はユンハンスと共同で連続鋳造法の技術開発に着手する方針を定め、鋼連続鋳造共同体 (SSG) を組織し、1950年に第1号機 (単連5t能力) が完成した。

一方、オーストリーではベーラー社 (Böhler A. G.) が中心となりオーストリー連続鋳造利益共同体 (ÖSIG) が成立した。

1952年にSSGとÖSIGとは相互に技術協力することを約し、共同で連続鋳造法の完成開発に尽力し合うことになった。マンネスマン社は主として普通鋼、ベーラー社は特殊鋼の開発に進み、この工業化が飛躍的に発展した。

また、ユンハンスの協力者であるアービング・ロッシイ (I. Rossi) は連続鋳造機の設計や建設など鋼の連続鋳造の開発につとめ、1954年には独立して、コンキャスト社 (CONCAST) を設立し、いわゆるロッシイ法を各所に広めた。

イギリスにおいては1947年ビスラ (BISRA) のロンドン研究所が小規模の実験を手がけてビスラ方式の開発に着手した。

一方、ソ連は1905年から鋼の連続鋳造法に関する多数の特許を取得し、この頃から中央製鉄科学研究所を中心として研究が進められた。1953年には実験用半連続式鋳造機が操業し始め、1955年クラスノエ・ソルモボ工場において、最初の工業的設備が操業を開始した。

また、日本では1959年より日立製作所が研究に着手、1961年垂直型テストプラントを完成し、1965年新日鉄室蘭製鉄所に国産1号機を納入した。

当初、連続鋳造機は垂直型が常識とされていたが、設備高さを低くするための努力が各メーカーでなされた。1961年11月オーストリーのレオーベンで開かれた世界連続鋳造会議でマンネスマン社がはじめて湾曲鋳型を使用する湾曲型連続鋳造機の発表を行った。湾曲型は垂直型と比較して設備高さを約 $\frac{1}{3}$ にすることができ、製鋼工場の建屋を改造または新設することなしに連続鋳造機を設置できる利点をもっている。

アメリカでは連続鋳造の利点を認めながらも、製鋼と圧延のバランスがとれていたこと、大量生産方式に疑問があったことなどで採用がおくれたが、1959年以來、ユー・エス・スティール社 (U. S. STEEL) が独自で連続鋳造技術開発をシカゴの研究所で行っている。マックラウス (McLouth) 社は1969年にコンキャスト社とマッコン・コー (MCCONCO) という連続鋳造に関するコンサルタント会社を設立し、スラブ用連続鋳造技術の開発を行っている。

以上のような連続鋳造法の発展の経過を図に示せば図1-3のごとくなる^{注1}。

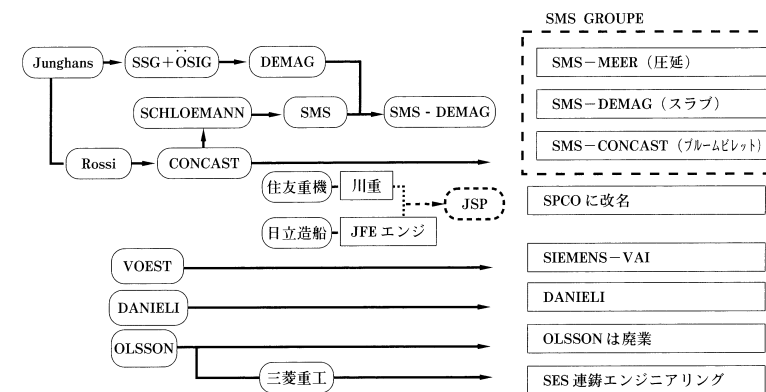


図1-3 主な連続機メーカーの変遷

2. 連続鋳造設備の型式

(1) 連続鋳造法の原理

連続鋳造法にはいろいろあるが、ここでは一般的な連続鋳造法の原理について説明する。図1-4に示すように連続鋳造設備の主要要素となるのは取鍋、タンディッシュ、鋳型 (一次冷却)、二次冷却 (スプレ) 装置、鋳片引抜装置 (ピンチロール)、切断装置、搬出装置の7部分からなっている。連続-連続鋳造を行うため、取鍋の迅速交換装置も必要欠くべからざる部分となっている。

注1 連続鋳造設備の設置状況についてはガイドブック1-1を参照されたい。

製鋼炉から取鍋に移された溶鋼は連続鋳造装置の上部に運ばれ、取鍋下底のノズルを通じてタンディッシュに落下する。タンディッシュのノズルはあらかじめその下方に設けられた鋳型との位置関係を正常に調整してあるので、そのストッパを開けば溶鋼は鋳型に入り、周辺から次第に冷却凝固しながら下降する。なお鋳込みのスタート時は鋳型の下端をダミーバーにて塞いでおく。鋳型外にでると、そこには二次冷却装置があり、多数のノズルから霧のように噴出する水でさらに冷却され、原則的には中心部まで凝固した状態となって鋳片を適度の圧下力で保持しつつ、モータドライブするピンチロールにはさまれて下降を続ける。その下方に鋳片の下降速度と同調移動する切断装置があり、鋳片の下降を止めることなく規定の長さで切断する。切断された鋳片はその下方に設けられた搬出装置で所定の場所に運ばれる。

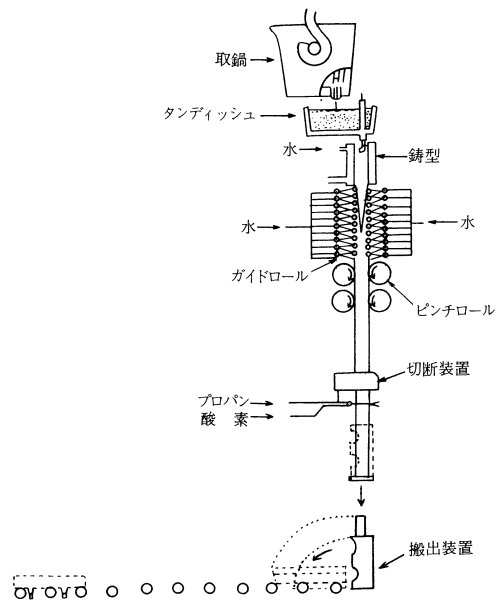


図1-4 連続鋳造装置の基本系統

この際、鋳型では鋳片の表面品質保持と鋳型銅板の保護を目的として内面に適当な潤滑剤を供給するとともに、鋳型そのものに一定の上下振動を与えるようになっている。

溶鋼は鋳型へ注入されるとまわりから冷却凝固しながら次第に降下していく。いま、その瞬間的断面を考えると周辺の凝固殻は次第に厚くなり、未凝固部分はちょうど逆円錐形（円形断面鋳片の場合）となって、ある高さまで凝固を完了する。

当初はピンチロールにはさまれる前に凝固を完了してしまわなければならないとされてきたが、最近は切断前に凝固が完了しておればよいという考え方も多い。しかし未凝固部分に対してはロールによるサポートが必要なのは

いうまでもない。

最も多く利用されている鋳片の断面形状はビレット（130～150mm角以下の正方形、矩形断面）、ブルーム（130～150mm角以上の正方形、矩形断面）及びスラブ（縦横比の大きい長方形）の3種類である。もちろん、円形でも可能であるし、特殊なものでは中空円筒の製造も実用化されているし、^{※1-2}ビームブランクのように製品断面に近い異形断面のものも実用化されている。

連続鋳造装置の生産性を向上する方法の1つには鋳造速度を高めることがあるが、これには限度がある。他の方法として溶鋼を分配して同時に複数の鋳片を鋳造すること（ストランド数を増す）がある。小型のビレットを製造する場合、8ストランドまで実用化されている。

(2) 連続鋳造設備の型式

a. 型式の変遷

1950年代後半に工業化された連続鋳造機は図1-5に示すような垂直型であった。これら垂直型連続鋳造機は設備高さが高くなり、設備が非常に大きくなること、また鋳片の搬出方法に種々の制約が生じることなどの欠点があった。このためこれにかわる型式として1960年代前半にディリッゲン

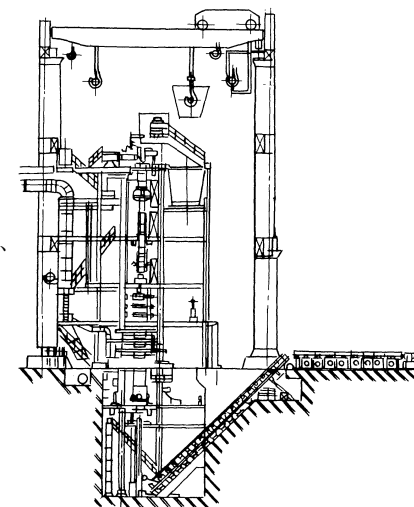


図1-5 垂直型連続鋳造設備（新日鉄光）

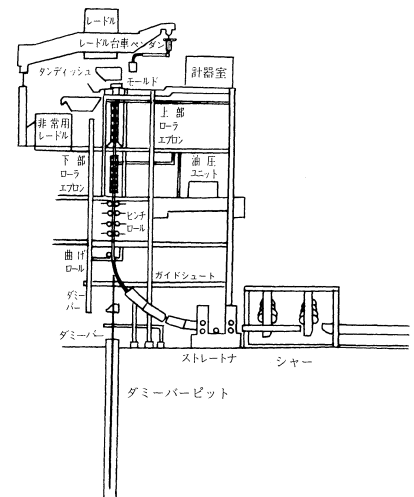


図1-6 垂直曲げ型連続鋳造設備（新日鉄八幡）