アメリカに於けるマグネシウム使用の發達

THE DEVELOPMENT OF THE USED OF
MAGNESIUM IN THE U. S. A.

島 田 乙 駒 *

OTOKOMA SHIMADA

の能力を9,500 屯増加したことが記されて居て、アメリカの官民一致のマグネシウム増産方針が明かにされて居る。同誌には別に1951年の新地金生産高と52年第1・4半期の生産高も掲載されて居るので、ここにこれら資料を綜合して戦時以来のアメリカ、マグネシウム生産統計を掲げれば下表の通りとなり、事業の大勢が一応看取されるのである。

最近アメリカマグネシウム生産実績

年 度	新 地 金	再 生 塊	合 計
1943	183,584	11,404	194,988
44	157,100	14,185	171,285
45	32,792	9,247	42,039
46	5,317	5,17	10,434
47	12,344	9,503	21,847
43	10,003	7,553	17,556
47	11,598	5,962	17,560
50	15,726	7,307	23,033
51	40,914	未詳	未詳
52(推算)	約100,000	未詳	未詳

註 1952年分は第1・4半期の実績 24,112 屯を仮りに4倍したものである。

第二次大戦中、年間生産能力を約30万屯といふ史上空前の巨量に拡大したアメリカのマグネシウム製錬工業は流石に戦時の龍大な需要量をも超過して、戦争の真中に生産制限を実施するといふ我国では思いもよらぬ処置を断行したため、実際の生産高は1943年の183,584 屯を絶頂としたが、爾來軍需完全充足を誇りつつ終戦を迎へたのであつた。然しアメリカも他諸国の例に洩れず、終戦と共にマグネシウムの需要は激減する一方戦時生産の残貨は多量に繰越されて、1945年の地金生産高は5,317 屯に急落し、戦時対策として国費を以て建設された多数工場は悉く閉鎖されて、唯ダウ化学工業会社の自費建設にかかる Freeport, Tex. 工場のみが生産を継続するに過ぎぬ有様となつた。この状況は次年度から徐々に転換し、47年から49年にかけては年間1万屯程度の新地金生産が行はれたが、1950年になるとマグネシウムの需要は再び擡頭して同年9月政府は国費建設工場中の6工場、その年間生産能力合計 98,000 屯を再運転することを決定し、ダウ会社は自社フリーポート工場の能力を、年間24,000屯に増加することを発表したので、合計生産能力は当時年間 122,000屯と推定された。之が最近軽金屬情報第163号に金商株式会社坂本取締役提供の資料として掲げられる所によると、以上7工場の生産能力は合計131,000 屯となり、それにはダウ社の自費国費両工場がそ

この表によつてアメリカマグネシウム工業の最近の大勢が判明し、50年を転機とする生産再増加の趨勢が認められるのであるが、生産増加の背景に需要の増加のあること、むしろ需要の増加あつてこそ、生産の増加のあることが推測されることであり、かくて問題はこの戦後の新需要が果して何処より出で来りつつあるか？最近のアメリカの主なる用途は何れの方面にあるのであるか？になり、私の頭の中にはこの問題が往來するようになった。

之に対して或はアメリカの再軍備、特に自国空軍の大拡張を始めとし、西欧諸国に対する軍事援助、更に朝鮮戦線に於ける戦斗行動等、数へ来ればマグネシウムが従来殆ど専ら使用された軍事上の用途の拡大が極めて顯著の事実と認められる以上、マグネシウムの需要増加はこの関係から来る当然の結果であるといふは推定され、且つアメリカ政府が現在生産されつつある地金の一部を備

* 理研イニル工業株式会社相談役

蓄用として貯蔵しつつあることも報ぜられて居ることであるが、又一方終戦後にアメリカマグネシウムの用途が平時用の方面に対して盛に進出、拡張されつつあることが伝えられるので、簡単に軍需の増加によるとのみ片付けてよいとは思はれず、かくて最近におけるアメリカのマグネシウム利用の状況を知り度い思ひが、私には湧き上るのであった。

9月の中頃、軽金属協会に藤井さんを訪問したときのこと、藤井さんから色々示されたマグネシウム関係の新資料の中に、ダウ化学工業会社マグネシウム部支配人 Dr. J. D. Hanawalt 氏が1948年から50年にかけて彼地の雑誌に寄せられた論文数篇があり、幸にそれらの持帰りを許されたので、家に帰って早速通読すると、最近に於けるアメリカのマグネシウム利用の新方向と新領域、又その発展に伴つて生ずる技術上の問題等が説かれて、上記の私の解説を希望する事項が大分判然とするものがあり、就中“Metal Progress”の1950年10月号に寄せられた“A Review of Productive Capacity in the Magnesium Industry”は、地金の生産からその利用並に研究方面にまでわたつて最近の状況が極めて手際よく纏めてありアメリカの新状況が略ぼ窺へるように思はれるので、私は之を同好同憂の各位に伝え、アメリカのマグネシウム利用が軍事方面よりもむしろ平時用の方面に向つて急速に進展しつつあり、地金生産増加の対象が失して軍需のみを目的とし、又はそれに偏傾して行れるものでないことを知つて頂き度く思つたので、その要領を譯出することを企てた。英語の素養に欠け、特に技術上の用語に至つては、私の了解外のものが少くないのであるが、それらはむしろ原語のまま読まれる方々の理解にも便宜なものと勝手な考え方を推進めて困難を回避したことなど、凡てお宥るしを得て御一読の榮を賜ることが出来れば、私の本懐とする所と申し度いことである。

尚ハ氏の説明はマグネシウム地金製錬事業の状況にも及んで居るが、その点は本誌前号に寄せた拙稿の中に述べたことでもあるので、ここには省略させて頂くことをお断りして置く。

ハ氏は先づ緒言として、アメリカマグネシウムの過去を一瞥してから最近の變化を総括して述べる。

「第1次大戦ではマグネシウム粉末が火工術の材料として甚だ有用であつた。1939年までの平和時代にマグネシウムは漸く幼児的産業となり、この年の総生産量は3,350屯であつたが、国内の消費は更にその一部に過ぎなかつた。マグネシウム鋳物類が航空機の車輪や機関部品に使用されたけれども、航空機工業自体が小さなものであつた。僅かな作製が移動式器具や紡織機部品に行れ、又

ダイ鋳物が僅かばかり自動車部品に用いられた。板、押出材、鍛造品等の所謂鍛錬マグネシウムのアメリカ工業に使用されたものに至つては単なる試作品程度を出でなかつた。

「第2次大戦となつては航空機がマグネシウムの最大使用者となり、之に次ぐのが焼夷弾であつた。今一つの大きな用途は当時著しく擴大されたアルミニウム工業への合金材であつた。鍛錬材の部品は尙言ふに足らぬものであつた。米国の2次大戦参加は地金生産を殆ど100倍に高めることを要求し、年産能力は293,000屯に増大され1943年になつて国の需要が満たされたが、それまでは甚しい不足が訴へられた。一方、鋳造工場は急速に増設され、地金供給の増加に対応することが出来た、

「終戦と共に大多数の軍注文は取消され、凡ての製錬工場は閉鎖された。その原因は平時の需要の少いためと、戦時屑金が多量に利用出来たためであつた。平時産業は殆どどん底からやり直す状態であつたが、それも少くとも戦争による凡ての金属不足が1~2年の後に満たされた以後のことであつた。1947年以後需要は確実に起り、過剰屑金の大部分は使用し尽くされた。現在製錬工場の一つが1ヶ年22,500屯の割合で生産して居る。(之はダウ社フリーポート工場である一筆者)

「この後の方の5ヶ年間に根本的変化が起つた。その以前の鍛錬マグネシウムは言ふに足らぬものであつた状況は逆転して、板と押出材の量が増加して鍛錬品の製造高は鋳造品を凌駕するようになった。製造技術の進歩と加工設計に対する周密の努力とが軍事、民需の両面に多数の新用途を開拓したのである。(下図表参照)

鋳造及鍛錬製品出荷量図表

「従前、マグネシウムは大型、複雑、高品位の上に厳重な検査を施される砂型鋳物の形で行はれた関係から、高価の材料であるとの印象をぬき、殆ど専らその軽さが高価を償ふ如き方面にのみ使用された。その状況は一變し

で、民需用としての最近の発達は主として原価低下に基づくことが認められる。押出材、板、ダイ鋳物等の多数の品種が今や種々の部品として用いられ、価格はアルミ又は亜鉛と同程度の安価となつた以上、マグネシウムは最早高価材ではなくなつたのである。1940年以降の約75%に及ぶ一般インフレ（物価上昇）の中にあつて、マグネシウムは或る形のものが約10%上つたのみで、その他の形のものは手堅く持続した。このような原価の比率の大變化はマグネシウム市場の大發展を来す筈であるが、有力な競争がアルミニウムから出て来たのは、アルミ工業も亦インフレの大勢に抵抗することが出来たによることである。』

筆者申す——之によつて見ると、アメリカのマグネシウム工業は2次大戦終了直後1〜2年の間は構造材としての使用上では尙鋳造品が主で鍛錬品は発達するに至らなかつたのが、その後現在に至る最近の5年間に劇期的な變化が起つて状態を一変させたのである。或る意味に於て最近5年より以前の状態は我国のそれと大差はなかつたのではないかと考えられるのではあるが、終戦翌年の1946年の統計を取つてもアメリカでは已に鍛錬材への使用が相当に発達して居たことは、下表の通りであつて、当時已に彼我使用法上の怪庭の大なることが知られるのである。

1946年マグネシウム構造材消費量

	数量(米屯)	百分比 (%)
鑄造材		
砂 型	3,650	
金 型	275	
ダ イ	400	
小計	4,325	56.54
鍛錬材		
板	1,700	
押 出	1,625	
小計	3,325	43.46
合 計	7,650	100.00

1946年マグネシウム構造材用途別消費量

航空機用	機 関	2,325
	車 輪	815
	フ レ ー ム	285
	附 属 品	200
	小 計	3,625
工業用	移動式工作機械	1,725
	鑄造工場用具	560
	紡 織 機	275

印 刷	80
自 動 車	30
そ の 他	160
小 計	2,830
消 費 物 資 用	1,600
合 計	8,055

備考 この表は封度建て線図から米屯建数字に改めたので若干の誤差は免れないことを御断りしておく。

之が1949年になると次のように變化し、鑄造材は減じて鍛錬材の大幅の増進が認められる。

1949年マグネシウム構造材消費量

鑄造材	砂 型	3,088	
	金 型	44	
	ダ イ	127	
	小計	3,259	36.30%
鍛錬材	板	2,155	
	押 出	3,364	
	鍛 造	200	
	小計	5,719	63.70%
合 計		8,978	

不幸にして1949年に対しては上記46年の如き用途別の統計が得られないが、鍛錬材の量的増進の顯著なことは深く注目に値することといはねばならぬ。尙前掲「鑄造及び鍛錬製品出荷量図表」を見れば1950年となつてからの鍛錬製品出荷量の躍進は目覚しく、鑄造製品との差は益々開き行く状態が認められる。同図表に添へてある説明によれば、「この朝鮮事變發生までの時代には、鍛錬製品は主として民需用であり、砂型鋳物は又主として軍用航空機に使用された」とあり、用途別としても民需用の方優位にあることが推測されるのである。

之からハ氏はマグネシウムの利用を鑄造、板、押出に分けて工場作業を中心に説明した後、各方面への応用と設計に付述べ、更に冶金学の面を取上げて最近の進歩を概説するのであるが、以下その順序に従い、尙時々ハ氏の別論文をも引用し、又私の感想をも挟ませて頂いてハ氏の所説を紹介することとす度い。

第一 鑄造材の進歩

「1940年から45年に至る戦争期間を通じてマグネシウムは大部分空軍拡張の爲めの砂型鋳物に向けられた。新しい鑄造工場が建設され、多数の鋳物工場が転換された。鑄造技術は廣く普及され、多数の熟練者が生れた。之は今後のマグネシウム砂型鋳物の生産規模拡張を1940年当

時よりも遙に容易ならしめるものである。

「多数の基礎的技術問題が鋳造工場の現場からのみならず、研究機関からも深い関心を寄せられ、Mg-Al-Zn系の多孔性 Porosity と熔鑄性と含有 Zn の作用として詳細に解明され、その結果は技術上に廣く知られるに至った。粒子の大きさの調節も技術上の重要問題として、全10年間を通じて継続して検討された。現在では種々の含炭素試薬が用いられ、又過熱その他の処理法も用いられて居るが、その方法の根本的部分は依然不明のままに残されて居る。

「金型及びダイ鑄物は第2次大戦中軍事方面に使用されたけれども、その量は多くはなかつた。之を民間用に適用することは1945年以後になつて徐々に、然し着実に進められて居る」

筆者申す——砂型鑄物はマグネシウムの構造材への利用として最も早く開始されたものであり、アメリカでその技術の発達することは毫も怪しむに足らないが、粒子の大きさの調節に付ては "but the fundamentals of the process still remain mysterious" とハ氏をして歎声を漏らししめても居るのである。

第二 鍛錬材の進歩

1940年から45年に至る期間中、板は国内3~4の小工場で作製され、その全生産量は多く見ても年間数百万ポンドに過ぎず、特殊の用途にのみ用いられ、原価は手動作業のため比較的高かつた。若し最近の連続式圧延機が使用されたならばマグネシウム板の原価は著しく低減されたであろうが、多額の投資を保証するだけの市場需要はなかつた。終戦後になつてマグネシウム圧延工場の運転を継続したのは唯一つだけであつて、戦後の第1年に於ける唯一の製品は3/16吋板であり、之は新に使用され始めたマグネシウム griddle 用のものであつた。

「1945年の夏に連続式圧延試験工場が Butler, Pa. の American Rolling Mill Co. の工場にダウ会社によつて設けられた。之は米国に於ける最初のタンデム (Tandem) 工場である。この成功によつて従来マグネシウム結晶は徐々に deform するとされた文献上の理論的觀念は一掃された！ 逆にマグネシウムは正しい温度では優れた rollability と formability を有することが完全に立証された。

「この発見がもたらした圧延工場の作業上の革命を一考して見よう。現在の手動式圧延作業は100乃至200ポンドの鋳造スラブで始められるが、之は鑄込と仕上げ (scap) に費用がかかるものである。このスラブは圧潰 (breakdown) に当つて冷却するため数回加熱されなければならぬ、薄板は1回1枚づつ機械を通されるが、板が薄い程温度を保つことは困難となる。最後の冷間圧延作業が圧延と焼きなましに続く長い後続作業となる。

「之とは反対に Butler で用いられるスラブは850ポンドの重量で、十分の速度と力を備へる reversing breakdown mill に通されてメタルは7時から0.4時に圧延されるが、その所要の熱は2分間に与えられる。この板は加熱されたままタンデム機を通され、1分後には0.50吋板となり、1分間1,200呎でコイルされる。この初期の実験は1946年に行はれ、その後重量2,000ポンドの合金スラブが大工場で試験的に圧延された。

「今日の現状ではマグネシウムは尙小工場で1枚宛圧延されて居るが、Madism, gll. に建設する予定で目下設計中の新圧延工場は最初の連続式巻取圧延工場であつて現在製造されるものより廣幅で且つ安価な板が製作されるであろう。又その生産能力は現在の手動式工場の能力を総合計したものに数倍するであろう。

「次に押出材がマグネシウムの他の製品よりも量的に、且つより急速に増加したのは、原価の点で競争が出来るが為である。マグネシウムの押出装置はアルミニウムのそれと同様最近のものである。事実数工場ではマグネもアルミも同一の機械で押出されて居る。量に於て増加したこと、ダイスの設計の改良されたこと、処理に適當した合金成分が得られたこと、等がこの発達に貢献した。装置が標準化されたので国内の工業的能力は比較的容易に拡張出来ることとなつた。

「次に押出材がマグネシウムの他の製品よりも量的に、且つより急速に増加したのは、原価の点で競争が出来るが為である。マグネシウムの押出装置はアルミニウムのそれと同様最近のものである。事実数工場ではマグネもアルミも同一の機械で押出されて居る。量に於て増加したこと、ダイスの設計の改良されたこと、処理に適當した合金成分が得られたこと、等がこの発達に貢献した。装置が標準化されたので国内の工業的能力は比較的容易に拡張出来ることとなつた。

「板を加工する工場作業は最近10年間の発達に属する。190年にはいつれの工場もまたマグネシウム板の加工に経験を持たなかつたが、今では多数工場が之を持ち、その中には航空機会社のサービス工場もある。マグネシウム板は適正の温度で1回の作業 (draw) に60乃至70%の深絞りも出来る。大きな問題の一つは必要な Graphite lubricant の除去が尙未解決のことである。尙又廣く宣伝されて居ることは、マグネシウムは普通の処理法で引張成形 (Stretch forming) グライ盤工作 (Spinning) 衝撃押出 (Impact extrusion) の出来ることである。接合 (Joints) は標準的のリベット締め、熔接、接着 (Adhesive bonding) の技術も亦悉く行ふことが出来る」

筆者申す。——マグネシウム板の製造は我国でも早くから問題として取上げられ、最後には若干の工業的製作も行はれたけれども、極めて初期の段階で量的には言ふに足らぬものであつた。昭和9年マグネシウム工業懇話会が設立された頃、学者の間には時々座談的の談議も交

され、私の記憶によれば、板製作の可能説は石田四郎先生によつて説かれたに對し、会長の故後藤正治先生はむしろ消極的態度を示して居られたようであつた。その石田先生が昭和14年の頃ドイツの輕金属、航空機等の工業を視察されると、ドイツでは航空機工場でマグネシウム板がアルミ板と相並んで盛んな量産の行はれて居るのを目の当りに見られて、「驚くと同時に鬼の首でも取つたように嬉しくなりました」と同年11月29日開催の懇話會總會での講演に述べられたのは誠に左もあつたことと、お話を伺ふ私迄も思はず釣り込まれて深い喜びを感じたことであつた。

マグネシウム板の発達はドイツが世界をリードし、この点ではアメリカも遙かにドイツの後塵を浴びたのである。今次大戦の始まる前（1938年頃）アメリカの軍事評論家 Al. Williams 少佐がドイツ航空工業を視察した結果を発表したものを見ると、ヘンシエル、ハインケル、コンドル等の工場で上記石田先生の見られたと同様、板その他のマグネシウム合金製品が盛んに製作、使用されて居ることに驚歎の声を上げ、「他国の冶金学者は腐蝕性が強いと言つてその使用を控へて居たが、1938年のドイツは革命的方法でマグネシウム合金の鍛造、鑄造、薄板張りを行つて居る」と記して居る。（アル・ウィリアムス少佐著「空軍」宮本彪訳、129頁）。誠にマグネシウムの先覚は製錬加工の両面ともドイツであるといふべきであろうが、之を大成したものはアメリカであるといつてよいのであろう。

第三 應用と設計上の進歩

ハ氏の説明はここで一転する。

「マグネシウム板の航空機建造への使用には2種のタイプがある。第一は、要求される「こわさ」(Stiffness) に対して必要な寸法が已に最少限に達して居る場合に対し、マグネシウムがその低い弾性係数を補ふに必要なだけの厚みの増加を与へられて、アルミニウムに置換へられる如き設計が爲される場合である。この結果は15~20%の重量の節約となる。第二は、簡單化された Manocque 構造を利用する設計であつて、之によつてマグネシウムの厚さを増加しつつ Compressive buckling に対し重量を加えることなしに Stability を良くする利益が得られる。East Coast Aeronautics 社の Lockheed F-80 翼の設計は後者の好例である。之によつて部品の數と組立の勞力が著しく節約されるばかりでなく、燃料その他の目的のため利用出来るスペースが生み出されるのである。（今回報導された Northrop の設計では全翼面の one piece 鑄造が考えられて居る）勞力不足に對應して製造能力を高める爲めに設計を簡單化することの

重要性は尊重すべきことである。マグネシウムは著しく重量を増加することなくして大量に使用することが出来る爲め、製品が板であると、押出材であると、鑄造品であるかを問はず、設計の簡單化と、經濟性に寄与することが出来るのである。

「押出材は勞力節約の設計に好適するものである。1例は航空機建造に於ける Integrally stiffened sheet stringer panel である。之はリベットと overlap する面とを減じて、輕くしかも強い材料を与へる。一般民間用の方面でも同種のもので大きく生産され有効の成績を挙げて居るものに公道用トラックとトレーラーの Flooring がある。この外尙複雑な組立てが單一の押出材によつて簡單化された多數の例を挙げることが出来る。或る種の部品は長い押出材を切断した短いピースで作るよう設計されたものもある」

筆者申す——ここで私はマグネシウムの構造材への使用に付最近アメリカで實際に如何なる種類の製品が製作されて居るのか、今少しく具體的の説明を得たいと思いつつ藤井さんから借受けた文献をくつて見ると、同じハ氏の筆になる「The Economic Status of Magnesium」といふ論文で「Modern Metals」の1948年1月号に掲げられたものがこの点に触れて居るの見出し、少しく古いが嫌いはあるけれども、次にその要点を譯出することとした。

「マグネシウムの使用者として航空機は大きく浮かび上がつて居るけれども、その以外への使用も亦戦争以來極めて顯著に認められ、例へば移動用機械器具、各種運搬具の如きには益々広められ、又鑄物用型枠、底板、木型及び中子板の如きにも大量の使用を見て居る。

機械關係 紡績機械と印刷機械にマグネシウムは健全な適用を見て居る。纖維や紙の如きデリケートな材料を取扱つて、急速の廻轉、往復運動を行ふ機械には常に情力關係が考慮されねばならぬに對し、マグネシウムは機械の速度を高めながら、音響と振動を減じ、且つ運転中に材料に与へる損傷を防止することが出来る点に、その特長が認められて居る。

印刷關係 マグネシウム板はこの方面に対しては腐蝕性(Etching)の良好なことが使用拡大の基本となつて従来の亜鉛板に置換へられつつある。腐蝕が迅速に行はれる上に、精度がよりよく保たれ、印刷による歪みの磨滅に對してもより強く保たれるので、一部地方新聞は、已にマグネシウム腐蝕板から直接印刷することに改め、印刷界に深い関心を喚起して居る。（マグネシウム板の写真製版への利用は日本でも戦争前に行はれ、一流新聞社によつて採用されて発展の端緒にあつたが中絶された

のは遺憾であつた——筆者)

車輛關係——欧羅巴では已に久しい以前からマグネシウムを公道上の車輛類に使用して居るが、アメリカでもガソリンを始め一般運轉経費の増加する状態に鑑みマグネシウムへの関心が高まり Revere Copper and Brass 会社はこの方面で著しい発展を示して居る。之は健全な経済性が基本となつて居ることである。

材料取扱 (Handling) 装置 此の方面にも短期間内に長足の進歩が示された。熔接したドック板、コンベヤー、手押トラック、Pallet, Cable reel, spool. その他各種の容器等は此の将来性ある広い分野に対する僅かな数例に過ぎない。

消費物資 消費物資消費材への使用は廣い範囲にわたるが、これも数例を挙げて置こう。(1) 軽量と熔接性とこわさ (Stiffness) の良好なことが結合して、家庭用拂家具類 (椅子等が含まれて居る——筆者) が製造され、(2) 装量と鋳造性、機械加工、機械的性能の良好なことから芝刈機、縫衣機、ピアノ盤その他が製造され、(3) 軽量と演技上に好適して居ることからポータブルのボート、及びカヌー、スキー、弓、トラック競技場用品、野球マスク及び防護具等の運動用具が製造され、この方面には航空機に於けると同様に好適するとされ、尚カメラ、映写機、双眼鏡等にも盛に使用されて今後の増加が期待されて居る。(4) 軽量が歓迎され、ダイ鋳物で製造される部門では幼児歩行器、自転車、玩具、疊込家具、家庭用工具類を挙げることが出来る。」

筆者申す——以上はハ氏の1948年発表にかかるものであり、マグネシウム使用の数例に過ぎぬであろうが、アメリカの状況の一端は察知することが出来るように思はれる。尚この点に付てはダウ会社で頒布して居る説明書もあるが、今一々は挙げない。

かくてハ氏の応用と設計に関する進歩の説明は構造材への使用から一転して、以下記す化学的利用の面に移る。

「更に重要な利用の分野がマグネシウムの溶解性の高い性質によつても開かれて居る。その一つの大きな適用はマグネシウムを鉄及び鋼の防蝕のため陽極として使用することである。この陽極的保護法は Pipe line や地下構造物から、湯沸し、汽罐、投錨中の船舶にも適用される。尚又マグネシウムのこの種の利用法は臭化マグネシウム電解液を使用する電池の陽極にも行はれる。この電池は普通のルクレンシェ電池の能力の2倍以上を有することを始め、種々の点で軍用にも民用にも良い特色を具へて居る。

「マグネシウムは古くから鉛及びニッケルの精錬用に供

されたが、鋳放して瘤状黒鉛を含む延性鋳鉄の製造に多量のマグネシウムが用いられるであろう。(所謂ノデューラ——鋳鉄として知られるものである——筆者) 更にチタニウム、ジルコニウムの需要が増加するにつれて、一般にそれらの還元剤として使用されて居るマグネシウムの需要は、この為めにも亦増加するであろう。(チタニウムの製錬に Kroll 法として知られる塩化チタンのマグネシウムによる還元法は已に我國に於ても開始されて居る。——筆者)

「昨1947年に於けるマグネシウムの商業上並に工業上の使用量は軍事上のその約2倍に及んだけれども、軍事上の新しい目的への応用も数量的に、又重要度に於て決して劣るものではない。然しこの平時用への発達は、他日国家的危機に臨んで急増する需要に應ぜねばならぬ場合の為に、工業の力を強化する所以となるものである。」

第四 冶金学上の進歩

次にハ氏は冶金学方面、特にマグネシウム合金に関する進歩に付て説く。

「以上は過去10年間の技術上の進歩の若干に付、特に生産力が処理技術の進歩によつて促進されたことに付述べたのであるが、他に尚多くの根本的に重要なことが、作業効果を改善し、応用範囲を拡大して、マグネシウムの需要を増進する上に認められるものがある。多くの戦時研究計画が1945年から50年にわたる期間を通じて継続され、その中には政府によつて援助されたものもある「ドイツでは鍛造マグネシウム合金で Mischmetal (稀土類の混合) を含むものが第2次大戦中、機関の部品で高温下に高度のクリープ強度の要求されるものに節約されながらも使用された。ジェット機関の複雑した大型鋳造品がアメリカでも同一成分で製作されて居る。この種の合金は普通の合金に比し5倍乃至10倍のクリープ強度を示し高温で使用するアルミニウム基合金の或種類に匹敵する。ミツシユメタル中の或種の稀土は他の稀土よりも有効であるが、現在に於ける最も実用的の方法は混合したものを加へるにあることが確認されて居る。

「ジルコニウムを含むマグネシウム合金が第2次大戦中少数の特殊航空機用押出材に使用され、それ以来 Mg-Zr が降伏点の強さと粘り強さを最高度に結合した実用的押出材として普及した。この最高性能の結合は Mg-Zr 合金鋳物によつても得られるので、その鋳造並加工上の特性を再検討する大がかりの作業が目下行はれて居るが、その加工中の疲労關係の特性はまだ確認されて居ない。

「この稀土とジルコニウムを含む両種の合金が或る種

の機械的性能を改善することは著しいものがあり、それによつて増加する費用の負担が承認される方面に対してはマグネシウムの利用範囲が拡大されるであろう。

「リチウムを含むマグネシウム合金も亦最近10年間にその機械的性能の高い関係から多量の注目を受けて居るが、現在までのところ、この種の合金を高性能のレベルに一定させることは出来て居ない。

「現在特異な冶金学的の発達で、尙試験工場の段階にあるものに平均直径 0.006 吋の「霧化」(Atomized) 粉末の混合によつて作られるマグネシウム合金押出材がある。マグネシウムを基本とする合金成分はこの方法で作ることが出来るが、鑄造は出来ない。例へばアルミニウムはジルコニウムと共存し得ないので、熔融したマグネシウム合金からジルコニウムを分離 (Precipitate) するけれども、粉末にされた Mg-Zr 合金がアルミニウム又はマグネシウム・アルミニウム合金の粉末と混合されて固形に押出されれば、出来る合金は之を加熱して Al-Zr 化合物 (Compound) を遊離させ、所謂 "Interference hardening" によつて力を増加することが出来るのである。かくして 7/8×1/8 吋押出材の一片に次の如き性能が得られた。52,000 psi tensile strength, 44,000 psi tensile yield strength, 43,000 psi compressive yield strength, 8% elongation.

「更に明かにされたことに Mg-Al 型合金の応力腐蝕感度は、Mg-Al 合金の粉末と Mg-Mn 合金の粉末とを混合したものの押出しによつて抑制し得ることである。これは Mg-Mn 成分が他成分に対して陽極的であることによるものと思はれる。この粉末押出しの新方法の今一つの利点は、粒子の大きさの調節と、ビレットの鋸込み並に仕上げ (Scalping) の省略されることである。

「メタルを綺麗にする (Cleaning) 為め、又は保護塗装の基礎の為めの化学的表面処理法の改良以外に、表面仕上げの分野で二つの特殊な進歩がマグネシウムの利用拡大に役立たうとして居る。その一は電気メッキであつて標準的の技術と普通のメタルで差支へなく行はれるものであるが、最初に Tetrasodium pyrophosphate と硫酸亜鉛を含む溶液に浸してマグネシウムの表面を容易に亜鉛を以て覆ふことから始まるのである。驚くべきことにはニッケルクローム板が塩に当てられれば (Salt exposure) その陰極的ポテンシャルが腐蝕を起すものと予想されるに拘らず、完全に保護的であることである。その他のメッキされた被覆は硬さと磨損抵抗の為め有益である。

「今一つの極めて重要な仕上げ面の発達は新塗装ペイントであつて、裸のままでも、化学的処理法を施したも

のでも等しく適用され、優秀な接着性と保護力とは在来品にまさるとされて居る」

筆者申す——ハ氏の冶金学上の進歩として述べる所は以上の如くであるが、同氏には右の外に1年前の1949年3月発行の "Journal of Metals Technology Practice" に寄せた "Magnesium Industry" と題する小論文があり、以上の事項に付少しく詳細に説明を加えた部分もあるのでその中の 2~3 を左に摘記する。電気メッキに付ては「亜鉛浸漬浴は Tetrasodium pyrophosphate に Zinc sulphate, Potassium fluoride 及 Potassium carbonate を加えたもの」としてあり、又「マグネシウムの上に形成される Coating の分析結果は金属亜鉛であり、その上には一般標準的のメッキ浴から通例のメタルのいずれの種類をもメッキ付け出来る」として居る。

又熔接に付ては「1948年に発達の実用段階に達した」とし「直流、交流の選択は主として金属の厚さによつて決すべきもの」とし「薄板の熔接には両種の装置が共に使用出来る」と述べて居る。

更にマグネシウムの鋲付けに付 (Brazing) 記し、之れは 1943 年に生産段階に入つたとし「Mg 1.5 Mn 合金を使用して Filler には Mg. 9 Al. 2 Zn. に時としてベリリウムの少量を加えたものを用い、修正を加えたガス熔接型熔剤を用いて 1,130 乃至 1,180°F の温度で行へば、接合部の強さは地金のそれに等しい」と記して居る。

尚序ながらハ氏の紹介して居るジルコニウム、リチウム及び稀土類を含む合金に付ては「軽金属」第4号に三島徳七先生が「稀元素を含むマグネシウム合金」の題下に詳説されて、関係者を啓発されて居ることを記して置く。

結 び

最後にハ氏はその所説を要約して、左の通り述べて居る

「結論として言えることは、今日のマグネシウム工業が1939年当時と比較してあらゆる部門に於て著しく異つた状態にあることである。アメリカの消費が1935年のレベルの10倍以上に拡大されたに対しては、政府建設にかかる戦時の地金製造工場が何時でも再開出来る状態に置かれてある。鍛錬マグネシウムの加工は高度の進歩を遂げ、熟練した工場技術が廣く普及された。軍事的に、又民需的に幾多の新しい用途が生産に進められ、マグネシウムの性質、性能に関する多数の報告と、よりよい設計の資料とは普く利用に供されて居る。マグネシウムを使用することによつて製品の設計や工作を簡単化する見込

みが確保されて居るが、之は労力×時間の節減と工場生産力の増加を実現し得る關係に於て重要視すべきことである。将来国家的危機に襲はれた場合、マグネシウムの需要は第2次大戦當時に比し一層急激且つ大幅に増加するであろうが、この要求に対し迅速に対応する力が今日では大きく増強されて居ることが認められるのである」

ハ氏の1950年発表の論文は以上を以て終つて居る。その所説はマグネシウム使用のあらゆる面にわたつて最近の発達を説き、所謂大勢を知る上に於ては好個の資料と思はれるのであるが、その反面個々の部門に付専門的の調査研究を求められる向きに対しては、恐らく説いて足らぬ憾みを感じられることであろう。唯私の如き立場からマグネシウムの将来に関心を寄せられる人々も少ないことを思ひ、それらの人々に対してはこの短かい論文が或る程度の満足を与えることと信じて、拙文を顧みず誤譯の虞れを冒して敢て紹介を試みた次第である。筆者の感想を挿入した部分に至つては真に蛇足と申さねばならぬのであるが、甚だ厚顔なことではあるけれども、この機会に最後に今一つ私の多年胸裡に抱く所感の一とくさを附加えさせて頂いてこの稿を終り度いと思ふ。

ダウ化学工業会社は元々マグネシウム地金の製錬を目的として第1次大戦の眞中に起ち上がったのであるが、創業と同時にマグネシウム合金の製造、加工、即ち地金の利用事業を兼営することに方針を定め、専門技術者の一団を配して研究と開拓に乘出し、自社製合金にはドイツ I. G. 社のエレクトロンメタルに対抗して Dowmetal の新名称を附する等の用意迄も整へ、創立直後から地金と合金製品の両面に向つて努力を傾倒した。今次大戦を迎へたころアメリカには多数のマグネシウム製錬事業が現はれたが、それまでの間はマグネシウムの供給は一にダウ会社の手によつて行はれたのである。勿論ダウ会社から地金を購入して合金の製造加工を行ふ工場も逐次増加したので、アメリカ・マグネシウム工業の発達は一面それら2次工業者の努力に負ふ所もなきにしもあらずであろうが、技術的進歩発達の鍵はダウ社の研究とその応用実施を目的とした同社直営加工工場の手によつて開かれたものと見て誤らないと信ずる。特に上記薄板の製造に至つてはダウ社直営工場が率先してその衝に当り、最近の報導によれば上記2,000ポンド・スラブを使用する新圧延工場も愈々完成に近づいたとのことである。これらの事情はドイツのマグネシウム I. G. 染料会社の手によつて開発され、偉大な進歩を遂げたのと相通ずるものがあるといひ度い。新しい生産品に対する一事業者の努力が如何にその新製品の発達に大なる貢獻を為すか又それ

が引いて一国の経済、文化、国防の進化、発展に如何に大きく寄与するかを私に改めて感じさせれるのである。

翻つて過去の日本のマグネシウム工業を顧ると、理研の研究によつて生れたマグネシウム製錬工業はその後に至り多数同業者の続出を見たのであるが、最初の理研の事業が製錬を以て打切り、合金加工の面に向つて全然手を染めなかつたのが前例となつた形で、地金製錬と合金加工とは事業的に全く別個に分離して進んだ。この事業方式は独米は勿論、私の知る限りに於て英、仏、伊、スイス等を通じて類例のないものと思はれるのであつてそれら諸国の地金製錬業者は、(戦時中に興されたものは別として)皆合金加工の作業を兼営して居るのである。日本の方式にも当時としては理由のあつたことであり、又合金加工に努力を払はれた各事業者の功績に対しては敬意を払ふものではあるが、私は理研会社は勤當時からこの方式に対して疑問を抱かざるを得なかつた。I. G. の先例を聞き、更にダウ会社の実績報導に接しては、私は益々如上の感想を深めさせられ、今後再建される日本のマグネシウム製錬工業は I. G. 式、ダウ式であらねばならぬと考えさせられるのである。少くとも製錬事業者は合金加工の研究を學術的と工業的との両面にわたつて遂行し、後者の為めには自社直営の作業を行い、その結果を広く一般の利用に供することを事業の方針とすべきものと信ずるのである。

終りに臨み、この拙い一篇に清読を賜つた各位に対し深い謝意を表する。

會 告 No. 2

輕 金 属 研 究 會 入 會 手 続

輕金属研究会は輕金属(アルミニウム、マグネシウム、チタニウム)事業に關歴又は關係ある個人は誰でも入會出来ます。

會費は年300円で、會員は会誌輕金属(季刊B5 p.150)に寄稿し、無償頒布を受け會合にも出席出来ます。

御入會希望の方は

① 氏 名	② 生年月日
③ 自 宅	④ 勤務先の住所名称地位
⑤ 主な學歷学位称号	⑥ 主な職歴

を記載した入會申込書(様式適宜)に會費300円を添えて御送附下さい。會費は小為替又は振替(口座東京118744番 輕金属協会)を御利用下さい。