

横浜サイエンスフロンティア高校の挑戦

和田 昭 允

(横浜サイエンスフロンティア高等学校 スーパーアドバイザー)

はじめに

横浜市立「横浜サイエンスフロンティア高等学校」(以下 YSFH)は、日本で初めて恒久的に「サイエンス」を名前に冠した高校です。横浜市が 2009 年の「開港 150 周年」を記念して特別の予算措置をし、10 年近い検討を経て今年 2009 年の開校となりました。

私は第 1 回アドバイザー委員会(2003 年 7 月)から委員として、さらに、今年からは常任スーパーアドバイザーとして深く関わっています。創設にあたってわれわれが出した基本コンセプトは「先端科学技術の“ほんもの”に触れる体験をさせつつ、高い学力を育成し「科学技術日本」を支え、世界に雄飛するリーダーを育成する」でした。

この 4 月に、最初の 238 名の学生が難関——前期選抜では、神奈川県下公立校での断然トップの 5 倍以上——を通過して入校しました。現在、彼・彼女らは目を輝かせながら学習、運動、部活動、さらに YSFH 独自のユニークなプログラムに毎日を過ごし、構内は活気に溢れています。

ここに、この高校の基本理念、目的、具体的内容、期待、そして私の役割について述べます。私は、YSFH は理科離れの解決に向けて投じられた一石だ、と考えていますので、ご支援、ご鞭撻、ご批判をお願いいたします。

1. どのような人を育てたいか——「知識」「知恵」「こころ」の連動

日本はもとより世界人類のために活躍する「高い知性」「豊かな感性」「強い意志」がよくバランスした若者を育てたい。ここで学んだ“知・情・意”の基礎にさらに磨きをかけるために日本／海外のトップレベルの大学に進み、高い志をもって自分がこれぞと思う分野で世界を股にかけて活躍して欲しい。誰がなんと言おうと、あくまでも自分の大志を貫けという気持ちを込めて、私が寄贈した【燕雀いづくんぞ鴻鵠の志を知らんや】の扁額がロビーに掲げられています。

高い視点と広い視野をもつために、サイエンスに重点を置きつつも、世界を舞台にして活躍するための広い教養を与えます。リーダーシップの何であるかも知って欲しい。サイエンスを強調する理由は、知識もさることながら、それが物事をきちんと考える基本だからです。したがってカリキュラムは、数学、理科、国語、英語を重視することは勿論ですが、これらを総合するサイエンスリテラシーの学習を、上記の広域バランスを確保するためにとくにもうけました。また、日本史と世界史も必修科目として力を入れます。実体験と探究力を触発するために、20 の実験室があり、また充実した情報ネットワークを備えているのも高校としては異例でしょう(表 1)。

この高校から「理工農医系に進む学生」が巣立つのは当然ですが、それだけではなく、人文・社会系の道に進むリーダー的人材も輩出して欲しい。私は、サイエンスの考え方を——物事をよく観察し、データーを取り、因果関係を明らかにしながら、確立された論

理体系に基づいて解析・理解し、さらに将来を予想・予言する——は、文・理を問わず全ての分野に共通する、と信じています。

その根底にある私の考えを説明します。

私たちは毎日いろいろなことを学び、知り、考え、判断し、行動します。勉強し経験することで「知識」が増え、「知恵」が付き、世界が広がります。ここで、「こころ」も豊になると言いたいのですが、豊になることもあるが荒んだり貧しくなったりと、人の場合によって違ってくるのが現実なので要注意です。

私はこれら三要素が軸になっている「人間空間」とも言えるものをイメージしました(図1)。互いに直交する二つの軸——「知識」と「知恵」——を水平面に取り、それに垂直軸「こころ」を加えた三次元空間です。

知識・知恵面でつぎのことが起こります。

「知識」はわずかでも、「知恵」を絞ってそのわずかな「知識」を活用すると面白くなって、もっと知りたいと「知識欲」が湧く。その「知識欲」に駆られて一所懸命勉強すれば「知識」が増える。そうすると、それを使おうとしてさらに「知恵」が湧いてくる。まさに皆さんよくご存じの「知識」と「知恵」が互いに刺激し合いながら「知の発展スパイラル」を登る楽しい感じです。

教育は保育園・幼稚園から大学院まで、さらに広く家庭教育から社会教育のあらゆるレベルで、この「知識・知恵循環サイクル」に入れば成功でしょう。空間を自由闊達に楽しく動き回ることこそが大事です。知識なしには、動物の“生活の知恵”以上のものは発揮できない。そうかといって「知識」がいくらあっても「知恵」が湧かないままに知識軸にへばりついている人は、“歩く百科事典”にすぎず、新しいことは何も出て来ず、面白くもない。

知識・知恵面でいくら動けても、第三の「こころ」軸を忘れたら身の破滅です。「知識」と「知恵」の目盛りはゼロから正方向にしか伸びませんが、この軸には正・負がある——善と悪の両方向です。正方向は「慈善」「家族愛」「人類愛」など。負方向は、ありていに言って「欲」が駆り立ててねじ曲げられた「悪知恵」の結果です。行きすぎた金銭欲、権力欲、支配欲、征服欲、などなど。でも「知識欲」や「理解欲」など真つ当な欲としてのインセンティブは、発展のために不可欠です。その兼ね合いがむずかしい。

上述べた「サイクル」について一言：物事の発展には“サイクルに入る”ことが必要。後で述べる「和田サロン」では生徒たちに「見つける・知る」「モデル、表、グラフ、機械などを、作る・纏める」「納得する・理解する」のサイクルをいつも考えろ、と言っています。

2. そのためには何が必要か——人間にとってサイエンスとは何か？

サイエンスは、状況を冷静的確に判断し将来を見通し、前記の人間空間で最善の道を進む「人生・社会・世界ナビゲーター」です。

そもそも教育の究極の目的は何か？ 私は考えます——若い人はあらゆる方向に、多くの可能性をもっている。彼・彼女らが将来、自分の人生を振り返ったときに「自分は

有意義な一生を送った」と思える道に進んで欲しい。自分自身、家族、日本、さらには人類のために、一人の人間として出来るだけの努力をしたと満足できる道です。そのためには自分なりの使命感をもち、日々の生活に“ロマン”を感じ、多くの人と意見をぶつけ合いながら自分を高め、人生の岐路にあって正確な判断をし、また反省もする。この過程で、人生航路の最適解を求める“力”をつけ“自信”をもつことになるでしょう。

繰り返しますが、サイエンスで忘れてならないのは“こころ”です。サイエンスは正確・冷徹であるだけに、ときによっては冷酷極まりない。しかし冷酷・無慈悲は、人間の心が動かす社会にあって結局は破綻する——サイエンスの冷静な目は、この矛盾を認めざるを得ません。

この矛盾を克服するには「他人の“こころ”に配慮した知恵」がいる。社会と人が何であるかを見抜くその智恵を磨くために、YSFH ではコミュニケーション能力を人間関係の要諦と位置づけ、国語・英語を連携させながら少人数教育で、世界に雄飛する教養豊かな日本人を育てる。次節で詳しく述べます。

私の願い——中学から高校のもっとも多感な時期での人生設計にあたって、サイエンスが文・理を問わず社会活動にもつ絶大な力を感得し、日本人が祖先から受け継いだ科学と技術の優れた DNA が目覚める教育、明るい未来を仲間同士で語り合い励まし合える雰囲気になった教育、がしたい。

3. YSFH はそのために何をしているか——“知の探究舞台”の充実

校舎は明るく開放感のある設計が特徴。太陽光発電の採用、自然光を取り入れるアイディアなど、環境面にもいろいろと配慮。遠くに富士山を望み、キラキラ輝く鶴見川に面しては、生徒が寛いで議論が出来るラウンジ——後で述べる和田サロンの場——があります。

税金で学校を設置・運営する以上、横浜市としては市民の期待に応える責任がある。才能さえあれば所得階層に関係なく、¥9,900/月の費用で優れた教育が受けられるのですから、とかく低落気味と言われる公立高校全体の復権にもつながる。市は、本校で培った 21 世紀の学校づくりのノウハウを他の市立高校へ波及させ、将来的には小中学校にも広げていくビジョンを描いているようです。すなわち YSFH は、地域全体——あるいはオール日本！——の教育改革のパイオニアたる役割も課せられており、その責任は重大です。

YSFH では、先端科学技術の「ほんもの体験」や国際交流などを通じて「驚きと感動」を与え、知的好奇心を原動力に「知の探究」を深めていく教育方針のもと、新たな試みを数多く取り入れています。

特色のひとつは、総合的な学習の時間を活用した課題探究型の学習プログラム「サイエンスリテラシー」です。国が重視する先端科学 4 分野（生命科学、ナノテク・材料、環境、情報通信）から各自が興味のある題材を選んで学習し、校内の発表会や外部の科学コンテストなどで成果発表するものです。要は、高い視点と広い視野の涵養のために「数学・物・化・生・地の基礎に発し先端科学の諸分野に広がるネットワーク」を最初

から俯瞰させ、自分なりの展望をもたせます。

「サイエンスリテラシー」には専任の教員を置き、連携している大学・研究機関からの科学技術顧問の先生方との協力で指導。さらに少人数のグループ学習に対応するため、提携先の大学生・院生にもアシスタントとして指導に加わる。年齢の近い学生と接することは、生徒が自らの進路を考えるキャリア教育にもつながるでしょう。

理数教育の一方で、英語でのコミュニケーション能力の育成も重視しています。国際舞台で自分の意見を相手に的確に伝えるには、英語はもちろん、その前提となる国語力と論理的思考力も必要。国語・英語・情報などの教科指導に力を入れ、自分の学習成果を英語でプレゼンテーションさせます。

全教室にプロジェクターとLANを完備し、デジタル教材を活用。実験室20室、情報教室9室、CALL教室4室のほか、ゼミ室やe-learningに対応した自習室も備えるなど、学習環境が充実しています（表1）。

設備よりも決定的に重要なのは人です。そのために前述の大学、研究機関をはじめ、外部の優れた方々や地域の教育機関、企業との連携を、開校前の準備段階からすでに図っています。連携システムの恩恵として既述のように、多くの大学の教授、准教授、研究機関や企業の研究者が技術顧問として、教師への指導や技術的なアドバイスをし、授業にも参画しています。

実験室に多数配置されている高度な専門機器——走査型電子顕微鏡、ガスクロマトグラフ質量分析装置、DNAシーケンサー……——については、生徒たちはメーカーや大学の先生から講習を受けます。とくに若い研究者にきて貰い、“兄・姉さんの背中を見ながら”探究精神を感じ取る。そのために、装置に習熟した生徒には「免許証」を発行して装置を自由に使える権限を与える「ライセンス制度」を設けました。第1回生の彼・彼女らは、来年は“兄・姉さん”になって後輩たちを指導し、そこにYSFHならではの良き伝統が生まれることを願っています。

今後は、私が副理事長をしている「横浜市青少年育成協会」や館長をしている「はまぎん こども宇宙科学館」などと連携し、オール横浜市のサイエンス振興の中核のひとつとして、たとえば、夏休みに子ども科学教室を校内で開催したいと思っています。生徒たちが兄・姉さんとして子どもを指導する。それは生徒たちの知識の整理にもなるし、地域の子どもたちにサイエンスの魅力をアピールするでしょう。

文部科学省は高度の先見性をもって「スーパーサイエンスハイスクール：SSH」の制度を発足させました。その成功を受けて「国だけに委せてはおいては申し訳ない」というわけでサイエンス教育をさらに一歩進めるのが、横浜市がYSFHに託した願いです。ご参考までに、SSHとYSFH両者の違いを簡単な表にしておきました（表2）。

4. わたくし（和田）は何をしているか——“サロンの雰囲気”の醸成

私たちの脳は貯金箱ならぬ貯知箱であり、知恵が湧き出す玉手箱です。この箱は生まれたときはほとんど空っぽだが、だんだんと中味が貯まる。まずは両親・家族から生活の常識が入り、ついで保育園・幼稚園あるいは近所の子供たちとの会話で知識が広がる。それから学校で国語、歴史、算数、物理、化学、生物、地学……の整理された知識が入り、智恵の出し方も判ってくる。この“貯知”と“智恵の湧出”は、形を変えながら

一生続きます。そこでは周りの先輩、同僚、後輩から、印刷物による勉強とは比べものにならないほどの知の情報が、ドッと流れ入って来る。これが大切です。

この流れを太く楽しくするのが、ざくばらんな会話です。会話と言うからには、読書や講義のように一方通行であっては困るので、そうならないための雰囲気、つまり“場作り”がいらいます。

私は大学に研究室をもったとき、オフィスの隣室に大机を置いて“サロン”と名付け、誰が何時来てどんな議論をしてもよい“広場”にしました。話題についてのタブーは全く無し。研究室以外からも学生諸君が大勢寄ってきて、サイエンスはもちろん人生や社会のこと、その他なんでもあり。喧々囂々、侃々諤々、あらゆる議論が夜遅くまで渦を巻き、賑やかなことでした。

この“サロン”で年齢や地位——真面目な議論には余計な邪魔者——を捨て「こんな問題があるがどう考える？」「こうなんじゃないか？」「いや、そうはいつでもこういう考えもあるよ」と純粹で明快な価値観のぶつかり合いが延々と続く。嘘や誤魔化しのきかないこの“知のゲーム”が、私たちの相互理解、インスピレーションの触発、暗黙知・形式知変換、研究の発展にどれだけ貢献したか計り知れません。

そのサロンの雰囲気に浸りながら、知識の探索レーダーを長距離レンジにセットして、あちこちに飛ぶ話題を追いかけていると、かけ離れた二つのイメージがサッと結びついてうまいアイデアが浮かぶのでした。

会話し議論し、たまには喧嘩もして信頼を築くのは、サイエンスにかぎらず物事を真正直に考え発展させるときに欠かせないプロセスです。若い熱気に沸いた夢よう一度で、YSFHにもそんな“サロンの雰囲気”を作りたい——それが鶴見川を一望に見るロビーで、1時間半ほど開く「和田サロン」になりました。海外の大学で普通に行われているようにアフタヌーン・ティーのスタイルで、20～30名が紅茶・コーヒーを飲みスコーンを食べながらワイワイと始まる。サロンの壁には【**想像は知識に比べて更に重要 愛因斯坦印**】の扁額が掲げられています。一学年240名ですから毎週同じことを12回、約3ヶ月かけて、今ちょうど一回転したところです。

まず私は「君たちは、教室では答えのある問題を勉強している」そして「ここは答えのない問題をアーでもない・コーでもない自分の頭で考えるところだ」と切り出します。鶴見川の川面からの反射光の偏光を偏光板を使って見てから「ベクトル」「次元と成分」「三角関数」の三題漸に入る。三角関数はまで習っていないがそんなことはかまわない。フレネルやスネルの光学式からブリュースター角の話。はては、牛井の吉野家が、経営危機を科学的に切り抜けた話に及び「科学的なものの考え方の威力」を示します。生徒たちからは活発な質問がつぎつぎと出ます。たとえば「宗教は何次元ですか？」私の答え「次元は自由度の数だから、一神教のキリスト教・回教は一次元、日本はやオヨロズノ神がいるから8百万次元だ」と、まあこんな風にやっています。

サロンに限らず、外部の方の講演会でも質問がどんどん出る——マイクの後ろに生徒が列を作る——は、YSFHの特徴のひとつです。あるときは「和田先生が生徒の質問で困まって帰れない」と校長が心配して、教員に“救出”されて終わったこともあり、私にとっては楽しいひとときです。

おわりに

YSFH は、日本で初めて恒久的に「サイエンス」を校名に掲げた高校です。私はそのスーパーアドバイザーとして、生徒たちに「知の探究の雰囲気」の大切さ、そして「サイエンスの考え方」の威力、を実感して貰うことに最重点を置いています。

このような「才能のある人間を、所得格差に関係なく育てる高校」が日本の各所に出来たらよいと願う次第です。科学技術立国以外に生きる道のない日本は、世に言うところの「理科離れ」——実際は“真面目にキチンと考えること”離れ——の厚い壁を、手遅れにならないうちに何としても取り払わなければなりません。YSFH は、それを突き破る鋭いドリルの刃のひとつと考えて下さい。

参考資料

私から YSFH へのアドバイスには、上には書ききれない多くの思いが込められています。

その詳細については、以下の資料をご参照の上、ご理解頂けたら幸いです。

1. <www.city.yokohama.jp/me/kyoiku/sidou2/koukou/sfh>
2. ja.wikipedia.org/wiki/横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校
3. NE インタビュー「サイエンスを使いこなす人材を育てたい」日経エレクトロニクス 2008.3.24
4. David Cyranoski 「READING, WRITING AND NANOFABRICATION」 Nature 460 171-172 (2009) (日本訳は Nature Digest 9月号)
5. 和田昭允「物理学は越境するーゲノムへの道」岩波書店 (2005)
6. 和田昭允「生命とは？物質か！ーサイエンスを知れば百考して危うからず」オーム社 (2008)

表1 YSFHの施設、実験室、諸設備

実習実験室 (20 室)

- ・生命科学実験室：DNA シーケンサーなどを使用し、遺伝子解析やタンパク質精製などの実験を行う。
- ・環境実験室：鶴見川、東京湾の水質調査、京浜臨海部と各地の大気データの比較などを行う。
- ・電子顕微鏡室：SEM（走査型電子顕微鏡：30万倍まで観察可能な据え置き型および7万倍まで可能な可動式）などを使用し、生物の微細構造、分子レベルの物質の解析を行う。
- ・クリーンベンチルーム：クリーンベンチ8台を装備
- ・環境生命実験室：無菌操作エリア：ある生物のみ扱う実験
培養エリア：生物を好適な環境で増やす。動物細胞の培養も可。
馴化エリア：培養した植物を自然環境に慣らす
P1温室：温度管理可能な屋内温室
低温実験室：低温で生物の活性を抑える。タンパク質の解析を行う。
- ・屋外実習室：緑地・鶴見川・東京湾などフィールド実験
- ・分析室（1）（2）：液体クロマトグラフィーGCMS（ガスクロマトグラフィー質量分析計）などを用いて、大気・水・食品などに含まれる微量成分の検出を行う。
- ・ナノ材料創製室：アーク放電やCVD（化学気相成長）装置を用いて、カーボンナノチューブをはじめとしたナノ材料の生成を行う。
- ・ナノ材料評価室：クリーンルームとなっており、分子性結晶の育成実験や、SPM（走査型プローブ顕微鏡）、ラマン分光光度計、マイクロ引張・圧縮試験機などを用いたナノ材料の物性評価を行う。
- ・プロジェクト工房：旋盤、フライス盤、ボール盤などの工作機械や溶接装置があり、実験装置の製作、改造をはじめとした各種金属加工を行う。
- ・情報教室（1）（2）（3）：実際の分析データの解析、インターネットを利用したデータ解析、生物情報解析（バイオインフォマティクス）
- ・天体観測ドーム：晴れた夜には天体観測ドームの大型天体望遠鏡で、星雲や星団、土星の環などを見ることができ、さらに夜空が明るくてもコンピュータ処理によって、暗い天体を観測することができる。（北緯35度29分53秒，東経139度40分40秒）

情報関連諸施設

- ・校内の学習用ネットワーク：学習用ネットワークのY・Y-NET [Yokohama Yume -NET] は、インターネットに接続している校内ネットワーク。生徒一人ひとりに電子メールアドレスと個人用のフォルダを与える。自分用のIDでログインすればネットワーク上の全てのコンピュータから個人用のフォルダを利用できる。420台のコンピュータが情報関係教室や図書室、CALL教室等に配置され、コンピュータがない普通教室・実験室や屋外では、67台のノート型コンピュータを利用する。
- ・CALL教室 4部屋：コンピュータを活用した英語学習 (Computer Assisted Language

Learning)を行う教室。20 台のネットワークコンピュータと AV 機材があり、コミュニケーションの基本となる音声の科学的分析と訓練・習得、世界や科学の最新情報の活用を図る。

- ・プログラミング実習室 2 部屋：Windows 用では Visual BASIC などのプログラミングができる。また Linux 用では C プログラミング、World Wide Web や Data Base などのネットワークシステムの実習ができる。
 - ・マルチメディア実習室 2 部屋：映像編集コンピュータではノンリニアビデオ編集、実験データ解析ならびにプレゼンテーション素材制作、音声の情報処理ができる。静止画編集コンピュータでは各種画像素材制作ができる。
 - ・ハードウェア実習室：ハードウェア基礎…コンピュータの組み立て、OS のインストール、ネットワークの構築や各種電気系の測定を行うことができる。
 - ・情報基礎実習室：ロボットを使った実習や基板作成装置による電子回路の作製を行える。
 - ・ラウンジと情報ラウンジ：ラウンジと情報ラウンジ（合計 22 ヶ所）は、自由に会話や議論ができるエリア。教室に近い 7 ヶ所には、26 台のコンピュータが置かれていて、登校時から下校までいつでも利用することができる。
 - ・多目的ネットワーク SINE：学校外からアクセスできる多目的ネットワーク。学校が配布する ID でログインすれば、e-Learning や学校が配布した資料を利用することができる。その他、TV 会議システム、講演会の同時中継、メールマガジンの配信、学校説明会などの各種申し込みを予定している。
- e-Learning：Y・Y-NET と SINE 上には、各教科の授業教材などが保存されている。生徒はこの教材を使って授業の予習・復習ができる。また、SINE に学校が配布する ID でログインすれば、学校と同じように自宅でも、英語を中心にした e-Learning 教材やソフトウェアを利用できる。

横浜サイエンスフロンティア高校と文部科学省「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」の比較

	横浜市立横浜サイエンスフロンティア 高等学校（YSFH）	スーパーサイエンスハイスクール （SSH）
種 別	公立の 専門学科（理数科） 高等学校	5箇年の研究指定事業 （21年度現在106校の高校が指定 されている。）
設置者 ／実施主体	横浜市 （人口367万人、日本最大規模の基礎自治体）	文部科学省
時 期	2009（H21）年4月開校	2002（H14）年度から実施
趣 旨	「先端科学技術の知識を活用して世界で 幅広く活躍する人間の育成」を設立の理 念とする「わが国で初めて「サイエンス」 を校名にした」理数科高校 （一定期間ではなく恒常的にサイエンス 教育を行う。）	科学技術・理科、数学教育を重点的に行う 高校を指定し、将来の国際的な科学技術系 人材の育成のための取組を着実に推進す るとともに、高大の接続在り方について大学 と連携したカリキュラムの作成の研究等につ いても推進する。
予 算 規 模	整備費93億9千万円 （※用地費を除くPFI事業費）	H20年度予算14億8千万円
取 組 内 容	基本的にSSHの取組内容（右欄）はすべて実施。 ◆理科3分野以上、理数専門科目29単位以上履修する。 ◆総合的な学習の時間を活用する、観察実験、実習重視の課題探究型科目「サイエンスリテラシー」を全員が履修 ◆ノーベル賞受賞者など世界的な科学者がスーパーアドバイザーとして、生徒を指導・助言する。 ◆東京大学、東京工業大学、横浜国立大学、横浜市立大学、慶應義塾大学、早稲田大学等10大学、理化学研究所、海洋研究開発機構、宇宙研究開発機構の3研究機関、味の素、ソニー、日産自動車等31の企業と連携し、科学技術顧問等として研究者・技術者が出張講座、研究所訪問の受入れ等を行う。（年間30回以上） ◆高大接続として、「横浜市立大学チャレンジプログラム」によって、毎年10名程度が横浜市立大学国際総合科学部に進学 ◆学校設定科目OCPD（Oral Communication for Presentation and Debate）をプレゼンテーション・スタジオやCALL教室などの専用の施設を使用して行うほか、海外研修旅行、国際交流プログラムを実施し、コミュニケーション能力の育成を図る。	・観察・実験等を通じた体験的・問題解決的な学習、課題研究の推進 ・高等学校及び中高一貫教育校における理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発（学習指導要領によらない教育課程の編成実施も可能） ・大学や研究機関等と連携し、生徒が大学で授業を受講、大学の教員や研究者が学校で授業を行うなど、先進的な理数教育の実施 ・高大連携を推進する観点から、高大接続の在り方について、大学との共同研究の実施 ・国際性を育てるために必要な語学力の強化（英語での理数授業、講義、プレゼンテーション、演習等） ・論理的思考力、創造性や独創性等を一層高めるための指導方法、教材等の開発 ・国際的な科学技術、理数系コンテストへの積極的な参加 ・科学技術系クラブ等の活動の充実 ・トップクラスの研究者や技術者等との交流、先端技術との出会い、全国のスーパーサイエンスハイスクールの生徒相互の交流・発表等