

第1章 まえがき

1. 金属材料として鉄鋼が多く使われるのはなぜか

現在われわれ人間が利用する金属材料のうちで、鉄鋼材料が最も多い。すなわち鉄鋼の生産量は図1-1に示すように他の金属（アルミニウム、銅、錫、鉛など）に比べると、群を抜いて多いが、まず、はじめに、このことについて少し考えてみよう。

- (1) 自然界に存在する金属は、主として、地殻の中に、特別なものを除いては化合物の形態で含まれているが、この地殻中の鉄の含有量は図1-2に示すようにアルミニウムについて多く、推定によると5.05%存在するといわれている。
- (2) しかしこの鉄分が均一に分散していると、これから鉄を大量に取り出すことは困難であるが、幸い鉄の場合は集中して存在している。この集中している部分を鉱石と名づけ、鉱石としては鉄鉱石が最も多く存在する。普通、鉄鉱石の鉄含有量は25~70%である。
- (3) 鉱石に含まれる金属化合物から、その金属を単体として取り出すことを製錬と呼んでいるが、鉄鉱石の製錬は比較的容易である。
- (4) 金属鉄は金属的性質に富み、強く、展性と延性に優れ、熱および電気の良い導体である。

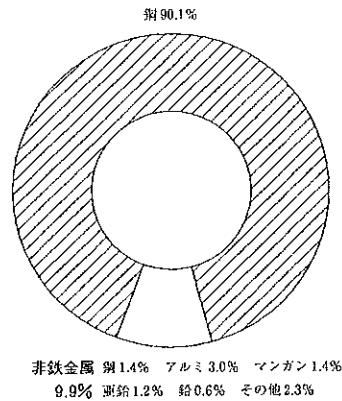


図1-1 世界の金属の生産割合

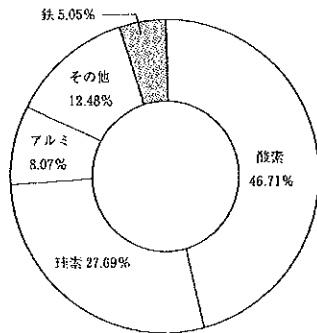


図1-2 地殻を構成する元素の分布

- (5) 鉄鋼は熱処理、すなわち焼入れ、焼戻しなどを施すことによって、その機械的性質を調節することができる。
- (6) 鉄に他の金属（例えばニッケル、クロム、バナジウムなど）を合金元素として加えることによって、いろいろの金属材料の性質を与えることができる。

以上は鉄が有用な金属材料である理由について述べたのであるが、鉄にもいろいろと欠点がある。その主なるものは、さびやすいことと比較的重いということである。この点アルミニウムは鉄に次いで生産量が多く、さび難く、軽いということでは鉄よりも有用な金属と考えられるが、現在のところはその製錬が鉄に比べて困難で、また強さも鉄より劣るため、今後とも鉄の需要は伸びてゆくものと予想される。

さて鉄鋼業は国の基幹産業の一つであって、機械、車両、造船、電気、建築、土木などあらゆる産業に、鉄鋼を素材として供給している。したがって、供給する鉄鋼材料の品質の良否が、他産業の製品の向上発展に大きい影響を及ぼすことになるから、鉄鋼製造に従事する人々は、常に少しでも品質の良い鉄鋼材料を安く造るように心掛けねばならないし、他産業との関係においても、このような重要な使命を帯びていることをよく心に留めておく必要がある。そしてそのためには、各人の技術レベルを向上させることが、まず第一に大切なことであろう。

2. 製鉄法の歴史

(1) 製鉄の歴史

鉄の製造がいつ頃から始まったか明らかではないが、古く有史以前から行なわれ、人類がこれを使っていたという史実は数多く発見されている。さて鉄鋼製造の技術は、現在の銹鋼・貫法に至るまでに、およそ次の三つの段階を経て発展してきたものと考えられる。

第1期（13世紀終りまで） 鉱石を溶かすだけの高温が得られなかったので、鉄鉱石を木炭とともにレン火炉と称する火床の中に入れ、加熱して製錬し、半溶融状態の鉄の塊（粒鉄）を造り、これを槌打によって鍛練して、それに含まれている多量の鉄滓を除去すると同時に所望の形に加工した。したがってこの時代には、製鉄所は鉄鉱石を産出し、木炭の豊富な山間地方に発達した。

第2期（19世紀半ばまで） 現在の高炉の原形である木炭高炉によって、溶

融状態の鉄鉄を造り、さらにこれから木炭精錬炉を用いて、錬鉄・錬鋼を製造した。また時代が進むにしたがって、高炉燃料は木炭からコークスに、衝風動力は水力から蒸気機関に代り、精錬炉には石炭が用いられるようになった。^{※1-10}この時代の製鉄所は鉱石の産地から衝風動力として水力の利用ができる地方に移り、生産量も増大した。

第3期（現在まで）高炉の衝風に熱風を使用し、その動力は電力に代った。錬鉄の精錬炉として、転炉、平炉、電気炉を用いる製鋼法が確立し、鋼をはじめ溶融状態で製錬するようになった。すなわち溶鋼大量生産時代に入ったわけであるが、とくに第2次世界大戦後出現したLD転炉が普及するようになって、各国ともに鉄鋼一貫製鉄法が広く採用され、ますます生産量は増加した。同時に戦後、製鉄法にはめざましい技術革新がもたらされた。高炉においては1960年～1970年初頭にかけて、調湿、脱湿、高温送風、酸素富化送風、重油・コークス炉ガス吹き込み、高圧操業化が進み、当時世界で最も効率の良い操業を実施した。また1973年の第1次オイルショック以降は、省エネルギー対策や経済性を重視した操業となり、高炉炉頂圧タービン、排熱回収設備等が導入され、また操業では重油吹き込みからオールコークス操業、微粉炭吹き込み操業へと移行した。最近では還元材比の約3割～4割を微粉炭で補う微粉炭多量吹き込み操業が主流となっている。製鋼においては溶鋼脱ガス、連続铸造、最近では溶銑予備処理、酸素底吹き転炉、複合吹錬、炉外精錬の発展があり、連続铸造と圧延工程の直結化など計測管理、自動化、コンピュータの導入などの新しい技術の開発によって、設備の合理化、生産性向上、コストの低減が急速に進んでいる。

(2) わが国製鉄業の発展

太古より明治時代に至る約2800年の長い間には、製鉄業と称するようなものはなく、砂鉄を原料として、武器、農具などの小道具を製造するにすぎなかったが、中世以降においては、この砂鉄をたたら炉で製錬して和鋼や和銑をつくり、これを鍛冶工作して、いろいろの器具を作ったが、これらの作品は当時としては比較的精巧なもので、この技術はわが国独特のものであった。

わが国に欧米式の製鉄技術が取り入れられたのは、明治の初期であるが、これ以前の安政4年に釜石に初めて洋式高炉を建設し、出銑を行った。その後、官営八幡製鉄所や民営の鉄鋼各社が逐次設立され、図1-3に見られるように

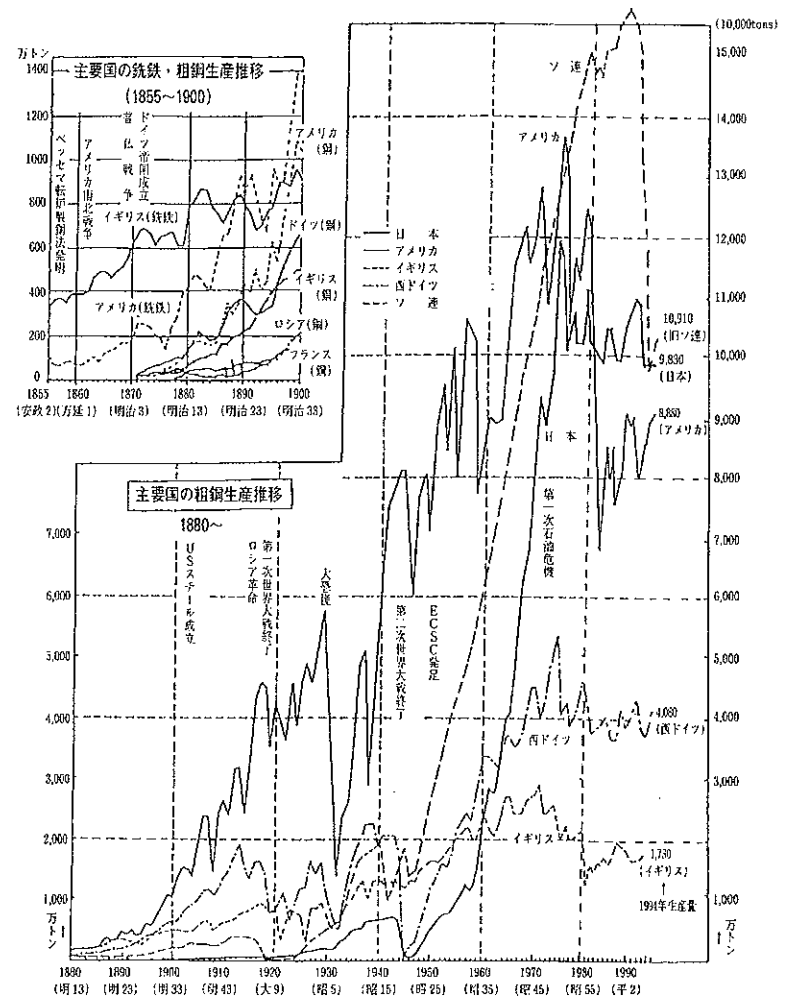


図1-3 (a) 主要製鉄国の鉄鋼生産推移 (1880～1994年)

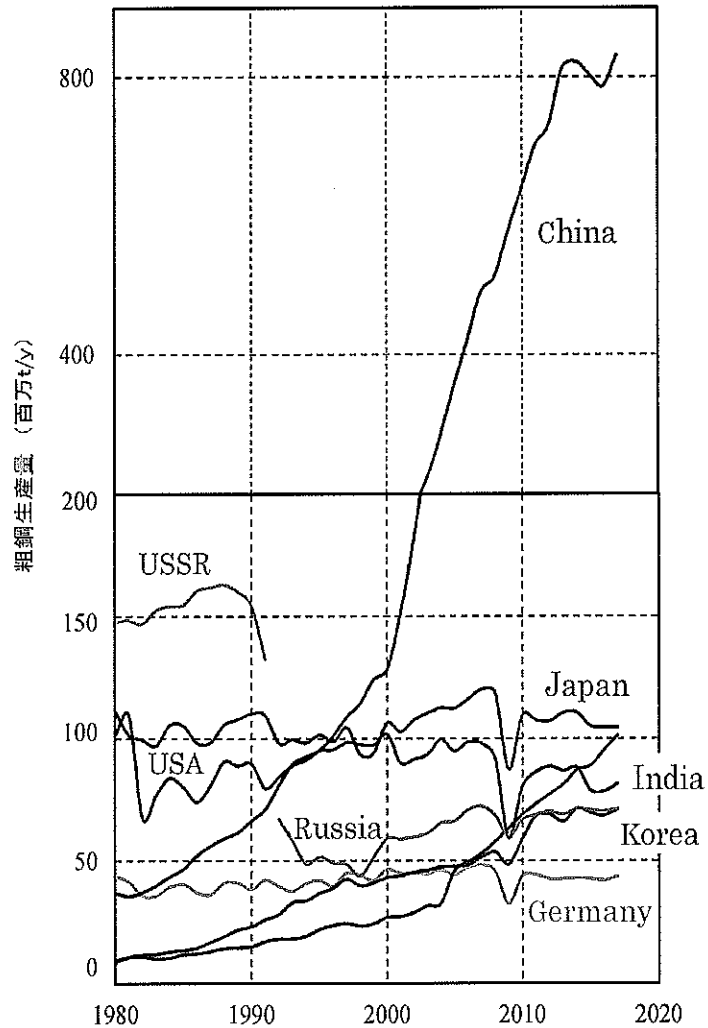


図1-3 (b) 主要製鉄国の鉄鋼生産推移 (1980~2017年)
 (出所) World Steel Association [Crude steel production]より作成

鋼材生産量も次第に増加していった。この間製鋼炉としては平炉が主として用いられ、第1次世界大戦後は、合金鋼やフェロアロイ生産用に電気炉が用いられるようになった。1945年8月終戦時、わが鉄鋼業界も一時は壊滅状態になったが、復興再建の基礎産業として、また自立経済のための輸出産業として、復興に力を注いだので、1950年にはようやく戦前の状態まで生産されるようになり、1953年には766万トンと戦前の最高生産記録である765万トンを超えた。

1957年にLD転炉が導入されたが、この製鋼法は平炉法に比べて生産性、建設費、鋼の品質などいろいろな点で有利であったことから、平炉に代って急速に設置拡充された。粗鋼生産量も順調な拡大を続け、1973年には史上最高の1億2千万トンを記録した。このような粗鋼生産性の向上と同時に高炉の増設、大型化も進んだが、2016年年段階では4000m³級あるいはそれ以上の高炉は20基におよび、うち14基が5000m³を超える超大型高炉で、1日の出銲量が1万トンを超えている。

その他の部門においても、連続鋳造、ストリップミルなど数多くの新技術が導入あるいは開発され、全工程に調和した鉄鋼一貫体制が確立されている。

なお、わが国は製鉄資源に乏しく大部分を海外から輸入している関係上、鉄鋼生産の主力は臨界製鉄所になっている。

日本鉄鋼業における省エネルギーの取り組みは1973年の第1次オイルショック後から始まり、現在までに図1-4に示す種々の取り組みがなされている。その結果、日本鉄鋼業のエネルギー効率は世界で最も高い水準にある。とは言え、エネルギー多消費産業であることに変わりはなく、多量のCO₂を排出しているため、地球温暖化対策としてのCO₂削減技術として革新的製鉄プロセス技術の開発 (COURSE50) および革新的製鉄プロセス技術の開発 (フェロコックス) に取り組んでいる (図1-5)。