

解題

吉田調書

ないがしろに
された手順書(3)
ベント操作が
事故を深刻化させた

前回の論考(二〇一五年二月号)の原稿をほぼ書き終わった一〇月一九日の朝の読売新聞に、「福島原発事故 三号機も高濃度汚染源」という大きなタイトルの一面トップ記事が掲載された。

それは、福島県浪江町を含む原発の北西二〇kmまでの汚染は、二〇一一年三月一五日夕方から翌一六日未明にかけて2号機と3号機から放出された放射能が主な原因で、3号機の格納容器ベントによる放出が大きく寄与している可能性があるとする原子力研究開発機構の研究結果を紹介した記事で、非常に興味深いものであった。記事の結言で同紙の編集委員は、「ベントが大量放出の原因と断定されたわけではないが、その可能性が浮上した以上、東電は予断を持たずに何が起きたのかを調べ直すべきだろう」と述べている。



けだし正論である。しかし、根本的な点を見逃している。予断を持たずに検証すべき重要なことは、ベントが汚染に寄与した役割にとどまらず、ベント及びそのための作業が事故の進展と影響緩和に実際に果たした役割は何だったのか、果たして「ベントは、より深刻な事態を防ぐためにやむを得ない対策だった」のか、という点である。

さらに、何故このような深刻な汚染を防ぐことができなかったのかという、より根本的な問いに、予断を持たずに向き合うべきである。そして予断を持たずに検証する主体は東電のみではないだろう。

今回の連載で手順書とのかかわりを問題にしているのは、単に定められた手順から形式的に逸脱した法律違反の疑いがあるからだけでなく、初期の事故対応のルールを定めた手

順書をないがしろにしたことが2号機、3号機の炉心溶融を招き、深刻な汚染をもたらす主要な原因となった可能性が高いからである。つまり、手順書逸脱の行為が、福島に人の住めない地域をもたらし、今なお一〇万を超える人たちが避難生活を余儀なくされている事態を作り出したからだ。

二回にわたって論じた手順書逸脱の問題は、主として初期対応を定めた手順書に焦点を当てて論じた。ところが、それだけではなかった。

東京電力は、初期の事故対応における手順書逸脱だけではなく、事態が深刻化した後の対応を定めた手順書（シビアアクシデント手順書）もないがしろにしていたことが、「吉田調書」から読み取ることができる。炉心溶融に至った深刻な事態を前にしても、得手勝手なアドリブで事故対応に当たっていたことになる。

本稿と次回ではその点について、特にペントにかかわる問題点に焦点をあてて考察したい。

炉心損傷後も手順をないがしろにした東電吉田所長

東京電力が福島第一原発事故において事故対応のガイドとして重要な役割を持っている手順書を適切に参照せず、ないがしろにしたことが事態の深刻化を招いたと考えられる。このことを前々回からの論考（一〇月号及び二月号）で論じているが、端緒になったのは福島第一原発の吉田昌郎所長が、吉

田調書で語っていた証言だった。その証言をもう一度紹介しておく、次のようなものである。

全交流電源が喪失した時点でこれはシビアアクシデント事象に該当し得ると判断しておりますので、いちいちこういうような手順書間の移行の議論というのは、私の頭の中では飛んでいますね。

前回までの論考で明らかにしたことは、手順書逸脱という原子炉等規制法違反であった可能性だけではない。炉心溶融まで時間があつた2、3号機では、初期の事故対応を定めた手順書（徴候ベース手順書）を使うチャンスが何度もあり、それらのチャンスを活用できていれば、実際の状況を考慮しても、実行可能な手順がガイドされて、炉心溶融を回避できたことである。

すなわち、徴候ベース手順書をないがしろにしたがゆえに戦略を欠いた場当たり的な対応に陥って、事故を最小限に食い止めるチャンスを逃したのである。高圧で原子炉に注水する系統が機能している間に時機を得て低圧で原子炉に注水できる系統を起動し、その後原子炉を減圧することで原子炉注水を継続することができたのだが、それに失敗し、事故の深刻化を招いたのである。

重大な問題は、格納容器ペントにかかわる作業が炉心損傷

の防止を阻害してしまったことである。東電は、やる必要のないときに作業をやってしまった、炉心損傷という事態を自ら招いてしまったということだ。

3号機も2号機も、本来なら炉心損傷を防ぐため、低圧で冷却水を注入する対応を実行するために原子炉圧力容器の圧力を下げる急速減圧操作をしなければならぬが、その時間帯に炉心が損傷した深刻な事態の影響を緩和することを目的に実行するはずの格納容器ベントを進めることに作業が集中してしまったのだ。

炉心損傷という深刻な事態は、東電の場当たりの対応が引き起こしたと言える。

ここからが今回の主題にかかわるのだが、実は深刻な事態に至った後も、東電はシビアアクセシブル手順書（対策本部では対応する「アクセシブル・マネジメント・ガイド」、以下「AMG」と略す）もないがしろにし、そのうえでベント操作を行った可能性が出てきた。

吉田所長は前記のように、「シビアアクセシブル事象に該当し得ると判断した」と証言しているが、では、その後、AMGを参照したのかというと、次のような驚くべき証言が調書には記述されている。吉田所長自身は手順書AMGを開いてもいない、というのだ。少々長いが、重要な証言なので引用する。

質問者 ……これ（アクセシブル・マネジメント・ガイド）を開いてちょっと見たとか、参考にしたということは。

吉田所長 まったくないです。

質問者 開いていらっしゃらない。

吉田所長 私は開いていません。

質問者 この程度は入っているという。

吉田所長 大きい話は、最後、どこで入れるかという話になりますけれども、個別で、各プラントで、どういう操作をするかというのは、いわば当直長という専門職のノウハウというか、お仕事なんですよ。…私は所長だけれども、運転屋の手順書を全部知っていなければいけないかという、そんなことはないです。保全の仕事もあれば、いろんな仕事があって、全体を総括して見ているわけですから、そもそも運転という技能に関しては、当直長が責任を持ってやるということです。ですから手順書に関していうと、彼らに任せていた。

質問者 平成一四年度の整備報告書を見ますと、大きく四つ、設備、組織、手順書、教育、訓練みたいな感じで、そのうち組織のところ、まさに所長が本部長を務めていらっしゃる、支障組織のことと、あと、当直運転員との関係がいろいろ書いてあるんです。原則は所長がおっしゃったとおりなんですけれども、他方で、例えば、難しいこととか、AM策（アクセシブル・マネジメント方策、筆者注）の抽出

とか、選択とか、そういった検討の場合には、支援組織も積極的に行って、運転員というふうな形になっておりまして、全く任せきりにすることもできない状況だったと思います。そういった中で、AM策のいろんな、例えば、策定とか、選定、抽出、そういった話を本部の方でやっていらっしやったときにも、特段、所長の方は。

吉田所長 手順書まではいっていません。基本的には操作そのものの直接的なあれは当直長のもとで運転員がやるということ、支援とおっしゃっている内容も、勿論、対策本部のメインの仕事ですから、そこは例えば、保全の間で、運転操作技術、関係するような、例えば、不具合があったら、その補修をさせるだとかいうことは当然させるわけですし、もっと言うと、安全評価みたいなところで、技術班で、この炉は下がっているけれども、どれくらいあるんだとかの評価だとか、必要な手順で、防災に係る話は防災の人間がサポートするだとか、全体としてサポートしているわけです。だからそれを適切にサポートしているわけです。だから、それを適切にサポートしろという指示をするのは私のあれですけども、手順書の個々の内容で、その手順の是非を、ああいう最中に、手順書のここがおかしいんじゃないかということは基本的にできません。

質問者 各班で必要においてやっていたかもしれないけれども、御自分としては、全部上がってきたのを最終的に検

討すると。わかりました。

吉田所長はAMGを参照したかどうかについては、「しなかった」と明確に否定している。

この証言からわかるのは、炉心損傷後の状況において、対策本部が、手順書AMGを参照して必要な対応を指示するという基本的な役割を認識していなかったということだ。

では、対策本部の構成員がAMGを参照したかという点、それについての言及はない。政府や東電の事故報告書のなかでも記述がない。AMGは参照されなかった可能性が高い。

なお、このやりとりには不可解な点がある。格納容器、ベントの実施の指示などを自分自身で発していたことと考え合わせると、この証言は整合性がとれないのだ。それが明白であるにもかかわらず、質問が突然「わかりました」で終わってしまったことは不可思議なことである。ここではその不可解さについてのみ指摘しておいて、論を先に進めていく。

格納容器ベントとはなにか

そもそも格納容器ベントは何のためにするのか。これは誤解されている点もあるので、改めて論じておく。

日本では福島原発事故もあって、炉心損傷後に圧力が高まり格納容器が壊れるという過圧破損を防止することによって事故の影響を緩和することのみがクローズアップされ、他の

目的「炉心損傷の防止」が忘れ去られてしまったようにみえる。だが、そもそも格納容器ベントが導入されたのは炉心の損傷を防止するためであった。

①炉心損傷防止のための格納容器ベント

原子炉に異常が発生して原子炉が停止して以降、核燃料中の核分裂生成物および超ウラン元素の壊変による崩壊熱を除去するためには熱を海に逃がしてやらなくてはならない。つまり、非常用炉心冷却系等で原子炉に注入された水が崩壊熱で加熱されて蒸気となり、それが復水器で凝縮されて原子炉に戻るが、復水器への熱は最終的には海水に伝えられることで除去される。

復水器が使用できない状況になったときはどうするのか。こうした状況が起こるのは、異常の深刻度が上がって放射能放出を防ぐための最後の障壁である格納容器が隔離される事態などが考えられる。こうした事態になった際は、まず原子炉で発生した蒸気を格納容器圧力抑制室プールで凝縮させる。次に、格納容器冷却系で格納容器を除熱することで崩壊熱を除去する。

ここでの問題は、格納容器からの除熱に失敗した場合、格納容器の圧力が上昇し、限界圧力を超えて過圧破損に至ることが想定されることだ。

格納容器の過圧破損が生じた場合、格納容器内圧が急激に下がることで、ドーナツ型をした格納容器下部の圧力抑制室

プール水が減圧沸騰を起こす。そのため、圧力抑制室プール水が大量に失われることになる。その結果、圧力抑制室プール水を水源とする非常用炉心冷却系等による炉心への注水機能が失われ、炉心損傷に至ることとなる。

シビアアクシデント対応のシステム整備が実施される以前から、このような事故シナリオに対して格納容器の過圧破損を防止することにより炉心損傷を回避することを目的として、残留熱除去系（RRR）の復旧、格納容器スプレイの手動起動、及び格納容器ベントの手順が、事故の初期対応を定めた手順書（徴候ベース手順書）の中に書かれていた。

すなわち、徴候ベース手順書の「格納容器圧力制御」で、格納容器圧力の状況に応じて、まず圧力抑制室スプレイ等の格納容器を冷却して圧力を低下させるための対応操作を要求している。ここでのポイントは、格納容器ベント操作は、これらの対応操作を実施しても格納容器圧力を格納容器限界圧力以下に減圧できない場合の最終的な手段として位置づけられている点だ。

徴候ベース手順書がどのような経緯を経て、現在の形になったのかを時系列的に整理してみる。

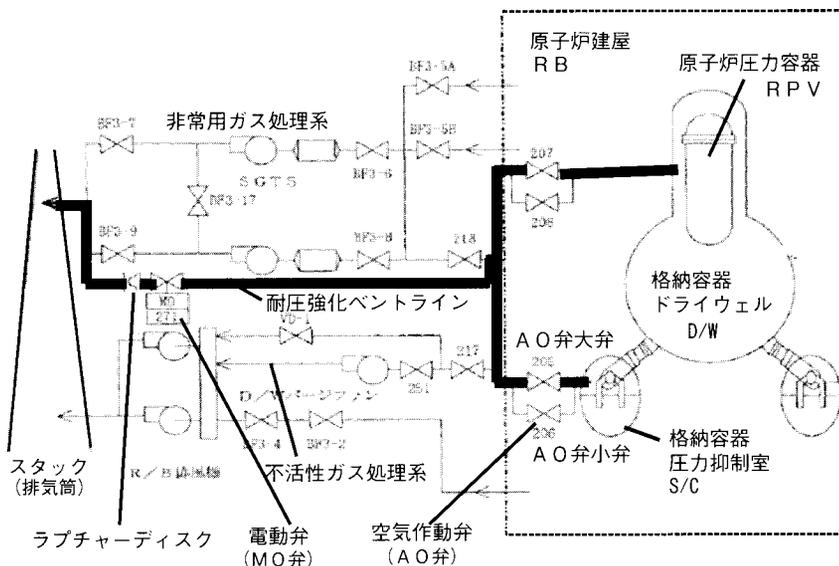
初期（一九九〇年）の徴候ベース手順書では、格納容器ベントは、放射能を含む気体がプール水中を通ることによる放射能除去効果を期待して圧力抑制室から非常用ガス処理系（SGTS）でのベントライン（図1参照）を用いて、格納容器設

計圧力384 kPa [G]で準備し、格納容器限界圧力955 kPa [G]に到達したら実施することがガイドされていた(図2の格納容器各種制限値参照)。ただし、中央制御室での圧力指示計は955 kPa [G]までは計測できないため、実際は588 kPa [G]でオーバースケールした時点でベントを実施することとされていた。しかしながら、その非常用ガス処理系でのベントラインでは耐圧性がないため、ベント操作を実施した場合、ラインのどこかで破損が生じる可能性がある。

その危険性を排除するため、二〇〇〇年前後にシビアアクシデント対応のシステム整備が進められた際に、その一環として非常用ガス処理系を経由することなく、直接排気筒へ接続する耐圧性を強化した格納容器ベントラインが新たに設置された。これは耐圧強化ベントラインと呼ばれる(図1で大線で表示している)。

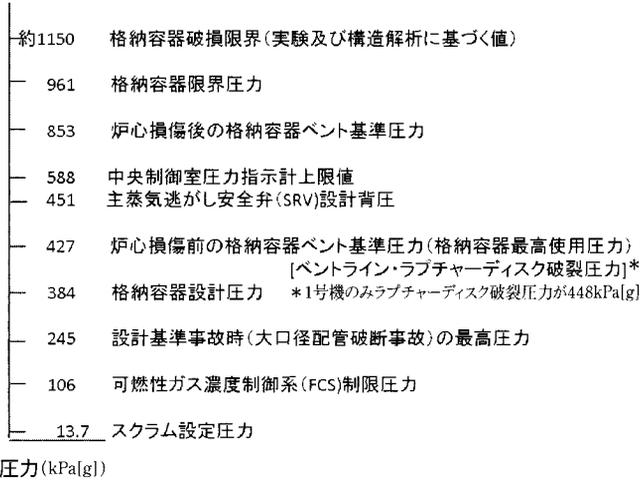
現行の徴候ベース手順書における格納容器ベントはその耐圧強化ベントラインを優先的に使用することとされている(図3参照)。また、徴候ベース手順書の範囲内すなわち炉心損傷前のベントは格納容器限界圧力ではなくて格納容器最高使用圧力427 kPa [G]で実施するように変更された。この圧力に達する前に耐圧強化ベントラインの空気作動弁と電動弁を開けても、誤操作・誤動作防止を目的として格納容器最高使用圧力427 kPa [G](1号機は448 kPa [G])で破裂するように設計・設置されたラプチャードディスクが破れないので、ベント

図1 格納容器耐圧強化ベントラインと非常用ガス処理系と不活性ガス処理系



(福島第一原発3号機徴候ベース手順書参考資料図6を改編)

図2 格納容器圧力の各種制限値



(福島第一原発3号機微候ベース手順書参考資料表1に追加改編)

が機能しない仕組みとなっている。図3に示されているように圧力抑制室からのベントが優先であるけれども、それが不可能な場合はドライウェルからのベントも可能な手順となっている。

注目すべき点は、ベント実施中に事故がさらに進展して炉心損傷が起きたとわかったらベントを中断して、シビアアク

シデント手順書に移行しなさいとガイドされていることだ。そのベント中断の理由は、炉心損傷後は格納容器雰囲気中の放射能が飛躍的に増大するので、そのままベントを続けるならば放出される放射能を飛躍的に増大させることとなり、可能な限り環境への放射能放出を抑えて公衆の被曝を避けるという安全原則に反するからである。

炉心損傷後に参照すべきシビアアクシデント手順書またはAMGでは、格納容器最高使用圧力の二倍853 kPa[g]になって初めてベントすることが許され、それまではベントをしてはいけないことになっている。

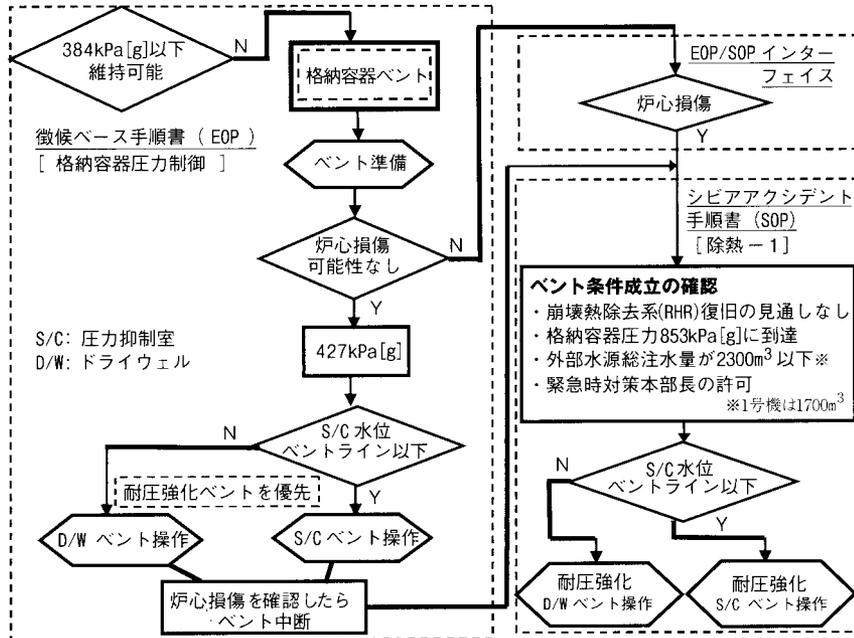
なお、福島原発事故の事故対応時にも認識されていなかったと思われる格納容器ベントの効用として、格納容器圧力が高くなることによる主蒸気逃がし安全弁(SRV)の作動不能を防ぐことがある。図2に示したように、主蒸気逃がし安全弁の設計背圧は451 kPa[g]であり、これ以上格納容器圧力が高くなると、主蒸気逃がし安全弁を開けるのに困難が想定される。それを防ぐ効用を持つのが格納容器ベントによる減圧である。

②炉心損傷後の影響緩和のための格納容器ベント

原子力発電のための熱を生み出す連鎖核分裂反応の副産物として生成される放射性物質(放射能と略称)が環境に放出されないように閉じ込める最後の障壁が格納容器である。

しかし、炉心損傷事故が起きて大量の熱や気体(水・金属反

図3 格納容器ベント・フローチャート（手順書をもとに筆者作成）



応によって生じる水素及び溶融燃料-コンクリート反応によって生じる炭酸ガスなどが格納容器に放出され、格納容器の圧力が、スプレイ水散布などによる圧力抑制の試みにもかかわらず上昇を続けて格納容器の過圧破損が起きた場合には、大量の放射能が制御不能の状態で放出されてしまうことが想定される。

このような最悪の事態を防ぐために、やむをえず格納容器にある放射能を含む気体を排出することにより圧力を下げるのが格納容器ベントであり、耐圧強化ベントラインを使用し実施する。その場合でもできるだけ放出放射能を少なくするために圧力抑制室からのベントを優先しなければならぬとしている。それは放射能を含む気体がプール水中を通ることによる放射能除去効果を期待してのことである。

ここで、炉心損傷後に参照すべきシビアアクシデント手順書（対策本部ではAMG）には実際どのように記述されているのかをみてみよう。

シビアアクシデント手順書には、格納容器ベント実施の条件としての次の四つが満足されることを挙げている。

(1) 残留熱除去系の復旧の見通しなし。

(2) 格納容器圧力が853 kPa [g]（格納容器最高使用圧力の二倍）に到達。（フローチャートでは「到達」、文章では「到達が予想される場合」とあり、微妙に異なる。）

(3) 外部水源総注水量が二三〇〇トン（一号機は一七〇〇トン）以下。（これは圧力抑制室ベントラインが水没しないように、とい

う条件。)

(4) 緊急対策本部長がベント操作を許可。

このベント条件の基となる考え方は、可能な限り遅くベントを実施する(すなわち避けられなくなるまでベントしない)というものだ。それは、公衆及び環境への放射性物質の直接放出を遅らせるため、または防ぐためである。IAEA福島第一原発事故報告書(二〇一五年)で「ベント遅延戦略(Delayed vent strategy)」と名付けられている基本方針である。

なお、シビアアクシデント対応のシステム整備の一環としてとしてAM盤という監視制御盤が中央制御室に備えられた。それは、中央制御室中央制御盤の圧力指示計の上限値が588 kPa[G]であるのに対して、1000 kPa[G]まで指示可能となっている。

福島第一原発事故における格納容器ベント

津波来襲による全交流電源喪失が発生してから約一時間半後の一七時一二分に、吉田所長が「シビアアクシデント対応を余儀なくされる可能性があると考え」、「消火系ラインや消防車による注水などの検討を指示」した。これを受けて全電源喪失状態に陥っていた1号機および2号機では、夕方からベントに向けた事前準備を開始している。すなわち「中央制御室ではアクシデント操作手順書の確認」および「格納容器ベントに必要な弁及びその位置の確認」を行い、発電所対策

本部発電班及び復旧班は電源がない状況におけるベント操作手順の検討を開始した。

このことは、炉心損傷の防止に全力を注ぐべき状況であるにもかかわらず、炉心損傷後の影響緩和のための、それも最悪の状況の対処のための準備に、ただでさえ不足している時間と人員という貴重なリソースが割かれ始めたことを意味している。

微候ベース手順書をないがしろにして、いきなりシビアアクシデント対応に跳んだために生じたものと考えられる。
出だしから間違ったのである。(以下次号)

※本稿の執筆に際しては下記の文献を参照した。

- ・東京電力「福島第一原子力発電所のアクシデントマネジメント整備報告書」(二〇一二年五月)
- ・BWRグループ「微候ベース事故時運転マニュアルの概要」原子力安全委員会原子炉安全基準専門部会共通問題懇談会PSA検討ワーキンググループ第・四回会合資料14-5(一九九〇年一月)
- ・BWR0's Mark-I containment improvement program(一九八九年)
- ・原子炉安全委員会決定「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントについて」(一九九二年)
- ・原子炉安全総合検討会アクシデントマネジメント検討小委員会「軽水型原子力発電所におけるアクシデントマネジメントの整備について」(一九九五年)
- ・IAEA「The Fukushima Accident Report」(二〇一五年)