

随 想

アルミニウム溶鋳炉法について

増 子 昇*

鉄と鋼の最近号 (Vol. 69 No. 11(9月号)) に「アルミニウム溶鋳炉法—原理と開発の考え方—」という解説が発表された。冒頭電気化学協会の緑川委員会の報告書(文献2)が引用され、この報告書に書いてある方法は現行法の大幅な省エネルギーとしては皆不相当であり、将来に見込みがあるのは溶鋳炉法であるという書き出しになつている。私も緑川委員会に参加した一員であり、新製錬法には多大の関心をもっている。アルミニウムの製錬に溶鋳炉を使うことだけは考えつきもしなかつた不明を恥じ、今回新しいアイデアを特許にされた桑原氏に敬意を表す。

桑原氏の特許は J. of Metals(1983, April pp. 63~64) に日本式直接還元として紹介され、MITI(通産省) が国家プロジェクトとしてとりあげ費用の 60% を援助していると紹介されている。これまで特許公報を見る限りでは疑問点が多く、少々当惑していたが、今回ようやく学術的な解説が発表され多くの勉強をさせていただいた。

私自身のアルミニウム製錬学は他に公表(岩波講座, 現代化学 24, 資源・エネルギーの化学(上) pp. 88~101) してあるので、技術上の問題についての議論よりは、感想という形で少し書かせていただくことをお許しいただいた。

アルミニウムのいわゆるホール・エルー電解炉では、7 kA/m² の電流密度、90% の電流効率で操業が行われる。1日当たりの湯溜りの上昇が 2.2 cm, 1m² 当たりで 50 kg のアルミニウムが生産される。もし1日に1万トンのアルミニウムを作ろうとすると 20 万 m²(約6万坪) の反応面積が必要となる。これに反して1日1万トン出銲する鉄の高炉は反応面積 150 m²(炉床径 14 m) 程度ですむ。実に床面積当たり生産性にして 1300 倍の差となつている。これは二次元反応装置としての電解炉と三次元反応装置としての溶鋳炉の本質的な差である。

アルミニウム製錬の技術者がいつも考えていることは少々エネルギーは余分に必要でもよいから、何とか鉄のように生産性の高い炉(三次元反応装置)を作り、現状の工業というよりは農業に近い二次元反応装置とのつき合いをやめたいということである。

ホール・エルー法が誕生(1886年)してまもなく100年になろうとする間に、この願望に注ぎこまれた情熱と、労力と、お金は計り知れないものがある。アルミ屋誰もが一度は夢にみて、そしてあきらめた問題であり、

依然として純アルミニウムの 100% がホール・エルー法で製造されている。われわれは熱力学を勉強して、アルミナからアルミニウムを1グラム作るのに 7.4 kcal, 酸化鉄 (Fe₂O₃) から1グラムの鉄を作るのに 1.8 kcal の反応熱を必要とすることを知り、この物質本来の性質の差が、この違いの原因であると理解して、この夢をあきらめることにしている。

桑原氏が溶鋳炉法の開発に成功したという情報はアルミ屋の情熱を再び騒がせるには十分の衝撃であつた。しかもこれまで常識とされていた電熱炭素還元ではなく、炭素の燃焼熱を利用する電力不用の法であるという夢(三次元反応)のまた夢(電熱不用)の話題であるからいつそう期待が大きい。

私も早速に桑原氏の特許公報を拝見したが、私の個人的見解では、この方法は始めから不可能であり、無理が多すぎる。ただ学会の場での発表はなく、商業新聞に公表された断片的ニュースの方が先行したため、専門家以外に信用されてしまつたようである。技術情報としてまづ学会の場でこの特許内容が公開されていれば、おそらく製錬を看板にする大学の先生方は皆否定的見解をのべられたと思うのだが、お互いに不幸なことであつた。やはり技術情報は学会という場でもまれることが大切である。またそのために専門学会がある。

しかし常識で片づけてしまつては何ごとにも進歩がない。アルミニウムを知っている人間からすると無謀なことでも、やはり折角の夢の夢なのであるから大切にしなければならぬ。この意味で、歴史と伝統のある化学技術研究所がムーンライト計画の先導的基礎研究のひとつにとりあげて下さつたことはたいへん有難いことである。

土器屋氏には以前お会いして話しをしたことがあるが、同氏はもともとエネルギー化学の専門家で、コークスを純酸素でガス化して 100% CO ガスにすることに関心をお持ちのようで、このガス化のときに生ずる強還元性雰囲気での大量の反応熱を有効利用してアルミニウム製錬が可能になるなら結構だとお考えのようであつた。私の推算では約 15 トンのコークスをガス化するとき行きがけの駄賃にアルミニウム1トン分を含んだメタル (Al-Fe-Si-Ti 合金) がとれるという仕掛けになるらしい。

われわれ冶金屋は CO ガスによつて還元できない酸化物を溶鋳炉で還元することの利点には思いつかない。特に鉄の高炉は原鉱石中の不純物であるアルミナをスラグとして分離するための炉で、アルミナを還元するなどは全く考えないから現在の高い熱効率が得られる。アルミナの還元を主反応にしなければならない反応装置を考えるとすれば、たとえそれが鉄との合金を想定しても、現在の製鉄技術とは全く原理的に異なつたものにならざるを得ない。土器屋氏も今回の論文をみる限り実験

* 東京大学生産技術研究所

結果を通してこのことを実感されたようにお見受けできる。コークスガス化炉の原点に戻つてアルミニウムにこだわらずに、他金属との複合製錬を考える方向を示しておられるのは結構なことである。

桑原特許の中では鉛を使つた分離が主要発明の一つになつており、精製工程での鉛吹きつけのヒントは溶鋳炉法による亜鉛製錬の経験から得られたと報道されたが(1982. 2. 25 付朝日新聞)、私には特許を読んでもなお全く理解できなかつたことの一つである。今回の論文でそれが単純な液々抽出を考えたもので、しかもアルミニウム精製のために 2500 モル倍すなわちアルミニウム 1 トン当たり鉛 19000 トンの循環を必要とする計算が示され納得することができた。同時に残された最後の望みも裏切られた感じである。どうやら Fe-Al-Si-Ti の合金から 99.5% 以上の純アルミニウムを歩留り 95% 以上で抽出し、残渣の Fe, Si, Ti の用途もしくは廃棄を考えることからやりなおす必要がでてきたように思える。

先にのべた J. of Metals では桑原法はボーキサイトにて代えて国産粘土を原料とする製錬法と受けとられている。米国はもともとアルミニウムに関しては 95% 以上を国外資源に依存している。このため早くから非ボーキサイト資源の活用には精力的で国家安全の見地から、コストやエネルギーが少々余分に必要でも新しい製錬法の研究には怠りがない。わが国も国産粘土の製錬を考えてこのような方法を研究していると受け取られたようである。まさかボーキサイト資源からの省エネルギー製錬を狙っているとは考えていただけないと思う。わが国には 100 万トンのアルミニウムの原料となる粘土資源はない。国産の有名な粘土は陶磁器産業向けに、バイヤー法の純アルミナよりも高い価格で取引されている現状である。もつとも今回の解説ではつきりしたように、日本式直接製錬では SiO_2 が少ない鉄分の多い原料の方が適しているようで、この点は粘土よりはボーキサイトの方が適している。

ここで私は桑原氏の特許の内容のもつ弱点が土器屋氏

の解説で明らかにされたような形で感想をのべて来たが、すでにのべたように桑原氏の特許がこの問題の火付け役であり、その内容が本当に商業新聞に発表されたようなものであつたら皆幸せなのにといい思いが強いからである。

製錬における省エネルギーは鋳山から産出する一次資源(この場合ボーキサイト)から純アルミニウム(99.5%以上)を製造する全プロセスを通じて比較すべきものである。また電力さえ使わなければ他にどれだけエネルギーを使つても良いというものでもない。この場合石炭の燃焼による電力を使つたホールエルー法によるバイヤー法アルミナ還元が、溶鋳炉還元によるメタルの製造とそのメタルからの純アルミニウム製造に見合うかという観点から比較されなければならない。

このような立場に立つと溶鋳炉法のメリットは炭素から電力へのエネルギー変換の効率に依存する。理論的な炭素有効使用率は、この火力発電の変換効率 34.4% (2500 kcal を 1 kWh に換算する) を前提とするとホールエルー法で 45%、溶鋳炉法で 53% となる。もしこの変換効率が 40% になればホールエルー法の有効炭素使用率は 51%、溶鋳炉法で 57% とわずか 6% の差でしかなくなる。変換効率が 50%、60% に上ると差は 3%、1% と縮まる。水力電気(変換効率 100%) と火力電気(変換効率 34.4%) の構成比率からみかけの変換効率を出す立場をとると、水力 24%、火力 76% で、みかけ変換効率は 50% となり、炭素エネルギーの有効利用の観点からの溶鋳炉のメリットはほとんどなくなることになる。

現在どの分野においても、専門家がそれぞれ細分された個々の研究分野に閉じこもり、全体を見渡してバランスよくものを考えることが不得手になつて来ている。問題の流れを把まえたグローバルな視点でなく、個々の技術要素の断片についての議論が先行することが多い。その背後には DOE が援助しているとか、MITI が補助しているといったことを一つの権威とする風潮がある。これはやはり一つの危機的状況と言うべきである。