

5. 材 料

5.1 鉄鋼材料の生産

5.1.1 生産概況

昭和 48 年秋に勃発した石油危機は世界経済に大きな影響を与えた。日本経済の GNP の伸び率は危機前の 10% 弱から 4% 弱へと大きく低下した。この経済動向は鉄鋼業に多大な打撃を与えた。すなわち GNP の伸び率をうわまわつて成長してきた鉄鋼生産が、石油危機を境にマイナス成長へと転じたのである(表 5.1.1, 図 5.1.1)。この GNP は伸びているにもかかわらず、鉄鋼生産の伸びが停止したという点は注目し値する。この原因は以下のように考えられている。第一は GNP に占める総固定資本形成比率の低下である(表 5.1.1)。これは経済成長の鈍化にともなう設備ストックの調整のため、鉄鋼需要のきわめて大きい投資関連の需要が、大きく低下したことを意味する。建設・船舶用鋼材の需要減にはこのことが強く反映されている(図 5.1.2)。第二は投資パターンの変化による低下である。例えば民間設備投資は鉄鋼多消費型の装置産業のウェイトが低下し、加工組立産業やサービス業の投資が主体となり、機械類も重機械から電子機器・ロボットなど軽機械向けへと重点が移行した。公共投資では、鋼材多消費型の道路、鉄道、

表 5.1.1 GNP と鉄鋼指標の年平均伸び率(%)
および固定資本比率の推移

昭和年度	30~40	40~48	48~54	54~57
G N P (%)	8.9	9.5	4.0	3.7
粗鋼生産 (%)	15.4	12.1	△1.0	△5.2
鉄鋼輸出 (%)	18.0	12.9	2.1	△2.3
総固定資本形成比率	26.3	36.2	33.0	31.4

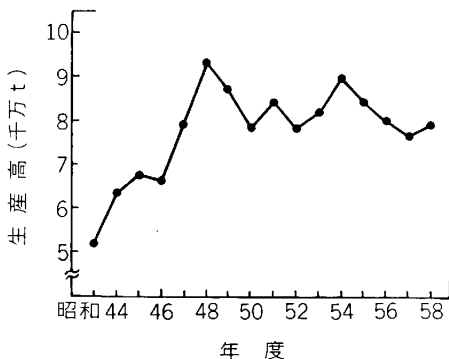


図 5.1.1 熱間圧延鋼材の生産高推移

港湾など産業基盤型から、寡消費型の下水道、公園など生活基盤型へと重点が移行した。第三は軽薄短小化にともなう原単位の低下である(図 5.1.3)。製造業中最大の需要先である自動車の場合、重量級のトラック・バスの構成比が低下したことや、乗用車も省エネルギーのための軽量化や小型化が進み、さらにノックダウン生産方式が増加したことなどから、一台当たりの鋼材消費量は、昭和 48 年当時の 1068 kgf から 859 kgf へと減少した。図 5.1.2 で自動車用鋼材の需要が伸びているが、これは原単位低下を補つて余りある生産台数の増加があつたからである。産業機械や電気機械部門についても、メカトロニクス、エレクトロニクス関連機器などを中心に鉱工業生産指数は伸びているが、原単位に関しては同様の傾向がみとめられ、その結果、鋼材消費量は産業機械では減少し、電気機械では横ばいである(図 5.1.2)。第四は輸出の不振である(表 5.1.1)。石油危機以前は年率約 13% の高率で伸びたが、危機以後は世界鉄鋼貿

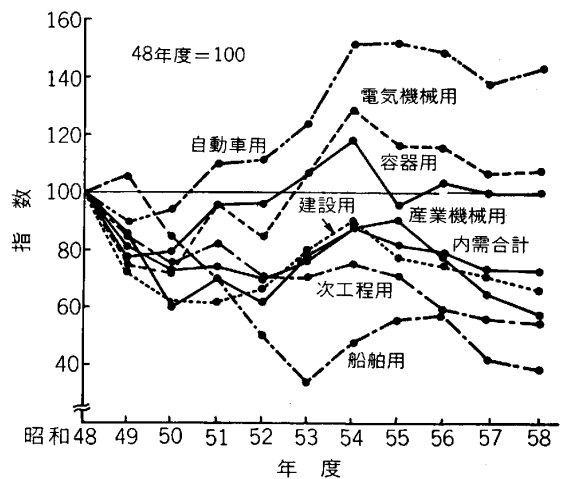


図 5.1.2 需要部門別受注高推移

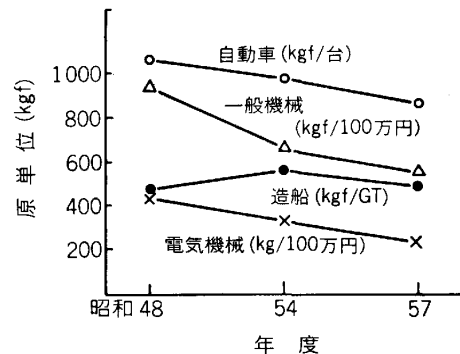


図 5.1.3 用途別鋼材原単位の変化

易の低迷と中進製鉄国の台頭により、成長は完全にとまり、横這い基調となつている。

以上のようにこの 10 年間、鉄鋼生産は全体としては不振を続けたが、こうした中でも高級鋼材の分野では需要が拡大した。

5.1.2 鋼材の高級化

石油危機は鋼材の質に対しても大きな影響をおよぼした。エネルギーを生産する分野に使われる鋼材に対しては新しいエネルギーの開発に適応できるような質を要求した。エネルギーを使用する分野に使われる鋼材に対しては、省資源、省エネルギー対策に適合する性質の具備を要求した。以上のニーズは多くの新しい鋼材を生み、高級鋼の需要増を促した。図 5.1.4 の表面処理鋼板と高抗張力鋼はその代表例である。

(1) エネルギー開発における環境の過酷化

従来コスト的にあわなかつた過酷な環境条件の深海・深層油田、極寒冷地油田、サワーガスなど高腐食性ガス田の開発が行われるようになった。これを受けて高強度で耐食性の優れた油井管に、構造用合金鋼、高抗張力鋼が大量に使われるようになった。また極寒冷地や深海の石油・ガス開発が進むにつれ、低温靱性および H_2S 等に対する耐食性に優れた高強度の大径厚肉ラインパイプや、オフショアリグ、プラットフォーム等海洋構造物用の高靱性・高張力で溶接性もよい厚板の需要も拡大した。

石油代替エネルギーの面では、都市ガス、電力用に $-162^\circ C$ の LNG が大量に輸入されるようになり、その貯蔵用タンク、輸送船、輸送管、気化装置向けに、アルミニウム、18-8 ステンレス鋼とともに、9Ni 鋼等の低温用高張力鋼が開発され、使用されるようになった。

(2) 自動車分野での軽量化と防錆対策

鋼材需要分野の中で唯一の伸びた分野である自動車部門は、省燃費の観点から車体の軽量化が課題となつた。このため引張強さ 35 kgf/mm^2 以上の高張力鋼板を用いての使用板厚の薄肉化が急速に進んだ。最新型車では車体用鋼板の 30~40% が高張力鋼板化されている。最近では、軽量化と防振・防音を目的とした薄板とプラスチックの積層鋼板も開発され、使用されはじめた。

冬期に道路の融雪用の塩がまかれる地域(北米、欧州)向けの輸出車には防錆対策が要求されるようになり、これがきつかけとなり、各種の防錆鋼板が使用されるようになった。Zn 系、Zn-Fe 系、Zn-Ni 系、ジंकリッチペイント系の 4 種が現在多用されている。しかし、より厳しい防錆対策(孔あき腐食 10 年、外面腐食 5 年保証)対応とより使いやすい鋼板を目ざして、各種の二層表面処理系の防錆鋼板が現在開発されつつある。

条鋼類は構造用鋼が主体であるが、炉外精錬技術の発達により、化学成分・焼入性の微調整ができるようになり、自動車部品の冷鍛化が促進された。また省エネルギーの観点から、非調質鋼、低鉛快削鋼、軟窒化鋼など数多くの鋼種が開発された。

(3) 造船・産業機械分野におけるコストダウン

造船分野では高強度で溶接時に予熱を必要としない 50 kgf/mm^2 級高張力鋼板が使われはじめた。産業機械分野では、化学機械用に、腐食に強く経済的なクラッド鋼板が開発された。

(4) 電気機械分野での省エネルギー、コストダウン

発電、送電時の電力損失をきわめて少なくできる超低鉄損型電磁鋼板が開発され、実用化されている。家電製品分野では冷延鋼板から防錆鋼板へ、さらにはプレコート鋼板への品種変換が進行中である。

(5) 建設分野での大型化

最大の需要分野である建設分野は低迷が続いているが、それでも橋梁など構造物が大型化するにつれ、溶接性のよい高張力鋼や、塗装のいらぬ耐候性鋼および耐海水性鋼の需要が伸びている。建築関係では、最近、耐震設計が強化され、中低層の鉄骨造柱材にコラム(大径角形鋼管)が多用されるようになった。土木では、橋梁下部工事に鋼管矢板井筒工法が普及して鋼矢板の用途を拡大した。

5.1.3 今後の展望と課題

今後とも経済構造のソフト化、知識集約化基調は変わらないだろう。したがって、高度成長期にみられたような鉄鋼需要の増大は望めそうもない。それだけにわが国鉄鋼業界は従来以上にいつそう高級化、高付加価値化を図るとともに、コストダウンを追求し、国際競争力を堅

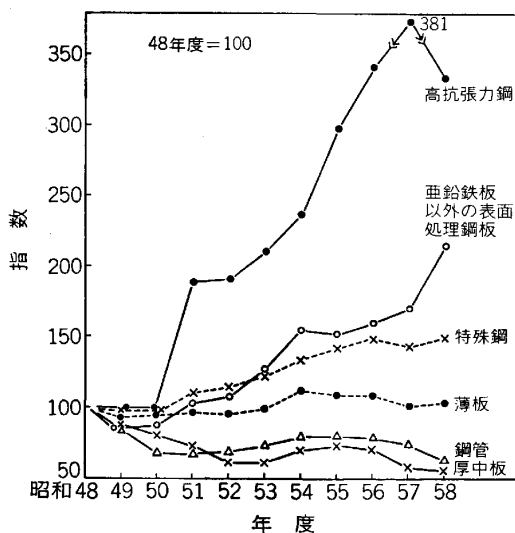


図 5.1.4 品種別受注高推移

持していかなければならない。需要家からの低廉性と高級化という二極化した要求に答えるため、他の競合素材に負けない高機能で経済性にも優れた製品を開発しなければならない。このことは、当然のことながら、プロセス技術のブレークスルーによつてはじめて対応することが可能となる課題である。この10年間に開花したこの種の技術としては炉外精錬、連続鋳造、制御圧延、冷延鋼板の連続焼鈍がある。わが国鉄鋼業界の技術力をもつてすれば、今後ともこの種の技術を数多く開発し、わが国鉄鋼の他材料に対する競争力、および国際競争力を今後とも維持することは可能であろう。

5.2 材料開発の基礎

5.2.1 製造の技術

エネルギー危機は、各種の鉄鋼材料に対して、高度な材質とつそのコストダウンという要求を生んだ。これに対して製造側では、製造プロセス自身の省エネルギー、省工程、連続化とその中での新材質・低コスト型成分系の開発、新解析技術による研究成果に基づく鋼の高純度化などの努力がなされた。本項では、その特徴的ないくつかの要素技術について述べる。

(1) 制御圧延と低炭素低合金鋼

我が国の制御圧延 (Controlled Rolling: CR) 技術は、1960年代末から極寒地向けラインパイプ用素材のNbやVを微量添加した高強度高靱性厚鋼板の製造技術として目覚ましく展開され、世界をリードするようになった。CRの手法は、NbやVの添加の有無にかかわらず、熱間圧延工程の中間に圧延待機時間を設け、その後半を低温側に移行させる (図5.2.1) ことを共通の特徴

とし、いずれの場合も圧延材の組織を微細化することにより強度・靱性を改善する。

従来の1200~1250°Cでのスラブ加熱からの通常圧延は製品厚に応じて1100~950°Cで終了する (図5.2.1 (a))。オーステナイト (γ) 粒は熱間圧延・再結晶によつて一般的には圧下ごとに細くなつてゆく。再結晶 γ 粒は、圧下前の γ 粒が細かいほど、各パス圧下率が大きいほど、また圧下温度が低いほど、細かくなり、この過程は単純 Si-Mn 鋼では850~800°Cの圧下まで続く。特殊な合金元素を含まない普通鋼のCRでは、低温圧延によつて主として γ 粒を細かく再結晶させることを通じて、変態後のフェライト (α) 粒の微細化をはかっている (図5.2.1 (b))。

Nbはフェライト・パーライト系CR鋼では0.02~0.04%程度添加されるが、その役割は、

①熱間圧延中に γ 相に微細に析出する Nb (C, N) が γ が再結晶しなくなる境界温度を約100°C高めることを通じて、変態後の α 粒を細かくし、圧延材の強度靱性を高める。

②変態後の α 相に整合歪みを持つ微細な Nb (C, N) を析出させることを通じて、圧延材の強度を高めることにある。Vにも弱いながらもVNの析出による同様な働きがあるが、添加量はやや多目になる。

①の境界温度以下で圧下が行われると、 γ 粒は再結晶しないで圧延方向に平らに伸ばされ、この状態から変態して得られる α 粒は同じ厚さの等方的な再結晶 γ 粒からの α 粒よりはるかに細くなる。Nb添加鋼のCRでは、低温圧延はこの γ 未再結晶域圧延に相当し、 γ 粒の延伸度すなわち境界温度以下での全圧下率、が大きいほど α は細くなる (図5.2.1 (c))。この γ 未再

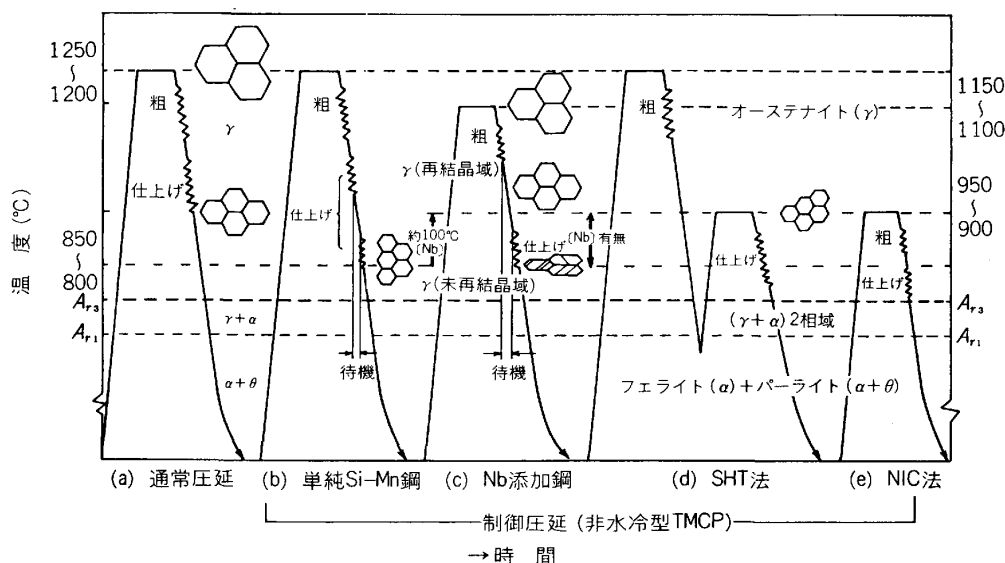


図5.2.1 制御圧延の発展

(関根：溶接技術, 31 (1983) 10, p. 85)