

シンガポール NIE での科学教員養成

千葉大学教育学部 加藤徹也 山下修一

著者 2 名は、2012 年 9 月ナンヤン理工大学 (NTU) に付置されたシンガポール教育研究所 (NIE)¹を訪問し、小学校・高等学校での理科授業実習を含む科学教員養成を視察した。これは、中高生向け科学実験講座「英語で学ぶ科学と実験」の講座設計などへの助言を依頼することを主たる目的とした 2011 年 7 月の NIE への訪問 (著者二名を含む四名)、2012 年 1 月に行った NIE 研究者 Dr. Yeo の招聘 (第 4 回実験講座参加協力と教育セミナーでの講演) に続く交流である。2011 年は NIE 訪問とともに、科学才能教育の現場としてトップレベルの高校のひとつ、シンガポール国立大学附属理数高等学校 (NUS High School) を視察した。そこには潤沢な研究用実験装置や、生徒のメンターとなる 200 人ほどの現役大学教員 (NUS, NTU 等) のネーム・プレートがあるなど、支援体制が十分行き届いており、驚かされた。一方で、シンガポールの理数教育の成功は、社会全体での理数教育の重要性の認識とその教育改革の迅速性にあると考えられる。その理数教育を実施するための教員養成現場視察として、Dr. Yeo が担当する学部レベルおよび学部卒業 (Postgraduate Certificate in Education; PGCE) レベルの授業や学校での授業研究および教育施設を見学した。

NIE の学部教育(4 年間)^{2,3}は、小学校教員養成と中学校教員養成のプログラムがあり、いずれも文系・芸術系の学術学士(教育) と理系・保健体育の理学学士(教育) に分かれる。小学校教員養成プログラムは1科目選択で、学術学士(教育) の科目には美術・中国語中国文学・演劇・英語・英文学・地理・歴史・マレー語マレー文学・音楽が、理学学士(教育) の科目としては生物・化学・算数・物理のほか、保健体育がある。中学校教員養成プログラムは 2 科目選択で、かつ、2 科目は非常に限られた組合せになっている。中学校用の理学学士(教育)では、第一科目が生物なら第二科目は英語あるいは化学、第一科目が数学なら第二科目は英語あるいは物理で、生物と化学、数学と物理がペアになっている。家政(第二科目は英語、地理、歴史、生物、化学のどれか)と保健体育(第二科目は生物あるいは英語)も理学学士(教育)に含まれていて、教員養成においても英語を重視していることが明確に伺える。なお、小学校プログラムにはこのほか、教育学士(一般)と教育学士(体育教育細目)がある。また、PGCE は 4 年制大学を卒業し学士を持った学生が入学するプログラムで、1 年間の小学校・中学校・高等学校教員養成用のコースのほか、2 年間の体育教員養成コースに分かれる⁴。

見学した授業は、Dr. Yeo が担当する次の 5 つであり、実際に観察した順 (右端の番号の順) に従って紹介する。授業はアルファベット 3 文字と数字 3 文字からなるコードにより識別されている。

“Innovations in Design and Practices for Primary Science”

(理科教育 (小学校) から ACS401) …… (WGPS にて実習) …… 5

“Teaching of Physics I”(物理教育 (中学校) から ACP321) …… (NIE にて講義) …… 1

“Teaching of Physics I”(PGCE 物理 (一般, 中学校) から QCP520) ……(NIE にて講義) …… 3

“Teaching of A-level Physics I”(PGCE 物理 (一般, 高校) から QCP540)

その1 (CJC にて実習) …… 2

1 <http://www.nie.edu.sg/>

2 http://www.nie.edu.sg/files/ote/Handbooks/BABSc_Programmes_2012-2013.pdf

3 <http://www.nie.edu.sg/files/ote/BABSCMarch2012RTs%20briefing.pdf>

4 http://www.nie.edu.sg/files/ote/Handbooks/Postgraduate-Diploma-in-Education_2012-2013.pdf

NIEでの授業のほか、CJC (Catholic Junior College) とWGPS (West Grove Primary School) での実習等があった。CJC⁵はNIEから車で直行しても30分以上かかる文教地区(植物園の近くで、優良な進学校が密集した地域)にある上位の進学校(2年間教育で高校の'A'レベルを提供し大学へ進学させる)で、ちなみにそれに隣接する附属中学校(男子校) Saint Joseph's Institutionも最上位の中学校のひとつである。この実習(2)・討論(4)の授業はDr. Yeoの教員養成プロジェクトの呼びかけに応じたことによる、いわば個人的な協力関係に基づいて実施された授業研究である。WGPS⁶はNIEのあるジュロン西部地域にある小学校で、シンガポールの小学校卒業時試験(Primary School Leaving Examination; PSLE)のリスニング試験(2012年度は9月14日)⁷の準備に追われていた。この年度のPSLEはほかに、口答試験(8月16・17日)と筆記試験(9月27・28日、10月1・2・3日)がある。

1. “Teaching of Physics I”(物理教育(中学校)からACP321, NIEにて)

9月11日10:30～13:30に少人数(12名、1名欠席)の、3時間休憩なしの授業を見学した。



冒頭30分間、前週の振り返りを含む講義がDr. Yeoからあった。この日の授業のテーマは『物理教育における抽象的概念の可視化』である。特に、可視化により生徒の理解がどのように支援されるかを議論しながら、可視化における注意点5つをチェックリストとして示していた。これらの根拠となる教育研究も紹介していて、必要であれば論文にアクセスできるように文献の引用もあった。それに続いて4名ずつ3グループに分かれた学生の模擬授業があり、各グループが実物を使った現象の提示とそれに関する解説を行った後で、その模擬授業について全体でチェック項目を確認する議論を行った。模擬授業発表に20分、チェックリスト作成10分、その後のDr. Yeoによる振り返りの議論20分を合計して、1グループ50分間の配分である。ちなみに、チェックリストの項目は以下の5つである。

1. 三つの表現モードをどこでどう使うか
 - ①マクロ(眼前の現実の現象)
 - ②サブ・ミクロ(触れることの出来ないスケールあるいは抽象的な説明)
 - ③シンボル(グラフや数式)
2. 材料(resources)の選択

5 <http://www.cjc.edu.sg/>

6 <http://westgrovepri.moe.edu.sg/>

7 <http://www.seab.gov.sg/examTimeTable/2012PSLEExamTimetable.pdf>

3. 順序や難易度
4. 理解のヒント(signaling)
5. 学習へのつながり

第一グループは光の屈折に関する話題を取上げ、はじめに教室投影用ビデオカメラでボウルの中のコインをとらえるとき、水を注ぐと浮き上がって見えるようになるという実験を、教室の投影設備を利用して行った。グループディスカッションとして、生徒役の学生にコインが浮き上がって見える理由を考えさせて作図で示すという作業を促し発表させた。この発表には光線の道筋の作図には単純な図法で屈折現象を示す(像の位置は見かけに基づいて鉛直上方におく)だけのものと、眼球開口に広がりを持たせることに対応して像を位置づける応用的な図法(結果的に、水平方向の奥行きをも考慮するもの)があり、振り返りの中ではシンボル型表現モードの多様性についても確認していた。

第二グループは熱の伝達に関する話題で、水入り風船をろうそくの炎に近づけると破裂しない実験(空気だけでは数秒で破裂することの確認を含む)や、銅の棒に巻いた紙幣を炎にかざしても燃えないという実験を行いながら、対流による熱伝達や金属の熱伝導にまで授業内容を広げる模擬授業を展開していた。授業のワークシートは某中学校(Deyl Secondary School)のものが無変更で利用されていた。対流については密度の温度変化、金属の熱伝導の高さについては自由電子の寄与というように、細部にわたる定性的な知識の伝達が展開された。振り返りでは、それらの実験は生徒の学習動機づけには良いものの、それらが『熱』そのものを示してはいないことを指摘し、熱の運動論(粒子論)的な振る舞いというサブミクロな議論に進むには、何か他の材料を組み合わせる必要があるのではないかという示唆をしていた。

第三のグループは電磁誘導に関するものである。この内容の教育は特に難度が高いということもあり、磁場についての復習を組み合わせながら、微小な磁針によって磁石の周りの三次元的な磁力線を描く装置などで磁力線の分布を実例で示したうえで、動く磁石により誘導起電力が発生し検流計の針が動くという実験の説明をしていた。永久磁石と電磁石の違いをグループディスカッションし、振り返りではこの授業のキーアイデアは何かを中心に検討した。現実の現象(マクロ)として電磁誘導の実験そのものにはシンボルの要素は何もない。異なる量の間関係を考えることはシンボルのモードであり、また、現象の理解のためアニメーションやシミュレーションをベースにした解釈を盛り込めばそれはサブミクロのモードになる。それらの表現モードを意識しながら、具体的な現象から抽象的な解釈にどう移行するかを考える必要性が強調されていた。

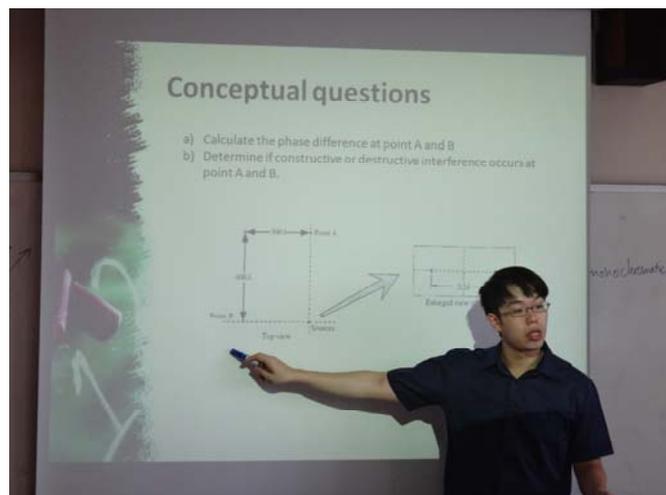
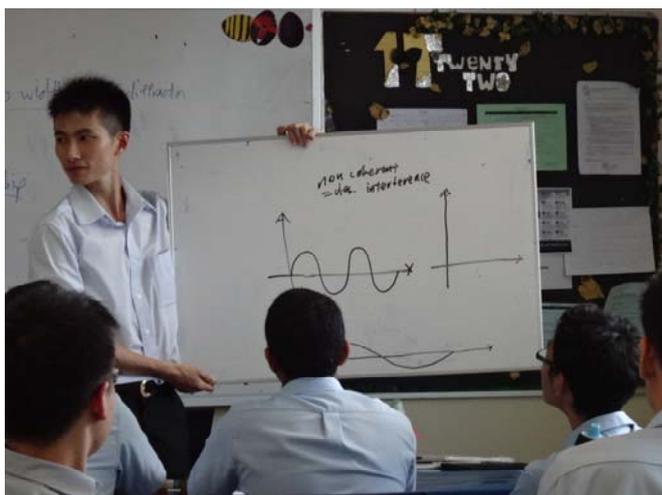
2. "Teaching of A-level Physics I "(PGCE 物理(一般, 高校)から QCP540, CJC にて)

その1

同日 15:40-18:00, Catholic Junior College で補習を希望した生徒を3クラス各15人程度に分けて、各クラスにPGCE学生2~3名が授業を行った。3つのクラスのテーマはそれぞれ、(1) 円運動, (2) 振動, (3) ヤングの二重スリットである。教育・学習の戦略としてICT活用が組み込まれているということと、PGCE学生が理工系学部を卒業しているということもあり、生徒にとっては相当高度な内容の議論(位相ベクトル, 可干渉性など)も含まれていた。PGCE学生は講義・ビデオ記録・タイムキーパーの担当を順に交代しながら務めていた。講義に100分、その後生徒一人ひとりの質問に答えるチュートリアルに40分の構成であった。

観察したのは主に、ヤングの二重スリットに関しての授業である。ここでは3人のPGCE学生が授業を行った。一人目は回折が生じる条件三つ(可干渉性, 単一波長, 点波源性と説明)を探し出すこと, 二人目はよく見かける模式図(スリットを拡大しスクリーンまでの空間を縮小するもの)で

の光路差から明暗の縞模様を定性的に説明すること、三人目は定量的に縞模様の間隔と空間的距離は光の波長の関係を論じることを目的としていた。



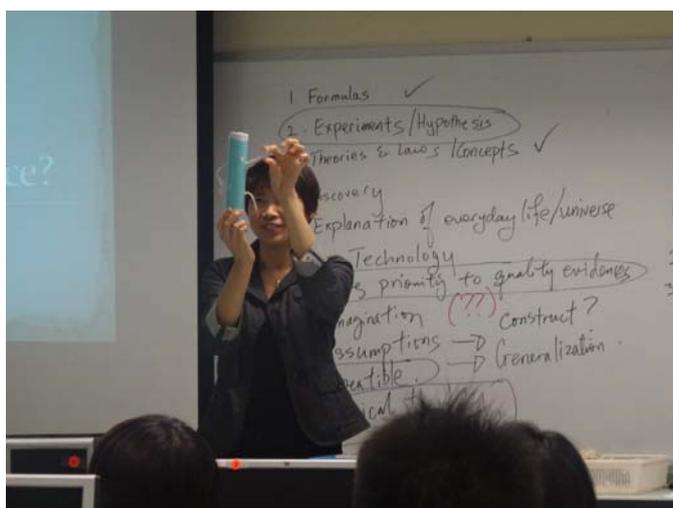
方法として、パワーポイントを使う説明のほか、生徒を4~6人のグループに分け、グループごとに半畳ほどのホワイトボードを配布して、自分たちの意見を図などで表現させていた。キーワードを与えられた後、生徒は関連する日常生活上の現象をグループで考えさせていた。生徒の表現は稚拙であり、高度な内容を扱うのに無理があるようだったが、きちんとした表現が出来なくてもそれを教員(PGCE 学生)が拾い上げ、表現し直すというスタイルで進められていた。

翌9月12日の午前中はNIEの施設見学を行った。これについては後で述べる。

3. "Teaching of Physics I "(PGCE 物理(一般, 中学校)から QCP520, NIE にて)

9月12日13:30~15:30, 大学を卒業して物理の教員になるためのコースの講義を見学した。Dr. Yeoはこの日、同一内容の講義を3つのクラスに対して繰り返すということだったが、見学したのは学生の多くが数学の免許を取得予定で、第二免許として物理を取りたいという40名程度のクラスであった。「科学とは何か(Nature of Science)」についての議論が中心の講義で、学生が気がついたものを列挙し、それらを整理して考えさせる内容であった。ここで科学の特徴としてあげられていたのは、①理論と法則(whyとhowに対比)／②観察と考察／③試行性／④人間の営み／⑤創造性／⑥主観性／⑦手法の神秘性であった。この中で特に、①と②がGCE 'O'レベルでは重要であるという話だった。

途中でアクティビティーとして、円筒に横穴を開けてひもの端を4本外に出し、1本ずつ引いたときに他の3本の挙動を観察しながら、円筒の中でひもがどのように結びついて(あるいは絡んで)いるかを推察させるゲームを行った。学生はグループになって試行し、議論しながら内部の構造を考えて模型を作った。4つのグループが互いに異なる仕組みを提案した。このゲームは著名な学者が「科学とは何か」を議論する上で、自然現



象を説明する方法には有意義な複数の説がありうることを示すために使ったものだという。

学生の中には日本語を学んでいる学生もいた。日本文化は学生の間でクールであり、言語の障壁がなければ留学したいと言っていた。

4. “Teaching of A-level Physics I ”(PGCE 物理(一般, 高校)から QCP540, CJC にて) その2

9月13日, CJC の授業の開始前の教室を利用し, 7:30~ 9:30 に前回の実習を振り返る授業を参観した。CJC の物理教員5名は, その前半(~8:30)に参加し, PGCE 学生から実習授業のビデオ記録を含む趣旨説明を受け, 彼らの授業へアドバイスをした。参加者の1名は, 来年度 PGCE に入学を検討しているという NTU の学生であった。1年間のコースとはいえ出費は大きく, 費用対効果があるか検討したいということであったが, CJC の協力を得て Dr. Yeo が推し進めるこ現場での授業研究プロジェクトには特に興味があるようであった。

CJC の教員と PGCE 学生の議論は, 早朝から十分すぎるほど熱心に進められ, 「課題が一般的すぎる」「3人の授業がうまくつながっていない」「生徒が説明すべきところを教員が説明してしまっている」「最近シラバスが変更になりこの項目はこの学年では扱わないので確認して欲しい」といったコメントがなされた。CJC の教員から, 「実は日本の授業・授業研究をモデルにしている」という発言があった。

後半は Dr. Yeo が PGCE 学生に「生徒に質問することが重要な理由」「ホワイトボードの利用上の構成主義的戦略」などを考えさせ, 総括していた。学生への課題は, それを説明する2分間のビデオクリップを作成することで, グループごとに作成してメール等で週末までに提出するという手順を確認した。

5. “Innovations in Design and Practices for Primary Science” (理科教育(小学校)から ACS401, WGPS にて)

同日 14:30~16:30 に, 学部学生による小学校での実習を参観した。4年生を14人グループ4班ほどに分割し, それぞれが「科学者とは何をする人だろうか?」「どんな条件で発芽するだろうか?」という内容を考えさせる授業を行った。はじめに保健体育を主に専攻する学生が行う授業を観察したが, さすがに子どもの扱いは手馴れていて, 一番後ろで興味を失いかけている子どもの態度を改めさせるべく, 全体の授業を中断して児童自身の良くない態度を確認させるなど, 集中するよう仕向けていた。科学者が持つべき批判的な思考法を考えさせる例として「水を入れた風船が燃えるか」を議論し, 実験を行った。説明にはパワーポイントを用いていたが, その必要性はあまり感じられなかった。「科学者とは?」という質問は, 児童には難しすぎると考えられるが, 説明が抽象的でつまらなくなっても, 子どもたちは真剣に取り組む姿が印象的であった。豆の発芽については, 他の3グループの授業を見学したが, 項目を列挙して整理し, 子どもたちと一体になって多様な言語活動・表現活動を行っていた。



教員の問いかけに熱心に反応し、非常にできる児童がいる反面、興味を示さずに孤立している児童もいた。子どもたちの話す声はとても小さく、萎縮しているようにも見えた。日本の理科教育なら児童が考えたり説明したりするべき場面で、教員が説明してしまう点でも、教員の授業コントロールが強いことが明らかだった。

「水を入れた風船が燃えるか」や「発芽の条件」の検討は、日本で行われている理科学習の対象学年・内容ともほぼ同じ内容であり、今後、比較研究を進めることは可能だろう。

6. NIE 施設見学, その他

9月12日の午前中にはNIEの施設、特に自然科学・理科教育部門(Natural Science and Science Education, NSSE)の施設や図書館などを見学した。

教育施設としては、密閉性・遮音性の良い大型講義室 Lecture Theater と、中型から小型の多数の演習室で構成されていた。演習室には前後左右の壁一面にホワイトボードや大型ディスプレイが配置され、机の配置も自在に移動でき、所々ディスプレイ(一部は電子黒板)を囲むように配置されていた。資金調達に合わせて順次更新しているが、特に自然科学・理科教育部門では実験装置なしにアクティブ・ラーニング設備を増強しても意味がないのであまり進んでいないという話であった。講義室には、後方の壁一面が演示用実験装置の棚になっている部屋がほとんどで、中には一人1台のタワー型デスクトップPCが置かれている部屋もあった。講義の中で、電子化されたテキストに自由にアクセスできるようになっていたが、卓上で大きな場所を占めているという印象は否めなかった。



引き続きNIEの図書館も見学した。図書の豊富さよりはアクティビティ・スペースを作り出す空間としての利用を意図しているようで、千葉大学アカデミックリンクと似た趣旨の建物といえそうだが、最下階はレストランになっているほか、内部にcaféがあって飲食可能になる空間を用意している点には驚かされた。

NSSEの研究室は、教員の個室は狭く、オフィス・アワー専用なのではないかと思わせるほどで、日本の大学の教員研究室に比べると狭く、書物も文書も少なかった。助手には数名が共通で利用する部屋があるだけで、学生の配属というシステムはない様子であった。



NSSEでも大学院学生らが働き実験研究を行う研究グループはあったが、Dr.Yeoが関わりのあるグループは不在で、細部を見学することはできなかった。

今回の訪問は、千葉大学教育学部・教育学研究科が平成24年度に採択され10月からスタートする大学の世界展開力強化事業、ツイン型学生派遣プログラム(TWINCLE)の実施に先立つた

イミグであった。千葉大学とナンヤン理工大学には大学間協定があり、工学部を中心とした太いつながりがあるものの、このプログラムではシンガポール小・中・高校での実施も計画されているので、シンガポール教育省に詳しい Dr. Yeo から以下のような助言をいただいた。

- ・学校に派遣は可能かもしれないが、1年ほど手続きに時間を要すると考えるべきである。
- ・実施時に教育効果に関するデータを取ることも可能だろうが、内容としてシンガポールでの科学教育カリキュラムに合うように調整する必要がありそうで、シラバスは公開されており、G8以上の学年のものはテストに準拠したシラバス⁸がある。
- ・G4, G7～8の学年ならそのようなプロジェクト実施は可能だろうが、他の学年は試験があるので無理だろう。派遣時期は9月から11月がよく、1月や2月は無理である。6月から8月、あるいは3月もできないことはない。

今回のシンガポール訪問では、短時間ながら小学校教員養成から理工系学部を卒業した後の教員養成に渡る幅広い範囲の科学教員養成を垣間見ることが出来た。特に、Dr. Yeo の教員養成にかける熱意には目を見張るものがあり、3時間休憩なしの授業・始業前7:30～の授業研究を見せつけられた。それもでなお、Dr. Yeo は授業を楽しんでおり、我々二人とも朝から夜まで議論を続けた。そして、今後も千葉大学のプロジェクトをスーパーバイズすると約束してくれた。

授業見学の合間には NIE 近隣のシンガポールの文化に親しむことができたことも印象深い。英国王室ウイリアム王子・キャサリン妃が訪問したばかりのシンガポール植物園を散策したほか、ローカルフードを楽しんだことや、NIE と CJC のあいだの移動など、細部にわたり Dr. Yeo には言葉に尽くせないほどお世話になった。また、NIE のすぐ近くにある中国系陶器製作工房 Thow Kwang Pottery やその近くの寺院散策には NSSE 助手の Ms Tan Poh Hiang にお世話になった。Dr. Yeo が連続2時間の同一授業を1日3回行うなどを可能にしているのは彼女らの組織的支援が欠かせない。この場を借りて、御礼申し上げたい。

