

－『福島原発事故分析検討会』の「非常用復水器に関する分析」について その3－

☆ 未説明課題（ICによる事故回避可能性）の定量的検証 ☆

福島第一原発1号機の非常用復水器ICをめぐる問題について、昨年、タイミングよく規制委「検討会」が検証を開始したこともあり（2024.7.22：47回、11.14：48回、2025.1.31：49回）、筆者も『鳴り砂No.312』から検証を再開しました。

その主な論点は、実は、事故1年後の2012.2.26（3.4追記）『福島原発事故の操作・対応の問題点（中間整理）』で取り上げたものです【風の会HP参照】。ちなみに、同論考作成時には、東電「2011.12.2中間報告」、政府事故調「2011.12.26中間報告」、保安院・意見聴取会「2012.2.16中間取りまとめ」など、限られた資料しかありませんでしたが、現時点でも大きく修正が必要な点はないと思われま（あればご指摘下さい。東電と違って、誤りはすぐ正します！）。また、同論考で取り上げた問題のうち‘地震後から津波襲来前後の運転操作’については、その後に事故調報告や手順書を含む多くの資料が公表されたことを受け、2018.3.11『事故初期の運転操作・事故対応の検証』にまとめました。それを土台に最新情報を加えたものが、昨年来の原稿です。

14年目を迎えた福島原発事故には、多くの裁判で争点化されている「津波の予見可能性」（3.5東電旧経営陣刑事裁判・最高裁判決でも棄却）以外にも、IC自動起動（予見可能）後の運転操作（結果回避可能）に係る“未説明課題”が存在しています。それを解決することで、東電の（原賠法上の無過失責任に留まらない）「重過失責任」や2022.6.17最高裁判決で認められなかった「国の責任」を明らかにしたいと思えます。

◆ 「保安規定」に従ったIC2系統作動継続で、事故は防げた！ ◆

『鳴り砂No.312』で述べたとおり、47回検討会で、事故後初めてICの「タンクの諸元」＜資料2-2：1頁＞が東電から公開され、具体的な数値と意味が明確になりました。そこで、筆者積年の“未説明課題”である「14:52に自動起動したIC2系統が手動停止されずにそのまま継続作動し冷却を続けていたら、津波後の‘1号機早期炉心溶融・水素爆発’や‘2・3号機の炉心溶融・水素爆発の連鎖’は防げた！」という“仮説”について、“素人”なりの定量的検証を行なってみたいと思えます。

そして、東電が未だに撤回しない‘「温度降下率遵守」によるIC手動停止＜*＞’は、そもそも保安規定第77条3項‘スクラム時には遵守不要’規定や、地震手順書で最優先とされた‘原子炉冷却確保’に反する不適切な操作で、それがなければ、津波襲来後でも炉心損傷は防止可能（保安規定・手順書で「予見可能（想定済み）」で「結果回避可能（対応可能）」）だったことを明らかにします。＜*東電はIC操作検証に不可欠な「設備別操作手順書」（自動起動時の対応手順）を公開すべきです！＞

1 ICによる除熱量とタンク水の挙動（後記3の準備：基本は「中学理科」＋電卓）

①自動起動後から、タンク水温が100℃に到達するまでの「20分間」

ICタンク1個の総水量は「160t（ 160×10^6 g）」＜47回資料2-2：1頁＞で、IC起動初期は、ICによる除熱量は全てタンク水の温度上昇に転換されます。

まず、A系では、14:52 以降の自動起動および3度の手動操作の「計 20 分間」で、事故前のタンク水温「23.0℃」<49 回資料 2 : 5 頁。3.11 の 12 時測定値>から「100℃」に達した<49 回資料 2 : 4 頁、47 回資料 2-1 : 8 頁>ので、その間の移動熱量は、中学理科で習った「水量 (熱容量) × 温度変化< * >」より、「 $160 \times 10^6 \times (100 - 23) \div 1.232 \times 10^{10} \text{ cal}$ 」で、「 4.184 J/cal 」で単位変換すると「 $5.155 \times 10^{10} \text{ J}$ 」となります。この計算は、「160 t のタンク水の温度を 50℃分上昇させるために必要なエネルギー量は $3.3 \times 10^{10} \text{ J}$ 」<49 回資料 2 : 25 頁>との記載より、「50℃分」でなく「77℃」を上昇させるエネルギー量を比例計算すると「 $5.1 \times 10^{10} \text{ J}$ 」となることから、適正なものです。< * 本稿では温度差も「K」ではなく「℃」で表記します。 >

また、IC 1 系統の伝熱容量 (設置許可申請書記載の「設計値」) は「 $36.2 \times 10^6 \text{ kcal/h}$ 」、秒換算すれば「 $10.0 \times 10^6 \text{ cal/s}$ 」で、上記 20 分間の「 $1.232 \times 10^{10} \text{ cal}$ 」より求めた「 $10.3 \times 10^6 \text{ cal/s}$ 」とも一致し、中学理科計算の妥当性が証明されます。

そこで、まず「設計値」で検証すれば、14:52 から計 20 分間 (1200 秒) 作動した A 系では、「 $10.0 \times 10^6 \text{ cal/s} \times 1200 \text{ s} = 12.0 \times 10^9 \text{ cal}$ 」の熱が移動して「160t」のタンク水を加熱するので、温度上昇は「 $12.0 \times 10^9 \div (160 \times 10^6) = 75^\circ\text{C}$ 」となり、事故前のタンク水温「23.0℃」を考慮すれば、20 分作動後には「ほぼ 100℃」となり、実際の測定値<47 回資料 2-1 : 8 頁【下図】、49 回資料 2 : 4 頁>と合致します。一方、B系でも、自動起動後の 11 分間 (14:52~15:03、660 秒) の作動で、温度上昇は「 $10.0 \times 10^6 \times 660 \div (160 \times 10^6) = 41.25^\circ\text{C}$ 」と求められ、事故前タンク水温「23.6℃」より、作動後は「65℃」となり、こちらも測定値「約 70℃」【同図】と概ね一致します。

以上より、14:52 に自動起動した IC 2 系統が、タンク水温が 100℃に達する 15:12 まで「設計値」で「20 分間」作動し続けていたなら、「 $12.0 \times 10^9 \text{ cal} = 50.2 \times 10^9 \text{ J}$ 」の 2 倍、即ち「 $1.00 \times 10^{11} \text{ J}$ 」の熱が除去され

ていたと推測できます (なお、実際の 14:52~15:03 (11 分間) の AB 2 系統作動時には、「設計値」で「 $1.0 \times 10^{11} \div 20 \times 11 = 5.5 \times 10^{10} \text{ J}$ 」が除熱されたこととなります)。

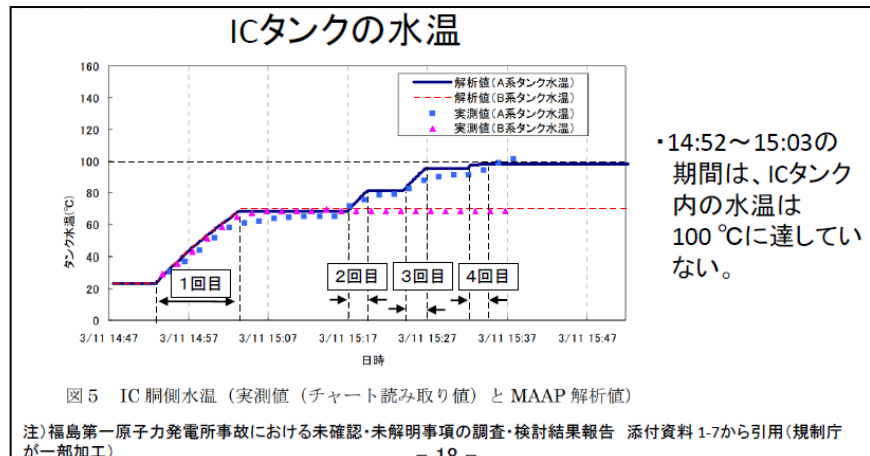


図5 IC 胴側水温 (実測値 (チャート読み取り値) と MAAP 解析値)

注) 福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項の調査・検討結果報告 添付資料 1-7から引用 (規制庁が一部加工)

②タンク水温が 100℃に到達してから、津波襲来までの「25 分間」

次に、タンク水温が 100℃に到達した 15:12 以降は、IC による熱除去分は有効水量 (熱交換部より上にある蒸発可能な水量) 「106t」<47 回資料 2-2 : 1 頁>のタンク水の蒸発に使われます。ここで、「100℃、20t の冷却水が蒸発するために必要なエネルギーは $4.5 \times 10^{10} \text{ J}$ 」<49 回資料 2・25 頁>とされ、これは【理科年表】の「100℃の水の蒸発熱 40.7 kJ/mol 」を、水「 18 g/mol 」で変換すれば、「 $40.7 \div 18 = 2.26 \text{ kJ/g} = 2.26 \times 10^3 \text{ J/g} = 540 \text{ cal/g}$ (中学理科でも使用?)」となり、水量 20t ($20.0 \times 10^6 \text{ g}$)

の蒸発熱は「 $2.26 \times 10^3 \times 20.0 \times 10^6 = 4.52 \times 10^{10} \text{ J}$ 」と算出され、一致します。

そこで、15:12 から津波襲来時 15:37 までの 25 分間 (1500 秒) の 1 系統の熱移動量を求めると、「 $10.0 \times 10^6 \text{ cal/s} \times 1500 \text{ s} = 15.0 \times 10^9 \text{ cal} = 62.8 \times 10^9 \text{ J}$ 」となるので、蒸発するタンク水量は「 $62.8 \times 10^9 \div (2.26 \times 10^3) = 27.8 \times 10^6 \text{ g} = 27.8 \text{ t}$ 」になります。これは有効水量「106t」以下なので、25 分作動後もタンク水補給は不要です。

よって、I C 2 系統がタンク水を蒸発させながら 25 分間作動し続けたとすれば、「 $62.8 \times 10^9 \text{ J}$ 」の 2 倍、「 $1.26 \times 10^{11} \text{ J}$ 」が原子炉内から除熱されたはずで

す。従って、14:52 に自動起動した I C 2 系統が津波襲来時 15:37 まで「45 分間」作動し続けていたなら、設計値で「 $1.00 \times 10^{11} \text{ J}$ 」 + 「 $1.26 \times 10^{11} \text{ J}$ 」 = 「 $2.26 \times 10^{11} \text{ J}$ 」の熱が原子炉内から除去されていたと推定されます (I C タンク水での考察)。

2 スクラム後から津波襲来時までの崩壊熱による総発熱量 (後記 3 の準備)

一方、原子炉停止後の崩壊熱計算には、【東北大学 流体科学研究所 圓山・小宮研究室「原子炉内が崩壊熱のみによって加熱されている場合に必要の水の投入量の推定」 Heat-Transfer Control Lab. Report No. 1, Ver. 4 (2011/04/13)】を参照して、原子炉停止「t 秒後」の崩壊熱 P (t) [W] の式を積分し、さらに、原子炉停止 (スクラム) 時「 $t_1 = 0$ 」から「 t_2 経過後」までの総発熱量「Q (t_2)」を求める式に変換して、**★** $Q (t_2) = 0.0825 P_0 [t_2^{0.8} - (t_s + t_2)^{0.8} + t_s^{0.8}]$ を使用します (エクセル計算)。
< * 同論文では [] 内の後ろ 2 項の正負が逆。単純ミス >

ここで、同論文では、1 号機は「 P_0 」(通常運転時の原子炉熱出力) が「1380 MW = $1.38 \times 10^9 \text{ W}$ 」、「 t_s 」(燃料棒使用時間) が「1.74 年」とされ、1 年を 365.25 日とすると「54,910,224 秒」です。

それらを代入し、14:46 地震スクラム後から 15:37 津波襲来時まで「 $t_2 = 51$ 分間 = 3060 秒間」の崩壊熱を計算すると、総発熱量は「 $Q \div 0.621 \times 10^{11} \text{ J}$ 」と求められ、I C 2 系統の自動起動から津波襲来時まで「45 分間」の継続作動による除熱量 (設計値) 「 $2.26 \times 10^{11} \text{ J}$ 」よりも、また、後出 JNES 解析値を用いた除熱量「 $17.5 \times 10^6 \times 45 \times 60 \times 4.184 = 1.98 \times 10^{11} \text{ J}$ 」よりも「かなり小さい」ことから、自動起動後から津波襲来時まで I C 2 系統が継続作動されていたら、原子炉が「かなり冷却」された (定性的表現ですが) のは明らかです。

3 スクラム後から津波襲来時までの熱収支の定量的検討 (崩壊熱 vs IC 除熱)

上記試算を踏まえ、以下定量的検討を行ないませんが、I C 伝熱量は、実条件を反映させた解析で 2 系統起動時に「 $6.3 \times 10^7 \text{ kcal/h} = 17.5 \times 10^6 \text{ cal/s}$ 」【規制委第 4 回意見聴取会資料 3-2・JNES「福島第一原子力発電所 1 号機 非常用復水器 (IC) 作動時の原子炉挙動解析」H23.12.9 (H24.3.27 一部改訂)、H24.6.1 一部改訂】という値が得られているため、先に使用した「設計値」でなく、上記「JNES 解析値」を用いることにします。なお、1 では「I C タンク水の挙動 (水温上昇・蒸発)」に注目しましたが、ここからは、炉心損傷に係る「原子炉水の挙動 (同)」に注目して解析します。

① 「Wagner の式」を用いた「圧力」と「水温」の換算

熱収支計算のため、実測値の「A系の I C 入口圧力 [MPa]」【東電追加公表データ (1 分間隔) 「f1_6_Katogenshotsuika1-05.csv」】を原子炉 (主蒸気) 圧力と見做し、「原子炉水温変化」と「熱移動量」を推計します (「時刻表記」は同データに準拠)。

その際の「圧力」と「水温」の換算には、JNES 論文「I C の仕様」記載の「蒸気温度 286°C」と「復水出口圧力 70.3kg/cm²」が対応すると見做して、試算で「285°C」に対し「6.92MPa (=70.6kg/cm²)」となった、温度 t [°C] における飽和水蒸気圧 e(t) [hPa] の関係式『Wagner の式』を用います (以前は『tetens の式』を使用)。

≪式は複雑で、 $e(t) = P_c \cdot \text{Exp}\{(A \cdot X + B \cdot X^{1.5} + C \cdot X^3 + D \cdot X^6) / (1 - X)\}$ [hPa] というもの。

ここで、式中の各値は【表】のとおりで、「t」は「X」中に含まれています。また、実際には、圧力データから「t」を算出するのではなく (筆者の数学力では上記式を逆関数にできず!)、「t」を代入 (エクセル計算) し、圧力データに近い値を与えた「t」を“漸近的に=力づくで”求めました。≫

Pc	221200.0	hPa
Tc	647.3	K
X	$1 - (t + 273.15) / T_c$	
A	-7.76451	
B	1.45838	
C	-2.77580	
D	-1.23303	

② 14:48:59 から 15:03:59 までの水温変化 (実際) と原子炉全体の熱容量

まず、「14:45:59~14:48:59」の「地震発生・原子炉スクラム」後の圧力急低期間【4①図参照】は、MS I V が閉じる前の主復水器による冷却や給水流入なども考えられるので、計算を簡便にするため除外します。また、以下の計算では、「崩壊熱による加熱」と「I C 2 系統作動による除熱冷却」が、「炉内の圧力・水温」にすぐに反映されるものとし、(実際には時間差 (タイムラグ) が生じるはずですが)。

さて、14:48:59 「①6.2210MPa」に対応する水温は「277.910°C」で、MSIV 閉後の緩やかな圧力上昇 14:52:59 「7.1015MPa」後の I C 2 系統自動起動 (7.13MPa 超×15 秒) による除熱により低下した 15:03:59 手動停止時の圧力「②4.6415MPa」に対応する水温は「259.285°C」なので、15 分間で差引「18.625°C」低下したことが分かります。

一方、その間の崩壊熱は「27.63G J」で、14:52:59 から 15:03:59 までの I C 2 系統による 11 分間の除熱量 (JNES 解析値) は「 $17.5 \times 10^6 \times 11 \times 60 \times 4.184 = 48.33 \text{G J}$ 」なので、「20.7G J」の除熱で「18.625°C」の水温低下が生じたこととなります。

すると、原子炉全体 (炉水+容器・配管等) の熱容量を X と置けば、「 $X \times 18.625 = 20.7 \times 10^9 \div 4.184$ 」となり、「 $X = 2.66 \times 10^8$ 」と算出されます。

③ 15:03:59 から 15:36:59 までの I C 2 系統継続作動による水温低下 (推定)

次に、15:03:59 から 15:36:59 まで I C 2 系統が継続作動したなら、崩壊熱発生量「34.45G J」に対し、I C 除熱量 (JNES 解析値) は「 $17.5 \times 10^6 \times 33 \times 60 \times 4.184 = 144.98 \text{G J}$ 」なので < * I C タンク水側で水温上昇・蒸発のいずれに転換されるかは、原子炉側には無関係とします。 >、差引「110.5G J」の除熱による水温低下 t は、「 $X \times t = 110.5 \times 10^9 \div 4.184$ 」に上記 X を代入して、「 $t \doteq 99.3^\circ\text{C}$ 」と求められます。

従って、津波襲来 15:36:59 には、15:03:59 「259.285°C」から「99.3°C」低下した水温「約 160°C」(圧力「0.61866MPa」)になると推定されます【4①図の左下点線】。

なお、時刻表記の関係で、I C 作動は、ここでは 14:52:59~15:03:59~15:36:59

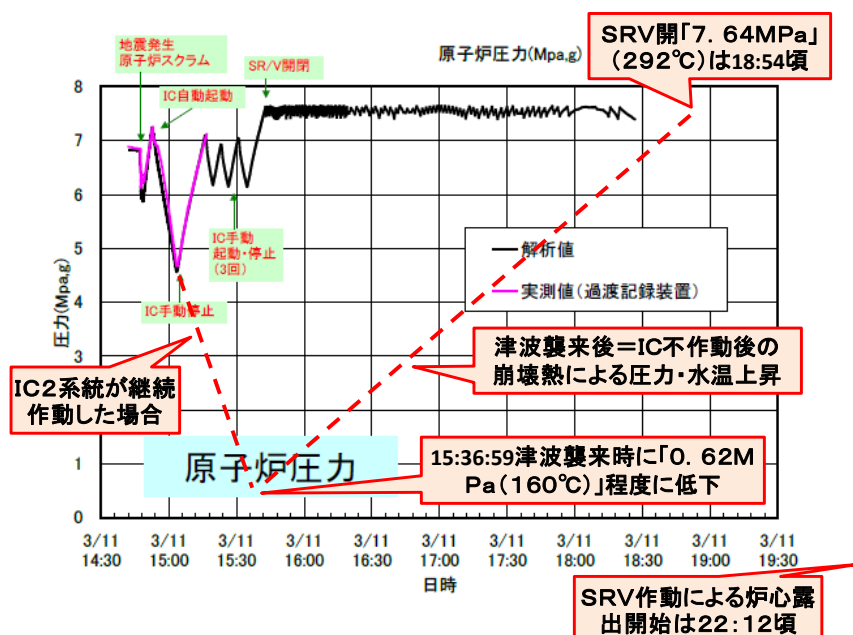
の「11+33=44 分間」となっており、1での14:52~15:37の「45 分間」とは差が1分ありますが、結果自体に大きな影響はありません。

4 津波襲来後の熱収支と、炉水位低下に対する津波前 IC 除熱の効果

① 津波後の炉水温の再上昇

前述のとおり、IC2系統の継続作動により津波襲来時には水温は「約 160℃」に低下するので、15:36:59 津波・冷却手段喪失後の崩壊熱は、まず“炉水温の再上昇”に用いられると考えます。温度 (= 圧力) が上昇すれば、いずれSRV (主蒸気逃がし安全弁: サプレッションプールS/Pへ主蒸気を放出し除熱・減圧) の「バネ式の安全弁機能」が7.64MPa (2個) で作動する【東電最終報告・添付書類 参考1(2)】ため、同圧力に対応する「291.76℃」が水温上昇の上限となります。従って、津波後にはまず「291.76-160≒132℃」の水温上昇が生じ、それ以降はSRV自動作動により除熱・減圧されます。

ここで、温度「132℃」を上昇させる津波後の崩壊熱「Q G J」は、前出の「 $X = 2.66 \times 10^8$ 」を用いて、「 $2.66 \times 10^8 \times 132 = Q \times 10^9 \div 4.184$ 」より「 $Q \div 146.9 \text{ G J}$ 」と求められ、その値に達するのは「スクラムから約247分後」の「18:54頃」と推定されます【4①図: JNES論文9頁左上図に、赤点線や赤吹出加筆】。



② 炉水の蒸発とSRV作動による水位低下 (TAF到達=炉心露出開始時刻)

次に、水温が「291.76℃」に達した「18:54頃」以降の崩壊熱は、全て“炉水の蒸発”に用いられるものとし、発生した蒸気はSRVによりS/Pへ放出され (蒸発量=放出量)、原子炉が除熱減圧される一方、炉水は不可逆的に喪失すると考えます。ちなみに、実際の事故時の「SR/V開閉」開始は「15:40頃」【4①図】なので、IC継続作動で「炉水喪失開始」を3時間以上先延ばしできることが分かります。

ここで、「1 MWhの熱量で… (70気圧の場合は2.4トン蒸発)」【吉岡律夫「福島1号機の非常用復水器の作動状況について (ICは作動していたのか? 炉心熔融は何時おきた?) Rev1」2016.7.2】に基づけば、「1 MWh = 3.6 G J = 860 × 10⁶ cal」で「水 2.4 t = 2.4 × 10⁶ g」が蒸発するので、(70気圧での) 気化熱は「358.5 cal/g」と算定されます。そして、圧力容器内径は4.8m【東電最終報告・添付書類 参考1(1)】なので、断面積を考慮すれば、単純に「水位1m」が「水量約18.1t (18.1 × 10⁶ g)」に相当するため、その蒸発 (気化) には「 $18.1 \times 10^6 \times 358.5 \times 4.184 = 27.15 \text{ G J/m}$ 」

が必要です。さらに、地震前の通常水位は、燃料上部（TAF）より「343cm」上を基準とした広帯域水位計水位で「約 92cm」＝「TAF 上の水位 435cm」【「東電最終報告・添付書類」参考 2（1/2）と参考 4（1/5）、東電 2013.7.17 公表「6. 過渡現象記録装置データ」7 枚目と 8 枚目】であり、かつ、原子炉水の総量は「地震後から（SRV が作動する）18:54 頃まで増減なし（IC の最大の長所）」と考えます。

すると、SRV からの主蒸気放出（実際には、【4①図】上の「SR/V 開閉」のように、間欠的に開閉作動を繰り返して減圧）により炉水が減少し、水位が「435cm＝4.35m」低下して TAF に到達するには、「18:54 頃（スクラム 247 分後）」以降の崩壊熱が「 $27.15 \times 4.35 = 118.1 \text{ GJ}$ 」になることが必要で、その時刻は「22:12 頃（スクラム 445 分後）」と算出されます。すなわち、これが炉心露出開始時刻となります。

なお、上記水位低下「435cm」に対応する蒸気放出量（水量）は「 $4.35 \times 18.1 = 78.7 \text{ t}$ 」で、「445－247＝198 分間（3.3 時間）」の SRV 2 個の作動で生じるので、放出速度は「 $78.7 \div 3.3 = 23.9 \text{ t/h}$ 」となり、2 個の容量（設計値）「約 500t/h」【東電最終報告・添付書類 参考 1（2）】に照らして、特に問題はありません。また、S/P 水量は「 $1750 \text{ m}^3 \doteq 1750 \times 10^6 \text{ g}$ 」【東電最終報告・添付書類 参考 1（1）】なので、「118.1 GJ」の熱移動による温度上昇 T は、「 $1750 \times 10^6 \times T = 118.1 \times 10^9 \div 4.184$ 」より「 $T = 16.1^\circ\text{C}$ 」でしかなく、これも特に問題はありません。

③ 津波前 IC 除熱冷却による炉心露出・損傷の大幅先延ばし

一方、1号機の「最長許容炉心露出時間」は、スクラム後 1 時間で「12 分」、10 時間後（3.11 事故では翌 12 日の午前 0:47 頃）でも僅か「20 分」でしかないので【徴候手順書（EOP）「7. 不測事態「水位不明」（C）」p.7-11(C3)】、「炉心露出」は、その後短時間での「炉心損傷」につながるということが分かります。

また、JNES や東電の解析結果によれば【表：JNES-RE-2011-0002「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る 1 号機、2 号機及び 3 号機の炉心の状態に関する評価」2011.9（JNES 炉心評価）】、「炉心露出開始」は「16:40 頃：地震発生後約

表 3-4 事業者解析ケースでの解析結果取り纏め(1号機)

項目	解析結果		事業者が実施した解析結果
炉心露出開始時間	3月11日 16:40 頃	地震発生後約 2 時間	地震発生後約 3 時間
炉心損傷開始時間	3月11日 18:00 頃	地震発生後約 3 時間	地震発生後約 4 時間
原子炉圧力容器破損時間	3月11日 20:00 頃	地震発生後約 5 時間	地震発生後約 15 時間

2、3 時間」、その約 1 時間後の「18:00 頃：地震発生後約 3、4 時間」が「炉心損傷開始」です。

すると、津波前に

“IC 2 系統の継続作動（除熱冷却）” がなされていたら、炉心露出開始は「22:12 頃（地震スクラム後 445 分＝7 時間 25 分）」、炉心損傷開始はさらに 1 時間後の 23 時以降と、当然ですが各 5～6 時間も“大幅に先延ばし”できた可能性があるのです。

④ 定量的解析のまとめ

このように、地震直後は（保安規定第 77 条 3 項に従い）‘設計通り’に自動起動した IC に減圧除熱を任せ、運転員が（手動停止などの不要な＝設計想定外の操作を）‘何もしていなければ’、津波後は（電源がなくてもバネで）‘設計通り’に自動作

動するSRVに減圧除熱を任せるだけで、運転員が（水位計や電源の復旧も含めて）‘何もできなくても／しなくても’、「炉心露出・損傷開始」までに5～6時間もの時間的余裕が確保できたことは明らかです。その間に、IC不作動を正しく認識した上で、ICやHPCI等の冷却機能の回復・代替注水手段の確保・可動式電源の確保などを速やかに行なっていれば、早期の「炉心露出・損傷＝事故拡大」が十分に防止可能だったことは明らかです。東電が、それでも‘事故拡大防止はできなかった（結果回避不可能）’と“反論”するならば、何度も言いますが、東電には‘最初から原発を運転する資格・技術力がなかった’のです。

《*以上の解析に根本的な誤りがあればご指摘下さい。》

5 津波前IC継続作動の“副次的”効果

この間筆者が繰り返し指摘してきたように、津波前に“IC2系統が継続作動”していたら、津波後には（全電源が喪失する／しないにかかわらず）直ぐに「ブタの鼻からの蒸気噴出（+轟音）」が止まるため、1号機運転員のみならず現地対策本部・吉田所長ら“誰でも”「IC停止・冷却不能」を即座に認識・把握できたはずです。

しかも、前出「JNES炉心評価」でも炉心損傷（燃料棒からの放射性物質放出）開始が18時頃とされており、実際に18:30から20時頃までは1号機当直が「防護服を着用しないまま」原子炉建屋・地下トラス室内に立ち入っており、20時頃は「ある程度燃料損傷が進んでいた可能性は否定できないものの、いまだ大量の放射性物質が放出されるほどの燃料損傷には至っていなかったと考えるのが自然」【政府事故調最終報告・資料編 p.15、17】だったことに鑑みれば、“IC2系統継続作動”により炉心露出・損傷開始は「22:12頃」以降となったはずなので、15:37の津波後＝IC不作動認識後、“6～7時間は安全に”原子炉建屋内へ立ち入ることができ、各種事故対応・復旧作業が可能だったはずです。

6 東電の原発運転体制（通常運転時を想定）も事故拡大要因

ところが実際には、東電全員のICに対する認識不足もあり（原因は前号記載の「IC方式」から「SRV+HPCI方式」への実質的移行？）、津波襲来・全電源喪失によって「IC+HPCI不作動＝冷却手段喪失」という重大事態が出現したにも関わらず、当直長を含む1号機運転員（津波前15:34にIC手動停止（3A弁閉）を行なった運転員を除く）や現地対策本部・吉田所長ら全員が“お粗末にも”ICの状況を認識できず、早期確認も怠った”のです【回答抜粋：新潟県平成27年度第2回技術委員会・資料No. 1-4

- ・ 3A弁を操作した運転員は、3A弁閉操作後に電源が落ちて表示が見えなくなったとの発話を行った。（全員が全電源喪失の原因究明に注意を奪われていたので、発話が認識されなかった可能性がある）
- ・ 当直長は、ICが止まった状態でSBOになったとの報告を受けた記憶は無い。主任に確認したが「わからない」との回答であった（3A弁を操作した運転員に直接確認はしなかった）

<質問2>⑤
3月11日15:37にSBOとなった時点で、ICが止まっていると思っていた人はいなかったのか。その場にいた全員の当時の認識を示すこと。

（東京電力回答）

人員	ICの動作状況に対する認識
当直長	「殆ど動作していない」と認識していた（質問1の回答参照）
当直副長	「動作状況不明」と認識していた（主に2号機の指揮を行っていた）
当直主任	「動作していない可能性が高い」と認識していた（電源喪失したことから）
当直副主任	「動作していない」と認識していた（原子炉圧力が上昇中に記録停止したことをチャートで確認）
主機操作員	「動作していない」と認識していた（自らIC操作を行っていた）

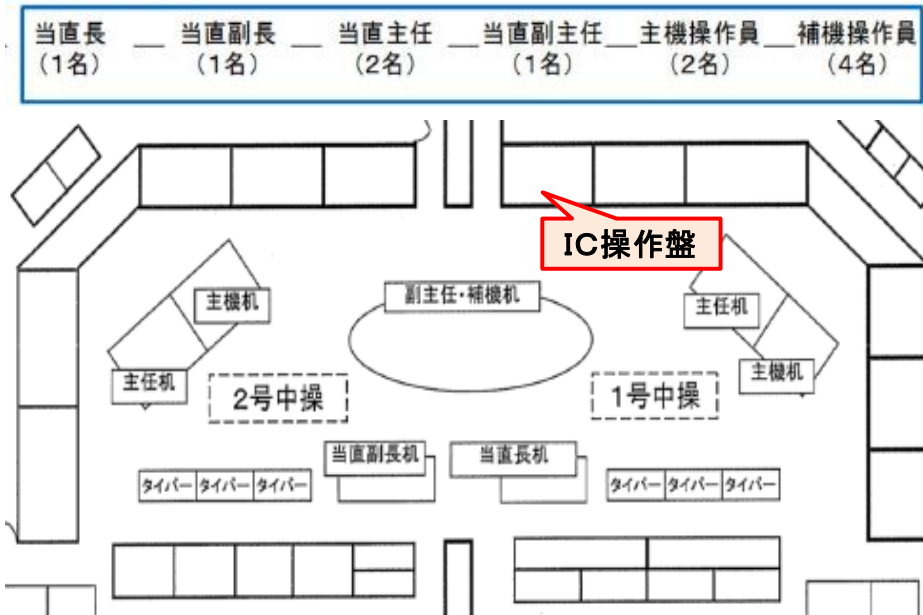
東電「『1号機非常用復水器(IC)の操作』に対する回答」(H27.11.25)より】)。

その一方で、「炉心冷却」とは直接無関係の「水位確認・水位計復旧」に振り回され<*>、その結果、早期の炉心損傷(熔融)や翌3.12の水素爆発を招き、そのことで2・3号機の電源復旧等を妨げ、事故の拡大連鎖を招いたのです。<*原災法第15条通報と関係しますが、字数の関係で本稿では触れません。>

ちなみに、事故時の当直体制<保安規定第12条第3項では「1/2号炉中央制御室」で「5名以上(うち1名は当直長)」(本当は各号機5名以上?)>は、1・2号機で定員11名(実際には13名。3・4、5・6も定員11名)で、各人が当直長から僅か数メートルの範囲内にいたはずです【下図:政府事故調中間報告・資料IV-2、3】。<*IC操作盤は1号機側の一番左【東電最終・添付8-10(2/5)】>

ところが、地震直後は、「各種の警告音だけでなく、ジリジリジリジリ……という火災報知機の音など、けたたましい音に包まれていた」ため「(*当直長の)伊沢の耳には、わずか数メートルしか離れていない(*1号機主任の)本馬の声が届かない」などという騒

(1・2号機担当)



然とした状況にあった一方で【門田隆将「死の淵を見た男 吉田昌郎と福島第一原発」(角川文庫版) p.30-32。*筆者加筆】、津波襲来後は一転して、「警告音も消えた静寂の中で、数メートルしか離れていないところにいたIC操作員に、(名前が分からなかったとしても)炉心冷却を唯一行っていた最重要機器(=頼みの綱)ICの作動状況=炉心の冷却状況を直接確認しないことなどまさに“あり得ない”<『鳴り砂No.284』>、非常に“お粗末な”対応がなされていたのです。<上記抜粋に見られる運転員の‘認識共有のなさ’は、当直長が(平野氏から伊沢氏に)当日変わったための“意思疎通・チームワークの悪さ”が背景にあった可能性も考えられます。>

そして、根本的には、上記事故時の1・2号機運転体制(おそらく国内原発も同様)は、通常運転時の中央制御室での計器監視や巡視点検などには十分(効率的・経済的)だったとしても、特に、1号機は460MWe・BWR3で「IC方式」、2号機は784MWe・BWR4で「SRV+RCIC方式」と、特性が大きく異なる設備が同居する「1/2号炉中央制御室」では、「定員11名」(当直長を除き、実質的に各号機5名)でさえ重大事故に対処するには不適切(人手不足・役割分担混乱)だったことは明らかです(その点を考慮してか、1号機を早々に「SRV+HPCI方式」に実質変更し、制御室内の統一性を図って

いたのかもしれませんが、前年に突然1号機を「IC方式」に戻したため、ICの特性を無視した不慣れな（初の）操作がなされたものと思われます。

7 原発の運転技能・保安規定を軽視した東電と国の責任

原発の運転技能（ソフト面）について、国は、旧・原子炉等規制法「許可の基準（第24条）」で「その者に…原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力があること」を要件としていましたが、それでは福島原発事故を防げなかったことから、現行法（第43条の3の6）では「その者に重大事故（発電用原子炉の炉心の著しい損傷その他の…重大な事故をいう。…）の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力その他の発電用原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力があること」（下線筆者）と大幅に加筆し、暗に旧法の不備を認めています。

また、旧法「保安規定（第37条）」4項で「原子炉設置者及びその従業者は、保安規定を守らなければならない」と遵守義務を定め、5項で保安規定（保安教育を含む）の遵守状況を「国が定期的に検査」していたはずなのに、実際には東電は、保安規定「第4節 異常時の措置」第77条第3項の「運転上の制限（温度降下率を含む）遵守不要」規定に完全に反する「温度降下率遵守に藉口したIC手動停止」をし、1～4で明らかにしたように、炉心冷却ができず事故の早期悪化を招いたのです。＜*現行法で、上記4項は残された一方、5項は削除されました。これは、国が、東電の遵守義務違反を検査等で見逃した“連帯責任”を隠し、今後は事故の責任が国に及ぶことを回避（責任は全て事業者に転嫁）するため？＞

そもそも異常時対応の“基本中の基本”だった「異常時の措置」を、当直長・運転員のみならず現地対策本部・東電本社の誰もが“認識していなかった／思い出せなかった（さすがに故意に無視したとは考えられませんが）”事実を鑑みれば、東電は、少なくとも保安規定「異常時の措置」条項や、前年の「IC作動圧の変更（平成22年7月1日施行）」や「地震手順書の新規作成（平成22年2月11日）」という重要な運転操作関連事項についてさえ、「保安教育」を適時適切に実施せず（「3年間で30時間以上」なら十分？）、一方で国も、そのような実態を事故前に検査で把握しようともせず、両者ともに、事故時の運転操作による「拡大防止の技能」（単なる人数・学歴や資格の有無とは異なる“真の技術的能力”）を軽視していたことは明らかです。

以上のとおり、運転員が適時適切な保安教育により保安規定変更・地震手順書新設等を正しく認識し、地震後に自動起動したIC2系統による炉心冷却を継続していたら、津波襲来・全電源喪失後でさえも、事故対応に十分な時間的余裕を確保でき、早期炉心熔融や水素爆発を回避できたはずで、事故前の国の「技術的能力」の形式的審査や実効性を欠く「保安規定遵守」検査が、東電総体の「保安規定を正しく遵守しない（場当たりのな）運転操作・事故対応」を許したとも言えると思います。

なお、保安規定第77条第3項をこれまで誰も（筆者の知る限り）指摘しないのが不思議でしたが、それを初めて指摘＜47回資料2-1:28頁＞した「検討会」に期待します。

＜一月ほどの試行錯誤後 2025. 3. 11 完 仙台原子力問題研究グループ I＞

《前号原稿の付記：『失敗の本質』の“思い込み”に注意！》

前号原稿のNスペ取材班『失敗の本質』（講談社現代新書 2017）の“謎解き”のため、同書を改めて読み直して、一つ気付いた点がありましたので、同取材班の“思い込み”を排除して事故の真相究明をするため、注意喚起したいと思います。

同書の前半部（1～3章）では、原子炉の減圧機能を有する非常用復水器ICと逃がし弁SRVについて、作動設定値を比較して、運転開始当初の「IC優先」から1981年頃に「SRV優先」に変更され、2010年に再び「IC優先」に変更されたと、“分かり易く”記載されています。それに影響を受けてか、検討会47回資料でも、「ICについても逃がし安全弁より先に自動起動するように、設定値を引き下げた」と記載されています。そして、実は筆者もそのような理解をしていましたが、後出の資料を見直すうちに、そのような単純な理解は正しくないことに気付きました。

2010 保安規定変更（IC作動圧低下設定：7.27⇒7.13MPa）により「ICが起動し易くなっていた」こと、その結果として3.11事故時のMSIV閉止後の圧力上昇時には、「実際にICが自動起動」した一方で、「設定値7.27MPaのSRVは作動しなかったこと」は事実です。ただし、圧力上昇時にICが作動するかSRVが作動するかは、圧力上昇の起因事象・上昇速度や両者の作動条件の違い（ICは15秒後、SRVは即座）により変わるもので、設定圧の大小だけからどちらかを「(意図的に)優先起動させる設定」とは単純には言い切れません。具体的には、通常運転中（スクラム前＝多量の熱発生中）に主蒸気隔離弁（MSIV）などが「突然閉止」するなどして炉圧が急上昇する場合は（その直後にスクラムしても）、「IC優先」に設定していても、（15秒経つ前に）SRVが作動するはずですが、3.11事故時には、地震により14:46「スクラム」（出力急減により炉圧が一度低下）して、その約1分後にMSIVが「閉」となり、その間に崩壊熱も減衰して炉圧上昇は緩やかだったため、IC作動圧7.13MPaを超えて「15秒」経過時点でも、SRV作動圧の7.27MPaには達せず、14:52に「ICが自動起動」したのです。もしも、スクラムとMSIV「閉」のタイミングが近かったら、崩壊熱の減衰が十分でなく炉圧の上昇速度が大きくなり、IC自動起動（15秒後）より先に、SRVが作動した可能性も十分あったはずですが（だからこそ、スクラム手順書でも、スクラム・MSIV「閉」後の圧力急上昇を想定して、SRV「作動」確認が盛り込まれているものと思われます＜検討会48回資料・80枚目＞）。

実際に、敦賀1での2度のIC手動操作時（自動ではないことに注意）にも、タービン加減弁「急速閉」によるスクラム後の炉圧急上昇時には、まずSRVが自動作動し、減圧がなされていますが【H23.11.18 日本原電「敦賀発電所1号機の非常用復水器の作動実績に係る運転記録等に関する提出について（要請）」（平成23年11月11日付 平成23・11・10 原院第2号）に対する報告について」p.7,15】、保安規定の設定値では、ICは「7.23MPa」（27条・表27-2-5-2）、SRVは「7.37MPa」（29条・表29-2）なので【H28(2016).8.31 日本原電「敦賀発電所原子炉施設保安規定変更認可申請書」1号機変更前】、数値だけから見れば「IC優先」だったのです。

また、福島第一1号機での“唯一？”の1992(H4)年6月29日のIC実作動時には（1981年頃の「SRV優先」への変更後）、タービンバイパス弁「閉」による炉圧上

昇（20時13分～）によりSRVがまず作動し（14分22秒）、その後原子炉がスクラムし（14分24-25秒）、それにより圧力が低下してSRVは停止したものの（14分34秒）、その間に徐々にIC起動圧超過が「15秒」続いたため、ICが2系統とも自動起動（14分40秒）しています（16分35,40秒に手動停止）【2015.1.8新潟県技術委員会・課題別2「第5回補足説明資料Ⅲ-2-⑩追加資料：29～31枚目】。

このように、最初にSRVが作動するかICが自動起動するかは、事象の進展・圧力上昇速度により変わるため、設定作動圧を比較して単純に「IC優先・SRV優先」と言い切れないのは明らかです。原発はある意味複雑なため、“思い込み・先入観”を排除して、多面的に考察することが必要です。 <2025.2.9了>