

QASG ニュース

75
号



品質保証研究会
Quality Assurance Study Group

2012・6

- I. 巻頭言
- II. 第39回講演会報告
- III. 定例研究会・中間報告
- IV. 会員の声
- 編集後記

I. 巻頭言



副会長 石橋 邦夫

東日本大震災から、1年3ヶ月が過ぎた。岩手県を襲った大津波は、釜石港湾口に設置された世界最大規模の巨大防波堤を破壊し、海岸に設置された防潮堤を乗り越え、多くの尊い人命を奪った。また宮城県では仙台空港と震災救助を担うはずの海上保安庁航空隊基地、国防の要である航空自衛隊松島基地までも飲み込んでしまった。福島県での原子力事故により、多くの住民の方々に長期間の避難生活を強いると共に、広範囲に飛散した放射性セシウムなどの放射性物質の影響については、風評とも相まって未だに国民の「不安感」が完全には払拭されていない状況である。極めて残念ながら「品質保証システム」は今回の事故を未然に防止できなかった。品質保証活動は、ルール遵守や日常的な管理に眼が行きがちではあるが、この活動の究極の目標の一つは、「想定外を想定しリスクマネジメントする」ことであると思っている。しかし、識者の方の指摘にもあるように、公衆の「ゼロリスク」要求に押されるようにして、原子力関係者の中にあった「ゼロリスク」願望が、いつしか「信念バイアス」「確証バイアス」の状態に陥り、そして「ゼロリスク」確信に変化するに至り、結果的に「リスクマネジメント」が脇に追いやられてしまった。これは「集団浅慮」と言える事態である。即ち、これまでの、法令や規準への適合性を重視した実務に関する管理と改善という事業者以下だけをガバナンスしてきた「品質保証システム」だけでは対応できなかったことをこの事故は示したのである。品質保証研究会では、まさにこの「品質保証システム」と、それに関わる人間と組織の行動(ヒューマンファクタ)に着目してきたが、今回の事故によって大きな命題を突きつけられたと認識している。

エネルギーは社会生活だけでなく人類生存の基本要素であり、過去にもそうであったように、将来も国家間紛争による国家存亡をも左右するものであろう。再生可能エネルギーの増加も必要であるが、その普及には膨大なエネルギーを要し、また、太陽活動の変動により、将来起こりうる地球規模の気象変動に大きな影響を受けることも予測しておく必要がある。更に、ベースとならざるを得ない火力発電のCO₂による地球温暖化の影響は、海面上昇をもたらす、その住民避難の範囲は、今回の災害の比ではない。エネルギー問題は決して近視眼的に判断すべきものではなく、中長期的な安定的確保を多面的、総括的観点から見据える必要がある。

我々、技術者は「技術で社会に貢献する」ことが使命であり、それは「技術者倫理」の基本理念でもある。この「技術者倫理」は、「Aspirational Ethics」と言われ、改ざん、隠蔽問題で議論された「Don't do Ethics」ではなく、真に社会、人類のための行動を求める「Shall do Ethics」とされる。現在、原子力技術の将来のあるべき姿については国論を二分する状況となっているが、将来のエネルギー問題を根本的に解決できるのは原子力だけであり、必要不可欠な技術である。我々技術者は、その責務として、より安全な原子力技術の追究と同時に社会への丁寧な説明を継続的に進めていかなくてはならない。

信念バイアス： 把握情報だけでは結果的に判断が難しい場合でも、常識や思惑と矛盾しない推論を正しいとしてしまう特性

確証バイアス： 自分の判断や仮説を支持する確証のみを求め、反証を求めない特性

Ⅱ．第 39 回講演会報告

「国産ロケット打上げの失敗と成功から学んだこと」

講師：有人宇宙システム(株) 常務取締役

前村 孝志氏

（三菱重工業(株) OB 前 H-II A ロケット打上げ執行責任者）

去る2月3日（金）、有人宇宙システム(株)常務取締役 前村孝志氏をお迎えし、技術者として携わってこられた国産ロケット開発業務における失敗、打上げ執行責任者として直面された様々のトラブルを、どのように乗り越えられて、国産ロケットの信頼性を築いてこられたか、貴重なお話をうかがいました。

以下に、講演の概要を報告致します。

1. はじめに ～ロケット概論～

はじめに、ロケットの歴史、飛ぶしくみ、役割と日本のロケットの特徴などを導入として説明する。

1) 歴史

1897年、ロシアの科学者ツィオルコフスキーが「ツィオルコフスキーの公式」を発表、これが「宇宙に行けること」の発見となった。

実際には、1957年、世界初の人工衛星「スプートニク」がロシアで打上げられ、以降、人類初の宇宙飛行（1961年）、人類月面到達（1969年）、宇宙ステーションに人が居住（現在）と、僅か約50年の歴史であり、これは原子力発電技術の歴史の短さとも共通している。

2) ロケットが飛ぶしくみ

ロケットは燃料を燃やしてガスを作り、そのガスを推進力にして飛ぶ（ジェット機と同様である）が、その速度は、最終的にロケットとして打ち上がるために必要な秒速10kmに達する。

このため、膨大な燃料が必要であり、ロケットに占める燃料の割合は実に96%にも達している。

3) 基幹ロケットとその役割

ロケットは、その先端部に衛星等を搭載し、これを宇宙へ運ぶのが仕事である。現在、基幹ロケットと呼ばれている H-II A、H-II B ロケットは、通信衛星/放送衛星、気象衛星、測位衛星、情報収集衛星などを運んでおり、我々の生活に欠かせないものとなっている。

4) 日本のロケットの特徴

日本の基幹ロケットである H-II A の打上げ成功率は世界一流と言われる95%に到達し、またオンタイム打上げ率（天候による打上げ延期を除いて予定どおりの日時に打上げる比率）は最近では（2009～2011年）H-II B で100%、H-II A でも数十%を超えており、他国ロケットと比べる群を抜いて高い。



前村孝志氏：1975 年三菱重工業(株)入社、同社名古屋航空宇宙システム製作所にてロケット開発に従事され、H-II A ロケットの打上げが、宇宙航空研究開発機構（JAXA）から民間に移管された2007年の13号機から18号機まで打上げ執行責任者を務め、6機の打上げに成功された。2011年5月より現職で、安全開発保証、次期有人システムの開発をご担当されている。

2. ロケットの製造から打上げまで

ここでは、H-II A ロケットを例に、製造から打上げまでの過程を簡単に紹介する。

1) 主要メーカー

液体燃料タンクやエンジン等の構成主要部分の製作を含む製造の取り纏めと打上げを三菱重工業(株)が担当して、これに IHI(株)、川崎重工業(株)、日本電気(株)などが各種機器・装置を分担して製造している。

2) 工場製作(機体、システムの製作)

各メーカーで製造される部品は、H-II A ロケットで約100万点にもものぼる。これらは、名古屋にある工場で組み立てられ、1段組立、2段組立部分の各々で機能試験を行い、計画されたとおりの機能を有することを確認する。

その後、専用コンテナに格納されて、発射場のある種子島へと船で運搬される。

3) 最終組立

種子島へ到着したロケットは、大型トレーラに載せられて種子島宇宙センターの大型ロケット組立て棟へ運ばれる。

組立て棟にて、コア機体、固体燃料ブースターなどのロケット部を組立て、更に衛星等の搭載物を取り付けて、全体組立が完了する。

4) 発射場へ

大型ロケット組立て棟内で完成したロケットは、発射台に搭載されたまま発射場へと移動する。

5) 発射

ロケットは発射場に据え付けられた後に液体燃料が注入され、最後の点検、気象状況等の条件確認の後、発射管制室からの指令でカウントダウンを経て発射される。

発射後も、衛星を軌道に乗せるまでの約30分間は、緊張が続く。

ロケットの打上げという業務においては、約1年半という時間と膨大なお金をかけて、多くの人々が注力した全ての労苦の成果が、この僅か30分程度で現れることになる。

3. ロケット打上げの失敗と成功から学んだこと

ロケットの打上げという仕事は、常に新聞の1面を飾るもので、世間からの注目度も非常に高いものであるため、関係者の最大の使命は「打上げ成功を継続させること」にある。従って、ロケットの製作から打上げの間、各社は総力を結集して臨むものであるが、それでも、H-II ロケット5号機(1998年)、H-II ロケット8号機(1999年)、そしてH-II A ロケット6号機(2003年)と過去3度の打上げ失敗を経験した。

個々の打上げ失敗においては、原因究明をきちんと行ったが、その結果、二つの大きな教訓を得た。

一つ目は、技術は騙せない、正直である、ことを身を以て体験したことである。そのため、技術的に解明できない事象が起こったら、そのまま進めることはしないという姿勢を貫いた。また、何事も事実を正しく認識することであり、「だろう(いいだろう)」という判断はしないことを徹底した。

二つ目は、「事象や製品の出来栄えにはばらつきがある」ということを痛感したことである。これに対しては、まずは製造形状や材料特性におけるばらつきを可能な限り減らすなどの努力をした。更に、予測不可能な事象に備えて、システムに冗長性を持たせることまで対策した。

このように、最悪の事象を抽出し、対策を採ることを徹底し、これらを愚直に実践することによって、初めてH-II A20機中19機、H-II B 連続2機という打上げ成功を手の中にすることが出来た。



4. 今後の宇宙開発構想

無限に広く、資源の豊富な宇宙を開発する構想について、若干紹介する。

エネルギーの有効活用という点で、宇宙太陽光発電システムには注目したい。これは、静止軌道上で発電した電気をマイクロ波で送電しようというもので、発電時に二酸化炭素を排出しない、昼夜/天候に左右されずに発電出来るという特徴がある。

交通機関のエネルギー源を化石燃料から水素に換えることも夢ではない。(水素飛行機、水素自動車)

他に宇宙旅行などは既に募集している例もあるが、カーボンナノチューブをケーブルガイドとした宇宙エレベータなどの構想もある。

5. まとめ

最後に、ロケット打上げを連続して成功させた活動の原動力は何か、について述べる。

打上げは、万一失敗すると社会的注目度の面からも、そのコストの面からも代償が甚大である。当然のことながら、技術に対しては科学的、論理的アプローチを駆使して対応しなければならないことは言うまでもないし、これまでの経験を反映した再発防止策をしっかりと励行することは勿論であるが、何よりも大切なことは、関係者全員が“プロフェッショナルである”こと、即ち、自らの仕事にプライドと責任を持って臨むことが最も重要なことだと考えている。

また、打上げ執行責任者としては、緊急事態が起こっても、意識的にどつしりと構えている（ように見せる）ことも心しており、どんな場面においてもチーム員全員が最大限の力量を発揮出来るよう、留意した。技術力だけでなく、このような精神面とのバランスが重要である。

6. 番外編 打上げ執行責任者の種子島生活

ここで番外編として、打上げ執行責任者の生活について紹介する。

種子島へ赴任する前には、必ず神社へ参拝する。技術者が神頼みか？と思われるかもしれないが、反対で、これは、「人事を尽くして天命を待つ」意味で実行している。やるべきことを全てやったか？と自問自答し、全てやって初めて参拝出来るもの、と捉えている。

種子島は、当然ながら自然豊かな環境で、飲食店も多い。個人的にも焼酎、トビウオの唐揚げが美味しく、生活は快適である。

そんな中で迎える打上げ前日は、打上げの約半日前（つまり夜）に出勤する。それに合わせ15kmのジョギングをこなして就寝、18時起床というリズムになる。（ジョギングは、睡眠を深くするためにも、又、ジョギング中は雑念なく考え事が出来るので励行している。）

そして、最後に気になるのが、天候である。風速、雨量、そして雷や積乱雲の存在など、時々刻々と変わる天候に気を配りながら、待機要員約100名も含めて総勢約300人以上のスタッフで、発射場への移動から燃料充填、最終点検へと発射までのステージをこなしていく。

7. 質疑応答

Q1: 失敗の事例を後世に伝えるのに、文書化等効率的な方法はあるのか？

A1: 失敗の体験は財産と考えられるほど大事なものであり、私の属していた部門では、敢えて失敗を経験させるほどの文化があった。簡単な内容のものであっても、自ら失敗を体験して、色々と感じる事が重要で、文書などでは伝わらないものである、と考えている。

Q2: ロケットを構成する100万点の部品の殆どが購入品であると思われるが、その品質管理はどのように行われているのか？ノウハウは？

A2: ロケット打上げの民営化以前から、調達先の全てに対して三菱重工業（株）がお付き合いをしていた訳ではないので、当初は工場にも入れてもらえないという苦労もあったが、打上げを成功させることが使命という我々の気持ちを判ってもらうことに注力した。たとえば問題が発生したら、2次より先の調達先であろうと、担当者が自分で出向き、その内容を確認することを徹底するなどの姿勢や行動で示して分かってもらった。



今回の講演会参加者は52名にのぼり、活発な質疑応答、意見交換が行われた。

Q3: 本日は液体燃料ロケットの話が主であったが、固体燃料ロケットというのはあるのか？ペンシルロケットなどの発展性は如何か？

A3: 液体燃料は大型ロケットに用い、固体燃料は科学衛星打上げ用の小型ロケットに用いるという棲み分けになっており、勿論、現在でも活用している。「はやぶさ」を飛ばしたのはM-Vロケット(ミュー5型ロケット)であり、次の世代としてはイプシロンロケットが開発中である。

なお、初期のペンシルロケットは、技術を蓄積する過程でのものであり、現在、そちらへ戻る必要性は感じられない。

Q4: 品質確保意識を高いレベルで維持させるための活動において、不適合が発生する時の閾値がある、と言われたが、具体的には何を閾値としているのか？

A4: 何となく大丈夫かなあ、と感じる直感を大事にしたり、連続して上手くいっている時などは注意が散漫になってくるので、引き締めたりすることがある。「その時に何かしなければ」と感じることを閾値と表現したものである。

Q5: 宇宙太陽光発電システム、水素飛行機などは、どのような開発ステージにあるのか？

A5: 何れもそんなに近い将来に実現するというものではなく、また開発費用も膨大になると考えている。一方、宇宙エレベータは比較的に実現性があると個人的には考えている。

Q6: カウントダウンしている最中に、発射を止める時の判断はどうやっているのか？

A6: 止めるクライテリアは明確であり、判断を迷わないようになっている。具体的事例として例えば地震発生時のクライテリアでは、打上げ30秒前までの間だと発射を中止する地震の大きさは決まっている。またそれ以降は、地震が発生した時点でその大きさに拘わらず中止することになっている。

Q7: 日本における有人宇宙飛行実現の可能性はどのくらいか？

A7: 人を乗せるには、ロケット機能にバックアップシステムが必要であり、また、有事の際、人間だけを助けるための緊急脱出システムも必要となる。

また、人間が住む宇宙ステーションは既に在るし、人間が帰還するシステムは基礎技術レベルにある。従って、お金をかければ技術的には、有人宇宙飛行実現の可能性はあると言える。

Q8: ロケット製作、組立、打上げ作業における異物管理の状況は？

A8: 組立段階から、工具に番号を付けて管理するなどの異物残置管理を行っている。また工場内では部品、組み立て段階に応じて清浄度要求が設定適用されており、厳密に管理されている。種子島での作業も基本的には工場での組み立て作業と同様の管理を実施している。

（報告 今村 敬）

Ⅲ. 定例研究会・中間報告

□ 第 1 グループ

第 1 グループリーダー：武田 博文

1. 活動テーマ：

（1）品質システムの研究「原子力QMSのあるべき姿に関する研究 ―セクタ規格の調査・研究―」

原子力QMSのあるべき姿を追求するためH24年度の活動について議論を実施した。結果として、セクタ規格の調査・研究を行い、原子力QMSのあるべき姿について提言する。

① セクタ規格の調査

自動車／医療／航空宇宙業界のQMSに関するセクタ規格、及び海外QAプログラムとしてNSQ-100規格の要求事項について、ISO9001:2008との比較調査を行い、特異な要求について抽出を行う。

② 原子力QMSのあるべき姿の提言

抽出された各セクタ規格での活動が、原子力業界として実効的な品質保証活動に繋がるかの、また原子力のあるべき姿とは何かについて討議する。討議の結果を、原子力セクタ規格としての提言としてまとめる。

2. 活動実績

（1）定例研究会 兼幹事会

H24年2月8日とH24年4月20日の2回に渡り第1グループ定例研究会 兼幹事会を開催した。福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力のQMSのあるべき姿の議論、及び原子力特有活動として設計検証、解析業務 等管理強化を行っているものがあること、他の業界（自動車、航空、医療 など）では、セクタ規格として特徴的な統計手法やリスクマネジメントを規格で明確化している等の状況から、セクタ規格の調査・研究を行い、原子力QMSのあるべき姿について提言していくこととした。

□ 第2グループ

第2グループリーダー：三角 竜二

1. 活動テーマ

（1）東京電力福島原子力発電所事故の教訓に学ぶ

原子力を取り巻く環境の大きな変化の中で、政府の事故調査・検証委員会の中間報告を含め様々な情報が発信されているが、エラーマネジメントの課題を抽出、検討し、教訓となることを纏めていく。

（2）何が起きても対応できるシステム・組織の検討

以下の観点で想定外の事象が起きても対応できるシステム・組織を検討していく。

① 想定外の考え方の検討

想定外で起きる初期事象と影響をどう考えるか検討する。

② レジリエンス・エンジニアリングの検討

想定外の事象が発生した時、対策系としてのレジリエンス・エンジニアリングを検討する。（H21年度、22年度活動の継続）

③ リスクコミュニケーション

④ 安全を達成するため必要な個人及び組織のあり方の検討

これまで事故・トラブルを低減させるため、組織事故・不祥事の組織要因を分析し、さらに安全を達成するために必要な個人・組織の能力について検討してきた。これまでの調査・検討を現段階で見直し、整理するとともに安全・安心のためのエラーマネジメントの仕組みを検討する。（H21年度、22年度活動の継続）

2. 活動実績

（1）研究幹事会

① H23年度第1回研究幹事会をH23年11月28日開催し、活動テーマ、内容について討議した。

② 東京電力福島原子力発電所の事故について、国、学会、民間機関が発信している様々な情報をもとに議論した。またH23年12月26日に出される政府事故調査・検証委員会の中間報告についても今後議論し、エラーマネジメントの課題、教訓を検討することとした。

③ 今回の事故で、何をどこまで想定しなければなかったのかが注目を浴びている。この想定あるいは想定外について議論し、「何が起きても対応できるシステム・組織」について次のステップで検討することとした。

・ 原因系としての想定外の考え方の検討

・ 対策系としてのレジリエンス・エンジニアリングの検討

④ そのほか対策系として、リスクコミュニケーション、安全を達成するため必要な個人及び組織の能力についても検討していくこととした。

IV. 会員の声

株式会社オー・シー・エル
設計部 機器設計グループ 溝渕博紀

皆さん、はじめまして。昨年6月に入会しました会員番号 0232 の溝渕博紀です。社会人になってから 15 年以上にわたって、原子力発電所用燃料を取り扱う部門のさまざまなエンジニアリング業務を実施してきましたが、現在は燃料や廃棄物を輸送する容器に関連する設計業務を主に行っております。この度は、業務で発生するヒューマンエラーを低減するためのヒントを、品質保証の観点からアプローチされておられる専門家の方々との活動の中で見出せるのではないかと考え、入会させていただくこととしました。

品質保証関連の仕事を直接実施した経験はございませんが、設計開発業務であっても、何をするにも品質保証なしでは仕事は成り立っていないのが現実です。昨今は QMS 構築が小さなメーカーにまで浸透してきたこともあり、本研究会での活動には、先述のヒューマンファクターに係るような話題だけでなく、小生が吸収して業務へフィードバックすべき内容がたくさんあると考えております。原子力業界は、大きな方向転換をしている真っ最中ではありますが、今後、我々が生み出していくべきものがどのようなものであるのかを、しっかりと見極めて行動していきたいと思っております。

編集後記

第 39 回講演会は、「演題：国産ロケット打上げの失敗と成功から学んだこと」であった。講演では、ロケットの他にも今後の宇宙開発構想の一端として、ケーブル端が高度 96,000km に達する宇宙エレベータについて紹介があった。この宇宙エレベータ、カーボンナノチューブ製のケーブルを使用し、ケーブルにはたらく重力と遠心力のバランスによってピンと張った状態を保ち、その発着点であるアース・ポートは海に浮かぶ基地となり総延床面積は 27 万㎡、そして高度 36,000km 上の宇宙空間に静止軌道ステーション(13,200 ㎡)を建設し、50 人が滞在できるようにするという。

ところで、H-IIA ロケットは、約 100 万点の部品で組み立てられていると話があった。ロケットは、種子島宇宙センターでの発射・軌道投入などの管制もあり、原子力発電所と同じくまさに「巨大システム」なのだ。巨大システムの製作・運用には、地道に高度技術を積み重ねてゆくことが大切なのはもちろん、時に関係者の良好なコミュニケーション無くしては、プロジェクトの成功はおぼつかない。品証業務を担当する筆者の周りでも、コミュニケーション不足に起因するヒヤリハットや不適合事例を数多く見聞きする。

コミュニケーション手段といってすぐに思いつくのは“会話”。会話には、「日常の(仕事上の)会話[仕事会話]」と「相手のことを理解する(聴く)会話[傾聴会話]」があるそうだ。仕事会話では、情報収集・問題解決を目的として、相手の話している出来事、事柄に焦点を当てる。一方、傾聴会話では、相手の気持ちを理解し、相手の理解・相互理解を目的として、話している相手がどんな気持ちで話しているのかに焦点を当てる。

仕事人間を自負する中高年世代の方の中には、家族を相手に仕事会話を展開してひんしゆくを買い、また総スカンを食った苦い経験を持つ方もおられよう。実はかくいう私もその一人……。家庭では傾聴会話こそが家庭円満・夫婦和合の定石のコミュニケーション術であることを身をもって知らされた。ちなみに、家庭円満・夫婦和合は、気力を充実させ老いを遠ざける秘訣だという。

さて冒頭の話に戻って、かの宇宙エレベータ、大林組が 2050 年までに共用開始する構想らしい。宇宙エレベータに乗って宇宙旅行を楽しめるように、日頃から傾聴会話を実践し、いつまでも若さと気力を保ちたいと思う今日この頃である。

(S. K)