

報 告

イギリスの理科授業，科学啓蒙活動を視察して

丸山 一典

物質工学科 (Department of Materials Engineering, Nagaoka National College of Technology)

Inspection Reports of Science Lessons, Laboratories and Scientific Enlightenment in Great Britain

Kazunori MARUYAMA

要旨

イギリスのチューバレー中等学校の理科授業，ヨーク大学の実験授業，いくつかの科学啓蒙活動を視察する機会を得た。チューバレー中等学校の授業では，統一試験対策の授業が多かったが，少数の生徒を対象に討論形式で行われ，学生が自分の考えを述べる様子が非常に印象的であった。一方ヨーク大学の化学実験授業は大人数を対象とする実験で，日本の大学の実験と変わらない印象を受けたが，50%以上の進学率と全国で100校程度の少ない大学数から考えて仕方のない事と思われた。科学啓蒙活動として幾つかのサイエンスフェスティバルを視察したが，日本における児童対象の体験参加型フェスティバルとは異なり，数多くの講演が主体で，内容も大人向けであり，聴衆も男性，女性を問わず高齢者が多いことと，講演後に数多くの質問が出され，まさに debate (討論) であることが印象的であった。

Key Words : *science lessons, laboratories, scientific enlightenment*

1. はじめに

高専は仕事の現場で実務をこなす実践的能力を持ったエンジニアの養成を教育目標の1つとして掲げているが，海外における現場やインターンシップの機会を視野に入れ，語学力の強化が望まれている。また，近年は英語は得意だが日本語が不十分な留学生が見られるようになってきている。長岡技術科学大学においても留学生から授業内容を英語によって説明してほしいというニーズが高まっている。このような状況を踏まえて，英語による実務遂行能力を育成するプロジェクトを長岡技術科学大学の先生と一緒に申請し，科学研究費の助成を得ることが出来た^{1, 2, 3)}。このプロジェクトの特徴は，これまで英語教育の現場として捉えられることの無かった実験

の現場を英語教育の現場として日常的に英語に触れる，という構想によっていることである。このプログラムを遂行する過程で，専門領域に特化した具体的な科学実験場面を設定した独自教材の開発を行うため，国内のアメリカンスクールや英語を用いた実験授業を行っている大学，諸外国の中等学校の授業風景，大学の実験授業，サイエンスフェスティバルにおける取り組み方について視察する機会を得ることが出来た。受け入れ先教育機関を決めるためには，国内外の色々な方々にご足労をお掛けした。日本国内については東京のアメリカンスクールと京都の立命館大学を訪問することが出来た。国外についてはイギリスの Cafe Scientifique の Ann Grand さんから私のリクエストメールを全世界の会員に送っていただき，この問いかけに応じてお返事頂いた中から

イギリスのチューバレー中等学校（対応者は Mr. Jon Walford, the Head of the Science Faculty at Chew Valley School）, ヨーク大学（対応者は Dr. Barry Thomas, Department of Chemistry, University of York）, およびマンチェスター大学（対応者は Ms. Barbara Grundy, Widening Participation Officer - Faculty of Engineering & Physical Sciences, The University of Manchester）を訪問し、授業と化学実験を視察することが出来た。マンチェスター大学においてはイギリスの科学啓蒙活動としてイギリス全国で行われている National Science & Engineering Week の活動状況を視察することが出来た。この活動は後で述べるサイエンスフェスティバルと呼ばれる啓蒙活動とは異なり、地域に密着した小規模な科学啓蒙活動である。例えば、長岡高専が高専の校舎を用いて実施している出前授業と似ている。しかし、後で述べるように実施形態はかなり異なる。

イギリスにおいてサイエンスフェスティバルという名称で実施される科学啓蒙活動には、日本で行われるサイエンスフェスティバルと同じように子供を対象とした、いわゆる hands-on（体験学習）が主体のものと、大人を対象としたセミナーを主体として開催されるもののあることが分った。以下に中高等学校の科学授業、大学の化学実験授業、サイエンスフェスティバルに分けて報告する。

2. チューバレー中等学校における理科授業

チューバレー中等学校（Chew Valley School）はイギリスのブリストル郊外にある、学生数が 1200 名程度の中高等学校である。A レベル (A level) を取得するための 16 歳以上の学生は 200 名程度在学している。今回は以下のようなプランを提示して頂き、6 つの Lesson を参観した。

(1) 校内視察

8:45 Tour of the school with members of Year 9

朝 8 時にブリストル市内のホテルまで車で迎えに来ていただき、郊外の学校に着くと 9 歳の女子生徒 3 人が校内を案内してくれた。イギリスの教育では小学校から「社会の中でどう生きるか」を教えることを根本理念として、学業以外の多くの体験を常に大切にすることが基本姿勢としてあり、音楽、スポーツ、地域との関わりはどれも重要な学校生活の一部として位置づけられている。この学校でもオーケストラやジャズバンドまであった。また、イギリス

全土で開催される Engineering Week にこの学校もイベントを持って参加するとのことだった。

(2) 授業参観

9:05 Lesson 1, Year 11 (15-16 years old)

Students are studying for Science GCSE examinations in the summer.

9:55 Lesson 2, Year 13 Physics (17-18 years old)

Students are studying for A-level examinations in the summer.

10:45 Break

11:05 Lesson 3, Year 12 Physics (16-17 years old)

Students are studying for AS-level examinations in the summer.

11:55 Lesson 4, Year 9 Science (13-14 years old)

An upper ability group studying General Science

12:45 Lunch

13:50 Registration

13:55 Lesson 5 Year 7 Science (11-13 Years old)

Students are in a mixed ability group studying General Science

14:45 Lesson 6, Year 13 Physics (17-18 years old)

Students are studying for A-level examinations in the summer.

15:35 School finishes

上記のプラン中に、GCSE, AS-level, mixed ability group など、説明を加える必要のある略語や言葉があるので簡単に記載する。

イギリスのクラス分けには、同じ年齢の子どもと同じ学級に入れるという混合能力編成 (mixed ability group, 日本の教育と同じ) と習熟度別編成 (upper ability group) がある。かつてイギリスの初等・中等学校では習熟度別クラス編成が一般的であったが、習熟度別クラス編成と階級層との関連性が指摘されて、混合能力編成が主となり、その後また習熟度別編成が復活した経緯を持っている。イギリスの初等、中等、高等学校レベルの教育システムの中に「卒業」という概念は存在せず、ある教育レベルの修了時に全国統一試験を受けてそれにパスすることが事実上の「卒業」に相当する。この教育システムには、イギリスにおいては授業についていけない生徒ができる生徒たちと同じクラスにすることが不平等である、という考えが反映されている。

全国統一試験としては義務教育 (5 歳~16 歳) を終了するときに受ける GCSE (General Certificate of Secondary Education, 8~10 科目を受験する) と更に進学するための A Level (AS/A2 Level) がある。



図-1 Lesson 1 Science 授業風景



図-3 Lesson 4 General Science 授業風景



図-2 Lesson 2 Physics 授業終了後の写真



図-4 Lesson 5 General Science 授業風景

生徒は自分の希望する学部の 入学条件を念頭にして AS/A2 Level の科目選択を行い、カリキュラムの 1 年目が修了した時点で AS Level の試験を受け、その成績によって次の A2 Level のカリキュラムに進むことができる。

今回は、夏に行われる GCSE や A Level などの統一試験のための試験勉強を行う授業を多く視察した (6 授業中の 4 授業)。図-1 は GCSE 試験のための科学の授業で、図に見られるように生徒は小人数で、先生が板書することは極端に少なかった。基本的にはあるテーマについてのゼミあるいは討論で、先生が質問すると間髪を入れずに生徒が挙手し、自分の考えを話す様子が非常に印象的であった。問題に正解するのが目的ではなく、どのようにそれを考えるかという過程がとても大切にされていることが分かった。余談だが、帰国後高専の授業でこのことを話し、同じように少しやってみないか、と提案して試みたが、教室はいたって静かで無反応であった。いきなり問われた質問に、内容を自分なりに考えて自分の考えを述べよ、といっても無理だろうと反省し納得もしたが、少々残念でもあった。

図-2 は A Level 試験のための物理授業終了後の写真で、生徒数は 5 人と少ない。この場合は生徒が手

作りクッキーを持って来て、先生がコーヒーを入れての授業であった。討論中心の授業ではあるが、リラックスした雰囲気を併せ持った授業は、日本の大学院のゼミを彷彿とさせた。

図-3 は習熟度別編成 (upper ability group) クラスの一般科学の授業風景ある。この場合は顕微鏡を使って植物組織を観察する実験授業であった。人数は 20 人程度で、生徒のノートを覗かせてもらったが結果を書き込む表なども書かれており、なかなか整理されたノートのように見受けられた。

図-4 は混合能力編成 (mixed ability group) クラスの一般科学の授業風景ある。低学年のこともあってなかなか騒がしく、先生が指を口に当ててシートと注意を喚起する場面がしばしば見受けられた。静かにさせるが大変である、との話だった。この授業は教科書を用いて行われていた。

16 才というと日本では高校 1 年生の年齢であるが、この年齢からすでにゼミ形式により、少数の生徒が討論主体の授業を受けていることを実際に垣間見て、後で述べる討論主体のサイエンスフェスティバルにおける活発な討論 (debate) の源流を垣間見る気持ちがした。

3. ヨーク大学における化学実験授業

チューバレー中等学校参観後ヨークに移動し、ヨーク大学で1年生の化学実験授業を見学した。春季(Spring Term)における最終実験授業とのことで、人数は50人ほどで3つの部屋に分かれて実験を行っていた。テーマは反応速度の測定で、テキストには実験前の質問事項が幾つか記載されており、それらのノートチェックを受けてから実験が開始された。図-5に見るように、恒温槽は水の蒸発が抑えられるように水面は数多くのプラスチックボールで覆われており、この意味についても先ほどの質問事項に入っており、注意が喚起されていた。

チューバレー中等学校での少数教育に比べ、日本の大学並みの大人数で実験を行っているのに少々驚いたが、イギリスには大学が100校程度しか無く、大学への進学率も50%以上と日本を上回る割合となっているのでは仕方がない事と思われた。ヨーク大学は比較的若い大学で設立は1963年である。ヨーク郊外に広大なキャンパスを持っているが、案内して頂いたDr. Barry Thomasによるとこの地は氷河で削られてできた跡地だとの事である。

4. サイエンスフェスティバル

一般的な市民、特に低学年の生徒を対象として科学啓蒙活動は全世界で活発に行われており、日本でも実体験の場が減少しているとの認識から科学の魅力を体験できる機会を提供しようということで平成4年(1992年)に「青少年のための科学の祭典」をスタートさせた。これは簡単な実験を通じた体験学習(hands-on)が主体とした科学啓蒙活動で、今年度も北海道から九州、沖縄にかけて全国的に88箇所(88回)で開催される。新潟県でも五泉、新発田、佐渡、長岡など12箇所において6月から来年2月まで12回に亘って開催されている。全国大会は7/28(土)~7/29(日)の2日間、72のテーマ数で東京の科学技術館で開催された。従って、日本でもかなりの数の科学啓蒙イベントが開催されており、長岡市でも長岡技術科学大学や長岡高専の先生が講師となって毎年開催に協力している。日本のサイエンスフェスティバルとイギリスのそれとの違いは、一言でいえば、前者が子供向け、後者が大人向けといえる。特に後者の講演と討論を重視する姿勢は日本では見られないものであった。以下にイギリスの科学啓蒙活

動を3つのカテゴリーに分けて報告する。

4. 1 サイエンスウイーク

ヨーク大学の実験授業を視察した後、マンチェスター大学へ移動し、ここで行われているNational Science & Engineering Weekの活動状況について参観した。既に述べたように、これは地域に密着した小規模な科学啓蒙活動(高専の出前授業に類似)で、1週間程度の期間で開催される。例えば2012年には1,500の異なる主催者により4,500以上のイベントと活動の開催がアナウンスされている⁴⁾。この活動の特徴は、各イベントが体験実験型ではなく講義主体で、参加者の対象も学童であり、予め申し込んだ学校の先生が引率して参加し、一般市民が単独では参加できないようであった。

図-6はSmart Materialsと題した織物に関するイベントの講演風景である。講師(Dr. Chris Carr)はマンチェスター大学の先生で、10人程度の学生と引率の先生に対してパワーポイントを用いて説明が行われていた。5日間で24のイベントが企画されていたが、参加者が無いあるいは非常に少ないとの事で、8つのイベントは中止された。

4. 2 サイエンスフェスティバル(講演-討論型)

英国で開催される科学フェスティバル(the British Science Festival)の中で、英国科学協会(British Science Association)が年に一度開催する大規模な科学イベントは、一般市民が「偉大な科学者」(great men of science)による講義を聴講することができるイベントで、毎年9月に英国の異なる都市で開催される。これまで、ダブリン(2005年)、ノリッジ(2006年)、ヨーク(2007年)、リバプール(2008年)、サリー(2009年)、バーミンガム(2010年)、ブラッドフォード(2011年)そして今年は北スコットランドのアバディーンで開催された。このフェスティバルの特徴は、上記のうたい文句にあるように講演が主体で、内容も大人向けであり、これが日本のサイエンスフェスティバルと大いに異なる特徴である。ただし、休日には体験参加型のイベントも開催された。

アバディーン大学を会場として今年2012年に開催されたフェスティバルでは開催期間は7日間だが、この期間中に催された講演数はTalks and Debatesとして99で、概ね朝の10時から夕方5時半まで開催された。これとは別に、Evening Eventsとして午後6時以降に29の講演がプログラミングされており、講演終了時間は遅いもので午後10時半まで開催された。



図-5 ヨーク大学の1年生化学実験風景



図-7 Our Fossil-Fuelled Future
講演後, 討論に移行する前の様子



図-6 Smart Materials 授業風景



図-8 Why do Some People become Psychopaths?
講演の様子

今回はエネルギーに関する話題が大きなテーマとなっており, 4~7日の4日間については日によって以下のテーマが掲げられていた.

New Technology day (新技術)

Fossil Fuels Day (化石燃料)

Alternative Energy Day (代替エネルギー)

The Human Story of Oil (石油と人間の関わり)

いずれの講演も講演者は複数で, 講演者の中には宇宙関係で著名な若手研究者であるブライアン・コックス (BBCの宇宙関係番組によく出演している) やケンブリッジ大学, バース大学など全国各地から招聘された大学教員等を含む講演者が名を連ねており, 講演時間は概ね2時間であった.

例えば, Fossil Fuels Day (化石燃料の日) と銘うたれた日には, Our Fossil-Fuelled Future (我々の化石燃料の未来), The Limits of Oil and Gas (石油とガスの限界), Forensic Chemistry and Air Security (法化学と大気的安全性), Food Addiction: Fact or Fiction? (食物中毒, 真実か否か?) など18の講演が6つの会場で行われた. ちなみに上記はじめの3つの講演は同時刻 (10:00) に開始されたので, 3つ全てを聞くことは不可能で残念であった.

「我々の化石燃料の未来」の講演においては石油生成の機構, 岩石に含まれる希少石油, ミクロサイズの石油 (炭酸カルシウムのセルや砂中の石油) について, 2時間で3名の講演が行われたが, 聴衆も50人程度と多く, しかも男性, 女性を問わず高齢者が多いことと, 講演後には20以上の質問が出され, まさにdebate (討論) であることが印象的であった.

図-7は講演後, 質問時間に移行する前の様子である. 講演終了後も講師の周りに何人かが集まって確認の討論も行われていた.

配布されていたパンフレットには, 各講演の内容要約と共に, 要求される聴衆レベルが1 (Families, 家族向け) ~5 (Professionals, 専門家) まで分類されて明記されており, 大変分かりやすいものであった. ちなみに上記の講演は聴衆レベル2 (Everyone, 全ての人) である. 講演を聴講するには事前に登録したチケットを持っていないと原則的には会場に入れないが, 可能な限り当日でも聴講できるように便宜が図られており, Why do Some People become Psycho- pathes? (どうして精神病になるのか?) と題する講演では私を含めて30人ほどが2階のバルコニーで聴講させてもらった (図-8). この場合は

写真から分るように、参加者はマイクが備えられたデスクに座っており、まさに文言通り参加型討論会であった。

取り扱われるテーマは物理、化学、地質学、天文学、病気、健康、精神医学、など広範囲に及んでおり、多くの講演は無料であるが、有料の講演も少なからずあった。例えば、How the Zebra Got Its Stripes (シマウマはどうしてあのような縦縞を獲得したのか)などは5ポンドの聴講料で、参加者レベルは2 (Everyone, 全ての人)であった。

消化器系のがんと食べ物の関係についての講演では (What's Up with Your Gut), 野菜が何でも良い訳ではなく、間違ったダイエット (bad diet) は避けるべきで、ベジタリアンが必ずしも癌発症のリスクが低いとは限らないとの講演で、ピーナツなどはあまり推薦されたものではなく、ブロッコリが大いに推奨されていた。ブロッコリを好きか、との問いに、殆ど全ての人が手を挙げたのには講演者も驚いていたが、カロリーを抑え、特定の食べ物にこだわらないことが大いに推奨されていた。日本食が健康に良いか、などの質問もあり、健康にはいずれの国でも関心が深いことが伺われた。

図-9はWhat does the Earth's Magnetic Field for Us (地球磁場が我々に及ぼすこと)と題する講演において、地球のN極とS極が繰り返し逆転した事を示すグラフである。地球内部の溶けた鉄やニッケルを多く含んだ核が自転と熱対流によって回転することで電流と磁場を生じているが、これは全体が1つの方向に回転しているわけではなく、場所によっては磁石が南北を向くとは限らないのだそうである。地球の磁気は現在2個の測定衛星によって測られている。この2つの衛星は、ある距離を保ちながらペアで地球上を周っており、磁気の強さは年々弱くなっているようである。どうもNS極の逆転が近づいてきているようだ。図-9ではNS極の逆転が瞬時に起こったかのような印象を与えるが、この変化は1日で変わることは無い。逆転するまで2000年くらいかかるようである。変化する途中の形態がどうなるのかが知りたいところだが、地球上に多くのマダラ模様、あるいはいくつもの円形模様のパターンとして視覚的に変化を追跡出来たので、聴衆には分りやすかったと思う。このセッションは人気で図-10に示すように満席に近く、不思議な自然現象に対する説明は、知るは喜びなり、という格言を思い起こすに十分であった。

以上のように興味深い講演が目白押しであるが、何しろ講演数が多いので、全講演とイベントを掲載

したプログラムは英国科学会のホームページで見ることが出来るのでご覧いただきたい⁴⁾。話題の多種多様に驚かれることと思う。

4. 3 サイエンスフェスティバル (体験参加型)

上記の英国科学協会が主催する年に1度のフェスティバルに対し、3月~4月に開催されるサイエンスフェスティバルはhands-on (体験参加型)が中心のもので、家族や低学年の子供向けのイベントが圧倒的に多い。オックスフォード大学、ケンブリッジ大学、エジンバラ大学などは毎年のように開催しており、日本のサイエンスフェスティバルもこの形態をとっている。イギリスのこの種のサイエンスフェスティバルが日本のそれと異なるのは、開催期間の長さで、日本が長くて2日、殆どが1日の開催であるのに対し、イギリスのそれは1~2週間程度とかなり長い。全ての催し物が全期間で開催されているわけではないが、その期間の長さには驚かされた。

開催地における案内も大々的で、駅の正面に大々的に垂れ幕が掲げられている場合 (図-11, エジンバラの駅裏手のビルに掲げられた垂れ幕)もある。開催期間の長さゆえ、公園に演示物を置いてあるだけのもの (図-12, エジンバラの公園に展示されたマイクロ写真や宇宙から見た地球の写真)もあった。エジンバラのサイエンスフェスティバルは1989年から毎年のように行われてきたようであり、世評も高いがここでは最も印象に残ったケンブリッジ大学における催しを紹介する。

ケンブリッジは大学都市であり、殆ど全ての分野における専門家がそろっているので、物理、数学、化学、宇宙、地球といった殆ど全ての分野に於いてイベントが催され、まさにサイエンスの祭といった印象であった。会場は50カ所に及び、ケンブリッジ市内のほぼ全域に点在しているので、自転車を借りて各会場を回らなければならなかった。建物の入り口には会場番号とカテゴリーが示されており (図-13, 化学ゾーンと会場番号19が示されている)、会場探しで迷うことはなかった。

土曜日のイベント数は特に多く、実に97もあり、多くは午前中から午後にわたって開催されている。会場の様子を幾つか紹介すると、化学ゾーンの分子模型 (図-14)、化学演示実験 (図-15)、スライム作製 (図-16)、磁性流体の性質、化学発光、凧作製、紙ロケット作製と発射実験、バイオケミストリー会場 (図-17)、数学ゾーンに置いてあった日本の囲碁板や将棋板 (図-18)、物理実験演示会場 (図-19)など、多種多様なイベントが行われた。

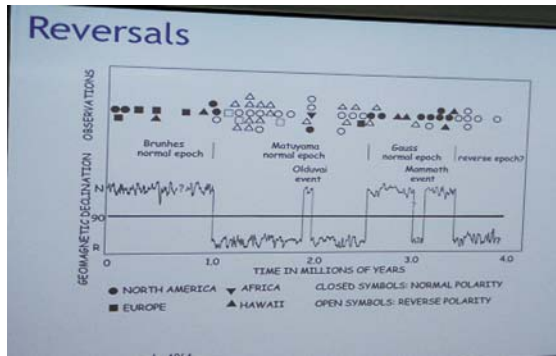


図-9 地球磁場の逆転を示すグラフ



図-13 化学ゾーン入口



図-10 What does the Earth's Magnetic Field for Us
講演の様子



図-14 分子模型



図-11 エジンバラ駅裏手のビルに掲げられた
フェスティバル宣伝垂幕



図-15 化学実験演示会場



図-12 エジンバラの公園に展示されたパネル



図-16 スライム作製



図-17 バイオケミストリー会場



図-19 物理実験演示会場



図-18 数学ゾーンの将棋盤と囲碁板



図-20 イベントを会場外モニターで聴講

演示実験は図-15、図-19に示すようにかなり大規模なスケールで行われ、図-16のスライム作製もその量に驚かされた。著名人による話と演示実験などは、演示回数が少なくて時間が限られているため、ビルの外から長蛇の列をなし、演示会場に入れない人は別の部屋のモニターやロビーのモニターで見るといった有様であった(図-20)。このように殆ど市内全域で行われるサイエンスフェスティバルの規模と分野の多様性にいたく感心させられた。

5 最後に

思えばイギリスは、『ロウソクの科学』の著者であるマイケル・ファラデーが一般向けの科学講演として企画し、世界の優秀な科学者たちを集め、自身も講演者に名を連ねたクリスマスレクチャー(1826年、ファラデーが35歳の時に開始し、現在も行なわれている)を行った国であり、その伝統が今に引き継がれていることを認識させられた思いである。

早期に専門分野の教育を導入している高専の教育については、一部で認識が高まっているとのことであるが十分とは言えないように思われる。現在では

高専の本科を経て大学3年に編入しているが、編入後の2年間はそれまで学習してきたことの繰り返しになっている場合も多い。高専で5年間学んだ後は大学編入ではなく大学院に進む道を選ぶようになってくるものだろうか。卒業の概念が無いイギリスと同じようにはできないだろうが、せめて高専5年間の就学後、高専独自の修了試験により学士の称号を授与させたいものである。

参考文献

- 1) 村山 康雄, 丸山 一典, 前川 博史, 中村 善雄, Drier BRIAN, 大塩 茂夫; 科学実験を通して学ぶ英語教育, 2006年度~2007年度科学研究費補助金研究課題番号: 18652057, 2006.
- 2) 村山 康雄, 稲垣 文雄, 高橋 綾子, Drier BRIAN, 前川 博史, 大塩 茂夫, 丸山 一典; 科学実験で学ぶ生活密着型英語学習教材作成, 2008年度~2010年度科学研究費補助金研究課題番号: 20652040, 2008.
- 3) 村山 康雄, 稲垣 文雄, Drier BRIAN, 前川 博史, 北谷 英嗣, 大塩 茂夫, 丸山 一典; 科学実験を行うための安全教育特化型英語視聴覚教材作成, 2012年度~2014年度科学研究費補助金研究課題番号: 24652117, 2012.
- 4) <http://www.britishtscienceassociation.org/web/>

(2012. 10. 3 受付)