

<随筆（労働災害）>

## ご安全に！

木下勝雄

### 要旨

わが国の労働災害による死亡者の数は、年間約1,000名余りである。これは、交通事故による死亡者、10,000名余り、あるいは、近年この不況を反映して、とみに増えてきた自殺者、30,000名余り、と比較すれば、それほど大きな数字ではないかもしれない。しかし、労働災害においては、その傷害や死はなかば強制されたもの、生活の糧を得るための代償として、振り雇ってきたものとして、その意味するところは、いささか違った思いがする。労働災害での死亡者のうち、その6～7割は、建設業で発生している。これは、仕事の性質上、やむを得ないことかもしれない。筆者が関係していた製鉄業においては、年間死亡者の数は、40～50名くらいであった。

ここでは、産業界、ないしは製造業における労働災害について、普段、そのようなことに関わりのない人に、知っていただきたいために、筆者の体験にもとづく、いくつかの話題を紹介してみたい。

### キーワード

労働災害    H<sub>2</sub>ガスによる火傷    放射線障害    溶湯による火傷  
水蒸気爆発    CO中毒    CO爆発

### 1. はじめに

標題の「ご安全に！」は、筆者の属した、鉄鋼業界で、ひろく、通常、用いられていた挨拶の言葉である。会議の冒頭で、社長を始め、管理者や、司会者が「ご安全に！」と言って、開会する。また、工場の中で従業員同士が、すれ

違うとき、「ご安全に！」と言って挨拶する。一般の人が聞けば、いささか、奇異に響くかと思うが、長い間その習慣にさらされていると、当然のこととして身に付いてしまう。

産業界では、労働災害に対しては、非常に厳しい姿勢で臨んでいる。従業員の労働災害が、本人並びにその家族の悲劇になるばかりでなく、労災保険の申請によって、その企業に対する、労働基準監督署や、ひいては、厚生労働省の監視の目が厳しくなることをおそれるからである。ましてや、死亡災害が起これば、安全管理体制や、組織を厳しくチェックされ、もし不具合が指摘されると、操業停止にもなりかねない。製造業においては、操業停止は、企業の死活問題にもなりうるのである。従って、工場現場はもとより、事務部門においてさえ、安全に対する心構えと、体制に対する厳しい規制が敷かれていた。

筆者の属する研究部門ですら、朝の就業前の、安全ミーティングはもとより、週に一回、全員が集まって、安全会議が行われた。これは、社内規定で、その実施が義務づけられていたのである。また、社内はもとより、同業他社で起きた災害事故ですら、速やかに書面で、全員に回覧されるような、システムがしかかれていた。

だから、製造業、ないしは、産業界においては、労働災害に対する問題意識と、それに対する安全対策とは従業員一人一人に徹底されていた。そうした社会に30年育った筆者が、その過程で、体験したこと、また、思うところのいくつかを述べてみたいと思う。

## 2. 入社したての頃

筆者は、昭和41年、大学院の修士課程を修了し、企業に入社した。配属先は、神戸市葺合区にある工場内の研究所で、古い3階建てのビルの3階であった。研究室というか、事務室には研究課長を始め7～8名ほどの研究員と1名の女子事務職員が在席していた。当時冷房はなく、夏には窓を開け放っていても、その暑さはどうしようもなく、書類が汗で濡れるため、肘にタオルを巻いて書

き物をしていた。

そんな部屋の一画に電気炉がおいてあり、筆者は、その炉で、鉄板の試験片の拡散処理をしていた。1,200Cに加熱した炉の中央に試験片をおき、その中に水素ガスを流して、脱炭焼鈍をする試験である。水素ポンペを室内に持ち込み、そこから炉まで銅パイプで配管をして、炉に水素ガスを供給していた。水素ポンペは、通常の7m<sup>3</sup>入り、150気圧のもので、ポンペの頭に減圧弁の付いたバルブを取り付け配管に接続していた。このてのバルブはハンドルを右ねじの方向に絞り込んでいくとバルブが開き、ガスが流れる。

筆者は、幼い頃から何か疑問が生じると、それを実際に試してみたい衝動に駆られるところがあった。兄の漕ぐ、自転車の荷台に載っているとき、この状態で自分の足を車輪に入れたらどうなるだろうと思って、実際に実行してひどい怪我をしたことがあった。この水素焼鈍をしているときにこの癖が出た。ハンドルを絞り込んでバルブが開くなら、ハンドルを左に回していったらどうなるだろうか？

実際にやってみた。ハンドルを何回も左に回したがなかなか止まらない。そのうちハンドルがぼろっとはずれた。そして水素ガスがバルブから吹き出してきて顔に当たった。ガスの吹き出す”シュー”という音が部屋中に響いた。筆者は、急いでハンドルをバルブにはめようとしたが、なかなかはまらない。それでも何とかはめることができ、ガスの噴出は止まった。この間、10秒くらいであったろうか。部屋にいた全員が立ち上がり、こちらを見るとともに近づいてきた。その時、筆者はたばこをくわえていたのである。幸い火はつけていなかった。誰にも悟られないようにたばこを隠した。

筆者の背後には、1,200Cに加熱した電気炉があったのだから、水素に着火しなかったことの方が不思議である。また、もしくわえたばこに火がついていたら、顔が小泉信三先生\*のようになるか、26歳の生涯を閉じていたに違いない。その時、筆者は大したお叱りを受けることもなく、またどうしてそのような行為をしたのかをきつく糺されることもなかったと記憶している。その後、安全

対策上、居室に水素ボンベをおいたことが問題となり、直ちに屋外に移設された。

\* 1916年慶応大学教授、1933~47年、同塾長、1945年5月戦災で重傷を負ったが再起、1949 年から皇太子（現天皇）の教育に参加。

### 3. ラジオアイソトープ

ラジオアイソトープ（放射性同位元素）は、天然に存在しているものもあるが、天然に存在している非放射性の元素に  $\alpha$  粒子や中性子あるいは陽子などの粒子を照射して、人工的に放射線を発生する元素として作り出されたものである。その用途は、あらゆる分野に及び、われわれの生活を豊かなものにしてきている。

入社して、四年目の頃、ラジオアイソトープのライセンス（第一種放射線取扱主任者）を取るようにとの社命を受け、駒込にあるアイソトープ研修センター（？）で三ヶ月間の講習を受け、さらに、稲毛の放射線医学総合研究所で二週間の実習を受けた。その年の十二月にライセンスを取得した。

製鉄会社では、厚み計やレベル計等の計測器、ラジオグラフィーによる非破壊検査、トレーサー等、かなりの分野でラジオアイソトープが用いられている。ラジオアイソトープには、「密封線源」と「非密封線源」とがあり、密封線源とは、アイソトープ自体が容器に密封されていて外に漏れ出すことはなく、そこから放射される放射線のみを利用できるものである。それに対し、非密封線源は、アイソトープが裸の、固体あるいは液体または気体の状態にあり、それをトレーサーとして用いマクロないしはミクロの存在状態ないしは存在形態を知るために用いる。

なかでも、温度の影響を全く受けないと言うアイソトープの性質を利用して、高温の溶銑や溶鋼を扱う製鉄プロセスの調査や、試験にトレーサーとしての利用が盛んである。筆者も、アイソトープをトレーサーとして用いて、「高炉にお

ける装入原糧の降下速度]、「高炉の湯溜まり銑量]、「転炉におけるスクラップの溶解速度]、「RH脱ガス装置の環流速度]、「連続鑄造の凝固殻厚」などの測定を行ってきた。

### 3. 1. ミクロオートラジオグラフィー

鋼ないしは鑄鉄については、溶質元素の存在形態を知るため、しばしばミクロオートラジオグラフィーが用いられる。これは、調べようとする溶質元素のアイソトープを非放射性の同一元素の担体に混ぜ所定量の元素を得、これを鋼ないしは鑄鉄に溶解・凝固した後、そこから試験片を切り出す。この試験片に研磨およびセロイジン膜によるコーティングを行い、ストリップ法によるミクロオートラジオグラフィーを撮影した<sup>1)</sup>。この実験に用いた溶質はSで、Sのアイソトープは有機溶液に溶けた液体の形で購入した。

購入したアイソトープを鋼ないしは鑄鉄に添加できるような形への加工は筆者が行った。通常、アイソトープの取り扱い、外科の医師が手術をするときに用いるのと同じチオックスの手袋をして行う。この手袋の使用可能な時間は3時間に制限されていて、それをすぎたら手袋を新しいものと交換しなければならない。まず、手袋を外しやすいように手にタルク（滑石）の粉末をまぶし、それから手袋をする。

筆者はこの手袋の3時間という制限時間にどれほどの意味があるのかに、いささか疑問を感じていた。そこで、いつもの悪い癖であるが、試してみようと思い、ある時、朝はめた手袋を1日とうして使用し、作業を行った。作業を終了し、手袋を外し、ハンドフットクロスモニター\*に手をかざしてみると、左手のガイガーカウンターから”カチカチ”と音がする。一瞬ドキッとすると同時にシマッターと思った。カウント数は、15cps(1秒間に15カウント)程度だからそれほど強いものではない。子細に汚染した位置を調べてみると手のひらの真ん中である。

<sup>35</sup>Sは $\gamma$ 線（エネルギーの大きな電磁波）は出さないけれど弱い $\beta$ 線（電子の

流れ、エネルギーは0.167MeV\*\*)を出す。半減期（放射能が半分に減る時間）は87.4日である。このままほっておけば、手のひらの皮膚は長時間にわたりβ線を浴び何らかの障害を受ける。直ちに、石鹼を使い、たわしでもって手のひらをごしごしとこすって、水道の水で丹念に流した。そして、再びカウンターに手のひらをかざしてみると、やはり”カチカチ”と音がして、カウント数も変わらない。この動作をおそらく5~6ぺん繰り返したと思う。それでもカウント数はいっこうに下がらない。そこで、手のひらの皮を鋭利なかみそりで削いでいった。痛くて、血がにじんできたけれども我慢をしてつづけた。その結果、カウント数はやっとバックグラウンド（自然の状態のカウント数）にまで下げることができた。

このことは、上司にも、同僚にも言わなかった。本来なら、上司はもとより、製鉄所の安全管理課にも報告して然るべき措置を講じなければならない一件であった。やはり、チオックスの手袋は規定の時間を過ぎて使いつづけると、ピンホール（針穴）があき、そこから液状のアイソトープが進入して手のひらを汚染したのである。規則は、きちんと守らねばならないことを痛感した。

\* 台の上に載って両足の、前面の測定孔に入れた両手の放射線を、さらにコードの付いたモニターで衣服の放射線を同時に測定できるカウンター

\*\*  $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-12} \text{ erg}$

### 3. 2. 高炉の巻き換え

溶鉱炉は、操業を続けていると、側壁の内張り煉瓦や炉底煉瓦が次第に浸食されて、側面の鉄皮や炉底に穴の開く危険が生じる。そこで、7~8年（現在では、20年以上）毎に操業を停止し、耐火物の巻き換えを行う。操業を停止するに際し、まず、炉頂からの鉄鉱石の装入をやめ、コークスのみを装入し、炉内の溶銑をすべて出銑する。そこで、送風を止め、炉頂から散水して、炉内を冷却する。この冷却に1日以上要したと思う。次に側壁の鉄皮を切断して穴をあ

け、炉内に小型のブルトナーを入れて残ったコークスや銑鉄のくずを掻き出すのである。そうした作業をする間、まだ炉底は真っ赤に加熱された状態で、引きつずき散水しているため、たまった水が熱によって泡立っている。

一頃、溶鋳炉の炉底の浸食状態を調べるため、巻き換えのときに、炉底の煉瓦の深さ方向に沿って、ラジオアイソトープ( $^{60}\text{Co}^*$ , 1個5mCi $^{**}$ 、半減期5.3年)を埋設しておき、定期的に出銑時の溶銑からサンプルを採取して放射能の強さを測定していた。しかし、サンプルの採取が面倒なこと、何番目のアイソトープが検出されたのかが把握しにくいことのため、放射能の測定をやめてしまい、炉底のアイソトープだけがそのままのこり、これを巻き換えのときに回収しなければならなくなった。

筆者はこのアイソトープの回収作業を引き受けることになった。当時、千葉の1号高炉だか、2号高炉だか失念してしまったが、炉底は下層にカーボン煉瓦が3段、その上にシャモット煉瓦( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系)が3段積まれていたように記憶している。煉瓦と言っても、一つが事務机ぐらいの大きさであり、2~3tぐらいの重量があったのではないかと思う。さて、巻き換えに先立つ炉底の解体は、ダイナマイトを用い、発破をかけて少しずつ進めていく。

はじめ、筆者はシンチレーションカウンター $^{***}$ をもって、現場の技師とともに炉の中に入った。先にも書いたように、炉底煉瓦はまだ真っ赤に加熱されており、その上に散水した水がたまり、所々でぶくぶくと沸騰している。とたんにぐっと息が詰まり、わっと熱気が体を包んだ。ちょどサウナ風呂の3倍の温度の中に入ったような感じである。1分もしない内に体中汗だくになり、素早く炉心とおぼしき辺りをシンチレーションカウンターで当たり、そそくさと炉外に退散した。コークスの排除作業をしている作業員がこれではブルトナーの燃料に火がつくのではないかと心配していた。

解体作業が進み、毎日の発破作業の度毎に、筆者は現場に赴きシンチレーションカウンターで放射能を追い求めた。発破点を中心にして、半径20m位のところに円形にシートを張り、破片がそれより外へは飛ばないようにしてあるが、

それでもその範囲をカウンターで当たってアイソトープを探すのは容易な作業ではない。アイソトープが残っていると思われる深さに発破作業が進むとだんだん緊張してくる。ついに発破作業はその深さをすぎてしまった。その時は、必死になってアイソトープを探し求めた。

囲いのシートに沿ってその内側を歩いていくとシンチレーションカウンターの針が振れた。立ち止まって放射線がどちらの方角から来るかを調べ、その方向に近づいて行くとカウンターの針は目盛りいっぱい振れた。発破によって山ようになった煉瓦の瓦礫の中に、直径7mm程で長さが70mm程のカプセルを発見した。安堵すると言うより嬉しさがこみ上げてきた。早速鉛のコンテナに収納し、研究所へ持ち帰った次第である。

- \*  $^{60}\text{Co}$ は1崩壊当たり1.17MeVと1.33MeVの2本の $\gamma$ 線を放出する。
- \*\* 1 Ci (キュリー) は1秒間に $3.7 \times 10^{10}$ 回の崩壊が起こる放射能の糧。
- \*\*\* タリウムをわずかに含むヨウ化ナトリウムの透明な結晶で、シンチレーターと言う。これに $\gamma$ 線が当たるとわずかな光を発し、その光を光電子増倍管で電気信号に変え $\gamma$ 線を検出する計器。

### 3. 3. R H脱ガス装置の環流速度

R H脱ガス装置は、転炉精錬の終わった溶鋼を真空処理することにより、溶鋼中のガス（おもに水素）を除去し、脱炭反応を進め、また所定の溶鋼組成に成分調整する装置である。図1に示すように、真空槽と下部の二本の環流管からなり、環流管を取鍋内の溶鋼に浸漬し、真空に引くと溶鋼ヘッドは1.4mの高さに上昇する。片方の環流管からArガスを吹き込むとエアリフトポンプの原理により溶鋼は上昇し、もう一方の環流管を通して取鍋内に戻る。上昇管から真空槽内に放出される際、溶鋼はスプラッシュ状になって精錬反応が進行し、次々と溶鋼が環流することで取鍋内の溶鋼すべてに精錬反応が行き渡る。真空処理をどの程度の時間行うかは、どのくらいの環流速度で溶鋼が回っているかによ



って決まる。従って、環流速度の把握は、真空処理の操業上、重要な要因となる。環流速度の測定はアイソトープの強度を測定して行う。上昇管の外壁に、周囲からのバックグラウンドを除くため、鉛で遮蔽し、水冷ジャケットに装入したシンチレーションカウンターを管内に向けて設置し、アイソトープを入れたアルミのカプセルを長い鉄棒の先に付けて、ちょうど上昇管の入り口の当たりの溶鋼に添加する。この添加作業は、直径が4 m程ある取鍋周囲の操業床から行うが、鉄棒の長さが4～5 m程あり、添加位置の上昇管の入り口付近は、溶鋼面から1 mの深さにあり、正確にその位置に添加するのは、経験とコツを要する。

実験に供される、溶鋼は、工程材であり、1月ぐらい後には製品として出荷されるものであるから、それに放射能が含まれることは許されない。一方、放射線は、環流管の耐火物と鉄皮を通してシンチレーションカウンターに届かなければならないから、 $\gamma$ 線を放出しなければならない。そこで用いるアイソトープの核種の選定が問題となる。幸いなことに、 $^{198}\text{Au}$ は、半減期が2.7日で、0.41MeVの $\gamma$ 線を放出する。このアイソトープは、通常金の $^{197}\text{Au}$ を原子炉のなかで中性子を照射して得られる。そこで、100～200gの金の延べ板を購入しておき、必要に応じ、1個0.5gの細線に切断し、ポリエチレンのカプセルに入れ、東海村の原研で中性子照射してもらった。アイソトープの量としては、当初、200～250mCi程度の物を用

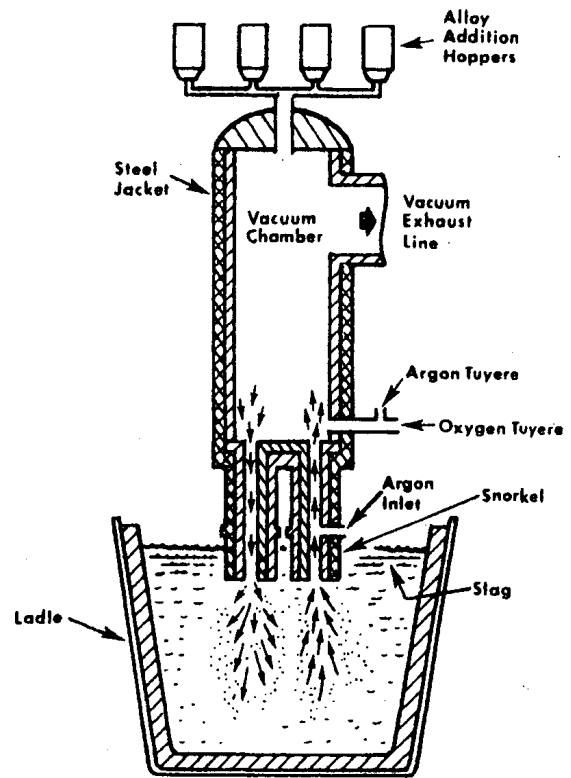


図1 RH脱ガス装置

いたが、後には、測定精度を上げるため、～1 Ci程度まで増加した。

環流速度の測定原理は、シンチレーションカウンターからの出力をフォトレコーダー\*の記録紙の印画紙を走らせた上で、アイソトープを添加する。すると、添加直後に、溶鋼中にほとんど拡散していないアイソトープが上昇管を通過して、記録紙にその放射能による大きなピークが記録される。脱ガス装置の操業を継続していけば、アイソトープは鍋内の溶鋼に均一に混合されて、記録紙の放射能レベルは一定値を指す。従って、はじめに記録されたピークの面積に等しい、均一混合後の面積を求めれば、その横軸の時間が、取鍋内の全溶鋼が上昇管を通過する時間となり、そこから、単位時間の溶鋼通過量、即ち環流速度が求まるのである。

筆者は、この原理を聞いたとき、何となく釈然としなかった。はじめに記録される、ピーク的面積が、添加されたアイソトープの全量をいつも同じ条件で、検出しているといえるであろうか？ 添加されたアイソトープが、カウンター寄りを通過するか、あるいは離れたところを通過するかで、その検出効率は異なるわけである。この点、当時の上司とも議論したのであるが、それならどうすればいいんだと反論されると返す言葉がなかった。この方法によって、30~60ton/minと言う測定結果を得、現場ではこの数値に基づき、結構操業の指針としていたようである。工学とはこういうものなのである、と一つ分かった気がした。

ここで、筆者が述べたいことは別にある。先に述べたが、シンチレーションカウンターは水冷ジャケットに入れられ、鉛の入った鉄のボックスに載せられ、装置の真空槽の底部に鉄板で溶接止めして設置される。さらにそのボックス上に側方からの放射線を遮蔽するため、鉛の煉瓦を重ねて置く。すると、検出器全体の重量は、200~300kg程になる。むろん鉄のボックスの寸法は、取鍋を上昇させても鍋の縁に当たらないように設計してあるが、鍋によっては、縁に地金が付いていて、鍋の上昇時に地金がボックスに当たり、止めてある溶接がはずれないかと心配した。

製鉄に携わっていると、”水蒸気爆発”と言うことが、大問題である。溶銑、溶鋼ともに含めて、溶鉄は、通常1500～1650Cの温度にある。溶鉄の上に水がかかれば、ただ勢い良く蒸発するだけであるが、水の上に溶鉄がかかれば、水が爆発し、溶鉄は飛散する。仮に、15Cで、1 ccの水に1600Cの溶鉄が被さったとすると、水は直ちに、1.24 lの水蒸気に蒸発し、さらに熱膨張して、8.09 lの水蒸気となる。実に、体積にして8000倍に膨張するのである。この瞬時の膨張により、被さった溶鉄を、周囲に吹き飛ばす。これが水蒸気爆発である。筆者が、会社にいる間、何遍か水蒸気爆発による労災が起こったし、また、自身でも体験した。

環流速度の測定において、検出器を固定している溶接がはずれ、鍋の中に落下したら、どうゆうことになったであろう。鉛の入ったボックスは、溶鋼よりも比重は大きく検出器を溶鋼の中に引きずり込んだに違いない。通水している水冷ジャケットの中には、1 l程の水があるのだから、大規模な、水蒸気爆発を起こしたはずである。筆者は、この測定を十数回、ヒート数で百数十回行ってきたが、毎回のように、そのようなことが起こらないことを祈っていた。むろん、オペレーターには、鍋をボックスに当てないように注意をしたこともあって、大事故も起こさず測定を終了することができた。

\* 鏡で反射した信号の光を、印画紙に記録することで、通常のペンを走らせ記録紙に書かせる方式よりも早い応答速度が出る。

### 3. 4. 連続鑄造の凝固殻厚

連続鑄造は、底のない水冷銅鑄型に溶鋼を連続して注入し、鑄片を下方に引き抜き、鑄型直下から、前後対をなすローラー帯で鑄片を支持しつつ、スプレー水で冷却し、スラブやブルームと言った半製品を製造する設備である。設備の概要を図2に示す。取鍋からの溶鋼は、一旦、タンディッシュという受け皿に受け、その底から浸漬ノズルを通して銅鑄型へ注入される。

凝固殻は、銅鑄型の上部から形成されはじめ、下方に進むに従って、次第にその厚みを増し、スプレー帯の先端近くで凝固を完了する。鑄込み方向に沿った未凝固溶融池のことを、クレーターと呼んでいる。完全凝固後に鑄片は、鑄片と同期して移動する酸素トーチによって、所定の長さに切断され、半製品として、次工程に搬送される。

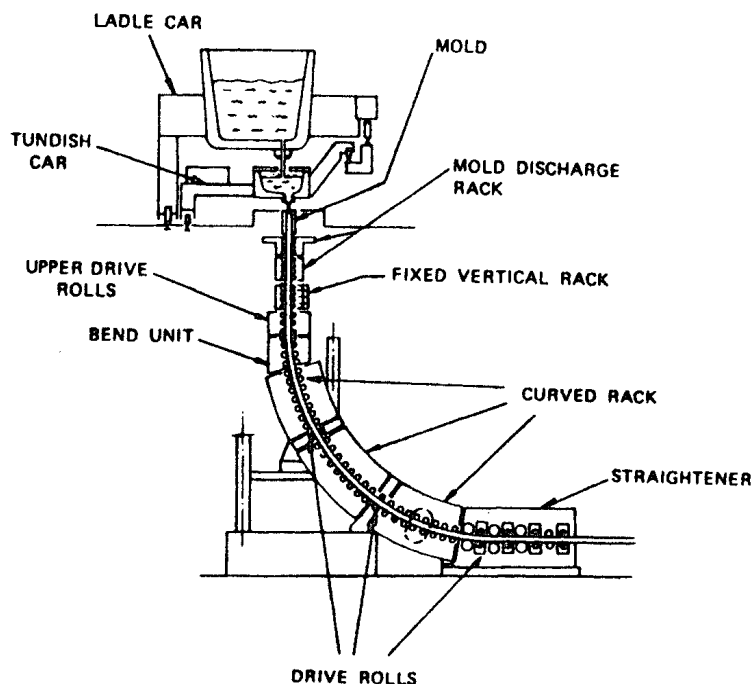


図2 連続鑄造装置

鑄型やスプレー帯での冷却条件、鑄片サイズ、鑄片の引き抜き速度等の操業条件により、鑄込み方向に沿う凝固殻のプロファイルやクレーター先端の深さを知ることは、操業を安定させるために重要なことである。

凝固殻のプロファイルを調べるため、アイソトープが用いられる。アルミカプセルに入れたアイソトープを、鑄型内浸漬ノズルの吐出孔付近の溶鋼中に添加し、ノズルからの溶鋼吐出流によってクレーター内に混合させる。凝固した鑄片からスラブを切り出し、これを、研究所に持ち帰り、さらに小型の短冊状の試験片に切削した。さらに、試験片の表面を研磨し、これらを暗室に並べ、その上にオートラジオグラフ用のフィルムをおいて、所定時間露出した。これを現像すると、アイソトープにより感光したクレーターの部分が黒く認められ、感光していない表面の厚さから、凝固殻の厚みが求められる。この場合も、アイソトープは、数100mCiの<sup>198</sup>Auを用いた。

ある実験のとき、鑄型内に添加したアルミカプセルがはね、溶鋼が飛び散っ

た。アイソトープの添加をした筆者は、ヘルメットに防災面を付け、キャンバスの上下作業着（多少の溶鋼や溶滓があっても燃えない布地でできたもの）を着て、キャンバスの手袋を付け、脚絆に安全靴という完全装備であったので、怪我をするようなことはなかった。しかし、アイソトープの添加は、完全に失敗であった。このカプセルがはねた原因は、機械切削時に用いた切削油を完全に拭き取らなかったため、その油が膨張してはねたと思われる。

その実験のヒートの鑄造が終了し、オペレーターが操作室に待避した後で、シンチレーションカウンターをもって、操業床の周囲の放射能を測量してみると、かなりの放射能が検出された。さらに、鑄型に近づくにつれ、その強度はますます大きくなる。計数率は、100,000cpsを超え、全く計測できなくなり、カウンターの針は零に戻ってしまった。計数率が限界を超えると、カウンターは機能しなくなる。今、その状態にあるのである。これではカウンターを用いて線源の位置を見つけだし、それを取り除くことができない。

次の操業が始まれば、オペレーターは、その強烈な放射線を浴びながら操業しなければならない。安全基準上の問題、放射線管理の問題、それにもましてオペレーターが受ける放射線障害の問題と、筆者は焦った。時間もない。どうしよう！ アイソトープの知識を一通りマスターしているのは、筆者だけであり、相談する相手もない。

その時、区域をいくつかに分け、その区域毎に線量率を当たっていけば、線源を見つけだすことができるのではないかと思いついた。そこで、鉛の煉瓦を、何枚か用意して、鑄型の上面に配置し、その区域をいくつかに分割した。そして、鉛で囲まれた区域毎に、カウンターを入れて計数率を当たっていった。その区域に線源がなければ、放射線は鉛で遮蔽されるので、線量率は低く、カウンターは何らかの計数率を指示する。もし、その区域に線源があれば、カウンターは機能しなくなり、針は零を指示する。このような作業を2~30分も続けたであろうか。ついに、鑄型の上面の縁にへばりついている、半分熔けかかった金の小片を見つけた。急いで、ピンセットでこれをつかみ、鉛コンテナの中

に収容した。その後、カウンターで、鑄床の線量率を当たってみると、ほぼ、バックグラウンドレベルであり、ほっと安堵した次第である。

この作業で、筆者が浴びた放射線量は、作業従事者に対する規制値をかなり超えていたと思う。放射能に対する日本人の感覚は、よく言われるように、“核アレルギーと大和魂”なのであって、普段は、極端に放射能を嫌う一方で、何かことあると、それに対する正当な評価を忘れ、精神論で対処する。筆者も、放射線作業では、しばしば、“大和魂”を発揮した。そのためかどうか、筆者には、娘しか生まれなかった。これは医学的根拠に基づくものではなく、当時、巷でそういわれていたことで、誤解の無いように願いたい。

#### 4. 溶滓による火傷

筆者のいた会社では、1977年、底吹転炉（Q-BOP）を導入した。19世紀末から20世紀の前半にかけて用いられた、ベッセマー転炉にしるトーマス転炉にしる、いずれも底吹きであったが、炉底から吹き込むガスは、空気であった。それらは、上吹きのランスによって純酸素を鋼浴内に吹き込むLD転炉に取って代わられた。空気の代わりに純酸素を用いることは冶金反応的にも、熱効率的にも優れている。それならば、純酸素を底吹きすればいいのであるが、火点温度が高くなりすぎて、炉底羽口の耐火物寿命がもたない。

底吹き転炉は、LD転炉に比較し、工場の建屋高さが低くてすみ、従来使われていた平炉を、工場建屋をそのまま使って、リプレースすることができる。そこで、純酸素による底吹転炉が望まれていたのである。1965年、カナダにおいて二重羽口が開発された。これは、同心二重管よりなる羽口で、内管より純酸素ガスを、内管と外管との間隙から炭化水素ガスを吹き込み、羽口先端部における炭化水素の分解熱により羽口を冷却、保護するものである。この二重羽口を用いた酸素底吹転炉（OBM）は、はじめドイツで開発され、ヨーロッパと米国（Q-BOP）に広まっていった。

当社では、この底吹き転炉に注目し、吹錬時間の短縮を目的として導入を決

めたものである。国内では、初めての導入であり、その吹錬特性、冶金反応、耐火物寿命など、不明な点が、多々あるため、研究所では、現場での実機の操業にあわせて、5tonの小型転炉を建設し、実機操業に先立つ、いろいろな条件による操業のシミュレーションを行ってきた。そんなある日、この小型転炉による事故は起こった。

その日、筆者は、大学の先生二人が、見学にこられ、研究所を案内していた。昼食は、上司と四人で、構内のレストランでとることになっており、先生とテーブルに付き、上司の到着を待っていた。ところが、時間を過ぎても現れない。所長秘書に電話を入れると、研究室で何かあったので、いけないから、三人で食事をするように、とのことである。ちょっといぶかしく思ったが、先生方と食事を済ませ、先生方には、お帰り戴いた。落ち着かない気持ちで、部屋に戻ると、みんながバタバタしている。

聞くとところによると、5ton転炉で事故があり、三人が救急車で、会社の病院に運ばれたという。三人とは、N課長、S掛長とH掛員である。N課長とH掛員の損傷は比較的軽く、一般病棟に入ったが、S掛長は重体で、集中治療室に収容された。その日は、数人の仲間と、病院へ行き、どんな経過なのかが聞けるのではないかと、思って、午後11時過ぎまで待機していたが、何も分からなかった。そのうち、上司から、ここで待機していても何の意味もないから、帰るよう指示があり、みんなで帰宅した。事故について、上司が、社内的に、あるいは、社外的にどのような対応を迫られ、また、対応したかは筆者には、よく分からない。

後日、いろいろな情報を集めて、事故の模様を再現してみると、以下のようなことになる。

炉の操業中に、何かのはずみで、吹錬状態がおかしくなり、炉の温度が低下した。操業者たちは、これに気が付き、羽口の状態を見るために、炉を傾動した。S掛長、N課長、H掛員の三人は炉底を観察するため、炉の正面から炉口に近づいていった。しかし、羽口を確認することはできなかった。突然、炉のな

かで何か崩れるような音がするとともに、炎と溶けたスラグが吹き出してきた。三人はとっさに逃げた。その際、S掛長は、N課長とH掛員をかばうように二人の肩を抱くようにして逃げた。三人は溶けたスラグを背後から浴びた。特にS掛長は後ろにいたため、背中から太股にかけてスラグを浴びた。

気が付くと三人が倒れ、S掛長の作業着が燃えている。他の作業者が水道のホースで水をかけS掛長の火を消した。急遽保安に連絡し、救急車を手配して三人を送院した。その後、集中治療室に収容された、S掛長は三日間意識不明の重体であったが、四日目に意識を回復し一命を取り留めた。

この事故はいったい何だったのか。その後の検討によれば、何らかの原因で吹錬状態がおかしくなり、浴面が冷えて皮を張り、鏡板状の固層が形成された。鏡板の下部には、溶けたスラグと鋼浴があり、その状態で炉を傾動したため、鏡板が起ち、背面からスラグと鋼浴に押された。しばらく経って、鏡板は押される力に耐えきれなくなって、一気に崩れ、溶けたスラグが噴出した、と解釈された。

S掛長の火傷は、足の太股の裏側が直接スラグを浴びたためひどく、完治するのにだいぶ期間を必要とした。そして、尻から背中にかけては、ほとんど損傷はなかった。それは、キャンバスの上着を着ていたのに対し、下は普通の木綿の作業ズボンをはいていたためである。こうした習慣は、研究の技師だけではなく、製鉄部や製鋼部の技師たちも行っていたことである。もちろん、現場の作業員たちは、全員キャンバスの上着とズボンを着用していた。この事故以来、研究所では、溶鉄を扱う作業をするときは、管理者も含め係員も、必ずキャンバスの上下を着用することになった。

S掛長は、その後皮膚の移植手術を受けた。移植手術は、損傷部以外の健全部から2mm\*7mm位の短冊状の皮膚を、間隔をあけて採取し、損傷部へちょうど芝を貼るときのように、間隔をあけて植え付けていくのである。こうすれば、損傷部もまた皮膚を採取した部位も皮膚が成長して、元の状態に戻ると言うことであるが、損傷部へ移植した皮膚はなかなか付着しなかった。その後、何年



か経って、筆者は、課長になったS掛長と、水島で机を並べることになった。彼は、時々かっつての損傷部を軽く手でたたくのである。聞いてみると、いまだに、その部位がむず痒くなるそうである。ある時、その火傷のあとを見せてもらって、驚いた。何のことはない、鱷皮のハンドバックのようになっていた。

S課長は、その後、事故もなく元気に職務を務め、当時幼かった三人の子供さんたちも立派に成長し、いまだに勤務している。この事故は、筆者が身近で体験したもののなかで最大のものであった。

この事故の後、研究所の安全意識が低いのではないかと、ということになり、製鋼部で40年造塊職勤めてきた、O総作業長\*を講師に呼んで、安全に関する体験と、意識の問題について話してもらった。その結論は、結局のところ「安全は、自分で守るものである」ということであった。吊り荷の下には、入らない、常に上と左右の確認を怠らない、等と言ったところで、それらが、本当に自分の安全意識にたたき込まれているのでなければ、災害は防げない。当たり前のようなのであるが、それが、30～40年にも亘って、無事勤められる生き方なのである。

\* 昔は、現場の工員の職階は、職長、組長、伍長、手、助手、平と言っていたが、現在では、現場の技能社員の職階は、総作業長、作業長、班長、班員となった。

## 5. 水蒸気爆発

先にも触れたように、製鉄業では水蒸気爆発は、COガスによる事故と共に最も恐ろしい事故の一つである。以下に水蒸気爆発に関連したいくつかの話題を述べる。

### 5. 1. 造塊作業での死亡災害

入社して4～5年たった頃、千葉の第二製鋼で死亡災害が起こった。当時生産が好調で、第二製鋼は、月に50万トンの鋼塊を造塊で製造していた。公称

150tonのLD転炉2/3基稼働で、年間600万トンの鋼塊を製造することは、工場の能力として、フル稼働状態である。

段取りヤードで、台車に、定盤をおき、その上に鑄型を据え、内面に糖蜜を塗って、準備ができると、台車はディーゼルに引かれて、注入ヤードに運ばれる。そこで、造塊職により、180tonの溶鋼の入った、取鍋から、台車上の鑄型へ、次々と溶鋼が注入されていく。当時は、取鍋の底に付いたノズルは、鍋の上方から挿入された、ストッパーという、耐火物の棒で塞がれていた。ストッパーは、二重になった鉄パイプに輪状の耐火煉瓦を巻いたもので、長時間溶鋼にさらされていると、中の鉄パイプが加熱されて、強度が無くなり用を足さなくなる。そこで、注入ヤードに到着した鍋には、直ちに、エアパイプが接続され、ストッパーの二重パイプの内管に、エアをおくって、冷却される。ストッパーは、鍋下部に取り付けた、レバーを用いて、注入デッキ上にいる造塊職によって、開閉され、注入作業が行われた。

それでも、しばしば、ストッパー切れを起こし、解放注入が行われていた。つまり、垂れ流しになった鍋からの溶鋼を、台車上の鑄型へと次々と注入していくのである。デッキ上の造塊職と、鍋を吊った天井クレーンの運転手との間での無線によるやりとりによって、鑄型が満杯になると、クレーンを移動させ次の鑄型の定位置にぴたりと止める。その移動させるタイミングとクレーンの停止位置とは、実に見事なものであり、筆者は、何度か解放注入の場に遭遇し、感激して眺めていた。しかし、鑄型から鑄型へ移動するとき、鍋からの注入流は鑄型の縁に降り注ぐ、その時、溶鋼はスプラッシュ状に、周囲に降り注ぐのである。きわめて危険な作業である。

そうしたある日、雨であった。鑄型の段取りを終えた台車は、ディーゼルに引かれて注入ヤードへ向かった。段取りヤードと注入ヤードとの距離は数百メートルである。前チャージの注入のタイミングが遅れたのか、後チャージの段取りが速かったのかは知らない。ディーゼルは、屋外でしばらく待たされて、停車した。さらに、その台車には、黒鉛定盤が設置されていた。通常は、鑄型

も、定盤も鑄鉄製のものが使われるのであるが、鑄込まれる鋼種によっては、黒鉛定盤が使われることもある。黒鉛は、炭素の同素体で、耐熱性、電気伝導性、熱伝導性等の特徴により、電気炉の電極やるつぼなどに使われる。しかし、吸湿性があり、水が付着すれば、それを吸収してしまう。

どの程度の時間、台車は停車していたのかは知らない。次のチャージの注入のため注入デッキに入っていった。もし、鑄鉄定盤を使っていたら、造塊職は、定盤が濡れていることに気づき、直ちに、相応の対応をしたはずである。ところが、黒鉛定盤であったため定盤が濡れているかどうか造塊職には分からなかった。そして、注入した溶鋼が水蒸気爆発を起こし、飛散した溶鋼を浴びた造塊職二名の方が、亡くなった。当時筆者は、入社後の日も浅く、また、製鋼関係とは離れた内容の研究室に所属していたので、周囲の人伝での噂からこのことを聞いただけなので、これ以上の事故の詳細は知らない。

これも、後日人から聞いた噂であるが、この事故の責任を巡り、担当の課長と掛長との間でかなりの葛藤があり、心情的なもつれもあって、特に責任を取らされたということだけでなく、まもなく、掛長が転出し、やがて課長も転出していった。これが、筆者が入社して初めて遭遇した死亡災害ではなかったかと思う。

## 5. 2. 弁当箱鋼塊

今でこそ、鑄鍛鋼品以外のほとんどの鋼は、連続鑄造によって、半製品とされる。筆者が入社した当時は、連続鑄造は普及しておらず、ほとんどの鋼は、造塊、分塊をとうして、半製品とされていた。造塊とは、鑄鉄製の定盤上に、同じく鑄鉄でできた鑄型という枠をおき、その中に溶鋼を上（上注ぎ）、あるいは下（下注ぎ）から注入し、これを固めて、幅よりは高さ方向に長い、直方体状の鋼塊を造る工程である。もちろん、幅よりは厚さの方が短いため、凝固は、厚さ方向の両側面から中心に向かって進行する。この過程で、凝固の基本原理に基づく現象により、様々な欠陥を生じる。

キルド鋼塊における一例を、図3に示す。＋記号が正偏析を示し、－記号が負偏析を示す。鋼塊下部に負偏析帯があり、厚みの中心にかぎ状のV偏析、また鋼塊表面と厚み中心との間に筋状の逆V偏析があり、これらは厚板製品に圧延された場合、溶接欠陥を生じたり、製品の端面検査で、欠陥として判定されたりする<sup>2)</sup>。これらの偏析は、鋼塊側面からの凝固によるものであるから、凝固のパターンを根本的に変えてしまえば、これらの偏析を無くせるのではないかと考えた。つまり、鋼塊を横倒しした形にし、弁当箱のように、高さの低い鑄型枠を作り、そこへ溶鋼を鑄込んだ。もちろん、鋼塊上面からの凝固を抑制するため、鋼塊頭部へは、断熱保温剤をたっぷり振りかけた。

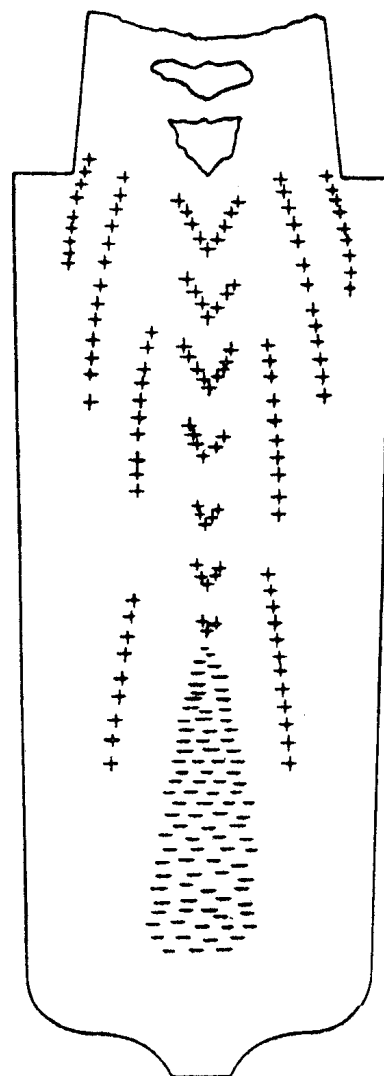


図3 キルド鋼塊のマクロ偏析

その結果は、鋼塊上部の縁のところになぜかに逆V偏析が発生したが、ほぼ偏析のない鋼塊が得られ、ますますの厚板製品にすることができた。鉄鋼業界とは、面白いところで、どこか一社が何かをすると、他社もそれに追随するという伝統(?)がある。はじめに、これをやったのは、どこの会社か失念してしまったが、当社でないことは間違いない。二番煎じか、三番煎じかでやるわけだから、何か、新規性が必要である。そこで、定盤を水冷する事を思いついた。そうすれば、鋼塊底部からの一方向凝固が強化され、さらに鋼塊の品質が向上するはずである。

鉄鋼技術者の中には、二通りの人種がいる。溶鉄の下に水を通すなどという危険は避けるべきだという人間と、きちんと冷却してやれば水を通してかまわないという人間である。筆者は、ちょうど中間的人間であるが、どちらかと

いえばやや後者寄りである。冷却水を通せるような定盤を作るとなったら、費用も掛かるし、時間も掛かる。そこで、通常の定盤の上に角パイプを並べ、それに通水するように工夫した。肉厚が2～3mmで、一辺が30mm位の角パイプを、定盤の短辺の長さに合わせて切断し、その両端を、径が300mm位の鋼管で作ったヘッダーに一本一本丹念に溶接していった。

場内の工業用環水の手元バルブのところの水圧、ヘッダーと角パイプの寸法から、角パイプ内の冷却水の流速を求めた。そしてその流速が、仮に角パイプに直接溶鋼が触れることになっても、十分に冷却のバランスが採れることを確認した。鋼塊重量は、約20ton、下注ぎ\*である。下注ぎの溶鋼流によって、薄い角パイプが、力を受けたり、変形したりしないように、角パイプの上に25mm厚ほどの厚板を敷いた。ただし、厚板の中心部には、下注ぎノズルにあわせて穴をあけた。

現場実験に際しては、まず、製鉄所の管理部が、その実験の意味づけ、全体の実験の流れなどについて、仕様書を発行し、関連部課へ配布する。そして、製鋼部は、実際の実験の段取り、進め方、試験片の採取などに関する”鋼技仕”なる仕様書を発行し、それをあらかじめ、関連部課へ配布すると共に、その仕様書に基いて実験は進められる。従って、その実験の管理責任及び安全体制等は、すべて製鋼部にある。しかし、それを言い出したのと具体的な技術上の指針を決めたのは、筆者ら、研究所であるから、もし何かあったら、その心的な責任は、計り知れないものがある。

その日、電炉工場では、担当の造塊職は、何かあったら、至急退避するように指示を受け、また、天井クレーンの運転手も、何かあったら、鍋を吊ったまま退避するよう指示を受けていた。その実験の、立ち会い者は、百名ほどであったろうか、みんな、鑄型から50m以上離れたデッキから観覧していた。当時の製鋼部長だった、I部長も立ち会いにこられていて、筆者に何か話しかけてきたようだが、内容についての記憶は定かでない。この部長は、度胸があり、今回の実験を実施することを許可してくれた。

未知のものへの期待と、安全上の不安から、高鳴る胸を押し殺しつつ、鑄造を見守った。注入を初めて、20～30秒ほどたった頃だったように思う。突然鑄型から、白煙と埃が舞い上がった。一瞬何事かと、心が乱れたが、その後、鑄込みは順調に続けられ無事終了した。翌日、鋼塊は解体調査のためストリッパヤードに運ばれて、型抜きされた。そして、鋼塊底部を見たとき、啞然とすると共に、背筋が寒くなった。なんとほとんどの角パイプの周りには、べったりと地金が巻いていたのである。予測だにしなかったことである。

しかし、よく考えてみると、当たり前のことが起こったのである。ステンレスの流し台の槽の中に、ポットに残った熱湯を勢い良く捨てたとする。どうなるであろうか？ステンレスの板は、ボンと行って、上に凸状に反り返る。鑄型のなかでも同じことが起こったのである。鑄型に注入された溶鋼は、敷かれた厚板の上面を覆い、上面を熱せられた厚板は、上に向け凸状に反り返ったのである。そして、中央にあけた穴を通じて溶鋼は進入し、角パイプに巻き付いたのである。鑄込みのはじめに舞い上がった白煙と埃は、厚板が反り返った瞬間に敷いてあったやや湿った砂の水分と砂自体を巻き上げたものである。

この実験を通じて、水冷却の正しいやり方を、心底から体得した。パイプ内で、核沸騰を起こさないための、冷却水線速度とサブクール温度\*\*、ヘッダーの構造と冷却管の配置、等々。この実験で、もし、筆者らの検討が甘かったり、ミスがあったりして、角パイプの一本でも水漏れが起こったなら、電炉工場の屋根が吹っ飛ぶくらいのは起こったであろう。ともかく、胸をなで下ろした一件であった。

ちなみに、弁当箱鋼塊は、鋼塊形状があまりにも悪く、分塊歩留まりがきわめて低く、また、作業性が悪いなどによって誰言うともなく、廃れてしまった。

\* 溶鋼は、鑄型の脇にたてた注入管に注がれ、定盤に埋め込まれたランナー煉瓦を通して鑄型の中心に運ばれ、そこから下注ぎのノズルを通じて鑄型内に注がれる。

\*\* 使用する冷却水の温度と沸騰点までの温度差。

### 5. 3 焼却灰溶融炉

今度は、鉄の話ではない。ゴミの話である。われわれが、毎朝、決められたゴミ集積所に、曜日によって、可燃物、不燃物、有価物など捨てに行く、それを市役所や、市に委託された業者のゴミ収集車がもっていってくれる。その内の可燃物については、清掃工場に運ばれて、おもに、ストーカ（火格子）炉という焼却炉で焼却されて、減容化される。さて、そこで焼却灰が残される。これは、埋め立て処分される。ところで、焼却灰には、二種類あり、一つは焼却炉の下から回収されるボトム灰であり、もう一つは、燃焼したガスを集塵機で処理することによって収集される飛灰である。

どこの市町村でも、この焼却灰の処分には頭を悩ませている。というのは、埋め立て処分場を、自己の行政地区内に確保することが、できないからである。従って、処分業者に委託し、埋め立て処分をしているというのが現実である。

であるから、この焼却灰を、何らかの方法で処理して、減容化するとともに、できることならその再利用を計ることが望まれていた。ところで、焼却灰といっても、昔、たき火をした後の灰とは、似て非なるものである。飲料用の空き缶は言うに及ばず、こうもり傘の骨、拳げ句の果ては中華鍋まで入

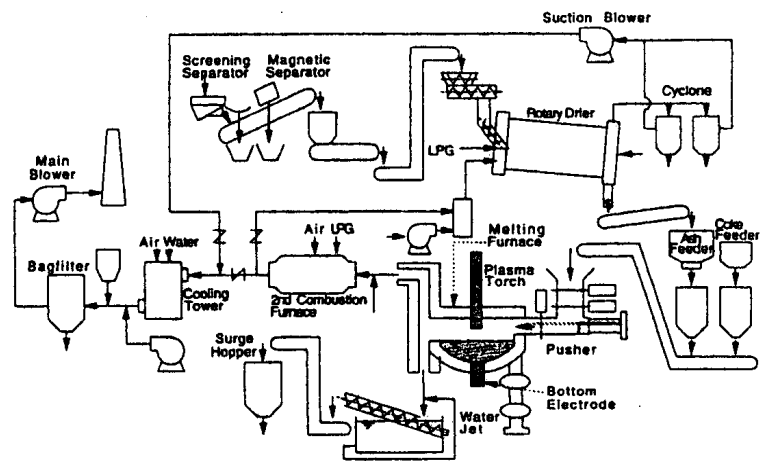


図4 焼却灰溶融装置

っているのである。これを処理するには、高温で溶かすしかない。

筆者らは、焼却灰を溶かす手段として、熱プラズマを用いた<sup>3)</sup>。熱プラズマ

とは電気アークのことであり、ただしアークを発生する電極（プラズマトーチという）内からガスを流して、ガスを電離してイオン化し、ガス流中の電流密度やアークの指向性を調節することができる方法である。図4に焼却灰溶融プロセス（プラズマ出力1,000KW）の模式図を示す。

焼却灰は、水切りピットで水分を25%程度に低減した後、振動篩にかけて50mm以上の粗大物を除去し、さらに磁選機で鉄分を除き、ロータリーキルン方式の乾燥機で水分を10%程度に低減し、溶融炉に供給される。溶融炉は鍋底形状の炉底をもった平たい円筒状で、炉の内径は1,800mm、高さ860mm、浴深さ220mmである。

炉壁及び炉蓋は水冷ジャケットにより冷却される。二連の灰供給プッシャーの対向する位置に排気口をかねた排滓口があり、溶融スラグは溢流堰上の樋を通して炉外に流出する。炉蓋の中心にトーチ挿入口があり、トーチは炉蓋上に敷設されたマストによって保持され、昇降可能である。炉底中心には黒鉛電極が埋設され、炉外の下端部を水冷ジャケットからなる把持機により保持されるとともに冷却される。炉体は機械駆動により排滓口側に10°傾動でき、操業の終了時や炉内に金属が溜まった際は炉を傾動して炉内溶湯を出湯する。スラグの溶融においては耐火物の寿命が問題となり、特に流速の大きい樋部分の溶損は激しく、そのため本設備では樋煉瓦の下部に水冷ジャケットを置き樋部を冷却する方式を用いた。

さて、ある時期に炉内耐火物の張り替えを行った。ついでに炉底電極も新しいものに交換した。古い煉瓦や不定形耐火物は、業者に引き取ってもらうため、ダストボックスの中に放り込んでおいた。たまたま、見回りをしていたとき、ダストボックスの中に転がっている、使い古した電極が目にとまった。よく見ると、電極の上方から、地金が差し込んでいる。位置関係を子細に調べてみると、地金は水冷ジャケットの把持機に達するばかりの位置にまでたれてきていた。

筆者は、早速水島に赴き、D電気製鋼の直流電気炉の炉底電極の構造と、そ



の使用状態を見聞き調べた。D電気製鋼の直流電気炉は、130tonの商用のもので、規模から言っても、使用状況から言っても、おもちゃのようなプラズマ炉とは比較にならないが、それでも大いに参考になった。結局プラズマ炉の炉底電極は、電極と炉底耐火物の隙間から、空気が進入して、電極が酸化され、その部分に溶鉄が差し込んだものであると判明した。

次回の煉瓦張り替え時に、電極と炉底耐火物の間に空気が進入しないような細工をし、さらに、操業中に炉底の電極周りを鏡を用いて、しばしば点検するようにしたのだが、やはり炉底電極周りの酸化を完全に防止することは、できなかった。その証拠に、筆者が会社を退職して一年余りたった頃、会社から電話で呼び出された。プラズマ炉で炉底を抜き、水蒸気爆発を起こしたという。やはり、炉底電極周りから湯が注して、把持機の銅ジャケットを破り、漏れた水が漏湯受けとしてもうけておいた囲みのなかで水蒸気爆発を起こしたという。

幸い、作業員全員は、即座に避難して被災することはなかった。ただし、製鉄所と違って、清掃工場の近くには、民家もあり、ドーン、ドーンとどろいた爆発音は、付近の住民や、清掃工場の作業員たちの度肝をつぶしたのではないかと思われる。筆者はこの件に関しては、発言する立場でもなかったので、二三の参考意見を述べるに止まり、その具体的な対策は現職の担当者に任された。とにかく、筆者が会社で、溶湯を扱っている間、水蒸気爆発には、神経をとがらせ、細心の注意を払ってきたことは、間違いない。それが証拠に、三十年にわたって火傷一つ負わずにすんできたのである。

## 6. 一酸化炭素にまつわること

### 6. 1. CO中毒

製鉄会社は、炭素を用いて鉄鉱石を還元することが基本であるから、至る所にCOガスが存在している。コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガスなどの主成分はCOガスである。ところが、COガスは、人体に対して厳しい中毒症状をもたらす。COガスが体内にはいると、血液中のヘモクロビンと結合して、肺

から酸素を体全体に送る機能を止めてしまう。また、COガスは、大気中の酸素と混合した状態で、何かの拍子に着火すると爆発する。従って、その管理は、安全対策上非常に重要である。

昔は、製鉄とか製鋼の現場の操作室では、小鳥（十姉妹）を飼っていた。それは、小鳥がCOガスに非常に敏感であり、人に影響する濃度になる前に、鳥は死んでしまうからである。今だったら、動物愛護の精神からして、そんなことは許されないであろうが、今から二十年ほど前までは、事实现場の操作室には、小鳥が飼われていたのである。今では、簡易なCOメーターが普及していて、これをもっていれば、CO濃度が30ppmを超えるとアラームが鳴って、たちどころに危険を知らせてくれるようになっている。余談だが、このメーターにたばこの煙を吹きかけると、針が30ppmをはるかに超えて、アラームが鳴り出す。たばこが如何によろしくないものであるかが分かる。

3. 3. で述べたRH脱ガス装置での別の実験のときであった。製鋼部のI課長（後に副社長）と研究のN課長（後に取締役）が、脱ガス装置の操作室で議論していた。その議論にはお互いにだいぶ熱が入っていた。二人とも、体力はあり気も誰にも負けないくらいに強い性格の持ち主であった。はじめ二人とも、立ったままで議論していたのだが、やがてしゃがみ込み、最後には尻を付いて議論しだした。

その時、現場のオペレーターが、操作室に入ってくるなり叫んだ。「あっ！鳥が死んでる」。二人は、操作室を飛び出した。よほど、厳しい状態で、相手に弱みを見せまいとがんばっていたと思われる。操作室には、はじめ、研究のS掛員もいたのであるが、彼は早いうちに気分が悪くなり、操作室を抜け出し、溶鋼の保温用に使う、初殻の袋の上で横になっていたとのことである。オペレーターの入って来るのが、もう少し遅れていたら、事件はやっかいな方向に進んだはずである。当時の製鉄所長が、「有能な人材を二名も失わずに良かった」と言われたそうである。

さて、脱ガス装置は、真空中で脱炭反応を行うのが目的の一つでもあるため、

精錬反応によってCOガスが排出される。COガスは、真空槽から排気用のエジェクターを通して、機外に排出される。当時、その排気口は、製鋼工場の屋内にあり、その上さらに脱ガス装置の操作室の換気用の吸入口が、エジェクターの排気口の近くにあるという状態であった。工場は古いもので、次々と追加工事が行われてきたため、そのような不具合が発生したものと考えられる。早速、エジェクターの排気口は、屋外に付け替えられた。それにしても、人間のやることには、間違いや手抜かりを完全に排除することは難しいものであることを悟らされた。

二人の課長は、これといった症状もなく、そのまま勤務を続けたし、S掛員も一晩寝たら完全に回復した。

## 6. 2. オタワにて

5. 3. に述べた、焼却灰溶融炉の開発に掛かる前、まず、生ゴミをプラズマで熱分解するという話があった。これは、生ゴミを還元性雰囲気の中で熱分解すると、投入した電力の4.2倍のエネルギーが得られると言うもので、おもにCOとH<sub>2</sub>を主成分とするガスの形でエネルギーを回収するものである。その実験を、カナダのオタワでやっているという。確かに、簡単な計算をしてみると、電気料金やゴミ質にもよるが、それなりのエネルギー回収はできそうである。当時このテーマを取り上げて、開発を行おうとしていた筆者は、共同研究者の、T電力のY氏、M物産のO氏、T工業のA氏の計4人でオタワのこの小さな会社を視察することになった

それは、オタワ郊外の工業団地の中にある、ほんとに小さな会社で、工場を棟割りにした一画で、広さはおよそ200㎡位であったろうか。社長は、50歳くらいのカナダ人の白人で、友人から頼まれたので、あまり気の進む仕事ではないが、仕方なくやっているという様子である。社長の下に、30代の南米系の技師がおり、彼がすべてを仕切っている様子である。その技師の他には、二人の現場の作業員がいるだけである。

設備は、鉄板でできた円筒形の炉で、直径が1.2m、高さは2 m程のもので、内面は耐火物がライニングしてある。炉頂からプラズマトーチが挿入され、炉内を加熱する。一方生ゴミは、ホッパーから炉の下部に設置されたダクト内に投入され、それをプッシャーで炉の中に押し込むようになっている。また、ダクトと炉体の間には、シャッターがあって、ゴミをプッシャーで炉内に押し込む際にそのシャッターを開け、押し込んだ後そのシャッターを閉めて加熱を続けるようになっている。排ガスは、炉の上部にもうけた、別のダクトからブロワーで引いて、工場の屋根に付けた煙突に送り、そこで燃やしている。炎は青白い色で燃え、およそ、1 m程の長さであろうか。

集められた、生ゴミは、ほとんどが紙であって、日本のような厨芥などは見られない。それでもツーンと鼻を刺す酸っぱいような臭いがして、蠅が湧くのを防ぐためであろうか、作業員は、防臭剤だろうか、防腐剤だろうか、スプレー缶に入った薬品をしきりに振りかけていた。

筆者らの関心は、生ゴミから、エネルギーを回収することよりも、加熱によって生ゴミの残さがきちんと熔融スラグとなり、無害な形で炉の中から取り出せるかどうかにあった。そこで炉温をなるべく上げるようにして、熔融するように依頼した。ところが彼らの目的は、熱分解によって、ガスを回収するためであったため、温度を上げることを渋った。最も、彼らの設備そのものがそんな高温に耐えられるものでなさそうであり、特に耐火物はそんな上質のものでなかったようである。

三回目くらいの立ち会いのときであったと思う。筆者は作業着を着て、炉の周りに張り付き観察を続けていた。ゴミを供給するダクトの上に登り、周囲を見回していたときである。突然ダクトのなかで爆発が起こった。度肝を抜かれたことは言うまでもない。ダクトからおりて、調べてみると、ダクトを構成している下面の鉄板が大きく口を開け、鉄板を止めていた径が8 mm程のボルト14本がブチ切れて散乱していた。幸いにも筆者には何の怪我也なかった。もし、ダクトの上面の鉄板が破れていたら、筆者は、何発かのナットの直撃を受けて

いたに違いない。現場の技師も、作業員も、また、日本から来た他の立ち会い者も炉からかなり離れていたため、ただびっくりしただけですむことができた。

この事故は、現場の設備的なものに問題があった。先にも触れたように、ホッパーから供給された生ゴミはダクトに落とされ、それをプッシャーで炉の中に押し込まれる。その際、ダクトと炉内部を遮断しているシャッターが開けられる。プッシャーヘッドはダクトの内寸にほぼいっぱい設計されてるため、ちょうど水鉄砲で水を押し出すようにゴミを押し出す。そして、プッシャーを戻した後にシャッターが閉められる。プッシャーを戻すとき、先の水鉄砲の原理によって、プッシャーは炉内のガスをダクトの中に引き込むのである。炉のなかは、還元性の雰囲気ではCOとH<sub>2</sub>を多く含みO<sub>2</sub>はほとんどない。ところが時間が経つとホッパーを通して、外気がダクトの中に流れ込みCOとH<sub>2</sub>は外気と混合する。しかし、ダクトのなかは、ほぼ室温に近いので、混合ガスに着火することはない。ところが、次回のゴミ装入のためシャッターを開けたとたん。着火して爆発するのである。

それならば、どうしてダクト下面のボルトがブチ切れて、上面のボルトは切れなかったのかと考えてみた。ダクトの構造は上下同じで、その強度に差はなかったはずである。筆者の体重は、当時65kg程で作業着を着て、靴を履いていたから合計で、70kg程の重量があったはずである。この荷重が上面側の外圧に加勢したのではなかろうか。最近、この話を、筆者のゼミの学生にしてみた。一人の学生が、「先生、爆発の勢いが、もっと大きくて、先生の体重なんか無視できるとしたらどうなっていたでしょう」。筆者は言葉に詰まった。いずれにしても、筆者は五体満足で、今日生きている。やはり、運が良かったのであろうか。

## 7. まとめ

労働災害に関連して、企業における一研究者の立場から、その間に体験したこと、また、筆者の周囲で見聞きしたことを、書いてみた。これは、生産現場

における一般的な、労働災害の実体をあらわしたものではない。また、ラジオアイソトープによる話題が多すぎたとも思うが、それが筆者の特別な立場によるものとしてお許し願いたい。筆者の場合、損傷を受けるような労災を体験したことがない。ただ、一つ間違えば、労災に繋がるような作業をしてきたことは事実である。

筆者のいた、製鉄所では、昨年四件の死亡災害が、発生した。そして、製鉄所長が更迭されるという事態に至っている。これを見ても、労働災害はいまだ現実のものであり、万全を配して防いでいかなければならないことである。労働災害には、必ず人が関与してくる。不注意、無知、勘違い等、人である以上こうしたことは、完全に防ぎきれない面もある。それらのことを、制度上、組織上の対応によって、できる限り少なくしていくことが必要なのである。

## 参考文献

- 1) 木下勝雄他：川崎製鉄技報, 4(1972)4, p.197
- 2) 木下勝雄他：鉄と鋼, 65(1977)13, p1868
- 3) 木下勝雄：千葉経済論叢, (1997)16, p77

(きのした かつお 本学教授)