

福島第一原発事故の原因、推移、 「収束方針」の分析

岡本良治

1 原発事故の状況分析(1月上旬現在)

福島原子力発電所の事故について国際原子力機関 (IAEA) 閣僚会議に対する日本政府の報告書¹⁾が公式には基本的な文献であるが、事故原因、放射性物質の飛散範囲について問題点も含まれているので、本稿では批判的に検討する。以下箇条書き的に要点をまとめる。

1) チェルノブイリ原発事故 (1986年) と同じレベル7の過酷事故。

2) 世界初の同時多発の原発過酷事故とその継続。

3) 徐々に、チェルノブイリ級の破滅的事象が起こる可能性は低くなりつつあると推定される²⁾。強い余震または他の原因で原子炉または使用済み燃料の冷却に失敗すれば、水素爆発または水蒸気爆発する (最悪の) 危険性は依然として残っている。

4) 福島第一原発事故は、チェルノブイリ原発事故よりも深刻な事態を招いたおそれがある。福島第一原発は本州東海岸に面して建設されており、事故発生以来、かなりの期間、原発周辺の風 (偏西風) は海側 (太平洋側) に向かっていたので、相当期間にわたって西風が原発から放出された放射性物質を太平洋に向かって吹き飛ばした。もし本州の西側 (日本海側) で同様の原発事故が起きていたら、避難区域は相当に拡大したはずと予測される³⁾。

5) 放射性物質の漏えい箇所としては、以下の事故の可能性が考えられる^{4,5,6)}。

①配管の損傷 (最初は小規模損傷→中規模損傷への進行)。

②格納容器の最上部のフランジ部からの蒸気や水素ガスの漏出。

③圧力容器内の核燃料の溶融 (メルトダウン)、その底部における損傷の生じた可能性のある制御棒貫通溶接部分。

④使用済み燃料プールからの放射性物質の放出 (冷却水の蒸発や沸騰にともなう)。

6) 炉心の溶融と圧力容器 (または格納容器) の貫通 (メルトスルー) について。溶融温度は、核燃料 (2700°C)、制御棒 (2222°C)、燃料被覆材 (ジルコニウム合金) (1850°C)、鋼鉄 (1535°C) である。水素爆発や、放射性物質の大規模放出は3月中旬以来、観測されていないこと、これまで水蒸気爆発は観測されていないこと、などの経過情報から次のように推論される。

燃料棒の大部分は損傷を受けたが、ほぼすべてが溶融したのではなく、一部は制御棒、被覆材などと混じって溶融状態にあった (ある) が、一部は、顆粒状または粉末状になって、圧力容器底部の損傷した孔 (穴) から格納容器底部に落下し、そこで一定量が集積しているのではないか。その際、落下地点に多量の水があつて、燃料等が一度に大量に落下した場合には水蒸気爆発が起こるはずである。しかし、これまでは、水蒸気爆発は検出されてはいないので、燃料等の落下は少しずつ起こり、かつ少なくとも落下する際に水は多くは

なかったであろう。格納容器底部に落下した燃料棒の塊は崩壊熱の冷却が不十分の場合、38時間程度で、再度、損傷および溶融する可能性が大きい。

さらに、強い余震が起これば、後で議論するように、3.11の本震でどこかに損傷または影響を受けた危険性の高い圧力容器、格納容器配管、使用済み燃料プールのいずれかまたは複数に損傷が追加される可能性がある。場合によっては、崩壊熱冷却が不十分になり、炉心の溶融が再度起こり、水蒸気爆発の可能性も否定できない。

7) 1, 2, 3, 4号機の爆発について

7a) 1号機の爆発 (3月12日15時36分)⁷⁾
原子炉建屋 (上部) における水素爆発。まず、燃料被覆材のジルコニウムと水の化学反応により水素ガスが発生し、この水素ガスが圧力容器のどこかの破損個所を通じて、格納容器に漏れた。さらに、水素ガスが格納容器の破損個所を通じて、原子炉建屋上部にもれ、これが空気中の酸素ガスと結合して化学爆発に至ったと考えられる。

7b) 2号機の爆発 (3月15日6時頃) : IAEA報告書¹¹⁾では、圧力抑制室において水素爆発が起きたと記されている。この爆発に至る経過は1号機のそれと類似していると考えられる。しかし、10月1日の東電発表⁸⁾では2号機の爆発は水素爆発ではないとしている。圧力抑制室が破損した場合、その理由は3月11日の巨大地震の揺れで破損したか、破損しなくても地震でダメージを受けた圧力抑制室が、圧力容器逃し弁安全弁からの高圧蒸気の流れ込みにより起きた流体振動で動的な荷重が加わり、破損したのではないかと思われる (3節の⑧参照)。

7c) 3号機の爆発 (3月14日5時20分)^{9),10)}

まず原子炉建屋において水素爆発が起こり、その衝撃により使用済み燃料プールが破損し

た。これは燃料集合体のハンドルが1本のみ残り、他は破損していることから推定される。その結果、燃料プール中の使用済み燃料棒の部分的集積が起こり、高速中性子による即発臨界 (核出力暴走) の可能性が高い。その判断理由は以下のとおりである。

- ①爆発音は2回で、その音量が大きい。
- ②爆発による上昇気流の勢いが大きい。
- ③煙は白色ではなく、黒色である。
- ④爆発直後に多量の落下物が観察される。
- ⑤鉄骨が大きく曲がっているので、高温が発生したことを示唆している。
- ⑥爆発数日後、米国のハワイ、西海岸でプルトニウムやウランの微粒子を検出している。

7d) 4号機の爆発 (3月15日6時頃) の有無と事故レベル評価の未発表について。事故発生時、4号機の原子炉は定期検査中のため、原子炉に核燃料はなく、すべて核燃料は使用済み燃料プールに移されていた。

しかし、3月15日6時頃に水素爆発したと6月上旬、文献1)に記載された。そこには「格納容器ベントの排気管が排気筒の手前で4号機の排気管と合流していることから3号機からの水素流入の可能性も考えられるが、現時点では原因を特定するには至っていない」と記されている。その後、東京電力は、「3号機からの水素流入」が原因であると修正した。

2 事故発生後の初動体制と住民避難について

1) メルトダウンは3月11日に始まっていた。しかし日本国民に知らされたのは、2カ月を経過した報道によってであった。そして避難区域の設定さえ遅れた。この初動の遅れは直接の住民被曝に影響し、長く不安を招く要因となった。

2) 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI) は事故直後から稼働

し、官僚たちはそのことを知っていたが、政権中枢は知らなかったようである。多くの批判の後、3月下旬に公表されたが、住民避難の目的では機能せず、住民被曝を放置した。これは厳しく批判されるべきである。

欧米の研究チーム¹¹⁾は、3月14～15日に東京上空を高レベルの放射能雲が通過したが、幸運にも降水がなかったために、実際の汚染は低いレベルにとどまったと推定している。SPEEDIでも、ほぼ同様の推定はなされていたはずであるが、推定結果の公表が3月下旬であった理由の一つは首都圏の市民のパニック発生を政府首脳が恐れたためである。

3) 正しい情報公開が不可欠である。放射線被曝について、「怖れよ、恐がるな」と言われる。しかし「風評被害」にしても、国民に正しく情報が提供されないところに素地が生まれるのではないか。

3 原発事故の原因

今回の過酷事故の直接的原因が巨大津波か、約200秒という揺れ時間(注)の長い地震動かということは耐震強度指針の再検討に連動し、全国の原発の安全性または危険性の評価に直結する重要な論点である^{4,6)}。地震動により外部電源がすべて遮断されたことは論争の余地ない事実である¹²⁾。外部電源遮断後に起動した非常用ディーゼル発電機は津波により冠水し、停止した。また非常用ディーゼル発電機の一部は1時間程度稼働したが、原因不明で停止した¹⁾と発表されているが、これについては補助タンクが津波で押し流された可能性が指摘されている^{5,6)}。

地震動による直接的損傷を示唆する情報は以下のとおりである。

①3月11日夜、毎時約300ミリシーベルトの放射能が放出されたというネット情報^{13,14)}がある。

②欧米の研究チームが、日本国内の測定データだけではなく、核実験探知のために設置された欧米の測定データも援用して、放射性キセノンの放出は3月11日午後、原子炉停止直後から始まったという有力な証拠があり、原子炉が構造的損傷を受けたことを示唆するという論文を専門誌に発表した¹¹⁾。

③図1に示すように、1号機の圧力容器の圧力が事故直後から約12時間かかって、約78気圧から、約8気圧へ低下し、並行して格納容器圧力が通常約1気圧から約8気圧(設計圧力の約2倍)に上昇した。これは経過時間の長さから考えて、地震動により直接に小口径の配管が損傷し、高圧で放射能を含む蒸気が噴出しながら、徐々に損傷箇所が拡大してきたという推定^{4,6)}と矛盾しない。

稿末の文献15)によれば、格納容器は設計温度の3倍を超えると、実験などから確実に破裂することがわかっているため、格納容器はかなり危険な状態にあったことも注目すべきである。

福島第一原発の吉田昌郎前所長が報道陣のインタビューで「死ぬかと思った時とは」と問われて、「1号機の爆発があった時、どういふ状況かが本部では分からなかった。現場からけがをした人が帰ってくるなか、格納容器が爆発していれば、大量の放射能が出てコントロール不能になる(と思った)」と述べていることは、以上の推測を現場の当時の最高指揮官が裏付けたことになる¹⁶⁾。

④1号機では、並行して、圧力容器の水位が低下し、3月11日17時頃に、燃料棒の水面からの露出が始まり¹⁾、その後、数時間のうちに炉心損傷、炉心溶融に進行したと推定される^{4,6)}。

⑤非常用復水器の起動・停止の経過分析¹⁷⁾。1号機には非常用復水器(IC)と呼ばれる、かなり原始的な「崩壊熱除去」装置がある。

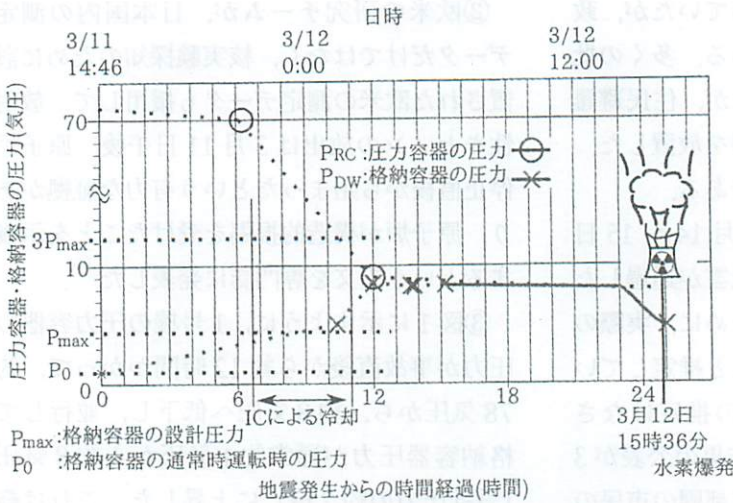


図1 福島第一原発1号機地震発生後の圧力変化
(文献6)の図を参考に作図)

このIC使用停止についての東電の説明は理解しがたい。

IC使用停止の理由は、(圧力容器などの)圧力の高まりがほとんどなかったので、ICを“いま”作動させる必要がないと(運転員が)判断し、停止させたと考えるのが自然である。ICを長時間作動させると、復水器の水温が上がり、やがて冷却機能が失われる。ICが8時間以上は作動しないことを熟知している運転員が、“その後”に起こるかもしれない非常事態に備えてとりあえずICを止めたと考えるのが妥当だ。(なぜ圧力容器の)圧力の高まりがなかったのかという理由は、地震動による配管または圧力容器の底部などの損傷の可能性が高い¹⁷⁾。

⑥3号機の原子炉圧力は、3月12日12時ころまで70気圧程度(通常運転時の圧力レベル)ではほぼ一定に推移し、その後、大きく変化した(6時間程度かけて60気圧程度低下する挙動)。すなわち10気圧にまで低下した¹⁸⁾。

⑦ボンベと弁をつなぐ配管が地震で壊れていたために、格納容器内の気体を外に逃がしたために、圧力を下げるベント(排気)操作が難しく

なった可能性を指摘する東電社員がいたことが、原子力安全・保安院が8月に実施した聞き取り調査で判明したと公表された¹⁹⁾。この操作不調は1, 2, 3号機のすべてに及んでいた。ベントが遅れなければ、水素爆発を防げた可能性もあるが、東電はもともと、この配管の耐震性を低く設計していた。

⑧先述した事故経過について、地震動そのものと圧力抑制室内に存在していた

液体状態の水の動的負荷が重なり、2号機の圧力抑制室の損傷または爆発の原因となった可能性が格納容器の元設計者から指摘されている²⁰⁾。

4 収束に向けての方法と条件

(1) 福島第一原発とその近傍周辺について

- 1) 放射性物質の放出を止めるために、その放出箇所の特定制が必要であるが、高い放射能のために、その作業が依然として困難である。
 - 2) 政府と東電の見通しが2012年予定の廃炉作業の開始から完了までに約30-40年を想定しているように、今後も長期的に継続する崩壊熱を冷却し、放射能を遮蔽し、放射性物質を閉じ込めつつ、炉心状態の調査、破損燃料の取り出しなど、その多くが世界初となると考えられる工程を実施する必要がある。
 - 3) しかし、六ヶ所再処理工場の処理能力は十分な余力があるとは考えられないので、福島第一原発の廃炉措置により生じる大量の高レベル放射性廃棄物の処理・処分がどこでどのように可能か、現時点ではその展望は明らかではない。
- (2) 周辺地域について

1) 放射性降下粒子について、空气中、土壌表面地下水、食物、海洋を可及的に網羅的にリアルタイムでモニタリングできる体制の整備を早急に行うこと。特に、放射能汚染がかなり長期的に続くことを想定した恒久的なモニタリングが可能な体制を早急に構築すべきである。

2) 実測と確度の高い予測にもとづいた避難区域の再設定を行うべきこと。

3) 居住地の放射能の除染は迅速に行うべきだが、放射能汚染物質の単なる移動（移染）に終わらないようにするべきであり、除染活動による内部被曝を防止することも同時に考慮した方法や関連した技術の開発が早急に望まれる。また、国の予算で除染する基準は毎時0.23マイクロシーベルト（年間1ミリシーベルト）以上とされているが、このレベルの数値で設定目標として十分な安全性を保障するかどうか、住民自らが十分に安全と感じるかどうかについて、低線量・内部被曝による障害について許容値（しきい値）があるかどうかの論点²¹⁾に関わって、今後も複雑な議論と悩みが継続するかもしれない。

4) 福島県外などへ自主的避難をする権利の擁護を行う必要もある。避難先の確保など生活支援および放射線測定によって、一時的な避難が必要になる場合には、安定した避難先の確保をはじめ生活支援に万全の体制をとる必要がある。特に、子どもや妊婦の避難には、特別の配慮が必要である。強制的避難と希望避難の分類の目安を年間1ミリシーベルトとしたウクライナの法律²²⁾は参考になる。

(3) 日本国内各地について

放射能を帯びた瓦礫、放射能除染土、下水処理施設における放射性物質などは観測または採取された都道府県内でまず中間的に管理・保管し、国民的な議論を十分に踏まえて最終処分法・場所を決定するべきである。

謝辞：情報提供と議論について八田真児氏に、作図への協力について前田智志氏に感謝する。

引用文献

- 1) 「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本政府の報告書／東京電力福島原子力発電所の事故について」（2011年6月1日同付属文書）。
 - 2) 飯田哲也、佐藤栄佐久、河野太郎「原子力ムラを超えて」（NHKBOOKS, 2011年）, pp.198-199, 他。
 - 3) W. クロンプ「耕論」（朝日新聞, 2011.9.6）。
 - 4) 田中三彦『世界』（2011年5月号）p.134。
 - 5) 田中三彦『科学』（2011年5月号）p.420。
 - 6) 田中三彦『科学』（2011年9月号）p.945。
 - 7) 動画（1号機の爆発）。
<http://www.youtube.com/watch?v=5hD54E6uD58&NR=1>
<http://www.youtube.com/watch?v=ULeVisX9jV8>
 - 8) 読売新聞（2011年10月2日）。
 - 9) 動画（3号機の爆発）。
<http://www.youtube.com/watch?v=0S15pZvEOfk>
 - 10) A.Gudersen 氏の分析（2011年4月26日）。
http://www.youtube.com/watch?v=_tf4xunvA5E
 - 11) A. Stohl, et. al., Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant, Atmos. Chem. Phys. Discuss., **11**, 28319–28394 (2011). <http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/11/28319/2011/21/>。
 - 12) しんぶん赤旗（2011年4月30日）。
 - 13) 圧力容器、地震当日破損か—配管部に蒸気漏れの可能性—福島第1原発1号機・東電：時事通信 2011年5月25日（水）22時9分配信。<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20110525-00000190-jij-soci>
 - 14) 1号機、津波前に重要設備損傷か原子炉建屋で高線量蒸気。（共同通信：2011/05/15 02:02）<http://www.47news.jp/CN/201105/CN2011051401000953.html>
 - 15) 田辺文也『まやかしの安全の国』（角川SSC新書, 2011）。
 - 16) 毎日新聞（2011年11月12日）。
 - 17) 石橋克彦編『原発を終わらせる』（岩波新書, 2011）所収の田中論文。
 - 18) 東京電力株式会社「東北地方太平洋沖地震発生当時の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」2011年5月23日。特に p.67。
 - 19) 朝日新聞（2011年12月7日）。
 - 20) 渡辺敦雄『科学』（2011年12月号）p.1239。
 - 21) 医療問題研究会編『低線量・内部被曝の危険性—その医学的根拠』（耕文社, 2011年）とその中の多数の引用文献。
 - 22) オレグ・ナスピット、今中哲二, <http://www.rii.kyoto-u.ac.jp/NSRG/Chernobyl/saigai/Nas95-J.html>
- 注：読売新聞（2011年3月25日）、参議院行政監視委員会（2011年5月23日）における石橋克彦氏の論述など。
（最終閲覧日：2012年1月4日）