

平成26年(ヨ)第31号 大飯原発3,4号機及び高浜原発3,4号機運転停止  
仮処分命令申立事件

平成27年(モ)第38号 保全異議申立事件

債権者 松田 正 ほか9名

債務者 関西電力株式会社

### 第 30 準 備 書 面

～「ライナーからの漏えい」についての再反論～

平成27年11月6日

福井地方裁判所 御中

債権者ら代理人弁護士 河 合 弘 之

ほか

本準備書面は、使用済燃料ピットの温度上昇に伴うライナー損傷の危険性について、債務者主張書面(9)兼異議審主張書面(4)11頁第4項「ライナーからの漏洩について」に記載された債務者の主張に対して、債権者の立場から反論をするものである。

## 目次

第1	債務者の主張の要旨 .....	3
第2	コンクリート躯体の温度上昇について .....	3
1	ピット水の水温上昇に伴うコンクリート温度の時間的变化 .....	3
2	コンクリートの壁厚深部の温度上昇にどれだけの時間がかかるか .....	6
3	まとめ .....	7
第3	ライナーの熱応力 .....	8
第4	ライナーの座屈強度 .....	10
第5	結論 .....	12

## 第1 債務者の主張の要旨

使用済み核燃料ピットの冷却喪失原因となる一例として、使用済み核燃料ピットのコンクリート躯体部分に内張りされているライナーが、コンクリートと熱膨張率に違いがあるために、急激な温度上昇等によって亀裂が生じるおそれがあるとの債権者の主張（債権者ら第12準備書面15～17頁）に対して、債務者は、債務者主張書面（9）兼異議審主張書面（4）11頁以下で、概ね次のような反論をしている。

すなわち、本件各発電所の使用済み燃料ピットにおいて、冷却機能及び注水機能の喪失を想定した場合、使用済み燃料ピットの水温が40度から100度まで60度上昇する時間は、高浜3、4号機では約8時間、大飯3、4号機では約11時間を要すると債務者は評価しているが、このような緩やかな温度上昇では、ライニング（ライナー）のみならずコンクリート躯体部分も伸びるから、ライニング（ライナー）が破損するような座屈は生じないというものである。

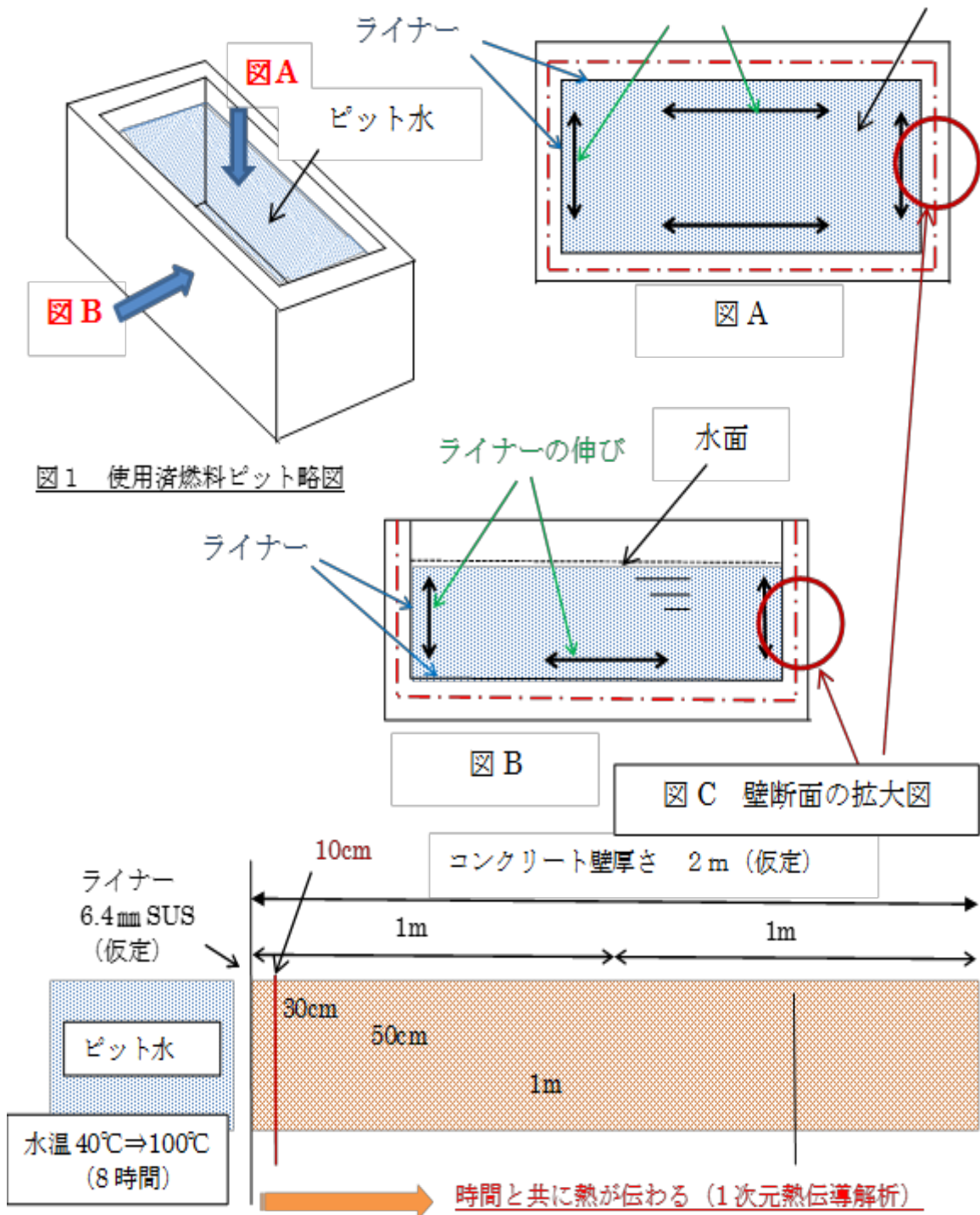
しかしながら、以下に述べるように、債務者の当該反論は失当である。

## 第2 コンクリート躯体の温度上昇について

### 1 ピット水の水温上昇に伴うコンクリート温度の時間的变化

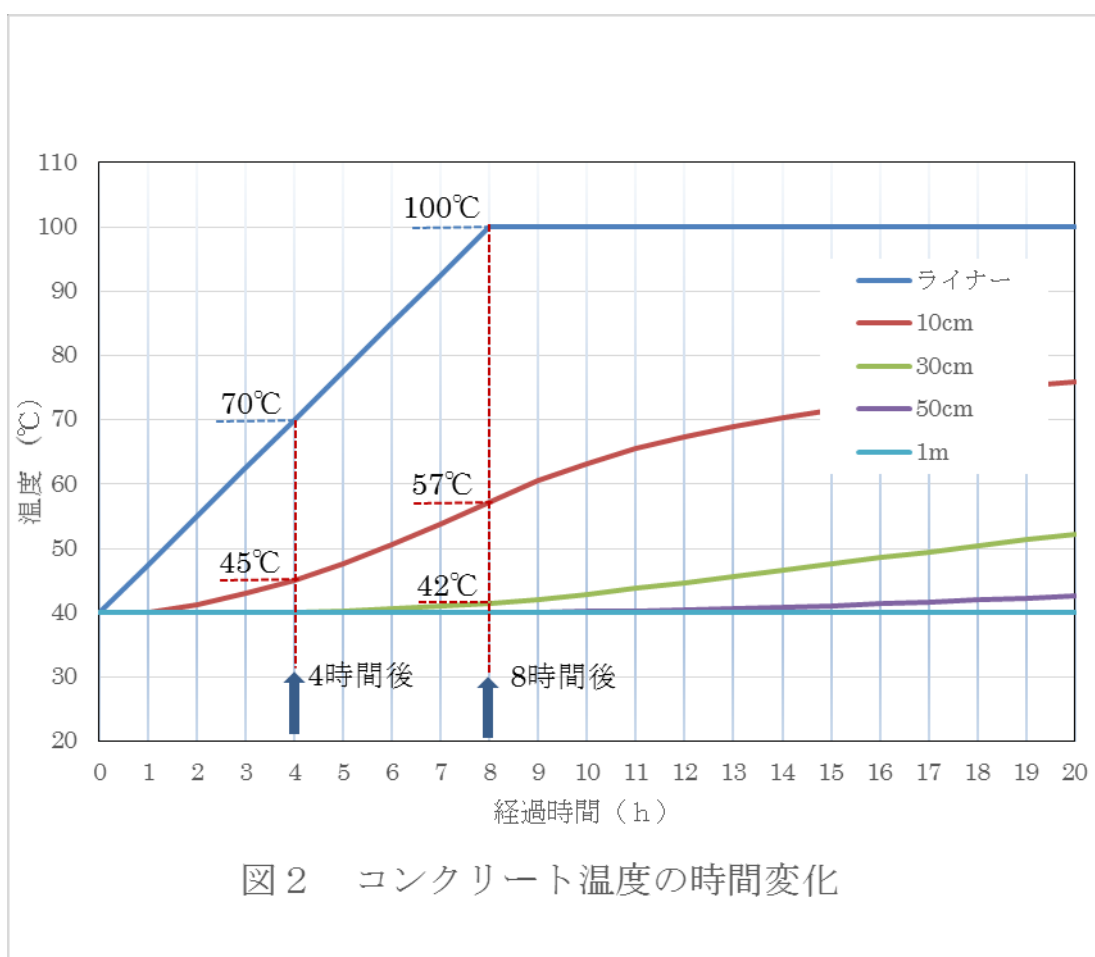
使用済み燃料ピットを図1のような四角い構造に仮定し、図Aや図Bの壁の断面を図Cに示した。

図1 使用済燃料ピット略図



まず、図Cにおけるライナーに接したピット水の水温が40℃から8時間かけて100℃に上昇した場合に、コンクリート内表面から壁の厚さ（中心）方向に向かって一次元の熱伝導解析を実施して、コンクリート表面からの距離と温度上昇との関係を求めた。

ピット水に接しているSUSライナーの温度は水温と同時に上昇するものとして、コンクリートの表面から10cm、30cm、50cmの深さにおけるコンクリートの温度変化を計算した結果を図2に示す。



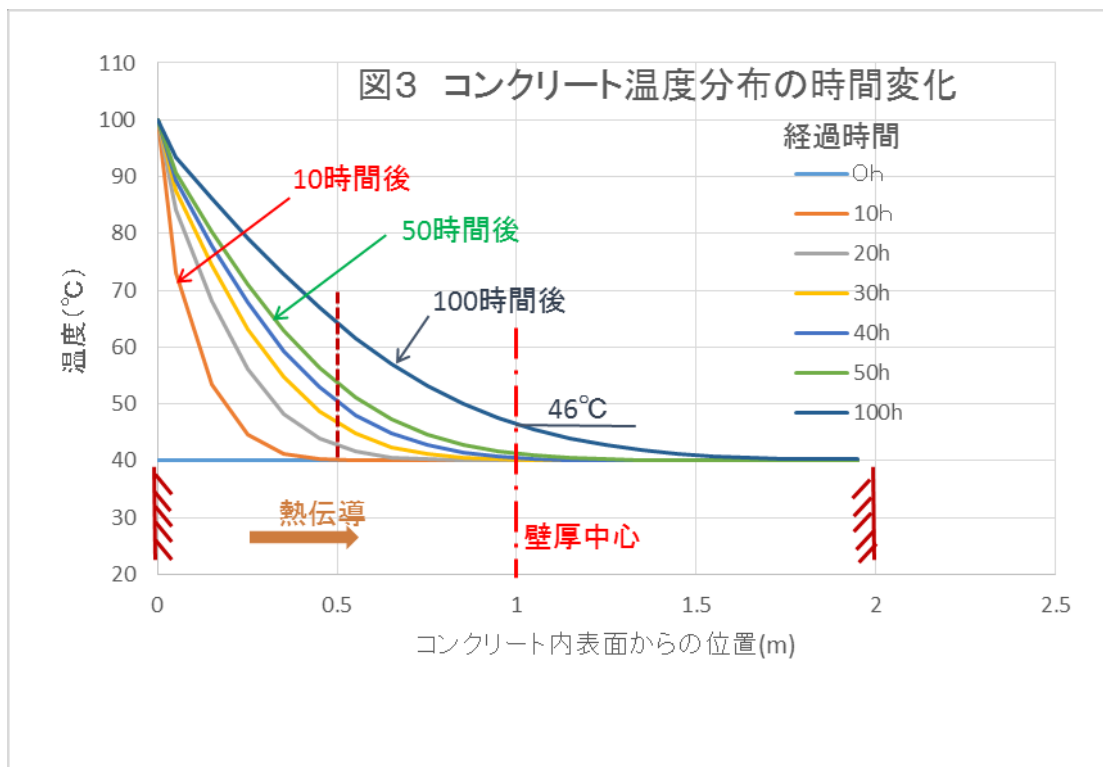
はじめに全ての部位が40℃で、時間の経過と共に表面に近い部位から少しずつ温度が上昇していく。その温度変化は非常にゆっくりで、4時間後に水温（ライナーの温度も同じ）が70℃に上昇した場合には、表面から10cmの

位置で45℃、30cmより深い位置ではほぼ40℃のままである。8時間後では、水温が100℃になると、深さ10cmの位置で57℃、深さ30cmの位置で42℃、それより深い50cm以上の位置ではほぼ40℃のままの温度が保たれている。

## 2 コンクリートの壁厚深部の温度上昇にどれだけの時間がかかるか

次に、コンクリートの壁厚の深いところが温度上昇するためには、どれだけの時間がかかるかを検討した。図3には、横軸にコンクリート内表面からの位置（壁厚方向の深さ）を、縦軸に温度をとり、40℃から温度上昇が始まる時間を0h（ゼロ時）として、10時間後、20時間後、30時間後、40時間後、50時間後、100時間後のそれぞれの時間経過時における温度分布を示している。なお、ライナーの温度は、8時間かけて100℃まで上昇し、その後は100℃で一定の温度を保ち続けている。

この図3からは、10時間後では、少なくとも深さ50cm（横軸0.5m）以降は全く温度が上昇せず、40℃のままであることが分かる。また、同じ深さ50cmの位置で20時間後には43℃、40時間後には50℃で、100時間後でも64℃程度にしか温度上昇しないことが分かる。



コンクリートの内表面から1 m、つまり壁厚中心付近では、40時間後では約40°Cのままで、50時間後でも41°C（1°Cの温度上昇）であり、100時間後で46°C程度（6°Cの温度上昇）までしか上がらない。すなわち、コンクリートの表面部分が一部温度上昇するものの、コンクリート壁厚さ（中心）方向のほぼ大半については大きな温度上昇が生じないことは分かった。

### 3 まとめ

8時間経過後でも、有意な温度上昇がみられるのは、コンクリート表面からせいぜい30cmの位置までであり、それ以上遠い（深い）場所ではほとんど温度上昇しない。コンクリート壁全体としては、大半が40°Cのままであった。コンクリート内表面から1 m、つまり壁厚中心では、50時間経過しても41°C程度、温度上昇としてはわずか1°C程度である。これは無視できる温度上昇に過ぎない。さらに長時間を考えると、100時間前後で約46°C、温度上昇として6°C程度に過ぎない。

以上の結果から、使用済み燃料ピットの水温上昇に伴い、ライナーについて

は温度が100℃まで上昇したとしても、コンクリートについては、表面から20～30cm以内では多少温度が上昇するとしても、コンクリートの躯体壁厚中心及び全体平均としてはほとんど温度が上昇しないことが分かる。

その理由は、コンクリートの熱伝導度が小さいためとコンクリートの熱容量が大きいためである（以上、甲第409号証2～5頁「3. コンクリート躯体の温度上昇」、甲第409号証「添付資料1『コンクリート熱伝導解析』」）。

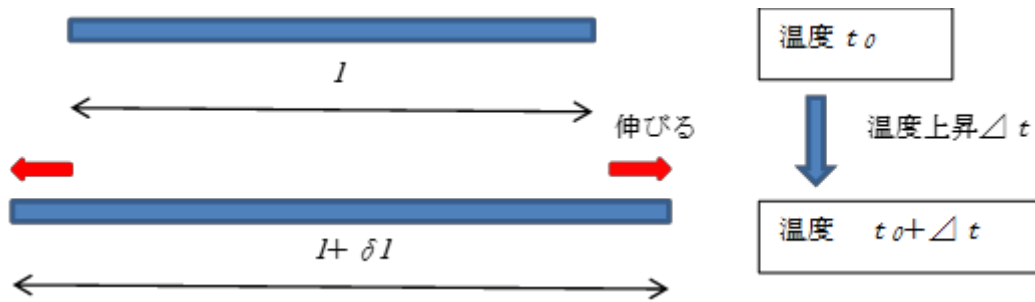
### 第3 ライナーの熱応力

図1のA図及びB図に示したように、使用済み燃料ピットのコンクリート壁内面の水に接する部分には、厚さ6mm程度のステンレス製（あるいは炭素鋼板製）の薄板（ライナー）が設置されている。このライナーには、ライナーアンカーあるいはスタッドアンカーと呼ばれる金具が一定間隔で溶接されており、それがコンクリート躯体に埋め込まれていることで、ライナーはコンクリート躯体と一体化されて挙動することになる。

使用済み燃料ピットの冷却ができずに水温が上昇した場合、ライナーは水温とほぼ同時に温度上昇して伸びようとする。しかし、その場合、ライナーはコンクリートにアンカーで固定されているために、コンクリート躯体が伸びないと、ライナーには圧縮熱応力が発生する。

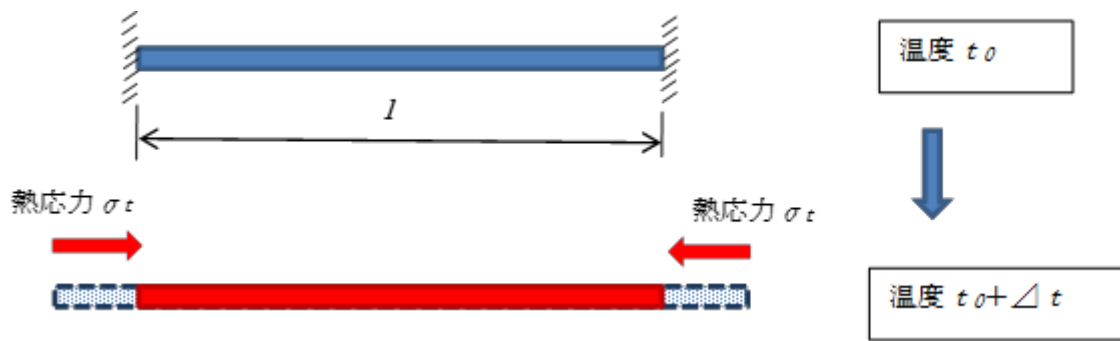


図4 熱膨張



注1)

図5 熱応力の発生



注2)

第3で述べたコンクリート躯体の温度分布を元に、ライナーの熱応力に寄与する温度上昇が何度になるかが決まれば、ライナーの熱応力を計算することができる。

ライナーは金属製であるが、金属の熱伝導率が大きいため、ライナーの温度は、水温とほとんど同時に上昇する。図2で示したように、コンクリートの温度上昇は、4時間後に水温が70℃に上昇した場合には、表面から10cmの

注1) 図4に示すように、長さ $l$ の金属の棒が、 $\Delta t$ だけ温度が上昇すると、長さが $\delta l$ だけ伸びる。これを熱膨張といい下記の式で計算できる。

$$\text{熱膨張 } \delta l = (\text{線膨張率}) \alpha \times (\text{温度上昇}) \Delta t \times (\text{長さ}) l$$

注2) 図5において、棒の両端を固定した状態で温度を $\Delta t$ だけ上げると、本来は熱膨張 $\delta l$ だけ伸びるはずだが、両端を抑え込められているために棒の内部に伸びようとする力が発生する。これを熱応力といい、ここでは熱膨張を抑え込むため圧縮応力となる。

位置で45℃、8時間後では、水温が100℃になると、深さ10cmの位置で57℃、深さ30cmの位置で42℃程度になる。確かに、コンクリート内表面から10～30cmの位置までは有意な温度上昇が認められる。

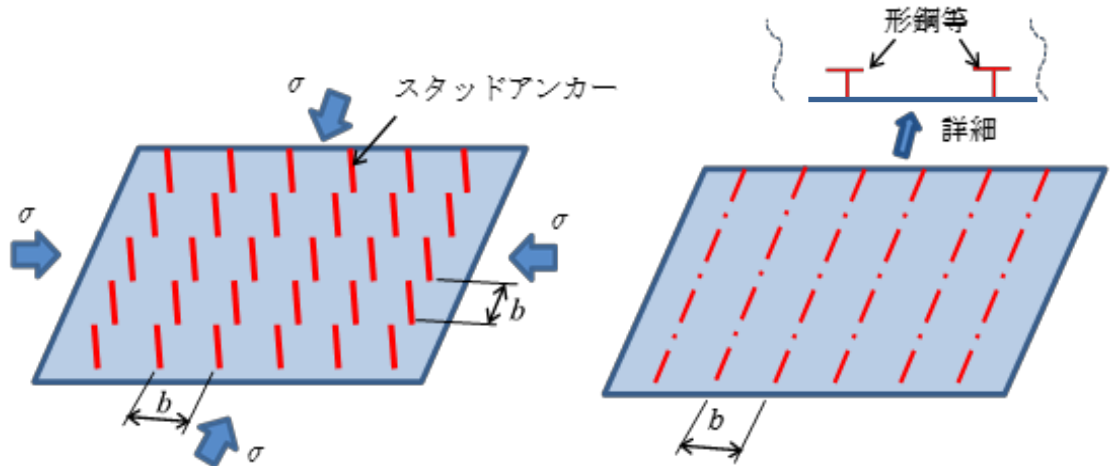
しかしながら、コンクリート躯体の熱による変形は、コンクリート内表面近くの温度ではなく、壁厚の中心、深さ1mのところでの温度上昇でほとんど決まると考えられる。なぜなら、図1のA図において、コンクリート内面が若干温度上昇して伸びようとしても、コンクリート厚中央部分や壁断面全体の温度上昇がほとんどないため、四角いコンクリートの壁は全体に膨張できず、コンクリート内部に熱応力が発生するからである。つまり、コンクリート壁4辺の合計の長さは、ライナーの温度上昇後もほとんど伸びないことになる。

したがって、コンクリート内表面の温度が多少上がっても、コンクリートは伸びを拘束されていて、コンクリートに拘束されているライナーも伸びることができず、その結果として、圧縮熱応力が発生することになる（以上、甲第409号証5～7頁「4. ライナーの熱応力」、なお、熱応力の計算については、甲第409号証7頁「【8時間後のライナーの熱応力の計算】」）。

#### 第4 ライナーの座屈強度

使用済燃料ピットの水温が40℃から8時間かけて100℃まで上昇した場合に、ライナーが座屈する可能性の有無について検討する。

図6 ライナーアンカー



まず、図6にライナーアンカーの構造イメージ図を示す。

債務者は、ライナーアンカーの構造や材質などを一切示さずに「ライニング」(ライナー)「が破損するような座屈は生じない」と主張する(債務者主張書面(9)兼異議審主張書面(4)11～12頁)。

そこで、ここでライナーアンカーの構造と材質を示すと、一般的なコンクリートの内張りライナーは、図6のように、スタッドという棒状のアンカー、あるいは形鋼等に溶接して取り付けられた構造のいずれかと考えられる。



図7 座屈前のライナー



図8 座屈後のライナー

次に、図7に示すように、熱応力が発生してもそれが小さいときにはライナーは元の形状を保つだけである。しかし、熱応力がある一定値(座屈応力)に

達したときには、ライナーは瞬時に面外へ変形し、図8のような状態になる。この図8の状態を「座屈」といい、材料の降伏点よりもはるかに小さい応力でも発生する、重要な破壊様式である。ライナーの健全性を確保するためには、このような「座屈」を起こさないことが何よりも重要である（以上、甲第409号証8頁「5. ライナーの座屈強度」、なお、熱応力によるライナー座屈強度の計算については、甲第409号証9～12頁「6. 平板の座屈強度」及び甲第409号証「添付資料2『ライナー座屈強度計算方法』」）。

## 第5 結論

以上のように、使用済燃料ピットの冷却機能が失われて、水温が40℃から100℃まで8時間かけて上昇した場合、コンクリート内部の温度上昇が非常に遅く、コンクリート躯体がほとんど変形しないことから、内部に設置した金属製薄板ライナーが熱応力で座屈する可能性が高い。座屈すると、ライナーに亀裂などの発生が想定される。また、アンカーとライナーの強度によっては、座屈と共に、アンカーがずれたり抜け出すこともあり得る。そうしたライナーの損傷は、同時に多くの箇所で起こり得るので、その場合に、使用済み燃料ピット水の大量流出に至る可能性を否定できない。

債務者は、「このような緩やかな温度上昇では、ライニング」（ライナー）「のみならずコンクリート躯体部分も伸びるから、ライニングが破損するような座屈は生じない」と主張する（債務者主張書面（9）兼異議審主張書面（4）11～12頁）。

しかしながら、本熱伝導解析と熱応力の評価から、コンクリートの躯体がほとんど変形せずに、ライナーに座屈が生じる可能性が極めて高いことが明らかである。したがって、債務者の主張は、科学的工学的な妥当性を欠いている。

債務者は、ライナー構造の詳細や熱伝導解析、熱応力、座屈強度などの工学的な検討を一切示さずに、このように誤った判断をしている。そのうえ、債務

者は、「債権者らの」（ライナーが急激な温度上昇等によって亀裂が生じる危険性があるとの）「主張は、その前提自体が成り立たないものであり、失当である。」などとしている（債務者主張書面（9）兼異議審主張書面（4）12頁）。

しかし、検証可能な構造や仕様も示さずに独善的な内容となっている債務者の主張こそ失当であることは明らかである（甲第409号証13～14頁「7.結論」）。

そして、ライナーが座屈すると、アンカー付け根や補強材とライナーを溶接した板厚変化部等で亀裂が生じたり、アンカーが外れてライナーが破損する可能性がある。特に、熱でライナーが破損する場合には、1箇所とは限らず、多数箇所ではほぼ同時に破損することになる。他方で、防水のためにライナーがコンクリートに内張りされているのであって、コンクリートそのものに耐水性は要求されていない。そのため、ライナーが座屈した状態で、乾燥収縮や地震によるタービンミサイル、地震自体の地震動によって、コンクリートにひび割れなどが生じると、コンクリートのひび割れた箇所から水漏れが生じて冷却剤（ピット水）が喪失（大量漏えい）し、冷却材喪失によるメルトダウンに至る危険性が高い（甲第409号証2頁2～3行目、同9頁1～8行目）。

債務者の主張は、そのような機序によりメルトダウンに至る可能性を完全に無視するものであって、失当であることが明らかである。

以 上