

予断を排した事故シナリオの検討を

—1号機非常用復水器はなぜ即刻手動停止されたか

田中三彦

たなか みつひこ
サイエンスライター、元原発設計技師(1973~74年、東京電力福島第一原発4号機の原子炉圧力容器の設計などに携わる)

【要点】

福島第一原子力発電所の格納容器内の状況は、当面、確認できる状況になく、事故の真相が明確になるのは将来のことである。予断を排して、地震動による配管破断の可能性を検討すべきである。

どの号機においても配管破断の可能性は考えられるが、運転記録から具体的に推論できる1号機を取り上げる。少なくとも1号機は、配管損傷(破断)による冷却材喪失が起こった疑いを拭いさることができない。

3月11日午後2時52分からおよそ10分の間に、原子炉圧力は約7MPa(約70気圧)から約4.6MPaまで一気に2.4MPa(約24気圧)も急降下したことが記録されている。配管破断を想定していない東京電力のシミュレーションでは約1.4MPa(約14気圧)の降下としているので、この急降下は異常である。

非常事態にあつて命綱である非常用復水器が、なぜ午後3時3分に手動停止された。その後、B系(2系統あるうちの1つ)は、二度と再起動されて

10月26日、東芝の元格納容器設計技術者の渡辺敦雄と後藤政志、そして筆者の3人は、衆議院第二議員会館で、国会議員、報道関係者、一般参加者を対象に「政府・東京電力の福島第一原発事故報告批判/なぜ地震動による機器損傷の可能性を排除するのか」と題する院内勉強会を開いた。

われわれ3人は福島第一原発事故に関して、細部まで同じ見解を共有しているわけではないが、「安全上重要な構造や機能が長時間の激しい地震

いない。

停止の理由を東京電力は、「運転手順書では冷却速度を55℃/時に調整することになっている」ためとしているが、公開された手順書では、緊急対応時の手順としては位置づけられていない。したがって、この説明はウソである。

運転員は、運転規則に則って、逃がし安全弁によって原子炉圧力を調整したと推論される(運転員その他の操作は、逃がし安全弁操作と強制的である)。不思議なことに、逃がし安全弁の記録は事故前から「使用不可」とされ、実態が不明である。東京電力は、運転操作実績に記録されていない、非常用復水器A系の操作によるとしており、理解できない。

事故後に東京電力が説明に用いている非常用復水器の系統図は、政府に申請したものと異なっている。事故の推定にきわめて大きな意味をもつので、東京電力と政府は、非常用復水器の系統図はどちらが正しいのか、早急に明らかにする必要があるのである。

動によって損壊したり機能喪失したりした可能性は高い。少なくともその可能性を否定することはできない」という認識を、事故発生後かなり早い時期から共有してきた。このことは、細かい検討結果をいっさい示さずに「地震によって外部電源に対して被害がもたらされた。原子炉施設の安全上重要な設備や機器については、現在までのところ地震による大きな損壊は確認されていない」として、外部電源対策と津波対策だけを声高に説く政府と東京電力に対する強い不信感を、われわれ

3人が共有しているということでもある。

われわれは、政府と東京電力が事故直後から今日まで説明してきた事故のシナリオとはまったく異なるシナリオがありえることを、本号の三つの論考を通して強く主張するものである。

真実は格納容器の中にある： 「地震損傷なし」に確証はない

筆者は、とくに1号機は、長時間の激しい地震動によって、原子炉に直接つながっている何本もの配管(それらをまとめて「原子炉系配管」と呼ぶ)のうちのいずれかが破損または破断し、そこから冷却材(軽水)が猛烈な勢いで噴出する「配管破断による冷却材喪失事故」(LOCA)を起こしたように見えること、また2号機においても、地震動によって、たとえば格納容器の圧力抑制室の現地溶接部や「ベローズ」と呼ばれる蛇腹構造あたりに亀裂が入り、そこから水素が漏出し、圧力抑制室外部近傍で水素爆発が起きたと考えられることを、事故後かなり早い段階から今日まで一貫して主張してきた⁵⁻⁷。

ただし、前述の“LOCA仮説”を裏付ける物的証拠は存在し“ない”。物証が存在しない理由は単純だ。筆者が考えているLOCAは格納容器の“内側”で起きているからだ。格納容器の内側には、少なくともこの先10年、人は入れないだろうから、現場や現物を目で直接確認できない。たとえ高性能ロボットやカメラを格納容器の内側に入れることができたとしても、原子炉も配管も分厚い断熱材が巻かれ、さらに金属のケーシングで覆われているから、配管破断部を確認することは不可能だ。したがって、かなり遠い未来まで、“LOCA仮説”は仮説のままである。

が、他方、それでは政府、東京電力がいまや既成事実のように説いている“原発の安全上重要な施設や機器は地震により重大な損壊を受けていない”に物的証拠があるのかと言えば、これまたそうではない。同じように原子炉格納容器内のことであるから、やはり物証を提示できない仮説でし

かない。どちらもかなり遠い未来まで“仮説”のままである。真実は人の立ち入れない格納容器の内側の空間にあり、本質的に、短期のうちに白黒決着がつく話ではない。

冷却材喪失の“二つの”可能なシナリオ

筆者は、とりあえずいまのところ、1号機と2号機の事故が地震時の揺れと深い関係をもっていないかどうか最大の関心をもっている。重要なことは福島原発事故からわれわれが何を学ぶかだが、筆者には、1号機と2号機の事故が「耐震脆弱性」——つまり、耐震強度が十分でない——という問題を提起しているように見える。3号機については、まだ十分データの分析ができていないので確定的には何も言えないが、あるいは同様のことが言えるのかもしれない。

1、2号機の事故が水素爆発までどのように進行したと推定されるかについては、政府・東京電力の見解と筆者のそれとを比較する形ですでに本誌9月号⁷で詳しく論じている。以下では本論考の題意に沿って、改めて二、三の重要な問題に焦点を当てることにする。

図1は1号機の原子炉水位が地震発生後どのように降下していったかを示している。これは東京電力が5月16日に公表したデータをもとに筆者が作成したもので、横軸は地震発生後の時間(h)、縦軸は燃料棒の有効頂部(TAP)をゼロ(基準)とした水位(mm)である。

この図からわかるように、通常約45mある水位が、地震発生から6時間後には45cmまで降下した。原子炉の直径は約4.8m、原子炉内にいる物があることを考慮しても少なくとも60トン程度の冷却材(軽水)がどこかに消えた勘定だ。いったいどこにどのようにして消えたのか？ この基本的な疑問に対する可能な答えは二つある。

一つは、図2のように「逃がし安全弁」(以後、SRV)を通して最終的に圧力抑制プールに入ったとするもの。そしてこれが、政府と東京電力が考える唯一のシナリオである。

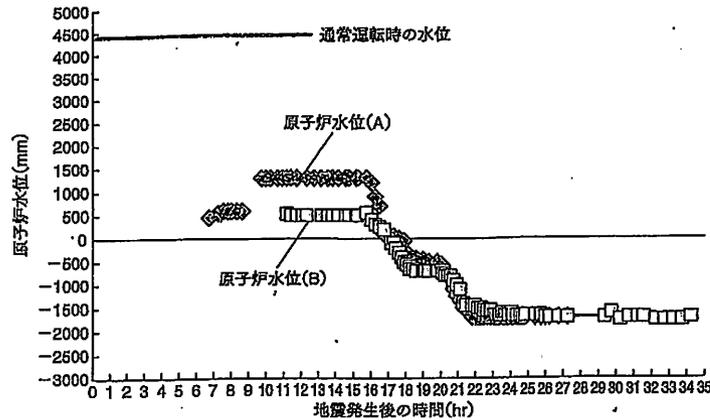


図1—地震発生後の1号機の原子炉水位の変化
横軸は地震発生からの時間、縦軸は燃料棒の有効頂部(TAP)を基準にした水位(mm)。通常運転中の水位は約4.4mなので、異常な速さで水位が低下したことがわかる。

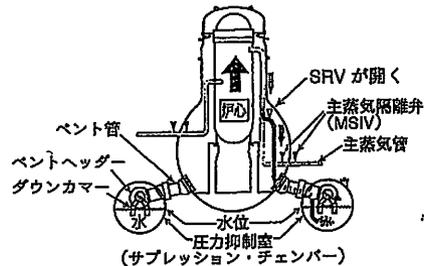


図2—原子炉水位の降下は「逃がし安全弁(SRV)」が何度も開閉したことによるものと政府、東京電力は考えている。SRVが開くたびに原子炉内の高圧の蒸気が圧力抑制室内の水の中に逃がれ、原子炉水位は降下する。

地震発生時、原子炉の圧力と蒸気温度は約7 MPa(約70気圧)、285℃前後だったと推定されるが、よく知られているように地震発生直後に制御棒が全挿入されてウランの核分裂が停止しても、核分裂生成物の「崩壊熱」によって原子炉内部で冷却材の大量蒸発が継続し、圧力が上昇していくので、そのままでは原子炉圧力容器が破壊する。そこで1号機においては、原子炉圧力が約7.5MPaになるとSRVが自動的に開くように、弁の吹き出し圧力が設定されている。こうして、圧力の高まった蒸気はSRVを通して最終的に圧力抑制プール

へと導かれる。そして蒸気は水になり、体積凝縮が起こり、高まっていた原子炉圧力が下がる。

一方、SRVを開くことには大きな危険もある。SRVを開いているかぎり原子炉内の冷却材がどんどん圧力抑制プールに移行していくので、原子炉水位が急速に降下し、ついには核燃料棒が水面から顔を出し、核燃料棒の損傷やそれに伴う水素発生が起こる。そこで、こうした事態にならないように、1号機の場合は原子炉圧力が6.8MPa(筆者推定)まで下がったら、SRVが自動的に閉じるようになっていた。しかし弁が閉じれば、崩壊熱によりふたたび原子炉圧力が上昇する。するとSRVが開く。場合によってはこうした開閉動作が何回も繰り返されることになる。

津波襲来によって全交流電源喪失に陥り、緊急炉心冷却システム(ECCS)が使えなくなったから、1号機においてはこのSRVの開閉動作が数時間にわたって頻繁に繰り返され、その結果、原子炉水位が急速に降下して燃料損傷がはじまったと、政府、東京電力は考えている。もちろん、ありえない話、可能性のない話ではない。しごく常識的なシナリオだ。

本質的な大問題は、政府と東京電力が原子炉か

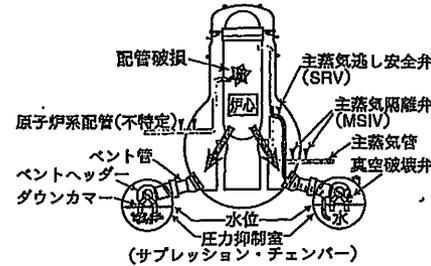


図3—「もう一つ別のシナリオ」：地震動により原子炉系配管が破損(または破断)すれば、そこから高圧の蒸気が噴出し、原子炉水位は急速に降下する。政府、東京電力はこれまでのところこのシナリオを否定している。

ら冷却材が急速に失われていく「もう一つ別のシナリオ」を一顧だにしないことである。「もう一つ別のシナリオ」を図3に示す。原子炉系配管の破損(破断)による冷却材喪失シナリオである。

当然のことながら、原子炉系配管は簡単には破損しないように設計されている。しかし、電力会社や原発推進派の学者が言うように「地震に対して十分な余裕をもって設計されている」わけでは「ない」。事実はその逆である。原発の中核機器の設計はきわめて現実的な設計思想のもとにされている。「通常運転」に対してはそれなりに余裕をもった設計がなされる一方、実際に生じる可能性はきわめて低いと考えられている大地震に対しては、機器や構造物が多少ゆがんでも(つまり、多少塑性変形しても)放射性物質を外にまき散らさなければよし、という考え方で設計されている。したがって、今回のように激しい地震動が長時間継続すると、機器や配管が大きな「両ぶり荷重」(交番荷重)を受け、いわゆる「高応力・低サイクル金属疲労」によって、短時間で破損または完全破断する可能性を否定できない。とくに福島第一原発のような古い原発においては、応力腐食割れや減肉といった典型的な老朽化問題はもとより、建設当時の材料の質や溶接技術や品質管理といった要素も複雑に絡んでくるので、なおのことである。

運転員はなぜ非常用復水器を手動停止したか

筆者は、事故当初から、1号機の事故には非常用復水器(IC)の系統がなにがしかの形で深く関係していると思っている。図4は、3.11以降、東京電力がさまざまな公式文書の中で使ってきたICの概略系統図である。ただし、後述するように、この概略系統図中、破線で囲んだ部分は、説明を有利なものにするために、東京電力が意図的に改竄している可能性がある。というのは、この部分が、1992年4月に東京電力が政府に提出した設置変更許可申請書中のIC系統図と異なっているからだ。

その申請書をもとに、図4を筆者が描き直したものが図5である(破線で囲んだ部分が図4とは異なる)。原子炉の熱的対称性を考えるとこのほうが自然であるし、何よりも、A系とB系が構造的に互いに独立しているの、一方が他方のバックアップにもなる。それでもなお東京電力があくまで図4が正しいと主張するなら、東京電力は政府に申請したものと異なるICを違法に設置して運用していたことになり、東京電力はもちろん、それを見逃してきた政府の責任は大である。

ICの役割は、崩壊熱により発生した原子炉圧力容器内の蒸気を、格納容器の外に設置した二つの復水器A、Bに導いて蒸気を水に変え、体積凝縮によって原子炉圧力を低下させるとともに、その水を再循環ポンプの入り口に戻し、最終的に原子炉内の冷却材の温度を下げることだ。以上の蒸気-水循環は完全に自然循環によっており、それゆえ全交流電源喪失という非常時にはどうしても頼らねばならない、きわめて重要な装置である。

そのきわめて重要なICが、A系、B系とも自動的に起動したのは、地震発生から6分後の3月11日午後2時52分のことである。図4に示されているように、A系、B系のIC系統にはそれぞれ4つの弁(1A-4Aと1B-4B)があるが、3A弁と3B弁を除くすべての弁は運転中「つねに」開い

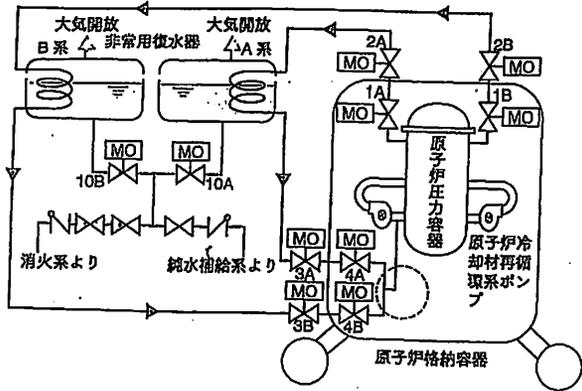


図4-1号機の「非常用復水器」(IC)の回路系統図
 原子炉圧力が一定時間、通常運転時の圧力より高くなると、原子炉内の蒸気を復水器(A, B)に導いて冷却し、水にして圧力を低下させる(併せて図5を参照)。

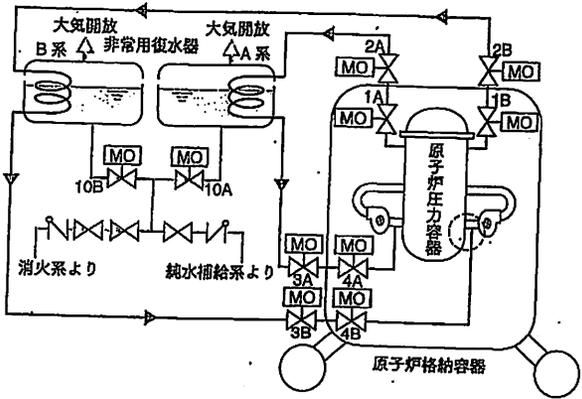


図5-前図(図4)は3.11以降に東京電力が作成したものだが、図4の破線円の部分は政府に提出されているICの申請図と異なっている
 図5はその申請図にもとづいて筆者が書き直したもの。破線円の部分が図4とは異なる。

ている。そして原子炉の圧力が、なにかしらの理由で、一定時間、運転圧力より高くなると、3A弁、3B弁が自動的に開き、蒸気-水循環が起り、原子炉の圧力を降下させる。

午後2時46分、崩壊熱による圧力上昇を感じて3A弁、3B弁が自動的に開き、外部電源喪失という非常事態の中、とりえず順順にICA、B両系統が自動起動した。ところが、すでに広く報じられているように、そのわずか11分後の午後3時3分に、運転員は3A弁と3B弁を手動操作で閉じ、ICA(A, B両系統)を停止させた。

なぜ手動停止したかに関して、東京電力は当初から一貫して、「運転手順書では冷却速度を55℃/時に調整することになっている」などと説明している。あまりにもばかげた話で、耳を傾ける価値

もない。この温度変化率は、もともと米・欧のボイラーや化学プラントなどで、平易に表現すれば「できるだけ急激な温度変化を避け、機器を長持ちさせよう」ということを目的に、大昔から使われてきた通常運転時における経験則(100度/時)であり、大事故に発展することを避けなければならない緊急時に適用するような規則ではない。実際、たとえば非常用炉心冷却システム(ECCS)は、熱い原子炉の中に大量の冷水を一気に注入するシステムで、それが作動すれば場合によっては激しい「熱衝撃」(当然のことながら55℃/時以上)が生ずる。それでも、とにかく炉を冷却することを優先するのだ。地震発生直後に外部電源が喪失し、そのため「主蒸気管リーク」というフェールセーフ信号が発せられ(安全のため、主蒸気管から漏れが発生したと同

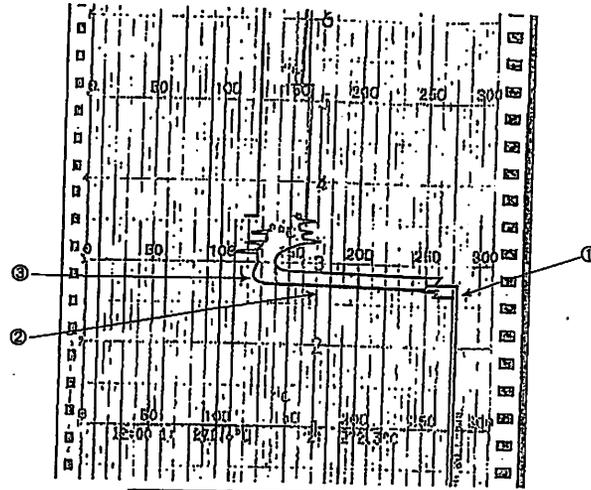


図6-1号機再循環ポンプ入口温度の変化
 ①は地震によるスクラム、②はスクラムによる出力低下、非常用復水器作動による減圧、低温水注入による温度低下、③は自動起動した復水器の停止、であるという。なぜ停止したかについて、東京電力は一貫して、②の温度変化が手順書に記されている規値55℃/時を上回ったからだと説明している。グラフ中央の太い数字は時間を意味している(なお、見やすくするため原図の記録線を上書きしている)。

TR-260-11	
No.1	原子炉再循環ポンプ(A)入口温度
No.2	原子炉再循環ポンプ(B)入口温度

等の信号が発せられ、それによりすべての「主蒸気隔離弁」が閉じられる(配管を遮断して原子炉を隔離する)という非常事態が起きているさなかに¹⁰、そんなのんびりした運転規則が手順書に記されているはずはない。ところが最悪なことに、政府も東京電力もいまもこの説明を撤回していない。

図6は、東京電力が5月16日に公表した地震発生後の1号機の再循環ポンプ入口温度の変化の記録である。そしてこの図を見ると、なるほど再循環系入口温度の変化率は55℃/時を上回っている。

しかし再度記せば、この非常事態において、そのようなのんびりした規則が手順書に記されているはずはない。その証拠をあげておく。

10月24日午前、保安院の役人が、例の「墨塗りのない」1号機の運転手順書を川内博史・衆議院議員(民主)のところに届けにきた。その際、その役人は川内議員に、「東京電力は地震直後から津波襲来までは(主蒸気隔離弁閉)という個別事象に対する運転手順で対応し、津波襲来以降は〈シビアアクシデント〉に対する運転手順で対応した」と説明したという(この話は川内氏に再確認済み。ち

なみに、保安院が手順書を最初に川内議員に手渡したのは、東京電力に手順書の提出と公開を強く要求していたのが、野田政権発足直前に「科学技術・イノベーション特別委員会」の委員長を務めていた川内議員だったからだ)。

この保安院の役人の説明はまあまあ合理的だ。ICを手動停止した時点では、運転員はまだ想像を絶する大津波が襲来することを予想していなかったろうから、いま目の前で起きている「主蒸気隔離弁閉」という事象への対応に集中していたとしてもおかしくない。

その「主蒸気隔離弁閉」に対する運転手順書が、今回公開されている。そしてその手順書には、事象発生直後から冷温停止状態までの対応手順が15の段階に分けて細かく記されている。問題のICの操作に関する記述はそのうちの6段階目にある。段階の番号は6番目だが、実際には、主蒸気隔離弁が閉じた直後の、もっとも重要な一連の運転操作の一つである。そしてそこには、原子炉圧力が上昇したら、SRVを手動で開閉するかIC使用によって原子炉圧力を「7.03 MPa~6.27 MPaに維持」せよ、という意味のことが記されている。当然のことだが、55℃/時などというの

んびりした温度変化率の規則など、そこにはいっさい記されていない！ この手順書においてその規則が登場するのは、原子炉が冷温停止状態(5段階目)に入る直前の13段階目においてだ。この段階にあってはすでに緊急状態から完全に脱しているから、55℃/時という通常の温度変化率の規則が適用されることは当然であり、少しも不自然ではない。

結局、東京電力がいまなお撤回しない説明——「運転手順書では冷却速度を55℃/時に調整することになっている」——は、完全にウソである。ICを手動停止した本当の理由を明らかにすることができないために、冷温停止状態直前の温度変化率の話を持ち出してきているとしか言えない。

推論：再循環配管系が破断していないか？¹²

では、なぜ政府も東京電力も、55℃/時などというウソの運転規則を持ち出してまでして、IC手動停止という不可解な操作に蓋をしようとしているのだろうか。

図7は、東京電力が5月16日に公開した、地震発生後半時間ぐらまでの原子炉圧力の変化である。この図を見ると、ICが自動起動した午後2時52分あたりから原子炉圧力は急激に低下しはじめ(図7の④)、その後10分ぐらいで原子炉圧力は7MPaから約4.6MPaまで一気に2.4MPa(約24気圧)も急低下していることがわかる。これは明らかに「異常に」速い低下である。

この圧力低下が異常であることは、皮肉にも東京電力自身が行ったメルトダウン・シミュレーション解析によって証明される。福島原発事故に関するIAEAへの政府報告書に添付されている1号機のシミュレーション解析結果¹³を見ると、午後2時52分から同3時3分までICが11分間作動したことによる圧力低下は、約1.4MPa(約14気圧)と算定されている。

地震発生直後の熱のやりとりは比較的単純だが

ら、理論解析結果と実測値の間に大きな差は出ないはずだ。では、なぜ実測値は理論値より10気圧も低いのか。おそらく運転員は、ICが作動しているときの圧力低下があまりにも速いので、長く激しい地震動でICの配管系のどこかに穴が空いた、どこかが破断した、そのため「圧が抜けている」と直感したのではなかったか。

そこで急遽、A系の3A弁、B系の3B弁を手動で閉じて二つのICを手動停止したのではなかったか。停止すれば、当然、崩壊熱による大量の蒸気発生で、原子炉圧力は上昇しはじめる(図7の⑤)。その圧力上昇を放置するわけにはいかないが、運転員はすでにICに見切りをつけていたから、もうそれを再起動することはしなかった。実際、東京電力が公表している「各種操作実績」(5月16日公表)を見ると、3時3分のIC手動停止以降は午後6時10分まで、IC操作の記録はない。

では、図7の中の細かい圧力変動(⑥)はいったい何だろうか。政府、東京電力は、運転員がICをA系だけ運転しながら圧力調整をした結果だと推定している。「各種操作実績」に記されていないにもかかわらず、である。かなり不自然な推論と言わねばならない。

筆者は、この圧力変動はICに見切りをつけた運転員がSRV(逃がし安全弁)を手動で操作しながら圧力調整を図った結果ではないかと見る。実際、すでに書いたように、「主蒸気隔離弁閉」という事象が起きた場合の手順書の6段階目には、SRVを手動で開閉するかICを使用するかして原子炉圧力を7.03MPa~6.27MPaに維持するように記されている。実際、図7の⑥を見ると、原子炉圧力はまさにその範囲で変動しながら維持されていることがわかる。

ただし、これも「各種操作実績」には記されていない。しかし傍証はある。SRVを開くと高温の蒸気が大量に圧力抑制プールに入るので、圧力抑制プールの温度がなながしかに上昇する。公開された手順書の7段階目を読むと、圧力抑制室の温度を確認して、格納容器スプレイ系を手動起動することを求めている。そして実際に、運転員

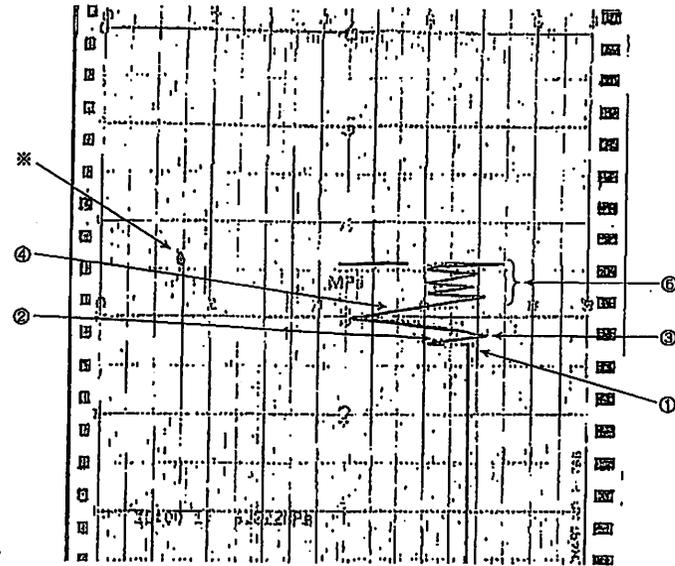


図7-1 号機の原子炉圧力の変化
東京電力は、①は地震によるスクラム、②は主蒸気隔離弁閉止に伴う圧力上昇、③は非常用復水器作動とそれに伴う減圧、④は非常用復水器停止に伴う圧力上昇、⑤は非常用復水器によると思われる圧力変動、と説明している。しかし10月24日に公表された「手順書」を読むと、⑥はSRVの手動操作による圧力変化である可能性がある(なお、見やすくするため原図の記録線を上書きしている)。

は格納容器スプレイを手動起動していることが明らかになっている。格納容器スプレイ手動起動とSRV開閉操作。運転員は、この二つをいわば「組手版」として行った可能性が高い。

ちなみに、SRVの開閉操作との関連で、これまで気づけなかった奇妙なことに気づいた。それは、5月16日の東京電力公表データの「6. 過渡現象記録装置データ」の中の1号機のSRV開閉信号の記録についてだ。なんと「地震発生前」から、データに「使用不可」の注意書きが記されている。SRVは全部で4個あるが、すべてについて「使用不可」と記されている。原子炉圧力容器の安全性と深く関わるSRVの作動記録が、じつは通常運転中から故障で使えなかったという話なのか。もしそうなら、きわめて杜撰な話と言わねばならない。

最後に、もっとも気になる問題について述べて

おきたい。それは、A系、B系二つあるICのうち、B系は3時3分に手動停止されたあと、結局一度も起動されなかったという事実である(A系は、午後6時10分から夜中の1時半ごろまで、何度か手動起動されている)。この事実もまたきわめて異常だ。全交流電源喪失状態という危機的な状況の中で、なんとしてでもしなければならぬことは原子炉の“冷却”である。ところが、結局B系は、たぶん復水器に冷水を大量に貯めたまま、二度と起動されなかったのだ。

なぜだろうか。B系を動かさない何か深刻な事象が起きていたのか。もしかすると、B系のIC配管系が地震発生直後に破損または破断したのではないか。そういう文脈でとくに気になる配管は、評判の悪い再循環配管である。再循環配管は数十トンの大型ポンプと多数の配管で構成された複雑な配管系だ。そのためこの再循環系配管は、

沸騰水型原発の裁判ではかならずその耐震安全性が争点になる。実際、理論上の発生応力も、部位によってはかなり高い。具体的に「どこ」とまでは言えないにしても、再循環系配管のどこかが長く激しい地震動によって破断したとしても不思議ではない。

このような推論が成立するかどうかに関して、きわめて重要な意味をもつのが、すでに述べたICの概略系統図である。東京電力が3.11以降今日まで説明に使うICの概略系統図は、前出の図4である。そしてもしこの図が正しいなら、B系のICが動かない理由を、少なくとも再循環系配管の破断と結びつけて論じることはできなくなる。なぜなら、A系とB系は同じ再循環ポンプに接続されているからだ。再循環系配管が破断していたら、B系だけでなく、A系も動かなくなる。一方、もし国への申請書どおり、A系とB系が互いに独立していたら(図5参照)、B系のICの配管系が破断していたとしても、A系のICの動作には影響しない。

以上のように、正しいのは図4なのか図5なのかは、事故原因の推定に大きな影響を及ぼす。政府と東京電力はどちらが正しい系統図なのかを早急に明らかにする必要がある。

文献および注

1—院内勉強会では、最初に筆者が、1号機は地震動によって原子炉系配管が、2号機は圧力抑制室が破損し、最終的に水素爆発を起した可能性があることを述べた。また10月24日、すったもんだの末ようやく衆議院「科学技術・イノベーション特別委員会」に提出され、即日公表された「曇りのない」1号機・運転手原簿を隠むと、とくに非常用復水器の操作に関するこれまでの東京電力の隠明にいくつか疑わしい点があることを指摘した。

つぎに渡辺が「水力学的動荷重」について説明した。彼は、福島第一原発3、5号機や女川原発、浜岡原発の格納容器の設計に携わったほか、約40年前にアメリカで大問題になったマークI型原子炉格納容器の圧力抑制室に加わる「水力学的動荷重」という問題を、1970年代半ばに日本ではやく理論的に検討した技術者である。渡辺は、今回の原発事故においては、その水力学的動荷重に、さらに地震荷重(地震動そのもの、ならびに後述するスロッシング荷重)が加わり、そのため圧力抑制室が部分的に破壊されたり圧力抑制機能が喪失したりした可能性が高いことを指摘した。

最後に、船舶や化学プラントなどの事故にも詳しい渡辺が、マ

ークI型格納容器の圧力抑制室内の大量の水(圧力抑制プール)が地震時に激しく揺れる「スロッシング現象」について述べた。渡辺は、現在彼が行っている圧力抑制プールのスロッシングのシミュレーション解析結果の一部をカラー・アニメーションで紹介しながら、激しいスロッシングが起きると、原子炉系配管が破断した際にドライウェルから圧力抑制室に流入してくる大量の蒸気がうまく圧力抑制プールに導かれず、その結果、格納容器全体の圧力が設計圧を大きく超えるほどに高まる可能性があることを指摘した。

2—「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書/東京電力福島原子力発電所の事故について」(2011.6.1)の4頁から引用。

3—田中三彦「福島第一原発事故はけっして“想定外”ではない」(岩波書店「世界」2011年5月号)

4—田中三彦「福島第一原発の耐震脆弱性を注視する」(岩波書店「科学」2011年5月号)

5—田中三彦「津波が来なくてもメルトダウンは起きた? 問題は耐震性だ」(毎日新聞社「エコノミスト」臨時増刊2011年7月11日号)

6—田中三彦「原発で何が起きたか」(岩波新書・石橋克彦編「原発を終わらせる」第1章)

7—田中三彦「福島第一原発1号機・東京電力シミュレーション解析批判と、地震動による冷却喪失事故の可能性の検討」(岩波書店「科学」2011年9月号)

8—逃がし安全弁(SRV)には、じつは圧力がある範囲に維持するための「逃がし弁」としての機能と、それより高い圧力で弁が自動的に開く「安全弁」としての機能を併せもっている。東京電力の説明では、前者の機能にはバッテリーが必要だが、1号機ではそのためのバッテリーが損傷したので、逃がし弁としては作動せず、津波以降はもっぱら安全弁(7.8MPaで自動的に開)として作動したと、10月22日の新潟県の技術委員会が東京電力が明言している。しかしもしそうだとすると、原子炉圧力の実測値とまったく一致しないという新たな問題が出てくる。

9—前出の文献2の8頁から引用。

10—福島第一原発事故では運転中だった1-3号機すべてにおいて、地震発生直後の外部電源喪失のために、主蒸気管から蒸気がリークしたという「フェールセーフ信号」が出され、その結果、それまで開いていたすべての主蒸気隔離弁(各号機とも8個の隔離弁を備えている)が閉じた。これが「主蒸気隔離弁閉」事故である。

11—前出の文献2への添付文書「福島第一原子力発電所1-3号機の炉心状態について」(添付IV-1)の10頁の図3.1.2を参照。

12—11月10日、まだ不明の時点での推論である。

2011大震災:福島原発事故(論考II)

水素爆発をもたらしたものは何か

—Mark I型原子炉格納容器の圧力抑制室に関する水力学的動荷重問題—

渡辺敦雄

元東京電力専門学校の主任教授、元原子設計技術(福島第一原発3、5号機や女川原発、浜岡原発の格納容器の設計に携わる)

【要旨】

福島第一原子力発電所での格納容器圧力上昇と水素爆発について、筆者はともに、地震が原因であると推定している。いまだに事故原因として地震の影響が議論されてないことは、厳しい批判に値する。

Mark I型格納容器(福島第一原子力発電所1~5号機)の他、10基が日本に存在)では、圧力抑制室の構造の健全性について、開発当初から疑問がもたれてきた。

Mark I型の圧力抑制室は、冷却材喪失事故(LOCA*)時に受ける大きな力に対して構造的に弱点をもち、地震動が重なることによって破損する

世界の原子力発電史上最悪級の事故となった東京電力福島第一原子力発電所(以下福島第一原発)事故は世界中の人々を怯え不安に陥れて、本稿執筆時点でなお、大気への一日当たりの放射能放出量が約20億ベクレル以上である。

放射能の大気への漏れは、(1)水素爆発による建屋崩壊および(2)意図的なベント系からの大気への放出の2つの理由による。水素爆発とベント系解放は原子炉格納容器(以下格納容器)の圧力と温度が設計値を大幅に超えたことが原因である。

事故原因として地震の影響が議論されない一方、政府の事故調査・検証委員会の結論が出ていない段階で東京電力と政府は「ストレステスト」を実施中である。本来ストレステストは、「深層防護設計思想」にもとづいて、事故原因のあらゆる可

可能性がある。

現在日本の原発の設計哲学になっている確率論的安全評価(PSA**)においては、「LOCAと地震動の荷重の組み合わせ検討は不要である」とされている。その非合理性と問題点が今回の事故で露呈した。

本来、PSAを含む定量的リスク評価法は、設計における複数の選択肢のトレードオフを考慮し、安全性を高めるための手法である。数値の低さ自体は安全性の保証とはならない。

今後の事故原因の真の科学的究明と、それにもとづく「ストレステスト」には、これらの観点は欠くべからざるものと考えられる。

能性をすべて列挙し、その対策をもって「ストレステスト」を実施しなければならないはずである。いまだに事故原因として地震の影響が議論されてない

事故原因の科学的究明とは、「ありそうにないことまで含めて想像力をたくましくし、種々の仮説を立て、それらすべてを検証して、結論を導く」ものであるべきである。では、冒頭で筆者が提示した「格納容器圧力の上昇と水素爆発は両方とも地震が原因である」という仮説を政府や東京電力は検証しているのだろうか。

2011年6月1日に世界に向けて「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報

*1—loss of coolant accident

**2—probabilistic safety assessment