

屑 と 滓 と

小 川 芳 樹*

人の捨てて顯みないものが「くづ」と「かす」とである。言海を引いて見た人もあるか如何か疑問であるが、すべて砕け、切れ、類れなどしたる末のもの、或は、善きを去り、後に残る劣れるもの、かす、すたれものなどというのが屑であつて、澱（おり）又は好きを取りて残れるもの、多くの中にて最も劣れるもの、が滓でとなつてゐる。こんなものをとり上げるのは物好きといわれればまだよい方で、日本人の潔癖からは寧ろ賤しまれるかもしれない。尤も筆者の問題にするのは金属を対象にしてのことであるから去年やおとしの世状から観ると或は案外「ひかりもの」などという職業語を耳にした人々からはきわものと考えられるかもしれない。又、敗戦の結果としてできたスクラップの山を眺めてやつと考へついたとすれば、専門家としては感傷的な議論といわれるかもしれない。

ところが、物の表現とは異なるもので、屑金も「二次金属」と呼べば一寸乙にも聞えるのではなからうか。年寄りじみて恐縮であるが30年の昔に桂先生から冶金学汎論というものを習つた際にはじめてこの言葉を英語で聞いた時の印象は今でも忘れられない。筆者自身その後に汎論を講ずるときには必ずこれを布衍して話してゐるのであるが学生が如何に聞いているかは疑問である。但しこの言葉が米国でも何時からできたか確かではない。多分前大戦中のことかと想像してゐるのは先生以来種本になつてゐるホフマンの汎論には出ておらず、その後の汎論の書物にもそこ迄は言及していない。しかし前大戦末期以来この言葉が彼の地の統計に現われてその後は言葉はさておきそのもの自体が国全体として如何に大切に扱われたていたか、遙かに想像できるものがあつたにも拘らず、教科書などには今次大戦後入手したものに始めて屑金のことを詳述してあるのを見て、日本の工学教育がことごとく彼の地の教え方よりも非実際的であつたとはいへない一例証になるかもしれないと思つたりしたことである。

しかし何といつてもこれは気休めであつて、こんな概念的問題ではなくわが国で二次金属についての統計など容易に現われまいと思うと、業々しいようではあるが、「屑」と「滓」との本質論とでもいうか、消極的並に積極的意義とでもいうかをまず並べ立ててみなければならぬような気になる。我々の利用する地下資源の余命は何十年という程度と考えるのが適當であるとすると、結局次

のジェネレーションは鉱石よりはスクラップに依存するようになるが必然の運命であるから今からこれを大事にしなければならぬのが当然である。明治時代は兎も角、金属を含む屑でも滓でも捨てればそれでしまひとはいかないことは誰でも考えるところではあるが、何分こんな種類のもは個人の家でいへば玄關からは出入りしないので裏口からでなければうかがえないものであるから自然等閑視される恐れが多い。ところが、物事は表から見るよりもさかさまに考えた方が理解に便であるたとえにせよ、貧乏な日本が米国以上に金属含有物を無駄にでもしていれば由々しいことであるから、屑や滓の発生と処理の状況を検討してみることは金属生産の技術と対策の水準と当否を知る上にも重要な意味をもつものである。

そこで再び定義に戻るが、古典ともいふべき言海はさておいて現時米国での用語としては如何であらうか。米国鉱山局から年々出ている Minerals Yearbook という世界の鉱産物統計乃至趨勢を集録した年鑑の Secondary Metals, Nonferrous という篇を見ると、定義として

「二次金属」とは屑及び滓から回収された金属又は合金である。二次的という語はその金属の源についてのものであつて製品の型とか品質、純度、物理性などにはかゝらない。

という風になつてゐるが、スクラップについても3私類に大別けしてゐる。すなわち

“Old” Scrap とは通常或る有用な目的に使れた後損耗、破壊、旧式化した金属製品より成る。架空線、古電池極板……使用済の管……等々が適例。

“Process” Scrap とは最終用途までの製造工程の間に発生するもので、削り屑の外に溶解の浮滓、からみなどまでを包含する。そしてこれを更に別けて

“Home” Scrap 発生する工場内で再び消費されてしまふものと、これに対して

“New” Scrap 別の場所で使われる、すなわち他の会社に売られるか或は同一会社でも他の工場では使はれるもの。従つて新しいという時期的な意味はないので、滓とか煙灰とか銅合金屑の処理中にできるものも他所へ送ればこの範疇に入る。削り屑でもさびていようが油で汚れていようが外で使えば New ということになる。

更に細別すると National Assoc. Waste Material Deal-

* 所員（兼）・教授

ler, Inc. で協定されているのが 71 種目になつていて、その生産統計が上記年鑑に詳細に発表されている。金属名にすればアルミニウム、アンチモニー、銅並に黄銅、鉛、ニッケル、錫及び亜鉛に亘つている。上述の Home Scrap は判らないのであろうけれども Old と New とは元の合金の種類、例へば銅基とかアルミ基とかいうに、よる生産量と回収されたものの形にわけてそれぞれ集計されている。亜鉛などになると銅合金から金属亜鉛として回収されるものも多くてその生産量の半に及んでいることも特筆されている。例としてその 1948 年度の統計を掲げてみると表のようになる

二次亜鉛回収量		スクラップ中亜鉛回収可能量	
回収された形	回 収 量 (×2,000lb)	スクラップの種類	回収可能量 ×2,000lb
金属として	蒸 溜	new スクラップ	亜鉛基 139,673 銅 基 110,288 アルミ基 488
	型亜鉛		
	亜鉛末		
再熔融	10,988	old スクラップ	亜鉛基 26,199 銅 基 47,663 アルミ基 328
小 計	99,554		
亜鉛基合金として	12,884		
黄銅及青銅として	162,384	小 計	250,449
アルミ基合金として	822		
化合物として	酸化亜鉛(無鉛)	old スクラップ	亜鉛基 26,199 銅 基 47,663 アルミ基 328
	硫酸亜鉛		
	塩化亜鉛		
	リトボン		
	雑		
小 計	225,085	小 計	74,190
合 計	324,639	合 計	324,639

鉄鋼屑については特殊鋼屑まで入れて Bureau of Standards の分類は 75 種に及び、大別すれば

- A—熔鋸屑用 E—鼠鑄鉄用
- B—塩基性平炉用 F—転炉用
- C—酸性平炉用 G—雑 種
- D—電気炉用

となつていて、その小別けは寸法、重量、形等装入のための便宜が主となつてまとめてあるが、酸性平炉用では特殊鋼の種類による小別けがあり、塩基性平炉では亜鉛めつき鋼板屑とか脱錫鋼板屑などから珪素鋼板屑についての詳細な規定がある。面倒なようにも見えるが、種々雑多なものを有効に利用するためにはこういう規定において意をくばることの如何に大切であるかがうかがわれる。

わが国でかなり以前から世人の注意をひいたのは製鋼屑スクラップであつて、米国西海岸から多量輸入された時代もあるが、戦後の製鉄製鋼に国内生産屑鉄の入手の困難及びその組成純度の問題がクローズアップされて来た。量的にみても鉄鋼局統計による鉄鋼屑の消費額の消

長は次の如く

昭和 2 年	858,000 t
5 年	1,238,000
10 年	3,122,000
14 年	4,660,000 (過去最大)
18 年	4,110,000
21 年	694,000
25 年	4,463,000

一昨年既に過去最大額に近づいていることは、鉄資源として如何にスクラップに頼つていたかを示すと同時にその品質の上で大きな憂慮を我々にいだかせたのはその

銅分の含有問題であつた。戦災スクラップを一目して何人も感ずるところではあるが、鉄屑中に銅の混入がやむを得ないとするそれが戦後の窮迫時期には平炉のみならず熔鋸屑にまで入つていたのであるから、従来の鉄冶金の常識で一旦鉄中に入つた銅は製鋼作業で除き得ないとする以上、製鋼作業における銅分の悪循環は後述の硫酸焼酎中の銅分と同様或はそれ以上に厄介な事態と考えられたのである。そこで経本の資源調査会の問題として後述硫酸焼酎中の銅分の問題と平行してとり上げられ、その対策の一つとしても鉄鋼屑の分類法改善が喫緊であるとい

うことになつて鉄冶金関係者間に日本としての分類法が確立される機運になつた。戦前戦中どの方面にも無理とか不注意或は不用意が多かつたことが敗戦によつて明かにされた一例ともいわれるかもしれない。しかし鉄非鉄を問はず金属材料供給者殊に採鉱とか製錬とかに関するものの立場は全く受け身であることが常態であると考えられていたのが、いはば勝手口の問題を座敷に正客を招じられて堂々と論じ兎に角日本工業標準にまで持つて来られたことは良い意味の「政治力」を工業技術の現実と結び付けて大局を利することのできたものとして大きな一歩であつたと信ずる。同時に米国では問題にならない含銅の問題の心労が加わつて、規格制定の上に努力が続けられたことも我々に課せられたハンディキャップとして記憶されねばならぬ。

更に重要なことは文面の上でなく実際に各種の屑が選別されて用に供せられるようにならねば無意味であるということである。炭素鋼と特殊鋼それぞれの鑑別ということに知識経験のいることはもちろんでその労力の組織化にも大いに工夫がいるであろうし、非鉄金属の細々し

た物品を一つ一つ別けて行くのは誰がするか。こういう仕事を軽蔑しがちなわれわれの三省すべきものが多からう。素より相当の利益を伴はないでかようなことの事業が成立するわけではない。筆者は幸にして前述の關係もありこういう方面の实情を近年各所で視察する機会を得たが、各種屑金の集収から選別、更に選別された 35 種の合金をそれぞれその儘再熔融する工場と連絡して無駄なく再用に供する傍ら精製して地金とすべきものは自ら処理して利用厚生の実を挙げて、会社自身も大いに益している実例として名古屋市の戸松物産工場のあることを知った。工学に携はる一人としてかねてわれわれの仕事は「理」と「利」とが一致せねばならぬと述べているものであるが「屑」に関してその手近な実証といへるであろう。誤解を恐れて附言すれば「利」はもちろん個人の利と社会全般の利と相一致し互に助けるものでなければならぬが。

「滓」の問題はまず鉍石の製錬に関するものとして考えられる。非鉄製錬で出来る鍍（カラミ）鉄冶金に於ける鋼滓はいづれも英語では slag であるが、常識として主に原鉍中の不用却分（脈石）より成り、第一次にできるスラグは捨ててしまつてよいような組成にすることになっている。金属を一次のスラグから再び回収するような面倒をかけるのは錫冶金の場合だけである。従つて従来のスラグの処置としてはその生成量が巨大なことから来る問題が主であつて、捨てる場所と運搬を如何にするかということ。次いで鉄の場合の高炉セメントとか鉍滓綿、鉍滓煉瓦のような一種の転用策である。米国における諸統計の完備には感心するが、スラグの問題に関しても前述 Minerals Yearbook に一章を設けて製鉄スラグの利用状況を明かにしている。

ところが第二段の工程、すなわち鉄冶金では平炉或は転炉のスラグ、銅冶金ならば転炉鍍となると原鉍中の脈石からできたものではなく目的金属も多く含まれるので熔鉍炉へ戻して回収をはかつていく。本来スラグが製錬に於て如何に重要な役割をつとめているかはいくら強調しても足りない位に考えられていたから、その回収とか再処理ということが従来二義的にみられがちであつたことをただ責めるわけには行かない。いはばスラグはよく融けて流れ出すだけですでに重要な役目を果たしたものという考えからである。しかし屢、局外者の目につくのは例へば銅製錬所で鉄分 40% に近いスラグを徒らに堆積したり埋立に使つていくことである。量の莫大なことと相俟つて何とかこの鉄分を回収できないものかと問う人も多く又研究した人もある。鉄鉍の少いわが国であるから当然の要望でもあり、戦前すでに阪大、松川教授の銅熔鉍炉鍍の還元試験結果が発表されている。又転炉（アフリカでは銅熔鉍炉の）鍍中にコバルトの濃縮したものがあり、わが国でもコバルト回収試験が戦中行はれたと

ころも多くその方法は出来ていたのであるが、何といつても鉄が珪酸塩として存するための還元困難があつて、鉄だけを目当てにしたものは未だ経済的に成功していない。

製錬の常識を並べ立てるようであるが、普通金属の還元は鉍石の熔融に先立つていわゆる間接還元によること、すなわち固態の炭素質燃料その儘でなしにそれからできる一酸化炭素によつて行うのが有利である。一旦熔融してしまうと固態の炭素で還元せねばならず、これを直接還元といつて嫌うのである。もちろんそのために新しい型式の炉を考案すればよいが熱経済的に却、難かしいことになり一寸引き合はない。そこでコバルトが多量含まれてでもいれればもちろんよいことは前述アフリカの例で判るが、近年我々の大いに問題としたのは亜鉛である。

亜鉛鉍滓と称せられるもの（平均亜鉛品位 23% 在庫量 23 万 t 余）がわが国の乾式並に湿式亜鉛製錬所から日産出され堆積されて、亜鉛の実収率を下げ他の有価金属をもその中に蔵して横つていくことが大分前から論議の種になつた。もちろんこれとて特にわが国の製錬技術が劣るからこういう滓が多くできるというわけではなくて、寧ろ原鉍中の鉄分の多いこと等による点が多いのである。そして鉍滓といわれてはいても、鉄冶金の場合と異り一度も熔融してはないものである。ドイツではクルップ・レン法の基をなしたウエルツ炉に成功しこれが米国にも多数導入されている。日曹の会津工場で戦前これが湿式亜鉛製錬の抽出残滓に應用されその後休止していたものが再開し戦後第一着に鉍滓処理に成功した。広く亜鉛を含む滓ということでは鉛製錬の熔鉍炉鍍は米国でもカナダでもスラグ・フューミングという融体に微粉炭を吹き込んで還元揮発する方法が一般化しているに反し日本では種々の事情から鉛の方では行われないが銅の反射炉鍍に対し太平鉍業直島で劃期的成功をおさめて実施されるに到つた。熔融滓式発生炉と同趣旨の揮発炉も仏白で行われるなど種々の新考案がこの方面では内外共に活潑に進んで来たが、回収される亜鉛と鉛は酸化物の形になっているから、再びこれを湿式製錬に戻すのが普通で酸化亜鉛としての用途に供し得ないのは遺憾な点である。兎も角戦後国内外地下資源の完全利用を推進する一方向としてこの問題に多くの力を注いだ前述資源調査会地下資源部会の成果は生産の上に相当の貢献ができた積りでである。

更に滓の名をつけられていたものに硫酸滓がある。世界一ともいえるわが国硫化鉄鉍資源もその利用の程度は充分でなかつたことがこの語にも表わされているので、その活用を促進するためにも硫酸鉍滓と改称することに成功したのは永年ラーメン法に辛酸をなめた小島雄雄氏の提案によつたのである。硫酸原料としては以前黄鉄鉍が主

であつたが磁鉄鉱も漸く活用できるようになつたことだけでも上述資源調査会の働きは効果があつたが、硫酸工場から出る焼鉱が大体は Fe_2O_3 の形で鉄鉱らしい化学式を持つてに拘らず、嘗つては軽く扱われていた理由は何であらうか。残留硫黄は更に製鉄所で焼結する際に除かれるが、困るのは銅分である。原鉱を選ぶことによつてこれを低くすることはできるが Cu 0.25% 以下に保つことは日本全体として考えると相当困難があるので、勢い 26 年度計画でも硫酸焼鉱の製鉄への使用量 50 万 t ということになる。なお、土硫黄を混焼するための鉄含量低下ということもあるが、過剰に含まれた銅分を湿式乾式あらゆる方策を尽して除去し、国内に欠乏している鉄鉱の補充を図らなければならない。それによつて 100 万 t の焼鉱が製鉄に向けられるならば節約される海外鉄鉱の購入費は莫大なものであらう。

亜鉛にしても鉄にしても従来「滓」とみられたものから回収され得る量は相当多く、たとえその途上に困難は

あつても「屑」の場合にも述べた理と利との相伴う方向であることは確かである。しかしてそこに技術の進歩が如実に表はされるのであるから我々の努力し甲斐のある仕事である。

鉱業全般として考えると「滓」に属するものには鉱山のズリ、炭坑のボタ、選鉱場の尾鉱、いづれも実に膨大な量に上るものであり、更に工業の他部門、殊に化学工業或は更に農業に關聯してできる廃物の処置と利用については異なる部門の間の協力によつてでなければ解決しないことは硫酸焼鉱の如きものが多いであらう。又こゝでは述べない製鉄所の廃煙からの硫酸回収が資源調査会で唱導され促進されたことも同じ趣旨によるものである。

あれこれと述べたが、要するに物好きでもなく、感傷でもなく、積極的に「屑」と「滓」との問題のあらゆる面を検討して金属生産の将来に備えて行く必要を強調したに過ぎない。紙面の關係上不揃いや排列の見苦しさを寛容され度い。(1952. 7. 25)

速報 13

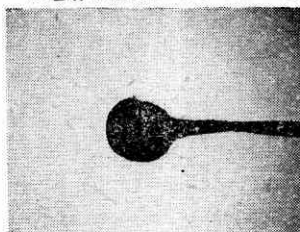
Thin section 法による 加工変質層の研究

松 永 正 久

金属が機械加工を受けると表面の結晶構造が変化することは良く知られた事実であり、最外層に生ずる無定形層（いわゆるビールビー層）については数多くの研究が行われている。銅のビールビー層は電子廻折反射法によると、 $d=2.24\sim 2.33, 1.22\sim 1.30 \text{ \AA}$ に相当する二つのハローとなる。廻折線がハローとなる原因については種々の論議が行われている。しかしビールビー層だけを取り出して電子廻折透過法および電子顕微鏡で研究することができればこの方面の研究は更に飛躍することと思われる。

最近 Heidenreich⁽¹⁾ は電解研磨法により Al の薄層だけを残して他の部分をとかし去り、これを Thin section 法と名付けその試料を電子廻折装置及電子顕微鏡により撮影し種々の興味ある結果を発表している。

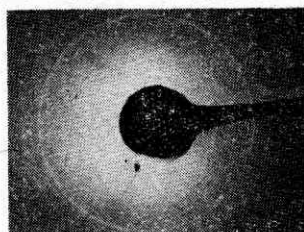
筆者は銅のラッピング面に Thin section 法を応用した。この方法によると今まで電子廻折による研究において、反射法による他見ることのできなかつた表層



第1図 最外層（ハロー）



第2図 繊維組織



第3図 微粒化層



第4図 下地



第5図 繊維組織の顕微鏡
写真 (×15,000)

以上のように Thin section 法は加工変質層の研究に応用できることがわかつたので、今後はビールビー層の性質、加工条件と各層の厚さ等について研究を進める予定である。終に菅義夫教授の御指導に謝意を表する。

(1) Heidenreich: J. App. Phys. 20 (1949) 993.

(2) Dobinski: Phil. Mag. 25 (1937) 397

を透過法でしらべることができ、さらに電子顕微鏡で拡大できる利点がある。銅の乾式ラッピング面の電子廻折写真は最外層より第1乃至第4図の通りで、ハローの径は $d=1.98$ および 1.15 \AA で Dobinski⁽²⁾ の値とよく一致するが反射法による値と一致しない。第2層は (111) 繊維組織であり切線力の作用を示している。この電子顕微鏡写真は第5図を示してある。その内層は結晶の微細化層及下地の粗大な結晶を示している。