



READING, WRITING AND NANOFABRICATION

読み書きからナノファブリケーションまで

Nature Vol.460(171-172)/ 9 July 2009

2009年4月に開校した新設高等学校、横浜市立サイエンスフロンティア高等学校には、電子顕微鏡やDNAシーケンサーから天体観測ドームまで備わっている。これほど科学設備の整った高校はほかに類がない。ここから未来の科学者が巣立っていくことが期待される。David Cyranoskiが取材報告する。

横浜市立サイエンスフロンティア高等学校 (YSFH) の1年生の時間割は盛りだくさんである。1時間目は、アルゴンガスの中で単層カーボンナノチューブを成長させ、チューブのでき具合をマイクロラマン分光法で評価する。昼休みの後には、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) の実習が待っている。放課後ものんびりすることはなく、生徒たちは学校の天体観測ドームに集まり、星団や土星の環を見る。2009年4

月に開校したこの日本初の理数科高校の設備は、小規模な科学研究所に匹敵するといえるだろう。

この高校自体も、いふならば手の込んだ1つの「実験」である。その第一の推進者で、ゲノミクスの先駆者である生物物理学者の和田^{あきよし}昭允は、こうした理数科教育機関が全国的に登場し、生徒たちの数学や理科に対する意識を刺激して、そこから日本の科学界の未来のリーダーたちが

生まれることを期待している。近年日本では、数学や理科に対する子供たちの関心が薄れる「理科離れ」という現象がみられ、関係省庁の懸念材料となっている。和田は、YSFHはそうした関心を呼び戻すカギになると考えている。

この高校には「スーパーアドバイザー」が5人いるが、和田は唯一の常任アドバイザーであり、同校の設立に力を尽くした。彼は、日本の科学を世界最先端のレ

ベルに維持し続けるために、その40年の経歴のほとんどを、大胆で意欲的なさまざまな科学プロジェクトの立ち上げや運営、管理に捧げてきた。横浜市から10年前に、新しい高校の企画委員会への参加を打診されたとき、和田も同様に大胆で確固とした構想を抱いていた。「和田先生がいたからこそ、この高校は理数科教育の理念と目標を確立することができたのです」と佐藤春夫校長は語る。

解決すべき困難な問題もいくつかある。この高校は、エリート主義を助長するものだという非難を受けてもおかしくない。また、設立予算は95億円と高額であるが、これには横浜市が提供した土地代は含まれていない。そのため、このモデルが本当に全国に広がる可能性があるのかどうか疑問視する向きもある。

しかし和田は、この質問が終わらぬうちにイエスと答えた。もちろん彼は、横浜のこの実験校には検証して明らかにすべきことが多いことを認めている。「日本の理数科教育の将来は、YSFHが成功するかどうかにかかっているでしょう。また、それが重大な責務であることも私は承知しています」と彼はいう。

ニュートンとメンデルの木が見守る

和田の話し振りは穏やかである。彼は、先導役の英語教師、植草透公ゆきまさの後について、鶴見川に臨む延床面積2万5000平方メートルの5階建て校舎を案内してくれた。和田は、校庭にある2本の有名な木、アイザック・ニュートンの家の庭にあったリンゴの木のクローンとグレゴール・メンデルの遺伝実験の一部で使われたブドウの木の木のクローン、そして壁を飾る著名な科学者たちの実物より大きい肖像を誇らしく思っているようだった。「説明文はすべて英語です。生徒たちは英語を学ぶ必要がありますので」と彼はいう。和田は週に2、3日来校し、そのかわり「和田サロン」を開催して、クッキーをつまみコーヒーを飲みながら、生徒たちと最近

の科学論文や倫理問題を議論している。

研究者が同校を訪れたなら、開閉式ドームにおさめられた口径30センチメートルの自動制御型天体望遠鏡をはじめとするさまざまな設備に、大いに心惹かれることだろう。この天体観測ドームを含む高価な設備について、同校ではあるシステムを考え出した。装置を操作する技能が認められた生徒にライセンスを授けて、顧問がいなくても使用できるようにするシステムである。

使用設備がここまでのレベルにある学校は、世界でもまれである。米国バージニア州アレクサンドリアにあるトーマス・ジェファーソン科学技術高校のJim Jarvis科学技術部部長は、同校もYSFHと同様に、天体望遠鏡や走査形電子顕微鏡、PCR装置を備えていると話す。しかし彼の「欲しいものリスト」には、クリーンベンチやシーケンサーといった、YSFHにはあって同校にはないものもいくつか含まれている。

米国イリノイ州オーロラにあるイリノイ数学科学アカデミー(IMSA) Grainger Center for Imagination and Inquiryの所長、Judy Schepplerは、YSFHのナノファブリケーション(ナノスケールの製造加工)やナノスケール観察の設備は特に際立っていると話す。「米国をはじめ全世界には、このうちのいくつかを備えている学校もあるでしょう。しかし、1つの学校にすべての設備があるというのは、驚くべきことです」と彼女はいう。

最先端の設備があっても、腕のよい指導者がいなくては意味をなさないが、YSFHには優れた人材も集まっている。例えば、溝上豊はYSFHに赴任する前に、東京大学の研究室で1年間研修している。そこで彼は共著者の1人として論文を発表したが、所属欄には現在の所属先としてYSFHも併記されている¹。彼がYSFHに来ようとしたのは、それまで赴任していた高校では持ち時間の10%しか実験に費やせないことに嫌気がさしたからだという。現在は持ち時間の30%を費やすことができ、彼は大いに満足している。

YSFHの定員は各学年当たり240名だが、新設初年度受験倍率は5倍を超え、神奈川県内で次に高かった公立高校の3倍という倍率を大きく引き離れた。ある調査によれば、このように多数の受験生が集まった主な理由は、実験の機会が得られることだという。また、何人かの生徒にじかに聞いたところ、教師陣の話がおもしろかったからだと話してくれた。ある生徒は人工筋肉を作りたいといい、またある生徒はメタンハイドレートに興味があると語ってくれた。

こんなふうには生徒たちと話していると、「理科離れ」が進んでいるなどとは到底信じられない。しかし2004年以降、関係省庁は理数科教育について懸念を抱くようになった。その前年に世界各国で行われた標準テストで、日本の15歳の学力は、数学の順位が1位から6位に下がり、理科の成績も落ち始めていると報告されたからである。日本は常に、こうしたテストで1位もしくは上位を占めてきており、それを誇りにしてきた。この種のテストの最新データが得られた2006年の段階で、日本は数学で10位、理科で6位という順位に甘んじている。

巻き返しに出る

「理科離れ」の現象を受けて、日本政府は2002年より、理数系教育を重点的に行う高等学校を「スーパーサイエンスハイスクール」に指定し、理数科教育の強化のために、5年間(2004年までは3年間)で5000万円を各校に予算配分している。今年度の総指定校は、106校になる。和田はこれを、「広がりが浅い」第一歩だと表現している。標準テストの成績が下がったことに触れ、和田は胸を張ってこういった。「YSFHの生徒たちは、この流れを180度転換する先駆けとなるでしょう」。

和田は、科学が強い影響力をもつには時としてリソースを集中させることも必要だと、長年にわたって行政関係者を説得してきた。しかし、必ずしも思うようはい

なかった。和田は、1970年代に生物物理学者として大規模な自動シーケンシングを最初に構想した1人だったが、当時、それに対して懐疑的な生物学者に数多く出会った。これらの技術が海外で盛んになっていたにもかかわらず、官僚たちは明確な方策を打ち出さず、日本のゲノム研究は遅れをとってしまった。結局、ヒトゲノムプロジェクトが完了したとき、各国の担当した比率は米国が59%、英国が31%だったのに対し、日本はわずか6%にとどまった。和田の努力が失敗に終わった経緯については、『ゲノム敗北』（ダイヤモンド社）という絶妙なタイトルの本で詳しく取り上げられている²。

その後、和田は自分の構想を実現する幸運に恵まれた。日本で1989年に開始した、ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム（HFSP）の立ち上げと維持に大きくかかわることができたのである。同プログラムには共同研究プロジェクトも含めて3000人の研究者が参加し、そのうち13人はその後ノーベル賞を受賞している³。1998年に和田は、日本初の包括的ゲノム研究をめざして横浜市に設立された、理研ゲノム科学総合研究センター（GSC）の初代所長となった。惜しみなく資金が投入されたこの研究センターは、日本のヒトゲノムおよび霊長類ゲノムの塩基配列解読研究の先導役を果たし、マウスゲノムの遺伝子に機能注釈をつけ転写ネットワークを一覧化するプロジェクト（FANTOMプロジェクト [Functional ANnotation Of the Mammalian Genome; 哺乳動物ゲノムの機能注釈]）で世界的に高い評価を受けた⁴⁻⁵。「和田先生は率直に物をいう人で、時には手厳しいこともおっしゃいますが、先生のビジョンや判断は決してブレることがありません」と、理研のFANTOMプロジェクトを率いる林崎良英は語る。「皆が和田先生について行こうという気になる理由は、そこにあるのだと思います」。

では、YSFHに関して、和田と彼のビジョンに賛同してついて行こうとする人がいる



和田昭允とYSFHの生徒たち（差し込み写真）。この高校（上）は理研ゲノム科学総合研究センターに隣接している。



だろうか。YSFH設立の話し合いの中で最大の障害は開設費用だった。しかし、それは横浜市が支払うことで解決した。このような莫大な開設費用がかかるにもかかわらず、既にいくつかの地方自治体から、この高校に関する問い合わせがあったと和田はいう。Scheppelerによれば、理数科高校の豪華な設備から恩恵を得る生徒は一握りしかいないため、世間の風当たりがどうしても厳しくなりがちだという。「そうはいても、優秀な生徒が高度な理数科教育を受けるのは、芸術的才能のある子どもに芸術系の高等教育をするのと同じで、悪いことではないでしょう」と彼女はいう。和田もこの点を気にかけている。「YSFHは際立った能力をもつ子どもなら、たとえ低所得の家庭でも、安い授業料で高度な教育を受けられるのです」と彼はいう。YSFHは公立高校なので、授業料は月額わずか9900円である。

ノーベル化学賞受賞者で理研の理事長を務める野依良治は、この高校が、「何から何まで平等主義的な日本の公教育制度」を脱する助けになるだろうと話す。日本ではこうした平等主義的な考え方が徐々に薄れてきており、大学の予算はしだいに競争的研究資金や中核的研究拠点へと集中しつつある。しかし、YSFHの生徒たちが特別に恵まれた環境で理数系進路に足を踏み出したからといって、それが卒業後も続くという保障は何もない。「卒業後に国

立大学に入って、失望してしまう生徒がいるのではないかと心配です」と野依はいう。

和田は現在も熱心に、生徒たちを日本の最先端科学研究の一端に触れさせようとしている。YSFHは理研GSCに隣接しており、連携・協力の協定を結んだことで、GSCの設備の一部を使用することも可能となっている。

和田がかかわったほかの大きな冒険的事業と同じように、YSFHも、最終的には今後の成果に判定をゆだねることになる。ここで培われた独創性や、ここから派生した副次的効果が、標準テストの成績の向上につながるのだろうか。また、卒業生の中から新世代の科学者が生まれるのだろうか。Jarvisの話では、ジェファーソン科学技術高校の年間の卒業生450名のうち3分の2は科学関連分野で働いているという。YSFHのティーンエイジャーたちも同様に、ナノファブリケーションやPCRを使った数々の実習によって科学への情熱を駆り立てられたなら、この理数科高校という壮大な実験は成功したといえるだろう。（船田晶子 訳）

David Cyranoski は、Nature のアジア・パシフィック地域の特派員。

1. Nemoto, T., Watanabe, T., Mizogami, Y., Maruyama, J. & Kitamoto, K. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **82**, 1105-1114. (2009).
2. Ito, Y. *Nature* **433**, 107-108. (2005).
3. Wada, A. *Nature* **357**, 356 (1992).
4. Cyranoski, D. *Nature* **407**, 279 (2000).
5. Kawa, J. et al. *Nature* **409**, 685-690 (2001).