

# 解題

# 吉田調書

ないがしろに  
された手順書(4)  
続・ベント操作が  
事故を深刻化させた

## 福島原発事故における格納容器ベント

本誌二〇一五年一〇月号、一二月号の論考で、3号機と2号機の初期対応を分析して明らかにしたのは、徴候ベース手順書をないがしろにし、ベント操作を優先することで、炉心損傷を防止するための対処をおろそかにして炉心溶融をも招いたことである。

本稿の分析で明らかになるのは、その優先されたベント操作が、炉心損傷前は「やらなくてもよい」もしくは「やっても意味のない」ものだったということである。さらに、炉心損傷後はシビアアクシデント手順書のベント条件をないがしろにして、ずるずるとベント操作を続けることで「やむを得ない」とはいえない状況において放射能閉じ込めの最後の障

たなべ・ふみや 社会技術システム安全研究所主宰。一九四五年生まれ。京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻博士課程単位取得退学。工学博士。同基礎物理学研究所非常勤講師を経て一九七五年に日本原子力研究所入所。同研究所の因子研究室室長。研究主管。日本原子力研究開発機構上級研究主席などを勤める。スリーマイル島事故進展プロセスの解析、JCO臨海事故の原因分析などに従事。著書に「まよかしの安全の罫」(メルトダウン)「ビュルマンエラー」など。

## 田辺文也

壁を破るといふ、安全原則に反する「やっつてはいけない」操作に努力を傾注していたことである。その結果、放射能放出を増大させた可能性が高い。

図1に格納容器ベントにかかわるイベント時系列をまとめているので参照してほしい。

## 1号機の場合

今回の手順書問題に関する連載論考の対象は、炉心溶融までに時間の余裕があった2号機と3号機のだが、それらの格納容器ベントにかかわる対応が1号機の格納容器ベントの経緯と結末に大きく影響されているので、その理解が不可欠である。それゆえ、1号機のベントについても触れることとしたい。

図1 格納容器ベントにかかわるイベント時系列

時刻	1号機	2号機	3号機
3/11			
17:12	発動時長は今後厳しいシビアアクシデント対応を考慮なくされる可能性があると考え、手動を適用した消水系ライオンや消防車による注水などの検討を指示		
夕方	ベントの手前準備開始 (炉心相転 18:30頃) * (炉心溶解 19:30頃) *	ベントの手前準備開始	
23:50	D/W 圧力 499kPa(g)	D/W 圧力 40kPa(g)(23:25)	
3/12			
0:06	ベント準備を所長指示	ベント準備を所長指示	
1:30	ベント実施を固から了解	ベント実施を固から了解	
2:30	739kPa(g)		
2:34		3:00 ベント実施を決定	
2:55		R/C 運転確認、ベント中止	
6:50	緊急大圧ベント命令	緊急大圧ベント命令	
9:15	MO 弁 25%開	MO 弁 25%開	
10:17 ~	AO 弁 小弁閉操作 3回 (CR)	AO 弁 小弁閉操作 3回 (CR)	
14:00頃	AO 弁 大弁閉、ベント開始		
15:36	1号機原子炉建屋爆発	231kPa(g)(15:22)	D/W 圧力 194kPa(g)(17:00)
17:30		ベント準備を所長指示	ベント準備を所長指示
3/13			
5:15	MO 弁 25%開 AO 弁 甲室ガス弁出口弁閉 MO 弁 手動閉止	MO 弁 25%開 ベント準備を所長指示 炉心相転 (6:15) [5:56 予測] 炉心溶解 (8:15) [5:56 予測]	244kPa(g)(5:10) ベント準備を所長指示
8:10	MO 弁 25%開	MO 弁 25%開	364kPa(g)(8:40)
8:35		MO 弁 15%開	
8:41		AO 弁 大弁閉	
9:08		SRV 自動閉、RPV 急減圧	
9:10頃		59kPa(g)(9:55)	ベント開始 536kPa(g)
10:15		ベント実施を所長指示	249kPa(g)(10:16)
11:00		AO 弁 大弁閉	169kPa(g)(11:00)
11:15頃		279kPa(g)(11:30)	ポンプ圧低下で AO 弁 大弁閉 649kPa(g)(12:20)

時刻	1号機	2号機	3号機
12:24頃			AO 弁 大弁閉、ベント再開 579kPa(g)(12:25)
15:00頃			AO 弁 大弁閉 309kPa(g)(20:45)
20:45頃			AO 弁 大弁閉、ベント再開 309kPa(g)(20:45)
3/14			AO 弁 小弁閉 (359kPa(g)) D/W ベント準備 419kPa(g)(10:55)
6:10			3号機原子炉建屋爆発 379kPa(g)(11:02) 259kPa(g)(11:20)
11:01		364kPa(g)(12:30)	
12:50	AO 弁 大弁閉を確認	AO 弁 大弁閉操作実施	
16:00頃			
16:21		AO 弁 大弁閉操作実施不能 (炉心相転 19:00頃) *	
21:00頃		AO 弁 小弁閉 (炉心溶解 22:30頃) *	
3/15			
0:01		D/W ベント 小弁閉、数分後閉を確認	
6:41頃 16:00		639kPa(g)(0:02)	4号機原子炉建屋爆発 AO 弁 大弁、小弁閉を確認 314kPa(g)(16:00)
16:05			AO 弁 大弁閉操作 (小型発電機を交換)
3/16			219kPa(g)(1:35)
1:55			AO 弁 小弁閉操作

\* 単子による事後推定

格納容器ドライウエル圧力が499 kPa<sub>g</sub> (600 kPa<sub>abs</sub>)であることが三月一日二時五〇分頃にわかったことを受けて、三月一日〇時〇六分に「D/W圧力はすでにベントが必要なた圧力になっていたことから」、ベントの準備を進めるよう発電所長が指示した。

しかし、全電源が失われているために弁の開操作を高放射線環境下の現場で行なわなければならないこともあり、ベントラインの構成に手間取り、結局ベントが成功したのは一二日一四時頃である。それによって格納容器圧力が降下したが、一五時三六分に一号機原子炉建屋で水素爆発が起きた。

このベントによる放射能放出によって双葉町上羽鳥(福島第一原発から北西五・六㎞)では一四時四〇分四〇秒に4613・2 μSv/h(二〇秒間平均値)という非常に高い放射線量が記録されている。この値はこの事故における発電所敷地外で計測された最大値である。

1号機の場合、三月一日夜には原子炉建屋の放射線量が非常に高くなり立入禁止の措置をすでにとっていることと、格納容器圧力の上昇とをあわせて考えると、炉心損傷が起きていることは、所長がベント指示を出した一二日〇時六分まで明らかである。格納容器圧力はこの時点の499 kPa<sub>g</sub>から午前二時三〇分に最大値739 kPa<sub>g</sub>となった後は基本的傾向としては漸減傾向を示し、ベントが実際に機能する前でも650 kPa<sub>g</sub>近傍で安定しており、炉心損傷後のベント基準圧力8

53 kPa<sub>g</sub>に到達しそうもない。このことは、シビアアクシデント手順書で定められているベント実施条件を満足していないことを意味する。当然、ベントをするまでには格納容器の過圧破損は起きていない。

このベント指示にあたって現地災害対策本部がアクシデントマネジメントガイド(AMG)を参照したのかは、どこにも記されていない。吉田所長自身は前述したようにAMGを開いてもいないと証言している。

このベントによって大量の放射能放出があったことは明らかであるが、それを補ってあまりある事故影響緩和への寄与があったのか疑問である。ベントをしなくても格納容器過圧破損は起こらなかったと考えられるのである。

ベントによって格納容器圧力が下がることで、ドライウエルからの放射能放出(上部ヘッドフランジのシール劣化などによる)が減少したり、消防車等による注水量が増大して格納容器に落下した燃料デブリの冷却が促進されることは想定できる。しかしその正負のバランスシートは明白でない。ベントを実施したことが放射能放出による影響を、より深刻化させた可能性がある。

### 3号機の場合

図2に3号機の格納容器圧力の計測値を示しているので、図1の時系列と合わせて参照してほしい。

図1に示されているように3号機でのベントにかかわる作業が始まったのは、一二日一五時三六分の1号機原子炉建屋の水素爆発をうけることと思われる。同日一七時三〇分に発電所長は、ドライウエル圧力は安定していたものの、「いずれベントが必要になると予想」されたことから、3号機および2号機についてベントの準備すなわちベントラインの構成に向けた検討を行なうよう指示した(東電事故報告書二五六頁)。

中央制御室では、手順の検討や必要な弁の設置場所の確認等を実施。発電所対策本部発電班では、1号機ベント実施のために作成したベント操作手順書や3号機アクシデントマネジメント操作手順書(AMGのことか?…筆者注)を見ながら、発電所対策本部復旧班とともにベント操作手順の検討を実施した。この指示が出される直前一七時のD/W圧力は19.4 kPa[8]であり、ベントを検討しなければならぬ状況では全くなく、あくまで「いずれ必要になる」と予想していることである。

本来はベントが必要とされる状況にならないような対応、すなわち炉心損傷の防止に人員、時間というリソースを傾注すべき状況であり、この判断も1号機の二の舞を恐れるあまりと考えられる。リソースに十分な余裕がある状況ならば炉心損傷後の対応の準備にリソースを費やすこともありうるが、全く余裕がない状況では炉心損傷の防止にリソースを集中すべきであり、戦略として完全に誤っている。前号論考図3の

格納容器ベント・フローチャートに示されているようにベント準備は38.4 kPa[8]以下に維持できなくなつて為すべきことであると徴候ベース手順書はガイドしているが、この時点でドライウエル圧力は19.4 kPa[8]である。

翌一三日の五時一五分に所長はベント実施すなわちラプチャーディスクを除く格納容器ベントの系統構成を完成させる(すなわち電動弁MO弁および空気作動弁AO弁を開状態とする)よう指示した。格納容器圧力は五時一〇分において24.4 kPa[8]であった。

この指示が出された経緯は以下のテレビ会議記録に示されている。重要なポイントになるのでそのまま引用する(岩波書店『東電テレビ会議 四九時間の記録』から引用、以下同)。

四時五三分頃の発電所対策本部技術班から、五時三〇分に水位が炉心頂部以下に下がり、七時半に炉心損傷(二二〇〇℃)、九時半に炉心溶融との予測が報告された。その報告を受けて五時一二分〜五時一五分頃のやりとりだ。

本店「……それまでに格納容器圧がラプチャーまで達さなければベント前に炉心損傷ということになつちゃうんだね……いま、やりにいかないとまた、線量が上がると一号の二の舞だからとにかく開けるんだな、バルブ。……」

本店高橋フェロー「七時半、それまでにバルブを開けに行かなきゃだめだね? だから線量あがっちゃうから。じゃ、

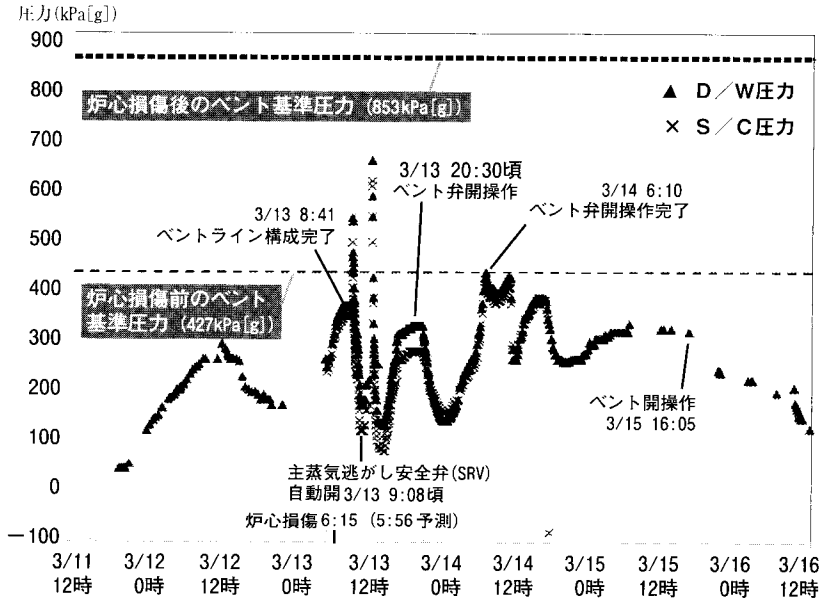


図2 福島第一原発3号機の格納容器圧力挙動とベント基準値

もうさっさとやるんだ？」

吉田所長「もう、やろう。」

本店「やりましょう。」

吉田所長「……ラプチャーオンリーにする操作に入りましょう。」

1 F「はい。」

本来の安全確保のための対応とは逆の倒錯した姿勢に陥っていることがわかる。すなわち、ドライウェル圧力は五時一〇分で244 kPa [g]でラプチャーディスク破裂圧力427 kPa [g]には余裕があり、そのため早くラプチャーディスクが破裂してベントが開始できるように格納容器圧力が上昇してくれることを期待しているのだ。本来なら、格納容器ベントではなく、主蒸気逃がし安全弁を開き、原子炉圧力容器の水蒸気を圧力抑制室プールに逃がす急速減圧の操作をして、ディーゼル駆動消火ポンプを使って原子炉に注水すべき時間帯だった。五時五六分になって水位が炉心頂部以下になるのが五時三〇分から四時一五分に訂正された。したがって炉心損傷が六時一五分、炉心溶融が八時一五分という予測になる。また最高使用圧力427 kPa [g]ラプチャーディスク破裂圧力に達するのは（その時点での圧力上昇速度から）一一時四五分と予測されている。

炉心損傷前にベントしようと格納容器圧力がラプチャーデ

イスク破裂圧力まで上昇するのを待っていたのに、もうじき炉心損傷が始まると告げられたのだ。本来ならば炉心損傷開始時点で参照すべき手順書が徴候ベース手順書からシビアアクシデント手順書に変わり、前号の図3に示されているように、ベント許可条件も格段に厳しくなり、ベントが実施されていた場合には一旦中断することが求められている。しかるに武藤副社長、本店、保安院は何の方針変更もなくラプチャーデイスク破裂を待ち望みながら圧力上昇を待ち続けたのである。すなわちシビアアクシデント手順書及びアクシデントマネジメントガイドを全くないがしろにしたのである。

最高使用圧力到達時刻の予測は、六時二〇分頃に八時三〇分へと修正、さらに六時四五分頃に七時五〇分へと修正されている。限界圧力到達時刻の予測は一三時三〇分だ。

六時五九分頃に発電所側はディーゼル駆動消火ポンプを使ってドライウエル・スプレイを開始することを決定して七時三九分にもスプレイを開始した。そのため現場への立ち入りを当直長が禁止して、ベント作業を中断した。ラプチャーさせると同時に圧力上昇を期待していたのに圧力を下げるといふことは大きな対応に対して武藤副社長及び保安院から疑問が出されて、結局八時〇一分頃に本店がドライウエル・スプレイを止めるように指示した。

炉心損傷後に圧力364 kPaで格納容器スプレイを実行するのが正しいかというと、実はこれもシビアアクシデント手

順書からは逸脱している。手順書でスプレイは640 kPaで開始することがガイドされている。炉心損傷前と比較すると非常に高い圧力になってからスプレイ開始がガイドされるのは、スプレイすることによって格納容器中の水素分圧が上昇することを危惧してのことである。

八時〇分頃、3号機RB屋上で、「湯気というか、大気が揺らいでいるようなそういうものが出てました」と報告があり、八時〇九分には、「技術班です。燃料が露出してからしばらく時間経つてますので、炉心溶融となっている可能性がありますが」と注意が喚起されているが、何の方針変更もなされず、八時四一分にベントラインの構成が完了して、文字通りラプチャーデイスク破裂圧力になるのを待つ状況となっている。

一三日九時〇八分頃に主蒸気逃がし安全弁(SRV)が自動で開いて、原子炉の急速な減圧が開始された(八時五五分での7.3 Mpaから九時〇八分の0.5 Mpa)。そのため高温高圧の蒸気が大量に圧力抑制室に流入して格納容器圧力を急上昇させた。そのため、九時一〇分頃にドライウエル圧力がラプチャーデイスク破裂圧力(427 kPa)を超えて格納容器ベントが開始された。

ベントライン構成完了(八時四一分)以降の格納容器圧力は八時五五分に369 kPaとなりわずかに上昇しているが、主蒸気逃がし安全弁が開いたのち、九時一〇分に536 kPaへと急上昇してから急減し、一〇時四〇分に169 kPaまで下

がってから一一時一〇分までその値で安定している。

しかし、一一時一五分頃に、ポンベの圧力低下により空気作動弁が閉となったために格納容器圧力がゆるやかに上昇する。計測された格納容器圧力は、一一時一五分に179 kPa [G]、一一時三〇分に209 kPa [G]、一二時〇五分に219 kPa [G]に達している。しかしながら、次の計測時刻一二時二〇分には649 kPa [G]にステップ状に急上昇して数分間同じ値を維持した後に急減して急峻なピークを形成する。この時間帯に、これと対応した似たような振る舞いを原子炉圧力にみることができ、原子炉圧力は一二時〇五分に180 kPa [G]に達した後、次の計測時刻一二時二〇分には850 kPa [G]にステップ状に急上昇している。この原子炉圧力の急激な上昇は、大量の溶融炉心物質を保持していた炉心支持板が突然壊れて、高温の溶融炉心物質が極めて短時間で炉心部から原子炉压力容器底部に落下し、そこにあった水を蒸発させることによって生じたと筆者は推論している。この時には、原子炉压力容器は、底部を貫通している計測用配管などが破損していて、格納容器ドライウエルと通じており、また主蒸気逃がし安全弁が開いていて圧力抑制室とも通じていて、原子炉圧力と格納容器圧力は密接に連動した振る舞いをしてい

る。実は、連続的に紙に記録されているアナログの圧力チャートデータをみると原子炉圧力は一二時〇五分から一二時二〇分の間にもっと急峻なピークを形成しており、一二時〇九分

に約2650 kPa [G]という上述のピーク値850 kPa [G] (一二時二〇分) の三倍を超える値を示している。これと連動して格納容器圧力も上述のピーク値649 kPa [G]よりも高くなっている可能性がある。そうであったとしても、炉心損傷後のベント基準圧力853 kPa [G]には達していない可能性が高いと筆者は考えている。その理由は、ピークから下降中の一二時二〇分二二分の間に、原子炉圧力は749 kPa [G]から659 kPa [G]へ低くなっているのに対して格納容器圧力は649 kPa [G]を維持していることから、格納容器圧力ピーク値もこの値から大きく違わないと推定できるからである。格納容器圧力のピーク値がこの程度の値に抑えられているのはベントのためではなくて格納容器上部ヘッドフランジのシール劣化によって開口部が形成されているからであり、ベントは一二時二二分頃に機能し始めてこれ以降の圧力降下に寄与したものと筆者は推論している。

このことから、格納容器圧力が最も高くなったと考えられる三月一三日一二時〇八分頃であっても、ベントをしなくても格納容器は過圧破損することもなかったと考えられる。

空になった空気ポンベを交換して格納容器ベント空気作動弁の開操作を再度実施して、一二時三〇頃当該弁が開となっていることを確認した。このことは一二時三〇分以前にベントが実施されたことを意味しており、格納容器圧力測定値が一二時二二分までの数分間の649 kPa [G]から一二時二五分の

57.9 kPa[8]へと減少している。このことから、一二時二四分頃にベントが実施されたと考えられる。この空気作動弁を開で保持するための措置を試みたができなかった。

一五時頃よりドライウエル圧力が再度上昇してきたことから、対策本部復旧班はタービン建屋大物搬入口に仮設空気圧縮機を設置して計測用圧縮空気系へ接続し、起動した。ドライウエル圧力は一六時四〇分の309 kPa[8]から二〇時四〇分の324 kPa[8]まで安定的な漸増状態を示していたが、二〇時四五頃から圧力が下がり始めている。

三月一四日一時一〇分に海水注入を停止して以降、ドライウエル圧力が上昇傾向となり、三時二〇分の海水注入再開後に注水量を増やしても上昇傾向が止まらないことから、発電所対策本部復旧班は圧力抑制室からのベントラインにあるもう一つの空気作動弁（小弁）についても五時二〇分、開操作を開始し、六時一〇分に完了した。しかしドライウエル圧力上昇速度はほとんど変わらず、ドライウエル圧力がピーク値42.9 kPa[8]に達した後には減少に転じるのは七時からである。この間、圧力上昇を抑制するためにドライウエルからのベントを発電所対策本部は考えて本店対策本部などに許可を求めていたことがテレビ会議記録から明らかになっている。結果的にはそのドライベントを実施する前に圧力が下がり始めた。そして、一一時〇一分に三号機原子炉建屋で水素爆発が発生した。

三月一五日一六時に空気作動弁大弁、小弁の電磁弁の励磁に用いていた小型発電機の故障により、同弁が閉になったことを確認。

一六時〇五分、小型発電機を交換して空気作動弁大弁の電磁弁を励磁して開操作を実施。

三月一六日の一時五五分に空気作動弁小弁開操作を実施している。

3号機の場合も、ベント準備、ベント実施を所長が指示した時は未だ炉心が損傷していない状態で、格納容器圧力が炉心損傷前ベント基準圧力よりかなり低く、徴候、ベース手順書から逸脱している。ベントラインの構成が完了した一三日八時四一分の時点ですでに炉心損傷が起きていることはその三時間前の予測からも明らかであり、ベント基準圧力853 kPa[8]以下、それもあり余裕がある圧力でベントを実行したことはシビアアクシデント手順書から逸脱している。その後繰り返されたベントも、ベント基準圧力よりかなり余裕のある低い圧力で実行されており、シビアアクシデント手順書から逸脱している。しかもベントの機能が常時維持されることが自己目的化したかのように、弁の開状態維持に努力を傾注したことは、高い放射能を持つ気体とエアロゾルで充満した格納容器に穴をあげ続けたことに等しい。このことが、本稿冒頭に紹介したように、実際に大量の放射能が環境に放出されて深刻な汚染に寄与した可能性がある。



このようにベントによって大量の放射能が環境へ放出された可能性があり、4号機原子炉建屋の爆発も3号機のベントによって運ばれた水素が原因である。それを補ってあまりある事故影響緩和のプラスの寄与があったのかは疑問である。上に述べたようにベントをしなくても格納容器の過圧破損は起こらなかつたと考えられる。

ベントによって圧力が下がることで、ドライウエルからの放射能放出（上部ヘッドフランジのシール劣化及び電気ケーブル貫通部シール劣化などによる漏えい）が減少することと、消防車等による注水量が増大して格納容器に落下した燃料デブリ等の冷却が促進されることは想定できる。しかし3号機の場合は消防車からの注水の多くが復水貯蔵タンク等へバイパスして原子炉圧力容器および格納容器に届いたのは少ないことが現在では判明している。したがってベントによる正負のバランスシートは負の方が勝っていると考えられる。すなわちベントを実施したことが放射能放出による影響を、より深刻化させた可能性が高い。

## 2号機の場合

2号機では結果的にベントは成功していない。

前述されているように2号機でのベントにかかわる作業が始まったのは、三月一日夕方から開始されたベント事前準備からである。

三月一二日の〇時〇六分に所長から1号機と2号機に対してベント準備の指示が出され、ベントの実施について国からの了解も得られた。1号機はベント弁を操作する現場の放射線量率が高いけれど、2号機は放射線量率が低くて現場でのベント弁の操作が可能であるので、2号機のベントを優先することとして、三時にベントを実施することを二時三十分判断している。しかし二時五五分に2号機の原子炉隔離時冷却系が運転状態にあることが確認できたので2号機のベントは取りやめて、1号機のベント操作を優先することとなった。

一二日一五時三六分の1号機原子炉建屋水素爆発の後、一七時三〇分に発電所長は、ドライウエル圧力は安定していたものの、いずれベントが必要になると予想されたことから、ベントの準備すなわちベントラインの構成に向けた検討を行なうよう指示した。その指示をうけて、一二日夕方から一三日朝にかけて実際に弁を開ける操作を実行している。D/W圧力は一二日一五時二二分で130 kPa [G]であり微候ペース手順書におけるベント準備基準の384 kPa [G]よりかなり低く、手順書から逸脱している。

3号機のベントをいかに進めるかが検討されていたテレビ会議で一三日七時四〇分頃、本店「2号のベント、早めに行った方がいいですよ」という言葉が記録されている。

一三日一〇時一五分に所長がベント実施を指示し、一一時にベントラインの構成が完了した。しかし圧力は一時三〇

分でも279 kPa [G]でラプチャーディスク破裂圧力427 kPa [G]よりも低く、圧力が上昇してラプチャーディスクが破裂するのを待つ状況が続いた。

しかし、一四日一時〇一分に発生した3号機原子炉建屋水素爆発の影響を受けて空気作動弁大弁が閉じてしまったことを一二時五〇分に確認した。その弁を再び開ける作業が行なわれていた時間帯に入る。

三月一四日一五時四四分以降の2号機についてなされた発話をみてみよう。

吉田所長「……もうとりあえず、水源とSR弁の操作ができるようになったら、減圧操作は可能になる。だから燃料をTAFに行く前の状態でコントロールして減圧して水を注入する、という操作に入った方がいいだろう。」(中略)

1Fスタッフ「今、炉圧が7・07で、ドライウエルの圧力がコンマ1パスカルです。それで、サブチャンの温度が三三〇℃を超えているので、今仮にベントしないままSR弁開いて凝縮させようとしても、おそらく凝縮しないんですよ。だから圧力は下がらないで、だから注入ができないっていう危険があると。だからそれを回避するためには、ドライウエルの圧力を抜かなきゃいけなくて、今そのためにベントして頑張ってるっていう、そういう状況です。」

吉田所長「そうだね、だからベントが条件なんだね。」

この判断には二重の誤りがある。すなわち圧力抑制室(S/C)プール水温が一〇〇℃を超えていてもSR弁開により原子炉減圧はできること、また百歩譲ってS/Cベント先行がベターだとしても格納容器圧力が0・465 MPa(一三時四分)から0・430 MPa(一五時四分)と降下傾向にあり、ラプチャーディスク破裂が当分望めそうもないことである。

次に、2号機に関わる三月一四日の一六時一七分頃の発話を紹介する。

1F吉田所長「……今の争点はベントラインが生きる前に、減圧してもう水をつ突っ込むべきだということを班目先生がおっしゃっているんですよ。」

また、同じ一四日の一六時二一分頃にはこのような発話がある。

本店清水社長「吉田さん、吉田さん、清水ですがね。班目先生の方式で行ってください。」

1F吉田所長「はい、わかりました。」

ベント優先に固執していた発電所対策本部に対して最終的に社長が命令を下して、主蒸気逃がし安全弁を開けて原子炉

減圧を即実行して、起動して待機している消防車のポンプで注水することとなった。しかし、主蒸気逃がし安全弁を開くのに手間じるとともに、原子炉減圧により炉心燃料が完全に露出状態になったのに、消防ポンプが燃料切れで停止している、一九時〇〇分ころには炉心損傷が起きた。その後二一時〇〇分頃に空気作動弁小弁の開操作を行なったが、失敗している。このとき格納容器圧力は318 kPa [G]で、ベント基準圧力853 kPa [G]よりかなり低くシビアアクシデント手順書から逸脱している。一五日〇時〇一分にはドライウエルベントが試みられているが失敗している。この時も圧力は639 kPa [G]であるからシビアアクシデント手順書からは逸脱している。

2号機の場合も、ベント準備、ベント実施を所長が指示した時や最初にベントラインの構成が完了した時も、未だ炉心が損傷していない状態で、格納容器圧力が炉心損傷前ベント基準圧力よりかなり低く、徴候ベース手順書から逸脱している。また一四日午後主蒸気逃がし安全弁を開いて原子炉圧力容器を減圧して、消防車ポンプによる注水を早急に行行しなければならぬ状況で、誤った格納容器ベント優先に固執した結果、炉心損傷を防げなかった。試みられたが結果的には成功しなかった炉心損傷後の格納容器ベントはシビアアクシデント手順書から逸脱した操作である。

すなわち2号機でも格納容器ベントにかかわる作業によっ

て炉心損傷防止のための対応が阻害された。

### 安全原則を破った福島原発事故対応

以上の分析で明らかのように、三月一一日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、3号機及び2号機に対しては三月一二日一五時三六分の1号機建屋水素爆発の後、一七時三〇分に吉田所長は、「いずれベントが必要になる」と予想されたことから、ベントの準備すなわちベントラインの構成に向けた検討を行なうよう指示した。これらの指示などが事故の深刻化に大きく寄与している。最悪の事態に備えて行動することは一見正しいことのように見えるかもしれないが、福島原発事故では、それが事故対応の手順書をないがしろにし、戦略を見失い、結果として安全原則に反する対応へと至らしたためである。

とくに福島第一原発3号機と2号機の場合には、1号機建屋の水素爆発を防げなかったというトラウマにとらわれたためか、東電及び保安院は、あたかも格納容器ベントが自己目的化して、いわば急性ベント病とでも呼ぶべき思い込みにとりつかれてしまったかのようなふるまいを示している。その結果、炉心損傷前は「やらなくてもよい」もしくは「やっても意味のない」ベント実施に躍起となり、炉心損傷を招いた。

炉心損傷後はシビアアクシデント手順書のベント条件をないがしろにして、ずるずるとベント操作を続けることで「やむを得ない」とはいえない状況において放射能閉じ込め機能を破るといふ安全原則に反する。「やってはいけない」操作に努力を傾注していたのである。最悪の事態に備えるという名目のもとに、放射能閉じ込めの最後の砦である格納容器に、あらかじめ穴をあけておくことに努めていたということである。このことは深層防護戦略とそれに基づいた放射能閉じ込めのための多重障壁を守るといふ安全原則が反故にされたことを意味している。

### まとめにかえて

これまでの論考で明らかになったように、もし手順書がないがしろにされず、適切に参照されていたならば、福島原発事故において3号機と2号機の炉心溶融を避けることができた可能性が高い。その場合、福島原発事故による放射能放出は1号機のみからとなり、総放出量は実際の約一〇分の一となる。

さらに降雨・降雪により放射能の沈着が促進されて環境への深刻な放射能汚染をもたらした主要な放出と考えられている一日から二一日にかけては3号機と2号機からの放出が大半を占めていると推定される。このことは3号機と2号機の炉心溶融が回避できていたならば未だ一〇万人以上の人が

避難を余儀なくされるという事態にはならなかったことを意味している。ただし一二日から一四日未明までの初期被ばくの問題は残される。上記推定の根拠は以下に記す。

原子力研究開発機構(JAEA)の研究グループによる、観測された環境放射能データから逆算して得られた最新の推定(ACRJ vol.15, pp.1029, 2015)によると、福島原発事故で五月一二日までに放出されたヨウ素131の総量は $1.429 \times 10^{17}$ ベクレル( $1.42 \cdot 9$ ペタベクレル)、セシウム137の総量は $1.24 \times 10^{16}$ ベクレル( $12 \cdot 4$ ペタベクレル)で、3号機の炉心露出が始まった三月一三四時頃までの累積放出量は、1号機のみによる放出と考えられるが、ヨウ素131が $1.3 \times 10^{16}$ ベクレル(総計の九・一%)、セシウム137が $1.30 \times 10^{15}$ ベクレル(総計の一〇・五%)となっている。それ以降の寄与を勘定にいれてもたかだか一五%にはならないと筆者は考える。根拠は、もともと1号機の熱出力が2、3号機の五八%であるから事故開始時の放射能存在量も概略五八%となり、1~3号機総量の二二・五%であり、放出経路等を考慮すると放出量はより少なくなると考えられるからである。ただし、厳密には放射能存在量は原子炉運転履歴に依存する。ヨウ素131は上述の値と変わらないが、放射性セシウム137の存在量は、原子力研究開発機構の計算(JAEA Data Code 2012-018, 2012)によれば、二八・九%である。

福島原発事故における事故対応を手順書と照らして検討す

る動きがなかったわけではないことはこれまでの本論及び要  
点整理でも触れられているが、補足しておきたい。

二〇一一年一〇月一四日、保安院は、「事故調査を行うに  
あたり、これらの事故時運転操作手順書の今回の事故にたい  
しての対応可能性、有効性についての検証が必要であると判  
断して」、東電に対して「福島第一原子力発電所一号機、二  
号機及び三号機の事故時運転操作に係る下記の事項について  
調査を行い」一〇月二一日までに報告するよう院長名で指示  
を出した。①事故時運転操作手順書において想定している事  
故の内容及び前提条件の概要、②今回の事故時に、実際に実  
施した運転操作の内容（時系列）、③上記の各操作に対する事  
故時運転操作手順書の適用状況（事故時運転操作手順書による運  
転操作でない操作を実施した場合は、その運転操作を行うこととした判  
断根拠、手順書による操作ができなかった理由等を含む）。

一〇月二二日に東電が保安院に対して報告書提出「東北地  
方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所一号機における  
事故時運転操作手順書の適用状況について」、2号機、3号  
機についても同様。

一月二〇日保安院が福島第一原発事故に係る保安調査時  
1号機の対応にあたった東電職員にヒアリング（保安院「技術  
的知見最終報告書」参考資料五四四頁）。

しかし、保安院の事故調査報告書「技術的知見最終報告  
書」にも東電報告書「適用状況」に対する評価に関する記述

は含まれていないし、他でも何も公表されていない。

政府事故調が徴候ベース手順書と照らして2、3号機の対  
応に問題があったことを認識していたにもかかわらず、徴候  
ベース手順書をないがしろにした問題の追及を途中で取りや  
めた可能性が高いことは、前回までの本連載でも記述され  
ている。

しかし、本稿冒頭にも触れたように、それに加えて、現場  
のシビアアクシデント手順書に対応して発電所対策本部が参  
照すべきアクシデントマネジメントガイドについても、吉田  
所長が開いてもいないという証言に対して、それでは対策本  
部では参照したのかという点についての追及もなしに打ち切  
っている。政府事故調報告書でもその問題については触れら  
れていない。

日本原子力学会における事故調査においては、二〇一二  
年二月一七日の原子力安全部会「福島第一原子力発電所事故  
に関するセミナー」第一回会合において事故発生翌日の一二  
日夕刻から東電本店に入るサポートにあたった（株）日立G  
Eニュークリア・エナジー（153号機のメーカーであるGEと日  
立の合弁）の幹部技術者が「福島事故における教訓と対策」  
と題するプレゼンテーションをしている。

その中で彼は「AMの戦略は減圧して、とにかく水をRP  
Vまたは格納容器に入れるということに尽きる」とし、「計  
装がない状態では何もできないというのではなく、計装がな

い状態でのAMも考える必要がある。……水位計にしても駄目な場合は、やはり減圧を行い、低圧状態にして水を炉内に入れる手順にしている」と述べている（議事録）。その際に「水位不明時の対応フローチャート」として徴候ベース手順書からシビアアクシデント手順書への対応フローをスライドで示している。

このことは手順書を含むシステムを熟知していると思われるメーカー技術者が徴候ベース手順書とのかかわりかたに問題意識を有していたことをうかがわせる。しかしながら、これ以降二〇一三年三月に刊行されたセミナー報告書にも、原子力学会事故調最終報告書（二〇一四年三月）にも対応する記述はみられない。事故原因への追究が何らかの制約によって後退してしまったようにみえる。

本来、事故分析は全く科学的営みそのものであり、観測されたデータを説明できる仮説を構築し、それをさらに異なる

データまたはアプローチから検証するということの繰り返しによってのみ真理に到達し得る性格のものである。

そのあるべき事故分析のありかたから考えた場合、福島原発事故以降の事故分析の現状は大きく歪んでいるようにみえる。なかでも、手順書と照らして事故時に実際にとられた判断と操作が適切であったか否かを詳細に分析することは事故分析の王道の出発点であるにもかかわらず、そのことにことさら触れようとせず沈黙が支配していること自体が異様な光景である。

この論考がその異様な状況を変える糸口となることを願ってやまない。

デイビッド・ロックバウム、エドウィン・ライマン、  
スーザン・Q・ストラナハン、憂慮する科学者同盟／水田賢政訳

# 実録 FUKUSHIMA

—アメリカも震撼させた核災害—

四六判・上製カバー・432頁 本体3400円（税別）

東部時間三月一日午前九時四十分、米国原子力規制委員会は監視体制に入った。それはホワイトハウスを狼狽させた一〇日間の始まりとなった……。米国の初期対応をリアルに再現し、原発のリスクとどう向き合うかを問い直す。

岩波書店