

(補足資料) 福島事故時のプラントパラメータの伝達に係る問題

平成 24 年 6 月 26 日

阿部 清治

1. はじめに

福島第一の事故では、関係機関間で重要な情報が共有されなかったという問題も明らかになってきた。

メディアが注目しているのは、**SPEEDI** の計算結果が公表されなかったという問題である。しかし、**ERSS/SPEEDI** は元々、実際の事故時には役に立たないシステムであり、そういうことは防災業務に係わっている人のほとんどは、福島事故の前から理解している。メディアは、なぜ役に立たないかを理解しようとするれば、技術的内容も理解しなくてはならない。これはかなり難しいことである。一方で、「隠した、隠した」と騒ぐだけならなんの努力もいらない。だからそうしているに過ぎないと勘繰っている。

ここで問題にするのは、そうしたどうでもいい情報のことではない。事故がどのように進展したかを理解する上で必要不可欠な、プラントパラメータそのもの、あるいはその存在や信憑性に関する情報が、必ずしも適時・適切には関係者に伝わらなかったという問題である。

私自身はずっと事故対応の中心になっていたわけではないから、事業者の情報が私のところに届かなかったということは当然である。しかし、どうも、保安院にも適時には届いていなかったらしい。以下、私が外から見て推定しているだけではあるが、事故時のプラントパラメータに関する情報の伝達あるいは共有に係わる問題を列挙する。

2. 福島事故時の情報伝達に関する事例

(1) 1号機の原子炉水位指示値の信憑性

地震が起きたのは 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分、福島第一に津波が到達したのは 15 時半頃である。私個人のメモによれば、**JNES** 内では 16 時 20 分に「緊急事態支援本部」が設置され、16 時 28 分に始まった会合で最初の事故説明がなされている。そこでは、福島第一で次のようなことが起きていると報告された。

- ・ 全交流電源喪失が起きている。即ち、外部電源喪失に加えて、1、2、3号機で非常用ディーゼル発電機が喪失している。
- ・ 炉心は **RCIC** で冷却されている。
- ・ バッテリーは 8 時間ほどで消耗するであろう。
- ・ 海水ポンプも浸水して不作動になっている。

あとから見れば、この第 1 報は、号機間の違いも区別していないし、間違いも含んでいる。

しかし、この時点での私の理解は、発電所停電事故が起きており、加えて、最終ヒートシンク喪失にもなっているのであるから、いずれシビアアクシデントは避けられないにしても、しばらくは交流電源を要しない RCIC による冷却がなされるであろうとのことであった。

福島事故は、熱水力的な観点から見れば「冷却材ボイルオフ事故」である。私自身の過去の研究から、事故の進展に最も大きな影響を及ぼすのは炉心の水位だと知っていたから、ずっと原子炉水位に注意していた。3月12日の午後、1号機の原子炉水位は TAF-1600mm から TAF-1800mm の間で安定しているのを見て、これは崩壊熱で沸騰する量と、RCIC によるのかどうかはわからないが、何らかの炉心注水量とがバランスしていると思った。

実は、この TAF-1600～1800mm という水位はクリティカルな水位である。これも自分の研究の結論であるが、炉心水位が炉心有効長の約 55% (ほぼ TAF-1600mm に相当) 以上に保たれていれば、ジルコニウム-水反応が激しくなることはほとんどなく、従って水素の大量発生も炉心の溶融も起こりがたい。逆に、水位がこれ以下になると、ジルコニウム-水反応が激しくなり、この反応が発熱反応であるためにポジティブフィードバックがかかり、短時間で水素の大量発生と炉心の溶融になり得る。

私は、交流電源も最終ヒートシンクもないのだからシビアアクシデントは避けられそうにないが、水位がずっと TAF-1700mm 前後に維持されていることから、当面急な事故の悪化はなさそうと判断した。で、「今しかない」と思って、自宅に仮眠をとりに帰った。ところが、現実にはこの直後の 15時36分に水素爆発が起きたのである。原子炉水位は正しくなかった。それを知った段階で「原子炉水位のデータは信頼できない」と保安院に通報した。

水位について、東電がはっきりと間違いであったと公表したのは昨年5月12日である。この時は、「1号機の原子炉水位を測りなおしたところ、それまで公開されていた水位よりもずっと低かった」との報告とともに、それが水位計の基準面器内の水が蒸発していたためとの説明がなされている。

私自身が水位計の構造や信憑性について理解していなかったことは、安全屋として不十分という批判があってもよい。しかしながら、東電にもメーカーにも、水位計の構造や問題点を熟知していた人がいたはずである。早い段階で、水位計の側から見ての説明があっても欲しかった。

(2) 直流電源喪失とフェイルセーフに関する情報

前述の JNES 内での第1報に示すように、最初は「直流電源は生きていて、8時間後に喪失する可能性」とのことであった。私が、バッテリーまで水没して、直流電源が失われたと知ったのは、昨年4月はじめの IAEA での会合に出席したときのことである。

4月4日から4月14日まで、ウィーンの IAEA 本部で第5回安全条約 (Convention on Nuclear Safety) レビュー会合が開かれた。その初日4日にサイドイベント (条約外のイベントで条約に加盟していない IAEA 加盟国も参加できる) として、日本から保安院の審議官が福島第一の事故について報告することになり、私はそれを補佐するために随行した。

4月4日は朝から日本代表部に集合して、打ち合わせと資料の最終確認を行った。私はその直前に、やはりサイドイベントに出席することになった東電の方から、プラントパラメータは仮設バッテリーで取得されたと聞いた。それまでまったく知らないでいたからびっくりして、審議官の報告資料の最初に、「本資料のデータの一部は正しくない可能性がある。特に、事故のある期間、すべてのパラメータは失われており、あるパラメータは明らかに相互に矛盾している」と書き加えてもらった。

しかしこの時は、1、2、3号機すべてで直流電源が喪失したと理解していた。私は4月15日にウィーンから帰国し、その後1ヶ月半ほどJNES内での事故の分析作業に責任を負ったのだが、事故情報をつなぎ合わせていくとどうも3号機の直流電源は「少なくとも一部は生きていた」と考えないと辻つまが合わなくなった。で、そういうことをJNES内で論じていたところ、5月末のIAEA ミッションの直前になって、3号機では直流電源が生きていたとの情報が示された。

さて、直流電源が（実際は1号機と2号機だけであって3号機は違ったが）失われたと知って、次に関心事になったのは当然のことであるが、「では、炉心への注水は直流電源のない中でなされたか否か」という問題である。事故進展の速さから見て、1号機は非常用復水器（IC）がほとんど不動作であったと思われるっており、2号機は炉心隔離時冷却系（RCIC）が長期間動いていたことが報告されていた。しかし、なぜそうなったかということである。

最初に注目したのは、ICとRCICの閉止弁の「フェイルセーフ」の考え方である。これについてあちこち聞きまわったところ、どうも「フェイルアズイズ」である（らしい）とのことであった。従って、当時の分析では、「1号機では、たまたまICが停止していた時に津波が来て、ICのラインは閉まったままで、短時間で炉心の熔融に至った。一方2号機では、たまたまRCICが稼動していたときに津波が来て、RCICのラインは開いたままで炉心はかなりの時間冷却された」という結論であった。

あとになって、1号機のICは「フェイルクローズ」であったとの情報が公開された。「たまたまICが停止していたときに津波が来てICのラインは閉まった」でも、「たとえICが稼動していたとしても、フェイルクローズの設定により、直流電源喪失時にICのラインは閉まってしまった」でも、事故の進展自体に変わりはない。しかしながら、事故の原因分析などにとっては大違いのことである。こういう大事な情報は早くから共有されるべきと思う。

(3) 津波来襲前のプラントパラメータ

フェイルセーフの問題を考えていて気づいたのは、津波で直流電源が喪失して、それによってICやRCICの弁が動作した、あるいは動作しなかったとするなら、「津波の前は直流電源が生きていて、弁位置情報を示すことも弁の制御をすることも可能だったはず」ということである。それは、「津波以前には通常の計測系による測定データがあるはず」という推測にもつながった。そのため、保安院に連絡して、東電に対してこれらのデータの徴集命令をかけてもらった。

これについては、東電から保安院に、高い放射線の下、データを取りに行くのが大変であったとの説明があったらしいが、こうした重要なデータがあるということそのことについては、東電から保安院に自発的に伝えて欲しかったと思う。

(4) 2号機の原子炉水位指示値の信憑性

2号機については、RCICの弁が開いたままRCICが稼働し続けたいと聞いたが、どうして止まらなかったかがわからなかった。特に、原子炉水位がどうしてほとんど一定の高さに保たれたのかがわからなかった。

ただ、水位がこのように一定に保たれるメカニズムとしては、

- ① 水位が気水分離器（セパレータ）下部にあって、水はダウンカマに落ち、蒸気はRCIC駆動側配管ノズルに入ってRCICタービンを回し、炉心に注水する。
- ② 水位がRCIC駆動側配管ノズル部にあって、水と蒸気の2相流がRCICタービンを「水車として」回して、炉心に注水する。

のどちらかであろうと思っていた。

これについては、JNESの中で早くから、水位については圧力補正をしなくてはならないと聞いていた。また、後になって、運転員は誰も知っていることだとも聞いた。しかしながら、単に私には、でしかないのであるが、公表されている測定値が圧力補正をする前の値なのかした後の値なのかはわからなかったし、補正の仕方も知らなかった。

昨年12月末になって、水位については圧力補正すると違った値になるとの情報が公開された。また、本年3月に福井で開催された日本原子力学会の年会で東電がこの件について説明し、圧力補正をするとぴったり上記②の高さになっていることが示された。

本件は、時間はかかったが完全に解決されたと判断している。

(5) 2号機圧力抑制室付近での衝撃音

3月15日13時00分現在のプラント状況に関する東電のプレス発表では、2号機の圧力抑制室の近くで、3月15日6時00分～10分頃、サイトで衝撃音がしたと報じられた。また、衝撃音に合わせて2号機の圧力抑制室圧力も低下した（別情報によれば、ダウンスケールした、のちの資料によれば、圧力指示値が0.0MPaaを示した）とも報じられた。

この情報は後に完全に否定されたが、事故後しばらくの間は「圧力抑制室に大きな破損口が生じたに違いない」という推定につながり、事故分析に混乱を招いた。

「圧力抑制室で水素爆発が起きたに違いない」、「いや、圧力抑制室気相部は窒素で不活性化されているから、これは過圧破損ではないか」という推論もあった。私自身は、「圧力抑制室破損のあとに敷地境界の放射線レベルが著しく高くなっていることから、「圧力抑制室プール水による放射能のスクラビング除去能が、想定されていたほど有効でなかったのではないか」と推論した。これらの推論はすべて誤りであった。

圧力抑制室の圧力指示値は、事項(5)で説明するが、3月14日の深夜からドライウエル圧力と乖離した値を示していて信頼性が低いし、もとより絶対圧ゼロという状態は存在しない。実際、ドライウエル圧力の測定値は高いままであり、3月15日の5時20分から7時20分まで、0.730MPaaという一定値である。東電は後になって、これは4号機で6時12分に起きた水素爆発を誤認したものとしている。

ドライウエル圧力は衝撃音から5時間以上経った11時25分に再び得られているが、この時には0.155MPaaと明白な低下を示している。格納容器の冷却がほとんどなされないままにドライウエルの圧力が顕著に下がったのは、格納容器内の気体のかなりの量が、大気中に放出されたことを示唆している。6時50分に、正門付近(MP-6付近)の放射線レベルは583.7 μ Sv/hであった。8時25分には、原子炉建屋の5階付近で白煙が見られた。9時00分、正門付近(MP-6付近)での放射線レベルは11,930 μ Sv/h(事故期間中の測定値の最高値)であった。

結局のところ、1号機、3号機とも共通であるが、2号機でも、高温・高圧にさらされたドライウエルに大きな漏洩が生じ、そこから水蒸気や放射性物質が放出されたと考えられる。その時期は、ドライウエルの圧力が顕著に低下した3月15日の7時20分から11時25分の間と推定されるが、これは、「8時25分の原子炉建屋上部での白煙」、「9時00分の正門付近での放射線レベルの最高値」とも一致する。

(6) 計測系の故障と推定されるもの

前述のように、2号機においては、3月14日の深夜からドライウエル圧力と圧力抑制室の圧力指示値が乖離した値を示していて、どちらか(多分圧力抑制室の圧力)は何らかの故障もしくは誤りによるものと思われる。

3号機においては、3月12日11時36分にRCICがトリップした後、原子炉水位はL2高さ(原子炉水位低:TAF+2950mm)まで低下し、12時35分にHPCIが自動起動して炉心を冷却した。HPCIもまたタービン駆動であり、交流電源がなくとも作動可能である。HPCI起動後、それまで7.2MPag以上であった原子炉圧力は急低下し、その後は3月13日2時00分まで1.00MPag以下の低圧に保たれた。

この間、ドライウエル圧力は0.36MPaa前後、圧力抑制室圧力は11時20分から13時58分にかけて0.80MPaa前後であった。ドライウエルと圧力抑制室の間にこのような大きな差圧が生じるはずはなく、ここでも圧力の測定には何らかの故障もしくは誤りがあったと思われる。

(7) SPDSの喪失

SPDS(Safety Parameter Display System)は、施設の安全に係る情報を整理してわかりやすく表示するシステムであり、事故時のプラント状態の把握には欠かせないシステムである。SPDSは前述のERSSにおける事故状況の推定にも用いられる。(私自身はずっと以前から、ERSSは不要だがSPDSは不可欠と主張している。)

福島事故時、SPDSは直流電源喪失で不作動になり、また、後の調査によればデータ送信のための機器も地震動で故障している。

(8) 環境モニタリングの喪失

福島第一発電所周辺での環境モニタリングシステムは、多分電源喪失により、事故後かなりの期間失われた。(代わりに、モニタリングカーによる測定がなされている。)

一方、福島第二発電所での環境モニタリングシステムは生き残っているし、また、ある期間、航空機による大気のサンプリングもなされている。これらのデータはソースタームの推定等に極めて有用なものであり、活用が期待される。

3. 計測及び情報伝達に係る課題の整理

以上例示してきたように、福島事故では、プラントパラメータの計測に関し、また、その関係者への伝達に関し、多くの問題があった。これらの問題に取り組むには、まず、以下のような異なる問題があることを認識する必要がある。

- ・ 直流電源の喪失で計測不能。これは基本的に計測系の問題ではなく、電源系の問題である。ただし、電源が失われたときの計測については考えておく必要がある。
- ・ 水位の圧力補正。これは、運転員は理解していること。表示される指示値は実水位とは違うが、故障ではない。
- ・ シビアアクシデント時には水位測定値はあてにならないということ。これは水位計の適用範囲の問題であって、故障ではない。しかし、シビアアクシデント時のプラント状態の把握のためには放置できない問題である。
- ・ 2号機ドライウェル圧力と圧力抑制室圧力の測定値の乖離。これは、多分、計測系における故障である。

計測系そのものについては、このように問題を分けて取り組むことが必要である。

ただ、同時に大事なことは、事故時の情報伝達のあり方である。上述のように、計測系に係る諸問題には本質的に異なるものがある。しかし、計測の専門家以外には問題の区別がつかない。結果として事故時対応や事故後分析における阻害要因となる。関係者に生データを含む情報を遅滞なく伝達することは当然大事であるが、それがどのような性質の情報なのかを適切に説明することも大事である。