

日本を元気に！
壁を乗り越え未来を
切り拓きたい



新日本製鉄(株) 代表取締役副社長 技術開発本部長

岩城 正和

(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)技術参与・名誉教授

的川 泰宣氏



まとかわ・やすのり/1942年広島生まれ。65年東京大学工学部航空学科学宇宙工学コース卒業(宇宙工学第一期生)、70年同大学院工学研究科航空学専攻博士課程修了、工学博士。東京大学宇宙航空研究所、宇宙科学研究所、(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)教育・広報統括執行役、同宇宙科学研究本部対外協力室長を歴任。この間、ミューロケットの改良や数々の人工衛星の誕生に尽力し、80年代にはハレー彗星探査計画に中心メンバーとして参画。2005年、JAXA宇宙教育センター設立とともにセンター長に就任、現在JAXA技術参与・名誉教授。また08年NPO法人「子ども・宇宙・未来の会」を設立、会長に就く。著書は『宇宙は謎がいっぱい』『宇宙の謎を楽しむ本』(共にPHP文庫)、『月をめざした二人の科学者』(中公新書)、『逆転の翼』(新日本出版社)、『轟きは夢をのせて』『人類の星の時間を見つめて』(共に共立出版)、『小惑星探査機「はやぶさ」の軌跡』(PHP研究所)など多数。

これまで約300基ものロケット打ち上げに携わり、長年、日本の宇宙開発において主導的役割を果たしてきた川泰宣氏。昨年6月、宇宙探査機「はやぶさ」(※1)が小惑星イトカワの探査から帰還し、世界初の快挙として日本中が沸き返るなか、宇宙開発を通して人々の夢を育む「宇宙活動の語り部」[宇宙教育の父]としてメッセージを発信し続けている。今年の技術対談では、科学者の枠にとどまらず日本の未来に向けた啓蒙活動を展開されている川氏をお招きし、日本における宇宙開発の意義や人材育成の課題、社会に向けて技術の価値を発信する重要性についてお話を伺った。

宇宙時代の到来を予感、人生を決める恩師と出会う

岩城 昨年は日本初の人工衛星打ち上げから40年、また「はやぶさ」が数々の苦難を乗り越え、月以外の天体から1500個のサンプルを持ち帰る世界初の快挙を成し遂げた記念すべき年となりました。今回の技術対談では同プロジェクトをはじめ、日本の宇宙開発を長年支えてこられた川先生にこれまでの業績とその意義、技術開発や人材育成の重要性、当社技術者へのメッセージなどを伺いたいと考えています。まず初めに、先生が宇宙工学を学び、宇宙開発に取り組まれた経緯をお聞かせください。

的川 子どもの頃から宇宙に興味があったわけではありませんが、小学5年生のとき、天体望遠鏡で初めて見たお月さまが大変印象的でとても感動しました。学生時代はテニスばかりやっていましたが、大学2年で専攻課程を決めるとき、望遠鏡で見た月の美しさや中学時代に新聞で読んだ「ペンシルロケット」(※2)の記事、高校時代に肉眼で見た世界初の人工衛星「スプートニク」(※3)の姿が頭をよぎり、これからは人間が宇宙に出て行く時代になると思って、当時新設された宇宙工学コースを選びました。自分で設計したロケットや人工衛星が宇宙に飛んでいく。「これを男の学問

だ!」と思いました(笑)。

岩城 その後、ペンシルロケットを開発した糸川英夫先生(※4)との出会いがあり、2年間糸川研究室で指導を受けられた。常に先駆的な取り組みに挑戦する糸川先生からの影響は大きかったのではないですか。

的川 大学院の教授陣の中に、中学1年のとき新聞で目にした糸川先生の名前があり、それを見た瞬間に天啓を受けた気がしました。糸川先生の研究室に入ろうと一大決心でお願いしに行ったら、「あ、いよいよ」とあっさり言われて肩透かしを食ったのが最初の出会いです(笑)。東京大学卒業後、飛行機的设计一筋だった糸川先生は、戦後、飛行機研究が禁止されたときは自殺まで考えたそうです。その後、一念発起して飛行機の主翼設計で培った振動学の知識を活かして音響学の研究に取り組み、音響学で博士号を取得されましたが、留学先のアメリカである科学雑誌を見て、「アメリカはロケットを打ち上げるだけでなく、人間を運ぼうとしている」ことに大変驚き、自分も日本で太平洋を20分で横断できるロケット飛行機のようなものをつくらうと考えた。それがペンシルロケット開発の発端となりました。

糸川先生から得た最大の教養は、やりたいことを絶対にやり、とことんまで追求する探究心と、逆境に負けずに周囲を引っ張り続けるリーダーの資格です。

※1 地球以外の天体から岩石などを持ち帰る探査に必要な技術の実証を目指した探査機。世界で初めて月以遠の天体の固体表面物質の回収に成功した。岩石採取手法が上空から狙いを定めて着地し、すばやく飛び立つ様に似ていることから「はやぶさ」と名付けられた。

※2 将来のロケット旅客機開発の実現を睨んだロケット推進の研究を目的に開発された超小型ロケット。日本で戦後初のロケット開発・実験となった。当時入手可能だった推進薬(固体燃料)の制約などにより、わずか23cmほどの長さのロケットで飛行実験が行われた。

※3 1957年に旧ソ連によって打ち上げられた、人類初の無人人工衛星。地球の回る軌道上で、電離層の観測と電波の伝播実験を行った。

※4 いとかわ・ひでお(1912~1999年)。日本の工学者。専門は航空工学、宇宙工学。ペンシルロケットの開発者であり、「日本の宇宙開発・ロケット開発の父」と呼ばれる。2003年、小惑星1998SF36が同氏の名にちなんで「イトカワ」と命名された。



ペンシルロケットを持つ糸川英夫先生 ペンシルロケットランチャセット(道川/秋田ロケット実験場)

自ら生み出す苦難が 日本の宇宙開発技術の礎に

岩城 糸川先生が物真似ではない独創的な取り組みにこだわられたのは、リーダーである自らの行動を通して、敗戦で打ちのめされた日本の生きる道を示したいというお気持ちがあったのではないのでしょうか。
的川 そうですね。糸川先生が最初の人工衛星を打ち上げるときに国産技術にこだわり「絶対真似はしない」と言った背景には、敗戦で疲弊した日本を元気にしたい、将来の日本のための足腰を鍛えたいという強い気持ちがあったように思います。私も大学院生として携わった日本初の人工衛星「おおすみ」は、1970年に5回目の挑戦でようやく打ち上げに成功しましたが、40年後の今になって、惨めな思いをした4回の失敗経験が日本の宇宙開発技術を鍛えたと実感しています。糸川先生はパイオニア、エンジニア、プロデューサーとしてここまで先を見ていた。宇宙開発で高みを目指すことは、未来を遠くまで見ることにつながります。

岩城 鉄鋼材料開発や生産設備開発でも結果がうまく出ないことがあります。大切なのはその後にはどのような姿勢で臨むかです。原因を徹底的に追求して次に活かしていくことが重要ですね。

的川 ロケットや人工衛星の開発では、実績があるものを上手に使い、うまくいかなかったものを工夫して少しずつステップアップさせ、新技術導入を最小限に抑える方法を取ります。目標に向かって一つずつ積み上げていき、あることを達成したらさらに高い目標を立ててその実現を目指していくことが技術の本質です。技術に失敗はない、次に活かせば成

功の素になる。限りなく高い目標を掲げれば失敗という言葉を簡単には使えません。我々の世代を通じて、日本の宇宙開発初期にあったそうした精神を若い研究者たちに継承したいですね。

研究者の熱意とチームワークが 「はやぶさ」を成功に導く

岩城 的川先生は固体燃料を使った大型の「ミューロケット」※5の開発や「ハレー彗星探査計画」※6で主導的役割を果たされました。2003年から7年間にわたる「はやぶさ」プロジェクトでは、アンテナに当社グループ企業である日本グラフィートファイバー（株）製の炭素繊維材料も使用されましたが、今回はイオンエンジン※7など画期的な新技術が織り込まれたと聞きました。

的川 「はやぶさ」はイオンエンジンの開発なしでは実現しなかったと思います。すでに先輩たちが開発に着手していましたが、私たちが生きているうちに実現するとは誰も思っていなかった。それが25年間その開発に取り組んできた頑張り屋の研究者が、日本独自のコンパクトで高効率なものをつくり上げ、プロジェクトマネジャーと検討してすべての機能を司る主要技術として導入しました。そのお陰で、姿勢制御やガスジェットシステムなどの故障が次々に起きて、イオンエンジンによる制御と推進だけでなく地球に帰ってくることもできました。

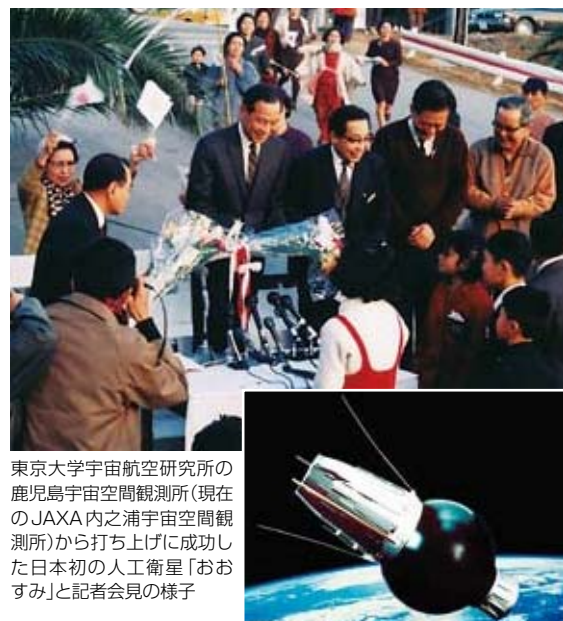
実はこれには興味深いエピソードがあります。軽量化がうまくいきプロジェクトマネジャーの判断で、当初3つだったイオンエンジンを事故に備えて4つにしましたが、それでも担当の研究者には「もしも全



ハレー彗星探査でのM-3SⅡロケット2号機の電波誘導オペレーション(左が的川氏、右は「はやぶさ」プロジェクトマネージャーの川口淳一郎JAXA教授)



ミューロケットM-3S 4号機打ち上げ



東京大学宇宙航空研究所の鹿児島宇宙空間観測所(現在のJAXA内之浦宇宙空間観測所)から打ち上げに成功した日本初の人工衛星「おおすみ」と記者会見の様子

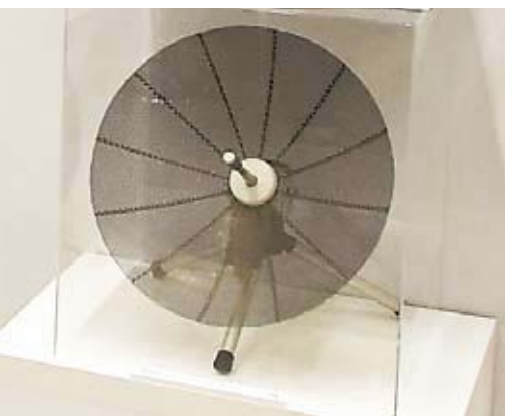
部壊れたら」という不安がよぎる。そこで打ち上げの直前になって製作会社に、エンジン同士をつなぎ万一それぞれの構成要素が壊れたときでも組み合わせて一つのエンジンとして機能させることを提案したら、「打ち上げ直前に探査機をいじるなんてとんでもない。機体も重くなる」と却下された。それでも彼はまた考え抜き、ダイオード一つ付ければ重量を変えずにエンジン同士をつなぐのと同じ効果を持たせることができる」と提案し、あまりの熱意に情が移った製作担当者が「男と男の約束」でプロジェクトマネジャーにも関わらずに2人だけの秘密で実行しました。そして打ち上げ後、実際にエンジン4つが不完全になりプロジェクトマネジャーが絶望的な記者会見をした日の夜、その研究者が「言いにくいけど……実はつないである」と告白し、九死に一生を得た。これは感動的なルール違反、いやファインプレーです。

岩城 エンジニアの執念を感じる、大変示唆に富んだお話ですね。機械、化学、材料、制御などさまざまな技術が集積する開発目標に対して、単純に要素技術をまとめるのではなく、専門家がそれぞれの要素に深く入り、厳しい制約を乗り越えようとする中

で新たな知恵が生まれる。一方で全体のシステムを誰かが掌握して牽引する仕組みがあつてこそ大規模プロジェクトを成功に導くことができるという好例ですね。

的川 「はやぶさ」が帰ってくる1週間前に出演したNHKの「クローズアップ現代」で、「はやぶさが成功した要因を一言で言う」と聞かれ、じつと考えて出てきた言葉は『適度な貧乏』でした。「はやぶさ」はNASAであれば400〜500億円かかるところを130億円で作った。なぜできたかと言うと、とにかくプロジェクトの担当者が自ら考えて動いたからです。イオンエンジンの開発も制御も新しいものを生み出し、これ以上は外部の製作会社に頼まなければできないというところまで、とことん自分たちでやりました。その結果、ピンチに陥ったときも5〜6人の幹部が集まればシステム全体を見渡せるのでアイデアも生まれる。逆に、お金があまりなかったからこそできたとも言えます。

岩城 宇宙開発は想定外のことが起こるたびに専門家の知恵を持ち寄り、チームワークで方策を決めて乗り越える、いわば団体戦ですね。



日本グラファイトファイバー(株)製炭素繊維を使用した「はやぶさ」のアンテナの模型

その他にも新日鉄化学(株)のポリイミド樹脂(人工衛星などの多層断熱材の最表面用シート)、新日鉄ソリューションズ(株)の情報システム(地球観測衛星「いぶさ」のデータ解析用サーバなど)、新日鉄住金ステンレス(株)のステンレス鋼(「スーパーカミオカンデ」の水タンクのライニング)など、新日鉄グループでは、さまざまな宇宙開発関連事業に取り組む。



「はやぶさ」のイオンエンジン

※5 人工衛星の打ち上げによって宇宙開発を本格的に推進するために開発されたロケットシリーズ。26機の衛星を打ち上げ、世界の宇宙科学の発展に寄与したが、2006年の打ち上げを最後に引退。

※6 1986年に地球に最接近したハレー彗星の探査を目的とした計画で、日本初の地球重力圏脱出ミッション。「さきがけ」「すいせい」が投入された。

※7 電気推進エンジンの一つで、イオン化した推進剤のキセノンガスを、強力な電場で加速、高速で噴射させることによって推進力を得る。「はやぶさ」のイオンエンジンのシステム累計稼働時間4万時間は世界初。

●「はやぶさ」打ち上げから帰還までの年表

2003年	5月9日	鹿児島宇宙空間観測所より打ち上げ
2004年	5月27日	イオンエンジン点火
2004年	5月19日	地球スウィングバイでイトカワに向けて旅立つ
2005年	7月29日	小惑星イトカワの撮影に成功
2005年	9月12日	イトカワの上空20km地点グレートポジション)到着
2005年	9月30日	ホームポジション(約7km地点)到着
2005年	11月12日	探査口ポットミネラルバ分離
2005年	11月20日	1回目のタッチダウン。ターゲットマーカ放出
2005年	11月26日	2回目のタッチダウン
2006年	12月8日	燃料漏れにより、姿勢が安定せず
2006年	1月26日	地球との通信が復活
2006年	1月18日	地球との通信が復活
2007年	2月	試料容器のカプセル収納・蓋閉め運用完了
2007年	4月25日	イオンエンジンの再点火
2007年	10月18日	地球帰還に向けた本格巡航運転開始
2008年	5月末	地球から最遠に到着
2008年	10月18日	第1期軌道変換完了・イオンエンジン停止
2009年	2月4日	地球から最遠に到着
2009年	11月4日	第2期軌道変換開始・イオンエンジン再点火
2010年	11月19日	イオンエンジンに異常発生
2010年	3月27日	2台のイオンエンジンを組み合わせて推進力確保
2010年	4〜6月	第2期軌道変換完了・イオンエンジンの連続運転終了
2010年	6月13日	再突入に向けた軌道修正
2010年	6月13日	地球帰還・カプセル回収

過去に学び、自ら創造し、 社会に発信できる人材を

的川 長年ロケット・人工衛星開発プロジェクトに関わる中で、技術開発では、優秀な人材が時代とともに世代交代していくことに難しさを感じています。培った知見や技術をいかに継承していくかというところは、あらゆる分野の共通課題だと思いますが、新日鉄ではいかがですか。

岩城 鉄鋼業だけではなく高度経済成長を支えた多くの産業界では、いま世代交代による技能伝承が大きな課題となっています。ものづくりの現場では経験豊かな「匠」が若手を教育する仕組みをつくり地道に伝承しますが、管理者や研究開発者の育成は特に難しいですね。鉄鋼業は冶金や化学の世界だけではなく、巨大設備の機械・電気技術、制御技術などさまざまな技術の集大成で、それだけ技術伝承も多岐にわたります。その点は宇宙開発と似ているかもしれませんね。

的川 先日新日鉄の総合技術センター（RE）を見学しましたが、非常にバラエティーに富んだ集合体だと改めて驚きました。電子顕微鏡の研究者の方に「専攻は？」と伺ったら「物理学です」と言われ、そうした基礎的な専門家が在籍していることに鉄鋼業の懐の深さを感じました。一方で、8000トンの引っ張り試験の迫力には度肝を抜かれました。考えてみれば、長大橋や大型船舶などが私たちの暮らしにあるのは、あのような試験が行われているからです。自分の生活と結び付いて非常に身近に感じました。

岩城 日本の鉄鋼業は150年前に高炉を、そして戦後に転炉など近代製鉄の基本要素を海外から導入しましたが、そこから徹底的に本質を追求しながら

研究開発に取り組み、日本独自の技術を生み出してきました。REをご覧になり当社の研究開発体制や研究者に対するアドバイスをぜひお聞かせください。

的川 さまざまな分野の専門家が同じ施設に在籍している強みを活かし、分野を超えた議論を活性化させることで、今まで見えなかったものが見えるようになることがあると思います。先日の見学でそうした可能性を含めて総合的に技術を捉えている姿勢がよくわかり、心強く思いました。

宇宙開発に携わってきて思うのは、開発にはバイオリズムがある。事前に問題点を予見して克服できるときと、ピンチに陥って必死でもがいて新しいもの見つけていくときがあり、経験を重ねる中でその周期をつかめるといいと思いますね。

昔、糸川先生は獨創性を持つためには3つの要素が必要だと言いました。第一は、やりたいと思ったことを徹底的に追求する。第二は、先人の業績を理解しないと何が新しいかわからないので、先人がやったことをきちんと勉強する。第三は人との出会いを大事にする。獨創的な発想が生まれても人が評価してくれなければ社会の中で活かすことはできません。

壁を乗り越える技術的挑戦は「共感」を呼ぶ

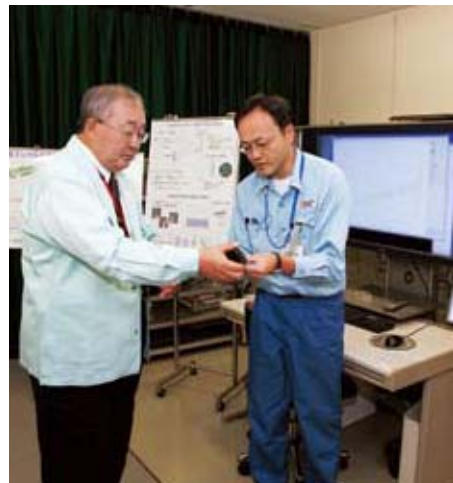
岩城 日本の鉄鋼業は、戦後、新たな設備技術や高品質の鋼材を独自開発し、その地位を確立してきましたが、現在、新興国の製鉄会社の急伸、原料価格の高騰、内需低迷、環境問題の顕在化など、鉄鋼業を取り巻く環境が急激に変化しています。これまで当社は原燃料をすべて輸入に頼る状況の中で、世界で最もエネ



(写真提供：(株)商船三井)



総合技術センター（RE）を見学される的川氏



新日鉄は大型船舶の安全性向上・軽量化に寄与する厚鋼板「EH47」を開発。写真はEH47を採用したコンテナ船（8100TEUシリーズ）



ルギー効率の高い製鉄技術を確立し、置かれた環境の中で挑戦し続け、壁を乗り越える経験をしてきました。これからもその姿勢は変わりません。また、鉄鋼技術はさらに追求すれば新しい世界がどんどん拓けると考えています。そのためにもう一度原点に立ち帰って本質的なことをやり直す必要性を感じており、先ほどお話しに出た電子顕微鏡を使ったナノ・ミクロの世界から鉄の素材としての可能性を追求するような取り組みも重要だと考えています。

いま鉄鋼業に限らず産業界はグローバル競争にさらされ、政治経済が非常に厳しい局面を迎えています。その中で昨年、「はやぶさ」に日本中が沸き返り、産業界にいる私たちも今後の夢や希望を与えていただいた気がします。

的川 日本全国どこに行っても「はやぶさ」を皆さんが知っていることが大変うれいすね。昨年6月の帰還の際に、オーストラリアの上空で燃え尽きていく「はやぶさ」の本体を見て子どもたちが泣き、本体が消滅してカプセルだけ残った姿に我が子を思う

親の気持ちを重ねる人もいました。こうした大きな「共感」が生まれ、全国に広がったことが最も意義あることだと考えています。今後、これを単なるブームで終わらせず、感動を共有した経験を原動力にして、国民的な力でこれからの日本が進むべき道を決めるような確かなものがつかめるといいと感じています。

岩城 まさに大きな壁を乗り越える姿に励まされ、国全体が勇気づけられた。そこから生まれた共感です。先生の著書『はやぶさの奇跡』が敗戦の8月15日に書かれていることの意味を考え、日本を元気づけた、復活させたいという先生の強い思いを感じ取ることができました。

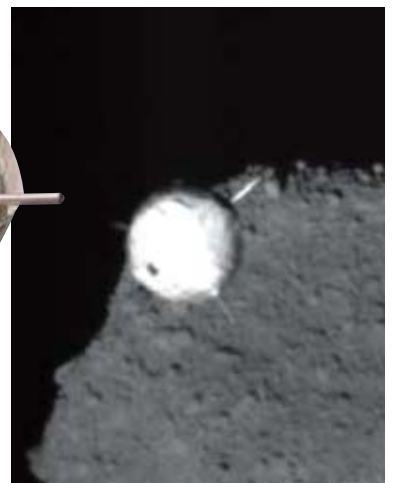
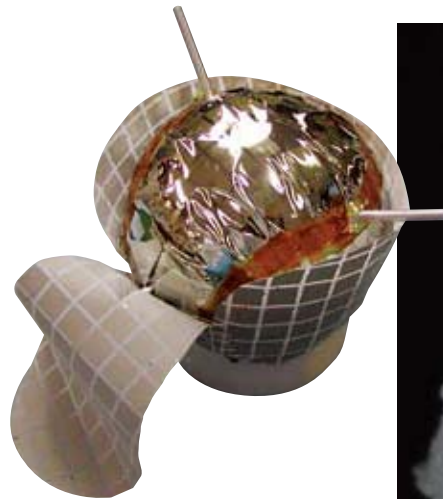
的川 そう言っていただと大変うれいすね。また、人工衛星打ち上げではロケットの部品などが周辺の海域に落下するため、漁業組合など地域への説明や交渉が不可欠で、そこで理解を得るのも乗り越えるべき壁の一つです。私はたまたま酒が好きだったものですから、いろいろな交渉役を任されてきました(笑)。ブラックホールなど専門的なことがわからなくても、物真似ではない新しいことに挑戦して日本が世界のトップに躍り出るといふ話は交渉相手の心に響き、共感してもらえます。子ども・大人に限らず、さまざまな分野でそうした共感が広がれば、日本はいい国になると思いますね。

岩城 世界において日本が確かな地位を築くためにも、近い将来、さらに宇宙開発の高みを目指す「はやぶさ2」の計画が具現化されることを願っています。当社はグローバル時代の激しい環境変化の中で、グループ社員が将来に向けた自分たちの可能性を共有し、挑戦し続けることで壁を乗り越えていきたいと思えます。本日はご多忙の中、貴重なお話をいただきありがとうございます。



的川氏はNPO法人「子ども・宇宙・未来の会」を設立し、会長として子どもたちの自然・生命・宇宙に対する感性を育む活動に熱心に取り組む

※ 宇宙開発関連の写真・図はJAXA提供



「はやぶさ」がイトカワに接近する際に目印として投下されたターゲットマーカ―には、「はやぶさ」打ち上げ前にJAXA宇宙科学研究所と日本惑星協会が実施した「星の王子さまに会いにいけませんか」に応募した世界149カ国88万人の名前が刻まれたアルミ箔が貼りつけられている。ターゲットマーカ―は永遠にイトカワ表面にとどまる