

ガラス固化溶融炉の7月2日流下停止に関する日本原燃の9月26日見解批判

流下停止の原因―表向きは付着物、その実は白金族

2008年9月27日 美浜の会

日本原燃は9月12日に「ガラス溶融炉におけるガラスの流下停止について（経過報告（その2）」を公表した。さらに9月26日の核燃料サイクル安全小委員会では、その「経過報告（その2）」に加えて、流下確認試験に関する考え方を示した。

それらの中で原燃は、流下停止の原因を「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことにあるとしている。では、「温度を確保できなかった」要因は何かとえば、加熱コイルの付着物のせいだという。しかし、そのことの実態的な証拠は何も示していない。そればかりか、4月に支障なく流下したのに7月2日にはなぜ流下しなかったのかという疑問に、付着物説ではまったく答えることができない。付着物説は明らかに破綻している。

実は原燃は、それとは別に流下停止に至る「経緯」の中で別の要因を密かに提示している。それは溶融炉内に堆積した白金族の影響である。白金族は除去できたとの前提で、温度管理の基準を昨秋試験の初期の基準に戻したために、流下ノズルの温度が上がらなかった。つまり実は白金族は除去できていなかったために、その影響が流下停止をもたらす重要な要因になったのだ。

しかし、白金族の影響を認めることは原燃にとって耐え難いことなのであろう。今回の流下停止は溶融炉内とは関係なく、もっぱら流下ノズル周辺の事情だけで起こったことにしたいのだ。そのため対策としては、加熱コイルの電圧を上げることを強調する。しかし実は同時に、「第4ステップの実績に基づき上段加熱⇒全段加熱に移行する温度を設定」するという対策を用意している。「第4ステップの実績」とは、昨秋の白金族に悩まされた経過そのものであり、その「実績に基づく」とは、白金族の影響をカバーする昨秋の基準に戻すことに他ならない。

当会を含む16団体の呼びかけによる「六ヶ所再処理工場のアクティブ試験を憂慮する全国の市民」は、全国からの賛同をバックに、10月2日に要望書を原子力安全・保安院に提出し交渉する。それに向けてすでに9月16日には日本原燃に質問書を提出し若干のやりとりを行った。

ここでは、9月12日と26日に原燃が示した流下停止原因について、基本的な点を批判したい（より詳しい検討は最後の付記参照）。このような批判的な観点を10月2日の原子力安全・保安院との交渉に向けよう。溶融炉内に堆積した白金族が除去できていないことを知りながら、6月30日に試験再開を許した原子力安全・保安院の責任を追及しよう。

1. 流下が停止した原因を原燃はどう捉えているか

9月22日の原燃社長会見では次のように述べている。「主な原因は、流下操作を開始した時点では、流下ノズルの温度が円滑な流下に必要な温度まで上昇していなかったため、流下ガラスの粘性が高くなり、その結果、流下ガラスが曲がった状態で流下し、それがコイルなどに付着し、そこを起点としてノズルの下部が閉塞したものと推定した」。しかし、ここでは肝心の「なぜ必要な温度まで上昇」しなかったのかの要因には触れていない。

この点、「経過報告（その2）」では、10頁で流下停止の「主な原因」に触れている。その原因は「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことだと括弧付きの太字体で定式化している。では、「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことの要因は何かとえば、これが対策を述べる中に織り込まれていたいへんわかりにくい、「高周波加熱コイルへのガラス等の付着による放熱量の増加」だという。さらに、次の段落では、「ガラスの流下時に低粘性流

体及び揮発性物質が高周波加熱コイル表面に付着しふく射放熱量が増加することは避けられない」と書いているので、これが「ガラス等の付着」物についての内容説明となっている。

結局、原燃のいう流下停止の原因とは、「(過去の) ガラスの流下時に低粘性流体及び揮発性物質が高周波加熱コイル表面に付着しふく射放熱量が増加」したことにあり、その結果「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことにあると受けとれる。つまり付着物原因説なのだが、これが成り立たないことは次の(2)で述べる事実から簡単に明らかになる。

2. なぜ4月の洗浄運転時には支障なく流下したのに7月2日には流下しなかったのか

原燃は1～3月に熔融炉内に堆積した白金族を取り除いたあと、4月17日ごろに白金族が除去できたかどうかを調べるために電気抵抗の測定をしている。その後、2-A000 とバッチ番号を打たれた洗浄運転(廃液なしのガラス材だけの運転)を行い、熔融ガラスを流下させているが、このときは流下に何の支障もなかったことを原燃は認めている。

では、4月には流下して7月2日には流下しなかったのはいったいどのような条件の違いによるものなのか、これを明らかにすれば真の原因を明らかにしたことになるが、この点に報告書はまったく触れていない。付着物原因説に立てば、この間に相当量の付着物が加熱コイル表面に付着したことになるが、そのようなことは想像さえできない。また、原燃は実物の付着物によって流下ノズル温度が実際に下がるという証拠を示している訳ではない。それゆえ、付着物原因説が成り立たないことは明らかである。

4月と7月の条件の違いとしてひとつ重要な点を原燃自身が指摘している。それは底部電極温度の目標値であるが、そこには次に述べる熔融炉内白金族の残留問題がからんでいる。

3. 熔融炉内の白金族が除去できていないのに、なぜ保安院は試験再開を認めたのか

「経過報告(その2)」の9頁③で「ガラス熔融炉内の残留ガラスを除去したことにより、白金族元素の堆積状況が改善され、抵抗値も通常の状態に戻った」と原燃は判断し、その判断に基づいて今回の再開試験の運転方式を決めている。ところが、「抵抗値が通常の状態に戻った」が大ウソであることは、電気抵抗値を示す右のグラフを見れば明らかである。

原燃は白金族が除去できたかどうかをチェックするために、4月17日ごろに補助電極と底部電極間の電気抵抗を測定している。そこに白金族が存在すれば、ガラスよりも電気を流しやすいため、電気抵抗は小さくなる。右のグラフで除去前と除去後と比較すると、補助電極Bとの間の抵抗は少し上昇しているなのでその白金族は減少したと判断できる。ところが補助電極Aとの間の抵抗値はむしろ減少している。それよりも、全体的に抵抗値は除去前からほんのわずかしこ変化

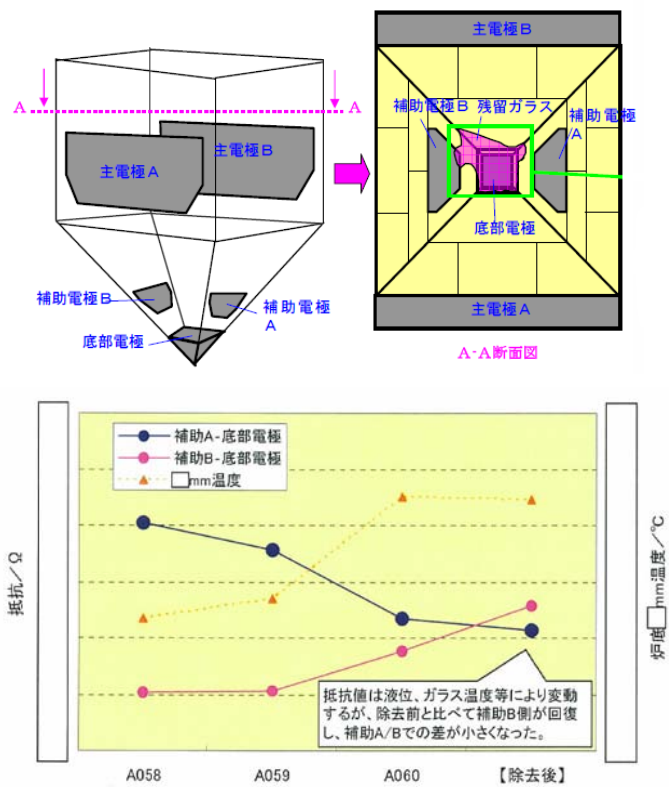


図-29 炉内残留物除去前後における補助電極 A/B-底部電極間抵抗 (6月11日付原燃公表資料60頁より)

していない。もっと初期のガラスしかなかった頃には、抵抗値はもっと高かったはずで、少なくとも A058 バッチの補助 A-底部の値より高かったに違いない。

要するに、電気抵抗に相当な変化をもたらすほどには、白金族は除去できていないということだ。それどころか、除去作業で飛び散った白金族の塵・微粒子も各所に付着して電気を流すのにひと役かっている可能性さえある。

原燃は縦軸目盛の値を機密事項にして記述せず、以前の値を示すグラフとの比較ができないように細工している。初期の抵抗値と比較できるような資料を公表すべきである。

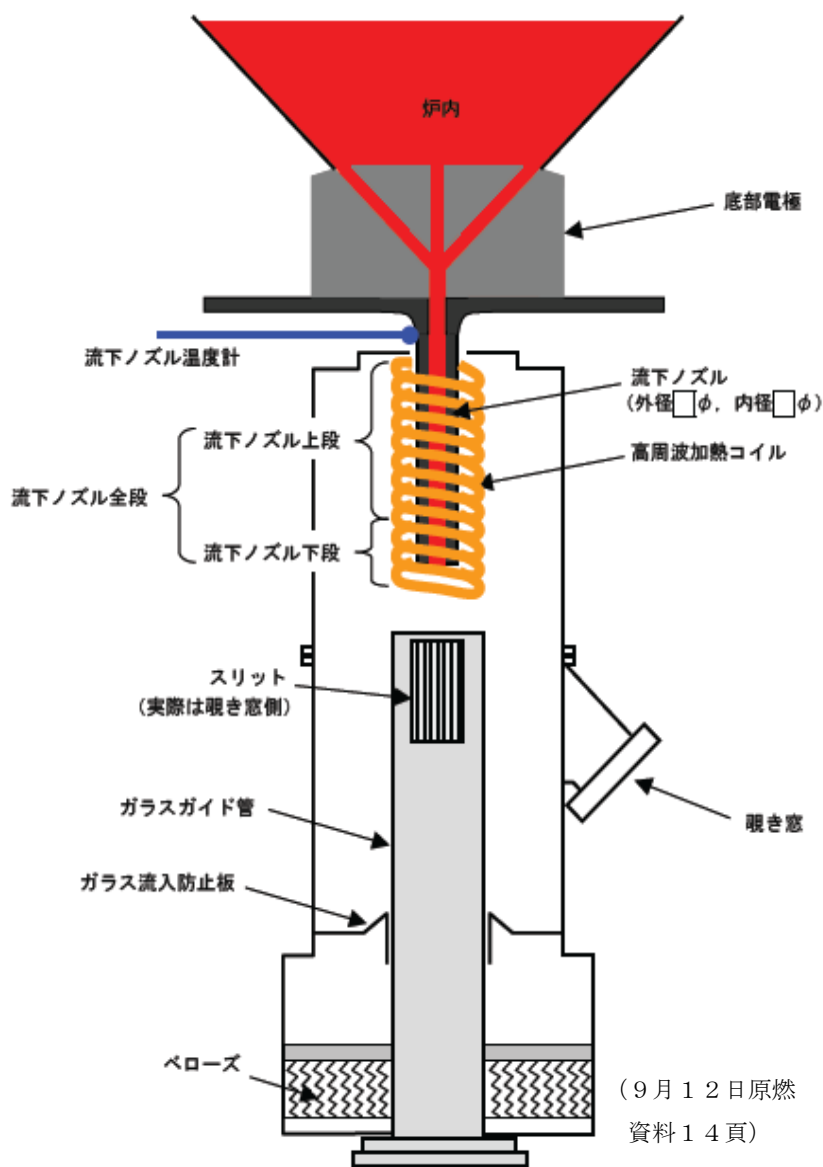
この重要な測定値は4月20日ごろには明らかになっていたはずなのに、原燃は6月11日になるまで隠していた。6月30日の核燃料サイクル安全小委員会にかけられているが、明らかに白金族状況が改善されていないというこの重要な事実が完全に見逃された。その結果、試験再開に突入したが 実はこの白金族残留状態が重要な要因となって流下停止に至ったと考えられる(次項)。原子力安全・保安院と核燃料サイクル安全小委員会はこのことに責任をもつべきである。

4. 炉内白金族を除去できなかったことが、流下停止の重要な一因ではないか

白金族の沈降・堆積という問題は、原燃の溶融炉にとって避けがたい本質的な欠陥である。今回の流下停止もそのような影響下で起こったのではないかとというのが我々の基本的な観点である。

実は、この問題にかかわる事実が「経過報告(その2)」9頁の「経緯」③、④に書かれている。その趣旨を解釈すれば次のように要約できる(詳しくは後の付記参照)。

- ・昨秋の試験では、白金族が堆積した影響で炉底部のガラス温度が上がりにくく、流下しにくい状況にあった。そのため底部電極温度の目標値をわざと上げて対処していた。
- ・ところが7月2日には、白金族は除去できていると判断したため、底部電極温度の目標値を昨秋初期の値に戻した。
- ・流下ノズルの加熱はまずノズル上段を行い(右図)、次に下段もスイッチオンして全段加熱に移行するのだが、上段から全段に移行する条件は、底部電極温度が目標値に到達していることである。今回底部



電極温度の目標値を下げたことにより、上段加熱の時間がそれだけ減った。つまりそれだけ流下ノズルの加熱量が減少したことになる。

ここまでの原燃の記述から言えることだ。そうすると当然、この事実が流下停止に導いた一つの要因ではないかと考えられるが、奇妙なことに原燃はこの結論の記述を避けている。おそらく、白金族堆積の影響に触れるのを極力おそれているためではないだろうか。

では、この観点に立てば、4月と7月2日の条件の違いはどうなるだろうか。4月の流下のときは、底部電極温度の目標値はそれまでの最高値とほとんど変わらないほどに高い値をとっている（後の付記参照）。それゆえ、この点に限っては、今回のような問題は存在していなかったのである。

5. 白金族の影響は除去できないため、力づくで対応する

上記のように、流下停止をもたらした「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかったこと」の要因を原燃はまだ明らかにしていない。原燃はその要因として付着物に依拠し、「ガラスの流下時に低粘性流体及び揮発性物質が高周波加熱コイル表面に付着しふく射放熱量が増加することは避けられないため、それを補う高周波加熱による入熱を確保することで対応することとする」という（10頁）。その付着物がどのようなものか、実際に温度を下げるほどの効果をもたらしたのかについては何の証拠も示さないまま、流下ノズルからの放熱は付着物のせいと避けがたいので、その分を補うように入熱を上げるというのである。結局は、流下ノズルの「上段加熱時間の増加」や「加熱電力の増加」で対処するという。この方法が正しいかどうかチェックするために、炉を温め、加熱時間を増やしたり、加熱電圧を上げたりして実際に流下させてみるというのである。

ところが9月22日の社長会見では、「これに対する対策としては、流下操作を開始する条件として、ノズルの温度目標値を高めに変更設定することにいたしました」と述べているだけなのだ。これに類する内容は「経過報告（その2）」10頁でも書かれているが、むしろ付加的である。

社長のいう「流下操作を開始する条件」としては、前述のように、これまでは底部電極温度が目標値に到達することがあり、それが流下ノズルの上段加熱から全段加熱に移行する条件にもなっていた（全段加熱とは下段加熱をスイッチオンすることであり、それによってノズル下部が熱せられるので流下開始となる）。つまり、社長のいう条件とは、基本的に底部電極温度の目標値を上げることになるはずだ。ということは、昨年秋（第4ステップ）と同じように、白金族の影響を認め、それに見合った操作基準に戻すということになる。これを裏付けるように、9月26日の原燃資料49頁では、「第4ステップの実績に基づき上段加熱⇒全段加熱に移行する温度を設定」が重要な対策として位置づけられている。「第4ステップの実績」とは、まさに白金族の影響に対応するような運転方法を示しているのである。問題の本質は、付着物にあるのではなく、白金族にこそあるのだ。付着物説にまどわされてはいけない。

その上でさらに、高周波加熱コイルの電圧も上げるような力づくの操作を行ってでも、何としてもガラス固化を継続しようとするのである。

このような無理矢理なやり方が許されているのだろうか。保安院はこのようなやり方を承認しているのか。これでは、状況の悪化に応じて加熱時間を延ばしたり、加熱電圧をどんどん上げていくしかないということだ。原因を除去しようとしないうちは対策とは言えない。さらに、白金族の影響で電極に多大な電流が流れ、東海1号炉のように電極が真っ先にやられて短寿命で終わるのは必然である。要するに、炉を止めざるを得なかった昨年暮れの状態から脱出できないほどに、この熔融炉は白金族にとりつかれているのである。無駄な努力と無駄な費用をかけるのではなく、この炉は解体するしかない。

付記. 流下停止の原因に関するより詳細な検討

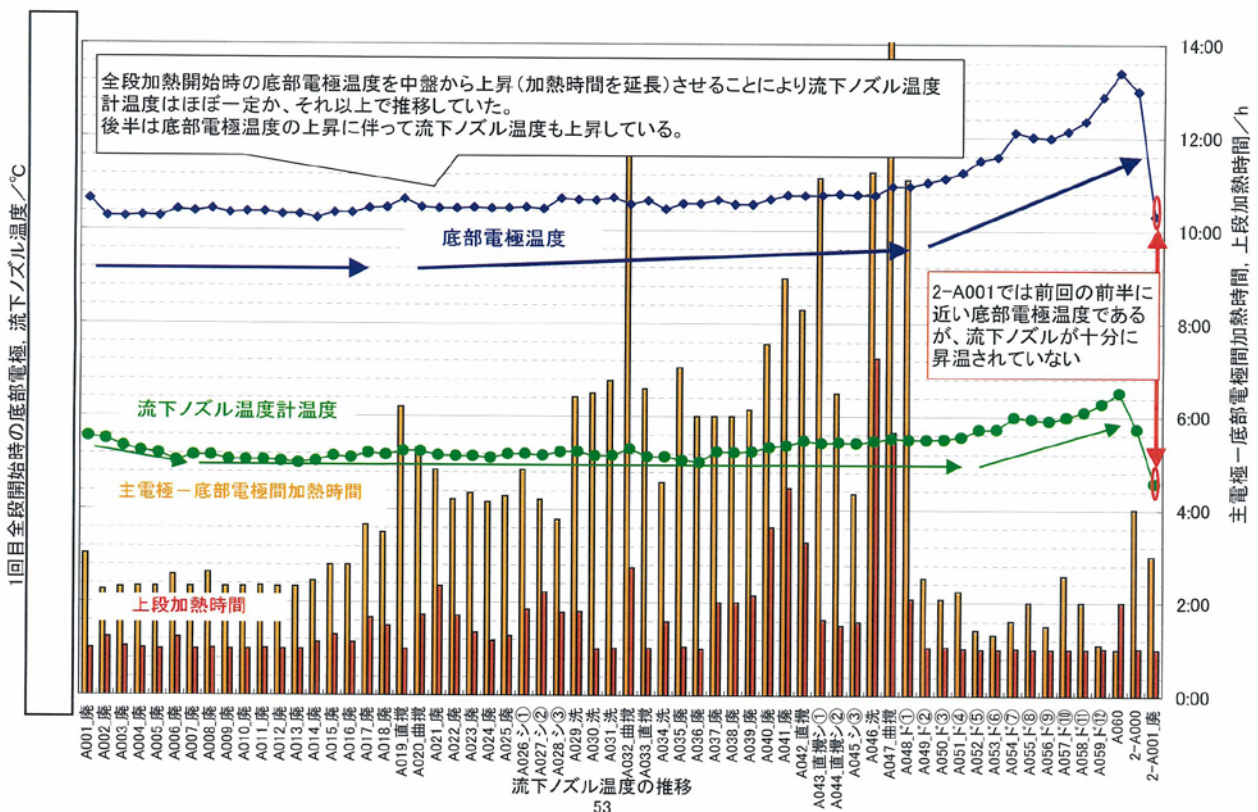
流下停止の原因について、ここでは白金族問題に焦点を当てながらより詳細な検討を試みる。流下停止の直接原因が流下ノズル内のガラス温度の低さにあること、特に流下ノズル下部（出口付近）の温度が低かったことにあるのは確かである。それゆえ問題の焦点は、なぜ流下ノズル内、特に出口付近のガラス温度が低かったのか、その要因を探ることにある。流下ノズル内のガラス温度は、流下ノズル加熱の初期（上段加熱時点）ですでに低かったが、全段加熱に切り替えた後の21時11分から幾分かは断続的な流下が起こり、その後に流下停止に至っている。

すでに述べたように、流下停止の要因の一つは、炉内白金族の影響によって炉底部ガラス温度が上昇しなかったことにあると考えられる。ただそれだけではすべての経過が説明できるわけではない。さらに別の要因、おそらく流下ノズル内の白金族の影響も重なったのではないだろうか。

(1) 流下停止をもたらした一因は溶融炉内の残留白金族

まず、この問題を考える前提となる重要な事実を確認しておこう。次のグラフは9月12日付原燃の報告書の添付資料-15である。横軸にバッチ番号が書かれているが、最後の2-A001が今回の流下停止したバッチ、その前の2-A000が4月の洗浄運転時のバッチである。さらにその前のA060が今年1月に行った洗浄運転で、12月に12回のドレンアウトで炉内のガラスを抜き取った後に実施している。原燃の報告書に2回の洗浄運転が登場するが、それがA060と2-A000に相当することを原燃に確認した。

添付資料-15



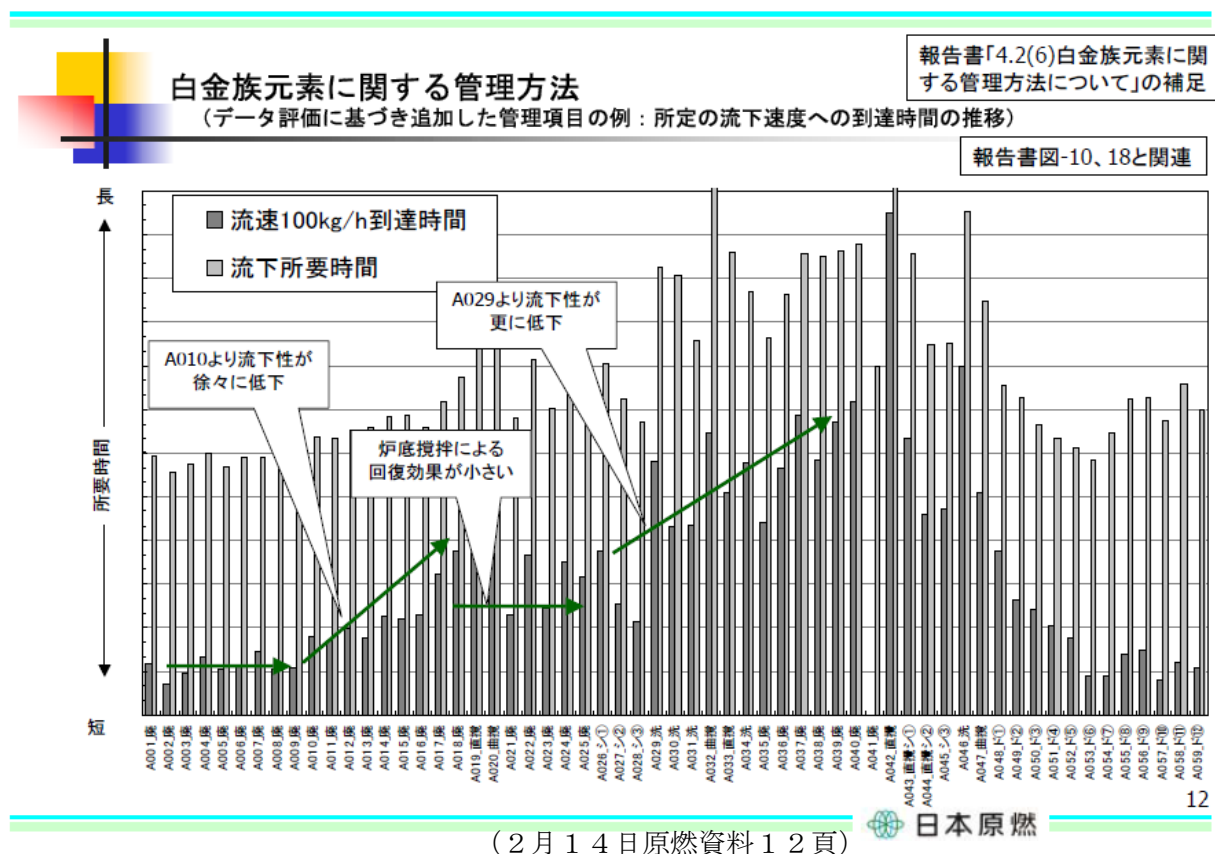
この図には、上部に底部電極温度(目標値であり到達温度でもある)の折れ線グラフが描かれ、下側の折れ線グラフは流下ノズル温度計温度を示す。2種類の棒グラフは、長い(薄い)方が主

電極—底部電極間加熱時間、短い（濃い）方が流下ノズルの上段加熱時間を表している。

重要なのは2つの吹き出しに書かれている内容だ。

- ・上の吹き出し：流下ノズルには上段と下段があり最初に上段だけを加熱する。その時間（短い棒グラフ）が伸びているが、それは底部電極温度の目標値を上げることに付随していて、流下ノズル温度計温度はほぼ一定か、それ以上で推移していると指摘。もう一つは、後半で流下ノズル温度計温度が底部電極温度に追従するように動いていることを指摘している。
- ・右の吹き出し：今回試験での底部電極温度を4月より相当に下げているが、それでも初期のころと同程度だと主張。ところが、流下ノズル温度計温度は初期よりかなり下がっていることを同時に指摘している。

ここで問題は、上の吹き出しに書かれているように、底部電極温度をなぜ上げる必要があったかということだ。それは次のグラフを見れば明らかで、要するに白金族が堆積した影響で炉底部のガラス温度が上がりにくくなり、ガラスの粘性が増えて流下しにくい状態になったからである。事実、次のグラフからわかるように、流下に要する時間が著しく増加している。



以上により、白金族の影響でガラスの粘性が増え、流下が困難になったために、底部電極温度を高めるように目標を設定し、それに応じて流下ノズルの上段加熱時間も増やしたことが確認できる。このような白金族の影響が存在しているのに、白金族は除去されたと勝手に判断して、初期の白金族が存在しない条件に戻せばどうなるだろうか。底部電極温度が上がらないために流下ノズル上段加熱時間も減少し、底部ガラス温度も低下して粘性が増すに違いない。事実としてこのような事態が発生しているのだ。

この事情を原燃の「経過報告（その2）」では9頁の「経緯」で次のように記述している。
 「③第4ステップ終了後、ガラス熔融炉内の残留ガラスを除去したことにより、白金族元素の堆積状況

が改善され、抵抗値も通常の状態に戻ったことから、流下開始操作に移るための底部電極目標温度、高周波加熱コイルによる流下ノズルの上段加熱時間を通常の設定条件に戻して運転を行った。

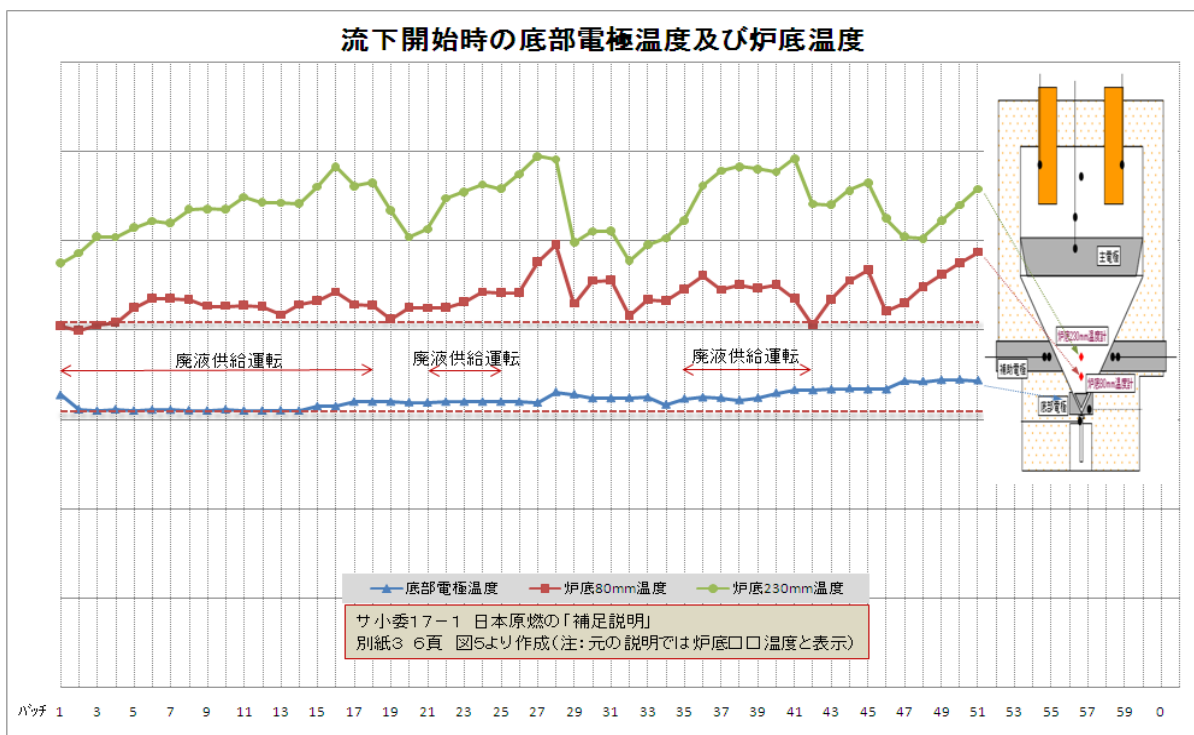
④ ①～③のことから、第4ステップ試験中から鈍くなっていた流下ノズル温度の上昇を補っていた高周波加熱時間の延長による入熱が少なくなり、流下ノズル温度が低く、流下ガラスが十分に加熱されなかった」。

最後の「高周波加熱時間」とは直接には流下ノズル上段加熱時間を指していると思われる。これを見ると、原燃は炉内白金族の影響が残留していたために、流下ノズル温度が低下したことを事実上認めているのは明らかだ。しかし、これをあからさまに認めると、白金族の残留を認めざるを得なくなるためか、このことには一切触れていないのである。

なお、流下にとって直接重要なのは、底部電極温度よりは底部ガラス温度である。ところが原燃はこれを意図的に隠している。ただ、昨秋の試験に関しては、6月30日付の原燃の「補足説明」の中にいくつかあるので、その中から別紙3の6頁にある図5を再構成して示そう（これは5月16日の再処理ワーキンググループに出された資料「再WG34-3(1)」16頁のグラフと同じ）。この図には、流下開始時の底部電極温度とそのときの炉底部ガラス温度が示されている。そのガラス温度とは、図内の右に示したように底部電極の上部に後で取り付けられた2つの熱電対の示す温度である（と筆者は解釈している。元の図では温度の名前は空白になっている）。

この図で特に廃液供給運転時を見ると、炉底80mm温度が次第に高くなっていくことが分かる。そのようにしないと流下しにくい状況になっていたからに違いない。

ところが7月2日に原燃は、底部電極温度の目標値を初期の値に設定したのだが、それによって底部（ガラス）温度も初期の頃の値かそれ以下になった可能性が高い。この炉底温度は、当初は参考値として扱っていたが、「白金族元素堆積の兆候が確認されたため、第4ステップ途中から運転目標として扱った」と書かれている（6月30日の原燃資料：サ小委17-1、3頁）。流下停止の原因を探るために、運転目標であったはずのそのときの底部（ガラス）温度データを公表させることがきわめて重要である。



(6月30日原燃「補足説明」別紙3、6頁図5を基に作成)

(2) 流下ノズル内の白金族の影響はなかったのか

今回7月2日の試験では、流下がまったく起こらなかったわけではない。流下ノズルの上段を加熱し、下段加熱のスイッチを入れてしばらくした21時11分から断続的な流下が始まり、それから流下が停止している。昨秋でも、最初は断続的でその後継続的流下に移行する場面があったが、断続の後に停止したのは今回が初めてだという。この経過はいったい何を意味しているのだろうか。

流下ノズルの温度を測る温度計はノズルの一番上（熔融炉底部のすぐ下）に付いており、その温度は「流下ノズル温度計温度」と呼ばれている。この位置からすれば、流下ノズル温度ばかりでなく、炉底部の温度を反映することはあり得るし、事実そのようになっている。他方、ノズル下部の温度とは乖離することもあり得るだろう。事実、21時11分以降も流下ノズル温度計温度は上昇しているのに、ノズル下部では温度が相当に下がっていたと考えられる。なぜなら、右図のように流下ノズル出口から出たガラスが横に広がるほどにガラスの粘性が高まっているが、これは出口付近のガラス温度が相当に低まったことを示しているからである。

流下が停止した直接的な要因が、流下ノズル下部の温度がむしろ下がったことにあるのは間違いない。では、なぜ21時11分直後には断続的に流下するような温度状態にあったのに、その後に流下が止まるほどにノズル下部の温度が低下したのか、その要因は何かが問題になる。

このような事実経過は、付着物説ではとても説明できない。また、炉内白金族の影響で炉底部のガラス温度が上がらなかったことは、重要なバックグラウンドではあるが、それだけではこの事実経過は説明できない。この事実経過が説明できない限り、流下停止の原因が究明されたとはいえないだろう。

一つの可能性としては、炉底部のスリット内に滞留していた白金族の塵・微粒子が、ノズル上段が加熱され、さらにノズル内ガラスが下に降りるにつれて下降してきたことが考えられる。そうなるとその白金族微粒子は、高周波加熱コイルによるノズル加熱に影響し得る。どのように影響するか、実際に温度を下げるように働くかは実物を用いた実験で調べる必要がある。

他方、外に落下したり付着したりしたガラスの白金族濃度は測定下限値未満だったと公表されている。上記の可能性はこの事実と矛盾するのではないだろうか。実はそうではなく、ノズル内に存在したのは4月に順調に流下したガラスの最後の部分で、これが外にでてきたものを測定しているのだから、その白金族濃度が測定下限値未満だったとしても不思議はない。

4月には炉底部スリット内の白金族微粒子はまだ炉底部付近には集積していなかったのではないだろうか。その後原燃は相当に長期間の熱上げ運転を行っているのだから、その間に除去作業で飛び散っていた白金族微粒子が徐々に沈降し炉底部のスリット内付近に集積した可能性がある。それが今回流下ノズル内にまで沈降してきたとすれば上記の挙動経過もあり得ることになる。

原燃がやるべきことは、実際にいまもノズル内に存在している物質の白金族(酸化物)濃度や白金族金属微粒子濃度を測定すること、さらに流下ノズルの現物に対し、新品の加熱コイルを用いて加熱状態を調べることである。

