

福島第一原発1号機では、地震動で非常用復水器系の配管が破損

17:50原子炉建屋内放射線レベルの上昇を直視せよ

2011.9.3 美浜の会

福島第一原発では、津波によって全交流電源が喪失したが、その前に地震動によって配管破損などが起こっていたのではないかという疑いがあり、1号機については田中三彦氏によって精力的に論じられている。他方、東電や保安院は地震による配管破損を否定するべく、ますますやっきになっている。ここでは、1号機について、特に事故初期の放射能放出状況から、非常用復水器（IC）系統の配管が破損した可能性が高いことを指摘しよう。

1号機では3月11日14:46の地震発生後、早くも17:50に、原子炉建屋内の放射線レベルが上昇し、IC関係の作業員が撤収せざるをえなくなっていることにまず注目しよう。同時刻に、「シューシュー音」も聞こえている（ホワイトボードの記録）。炉の冷却に不可欠なIC作業員が指示で撤収したことは、そのIC関係で放射能漏れが起こったと考えるべきであろう。

さらに、18:18までに開いているはずのIC系MO-2A弁が閉まっていたが、これは「非常用復水器の配管破断」信号によるものと推察されている（東電5月23日付報告1F-1-4頁）。

21:51には、原子炉建屋は入域禁止となった（1000cps、10秒で0.8mSv）。23時には、原子炉建屋の外側でタービン建屋との境にある「松の廊下」の南と北でそれぞれ毎時0.5mSv、1.2mSvが検出されている。つまり、放射能が原子炉建屋からタービン建屋にあふれ出すまでに至ったのだ。

ところが他方、東電の5月23日付報告書の解析では、放射能の放出はもっぱら原子炉圧力容器の破損によるものとしているが、その時刻は事故発生から約15時間後（12日午前6時頃）となっている。しかしこの推論は、11日17:50に早くも放射能が原子炉建屋に充満していたという事実と合わない。そこで原子力安全・保安院は6月6日付報告書でこの矛盾を認め、何とかもっと早く原子炉圧力容器を破損させるべく努力している。崩壊熱の発生を高めたりした結果、炉の破損は11日20:20頃にまで早まった。だがそれでもまだ17:50の放射線レベル上昇はとても説明できない。

配管の破損は15:30頃か、それより後に起こったと思われる。その頃までは炉圧力は変動しつつもほぼ維持されていたからである。しかしすでに14:46の地震動により、IC系配管がひび割れていたものと推察される。その後、ICが数回断続的に働いたことによる衝撃や熱応力で、そのひび割れが拡大して破損し、破損信号が出たのであろう。その信号によりIC系の弁がいったんは閉まったが、その後18:18のMO-2A、MO-3A弁の開操作（18:25にMO-3A閉）、及び21:30のMO-3A弁の開操作により、漏洩が再開し継続したものと推察される（東電同報告1F-1-4頁の記述）。

また、12日3時頃には原子炉圧力が8気圧程度にまで下がり、他方、格納容器ドライウエルの圧力が著しく上昇して8気圧近くになり、両者はほぼ釣り合うまでになった。それほどに、原子炉内から放射能混じりの蒸気が格納容器内に漏出したということだ。

このような事実から、IC系配管は格納容器の外で早期に破損した可能性が高い。12日深夜の格納容器圧力の上昇は、保安院の想定する原子炉水位の急低下、原子炉圧力容器の早期破損シナリオによっても成立する（東電シナリオでは不成立）。しかし、格納容器外での17:50の早期放射能検出という事実は、IC系配管破損シナリオを併せて考慮しない限り説明できない。

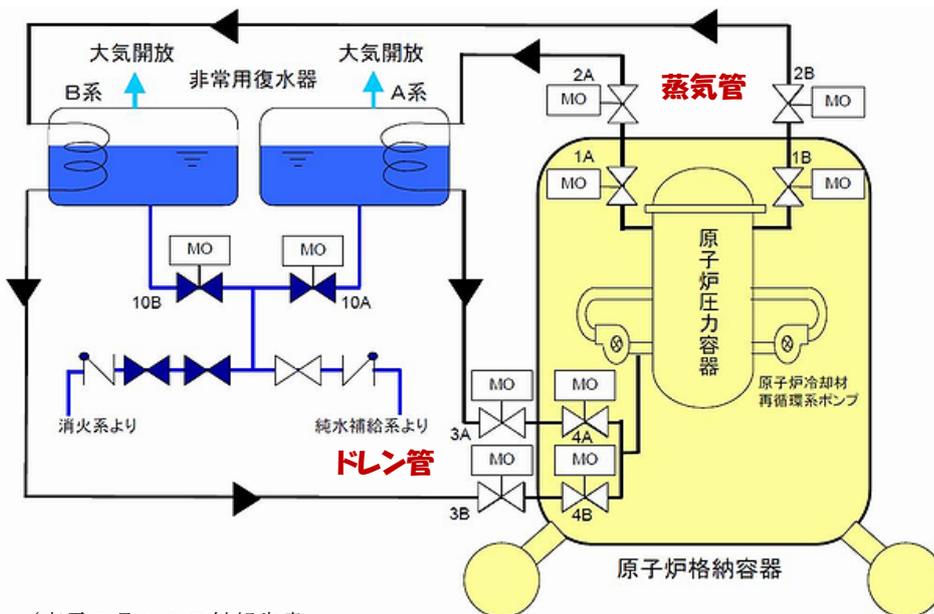
1号機では、想定最大地震動より低い地震動によって配管破損が起こった。この実態を直視して踏まえ、地震による配管の破損はどの原発でも起こり得ると考えるべきである。

■事実関係の整理

(1) 非常用復水器 (IC)

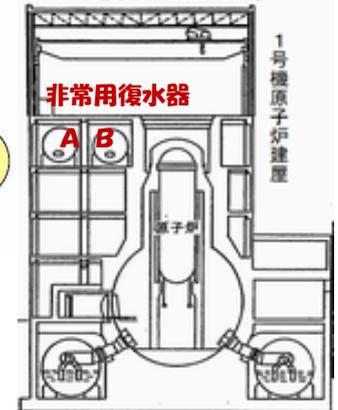
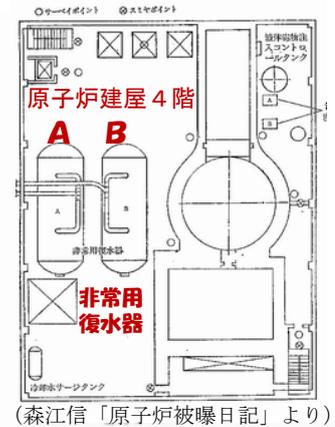
非常用復水器 (IC) は緊急時に炉内の水を冷却する装置で、AとBがある。原子炉から出た蒸気は蒸気管を経て復水器内のコイル状配管を通る間に外側の冷却水で冷やされて水になり、ドレン管内を重力によって水が降りる力で自然循環が生じる。熱を奪った外側の水は蒸気となって大気中に放出されるので (下の左側図と右側上図のパイプ)、補給系や消火系からの水の補給が必要となるが、補給なしで8時間はもつとされている (設置変更許可申請書)。

たとえばAの配管系には、4つの弁 (MO-1A, -2A, -3A, -4A) が付いている。そのうち2つは格納容器内にあり、他の2つは格納容器外にある。4つの弁のうち、MO-3Aを除く他の弁は常時開いており、系の開閉はMO-3A弁で行われる (B系列も同様)。作動条件は、原子炉圧力高であり、かつ、ある時間圧力高が続くことで、MO-3弁が自動的に開く (瞬間的な圧力高では開かないようにしてある)。今回なぜか、常時開いているはずのMO-2A弁が閉まっていたため、18:18にそれも開操作せざるを得なかったのである。



(東電5月23日付報告書
参考-2)

非常用復水器 系統概略図



(2) 原子炉圧力、水位及び再循環ポンプ入口温度の動きと IC 作動

次頁に示したグラフは、東電5月23日付報告書の添付資料の1-9 (p. 1F-1-14 原子炉水位)、1-10 (p. 1F-1-15 原子炉圧力) 及び1-11 (p. 1F-1-16 L R ポンプ入口温度) の図から数値を読みとって再現し、説明を加えたものである。

注目点は次に記す IC 作動との関係である。

- 14:46 に地震が発生した後、14:52 に IC がおそらく A、B とも自動起動した。その時点での原子炉圧力の低下はこのためだと考えられている。A、B は 15:03 頃に相次いで停止している。
- 15:10 過ぎ～15:30 頃に再循環ポンプ B 入口温度が 3 回低下しているのが見える。ここには IC 系の水が注入されるので、そのために低下したのではないかと推察されている (東電5月23日付報告書 p. 1F-1-2⑩の記述)。また、この時期の原子炉圧力の変動も IC 作動のためだと推察

されている（東電5月23日付報告書 p. 1F-1-15 の注⑤）。ただし、このときに IC が作動したという直接の記録はない。

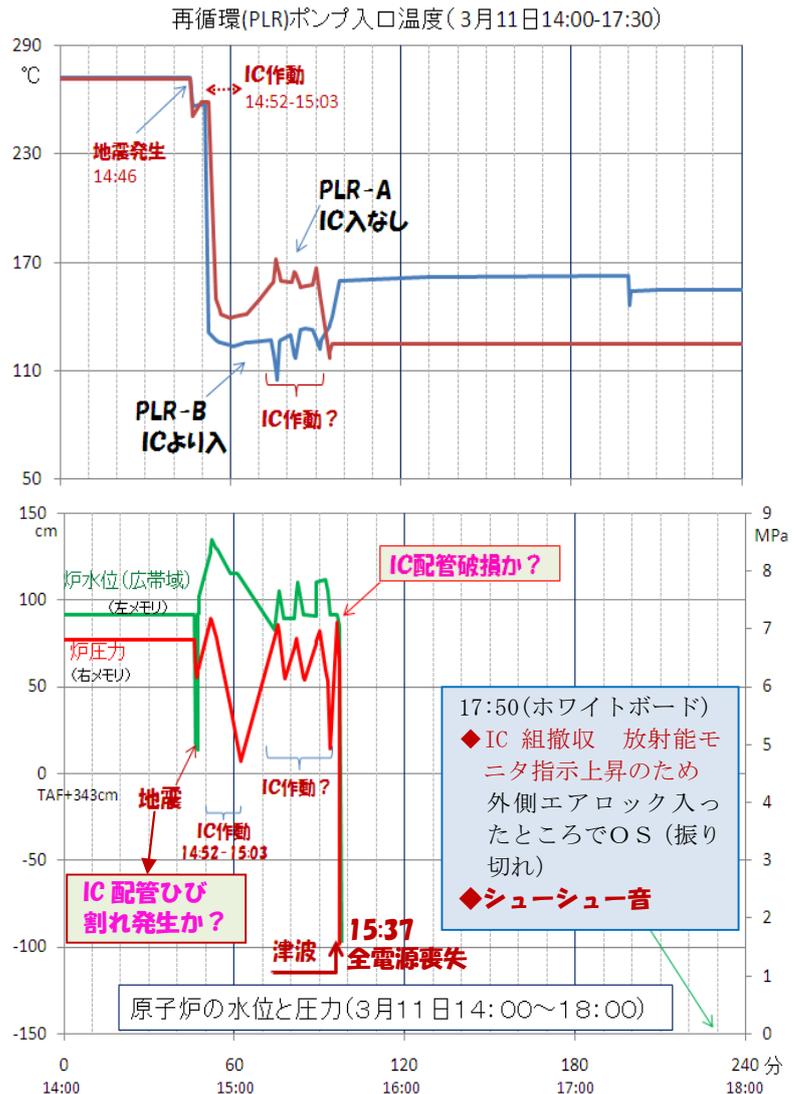
- この変動の後、原子炉水位と圧力が急低下しているが、これは津波による全交流電源喪失の影響だと考えられている。ただし、この頃に IC 系配管が破損した可能性もあるが、その破損は原子炉建屋内なので津波の影響によるとは考えられない。

- 18:18 に IC 系の MO-2A, MO-3A 弁の開操作をしているので、その前に、常時開いているはずの MO-2A 弁が閉まっていたことになる。これは「非常用復水器の配管破断」信号がでたためではないかと東電は認めながらも、実際には破断していないと推察している（同報告書 p. 1F-1-4 ④）。その後、MO-3A 弁は 18:25 にいったん閉止している。

- 21:30 にまたも MO-3A 弁が開き、その後は開きっぱなしになって

いた可能性がある」と推察されている（同報告書 p. 1F-1-4⑤、⑥）。しかし、事実がどうなのかは、調査してみないと分からないと東電自身が認めている（同報告書 p. 1F-1-4⑦）。

★18:18 と 21:30 の MO-3A 弁開のとき、両方とも「蒸気発生確認」をしている。この確認の意味も含め、IC 弁の問題は最後の「補足」で記述する。



(3) 原子炉建屋内外への放射能漏出—ホワイトボードの記録

(a) 11日 17:50

- 「IC 組撤収 放射線モニタ指示上昇のため。300CPM。外側エアロック入ったところでOS」（注：OSはオーバースケール、つまり振り切れ）。

- 「渡廊下（？）側からシューシュー音有（？）」

1号機の炉心の冷却は IC（非常用復水器）に全面依存していたのに、その作業員が撤収せざるを得ないほどに、17:50 より前に放射能レベルが上がったことを意味している。放射能レベルが上がった場所は、原子炉建屋内で格納容器の外（外側エアロックの内側）だと思われる。その位置は、IC 作業員が働いていた付近、すなわち、IC 系配管に関係しているはずだ。そこで同時に、「シューシュー音」も聞こえていたと思われる。これからすると、配管の破損は IC 系配管で起こった可能性が高い。

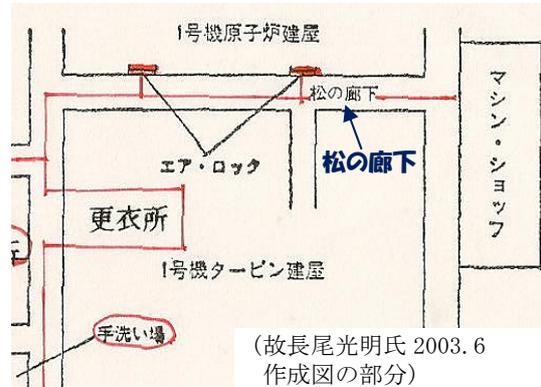
(b) 11日 21:51

- ・「1号R/B入域禁止 1000cps」(注：R/Bは原子炉建屋、cpsは毎秒の放射線カウント数)。「10秒で0.8mSv」との記載もある。

(c) 11日 23:00 と 12日 1:20 に下記表の記述がある。

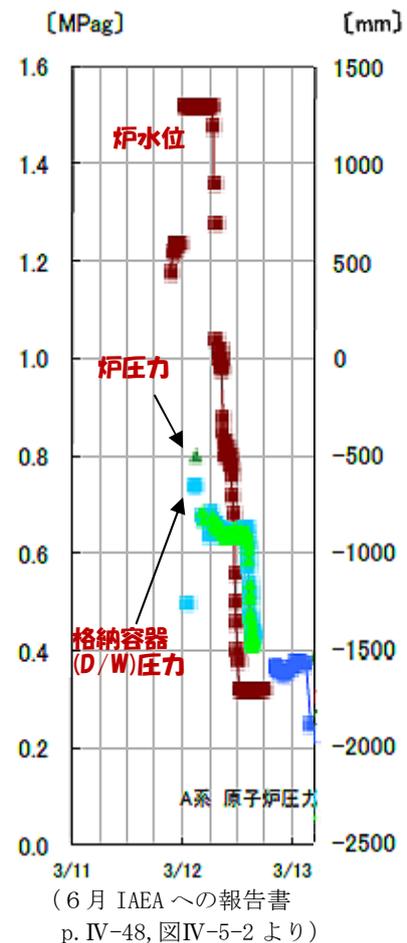
| mSv | 23:00 | 1:20 |
|---------|-------|------|
| 松のろう下・南 | 0.5 | 0.3 |
| 松のろう下・北 | 1.2 | 0.8 |

表にある「松のろう下」とは、原子炉建屋の入り口の外、タービン建屋との境目(タービン建屋内)にある廊下のこと(右図)。11日 23:00には、原子炉建屋の外に放射能が漏洩していたことを意味している。つまり、それほどに原子炉建屋内に、放射能が充満していたということだ。



(4) 格納容器内の漏洩

3月12日 3:00頃に、通常は1気圧(0.1MPa)程度の格納容器(D/W)圧力が、右図のように0.78MPa程度に上がり、他方、原子炉圧力は約0.8MPaに下がってほぼ釣り合っているのが分かる。そのためか、その頃には原子炉水位はほぼ一定になっている。その後急激に下がるのは、格納容器から気体が外部に出て、格納容器内圧力が下がったためであろう(注：ただし、炉水位の測定値の信頼度に問題があることは、東電自身が認めている[5月23日報告別紙-1-9、p.7参照]。実際、炉内への注水は12日午前6時頃までなかったため、水位が上昇するはずがないのに12日0時頃に上昇している)。



(5) IC系配管はいつ破損したのか

3頁図の原子炉圧力を見ると、15:30頃までは揺れながらもほぼ一定になっている。15:40前の炉圧力の急低下は津波・全電源喪失(15:37)による計測破綻の問題だと考えられている。だが、この頃からIC系配管のひび割れの拡大が始まっていたのではないだろうか。ブルムバーグ記事が伝える11日 15:29の1号機から1.5km離れた地点でのモニタリングポスト指示値上昇が事実なら、この推測の裏付けとなる。

■東電の原子炉圧力容器破損シナリオの矛盾

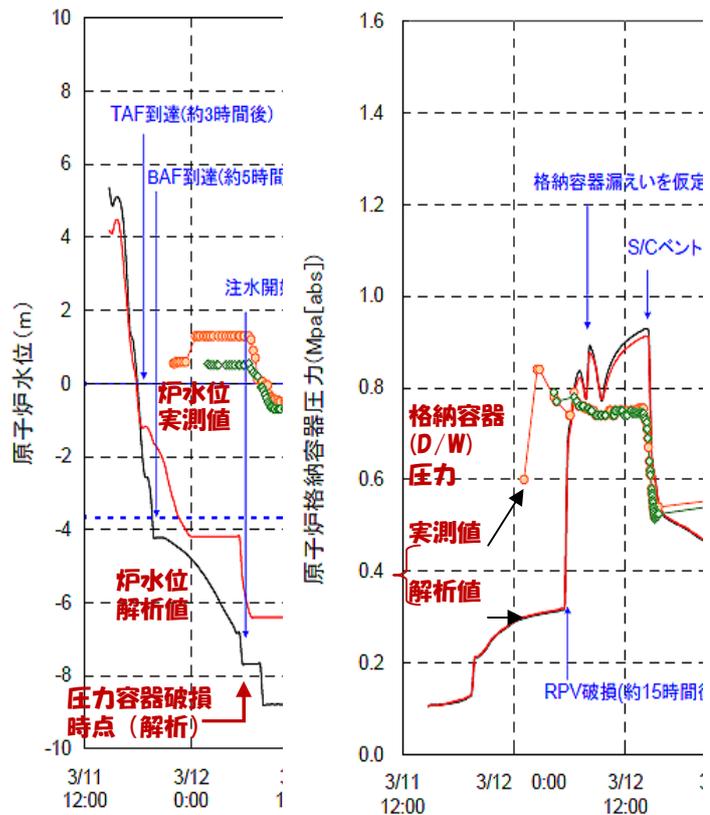
東電は5月23日付報告書で1号機の原子炉圧力容器の破損シナリオを描いている。その解析の結果では、次の左側図のように、原子炉水位の解析値(実線)が非常に急速に落ちている。その値は実測値とひどくかけ離れているが、これは実測値の方に問題があると見なしている。もう一つ、格納容器圧力の解析値は、12日午前6時頃のRPV(原子炉圧力容器)破損によって急

速に上昇するが、実測値はより早期に高い値を示している（右図）。つまり解析結果は事実を説明していない。

この解析の欠陥について、東電の報告書別紙-1-9頁の「3. 1. 2 解析結果」では次のように認めている。

「なお、事象初期において格納容器圧力は解析より高い圧力が計測されているが、例えば、炉心損傷初期に炉内の計装配管が損傷し格納容器内へ蒸気が流出した、もしくは、主蒸気系において使用されているガスケットのシール機能が高温になることで喪失するなど、何からの原子炉圧力容器から蒸気が放出される状況が発生した等が考えられるが、現時点では計測器の問題なのかどうかも含め、原因は分かっていない」（下線は引用者）。同じ記述がIAEAへの報告書添付IV-1にもある。

結局、東電の解析では、格納容器圧力の挙動を説明できないことを、東電自身が認めているのである。



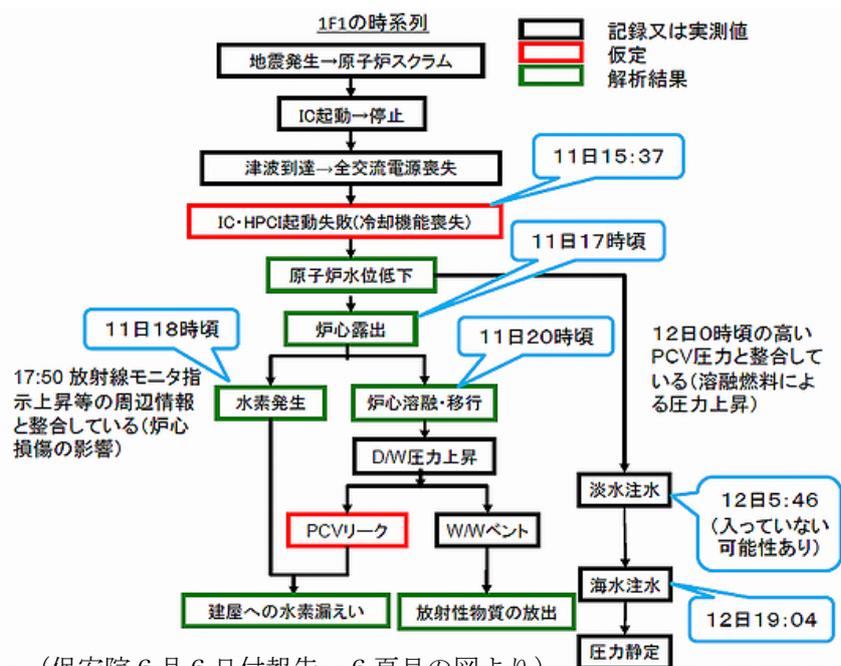
(東電5月23日付報告別紙 図3. 1. 1及び図3. 1. 3より)

■原子力安全・保安院見解の矛盾

原子力安全・保安院は6月6日に、独自のクロスチェック解析結果を踏まえた見解を出している。それは、上記の東電解析の矛盾を認め、原子炉圧力容器の破損時期をもっと早めるというものである。

その動機・理由について保安院は次のように記述している（報告書3頁）。

「事象進展としては、タービン建屋内で放射線量が上昇等の情報がある11日23時よりも前に原子炉圧力容器が破損し、格納容器圧力・温度が大きく上昇したために格納容



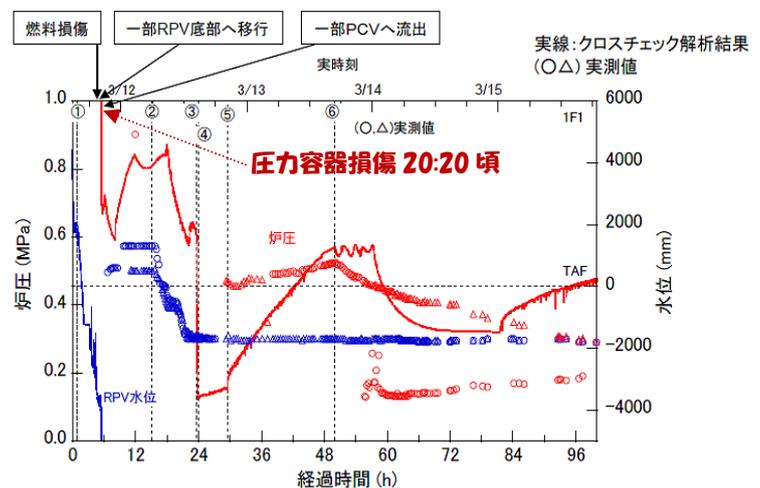
(保安院6月6日付報告 6頁目の図より)

器からの漏えいが発生していたものと推定される」。つまり、前記「松の廊下」での放射能検出の事実に合わせてようとしている。

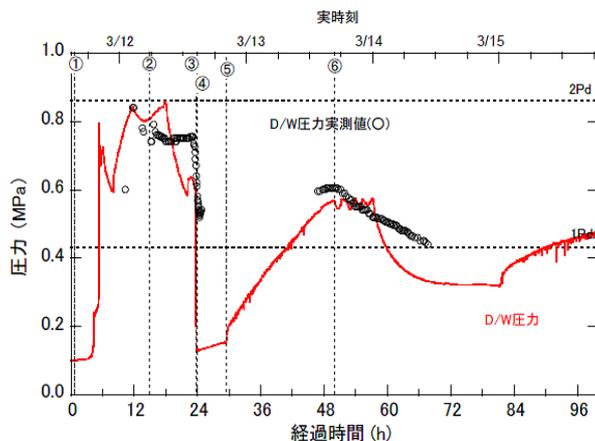
・「同様に、中央制御室ホワイトボードに記載されていた11日17時50分放射線モニタ指示上昇（外側のエアロック入ったところ）等の情報についても、その頃には炉心損傷に至る状況であったものと推定される」。これも前記のIC組撤収の原因となった放射線モニタ指示上昇を重視する内容で、前頁の図内にも、「17:50 放射線モニタ指示上昇等の周辺情報と整合している(炉心損傷の影響)」と書かれている。しかし、圧力容器が損傷していないこの時期に、仮に炉心損傷が進んでいたとしても、なぜ、どのルートから放射能が「外側エアロックを入ったところ」に漏出てきたのか、まったく不可解なままである。

クロスチェック解析の右図（上側）より、炉圧が急激に下がっている時刻は11日20:20頃であり、このとき圧力容器が損傷したとされて「一部PCV（格納容器）へ流出」と書かれている。仮にこれを認めるとしても、右図（下側）で②PCVリーク（仮定）が起こるのは3月12日6:00頃と読みとれる。つまり格納容器から外にリークが起こるのは12日の朝となっている。

結局、11日の「17:50 放射線モニタ指示上昇等」と「周辺情報」との間に整合性があるなどとはとても言える解析結果ではない。無理して崩壊熱を高め、原子炉圧力容器の破損時期を早めても、なお、格納容器外での早期の放射能検出という事実を説明することはできなかったのである。



- ①IC停止
- ②PCVリーク(仮定)
- ③W/Wバント(PCV圧力低下)
- ④W/Wバント閉(仮定)
- ⑤海水注水開始
- ⑥PCVリークの拡大(仮定)



(保安院6月6日付報告 6頁目の図より)

■結論

東電と保安院は、原子炉圧力容器の早期破損によって、放射能を含む炉内蒸気が格納容器内に流れ込んだというシナリオを立てているが、これでは11日17:50までに原子炉建屋内に放射能が充満していたという事実を説明することはできない。この矛盾は東電自身が認めており、東電の解析は破綻している。

肝心なのは、原子炉内から格納容器外への直接的漏洩、つまりIC系配管が早期に破損した可能性を認めることだ。この点は、これも東電自身が認めているように、格納容器外側のIC系弁を調べたり、さらにIC系配管を実際に調査すれば明らかになることなのだ。その調査が行われるまでは、少なくとも配管破損の可能性のあることを認めるべきである。

IC系配管が地震動で破損した可能性を認め、他の原発でも同様の事態が起こりえることを認めることこそが、原発の安全性判断にとっていま最も重要なことである。これこそが、福島事故を直視し、重視し、その教訓を真に生かす道ではないだろうか。津波対策だけの緊急安全対策や架空的なストレステストで原発の運転再開をするなど、けっして許されることではない。

◆IC配管破損シナリオ(LOCA)－保安院シナリオとの比較

| 放射能など事実の経緯 | IC配管破損シナリオ | 保安院のシナリオ |
|---|---|--|
| 14:46 地震発生 14:52-15:03 IC作動 15:15-15:37 IC断続作動 15:37 全交流電源喪失 | 地震でIC配管にひび割れ発生 断続作動でIC配管のひび割れ拡大 ⇒IC配管破損(格納容器外) ⇒原子炉内から蒸気が直接格納容器外に抜け、炉水位が急速に低下(シューシュー音) ⇒17:50よりかなり前に燃料損傷。 | IC停止後、逃し安全弁作動により炉水位低下(炉圧力は炉容器破損まで維持されると想定)。 16:30頃(東電では17:50頃)水位が燃料頂点に到達。 |
| 17:50 格納容器外で放射能検出、IC組撤収。 シューシュー音 | 放射能が破損口から原子炉建屋内に流出。 | 20:20頃 圧力容器破損 |
| 21:51 原子炉建屋入域禁止 | | |
| 23:00 原子炉建屋からタービン建屋に放射能があふれ出る | 12日0:00より前に圧力容器破損 ⇒格納容器内に蒸気が流出 12日0:00頃 格納容器圧力上昇 | 12日0:00頃 格納容器圧力上昇 12日6:00頃 ⇒格納容器から外部に漏洩 |

■補足

ここでは、若干の考察と資料的な内容を補足する。

(1) ICの挙動に関する東電の証言と注釈的記述

ICをなぜ止めたのかが問題になっているが、それについては「復水器が起動していれば発生するはずの蒸気が確認できなかったため、1号機の運転員が復水器の水がなくなっていわゆる『空だき』になっていると疑い、装置が壊れるのを防ごうと運転を停止した」と東電関係者が証言している(8月17日NHK)。18:18と21:30の「蒸気発生確認」はこのためではないだろうか。止める前に蒸気が出ていない(IC内の水が蒸気になっていない)なら、その頃には原子炉からICに

流入する蒸気量が減少していた、つまり IC に向かう蒸気管が破損していたとの疑いが生じる。

次に、非常用復水器 (IC) について、「非常用復水器の配管破断」信号などに関する重要な記述が、東電の 5 月 23 日付報告書の p. 1F-1-3 「(3)非常用復水器に関する考察」の項に書かれているのでここに後半部分を引用しておこう。下記の説明では、「非常用復水器の配管破断」信号が出たものの、それは津波の襲来の影響で出た誤信号だと以下のように勝手に推測している。しかし、津波で全交流電源が喪失してもバッテリーは生きていたはずである。格納容器外への放射能放出という事実を重視すれば、これは誤信号ではなく、真の信号だと捉えるべきである。弁の破損の状況については、東電がいうとおり、実際に調査して確かめる必要がある。

「④ホワイトボードの記載によれば、3 月 11 日 18 時 18 分に非常用復水器(A)の供給配管隔離弁 M0-2A 弁を開操作した記録が残されているが、通常停止操作においては M0-2A 弁の閉操作は実施しない。この点については、操作員が実施した非常用復水器の停止操作時刻と起動操作時刻(18 時 18 分)の間に津波が襲来し、「非常用復水器の配管破断」を検出する直流電源が失われたものと推測した。これによりフェールセーフ動作として「非常用復水器の配管破断」信号が発信され、M0-2A 弁を含めた非常用復水器の隔離弁が閉動作したものと推測した。

⑤「非常用復水器の配管破断」信号が発信され隔離弁が閉鎖した可能性を調査していたところ、操作員が閉操作を実施していない非常用復水器(B)の M0-2B 弁について、弁の開閉状態を確認した回路調査結果(本年 4 月 1 日実施)を得た。その結果を確認したところ、当該弁は全閉の可能性が大であることを確認した。同様にホワイトボードに開操作の記録が残されている M0-2A 弁、M0-3A 弁の現在の開閉状態については、全開の可能性大であり、操作実績と一致した。

⑥非常用復水器の弁を当直員が開操作した時に蒸気発生を確認したとのホワイトボードの記載がある。一方、「非常用復水器の配管破断」信号が発信された場合、格納容器隔離弁の内側に設置されている隔離弁 4 弁(M0-1A、M0-1B、M0-4A、M0-4B)は弁の駆動電源が残っていれば全閉状態になること、さらに回路調査結果では中間開であるがその開度は明確には分からないことから、非常用復水器がどの程度機能していたかについては現時点では判断できない。

⑦各隔離弁、特にアクセス可能な外側隔離弁については、直接確認できる機会が得られれば、より確かな情報を目視確認により得ていく予定である」。

(2) 逃し安全弁作動の可能性

原子炉圧力が高まると逃し安全弁が開いて蒸気を格納容器内の圧力抑制室に逃すようになっている。この結果、放射能が格納容器からさらに外に出た可能性はあり得る。逃し安全弁と安全弁は主蒸気管の隔離弁より原子炉側の位置に付けられている。安全弁より先に開く逃し安全弁は 4 つあり、設置変更許可申請書によると、設定圧力は 7.28MPa、7.35MPa(2 つ)、7.41MPa となっている。4 つの逃し安全弁が開くと主蒸気流量の 43.8%が格納容器内に流れる。

津波がくる前には、原子炉圧力はこの設定圧力に到達していないので(3 頁グラフ)、逃し安全弁は開かなかつたはずである(東電も炉圧をせいぜい 7.2MPa、設定圧力を約 7.4MPa としている: 東電 5 月 23 日報告書、別紙-1-18 頁)。その後逃し安全弁が開いたかどうかは、炉圧力のデータがないので定かでなく、手動で開けた形跡もない。

仮に逃し安全弁が開いたとしても、格納容器内に出て圧力抑制室に入った放射能が格納容器外に出るには時間がかかる。東電の解析では水位が燃料棒頂点に達するのは 17:50 頃、保安院の場合は 16:30 頃である。格納容器内圧力が実際に上昇するのは 12 日零時頃なので、このシナリオでは、放射能が 17:50 よりかなり前に原子炉建屋内に充満するには無理がある。