

えられるが、出水時、B氏は5階の大物搬入口を見上げる位置にいたので、出水の方向が一致しない（出水はB氏の右横方向で起きている）。

使用済み燃料貯蔵プールの壁の最上部には多数の「換気口」が設けられているため、地震発生時にその換気口に流入したプール水が排気ダクト経由で4階に流れ落ちてきたことも考えられる。

次項「2.2.4 2）」に記すように、1号機に関しては、IC系配管が地震動で破損しなかったかどうかたびたび問題になってきたが、前述のように、出水が目撃された原子炉建屋4階にはIC系配管が複雑に取り回され、一部の配管は目撃された出水現場近くまで伸びている。

こうした事情から、当委員会は、ある程度被ばくしてでも4階を実地調査したい旨、東電に申し入れた（調査の目的はあえて伝えなかった）。しかし、原子炉建屋内には照明がなく昼間も真っ暗であること、水素爆発によっていたるところにがれきが散乱しているうえ大物搬入口のような開口部もあって非常に危険であること、東電としては従業員に余計な被ばくをさせたくないのだから当委員会の調査には同行できないこと、などを伝えてきた。熟考の末、当委員会は原子炉建屋内調査を断念した。

結局、現時点で当委員会が断定的に言えることは、1号機原子炉建屋4階の南側の壁付近で地震発生直後に出水があったということだけである。東電並びに保安院によって、出水元が徹底的に調査される必要がある。

なお、東電は、地震発生当時、原子炉建屋4階で協力企業の社員数名が作業をしていたことを当然認識していたはずであるから、東電事故調査チームは直ちに彼らから聞き取り調査を行っていきかねるべきであったが¹⁵⁸、当委員会がA、B両氏から聞き取り調査を行った時点¹⁵⁹でもなお、それはなされていなかった。

2) 非常用復水器 (IC) 問題

1号機の運転員らは原子炉圧力の急速な降下を見て、「配管漏えい」がないかどうかを確認するために、また降下しすぎた圧力を手中に収めるべく、ICを手動停止した。東電が主張している冷却材温度変化率「55℃/h以下」の順守が手動停止の直接の動機ではない。手動停止は3人の運転員の妥当な判断と連携のもとに行われている。一方、地震動によってIC系配管に小規模冷却材喪失事故につながるような微小破損が生じなかったかどうかに関しては、現場での仔細な検査ができない現状では、断定的に何も言うことはできない。以下に詳しく記す。

ル貫通部から非管理区域の排水設備へ漏えいし、最終的に発電所外に放出された。これを教訓に、柏崎刈羽原発と福島第一、第二原発の全号機の使用済み燃料貯蔵プールの周囲に高さ約1mの柵が設置された。

¹⁵⁸ A氏は、目撃した出水が何か、被ばくした可能性はないか、などを事故直後から東電に何度か問い合わせている。しかし、なかなか相手にされず、東電がA氏の求めに応じて内部被ばく検査を実施したのは6月末のことである。

¹⁵⁹ 平成24（2012）年1月18日並びに同2月13日

a. 運転員¹⁶⁰はなぜ非常用復水器（IC）を手動停止したか

①ICの役割と動作原理

原発は、原子炉圧力容器の中で核燃料を使って水を沸騰させ、発生した大量の蒸気（圧力約6.8MPa、温度約285℃）を主蒸気管でタービン・発電機に送り、電気を生み出している。しかし、14時47分に主蒸気隔離弁（MSIV）が突然閉じたため、原子炉圧力容器の中で発生する大量の蒸気が行き場を失い、原子炉圧力（炉圧）が上昇し始めた。特に原子炉スクラム直後は核分裂生成物による崩壊熱が大きく、炉圧の上昇は速い。14時52分、炉圧の高まりを感知した非常用復水器（IC、図2.2.4-1）が自動起動した。

ただし、東電によれば、ICの自動起動はもとより、このようにICが作動したこと自体、昭和46年（1971年）の1号機営業運転開始以降、今回が初めてとされる。

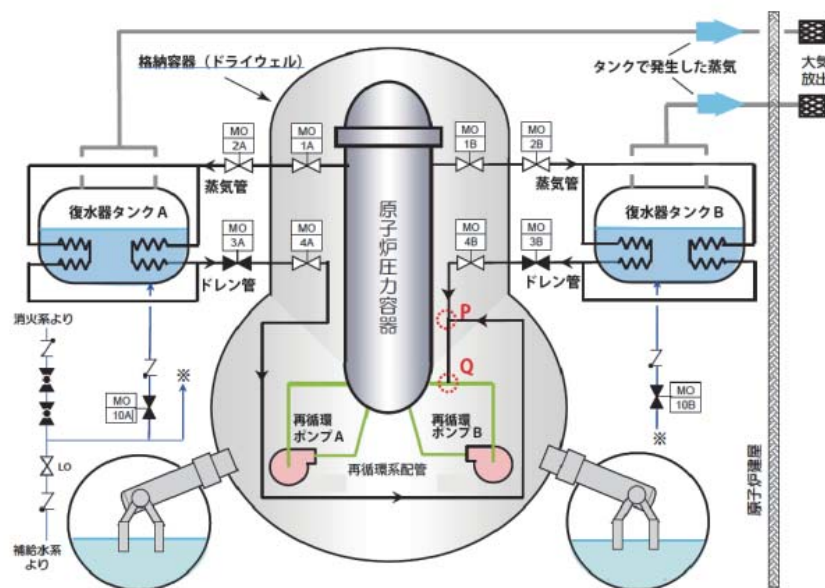


図2.2.4-1 1号機 ICの系統の概略

※本図は東電「福島原子力事故調査報告書（中間報告）」（平成23（2011）年12月2日）の添付10-2の図によっている。ただし、本報告書の説明の便宜のため一部加筆した。

1号機のICは沸騰水型原発（BWR）草創期の設備であり、福島原発では1号機だけがICを有している¹⁶¹。ICの設備全体は図2.2.4-1のごとくA、B二系統で構成され、それぞれの系は、冷却水を蓄えた「復水器タンク」、原子炉圧力容器上部から取り出した蒸気を復水器タ

¹⁶⁰ 福島第一原発の運転操作に当たっているのは、1・2号機、3・4号機、5・6号機、それぞれに対して、当直長1人、当直副長1人、当直主任2人、当直副主任1人、主機操作員2人、補機操作員4人、の合計11人からなる。なお、特に区別する必要がある場合を除き、本報告ではすべて「運転員」で統一する。

¹⁶¹ 日本の原発ではほかに、日本最古のBWR型原発、日本原電・敦賀1号機（昭和45（1970）年営業運転開始）に設置されている。

ンクへ導く「蒸気管」、復水器タンクの中で蒸気が冷却されてできた水を原子炉压力容器下部の再循環系配管へと導く「ドレン管」、そして4個のMO弁（電動弁）で構成されている。

その弁であるが、A系、B系各4個の弁のうち、A系の3A弁とB系の3B弁は、運転中「常に閉じている」。それに対して他の弁（1A、2A、4A弁、1B、2B、4B弁）は「常に開いている」。しかし何らかの原因で（例えば、MSIV〈主蒸気隔離弁〉が突然閉止して）炉圧が上昇し、その圧力が7.13MPaを15秒以上継続して超えると、それまで閉じていた3A弁と3B弁が自動的に開くようになっている。

3A弁、3B弁が開くと、原子炉压力容器内の高温・高圧の蒸気は蒸気管を通して格納容器外に設置されている復水器タンクA、Bへ入り、そこで冷却水と熱交換し、最終的には元の蒸気温度よりも低い温度の水へと凝縮する。蒸気が水に変化すると大きな体積凝縮が起こるので、高まりつつあった炉圧は低下する。一方、非常用復水器タンクA、Bを出た水はそれぞれのドレン管を通して格納容器内に入ったあと、図のP点で合体し、A、B、2系統ある再循環系配管のうちのB系統の再循環ポンプ入口（図中のQ点）付近から原子炉压力容器本体へと戻っていく。

ICの最大の特徴は、上記のようなプロセスが、ポンプなどの特別な動力を必要としない「自然循環」によって行われることである。その自然循環のために、タンクA、Bは原子炉压力容器の最上部とほぼ同じレベルに設置されている。ICにはもう一つ大きな特徴がある。それは、原子炉冷却材が閉じたループ（原子炉→蒸気管→復水器→ドレン管→原子炉）を循環するだけなので、原子炉水位は大きく変化しないことである。

②15時03分、「問題の」IC手動停止

「図2.2.4-2」は、地震によりスクラムする少し前から、およそ50分後の全交流電源喪失（SBO）までの原子炉圧力のペンレコーダ記録である。この記録を概観すると……地震発生直前の1号機の運転中の原子炉圧力は約6.8MPaだったが、地震により原子炉が自動的にスクラムし（①）、それにより原子炉内の冷却材の気泡（ボイド）が潰れ、炉圧が低下しているが、MSIVが閉止したため炉圧が上昇しはじめた（②）。そして炉圧が規定値7.13MPaに達したため、14時52分¹⁶²、ICが自動起動し（③）、そのため炉圧が降下しはじめた。しかしその約11分後の15時03分、降下していた炉圧が突然V字回復している（④）。東電はその理由を、運転員がICの3A弁と3B弁を中央操作室（中央制御室）から手動操作で閉じてICを停止させたためであるとしている。前述したように、特にスクラム直後は大きな崩壊熱により蒸気が大量に発生しているので、ICが停止すれば原子炉圧力は当然急上昇に転じる。したがって、④はICを手動停止したため、とする東電の説明それ自体に特に問題はない。問題は、自動起動したICがなぜ11分後に手動停止されたかである。

14時52分から15時03分までのわずか11分間のIC作動で、炉圧は約6.8MPaから一気に約4.5MPaまで落ちている。果たしてこれは正常な圧力降下なのか。IC系配管または他の配管が、

¹⁶² ここに記した時間は平成23（2011）年5月16日に東電が公表した「各種操作実績取り纏め」による。

長く激しい地震動によって破損し、その破損箇所から冷却材が漏れ出すようなトラブルが起きていないか。——これは、1号機の事故の推移を論じるとき、無視することのできない重要な疑問であり、疑念である。事実、政府事故調は、中間報告書¹⁶³でかなりのページをこの問題の検証に割いている。

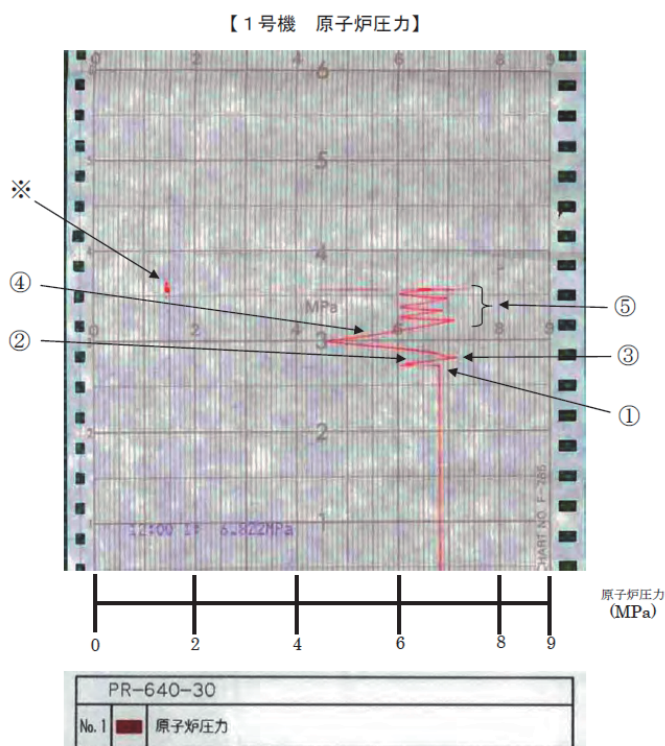


図 2. 2. 4-2 1号機の炉圧の変化

※記録紙の中央に記されている数字1、2、3…は、3月11日の午後1時、2時、3時…を意味している。

出典：東電「福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について」（平成23〈2011〉年5月24日公表）

③冷却材温度変化率「55°C/h以下」を順守した、は不合理

このIC手動停止操作に関して、東電は今日まで、自社のホームページをはじめ、記者会見、各種報告書など、あらゆる場、あらゆる機会を通じ、ICが手動停止されたのは、原子炉冷却材の1時間当たりの温度変化率は55°C/h以下¹⁶⁴でなければならないという東電の運転規則を

¹⁶³ 政府事故調「中間報告（本文編）」（平成23〈2011〉年12月26日）

¹⁶⁴ 冷却材の1時間当たりの温度変化率を55°C/h以下に抑えること目的は、大きく2つある。1つは、機器、配管などに過度の熱疲労損傷を付加しないため。もう1つは、急激な温度変化による原子炉圧力容器炉心部の脆性破壊防止である。この温度変化率の制限は、欧米の火力発電や化学プラントの運転で昔から使われてきた経験則、「華氏100度/h以下」に由来しており、特に理論的な規則というわけではない。簡単に言えば、機器や配管に大きな温

運転員が順守したためであると、強く主張してきた。実際、東電が12月2日に公表した事故調査報告書¹⁶⁵には以下のように書かれている。

非常用復水器の操作については、手順書で原子炉压力容器への影響緩和の観点から原子炉冷却材温度変化率が 55°C/h を超えないよう調整することとしている。実際、非常用復水器の作動時に急激に温度が低下した後、停止操作を行っており、その操作は手順書に則って行われている¹⁶⁶。

政府事故調も、東電の主張を以下のようにそのまま受け入れている。

「福島第一原子力発電所原子炉施設保安規定」¹⁶⁷第 37 条第 1 項、表 37-1 によれば、原子炉冷却材温度変化率は 55°C/h 以下と定められ、これを運転上の制限としているところ、3月11日15時3分頃、当直は、1号機の原子炉圧力の低下が速く、このまま IC の二つの系統を使って冷却すれば、同保安規定で定める原子炉冷却材温度変化率を超えて原子炉冷却材温度が降下し、同保安規定を遵守できないと考えた。そこで、当直は、通常の操作手順に従い、作動中だった IC の 2 系統 (A 系、B 系) の戻り配管隔離弁 (MO-3A、3B) のみを閉操作して、いずれの IC も手動で停止した¹⁶⁸。

要するに、東電も政府事故調も、運転員は運転手順書や東電保安規定に記されている「冷却材温度変化率は55°C/h以下」という規則を守れないと判断してICを手動停止した、と説明しているが、以下の事実から、こうした説明が不合理であることは明白である。いまもなお不合理な説明に不自然なまでに執着している東電の姿勢は、ICに何かトラブルが起きたのではないか、IC系配管は破損したのではないか、といった疑念を生み出すものになっていると言っても過言ではない。

そもそもICがなぜ自動起動したのかといえば、MSIVが突然閉止して炉圧が上昇したので、その圧力を抑制するためであった。そしてもちろん、ICが自動起動するようにセットしていたのはほかならぬ東電自身である。したがって東電はICがA系、B系2系統同時に自動起動すれば、原子炉圧力や冷却材温度がどのように変化するかを——言い換えればICの運転性能を——十分知った上で、ICの自動起動をセットしていたはずである。

にもかかわらず、冷却材の温度変化率を55°C/h以下に抑えられないのでICを手動停止した

度差がつかないようにソフトに運転しようというものだ。

¹⁶⁵ 東電「福島原子力事故調査報告書(中間報告書)」(平成23(2011)年12月2日)

¹⁶⁶ 実際には、当該手順書(MSIV閉に対する手順書)の該当部分に55°C/hに関する記述はないので、「手順書に則って行われている」というのは、ほとんど虚偽と言ってよい。

¹⁶⁷ 「福島第一原子力発電所原子炉施設保安規定」とは、電気事業法の求めにしたがって東電が作成したもの。その中に、55°C/h以下という制限値が記されている。

¹⁶⁸ 政府事故調「中間報告(本文編)」81ページ

とするなら、1号機のICは冷却能力が高すぎて実際にはうまく使うことができない欠陥装置であったか、IC系配管が破損したために55°C/h以下の制限が守れなくなったかの、いずれかである。55°C/h以下の制限を順守するために止めた、という東電の主張は、明らかに自家撞着に陥っている。ICがなぜ手動停止されたのかに関して、もっと合理的で説得力のある理由が見出されねばならない。

付言すれば、時々刻々の冷却材温度変化率が中央制御室の操作盤に文字またはグラフで直接表示されるようになっていないわけではない。運転員が、ある時間内の冷却材温度変化率を知りたいければ、その時間内の原子炉圧力の変化から計算でそれを求めなければならないが、ICが自動起動したあと、運転員がそのような計算をしていないことは一連の聞き取り調査¹⁶⁹で明らかになっている。

④運転員は配管漏えいが起きていないかを確認するために手動停止した

当委員会は、1号機の運転操作に実際に関わった複数の運転員の聞き取り調査を何回かに分けて行った。以下はICの操作に関する、ある運転員の発言の要約である。

経験したことがないほどの激しい地震の揺れに、1号機の中央制御室にいた運転員は身の安全を確保するため床に伏した。揺れている時間が非常に長かったので、運転員は床に伏したまま下から操作盤を見上げるようにしながら、点灯・点滅するさまざまなランプを互いに指をさしながら確認した。そういう中でICのA、B、2系統が自動起動したことも確認した。その後もいろいろ運転対応に追われる中、原子炉圧力が約7MPaから約4.5MPaまで大きく降下したという報告を他の運転員から受けた。炉圧を手中に収めたかったのでICを止めた。炉圧が回復した後は、MSIV閉に対する手順書¹⁷⁰にあるように、手動でICを操作（起動・停止）しながら、原子炉圧力を6～7MPaぐらいの間にキープした。B系を止めたまま、A系だけを操作した。そのときは、あとは手順書どおり冷温停止までもっていける自信があった。運転操作は手順書に従ったが、運転員はいちいち手順書を目の前に広げながら運転するわけではない。手順はBWRの運転訓練センターでシミュレーション訓練を受けているので体得している。ただし、1号機のシミュレーターはないので、ICのシミュレーション訓練は受けていない。55°C/h制限のことはすべての運転員が熟知している。圧力を変化させれば当然温度も変化するので、運転員はいつでもできるだけ温度的にソフトな運転をしようとは思っている。しかし、温度変化率のためにICを止めたということではない。圧力を手中に収めるためであった。

また以下は、別の日に行った聞き取り調査における1号機運転員の、IC手動停止に関わる決定的に重要な発言を、ほぼそのまま記したものである。ただし、かっこ内は当委員会によ

¹⁶⁹ 当委員会は福島第一原発運転員への聞き取り調査を平成24（2012）年3月6日～4月27日に数回行った。

¹⁷⁰ 東電「原子炉スクラム事故／原子炉スクラム／（B）主蒸気隔離弁閉の場合」『1号機事故時運転操作手順書（事象ベース）』（平成23（2011）年2月5日）

る注である。

イソコン（ICのこと）が動作しているという情報を（他の運転員から）受けたが、私は、「炉圧が下がっているので漏えいがないかを確認したい。炉圧の下がり方が速く、このままだと圧力容器の健全性が保てない。一度止めて他に漏えいがないかも確認したいので、そういう操作を行ってもよいか」と当直長に確認した。炉圧が下がっているため、このままでは温度変化率もまずいし、本当にイソコンだけで炉圧が下がっているかどうか分からない。イソコンを止めて炉圧が回復すればイソコン以外にも漏えいがないことになる。それを確認したい、だからイソコンを止めたいが、止めていいかを当直長に尋ねたら、許可が出たので、「〇〇さん、じゃ1回、イソコンの弁を閉めて」と頼んだ。

以上のように、15時3分のICの手動停止は、当直長を含む3人の運転員の妥当な判断と連携のもとに行われていた。ICを手動停止した直接の理由は冷却材の温度変化率ではなく、配管からの漏えいの有無の確認、そして、原子炉圧力を手中に収め運転操作手順書にしたがって最終的には冷温停止に持ち込むことであった。

IC手動停止に対するキーワードは「55℃/h以下」ではなく、漏えいの有無の確認だった。東電は、地震動による配管破損というやっかいな問題を惹起しかねない「漏えいの有無の確認」という言葉の使用を避けるため、代わりに、冷却材の温度変化率は55℃/h以下を前面に出して、ICの手動停止を説明しようとしてきたと思われる。

b. IC系配管は地震動で破損しなかったか

政府事故調は12月26日に公表した「中間報告（本文編）」で、ICに関して極めて多くのページを割いてさまざまな検証結果を報告している。その1つに、「地震発生直後のIC配管の破断の可能性」¹⁷¹があり、同事故調は最終的に以下の3つの理由を挙げて、その可能性を完全否定している。

第一に、IC配管には「破断検出回路」が付いており、IC配管が破断すればフェールセーフ機能が働いて弁が閉じるので、地震後ICは作動しなかったはずである。第二に、もし破断すれば原子炉圧力と原子炉水位が急激に低下するはずである。第三に、原子炉格納容器外のIC配管に破断が生じた場合、破断箇所から大量の放射性物質を含む蒸気が漏えいし、「当直員の生死にも関わる事態が生じて」¹⁷²いたはずである。

まず、破断検出回路はIC配管が完全に破断した場合に作動するもので、配管の小破口LOCAに対しては作動しない。また原子炉圧力や水位が急激に変化するのは大破口あるいは中破口LOCAの場合であって、小破口LOCAの場合は必ずしもそうならないことは既に書いた（「2.2.2」参照）。さらに、第三の理由はその理由自体が誤りである。たとえ、IC系配管が破

¹⁷¹ 政府事故調「中間報告（本文編）」（平成23（2011）年12月26日）84～90ページ

¹⁷² 政府事故調「中間報告（本文編）」（平成23（2011）年12月26日）89ページ

断したとしても、それにより人の生死に関わるほどの大量の放射性物質がその場にまき散らされるわけではない。原子炉冷却材の中に、常時、それほど大量の放射性物質が含まれているわけではないからである。もし冷却材中に大量の放射性物質が含まれているとすれば、それは、配管が破断する前に、核燃料棒が、例えば地震動でひどく破損し、大量の核分裂生成物が冷却材中に放出されていた場合など、極めて特殊な場合に限られる。

一方、東電は12月2日に提出した事故調査報告書（中間報告書）で、IC系配管の目視確認を行った結果、「非常用復水器本体の損傷、配管の破断、フランジ部からの漏洩、弁の脱落などは認められなかった」とし、添付6-8（3）に目視確認時の写真を公開している。しかしそれらの写真からも分かるように、基本的に配管類は保温材と鋼製カバーで覆われており、配管本体を直接目視確認できているわけではない。小破口LOCAの原因になるような細長いひび割れは、大ざっぱな目視確認ではなかなか発見されない。また、IC系配管は格納容器内にも存在しているが、この目視確認は格納容器外の配管類に対してのみ行われたものである。

結論として、地震動によってIC配管に、破断検出回路が作動するほどの破損は生じなかったとしても、格納容器の中に入って詳細に検査することができない現段階では、地震動によりIC配管に細長いひび割れが生じ、そこから冷却材が噴出するような小破口LOCAは起きなかった、と断言する客観的根拠は何もない。

c. SBO以降ICは機能したか

① IC隔離弁はフェイルセーフ機能で「閉」になったのか

非常用復水器（IC）の運転操作に関する政府事故調の調査は非常に克明で、その中間報告における論述には教えられることも多いものの、フェイルセーフの議論には同意することが難しい。

政府事故調（並びに東電、保安院）は、直流電源で作動する「配管破断検出回路」がSBOによって直流電流が流れなくなって機能喪失したため、安全側に動作する信号が発信され、ICのすべての弁（1A～4A, 1B～4B）が「閉」になったとしている。しかし、単に、そのように安全側に動作する信号が発せられることをもって「フェイルセーフ」と呼ぶことには同意できないし、本事故においてそのようなフェイルセーフが実際に作動したとする見解にも同意できない。以下にその理由を記す。

ある機器が「フェイルセーフで設計されている」ということは、その動作の引き金となる信号の性質だけでなく、最終的にその機器が動作するまでの全体的な構成について考慮する必要がある。例えば、その機器の動作に必要な動力とか、制御信号を喪失した際にパッシブなメカニズムによって安全側へ動作するかどうか、といった点も重要である。パッシブな動作をする代表的機器としては、空気作動弁や電磁弁があり、それらは駆動力（空気作動弁においては空気圧、電磁弁においては磁力）を失った瞬間に、それまでそれと拮抗していた力（スプリング反力）が元の駆動力に勝り、その結果として安全側に動作させることができる。具体的には、