

安全文化:試される良心と勇気

佐藤 暁

さとう さとし
原子力情報コンサルタント

これは、今から 2500 年も昔の中国、すなわち、春秋時代と呼ばれている頃の、有名な論語に出てくる話です。葉しやうという小国の統治者(葉公)が、次のように孔子に自慢話をします。

吾黨有直躬者。其父攘羊，而子證之。

自分が統治する国に、躬きゆうという名前の正直者がいて、生活に窮した自分の父親が家族のために羊を盗んだが、躬はこれを所轄の治安機関に通報したという内容です。葉公は、自国の民の順法精神の高さを誇り、孔子をして感服させようとしたのですが、孔子は、こう答えます。

吾黨之直者，異於是。父爲子隱，子爲父隱。直在其中矣。

私の国での正直者というのは、そうではありません。父は子の罪を庇い、子は父の罪を庇うもの。それが真心に従った正直さのほうです。真心を覆してまでの非人間的な秩序が正義であると尊ばれるべきではありません。直近の者同士の信頼がなければ、国家の土台が安泰であろうはずがないからです。結局、正直者の躬は、父親に対する暴虐の罪で、処刑されたとのことでした。

孔子の教え、すなわち儒教は、封建主義国家における根本的教義とされ、日本の道徳としても同化されました。会津藩校の日新館では、「什の掟」(藩士の家庭の6~9歳の子息たち10人ほどのグループが決めた日常生活の規律)の中に、「年長者の言うことに背いてはなりません」というのが最初に謳われ、全項目のむすびには、「ならぬことはならぬものです」、つまり、以上のルールは、つべこべ理屈を言わずに守ること、とあります。下位の者が上位に物申すなどは、あり得ないことでした。大政奉還(1867年)の翌年、そのように純粹培養され元服した会津藩士の子息たちは、主君の決定への不服など微塵もなく、旗色の悪い戦場に白虎隊として出撃しました。

時は元禄 14 年(1701 年)、赤穂藩の第 3 代藩主、浅野内匠頭長矩あきのたくみのかみながのりが、忍耐の末、江戸城で刃傷沙汰を起こしたことで、家臣を路頭に迷わせることになりました。しかし、主君を恨まず、主君に切腹を科した幕府には刃向かわず、浪士 47 人は、主君を挑発した吉良上野介義央きらこうぜのすけよしなかを襲撃しました。その命を捨てた仇討によって、亡き主への忠誠を全うし、自分たちの正義感と意地を世間にアピールします。

厳格な上下関係は、安定した治世に不可欠と考えられたわけですが、もともと孔子の政治哲学では、徳治主義、つまり、強大な権力をもつ者ほど頭脳明晰で、高潔であることが前提でした。しかし、必ずしもそうでない現実には、孔子自身も悩まされ続けました。上位の考え方や決定を下位が批判できない仕組みでは、しばしば正論が通らず、理不尽な出来事が起こります。

再び中国、紀元前 300 年頃。時代は春秋から戦国に移り、隣国との安全保障が重要な政治課題だった頃、祖国楚の安泰のため情勢分析し、諫言する屈原は、佞臣たちに煙たがれ、僻地に追い込まれます。そして、流浪を重ねた末、最後は絶望して投身自殺に追い込まれます。

時代が下り、漢の第 7 代皇帝、武帝の治世の頃(紀元前 100 年頃)。蘇武そぶ、李陵りりょうは、勇猛な活躍にもかかわらず、敵対国(匈奴)の軍団との絶対的な兵力の差によって囚われの身となってしまいます。そして、讒言を武帝の耳に入れる佞臣による陥れもあって裏切り者とされ、家族皆殺しにされてしまいます。それでも祖国へ

の愛慕と忠心を捨てません。一方、欠席裁判の場で、李陵を庇う発言をした司馬遷は、腐刑の辱めを受けます。

日本では、「出る杭は打たれる」、「雉も鳴かずば撃たれまい」、「長い物には巻かれよ」、等々のようなことわざが生まれ、現代社会においても、実直な生き方を誇めるときや見下す言い方として、ときには、清廉ではなく尊敬されずとも、現実的で賢明な処世術の表現として使われます。

原子力に求められる「安全文化」は、どうも本質的に、以上の流れを汲む、日本人の道徳観や文化と反りが合わないのかもしれないと思うことがしばしばあります。本稿では、それがいかに原子力安全の点から重大な問題となるのか、否、現実となっているのか見ていきます。

① 安全文化とは？

「福島事故の根本原因は、未熟な安全文化だったと思います。」

私が初めてそのように発言したとき、国会事故調の関係者は無反応でした。重ねて言うと、事故原因が文化論に帰着されては責任が曖昧になると反論されました。このとき私は、「安全文化」の意味を理解してもらっていないと直感したのですが、時々お呼びがかかるだけの私には、これを講釈するための十分な時間がなく、「しかし、この重要なキーワードなしでは、事故原因を解明したことにはならないと思います」と釘を刺しておくのが精一杯でした。

もし、「原子力安全文化とは何か？」と誰かに問い、これに、「原子炉事故の重大さを認識し、それを未然に防ぐために醸成されるべき産業文化、職場文化」というような答が返ってきたとするならば、私もまったく満足しません。確かに、それが欠如していたから福島事故が起こったのだという説明だけでは、何の原因分析にもなっていません。

1.1 きっかけ

原子力で「安全文化」と言うとき、それは、抽象的概念ではなく、極めて具体的で実践的な行動や活動の原理を意味しますが、そのきっかけとなる出来事が、2002年3月、米国のデービス・ベッセ原子力発電所で発覚しました。

同発電所の原子炉は加圧水型(PWR)で、その圧

力容器の上蓋には、多数の制御棒駆動機構の貫通スリーブ(CRDハウジング)があります。その貫通部の溶接に、応力腐食割れ(PWSCC)を起こしやすいニッケル合金が使われていて、米国のPWRでは当該部の割れが頻発し、緊張して見守っていた米国原子力規制委員会(NRC)は、遂に前年に全PWR事業者に通達を出し、期限を定め、近々に検査を実施するよう指示をしていました。

期限の性急さに不服なデービス・ベッセの事業者(ファーストエナジー社)は、引き延しの折衝をします。さまざまな技術情報を揃えてNRCを訪ね、かなり強い態度で実行を迫るNRC職員に対し、負けずに反論しました。決着の場は、委員会に移されます。

NRC職員は、デービス・ベッセの運転を止めさせ直ちに検査を行うようファーストエナジー社に命じるべきだと委員の説得を図りますが、結局成功せず、NRC委員長を含む委員会は、NRC職員の進言よりもファーストエナジー社の提案を受理し、2002年3月までの運転を認める決定を下しました。

停止したデービス・ベッセの原子炉圧力容器の上蓋が外され、問題のCRDハウジングの検査が行われました。検査は、内側から行われます。案の定、多くに亀裂が発見されました。そのうちの1本がグラリと揺れます。これは、不可解な出来事でした。ニッケル合金でできたCRDハウジングは、直径約10cm、肉厚1.5cmで、これが厚さ17cm以上の上蓋を貫通していますが、取り付けの際、液体窒素で冷却し、収縮させてから貫

通させ、常温で膨脹しますので、それだけで十分きつくしめつけられています。そして、内面と交差する円周を、割れやすい欠点が後にわかったとはいえ、しっかりと溶接しています。亀裂が生じたくらいでは、ハウジング全体がグラグラするはずはありません。

なぞはすぐに解けました。外側の状態を見てみると、分厚い上蓋に仔狸が潜り込めるほどの大きな窪みができていました。割れから浸み出した原子炉冷却材が、CRDハウジングの貫通部の隙間で蒸発し、原子炉出力を調整するために混ぜているホウ酸が濃縮されて酸度が強まり、上蓋の材料を溶かしてしまっていたのです。それにしても、これほどの大穴になるとは、誰も思いもしませんでした。幸い、原子炉圧力容器の上蓋の内面には、厚さ約1cmのステンレス鋼が内張りされています。これだけが溶けずに頑張ってくれていましたが、内圧で膨れ、今にも破裂しそうになっていました。

米国の原子力産業界とNRCに激震が走りました。もし、ステンレス鋼の内張りも裂けてしまっていた場合には、冷却材喪失事故が発生していました。条件付き炉心損傷確率(ある事象を与条件とした場合、それによって炉心損傷事故が発生する確率のこと)は、0.006と判定されました。言い換えると、デビス・ベッセの問題が170回発生したら、そのうちの1回は、スリー・マイル・アイランド事故になるということです。

大したことはないと思うかもしれませんが、この確率が0.001以上の場合は、NRCの統計上では重大事象と分類され、メディアは「ニアミス」と報道します。ニアミスは、このあと米国では一度も発生していません。(もし、2011年3月11日に影響を受けた日本の原子力発電所に対して同じ判定法を適用した場合には、福島第一1~4号機の陰に隠れてしまい、それほど関心が払われていない同5号機、福島第二1~4号機が重大事故に該当していたはずです。)

1.2 インパクト

デビス・ベッセの問題は、発電所職員や周辺

住民の誰かを放射線に被曝させたわけではありませんが、さまざまな意味で、とてもショッキングな出来事でした。当時のNRC委員長リチャード・メザーブ氏も、2003年3月31日付で辞職しています。

亀裂も漏洩も想定内です。しかし、ゴキブリの駆除や目薬にも使われるホウ酸による腐食で、巨大な窪みが原子炉圧力容器の上蓋にできてしまうメカニズムは、たとえ誰かがこれを予知して指摘したとしても、「そんな馬鹿な」とほとんどの専門家は、言下に笑って否定していたでしょう。そのような常識的な想像が及ばない現象が現実起こったこと、その先に起こり得るLOCA事故が、ステンレス鋼の内張りという文字通り「皮一枚」で防がれていたことに、背筋が寒くなる思いをした技術者は多くいたはずです。

この問題には、事件性もありました。元FBI職員など犯罪捜査の専門家を擁するNRCの調査局が乗り出し、ファーストエナジー社の担当者が、重要な検査記録をNRCに対して提示しておらず、判断をミスリードしたというものです。隠蔽工作をしたとされる3人の技術者と会社が司法省に書類送検されます。会社は、NRCに対しては545万ドルの罰金をすぐに支払い、司法省に対しては、罰金2370万ドルと自然保護活動への寄付金として430万ドルを支払うことで司法取引をし、さっさと幕引きを図りました(総額40億円相当)。

一方、3人の技術者は、会社には解雇され、司法省からは25万ドル(3000万円)の罰金に加え、懲役まで求刑されました。そのうちの1人には、まるで殺人犯並の懲役25年です。名前も夫人同伴の写真もメディアに公開されました(本誌2015年2月号参照)。

調査は、NRC内部にも伸びていきます。NRCの内部には、連邦議会の目付役として、監察総監室(OIG)が設置されていて、NRC職員と幹部はもちろん、委員と委員長さえも監察対象になります。そのようなことで、この場合に調査に乗り出したのもOIGでした。2003年10月17日付のOIGの報告書には、規制機関であるNRCとしての問

題点が厳しく詳細に綴られています。

この報告書によれば、デービス・ベッセにおける格納容器内の原子炉冷却材の漏洩は、この問題が発生する以前から、加圧器の逃し安全弁やCRDハウジングのフランジ継手から比較的頻繁に起こるようになっており、蒸発によって析出するホウ酸の粉が格納容器内に漂い、空調機の性能を低下させるなどの害も引き起こしていたようです。そのため、ホウ酸の粉を被った機器も、いつしかNRCの常駐検査官の目に慣れてしまい、地方局や本部の幹部の質問に対しても自信たっぷりに説明していたため、皆が、そんなものなのかと思うようになっていったようです。

事業者の経済的インパクトを付度し、公衆の安全を守るために与えられた規制者としての権限を行使することをためらった弱腰も批判されました。そのように、NRCにとっても反省点は多くありました。NRCは、2007年度の予算に、濃縮された高温ホウ酸水で溶出した上蓋の模型の製作費を盛り込みました。

1.3 安全文化

ファーストエナジー社の初期の対応は、実にあっけらかんとしたものでした。問題のCRDハウジングとその周りの溶出した部分を丸く切除して鍛造ブロックで塞ぎ、その部分の制御棒が1本なくても安全に原子炉の運転はできる、という趣旨の対策案を堂々と発表しました。

工学的にはそれでよくても、そもそも原子力安全に取り組む性根がおかしい。根本原因もそのような心持にある。NRCは、そのように分析しました。技官の調査チームに続いて、心理学者も含む特別なチームが送り込まれ、デービス・ベッセの運転を2年間停めたまま、企業文化の診断と矯正が、徹底的に続けられました。

多額の罰金、2年間の運転停止。自社の経営と風紀の改革を外部から指導されるという屈辱。加えて、不測のプラント停止に伴う営業損失に対する保険請求も却下され、ファーストエナジー社にとっては、踏んだり蹴ったりでした。未熟な安全

文化に対するペナルティは、結局、これほどまでになったのです。

しかし、このような問題が、ファーストエナジー社だけに特徴的であるはずはなく、これを教訓に、次のステップとして、産業界全体の原子力安全の意識改革へと展開していきます。また、そのためにはNRC自身が模範的であるべきとの自戒から、完成した上述の模型を本部ビルの1階ホールに展示し、NRC内部においてもさまざまな取り組みを開始します。

2011年6月14日付官報によって、安全文化のポリシー・ステートメント(大綱)が発表されるまでに、3年間の議論が費やされました。その中には、「健全な安全文化の特質」として、主要な9項目が例示されています。(注意：公認された翻訳ではありません。)

- (1) 経営幹部の安全に対する価値観と行動力
- (2) 原因分析と解決
- (3) 個人責任の自覚
- (4) 安全最優先の作業計画と作業管理
- (5) 継続性のある学習機会
- (6) 臆せず問題提起ができる職場環境
- (7) 安全に照らした効果的なコミュニケーション
- (8) 互いの立場を尊重し合う職場環境
- (9) 過去を問い直す態度

② 見ざる、聞かざる、言わざる、問わざる、考えざる、為さざる

以上が、当時、国会事故調の関係者に述べておきたかった安全文化についてのストーリーです。本稿では、このNRCによる健全な安全文化の特質9項目について、繰り返し言及します。

日本において、特に問題だったのは、臆せず問題提起ができる職場環境(6)と、過去を問い直す態度(9)だったというのが、私の経験的所見でした。この2つには、相互関係があります。過去を問い直すと問題が出てきますが、「今さらそんな問題を蒸し返すなよ」、とか、「それで解決策は考えてきたのか」、と怖い上司に言われれば、良かれ

と思って発言しても、自分の今の立場と将来をリスクに曝すことになってしまいます。

たとえば、米国では、埋設配管やタンクの経年劣化と地下水汚染を監視するため、敷地内にサンプリング井戸を多数設置して検査を行っています。その情報が入り、これを提案したとしても、「そんな検査をやって、もし汚染が見つかったらどうするんだ。余計な騒ぎになるだけじゃないか」となってしまいます。また、これも米国では実践されている、原子力発電所の従業員に対するアルコール・薬物検査を提案したとしても、「そんな検査をやって、下請け作業員ならともかく、もし、うちの社員にまで出てしまったらどうするんだ」となってしまいます。

結局、設計基準地震動や津波の設計基準の問題、テロ対策の問題なども同様だったのだと思います。見ざる、聞かざる、言わざる、問わざる、考えざる、為さざるが蔓延し、多くの重要な安全問題に対する解決が滞り、蓄積していきます(本誌2015年7月号には、そのような例が15項目示されています)。

次に、安全文化と関係のある最近の重要な問題を取り上げ、少し詳しく議論してみます。

③ 水素爆発をめぐる議論

2015年度から私も一委員として参加することになった新潟県技術委員会。思うに同委員会は、県内に柏崎刈羽原子力発電所があることで必然的な関わりのある東京電力にとって、率直に言って、厄介な存在かもしれません。私のスタンスは、地元の人々のために、東京電力の協力を得て爾々と、同原子力発電所の安全性を確認することです。しかし、もし現在進行中の議論によってそれが確認できない場合、あるいは逆に、新たなリスクが明らかになったときには、躊躇なくそのことを同僚委員と共有してその軽重を評定し、それにふさわしい判断をしなければならなくなるでしょう。

東京電力にとって悩ましいのは、そのような安全性の確認が、関係法令に則って、原子力規制委員会との間で進められているために、私たちに対しては、すでに原子力規制委員会に対して行った

説明の枠からはみ出せないという拘束があることです。そして、私たちにとって悩ましいのは、そのことのために、本来、協力者であるはずの東京電力が、論敵のようになってしまうことです。

その象徴的な問題が、福島第一原子力発電所1号機の水素爆発をめぐる議論です。

3.1 意見の隔たり

新潟県技術委員会は、福島第一の事故究明が未完なうちは、柏崎刈羽原子力発電所に対する対策の有効性の裏付けも不完全、という立場を原則としています。福島第一1号機の水素爆発は、その後の事故の展開に影響する重大な出来事だっただけに、この原因について東京電力と同じ理解を共有することは、重要なステップと位置づけられます。

これまでの公式な事故調査報告書では、同1号機における水素爆発は、原子炉建屋の最上階(5階)で起こったもので、この空間に水素が蓄積したプロセスについては、格納容器の上蓋フランジからの漏洩を主要な漏出源とする説明でした。

ところが、同委員会の田中三彦委員は、その階下(4階)における機器の損壊状況の激しさから、最上階におけるものとは別の水素爆発がここでも起こっていたのではないかと疑念を抱き、その仮説を裏づける状況証拠を指摘しています。

原子炉压力容器からの水素の漏出は、純粋な乾燥した水素としてではなく、水蒸気との混合気体としてのはずですから、水素が爆発濃度になるまでには、水蒸気の成分が凝縮することによって、相対的な水素濃度の上昇が起こる必要があります。

しかし、そのことが4階で起こるためには、4階と5階の空間を連通する開口部が、閉鎖されていなければなりません。さもなければ、下階から立ち上ってきた高温の水素と水蒸気の混合気体は、4階に滞留して水素が濃縮されることなく、そのまま5階まで上昇していくはずだからです。

田中委員は、自らの現場検証もふまえ、4階の機器には、激しい雨だれに曝されたような痕跡が至るところに発見されること、4階の天井部に布

設されている換気ダクトが、下からの強い力で押し潰されたように変形していること、そして、爆発の起こる前には、4階と5階の空間を連通する開口部が、実際に鉄板のハッチで閉鎖されていたことを指摘しています。

これらの指摘と、これらをふまえた仮説——もう一つの爆発が4階でも発生していた——は、かなり真実味のあるもののように私には思われます。さらに、この仮説を支持する証拠は、他にもまだいくつかあるようです。これに対して東京電力は、田中委員が指摘する観察状況が、従来の公式な説明とも矛盾しないと主張します。とは言え、その内容のあまりの不自然さに、私は、反発よりもやや憐憫を感じています。たとえば、雨だれ模様については、「事故前からあった可能性がある」と言いますが、事故前の福島第一は、白い靴下で床面を100m歩いてもそれほど汚れないほど、プラント保守に携わる職員によって維持されていたはずだったのです。あのような目立つ汚れた雨だれ模様が、長い間放置されていたはずがありません。

3.2 安全問題としての重要性

巧みな責任逃れによって無難に社会を渡り歩いてきた人でない限り、東京電力のこのような立場と同じような板挟みの状況に置かれることは、私たちの日常生活でも、しばしばあることです。「所詮はお前も同じ原子カムラの出だな」と言われるかもしれませんが、私には、自由に前言を翻せない東京電力の立場が理解できます。

しかし、この問題は余りにも重要であるため、私も旗幟鮮明にしなければなりません。田中委員の仮説が、たとえ1割の可能性についてであったとしても、その意味することが、次の点において、極めて重要だからです。

- 過酷事故下に、過圧されたBWRプラントの格納容器の気密性が顕著に劣化するシナリオとして、上蓋フランジだけが注目されているが、福島第一1号機の4階爆発説は、他の漏洩箇所も示唆する。そのような漏洩

箇所としては、格納容器本体の他、配管・電気ケーブル貫通部、機器ハッチ、人員出入り用エアロックなどがあり、これらが加わることで、過酷事故の進展解析や、環境に放出される放射性物質の量(ソース・ターム)の評価が、大きく変わる可能性があること。

- 格納容器の上蓋フランジ以外からの水素の漏出を仮定し、原子炉建屋の各階の天井部が、潜在的な滞留、濃縮ポケットになり得ると仮定した場合、新たに水素検出器と排気手段を設けなければならなくなる。また、予定している水素再結合器が、十分な有効性を発揮しなくなる可能性があること。
- そのような新たな水素爆発対策を実施せず、原子炉建屋の下階で爆発が発生した場合、サプレッション・プール、格納容器ベントの配管、使用済燃料プールを損傷させ、その後の過酷事故の進展シナリオを著しく悪化させる可能性、および、原子炉や使用済燃料プールへの注水ライン、格納容器へのスプレー水ラインが損傷する可能性についても追加検討しなければならないこと。
- 原子炉建屋の下階での漏洩シナリオは、著しい環境悪化(温度、放射線レベル)を意味し、人的な事故対応を著しく危険で困難なものとし、成功を妨げる可能性があること。

3.3 東京電力の安全文化

同委員会にとっては、東京電力はあくまで技術的な協力者であり、そのように遇されるべきだと思います。しかし、もし、参加される各氏が皆、日新館で仕の掟を教え込まれた会津藩の子息のように秩序正しく、前の説明に忠実であり続けようとするならば、今後どのような証拠を同委員会追加で示したところで、見解を覆すことはないでしょう。ただし、それが、地元の人々にとってだけでなく、事故が発生したときに、現場を放棄できない自社の社員にとっても、将来、極めて深刻な状況に導く可能性のあるものであることを理解してほしいと思います。

NRCのポリシー・ステートメントにもある、健全な安全文化の特質に則り、私たちは、互いの立場を尊重し合い(8)、安全に照らした効果的なコミュニケーション(7)に努め、住民の安全を最優先にした計画(4)について合意しなければなりません。そのため、東京電力の各氏には、過去の決定を再考し(9)、必要があれば覆す勇氣をもってほしいと願います。

「年長者の言うことに背いてはなりません」、「ならぬことはならぬものです」との禁を解き、臆せず問題提起ができる職場環境(6)を実践してほしいと願います。私は、東京電力の参加者が、全員自社の説明に心底納得しているとは信じません。5階での爆発が、4階と5階の境にあるクレーン昇降口のハッチを、下に押し付けるのではなく逆に上に開かせ、その後勢いよく下降する爆風が、突然くると180°方向を変え、4階天井にある換気ダクトを上を押し潰したとする説明を、内心困惑して聞いている参加者もいるのではないかと思います。

その場合、私たちの前では沈黙していても、社内では、プレッシャーに臆せず、きちんと持論を発言できてほしいと願います。そうしないことが、10年後、20年後に後悔とにならないように。個人責任(3)は、たとえ日本の法律上は免れても、最後に自分自身の良心による咎めは免れません。

もちろん、当事者にはとても実践の難しいことを私が願っているのは知っています。

添田孝史氏が著した『原発と大津波 警告を帯びた人々』(岩波新書)の帯に、次のように氏自身の感慨が述べられています。「東電社員や保安院の元幹部らの話を聞いている時、『私が彼らの立場だったら、どんな行動をとっていただろうか』と考えることがある。(略)怖いのは、組織の中で定年退職までつつがなく過ごし、良い条件の天下り先や第二の就職先を確保するためなら、私も彼らと同じように振る舞った可能性が、少なからずあることだ。」

4 過酷事故評価をめぐる議論

もう一つ大変困った問題があります。

“The problem is not how to estimate rare events, but rather how to identify events that are not rare but go unrecognized.”(問題は、稀少な事象をどう推定するかではなく、むしろ、稀少でもないのに見落とされている事象をどのように拾い上げるかである。)

これは、本誌2014年9月号でも紹介しましたが、米国科学アカデミー(NAS)が2014年7月に発行した「米国の原子力発電所の安全性向上のための福島事故からの教訓」と題する報告書で引用した、元国会事故調の黒川委員長の言葉です。とても噴かましいことなのですが、今まさに、この黒川元委員長の戒めの言葉と逆のことが進行中で、やはり、安全文化の未熟さのために、ブレーキが利きません。

4.1 稀少な事象に対する緻密な推定作業

原子力規制委員会が、過酷事故に対する規制基準において指定しているシナリオに、「大LOCA+ECCS喪失+SBO」があります。東京電力も、このシナリオに沿って、柏崎刈羽原子力発電所6、7号機(ABWR)に対する過酷事故評価を行っています。

ABWRの場合、原子炉圧力容器に接続されている大口径配管は、すべて燃料の最頂部よりも高い位置にありますので、大LOCA(大口径配管の破断に伴う冷却材喪失事故)が生じて、その直後は燃料が露出していません。とは言え、このシナリオのように、ECCS(非常用冷却系)が全滅する事態を仮定すれば、破断した配管から蒸気が流出し、急速に水位が低下して燃料は露出します。東京電力の解析によれば、0.4時間後には露出した炉心が損傷を起こします。

この事態に対する東京電力の対応は、次の通りです。まず事象発生後10分で状況把握を終え、その後、各班手分けして現場に急行し、代替の交流電源を起動して電源系を復旧することでSBO(全交流電源喪失)から脱し、すぐさま原子炉注水を

開始します。ここまで2時間です。そして、損傷した炉心を再冠水させます。しかし、すでに損傷した炉心からは大量の放射性物質が放出され、格納容器内に充満しています。

この後は、蒸発によって失われる水量に注水量を絞りますが、格納容器の中は、水蒸気によって温度と圧力が上昇を続けます。これを減速させるため、格納容器スプレーを作動させます。それでも25時間後には限界を迎えてしまい、格納容器を破損させないため、ベントを行うこととなります。このとき、0.0025 TBqのセシウム(Cs-137)が環境に放出されます。

その後東京電力は、以上の評価を修正します。原子炉への注水開始について2時間後としていたところ、70分に短縮できるということです。すると、ベント開始のタイミングを38時間後にまで遅らせることができ、環境へのセシウムの放出量も5分の1(0.0005 TBq)に抑えられます。

余談になりますが、福島第一原子力発電所から約8kmのところ、私の居宅があります。帰還困難区域内ですが、2013年3月、8回目の「一時帰宅」をした際に、玄関前の石畳の上を測定したところ、GM計測器で2万3000cpmありました。測定窓の直径が45mmで、Cs-137のベータ線に対する計数効率が38%ですので、汚染密度としては63 Bq/cm²になります。これに敷地の面積を掛けると、わが家の敷地内には、約2.5×10⁸ Bqのセシウムがあることとなります。これが、事故から2年が経過しての値です。それまでには、激しい風雨に何度も曝されましたので、天然の「除染効果」もあったはずですが、2年間で半減したと仮定しましょう。

すると、東京電力による過酷事故評価の結果は、こうなります。将来、もし柏崎刈羽原子力発電所の6号機か7号機が事故を起こし、放射性物質が放出されたとしても、その総量は、せいぜい、福島第一から8kmほど離れたところにある標準的な民家1軒の敷地内にある分と同等である。

どう思いますか？

4.2 稀少でもないのに見落とされている事象

インターフェイシング・システム LOCA(IS-LOCAと略される)と呼ばれる事故があります。これは、隔離弁によって高圧系統と低圧系統が隔離されていて、運転中、当該の隔離弁が誤動作か誤操作によって開いてしまうか、しっかりと全閉していなかったことで、高圧系統の圧力が低圧系統に抜け、低圧系統を破壊する事象が、原子炉圧力容器に繋がる系統において発生する場合の特殊な冷却材喪失事故のことです。

この場合の誤動作は、たとえば、電動弁の制御回路が、火災に巻き込まれた場合に心配しなければなりません。しっかりと全閉しない弁は、特に逆止弁の場合、実際に時々発生していることです。一次系ではなかったのにIS-LOCAではありませんが、そのようなトラブルが、1985年11月22日、米国カリフォルニア州のサン・オノフレ原子力発電所1号機で発生しました。流路に逆止弁が何台もあるにもかかわらず、次から次と逆流を許し、タービン建屋にある給水加熱器を破裂させ、重大なトラブルとなりました。

IS-LOCAの怖い特徴は、破口が格納容器外に開いてしまい、原子炉圧力容器が、格納容器の外側に直接連通してしまうことです。もし、そのまま炉心損傷が起きてしまえば……。

たとえば、日本のBWRプラントで最もポピュラーなBWR/5という炉型の場合、このようなIS-LOCAを起こさせる潜在性のある系統としては、5系統、6ライン存在します。①低圧注水系の注水ライン、②原子炉停止時冷却系のポンプ入口ライン、③同系戻りライン、④原子炉圧力容器ヘッド・スプレー・ライン、⑤高圧炉心スプレー系入口ライン、⑥低圧炉心スプレー系入口ラインです。

幸い、実際にIS-LOCAが発生した事例は、今のところありません。しかし、上流から流れて来た異物が引っ掛かり、閉まらなくなっていた逆止弁や、隔離弁が隔離しない状態だったという事例は、決して稀ではありません。その場合でも、低圧系に圧力センサーを付けて異常を知らせること

表一米国における主蒸気隔離弁(MSIV)の閉止動作不良の事例

発生日	プラント名	原因
BWR		
1987年2月24日	Hope Creek	駆動部の電磁弁が閉塞したことで閉止動作が妨害。
1988年5月17日	Dresden 2	グランド・パッキンがきつく、弁棒との摩擦が過大。
2004年9月11日	Oyster Creek	内部部品の摩耗による固着。
2013年9月13日	Hatch 2	熱膨張による固着。
PWR		
1980年10月17日	Indian Point 2	駆動機構内部の部品の固着
1989年2月4日	Indian Point 3	グランド・パッキンと弁棒の過剰摩擦。
2004年4月10日	McGuire 1	弁本体(ポペット)の傾斜, ガイド・リップの擦れ, 駆動部と弁棒の芯ズレ, 弁棒への横荷重, グランド・パッキンの過剰摩擦など複合的理由。(推定)
2006年10月1日	Beaver Valley 2	足場材が、駆動部の動作と干渉して全閉せず。
2009年9月17日	South Texas 1	

で運転員が圧抜き(ベント)を行うこと、逃し弁によって自動的に減圧することは可能です。しかし、それらが故障する可能性もあります。

BWRプラントでは、原子炉からの蒸気が、通常4本の配管(主蒸気管)によってタービンの入口に運ばれています。それぞれの主蒸気管には、2台の隔離弁(MSIV)が取り付けられています。もし、原子炉が停止した時点で、依然としてMSIVが閉止せず、ECCSも働かないために炉心が空焚きになったらどうなるでしょうか。やがて発生する大量の水素は復水器に溜まり、空気と混合して復水器を爆発させるか、復水器からタービンの軸受部を経由して漏洩し、タービン建屋を爆発させることとなります。同時に、大量の放射性物質が、環境に放出されることとなります。

フェイルセーフ設計で、強力な駆動機構をもつMSIVが閉まらないなどという事態は、ほとんどあり得ないと思うかもしれません。ところが、過去のトラブル事例を調べてみると、BWRプラントでもPWRプラントでも、意外と多いことに驚かされます(表参照)。

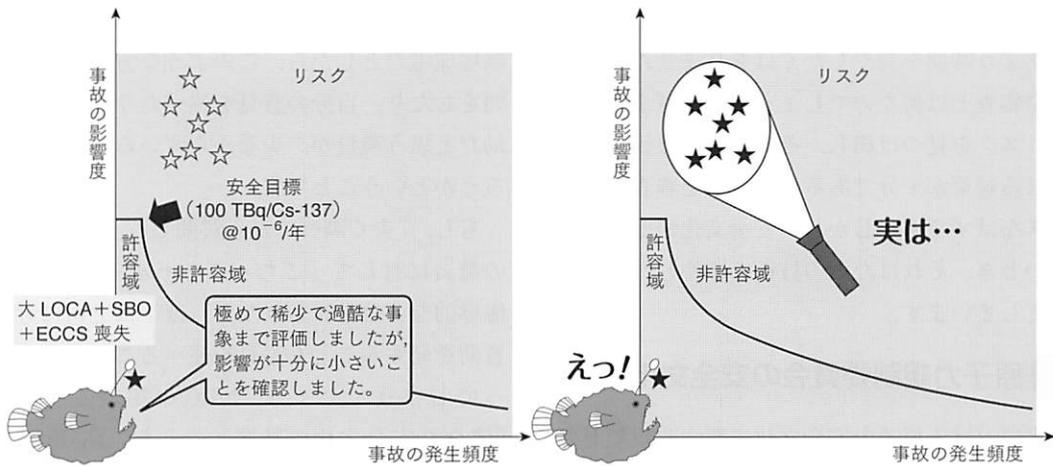
4.3 リスク・シナリオの適切な比較を考える

原子力規制委員会が指定した「大LOCA+ECCS喪失+SBO」というシナリオは、高度な安全性の存することを求めるため、あえてあり得ないような事態まで想定したとの印象を与えるでし

よう。そして、たとえば柏崎刈羽原子力発電所の場合、そのようなときでさえ、放射性物質が環境に放出されるまでには38時間の猶予があり、しかもセシウム(Cs-137)の総放出量は、福島事故のとき8km離れた地点にあった民家1軒の敷地を汚染させた程度(0.0005TBq)ということですので、拡散されるとき希釈を考慮すれば、実質、「心配御無用」ということになるでしょう。

他方、以上のシナリオで、「大LOCAの項」を、「MSIV閉止不能」で置き換えるとどうなるかと言うと、放射性物質が環境に放出されるまでの時間の猶予は、閉止不能の程度にもよりますが、最悪は1時間足らずとなってしまい、放出量にしても、停止直後の原子炉に内蔵されている数十万TBqのCs-137、数千万TBqの放射性ヨウ素のうち、それぞれ数%、数十%のオーダーにも達し、「心配御無用」とは程遠い結果となってしまいます。

では、どちらがより起こり得そうな事象でしょうか。もし、大きな地震によって、直径35cmの大きな配管(原子炉停止時冷却系の配管)がぶつつり切断されてしまうよりも、1本の主蒸気管にある2台のMSIVの弁棒が横荷重で曲がって閉まらなくなる確率のほうが高かったら、38時間というよりは38分後に、0.0005TBqではなく50000TBqのセシウムが放出し始めるということになります。直径35cmの配管破断は経験ありませ



図—リスク・シナリオの比較

んが、MSIV の閉止不能は、いくつも事例があります。

もし、配管破断同士を比較したほうがわかりやすければ、直径 35 cm と直径 15 cm の比較はどうでしょう。NRC の研究レポート (NUREG-1829) によれば、細いほうの后者の予想破断発生頻度は、前者の約 3 倍高いことになりませんが、これが、ABWR プラントの原子炉隔離時冷却系 (RCIC) の駆動蒸気配管のサイズで、格納容器の外側に布設されています。もし破断し、蒸気が出続けた場合には、原子炉建屋が大変危険な環境になります。格納容器の内側と外側に隔離弁がありますが、SBO を仮定した場合には、内側の隔離弁は開いたまま閉止操作ができません。幸い外側の隔離弁は直流モーターで駆動しますが、配管破断がこの隔離弁の内側で発生した場合や、直流電源も喪失して操作不能になった場合には、どうすることもできません。この後、破断口から噴出される蒸気には、水素と放射性物質が含まれるようになり、爆発は時間の問題になります。(ただし、原子炉建屋のプロアアウト・パネルが開き、どんどん外部環境に放出される場合には、爆発を免れるかもしれません。)

以上のように、もし、「大 LOCA+ECCS 喪失+SBO」というシナリオを考えるならば、同じ程度かそれ以上に起こりやすいかもしれないシナリオで、遥かに危険なものがいくつも出てきます。

著しく稀少で過酷な事故が起こったとしても

38 時間は大丈夫。その後放出される放射性物質は 0.0005 TBq。——福島事故の前ならばまだしも、あの事故を経験してなお、このような結果について何の疑念も抱かないとしたならば、健全な安全文化の特質の一つである問い直す態度(9)が、悲しいばかりに未熟であるということになってしまいます。

しかし、もし、作為的にこのようなアピールをして注意を惹きつけ、もう一方のシナリオを目立たなくしているのだとしたら、それは、本誌 2015 年 5 月号に書かれていた、問題のある情報伝達工作ということになるでしょう。重要な情報を隠蔽し、意思決定者の判断を狂わせたことで司法省に懲役 25 年が求刑された、デービス・ベッセのケースよりもまだと言えるでしょうか。

4.4 安全文化の視点から

日本の過酷事故評価には、さまざまな安全文化の問題が凝縮されています。やたら厳しい事故シナリオが設定されていると思えば、やたら楽観的な事故対応が見込まれ、結果的には上述のような評価値が提示されます。そもそも、以上のような決定論的議論は、本来、設計事故評価に限られるべきで、過酷事故評価には確率論的議論が適用されるのが国際的な標準だと私は理解しています。おかしな方向にスポットライトの当てられた事故シナリオに付き合っ、38 時間とか、0.0005

TBqといった値を議論する作業には、正直なところあまり時間を費やしたくはありません。

安全審査とは何なのでしょう。さまざまな角度からリスクを見つけ出し、その軽重を評価し、適用される対策が十分であるかどうかを審査するプロセスなはずです。しかし、安全文化がその底流にないとき、それはただの技術を駆使した詭弁に墮してしまいます。

⑤ 原子力規制委員会の安全文化

日本における原子力安全文化に関する規制要件は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(最終改正：平成26年12月10日原子力規制委員会規則第7号)にあります。すなわち、その第92条(保安規定)の中、第1項に「(前略)次の各号に掲げる事項について保安規定を定め、これを記載した申請書を提出しなければならない。」とあり、第一号から第二十八号までであるうちの第二号に、「安全文化を醸成するための体制(経営責任者の関与を含む。)に関すること」と記されています。

この規制要件の背景に何があり、原子力規制委員会として何を事業者に求めているのかがよくわかりませんが、もし問えば、IAEAや米国NRCの資料も参考に、模範的な答えが返ってくることでしょう。しかし、米国がポリシー・ステートメントとして制定したのに対し、日本では28項目並べられている保安規定の記載項目の1つであり、随分とスポットライトの大きさに差があるように感じられます。

それはさて置き、原子力規制委員会内部の安全文化についても、心配な点があります。原子力規制委員会の記者会見録に目を通すことが時々あるのですが、それを読んで感じることです。記者会見には、原子力規制委員会と規制庁の高位の方が対応していますが、ときどき、質問を発する記者に、かなり威圧的だったり苛立ちがこもっていたり、理由もなく怒っているような回答が見受けられます(たとえば2015年7月1日会見録。<http://www.nsr.go.jp/data/000112893.pdf>)。

私がとても不安を抱くのは、もし、この記者会

見の場が、そのまま原子力規制委員会・規制庁の職場環境だとしたら、このような方々に対し、質問をしたり、自分の意見を述べたりすることを億劫だと思う職員が、少なからずいるのではないだろうかということです。

もし、「よく調べてから質問しろ」、とか、自分の発言に対して「ごちゃごちゃ言っている」、と侮辱的なことを言われたら、部下は上司に対し、質問を発することも意見を述べることもしなくなってしまおうでしょう。NRCの掲げる9項目の「健全な安全文化の特質」のうち、(6)臆せず問題提起ができる職場環境、(7)安全に照らした効果的なコミュニケーション、(8)互いの立場を尊重し合う職場環境、に適合しているとは思えません。

仮に、原子力規制庁による安全審査や現場の検査も、そのような雰囲気で行われているとしたら、どのような審査内容や検査内容になるのでしょうか。安全文化の醸成を事業者に求める前に、まずは自らの組織に対する自己診断が必要であるように思えます。

その一方で、原子力規制委員会は、私たちによってもっと励まされ、政治的なプレッシャーからしっかりと守られなければならない状況でもあるように思います。政治的なプレッシャーは、原子力規制委員会の活動に有害で、原子力規制委員会の安全文化を歪ませてしまいます。

⑥ 結論

「原子力安全文化」は、数年前から、国際会議の場でも議題に上るようになり、日本からの代表者もそのような潮流を読み取り、実態にかかわらず、まるで活発に活動しているかのような発表をします。問題に対する模範解答が何であるのかを考え、それに則した発表をするのです。

そんな中、2014年3月、NRCが主催する毎年恒例の会議(RIC-2014)で、ベトナムの原子力規制機関(VARANS)の代表者が、「わが国に染み付いた生来の文化と原子力の安全文化には、顕著なギャップが存在している」、と世界各国から集まって

いる人たちが見守る壇上で発言するのを聞き、何と正直で勇気のある方だろうと感動したものです。

ベトナムに染み付いた生来の文化というのが何なのかは知りませんでしたが、同国が、日本と同じように、儒教的な道徳の浸透した国であるということを知ったことがあり、ひょっとしたら両国は、同じような悩みを共有しているのかもしれないと思いました。日本人が世界から褒め称えられる、他者への親切、礼儀正しさ、日常のエチケットや生活ルールの遵守は、このような儒教的な文化に由来しているのかもしれませんが、ときにはこれが、原子力安全にとっての障害になるかもしれません。

上司が部下の過失を隠し、部下も上司の悪事を隠す。当人同士、互いの思いやりに感謝し合っても、その結果が重大事故では、とても褒められたものではありません。むしろ、仲間内では嫌われることとなりますが、躬のような人物が、原子力の社会には有益です。

白虎隊や赤穂浪士の一途さは感動を与えます。しかし、無条件に、「年長者の言うことに背いてはなりません」、「社長の決定だから」、と盲従させられ、「ならぬものはならぬ」、と黙らされるのは、臆せず問題提起ができる職場環境(6)に反します。やがて、武帝のようとはまではいなくても、上下関係に乗じて増長した横暴な上司が現れ、その周りに佞臣が集まり、李陵や司馬遷のような不幸とまではいなくても、うつやノイローゼに苛まれる部下が出てしまうかもしれません。

原子力が、日本の地理的・地質的環境と相性がよくないことは、これまでもいろいろ言われてきました。しかし、実はそれが、日本人の美徳としている文化とも、相性の合わないところがあるのかもしれませんが。今さらそんなことは言われてもありません。

戦の勝機に関する孟子の言葉に、「天の時は地の利に如かず、地の利は人の和に如かず」とありますが、これを原子力安全の脅威についての解釈にすると、偶発的なトラブルよりも劣悪な立地条

件のほうが怖く、劣悪な立地条件よりもさらに劣悪な安全文化が怖い、となるのでしょうか。そして、福島事故は、地震や津波によってと言うより、地震や津波に突かれた日本の原子力安全文化の弱さによって起こったのです。ですから本当は、この見えないところの改革も必要なのです。

安全文化について、保安規定の1項目として定めたからと言って、何が変わると言うのでしょうか。何を変えようと言うのでしょうか。米国でデビス・ベッセの問題が発生した2002年、日本では、東京電力の捏造・隠蔽が明らかになり、大きな問題になりました。NRCは、デビス・ベッセの再稼働を許さず、心理学者も含むチームを送り込み、徹底的に安全文化の改革を指導しました。他方、当時の原子力安全・保安院は、下請け企業の実態を調査すると言って、数十社か数百社の社長宛に、もし過去に東京電力から捏造・隠蔽の指示を受けた事実があったら報告せよ、との趣旨の手紙を送ったものです。もちろん彼らが、過去に長年、そして将来も関係が続いていく東京電力を「裏切り」、一度も顔を見たこともない相手からの手紙一枚に、どのような回答を返すかは、初めからわかっていたはずで

法令改正をし、安全文化を保安規定の1項目として追加したというのにも、このときと同じ熱意のなさが感じられます。それでも国際会議に出て行って、「わが国も安全文化の重要さは、貴国の皆さま同様に理解しているところであり、関係法令にも組み入れ、懸命に取り組んでいるところであります」、と語るときには便利です。しかし実際は、電力事業者にしろ、原子力規制委員会にしろ、「ギャップに苦しんでいます」、と本音を聞くときまで、安全文化の向上には、ほとんど真面目に努力をしてはいないのです。