

## 冶金工学へのX線透視技術の応用

荻野和巳\*

現在、鉄鋼はじめ銅、アルミニウムなどの有用金属は巨大な設備によって最高2000°Cを越える高温の下で生産されている。実操業においては、メタルやスラグは多くの成分より構成されているから、その製錬反応は複雑であり、これを理解しコントロールするには基本となる反応について実験室的基礎研究を積み重ねることが必要である。そのため従来多くの冶金学者によって各種の反応の基礎研究がなされてきた。その方法は実験炉においてメタルを溶解し、それとガス相やスラグ相とを平衡させることによって反応の平衡定数や、メタル、スラグ構成成分の熱力学的データを得るもの、あるいはメタル、スラグに関する反応の速度をそれらの濃度の時間変化より求めるものである。しかし多くの研究者の努力にもかかわらず高温反応においては、特に速度論的見解に十分な一致をみないものが多くみられる。

この原因に対し我々は研究方法の相違以外に反応の進行状況の実体把握が十分なされていないものと考えている。そのため私の研究室においては数年前より高温冶金反応の進行にともなう生じる種々な現象を直接、正確に観測することを計画し、研究を行っている。高温のためメタル、スラグは液状でありルツボ（耐火材料の容器）に入った状態におかれている。そのため普通肉眼によると上方から、あるいはルツボに透明な材料を用いる場合は、下方から観測することができる。しかしこれではメタルの表面における反応や、メタル/スラグ界面の反応のみが観測されるにすぎない。メタルが不透明なスラグで覆われていると、上方からスラグ/メタル界面の状況を観察することは不可能である。この問題を解決するため、我々はルツボの

\*荻野和巳 (Kazumi OGINO), 大阪大学工学部, 冶金工学教室, 教授, 工博, 冶金物理化学

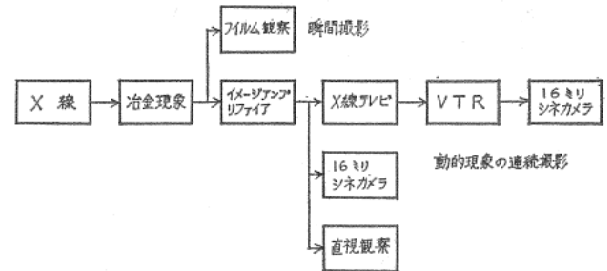


図1 X線透視法による高温冶金現象の観察システム

側面よりX線を照射しその透視像を観察する方法を採用した。この方法では各物質の透過能の差によってスラグ/メタル界面は明瞭に判別でき、界面の形状やガス気泡の存在、その形状なども十分に観察可能である。さらにガス発生現象は変化が激しいから観察方法には動的現象も観察可能な手段を加える必要がある。

私の研究室において使用している高温冶金反応進行状況の観察システムを図1に示す。このシステムはX線透視像を直接フィルムに写し瞬間像を観察するものと、X線テレビによってVTRに記録し動的現象を観察するものからなっている。このシステムによって我々は鉄鋼製錬の基礎反応であるスラグ中の $\text{SiO}_2$ や $\text{FeO}$ の還元反応、溶鋼の脱炭反応におけるCOガスの発生状況、あるいはアルミニウムの電解精錬における電極/熔融塩電解浴界面の状況を観察した。

その一例を写真1, 2に示す。写真1は黒鉛ルツボ中にある炭素飽和溶鉄がスラグと反応し

スラグとは、

鉱石からメタルを取り出す過程では鉱石中の岩石分や溶剤によって形成され、またメタルを精錬する過程では不要成分の酸化物、溶剤によって形成される。主成分は $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ など数種の酸化物より構成される多元系珪酸塩である。

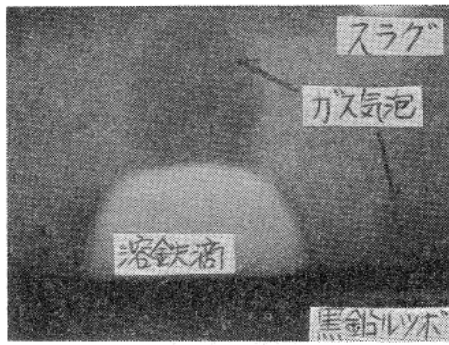


写真1 炭素飽和溶鉄とスラグとの反応の状況,  $\text{SiO}_2$  の還元によるCOガス気泡がみられる。

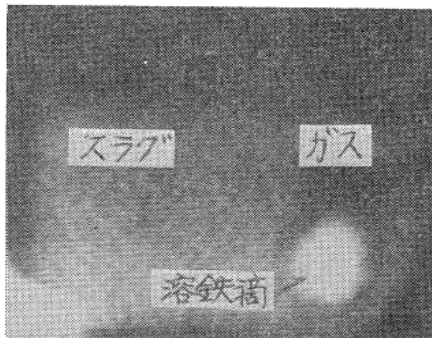


写真2  $\text{FeO}$  を含むスラグと炭素飽和鉄滴との反応の状況, 溶鉄滴のまわりにガス膜がみられる。

COガスが発生している状況である。メタルに付着しているガス気泡は黒鉛ルツボ上に発生しているガス気泡より大きいことが観察される。これはスラグとメタル、黒鉛との濡れ性など界面の性質の相違によるもので、従来の測定方法によっては知る事ができなかったものである。写真2は  $\text{FeO}$  を含むスラグと炭素飽和溶鉄滴との反応の状況で、溶鉄滴はガス相で完全に覆われスラグと接触していないことが観察される。動的観察ではガス相内の溶鉄滴は盛んに運動しているのがみられた。この場合溶鉄とスラグとの反応は両相の接触界面でなくガス相を介して進行していると考えられ、そのためガス相を介する反応機構を考えねばならないであろう。

X線透視技術の冶金工学への応用は上記のような冶金反応の状況観察だけでなく、高温融体(メタル、スラグ融体)の物性測定にも応用できる。従来高温融体の物性測定法は高温である

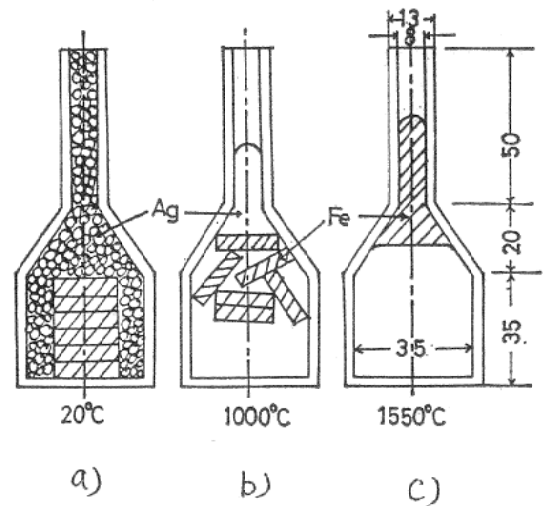


図2 純鉄の溶融時の体積変化の測定法

ため、常温において精度の高い方法が必ずしも利用されていない。我々はX線透視技術によって従来高温測定に使用されていないマンノメーター法による溶鉄の密度測定法、毛管上昇法による熔融金属の表面張力の測定法を開発した。

特に興味深い測定として我々は純鉄の溶融時の体積変化の直接測定法の開発をあげることができる。その方法は図2に示すような長首の徳利状のアルミナルツボ中に純鉄試料と、純銀とを入れておこなうものである。常温で純鉄試料と純銀粒を入れた状況を図2 a)に示す。鉄と銀の間には相互溶解がないため、銀の融点をこすと、図2 b)のようになり、ルツボの首部にメタル(銀)のメニスカスが形成されている。その位置はX線透視法で測定される。さらに温度を上昇させつつメニスカスの位置の変化を測定することによって、純鉄の溶融する時の体積変化を直接測定することができる。その値は約2.4%であり、我々によって初めて測定に成功したものである。

以上のようにX線透視技術を利用することによって従来まったく不可能であった高温冶金反応の進行時の状況観察が容易となり、冶金プロセスの現象解析が大きく前進した。それによって冶金反応の機構の解明に大きく役立っている。さらに高温融体の物性測定にも新風を吹き込みつつあり、その成果を期待できる。