

高速増殖炉「もんじゅ」の来歴 (4)

安念潤司*

- I はじめに
- II いくつかの前提
(以上, 13巻3号)
- III 履 歴
 - 1. 廃炉の「正式決定」
 - 2. 訴 訟
 - ア 経 過
 - イ 訴訟法的な問題
(以上, 13巻4号)
 - ウ 無効確認訴訟
 - a 訴訟の時系列
 - b 指 針 類
 - c 安全評価の具体例
 - d 原安委の安全審査
(以上, 16巻3号)
 - e ナトリウム漏えい事故
(以上, 本号)
- IV 結語——核燃料サイクルの来し方・行く末

本稿で用いる略語は、次の通りである。

原安委：原子力安全委員会

* 中央大学法科大学院教授, 弁護士

原安委第一次報告：原安委 原子炉安全専門審査部会 研究開発用炉部会 高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えいワーキンググループ「動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉もんじゅ2次系ナトリウム漏えい事故に関する調査審議の状況について」(第48回原安委〔1996年9月20日〕資料(1))

原安委第二次報告：同上「高速増殖原型炉もんじゅ2次系ナトリウム漏えい事故に関する調査報告書(第2次報告)」(第79回原安委〔1997年12月18日〕資料(1))

改正前炉規法：原子力規制委員会設置法(平成24年法律第47号)附則15条による改正前の「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和32年法律第166号)

「評価の考え方」：原案委「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」(1980年11月策定)

動燃：動力炉・核燃料開発事業団¹⁾

差戻し後第一審判決：「もんじゅ」設置許可処分に対する無効確認訴訟の差戻し後第一審判決・福井地判平成12・3・22(本誌16巻3号63頁の表1の番号⑤)

差戻し後控訴審判決：同上控訴審判決・名古屋高金沢支判平成15・1・27(同上番号⑥)

Ⅲ 履 歴

2. 訴 訟

ウ 無効確認訴訟

e ナトリウム漏えい事故

i 経緯と原因

本稿(3)で、原安委における安全審査の経過をひと通りたどったので、時系列的にはいよいよ、設置許可処分後ほどなく提起された無効確認訴訟について語るべき段階を迎えたが、その前に、1995年12月8日夜に発生した二次冷却系ナトリウム漏えい事故について触れなければならない。本件事故は、訴訟提起後10年余を経て起きたのであるが、表1に示すように、恰も、最高裁で周辺住民の原告適格が認められた後の差戻し後第一審が福井地裁に係属中であつたため、その後の全審級を通じて中心的な争点の一つとなつた。

「もんじゅ」については、設置許可のほか、原子炉施設に関する設計及び工事の方法の認可(「設工認」。改正前炉規法27条1項)と、電事法上の自家用電気工作物(当時の電事法66条2項)の設置の工事の計画の認可(「工認」。同法70条1項)とを得る必要があつた。いずれも数回に分割して申請・認可がなされ(設工認は7回、工認は9回という²⁾)、1984年12月に設工認・工認の第1回の申請がなされ、第1回認可は、設工認について翌1985年8月に、工認について同年9月になされた³⁾。

表1 設置許可から本件事故までの経緯

年 月 日	出 来 事
1983年 5月 27日	設置許可処分
1985年 9月 26日	無効確認訴訟, 建設差止め訴訟を福井地裁に提起
10月 25日	本格工事着手
1992年 9月 22日	周辺住民らに原告適格を認める最高裁判決
12月 17日	性能試験開始
1994年 4月 5日	初臨界
1995年 8月 29日	初発電
12月 8日	本件事故

本件事故は、「もんじゅ」が改正前炉規法 28 条 1 項に基づく使用前検査を受けている最中に起きた出来事である⁴⁾。発生箇所は、二次主冷却系の C ループの配管室（原子炉補助建物の 4 階の A-446 室）であった。漏えいは、二次主冷却系配管（中間熱交換器出口側の配管）に取り付けられていた温度計の挿入箇所から生じた。「もんじゅ」の概念図上の漏えい箇所および三つのループの配置については、前回図示したとおりである（本誌 16 巻 3 号 74 頁の図 1、75 頁の図 2）。以下、事故の顛末を動燃自身に語ってもらおう⁵⁾。

「もんじゅ」は、1994 年 4 月初臨界達成後、原子炉の特性を確認し、1995 年 2 月より、原子炉出力を段階的に上げる試運転を進めました。ナトリウム漏えい事故は、原子炉出力約 45%での試験のために、原子炉出力を徐々に上昇させる操作を行っている時に発生しました。

この操作を行っていた〔同年 12 月〕8 日 19 時 47 分、中央制御室に「中間熱交換器 C2 次側出口ナトリウム温度高」という警報、また、同時に火災検知器（煙感知器）も発報しました。さらに 1 分後、「C2 次主冷却系ナトリウム漏えい」という警報が出ました。これは、2 次主冷却系 C ループの配管室でナトリウムが漏れたことを示しています。

このため、直ちに中央制御室に居た運転員が駆けつけ C ループ配管室の扉を開け、煙が発生していることを確認しました。これによりナトリウム漏えいが起きていることを確認しましたが、漏えい量を確認する指示計に、すぐに判るような変化がなかったので小規模な漏えいと判断し、20 時に原子炉を手動で通常の手順で停止する操作に入りました。この操作を行っている 20 時 50 分頃火災検知器の発報した部屋の数が増えたことに気付いたので、運転員が再度配管室の扉を少し開け内部を確認したところ白煙の増加が認められました。このため 21 時 20 分に原子炉を手動で緊急停止しました。原子炉停止後、22 時 55 分より配管内のナトリウムの抜き取り操作を行い、24 時 15 分に抜き取りを完了しました。換気系の運転は 23 時 13 分に停止しました。

現場調査により、ナトリウム漏えいは 2 次主冷却系 C ループ中間熱交換器出口配管に取り付けられている温度計から漏れ出たもので、漏えい箇所の下に配置された換気ダクト、鉄

製足場に穴があいていました。漏れ出たナトリウムは、床鉄板の上にナトリウムの化合物として堆積するとともに、空気中で燃える際にできる煙となって、2次冷却系Cループの各部屋に拡がりこれらの部屋の床や壁に付着していました。また、この煙の一部は、換気系から屋外へ放出されました。

現場に臨んだ担当者が見たであろう A-446 室の光景は、図 1⁶⁾ のようであった。

ナトリウムは「温度計から漏れ出た」とあるが、多少敷衍すれば、「二次主冷却系⁷⁾のCループにおいて、中間熱交換器出口側の配管に取り付けられていた温度計が、さや段付部で折損し、右折損部からさや太管部及びニップル部を経て、二次冷却材が、温度計コネクタ部分から原子炉補助建物地下一階にある二次主冷却系配管室(C)内に漏えいしたものである⁸⁾」。

そこでまずは、温度計およびそのさやの形状と、それが配管にどのように挿入されていたかを知る必要があるので、それを図 2⁹⁾ に示す。

本件温度計の本体部分は、長さ 445mm、その中心に温度センサーである熱電対が通っている。配管に穴を開け長さ 280mm のさやを挿入して溶接し、そこに温度計本体をねじ込む。「さや」(「さや管」とも)とは、配線や配管を保護するなどの目的で、それらを通すために設ける径の一回り大きい管のことである。さやの中に通す管のことを「実管」と呼ぶ用語法もあるやに聞くが、これに倣えば、本件温度計の場合、熱電対が「実線」であったことになる。さやの配管内側部分(ナトリウムの流れに曝される部分)の長さは、185.5mm である。さやとは、図 2 にあるように、太管部(根本部分で外径 22mm)か

図 1 事故後の A-446 室の状況

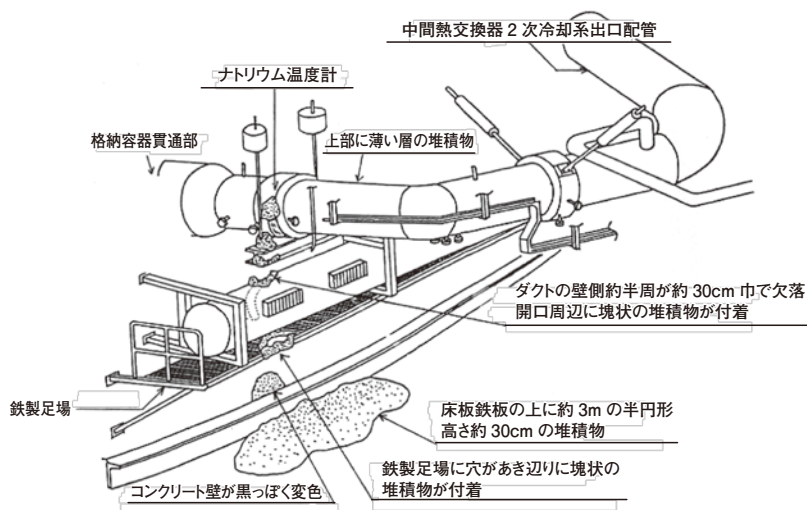
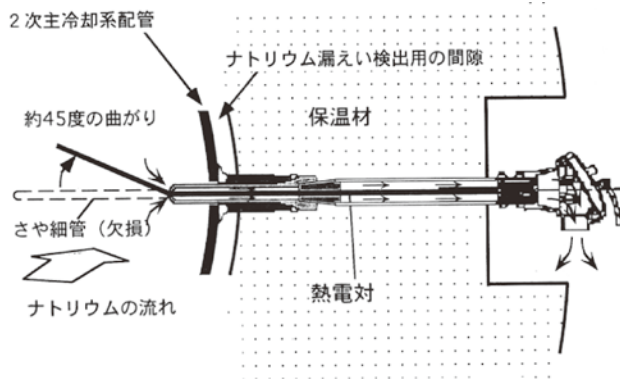


図2 温度計の概要図



ら細管部（長さ154mm、外径は先端部分で10mm）に急激に太さが変化する段付き構造になっている。事故によってさやの細管部はちぎれ取られ、液体ナトリウムに乗って下流側に流れ去り、露出した温度計本体は約45°に曲がっていた。

事故の原因についても、これまた動燃自身に語ってもらおう¹⁰⁾。

温度計の破損は、配管内を流れるナトリウムによりさや管下流側に対称渦が発生し、これによる流体力でさや管が振動し、さや段付部で高サイクル疲労が生じ破損したものと判断した。

温度計は2次主冷却系配管の計装機器の一部として設計されており、カルマン渦による流力振動の検討を含めて強度について検討したが、対象渦による流力振動については考慮しなかった。その後、追加された基準を反映すれば回避できたものと反省している。

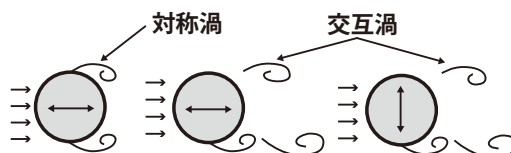
流体の中に円柱状の物体を置けば（あるいは、円柱状の物体を液体中で進行させれば）、円柱後方に渦が生じやすいことは以前から知られていた。そうした渦として「もんじゅ」関係者にも知られていたのが、図3¹¹⁾のように、交互に（千鳥に）発生するカルマン渦である。

しかしこうした交互型の渦のほかに、やはり図3に示すように、対称渦といって、渦が二列縦隊のように対称の位置に発生することがあり、この場合には、円柱状の物体が抗力方向（流体の流れの方向）に振動する。

動燃は、この対象渦による流体振動が、折損事故の主因だと考えたわけである。動燃が「反省」しているように、結果から見れば、抗力方向の流力振動を考慮に入れて、さやの段付き部分に適切な曲率を取って応力集中が起きない設計とすべきであった。識者から「極めて初歩的な失敗」¹²⁾と評された所以である¹³⁾。

ところで、前回紹介したように、二次系冷却材の漏えいは、「事故」のひとつとして「評

図3 対称渦とカルマン渦（交互渦）



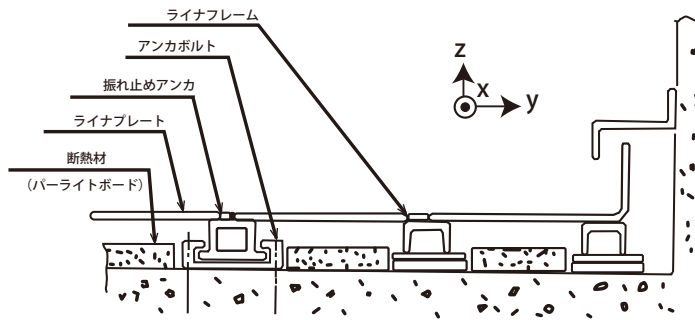
価の考え方」に掲げられており、動燃によってその影響が評価されていた。そして、「事故」とは、「『運転時の異常な過渡変化』を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、発生した場合は原子炉施設からの放射性物質の放出の可能性があり、原子炉施設の安全性を評価する観点から想定する必要がある事象」と定義されていたのであった（本誌16巻3号73～77頁）。

したがって、ナトリウムの漏えいは、生起頻度は小さくても、工学的見地から見ておおよそ起こり得ない事象と考えられていたわけではない。また、二次主冷却系の配管が通る各室は、一次系のそれが窒素雰囲気であるのとは異なって空気雰囲気であるため、漏えいナトリウムが空気中の酸素と反応して火災を起こすであろうことも、想定範囲内の出来事であった。

漏えいに備えて、二次冷却系の配管などが通る各室の床面は、「床ライナ」と称する厚さ6mmの鋼製鉄板で覆われていた¹⁴⁾。漏えいしたナトリウムとコンクリート（および、それに含まれる水分）とが直接接触するのを防ぐためである。床ライナは、室の周縁部で立ち上げて壁の裾の部分をも覆っていたので、浅いフライパンのような形状（キャッチパン型）をしているが、ナトリウム燃焼による膨張を逃がす必要を考慮して、立上げ部分と壁面との間に若干の遊びを設けてある（フローティング方式）。しかしそうすると、床ライナで覆われていない部分にナトリウムが漏えいしてコンクリートに直接接触する危険があるので、この部分を庇のように覆う金具が取り付けられている。以上の様子を、図4¹⁵⁾に示す。

想定外だったのは、ナトリウムが、配管に挿入されていた温度計さやの折損を原因として外部に漏れ出したことであった。原安委の調査によれば、動燃がプラントメーカーに対して示した仕様は、温度計の応答時間だけであったため、関係者が、溶接部からの漏えいや熱応力の緩和に注意を集中して、流力振動によるさやの破損には注意が不十分となったという¹⁶⁾。してみれば、さやの折損という事象はそもそも想定されておらず、そうである以上、折損部分からナトリウムが温度計内に流入して配管外に（厳密に言えば、図5¹⁷⁾に示すように、配管の外表面を厚く取り巻く保温材の外に）洩れる、という進展が想

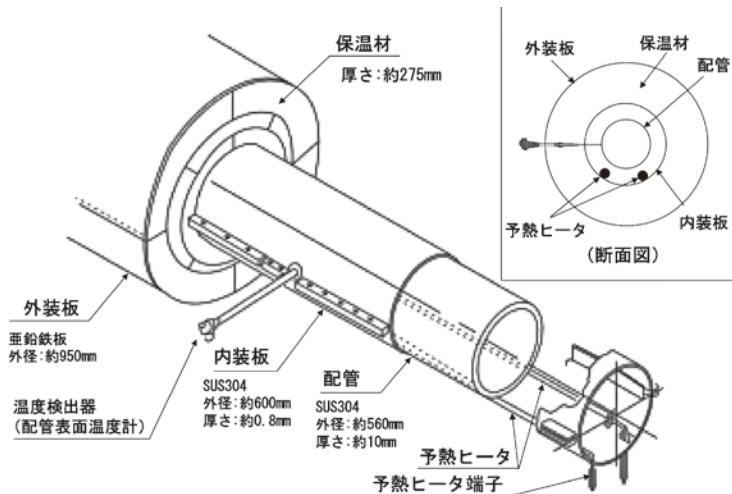
図4 フローティング方式キャッチパン型床ライナ



定されようはずがない。配管の実際の施工を見ると、外表面の軸方向（長さ方向）に予熱ヒータが這わせてあり、その端部を保温材から取り出すために孔が空けてあった。動燃は、配管に相当程度（ 15cm^2 ）の破口が生じてそこからナトリウムが漏れ出し、配管の外側表面と保温材との間の、予熱ヒータの径に相当する隙間を伝って上記の取り出し用の孔から雰囲気中に漏洩する、と想定していたのである¹⁸⁾。

これまた前回紹介したように、動燃が行った「事故」解析では、配管破損が生じて、中間熱交換器二次側での除熱能力が瞬時に完全喪失する、と想定されていたのであった。これは、実際に起こった事故に比べると相当に劇的な事態の進展であるが、それだけに、事故を生じたループの中間熱交換器一次側出口のナトリウム温度が上昇して、「中間熱交換器一次側出口ナトリウム温度高」信号により原子炉は自動停止し、出力は急速に低下して、事態は収束すると解析されていたのであった（本誌16巻3号76頁）。

図5 二次系ナトリウム配管と保温材



ところが実際に起きた事故では、「中間熱交換器二次側出口ナトリウム温度高」が発報されたものの、おそらくは中間熱交換器の除熱能力がそれほど低下しなかったために、原子炉の自動停止には至らず、また、動燃自身が事故経緯の中で語っていたように、当直長が当初、漏えいは小規模と判断したため、通常手順による原子炉の停止に取り掛かった。手動の緊急停止に踏み切ったのは、その後、火災検知器の発報が相次いだためである。さらに、事故が発生した配管からナトリウムを緊急ドレン（抜き取り）するのに約1時間20分を要した。かくして、事故発生（8日19時47分）から漏えいナトリウムのドレン完了（9日0時15分）まで、事故の一応の終熄に4時間余を要し、漏えいしたナトリウムの量も推定で640kgと、「事故」解析で見込まれた150kg（配管室のみ）を大幅に上回る結果となった。

ii 床ライナの健全性

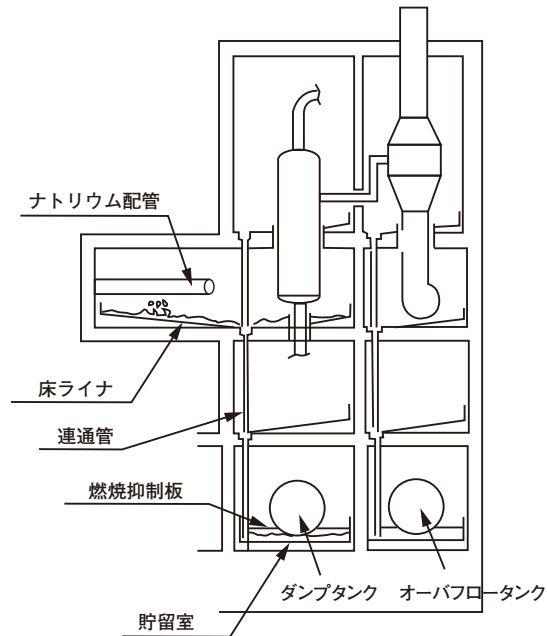
想定外だったのは、ナトリウム漏えいの原因、箇所、経路、時間、量ばかりではない。漏えいナトリウムの挙動とその影響もまた想定外であった。そもそも、事故前の動燃関係者の主たる関心あるいは懸念は、以下のような点にあったと思われる¹⁹⁾。

- ナトリウムがスプレー状に飛散して、ライナに覆われていない壁面や天井に直接に接触するのではないか。
- ナトリウムのプール燃焼によって、事故が発生した室の内圧が上昇し、それによって建屋の健全性に悪影響を及ぼすのではないか。
- 床ライナ上に溜まったナトリウムが、途中で融点以下に凝固し、連通管への流路を閉塞するのではないか。
- ナトリウム貯留槽で燃焼抑制板が有効に働いて、燃焼を窒息消化させることができるか。

もちろん、液体ナトリウムを冷却材とする世界的にも経験の少ない炉型であるが故に、漏えいを含むナトリウムの挙動については、試験が幾度となく繰り返された²⁰⁾。その結果、動燃は、床ライナはじめ図6²¹⁾に示すナトリウム漏えいに対処するための諸設備が十分に機能を発揮して、事故は大事に至らず終熄するという見通しを得ていたのであった。具体的には、次のように進展すると想定していたと思われる²²⁾。

- ① ナトリウムは、配管の破口から滝状（コラム状）に漏えいして燃焼し（コラム燃焼）、次いで床ライナ上に広がってプール燃焼を起こす。
- ② 床ライナには100分の1の傾斜がつけてあるので、プール状に広がったナトリウムは、傾斜に沿って流下し、連通管に流れ込んで建物最下層の室に設けてある貯留槽に回収される。

図6 漏えいナトリウム対策



- ③ 床ライナ上に残留するナトリウムもあるが、大部分は貯留槽に移送されて鎮火する。
- ④ ナトリウムの燃焼によって床ライナの温度も上昇するが、その健全性に問題を生じさせるほどのものではない。

ところが実際には、事故の結果、配管室の機器等に次のような損傷を生じた。差戻し後控訴審判決の事実認定²³⁾に沿って紹介しよう。なお、「換気ダクト」「グレーチング」とあるのは、それぞれ図1の「ダクト」「鉄製足場」を意味する。

① 換気ダクト

漏えい箇所直下の換気ダクト吸入口近傍に、幅約30cm、円周に沿った長さ約80cmの欠損部が生じ、欠損部周辺に高さ約15cmのナトリウム化合物が堆積した。加熱温度は、最高で800℃と推定されている。

② グレーチング

最大で幅約42cm、長さ約39cmの半楕円状の欠損部が生じ、欠損部分周辺に高さ15cm程度のナトリウム化合物が堆積した。加熱温度は、最高で1150℃と推定されている。

③ 床ライナ

漏えいしたナトリウムと配管室内の雰囲気中の酸素等とが化合して生成されたナトリウム化合物が堆積し、漏えい箇所の直下では、局所的に0.5～1.5mm程度の

板厚減少が観察された。しかし、貫通するに至った部分はなく、漏えい箇所の近傍でも、ほとんどの場所で6mm以上の板厚が計測された。加熱温度は、最高で750℃と推定されている。

④ 壁面コンクリート

ナトリウム漏えい箇所近傍の壁面コンクリートの一部(約4.5m²)に深さ1mm程度の黒灰色の変色が生じたが、その影響は表層部にとどまり、ナトリウムとコンクリートとの反応生成物は検出されず、構造耐力、遮へい性能への影響はないものと判断された。

以上の結果がすなわち、図1に示された状況であった。ナトリウムがコラム状に漏えいし、床ライナ面にプール状に広がって燃焼するものの、「大人しく」連通管を経由して貯留槽に至る、という経過ではない。まず、火災の形態については、激しい燃焼を伴うスプレー火災であると推定されたし、換気ダクト・グレーチングの損傷部や床ライナの一部に、相当量のナトリウム化合物が堆積したまま残った。動燃から国へ提出された第1報報告書によれば、12月14日から16日にかけて、床面の堆積物を除去した結果、235kgのナトリウム化合物を回収した²⁴⁾ところ、床面堆積物の大部分は酸化ナトリウム(NaO₂)であった²⁵⁾というから、単純に計算して、170kg(235×23/(23+16×2))ほどのナトリウムが滞留したことになろう。

もちろん問題は、ナトリウム化合物の滞留それ自体ではなく、滞留部で、ダクトやグレーチングにあっては破口を生じ、床ライナにあっては減肉を生じたことである。上記のように、これらの部分は相当の高温に曝されたと推測されるが、それでも、鋼鉄の融点以上となって融解したとは考えにくいので、腐食(酸化)の可能性が論じられた。しかし、強力な還元剤であるはずのナトリウムによって、なぜ鉄板が酸化されるのであろうか。むしろ、酸化鉄がナトリウムによって還元されて鉄となる(FeO+2Na→Fe+Na₂O)のではなかろうか。この点は、動燃自身も説明を要する事柄と考えたらしく、その報告書のひとつには、次のような内容の記述がある²⁶⁾。

- ① ナトリウム燃焼による主要な生成物である過酸化ナトリウム(Na₂O₂)は、200～800℃の全温度域で鉄を酸化させることができる。
- ② 酸化ナトリウム(Na₂O)は、鉄を単独で酸化させることはできないが、ナトリウム・鉄複合酸化物を形成することで鉄を酸化させることが可能となる。

そうだとすれば、本件事故において、これらのナトリウム酸化物が、換気ダクト・グレーチングの損傷、床ライナの減肉にどのように関与したのかが問題となる。本件事故後、科技庁、原安委には、事故原因の糾明を行うチームが組織され、当事者である動燃

自身からはもとより、これらのチームからも、多くの文書が発出された²⁷⁾が、これらの一々について触れる暇はないので、ここでは、事故の進展の様式、とりわけ床ライナの腐食の機構を知るために動燃が二度にわたって「大洗工学センター」で実施したナトリウム燃焼実験について、主として差戻し後第一審判決の要約²⁸⁾と動燃自身が公表した実験報告書²⁹⁾に拠りながら、その経緯を簡単に振り返る。

1996年4月8日実施の燃焼実験Ⅰでは、内容積約 100m^3 の鋼製円筒容器の実験装置内で、「もんじゅ」の温度計を取り付けた配管と周囲の保温材とを部分的に模擬した漏えい部試験体から 480°C のナトリウムを漏えいさせた。当初、本件事故時と同じく222分(3時間42分)にわたって漏えいさせる予定であったが、換気系統に故障が生じたため、実験は、開始後1時間33分で中止された³⁰⁾。実験の結果、実験装置の床部には、酸化ナトリウムを主体としてナトリウム酸化物が山状に堆積した。換気ダクト表面の破損は確認されなかったものの、グレーチングには一部で破損と減肉が認められ、また、床部の鋼製の受け皿(床ライナを模擬したもので、実機と同じ材質・板厚にされていた)は、表面温度約 $700\sim 800^\circ\text{C}$ で推移し、漏えい部直下近傍で直径約1mの範囲で最大約1mmの減肉が認められた。

同年6月7日実施の燃焼実験Ⅱでは、内容積約 170m^3 のコンクリート製矩形容器(本件事故が起こった配管室に模擬したもの)内で、3時間44分にわたって、 480°C のナトリウム690kgを漏えいさせた。実験の結果、換気ダクトの温度計直下部分が大きく損傷し、グレーチングも、長さ方向に長い二山形状の欠損を生じた。また、床ライナ上には溶融体が凝固した堆積物が平板状に広がるとともに、漏えい部直下近傍の床ライナが損傷し、大小五つの貫通孔(大きさは、最大で約 $28\text{cm}\times 22\text{cm}$ 程度、最小で直径約1.5cm程度)が確認された。そして、鋼材の腐食速度は、本件事故・燃焼実験Ⅰにおけるそれよりも著しく速かった。

動燃は、燃焼実験Ⅰ・Ⅱやその解析、その後の腐食試験などに基づいて、以下のような見解を発表した。長大にわたるが極めて重要なので、この点に関する差戻し後控訴審判決の認定³¹⁾をそのまま引用する。

まず動燃は、両燃焼実験での腐食の機構が異なることを強調している³²⁾。

本件ナトリウム漏えい事故時と燃焼実験Ⅰでは、燃焼期間中において湿分の量は少なく、床ライナ(又は受け皿)上の堆積物は殆どが酸化ナトリウム(Na_2O)であり、水酸化ナトリウム(NaOH)は極めて少なかったことから、酸化ナトリウム(Na_2O)と鋼板(Fe)が高温で反応するナトリウム・鉄複合酸化型腐食(NaFe 複合酸化型腐食)が生じ、一様な腐

食形態になったものと考えられる。

一方、燃焼実験Ⅱでは、実験を行った部屋（容器）の容積が小さかったこと等から、ナトリウムの燃焼に伴って部屋の温度が高温になり、コンクリート部から多量の水分が発生し、この水分により、堆積物（ナトリウム燃焼に伴い床ライナ上に堆積した堆積物）中の水酸化ナトリウム（NaOH）の割合が増加して溶融体（固体が熱せられて液体となっている状態）となり、これに溶け込んだ過酸化ナトリウム（ Na_2O_2 ）が過酸化物イオンとなって床ライナ銅板（Fe）を腐食する「溶融塩型腐食」、すなわち界面反応による腐食が主体的であったと考えられる³³⁾。

以上のことから、燃焼実験Ⅱの腐食機構は、本件ナトリウム漏えい事故時及び燃焼実験Ⅰの腐食機構とは異なると考えられる。

次に動燃は、上記の二つの腐食機構の特色について、次のように述べた。

ナトリウム・鉄複合酸化型腐食（NaFe 複合酸化型腐食）は、ナトリウム（Na）と酸化ナトリウム（ Na_2O ）が共存できる非常に低い酸素ポテンシャル（化学反応が起きている領域の酸化力の尺度のこと）環境下で発生する腐食機構であるのに対し、溶融塩型腐食（界面反応による腐食）は、燃焼生成した過酸化ナトリウム（ Na_2O_2 ）が存在する高い酸素ポテンシャル環境下で支配的となる腐食機構である。

ナトリウム・鉄複合酸化型腐食（NaFe 複合酸化型腐食）では、反応生成物が固体として材料表面に形成され、生成物自身が融点等により溶融体環境に溶解しない限りは、他の生成物除去機構が反応の持続に必要なことになる。これに対し、溶融塩型腐食（界面反応による腐食）では、過酸化物イオンが材料と反応し、銅板（Fe）はオキシ錯イオンとなって、直接溶融体環境に溶出するため、反応生成層等による保護膜形成が期待できず、腐食が進行する。

ナトリウム・鉄複合酸化型腐食（NaFe 複合酸化型腐食）の環境では、Na（ Na^+ ）が弱い酸化剤としてFeを酸化する。これに対して、溶融塩型腐食（界面反応による腐食）では、強力な酸化剤である Na_2O_2 （ O_2^{2-} ）がFeを酸化する。

さらに動燃は、腐食速度の相違に言及している。

高温化学反応試験装置を用いて、腐食試験（減肉速度の試験）を行ったところ、溶融塩型腐食（界面反応による腐食）は、ナトリウム・鉄複合酸化型腐食（NaFe 複合酸化型腐食）に比べて、約5倍程度、腐食速度が早いことが判明した。

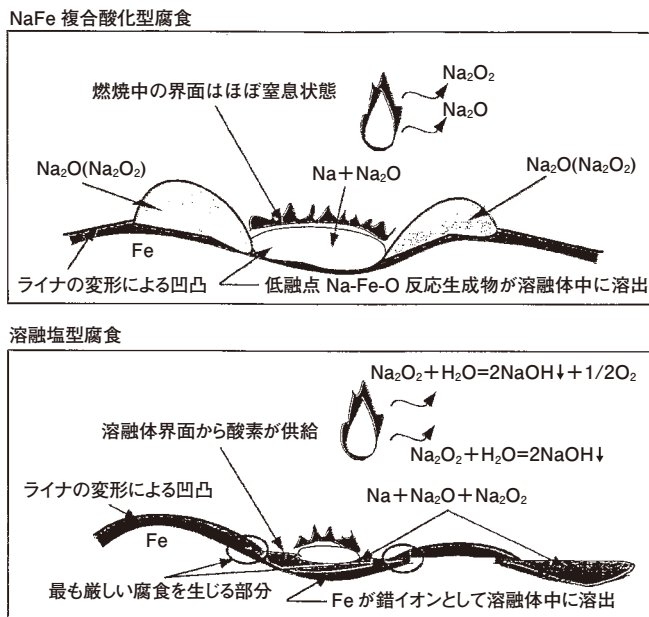
したがって、燃焼実験Ⅱでは、ナトリウム漏えい開始後3時間20分ころには大小5個の貫通孔が生じるに至ったのは、溶融塩型腐食（界面反応による腐食）によって、鋼材の腐食速度が本件ナトリウム漏えい事故及び燃焼実験Ⅰに比べて、著しく早かったためであると考えられる。

図7は、両燃焼実験における腐食環境と床ライナの減肉機構とを示す概念図として、動燃自身が作成したものである³⁴⁾。動燃が、本件事故・燃焼実験Ⅰと燃焼実験Ⅱとの間の腐食機構の違いに、新しい術語まで作って陳弁これ努めたのは、後者で生じた床ライナの貫通（したがって、漏えいナトリウムとコンクリートおよびその水分との直接接触）という事態が実機では起こり得ないことを強調したいがためであったことはいうまでもない。

腐食の専門家の解説³⁵⁾によれば、動燃がナトリウム・鉄複合酸化型腐食と呼んだ反応では、腐食の「速度は恐れるほどではなく、実機事故でのライナー鉄板が受けた0.1mm/h程度である」が、熔融塩型腐食にあっては、酸化の主役は過酸化イオンであり、数mm/h以上もの浸蝕速度となる。

腐食機構の相違について、専門家の議論がどのように着落したのかは、詳らかにし得なかった。ただ、規制当局である科技庁が、動燃の見解をほぼそのまま受け入れた³⁶⁾のに対して、原安委第二次報告は、燃焼実験Ⅰでは鉄と酸化ナトリウムとの反応によって生成した複合酸化物が高温で溶出して腐食を進め、燃焼実験Ⅱでは多量の水酸化ナトリウムを含む熔融塩が腐食に関与した、という認識を動燃・科技庁と共有しつつも、腐食機構の推論の当否についてさらに科学的知見が必要である、として、やや留保した姿勢を示した³⁷⁾。いずれにせよ、条件次第では、熔融塩型腐食で床ライナ貫通があり得ることは新知見であった³⁸⁾。

図7 腐食機構の相違の概念図



iii 含意

動燃は、事故後約1年を経た1996年12月に、科技庁のもんじゅ安全性総点検チームによる指導・確認・評価を受けながら、次の5項目について「安全総点検作業」を開始した。

- ① ナトリウム漏えい関連設備を中心とした点検
- ② 設備の設計から運用に至るまでの点検
- ③ 運転手順書等の点検
- ④ 研究開発成果・技術情報の反映の点検
- ⑤ 品質保証体系・品質保証活動の点検

本稿の当面の関心事である①については、当然ながら、流力振動に対する健全性の点検が行われ、事故の発端となった温度計さやはもちろん、冷却系統内で流力振動を受けられる可能性のある計器・機器（液面計、熱交換器熱管など）について、動燃自身が策定した「温度計の流力振動防止のための設計方針」に基づいて健全性評価がなされた³⁹⁾。その結果、二次主冷却系の温度計48本はすべて交換され、一部は撤去された⁴⁰⁾。温度計の設計・仕様等は、基本設計（設置許可）の対象ではないというのが関係者の共通諒解であったので、この交換作業は、設置変更許可を経ることなく、設工認を得て実施された（2001年6月29日申請，2002年6月28日認可処分）。

またナトリウム漏えい対策としては、ドレン（抜き取り）時間を短縮して漏えい量を抑制するため、二次冷却系におけるドレンラインの追加、既設ドレン配管の大口径化などの対策がとられることとなった。この対策を実行するには設置変更許可を得る必要があったので、2001年6月6日に申請がなされ、2002年12月26日に許可処分がなされた⁴¹⁾。

他方、本件事故には広い意味でのヒューマンエラーの要素が絡んでいた。当日、二次系ナトリウムの漏えいを確認しながら、原子炉の緊急停止、換気⁴²⁾やナトリウムの汲み上げの停止、ナトリウムのドレンなどの必要な作業にただちに取り掛からず、ためにナトリウムの漏えいが長時間継続した。これは、当直長が発災当初、本件事故をナトリウムの「小漏えい」と判断したためであるが、現場の職員ばかりも責められず、漏えい規模の判断に関する異常時運転手順書の記載に不備があったことが指摘されている。上記の、安全総点検作業の項目③は、まさにこうした指摘に対処するものであった。

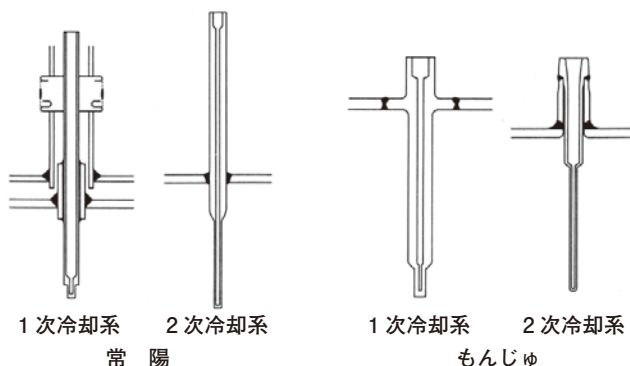
しかし、ヒューマンエラーといえば、より根本的な問題は、温度計の設計に関して、なぜ「極めて初歩的な失敗」が生じたのか、という点にこそあろう。「もんじゅ」のプラント建設は、三菱重工・富士電機・日立製作所・東芝の4社コンソーシアムで行われ

た。そのうち二次冷却系は、配管・ポンプ等を含めて東芝の担当であり⁴³⁾、受注者である東芝から、二次冷却系配管等の工事を請け負ったのが石川島播磨重工業（当時。2007年7月に、商号を今日の「株式会社 IHI」に変更）であった。いずれも日本を代表する一流プラントメーカーである。その技術陣がなぜ、対称渦による流力振動を見逃したのであろうか。会計検査院の報告⁴⁴⁾および原安委第一次報告によれば、次のような事情が認められた。

- ① 製作納入請負契約の契約書には、温度計について、熱電対の型式・精度等が定められているが、さやの仕様は定められていない⁴⁵⁾。
- ② メーカーから動燃へ、段付き構造の温度計さやを含む配管配置図が提出されたが、動燃からは、熱応力を緩和する観点からのコメントが付されたため、温度計を配管に取り付ける方法が、直接溶接方式から管台に取り付ける方式に変更されたものの、段付き構造は変更されなかった。
- ③ メーカーは、温度計さやがカルマン渦による影響を受けないという評価を得たため、改訂した（が、段付き構造はそのままの）配管配置図を動燃に提出し、動燃はこれを承認した。
- ④ 上記③の評価は、アメリカ機械学会（ASME: American Society of Mechanical Engineers）の1974年の基準を参考としたもので、カルマン渦によるナトリウムの流れに対して垂直方向（揚力方向）の共振が回避されるという結果が得られたが、この基準は、テーパ型など、応力集中を生ずる不連続部のない温度計さやについて定められたものであったため、本件温度計さやには当てはまらないものであった。
- ⑤ 1991年にASMEの基準に抗力方向の振動を回避する条件が付加され、メーカーはこの資料を入手したが、抗力方向の振動に関する記載があることを温度計設計関係者が認識したのは、事故後であった。
- ⑥ 以上の結果、動燃は、温度計さやの設計上の欠陥を指摘できず仕舞いとなった。原発技術者が、ASMEの基準（およびその付加）の内容を熟知していなかったとは意外というほかないが、それを仮に措くとしても、「常陽」、および同じ「もんじゅ」の一次冷却系では、同種の事故が起きていないことに注意しなければならない。それらの温度計さやは、それぞれ図8⁴⁶⁾のような形状をなしていた。

これらの温度計の設計時点では、上記のASMEの1991年付加基準は知られていなかったが、一見して明らかなように、「常陽」および「もんじゅ」一次冷却系の温度計さやは、太管部から細管部に緩やかに移行していたり、細管部が短かったりしていたために、結果的に難を免れたと考えられる。同じ「もんじゅ」でありながら、一次冷却系と二次

図8 温度計さやの形状の比較



冷却系の担当企業が異なったため、意思の疎通・情報の交換が十分でなかったのかも知れず、そこに、コンソーシアム方式の弱点が現れた、と解釈することもできよう。しかし、「常陽」の建設も、やはり4社コンソーシアムで行われたのである。その製作分担は、表2のようであった。

すなわち、両原子炉の間で、一次冷却系の製作分担企業は同じ日立製作所であるのに、二次冷却系では異なっており、これが事故の（したがって設計ミス）の遠因となったのかも知れない。「評価の考え方」でも力説されているように、「もんじゅ」の設計や安全性の評価に当たっては、「常陽」など既往の経験を十分に考慮することが必要であったが、温度計の設計に関する限り、現実には果たされなかった。機密保持に奇妙に甘いところがある反面、秘密主義や縄張り意識が横行する、日本の企業社会にありがちな「文化」が禍した、とも考えられよう。また、本件事故後、技術者集団としては当然ことながら、動燃は、温度計の流力振動に関する調査・解析を行った⁴⁷⁾が、本件事故の真因ともいうべき先行文献調査の不徹底や関係者間のミスコミュニケーションのよって来る原因を探求した形跡はない。

同様の疑問は、漏えいナトリウムによる床ライナの腐食についても当てはまる。動燃の力説するところをひとまず受け入れるとすれば、既述のように、本件事故（および燃焼実験Ⅰ）における腐食はナトリウム・鉄複合酸化型腐食であって、燃焼実験Ⅱで観察

表2 「常陽」「もんじゅ」の製作分担

	原子炉本体	燃料取扱設備	一次冷却系	二次冷却系
「常陽」	日立製作所	東芝・富士電機	日立製作所	三菱重工
「もんじゅ」	三菱重工	富士電機	日立製作所	東芝

された熔融塩型腐食ではなかったのであるから、実機において、再び二次冷却系のナトリウムが漏えいする事故が起きるとしても、床ライナの深い腐食は生ぜず、その健全性が維持されよう。しかし、すでに上記 ii で見たように、ナトリウム・鉄複合酸化型腐食であれ、動燃が本件事故以前に床ライナの腐食による損傷という事態を想定していたようには見えない⁴⁸⁾。

では、「燃焼ナトリウムと接触した鉄が酸素の存在のもとに鉄の融点以下で損傷し得るという知見が、もんじゅの設計・審査時点で一般的に存在したか、あるいは予測が可能であったか」。この問いに対して、原安委から調査依頼を受けた電気化学会は、「結論から言って、損傷の発生する可能性を予測することは可能であったと判断される」と回答した。原安委は、「もんじゅ」の設置許可申請がなされた1980年以前において関係の論文が公表されていたものの、「問題意識がなかったためこの論文がナトリウム燃焼における床ライナの腐食を予見させるものとは考えず、鉄、ナトリウム及び酸素が関与する界面反応に関する知見を得るに至らなかった⁴⁹⁾と結論づけた。電気化学会の回答と一見矛盾するようではあるが、「問題意識がなかった」のであれば、いかに内外で新知見が公表されていようとも、それが「もんじゅ」の関係者の耳目に達しないのは当然であった。

しかし、名だたるプラントメーカーに、腐食の専門家（少なくとも腐食に関心を寄せる技術者）がいなかったとは考えられないのに、なぜ彼（女）らが、内外の文献に目配りしなかったのか、あるいは、目配りしていた者の知見がなぜ担当者に伝達されなかったのか、については、探求されず仕舞いに終わったように見える。

本件事故は、最新の知見を獲得し関係者の間で共有することの困難を浮き彫りにした。二次冷却系ナトリウムの漏えいは、中性子の挙動や制御棒の性能といった、原子炉工学プロパーの領域における知見の不足が災いして生じたものではない。流力振動や腐食に関する知見は、広く他産業においても求められるだけに、原子炉の専門技術者にはかえって盲点となったのかも知れない。原発は、建設に要する部品の総数が5千万点ともいわれる、他に類例のない巨大複雑系の工場であり、その細部のすべてに通暁するなど、到底一人の人間になし得るところではないから、あらかじめ完全な知識を備えてプラントの設計・建設に取り掛かるなど、もともとできない相談なのである。もっとも、だからといって、そうした心許ない状態では原発の建設・運転など許されるはずがない、という結論に結びつくわけではない。実験炉、原型炉、実証炉と段階を経て商用化を目指す経路は、実験や解析では得難い、実機に就いての経験の蓄積をこそ目指しているからである。

ところで、注目すべきことに、本件事故にかかわる一連の言説において、当局がいかなる知見を有していたのかは問題にもされなかった。よく知られているように、かつて最高裁は伊方原発訴訟において、原子炉施設の安全性審査においては、「原子力工学はもとより、多方面にわたる極めて高度な最新の科学的、専門技術的知見に基づく総合的判断が必要とされる」⁵⁰⁾、と述べた。「必要とされる」のはその通りであろうが、当局が事実としてそうした知見を有しているか否かは、まったく別問題であり、少なくとも、対称渦による流力振動や高温ナトリウムによる鋼鉄の腐食について、格別の知見を有していたとは考え難い。原安委は、温度計の詳細設計のごときは、基本設計の審査の対象でも設工認の審査の対象でもなく、設置者の責任に属することを強調した⁵¹⁾。当局と設置者との責任の分界に関する法解釈としては、一つのあり得べき見解であろう。しかしそうだとすると、当局が「極めて高度な最新の科学的、専門技術的知見」を欠いていた事実には、変わりがない。当局の保有する知見の水準が事業者のそれと同等かそれに劣る場合、当局による規制がいかなる意味で可能であるのか、という問題は、特に「3・11」以降喧しく論じられるようになったが、この疑念は、すでに本件事故の段階で胚胎していたのである。

iv その後

さまざまな、そして大きな波紋を呼んだナトリウム漏えい事故ではあったが、工学的見地からすればそれほど深刻な事態ではなかった。二次冷却材にはもともと放射性物質は含まれていないので、本件事故で環境中に放出された放射性物質は、トリチウム 4×10^7 Bq に止まり、これとて、原発から平常時に気体廃棄物として放出されるトリチウムよりも少ない量であった。ナトリウム・エアロゾルの放出も無視できるレベルであった。原子炉自体への影響についていえば、事故を起こしたCループ以外の2ループは健全性を保ち、炉心の除熱にも支障がなかった。原子力事故の重大さを示す指標である「国際原子力事象評価尺度」(INES: International Nuclear and Radiological Event Scale) によれば、本件事故は、7段階中のレベル1の「逸脱」(Anomaly)であった。

床ライナの損傷にしても、本件事故にあってはその機能が十分果たされたというほかない。確かに、貫通孔を生じた上記の燃焼実験Ⅱの結果はショッキングであったが、これとて、実験設備が実機を正しく模擬したものではなかったことに由来するのであり、両燃焼実験が「十分な準備、検討もなしに、あたふたと行われた」という識者の指摘⁵²⁾は、身も蓋もない言い草ながら真相を穿ていよう。

しかし、本件事故の社会的影響は極めて大きかった。本件事故により使用前検査は中止され、以後「もんじゅ」の運転は、2010年5月6日に再起動(同月8日に臨界)する

まで、14年半の長きに渡って停止された。そして、ようやく再起動に漕ぎ着けたのも束の間、同年8月には炉内燃料中継装置の落下事故が起きた。もちろん、ナトリウム漏えい事故対策に熱中するあまりその余の点には目配りが効かなくなって落下事故が起きた、という因果関係の存在が認められるわけではない。しかし、何か事故が起きると、その防止策のために有形無形のあらゆるリソースを投じて鉄壁の布陣を敷くが、事業の全体を鳥瞰したバランスのよいリスク管理までは手が廻らなくなるのが、日本において幾たびも繰り返されてきた光景である。「3・11」以降、いわゆる「再稼働」を目指す原発において、地震・津波の対策に異様なまでの努力が傾注されたのも、その延長線上の現象であろう。そして、追い討ちをかけるように、翌2011年には東日本大震災が待ち構えていた。現時点で振り返れば、いかにも不運な炉であったというほかない。

もちろん、長期運転停止の原因を不運だけに帰すことはできない。最大の原因はむしろ、動燃自身の隠蔽体質にあった。事故発生直後に「もんじゅ」の職員が現場の配管室の光景を撮影したが、そのビデオを公表せず、あるいは、漏えい箇所等の刺激的な部分を削除した編集版を「マスター」であるとして公表するなどしたのである⁵³⁾。さらに、動燃総務部次長という枢要の地位にあり、ビデオ隠し問題の社内調査の取りまとめ役であった幹部が、飛び降り自殺を遂げるという悲劇があった。遺書には、「人が人を裁くこと、見極めることは大変難しいことです」などと書かれてあったといわれ⁵⁴⁾、上司をも調査しなければならない苦しい立場を吐露したものと推測された。度重なる不祥事に、世論が、「もんじゅ」の運転主体としての動燃の適格性に疑問を抱いたのも当然であろう。

かくして「もんじゅ」は、ナトリウム漏えい事故という重い十字架を担いつつ再起の道をたどらざるを得なくなり、ひいては無効確認訴訟の前途にも決定的な刻印を残したのである。

(つづく)

注

- 1) 動燃は、本稿(3)の注1(本誌16巻3号79頁)で述べたように、1998年10月1日をもって「核燃料サイクル開発機構」に改組されたが、法人名を使い分けるのは煩瑣であるため、今回は、文献のクレジットを示す場合などを除き、改組の前後を通じて「動燃」と表記する。
- 2) 村山衛ほか「高速増殖炉もんじゅ発電所の建設動向」日立評論71巻10号(1989年)994号。
- 3) 永井文夫ほか「『もんじゅ』建設の歩み No.1(用地選定から建設着工まで)」(2002年9月、JNC-TN4440 2002-012)スライド80。なお、動燃(およびその後継組織)の関係者が執筆した論文・研究報告の類は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA: Japan Atomic Energy Agency)のデータベースであるJOPSS(JAEA Originated Searching System)《<https://jopss.jaea>》

- go.jp/search/》に記載されている。上記文献の括弧内は、公表年月とJOPSSのコード番号である。
- 4) この使用前検査は、廃炉に至るまでついに完結しなかった。「もんじゅ」の工事が竣功していながら往々「建設中」と表記されるのは、このためである。
 - 5) 動燃「「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故の概要」《<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/old/koso/siryo/koso01/siryo07.htm>》(第1回高速増殖炉懇談会〔1997年2月21日〕資料第1-7号)。
 - 6) 動燃・前出注5)。
 - 7) 「主」冷却系と呼ばれるのは、ほかに、崩壊熱を除去するための補助冷却系が設けられているからである。
 - 8) 差戻し後第一審判決第六章、第六、八、1、(-) (判タ1043号242頁1段目)。
 - 9) 動燃・前出注5)。
 - 10) 動燃三十年史編集委員会『動燃三十年史』(動燃、1998年)151頁。
 - 11) 小林英男「高速増殖原型炉もんじゅの2次系ナトリウム漏洩」特定非営利活動法人失敗学会『失敗知識データベース：失敗百選』《<http://www.shippai.org/fkd/hf/HB0011005.pdf>》11頁。
 - 12) 住田健二「高速増殖炉“もんじゅ”のNaもれ事故の教訓」学術の動向1997年1月号64頁。住田氏は、原安委の委員であった。
 - 13) しかしそうすると、本件温度計と同一のさやを有し、ほぼ同じ運転履歴の温度計が30本あったのに、なぜそのうちの一本だけが折損事故を起こしたかが疑問になるが、本件温度計では、熱電対がもともと曲がって挿入されており、まっすぐに挿入されていた場合に比べて振動の減衰率が小さかったために、疲労損傷を生ずるに至った、と説明されている。山崖佳昭ほか「もんじゅ事故の原因究明について」計測と制御37巻3号(1998年)193頁。
 - 14) 一宮正和ほか「もんじゅ2次系床ライナの機械的健全性について」(2000年12月、JNC-TN2400-2000-005)2頁。
 - 15) 一宮ほか・前出注14)6頁。
 - 16) 原安委第一次報告4.1.1, (2), ①。
 - 17) 動燃「高速増殖炉の安全性」(第9回福井県もんじゅ安全性調査検討専門委員会〔2002年6月26日〕資料3)《<http://www.atom.pref.fukui.jp/monjyu/H140626/H140626-2-PDF>》24頁。
 - 18) 大野修司ほか「ナトリウム漏洩燃焼に関する研究」動燃技報92号(1994年)24頁。
 - 19) 大野ほか・前出注18)23~26頁。
 - 20) 宮原信哉ほか「高速増殖炉における冷却材ナトリウムの漏えい燃焼対策」日本燃焼学会誌45巻133号(2003年)142~143頁に、本件事故の前後に行われた各種試験の一覧表が掲げられている。
 - 21) 大野ほか・前出注18)23頁。
 - 22) 大野ほか・前出注18)24~27頁。配管回りの保温材等が、漏えい時にも健全性を維持し、漏えいナトリウムをスプレー状に飛散させないことについては、森井正ほか「大規模ナトリウム漏洩燃焼試験(Ⅳ)(空気雰囲気における模擬配管からのナトリウム漏洩燃焼試験, RUN-E2)」(1987年6月、PNC-TN9410-87-088)。なお、保温材を施工されていない裸の状態の配管からでも、ナトリウムがスプレー状に噴出してスプレー燃焼を起こす割合はわずかである、という解析結果も公表されている。森井正ほか「大型高速増殖炉要素技術設計研究(Ⅱ)―ナトリウム燃焼解析―」(1986年6月、PNC-TN9410-86-066)。また、燃焼ナトリウムの雰囲気への熱伝達については、宮原信哉ほか「大規模ナトリウム漏洩燃焼試験(Ⅰ)―空気雰囲気におけるナトリウムプール燃焼試験, RUN-D1―」(1987年5月、PNC-TN9410-87-081)。床ライナ上のナトリウムの流動性、および、燃焼抑制板の有効性については、宮原信哉ほか「大規模ナトリウム漏洩燃焼試験(Ⅴ)―二次系ナトリウム漏洩事故の事象推移に関する統合模擬試験, RUN-D2―」(1986年10月、PNC-TN9410-86-113)。
 - 23) 判タ1117号149頁1~2段目。
 - 24) 動燃「40%出力試験中における2次系ナトリウム漏えいについて(国への第1報告書)」(1995年12月、PNC-TN1440-96-025)3頁。

- 25) 伊藤和元ほか「『もんじゅ』ナトリウム漏えい事故に関する技術報告」日本原子力学会誌 39 巻 9 号 (1997 年) 723 頁。
- 26) 動燃もんじゅ建設所「40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故について (第5報報告書)」(1997年3月, PNC-TN2440 97-017 vol 2) II-2-15 ~ 16。「報告書」と銘打たれているのは、本文書が、福井県・敦賀市と動燃との間で結ばれた「高速増殖原型炉もんじゅ周辺環境の安全確保等に関する協定書」(1992年5月29日締結)7条に基づく(動燃から福井県・敦賀市への)「連絡」を目的としたものだからである。
- 27) 事故後の、動燃・科技厅・原安委の主な活動については、原安委編『平成14年版原子力安全白書』35~36頁の表にまとめられている。
- 28) 判タ1043号245頁4段目~246頁2段目。
- 29) 川田耕嗣ほか「もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明—ナトリウム漏えい燃焼実験Ⅰ」(1997年1月, PNC-TN9410 97-036), 内山尚基ほか「もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明—ナトリウム漏えい燃焼実験Ⅱ」(1997年3月, PNC-TN9410 97-051)。
- 30) 川田ほか・前出注29)10頁。
- 31) 判タ1117号153頁1~2段目。
- 32) この点については、動燃もんじゅ建設所・前出注26)第Ⅱ編2.4および2.5に詳しい。
- 33) ここでいう「界面」とは、固相(床ライナ表面)と液相(過酸化ナトリウムなどの塩が溶融混合した溶融塩)とが接触している面のことであろう。
- 34) 動燃もんじゅ建設所・前出注26)II-2-60。
- 35) 高橋正雄「高速増殖炉『もんじゅ』のナトリウム漏えい事故が問うた化学の力量」Zairyo-to-Kankyo 57巻12号(2008年)515頁。
- 36) 例えば、科学技術庁原子力安全局原子炉規制課「もんじゅナトリウム漏えい事故の調査状況について」(第5回原子力委員会臨時会議〔1997年1月24日〕資料2)。
- 37) 原安委第二次報告3, (1), ②。
- 38) 宮崎慶次「ナトリウム燃焼実験と火災事故例の概観および安全防護への考察」日本原子力学会誌 43巻3号(2001年)32頁。
- 39) 動燃「『もんじゅ』の安全総点検実施状況報告」(第7回高速増殖炉懇談会〔1997年7月16日〕資料第7-7号)《<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/old/koso/siryu/koso07/siryu07.htm>》別添資料。伊藤和元「『もんじゅ』の現状と今後」日本原子力学会誌 41巻4号(1999年)181~182頁。「設計方針」の具体的な内容は、温度計設計方針検討会「温度計の流体振動防止のための設計方針(案)」(1997年3月, PNC-TN9410 97-042)。当然ながら、「流れの中に置かれる温度計については、…渦放出による揚力方向及び抗力方向の同期振動領域を回避するものとする」と明記されている(2頁, 圈点安全)。
- 40) 動燃「『もんじゅ』の安全総点検実施状況について」(第9回高速増殖炉懇談会〔1997年9月19日〕資料第9-9号)《<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/old/koso/siryu/koso09/93.htm>》。
- 41) この設置変更許可処分は、本誌16巻3号63頁の表2の番号4の処分に当たる。
- 42) 酸素を供給し続けると、ナトリウム燃焼が鎮火しないため、結果論とはいえ、換気を停止すべきであった。しかし、原子炉それ自体の運転が、遅れたものの手で緊急停止されたのに対して、事故が起きた室の換気は、発災後およそ3時間半を経て、それも自動で停止された。
- 43) コンソーシアム構成4社中の東芝の担当分野については、村山衛ほか「高速増殖炉もんじゅ発電所の建設」東芝レビュー 45巻7号(1990年)538頁の表1。製作納入請負契約の契約金額は約3481億円であった。
- 44) 会計検査院「平成7年度決算検査報告」第3章, 第3《<http://report.jbaudit.go.jp/org/h07/1995-h07-0433-0.htm>》。
- 45) 先に、「原安委の調査によれば、動燃がプラントメーカーに対して示した仕様は、温度計の応答時間だけであった」と述べたが(本文116頁)、温度計さやそれ自体の仕様は、請負契約書には規

定されていなかったのであろう。

- 46) 会計検査院・前出注 44)。
- 47) 岩田耕司ほか「「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故原因究明 流体力による温度計の振動について」(1997年4月, PNC-TN9410 97-017)。いうまでもなく, 温度計さやの破断は, 対称渦の放出に伴う流力振動による高サイクル疲労が原因で生じた, と結論づけている(1頁)。
- 48) より正確には, コラム燃焼による大量の溶融ナトリウムと鉄との接触は想定していたものの, ナトリウムの酸化物・過酸化物・水酸化物の溶融塩との反応は想定していなかった, と表現されるべきであろう。社団法人電気化学会「動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉もんじゅの2次系ナトリウム漏洩事故に関する調査依頼の報告書」(1997年3月19日付)(原安委第二次報告参考5) II, 1, (f)。
- 49) 電気化学会・前出注 48) III, 原安委第二次報告 3. (2), ②。
- 50) 最判 4・10・29 民集 46 卷 7 号 1174 頁〔1182 頁〕。
- 51) 原安委第一次報告 4.2。
- 52) 高橋・前出注 35) 514 頁。
- 53) この点は, その後の動燃の改善措置と併せて, 詳細に検討するに値する論点であるが, 紙幅の関係から本稿ではこれ以上立ち入らない。差し当たりビデオ隠しの顛末については, 緑風出版編集部編『高速増殖炉もんじゅ事故』(緑風出版, 1996年) 27～31頁。
- 54) 朝日新聞 1996年1月14日朝刊 31頁。