

將來の金屬と合金

(昭和 23 年 12 月 10 日 第 3 回東京地方講演會に於ける參考資料)

ゼー・ジフリース* 佐藤忠雄抄譯**

金屬生産品は一定の用途に對して價格と性質とが調和して始めて選定されるのが普通である。しかし多くの場合は價格よりも優れた性質が遙に重要視される。

1940~1944 年の 5 ヶ年間に新しく生産された非鐵金屬は 38,000,000 ton に上るが、之は明かに之等の金屬の性質が特殊なものである事が經濟的に極めて大なる價值を持つてゐた爲である。事實、今日の工業の著しい進歩は非鐵金屬の性質が極めて廣範圍に變化に富んでゐたことに負ふ所極めて大なるものがあらう。

しかしこの様な見方は鐵鋼を輕視するものでは決してない。過去 1 世紀の間に生産された鉄鐵は世界の新しく生産された金屬の 90% 以上を占めてゐる。1925 年頃迄は世界の鉄鐵と全非鐵金屬の新規生産額の比率は 20 對 1 であつたが、その後は約 15 對 1 になつてゐる。

第 1 表に非鐵金屬の年間生産量の最高額を示した。

第 1 表 最高年間生産額

金 屬	生産額 (噸)	年
鉄 鐵	123,000,000	1942
銅	2,700,000	1942
アルミニウム	1,875,000	1943
亜鉛	1,840,000	1941
鉛	1,722,000	1939
錫	245,000	1941
マグネシウム	222,000	1943
ニッケル	142,000	1943

之に鉄鐵を比較のために掲げてある。第 2 表は過去

第 2 表

期 間	生産額 (100 万噸)	
	鉄 鐵	非鐵金屬
1885—1889	112	5.6
1890—1894	131	6.9
1895—1899	172	8.5
1900—1904	218	10.9
1905—1909	284	13.3
1910—1914	344	16.1
1915—1919	326	17.8
1920—1924	293	15.9
1925—1929	425	25.1
1930—1934	282	20.1
1935—1939	454	29.5
1940—1944	581	38.1

60 年間に於ける世界の鉄鐵と全非鐵金屬の新規生産

額を示したものでフェロアロイは、之に Mn 及び Cr を含めて鉄鐵生産量に加へてある。一般に Cu, Pb 及び Zn は Al より生産量が遙かに大である。しかし戦争のため Al の生産重量は第 3 位となり、生産容量は鉄鐵に次いで第 2 位となつてゐる。Cd, Co, Hg, Sb, Ag, Au 及び Pt 屬等は經濟的に重要で、重量的にはその生産量は問題とならないが、價格の點では極めて大である、或る年次には Au の生産價格は鉄鐵のそれより大であつたこともある。

今後を豫想すれば次の如く生産量特に生産重量の急激な變化は起り得ないと思はれる。

1. 今後 20 年間には鉄鐵とフェロアロイの生産重量は全新規金屬生産量の 90% 以上とならう。
2. 今後 20 年間に Cu, Pb, Zn 及び Al の生産重量は鉄鐵とフェロアロイを除いた新規金屬生産量の 90% 以上を占めるであらう。

以上に述べた所は總括的結論であるが更に詳細に検討を進めやう。我々が特に關心を有するものは合金である。すべての金屬製品の 95% 以上は合金であり、新合金或は從來の合金の性質の改善が世界各地の研究所から續々發表されてゐる。合金で特に興味ある所は成分のみからは豫期し得ない性質が見出されたことである。

18 世紀の中頃からベツセマー及び平爐法によつて製鋼技術に革命をもたらした。これによつて量の問題は解消し、更に冶金科學の進歩に伴つて 1925 年頃から現在の質の時代に進んだ。第 2 表から明な如く非鐵金屬の用途が増し、合金鋼及び熱處理を施した鋼が使用され、機械加工、成形加工、熔接等の容易な特殊合金の生産特殊な電氣的性質を持つた合金の出現、貴金屬、金屬と非金屬の組合せ、及び薄板等の使用増加等によつてこの時代を特徴付けてゐる。

現在豫想し得る限りに於ては 今後も鐵は重量的に金屬工業を壓倒的に支配し續けるであらう。地殼の 5% を構成してゐる鐵の供給が絶へることはあり得ない。富鐵の供給は今後次第に減少するであらうが、し

* 米國國立科學會々員 バベル記念館應用科學關係學校 評議員 ゼネラル電氣會社副社長 理學博士

** 鐵道技術研究所工學博士

かし、その場合貧鑛が考慮されることにならう。鐵屑の貯藏量も更に増加するであらう。この鐵屑の利用は將來はより重要な問題とならう。合金鋼は各方面の要求をよく充してゐる。そして合金成分及び加工處理法に依つて更にその性質を改善すべく著々研究が進められてゐる。

Cu, Pb, Zn 等の非鐵金屬に對する需要は更に増加するであらう。地殻には Cu が 0.01%, Zn が 0.004%, Pb は 0.002% 埋藏されてゐると想像される。従つて之等の資源には制限があり。永い將來には之等の價格は次第に鐵に比較して上昇するであらうからその使用も自ら制限せられ更に貴重なものとなるであらう。

Ni, Sn, Sb, Cd, Co も比較的資源が少い。しかし Ni の埋藏量は Cu の 2 倍ある。一般に之等の金屬も鐵に比較して價格が上昇するであらうから、自然にその利用も限定されて來やう。

Mn 及び Cr は事情が稍々異り、埋藏量は Cu に比して Cr は 4 倍、Mn は 10 倍ある。従つて將來は更に大量に利用可能であり、合金として將來高 Mn 或は Mn 基合金が出現しなければならぬ。Cr は高温度に於ける性能が他の金屬より非常に優秀であり、殊に Fe, Ni, Co, W, Mo, Ti 等との合金としてガスタービン、噴進原動機に要求される耐熱合金としての用途が重要であると考へる。従つて Mn 及び Cr の用途は將來著しく擴大することが豫想される。

Al 及び Mg は世界各地で利用することが可能である。Mg は海水から生産出来る。Al は地殻の 8%, Mg は 2% 以上を構成してゐるから資源的に絶へる心配はない。従つて將來その價格は他の金屬に比較して低下すべきである。そしてその使用量を増し、他の不足金屬の節約を計る好ましい因子とならう。Al の生産重量は 1943 年には第 3 位に達したが、正常の順位としては第 5 位にあるべきである。生産容量では現在正常な順位としては鐵に次いで第 2 位であらう。今後は生産重量をも次第に増加して第 2 位に上るに違ひない。恐らく 1970 年には第 2 位に迫るものと思はれる。Mg は戦時の生産量を超へるには尙數年を要すると思はれるが、その後は健全な發達と見ることは確實である。

Si は鑄鐵、鋼、Al 及びその他の合金に合金元素として大量に使用されてゐる。Si は非常に豊富に存在するから、主要な構造用として使用出来れば資源的見地からは誠に好ましい事ではあるが、この様な用途の擴張を計る爲には未解決の問題が未だ残されて居り、之に對して粉末冶金がその解決に役立つかも知れな

い。Ti も豊富であるがその冶金が難しい。しかし一般的用途に振り向けねばならないとすれば、之等の困難な冶金の問題も或る程度解決する様努力せねばならない。Ca は無制限に利用出来る。將來之を構造用として使用する事を希望するならば、室温で次第に燃焼することを防止する方法を見出さねばならない。Zr は Cu の約 3 倍程豊富にあるが金屬として使用出来るものは極めて少量である。

An は最近の信すべき報告によれば南極に豊富な鑛床及び鑛脈が發見されたと言はれる。幸なことには過去に於いて使用された貴金屬の大部分は今迄にも回収されて再使用されて居り、將來も回収し得るであらう。將來の世界は貴金屬を更に要求するであらう。一般に之等の貴金屬はその性質によつて特殊な用途を持つてゐる極端な例である。その將來性は一にかゝつてその生産量の如何にあり、更に廉價に利用出来るとしたならばその使用量は著しく増加するであらう。稀有金屬の中には量的にも價格の點からも極めて重要なものがある。二三の例を挙げれば Cs は光電管用として、Li は水素の凝固用に、Ce は煙草のライター用に、Zr は寫眞のフラッシュランプ用として用ひられる。科學の進展と共に新しい用途が更に多數發見されることは確かであると思はれる。

W はこの世紀の始め以來、三つの偉大な工業的進歩をもたらす有力な役割を演じた。その最初は高速度鋼である。W は主要合金元素で、Cr 及び V がその性質の改善に重要な寄與をなしてゐる。Mo はこの W の一部又は全部を置換出来る。事實第二次世界大戦中に W の節約のために利用されてゐる。高速度鋼の使用量は年間 5 千萬弗に達した。

1904 年には電球の炭素フィラメントを W で置換することになつた、之が第二の進歩である。之によつて 1920 年の中頃には合衆國で炭素フィラメントを使用する場合に比して年間 29 億弗の節約が出来たことになる。而も之に要する W の年間消費額は 10 萬弗の桁に過ぎなかつた。1 lbs の W を使用することに依つて電燈用經費の節約は約 30 萬弗であつた。

第三の進歩は燒結した W 炭化物である。結合劑として Co 等が必要である。この材料が出現してから僅か 20 年を経てゐるに過ぎないが、今後 10 年間にはその生産量は高速度鋼を凌駕するに至るであらうことが容易に豫想される。之に要する W は年間 1 千萬弗以下に過ぎないと思はれる。この場合は Mo を W の代用として經濟的に使用することは現在の技術では不可能である。Ti, Ta, Nb の炭化物を少量添加することによつて特に鋼の切削用としての燒結 W 炭化物の性

能を著しく改善することが出来る。しかし高速度鋼の出現は従來の工具鋼の用途を減らすことがなく、又燒結 W 炭化物が高速度鋼或は之と同等の工具鋼の生産量を低下させたこともない。即ち従來からの材料も、新に出現したものも之等の凡てが工業的文化の育成には必要なことを示してゐる。

我々は將來を豫言することは勿論不可能である。そして現在の我々の考へ方が間違つた方向にあるかも知れないと言ふ事を指摘するために茲に例として一つの重要な發展過程を擧げて見よう。この世紀の初期 30 年間は何を措いても電球フィラメントの發見と改善のための研究が行はれた。最初は C、次いで Os, Ta 最後に W が出現した。W に就いて更に多くの改善が行はれつゝある時に従來の電氣エネルギーを光により有効に轉換するための筋道として、高温に耐へる金屬、非金屬、合金、化合物その他に就いて捷まぬ高價な研究が行はれた。然るに之とは反對に高熔融點金屬を使ふことなくして、熔融點の最も低い金屬即ち Hg を使用することによつて大きな改善が行はれた。即ち螢光ランプは固體フィラメントを使用せず、Hg を使用して非常な成果を擧げてゐる。

現在の金屬工業は質の時代にあるが、量的にも 1925 年以前より著しく増加してゐる。生活基準が著しく上昇したことは金屬生産品がより有効に使用されることを示すものである。今後 10 年間には質の面が更にその基礎を確立せねばならないが、しかし世界は現在混亂状態にあり、そのために生産能力と供給能力との上には尙不安がある。1945~1949 年間の新規金屬の世界生産量は前 5 年間に比して減少するであらうと豫想される。

輕金屬を除いた銑鐵對非鐵金屬の 15:1 の比率は今後 10~20 年間に銑鐵がより大となる方向に變化する様に思はれる。更に將來の見通としてこの變化は避けられないであらう。この變化は米國以外の國々の生活基準の上昇と共により促進されよう。全世界が米國と同一生活基準を享受するとしたならば、現在の金屬消費量の約 7 倍が要求されるであらう。鐵と輕金屬はこの様な需要の擴大に應ずることが出来るが、他の金屬の多くのものは不可能である。過去 60 年間に生産量は 5 倍を少し超へる程度に増加した。更に 7 倍の擴張が可能となる時期は確に遠い將來のことであらう。しかし現在の生産量を 2 倍にする場合に於ても非鐵金屬の多くのものには不安がある。従つて次の半世紀間の條件を豫想すれば、恐らく鐵と鋼は他の重非鐵金屬より早く増加するであらう。しかし後者はその利用の増加によつて工業經濟を豊かならしめるであらう。

輕金屬は恐らく銑鐵よりその成長がより早いものと確信する。輕金屬の用途は廣いし、今後の科學の進歩に伴つて更に發展するであらう。輕金屬の成長は重非鐵金屬の不足を補ひ、或はそれ以上となつて輕金屬工業の將來は大發展に向つて進むことを確言する。

次に非金屬生産品に於ける金屬元素の用途に就いて簡単に述べる。Al は煉瓦及びセメント等の非金屬生産品に含まれる。しかし Al は極めて豊富であるから窯業工業の規模が Al 工業のそれに影響を及ぼす様なことはない。しかし他の多くの金屬では、例へば Pb 及び Zn は硝子及び塗料として非金屬生産品に多量に使用される。これに必要な原料は金屬と同一資源から求められるもので、この資源は涸渇する恐れが多分にある。従つて之等の金屬は非金屬生産品に使用される量に比例してその生産に影響を受けるであらう。

プラスチックは金屬を置換した。將來も更に置換するであらう。しかし自動車の例に見る如く最大のプラスチックであるゴムの用途が金屬の用途を増加した事はプラスチックの工業化が金屬工業をも膨脹せしめたよい例である。金屬は過去に於いて木材を置換したが、今日尙木材の供給は充分ではない。この様にして今後利用可能な材料の間には激しい競争が続けられるであらう。しかし最先頭を行くものとして金屬に代るものはあり得ないと思はれる。

冶金の質の面で王座を占めるものは原子爆彈である。それはまた科學が技術を指導するのみでなく、科學が創造した最もよい例である。二種の原子爆彈材料 U-235 及び Pl は結局は金屬である。ある原子がその原子核を中性子で衝擊することによつて 2 個に分裂しその結果巨大なエネルギーを發生するのみでなく、更に自由中性子を遊離することが發見された。之は原子連鎖反應に對する必要條件であつて、今迄は之等の條件に適合する唯一の元素は自然界に於いて U-235 のみである。Tennessee の Oak Ridge にある大實驗場は U-238 から U-235 を分離した。一つの金屬同素體を他のものと分離する事を工業的規模に於いて成功したものは之を以て有史以來最初のものとする。

濃縮した U-235 が臨界量に相當するある量を超へた時、連鎖反應が無制限に行はれる。之が原子爆彈である。戰時中 U と黒鉛で原子堆を作つた。この原子堆は核變化によつて大量の熱を發生する。核が中性子の衝擊によつて 2 つに分裂する時、C 原子が O₂ によつて燃焼する場合に發生する熱量の 100 萬倍の熱を發生し、更に 2 又はそれ以上の中性子が高速度で遊離する。そして遊離した中性子のあるものが U-235 原子の核を衝擊する。この時に新種の核が生成し、自己

の放射能で Pl に變化する。かくして Washington の Hanford では歴史上初めて工業的規模に新しい合成金属が作られた。

原子堆の中では燃焼は行はれてゐないが、もし 1 日に 0.1kg の Pl が生産されれば、發生する熱量は 50,000~150,000kW に相當する。生産された Pl は一つの熱発生機であり、燃料とも云ひ得べく、今迄に夢想したよりも遙に有力なものである。また原子堆からはサイクロンその他を使用して作り得るものよりも遙に大量に利用し得る種々の元素の放能性同素體を作ることが出来る。Hanford の原子堆は純 U から放射能の極めて強く且減衰し難い合金を生産することが出来る。將來例へば放能性の模寫器及び制御器を使用する事によつて金属に含まれる微量の不純物の効果を研究し、良好なものを利用し、有害なものは除去するか或はその害を軽減する事になる等新しい技術が冶金技術者に利用されよう。冶金技術者は原子核に關する學問が人類の召使となり或は保護者となる爲に解決すべき多くの問題の解決に最善を盡す責任がある。

最後に質の面に於ける今後の趨勢を指摘しよう。金

属は更に有効に利用される。高價な金属は廉價な金属と組合せて更にその用途を増すであらう。壽命の長い合金は設計者及び使用者によつて經濟的に高く評價されよう。機械技術者は機械及び構造物の應力を現在より更によく分析し得るに至り、その結果として安全率を大幅に低下させることになる。構造物は成形せる板材で組立て、熔接或は鐵付で接合し、重量の軽減を計り、強靱な構成とならう。將來の合金は種々な性質を具備し、特殊な用途に役立つと共に、製造及び機械加工が容易であるものは大量生産に適し、またあるものは特に限定された用途にのみ使用されることにならう。

將來は強度が大で、重量が軽く、しかも耐蝕性の良い合金の出現を期待出来よう。更に金属又は非金属の防蝕被膜にも大きな進歩を見るであらう。永久磁石の改良及び軟質磁石合金が近い將來に出現するであらう。動力工場及び化學工場に於いて經濟的の面から要求される高温度に於ける應力及び腐蝕に耐へる合金に對しては今後更に研究が促進されねばならない。かゝる合金が近く出現するものと確信する。

抄 録

鼠銃自動車鑄物への SiC の添加

E. A. Loria, F. S. Kleeman and A. P. Thompson.
Metal Progress. 51, 587—92 (1947)

34 % C のシリンダーブロック用銃の熔製に於て、1 % の SiC 陶鑽と 5 % の石灰石をキュボラ装入地金中に添加する事により健全な、粒度の良好な、黒鉛の形状及び分布状況の改善された高温の流動性良き湯を得る事が出来る。

斯くして得られた鑄物は強度、硬度及び耐磨耗性大なるにも拘らず機削性が良好である。(堀川一男)

ベツセマー轉爐に於ける衝風の發生と送達の分析

(J.S. Fulton, A.I.M.E. Iron and Steel Div. Vol. 145
1944, p. 175—193)

ベツセマー法が下火になつたのは、衝風に關する研究がゆるがせにせられたことが、大きな原因となつてゐる。ある調べによると、ベツセマー法に關する論文の中で、衝風に關するものは 10 % 以下である。操業者は火陷を目で見、風壓を加減して、爐況を調節するにすぎなかつた。若し操業者が酸化すべき元素の量を正確に知り、それに対して必要な風量を送ることが出来るなら、それだけでも、操業は著しく改善さ

れるであらう。筆者の目的は、衝風を質的並に量的兩方面より考察して、送風量を下げ、爐底壽命並に製品の品質を改善するにある。現在二・三の工場で熱心に行われている、送風装置全般に關する検討から、次の様な改革案を提唱して居る。

- (1) 空氣回路を流線型にし、爐體附近の接手を船形にする。
- (2) 送風路を絶縁する。
- (3) 風箱に於ける衝風温度をあげるため、熱風爐又は熱交換器を裝備する。
- (4) 冷却により、或は成るだけなら水分を吹き込んで、衝風の濕度を一定に保ち、それによつて衝風の酸素を多くし、窒素をへらす。

(5) 操業者は (3) 及び (4) 項に通じ、その調節が出来ること。

(6) 各爐について、送風費及び爐底壽命に關して最良の結果を與える様な、風箱壓力・羽口配置及び羽口大きの組合せをきめておく。

(7) 送風量及び、出来得れば漏洩に對する目安にするため風箱壓力が操業者に一目瞭然であるようにする、