

## 我々はどこで間違えたのか？（福島事故の検証）

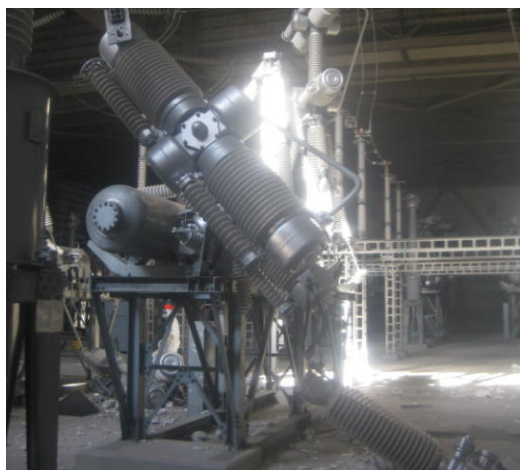
2011年12月10日、失敗学会の年次大会で、講演とパネル討論をした際のスライド等を元に、「我々はどこで間違えたのか？」ということ以下にまとめました。講演で回収したアンケート用紙には、100人近い方が、色んな意見や質問を書いて下さり、大変、有難く思っております。

これまで、多くのメモを書いてきた理由は、福島3号機・5号機の設計に携わり、何らかの責任ある人間として、何かできることはないか、という思いからです。講演のタイトルの「我々」とは勿論、私も含んでいます。

所で、今回の震災や事故で何度も「想定外」という言葉を聞きました。原発が人工物である以上、今回の事故が人災であることは明白です。しかし、世の中の事故には、人類が未知の事象もありえます。従って、「それは想定されていたのか？」それとも「真に想定外だったのは何か？」という観点で考えてみることにします。

### 1) 地震が発端だった（外部電源喪失）

福島1～4号機を受電設備が損傷し（耐震Cクラスで設計していたので、想定通り）、更に、5・6号機用の受電鉄塔が倒壊しましたが、この電源が生きていれば、1～4号機に電力融通できた訳です。つまり、「津波だけが原因」と述べた東電社長の発言は適切ではなかったと思います。



遮断器の損傷落下



5・6号機用の受電鉄塔倒壊  
（いずれも東電撮影）

また、経産省傘下の機関が2007年に「開閉所が弱点であり、耐震性向上が有効」という報告書を公開しています。（原子力安全基盤機構「外部電源系統の機能喪失確率評価」2007）

## 2) なぜ女川原発は助かったのか？

3/11、東北電力・女川原発にも 14m の津波が到来しましたが、標高 14.8m に設置されていたため、文字通り危機一髪の所を助かりました。この背景には、東北電力の平井弥之助副社長が「津波に関する古文書を調べて、対策せよ」と主張した為であると、元経産省の鈴木篁さんが書いておられます。（出典：<http://homepage2.nifty.com/w-hydroplus/info1zz103.html>）



東北電力資料より

## 3) なぜ 5/6 号機は助かったのか？

5号機・6号機は、外部からの送電線の鉄塔が地震で倒壊し、その後の津波で、非常用ディーゼル発電機全5台中4台が機能喪失し、1台のみが起動しました。5/6号機は運転停止中でしたが、炉心と燃料プール冷却が停止して温度上昇し、他号機と同じ危険性がありました。この1台は空冷式で、6号機原子炉建屋に配備されていた為に生き残って、5/6号機は助かりました。



←6号機

←5号機

青色が津波浸水範囲

東電資料

#### 4) なぜ東海2号機は助かったのか？

日本原子力発電(株)の東海第2原発は、2007年の新潟県中越沖地震後に津波想定を引き上げ、防波壁の高さを6.1mに引き上げる工事をしていました。今回の津波は5.4mと想定内だったこともあり、3台の非常用ディーゼル発電機の内、2台が起動し、福島第1原発のような冷却機能喪失の危機を免れました。(時事通信 2011/3/29。)



写真は原電提供

#### 5) 米国の原発はどうなっている？

米国・カリフォルニア州のディアブロ・キャニオン原発の情報を米国の友人から送って貰いました。原発自体も高さ26mの断崖の上にあります、更に全電源喪失に備えて、9,500m<sup>3</sup>の淡水貯水池(落差式、写真の左上)があります。1985年運転開始なので、この時点で、地震や津波に対して十分な余裕を取ると共に、更に対策を施していることが分かります。

これに比べて、地震大国・津波大国のはずの福島第一原発での想定は、いかにも貧弱ということが言えそうです。これが建設当時の日本の実力だったとしても、その後、見直す機会があったのかが問題です。

ディアブロ・キャニオン原子力発電所の全景



	ディアブロキャニオン	福島第一	
	設計基準	設計基準	3.11
地震加速度	735cm/s <sup>2</sup>	449	507
津波高さ	10.7m	5.7m	14-15m

## 6) 福島原発を当初の 30m 標高から 10m に下げた理由

福島原発の現地は、元々、下記の東電 PR 映画のように、標高 30m だったのを掘り下げて 10m 高さにした訳です。この理由について、東電側は、①岩盤に近い方が丈夫な原発になる。②海水を汲み上げるのにエネルギーが要る。③GE 社から「30m 高さで設計し直すと莫大な変更費が掛かる」と言われた。④福島サイト周辺には津波の痕跡はない。との見解のようです。しかし、これが事実としても、米国原発と比べれば、安全思想に大きな違いがあると云わざるをえません。



## 7) ベント遅れはあったのか？

詳しい分析は、5/27 の No.42 吉岡メモ、6/2 の No.44 吉岡メモに書いています。要するに、①2/3号機にベント遅れはなく、1号機は遅かったが、事故進展上は何の影響もなく、実質ベント遅れはなかったと判断しています。

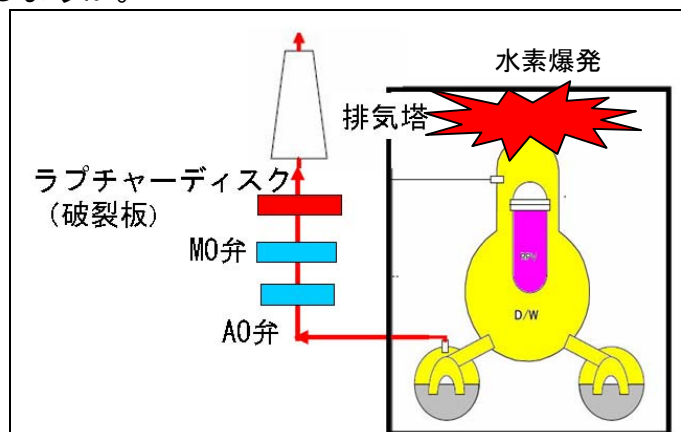
②ベントは格納容器の圧力を下げるだけで、高温燃料による過熱破損は防げません。

③ベントで水素爆発は防げません（例：3号機）。

④ベントは、大量の放射能を東日本に飛散させました。

というものです。

多くのメディアやインターネットが、「ベントは善」であり、ベントをすれば原子炉は救えるかのような幻想を持たせ、従って「ベントを遅らせた悪者は誰か？」という意図で書いているように思えます。これらは、例の「海水注入停止事件」と同じく、殆ど全てのメディアの誤報事件と言えるのではないのでしょうか。

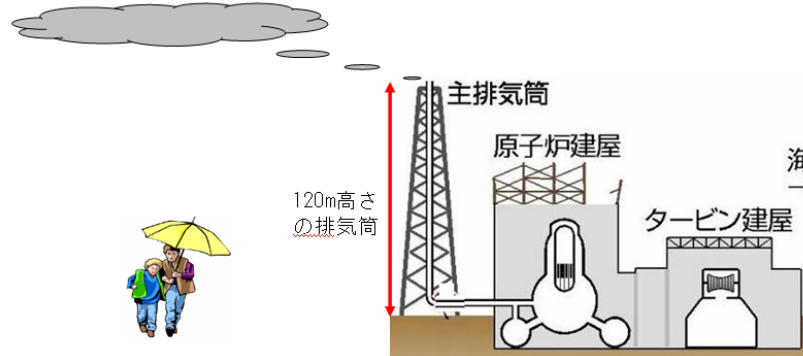


## 8) 水素爆発は防げたのか？

原子炉の冷却が止まると、大量の水素発生は必須であり、発生した水素は、格納容器を抜けて、原子炉建屋上部に滞留します。従って、格納容器から水素を排出するには、ベントしかありません。しかし、ベントは早くできなかつたし、3号機では1日前にベントしても水素爆発しました。要するに、全電源喪失の後では、水素爆発を防ぐ方法はない、ということです。

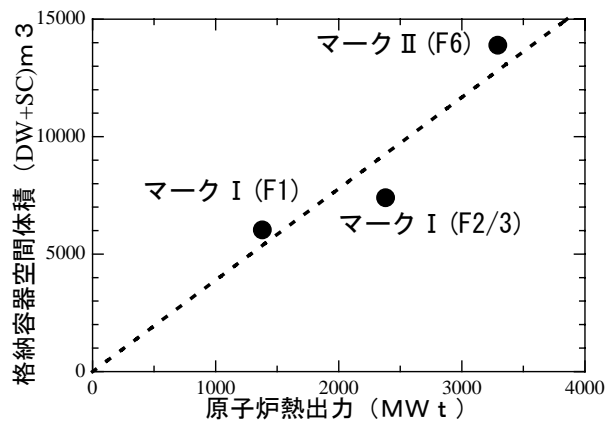
### 9) 結局、ベントは何だったのか？

ベントしないと、いずれ格納容器が破損し、制御不能になるので、ベントした訳ですが、その結果、上空高く放射能を飛散させ、東日本汚染の大きな原因の一つとなりました。一方、1/2/3号機とも、高温燃料による過熱破損で格納容器が破損し、結局は同じ事態になったはずですが。ベントしてもしなくても原子炉を救えないのだとしたら、「ベント成功」＝「放射能災害の成功」になったことを考えると、この点からも「ベントは善」と言えないのではないのでしょうか。



### 10) マーク1型格納容器が小さいのが原因？

2011年8月に、某TV番組が「マーク1型格納容器が小さいから事故になった」と報道しました。詳しい分析は、8/17のNo.60吉岡メモをご覧ください。これは事実ではありません。単位出力当たりで比較すると、格納容器容積は大差ないということです。このことは、平成4年の原子力安全委員会文書にも明記されています。

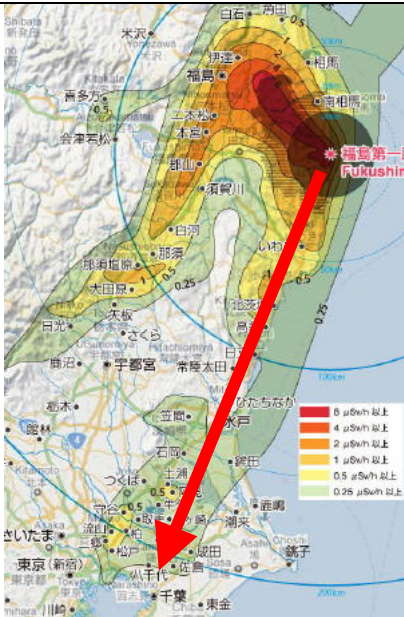


福島原発事故の原因は、(地震と津波による)全電源喪失と海水冷却系損傷による炉心冷却機能喪失です。仮に福島原発の格納容器が大きかったとしても、いずれ蒸気と水素が充満し、ベントをせざるを得なくなり、放射能災害をもたらします。また、水素爆発は格納容器の外で起きたので、格納容器の大きさは関係ありません

## 11) 首都圏のホットスポットは何故おきた？

首都圏の住民は、6月になって、周囲に放射能が高い場所（ホットスポット）があることが知らされ、子供のいる家族等に大きな衝撃を与えました。この原因についての詳しい分析は、7/7のNo. 53 吉岡メモをご覧頂くとして、筆者は、3/21に福島3号機の格納容器が破損して放射能が流出し、南向の風で首都圏に移動し、当日の降雨で落下したものと、考えています。

3/21の写真を見れば、原子炉から何かが出ているのは誰でも分かりますし、その時の気象状態は、気象学者なら誰でも分かったはずですが、なぜ、3月に知らせてくれなかったのか、非常に残念です。



出典：<http://kipuka.blog70.fc2.com/?no=414>



3/21の3号機からの黒煙（東電撮影）

## 12) 一体どこで間違えたのか？

①福島1号機等の安全審査や設計・製造に間違いがあった訳ではありません。また、運転員の失敗があったのでもありません。更に、原子炉制御棒挿入設備により、核分裂反応は停止できました。結局、地震に対する防衛が不十分だったということが根本原因でした。

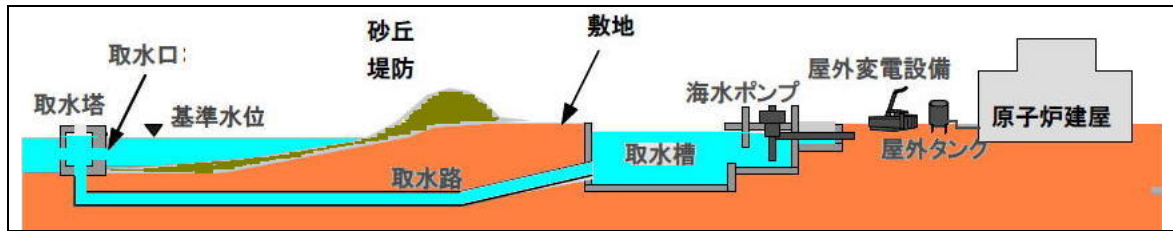
②今回の地震自体は巨大でしたが、原子炉での揺れは想定程度でした。原子炉本体や安全系に大きな破損はなかった模様です。しかし、受電設備や鉄塔が損傷し、また、非常用ディーゼル発電機や各種の機器が津波で作動しませんでした。地震と津波は同時に起こる訳で、これを正しく評価あるいは対策できていなかったこととなります。

③「事故時には ECCS (非常時炉心冷却設備) があるから大丈夫、とか、また、外部からの電気が利用できなくても非常用 DG があるから大丈夫」という設計思想をやめて、ステーションブラックアウトのような、起きたら非常に困る事象にも対処できる原子炉にすることが必要です。

以上の記事は、3/14の吉岡メモ第1号に書いたことですが、2007年の柏崎原発の事故の後に書いて、自分のHPに掲載したり、友人に送ったものと同一です。2007年の事故を真摯に反省していれば、今回の福島事故は防げたはずですが。

### 13) 津波事故は予想されていた？

経産省傘下の機関が2008年に、BWRに津波が来襲した場合の研究結果を示しており、以下の項目のいずれかが起きると、炉心損傷（炉心熔融）に至る、と結論しています。福島では殆どこの予測通りの事故が起きました。（「原子力安全基盤機構「地震に係る確率論的安全評価手法の改良」2008」



原子力安全基盤機構報告書	福島で発生
①取水塔/海水ポンプの損傷。	○
②屋外設置の起動変圧器の損傷	○
③軽油タンク等の非常用DG燃料供給設備等の損傷	○
④全交流電源喪失が発生	○
⑤原子炉建屋への海水浸入	不明
⑥タービン建屋への海水浸入	○
⑦引き波時のリスク	不明

### 14) 唯一の「想定外」：建屋内水素爆発

巨大地震・巨大津波は、一部の地震学者・津波学者に警告されていました。また、上述のように、津波・機器故障を起因とするSB0(全交流電源喪失事故)と、SB0による炉心冷却喪失事故は、経産省傘下の機関が、その危険性を報告書で公開していました。

唯一の想定外が、原子炉建屋の水素爆発だと筆者は考えています。軽水炉の炉心冷却喪失事故で、大量の水素が発生することは常識で、日本は勿論、世界中で何千人もの専門家が知っていたはずですが、しかし、BWRでは、格納容器に窒素封入しているので、格納容器内では爆発しません。実際、3/12に原子力安全委員長が菅総理にそう発言したとのこと。また、建屋内の水素爆発を警告した専門家は世界中にいなかった模様です。4000人のスタッフを抱える米国NRC(原子力規制委員会)でさえ、予測していませんでした。経済学で言う「ブラックスワン」(誰も存在するとは予想しなかった黒い白鳥が実在した現象)だった訳です。



なお、12/10の講演でのアンケートで「原子炉建屋の水素爆発とは何だったのか？」という質問がありました。原発災害とは放射能災害です。東日本に飛散した放射能はベントその他で格納容器から広範囲に放出されたものです。もし原子炉建屋が爆発しなければ、建屋内の放射能は閉じ込められたかも知れませんが、2号機のように建屋が一見健全でも、大量の放射能流出が起きました。建屋が爆発したことで酷い事故という印象を与え、原発周辺に放射能とガレキが散乱して修復を非常に困難にした、とは言えますが、東日本住民への放射能災害という意味では、建屋内の水素爆発は寄与が小さいと考えています。

また、水素爆発は想定外のシナリオでしたが、炉心冷却機能が失われた結果です。つまり、事故の原因ではありません。

### 15) なぜ責任追及をしないのか？

金子毅教授の著書「安全第一の社会史」で、「失敗学の基礎は責任追及をしないことにある」と書かれているように、畑村事故調査委員会は責任追及をしないことを宣言しています。それに悪乗りするかのように、日本原子力学会も「個人の責任追及をするな」という声明を出しました。このままでは、太平洋戦争のように、誰の責任かを問わないまま、誰も反省せず、収束してしまいそうです。

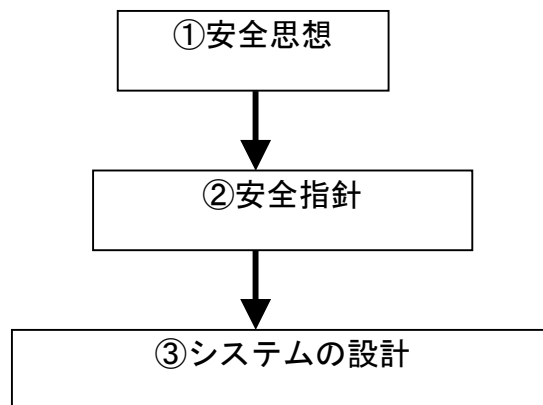
多くの産業事故はヒューマンエラーで起きますが、福島原発事故は違います。御巣鷹山ジャンボ機事故と同じく、現場員のエラーではありません。こう考える理由は、筆者の今までの分析に加え、① IAEA は5月の調査報告書で、現場の対応を賞賛していること、② 東電は事故時手順書を公開し「事故後の対応は、ほぼ手順書通り」と報告していること、にあります。

つまり、事故の責任は設計にあったこととなります。結局「炉心熔融のような過酷事故は起きない」としたことが原因です。

### 16) なぜSBOを指針から除外したのか？

日本の原発指針は長期のステーションブラックアウト（SBO：全交流電源喪失事故）を想定していません。SBOとは、送電線による複数の外部電源と、複数のディーゼル発電機（DG）の両方が停止した事象で、今回の福島事故ではこれが起きました。除外した理由は、送電系統の事故は少なく、DG故障も少ないので、100万年に1回程度の確率になるためです。

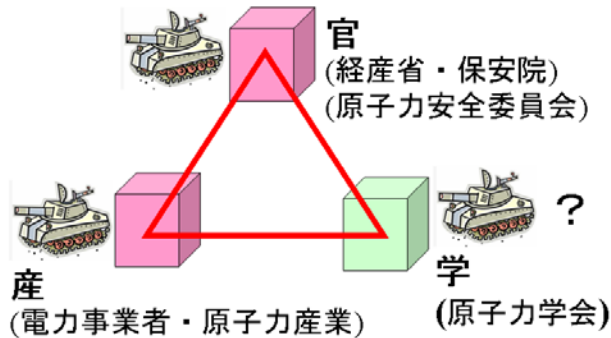
本来、安全とは何か、なぜこのような指針が必要かという背景思想を確立し、それに基づいて指針を作成し、それに従って設計を行なう、という流れであるべきを、日本は逆順にしてしまった訳です。我々は、モノ造りのノウハウは学んだものの、背景のノウワイ（Know-why）を学ばなかったことに、私自身、忸怩たる思いはあります。





## 17) 産官学のトライアングル

産業界と規制当局とが同じ方向を向いては意味がありません。政府は今回の事故を踏まえて、保安院と原子力委員会を合併するとのことですが、米国 NRC（原子力規制委員会）は、日本の 10 倍以上の 4000 人のスタッフを抱え、大統領直轄の組織です。今の日本の実力では、逆立ちしても敵わないでしょう。また、本来、中立的であるべき「学」の方向も怪しいものです。これらのトライアングルを根本的に改革する必要があります。



## 18) 我々は過去から学んだのか？

我々は、スリーマイル島原発事故やチェルノブイリ原発事故から学んだ、と言えるのでしょうか？これらを運転員のヒューマンエラーに矮小化し、安全文化を確立することに失敗したのではないかと、思います。失敗の原因を正しく把握していなければ、未来の新たな事故は防げません。また今回、我々は福島原発事故から学べるのか？この為には、事故の根幹原因と、反省すべき点を明確にしなければなりません。

## 19) まとめ

- ①本メモの目的である「想定外の事故原因があったのか？」という点から検討した結果、真の想定外といえるものはなかったと考えます。
- ②福島サイト現場での事故対応は、概ね適切と考えられます。
- ③「炉心熔融のような過酷事故は起きない」としたことが原因で、40年前はともかく、途中で見直す機会は何度もありました。見直し失敗の理由は、費用問題よりも、認可を得るのが大変（無謬性神話）、他電力への波及、過酷事故は起きないとの安全神話、ではないかと思えます。
- ③直接的には産業界の責任ですが、ブレーキ役の規制当局と、そして中立的であるべき学会のミッション（役割）を改革しなければならない、と考えます。

2011-12-20 記