

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の
技術的知見に関する意見聴取会
第2回議事録

原子力安全・保安院

第 2 回 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の
技術的知見に関する意見聴取会
議事次第

日 時：平成 23 年 11 月 8 日（火）10：00～12：34

場 所：経済産業省別館 11 階 1120 共用会議室

1. 開 会

2. 議 題

（1）所内電気関係設備に係る検討について

（2）その他

3. 閉 会

○大村検査課長 それでは、定刻になりましたので、ただいまより第2回「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会」を開催いたします。

皆様におかれましては、御多忙なところ、御出席いただきまして誠にありがとうございます。

議事に入ります前に、前回御欠席だった先生方を御紹介したいと思います。

まず、国立大学法人東京大学大学院工学系研究科原子力専攻の岡本教授でいらっしゃいます。

○岡本教授 岡本でございます。どうぞ、よろしくお願いいたします。

○大村検査課長 よろしくよろしくお願いいたします。

それから、国立大学法人大阪大学大学院の山口教授でいらっしゃいます。

○山口教授 山口でございます。よろしくお願いいたします。

○大村検査課長 どうぞよろしくお願いいたします。

それから、本日、田中先生が、所用のため御欠席ということでございます。

続きまして、資料の確認をさせていただきたいと思います。

お手元の資料で、議事次第の後に、資料1としまして、「第2回、第3回の主な検討内容（検討テーマの変更）」という資料があります。

それから、資料2－1「所内電気関係設備の被害状況と安全設備への影響について」

資料2－2「所内電気関係設備の対応状況について」

資料2－3「所内電気関係設備に関する現行規制と見直し動向について」

一番最後に、資料3「所内非常用電気関係設備に関する主な論点」という資料でございます。

何か過不足等ございましたら、教えていただければと思います。

よろしいでしょうか。

それでは、早速、議事に入りたいと思います。

本日は、議事次第にありますように、所内電気関係設備を中心に検討を行いたいと思いますけれども、前回、第1回目の意見聴取会で、各回の検討テーマがかなり相互に関係するものがあるという御指摘もいただいておりまして、これを踏まえまして、前回御説明しました検討の全体のスコープを少し見直しました。

この点につきまして、資料1に基づきまして、私の方から少し御説明したいと思います。

資料1を出していただければと思うのですが、資料1の裏側は、参考としまして、第1回目の資料であります。

これによると、第2回に「全交流電源・直流電源喪失」、それから、第3回に「主要機器等への地震の影響」、第4回で「冷却機能喪失」という形を組んでおりましたけれども、この第2回と第4回、「全交流電源・直流電源喪失」と、「冷却機能喪失」、これは、かなり密接不可分な関係があるということでありまして、2回と4回を1つのシリーズとして行いたいということで、資料1の表の紙に戻っていただきますと、第2回と第3回で「全交

流電源・直流電源喪／冷却機能喪失」、これをシリーズで行う。第2回は所内電気関係設備を中心にやりますけれども、一部、冷却機能の方も少し取り扱わせていただきたいと思います。

それから、第3回としましては、「冷却機能喪失に係る状況」ということで、「ポンプ・弁等の機能喪失」を中心に行う。そのつながりの部分もございますので、今日は一部、そこを議論をさせていただこうということでございます。

右の下にありますように、「主要機器等への地震の影響、閉じ込め機能不全」等のものにつきましては、第4回、5回、6回でもう一度割り振って検討するというプログラムにしたいと考えてございます。

この資料については以上でございますが、何か御意見なり、確認事項等ございましたら。それでは、本題の方に入りたいと思います。

本日は、先ほど申しましたように、「所内電気関係設備に係る検討について」ということで、資料の2-1から2-3まで資料を用意してございます。この資料では、事実関係を中心としまして、被害と事故の状況、対応の状況、規制の動向という形で整理しております。

まず、これらの資料を1つずつ御説明をしまして、事実関係に関する確認などを行っていただきたい。その後、資料の3に主な論点という形で整理しておりますので、所内電気関係設備がどうあるべきかというようなことについて、資料3をベースに御議論いただきたいということで進めさせていただければと思います。

まず、資料の2-1につきまして、古金谷事故故障対策室長から説明をいたします。

○古金谷事故故障対策室長 では、資料2-1をごらんいただきたいと思います。

まず、1ページ目の目次をごらんください。1～12までの項目がございます。全体の説明の流れといたしましては、まず、所内の電源設備はどういうものがあるのかということについて、1、2、交流と直流について御説明をいたします。

その後、浸水の状況ということで、3、4、浸水の範囲、襲来状況ということでの御説明をし、それから、被害状況、これが今回の一番のメインの中身になりますけれども、電源設備の被害状況ということで、他の発電所との比較、福島第一での詳細につきまして御紹介いたします。

その後、7、8、9、10というところで、電源を使っている冷却系の例といたしまして、1号機の冷却系 IC、HPCI というようなところが電源の影響でどうだったかということについての御紹介をいたしまして、11番目で、電源復旧がどういった形でなされたのかということについて幾つかの例を御紹介します。

そして最後に、これらの状況を踏まえたまとめという形で御説明をしたいと思います。

では、まず2ページ目でございますけれども、所内電源設備、交流の電源設備の概要を数ページにわたって御紹介したいと思います。

2ページ目は、非常用ディーゼル発電機の機能ということでございます。

今回も特に福島第一では、ディーゼル発電機の機能喪失ということで、全交流電源の喪失ということに至ったわけでございますけれども、後でも御紹介をいたしますけれども、ディーゼル発電機自体が津波で被水あるいは冠水することでの機能喪失だけではなくて、下の方にも書いてございますけれども、ディーゼル発電機が機能する、作動するためにはさまざまな補機系、あるいはさまざまなサポートする電源というものが必要でございます。ディーゼル発電機、緑で書いておりますけれども、その上の方には当然のことながら燃料を供給する系統が必要でございますし、下の方に行きますと、左の方ではディーゼル発電機、駆動部を冷却するようなポンプ、冷却系が必要だということでございます。

それから、起動時に当たっては、圧縮空気だとか、あるいは直流の電源が必要ということでございますので、発電機が生きていたとしても、これらの周辺機器が被害をこうむると、発電機自体も機能できないというような事態に陥るということでございます。

それから、たとえその発電機が機能したとしても、電気を配電する系統でございます配電盤、パワーセンターといったような下流の方に電気を送る系統がやられていれば、最終的に電気を消費する機器への電力供給がままならないというようなことが生じます。そういったところも具体的な例を後ほど御紹介したいと思いますので、こういったディーゼル発電機の機能に必要なものがたくさんあるということについて、まず御理解をいただければと考えております。

次の3ページ目からは、それぞれがどういった機能を持っているかということについて、非常用ディーゼル発電機、4ページ目からは配電設備、電源の設備について簡単に、写真も含めて御紹介をしております。

3ページ目が非常用 D/G ということでございまして、御承知のとおり、外電が喪失した場合に立ち上がって交流電源を供給するというものでございます。

それから、4ページ目でございますけれども、高圧配電盤と呼ばれるものでございます。これは、発電機または外部送電線から供給された電力を、電圧を下げまして、6.9kV で受電して、それを大型の機器や、あるいはその更に下の電力設備でありますパワーセンターに電力を供給するという配電盤でございます。

主な供給先としては、下に書いてありますようなポンプ系、あるいは冷却系の機器ということでございます。

これは、非常用と常用と分かれておりまして、今回、特にトピックとしては非常用を取り上げたいと思っておりますけれども、非常用であれば、炉心のスプレイポンプや残留熱除去ポンプといったところへの電力供給が行われている配電盤ということでございます。

次の5ページ目でございます。その下にパワーセンターというものがございます。これは、先ほどの高圧配電盤から更に電圧を下げまして、480V まで降圧した後に、さまざまな機器への電力供給を行うという配電盤の一種でございます。

先ほどの高圧配電盤、メタクラと同じように、非常用と常用というものがございます。非常用は非常用のメタクラから、常用は常用のメタクラからそれぞれ電気が供給されると

いうことでございますけれども、このパワーセンターからの供給先といたしましては、ここに書いてございますようなポンプ系、あるいは送風機といったような駆動系のものに供給されます。更に MCC と書いておりますけれども、モーターコントロールセンターと呼ばれる、個々の比較的小型の機器のスイッチに当たるものへの電力供給も行っているということでございます。

6 ページ目が、今、申し上げました MCC というものでございます。基本的に、メタクラ、パワーセンター、MCC（モーターコントロールセンター）、これらは配電盤の一種でございますので、水がかかると機能が喪失されるというようなことで、今回の 1F の事故でも、多くのこういった電源設備が機能を喪失したということでございます。

7 ページ目でございますけれども、これは直流電源ということで、バッテリーの御紹介でございます。直流電源設備は、基本的にはバッテリーと、交流電源を直流に変える充電器の 2 部構成でなされております。

蓄電池は下に書いておりますような冷却系、あるいは中央制御室の制御盤といったような、非常に安全上重要な機器への電力供給がなされているということでございます。

あと、監視項目といたしましても、交流が失われたときも、原子炉の水位、圧力、あるいはドライウェルの圧力・温度といったような、原子炉のパラメータとしては非常に重要なものを継続監視できるように電力を維持するために直流電源というものがつながれているということになっております。

以上が、所内の電源設備の概要の御説明でございます。

続きまして、8 ページ目、9 ページ目、10 ページ目と、津波の浸水の状況について御紹介をしたいと思います。

福島第一のみならず、今回、津波の被害が出ました福島第二、女川、東海第二といったところと比較をしながら、被害の状況について御理解をいただきたいと思ひまして、資料を御用意いたしました。

まず 8 ページ目でございますが、これは浸水の範囲がどうだったかということでございます。写真が左手の方に小さいものが 4 つございますけれども、青く塗られているところが浸水した範囲、黄色いところがその後遡上して水がそこまで上ってきたということを紹介しております。

主要な建物につきましては、各号機に白い番号を振っておりますけれども、見ていただくとおわかりになるかと思いますが、福島第一であれば、主要な建屋、タービン建屋、あるいは原子炉建屋、そういったところの周辺まで浸水しているという状況がおわかりになるかと思いますが。

福島第二におきましても、遡上した海水が各プラントの裏側まで押し寄せて、流れ込んでいる様子がおわかりになるかと思いますが。

一方で、女川あるいは東海第二について申し上げますと、メインの建屋のところへの海水の浸入というものは観測されておられません。むしろ、海の近くにありますが海水系のポン

プなどが設置されているようなところが浸水して被害が出ているというようなところでございます。

右の方に、各発電所の敷地の高さ、実際の津波の高さ等々について御紹介をしておりますけれども、福島第一が比較的高い波であったということがおわかりになるかと思います。

次の9ページ目、10ページ目ごらんください。

これは、各4発電所、それぞれどの辺りまで波が押し寄せたかということを図で紹介しているものでございます。9ページ目が福島第一と第二、10ページ目が女川と東海第二について御紹介をしております。

9ページ目をごらんいただきますと、福島第一について申し上げますと、先ほども申し上げましたように主要な建屋に海水が押し寄せました。タービン建屋あるいはコントロール建屋といったようなところに海水が浸入して、中の地下の方にある設備については水没あるいは被水したというような状況でございます。

福島第二におきましては、海側に近い海水熱交換器建屋というところに海水が浸入をいたしまして、そこで海水系のポンプ等について一部被水をしたというところでございますけれども、主要な建屋については、1号機の一部のところを除いて、特に海水の流入はなかったという状況でございます。

それから、10ページ目でございますが、女川発電所、東海第二発電所でございます。

こちらの方も、被害というものは福島第一に比べると比較的軽微でございます。女川発電所で申し上げますと、1～3号機でございますけれども、2号機で、多少原子炉建屋の附属棟まで海水が達したということで、その中にあります熱交換器等が一部被水したというところがございます。ただ、これはすべてがだめになったわけではございませんで、その一部ということでございます。

それから、東海第二発電所でも、これも一部海水系のポンプに被害が出たというところでございます。こちら主要な建屋に侵入したということではございませんで、海に近い部分の建屋、電気室というところで被害が生じたということでございます。

そういったようなことで、各4発電所でございますけれども、浸水の状況はかなり様相が異なるということでございます。

11ページ目以降、各発電所での電源設備にどういった被害があったかということについて御紹介をしたいと思います。

11ページ目、12ページ目に続けて、4発電所の比較一覧表というものがございます。見方といたしましては、×、△といったような印も書いておりますけれども、実際に浸水あるいは水没、被水ということで被害が生じまして、機能が失われたというものを赤字で記しております。

各非常用ディーゼル発電機、非常用ディーゼルに必要な冷却ポンプ、常用の高圧配電盤、メタクラ、それから非常用のメタクラ、次が通常・非常用のパワーセンターというものがございまして、一番最後の12ページ目の下のところが、直流電源の被害状況ということ

で、11 ページ目から 12 ページ目にかけて縦に並べてございます。

赤字は被害が生じたということでございますので、赤の多さをざっと見ていただくと、やはり福島第一がかなり多いということがおわかりになるかと思います。少し個別に御説明をいたしますと、まず非常用ディーゼル発電機でございますけれども、こちらの方は、福島第一で申し上げますと 1～5 号機については水冷式のものがすべてだめになったということでございます。

2 号、4 号には空冷式のものもあり、こちらは△と書いており、発電機自体は被害がなかったのですが、先ほど冒頭御紹介しました周辺機器で海水ポンプ等、冷却用のポンプがやられて冷却機能が失われたことによって、発電機そのものも機能しなかったといったような例でございまして、6 号機の水冷式、2、4 号機の空冷式、これはその後の電力を送る配電盤が被水してだめになったことで、空冷式のものも結果的には使えなかったということでございます。

福島第二におきましても、1、2 号機においてはディーゼル発電機が利用できなくなったということでございます。ただ、福島第二の場合には、一番上に書いております外部からの受電が 1 回線生きておりましたので、そちらからの電力供給が可能であったという状態ではございました。

女川については、2 号機の水冷式のものの一部やられたということでございます。東海第二におきましても、水冷式のもので 1 つやられたということでございます。

そのディーゼル発電機あるいは海水ポンプ、冷却用ポンプ、それぞれ設置場所が各欄の下の方に書かれております。基本的に、先ほども申し上げたように、地下あるいは低層階にあるようなところでの被害が大きかったということでございまして、ディーゼル発電機であっても、福島第一であればタービン建屋の地下等では被害が大きかったということがうかがい知れます。

続きまして、高圧配電盤でございます。これは常用・非常用でございますけれども、特に非常用の方をごらんいただきたいと思います。12 ページ目の一番最初でございます。

そちらの方も、福島第一では、1～5 号機では、このメタクラと言われる高圧の配電盤が軒並み被害を受けて機能が失われているということでございます。設置場所といたしましては、1 階または地下ということで、海側に面しているタービン建屋の地下あるいは低層である 1 階というところでの被害ということでございます。6 号機は被害がなく済んだわけでございますけれども、これは原子炉建屋の方であったということでの違いがございました。

福島第二では 1 号機が一部、3 つあるうちの 1 つの系統がやられたということでございました。女川と東海第二については、この非常用のメタクラについては被害がなかったということでございます。

それから、パワーセンターでございますけれども、こちらでも非常用を中心に御紹介したいと思いますが、福島第一であれば、1～5 号機ではほぼすべてが機能喪失したと

いうこととでございます。福島第二におきましても、こちらの方もかなり被害が生じたということとでございます。いずれも、被害が生じたものがやはり低層階にあったということが、設置位置をごらんいただければおわかりいただけるかと思えます。

最後は直流電源でございますけれども、こちら福島第一、第二の方で被害がございます。いずれも設置場所といたしましては地下の建屋というようなところでございます。

以上が4発電所の比較ということとでございます。

次の13ページ、14ページをごらんいただければと思いますが、これは、今、申し上げました福島第一について、各号機ごとに詳細な被害状況について記載しております。先ほどと同じように赤字で記しているものは被害が生じた、機能が失われたというものでございます。

非常用発電機で申し上げますと、2号機、4号機、それから6号機で一部生き残ったものがございます。空冷式のもの、ディーゼル発電機そのものは生き残っていたわけとでございますけれども、△と書いております2号機、4号機については電源盤といったものが被水したことによって、結果的にはディーゼル発電機が使うことができなかったということとでございます。

それから、14ページ目をごらんいただきたいと思います。

14ページの方でも、パワーセンター、直流電源について被害状況を書いておりますけれども、一部生き残っているものがございます。それは、黒い字で設置場所が記載されており、赤い記載と比較していただくとおわかりになるかと思えますけれども、やはり、タービン建屋あるいはコントロール建屋の地下に設置されているものは軒並み被害が発生したということとでございます。

一方で、タービン建屋の中であっても、比較的高い1階だとか2階といったようなところ、あるいは6号機で言いますと、タービン建屋ではなくて、海側から少し遠いタービン建屋の裏側に当たります原子炉建屋等に置かれているものについては、被害を免れたというようなことがおわかりになるかと思えます。

こういったような状況で、電源設備については被水あるいは浸水によって被害を受けたということとでございます。

15ページ目、16ページ目は、更に詳細に書いている一覧表でございます。これは私も、東京電力から9月9日に受領した事故報告書の中に記載されている一覧表でございます。今、紹介した内容が更に詳細に記載されているということとでございますので、詳細説明については割愛させていただきたいと思います。

続きまして、17、18、19ページですが、これは今、申し上げました各電源設備がどういったところに設置されていたのかということ、絵で具体的な場所がわかるようにということで工夫をしてみた図でございます。

17ページ目が福島第一の1号機でございます。18ページ目が2号機、19ページ目が3号機ということとでございます。

右側の方に海がありまして、海側の方から、タービン建屋、コントロール建屋、原子炉建屋というように並んでいますけれども、1号機で言いますと、タービン建屋の地下、コントロール建屋の地下といったようなところを薄く青で塗りつぶしているのがおわかりいただけるかと思います。ここがまさに浸水した場所ということでございます。

ここに置いているさまざまな電源設備が軒並み冠水、被水をして、機能が失われたということでございます。

それから、1号機で言いますと、タービン建屋の1階にあります電源設備、パワーセンター、あるいはメタクラ、MCCといったような電源設備についても被水をしておりまして、×ということで書いておりますけれども、使用ができなかったというような事態に陥ってございます。

こういった電源設備が、後ほどまた1号機について冷却系の被害、機能状況について御説明したいと思いますが、左側に冷却系の設備として、非常用復水器、ICの弁の図と、高圧注水系HPCIのポンプの図がございまして。こちらの方は、基本的に電源がないと動かないということでございます。ICについても、駆動系はないわけですが、作動させるための電動駆動弁がございまして、電源がなくなるとこれが閉まってしまうというようなことが起きましたので、うまく機能しなかったというようなことが1号機では起きたと考えられておりますので、そういった電源設備の機能喪失というものが、冷却系の機能喪失というところにつながっていったという例として御紹介をさせていただいております。

18ページ目は2号機でございまして。

こちらにも基本的には同じような状況でございまして。やはり、タービン建屋、それからコントロール建屋の地下部分については、青く塗りつぶしておりますように水没をしたということでございまして、ここにある電源設備については機能が失われているということでございます。

加えて、一番左の方に細長く縦長に1つ、運用補助共用施設ということで別の建屋がございまして、こちらに先ほど申し上げました空冷式の非常用発電機があったわけでございます。この発電機自体は地上1階にございましたので被水は免れたわけですが、地下の方にはございました直流電源あるいはM/C、パワーセンターといったような電源設備が浸水・被水いたしましたので、結果的にディーゼル発電機自体も使うことができなかったということに至ったということでございます。

冷却系の例で言いますと、こちらにはRCICとHPCIがございまして、基本的にはHPCIは直流電源が起動に必要なわけございまして、このコントロール建屋の下にありますバッテリーが機能喪失したことによって、HPCIのポンプの起動ができなかったということになってございます。

あと、RCICについては、津波が来る前に起動しておりまして、その後津波で電源が失われたわけですが、詳細はまだ解明できておりませんが、アズ・イズの状態か何かでポンプの機能がしばらく維持できたというようなことで、2号機については冷却機能が

しばらく働いていたということがわかっております。

次の3号機でございます。

3号機の1号機、2号機との違いは、バッテリーの設置場所でございます。右側にバッテリーの緑の箱が3つございますけれども、これはバッテリーの位置が、地下ではあるのですが、地下1階と地上1階の間の中地下というところに設置されておりまして、被水を免れたということでございましたので、このバッテリーは機能できたということでございます。

こういったことで、交流は失われたわけですが、直流は生きていたということでございましたので、制御系のいろいろな原子炉のパラメータを見ることもできましたし、RCIC、HPCI というものがしばらく機能できたということが、3号機では発生したということでございます。

こういった各1～3号機での被水の状況の違いがあるということでございます。

20 ページ目以降、数ページにわたりまして、冷却系の状況について御紹介をしたいと思います。1号機がメインになりますけれども、まず、20 ページ目では、各1～3号機、こういった状況で冷却系が機能していたか、あるいは機能していなかったかということについて、電源との関係を整理してございます。

津波発生によって、全交流電源が喪失したわけですが、1、2号機はその後バッテリーも直流電源も機能がなくなった。一方で、3号機は直流電源の機能が維持されていたという違いがございます。

その後、1号機は冷却系も機能しなくなったということがありまして、早期に事象が進展していったということでございます。

2号機については、直流電源が失われたわけですが、しばらくの間、RCIC の冷却機能が維持できたということもありますので、下にご書いておりますように、3月14日ごろまで運転が継続することができたのではないかと考えられております。

3号機については、直流電源が生きておりまして、RCIC、それから HPCI も動いて機能しておりまして、RCIC が12日の11時36分まで稼働していた。その後 HPCI が立ち上がって、13日の未明、2時42分まで動いていたということが確認されております。

こういった違いが各号機ございますけれども、冷却系はまた来週改めて詳細を議論いたしますので、今日は電源との関係ということで、特に1号機の冷却系がどういうものだったのかということについて、次のページ以降、御紹介をしたいと思います。

21 ページ目でございます。

これは、1号機全体の冷却機能がこういったものがあって、それが電源との関係でこういった形で機能が失われたかということにつきまして概略を御説明しております。

1号機の場合、他号機もそうですけれども、地震によって自動停止をしているということがありますので、止める機能は正常に作動したと考えられておりますけれども、地震によってまず外部からの送電が失われたということが発生してございます。これに伴って、

主蒸気隔離弁が閉止するという事、それから原子炉圧力が上昇することによって、非常用復水器（IC）が自動起動したということに事象が進展しております。

左側のチャートに書いております記録があるわけですがけれども、地震後、しばらくは IC を起動させる、あるいは停止するというような操作を繰り返して圧力を調整していたという状況が続いたわけですがございますけれども、3時半過ぎぐらいに津波が襲来しまして、その後ディーゼル発電機も機能が喪失して、IC についても恐らく機能が喪失されただろうと考えられております。

直流電源が失われたということもありますので、HPCI も使用できなくなりまして、冷却機能がすべて喪失したというように考えられております。

右側に 1 号機の冷却系、ECCS 系の一覧表を書いてございますけれども、上 2 つ、炉心スプレイ系、格納容器冷却系、こちらは交流駆動ということでございますので、交流が失われたということで機能が喪失しているということでございます。

下 2 つの HPCI、IC、これは直流での駆動が可能ですけれども、こちらでも直流電源が機能喪失したことによって作動しなくなったという状況でございました。

22 ページ目でございますが、こちらは、IC の作動状況について少し詳しく書いてございます。

これは、9 月 9 日に東京電力から我々の方に報告いただいた事故報告での内容をまとめたものでございますけれども、津波が来るまでは IC が起動して、圧力調整ができていたわけですが、津波が来て直流電源が失われたということで、まず、計装系が働かなくなり、表示が見えなくなりまして、それと併せて中操での操作もできなくなったという状況になってございます。

IC の場合は、こういった直流電源が喪失すると隔離弁が作動いたしまして、インターロックがフェールセーフ作動するという事になってございます。IC の弁がすべて閉まるというような設計になっておりまして、恐らくこの直流電源喪失でこういった弁が閉止するような動作が行われたのだらうと思っております。

今のところ、IC の機能がどの程度機能したのかということについては、まだ不明な点がございまして、IC の場合、左側に少し細かいですが図がございまして、そこに緑の枠で囲っているところが 2 つ、黄色で囲っているところが 2 つございまして、それぞれ左側と右側、A 系、B 系、2 つの IC の系統がございまして、その中に、A 系で 4 つの弁、B 系で 4 つの弁、それぞれ隔離弁がございまして、先ほど申し上げましたインターロックフェールセーフ作動ということで、この 4 つの弁がすべて閉まるということになるわけでございます。

その場合にも、緑で囲ってある、これは格納容器の内側にある弁でございますけれども、こちらについては交流駆動、交流電源で開閉できるという弁でございます、こちらにも閉信号が走って、交流が生きていれば閉まるということになりますし、黄色く囲っている格納容器の外側にある弁は、直流で駆動するものでございますけれども、こちらの方

も閉作動するというようになってございます。

したがいまして、直流電源喪失でこれらの弁が基本的にはすべて閉まるような設計になっているということでございまして、東京電力の方でその後4月になって、弁の閉止状況について回路調査をしているわけですが、外側の弁については閉まっていることが確認できているということでございます。特に津波の後操作しなかったB系については閉まっていたということでございます。交流電源で駆動する内側の弁につきましては、これは中間開の表示状況であったというようなことが報告の中で書かれております。

したがいまして、どの程度この IC が実際機能していたかということについては、まだ確たることが言える状況にないということが現時点の状況ということでございます。

以上が IC の関係でございます。

続きまして、23 ページ目が高圧注水系、HPCI の作動状況でございます。

こちら、先ほど申し上げましたように、直流電源が失われたことによって機能できなかったということでございます。左側に系統図の概要図を書いておりますけれども、まず、直流電源がないと、右下に書いております補助油ポンプが作動できないというようなことになります。

それから、併せて、直流がないと、MO3あるいはMO8と書いておりますけれども、弁が通常閉じているところが開けることができなくなるというようなことが生じまして、結果的にHPCIが使えない事態になったということでございます。

以上のことから、電源がなくなったということで、1号機の交流、それから直流のIC、HPCIも作動することができなかったという事態が1号機で発生したわけでございます。

24 ページ目、こちらは電源復旧がこういった形で行われたのかということについて、幾つかの号機での事例を紹介したいと思います。

電源復旧、これはやはりかなり時間がかかったというのが、各号機、特に福島第一では、爆発、あるいは地震、津波というようなこともありまして、環境が非常に劣悪であったということもあろうかと思っておりますけれども、基本的に1号機～4号機といったようなところでは、電気が受電できるようになったのは3月20日、発災から10日ぐらい経過しているというようなことでございます。

5号機、6号機については、6号機の非常用ディーゼル発電機が生きてございましたので、5号機の方にタイラインを使って電力供給が12日にできたというようなことがありまして、5号機の方はその後電気を使うことができ、冷却系も維持することができたという状況が生じたわけでございます。

それから、福島第二の1号機でございます。これは、最終的には冷温停止に行ったわけですが、一部の冷却機能につながっているパワーセンターなどが水没・被水して機能が失われたわけですが、他のパワーセンターあるいは電源車を持ち込んで冷却に必要な機能回復を行って、電源の仮設ケーブルを敷設して冷却系を応急復旧させたということができましたので、こういった冷却系のパワーセンターが死んでいても、ほかのパワ

ーセンターあるいはほかの電源というものを使って、仮設ケーブルによって機能を回復させたということで冷温停止に至ることができたということが福島第二の1号機ということでございます。

いずれにしても、使用可能な電源設備がありますと、仮設ケーブルあるいは電源車といったようなものを用いて給電復旧ができたところがあったということでございます。

最後、まとめでございます。

今まで御紹介しました1Fを中心とした電気設備の被害の状況、それから冷却系へ与えた影響というものについてまとめますと、25ページのとおりになります。

まず、所内電源の設備でいいますと、全体としては機能のほとんどが失われたというのが福島第一の1～3号機でございまして、そちらの方は炉心損傷に至ったということでございますけれども、一部の被害にとどまった他の発電所、あるいは福島第一の5、6号機といったようなところについては、電源復旧がうまくいくことによって冷温停止に持っていくことができたということでございます。

電源設備の被害、1F、福島第一では特に顕著でございますけれども、やはり海の近くの建屋で低い階、地下の階といったようなところかと思えますけれども、そういったところに設置されている電気設備については、被水あるいは浸水・冠水といったようなことで機能が失われていったということでございます。

やはり、同じ建屋、タービン建屋といったようなところ、同じフロア、地下1階といったようなところに設置された機器は、今回であれば津波による冠水・被水ということで同時に機能が失われたということが、今回の1Fの事故から教訓として読み取れるかと思えます。

それから、個別機器でいいますと、非常用D/Gについては、発電機自体水没あるいは被水して機能が失われていなくても、周辺のさまざまな機能維持に必要な冷却系あるいは配電盤、バッテリーといったものが必要であったわけですが、それらが機能喪失することによってディーゼル発電機自体が使えなかったというような事態が発生したということでございます。

電源盤について言いますと、福島第一であれば非常用のメタクラがほとんど機能喪失したということがあったわけですが、パワーセンターとかそういったようなところが機能していると接続ができた。また逆もそうございまして、メタクラが機能を維持していても、その下流側に接続しているパワーセンター機能しないと、最終的に給電できないという事態も生じたということでございます。

それから、直流電源について言いますと、今回の福島第一の場合であれば、交流電源の喪失が長期間続いたわけでございます。そういった中で、更に直流電源も失われたという事態が生じたわけございまして、そういった中で、やはり直流電源が失われたことによって、原子炉の状態を検知する計器類が見られなくなったというようなことで、原子炉の状態の把握というものが非常に困難になったということが生じました。

加えて、冷却系の機能も喪失されたということで、先ほど御紹介した HPCI や IC、それから当然のことながらディーゼル発電機も機能できなくなったというような事態が生じたということでございます。

そういったところを考えますと、やはり、今回の事故を踏まえますと、個々の電気設備ではなく、補機等も含めた、関連機器も含めた系統全体の多重性あるいは多様性といったようなところに課題があったのではないかと考えられます。特に、直流電源というものが最終的なラスト・リゾートとして重要であるということは、今回の事故からの教訓の 1 つではないかと考えられます。

電源設備の復旧作業の状況でございますけれども、先ほどの 24 ページ目で御紹介しましたけれども、非常に時間がかかったというようなことが言えるかと思います。やはり、環境が悪かったというところもありますけれども、仮設ケーブルを敷設する、あるいは仮設の配電盤を設置するというようなことを、機器ごとにやるというようなことについて時間を要したということがございました。

それから、バッテリーについても、急に計器の直流電源というものはバッテリーを収集することから始めるというようなことで、非常に手間取ったということがございました。

隔離弁のところについて、最後のところでございますけれども、非常用復水器の隔離弁が設計上直流電源を喪失するとフェールセーフ動作で閉動作してしまうということについて、動作設定に問題があったのではないかとこのように考えられます。

少し長くなりましたけれども、説明は以上でございます。

○大村検査課長 本資料につきまして、若干の補足・修正がございます。

9 ページでありますけれども、各発電所の津波襲来状況のところの絵がありますけれども、その中に、海側エリアのところに、例えば福島第一のところだったら、「5.7m に対して対策済み」とありますけれども、これは当時想定した津波の最高水位を考えて対策を当時していたということでありますので、誤解を招くところがありますので、当時の状況であったということで、ここは修正をしていただきたいと思います。福島第二の方も同じです。修正をさせていただきます。

もう一点、17 ページは福島第一の 1 号機のところで、IC の隔離弁等記載しておりますけれども、18、19 につきましては、格納容器の隔離弁等まだ記載をしておりません。これは次回、冷却機能関係中心にやりますので、そのときに改めまして、その辺の弁の状況とかその辺りを記載して追加したいと考えてございます。

以上です。

それでは、ここで少しお時間を取りまして、本件につきまして、余り長い時間取れないかもしれませんが、事実関係等御確認等ございましたらお願いしたいと思います。

電気関係どうあるべきか論は、資料の 3 の方でまたお願いするとしまして、事実関係等を中心に御確認等あればお願いいたします。

どうぞ。

○渡邊グループリーダー 22 ページの IC についてちょっと伺いたいのですが、もともと IC そのものは隔離時に使うもので、名前のとおりアイソレーション・コンデンサーですから、原子炉の隔離時に使うべきものであって、それがその隔離信号でフェールセーフで弁が閉まるということは全く理解できない設計だと思うのです。

基本的に、このループはこの図に書いてあるように閉ループなので、隔離弁などというのは最悪の事態に 1 個閉まればいいのであって、2 つ要求するような代物でもないはずなのです。それなのに、どうして 4 つも一緒に閉めるのかというのは全く理解できない。

1 つ目は、隔離時に使うべきものなのに、電源断でフェールセーフで閉まってしまうというのが、非常用系としての設計思想に成り立つのか。これは ECCS ではないので、ある意味非常用系ではないのかもしれないのですけれども、セーフティ・リレーテッド・システムであることは間違いないので、そういうものに関して、そういうフェールセーフの概念を適用するなんていうことはあり得るのか。あり得るとするのだったら、ほかにもそういうシステムがあるのかどうかはちゃんとチェックしないといけないと思います。

2 つ目は、先ほど申し上げた閉ループに対する隔離弁の閉動作の考え方が過剰である。こんなに 4 弁も閉める必要は全くない。そこもどうしてこういうふうにしたのかよくわからない。弁の電源を交流と直流でなぜ分けたのかというのも 1 つ疑問です。要するに、直列につながっている弁で交流・交流だったら交流なので両方閉まるからいいと。直流・交流だったら、他方閉まったら使えないのだから、そうすると閉まるリスクが高くなる、そういう設計をどうしてフェールセーフの概念を採り入れたときに、同じようなものを残しておいたのか。同じものというか、要するに、異質の電源を持つものを直列に残したのかというのがわかりません。

それからもう一つは、たしかこの IC は、通常運転時は 1 弁しか閉でなくて、残りの 3 弁は開の状態にいるはずですが、その 1 弁というのは、一番下の MO の 4 弁だと思うのですが、3 弁でしたか、閉止になっているのは。そいつだけで本当は隔離ができるはずなのです。要は、通常運転時それをしていて、なぜ信号が入ったらほかの弁も閉めなければいけないのか。通常運転時に戻せばいい話であると思うのです。

要するに、そここのところの考え方がよくわからない。電源との関係ではそうなのですから、冷却の方は、後で IC 出てきますか。今日御説明なかったのですけれども、冷却速度が速すぎて途中で止めたという話があって。それは次回ですね。わかりました。

IC は今の件、確認したいと思います。

それからもう一点、これは多分表記の間違いだと思うのですが、12 ページに 1F の全回線喪失で 6 回線と書いてあるのですけれども、次の 13 ページは 7 回線になっています。実際にはこれは 7 回線あるのです。ただ、1 回線使っていたのか使っていないのかよくわからないのですけれども、喪失という意味では 7 回線全部喪失、ただ、通常使っていないのであれば初めから期待していないのでそれは含めるべきではない。要するに 1 回線は使っていなかったという話も聞いているので、そこははっきりさせていただきたいと思いま

す。

○古作事故故障対策室（班長） ありがとうございます。

IC の隔離弁の関係ですけれども、この後資料 3 でも課題として御指摘いただいたところを書いてございますが、基本的に、まずは御指摘のとおり 3 弁で閉めています。これは、IC で除熱をした後の凝縮水を戻すラインでございまして、水の部分になります。

この隔離については、蒸気ラインについて蒸気管の破断があった場合に建屋側に蒸気が漏れないようにということで設置をされているものでございますので、3 弁というよりは蒸気ラインの 1 弁、もしくは 2 弁を閉めるということが必要になるということで設置をされております。

直流・交流についても、ほかの格納容器隔離弁と同じ設計で考えておりまして、直流・交流どちらが死んでも閉まるようにという設計の考え方で、ただ冷却系であるということからどのようにすべきか、もう一度考えるべきではないかということで、資料 3 で課題として挙げさせていただいております。

先ほどの外部電源の 7 系統ということについては、御指摘のとおりでございまして、少しその位置付け等も整理して記載については適性化をさせていただきたいと思います。

○渡邊グループリーダー 今回の MSIV との関係なのですが、MSIV の場合は常用電源を使っているんで、常用電源の場合は交流・直流であって、どちらの電源が落ちても安全側に働くように閉止すると。それは当然だと思うのです。

これは、非常用母線から電源を取っているんで、そういう考え方は絶対適用してはいけないのです。非常用母線の電源喪失とは何なのかということを考えると、基本的に外部電源喪失なのです。非常用母線の電圧がなくなると、LOPA 信号という、外部電源喪失の信号が出て D/G が立ち上がるという格好になるので、明らかに外部電源喪失になるわけです。

そのときにこれを閉めるということ自体が、設計としてどうなのかということをちゃんと考えておかないといけない。ちょっと MSIV の話とは違う概念なので、そこは一緒にしないで議論していただきたいのです。

○古作事故故障対策室（班長） MSIV というよりは全般的な貫通部の隔離弁の話です。

○渡邊グループリーダー 常用電源で来ているので。

○古作事故故障対策室（班長） 隔離弁として、全体的に DC 駆動と交流駆動というように設計をされておりましたので、その旨を御説明したということでございますが、いずれにしても検討課題だと思ってございます。

○岡本教授 ただいまの IC の件については、一番最後のまとめにインターロックのフェールセーフの話が書かれているのですけれども、実はインターロックでフェールセーフでいろいろバルブが閉まったりするのはあちこち今回もあったわけで、ここら辺のフェールセーフの考え方を、本当はもう一度見直した方がいいのかなということを思っています。

今、渡邊先生御指摘のところで、思想の問題は多分かなり昔の思想なので格納容器に余りにリライ・オン (rely on) し過ぎたというところはあるのかなと、そういう思想があっ

たのかなと思っている次第です。

私の質問は、その上のまとめに、M/C が機能を維持していても、その下の P/C 等が機能しないと書いてあるのですが、これはどこの話でしょうか。これは5号機ですか。

○古作事故故障対策室（班長） どちらかというと福島第二1号機でございまして、福島第二1号機については、非常用の M/C が生きていたところはございますが、その下の P/C は死んでおりまして、補機系になるのですけれども、電源としては生きていないということです。

○岡本教授 もしそう書くのであれば、「M/C が機能していても、P/C 等が」よりも、M/C、P/C が重要であると。結局もし 1F で外部電源が来ていても、M/C が死んでいるからだめなわけですね。

だから、やはり今回の信頼性向上の上で一番ボトルネックになったのは、M/C と P/C、それらの電源盤、母線、いわゆる共通要因故障してしまったのが非常に重要だと思うのですけれども、その辺りかと思っています。

中に非常に書き振りが気持ち悪いところがいっぱいあるのですけれども、そういうのは、今日は時間がもったいないので、後でしっかり指摘したいと思います。例えば、東海第二の常用パワーセンターが×とか、この辺り、非常に違うのではないかと考えていたりするので、どうも 1F、2F はしっかり書かれているのですけれども、女川と東海第二は事実認識が違う場所があるような気がするので少しフォローをお願いしたいと思います。

○古作事故故障対策室（班長） 今の点は、ちょっと過剰に書いています。一部でも問題があったところは×と思い切り書いてしまったところがございますので、そこで誤解を受けるような記載振りだったのかと思ってございます。

○岡本教授 これは、取水口だから安全系でも何でもないのでですね。

○古作事故故障対策室（班長） この欄は常用パワーセンターです。

○岡本教授 ほかのところには取水口はないのですね。ということになってしまうので、何かちょっと書き方が気持ち悪いなと思っただけです。これは後で。そういうところが幾つかありますので、この辺りにしておきます。

○山口教授 多分、今の話は皆さん同じところをいろいろ御指摘あると思うのです。私も今のベントの話と共通で、格納機能の関係はやはり整理が必要だということと、あとフェールオープン、フェールクローズの話は、もう一つフェール・アズ・イズというのがあって、今やはり安全系それぞれについてどういう根拠でやるのかというのを、フェール・アズ・イズにするのか、フェールクローズにするのか整理が是非必要だと思います。

あともう一点。今日はハードウェアの話でよくわかったのですが、もう一つ、最後にいろいろ時間がかかったという話で、恐らく1号機の水素爆発がなかったら、相当様相が変わっていたらと思うのです。

では、それがどうやれば防げたかという、ああいう状態のときに、多分何百人かの人がいいたと思うのですが、それぞれの人を各号機なり各設備にどれだけアサインして対応す

るか。

それをやるためには、いろいろ情報がないといけないわけで、情報に多分2種類あって、プラントパラメータがどれだけ取られるかということが1つ。これはバッテリーがないので相当厳しいのですが、プラントパラメータの把握の状況がどうだったのかもしわかればということ。

もう一つ、東電の報告書を見ると、最初に今の隔離弁とかそういうのを調べるために図面の収集にかかったというふうに書いてあります。そもそもこういう安全機能を持つ設備の図面なり情報なり、例えば、バルブを手動で開けられるのかどうか確認するために図面の収集にかかったとか書いてあるわけですが、そういう情報の収集が、構内企業に行って収集を図ったとあって、やはりちゃんとアクシデントマネジメントの対応のために、そういう情報が管理されていたのかということです。つまり、今の情報という点では、プラントパラメータをどうやってこういう状態で取るのかというのと、設備に関するリカバリーのための必要な情報をどうやって管理していたのかの二点が重要。そういう点がもしわかれば、教えていただきたいと思います。

○古作事故故障対策室（班長） まず、爆発との関係につきましては、おっしゃるとおりでございまして、一部爆発によって注水のホースなり電源のケーブルというものの損傷があって、再度処理をしなければいけないというようなことや、一時退避をするというところで大きく問題があったということではございます。爆発の観点については、5回、6回辺りでお話しすることになろうかと思います。

プラントパラメータの把握状況につきましては、直流電源がない、当然交流の方もないということで、なかなか取得ができないというところで、先ほど少し御紹介しましたバッテリーを収集してデータを取っていくということから始まったという状況でございます。

図面につきましては、少し精査をさせていただいて考えていきたいと思っております。
○大村検査課長 済みません、ちょっと時間が押しておりまして、後の方の議論に時間を割きたいということもございまして、もし何かありましたら、後でまたまとめてお願いできればと思います。

それでは、次に「資料2-2 所内電気関係設備への対応状況について」というところで、私の方から御説明をしたいと思います。

まず、ページをめくっていただきますと「所内電気関係設備に関する対応」ということで、「緊急安全対策」「外部電源の信頼性確保対策」とございますけれども、ここのページは、特にそれぞれの対策の電源関係のみを少しクローズアップして書き抜いたものでありますけれども、緊急安全対策につきましては、これは短期の対策、それから中長期の対策ということ、まとめて書いてありますけれども、全交流電源等を喪失したという場合を想定しても、電源車等の配備により対策を講じるということでございます。短期と中長期、勿論また後ほど出てきます。

それから、「外部電源の信頼確保対策」のところですが、所内の電源に関しまして

は、例えば、非常用電源の多重化、非常用 DG の 2 台待機化、これは、従前は冷温停止中は非常用 DG 1 台待機で OK という事だったのですが、これを冷温停止中でも 2 台の待機という形でこの辺は強化をしているということ。

それから、前回も少し議論が出ていましたけれども、外部電源の全号機の接続という形で、電源の利用の拡大ということの措置を、既に指示をしているということでございます。

次のページめくっていただきますと、「短期対策」のところですが、これは電源車を活用していざというときに必要なところに電気を供給するという事の説明でございます。それぞれ変圧等、それから AC から DC への変換等やりまして、必要なところにできるだけ供給するという対策。

3 ページ目、4 ページ目は、BWR の例、PWR の例と書いてございますけれども、中身は基本的に同じでございます。ただ、電源車をつなぐことによりまして、一番下の方に対策実施前、実施後とございますが、この容量は、蓄電池のみだと 8 時間というところが、電源車は、勿論燃料の制約によるわけですが、かなり長く供給できるという対策が取られておるということでございます。3 ページ目、4 ページ目はその説明でございます。

それから、5 ページ目、中長期の対策でありますけれども、冷温停止を迅速化するという観点から、空冷式の大容量の非常用発電機を設置するということを各社進めております。

それから、建屋の水密化、根本的に防潮堤の設置というようなことも、各社の方で検討して現在対応をしているというところでございます。

6 ページ目以降、今、申し上げました幾つかのものを、各社ごとに一覧表にしております。表につきましては、これは中長期の対策ですので、予備品の確保であるとか、大容量の非常用電源の設置ということで、かなり大きな DG、ガスタービンを設置するということもございます。時間がかかるので、既に終わっているところ、今やっているところ、いろいろございます。

それから、津波に対する防護対策ということで、先ほど申しましたように、建屋の水密化であるとか、防潮壁、防潮堤の設置といったことを各社計画しているということでございます。

8 ページ、外部電源信頼性の向上対策で、全号機への全送電回線の接続、号機間接続でございますけれども、直接外部電源から受電をする方法と、間接的に受電をする方法と 2 種類どちらでもいいということになってございますけれども、その接続の状況が 9 ページ目以降でございます。

この表は対策前の状況と対策の内容ということで、見づらいので若干凡例を見ていただきたいのですが、泊の例ですが、各号機を受電状況、対策前の状況のところで、1 号機、2 号機に○がついていて、3 号機に×がついてございます。これは全 6 回線入っておりまして、1 号機、2 号機につきましては全 6 回線使用できるという形なので○。3 号機につきましては、4 回線ということなので、一部まだ利用できる余地があるということで、一応表記としては×という形で整理をしております。これが、それ

それぞれの事業者のものすべてにわたって、9 ページ、10 ページとして記載をしてございます。

それから、参考資料の方ですけれども、12 ページ、13 ページ、これが、各社のディーゼル発電機、蓄電池の設置場所を記載したものでございます。

これを見ていただきますと、設置場所のところにタービン建屋、1 つ飛んで原子炉建屋、その真ん中に制御建屋等々、中間的な建屋がございまして、あと、その他（専用建屋）という、一応 4 つに分類をしまして、それぞれの発電所でどこに DG と蓄電池が置かれているかということで整理をしたものでございます。

この中で、例えば今回の事故がありました福島でありますけれども、見ていただきますと、タービン建屋に DG が集中して置かれているということでございます。それから、右の方に非常用 DG の設置位置というのがございまして、それぞれどこの建屋の地下 1 階とか地下 2 階とか分けて書いてございます。

福島の第一を見ていただきますと、DG はほとんどすべてが地下の 1 階に設置をされています。勿論それ以外のところに設置された例もございまして、共通して全部地下 1 階に置かれているのがほとんどでございます。

したがって、先ほど事象の説明の中で、タービン建屋、これの地下のところが非常に低いところにあって機器が水没したというのは、この辺りから見てもそういう状況にあったということでございます。

それから、この○はそれぞれ 1 台ではなくて、2 台、例えば DG の台数、「非常用×2 台」と書いてございます。それぞれのところに 2 台、同じようなところに置かれているということもございまして、そういった意味では共通的な要因で、複数台あってもこれが水没等で機能を失ったというところが多かったというのは、これでおわかりかと思います。

あとは、ざっと見ていただきますと、幾つかのプラントでタービン建屋の方に DG 等が置かれているというところも幾つかございます。

この表は以上でございます。

それから、14 ページ、15 ページは補機冷却用海水ポンプの関係で、どこに置かれているのかということでございます。

福島第一につきましては、これは事故発生当時屋外に設置をされているということでございますが、ほかのものにつきましては、建屋内に設置を予定しているとか、設置済みであると。それから防潮堤、防護壁等をポンプエリアに設置をするということを計画している事業者がかなりあるというところでございます。

それから、一番右に引き波対策とございますけれども、引き波があった場合にポンプが空回りして損傷するということを防ぐための設備的な対策、それから、手順書でその辺りを操作するという対策、こういうものが各社取られているという状況がございまして。

対応状況につきましては、以上でございます。

余り時間ございませんが、もし何か事実関係等で御確認等ございましたらお願いしたいと思います。

○勝田准教授 時間がないということなので簡単に。

表のところ、6ページと7ページにかかるところです。各事業所の対応が書いています、まず1つ、非常用電源についてなのですが、電源車を用意するところもあれば、発電機を置いているところもあると。これについて、各事業者について対応が違う理由、もしくは、車の方を用意しているところは一時的なものなのか、それともずっと置くことを考えているのか、その辺のことを教えていただけたら。

2つ目が、その横の津波に対する防護措置、浸水対策で、いろいろメタクラとか置いているのですが、メタクラの浸水対策という具体的な例、本当に防水対策を施すのか、それとも全く違う場所を変えるのか、その辺の具体的な事例を教えていただければと思います。あとは、保安院としてどのようなチェックをするかということです。防護上、余りチェックはできないのか、それともそこを踏み込んでいくのか、その辺を教えていただきたいと思っています。

これは、間違いだったら教えてほしいのですが、私のぼんやりとした理解だと、非常用電源盤というのは本当に簡単なもので、例えば、点検検査のときにちょこっと置いて使うような、何かそういうイメージだったのです。もし、そういうものであれば、これは浸水対策として置くというのは対策としていいのかどうか。もし違ったら、勿論教えてください。

最後1つだけ、その横です。「水密化等」と書いてあるのですが、その「等」にはどういうものが含まれているか。水密といっても、ただ単に防水対策なのか、それとも今回の震災では、かなり本来だったら曲がらないような鉄の扉が反対側に曲がったりというのがありました。だからその辺を本当に圧力を対策するだけで可能なことなのかどうか、その水密化というところにそういう水圧の対策もどの程度考えているか、その辺をまず教えていただけたらと思います。

○大村検査課長 まず、電源車、発電機を設置する、幾つかのパターンがございますけれども、ここは大容量の非常用電源の設置ということで、電源車を短期対策ですべて配備をしている。それに加えてもっと大容量のものを設置するという計画で、ここに書いてあるものは大容量のものの設置ということです、これは事業者のいろいろな事情によりまして、高台にそれぞれ発電機みたいなものをそのまま設置してしまったり、あと大容量のものを、これは発電車、電源車という形で配備する。これはもう事業者の方の裁量といたしますか、それによって決まっているということで、特にこちらの方からどちらにせよという指示をしているわけではないということでございます。

それから、浸水対策の方で幾つか御質問あったと思いますけれども、現在短期対策でやっていますのは、壁そのものとか、それを全部取り替えて、何があっても水が入らないということではなくて、今のところは現状の設備をベースにして、水が来てもできるだけ入らないように、シール等そういうものを講じているというところでございます。

その後、中長期の対策の中で原子炉建屋等の水密化とありますけれども、これはかなり

本格的に、きっちりと圧力等も勘案をして、扉の方をかなりしっかりとした堅固なものにしていくということで、これは若干時間がかかるので、そこにありますように2～3年程度かかるところもあるという形で、今後水密化の対策を取られていくということでもあります。

こういうものに対してどうやってチェックしているかということですが、短期対策につきましては、我々の方としてもチェックのポイントというのを全部示しまして、それに合致しているかどうかというものを確認いたしましたし、現場の方でそういう対策がきっちり取られているかというのは現場の保安検査官の方で確認をしたということでもあります。

よろしいでしょうか。

それでは、済みません、時間も若干押してきまして、最後のところに時間を取りたいということもございまして、それでは、次の資料の2－3、規制動向につきまして、できるだけ簡潔に。

○牧原子力安全技術基盤課（統括安全審査官） 保安院の牧でございます。

それでは、資料の2－3で、電源関係に関する現状の規制と動向について御紹介をしたいと思います。

まず、1ページ目ですけれども、非常用の所内電源系に関する要求事項として、原子力安全委員会の安全設計審査指針について記載してございます。これは電気系統についての記載ですが、特に3.のところをごらんいただきますと、非常用の所内電源系は、多重性又は多様性及び独立性を有し、それから、十分な容量、機能を有するというような要求事項がございまして。

ここで、「多重性又は多様性」については、用語の解釈はそれぞれ議論があるかと思いますが、それでも、「又は」ということですので、現在は多重性が講じられているということで、要求は満たされていると解釈されてきたところでございます。

2ページのところには、非常用所内電源系の重要度分類、これは高いクラスであるということが書いてございます。これは飛ばします。

3ページ目の方に移っていただければと思います。同じく安全設計審査指針では、指針27で、短時間の全交流電源喪失に対しての設計上の考慮を求めているところでございます。この「短時間」については30分として安全審査等で解釈されてきていまして、指針の解説のところでは、長期間にわたる全交流電源喪失は考慮する必要はないとまで書かれていたところでございます。この辺りにつきましては、原子力安全委員会の小委員会で現在議論されているところでございます。これは後でもう一度触れたいと思います。

それから、4ページのところでございますが、今の「短時間」の30分に絡みまして、蓄電池の容量という点でございまして。こちらに関しましては、設計の要求上で30分ではございましてけれども、中段より少し上辺りに書かれているとおり、平成5年に原子力安全委員会のワーキンググループで全交流電源喪失の事象についての検討がなされまして、そ

ここで、代表プラントについての評価を行った上で、不要な負荷を切り離す等によりまして、それぞれ条件は違いますが、10 時間、8 時間、5 時間とそれぞれございますけれども、それぞれの耐久能力があるということで、平成 5 年の報告書は結論しているところでございます。

次の 5 ページでございますが、これは、3 月 30 日付の緊急安全対策に関して、省令の改正をしましたのでそれを御紹介しております。こちらの説明は割愛させていただきます。

6 ページに飛びまして、電源関係の規制の海外の動向を表にまとめたもので、JNES で作成していただいたものでございます。

左の欄にアメリカについて書いてございますけれども、アメリカでは、SBO、Station Blackout の規則がございまして、時間を想定して、その時間に耐えるような能力を要求しているところでございます。こちらに関しては、最近 NRC の福島事故を受けたタスクフォースの報告書が出ておりまして、その中で、8 時間の耐久時間、こちらにつきましては恒久的に設置された装置により対応し、保守的な解析をしていくというようなものでございますが、これに加えて延長耐久時間 72 時間という推奨をしております。こちらはポータブルな装置を含めて、現実的な解析をしていくということでございますけれども、そういう提案がなされているところでございます。

それから、この表の中ではフランスをごらんいただきますと、フランスでは、十分な対応能力の要求に対して、下側の行で具体的な対応を示しておりますが、事業者が作成した欧州の事業者要求では、デザイン・エクステンション・コンディションという設計基準を超えた事象まで想定した上で、電源系統の自立的運転能力ということで、それに対応する能力として、72 時間を要求している事例がございます。

次の 7 ページに移っていただきまして、原子力安全委員会の方で、指針類の見直し議論をしております。設計審査指針の検討小委員会が設置されておまして、これは山口先生が主査をお務めになられています。こちらの方の議論は、まだオンゴーイングですけれども、ちょうど先週開催された会議で使われた資料を添付しております。議論の中では、右下のページ数で申しますと 16 ページ辺りに非常用電源系に関する要求事項の検討がなされておりますし、17 ページ以降ではステーション・ブラックアウトが発生した以降の対応というところの議論もございまして、ページ数で言いますと 19 ページの下箱の辺りを見てくださいと、現在要求事項として検討されているものが載っております。全交流電源喪失への対応については、これまでは「短時間」とついていたものが、「短時間」という言葉がなくなっておりまして、①のところですが、必要な時間については、それぞれ適切に評価せよというような案が出てきております。それから②③のところでは設計上の想定を超えるような事象への備えとしての代替電源の設置というような議論がされております。24 ページの図では「フェーズ I・II」というような分け方が提案されてございまして、直流電源で持たせるフェーズ、それから、代替電源をつなぎこんで持たせるフェーズ等々の考え方が示されておりますが、これはまだ議論の途上だと伺っております。

以上でございます。

○大村検査課長　ありがとうございます。

残り 1 時間弱でございますので、この論点につきまして御自由に意見交換をさせていただければと思います。

それでは、よろしくお願いします。

では、奈良林先生。

○奈良林教授　今、概略を説明いただきましたけれども、既に保安院さんから緊急安全対策として指示が出されている。例えば、計装電源を用意するとか、これはもう実施されていると思います。これは用意しておくのは当然だと思います。

もっと大事なのは、こういった事態を招くということが、平成 19 年度の原子力安全基盤機構さんの津波 PSA での年報の中でちゃんと記載されています。先ほど御説明があったような津波の状況、例えば電源盤がぬれてしまうとか、建屋のところまでどっと津波が押し寄せているようなイラストまで描いてあります。先ほど御説明があった図とほとんど同じようなものが平成 19 年度に既に年報として公表されているわけです。

ですから、まずそういった指摘があったこと、これが、この 3 月 11 日の津波が来るまで具体的な対策が取られなかったこと、これは我々も含めて大いに反省しなければいけないと思います。

地震については、非常に多くの方々が 20 年来、もっと 30 年来になりますか、ずっといろいろな議論をされて、そして中越沖地震の大きな地震動もあって、耐震補強工事が全国の発電所でされていったということで、今回、地震については被害はほとんどなかった、メタクラとか、受電、開閉所とかそういうのは別として。

今回、電気系統、最終的に各機器に電気を送るところ、メタクラ、パワーセンター、MCC、そういったものがぬれて機能しなくなってしまったということが、なぜしっかりと対策が十全にされていなかったか、ここが非常に重要なことだと思います。

私は、まだ 3 月 11 日の震災の危機は去っていないと思います。というのは、来年の夏に、もし各発電所で運転再開がきちんとできていないということになりますと、国としての全体の電気が不足するということがあると思います。

この間、東北で洪水があって流木が水力発電所のダムに入って、電源の余力がたしか 100 万 kW ぎりぎりになったこともあります。これから、各地の発電所の定期検査が終わって、その後再起動するかどうか、それによって、国としての全体の電源が確保できるかどうか、そういうことが非常にこれから心配されます。

ですから、そういうリスクがあって、ニューヨークの大停電もございましたし、あれはたしか 1 週間とか 2 週間とか、そういうオーダーで広範囲にわたって電気が供給されなかったと。

○杉山教授　夏だったからいいんです。あれ、冬だったら大変だったろうな。

○奈良林教授　死人が出ていたかもしれないですね。あのときも大変で、地下鉄は動かな

い、交通網はだめ、冷蔵庫はみんな食料は腐ってしまうとか大変な状況になったと思います。

それから、病院のいろいろな救命装置といったものも長期間の停電では止まってしまいますので、夏のこれからに備えてリスクというのはまだ残っているという認識で、非常電源、こういったものは原子力安全・保安院の、「・保安院」の後の方も含めて、国としてちゃんとこういう電源を供給するということを考えておく必要があるのではないかと思います。

いろいろな電源、これから高台に設置するというようなこともとられていますけれども、電源車は基本的に、あれは三次元免震になっていますね。ゴムタイヤとサスペンションがあって、地震のときに倒れたりひっくり返った車両というのは聞いたことがないです。そういうものを高台に設置しますということで、岩着してしっかりした土台の上に置いた途端に、それは今度地震動に揺すられる機器になってしまうわけです。

ですから、私が指摘したいのは、設計の高経年化という概念、先ほど渡邊先生の御指摘もありましたけれども、最初に設計したものと、その後のいろいろな知見が加わったときに、その設計が果たして正しいかどうか、そういったことを常に見直すという仕組みをちゃんと取り入れないと、今回のことは防げない。外部電源が 30 分で復旧しますというような話ではとてもないということが今回わかったわけですから、そういうことが必要だと思います。

そういう設計の高経年化ということであれば、最初のいろいろなものというのは LOCA の観点から設計されていて、非常用 DG も何秒以内に動きなさいというのも全部 LOCA です。今度はこういうシビアアクシデントになると、もっと長い期間の電源供給になりますので、全然考え方を変えなければいけない。

ですから、そういったことをちゃんと見直さなくてはいけなくて、福島のちょっと後に建設された台湾の金山では、ガスタービン電源車は高台にもう既に設置されているということがあります。ですから、こういう平時に我々が、あるいは多くの方々が議論をして、どこに弱点があるかということをしっかり、勿論ストレステストもそうですけれども、そういったことを見ていく必要があるかと思います。

あとは、アイソレーション・コンデンサー (IC) などの隔離弁の話もありますけれども、基本的に地震のときは耐えていて、津波のときに誤信号が出てフェールセーフで死んでしまったということも、今回はあそこが最後の冷却のとりでになったわけですから、電源を失うということで、フェールセーフではなくて、フェールデンジャラス、フェールシビアアクシデントになってしまったわけです。

そういうことは、あらかじめ平時にちゃんと冷静な目で検討していけばわかったはずで、そういうことを、これから各発電所で、例えば全電源が失われたときにそういったことが大丈夫かどうか、併せて全部、今これからレビューすることが必要だと思います。

それから、圧力、水位とか、こういったパラメータが電池がなくなって測れなくなって

しました。先ほど国の対応というのが必要かと思ったのは、こういったバッテリーを車で運ぶのは大変です。たしか東電の報告書の中に重くて運べなかったという記載がありました。そういうものは、例えばヘリコプター、東電さんはたしかヘリコプターを持っていたと思います。それから自衛隊に頼んで運んでもらうとか。3月11日の津波が来た後、夜半過ぎまでが本当の勝負だったので、そういったときに、例えばそういうバッテリーをサイトに持って行って制御盤を復旧する、少なくとも制御盤の機能あるいは重要な計測系の電源を、バッテリーを空輸することによって復活させるとか、そういうことがあれば、3月11日のかなり早い時点からリカバリー操作に入れたと思います。制御盤の電源を喪失したことで復旧が遅れたことが、今回の事故の始まりです。ICの冷却機能喪失、すなわりメルトダウンの原因です。

それから、電源車がなかなか集まらなかったという話も聞いています。例えば、これからヘリコプターでもう電源車になっているようなやつ、ガスタービン電源のヘリコプターとか、そういった短時間に必要とところに飛んでいけるような機能を持つもの、そういったものが必要だと思います。

これは、来年の夏に向けて、どこか病院で停電したというようなときにも飛んでいけるようなものを、国として何機も持っておく必要があると思います。今、こういう福島ของ教訓があるわけですから、来年夏のそういう危機に備えて、深層防護の防災の観点から、今からいろいろな準備をしておくということも、その教訓の水平展開として必要だと思います。

以上です。

○大村検査課長　ありがとうございました。

御指摘のところは重く受け止めたいと思いますが、幾つかありまして、まず、電源車を高台等に設置すると、また別の要因で、地震等で影響がある。今回、いろいろな電源車を配置、設置しておりますけれども、一応チェックをした中身としては、地震・津波の両方の影響を及ぼさないように、これはどの程度きっちりされたかという問題は、今後とも大容量の電源等の話もありますので、そこはきっちりチェックしていく必要があると思いますが、とりあえず現時点での短期対策では一応チェックしたということにはなっています。ただ、御指摘のところはそのとおりだと思います。

それから、平時にこういうことを考えておくべきだと。これはもう御指摘のとおりで、私どもも課題に挙げておりますように、ほかのシステムも含め、これはきっちりとレビューをして検討しておくということがまず必要だろうと考えております。

それから、最後バッテリーを運ぶかどうかというところで、これは私見でございますけれども、やはり原子力の場合は今回非常に急展開でこういう事態に至ったということから考えますと、勿論運べるという時間的余裕があればそれもよいのですが、やはり基本的にはそのサイト内できっちり事態が収拾できるということをまず第一に考えるということが必要なのではないかと考えてはございます。

○奈良林教授 付け加えさせていただくと、今回の津波の後、いろいろな対策、例えば電源の切り替えとか、ケーブルを敷設したりとか、ものすごい作業をされています。そういう作業がないとちゃんとリカバリーできないというようなことになると、津波のような非常に危機的な状況のときに本当に十分に対応できるかどうかわかりません。

勿論、バルブとか計装の電源を、バッテリーを高いところの建物につけてそういうところに設置しておくとかいろいろな備えが要ると思いますので、事故のときに本当にアクションしなければいけないものを最小限にするという考え方も必要だと思います。

例えば、ベントが遅くなってしまうかもしれませんが、あれはラプチャーディスクの前後のバルブも開けっ放しにしておくべきです。本来そういうふうにしておけばベントの作業が遅くなるということはなかったと思います。電源喪失による空気作動弁のエア喪失で迅速なベント作業が遅れ、格納容器の過大圧力による水素と放射性物質のヘッドフランジのシール部などからの早期漏洩と、その後の水素爆発や2号機の格納容器下部の過圧破損が起こった原因となりました。

やはりそういうことも含めて、あと、例えばアイソレーション・コンデンサーの伝熱管破損対策としてエクセスフローチェックバルブというのがあって、過大流量が流れると閉まるバルブがあります。例えば、本当に IC の伝熱管が破断するのであれば、そういう過大流量が流れたときにパッシブで閉まるバルブを設置するとか、そういうことをやれば、今回電源に依存したことになるわけなので、そういった静的な機器を入れるということも、系統を見直し、中長期的に対策を考えていかなければいけないと思います。

○大村検査課長 それでは、二ノ方先生。

○二ノ方教授 先ほどの事実関係のときに聞けばよかったのですが、電源関係、直流電源という観点で、1つだけ質問、お答えできるかどうかわからないのですが、1Fの2号機の RCIC が 72 時間ほど運転できていたというのが、いまだになぜできたのかよくわからないということなのですが、私、それ不思議なのです。

少なくとも直流電源がないとこれは作動しないというはずですから、だから電源があったのだらうと思うのですが、これがなぜわからないのですか。

それで、かつ1個のバッテリーなのか何個かわかりませんが、実際 72 時間とか、80 時間近くもっているわけです。ここで言う大容量化による 24 時間の稼働をするためには、例えば負荷の切離しを行わずに 8 時間ですか、切り離しを行うと 24 時間とありますけれども、実際にそういう実績があったときに、どういうことをやったのかということがはっきりわかれば、例えばバッテリーのマネジメントエラー、そういう観点からいって、もっと長期をねらえるのではないかという気がするのです。

○古作事故故障対策室（班長） 2号機のバッテリーにつきましては、そもそもバッテリーが水没をしておりますして、当該バッテリーが機能喪失していることは確認されておりますので、その意味で理由がわからないという状況でございます。

○二ノ方教授 どこからかつないのだらうという。

○渡邊グループリーダー RCIC のタービン蒸気止め弁があるのです。そのタービン蒸気止め弁を閉止するロジックの中にラッチを外すという機能があって、そのラッチを外すのに DC 電源が必要なのです。それがないとタービン止め弁はとまらないのです。

よく、RCIC が DC がないと動かないと言われるのは、タービンの回転を制御する ECH というハイドロリックシステムの電源がなくなるので、要するに制御不能になるわけです。それで機能喪失するということを前提にしていると思います。

だから、多分福島の場合は、弁はアズ・イズのままに開きっぱなし、ただ単に蒸気が流れていてポンプが回って水がほうり込まれている、そういう状態が続いていたのだと思います。

○二ノ方教授 DC 電源がなくても動いていたということになるのか、不幸中の幸いなのか。その辺の事実関係がまだわからないというわけですか。

○古作事故故障対策室（班長） その点がどうなっていて、それが実際にどうだったのかというところは、やはり現物をいろいろと確認していかないと最終的な判断はできないだろうというように思っています。

○二ノ方教授 事実関係がわかれば、あちこちで気にしていますので、説明にいつも困るのです。

○古作事故故障対策室（班長） いずれにしても、起動していればそのような状況でアズ・イズで継続ということはありませんけれども、更に起動させようと思うと無理があるということもございますので、その辺りの全体的な状況というのを整理していく必要があると思います。

○奈良林教授 RCIC のタービンの場合は、これも小さなダイナモみたいなものをつけて、自前でちゃんと充電できるような機能をつけておくといいと思うのです。そんな難しいことはないと思います。

○大村検査課長 その点につきましては次回、難しいところはありますけれども、もう一度しっかりと整理をしてやればと思います。

では、岡本先生。済みません、遅くなりまして。申し訳ないです。

○岡本教授 ありがとうございます。

資料 3 なのですが、基本的考え方として示されているのですが、私はやはり、ここの基本的考え方の手前にある電源設備の信頼性確保、これが非常に重要であると思っています。

電源設備だけでなく、プラント全体としての信頼性を確保していくということです。ここに 1 から 3 まで、いろいろなことが書いてありますが、これ、ぱっと見るとそれぞれは何となく信頼性を高めるように見えるのですが、トータルとして考えたときに、本当に信頼性を高めますか。これが本当に重要でございまして、例えば、今、二ノ方先生からありましたけれども、蓄電池を大きくすれば信頼性は上がったように見える。しかし水素がいっぱい発生しますから、そのトリートメントとか、水素爆発の危険性も増えてく

る。あとは、計装用電源としてリチウムイオンバッテリーを持っておきましょう、これ非常にいいのですが、リチウムイオンというのは何十万個かに1個発火するわけです。

そういう全体としてのリスクを下げるという観点で考えていかないと、個々で見ると確かにそうなのです。大容量化するといいなと思うのですけれども、本当にそうのですか。例えば、大容量化ではなくてバックアップの後備の蓄電池を持っていれば、同様の信頼性はできるかもしれない。同じ部屋に24時間分置いておくよりは、ある部屋に8時間と、別のところに8時間、そういうふうにやっておいた方がいいかもしれない。

そういうような観点から、1個1個のものについては、非常にいろいろちょっとでも信頼性を向上するものが全部書かれているのですけれども、全体として見たときに、本当に信頼性が上がるかという観点でしっかり評価をしないと危険側になる。

次の、今度は津波ではない何か別の事象が起きたときに、津波対策をしていたおかげで動きませんでしたとか、そんなあほなことにならないように、全体としてのリスクを下げるのだという観点で、是非この資料の3、実は前回休んだときの資料3-3もそうなのですけれども、同じことが言えるのではないかと考えています。

例えば、話してばかりで恐縮ですけれども、前回議論になったと思いますけれども、外部電源です。外部電源は幾ら信頼性を上げても全体の信頼性にほとんど寄与しないです。今回資料の中にありますけれども、2回線もしくは3回線あるところは全部つなぎなさいという指示が出ていますけれども、これというのは非常に不思議で、たまたま3回線あるところは全部つながなければいけないけれども、2回線しかないところはそれをつながなくてもいいのだと、これ、信頼性から見るとおかしいですね。

だから、何となくその場で見るといいことのように見えるのですけれども、全体として本当にリスクを下げるという観点で是非資料の3をまとめていただきたいと思います。次第であります。要望というか、個々は確におっしゃるとおり、ただ、全体で見ると本当にそうですかという疑問が非常にわく資料になっているという印象です。

○山形原子力安全基準統括管理官 先生、ありがとうございました。

先生のおっしゃるとおりでございまして、個々のところで力の入れ具合が違ってバランスを崩すということはよくあることとございます。今回は電源でございしますが、電源の中でも最適化を図らないといけないというのはございますし、また、そのバッテリーを、大容量化して1か所にため込むのではなくて、やはりそういうのは分散しないといけないというふうには思いますし、そういうことはやはり、最後はトータルに、PSAのような手法で、全体がバランスが取れているのか、また、先生おっしゃるようにかえって危ない方向に行っていないのかという、電源に関してもそういう全体的なチェックは必要だと思いますし、この意見聴取会全体で、プラントとしての安全性というのをまたそういうチェックを是非していきたいと思っておりますので、よろしく御指導お願いいたします。

○岡本教授 是非、この資料に重要度分類を入れていただけると、保安院さんとしては、これはクラスAだ、これはクラスCだ、A B C何でもいいのですけれども、重要度分類さ

れた資料だと、重要だと考えられていることに集中的に議論するといいわけです。重要でないところに一生懸命議論してもしょうがないと思いますので、是非、そういう分類の仕方でも工夫いただけると、議論が進んでいいかと思いました。

○山口教授 最初に基本的考え方というのが書いてありまして、これ4つ項目があるのですが、やはりここをもっとしっかり議論すべきだなと思います。

1つ目は、電源系統というのは一つひとつの設備ではなくて、電源系統全体として信頼性を見るべし、そういう話をしっかり基本的考え方として書くこと。

2つ目は、信頼性を見るという中に、それぞれの設備の特性に応じて時間に対する要求をするべきだということだと思えるのですけれども、これが今、何を言っているかわからないところもあって、そういう考え方が2つ目に来る。

3つ目は、共通要因故障という話を書いてあるのですけれども、やはり複数機があったときの電源の確保の仕方をどうするかということを考える。その中には号機間融通の話もあるし、独立性とかそういう話も出てくるでしょうし、ですから、3つ目のポイントとしては、共通要因故障というのも含めて、複数機間あるときにどういうふうに電源系統の信頼性を確保するかということ。

4つ目は、これは多分アクシデントマネジメントとかそういう話を4つ目の方針として書くのかなと思います。多分今の4つを基本的考え方として挙げるのが重要ではないかと思います。

そういう意味で、最初の基本的考え方、今4つ挙げられているのは、何となくぼやっとしていてわかりにくいところもありますので、論点をきちんと明確にしていきたいと思います。

その上で、後のⅡ以降がずっと書かれているわけですが、幾つか気になるところがありまして、1つは、先ほども出た直流電源の大容量化というところなのです。やはりここで書くのは、大容量化というのを前面に出すのが重要なのではなくて、直流電源に要求される機能を満たすために充電機能の部分を充実させるという手もあるでしょうし、単純に大容量化ということが結論にはならないと思います。

それから、事故後対応のところなのですが、ハードの備蓄が必要ということを書いてあるのですが、先ほどちょっと図面云々と言いましたけれども、もっと広く言えばAMの手順書とか、その有効性とか実効性をきちんとチェックする必要があるのではないか。ですから、この事故後対応のところは、ハード的な備蓄という話と加えて、今のようなAMのソフト的なものとか、手順書とか、情報管理とか、そういうことを見る必要があるのではないか。

それから、もっと言えば、PSRとかやられるのですが、ずっと継続的に電源系の信頼性がどうなっているのかというのをチェックすることを見ていくとか、そういう方針も要るのではないかと思います。

それから、ちょっと細かな話にはなるのですが、細かな要求を、例えば、必要な設備に

については号機間融通をせずにと、こういう辺りの話がぼつぼつと入ってくるのですが、その辺の個別のプラントの設備の設計とか、信頼度に応じて決めればいい話と、もう少し全体的な方針として書くべき話とがちょっと混ざっているように思いまして、その整理をする必要があるかと思います。

以上です。

○山形原子力安全基準統括管理官 ありがとうございます。

今、先生に言われましたⅠの基本的考え方の整理が自分でも若干できていないのかと思いましたが、先生がおっしゃるとおりに、まず1. ではこの電源というのは1つの流れということと、2つ目が時間という観点、3つ目が共通要因故障に対するということで、多様性と独立性の観点。そして最後がAMということですが、1点その後ろも見て抜けておりましたのが、津波ということに対する深層防護の考え方というのが抜けていると自分でも気付きましたので、そこの基本的考え方をもう一度整理したいと思います。

○大村検査課長 今の御指摘の中で1点、AMの有効性・実効性と、ハードに加えてソフト的なところもしっかりすべきだということにつきましては、今回の検討は、特にハードを中心ということで最初始めておりますけれども、ソフトウェアのところ、ハードを生かすため非常に重要な部分でございますので、そういうことも含め、まとめるときにしっかりと検討して書き込みしたいと思います。

○渡邊グループリーダー 今、山口先生おっしゃったことは、全くそのとおりで思うのですけれども、1点、2点、ちょっと補足というか、失礼なのですが、電源車の位置付けがこのままだと何もわからない。非常用DG3台なんていうことが書いてあって、それになおかつ電源車をバックアップで設けて、なおかつ直流電源を大容量化すると、これ、どこまで行っても終わらないなという印象を持ってしまって、電源車、あるいは先ほど岡本先生おっしゃったように、直流電源の考え方、バックアップを含めての考え方、この辺をもう少し整理して、全体として見たときの電源系というもののバランスを考えるということが必要だと思います。

それから、事故後対応のところなのですが、アクシデントマネジメントの手順書も勿論そうなのですが、予備品を用意しても、予備品を実際取り扱って取り替えたり何かするというのがどの程度実現可能性があるのかと。

こう言っでは失礼なのですが、欧米と違って日本の電力さんはどちらかというとメーカーさんに依存した面があって、なかなかその辺は難しいのではないかと。ですから、そういうことも実績を積みながらきちんと整備していかないと、用意はしてみたものの役に立たなかったということないようにしないと、余り意味のないものになってしまうでしょうがないので、その辺を少し、これは多分保安院の問題ではなくて事業者の姿勢の問題だと思うのですが、その辺をもう少し具体性を持たせるというか、そういう書き方をしないと、十分に伝わらないのではないかという感じがします。

それから、その他なのですが、少しその他だけ細か過ぎる文章になっているというのが

気になりますけれども、IC をベースに何を考えなければいけないかというと、安全関連系に対して電源断になった場合にどういう動きをするのかというのがもともとの安全関連系に対する設計思想であるはずです。ですから、それをきちんと整理をした上で、ではほかのシステムと IC は何が違うのか、あるいは IC だけではなくてほかのシステムもそうなのかというのを整理しないといけないと思います。

そうしないと、私は基本的には電源断で安全系はフェール・アズ・イズでなければいけないと思っています。ほとんどのものがそうになっていると思うのですが、こういうふうにはフェールセーフになっているものがあったり、そういう考え方の違うものが入っているということはどこかにあるのかもしれないので、そこをきちんと整理した上で対策を考える。

ですから、その他はもう少しもっと高い視野から文章を書かれた方がいいのかなという気がします。

○杉山教授 自分の本題に入る前に、渡邊委員の話を、もっともだ、もっともだと感じていました。

資料の 2－3 の 6 ページに所内電源の米国、英国、ドイツとフランスと書いてあります。これ、多分どこの立地県でもそうだったと思うのですが、北海道電力と九州電力で、再稼働について本当に安全かどうかという議論が出たときに、蒸気駆動のタービン 1 台で安全が本当に担保できるのかという議論が出ていました。

これは黒木審議官と話したときに出ていた話でもあるのですが、ここで見てみますと、英国はそこをクリアーに、勿論、英国の PWR は 1990 年代の後半に動き出したから、世界じゅうの教訓を生かしたシステムとしてこういうものができています。3.11 以降で見れば、アクシデントが起きたときに国民がどういうふうを感じるか、そういうところも含めて蒸気駆動ものが 2 台はあって、1 台が不調、で、ももう 1 台は生きる、こういうところが日本にとっての教訓だというのが渡邊委員の話を聞きながら私が感じていたことです。

それから、本題で質問をしたいのですが、この間はしゃべり過ぎましたので、それでも 5 分はかかるな。

1 つは、今までの日本の欠点、保安院の欠点でもあるし、我々の欠点というのは、事故が起きた現場を見ずしてここで議論していると、やはり説得力がありません。我々大学にいて、原子力は大事だからという学生がたくさんいて、講義のときに現場を見ていてこうだったんだという話ができると、非常に意味のある時間になります。保安院もお金がないんだろうと思いますけれども、ボランティアで我々お金を出してもいいですから、多分、岡本先生も OK 言ってくれそうな気がするのですが。是非、前首相のように迷惑のかけるタイミングの悪いときではなくて、やはり適切な時期にそういう場を設けてもらえないでしょうか。これは国民に対しても、福島県の発電所周囲の原子力に不安を持っている方たちに対しても、信頼を得る第一ステップだと思うので、是非御検討ください。

それから、前回長話をしたのですが、外部電源の信頼性というのは考えないでく

ださいと。外部事象、政治的な外部事象も含めて、信頼性はなくなっているという実績が残っていますので、岡本先生、今日補強してくれたのはまさにその話。

それから、岡本先生、今日非常に大事な指摘をしてくれたのですけれども、山口先生もそうですけれども、この資料3の基本的な考え方で、我々が反省しなければならないことは何かという意味で岡本先生言われたと思うのですが、地震に対してはずっと実績を12万年、13万年まで遡って検討しています。という、今回は1千年に1回という津波で、なおかつ原子力の安全屋さんからすると、津波の原因の地震のところの、例えばアスペリティーなんていうのは、イメージしていて具体的に議論できる人は恐らく少数しかいない。ましてや、今の地震の予測というのは、予測はできなくて事後でアスペリティーをこういうふうに想定すれば、地震波を各地域で矛盾なく説明できますというレベルですから、それに対してどう対応するか。

時間的な対応が遅かったということで、水素爆発の話は出ましたけれども、もっと深刻だったのは、津波で第二波と言った方がいいのかもしれませんが、非常に大きなものが来ました。それで津波警報が出ている、どれぐらいの高さが来るかわからないで、避難をしていたために対応が非常に遅れた、その後に、水素爆発がもう一発連動する形で来たため時間を取ったわけです。

そうすると、これも国民に対して信頼性を得るという観点では、日本の技術力を使ってリアルタイム的に津波の高さを予測できるようなもの、予算が取れないとかありますけれども、少なくとも我々としては国民に対して、GPS 波浪計で瞬時に信号を取り込んで、津波の高さを意識しながら作業ができるという技術を我々は持てると。津波大国であるけれども、技術大国として近い将来予算が取ればそういうことも可能です。やはり基本的な考え方の一番大事なところに入るべきではないかと。

津波についてはそういうことでいいのですけれども、あと我々が今回の教訓としては、自然災害では何かに何かないのかと。前回も出ていますけれども、台湾で地震も台風もあったわけです。台風で1つだけ生き残ったという実績があつて、そういうこともやはり、日本としては取り込んでいなかったという悪い実績もあるわけです。

それから、もう一つ台風と一緒に発生するものに、竜巻があるわけです。日本の九州の南は、北緯31度ですけれども、アメリカでいうと大体メキシコ湾のニューオリンズです。

アメリカも最初は竜巻はそんなに意識していなかった。発電所の建つ順番によりますけれども、北に建っている間は、ましてやカナダにというのは竜巻は行きません。南の方に原子力発電所ができて、冷たい気団と温かい気団が接近しているときの温度差で竜巻ができます。九州がその状態になってきているわけです。

つまり、九州で、台風が来ていてその北側に竜巻が発生しました。御存じだと思いますけれども、機関車が倒れていきます。ああいうことが起きるとすれば、我々は竜巻に対して何年ぐらいのスタンスで見るか。

津波がもし千年だとして、台風は毎年来ますので、やはり千年オーダーぐらいで起きる

ような竜巻に対して、高台に設置しました。屋根を持っていかれました。使用済み燃料プールも含めて、考えていかないと。長期的にです。今すぐではないです。

ですから、自然災害に対しては、そこまで考えて何が基本的な考え方で、中期・長期・短期なのかと。それは国民に対するメッセージ性も含めて、やはり考えていただくというのが 3.11 の本質的なポイントだと思います。

是非、この基本的な考え方についてはもう少し整理していただきたいと思います。

済みません、5 分以上経ったみたいです。

○勝田准教授 ありがとうございます。基本的なところはもう既に先生方が言われてくれたのですが、一応コメントしたいと思います。

あと、現場を見たいという件については、私も同意いたします。1 票入れます。よろしくお願いします。

まずは、この資料 3 についてなのですが、基本的なところは、確かに全体のシステムを考えていかないといけないということには勿論同意です。

それを踏まえた上で、例えば大容量化についてなのですが、やはり 24 時間という数字をここで出してしまうと、では 24 時間だったらそれで十分なのかということにどうしてものになってしまいます。

特に、今回私たちがターゲットとしているのは地震であり津波です。その 2 つはどうしても範囲が広がって、被害が大きくなって、規模が大きくなって、しかもその復旧作業というのは必ず足かせになってしまうもの、まずそれが 1 つ。

そして 2 つ目は、日本の特徴かもしれないのですが、発電所が密集している。この 2 つを考えると、では、24 時間でいいのかということを考えないといけないかと思います。勿論、これで十分かもしれませんが、やはりもしかしたらこれでは足りないということがあられるかもしれません。まず、その大容量化と、あとは全体のシステムを考える必要があると思っています。

次の計測用電源については勿論必要だと思うのですが、既に御指摘があったように、場合によってはこれで足かせになってしまう場合もある。私の記憶だと、4 月 11 日ぐらいにたしかサンプリングの建屋かどこかで火災が起きてしまって、そのときに結局原因はバッテリーの電源がショートしたということがたしかあったと思います。

バッテリーを増やすのはいいのですが、やはり、3.11 以降は防水対策もしないといけない。そういうことをしないと、逆に今回の復旧作業の足かせになってしまうということがあるので、やはりそういうことを考えていかないといけないかなという気がしました。

あと、これは全体にかかることなのですが、10 月末に朝日に出た報道なのですが、1 号機～4 号機、そして 5 号機と 6 号機、その 2 つの間がつかないでいなかったということについて、やはり見つかった後ではなく、そもそもそういう提示をして、事業者がそういうふうに対策をできなかったということと、あとはそれをチェックしないといけないということについて、保安院はどのような考えを持っているか。あるいは、具体的には両者をつな

いでいなかったことについて、どういう事実を把握しているかということをお教えいただけます。

あとは、これはもっと全体の話になってしまうのですが、今日だけではなく、この議論全体の話になると思います。恐らくもう、3.11以降を踏まえて、私たちはいわゆる、ちょっと言葉が過激かもしれませんが、平時と有事、その2つを明確に考えてデザインをしないといけない時期に来ているかと思っています。

それは、ハード面ではなくソフト面です。普段は勿論事業者中心でやっていかないといけないですが、いわゆる有事の際になったときに、指揮系統を明確に変えたり、そういうことをちゃんと議論しあって、それが大前提であると、では、いわゆる配電盤の測定、モニタリングにしても、どういうところに設定するか、そのデータというのはどういうふうになれが情報を把握するかというふうにデザインが変わってくると思います。

恐らく、これから先はそういう平時と有事というのを考えて、大きなデザインをしていかないといけないというのが、これからの保安院、もしくは来年度以降に恐らくつくられる規制庁、安全庁かわかりませんが、そういうものになっていくかと思っています。

そういう新しい庁をつくる際の議論になるかもしれないのですが、恐らくそれも2つのせめぎ合い、その間に立たされる庁だと思います。それは勿論、国と事業者の間に入る庁でもあるかもしれませんが、いわゆる原発の推進派と反対派の間に入るかもしれません。ただ、やはり重要なのはセキュリティーとセーフティーです。その間にいかに踏み込んでいけるかというのが、次に行われる安全庁、もしくは規制庁の立場になると思います。

そういうことを考えると、やはり平時と有事ということをお大前提に置いてグランドデザインをしていかないと、あるいはガバナンスですね、そういうのを考えていかないとけないのではないかと考えています。

以上です。

○大村検査課長　ありがとうございました。

何点か御指摘いただきましたことにつきまして、まず、容量の話でありますけれども、ここで書いてあることをもう少しかみ砕いて申し上げますと、1つは、非常用電源の各系統。増やせばいいというものかどうかいろいろ御議論ありましたが、もともとの考え方が多様性・多重性・独立性ということですので、1系統ではなくて、こういうものを複数系統用意するというに至る。

その1つの系統でも、それなりのしっかりとした安全対策ができるということなので、多重化・多様化ということで、これの何倍かの容量があるというような構成になっていくのだろうということでもあります。

したがって24時間ということになりますが、それも複数系統あると、それなりの大きな容量があるということです。

それから、今回の津波等でも中で水没等いろいろな支障があったわけですが、この場合、常設の専用の充電設備ということで、常に緊急時に即応できるような、専用の充

電設備を持つというようなことも考えますと、容量的には相当大きい、ですから 24 時間でおしまいということではないということです。それから、充電もしてかなりもたすということが前提となって、それまでの間、つなぎとして何時間かということです、これは相当余裕がある設定だと思います。バランスの問題というのは当然ありますので、リスクの関係とかも当然考える必要はありますけれども、相当余裕がある前提です。

それから、2 つ目、電源融通の考え方のところですが、福島第一で、1 ～ 4 号機は融通できたけれども、5、6 とは離れていたということで、たしか一部報道がございまして、経緯等も新聞等には若干出たかと思います。この電源融通の考え方で、先ほどこっちと議論がありましたように、例えば、1 機でこれを全部持たせないといけないという場合があって、複数系統がある場合とない場合といろいろなケースがあるので、仮に 1 機であっても十分な安全が保てるというのが基本だろうと思います。

したがって、複数号機あれば、当然外部の電源をそれぞれが使えるということになると更に安全が高まるであろうということで、これは安全の上積みの部分であろうと思います。

私ども、今回の事象を受けまして指示をしましたのは、更にリスクを低減するという観点から、できるだけ号機間の融通というものをやった方が、よりベター、リスクが低減ということで、指示をしているということでございます。

それから、平時、有事の考え方を考えてデザインをするということでございますけれども、特にソフトの部分、御指摘のところは、ハードの部分のみならず、ソフトの部分までどういう対策をするのかというところでございます。

今回、ハードのところとそれに付随するソフトのところもいろいろ検討していくことになりますが、今回の事象、事故に関して言いますと、特にソフトの部分、だれがどういう組織で何をしていたか、これは検証委員会等でも、恐らくしっかりと調査がされていると思われます。これは 12 月末にも中間的な報告が出るということで、そもそもこの意見聴取会もそういった情報も見ながらまた対応も考えていくという設定になっておりますので、そういったソフトの部分につきましても、新たな情報があれば、それを考えて検討することになるかと思いますが。

○勝田准教授 済みません、補足です。

確かに平時と有事というのを考えると、今回の福島のように自衛隊とか米軍さんの協力をいただいたわけですが、場合によっては、今回ここで議論したような設備を全部準備しなくても、もしかしたら自衛隊に頼んで協力してもらおうというものもあるかもしれません。だから、やはりこういう考え方は非常に重要だと思っています。よろしくお願いします。

○二ノ方教授 直流電源にしても、交流電源にしても、いわゆる信頼性向上とかいうことでいろいろ挙げられている。これはそのとおりだと思うのですが、両方とも、中に初めて深層防護の観点からというのがあるわけです。深層防護の観点からというのは、要するに安全設計とかそういう観点からいうと、すべて決定論的な手法に基づいて信頼度を上げるとかそういうことで、深層防護というのがその中で一本筋を通してはいるはずなので

す。

そのはずなのに、こういう書き方という、どう考えても、いわゆる非常用直流電源にしても交流電源にしても、その深層防護という観点がどういうふうなここの中でとらえられているのかわからなくなってしまう。いれこになってしまっている。だから、ボツンと出てきている。

要するに深層防護の場合は、いわゆるデザインベースの場合から、第三の層とか、第四の層、リスクマネジメントから、第五の層まで考慮しなくてはならないはずですから、そういう観点からきちんとした記述をいただきたいという感じを受けます。

○山形原子力安全基準統括管理官 先生おっしゃるとおりで、先ほど申しましたように、基本的考え方のところは深層防護というのをきっちり書くべきだと、済みません、今、御指摘を受けて感じましたので、そこを、特に津波、電源に関してその考え方に至っていないかという反省点がございますので、基本的なところで整理をさせていただきたいと思います。

○山口教授 今の資料3についてなのですが、少し目次の構成をずっと見ています。Ⅳのその他のところは、先ほど渡邊委員おっしゃったとおりだと思うのです。基本的考え方にも出てきて、あるいはⅡあるいはⅢにも出てくることなのですが、「多様性・独立性の確保等による信頼性向上」という言葉が出てきます。私は、多様性よりも冗長性の方がいいのではないかと考えています。それは、今の指針の定義だと、多重性は同じ機器で複数冗長である、多様性は違う機器で冗長であるとしてあるのですが、例えば IAEA のドキュメントでも、多様性についてはできる限り合理的に達成できる限り多様性を持つというような表現ぶりになっています。ここで言う多様性は、それでは何かというと、電源車とか、いろいろ空冷・水冷とか出てくるわけです。しかし多様性というのは非常に解釈が難しいところがあります。もともとやりたいことは信頼性を確保することであって、そのためには冗長に持っていてその独立性が高いという要求なので、ちょっとこのタイトルのところで「多様性、独立性の確保等による」というのは、もう少し一般的な表現をすべきではないか。ものによっては、この部分は多様性あるべしというものは、それはあってもいいと思うのですが、一般論としてというのはちょっと違うかなと思います。

それから、Ⅱの（２）ですが、非常用直流電源のところ、タイトルが今「非常用直流電源の大容量化」となっておりまして、これもやはり要求するのは直流電源の作動時間なので、時間要求とかそういうタイトルにするべきです。

もう一つ「（３）隔離弁等の作動状況の確認」とあるのですが、これは隔離弁だけではなくて、例えば、AM をやる時には、液位とか圧力を監視して、液位が下がってきたらやりなさい、代替注水をやりなさいとか書いてあるわけです。そうするとここは隔離弁等ではなくて、監視機能に対する要求という形で、もう少し一般性のある表題にして、その上で中を書くことを、それがきちんと表現できるように書く必要があると思います。

以上です。

○大村検査課長 ありがとうございました。

今の御指摘も踏まえて、考え方の整理をしっかりとしていきたいと思います。

そろそろ時間の方も予定をされていた時間になりました。

特にないようでしたら、一応今日の議事につきましてはこれで終了とさせていただきたいと思います。

御指摘のところはいろいろこちらでも検討しまして、次回はまた別のテーマですが、今日とつながりもあります。まとめるときにしっかり考えていきたいと思います。

○安井審議官 ありがとうございました。

まず、先ほどからお話の中にありました現地の視察の件についてですけれども、実はどこかでお時間をいただいて、私どももセットしたいと思っておりまして、ところでございまして、やはり現場の作業の状況、皆さんの御都合の関係はあるのですけれども、実現をしたいと思っておりますので、別途事務的に御連絡をさせていただきたいと思います。

それから、この会議のアプローチの中で、一遍にやるより全部を高いところから一気に議論すると話が若干混乱することもあると、部分から入っているところがあるので、ときどき先生方の視点とうまく合わない部分もあるのかなと、今日聞きながら思っておりましたが、一つひとつの点を1回を洗った後、もう一回全体をやり直さないと、バランスをまきに見るという作業が必要だと私どもも思ってございますので、ツールラウンド方式というんですか、そういうやり方をしたいと思ってございます。

それから、渡邊先生が今日特に言っていただきましたけれども、これまで、ややもすると電源とかそういう話にみんな目が行きがちだったのですけれども、アイソレーション・コンデンサーを例にやりましたけれども、隔離、コンテインメントの考え方と冷却、シビアアクシデント対応を視野に入れたときに、当時はこれでよかったと思っていたロジックを、今回のシビアアクシデントも視野に入れた規制をせよという安全委員会のお話も含めて考えれば、まさに規制の考え方をもう一回洗う必要があるのではないか。そういう1つの検討として実は書かせていただいたところをばっちり指摘していただきました。こちらはそういう視点で別途やりたいと思ってございます。

いずれにしても、範囲が非常に広い話ですので、一遍に全部できるかどうかというのはあるのですけれども、1つずつこうやって、事実関係をわかる範囲で示しながらやっていきたいと思いますので、よろしく願いいたしたいと思います。

それから、先ほど勝田先生がおっしゃっていた、ソフトの方の中で、単にこの原子炉、プラント問題だけではなくて、規制あるいは防災、あるいは自衛隊などとのバランス、そうしたようなより広いところの問題、ちょっとこの意見聴取会だけの枠の中で収まりにくいのですけれども、まさにその今回の規制庁の在り方、あるいは原子力防災法の在り方の中で、今おっしゃったような視点が入った議論がなされておりますので、また機会がありましたら別途お話を申し上げたいと思います。

○大村検査課長 それでは、本日の検討はこれで終了したいと思いますが、次回、第3回

では、本日の最初の検討のテーマのところでも申し上げましたとおり、冷却機能を中心に御議論いただきたいということでございます。今回の事故につきましては、現時点では、津波による機能喪失ということが直接的な原因ということでございますけれども、次回の冷却系については非常に社会的な関心も高いということで、例えば、国会等でも非常に高い関心が示されている分野でございます。

例えば、10月24日の衆議院の科学技術イノベーション推進特別委員会というのがございまして、そこでも川内議員から1号機の非常用復水器、ICですね、これについての質問もございまして、これは地震により損傷していたのではないかと、それから、現場の運転員からも話を聞くべきではないかといったような御指摘も受けているところでございます。

こうした状況を踏まえまして、運転に携わった方々の情報も含めまして、できるだけ次回資料を御準備して御議論いただければと考えているところでございます。

次回の日程につきましては既にお知らせをしておりますとおり、今のところ11月25日の午前中ということで予定をしておりますので、御多忙のところ恐縮ですが、御対応よろしくお願いをしたいと思います。

それでは、長時間にわたり、またちょっと時間も超過いたしまして、誠に申し訳ございません。大変ありがとうございました。

○渡邊グループリーダー 1点お願い。1Fの設置許可申請書の添8と添10辺りを御用意できませんか。次に冷却系に入るのです。

○大村検査課長 わかりました。用意させていただきます。

これにて散会いたします。

ありがとうございました。