

# 東京工業大学 科学教育・国際交流プログラム参加報告

理数教育推進委員会

## 1. はじめに

東京工業大学は、文部科学省支援により「経済社会の発展を牽引するグローバル人材育成推進事業」および「スーパーグローバル大学等創成事業」を実施している。国際的に活躍できる理工系人材を育成するグローバル理工系人材育成コースの一環として開講されている「グローバル理工系概論4」の授業において、タイ・チュラーロンコーン大学と共同のPBL（Problem-Based-Learning：課題解決型学習）が実施され、日本とタイ双方向の訪問、遠隔のグループワークが組み合わせられた学修がおこなわれている。

今年度「科学教育とICT（情報通信技術）」をテーマに、両大学の学生が共同PBLの成果のひとつとして設計した高校生対象の科学教育・国際交流プログラム“BEST”（Borderless Education in Science & Technology：ボーダーレスな科学技術教育）に本校とタイ・Mater Dei 女子高校の生徒が参加した。本稿ではPBLおよびBESTプログラムへの協力内容および参加状況を報告する。

## 2. 協力の概要とPBL全体での位置づけ

東京工業大学 国際教育推進機構 特任教授 太田 絵里氏（環境学）より、①共同PBLにおいて、日本の科学教育における課題についての概要説明と話題提供 ②設計開発したプログラムBESTの実施の場の提供とフィードバックへの協力 の依頼があった。

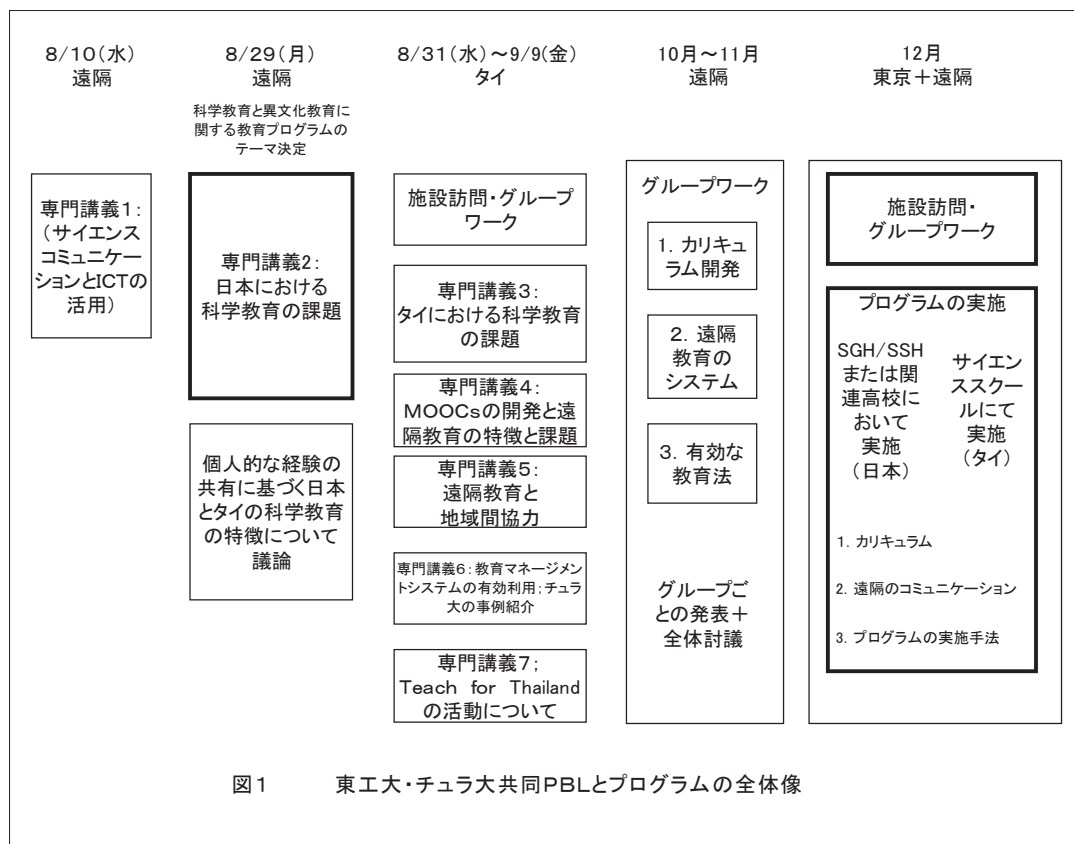
共同PBLとプログラムBESTの全体像をp60 図1に示す。協力箇所は太線枠内である。

### 2.1. 東工大・チュラ大共同PBLにおける講義

東京工業大学大岡山キャンパスにおいて共同PBL 専門講義のひとつとして、「日本における科学教育の課題」をテーマに東工大工学部系2～4年生7名、チュラ大情報科学系学生8名（インターネットを介して遠隔講義）へ話題提供をおこなった。講義内容は、国際教育調査・意識調査結果からわかる日本の児童・生徒の科学に関する特徴と、高校理科教育現場（物理・化学・情報）から見える課題、および高校生対象の科学教育・国際交流プログラム開発のヒントとなる題材の例についてである。なお、当日の講義は日本語でおこない、太田先生に通訳をお願いした。

講義で用いたスライドをp61～64に示す。

（スライド作成協力 松野翔太、外川陽菜、朝倉 彬）



# Issues and Challenges of Science Education in Japan

"Japan-Thai International Exchange Program through Science Education"  
Pre-study Session

@Tokyo Institute of Technology 2016.08.29

Megumi Mizoguchi,  
Science Teacher on Chemistry  
Ochanomizu University Senior High School

1

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

Based on recent results from International Education Survey (TIMSS, PISA)

2

### PISA:

Programme for International Student Assessment

1. Academic Achievement Test by OECD
2. Target  
First year High School Students  
(15 years and 3 months to 16 years and 2 months)
3. Objective:  
To measure the applicability of knowledge and skills to solve problems in real life situation. (Mathematical/Scientific Literacy and Reading)

3

### TIMSS:

Trends in International Mathematics and Science Study

1. International Survey on Mathematics and Science Education by IEA
2. Target  
4<sup>th</sup> Year Elementary Students, 2<sup>nd</sup> Year Junior High School Students
3. Objectives:
  - To measure academic achievement of targeted students through international standards
  - To make comparison on academic achievement in relation to learning environment/conditions on participating countries/regions

4

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

① High Achievement in Science/Mathematics

② After "PISA shock" in 2003 and 2006, International rankings on Mathematical/Science Literacy and reading skill have come back to higher ranking

③ Only a few students feels learning is interesting and valuable to their life especially in higher school year.

④ Few students think that it is necessary to obtain good grades in order to have his/her dream job.

5

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

② After "PISA shock" in 2003 and 2006, International rankings on Mathematical/Science Literacy and reading skill have come back to higher ranking

Due to . . .

- National Achievement tests focusing on knowledge application skills in real life situation had started since 2007
- cross-curriculum on each subjects and integrated studies.

6

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

③ Only a few students feels learning is interesting and valuable to their life especially in higher school year.

Why?

★ Students are required to improve their logical thinking skills.

As a results, they become hesitant to science and lose interests on it.

★ Students are excessively required to memorize knowledge and to solve problems to pass entrance exams.

★ Students can not recognize the relationship between real situation of society or daily life and science lessons in schools.

7

## Survey on High School Students' Views on Science (National Institute for Youth Education, 2014)

• Awareness and Attitude common to all countries (Japan, USA, China, and PR of Korea)

✓ All students recognize the **value and importance of science in social development**.

✓ They realize that science can cure the diseases, and also protect life on earth and its environment.

✓ They also feel that **learning science is interesting** and would like to have **hand-on experiments and observation experiences**.

8

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

- National Comparison Between Japan, USA, China, and PR of Korea

① High interests on Astrology, Animals and plants and **low interests on Chemistry and Physics**.

② Characteristics of pedagogy on Science

- ✓ **Watch** experiments conducted by teacher
- ✓ **Visit** Zoos and Botanical Gardens
- ✓ **Low rate on self-led research**, information gathering, etc.

9

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

- National Comparison Between Japan, USA, China, and PR of Korea

③ Students recognize the importance of science

However...

• They think that **they do not have time** to collect information, or study by themselves, and they **do not need to know science when they go out to the real world**.

• The number of students who independently study science topics they are interested in is the smallest of those countries.

• **Few students** think that they would like to have a **job related to science**.

10

## Characteristics of Pupils and Students in Japan

- National Comparison Between Japan, USA, China, and PR of Korea

④ Students who have involved in **field experience and experiments** increase **interests on science and also on social issues** such as environmental pollution, energy. However, the number of such students is very small.

**As a result, there is a Polarization of Science Education**

- Super Science High School/Super Global High School: Problem-based Learning through observations and hand on experiments.
- Majority of other high school: Problem-solving exercises to pass university entrance exams.

11

## Characteristics of Pupils and Students in Japan: Summary

National Comparison Between Japan, USA, China, and PR of Korea

• **Independent study** on science is well conducted at only **elementary school level**.

• Students **do not understand the linkage between science lessons in schools and daily life**.

• **Research learning, experimental learning and field experiences are not so often** in learning process in Japan. Yet **these processes will increase the student's interests on science and social issues**.

Thus from now on, in the science education, aforementioned findings should be incorporated.

12

## High School Science: Current situation and issues for each subject

- Current Curriculum ( ) ; Standard number of credits  
underline: Ochanomizu Univ. Senior High School compulsory credits  
\* ; elective credits for 3<sup>rd</sup> year

Basic Physics ( 2 ) 2<sup>nd</sup> year      Basic Chemistry ( 2 ) 1<sup>st</sup> year  
Basic Biology ( 2 ) 2<sup>nd</sup> year      Basic Earth Science ( 2 ) 1<sup>st</sup> year

Science and Our Daily Life ( 2 )

Advanced Physics ( 4 ) ( 5 ) \*      Advanced Chemistry ( 4 ) ( 5 ) \*  
Advanced Biology ( 4 ) ( 5 ) \*      Advanced Earth Science ( 4 )

Science Project Research ( 1 )

13

## Overview of Current High School Physics

➤ Current curriculum guideline: Select 3 subjects from "Basic Physics", "Basic Chemistry", "Basic Biology", and "Basic Earth Science"

→ **Number of students who learns basic physics has increased.** Students who will major in social science have opportunities to learn physics.

➤ Contents of "Basic Physics" and "Advanced Physics" include Dynamics (thermodynamics), Wave motion, Electromagnetics, and Atomics.

→ The contents are equivalent to the learning contents of **International Baccalaureate** Diploma Program (targeting 16-19 years old students)

14

## Challenges in Current High School Physics (1)

- **Science phobia is another words for "Physics phobia"?**
  - In high school physics, students need to learn something that has not been experiences, such as "measure" the experimental value, "calculate" with formula, "Theoretically understand" the experimental phenomenon, and so forth.
  - Physics will have close linkage with other subjects such as mathematics and Japanese language in high school. Starting from junior high school, students conceive physics as difficult subjects, compared to biology and Earth Science.
- **Students recognizes "Physics for University Entrance Exam" is not equal to "Physics in Real Life."**
  - Primary objective of learning physics is "to be able to solve problems to be appeared in university entrance exams."
  - In textbooks from other countries, they explain **daily life application of learnt knowledge**, there is no such contents in textbooks and classes in Japan.

15

## Challenges in Current High School Physics (2)

- **Students never "conducted" experiments in Physics**
  - "Physics for university entrance exams" is the main subject thus with a few exceptional school. Teachers sometimes have just learnt "Physics for university entrance exams", thus it is difficult to 1) conduct experiments, 2) teach the knowledge to daily life physical phenomenon and relationship to other subjects.
- **Students may misunderstand that it is too difficult to study cutting-edge of science in Physics and they became hesitant.**
  - Cosmology, Elementary particles theory, Quantum mechanics are all theory based studies, the subjects tends to be difficult to understand.
  - They think that they need to fully understand the knowledge on physics so far learnt to understand the cutting edge physics.

16

## Challenges in Current High School Chemistry (1)

- Phobia
  - • Atoms, particles, and ions are all invisible
  - Thus it is difficult to understand the quantitative and unit . (i.e. unit of mole (conversion), index calculation)
- Negative Image in Chemistry
  - • Cancer causing materials, chemical composition, agricultural chemicals, endocrine disturbing chemicals, chemical substances.

17

## Challenges in Current High School Chemistry (2)

- Few classes on experiments and observation
  - • • Learning tends to focus on **memorization of textbooks and exercise for problems solving.**
- Students think that Chemistry is not useful
  - • **Poor linkage** and usefulness in **real society and everyday life.**

18

## Challenges in Current High School related to Information

- Moral information knowledge and action
  - Knowledge is not referred to action
- Information technology and Knowledge
  - Students use PC and Smartphone in daily life yet they do not have technical knowledge.

19

## Suggestions for program in Physics (1)

### ●Obtain and improve basic skills for experiment

- ◆Combination of "measure", "calculate", and "derive"
- ◆Use items in everyday life to utilize for assembly and disassembly. This way, students will be able to obtain both various knowledge and basic skills necessary to learn physics
  - (i.e.) watch
    - ✓ Compare common and different features of different types of clocks (Analog clock, Digital clock, Atomic Clock, Spring Clock, Pendulum Clock),
    - ✓ Observe motions of dismounted parts
    - ✓ Compose different clock by assembling parts from different types of clocks.

20

## Suggestions for program in Physics (2)

- Linkage between Physics and real life / other field of study
  - Relationship between natural science and physics. Interdisciplinary/transition materials to conceive physics as a close subject. Deepen knowledge through discussion.
    - ◆ Advancing physics: Image processing, Sound processing, observe and measure particle movement.
    - ◆ Ethics in Science and Technology
      - ✓ Accident of Space Shuttle "Challenger"
      - ✓ Fukushima Nuclear Power Plant Accident
- Development of Research Methods in Cutting Edge Science
  - Not only the scientific aspect but include stakeholder, capitals, social contribution and conduct "role play".
    - ✓ How to find the "second Earth"?
    - ✓ How to properly measure the size of cosmic?
    - ✓ How to measure gravity wave more properly?

21

## Suggestions for program in Chemistry

- Increase the feel of usefulness on chemistry in everyday life
    - Add some ideas to learned subjects. –How can we make social contribution?
      - ✓ Function of components in various materials in house: What are the components which are effectively designed? What are components to be revised?
      - ✓ Make comparisons on cell efficiencies and discuss energy issues.
  - Chemistry as lifelong learning subject: Discuss about merits and demerits of Chemistry
    - Life of **Fritz Haber** (light and dark sides)
      - ✓ What if I were Harver?
      - ✓ How the researcher's attitude should be for scientist.
      - ✓ Relationship between Science Technology and World Wars
      - ✓ Effects of science technology to Society
    - Merits and demerits of DDT by **Rachel Louise Carson**
    - Environmental Pollution (i.e. Minamata Disease)
- Share the individual thoughts and discuss

22

## Other Suggestions for program

- Mathematics (Physics):
  - Compared to other subjects, those subjects have poor linkage between learning and work/their career path. Thus they do not see the value of study.
    - ✓ Programming education is effective to increase the interests on STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics.)
  - Example: Make robots or games on programming
  - understand the meaning to learn trigonometric and motion equations
- Technology and Knowledge about Information
  - Example: Understand the internet connection system and discuss the proper selection of information in the era of globalization of a deluge of information.

23

## 2.2. “BEST” (Borderless Education in Science & Technology : ボーダーレスな科学技術教育) 参加報告

共同 PBL グループワークの中で、「日本の理科の授業では実験が少ない。特に物理の実験が少ない」という話が出たことから、開発プログラムは物理の実験で、内容はリニアモーターカーの原理を使った電磁気の車の作成および電磁気のモーターの作成に決まった。東工大グローバル人材育成推進支援室が作成したポスターにある「英語や理科が苦手な生徒でも、国際交流や理工系の楽しさを感じられるはず」とのフレーズは本校生徒の関心に触れ、期末考査後の特別行事期間中の実施日に2年生14名、3年生9名、合計23名の参加希望者が集まった。

事前学習として、参加生徒は Facebook の非公開グループに入り、その中で実験テーマである電磁気についての動画教材

<http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebiteize/science/aqa/waves/soundandlightact.shtml> を視聴、その後 Google Form で理解度を確認するアンケートに回答した。

当日の参加記録は次のとおりである。

日 時：2016年12月16日（金）14：30～17：00

場 所：お茶の水女子大学本館1F カンファレンスルーム135室（TV 会議システム）、Mater Die School（タイ・バンコク；インターネット経由）

参加生徒：47名（お茶高：23名、Mater Die：24名）

参加学生：15名（東工大：5名、チュラ大：10名）

参加教員：5名（東工大：1名、チュラ大：1名、お茶高：3名）

事務職員：2名（東工大：2名）

計：69名（+ Mater Die 側の教職員及びチュラ大生）

なお、プログラム開始前に、東工大とチュラ大の学生・教員に向けて副校長から本校の紹介の後、校内見学を実施した。

プログラムでは東工大・チュラ大生のサポートのもと、1グループ4名ほど（異学年構成）に分かれて2種類の実験をおこなった。

### ・実験1：モーターを作ってみよう

導入部の動画教材を視聴したのち、電磁気力で動くモーターを、クリップなど身近なものを使って作成した。コイルの巻き方を変えたり、磁石とコイルの距離を変えたりすることでモーターの動きがどう変わるか、実験開始前に出された課題に取り組み、楽しみながら試行錯誤していた。

### ・実験2：リニアモーターカーを作ってみよう

スポンジや定規・下敷きなど身近なものを使ってリニアモーターカーの模型を作って動かしてみた。どのようにすればうまくスムーズに動くか、また、速く走るようになるか、事前の課題に取り組みながら実験を進めた。

実験材料は、両大学生らによって周到に準備されていたため、短時間内で簡便かつ

失敗がほとんどなく進められた。

#### ・ディスカッション

2つの実験を通して、事前課題の各回答をグループで検討し、インターネット経由で Mater Die School の生徒と共有した。(Mater Die School では、別の日に同じ内容の実験を既に実施しており、当日は実験結果を本校生徒と共有した。)

実験結果の他、このような電磁気力の技術を応用して自分たちの生活にどのように役立てることができるかも考え、日本とタイの女子高校生が意見を交換することができた。

共有方法は、各グループでタブレット端末を1台ずつ使用し、“Mentimeter”というリアルタイムでアンケートの投票・集計ができるインターネットサービスを利用していた。スクリーン上にタイムリーに集計結果が表示されるため、互いの意見を効果的に把握する優れたツールであった。

### 2.3. “BEST” 参加者のアンケート結果

本校の参加生徒に以下のアンケートを実施し、その結果を記す (回答人数 20 名)。

○ BEST のプログラムはあなたにとって有意義なものでしたか？

- そう思う (12)
- ややそう思う (8)

○ そう思う理由を教えてください。

- 苦手な英語を頑張ったから。
- 科学が好きな私にとってこのような実験や、理由を考える授業は楽しく、さらに今、英語を話す練習をしているのでとても有意義でした。
- 外国の人と英語で交流出来たから。
- チュラ大の方と東工大の方と話せたから。英語で考察するのははじめての経験だったから。
- 電磁力などについて実験をしながら理解することができたから。英語を使ってコミュニケーションをとれたから。
- 外国人と交流する機会を経験したことがあまりなかったので、貴重な経験ができたから。
- 今まで英語で英語以外の教科を学ぶ機会がなく、とても緊張したが、丁寧に教えて頂けたので、わかりやすく、実験や交流も楽しかったから。
- 英語で交流しながら、物理の知識も手に入ったという点で一石二鳥だと思ったから。
- 国際交流をしながら楽しく science を学べたから
- 英語を使って英語以外の教科の内容を学ぶ機会が今までになかったから。国際交流と、英語で理科を学ぶという新鮮な体験ができたから。
- 英語を必死にひねり出した。書くことより喋ることに慣れる大切さを学んだ。



- 学校で学習したことを身近なことに応用できたから。

○このプログラムを通して「電磁気」の理解が深まりましたか？

- そう思う (9)
- ややそう思う (10)
- あまりそう思わない (1)

○プログラム中で、印象に残っていることは何ですか？またその理由。

- リニアモーターカーの再現，リニアモーターカーの原理を利用したものをみんなまで協力して実際に作ったこと。(10)
  - 私たちのグループは成功まで時間がかかったから。
  - 成功したとき達成感があったから
  - 今まで電動コイルを使うということしか知らなくて、レールの方にも仕組みになっていることを知らなかったから。
  - 動く理由がわかり、磁石と電池でもものが動くのが興味深かった。
  - あんなに少ない材料で、自分で作れることに驚いたから。
  - グループの人たちでアイデアを出して実験をすることが楽しかったから。
  - 電磁波が復習できたから。また、一回目にできなかった事からどうしてできないのか話し合っただけで実験したから。
  - まさか磁石とアルミホイルなどの簡単な材料を使って再現できるとは思わなかったから。
  - どうすればうまくいくか話し合い、協力して製作することで、より電磁気の理解が深まったと考えられるから。
  - 仕組みを理解しながら行えたから。
  - 回すために、試行錯誤し、楽しかったから。
- 物理で習った  $F=IBl$  を使って考えたこと。
  - 今までは、試験問題で扱うものとして使っていた公式が実際の現象を考える時に使えたから。
- 理科の授業で当たり前に出てくる用語が英語でわからなかったこと。
  - 英語で理科はやったことがないから。
- タイにいかなくてもタイの方たちと同じ授業ができたこと。
  - 今まで中継で同じ実験や考察をしたことがなく、楽しめたから。
- タイ語のなまりで聞き取れないことがあったこと
  - 発音の重要性を再確認したから。
- タイの文字で書かれた自分の名前
  - 向こうの文字って規則性が分からなくて意味不明だと思っていたけど、何がどんな音なのか、少しだけ覚えられたから。
- 実験でうまくいったところと、最後に少しチュラ大の方と話したこと

- 成功したとき達成感があったから。
- 質問について相談し、英語で解答したこと。
  - 英語で説明するのがとても難しかった。また、タイの生徒とその中で交流できたから。
- 英語が話せなさすぎたこと
  - 英語の自分の能力が足りないから。
- タイの学生と画面を通じての交流
  - 様々な解答を共有でき、楽しかったから。
- 英語で字数が決まった中で回答を打ち込むこと
  - 時間と字数が限られた回答方式は新しかった。

○プログラムの事前学習（映像教材の視聴&設問への解答）理解度はどの程度ですか？

- 非常に理解できた（2）
- まあまあ理解できた（17）
- あまり理解できなかった（1）

○事前学習は本プログラムの理解に役立ちましたか？

- 非常に役立った（1）
- まあまあ役立った（9）
- あまり役立たなかった（9）
- 役立たなかった（1）

○このプログラムを体験して感じたことなどを自由に記入してください。

- 楽しかったです。ありがとうございました。
- 普通、実験するようなイベントでは、考察まで考えなかったり、なぜ動くのかわからなかったりするが、今回のイベントでは最後までわかり大変有意義でした。また、同時に英語を話す練習や、タイの方や東京工業大学の大学生と知り合いになれて何重にも楽しかったです。
- 事前にタイ語でありがとう、こんにちをなんて言うかを確認しておけば良かった。相手の言語を話すことでより親密になれると感じた。
- 事前準備などを全て東工大やチュラ大の方がやってくださっていて、自分が何をすれば良いか、当日もどんなことをするかがあまり分からなかったので準備段階からもう少しプログラムに関われるようになっていたらもっと良かったかな？と思いました。
- 貴重な経験ができて良かったです。
- 東工大の方がテーブルについてくれたので、思っていたよりも英語は使わなかったけれど、英語で実験を行うのは新鮮で楽しかった。ただ、実験内容自体は中学のときにやったことがあるものだった。だからこそ、理解ができたところもあるが、せっかく大学生が教えてくれるのなら、やったことのない実験もしてみたかった。

- 最初はどうかと迷っていたが、他国の大学生とも関わりを持って英会話に少し自信がついて参加してよかったと思った。
- 英語が思っていたよりも聞き取れず、困った。リスニングを頑張ろうと思った。英語の面ではうまく行かなかったことが多かったが、プログラムは楽しかった。
- やっぱり科学って面白いなあと思うとともに、科学の楽しさを海外の人と共有する楽しさも学びました。これからもこのようなプログラムがあったら参加したいです。
- もう少し英語で積極的に話すべきだったなと思います。
- チュラ大、東工大の方々との交流ができたことも有意義だったし、普段あまり勉強のことで関わる機会がない3年生と同じグループで話し合ったり、交流できたりしたのは貴重な経験だった。英語が出来ることは学ぼうと今後必要なのはもちろん、英語ができればもっとたくさんの人と交流できるんだなとひしひしと感じることができた。
- 想像していた以上に楽しかった。とても良い経験になった。これから英語をより一層頑張ろうと思った。
- 英語で苦手な物理の実験をするということがとても不安でしたが、楽しく参加できました。物理も自分の身の回りで利用されていることも実感でき、もっと知る必要があると思いました。
- 英語を使うのはやっぱり楽しいし日本で習うことと同じことを海外も勉強していると思うと刺激を受けた。
- 送られてきた波の映像が、今回のプログラムに関係していなかったように思えた。
- 普段の学校の授業では行うことのない貴重な経験をすることが出来たように感じた。このプログラムを通して英語力の至らなさを痛感したのでより一層英語の勉強に励んでいきたいと思う。
- 今まで、英語が苦手などという理由でこのようなプログラムに消極的でしたが、参加してみると楽しい事も多かったのだからこれからは積極的に参加して行きたいと思いました。
- 最初はあまり乗り気ではなかったが、参加してみるとすごく楽しかった。チュラ大の方々も気さくで、英語で物理を思考したりコミュニケーションを取ったりすることができ、良い経験になった。
- 科学を身近なことに応用でき興味が深まった。
- 意外と英語が出来なくても理科と数学を頑張れば、それが共通言語のようになって通じ合うことは可能な気がしたから面白いと感じた。
- タイの方々とは初めて交流し、あっという間で楽しい時間だった。参加して良かったと思う。

(集計 朝倉 彬)

### 3. さいごに

ICT 技術を効果的に使いながら科学実験を通してタイと日本、高校生（3年生と2年生の異学年同士）と大学生といった様々な交流を深めることができ、文字通り BEST な科学教育プログラムが完成された。

東京工業大学太田絵里教授はじめ、グローバル人材育成推進支援室 萬代久美子氏（本校卒業生）、田家美和子氏、ならびに参加生徒一人一人へプログラム修了証をお贈りいただいたチューラーロンコーン大学 Dr. Proadpran Punyabukkana に感謝申し上げます。

（文責 溝口 恵）