

野中郁次郎の

成功の本質

ハイ・パフォーマンスを生む現場を科学する

VOL.74

江戸っ子1号



2013年11月21日から3日間、江戸っ子1号の実証実験が千葉県房総半島沖の日本海溝で行われた。水深約8000メートルで深海魚をビデオカメラで撮影する実験が成功、船上で喜ぶプロジェクトチームの面々。その前に並び、オレンジ色の半球体3つが取り付けられた躯体が江戸っ子1号の3機。

東京下町の町工場の集まりが製作した無人深海探査機「江戸っ子1号」。その快挙は記憶に新しい。2013年11月、深さ8000メートルの水圧に耐え、世界初の3Dハイビジョンビデオカメラでの撮影に成功した。この快挙は、1人の男のふとした“意地”から始まった。

それが夢へと膨らみ、大学や国の機関など、多くの組織や人々を次々巻き込み、強い連携を生み、支援の輪を広げ、歴史に埋もれていた技術を掘り起こして実現への道を開き、ついには事業化を目指すに至った。

「アマゾンでの蝶の羽ばたきが遠く離れたシカゴに雨を降らす」。最初は小さな現象が相互に関連する複数の要因と合わさり、やがて大きな現象に至る。複雑系のカオス現象を喩えた表現だが、江戸っ子1号プロジェクトの4年半の過程も複雑系に近かった。ビジネス

野中郁次郎氏

Nonaka Ikujiro_一橋大学名誉教授。早稲田大学政治経済学部卒業。カリフォルニア大学経営大学院でPh.D.取得。一橋大学大学院国際企業戦略研究科教授などを経て現職。著書『失敗の本質』（共著）、『知識創造の経営』『知識創造企業』（共著）、『戦略の本質』（共著）、『流れを経営する』（共著）。



の世界でも不確実性が高まり、因果関係だけでは読み取れない複雑系の展開が増えている。そこではロジックでは解が出ない局面が多発する。そのなかでいかに動き、どうマネジメントするか。江戸っ子1号にそのモデルを探してみたい。

話は大阪から始まる。2009年1月に打ち上げられた人工衛星「まいど1号」。東大阪の中小企業経営者たちが、自分たちで人工衛星をつくる計画を宇宙航空研究開発機構（JAXA）が後押しした。この計画の進行中、中心メンバーを東京の取引先の社長が訪ねた。葛飾区で杉野ゴム化学工業所を運営する杉野行雄だった。

工業用ゴム製品を製造し、高い技術力は国内外で知られるが、納品先の大企業の海外生産移転により受注量は減少。周辺の同業の工場も次々と姿を消した。

下町の町工場が技術を結集 水深8000メートルへの挑戦

「このままでは世界に誇る日本の町工場の技術は消えてしまう」。同業者で技術を持ちより、共同開発を進めるなど、生き残る努力を続けていた。そんな杉野が東大阪の計画を知り、静観できるはずがなかった。「大阪が宇宙なら東京は深海だ」。対抗心が燃え上がった。杉野が話す。

「日本近海には海底資源が豊富にあるから探査機を開発する。まわりを誘っても相手にされませんでした」

5億円の費用に一度は断念

ある日、取引のある東京東信用金庫（本部・墨田区）、通称ひがしんの支店で支店長に雑談がてら話すと、思わぬ反応が返ってきた。「夢のある企画じゃないですか。町工場を元気づける起爆剤になりますよ」。ひがしんは中小企業庁主管の「地域力連携拠点」に選定されていた。地元企業に対し、ほかの機関と連携してワンストップで支援する。ひがしんは芝浦工業大学、東京海洋大学と産学連携協定を結んでいた。2009年5月、最初の“羽ばたき”が周囲を動かし始めた。

杉野はひがしんの担当者とともに、両大学の産学連携コーディネーターに相談に行った。そこで1人の人物との運命的な出会いが待っていた。元は動力炉・核燃料開発事業団（現・日本原子力研究開発機構）で燃料設計に携わり、研究所副所長も務め、退職後、芝浦工大の連携推進部に転じた桂川正巳だった。翌年にひがしんに移り、重要な役割を担うことになる桂川だったが、その日は「動燃時代の知り合いがいるから」と、国の専門機関、海洋研究開発機構（ジャムステックJAMSTEC）に電話を入れ、深海探査の勉強会の指導を受諾してもらった。こうして信金、大学、専門機関を巻き込む形となり、参加企業も16社に増えた。

動きが加速したのは、JAMSTECの無人探査機を見学したときだった。町工場の職人の直観が反応した。

「実物はフレームに機器がむき出しではめ込まれていて、部品を見て触ると、そんなにとてつもないものではないなど。ただ、大半が海外製。カチンときましてね。日本の将来に必要なものを海外に頼っているとは、あってはなりません。部品なら何とかなる。でも勉強会を重ねるうちに、部品だけじゃ面白くないから、小型探査機をつくろう。勢い余っての悪ノリでした」（杉野）

勉強会を始めて1年後の2010年夏、JAMSTECの指導で遠隔操作型探査機の試案ができあがった。全長1メートルほどで、車輪で海底を動く。問題は費用だった。チタン製耐圧容器だけで3000万円。全体で3億～5億円かかる。辞退者が続出。残ったのは杉野の会社と、「従業員が育つ場になりたい」と参加した精密板金加工の浜野製作所（墨田区）の2社だけだった。技術的にも難しく、断念。でも、あきらめきれなかった。

「町工場は踏みつけにされっ放しでした。あきらめたらおしまいです。なにくそとしつこいんです」（杉野）

身の丈に合う開発はできないか。ねばり強さへの共感が、JAMSTECの技術者からアイデアを引き出した。ガラス球のなかにカメラを入れ、自由落下で深海に行き、撮影し、おもり錘を切り離して浮上させる。35年前、発足もないJAMSTECで実験した方法だった。技術者は、「道具も資金も不足したなかで探査機をつくろうとした自分たちと姿が重なった」と言う。

深さ8000メートルの海では指先ほどの面積に800キロの圧力がかかる。球体は圧力にいちばん強く、ガラスは圧力がかかると強度が増す。ドイツ製のガラス球は30万円ほどで買える。夢の実現可能性を引き寄せた。「一度断念し、解体寸前に追い込まれた分、ガラス球が輝いて見えた。転換点でした」（杉野）

翌2011年4月、精密試作加工のパール技研（千葉県船橋市）、電子機器製造のツクモ電子工業（大田区）の2社が加わり、4社でプロジェクト推進委員会が発

「それぞれ言うことは正しい。 でも全体を見てほしかった」

足。開発がスタートする。9月にはJAMSTECの「実用化展開促進プログラム」に採用され、高圧実験水槽での試験や海洋調査船「かいよう」による航海も可能になり、本格的なサポートを受けられるようになった。

自由放任のマネジメント

開発する探査機の構造はこうだ。ユニットは4つ。どれも直径33センチの半球を合わせたガラス球に封入される。撮影球、照明球、トランスポンダ球の3つはハシゴ状の躯体に固定される。トランスポンダ球は海中でも伝わる音波信号を電流に変え、錘に流して電触を起し、切り離す。躯体とつながった通信球にはGPS発信機が入り、浮上時に位置を知らせる。

開発にはいくつもの町工場と支援組織がかかわる。その進め方で刮目すべきは、企業4社に役割を振り分け、大学の研究室とペアを組ませて、それぞれの主体性に任せる“自由放任型”をとったことだ。たとえば、パール技研は芝浦工大の研究室と組んで撮影球を、浜野製作所は芝浦工大の2つの研究室とペアで躯体と通信球を共同開発する。ガラス球も国産でつくることになり、世界有数の硬質ガラス技術を持つ岡本硝子（千葉県柏市）と、ガラス球カバーを製作するプラスチッ

ク真空成形で業界1位のバキュームモールド工業（墨田区）が新たに加わった。なぜ、自由放任を選んだのか。ひがしのコーディネーターを担った桂川が話す。「今回の大きな目的は、中小企業の下請け体質からの脱却でした。自分たちで考え、つくる。動燃時代の経験で、トップダウンでコントロールする秩序立てた方法も可能でしたが、それをやったら意味がない。時間がかかっても、みんなに知恵を出してもらいました」

自分で解を見つける。たとえば、パール技研は金属加工が本業だが、撮影球の開発と照明球との連携システムを担当した。大学の研究室と組んで電子回路の知識を吸収し、ボランティア参加のソニーの技術者とも協働して連携システムをつくった。桂川は自主性に任せながらも、「互いの関連を考える」ことも求めた。

「動燃時代の話ですが、各分野の専門家たちが1つの原子炉を見ているのに、みんな勝手なことを言う。それぞれ言うことは正しい。でも全体を見てほしかった。今回でも同じです。照明球でライトが暗いからと電池を倍にしても、その重さで浮上に支障が出ないように、ほかのユニットでその分を軽くするといった、全体視点で矛盾を解決するアイデアを自分たちで出してほしかったのです」（桂川）

杉野によれば、「月に1～2回、全体会議で進捗状況を確認し、困り事を相談し合うなど、横の連携にも力を入れた」という。桂川が話す。

「企業のメンバーもいい経験になったようで、たとえば、バキュームモールド工業の社長は『江戸っ子1号がくれたもの』と題して、ある冊子の取材に答え、社員の視野が広がったことをあげています。その成果を社内で生かし、自分の部門での改善が隣の部門でひと手間増えることにならないよう、全社的な視野で改善について考える取り組みを始めたそうです」

一方、それぞれの主体性に任せる進め方は、開発の



杉野行雄氏

杉野ゴム化学工業所
代表取締役 社長



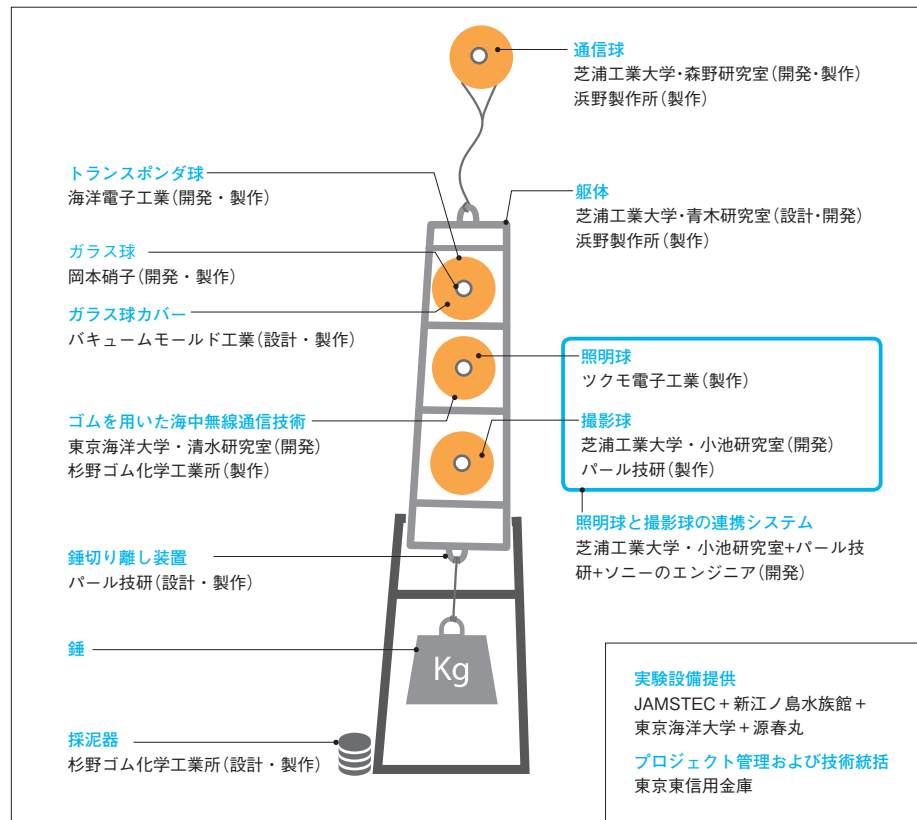
桂川正巳氏

東京東信用金庫
お客様サポート部コーディネーター
江戸っ子1号プロジェクト
推進委員会事務局

江戸っ子1号の設計開発 および製作分担

撮影球にはソニー製ビデオカメラと全体を制御するコンピュータ、照明球にはLEDライトを封入する。どちらにも大容量電池と非接触充電回路が入っており、ガラス球に穴を開けて電線で接続したり、接点同士を接触させたりせず、密閉したままガラス越しに充電できる。採泥器は圧縮したゴム製のジャバラの結束を電触線で切り離し、ジャバラが元に戻ったときに海底の泥を吸い込む構造だ。

出典：「江戸っ子1号プロジェクト推進委員会事務局」資料より



現場では、「産学の相乗効果」を生んだ。杉野が話す。

「典型が“電波を通すゴム”の発明です。電波が通じない海中で球体間の無線通信ができるようにする。ペアを組んだ海洋大の研究室の大学院生が偶然、ゴムで連結した球体間で電波が伝わる現象を発見した。もしかして電波を通すゴムがつくれるのではないか。うちの会社でいろいろな原材料でテストしたら反応するものがあつた。われわれはプロですから、これを増長させるには何が必要かがわかる。図星でした。驚いたのは大学の先生で、3年はかかると思っていたのが半年で学会発表ができた。職人の技と大学の頭脳が合体し、誰もなし得なかったことができたのです」

自由放任から統制へ

自由放任で進んだ開発は開始1年後の2012年5月、拡散から収斂へ、攻めから守りへ転換する。深海での実験が翌年に決定。このままでは間に合わない。桂川は裏方から前面に出てコントロールする方針に転じた。

「以降は、工程表を作成し、私が指揮をとり、従っていただくようかなり強引に求めました」

企業のなかには本業との日程調整がつかず、桂川と衝突するところもあった。参加企業中、社長が36歳と最年少だったパール技研は1000分の1ミリの精度を出せる技術を持ち、試作も最初から完璧なものをつくらうとして、製作が進まなかった。そんなとき、桂川は段ボールの切れ端で、装置の原理だけを具現化したサンプルを手づくりして示し、モノづくりでは技術力の高さを誇るだけでなく、自分に何が求められているかを考えることが大切であると伝えたりもした。

開発は工程表に沿って進み、実験へと移った。最初は無償協力の新江ノ島水族館の大水槽を借りた。次いで、水族館の紹介で漁船「源春丸」の協力を得て、相模湾に出た。2013年4月の第4回相模湾実験はすべてのユニット、装置を組み込んだ初の実験だったが、全項目で失敗。桂川は原因を論理的にたどる「フォルトツリー解析」を使い、問題点を洗い出してメンバーに

「最初は夢物語だったのが、 ついに事業化へと進んだ」

示し、事故を想定したチェックの重要性を認識させた。

最終段階では、深海実験の目標を「探査機が水圧に耐える」「帰ってくる」「見つけられる」の3点に絞り、それ以外の要素は条件次第で排除も決断した。

2013年9月、本番の実験は台風により中止。かいようの使用は1年先になる。利用できるのは年度末まで。実験は絶望視されたが、熱意に共感した人々の奔走で再挑戦が決定。動きは止まらなかった。

2013年11月21日。完成機を載せたかいようが横須賀港を出港。1日目、房総沖水深4090メートルの海域に1機目を投入。2日目、日本海溝の水深7860メートルおよび7816メートルの海域に2機目、3機目を投入。3機とも回収に成功。取り出したビデオカメラには、機体の餌箱に深海生物のヨコエビやシンカイウサウオが群がる映像が鮮明に写っていた。実験は成功した。

事業化し、世界展開へ

ひがしん訪問からの4年半を杉野はこう振り返る。

「最初は夢物語でした。それが人と出あい、ガラス球と出あい、努力の積み重ねで、何とか使い物になり、ついに事業化という誰も考えなかった方向へ進んだ。それは、町工場に決断の速さ、フットワークの軽さ、柔軟な対応力があったからで、そこに学の知が加わり、JAMSTECの絶大な支援があり、何より、まとめ役のひがしんさんの役割が大きかったと思います」

ひがしんがまとめ役を担ったのは、「信用金庫は地域の中小企業で成り立ち、一蓮托生だから」と桂川は

言う。当の桂川は“隠れた成功要因”もあげる。

「価値基準の異なる組織がかかわったこのプロジェクトがバラバラにならなかった要因は、舞台裏の支えです。支援組織のトップ同士が定期的集まり、情報共有していた。同時に事務局レベルでも早期に連携が生まれ、ツーカーの関係が生まれました。そして、行政とも支援組織を通じて太いつながりがあった。経済産業省の『グローバル技術連携支援事業』に採択され、助成金が交付されたのもその成果です。金融も含めた“産学官金”の間で、顔の見える緊密な支援体制が組めたことで、表舞台で自由闊達な開発ができたのです」

プロジェクトの成功は、参加企業にそれぞれ変化をもたらした。杉野が話す。

「町工場は下りてきた図面をもとに、世界一の精度を出す自信はあった。でも、自分で提案し、図面を描かないと先はないと気がついてでもできなかった。今回はその体質から抜け出すきっかけになりました」

現在は岡本硝子を中心に、事業を開始。1台数百万～2000万円。海底の鉱物や水産資源、活断層の調査などのニーズを発掘していく予定だ。杉野が話す。

「政府も2014年、海洋資源調査に巨額の予算を投じ、重点課題と位置づけています。われわれの探査機も品質の信頼性を高めていけば、世界展開も可能です。類のないのが最大の強みです」

世界展開は夢ではなく、既に視野に入った実現課題だ。江戸っ子1号の羽ばたきが今、深海探査に大きな波を起こそうとしている。(文中敬称略)



ビデオカメラには深海生物のヨコエビやシンカイウサウオが群がる映像が鮮明に写っていた。

Text = 勝見明

ジャーナリスト。東京大学教養学部中退。著書『石ころをダイヤに変える「キュレーション」の力』『鈴木敏文の「統計心理学」』『イノベーションの本質』(本連載をまとめた、野中教授との共著)、『イノベーションの作法』(同)、『イノベーションの知恵』(同)。

複雑系のマネジメントには サイエンスとアートの両面が必要だ

野中郁次郎氏 一橋大学名誉教授

トータルエンジニアリング

私は東日本大震災の「民間事故調」の委員を務めた。原子力発電は先端科学技術を結集した知的システムである。そこでは、多様な知の境界を超え、関係性を読んで判断することが求められる。論理分析的なサイエンスで1つの固定的解を導くのではなく、事象を、直観的にありのままとらえるアートの発想もとり込んだトータルエンジニアリングが必要だ。動燃時代に桂川氏はそれを身につけたはずだ。

江戸っ子1号のプロジェクトではどうだったか。事象の因果が読めない複雑系の世界で、挑戦的な目標を実現するには、当事者が主体的にコミットメントし、自分たちで考え、その都度、ベターな判断を行い、知を創造していかなければならない。因果関係が不明確ななかで、トップダウンで演繹的にマネジメントしても知の創造は起こらない。

一方、ボトムアップは部分最適に陥りがちだ。プロジェクト推進にあたっては、部分と全体の矛盾を解消する場を設け、部分と全体の変換運動を常に仕掛けなければならない。

また、プロジェクトでは、企業、大学、専門機関、金融機関が境界を超えて結びつき、周辺組織や行政ともつながった。その都度、ベターな判断を行うには、サイエンスとアートを総合した実践知が必要であり、動燃出身の桂川氏は最適のまとめ役だった。

興味深いのは桂川氏が金融機関、それも信用金庫に籍を置いていることだ。しかし、信用金庫の使命は地域社会の振興と支援にあることを考えれば納得がいく。シュンペーターの指摘によれば、企業家と

バンカーの結合がイノベーションを起こす。地域の中小企業を支え、地域の知を活性化し発展させてイノベーションを推進するコミュニティ・バンカーの役割に大いに注目すべきだ。

職人のパターン認識の妙

複雑系事象において成果を出すのに、もう一つ大きな働きをしたのは、町工場の職人の実践知だ。職人はある事象に対し、深い経験の蓄積から文脈や関係性を一瞬で見抜き、その都度、ベターな判断を行う。因果を論理で突きつめるのではなく、「この場合はこれ、あの場合はあれ」といったパターンを直観的に認識できる。JAMSTECの探査機の部品に触れたときも、ガラス球のアイデアを示されたときも、電波を通すゴムの開発でも、パターン認識が発揮されたからこそ、前に進むことができた。因果だけを突きつめたら、動きは止まっていた。

こうした職人の知に学の知が加わり、アートとサイエンス、暗黙知と形式知、実践と理論のスパイラル運動が展開されて、知の創造に結びついていった。

杉野氏が深海探査機の開発を着想したのは、町工場の現状と未来に危機感を抱いたからだ。杉野氏は過去からの歴史の流れのなかで、現在そして未来を構想する歴史的構想力を持っていた。ほかのメンバーも同様だろう。下請け体質からの脱却という信念はこの歴史的構想力から生まれた。困難に耐えることができたのは、それに加えて信念もあったからだ。

プロジェクトは事業化が進む。複雑系のなかからビジネスモデルを生み出すことができれば、中小企業活性化の貴重なプロトタイプとなることだろう。