

## 第 1 章

# ステンレス鋼の基礎

---

ステンレス鋼が世間一般に知られるようになったきっかけは、第 2 次大戦終了後まもなく、当時の住宅公団がこれを低層住宅・公団アパートの厨房流し台（シンク）用素材に採用し、多くの人に身近な存在になったからだといわれる。従来の木製やタイル製と比べて見栄えがよく、衛生的で使い勝手もよかったので急速に普及し、ステンレス鋼が人口に膾炙するとともに今日まで用途の多様化が進められてきた。

ステンレス鋼をよりよく使いこなすために、本章では、その由来、鋼種分類、改良のあゆみ、製造方法などについて略記する。そして、次章以降の用途や基本的諸事項、応用、開発、課題解決などへの序章とする。

## 1.1

# ステンレス鋼の由来

### ▶ 1.1.1 物質の成り立ち

現代物理学・天文学・宇宙論の教えるところによれば、138億年前に「無=真空」の「ゆらぎ」（素粒子の生成・消滅によって生じ、膨大なエネルギーをもつ存在）の状態から、トンネル効果により宇宙が創成した（大きさ $10^{-34}$  cm程度）。創成直後 $10^{-44}$ 秒から $10^{-34}$ 秒間のとてつもない短時間に真空の相転移が生じ、膨大な潜熱が解放されて宇宙は1 cmあまりの大きさの「火の玉」となった（「インフレーション理論」という）。

この「火の玉」が膨張する過程で素粒子・陽子・中性子・原子ができ、約30万年後に「宇宙が晴れ上がり」、星・銀河・星雲・生物などの「物質」が作られ、現在の宇宙が形成された（「ビッグバン理論」という）。

「火の玉」が膨張し始めるとき、電波の「ムラ」が宇宙空間に放射された（「宇宙背景放射」という）。探査衛星による天体の電波観測の結果、「宇宙背景放射」が発見・実証された。それに直近のヒッグス粒子の発見やニュートリノ振動の証明、そして重力波の観測の成功など、「物質」を中心とする素粒子物理や宇宙論の進展が確実に深まっている。

我々が住む地球は、このような物質世界の一つであって、生存のための「道具」の素材としてヒトは石器や土器を使用してきたが、ついに金属を手にするようになった。

### ▶ 1.1.2 鉄の特徴と問題点

人類は往古「青銅器時代」から、より強度が高く腐食しにくい“金より高価な”「隕鉄」〔4~12%のニッケル（Ni）を含有する〕を使っていた。BC 1700年ごろに現在のトルコ（当時のヒッタイト帝国）のアナトリア高原で、史上初めて人工的に「鉄」を製造するという大発明がなされた。長い時を経て、その製造技術・鍛錬技術・加工技術が世界に拡散普及するに至った。わ

が国に伝わったのは「踏鞴製鉄」といい、製造された鉄を「玉鋼」・「和鋼」・「包丁鉄」という。

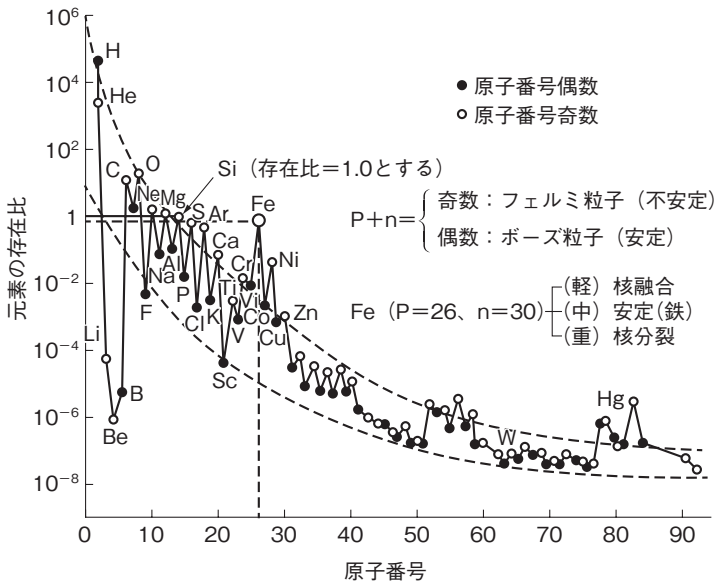
鉄の弱点である「錆」に対する耐性に優れた「夢の鉄」ステンレス鋼は組成の大部分が鉄 (Fe) であり、Fe がもっている特徴を存分に生かした鋼材の一つである。そこで現在も続く「鉄器時代」4000 年近くにわたって使用されている上記「宇宙生成」とも関連する鉄の特徴と問題点に触れておく<sup>1)</sup>。

### (1) 鉄の特徴

#### (a) 異常に多い存在量

まず、Fe 元素の存在量 (比) を宇宙全体でみると、**図 1.1** のようになる。図は、原子番号順に各元素の存在比 [ケイ素 (Si) の存在量を 1.0 とする] をグラフにしたもので、以下の事実がわかる。

- ① 大略原子番号が増えるにつれて元素の存在比が、ある幅をもって対数的に減少する
- ② それらの中で Fe の存在比は一頭地を抜いて大きく、Si とほぼ同じ 1.0



**図 1.1** 各元素種の宇宙における存在比の原子番号 (原子量、質量) 依存性 (Si=1.0 とする; 縦軸は対数目盛)

に近い。つまり、漸減傾向幅の中心位置に比べて約1万倍も多量に存在する。このことの単純な説明は次の通りである。Fe原子は原子量が全元素の中で中庸で、原子核を構成するP(陽子)と中性子(n)の和が偶数の「ボーズ粒子」で、核融合も核分裂も極めて生じにくい安定な元素であるゆえ、多量に存在し得た。確かにFeに近いCr(クロム)、Co(コバルト)、Ni元素も比率は高い。しかし、Feの比率は飛び抜けて高い。

③ Pとnの和が奇数の「フェルミ粒子」と「ボーズ粒子」に着目して元素の存在比をみると、前者が低く後者が高い規則性をもった変化を示しており、原子核の安定性にほぼ従っている。

④ 以上の結果は地球にもあてはまる。すなわち、地表面付近の地殻中の元素の存在比(クラーク数)はO(酸素)、Si、Al(アルミニウム)、Feの順であり、地球深部・マントル・核まで含めた地球全体の比率の順位はFe、O、Si、Mg(マグネシウム)で、Feは第1位となる。

⑤ これらは、鉄を資源としての有効利用の観点から考えると(もちろんステンレス鋼を含む)、枯渇するまでの採掘寿命やコスト・入手性において極めて有利である。「鉄器時代」が長期継続しているゆえんである。

以上のように、鉄はいわば宇宙創成からの生存競争を勝ち抜いたラッキーな元素ということができる。

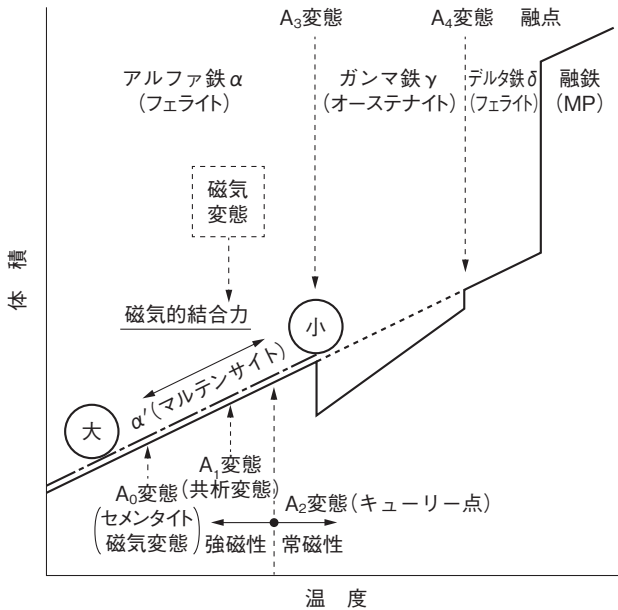
### (b) 多種類の状態変化

もう一点、鉄の特異性に関する特徴を図1.2に示す。これはステンレス鋼に大いに関連する事項である。この図は、雰囲気温度(周囲温度; ambient temperature)と体積の関係を表している。これから以下のことが分かる。

① 温度の変化によって鉄は種々の「変態」と称する(平衡)状態(相)変化を起こす。

② すなわち $[A_0 \sim A_4 \text{ 変態点(温度)} + \text{融点}]$ の6種類の変態が生じ基本的に $\alpha$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、融鉄の4種類の状態をとる。これらは常温フェライト、オーステナイト、高温フェライト、融液とも呼ばれる。

③ 鉄(純鉄)は実際には必ずCを含有するので、 $A_0$ および $A_1$ 変態はFe-C平衡状態を擬したもので(第3章を参照)、これを入れるとセメンタイトおよびパーライト(フェライト+セメンタイトの混合状態)相と呼ばれる状態が生成する。



■ 図 1.2 鉄の温度変化による相変態・磁気変態現象と各組織ならびに体積変化の温度依存性〔共析変態 ( $A_2$ ) とセメンタイトの磁気変態 ( $A_0$ ) は鉄-炭素二元系に敷衍した場合〕

④ さらに、 $A_2$  変態（キュリー温度変態； $780^\circ\text{C}$ ）の上下で、状態は強磁性と常磁性に区分される。

⑤ オーステナイトから急冷すると（C量による）、硬質のマルテンサイトが発生する。

⑥ オーステナイト温度が低下して  $A_3$  変態点に達すると、体積が膨張する。不思議な現象で、水が氷に変化する（液相から固相への変化）の際にもみられる。鉄の場合は固相から固相への変化ゆえ、異常な現象であり、原因は不詳である。

以上のように鉄は温度によってさまざまに状態が変化する特徴を有する元素であり、種々の種類からなるステンレス鋼は、この鉄の基本的な特性を利用しているといえることができる。

## （2）鉄の問題点

青銅や隕鉄に替わって人類が人工鉄を使用し始めてから 3000 余年を経て

産業革命がもたらされ、鉄の大量生産・大量消費時代が始まった。すると、鉄は確かに種々の道具をつくるための素晴らしい材料ではあるが、以前より潜在していた問題点が顕在化してきた。それは以下の諸事項である。

① 鉄の強度は隕鉄に比べ、製造方法や条件によって高いときも低いときもある。強度を制御するにはどうしたらよいのか。

② 鉄の表面は錆びやすい。錆びないか、あるいは錆びにくい鉄をつくるにはどうしたらよいのか。

③ 湿気や水に濡れると錆びやすい。海浜で使用する場合、海塩粒子や海水につかると著しく錆びやすい。解決法はないか。

④ 昔から鉄を、例えば灰汁のようなアルカリ液に浸してから使用すると、かなり錆びにくくなることが知られている（「黒染法」）。なぜなのか。しかし、それでも耐錆性は不十分である。

⑤ 鉄は表面だけではなく、内部が腐食して亀裂や割れが生じて、ついには粉々に崩壊してしまう。もっと寿命を伸ばせないか。

⑥ 衝撃的な力がかかると瞬間的に破断することがある。また寒いところや低温で鉄を使うと脆くなり、破壊しやすくなる（脆化現象）。

⑦ 種々の機械部品を高温で使い続けると少しずつ伸びる。看過できない。

このように道具や装置が技術の進歩につれて高度化・複雑化し、使用条件が厳しくなってきたためもあって、鉄材料に対し種々の問題点が浮上し、解決が強く望まれるようになった。

### ▶ 1.1.3 ステンレス鋼の出現

かかる時代背景のもとで鉄の材料特性向上の研究が始まった。比較的強度が高く、錆に対しても抵抗性がある隕鉄には数%のNiが含まれているところから、今では電磁気学で高名なマイケル・ファラデーは、18世紀初頭にいくつかの元素が原鉱石から分離精製されるようになったこともあって、例えばNiを3~10%添加した鉄は従来の鉄よりも錆びにくいことを1820年に報告している。このようにある元素にそれ以外の元素を含有させた場合に、これを「合金」という。今の例は「鉄合金」である。ファラデーは「合金学の創始者」といわれている。

その後、多くの金属学者の努力によって1912年前後に今日の各種ステン