

「核燃料サイクル安全小委員会再処理ワーキンググループへの要望書」 に関する参考説明資料

アクティブ試験で露呈したガラス固化技術の本質的欠陥

2008. 4. 21 美浜の会

アクティブ試験で昨年11月4日から始まったガラス固化工程では、ガラス固化溶融炉がわずか2ヶ月も経たない12月27日に運転停止に追い込まれ、炉内残留物を取り出し炉内点検をするのに4ヶ月近い日数を要した。この事実、そこでの経過自体によって、原燃のガラス固化技術は破綻したことが誰の目にも明らかとなった。これ以上試行錯誤的なガラス固化を続けると、すでに多く作られている欠陥ガラス固化体が増え、危険な高レベル放射性濃縮廃液が溜まり続けることになる。それゆえ、ガラス固化を含むアクティブ試験は中止すべきである。

以下では、そのような判断の根拠・理由について、事実資料に基づいて説明したい。

原燃に課せられた課題は解決できない

原燃が2月14日の核燃料サイクル安全小委員会で課された最初の段階の課題は、ガラス固化A溶融炉の内部点検結果を踏まえ、「安定した運転」ができる方法を具体的に一定の根拠をもって示すことである。原燃は原子力安全・保安院から指示された課題「運転方法の具体化」に関連して、次の項目を挙げている（3月11日WG及び3月18日同安全小委員会での報告書「ガラス固化設備 安定運転条件等検討状況」）。

- 1) 化学試験、モックアップ試験及びアクティブ試験で得られたデータの詳細評価及び残留物の分析により、溶融炉で発生した事象の確認
- 2) 1)の結果により、今回発生した事象の原因を分析
- 3) 原因の裏づけのための詳細解析、基礎試験の実施
- 4) 上記結果により、仮焼層が安定する運転条件の決定、白金族管理のための指標及び指標項目毎の管理基準の決定、低粘性流体発生の抑制方法の決定

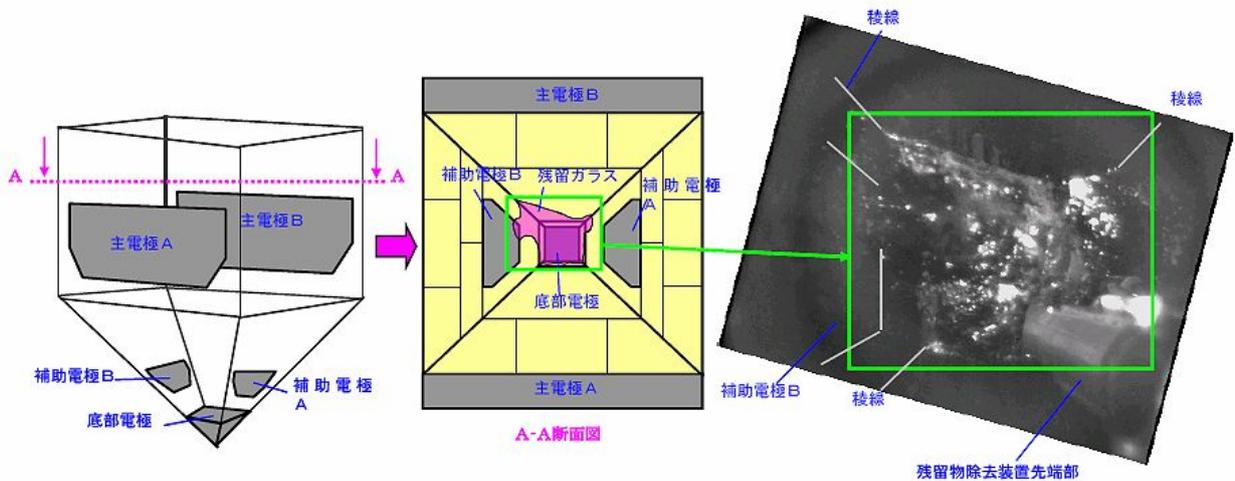
この中には事象の「原因説明」やそのための「基礎試験」までが含まれている。なぜ今頃になって「白金族管理のための指標及び指標項目毎の管理基準の決定」が検討されねばならないのだろうか。「低粘性流体発生」という新たな問題まで加わっている。これらは今の検討課題が、アクティブ試験より相当に以前の段階にまで後退したことを意味している。また、「安定運転」とは何かという定義自体とその範囲が保安院の石井課長から問題にされているのに（3月7日安全PT速記録p.36）、それにはどこで答えるのだろうか。はるか以前から最重要課題とされてきた白金族問題に本質的な解決の目処も立たないまま、アクティブ試験に強引に突入した報いに、いま原燃は見舞われているのだ。

批判は原燃だけでなく、基本的には原子力委員会、さらに原子力安全・保安院と原子力安全委員会、及びこれらが委嘱したさまざまな委員会に向けられるべきである。

1. ガラス溶融A炉の点検で原燃は何を何の目的で行ったのか

ガラス溶融A炉では白金族などが炉底に堆積したため、炉の運転開始以来わずか2ヶ月足らずで、昨年12月27日から運転を止めざるを得なくなった。原燃はガラス材を抜き取った後、カ

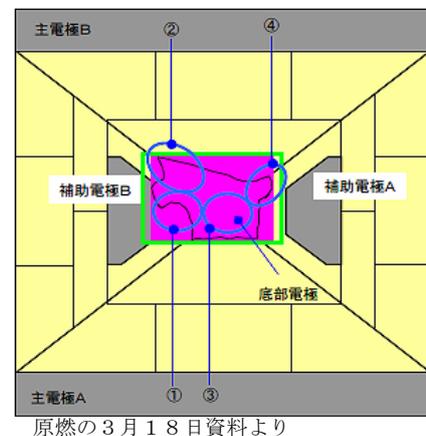
メラで点検しながら炉底電極上部にこびりついた白金族などをハツる工具とバキュームを用いて、炉内残留物をひとまず取り除いた。4月14日からは模擬ビーズを補助電極で溶融し、電気抵抗値を測定して残留物の除去状況を最終的に確認したという(4月19日東奥日報記事)。



しかしこの方法で残留物の除去状況が確認できるだろうか。測定結果が示すのは、おそらく補助電極と底部電極間の電気抵抗値であろう。その電流ルートの状況は把握できるかも知れないが、底部電極と45度炉壁との間の隙間「スリット」内の状況は把握できないと思われる。原燃はこの「スリット」内の白金族を除去する作業を実際に行ったのかどうか明らかにするべきである。白金族が完全に取り除かれないうえに試験の再開を許せば、また同じ目詰まりが再現するに違いない。原子力安全・保安院や安全小委員会がそのような再開を安易に許すのなら、その責任を国民に対し自ら負うことを明確にすべきである。

もう一つ、原燃が点検作業で行ったのは、底部電極上の4カ所(右図)から採取した残留物試料の成分分析である。アクティブ試験以前の実物大及び実物の試験としては、モックアップ試験と化学試験が行われたが、それらは模擬廃液を用いたものであった。実廃液はアクティブ試験で初めて用いられたのである。それゆえ、今回の成分分析によって、ガラス材に含まれる廃液の成分に関する以前の試験との違いが初めて明らかになるはずだ。

実は原燃は、モックアップ試験や化学試験の結果に基づいて立てた運転基準が、アクティブ試験ではもろくも崩れたことを認め、運転方式を途中で変えている。模擬廃液についての判断が実廃液には当てはまらなかったためだと認めている。



また廃液成分は流下時の偏流の発生問題にも関係する。白金族以外の廃液成分が偏流の発生に関係するかという2月14日安全小委員会での委員の質問に対し、原燃の浜田氏は「我々もこういった不純物がどういった影響をするかという仮焼層そのものに対する影響というのは、定量的なものとしては把握してございません」、白金族の濃度が高くなると、ガラスの粘性が高くなるが「そこにこの不純物の影響がどう関与しているかということにつきましても、定量的なものは把握してございません」、「微量成分に対する影響というのは、見つけるのは非常に難しい」と答えている(議事録19頁)。さらに、偏流が起きる兆候を把握し予防措置をどうとるかについて原燃の青柳技術部長は、「これからデータを取って、安定した品質を得られるようにつなげてい

きたいと考えてございます」と答えている(議事録23頁)。

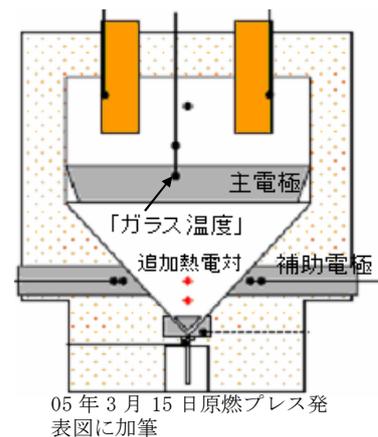
今回の成分分析は、これらの問題に対してあるヒントを与えるかも知れない。しかし、その結果から何か具体的な運転方法の基準が明らかになるだろうか。「定量的なものは把握していない」、「これからデータをとる」と原燃は吐露しているのに、確定的な結論が得られることはあり得ない。成分分析は何を目的にしたものか、その限界は何かを具体的に明らかにするべきである。

2. 「ガラス温度」とは何か—欠陥ガラス固化体をこれ以上つくるな

「ガラス温度」が1,100℃より下がった場合がいくつもあるが、その場合ガラス固化体の健全性は確保されるのかという質問が2月14日安全小委員会で見出されている(議事録23頁)。それに対し原燃の青柳技術部長は「逆説的に言いますと、1,100℃以下になりますと、今、申し上げましたような状況が実現できませんので、安定した品質を得るために1,100℃以上を確保するという位置づけでございます」と述べて1,100℃以上にする必要性を認めている。

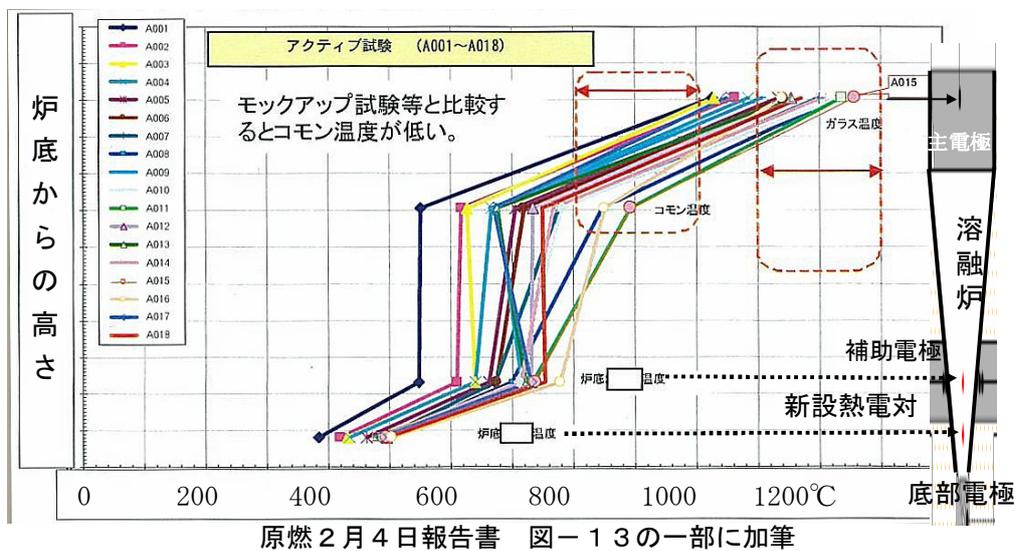
ところが、青柳氏は同じ委員会で最初の説明のときに次のように述べている(議事録9頁)。「この温度につきましては、ガラスと高レベル廃液を最初に注入したガラス溶融炉の表面でガラスと高レベル廃液を十分なじませる観点で、温度は1,100℃以上を確保することにしておりまして、ここでは十分な温度が確保されておりますので、この流下の時点で温度が下がったというデータが取られておりますけれども、これに基づく容器のキャニスターに入っているガラスは、性能上十分問題ないものと私もは理解してございます」。要するに欠陥ガラス固化体はないと言っているのだ。そのため「ガラス温度」とは何か、実際にどのような温度になっているかを確認しておく必要がある。

「ガラス温度」が炉のどの高さの温度なのかは原燃の2月4日報告の図-2に書かれているが、それは右図に示す高さとは一致している(電話で原燃広報に確認)。溶融ガラスの上部表面に近い付近の温度で、上から注いだ廃液がガラスビーズに溶け込むかどうかをこの温度で見ているのであり、その点は上記の青柳氏の説明と一致している。ところが、まさにその「ガラス温度」が、青柳氏のいう「ここでは十分な温度が確保されております」とは違い、1,100℃を下回る場合がいくつものバッチで起きており、その一端



は右図でも示されている。

右図では、最初の頃の18バッチ(A001~A018)について、炉底からの高さ(縦軸)に応じて温度(横軸)がどう変わるかが示されている。グラフの一番右



上端が「ガラス温度」で、そのあるべき範囲が点線枠（1,100～1,300℃）で示されている。明らかに1,100℃を下回るバッチがいくつもあるのが一目瞭然だ。すなわち、前記青柳氏の「十分な温度が確保されております」がでたらめであることは誰の目にも明らかである。

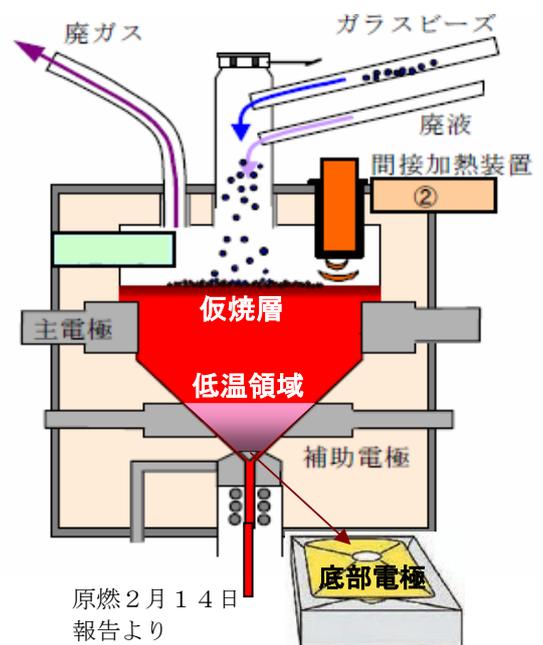
このような1,100℃以下の場合が他にもいろいろあるが、これら欠陥ガラス固化体も他と区別せずに製造ガラス固化体として貯蔵されている。これら欠陥ガラス固化体の処分を誰が引き受けるだろうか。これから述べるように、アクティブ試験でガラス固化試験を試行錯誤的に行えば、このような欠陥ガラス固化体がさらに増えるのは必然だ。試験は中止すべきである。

3. アクティブ試験で現れたさまざまな矛盾を解決する道はない

今回のアクティブ試験の結果は、これまでのモックアップ試験や化学試験の結果と比べても劣悪なものであった。このことは原燃自身が認めている。もしその原因が実廃液を用いたことにあるのなら、要するに実廃液を用いるだけの技術力が原燃にはないことを示している。以下で述べるさまざまな矛盾した傾向が解決できるという保証は何もない。

(1) 仮焼層の生成と消滅による温度管理の矛盾

仮焼層は、熔融ガラスの上部表面に廃液とガラスビーズを注いでできる層であり、落とし蓋のようにガラス温度に影響する(右図)。この層が薄いと熱が上に抜けるので「ガラス温度」が上昇しない。逆にこの層が厚いと熱がガラスにこもるので「ガラス温度」が上がるが、その状態では白金族が熔融ガラスを通して下降する。この層の厚みや状態を制御して「ガラス温度」を1,200℃付近に安定的に保つにはどうすればいいのかはまったく分かっていない。事実きわめて不安定な様相を示し、「ガラス温度」が安定的に推移したのはごくごくわずかな期間しかないのである。仮焼層を安定的に保つ具体的な方法が報告されるのかどうか重要な焦点となる。

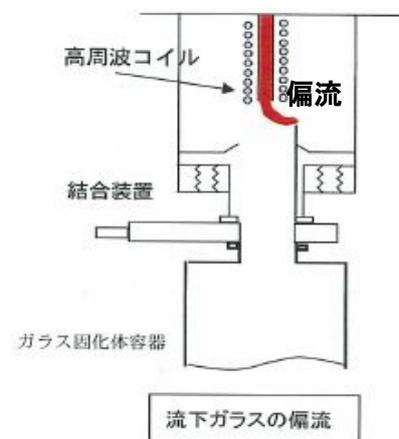


(2) 偏流の発生と低粘性流の発生という矛盾

熔融したガラスを炉底部からキャニスタに入れるために細い糸状で下降させるとき、何かの拍子にトグロを巻くようになるのが偏流である。このとき流れが周りの管壁にくっつくので、運転を止めざるを得なくなる。この偏流はガラス内の白金族濃度が高いゆえに粘性が高くなると発生するといわれているが、それだけでなく廃液中の他の成分も関係しているかも知れない。しかし前述のように、その定量的な性質は把握されていないと原燃は吐露している。

逆にガラスの粘性が低いとき、原燃の示唆した図によれば、流下ガラスがノズル出口から広がるように分散するという流れ方をするようだ。このような低粘性流は、「ガラス温度」が低くて白金族が上部ガラスに捉えられ炉底部に降下してこないときに起こるといふ。

結局「ガラス温度」の高低に対応して両現象が起こるといふ



3月4日原燃資料
図-16より

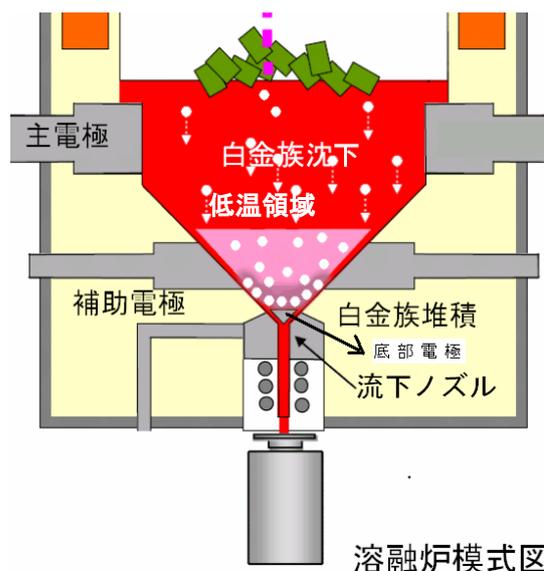
ことだが、どうすればこれらの発生が矛盾なく防止できるのか、具体的な方法が根拠をもって示されるかが焦点である。

(3) 白金族の降下を防ぐ炉底低温運転・炉底構造と白金族を流下させることとの矛盾

「ガラス温度」が正常な範囲にあるとき、析出した白金族は比重が大きいため降下してくるのは避けられない。炉底部に蓄積すると、ガラス材を溶かすための電流が、流れやすい白金族の方に向かうため、ガラス温度が下がり粘性が高くなって流下が困難になる。

そこで、炉底部に低温領域をつくってその上部で白金族の降下を食い止め、いざキャニスタに落とすときに底部温度を一気に引き上げる方式がとられている。そのために炉底部の流下ノズル入口のすぐ上に底部電極を設け(右図)、バッチ終盤に主電極との間に電流を流す。

この場合、バッチ終盤に何が起こるか考えてみよう。ガラスを流下ノズルを通して落とすために、主電極と底部電極との間に一気に電流を流して低温領域の温度を上げ、そこのガラスを溶かす。そうすると低温領域の上部に蓄積していた白金族がいつせいに降下を始める。ところが炉壁は45度の傾斜で漏斗状であるため、白金族は狭い流下ノズル入口に向かってひしめき合うように進む。その途中で底部電極があるためきわめて狭い隙間を通らねばならない。これでは白金族をすべて抜き出すのは無理であり、バッチを追うごとにだんだんと炉底に蓄積していかざるを得ない。事実アクティブ試験では、そのようにして白金族が炉底部に蓄積していったのである。



このような問題・矛盾は、運転方法を変えても解決できないことは明らかではないか。

(4) 白金族の降下蓄積は不可避だと認めることの矛盾

白金族が降下蓄積すれば炉の運転に著しい支障を来し、だんだんと蓄積することによって炉を止めざるを得ない事態に陥ることは、今回のアクティブ試験の結果が如実に示している。それゆえ、本来なら白金族が析出したり降下したりしないようにすること、仮に降下しても炉の運転に支障を来さないような原理に基づく技術を採用するのが当然である。

ところが、そのような方向に行くのではなく、白金族の降下蓄積はやむを得ないものと認め、蓄積をできるだけ遅らせる運転方法や、蓄積物の除去技術を開発することに力を注いでいる。

この点、核燃料サイクル開発機構が委嘱した研究開発課題評価委員会の委員から次ぎの意見3(2)が出されている(2004年7月中間報告)。「『白金族元素堆積防止技術の向上』は、処理能力低下の防止と溶融炉(電極)の目標寿命達成を目的とし、タイトルは『堆積防止』となっているが、内容的には、『堆積防止』なのか、あるいは『堆積を容認する運転技術の確立』なのか、目指しているソリューションは何かベストなのか、方向性の点でやや明確性に欠ける」。これに対しサイクル機構は、「白金族元素の堆積にいたる事象進展を検証し、この事象進展を食い止める運転方法だけではなく、白金族元素が堆積した場合でも電極間通電への影響を緩和する運転方法や堆積した白金族元素を除去する方法も視野に入れて進めていく考えです」と堆積を容認する考えを示している。

さらに、今年3月7日の安全PTにおいて保安院の石井規制課長は総括的表明(速記録36頁)の

中で、「白金族が影響がないということを言っているのではなくて、管理された状態にさせていただくと。それはいわば炉底攪拌であるとか、場合によっては洗浄運転というのを組み合わせても、もとの状態に近い、許容された範囲に白金族の影響が抑えられるということをもっとお示しいただいて、そしてそれを実現していただくということで、それは管理された状態ということで私どもも認められるのではないかとこのように考えてございます」と述べている。

しかし、ここには根本的な矛盾がある。白金族は炉底攪拌や洗浄運転によっては蓄積を避けられないことはすでにアクティブ試験で明らかになっているのに、許容範囲に影響を抑えることを示せというのが無理なのだ。

(5) 経済性追求による炉の大規模化と大量白金族の集中という矛盾

熔融炉内にはガラス固化体11～12本分のガラス材が入っている。1本のガラス固化体をつくるのに、事実上15～16時間はかかっているのだから、なぜそれほど大容量が必要なのか理解に苦しむ。それだけ多くの廃液が注がれ、それだけ多くの白金族が析出し降下する。炉の中程から下部は45度傾斜の漏斗状になっているので、広い範囲の白金族が狭い炉底に向かって集中するようになる。白金族問題こそが最重要問題のはずなのに、なぜこれほどに大きな炉をつくるのかまったく不可解なことだ。

この点、すでに前記評価委員会の委員から次ぎの意見5②(6)が出されている(2004年7月中間報告)。「独FZKとの情報交換によると、FZKではLFCM法のスケールメリットを犠牲にしてまでも、熔融炉を小型化し白金族の問題を解決しようとしていると受け取れる。一方、JNFLの熔融炉はJNCの炉よりもさらに大型化しており、FZKの経験からすると問題を悪化させる可能性もあるのではないか」(JNFL:日本原燃、JNC:核燃料サイクル開発機構)。これに対しサイクル機構はドイツでも商用炉では大型化を図っていると答えているが具体的な大きさには触れていない(ドイツでは結局再処理工場は実現しなかったが、ガラス固化の研究は続けている)。この委員の意見をその後何らか検討したのだろうか。おそらく無視して突き進んだに違いない。

4. 原子力委員会をはじめ、すべての関係者の責任を明らかにせよ

2004年の評価委員会の意見2(6)の中に、「これまでの経緯として、目的を達成する手段としてのLFCM法の採択に至る経緯やAVM法との定量的な比較の根拠が示されていない」という指摘がある(LFCM法はサイクル機構の電流方式、AVM法はフランスの高周波方式)。それに対してサイクル機構は次のように答えている。「JNCでは、ガラス固化処理技術の開発を昭和50年から実施してきており、熔融方式についても直接通電方式だけでなく、高周波加熱方式の検討を行ってきていますが、原子力委員会の基本方針(昭和55年12月)に従い、昭和56年度からはホウケイ酸ガラスを用いたLFCM法に的を絞って開発を行ってきております」。つまり、委員の意見に直接答えるのではなく、責任を原子力委員会決定に負わせている。

このときの「放射性廃棄物対策専門部会」の答申は昭和55年12月19日の原子力委員会月報にでていますが、そこには白金族問題は一言も書かれていない。それもそのはずで、評価委員意見2(5)に対してサイクル機構が「金属FP(白金族元素)堆積については開発運転(ホット運転)を長期に行っていたところで顕著になったものです」と答えている。

問題は、このような白金族問題が顕在化したときに、原子力委員会がなぜ自らの昭和55年12月の決定について点検・総括する行動を起こさなかったのかということだ。この点は、この方式の開発が石川島播磨一社だけに依拠したこととも関連し、なぜオープンな評価検討会議が行わ

れなかったのが、評価委員から繰り返し問題にされている。このような欠陥技術のために多額の税金をつぎ込み、危険な再処理を強引に推進してきた基本的な責任は原子力委員会決定にあるのではないだろうか。もちろん、評価委員のまともな意見を無視して強引にアクティブ試験に突き進んだ関係者すべてに責任があるのはいうまでもない。原子力安全・保安院や原子力安全委員会に属する各種委員会も含め、このような技術を容認してきたすべてが厳しい批判に晒されるべきである。

5. 重量管理だけではガラス固化体の蓋の盛り上がりは防止できない

アクティブ試験のガラス固化工程では、ガラス材がキャニスタからあふれたために、蓋が閉まらなくなった欠陥固化体が2本生じた。その理由について原燃の浜田氏は次のように述べている(2月14日小委員会議事録23頁)。「これは説明の中でも偏流という話でしたが、やはりだんだんと流れが悪くなりますと、重量はいいんですが、充てんの密度というものが低くなりまして、盛り上がりがあるということで、所定の重量になるときは、本来このレベルなんです、それが少し上がっているという意味で、重量オーバーというわけではございません。やはり、これも粘性が高くなったために、そういった充てんの具合が悪くなったということになります」。偏流が発生すると結果的にキャニスタ内でガラス材が盛り上がりると述べている。そうすると、固化体重量が一定になれば流下を止めるという今の管理方法には欠陥があることを意味している。このままの基準で試験すれば欠陥品がさらに増えるのは避けられない。

6. 結論

今回のアクティブ試験では、予測されたとは言え、白金族の蓄積が余りにも見事に進み、わずか2ヶ月も経たないうちに熔融炉は運転停止に追い込まれた。運転開始当初からガラス温度がなかなか上昇しないという事態に見舞われ、それまでの模擬廃液を用いたモックアップ試験や化学試験の結果に基づいて立てていた運転基準が破綻し、その変更を余儀なくされた。いったい何のためのモックアップ試験や化学試験だったのか、このような問題が根本的に問われているのである。形だけの「運転方法の具体化」を紙に書けば済むような状況にはない。

アクティブ試験では、この規模の炉としては初めて実廃液を用いたことによって、それまでの経験を越えた現象が起こったのであり、しかも、実廃液の微量成分がどのように効くかは定量的に把握していないと原燃は認めている。それならば、アクティブ試験のはるか以前の基礎実験段階に立ち戻ったことを意味しているのだ。

白金族問題の存在は、すでに2004年の段階で課題評価委員会の委員から鋭く指摘されており、電流によるジュール熱方式自体を事実上疑う意見さえ出されていた。しかし、1980年12月の原子力委員会決定をたてに、この方式が石川島播磨重工一社に依拠する形で強引に進められてきた。オープンな評価がなぜなされてこなかったのかという疑問が、課題評価委員会の委員から繰り返しだされている。このような強引な開発を行ってきた関係者すべての責任が厳しく問われるべきである。

このジュール熱方式のガラス固化技術は破綻したことが、アクティブ試験によって決定的に明らかになった。いまこそ、公正な立場の評価によって、問題の本質と開発責任のすべてが明らかにされるべきである。WGや安全小委員会が安易に試験の再開を認めるならば、ガラス固化はますます泥沼にはまり込むことになる。WGや安全小委員会委員はそのような責任をはっきりと自覚し、アクティブ試験を中止するよう判断すべきである。