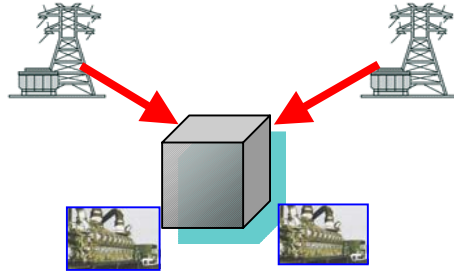


ステーションブラックアウトを指針から除外した理由

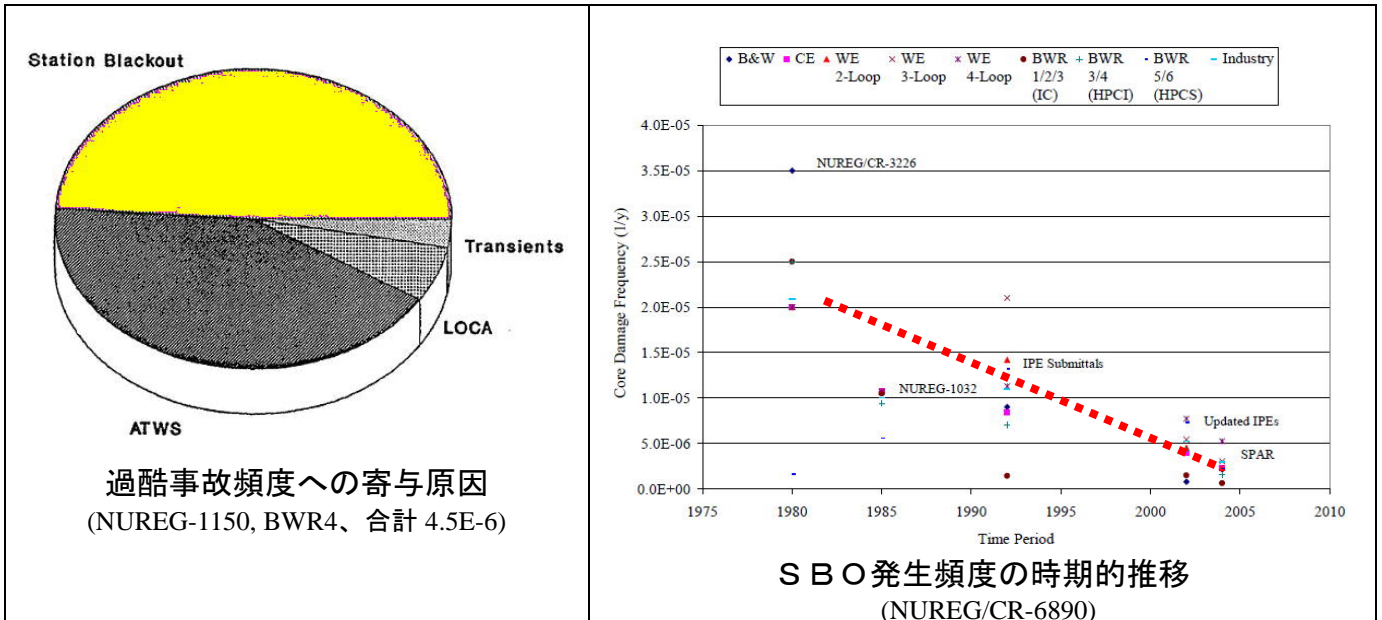
5/17 のTV朝日や5/18 の読売新聞などが、「ステーションブラックアウト（SBO）を認可条件にしないよう提案した報告書を発掘した」と報道しました。

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す。今回の福島事故ではSBOが起きた訳ですから、日本の指針がSBOを除外していたことが間違いの一因、という趣旨での報道と思います。



この時は、蓄電池に切り替えますが、蓄電池では大電力を必要とするポンプなどは駆動できず、原子炉燃料の崩壊熱が除去できないと、炉心損傷やメルトダウンに至る危険性がある訳です。このような事態を「過酷事故（シビアアクシデント）」と称していますが、左下図にあるように、過酷事故の主要原因がSBOであることは安全関係者の常識ですが、外部電源もDGも全てが機能を失う確率が低いことが、SBOや過酷事故を安全審査の前提にしていない理由となっています。

米国の評価でも、外部電源は信頼度が向上して100年に一度程度、更に、各DGも作動失敗確率が100回に1回程度と信頼度が向上した結果、これらが全て機能喪失する確率（頻度）は右下図のように 10^{-6} 、つまり100万年に一度のオーダーという結果になっています。



日本の計算例では、更に機器の信頼度が高いこともあり、過酷事故により炉心損傷（メルトダウン）する確率は 10^{-7} のオーダー、つまり 1000 万年に 1 回と言う低さになっています。

「アクシデントマネジメント整備後確率論的安全評価報告書」2004 年、福島 2 号機の例：

炉心損傷頻度 = $1.6E-07$ / 年

格納容器損傷頻度 = $1.2E-08$ / 年

米国の指針（Regulatory Guide-1.155）は「8 時間程度は全交流動力電源喪失を考慮せよ」と明記しています。更に、SBO 時に、炉心を冷却できる設備の設置、または、予備の DG か他号機からの電力融通、のいずれかの実施を求めています。

従って「なぜ日本の指針はこれを正式の認可条件にしていなかったのか？」という疑問は当然で、TV 朝日が当時の関係者を取材し「これが重要だという認識が無かった」という証言を引き出し、あきれた結果だ、という印象を与えたと思います。私自身は本件に係わっていなかったものの、なぜこのようなことが起きたのか、検証する必要があると感じました。

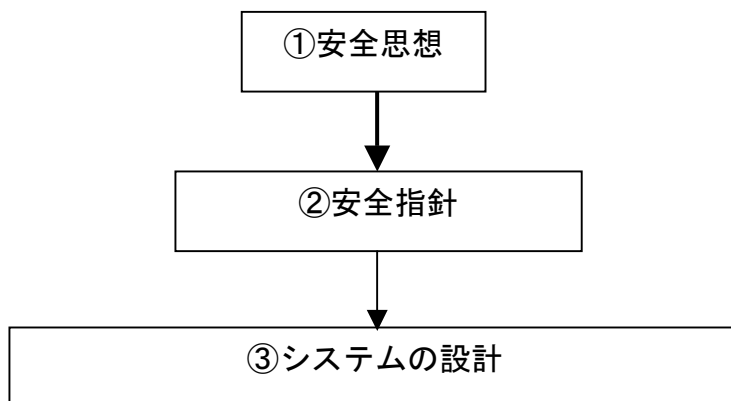
所で、過酷事故発生時には、原子炉燃料の崩壊熱を除去する為に、非常用の炉心冷却システムがあり、一部は原子炉自体の蒸気で駆動することができ、SBO 時でも一定時間は炉心を冷却できます。実際、福島 1 号機は蓄電池も水没したものの、タービン駆動の非常用 IC は 8 時間、運転できるように設計されており、一定時間、作動したものと推定されます。また、福島 2/3 号機は、蓄電池が生き残ったので、RCIC や HPCI のようなタービン駆動の冷却系が 1 日以上、作動しました。

更に、福島では、タービン駆動の非常用冷却系の他に、各号機間の非常用電力融通システムも設置していました。例えば、福島 5/6 号機は、5 基の非常用 DG を備え、外部電源が喪失した際に、DG 1 基だけが起動し、そのおかげで、5/6 号機ともに救われたわけです。1/2/3/4 号機は、津波で全ての DG が作動停止してしまいましたが、設計としては、むしろ、米国指針以上の安全性を持っていた訳です。

従って、日本の安全審査指針では、「長期の SBO は考慮不要。また、DG 信頼性が高い場合はそもそも SBO は考慮不要」として、SBO を設計上の要求とはしていません。その背景には、上記のように、実力としては、短時間の SBO に耐えられるし、そもそも、長期も短期も SBO は起きない、と思っているからでしょう。

以上のように、実力的には問題が無いとしても、なぜ指針をこのようにしたのか？についての疑問が残っています。

所で、殆どの方は、システムの設計は本来、下図のような流れでなされる、と考えているでしょう。



最初に、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、という流れです。しかし、原子力技術を米国から導入した結果、実際には、上図の逆の順番になってしまいました。即ち、1970年代は実際の原子炉が先に導入されてしまった訳です。これでは指針の重要性が認識される訳は無く、また、背景となる安全思想も学ぶことができません。

以上をまとめると、日米で指針上の表現は異なった理由は認識の違いであり、このことは技術体系や安全思想に係わる重要問題と言えるでしょう。但し、プラントの実力としては同程度であり、福島原発は GE 設計を出発点としていて、SBO を考慮して蓄電池やタービン駆動 ECCS、更にはプラント間の電力融通系が設置されていました。

なお、米国の殆どの原発では津波はないものの、河川の洪水に対して重要機器が水没しないよう設計されています。従って、日本に設置する場合に、蓄電池に耐水性をもたせるべきでした。また、DG もそうすべきでした。

ついでながら、仮に日本の指針を「長期の SBO にも耐えられること」と改定しても、今回の福島事故は防げません。なぜなら、電力供給があっても、津波で海水冷却系が流されたのでは、いずれ、炉心の冷却ができなくなるからです。

発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針

指針 27. 電源喪失に対する設計上の考慮

長期間にわたる全交流動力電源喪失は、送電線の復旧又は非常用交流電源設備の修復が期待できるので考慮する必要はない。非常用交流電源設備の信頼度が、系統構成又は運用(常に稼働状態にしておくことなど)により、十分高い場合においては、設計上全交流動力電源喪失を想定しなくてもよい。

ナンシー・レブソン原著「セーフウェア、安全・安心なシステムとソフトウェアを目指して」では、事故の主要な根本原因として、自信過剰・自己満足の要素を7個挙げており、順に、

- ① リスクの過小評価(独立事象仮定の誤り)
- ② 冗長性に頼りすぎること(共通原因故障の問題)
- ③ 非現実的なリスク評価(確率論の限界)
- ④ 低確率で過酷な事象の無視

などとなっています。正にこれら全てが起きたのが福島原発事故です。例えば、3番目の確率論から言えば、SBOの確率は十分に低いものの、人間の設計する人工物である以上、SBOを考慮して蓄電池やタービン駆動 ECCS、更にはプラント間の電力融通系が設置するという安全思想が必要な訳です。

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。本件について、畑村委員会での検証を期待しています。

2011-7-21 記