

尾本原子力委員会委員の米国出張報告

平成23年7月12日

1. 目的

米国原子力学会(ANS)の招きで、アメリカ合衆国フロリダで開催される米国原子力学会2011年年次大会に出席し、特別セッションにて福島第一原子力発電所の事故に関する説明を行い、関係者らとの意見交換を行う。

2. 出張期間 平成23年6月26日(日)～7月1日(金)

3. 報告

1) 概要

- 「原子力の明るい未来」と題して開かれた年会の開会のプレナリーでは、福島事故から最大限の教訓を引き出さねばならないものの米国に置ける経済的な低炭素電源としての原子力の重要性は不変であり、オバマ大統領や議会の主張にもぶれが見られないという旨の意見が目立った。
- 5月の仏原子力学会では福島特別セッション以外にも水素爆発など事故関係の技術発表が散見されたが、ANS年会ではそれより後だったにも拘らず個別セッションに福島関連の発表が混じる事がなかった
- 米国の軽水炉では、9.11以降に規制当局NRCがテロ攻撃対策として設備強化を求めたB5bや電源対策で類似の事故への対応がある程度はされているとの認識が一般であるが、NRCは90日間のタスクフォースを形成して今後の規制における必要な変更事項を抽出しようとしている(7月19日発表予定)
- 一方で民間の原子力関係者はINPO/NEI/EPRIによる共同チームを形成し7つのタスクチームで独自に教訓抽出とその反映に取り組んでいる。原子力学会も前NRC委員長をトップに独自の調査チームを形成してクロノロジーや物理現象の解明などに取り組んでいる。そのチームメンバーから情報を求められた件は、事故時の命令権限、SAMG(Severe Accident Management Guide)の適切性など重要な事項を捉えていた。ANSは他の学協会と協力して、事故に鑑みた様々な学協会基準(民間自主基準)の改定に取り組んでおり、その客観性/中立性とcredibility確保方策が重要。我が国の学協会等にとり参考になると感じた
- DOEからは福島事故を踏まえた今後の原子力研究の方向性として、軽水炉を含みジルコニウム代替材としてのSiC被覆の開発、SMR/シミュレーション技術開発、受動安全技術開発、自然災害への対応強化など事故に関連した事項を紹介
- NEIの発表によれば、事故後の米国の様々な世論調査の平均は新規原子力発電所建設支持率の10%の低下を示した。一方、発電所所在地を対象にした調査(発電所関係者は除外)では新規建設支持率の数%の低下があったことが示された(90%→86%)

2) 福島第一原子力発電所の事故に関しては合計3つの関連セッションが開かれた。

ANS会長特別セッション

- 会長特別セッションは立ち見多数で500人くらいの参加者と推定
- Joe Kolvin会長が座長で尾本と前NRC委員長のKlein とWeber氏(NRC)がスピーカー。会長は、学会が250にのぼる事故に関する客観的かつ専門的見地からの説明を幅広い層を対象に行って来ていること、地震基金を会員から募り日本原子力学会に送っている事などの紹介
- 尾本は地震津波の想定/事故のシーケンス/恢復操作/教訓事項等全体像を説明
- Klein前NRC委員長は、事故シーケンスや事故炉の熱水力/炉物理、規制などにつき学会で調査委員会を設けて検討していることを紹介
- Q&Aセッションでは質問が多数。(例)
 - ✓ 事故のマネジメント過程においてどのような問題があったか
 - ✓ 50 mile以内の退避勧告をどう思うか、日本に混乱を持ち込まなかったか
 - ✓ debrisの在処をどう考えているのか、場所の確定方法を検討しているか
 - ✓ 大学人として、事故によって原子力の将来について不安を感じているであろう原子力専攻の学生にどのようなメッセージを発しているのか
 - ✓ 津波の想定過程にどのような問題があったと考えているのか

福島セッション

二ノ方東工大教授から事故初期のクロノロジー、米国電力からB5bの概要説明、放射線関係者からオフサイトの結果などの紹介。米国電力は、B5b(9.11を受けてNRCが発電所がテロリスト攻撃を受けた場合に安全を確保するために備えておくべき強化設備)とポータブル電源のお陰で、福島のような全電源喪失への耐性が高いと主張。B5bでの具体策は秘密事項とされてきた

学会基準セッション

- 先述のINPO/NEI/EPRIによる共同チームは6月8日に結成され、今後の安全確保に反映されるべき事項を抽出中であるが、それを受けて民間規格の変更を検討する場がANSI, ASCE (civil engineers), ANS, ASME, IEEEなどの協力で設立され、概ね1年以内にプライオリティを決め、5年以内に必要な基準改定を行う方針
- ASMEはJSMEとの協調のもとタスクフォースをつくり、BDBA、SBO、水素、格納容器、SAMG、圧力バウンダリー健全性の5つの領域で活動を始め、再起動基準の策定にも取り組んでいる
- 規格基準関係者は、a) 福島事故を社会インフラが自然災害によって損なわれた大問題の一部で、事故そのものによる死者は今迄にはなく23,000人の死者が社会インフラの損傷で発生したことに鑑み、今後の社会インフラのあり方という点で国内基準の再構築必要という基本的視点、b) 自然災害への備えという点で如何に正確に確率論的ハザードカーブ(例えば津波では津波高さvs 超過確率)を描けるかが重要という2点を強調

- ANS基準では例えば3.8.1-3, 5, 7, 10が対象。今後のオフサイトの緊急時計画基準では一律ではなくプラント毎に違う基準を適用というパラダイムシフトがありうる。既にNRCはこの変更の可能性を示唆している
 - 津波に関する土木学会の2002年ガイドでは今回の津波高さを過小評価することになったことから、学会基準のレビュープロセスの厳格化が今後には必要ではないかとの尾本の質問には、「公衆を含めオープンに意見を求める今の学協会基準策定時の通常の慣行の変更は現時点では考えていない。ただ、基準によって社会的損害が発生した場合の訴訟には関係者は意識して備えており、これが厳格なレビューの背景にある」「最近のソフトウェア基準では自社への利益誘導の例が知られており、学会基準の中立性とcredibilityを高めるべき時期」といった議論があった
- 3) 旧知の様々な分野の原子力専門家から色々な意見/見解を聞いた；
- ✓ 自然現象に対する設計で確率目標を設定すべき。津波洪水に対する設計では、耐震と同じく設計余裕を持つべきこととcliff edgeがあること (fragility curveが地震とは違う) が考えられるべき
 - ✓ 日本にINPOに該当する組織がない (JANTIはあるが十分機能していない) ことが問題だ。self-criticalな姿勢に欠けているのではないか
 - ✓ 日本滞在の米国人への50 milesの避難勧告は委員長が独断で出したもので、プロセスと50mileの技術ベース (保守的過ぎる仮定) の2点で問題
 - ✓ 日本からは数値データ等多数公表資料が出され続けている。しかし、「情報」がない。データは有ってもその解釈を伴わないため、受け手が勝手に解釈できる。日本から沢山データは出ているが「情報」が出ていない
 - ✓ NRC はB5bの内容を各国の規制当局者に伝えてある。日本にはNISA, JNESに2003年と2007年に伝えた
 - ✓ TMI-1, Chernobyl-3はともに事故機と隣接しているが安全評価と改造を経て事故後も運転された。社会的に議論を呼ぶだろうが、米国であれば正当な安全評価と改造を経て運転し賠償金を生み出す手段とするだろう
 - ✓ 米国は内陸部に原子力発電所の多くが立地していて、津波とは無縁だと人々は考えている。実際にはFort Calhanが今でもそうであるように洪水による安全機能喪失のリスクがある
 - ✓ 日本の原子力については、日本人を受け入れて日米比較などの大学での研究を通じて理解してきている。日本の原子力は2000年代にQAとcompliance偏重の時代に入って、肝心の安全への関心が薄れたようだ。同じ事は以前S. JacksonがNRC委員長に就いた当初に米国でも経験している。しかし、米国ではQAとcomplianceよりは安全が肝心の立場で議会が動いた。P. Domenici議員は上院を動かし、NRCの姿勢変更を求めて予算を軸に折衝しrisk-informed 規制を求め、NRC委員長もこれを受け入れた

- ✓ 日本の事故処理プロセスを見ていると、Who is in chargeという疑問が消えない。TMI-2事故時に、かつて原子力潜水艦乗員であった当時のカーター大統領は夫人を連れて事故への社会の動揺を沈静化する為にTMIに行ったが、技術的な指揮を執る為ではなかった
- ✓ NRCは4号機の使用済燃料プールの問題を過大評価するという間違いを犯した。情報が乏しい中で4号機の水素爆発から4号機の燃料が露出していると直ちに考えてしまった
- ✓ 米国ではNRCとは別にINPO/NEI/EPRIによる共同チームを形成し教訓を見いだそうとしている。自主基準も改定しようとしている。日本でかような原子力専門家による活動を期待する

4) その他のセッションから

使用済燃料の長期貯蔵と燃料サイクルのセッション

- 既に昨年NRCは60+60年という長期に亘る使用済燃料の貯蔵の技術的妥当性を表明している
- 現在の米国内の乾式貯蔵は、オンサイト（31箇所）を含み合計57カ所で実施
- しかし、福島事故に鑑みて早くプールからキャスクに移設し、セキュリティの観点から集中的なオフサイト貯蔵所に移すのが好ましい。そのためには輸送安全が新たな重要なテーマになる。最終的には2～3の集中地域貯蔵施設が良い
- 輸送安全も含め、長期貯蔵に向けた技術テーマには、あまり高温で無い領域での被覆管のクリープやシール材料健全性などの問題と併せて、EPRI extended SF storage collaboration projectで扱われている
- 使用済燃料を廃棄物と見なすか資源と見なすかは時と場所次第だが、現在の米国では、ウラン資源量、高速炉が魅力的なものになる時期などに依存。濃縮ウランを用いた高速炉により、米国では今迄蓄積された使用済燃料を廃棄物と見なすべきというMIT報告は妥当。長期的には再処理に依存するべきだが、Yucca Mountainの将来が無いとすれば、米国では再処理工場と処分場との併置が真剣に考えられるべき
- 2002-2006年のAFCI (Advanced Fuel Cycle Initiative) 計画は年間100M\$以下の資金でしかなかった。今は名前を変えたがGNEP (Global Nuclear Energy Partnership) では年間100M\$以上の資金を得ていたが、議会との関係の処理は拙かった。2009年からの燃料サイクル技術開発ではこれらよりも強い支持がオバマ政権からあると考えて良い

超臨界CO2を用いたブレイトンサイクル

- 太陽熱発電など原子力以外の領域でブレイトンサイクルは、a) 蒸気サイクルより大変コンパクトになり効率も良い、b) 通常のスチンレスやインコネルといった材料が問題なく使えるという利点がある事から実用化への期待が増している

- 今後5年かけて技術検討後、10MWeのデモプロジェクトをSandia国立研究所で検討中。30-40M\$と4年の期間を掛けて実証試験を行う予定

組織安全文化

- 今日原子力発電の直面する組織/文化的な問題は次の通りと認識；
 - ✓ ベビーブーマーの退職に伴う若い世代への知識の移転
 - ✓ 受け身で防御的な姿勢から積極姿勢への転換
 - ✓ 契約先（メーカーやサービス会社）依存から脱して自立的な技術力涵養
 - ✓ マネジメント層とそれ以下の層との間のコミュニケーションの改善
- 米国電力の組織構成員の行動様式から安全文化に関係が深い項目（学ぶ姿勢、専門家重視の姿勢、指導者が安全を唱導など）を選び調べると、原子力発電所の運転性能（稼働率、安全指標など）と強い相関があることが判っている
- これらの調査からコンサルタント(Tosan)が今日重視するアプローチは；
 - ✓ 意思決定プロセスなどプロセス重視
 - ✓ 指導者が安全確保にリーダーシップ発揮
 - ✓ “Nuclear professionalism” と” Communication is performance” をスローガンにした啓蒙活動

米国商業炉でのMOX燃料利用計画（米国版プルサーマル計画）

- 米露それぞれ約34トンの軍事用プルトニウムを商業炉で燃焼させ使用済燃料グレードにする” Plutonium disposition study update” の現状が紹介された
- 既にLead Test Assembly (LTA)はCatawba 原子力発電所で18ヶ月運転サイクル2回を経て異常発生の無いことが確認され5本の燃料棒がOak Ridge国立研究所での照射後試験に供されている
- MFFF(MOX Fuel Fabrication Facility)は2013年完成に向けてSavannah Riverに核弾頭解体処理プラントと併せ建設中。Shaw-AREVA MOX Services社は仏AREVA社がMELOXで用いている技術を基に運転しMOX燃料を国産し(3.5Ton Pu/年70TonHM/年 世界第四位の規模)、今後TVA他の商業炉に供給すると共に、GNF, WHなどの他の燃料加工業者がMOX製造を手掛けるのを支援する予定
- Puは時を経てAmに一部転換しているのでミキサーセッターでAmを分離
- なおANS核不拡散委員会は、1F3でMox32体が装荷されて居た事によって事故の環境影響に変化は殆ど無いであろう事を、通常のウラン燃料でも燃焼が進むにつれPuが核分裂の主体になるなどの件を引用しながら説明する声明を出した

以上