

本邦鐵鑄物の發達

松浦春吉*

I. 緒言

最近 20 年間に於ける鐵鑄物の進歩特に其材質の向上、改善に關する研究の跡を顧るに誠に躍進的なることの感に堪えない。惟ふに鐵鑄物の材質向上は近世機械工業の進歩發達就中内燃機關の發達により刺激を受けたること大なるものであるが之が驚異的向上進歩の實現は實に近代冶金學並に金相學の進歩に依るものと云つて敢て過言でないと思はれる。

由來鑄鐵は其質脆弱にして震動抑制の力乏しきものとして動的荷重を受くる部分の構造には其使用を危懼せられたものであるが近代の所謂合金鑄鐵の出現は斯る觀念の誤れるものなることを示すに至つた。例へば最近發達されたニッケル、クロム、モリブデン鑄鐵或は銅、クロム低炭素鑄鐵に依る自動車機關用クランク軸又はカム軸の鑄物の如き其好例であるが此等の鑄鐵は特殊鋼製品に比して却つて幾多の長所利點を有し、鑄鐵の有する隠れたる特性を極度に發揮したるものとして斯界に大なる衝動を與へて居る。

其他窒化鑄鐵、耐熱耐酸鑄鐵等鑄鐵の材質向上に關する研究は各方向に進展し日に日に新たなる特殊鑄鐵の製出さるゝを見る現状であるが此を往時の鐵鑄物に比較する時其進歩の著しい速度は眞にリープエンドバウンドの形容に値する。次に予は斯る 20 年間の鐵鑄物の進歩發達の徑路を摘記し斯界の研究者に敬意を表すると共に今後の發達に資し度いと思ふ。便宜大正期、昭和期と稱し記述したが確然區別したものではない讀者之を諒せられよ。

II. 大正期

鑄物工業の進歩發達に冶金學の應用の缺く可らざる事は夙に斯界の權威齋藤大吉博士¹⁾が「鐵と鋼」の創刊號の上に力説された處であるが當時本邦に於ける鑄物工場の内、眞に其理解の下に操業しつゝあるものは極めて寥々たるの現状であつたと思はれる。只本邦海軍に於て石川登喜治博士²⁾は致々均質強力鑄鐵鑄物の研究を續けられ大正 7 年

8 月機械學會川口大會に於て其大要を發表し斯界に大なる反響を與へた。これ所謂菊目組織を有する鑄鐵の製造に關するもので灣曲黒鉛を有する鑄鐵は肉の厚薄に拘らず均質にして强度高く水壓に耐へるが之に反し長き直線狀の黒鉛を有するものは強度低く粗鬆部分を生じ易き事を説明されたものであつた。爾後「菊目組織」なる術語が廣く斯界に用ひらるゝに至つた。

當時博士の與へた菊目組織鑄鐵の成分及び強度を擧ぐれば次の如くである。

第 1 表 菊目組織鑄鐵の成分と強度

T.C. %	C.C. %	G.C. %	Si %	Mn %	P %	S %	抗張力 kg/mm ²
3.14	0.99	2.15	1.78	0.48	0.230	0.03	27.0
3.19	1.07	2.12	1.72	0.38	0.177	0.07	20.7
3.12	1.02	2.10	1.70	0.58	0.230	0.03	28.8

思ふに石川博士は當時幼稚であつた本邦鑄物界に顯微鏡を應用せる第一人者であり斯くして得たる研究の結果に依り鐵鑄物中最も製造困難とされる内燃機關氣筒其他の主要部分を的確に而も強度並に耐摩耗性に富めるものにて製造する事に成功した。尙同大會に於て俵、小野兩博士は鑄鐵の強度に及ぼす黒鉛の量及び形狀の影響を詳細に説明し鑄造業者を裨益する處大なるものがあつた。

亦同年 11 月俵、淺原³⁾兩博士は鑄鐵の黒鉛化機構を理論的に研究し當時海外に於て論争の多かつた黒鉛化機構に新説明を加へた。即ち鑄鐵中に鑄解せる炭化鐵の分解により生じたる原子狀の炭素が核作用をなし黒鉛化を促す事を主張し鑄鐵研究者を啓發する處大なるものがあつた。

其後本邦に於ける鐵鋼に關する研究漸く旺んになり。大正 9 年仙臺に東北帝國大學附屬鐵鋼研究所の創立を見るや鐵物物理冶金學の權威本多光太郎博士之が所長となり鐵鋼の研究は更に一段の發達を遂ぐるに至つた。大正 9 年本多村上⁴⁾兩博士は鑄鐵の黒鉛化機構に關し詳細なる研究を發表し鑄鐵の黒鉛化は鑄鐵中に吸藏されたる瓦斯主として CO₂ 瓦斯の接觸作用に依る炭化鐵の分解結果として説明し洋の内外に大なる反響を與へた。同じく大正 11 年濱住⁵⁾博士

³⁾ The Journal of the Iron and Steel Institute 1919 No. 1. 565 頁

⁴⁾ J. I. S. I. 1920 No. 2. 287 頁

⁵⁾ Science Reports of the Tohoku Imperiar University 1924 vol 13 133 頁

* 新潟鐵工所浦田工場

¹⁾ 鐵と鋼 大正 4 年 第 1 號 50 頁

²⁾ 機械學會々誌 大正 8 年 6 月號

は鑄鐵の機械的性質を向上せしむる爲には渦狀黒鉛の發生を必要とすべき事を主張し其成生には成分以外に適當なる冷却速度を必要とする事を實驗的に確めた。即ち氏は種々の溫度の金型に鑄鐵を鑄込み冷却速度と強さの關係を研究し、冷却速度の増加に従ひ強度の増大なるは均一に分布されたる渦狀黒鉛に歸すべきものなることを論じ併せて黒鉛成生の機構並に石川博士によつて企てられざりし菊目組織の生成原因の一部を説明して鑄物研究上に大なる刺激を與へた。尙亦鑄鐵の機械的性質に及ぼす諸元素の影響についても詳細なる實驗結果を發表した。

III. 海外の趨勢

一方海外に於て特に獨逸に於ける鑄鐵の材質向上に關する研究は大に進み大正 11 年 Wüst & Bardenheuer⁶⁾ の低炭素鑄鐵の強度と製造方法に關する研究發表あり、次いで K. Sipp⁷⁾ は Lauz-Perlit eisen なる所謂パーライト鑄鐵に關する獨創的研究結果を發表し大なる反響を鑄物業者に與へた。即ち鑄鐵の機械的性質特に磨滅抵抗性並に衝擊抵抗性は其組織が全部パーライトの基地よりなり遊離フェライトを有せざる場合に最も優秀なる事に注目し鑄物の肉厚に應じ成分並に鑄型溫度を巧に調整して結局肉厚 4~70mm の鑄物に於ても恒に全パーライト組織よりなる鑄物を製出することに成功したのである。斯くてパーライト鑄鐵の名は一躍して斯界を風靡した感があつた。今此種鑄鐵と普通鑄鐵との成分並に強度を比較すれば第 2 表の如くである。

第 2 表

	T.C.	C.C.	G.C.	Si	Mn	P	S	抗張力
	%	%	%	%	%	%	%	kg/mm ²
普通鑄鐵	3.20	0.45	2.75	2.19	0.79	1.010	0.064	17.64
パーライト鑄鐵	3.35	0.91	2.44	0.65	0.85	0.117	0.170	28.35

上表に見る如くパーライト鑄鐵の特徴は一般に珪素含有量低く普通溫度の鑄型にては白銑化すべき成分を有するものであるが鑄型を適當に豫熱する事により其の冷却速度を緩和し以て炭化鐵の分解を促し全パーライト組織を得ることに努めたものであつて其完全なる製品は均質強靱にして而も硬度高からず耐磨耗性大にして従來の鑄鐵より一頭地を擡たものと稱せらる。本邦に於ても最近横濱ドック株式會社に於て之を實施せんと試みると聞いて居る。

6) Mitt., Eisenforschung 1922. 125 頁

7) Die Giesserei 1923. 491 頁

其後獨逸に於て大正 14 年 Dr. E. Piwowsky⁸⁾ は鑄鐵の黒鉛を微細ならしむる爲には高溫銑解によるべき事に着目し興味ある銑解實驗結果を發表し斯界の大なる注意を惹いた。次いで Dr. Hanemann⁹⁾ は銑解中の融體保持時間の永き程高溫銑解に依らずとも殘存黒鉛核の吸収により結局凝固後に於て均質微細の黒鉛を得べき事を實驗しこれ亦大なる反響を與へた。此等兩者の説は今日高級鑄鐵製造に大なる暗示を與へた點で特筆大記すべきものである。

更に獨逸に於て Thyssen Emmel¹⁰⁾ 氏は銑銑爐操業に依り従來不可能と目された 2.4~2.8% の低炭素鑄鐵の製造に成功し 1,400°C 以上の高溫の銑鐵を得て内燃機關主要部分其他重要機械鑄物の製造を行ひ強力、均等の材質に於て斯界に大なる衝動を與へた。思ふに銑銑爐の羽口、銑解帶、送風量等の研究宜しきを得て鋼片屑の多量配合に成功し以て低炭素鑄鐵の銑解を實現し得たのであるが當時斯る低炭素鑄鐵の日常製造を至難とされ居りし丈 Emmel の發表は斯界の大なる注意を惹くに至つた。第 3 表は其發表の低炭素鑄鐵の成分並に強度の一例を示すものである。

第 3 表

T. C.	Si	Mn	P	S	抗張力
%	%	%	%	%	kg/mm ²
2.53	2.44	0.90	0.13	0.17	35.4~38.1
2.70	2.20	1.35	0.20	0.13	41.1~41.5
2.85	2.35	1.02	0.14	0.105	33.5~34.0

其後 Emmel の發表によれば斯る低炭素鑄鐵に依る鑄物は實際に於て不良率多くして有利ならず結局全炭素 3.1% 附近の鑄鐵によるを可として居る。

IV. 昭和期

斯る海外に於ける鑄鐵研究の旺なるに刺激せられ本邦に於ても高級鑄鐵の實際的製造に關し研究これ努むる所あつた。大正 13 年三菱長崎造船所技師平岡正哉氏¹¹⁾ は銑銑爐構造に關する理論的考察なる論文を發表し従來極めて看過され勝であつた銑銑爐の主要方法の決定に重要なる結論を與へた。次で大阪工業試驗所技師堀切政康氏¹²⁾ は數回に亘つて低炭素鑄鐵の銑銑爐銑解に關する實驗報告を發表し續いて昭和 3 年 11 月日本鐵鋼協會鑄物部會に於て其基

8) Stahl und Eisen 1925. 1455 頁

9) Monatsblätter d. Berliner Bezirksverein d. U. D. I. 1926. 31 頁

10) Stahl und Eisen 1925. 1466 頁

11) 鐵と鋼 大正 13 年 12 月號

12) 鐵と鋼 昭和 4 年 12 月號 (鑄物號)

本研究を發表した。其内容頗る浩漭にして實驗規模亦半工業的であり其結果は本邦鑄物界に大なる刺激を與ふるものあつた。氏は70%迄の鋼片屑を配合し炭素2.6%内外の低炭素鑄鐵を得る爲には鑄帶の高さを減じて鑄鐵の鑄帶通過時間を成る可く短縮し此目的を達成し得べしと結論し所謂氏の集中鑄解法なるものを紹介した。

一方三菱神戸造船所、神戸製鋼所、新潟鐵工所等の内燃機關製造業者に於ても低炭素高力鑄鐵の實際的製造に關し大に研究する所あり何れも全炭素2.8%内外の高力鑄鐵による鑄物の製造に成功した。特に新潟鐵工所に於ては昭和3年商工省工業研究奨励金の交附を受け低炭素高マンガンによる高力鑄鐵により抗張力30~40 kg/mm²を有するディゼル機關氣筒鑄物の製造に成功した。

斯る機運の内に日本鐵鋼協會に於ては昭和3年11月大阪市に於て鑄物研究部會を開催し齋藤大吉博士を委員長として鑄鐵品規格並に鑄銑爐操業に關し廣く討議を行つた。會する者吾國主要鑄物工場主任技術者並に研究者數十名に上つた。當時の眞摯なる研究の發表並に討議に關しては前述鑄物號に詳細掲げられて居る。此の研究部會は本邦鑄物技術の進歩に寄與せし所蓋し大なるものがあつた。此を契機として後日本鑄物協會の設立を見たのである。

斯くして鑄鐵鑄物の研究は年と共に普遍化し其進歩の實績大に擧つた。就中高級鑄鐵管¹³⁾の出現の如き斯界に一新時期を畫したものと云つてよい。從來の鑄鐵管は抗張力僅かに14~15 kg/mm²の普通鑄鐵により製造されたものであるが一躍此は26 kg/mm²抗張力を有する鑄鐵によつて製造さるに至つたのである。其の成分は T.C. 3.1~3.4%, Si 1.2~1.7%, Mn 0.7~1.0%, P 0.4% 以下 S 0.09% 以下であり從來の普通鑄鐵に比し C 並に Si の低い事が材質向上を物語つて居る。鐵道省に於ける制輪子¹⁴⁾の改良實績も亦見逃すべからざるものであらふ。即ち同省に於ては T.C. 3.0~3.2%, Si 1.0~1.2, Mn 0.3~0.4%, P 0.38~0.48%, S 0.08%, ブリネル硬度 250~260 の高級鑄鐵を制輪子に使用し從來の C 及 Si の大なる鑄鐵による制輪子に比し 2~5 倍の磨耗性を高めたのであるが蓋し其の經濟的價值は偉大なものであらふ。此等は凡て往時の鑄鐵に比し炭素を低めたる高級鑄鐵の應用にして今より 20 年前に於て斯る鑄鐵を得るためには特

殊木炭銑或は再製銑等に依らざるを得なかつたのであるが鑄解技術の進歩により鋼板屑を巧に使用して其の製造を容易ならしむるに至つた所謂 Semi-steel 製造の普遍化の結果に外ならぬ。

Semi-steel 製造の普遍化の外に特殊合金鑄鐵の製造に於ても亦驚く可きものがある。例へば Ni, Cr の適量を配合せる特殊強靱鑄鐵、或は Mo, Cu 等を配合せるもの亦 Al, Mo 等の特殊合金鑄鐵等特殊鋼の領域をも侵すに至つた合金鑄鐵が次々に發表され殆ど應接に追ないと云つてよい。斯る特殊鑄鐵の新らしき用途發展に關する興味ある討議は最近日本鑄物協會の研究部會に於て行はれたが其詳細は同會誌「鑄物」¹⁵⁾に錄されてある。此に依れば自動車機關用カム軸及びクランク軸に鑄鐵鑄物が應用され鍛鋼品に比し幾多の長所あることが確められて居る。其一例に米國に於ける有名な自動車製造會社 Hadson 社に於て製造されたカム軸用鑄鐵があり T.C. 3.15%, Si 2.2~2.35%, Mn 0.6~0.65%, P 0.2% 以下, Ni 0.4~0.5%, Cr 0.8~1.0%, Mo 0.4~0.5% の組成を有し、其抗張力最少 35 kg/mm², 壓縮強さ 107 kg/mm², ブリネル硬度 300 を示しチルしたカム面の硬度ショアで 75 を有すると稱される。而して其の長所特徴として擧げられて居るものは磨耗性の著しく大なる事、鍛鋼製軸に比しノッチ影響即ち鋭角感受性少く、從つて實際使用上耐久限界の高き事、振り振動等に對し抑制力の大きなる事、即ち “Damping capacity” の大きなる事等である。更にクランク軸鑄鐵としては T.C. 2.25~2.5%, Si 1.0~1.5%, Ni 3~4% 他に Cr 及び Mo の適量を加へたものが使用されて居るが其抗張力 42 kg/mm², 伸 1~2%, 耐久限界 21 kg/mm², ブリネル硬度 300~320 を示し是亦叙上カム軸の場合と同様な特徴並に長所を有すると稱せられる。但し此等の鑄物は鑄造後何れも熱處理を行つたものである。斯る鑄鐵製品の新應用が發表さるゝや一般機械製造業者は從來の鑄鐵に對する觀念を根本より訂正することの必要に迫られ大なる衝動を與へられたが更に昨昭和9年彼の Ford 自動車製造會社の研究になる鑄造クランク軸の實際使用成績が發表され益々大なる刺激を加へられた。尤も Ford の鑄造クランク軸は其組成上必ずしも鑄鐵とは云ひ難きものであるが正しく鐵合金鑄物であつて鐵鑄物の進歩を認る一好例であらふと思ふ。其組成は T.C. 1.25~1.4%, Si 1.9~

¹³⁾ 鑄物 昭和8年7月號

¹⁴⁾ 鑄物 昭和8年5月號

¹⁵⁾ 鑄物 昭和9年12月號

2.1%, Mn 0.5~0.6%, Cr 0.35~0.4%, Cu 2.5~2.75%, P 0.10% 以下, S 0.06% 以下であり適當な熱處理を受けたものは極めて強靱にして耐久限度高く、振動抑制力強く耐摩耗性に富める結果従來の鍛鋼製軸に比し遙かに優秀なる實際成績を示して居る。尙窒素硬化用 Al, Cr 配合の特殊合金鑄鐵も最近相當實用化され自動車機關氣筒として優秀な成績を示して居る。英國の鑄造大家 J. E. Hurst¹⁹⁾ の研究によれば遠心力鑄造法による T.C. 2.3~2.65%, Si 2.4~2.6%, Mn 0.6%, P 0.6%, Cr 1.6%, Al 1.4%, 抗張力 38.5 kg/mm² の鑄鐵を焼入、焼戻を行ひ後窒化法を施せるものは抗張力 47 kg/mm² となり約 0.45 mm の硬化層を得、表面硬度は Firth ダイヤモンド硬度 1,000 内外に達するとのことである。之を自動車機關の氣筒入れ子に應用したる実績は従來の遠心力鑄造法によれるものに比し2倍以上の耐久力を示して居る。亦高 Ni を配合せる *Nicrosilal*, *Ni-Resist* 等の耐熱耐蝕性鑄鐵の發達も合金鑄鐵製造の進歩の一例たるを失はぬ。前者は T.C. 1.8%, Si 6%, Ni 18%, Cr 2%, 抗張力 25 kg/mm², 伸 3%, ブリネル硬度 110,

後者は T.C. 2.75~3.1%, Si 1.25~2.0%, P 0.3~0.4%, Mn 1.0~1.5%, Ni 12~15%, Cu 5~7%, Cr 1.5~4%, 抗張力 20 kg/mm² 内外、ブリネル硬度 120~170 であり共にオーステナイト組織を有するものである。其他合金鑄鐵として“*Ni-teusilon*,” “*Ni-hard*” 等新しき商名の下に發表紹介されたるもの尠くない。

惟ふに近時の特殊合金鑄鐵の進歩は高温鑄解を容易可能ならしめた電氣爐の發達に負ふ處大なるは勿論であるが亦鑄物に對する熱處理法の進歩適用の成果に外ならない。可鍛鑄鐵の製造に熱處理法の重要なるは元よりであるが最近これが改良により高力可鍛鑄鐵の製造に一新機軸を出したるものもある。米國に於ける *Pormal* の名に於て製造せられたる高力可鍛鑄鐵は其好例であるが斷面積に應じ適當な時間 800°C 附近の溫度に保ち後油焼入、焼戻を巧に行ひ以て化合炭素の量を増加し、硬度、強度を高むることにより耐摩耗性の優良なる高級品を得ることに成功したものであり亦 *Zeron metal* と稱するものも其揆を一にするものである。本邦に於ても戸畑鑄物會社では特殊の熱處理法により従來の可鍛鑄鐵に比し遙かに強力なるものを製造することに成功して居る。同所は最近抗張力 65 kg/mm², 伸

9% の特殊高力可鍛鑄鐵の製造、實用化に努めて居ることである。尙此外製鐵所技師谷口光平氏のチルドロール鑄物に關する研究も熱處理法の應用に關するものであり其他鑄物の材質向上に關する研究の貴重なるもの尠くないが此等は凡て割愛することにする。要するに鐵鑄物に對する熱處理の應用は材質改善の上に幾多の新事實を齎らしたが尙廣き開拓の餘地を存するものと思はれる。

V. 結 言

以上により予は過去 20 年間に於ける鐵鑄物の發達の經過に就き主として之を材質の進歩の上より敘述したが材質の進歩は鑄物の發達を語る全部ではない。鑄物の發達を詳説するためには尙機械設備の進歩並に一般鑄造術の進歩に關し論及する必要を存する所であるが要するに現時鐵鑄物の進歩は高温鑄解の進歩、廣き意味に於ける熱處理法の進歩、換言すれば冶金術特に金相學の進歩應用によつて成し遂げられたものと云つて敢えて過言ではないと信ずる。

惟ふに吾國鑄物工業は日清日露の兩戰役を経て世界大戰に際會し躍進的に發達を遂げたが大正 7 年の休戰を境として一般に衰頹に傾き大正 9 年の經濟恐慌、大正 10 年の軍縮制限による深甚なる打撃により不況の深刻化に伴ひ工場閉鎖、勞働爭議相繼ぐの苦境に沈んだ、加ふるに昭和 5 年に入り金解禁、倫敦軍縮會議、世界的不況等の爲め斯界の沈衰愈大にして業者の惡戰苦闘は久しきに亘つた。鐵鑄物の材質向上は此の間に於て發達したものであり好況時に於て巨利に心酔して顧る處なかつた鑄物業者の多くは今更乍ら研究機關の重要なることに目覺めたものであつた。今や滿洲事變、上海事變を契機として各國重工業は空前の盛況を呈して居る。此の好況時に於て一般鑄物業者は須く研究機關其他の内容充實を計り益々製品の進歩に努むる處なくてはなるまい。今日吾國鐵鑄物の進歩は大なるものではあるがまた必ずしも歐米諸國を凌駕するの域にあるとも言へない。進歩は駛々として停止する處を知らない。吾人は更に大に努力して次の 20 年後に於て今日を顧るの時更に新しく亦リープエントバンドの進歩の感を懷き得るの進境に達せねばならないと考へる。

附記、鐵鑄物發達の趨勢をとし得べき統計的資料の蒐集に就き商工大臣官房統計課工場統計表、協調會發行川口鑄物實地調査、其他を涉獵したが適當の資料を求め得ずして中止した。

尙本稿は齋藤彌平君に負ふ處大なるものある事を附記し感謝の意を表する。

¹⁹⁾ J. I. S. I. 1933 No. 1. 229 頁