

鉄鉱石

1. 鉄鉱石の種類

鉄鉱石の主要な鉱石は次のものである。^[1]

- (a) 赤鉄鉱 (red haematite, Fe_2O_3) (鏡鉄鉱 (specular iron ore) 及びマルタイト (martite) (酸化鉄) を含む。) 及びかつ赤鉄鉱 (brown haematite、minettes) (鉄及びカルシウムの炭酸塩を含む含水酸化鉄)
- (b) かつ鉄鉱 (limonite, $\text{FeO}\cdot\text{OH}$) (含水酸化鉄)
- (c) 磁鉄鉱 (magnetite, Fe_3O_4) (磁性を有する酸化鉄)
- (d) 菱鉄鉱 (siderite, FeCO_3 又は chalybite) (炭酸鉄)
- (e) 硫化鉄鉱又は硫化鉄鉱滓 (pyrites cinders)

鉄鉱石の主成分は酸化鉄であり、日本国内で製鋼用原料として多く使用されている鉄鉱石は赤鉄鉱 (hematite, Fe_2O_3)、磁鉄鉱 (magnetite, Fe_3O_4)、褐鉄鉱 (limonite, $\text{FeO}\cdot\text{OH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$) などである。

地球が誕生した当時は、大気や海中の酸素濃度は極めて低く、酸素原子の殆どは、水素、炭素などと結びついていた。このため、地表の鉄分は、鉄イオンとして海に流入し、大量に海水に溶解していた。また、海底火山によって地球内部の鉄が噴出して、鉄イオンが海に供給された。約 22~27 億年前に、光合成生物が大量発生し、二酸化炭素などから酸素を分離し、吐き出したため大気中、海水中の酸素濃度が高まった。この酸素の酸化作用により、海水中の鉄イオンを酸化鉄 (Fe_2O_3) に変えた。酸化鉄は沈殿、堆積して、赤鉄鉱の鉱床を形成した。その後、造山活動により海底にあった鉱床は隆起し地上に押し上げられ、現在の主要な鉄鉱石鉱山が形成された。

2. 鉄 (Fe : iron) の特性値と概要

- ・ 陽子数 : 26 ・ 価電子数 : - ・ 原子量 : 55.845
- ・ 融 点 : 1535°C ・ 沸 点 : 2750°C ・ 密 度 : 7.874
- ・ 存在度(地球) : 70,700ppm ^[2]

鉄は、昔も今も、人々の生活を支える中心的な金属元素である。鉄は微量ながら体内にも存在しており、血液中の赤血球に含まれるヘモグロビンの中に存在する。ヘモグロビンに含まれる鉄原子は、酸素が豊富な場所(肺など)にくると酸素と結合し、逆に、酸素の少ない場所までくると、運んでいた酸素をはなす性質がある。この性質を利用して、鉄は肺から取り入れた酸素を体の各部へと運んでいく働きをしている。

鉄は、造形がしやすく、かたくて丈夫な金属であるため、さまざまな用途に使われる。しかし、鉄はイオン化傾向が比較的高い元素であるため、鉄イオンは酸素と容易に結びつき、錆びやすいという弱点がある。この弱点を補うための一つの方法が

鉄よりもイオン化傾向が高い金属を鉄表面にメッキすることである。亜鉛メッキ鋼板は鉄の表面を亜鉛でメッキし、鉄を錆びにくくしたものである。また、鉄とクロムとの合金であるステンレスも、さびにくい金属材料として、鉄同様、さまざまな用途に用いられている。

3. 産出国

鉄鉱石は世界中から産出するが、世界の埋蔵量は、約 1,500 億トンと推定されている。国別の埋蔵量はウクライナ (20%)、ロシア (17%)、中国 (14%)、ブラジル (11%)、オーストラリア (11%)、カザフスタン (5.5%)、アメリカ (4.6%) である。また、鉄鉱石の 2007 年における世界の生産量は約 19 億トンと推定されている。国別の生産量は中国 (32%)、ブラジル (19%)、オーストラリア (17%)、インド (8.4%)、ロシア (5.8%)、ウクライナ (4.0%)、アメリカ (2.7%)、である。^[3]

鉄鉱石の埋蔵量のうち、ウクライナ、ロシア、中国、ブラジル、オーストラリアの上位 5 ヶ国だけで約 72% を占める。コスト・品質の面から商業的な鉱山が操業できるのは、オーストラリア、ブラジル、中国、カナダ、インド、ロシア、アメリカ、ウクライナだけである。これらの国は地面から直接鉄鉱石を掘り出す露天掘りができ、オーストラリアやブラジルの鉄鉱石は Fe の占める割合が約 65% と高品質である。これら鉱山はほとんどが赤鉄鉱であり、数十億年前の海中に堆積したと考えられている。^[2]このほかに、2~6% のシリカと、1~3% のアルミナを含んでいる。

日本においては、岩手県釜石鉱山や埼玉県秩父鉱山では磁鉄鉱、和賀仙人鉱山では赤鉄鉱を採掘していたが現在は閉山している。現在は砂鉄が少量のみ産出されるだけで、ほぼ全量を輸入している。

4. 輸入先国

鉄鉱石の輸入量は 2005 年においては約 1 億 3200 万トンであり、表-1 に国別輸入量を示す。国別ではオーストラリア (61%)、ブラジル (21%)、インド (8%)、南アフリカ (4%)、フィリピン (3%) である。^[4]

鉄鉱石のほかに中間製品である銑鉄、最終製品である普通鋼熱延鋼材、特殊鋼熱延鋼材など種々の形態で輸入されている。製鋼プロセスで主となる原料は鉄鉱石であるが、副原料としてコークスの原料となる石炭(瀝青炭、無煙炭、褐炭、泥炭など)及び石灰石がある。2005 年において、瀝青炭の輸入量は約 1 億 6 千万トンであり、国別では、オーストラリア (57%)、インドネシア (15%)、中国 (11%)、ロシア (6%) である。また、無煙炭の輸入量は約 588 万 9 千トンであり、国別では、ベトナム (40%)、中国 (33%)、ロシア (14%)、オーストラリア (7%) である。コークスの輸入量は約 269 万 3 千トンであり、国別では、中国 (93%)、オーストラリア (3%)、ロシア (2%) と圧倒的に中国からの輸入が多い。^[4]

表-1 鉄鉱石国別輸入量^[4]

品目名	2005. 1～12 輸入実績				比率
	単位	合計	輸入国	輸入量	
鉄鉱(精鉱及び焼いた硫化鉄鉱を含む)					
凝結させていないもの	トン	124, 293, 013	オーストラリア	81, 296, 313	65. 4
			ブラジル	24, 262, 174	19. 5
			インド	10, 403, 969	8. 4
			南アフリカ共和国	5, 341, 935	4. 3
			ペルー	924, 792	0. 7
			ベネズエラ	821, 021	0. 7
			チリ	790, 481	0. 6
			カナダ	204, 210	0. 2
			ニュージーランド	175, 508	0. 1
			大韓民国	72, 476	0. 1
			オランダ	72	0. 0
			スウェーデン	40	0. 0
			中華人民共和国	20	0. 0
			英国	2	0. 0
イラン	0	0. 0			
凝結させたもの	トン	7, 991, 682	フィリピン	3, 688, 601	46. 2
			ブラジル	3, 382, 604	42. 3
			チリ	509, 593	6. 4
			カナダ	410, 875	5. 1
			南アフリカ共和国	9	0. 0
焼いた硫化鉄鉱	トン	60	中華人民共和国	60	100. 0

表-2 に鉄鉱石から得られる中間製品及び電気炉等で再溶解し製鋼原料とする屑等の輸入量を示す。表-3 には各種フェロアロイの国別輸入量をしめす。

フェロアロイはなまこ形、ブロック、ランプに類する一次形状、連続鑄造法により得られた形状又は粒状、粉状の鉄の合金であり、他の合金製造の際の添加用又は製鋼の際の脱酸剤、脱硫剤として使用される。2005 年度には銑鉄及びスピーゲル等中間製品は約 134 万トン、フェロアロイは約 187 万トンが輸入された。

表-2 製鋼中間製品の国別輸入量^[4]

品目名	2005. 1～12 輸入実績				
	単位	合計	輸入国	輸入量	比率
銑鉄及びスピーゲル	トン	1,038,981	中華人民共和国	848,237	81.6
			台湾	68,892	6.6
			ブラジル	57,165	5.5
			その他	64,687	6.2
鉄鉱石を直接還元して得た鉄鋼	トン	23,960	オーストラリア	20,698	86.4
			マレーシア	3,262	13.6
			その他	0	0.0
鉄鋼の屑及び鉄鋼の再溶解用のインゴット	トン	181,442	台湾	59,602	32.8
			大韓民国	41,925	23.1
			アメリカ合衆国	18,387	10.1
			その他	61,528	33.9
銑鉄、スピーゲル又は鉄鋼の粒及び粉	トン	96,450	スウェーデン	41,563	43.1
			中華人民共和国	31,872	33.0
			アメリカ合衆国	8,407	8.7
			その他	14,609	15.1

表-3 フェロアロイ国別輸入量

品目名	2005. 1～12 輸入実績				
	単位	合計	輸入国	輸入量	比率
フェロマンガン	トン	61,815	オーストラリア	19,612	31.7
			南アフリカ共和国	18,924	30.6
			中華人民共和国	14,828	24.0
			その他	8,452	13.7
フェロシリコン、フェロシリコマンガン	トン	721,089	中華人民共和国	500,217	69.4
			ブラジル	64,993	9.0
			ウクライナ	41,535	5.8
			その他	114,344	15.9
フェロクロム	トン	1,019,450	南アフリカ共和国	519,401	50.9
			カザフスタン	278,326	27.3
			ジンバブエ	63,392	6.2
			その他	158,331	15.5

表-3 フェロアロイ国別輸入量つづき

品目名	2005. 1～12 輸入実績				
	単位	合計	輸入国	輸入量	比率
フェロニッケル	トン	48,241	南アフリカ共和国	32,044	66.4
			カザフスタン	8,505	17.6
			ジンバブエ	5,212	10.8
			その他	2,480	5.1
フェロモリブデン	トン	4,119	中華人民共和国	3,345	81.2
			チリ	520	12.6
			大韓民国	118	2.9
			その他	136	3.3
フェロタンングステン及びフェロシリコタンングステン	トン	1,529	中華人民共和国	1,508	98.6
			香港	20	1.3
			英国	1	0.1
			その他	0	0.0
フェロチタン及びフェロシリコチタン	トン	5,633	ロシア	3,245	57.6
			英国	2,325	41.3
			中華人民共和国	63	1.1
			その他	0	0.0
フェロバナジウム	トン	5,821	南アフリカ共和国	3,726	64.0
			ロシア	618	10.6
			大韓民国	500	8.6
			その他	976	16.8
フェロニオブ	トン	7,211	ブラジル	6,650	92.2
			カナダ	540	7.5
			ドイツ	14	0.2
			その他	8	0.1

5. 鉄鉱石の精製法及び誘導品の製造法

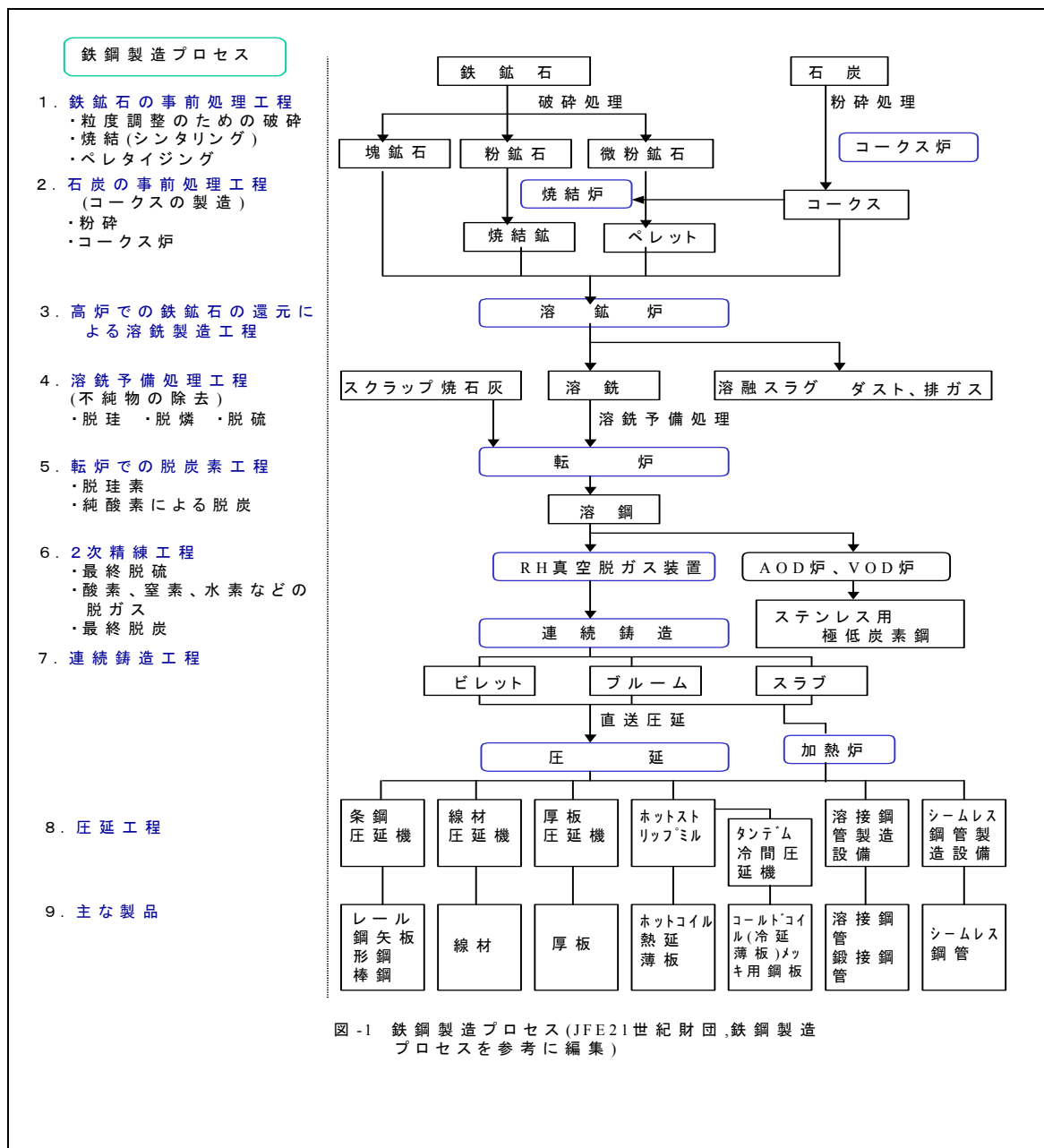
鉄鉱石はほぼ全量が鉄鋼産業において製鉄用原料として使用されており、近代的な溶鉱炉による製鉄技術が確立されるまでは砂鉄を使った「たたら製鉄」が主流であった。

現在は露天掘りで大量に採取できる赤鉄鉱を使用した高炉一貫鉄鋼プロセスが主流となっている。溶鉱炉(高炉)－転炉の工程を経て、目標の成分と温度に制御した溶鋼を連続鋳造設備により、後工程に適した形状(スラブ、ブルーム、ビレット)

ト)に铸造する。これらの铸片を対応する压延機により、目標とする形状に压延して製品とする。^[5]

鉄鋼の製造方法^[5]

鉄鋼製品は、鉄鉱石、石灰石と石炭(コークス)を原料に使い、溶鉱炉と転炉を用いる転炉法と、原料として鉄スクラップを電気炉で精錬する電気炉法の2種類があるが、2004年度においては転炉法が73.6%、電気炉法が26.4%であった。^[7] 転炉法では、銑鉄1トンを生産するためには、鉄鉱石約1.6トン、コークス約0.38トンが必要だとされている。転炉法及び電気炉法における各工程の概略は次の様である 図-1に転炉法のプロセスを示す



(a) 転炉法の工程

① 鉱石の事前処理工程：

高品位の鉄鉱石を粒度調整のために破碎する。この破碎工程では比較的大きな塊である塊鉱石のほかに、直径が2～3mm程度の粉鉱石が発生する。塊鉱石はそのまま高炉に装入する。粉鉱石は焼結工程を経て、粒径を大きくした焼結鉱石を高炉に装入する。また、低品位の鉱石は、選鉱のために破碎するため、さらに細かい微粉鉱石になる。微粉鉱石はペレタイジングによってペレットに事前処理し高炉に装入する。現在、日本では、高炉に装入される鉄鉱石の比率は、塊鉱石が15%、ペレットが10%、焼結鉱が75%程度であり、事前処理した鉱石が主体である。

焼結工程では、直径2～3mmの粉鉱石に、燃料となる粉コークス、溶剤の働きをする粉石灰石を混ぜ、鉄製の容器に入れてコークスの燃焼熱によって粉鉱石を部分的に熔融して結合させ、破碎、選別して直径15～30mmの焼結鉱を得る。

ペレタイジングは、200メッシュ以下の微粉鉱石を石灰石、ドロマイドなどの副原料とともに混合し、造粒機で直径10～15mmの球状に成形したのち、重油や石炭を燃料として焼き固め、ペレットをつくる工程である。

② 石炭の事前処理工程：

コークスは、高炉で鉄鉱石を還元する還元剤としての炭素の供給源、及び装入物を加熱・溶解するための熱源としての役目をはたしている。コークスは石炭をコークス炉で蒸し焼きにしてつくる。コークス炉では、破碎、混合した原料炭を炭化室に装入し、1,200～1,300℃で14～18時間、間接加熱し、蒸し焼きにすることによって、固定炭素約90%を含むコークスをつくる。

③ 高炉での溶銑製造工程：

高炉の炉頂から、鉄源として焼結鉱、塊鉱石およびペレットと還元剤としてのコークスを交互に層状に装入する。最近では還元剤の一部を微粉炭の形で炉下部の羽口から吹き込むのが一般的な工程となっている。さらに羽口からは、熱風炉で1,150～1,250℃に加熱し、湿分と酸素濃度を調整した空気を吹き込む。高炉内では、鉄源は炉内を降下しながら、炉の上層部の低温域及び炉の下層部の高温域において一酸化炭素ガスによって還元される。還元された鉄は熔融、滴下し、溶銑となって炉底部に溜まる。炉底に溜まった溶銑および熔融スラグは一定時間ごとに、出銑口と出滓口を穿孔して取り出す。

④ 溶銑予備処理工程：

溶銑予備処理工程の目的は、高純度鋼に対するニーズが増しており、リン、硫黄、水素、窒素、酸素などの不純物や、MnS、SiO₂、Al₂O₃等の含有量を下げることである。不純物の除去は、転炉精錬のみでは十分に行えず、一部の精錬機能を、転炉精錬の前後の工程へ分担させる方法が実用化されている。転炉に装入する溶

銑からあらかじめ不純物を除く工程が溶銑予備処理であり、転炉から出鋼した溶鋼を最終的に精錬、脱ガスする工程が2次精錬である。

溶銑予備処理では溶銑の脱珪、脱リン、脱硫を行う。脱珪は、溶銑中にミルスケール、焼結鉱などの酸化鉄を投入して行う。脱リンは通常、石灰、酸化鉄、蛍石などを混合した脱リン剤をガスとともに溶銑中に吹き込みスラグとして排出することにより行う。脱リンとともに脱硫処理を行うこともできるが、低硫黄の鋼の製造時には、別途溶銑中にCaO、Na₂CO₃、Mgなどの脱硫剤を吹き込んで、さらに脱硫処理を行う。

⑤ 転炉での脱炭素工程：

転炉工程の主目的は溶銑中の炭素成分の調整と次工程である2次精錬時の温度の確保である。溶銑予備処理工程を経た、低シリコン溶銑に、少量のスクラップを加え、炉口から純酸素ガスを溶銑面に超音速で吹き付ける(吹錬)と同時に、炉底から不活性ガスを吹き込み、前工程で処理できなかった溶銑中の珪素が酸化されてシリカとなり、これが炉内に加えた焼石灰や酸化鉄と反応してスラグを形成する。吹き込まれた純酸素ガスは炭素と効率良く反応し、一酸化炭素となって脱炭が進む。炭素が約4%から0.05%程度に下がり、温度が1,200~1,630℃に上昇する。溶鋼の炭素濃度と温度が目標値に達したら終了する。吹錬終了後炉体を傾け、出鋼口から溶鋼を取鍋中に注入する。この際、必要な性能を得るために合金鉄や脱酸、脱硫剤を取鍋中の溶鋼に加える。

⑥ 2次精錬工程：

2次精錬の目的は、高純度鋼製造のために、最終の脱硫、酸素、窒素、水素などの脱ガス、介在物の除去、及び極低炭素鋼における最終脱炭を行う事である。

脱硫は、溶銑予備処理のときと同様、CaO、Na₂CO₃、CaF₂などを添加して行う。脱窒素、脱水素は、溶鋼を真空槽中で減圧処理することにより行う。脱酸素は、珪素やアルミニウムを溶鋼中に加えて、シリカやアルミナ系の非金属介在物とし、スラグ中に吸収除去することにより行う。脱炭は、真空槽中で溶鋼に純酸素ガスを吹き付け、一酸化炭素として除去することにより行う。

(b) 電気炉法

電気炉は、電気エネルギーにより加熱するため、原料として市中から発生したスクラップ、高炉-転炉法の工程中に発生した冷銑などの冷鉄源を100%使用できるのが特徴である。このため鉄資源の回収、リサイクルに電気炉は重要な役割を果たしている。スクラップと電力が豊富な地域では、高炉による一貫製鉄法に比べ、消費エネルギーが格段に少なく、かつ設備投資もはるかに少ない電炉法による製鋼比率が高くなる。電気炉は加熱方式によってアーク炉と誘導炉に分かれるが、鉄鋼製造プロセスとしては、炉容量が大きく、生産能率が高いアーク炉が主に使われている。

電気炉で精錬された溶鋼は、高炉法と同様に2次精錬工程、連続鋳造工程、圧延工程を経て製品となる。

6. 鉄鉱石の最終用途

鉄鉱石から製造される鋼(普通鋼、特殊鋼に大別できる)は多くの産業分野で利用されている。その用途に応じて多種多様な性質や形状の鉄がつくられている。鉄鋼一次製品としては次ぎの様なものがある。

- ① 軌条：軌条とは鉄道などのレールの事で、走る車輛の種類によって、軌条のサイズや材質は微妙に違っている。
- ② 鋼矢板：大型形鋼の一種で、成形加工した鋼板の両端に継ぎ手があり、それをつなぎあわせて鉄の壁をつくる。護岸、岸壁、防波堤、橋梁、水門の基礎など土木建設の現場で広く使用される。
- ③ 形鋼：様々な断面の形をもつ鋼材である。H形鋼は建築や橋梁、船舶などの構造材料用途、岸壁、建築物、高速道路などの基礎杭用に使用される。山形鋼は断面がL字形で、構造材用には高張力鋼を使用している。用途は鉄塔、建築、橋梁、船舶をはじめ、クレーンを支える梁などの構造材などに使用されている。
- ④ 棒鋼：断面が円形、正方形、多角形などの棒状の鋼材である。その約8割が建設現場で使われる鉄筋用で、他は機械の構造部材やボルト、ナット、リベットやチェーンなどの二次製品の素材として使用されている。
- ⑤ 線材：細くて長い線状の鋼材である。普通線材と高炭素の特殊線材に分けられる。普通線材は主に鉄線、針金、釘、金網、ねじ類など二次製品の素材になる。特殊線材は強靱性や耐久性などを要求される鋼撚り線、線ばね、タイヤ芯などの素材として使用される。
- ⑥ 厚中板：厚中板は厚みが3mm以上のものをいい、用途は土木、橋梁、産業用機械、石油タンク、海洋構造物などの一般及び溶接構造用の鋼板をはじめ、造船用、ボイラー圧力容器用、ラインパイプなど広く使用されている。
- ⑦ 薄板：熱間圧延した熱延薄板類、冷間圧延された冷延鋼板類がある。熱延鋼板の用途は自動車、建築、産業機械からガードレールに至るまで多分野にわたる。冷延鋼板は厚さ精度が高く、表面が美しく、加工性にも優れる。用途は自動車、電気製品、鋼製家具など。ブリキや亜鉛メッキ鋼板の素材としても使われる。
- ⑧ 表面処理鋼板：鉄の錆び防止を目的に、鉄表面を亜鉛、すず、クロム、ニッケルなどの金属元素でメッキしたりする。亜鉛メッキ鋼板は冷延鋼板などに亜鉛メッキ処理をした鋼板であり、建築はじめ自動車、家電製品、ダクトなど、各種の構造部材に広く使われている。塗覆装鋼板(プレコート鋼板)は樹脂フィルムを貼ったり、樹脂塗料を焼き付け塗装した鋼板であり、冷蔵庫、洗濯機、電子レンジなどの家電製品、屋根、壁、雨戸、シャッターなどの建材に使われる。ブリキは錫メッキした鋼板であり、食缶、飲料缶など各種容器に幅広く使用さ

れている。

- ⑨ 鋼管：断面が円形、楕円形、角形などの形をした肉厚の薄い中空の鋼材である。用途としては、水道管やガス管、化学プラントや発電プラントに使うものまで種々ある。
- ⑩ 外輪：鉄道車輛の台車に組み込まれ、車輪の外周を包むように取り付けられた鋼製の輪を外輪という。炭素含有量が多い0.6～0.75%の鋼種が使用される。
- ⑪ 特殊鋼鋼材：特殊鋼とは、ニッケルやクロムなど特殊な元素を添加したり、成分を調整したもので、耐熱性、耐食性に優れ、普通鋼では耐えられない厳しい環境下で使われる。^[7]

表-4 に特殊鋼の種類、成分特性と主な用途を示す。

表-4 特殊鋼の種類、成分特性と主な用途

特殊鋼の種類		成分特性(添加元素)	主な用途
工具鋼	炭素工具鋼		カンナ、ヤスリ、かみそり
	高速度工具鋼	タンゲステン、モリブデン、クロム、バナジウム	切断・切削用工作機械
構造用鋼	機械構造用炭素鋼	珪素、マンガン	自動車部品、産業機械、建設機械、航空機
	構造用合金鋼	マンガン、クロム、モリブデン、ニッケル、アルミニウム	
ばね鋼		珪素、マンガン、クロム、バナジウム、ニッケル	車輛用ばね、コイルばね、つる巻きばね
軸受鋼	高炭素クロム鋼	高炭素、クロム	軸受
耐熱鋼		クロム、マンガン、ニッケル、コバルト	タービン、自動車用エンジン、化学プラント
ステンレス鋼		クロム、ニッケル	食器、厨房用品、浴槽、屋根材、壁材、鉄道車輛

普通鋼は炭素成分の含有量の違いにより種々の用途に利用され、又特殊鋼はニッケル、クロム、モリブデンなどを混合した合金鋼として利用されている。普通鋼の炭素含有量から分類した鋼の種類及び主な用途を表-5 に示す。特殊鋼の成分について分類した特殊鋼の種類とその主な用途を表-6 に示す。

表-5 普通鋼の種類と主な用途(出典：日本鉄鋼協会)

鋼の種類		成分特徴	主な用途
普通鋼	炭素鋼	極軟鋼	C : 0.12%以下 薄い鉄板(自動車・家電用)、電信線、ブリキ板、亜鉛鉄板
		軟鋼	C : 0.12~0.30% 鋼板(鉄橋・建物・船舶・客車用)、形鋼、棒鋼、鋼管(ガス・水道用)、針金、釘
		硬鋼	C : 0.30~0.50% 電車の車輪、車輪、歯車等の機械部品、ばね
		最硬鋼	C : 0.50~0.90% 機関車の車輪、レール、ワイヤーロープ、ばね
		炭素工具鋼	C : 0.60~1.5% 物類、やすり、バイト、シナイ、ペン先、削岩機の先

表-6 特殊鋼の種類と主な用途(出典：日本鉄鋼協会)

鋼の種類		成分特徴	主な用途
特殊鋼	低合金鋼	珪素鋼	Si : 0.50~5% モーター、トランス
		構造用合金鋼	Ni : 0.4~3.5% Cr : 0.4~3.7% Mo : 0.5~0.7% ボルト、ナット、軸、歯車、タービン
		合金工具鋼	Cr : 1.5%以下 : 5.0%以下 Ni : 2.0%以下 バイト、ダイス、シナイ、ヤスリ、タガネ、
		軸受鋼	Cr : 0.9~1.6% 軸受、ベアリング
		高張力鋼	Cu, Ni, Cr 各1%以下 橋梁、建築、船舶、鉄道、鉱山、自動車
	高合金鋼	ステンレス鋼	Ni : 8~10.5% Cr : 18~20% 食器、家具、化学工業機械部品、自動車、建築材、車両
		耐熱鋼	Ni : 13~22% Cr : 8~26% 特殊エンジン
		高速度鋼	: 6~22% , , Co 強力バイト、ドリル

7. 参考資料

- [1] 財務省貿易統計 関税率表解説
- [2] Newton 別冊：完全図解 周期表, 株式会社ニュートンプレス
- [3] U.S.Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2008
- [4] 財務省:貿易統計, 2005
- [5] 財団法人 JFE21 世紀財団：鉄鋼製造プロセス
<http://www.jfe-21st-cf.or.jp/>
- [6] (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：鉱物資源マテリアル・フロー2005
- [7] JISF 社団法人 日本鉄鋼連盟：鉄鋼を知る <http://www.isij.or.jp/>