

# Safety Service Engineering(SSE)の概念と方法論

## ～福島原発震災 2011 と情報の非対称性(SDP1)

加部 隆史 (NPO 安全工学研究所)

### 1. はじめに

科学技術は近年急速に発達し、人類へ多大な福祉をもたらした。同時に、人の制御能力を超える技術が次々と開発されてきている。労働安全衛生に伴う危害は基より、増加する一方の危険な化学物質等は不可逆性を伴うものであり、人工物は本来人が制御可能な範囲で運営されるべきものである。リスクが割当てられた危険社会においては、人工物創造主である技術者は未来への責任を担っている。

東日本大震災及び福島原発事故 2011 は、自然の威力をまざまざと見せつけられ、科学技術の今後の多くの課題を露呈した。被災された方々は一瞬のうちに生命・財産・家族等を奪われ或いは原発近郊の多くの人々は生活基盤を奪われた。衷心より哀悼の意とお見舞いを申し上げたい。安全・安心の実態が剥奪され、世界中の人たちは日本という工業先進国で起きたこの災害に衝撃を受け心配している。

広島及び長崎での唯一の原爆被ばく国日本は、今回の福島原発事故により、被害者から加害者へと転身した。昨年筆者らが提示した SSE(Safety Service Engineering)の概念を、現時点での福島原発震災の状況に見合わせて考察のうえ、今後の課題を整理してみたい。

### 2. SSE の概念と方法論

SSE の概念は、図 1 に示す通り安全・安心社会を実現する為に、危険源から因果決定論により導き出される危害を、方法論としてのリスクアセスメントにより適切に処理し、残留リスクを使用者へ伝達する一連のプロセスにより最適化するものである。安全性、耐環境性、信頼性、経済性(生産性)を、最適化する為に、全ライフサイクルの各フェーズを念頭に、設計のフロントローディングにより処理することが有効である事、その工程を実施する為に事業者がそれに見合った安全の組織づくりをし、CAD 初め最新の情報通信技術を駆使して、情報の共有化・知識化を進める事により最適化される事等が、これまでの研究会活動により明らかになってきている。

### 3. SSE の概念から見た問題点

福島原発事故は現在進行中であり、事実が明らかになっていない部分がかかなりあるが、この災害は安

全・安心を取り巻く安全の 4 要素(倫理・技術・経済・社会制度)の全てにわたる問題と課題を露呈した。事故は収拾に至っておらず、あくまで現時点での考察を行うと以下の通りとなる。

#### 3.1 要求仕様フェーズ

2011 年 3 月 11 日に M9.0 の地震が誘発され、これに伴い大規模な津波が発生し、福島原発が襲われた。

福島第一原発の第 1～4 号機は数日以内に制御不能状態に陥り、水素爆発が誘発され放射性物質が大気に放出された。その後、国際原子力事象評価尺度(INES)のレベル 7 という、過去最大の原発事故であったチェルノブイリと同じランク付けがされた。

事故要因は、大規模津波により福島第一原発の全交流電源がバックアップ含めて喪失した事による。原子力発電所の安全原理は、5 重の多重防護及び電気系統の冗長性により成り立っており、更に事故が起きた際に<①止める②冷やす③閉じ込める>の方策により成り立っている。

今回、①は達成されたが、電源喪失により沸騰型軽水炉の機能を満たす②が働かず、冷却材が喪失し、炉心溶融につながり、水素爆発が誘発された。結果として③が達成されずに、放射能を大気並びに海中へ放出するという事態が未だ収拾されていない。電気系統の支障により、プラント診断の為に計器類が一切働かず、内部のプロセス状態も殆ど把握できないのと同時に、建屋内部は高放射線区域となり人が殆ど近付けない状態となった。これにより、原子力の安全神話のもろくも崩壊した。

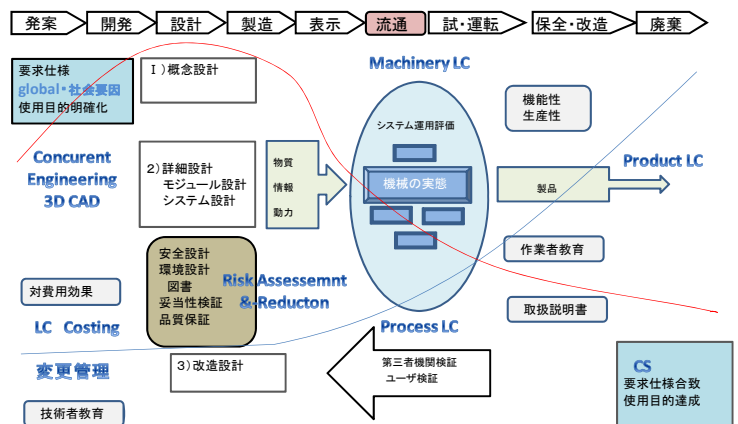


図 1. Safety Service Engineering(SSE)の概念図

すなわち、世界で 500 基以上設置済みの原子炉を支える安全原理が津波による電源喪失により機能しなかったという事である。今回安全の原理と方法論という設計概念が必ずしも間違っていたという事ではなく、津波という外的要因により機能不全・制御不能状態に陥ったものだが、原子力安全の目標である放射能を閉じ込める事に失敗し、危害が発生している為、これから多角的な事故の精査並びに安全基準や指針の見直しが必要とされる。

最初の要求仕様に、外乱としての津波波高が充分に配慮されていなかったという事になる。

### 3.2. 本質安全設計フェーズ

地震や津波に対する本質安全設計が適切であったかは、以下にも言及するが、これらについての安全基準、しかるに残留リスクが適切であったを含めこれからの重要な議論の対象となってくる。

### 3.3. 保全フェーズ

被災した原子炉は建設後 30 年を超え老朽化に伴う諸問題を抱えるものがある。原子炉の場合、エロージョン・コロージョン、応力割れ、金属疲労に加え、特有の中性子熱性脆性破壊の問題があり、これにより原子炉及びそれに接続されたバルブや配管系統に多くの問題がある事が、保全段階で指摘されており今回の事故との因果関係は別としても、既存原子炉の将来への課題が明示された、とも言える。

現状の問題については、複数の元原発技術者が数々の証言を行っている。

### 3.4. 廃棄フェーズ

使用済核燃料の最終処分については、現時点で世界的に解決案が確定・実施されていない。原子炉内部の燃料棒同様に、使用済み核燃料は核分裂反応を起こす為、定常的に何年間も冷却し続ける事が必要とされる。更に、人工的に作り出されたプルトニウムは半減期が 2 万 4 千年である為、これを最終処分所で人が管理する事が求められてくる。原子力発電は、廃棄に伴う危険源処理の問題が解決される前に見切り発車をしてしまい、これから対応しようというものである。危険源は未処理のままである。

### 3.5. 経済性

1979 年のスリーマイル島原発事故及び 1986 年のチェルノブイリ原発事故後、原子炉の新規設置は基本的に凍結されていたが、二酸化炭素排出削減についての世界的な枠組みの中で、数年前から原子力カルネッサンスが起き、おりしもアメリカ、中国、インド等で新規原発設置計画が浮上してきていた。

その最中に、福島原発事故が発生した。1～4 号機は廃炉にする方針が出されたが、その処理だけでも数兆円の費用が発生すると言われている。

更に、福島第一原発から半径 20 キロ圏内は居住禁止となり、多くの人々が健康で文化的な生活を施す基盤を剥奪された。それに加え農林水産業並びにハイテク産業を支える多くの製造業の生産活動が実施出来なくなった。おのずから、それに対する莫大補償の問題が出てきている。

これにより、クリーンで安いといううたい文句も根拠が崩された。事故対応費用を含め、本当に原発が経済的であるかは、当然疑問視されて来る。

## 4. 情報の非対称性

福島原発事故程、報道発表における情報の非対称性が露呈された事は近年殆ど例が見られない。様々な報道内容が、その信憑性を疑われる例が、多々続出している。多用された「想定外」や、「直ちに健康への影響は無い」という表現は、科学的根拠に基づいていると言えるだろうか？

### 4.1. 想定外

東日本大震災については、当初から未曾有で想定外の地震と津波であった事が報道機関により強調され、福島原発事故も想定外の事象により仕方なしに起きてしまったという印象が植え付けられた。

地震と津波は確かに「天災」ではあるが、INES のレベル 7 に達した福島原発事故は「人災」ではないかとの検証を、あくまで現時点において行いたい。

**4.1.1.地震**：最終的に M9.0 と発表された東日本大震災以前に、20 万人以上が亡くなった 2004 年スマトラ沖地震のように例えば M9.0 を超えた地震は 3 件記録されている。M9.0 は世界最大で無く、記録では歴代 4 番目となるはずであり、想定は出来た。

更に地震規模につき、当初 M7.9→M8.4 →M8.8 →M9.0 と、最初の発表が三度変更されているが、その理由は説明されていない。

**4.1.2.津波**も想定外、との事だが、日本では三陸沖で 30M を超える津波が記録されている。福島第一原発の津波波高は 5.7M に設定されていた。この設定基準は妥当であっただろうか？

尚 3 月 22 日の衆議院予算委員会で、国の原子力安全委員長は、原発設計の想定が悪かった。想定について世界的に見直しが必要、と陳謝した。

当委員長は 2007 年 2 月の中部電力浜岡原発運転差し止め訴訟の 静岡地裁での証人尋問で、非常用発電機や制御棒など重要機器が複数同時に機能喪失することまで想定していない理由を問われ、割り切った考え、すべてを考慮すると設計ができなくなると述べていた。社民党の福島瑞穂氏はこの証言を取り上げ、割り切った結果が今回の事故につながったとして謝罪を求めた。当委員長は割り切り方が正しく

なかったということも十分反省している、と述べ抜本的な見直しが必要と感ずると語った。インターネット上の関連記事（例：asahi.com）は、その後削除されている。

#### 4.2. 直ちに健康への影響は無い

国内では、今回の放射性物質の漏れに対し外部被ばくへの影響を表面的に取り上げており、がん発生につながる可能性をもつ内部被ばくについては、殆ど説明がなされない。

福島第一原発3号機は、燃料がウランではなくプルトニウムであり、その毒性が強い事は、殆ど報道されていない。

半径20-30kmの避難地区について、何故そこが避難対象となるかの詳細な説明はされていない。

#### 4.3. 外国の反応

原発先進国であるフランス、イギリス、ドイツ等は、事故発生数日後の3月14日から16日の間に、本国外務省より在日大使館を通し、自国民に対し東京からの避難又は本国への帰国勧告を出し、国によっては東京の事務機能を大阪へ移動したところもある。アメリカは、日本の20km圏内への住民退避指示に対し、80km圏内を対象とした発表を行った。

ドイツのシュピーゲル誌は、危機的原子炉におけるプルトニウムの危険と題して、警告を発した。

#### 4.4. プルトニウム

原子力発電所は、そもそも核の平和利用であるが、本来は軍事目的で核兵器用に開発されたものである。広島に投下されたのはウラン爆弾で、長崎に投下されたのはプルトニウム爆弾。チェルノブイリ原発の核エネルギー量は、広島原発1発の400倍以上と発表されていた。今回の福島は、原子炉の数が複数の為、1基のチェルノブイリ原発の数倍の核エネルギーをもっている事になる。

劣化ウランはアメリカを初めとして、湾岸戦争などで多量に戦場に投下されて来た。放射能の影響による奇形が数々報告されている。

福島原発に投入されたアメリカの無人偵察機やロボットも、そもそも軍事目的で戦場に投入される目的で開発・製造されたものである。

アメリカでの9.11テロ事件以降、とりわけ原発・中間貯蔵施設及び輸送に対してのテロ攻撃が欧米では深刻に議論されている。フィンランドに現在建設中の最終処分所は5mの厚さの壁が構築され、飛行機などによるテロ対策をしているという。

欧米諸国は、とりわけ冷戦時代に軍事目的の為に核開発を行ってきた為、福島原発事故の初期段階で、その危険性と影響をいち早く察知し、上述の行動に出たものと、推測することも可能である。有

事に危険情報を基に最悪シナリオを想定し行動するリスクベースド・アプローチである。

福島第一原発3号機の燃料は、2010年10月からプルトニウムで、これは国が推進するプルサーマル計画の一環であり、外国メディアはプルトニウムのMOX燃料の事をいち早く報道したが、日本では殆ど話題にされていない。

プルトニウムを燃料として使用する高速増殖炉は、技術的問題が多く安全性が未検証の為、英米独仏諸国は、その実用化を見切り撤退したが、日本とロシアはこれを推進している。これは正しい選択か？

#### 4.5. 首相官邸の記者発表

首相官邸が2011年4月15日に、「チェルノブイリ事故との比較」と題する記者発表を行った。以下斜体にてその内容を引用する・

##### 1) 原発内で被ばくした方

チェルノブイリでは、134名の急性放射線障害が確認され、3週間以内に28名が亡くなっている。その後現在までに19名が亡くなっているが、放射線被ばくとの関係は認められない。

\*福島では、原発作業者に急性放射線障害はゼロ

筆者コメント:チェルノブイリ事故につき2005年国際原子力機関(IAEA)の発表では、死者4,000人、2006年世界保健機関(WHO)の報告では9,000人であり、反原発団体グリーンピースは不治の癌を含め93,000の死者と発表している。放射能の影響による癌については、その因果関係の立証が困難な為に、統計上正確に把握する事は難しい。同様に、どの程度の被ばく者を、どの地域を対象として統計を取るかにより、結果に相違が出てくる。

しかしながら、これら公表されたチェルノブイリ事故での数字を説明する事無く、28名と19名の死亡者で、放射線被ばくとの関係は認められない、とする国の発表は妥当であるか？

更に、廃炉作業はこれから始まり、放射線を浴びた材料があふれる場所での作業は、被ばくの可能性が高く、被ばく者の増加が今後予想される。

##### 2) 事故後、清掃作業に従事した方

\*チェルノブイリでは、24万人の被ばく線量は平均100ミリシーベルトで、健康に影響はなかった。

\*福島では、この部分はまた該当者なし。

筆者コメント:チェルノブイリの惨事について、事故発生時はソビエト連邦共和国の情報隠蔽が問題とされ、当時のゴルバチョフ共産党書記長は、情報開示政策をとった。清掃作業員については、外国で複数のドキュメンタリー映画が製作され、京都大学は

放射線障害についての追跡調査を実施している。

2005年9月ウイーンで行われたIAEAの会議において、チェルノブイリでは事故処理の為に60~80万人が事故処理作業に携わり、癌死亡者3940名のうち、2,200名の作業員(リクビダートル)が癌による死亡者として発表されている。政府発表の数字は根拠が無く、証明不可能であり、チェルノブイリで若くして亡くなった2000名以上の尊い命の犠牲者が考慮されていない。これは妥当性があるだろうか？

### 3) 周辺住民

\*チェルノブイリでは、高線量汚染地の27万人は50シーベルト以上、低線量汚染地の500万人は10~20シーベルトの被ばく線量と計算されているが、健康には影響は認められない。例外は小児の甲状腺がん、汚染された牛乳を無制限に飲用した子供の中で6000人が手術を受け、現在までに15名が亡くなっている。福島牛乳に関しては、暫定基準300(乳児は100)ベクレル/キログラムを守って、100ベクレル/キログラムを超える牛乳は流通していないので、問題ない。  
\*福島の周辺住民の現在の被ばく線量は、20シーベルト以下になっているので、放射線の影響は起こらない。

一般論としてIAEAは、「レベル7の放射能漏出があると、広範囲で確率的影響(発がん)のリスクが高まり、確定的影響(身体的障害)も起こり得る」としているが、各論を具体的に検証してみると、上記の通りで福島とチェルノブイリの差異は明らかである。

筆者コメント：

あたかも健康被害が無く、「例外」として甲状腺癌による死亡者数があげられている。前述の公表データを踏まえた発表ではなく、レベル7に達した福島原発は、健康に影響をもたらすことは無い、という事を伝えている。この発表ないが正しいかは、歴史が検証することになる。

原発から20圏内のおよそ10万人の福島住民は避難を余儀なくされ、農林業の従事者は、家のみならず職場を奪われ、補償問題が浮上している。

チェルノブイリの事故及びその後の健康障害については、これ以外にも外国で製作されたドキュメント番組が複数存在する。この事故の10年後の1996年にNHKで終わりになき人体汚染と題するドキュメンタリーが放映された。これは、放射能の人体への影響を報告したもので、YouTubeにおいてみる事が出来たが、最近NHKからの著作権侵害の申し立てにより、映像が見れなくなっている。因みに他のNHK番組は特に削除されてはいない。何故か？

### 4.6. アメリカの軍事ロボット

日本はロボット大国と言われてきた。これからのサービスロボットについても世界をリードして行くという印象を多くの人達が持っている事と思う。

水素爆発後、非常に高い放射線レベルの極限状態では、人が作業できない為ロボットが投入されることになったが、日本製ではなくアメリカ製のロボットが投入された。最先端技術の結晶である軍事技術の産物であるこれらアメリカ産ロボットは、本来戦場で投入される目的で開発された。これら軍事における最先端技術の開発と日本の関係を認識・検討する事が必要と思われる。

日本でも以前極限ロボットが国の予算により開発されたが、今回投入されなかった。日本では対応する技術が確立されていないのか、運用の制度による規制により投入出来なかったのか、原発用として国の予算を投入したのは、単なる無駄遣いか、等の数々の疑問がわいてくる。

### 5. まとめ

今回の原発震災は、日本のみならず世界中に多くの課題を投げかけている。安全・安心を達成するための技術及び生活基盤が衝撃を受け、あらゆる角度から、数多くの課題を将来に向けて処理することが求められている。

最後に工学的の観点から検証すべき点を、筆者は現時点では以下の通り考えており、今後これらの点につき、建設的な議論が行われる事を期待する。その継続性の観点から、本原稿をディスカッション・ペーパーとして位置づけ副題にその連番(SDP1)を付加する。

- 5.1. 耐震設計基準の妥当性
- 5.2. 津波波高の基準の妥当性
- 5.3. 電源確保の改善策
- 5.4. 原発老朽化対策の見直し
- 5.5. 使用済み核燃料の廃棄問題
- 5.6. 原発事故の影響による補償問題
- 5.7. 事故責任と国民の税負担の関係
- 5.8. 将来、原発を許容するか
- 5.9. 代替エネルギーの可能性・産業競争力
- 5.10. 原発用ロボットと産業競争力
- 5.11. 原子力賠償保険制度
- 5.12. 住民避難対策
- 5.13. 国の危機管理体制(crisis management)
- 5.14. テクノロジー・アセスメント(TA)の必要性
- 5.15. その他

(2011.04.25, [kabe@safetylabo.com](mailto:kabe@safetylabo.com))