

ガラス固化試験再開に向けての原燃報告書に対する疑問点

いまさら「ガラス温度が把握できていなかった」とは！？

それが理由で、はじめからやり直す？！

肝心の仮焼層の性質も分からないまま、温度計の増設だけで乗り切ろうとは？！

2010年10月25日 美浜の会

六ヶ所再処理工場では、商業運転に入る前の実廃液を用いた試験（アクティブ試験）が行われている。そのうちのガラス固化試験は、白金族の堆積という本質的問題のために、2008年10月末から2年間停止している。廃液に含まれる核分裂生成物である白金族が析出し、炉底に沈降・堆積し、ガラス材を熱するべき電流を自らに引きつけるため、ガラス材の熔融が不十分になって流下が妨げられるという問題である（第1図）。

試験の再開に向けて日本原燃は、今年7月15日付報告書の改正版（以下、改正報告書）を8月23日に出し、その後専門家の集まりである再処理ワーキンググループ（WG）が9月8日と22日に開かれた。非公開なので詳細は不明だが、委員と原子力安全・保安院からいくつか意見や注文が原燃に向けられたようである。

当会はずでに9月5日に、この問題についての要請書を再処理WGに送った（下記URL）。

http://www.jca.apc.org/mihama/reprocess/jnfl_req100905.htm

また、10月5日には全国の268団体で経済産業大臣宛の要望・質問書を提出し、原子力安全・保安院などと交渉を行った（要望・質問書は下記URL）。

http://www.jca.apc.org/mihama/reprocess/meti_req101005.htm

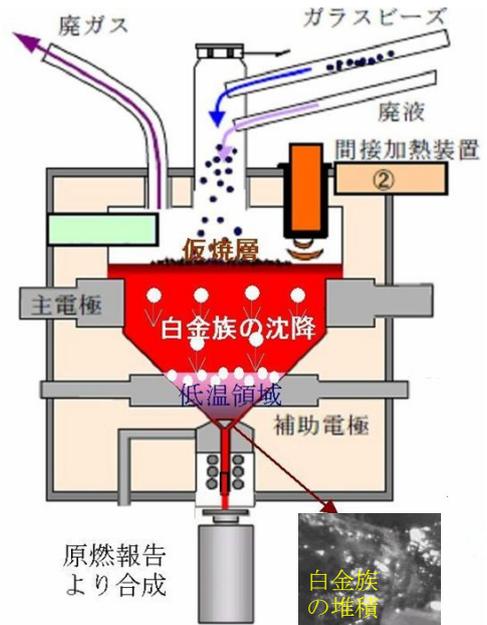
この交渉を踏まえてさらに日本原燃の見解を詳細に検討した結果を再整理し、下記に疑問点として提起したい。

1. 日本原燃の対策に関する疑問点

前回の2008年10月試験では、白金族を多く含む不溶解残渣廃液を入れた後に、流下性の低下や白金族の堆積が起こっている。これに対する原因判断を踏まえて改正報告書で原燃が打ち出した主な対策は次の点である。

- ①ガラス温度が的確に把握できていなかったもので、温度計を増設する。
- ②前回は底部電極温度を高めめに設定したが、白金族が降下するので低めに戻す。
- ③白金族の堆積を防ぐための洗浄運転（実廃液を入れない運転）を定期的に行う。

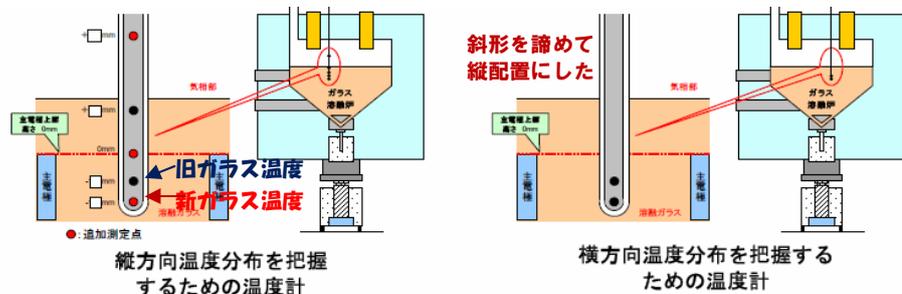
今回の対策の最大の目玉は温度計の増設にある。これまで白金族が堆積した原因は、実は、最も肝心のガラス温度が的確に把握できていなかったことにあるという。そのことが、2008年



第1図 ガラス熔融炉-白金族の堆積

10月試験の後に実施したKMOCという実物大の模擬試験で初めて判明したのだという。そのために、これまでの温度計より少し下の位置に温度計を増設し、その指示値を改めて「ガラス温度」と指名し（第2図）、それに基づいて電流制御する。この方式の妥当性を確かめるために、試験を初めからやり直す。すなわち、放射能を含まない模擬廃液を用いる化学試験というずっと前に修了したはずの段階にまで立ち戻るのだという。しかも、これまでのA熔融炉ではなく、「実廃液の影響を受けていない」B熔融炉を用いて試験をやり直すのだと原燃はいう。

ガラス固化熔融炉試験には、事実上多大な税金と電気料金が費やされている。化学試験が終了したことを認めた原子力安全・保安院や再処理WG等の責任はどうなるのだろうか。



第2図 ガラス温度計の増設（2010.9.8 原燃報告より）

また、2008年6月の核燃料サイクル安全小委員会の決定では、A熔融炉での試験で安定性を確かめてからB熔融炉試験に移ることになっている。この方針が今も生きていることを、原子力安全・保安院は10月5日交渉ではっきりと認めた。なぜA系をさて置いてB系で先に試験するのか、原燃からはその理由が何も示されていない（9月5日付美浜の会要望書参照）。

肝心な点は、ガラス温度が的確に把握できていなかったことの本質的原因は何かという点にある。原燃は仮焼層（第1図参照）の影響だというのが、なぜ仮焼層がそれほど大きな影響を与えるのかという原因やその法則性は示されていない。ただ、温度計の増設で対処するというだけなのだ。このまま無理に試験を再開すれば、白金族が三度目の堆積をすることは目に見えている。

（1）ガラス温度が仮焼層の影響で的確に把握できていなかったとは

日本原燃のKMOC試験を踏まえた判断では、これまで「ガラス温度」と定義した温度指示値が、実は炉内の温度状態を代表してはいなかったため、電流制御が的確にできなかったのだという。そのため温度計を増やし、特に今の代表温度計より少し下の位置に新設する温度計を代表に任命するという（第2図）。

この温度計増設位置に関連する測定温度計のバラツキの原因について、日本原燃は次のように答えている（9月22日再処理WG議事概要）。「測定温度のバラツキは、ホットスポットや仮焼層の状態変化による影響が原因と考えている」。「同じ温度計の位置でもホットスポットや仮焼層の状態変化の影響によって大きく温度が違うので、いくつかの測定温度を見ながら運転管理を行う」。実際、ガラス温度は時間的に激しくほとんど不規則に揺れ動いているが、その原因は仮焼層の影響にあることを原燃は認めている。そればかりか、温度計の指示値の傾向が場所によっても異なっている（後の第7図参照）。

「いくつかの測定温度」のどれを運転基準として採用すべきか、その判断基準が示されていない。一つの基準らしいものとして原燃は「推定温度」を挙げているが、これは主電極間の電流値から割り出した主電極付近の平均的推定温度である。しかし、これがどうしてガラス温度を「代表している」のか不明だし、これは主電極間電流が停止する間は使えないという欠点もある。

本質的な問題は仮焼層が非常に不安定でその影響が時間的・場所的にガラス温度に大きく及ん

でいることにこそあるのではないだろうか。その影響は注ぐ廃液によってもひどく異なるが、原燃には仮焼層の特性や大きさは見えていないし、熱収支計算モデルでは泡の生成などは考慮していないという(第43回WG議事録15頁)。すなわち、仮焼層を泡などで揺れ動くことのない単純なお盆のようなものとして扱っているだけのようである。後述するように、このような仮焼層の影響は東海1号溶融炉ではまったく問題になっていなかったのである。原燃の溶融炉では仮焼層の問題がなぜ大きく浮上しているのか、その原因こそが解明されるべきであろう。

(2) 化学試験に戻るのはガラス温度把握のため

日本原燃の改正報告書では「ガラス温度計指示値」という対策項目についての対策として、ガラス温度計の測定点を増やすことにより、「炉内温度分布の把握精度の向上を図る」と述べている(22頁)。結局、温度計を増やして、何が炉内温度を示しているのかという把握から改めて始めざるをえないことを示しており、そのために化学試験のそれも低模擬廃液という最も初歩的な段階にまで後戻りせざるを得ないことを吐露している。

しかし、このような初歩的なことは化学試験に入る前に解決しておくべき問題だったことは明らかであり、化学試験結果をよしと判断して推進してきた保安院や再処理WGの責任が問われるのは当然のことである。

(3) 炉内残留物の調査をなぜしないのか

日本原燃は2008年10月のA溶融炉試験での不溶解残渣の影響については、それが仮焼層の変化をもたらし、それがさらに温度変化に反映したという面にしか触れていない。不溶解残渣には大量の白金族が含まれているという直接的量的な性格はまったく問題にしていない。大量の白金族が廃液に含まれていればそれだけ多くの白金族が沈降するという面になぜ目を向けないのだろうか。この姿勢は、炉内残留物の調査をしようとしないうことと密接に関連しているように思われる。

今回の日本原燃の方針では、炉内残留物の除去作業は後回しにされ、しかもその調査・分析はまったく予定されていない(10月21日社長記者会見では、A系の炉内残留物除去作業をB系の事前確認試験の前に行うことも検討しているというが、残留物調査には触れていない)。不溶解残渣の影響については、別の文献調査や小型溶融炉試験結果等で済ませているだけなのだ。

ところが2008年2月14日には、保安院が「ガラス溶融炉の点検及び内部残留物に関する分析等が実施された上で、ガラス固化溶融炉運転状態確認試験等を再開するための運転方法について、具体化を図ること」という意味の指示を出していた(サイクル安全小委での保安院見解4頁(4)①)。今回は、不溶解残渣という新たな性質の問題があるのだから、この保安院指示に照らせば、炉内残留物を調査・分析し、運転方法に関する教訓を導き出すのはきわめて当然のことである。原因分析で当然とられるべき措置が、今回は意図的に避けられている。とにかく温度計増設だけに対策を限りたいようである。

(4) 炉底部温度の設定をめぐるジレンマ

今回流下性が低下した要因の一つは、底部電極温度等を高めに設定したからだという。確かに2008年10月試験での底部電極温度の下限値は2007年末試験より約100℃高くなっており、関連して「炉底80mm温度」と「230mm温度」も数10℃高まっている(原燃の2008年2月14日報告8頁と2008年10月27日報告図-8の比較)。しかし、このように高め

たのは、2008年7月の流下停止事故の原因判断を踏まえてとった措置のはずだから、元に戻すように低めると流下性が悪化するという別の問題が生じることになる。そのため、流下ノズルの高周波加熱を強めるという。

しかし、流下ノズル温度は高周波加熱だけで決まるのではなく、炉底部温度をも直接的に反映することは、例えば2008年2月4日報告の図-9の流下ノズル温度を見れば明らかである。それゆえ、炉底部温度を低くすると、流下ノズル温度も必然的に下がる。その分を高周波加熱でカバーするということが、それが可能なくらいなら2008年7月の流下停止事象は起こらなかったはずではないか。ここには、炉底部の温度を上げれば白金族が降下し、下げれば流下が止まるという、温度設定をめぐるジレンマが見えている。

(5) 洗浄運転の定期化は、廃液ガラス固化の破綻だ

流下性の低下を防ぐための措置として、洗浄運転を定期化することが改正報告書では新たな方策とされている。これまでは、白金族が詰まりそうな兆候が出たときにやむを得ない措置として、実廃液を入れない洗浄運転が行われてきた。その洗浄運転を定期化しなければ、ガラス固化ができないことを自ら宣言したことになる。炉に注ぐ廃液に調整液を混ぜる措置もすでに行われている。これらはもう、廃液処理の破綻である。

この措置は処理能力を落とすし、できあがるガラス固化体内の放射能濃度にも濃いものと薄いものができてばらつくことになる。

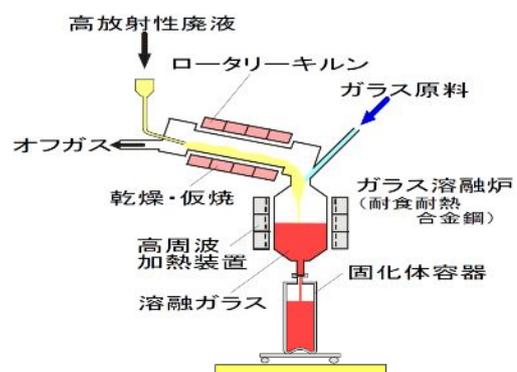
2. 白金族堆積を引き起こす本質的な問題に目を向けるべき

日本原燃のいうほとんど温度管理に絞った制御原理のはっきりしない対症療法でうまく行くなどというのは誰も信用しない。ガラス温度の不安定をもたらす仮焼層の不安定、流下停止に導く白金族の量と挙動などの本質的な要因にこそ目を向けるべきではないだろうか。

10月11日付東奥日報の特集で、原子力委員会委員長代理の鈴木達治郎氏は、ガラス固化試験難航の原因について次のように述べている。「研究開発から商業プラントへの移行が思った以上に難しかった」、「結果的に研究段階とのギャップが出てしまった」。しかし、もともと研究開発段階の東海1号で白金族問題が発生し、2004年7月の研究開発課題評価委員会報告でも、白金族問題は「極めて重要な課題」とされていた。つまり、東海1号ですでに白金族堆積という本質的な欠陥が見えていたのに、商業炉でギャップが生じてその欠陥が拡大したと捉えるべきだ。そのギャップの主な原因がコスト判断や現実的な要請から来ていることは明らかである。事実、ギャップをもたらした本質的な問題として次の2点を指摘できる。

(1) 溶融炉内で仮焼をすることの無理

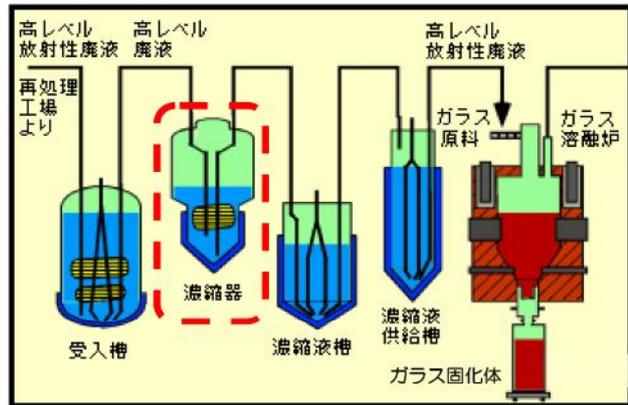
肝心の制御対象であるガラス温度が仮焼層の影響で大きく揺れ動くことを原燃は認めている。仮焼とは、フランス方式では、廃液を炉に注ぐより前の段階で水分やオフガスを飛ばす過程である(第3図)。炉に注がれるときの廃液はすでに乾燥した粉末状になっている。また、東海1号溶融炉では、炉に入れる直前に濃縮器が置かれ、廃液の水分を減らすばかりか濃度調節も行われていた(第4図)。ところが、原燃の炉ではコスト



第3図 フランスのガラス溶融炉の方式(AVM法)
核燃料サイクル開発機構
研究開発課題評価委員会報告書(2004年7月)
参考資料4より

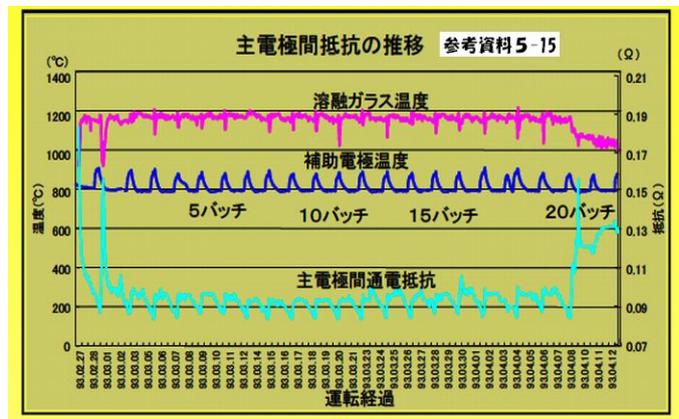
を理由に濃縮器が設計段階で省かれてしまったのだ。そのため、大量の水分や揮発性物を含む廃液が溶融ガラスの上部に注がれて層を形成し、ガラスの熱で蒸発や揮発を起こす。すなわち、炉内のガラス面上部に仮焼層が形成されている（第1図）。

この場合、ガラスの熱は蒸発熱・揮発熱となって仮焼層に奪われる。すなわち仮焼層は保温用の「落とし蓋」ではなく、逆にガラス熱を積極的に奪う働きをしているのだ。事実、ガラス温度計の位置より下部の温度の方がより高い（第7図のKMOC試験参照。また別に、9月8日原燃報告・再WG44-8の26頁のグラフでは、炉上部の位置でガラス温度が急速に低下している）。しかも蒸発やガスの発生は時間的・場所的に不規則に起こり、おそらくその影響でガラス温度は事実としてランダムと言えるほどに激しく揺れ動いている（第6図）。ちなみに、事前の濃縮過程をもつ東海1号溶融炉のガラス温度の動きを見ると、主電極間の電流が定期的に切られる影響で変動してはいるものの、原燃のようなランダムな動きは見られず、変動幅も比較的小さいことが分かる（第5図）。



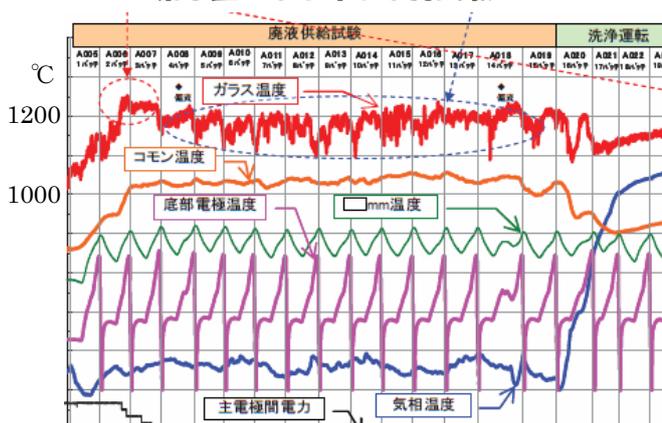
第4図 東海1号炉の廃液供給プロセス
原燃の溶融炉の廃液供給プロセスでは濃縮器を外している
2008年6月11日付原燃報告書・添-1-(2/9)より

第5図 東海1号試験



2004年7月研究課題評価委員会報告書・参考資料5,OHP15より

第6図 08年10月試験



2010年8月23日付原燃報告書・図-2より

第7図 KMOC試験

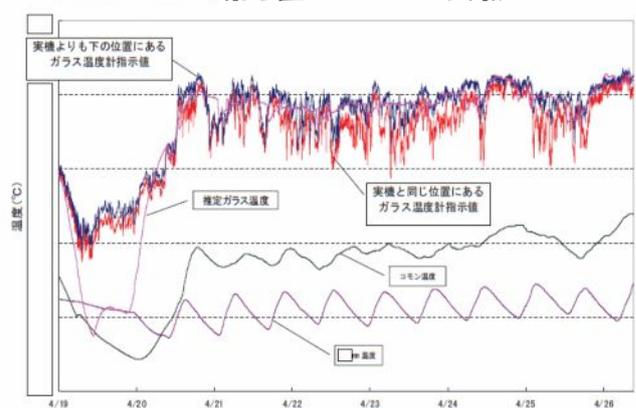


図-11 主電極間抵抗を用いたガラス温度推定値の有効性確認結果 (KMOC試験) (1/2)
2010年8月23日付原燃報告書・図-11

原燃は2008年6月11日付の報告書で、「仮焼層の形成が不十分・不安定であった」ことについて「過去のデータの比較等により要因分析を実施」したと述べている。しかし、どのように要因分析したのかは明らかでなく、東海1号との比較も出てこない。ただし、「廃液中の廃棄物濃

度の影響」については、「廃液中の廃棄物濃度が低いことにより、仮焼層形成成分の供給速度が小さくなり、仮焼層は形成し難くなる」と認めている（2008年6月11日付原燃報告書6～7頁）。しかし、ここでは仮焼層内の気体発生の影響については問題にしていない。実際には、水分の蒸発やオフガスの発生、DBPの分解による炭酸ガスの発生などが時間的・場所的にランダムに起こるはずで、それがガラス温度を激しく揺さぶっている様子が伺える。しかし原燃にはこのようなガス発生まで含めた仮焼層の熱収支モデルを構築する意思は見られない（第43回WG議事録15頁）。もっぱら対症療法的に温度計の増設で勝負するつもりらしい。

ガラス温度の著しい不安定は、炉内で仮焼を行うことに無理があることを示しているのではないだろうか。コスト判断で濃縮過程を省略したことが、鈴木氏のいうギャップとしてどう影響しているのか、きちんとした総括がなされるべきである。

（2）容量を5.5倍にも大型化したという無謀

日本原燃の熔融炉は東海1号より容量で5.5倍にも大型化された。その理由は処理能力を高めるためということだ（サイクル安全小委2008年6月13日添付資料1の2頁参照）。

しかし、すでに東海1号では白金族の堆積が「重要課題」として問題になっていたことは、2004年7月の研究開発課題評価委員会報告の随所で見られることである。それにもかかわらず5.5倍にも容量を増やせば、沈降する白金族の量もそれに比例して多くなる。炉底部は漏斗型になっているので、炉の大小に関わりなく同じ形をしている。流下ノズルを大きくしても、炉ノズル周辺底部への白金族の付着が多くなることは避けられないと考えられる。

この大型化の影響がどのように鈴木氏のいうギャップとなって現れているか、きちんとした総括がなされるべきである。

これら2点は東海1号熔融炉と日本原燃の商業炉とのギャップに関するものだが、その前に前述のように、この方式の熔融炉には白金族堆積という本質的な技術的欠陥があることが、すでに東海1号で問題になっていたことを再び想起しよう。鈴木氏のいうギャップとはその本質的欠陥の拡大という意味で捉えるべきである。結局、日本原燃のガラス固化熔融炉には、白金族の沈降・堆積という本質的傾向に加えて、仮焼層の複雑な挙動が炉の運転制御上に困難な条件を与えているという2重の欠陥が存在している。このような明らかな欠陥炉の試験に、多大な税金や電気料金をこれ以上つぎ込むことが許されていいのだろうか。

専門家の集まりである再処理WGは、科学技術者として自ら提起している問題点に即し、自らの責任において、これら本質的な問題にまで立ち入って検討するべきではないだろうか。