



The Role of Science Education In Liberal Arts

— リベラルアーツにおける科学教育の役割 —

実施報告書

2015.05.23. SAT. [13:00 - 16:30]

—

国際基督教大学

東ヶ崎潔記念ダイアログハウス

01



Title :

アクションプラン ICUの国際化の取組

Action Plan
~Efforts towards Globalization~

Speaker :

国際基督教大学 学長

日比谷 潤子

Junko Hibiya
ICU President

国際基督教大学は「グローバル人材育成推進事業（現・経済社会の発展を牽引するグローバル人材育成支援：GGJ）」と「スーパーグローバル大学創成支援事業」の採択を受け、グローバル人材の育成や大学のさらなる国際化の推進に取り組んでおります。GGJでは①英語運用能力の伸長、②情報発信能力の涵養、③単位修得ができる海外留学プログラムを3つの柱としています。一方、スーパーグローバルでは①教育改革、②教育力向上、③国際化のさらなる推進を3つの柱とし、世界に開かれた大学として、リベラルアーツのグローバルな展開を進めています。

本日お招きしている米国・ウースター大学のキャロリン・ニュートン先生とは、以前より本学のカリキュラムについて意見交換をしたり、アドバイスをいただいたりしております。そのなかで、リベラルアーツカレッジにおいて自然科学分野の研究を推進することの重要性を改めて認識いたしました。本日はアメリカと大ににおける科学教育の様子についてお話を伺い、さらに意見交換をさせていただければと思います。

Upon receiving the Go Global Japan (GGJ) grant along with the Top Global University (TOP GLOBAL) grant distributed by MEXT, ICU has been striving towards further globalization of the university. GGJ aims for the following three core elements, which are a) the improvement of English language capabilities and proficiency b) cultivation of the ability to convey information, and c) implementation of a credit-bearing study abroad program. In combination with this, TOP GLOBAL aims for, a) academic reform, b) educational enhancement, and c) further internationalization, leading to a university that is open to the world and actively involved in the promotion of global liberal arts.

Our guest speaker today is Prof. Carolyn Newton from the College of Wooster, who has been a point of contact for our curriculum discussions. In the course of discussions, we have come to believe in the necessity of encouraging natural science research within liberal arts education. Today we are looking forward to hearing about the situation in the United States concerning natural science education in liberal arts and how it is managed in the College of Wooster.

02



Title :

ICU が提唱する グローバルリベラルアーツは ココが違う！

Differences in Global Liberal Arts
at ICU

Speaker :

国際基督教大学 学務副学長

森本 あんり

Anri Morimoto,
ICU Vice President of Academic Affairs

本学のリベラルアーツ教育の基礎は、1945 年に出版されたハーバード大学のコナント学長（当時）による「General Education in a Free Society」にあります。海外の大学との交流も早くから進めており、1964 年には米国・カリフォルニア大学の2 番目に古いパートナーとして提携し、交換留学制度を整えました。

世界における本学の評価として、たとえばウィスコンシン大学マディソン校のホームページを見てみましょう。日本の大学から同大の大学院に進学する学生の評価として世界各国の GPA システムの調査結果が公開されていますが、日本の大学に対する評価が厳しい中、本学への評価は高く、3 学期制を導入しており、信用できるグレーディングがなされていると記されています。

また、本学はリベラルアーツ教育を実践している大学として、100 年の歴史を持つ AACU という米国の大学が加盟する団体に古くからメンバーとして加盟しています。さらに、スーパーグローバルの採択を受けたことにより、世界の他大学と協働し、世界水準のリベラルアーツ教育のモデルを構築するため、今年「Global Liberal Arts Alliance」（GLAA）に加盟しました。加盟には一定の審査が必要であり、本学は日本で唯一の加盟校です。今後は世界各国のリベラルアーツカレッジとの連携を深めてまいります。

The foundation of liberal arts education at ICU can be found in a publication titled “General Education in a Free Society” published in 1945 written by Prof. James Bryant Conant, who was the President of Harvard University at the time. Our global relationship with other universities started as early as 1964 with the University of California and we are their second oldest partner in study abroad programs.

To see how we are assessed abroad, take a look at the Wisconsin-Madison University Graduate School website. A grading system for each institution is included as part of their admission application system. While the grading system is quite critical toward most Japanese universities, ICU's GPA is regarded as trustworthy and the evaluation includes that ICU is “considered a good school”.

ICU is acknowledged as a university that practices liberal arts education, and we have been a longtime member of the Association of American Colleges & Universities (AACU), an alliance that has a history of more than a hundred years. At the time of launching the Top Global University project, we joined the Global Liberal Arts Alliance (GLAA) this year in order to establish a world-class liberal arts education model by collaborating with more colleges and universities around the world. In order to become a member of the GLAA, candidates need to meet certain requirements and as a result, we are currently the only university in Japan granted membership. We will use this opportunity to deepen partnerships with liberal arts colleges and universities world-wide.

03



Title :

アメリカの リベラルアーツにおける 科学教育の現状と ウースター大学の取組

The current situation of
natural science education in liberal arts
in the United States and the efforts
at the College of Wooster

Speaker :

米オハイオ州・ウースター大学

統括副学長

キャロリン・ニュートン

Carolyn Newton,
Provost, The College of Wooster

リベラルアーツのアプローチの手法として、米国では自主的な思考、批判的思考に軸足を置いています。学問分野としては人文科学から、自然科学、社会科学まで、幅広く深く学ぶことを重視し、そのうえでメジャーを選択します。また、コミュニケーション能力も重要な要素であり、文章や口頭で発信する力をつけ、そのためには ICT を使いこなして表現する能力も高める必要があるでしょう。さらに、世界市民として活躍するためには、社会的責任を果たすことのできる人材の育成が求められます。大学の 4 年間は学びの始まりにすぎません。大学での学びを通して、生涯にわたる学習スキルを習得してほしいと考えております。

では、リベラルアーツ教育における自然科学との関係について考えてみましょう。米国のリベラルアーツカレッジのトップ校である、マサチューセッツ州のアマーストカレッジ、ウィリアムスカレッジでは、約 30% の学生が自然科学を専攻しています。一方、カリフォルニア州のハーベイマッドカレッジでは 100% が、科学やエンジニアリング、数学といった自然科学分野を専攻しています。同大では履修するコースの 25% が自然科学分野の科目であり、幅広い教育を受けることができます。

次に、リベラルアーツカレッジで自然科学を専攻した学生の達成度について見てみましょう。リベラルアーツカレッジ出身で理系の学位を取得した学生の割合は 8%、博士号を取得した学生の割合は 17% です。この結果から推察できるのは、リベラルアーツカレッジ出身の学生は、博士課程への進学という尺度で見した場合、可能性が 2 倍となるということです。つまり、より高い学位を取得するための基盤が築かれているということが言えるでしょう。

続いて、実際に科学者としての成功をどれだけの人が収めているのか。米国では科学者として高い業績を収めた場合、全米科学アカデミーの会員とすることができます。会員になれる 2,000 名ほどのうち、リベラルアーツカレッジ出身者が占める割合は 19%。研究者としての成功を収めるうえでも、リベラルアーツカレッジで学ぶことが有利であると言えます。

では、なぜこのような高い成功を収めることができるのでしょうか。その理由として、少人数制教育が挙げられます。1 人の教員が見る学生は 12 人と非常に少ないです。また、指導重視型の教授陣が揃っており、学生はいつでも研究室を訪れ、指導を受けることができます。そして、幅広い学問分野を学ぶことにより、学生の興味関心を広げることができ、人文科学から自然科学、社会科学まで、様々な知識を持つことが科学者としての実力を高めていくことにつながっています。さらに、批判的思考力やコミュニケーション能力の高さも成功の要因ではないでしょうか。

ここからはウースター大学についてご紹介します。本学はメンター付きの学部課程の研究を行うリベラルアーツカレッジです。自主性の高い学生たちがともに学び合うということを理念とし、個々の研究だけでなく、協働による学びも奨励しています。そして、学生は教授との 1 対 1 のメンタリングを受けながら研究活動に取り組みます。成果を求めるだけでなく、成果を導き出すプロセスとしてのリサーチも、指導の一環として重視しているのです。授業は講義形式ではなく課題探究型とし、問題解決能力を養います。学生は小グループで議論し、課題解決プロジェクトに取り組み、プレゼンテーションを行います。小規模なリサーチ活動も取り入れ、文献検索など研究スキルも養っています。

クロストレーニングの重要性についてもお話ししましょう。自然科学を専攻する学生がなぜ、人文科学や社会科学を学ぶ必要があるのでしょうか。それは、自然科学以外の学問分野を学ぶことで、多角的な視点で物事を見つめる力をつけることができるからです。それにより、説得力

Independent and critical thinking are what we focus on concerning liberal arts education in the United States. We're looking for breadth as well as depth, so that students have a major in which they go deep into a subject but they also get a breadth of experiences across the humanities, the natural sciences and also the social sciences. Communication is a huge issue in liberal arts colleges. We're very concerned that students develop excellent skills in written and oral communication leading to students who are prepared to assume their positions as citizens of the world, so that civic and social responsibilities become very important to us as well as developing the characteristics and the inclinations for ethical leadership. In a liberal arts college it is not expected that that is the end of learning. The 4 years of liberal arts college is only the beginning of an expansive learning process. And so what we focus on, are the developments of life-long skills that will enable students to continue learning throughout their entire lives.

Today we are going to be focusing on the idea of the natural sciences in a liberal arts environment. I wanted to first illustrate to you two of our finest institutions. They are recognized as being top liberal arts colleges in the US, first Amherst College and second Williams College. What we find in those two institutions is that close to 30% of their students are majoring in the natural sciences. However we do have institutions that we consider liberal arts colleges such as Harvey Mudd College in California that has 100% of the students majoring in the natural sciences. It is a residential liberal arts college in science, engineering and mathematics, but what it makes it a liberal arts college is that wholly 25% of the courses that they take are outside of the sciences. And so the students are, in fact, getting a breadth of education there, as well as depth.

How successful are those students majoring in the sciences in a liberal arts setting? 8% of the science graduates in the US come from liberal arts colleges. But when we look at the number of PhDs in the sciences that are obtained in the US, 17% of those PhDs are given to students who graduated from liberal arts colleges. Therefore, the conclusion we can draw, is that liberal arts college graduates are twice as likely to get a PhD in the sciences. I think that indicates that the students are very well prepared to go on in their future education. But how well do the students do when they are practiced as scientists? In the US we have an institution that the very top scientists are elected to, called the National Academy of Science and there are only about a little over 2,000 scientists that are elected to this very honored group and 19% of this group are graduates of liberal arts colleges. So not only are they prepared to get a PhD, but they are more than twice as likely to excel as professional scientists.

We need to ask the question, what accounts for this success? First of all in a liberal arts college, it is characteristic that they have small classes with low student-faculty ratios. Typically the average in the US is 12 students per faculty member. The faculty focuses on teaching. They chose to have their career in liberal arts colleges because they care deeply about the learning of students. And therefore the faculties are accessible to students.

The labs that students engage in in liberal arts colleges tend to be more open ended. The laboratory exercises do not necessarily have a known outcome for the student when they start the exercise. It's more like real research. Students are encouraged to develop broad interests. We very much believe that the kind of "expanded thinking" that students have when they engage in the humanities and the social sciences contributes to their success later as scientists. The innovation, the different ways of knowing, the creativity, all of these is helped by their exposure to a broad variety of disciplines. And very importantly, critical thinking skills; those skills that are developed and focused upon in a liberal arts setting are very important to later success. No matter how important the work of a scientist might be, if that work is not communicated effectively, persuasively, clearly, then it would not have the impact it should have on society. It is clear that communication skills are vital.

Now I would like to focus on the College of Wooster. We call ourselves the nation's premiere college for mentored undergraduate research, and our model is "independent minds working together". We encourage our students to develop independence in thought, and we encourage our students also to work together. We think of research in two ways. Of course, research is the uncovering and development of new knowledge, but also at the College of Wooster, we seek importance in research as pedagogy. We feel that a faculty mentored undergraduate research is the very best way for students to learn. We feel one-on-one interactions between a faculty member and a student when they are working on a research project is the most powerful kind of teaching and learning that can occur. We have an emphasis on inquiry-based learning instead of just the traditional classroom lecture format. We have an emphasis on problem solving, and not on memorization. If you can put these three together, at the College of Wooster, we strive to move





のある主張ができるようになります。みなさんは科学とは答えが明確であり、白黒がはっきりつくものであると思われるかもしれませんが、データは決して完璧なものではありません。いろいろなデータを集めたなかで、いかに解釈をするのか。自然科学も他の分野と同じで、解釈するスキルを習得することが重要であり、人文科学や社会科学などの分野とともに学び、クロスレーニングを行うことで、科学者としての資質を高めていくことができるのです。

ウースター大学における学部教育の3つの特長を紹介しましょう。

1つ目は教員による個別指導です。学生が研究に取り組むにあたり、扱いやすいテーマを選び、自分の力で研究を成功させることができるよう、教員が熱意を持ってサポートしています。研究中に生じた様々な問題についても、解決の手助けを行います。

2つ目は学生についてです。研究を通じて、学生は責任感と自立心を身に付けていきます。課題探究型の研究に取り組むことで、自ら課題を見つけ、研究し、解決していく力が高まります。

3つ目は、学生を育成する環境の提供です。4年間の大学生活において、学生が様々な壁にぶつかったとき、教員が寄り添い、適切な指導を行うことで、研究に対する意欲を持続けることができる手助けをしています。そして、学生の成長にも目を配り、学生が自信をつけ、自己肯定感を高めていけるようにしています。

3年次、4年次においては独自のプログラム「ISプログラム」を用意しています。3年次の後期に、学生は教員とともに研究の手法を絞り込み、テーマを決定してプロジェクトを組み立てていきます。4年次には実際に実験を行い、データを分析し、その結果を論文にまとめ、発表、審査を受けます。論文提出の締切日はISマンデーと呼ばれ、論文を提出するとISボタンが渡され、提出した順に番号が付されます。そして、バグパイプを吹きながらパレードをして、努力を讃え合うイベントも行っています。

論文提出から1カ月後には、シニアリサーチシンポジウムが開かれ、学生たちが自身の研究成果を発表します。ポスター展示をはじめ、口頭でのプレゼンテーションなど、1年間かけてどのような研究を行ってきたのかを発表するのです。こうした研究活動は学生と教員との関係を深め、生涯にわたり、その関係を大切にしていくものです。

ISプログラムは外部からも高い評価を得ています。本学の代表的な研究であるBCMB生化学・分子生物学といった分野で秀逸な科学者を世界に輩出しているという評価をいただいております。それはまさに、私どもが目指すところ です。今後はこのISプログラムを、個々の研究だけでなくグループによる共同研究も取り入れるなどしながら、より学際的なものに発展させていきたいと考えています。

away from the widely recognized primary settings of teaching and learning or attending a traditional lecture. Faculty members can engage students in a small group discussion, in problem solving, in working together on a particular creative activity, or a student may actually be presenting some other ideas to the classroom instead of the professor. In addition, as part of our classrooms we have course embedded research, small research projects that are apart from the classroom setting and the development of research skills which may be needed in the laboratory that also would be part of research skills that are needed for literature research.

We think the students that are majoring in the sciences gain a huge amount through this cross training outside the science disciplines. Students learn to ask interesting and complex questions, distill the critical elements, to examine subjects in multiple points of view, develop strong arguments and learn to communicate effectively in different disciplines. Those who are not scientists themselves often believe that science is unambiguous, very concrete, that there is only one answer and only one truth. But those of us who work in the sciences know very well that our data is not that perfect. In fact, the concepts and the ideas that we develop about the data we collect change over time as we learn more. This shows that interpretive skills are just as important in the sciences as they are in the other disciplines. Sometimes it is easier to help our students develop those skills in other disciplines. Therefore, we feel that this cross training is really essential for students learning to be the best possible scientist they can be.

I would like to discuss now three hallmarks of the kinds of undergraduate research experiences that we provide to students at Wooster.

First of all, the faculties at Wooster have a personal approach and are able to imagine and think of how they could define those research areas into small manageable projects that students could actually contribute to, and not to be totally overwhelmed by. Faculty members devote an amazing amount of time to training students, to helping them develop the fundamentals that they need to then become independent.

What are the hallmarks of the students? These experiences that the students have during undergraduate research develop a high level of responsibility and independence within them. They become so interested in a project that they put far more amounts of time into the project than they would if they were simply reading about someone else doing that kind of work. They develop self-reliance and innovation. They become creative problem solvers.

The third hallmark of undergraduate research at Wooster is the development and the maintenance of the nurturing environment. Our faculties pay a lot of attention to student growth; certainly to their intellectual growth, but also to their personal growth. And through this process students develop confidence and a sense of self-growth.

This process of mentored undergraduate research results in the later two years of the students' curriculum at the College of Wooster, called the Independent Studies (IS) program. In the second semester of the junior year of college, students work with faculty members as they focus on research methodology, selection of a research question and project development. Then during the senior year, that project becomes their own area, in which they become the expert as they conduct experiments, as they analyze data and as they then write and defend their senior thesis. At the end of their independent study time, we have a culture of celebration. When the students turn in their thesis, we call that IS Monday, and they get a button with a number on it. And then we have a big parade on campus. There are bagpipers and our dean wears a kilt and leads this parade of students around campus.

Another celebration, which is more academic, is the senior thesis symposium that we hold about a month later where students present their work in poster presentations, oral presentations or in a digital format. Our students have the opportunity to express their work of their senior year in a format which is going to engage the audience and which is helping them in developing their communication skills. Through this program, students develop strong connections to their discipline, to the IS experience, to the research itself and also to their faculty mentor and to the college. And these relationships with their faculty mentors are lifelong relationships.

Each one of our academic programs is examined periodically by external reviewers. During this past year, our biochemistry and molecular biology (BCMB) program was examined and the external reviewers as they looked at the IS program in BCMB noted "The IS program is the clear "crown jewel" of the Wooster educational model... and provides an outstanding example of how a dedicated set of faculty can produce an amazing group of new scientists for the world."

Isn't that the objective that we'd all love to have?

04



Title :

我が国の 科学教育の現状と リベラルアーツカレッジに 求められる役割

The current situation of
natural science education
in Japan and the role of liberal arts

Speaker :

東京理科大学 教授
元 ICU オスマー記念教授
北原 和夫

Kazuo Kitahara,
Tokyo University of Science Professor,
Former ICU Othmer Memorial Professor



まず、わが国における科学教育の特徴について、お話しいたします。みなさんご承知の通り、中等教育においては文系と理系を分けています。これが大きな問題を呈していると言えるでしょう。なぜこのような教育を行うのか、それは入試というものがあるからです。入試では科学に関する知識が限定的であり、生徒もなるべく効率良く、試験に向けた準備をしようと考えます。最低限の努力で高得点を取ろうと、科目数を絞って受験勉強をするのです。

もう一つの問題点としては、中等教育における理科教育が積み重ね学習になっているということです。基礎から上級に向けて知識を積み上げていくというのが実情です。たとえば、物理においては、ベクトルの分析、そして速度や運動量といったことを学んでから、ようやく惑星について学ぶことになります。そのため、物理の学習に抽象的な印象を持たれがちで、実際の私たちの暮らしには縁がないものだと思えられてしまうのです。

また、高校生の工学的な学びの経験も限られています。物理や生物、数学といった科目は高校で学びますが、工学とは何かといったことは、ほとんど触れずに高校での学びを終えてしまうのです。科目としてみても、工学や技術系の科目は限られ、たとえば技術家庭の一部として、料理や裁縫、木工、コンピューターといった内容にすぎません。

そこで、まず求められるのは、教育の改革です。科学教育は体系的であることより、文脈を重視すべきであると思います。現状では、技術者や科学者を目指す学生のための準備教育にすぎません。学際的な共同の土台としての科学教育にはなっていないのです。

イギリスには、「21世紀の科学」というとてもよい科学教育のカリキュラムがあります。このカリキュラムでは、宇宙学や地球科学、気候やエネルギー、材料を学んだうえで、運動法則などを学びます。つまり、物理という学問分野をまず実社会、実生活に照らし合わせて学ぶことができるのです。

では、高等教育における科学教育はどうあるべきなのでしょう。科学とは論理的なものです。すべての人間は科学に関わることができると思います。物理は対象と手法を限定することで発展してきた学問です。対象と手法を限定することで因果関係を明白にしようとしたのです。しかし、実社会における問題は複雑であり、いろいろな知識を併せて考えなければ解決することができません。ですから、リベラルアーツにおける科学教育には意味があり、自分たちがどこからきたのか、どこへ行くこうしているのかという理解を深めることだと思います。そして、どこへ行くのかを考えるために歴史から学ぶことは、より良い未来を作るための力となります。そのためにも、哲学や宗教、倫理といった観点から物事を見つめるということも大切なのです。

First of all, I'd like to talk about the characteristics of natural science education in our country, Japan. As many of you know, currently, *bunkei* (non-natural science) and *rikei* (natural sciences) are split during secondary education, and this causes a lot of issues. Why is this problematic system of education still continued? This is mainly because of the university entrance examination. The knowledge in natural sciences that is required for university entrance exams is quite limited and therefore students want to prepare for this test as efficiently as possible. In order to get a higher score with the least effort, it is natural to strategically narrow down the number of subjects to take. The curriculum has adapted to this strategy and thus lead to the current *bunkei-rikei* separation.

The other issue is that science education during secondary education has become tier-based, which means that knowledge acquisition is linear and is built up from a basic foundation to a higher level. For instance, if you look at how physics is taught, one can learn about the movement of planets only after studying vectors, velocity and momentum. Thus the image of physics as a subject, to many people, is rather abstract and has nothing to do with everyday life.

Also, it seems that studies related to engineering don't appear so much in high school education. Students study physics, biology, mathematics etc., but many people graduate from high school without knowing what engineering is. From a curricular point of view, the teaching of engineering and technology are extremely limited to one or two topics within a subject called "Homemaking and Technology", which usually handles cooking, sewing, woodwork and personal computer operation.

This situation needs to change, from the current systematic education to an education based on context. Systematic education may be good for students who want to become engineers and scientists, but it needs to function towards everybody, as a foundation for an interdisciplinary education.

Let me show you a case in the United Kingdom. There is a curriculum called "Twenty First Century Science", this subject handles space and geological science, meteorology and energy, and materials. Only after that, they teach the laws of motion. Through this course, the relationship between physics and the outside world becomes apparent and the students can study by always comparing real life experiences.

Then how should natural science education in higher education be? Science is logical, thus I believe that any human being will be able to understand it. Physics in particular, has developed by limiting conditions and methods in order to clarify the cause and effect of a phenomenon. But, society in the real world is complex and in order to find a solution, knowledge and wisdom from many disciplines are essential. Thus, natural science education in Liberal Arts is meaningful in a sense that we can understand where we were and where we want to go. And in order to think about where we want to go, for example, we need to understand natural science's history, and maybe its philosophy, religion, ethics and all sorts of things to build a better future.

Slide 1: What accounts for this success?

■ 8 % of science graduates from Liberal Arts Colleges

■ 17 % of PhD's in science graduated from Liberal Arts Colleges

Therefore, liberal arts college graduates are twice as likely to get a PhD in the sciences.

■ 19 % of those elected to the United States National Academy of Science are graduates of Liberal Arts Colleges

Therefore, liberal arts college graduates are more than twice as likely to excel as professional scientists.

Slide 2 : How Successful are Science Students Who Graduate From Liberal Arts Colleges?

■ Small classes; Low student/faculty ratio

■ Faculty members focus on teaching

■ Faculty members are accessible to students

■ Labs are more open-ended

■ Students encouraged to develop broad interests

■ Critical thinking skills

■ Oral and written communication



Title :

ICU の リベラルアーツにおける 科学教育のアプローチ

An approach to natural science education through liberal arts at ICU

Speaker :

国際基督教大学 教授
大学院理学専攻主任

岡野 健

Ken Okano,
ICU Professor, Director of the
Graduate School of Natural Sciences

Slide 1 : プロフィール「 Academic Profile 」

Research Experience:
Massachusetts Institute of Technology,
USA, Visiting Scientist (Chem. Eng.) &
Visiting Professor (Lincoln Laboratory)
Dec. 1991- Nov. 1992
University of Cambridge, UK, Visiting
Scientist (Eng. Dep.) July - Aug.1995, July -
Aug. 2001, Aug. 2003 - July 2004
National University of Singapore,
Singapore, Visiting Professor (Material
Sci.), May & Nov. 2005
80 peer reviewed publications
(citation index: 1811 June 2014)
39 invited presentations at
conferences
h-index >20



Slide 2 : 学部生による研究論文

Publications by undergraduate students

phys. rev. let. (a) 88, No.3, 487-489 (2002)
Seebeck Measurements of N-Doped Diamond Thin Film
K. HIRAKAWA¹ (a), K. OKANO² (a), N. RUSSELL³ (b), M. CHIRKILLA (b),
and G. A. J. AMARATUNGA (b)
(a) Department of Physics, International Christian University (ICU), 3-26-2 Choshi,
Mitsui, Tokyo 164-8639, Japan
(b) Department of Engineering, University of Cambridge, Trumpington Street,
Cambridge CB2 3PQ, UK
(Received March 11, 2002; accepted June 3, 2002)
EACS 72.30.Ps, 72.80.Cw, 81.15.Ea
**Amorphous selenium based photodetector driven by field emission current
from Si-doped diamond solid cathode**
Naoki Kato, Kenichi Kato, Hiroo Yamaguchi, Hiromi Okamoto, and Ken Okano^{*}
Department of Physics, International Christian University (ICU), 3-26-2 Choshi, Tokyo, Japan 164-8639
Abstract
We report on the field emission current (FEC) driven photodetector (FEC-PD) based on amorphous selenium (a-Se) and Si-doped diamond (Si-D) solid cathode. The FEC-PD shows a high responsivity of 10 A/W at 800 nm wavelength. The responsivity is comparable to that of the Si-D cathode based photodetector. The FEC-PD is expected to be a promising candidate for the next generation of the photodetector.
Received 11 October 2005; accepted 16 February 2006; published 28 March 2006
J. Vac. Sci. Technol. B 24(2), Mar/Apr 2006 1071-1023/2006/24(2)/1035/\$23.00

岡野教授の研究者としての成果物 教育経験はほぼ0からスタートで、ICUの学生のポテンシャルを掴み、学部生による査読付き投稿論文の掲載まで辿り着いた

私が ICU に来たばかりの頃、理系系の学生たちは自分の手で実験を行うというよりも、他の研究者が書いた論文を読み、その問題点を指摘することを学びの目的としていました。批判的思考力の大切さはわかりますが、その意味を取り違えているのではないかと感じたものです。その結果、卒業後は研究職や技術職に就くよりも、ジャーナリストや弁理士といった職に就く学生が多かったように思います。そうした教育のあり方を変えなければと思い、学生にはどんなに簡単なことでも自分の手で実験を行うこと、そしてその結果をもとに、卒業論文や学術論文を書くことを教育の中に取り入れていきました。

物理学のメジャーモデルスケジュールを示します。1年次から基礎科目として物理学を学ぶことができますが、学生は入学するとリベラルアーツ英語プログラム (ELA) によって、1年間をほぼ英語漬けで過ごしますので、当然ながら物理にかかる時間は少なくなります。そのため、いかに効率良く教えるかということが課題です。また、入試の時点では文系と理系を問いませんから、高校で物理を学んでいない学生も、物理の科目を履修することになります。そうした学生には、教科書を貸し出し、個別に補習をするなど、手厚く面倒を見るようにしています。

また、ICU では日英 2 言語で授業を開講していますが、英語での開講科目の場合、すべてを英語で行うと、物理に対する理解が深まらないということもあり、その場合は日本語でフォローするなどのバランスをとることも大切だと思います。日本語で開講している授業でも、帰国生など英語の方が得意な学生に対しては、全体に日本語で説明し、例題を解かせている間に、英語で説明するといったフォローもしています。いろいろな背景を持つ学生がいますので、たとえば日本語で講義を聞いても、教科書は英語といった学び方もあります。そうして日本語と英語をリンクさせて指導を行っています。

ここで少し、授業の事例を紹介しましょう。文科系向けの実験付き自然科学入門では、ペットボトルロケットを飛ばしています。500ml のペットボトルを 2 本重ねて水を入れ、空気入れを使って空気を入れて発射するのですが、物を速くまで飛ばすにはどうしたらよいのかを学生と考えます。通常であれば、45 度の角度で投げれば物が速くに飛ぶということを学生たちも知っています。しかし、ペットボトルには水が入っています。その重さがあるので、45 度にしても、角度はもっと低くなる。どうしたら速くに飛ぶのか、それを実験によって確かめるのです。私はどんなに簡単なことであっても、自分の手を使って実験するということが大切だと考えていますので、このような学びを取り入れています。ほかにも、基礎物理学実験の授業では、ブラックボックスやラジオ製作などを行います。学生たちに話し合わせ、実際に実験をし、その結果をプレゼンテーションするという流れで学ぶのです。

こうにして学んだ学生たちは、実験結果に基づいた研究成果を論文にまとめていきます。教員は一人ひとりに寄り添い、時間をかけて指導を行います。そうして学生とともにいろいろなことを考え、最終的に研究、更には査読付き論文の投稿というレベルに到達できるようになるのです。

When I came to ICU, the students, rather than do their experiments themselves, read a lot of papers that other researchers had published and the main goal of the pedagogy was to locate and clarify the issues that these papers had. I understand the importance of critical thinking. However, I felt that there was a misunderstanding of what research in the natural sciences actually meant. As a result, many went on to become journalists and patent attorneys rather than researchers or technicians. I felt the urge to correct this misunderstanding and through my educational method, I've encouraged the students to do experiments on something, however simple it is, and use the results obtained to write their senior thesis, or even a journal entry.

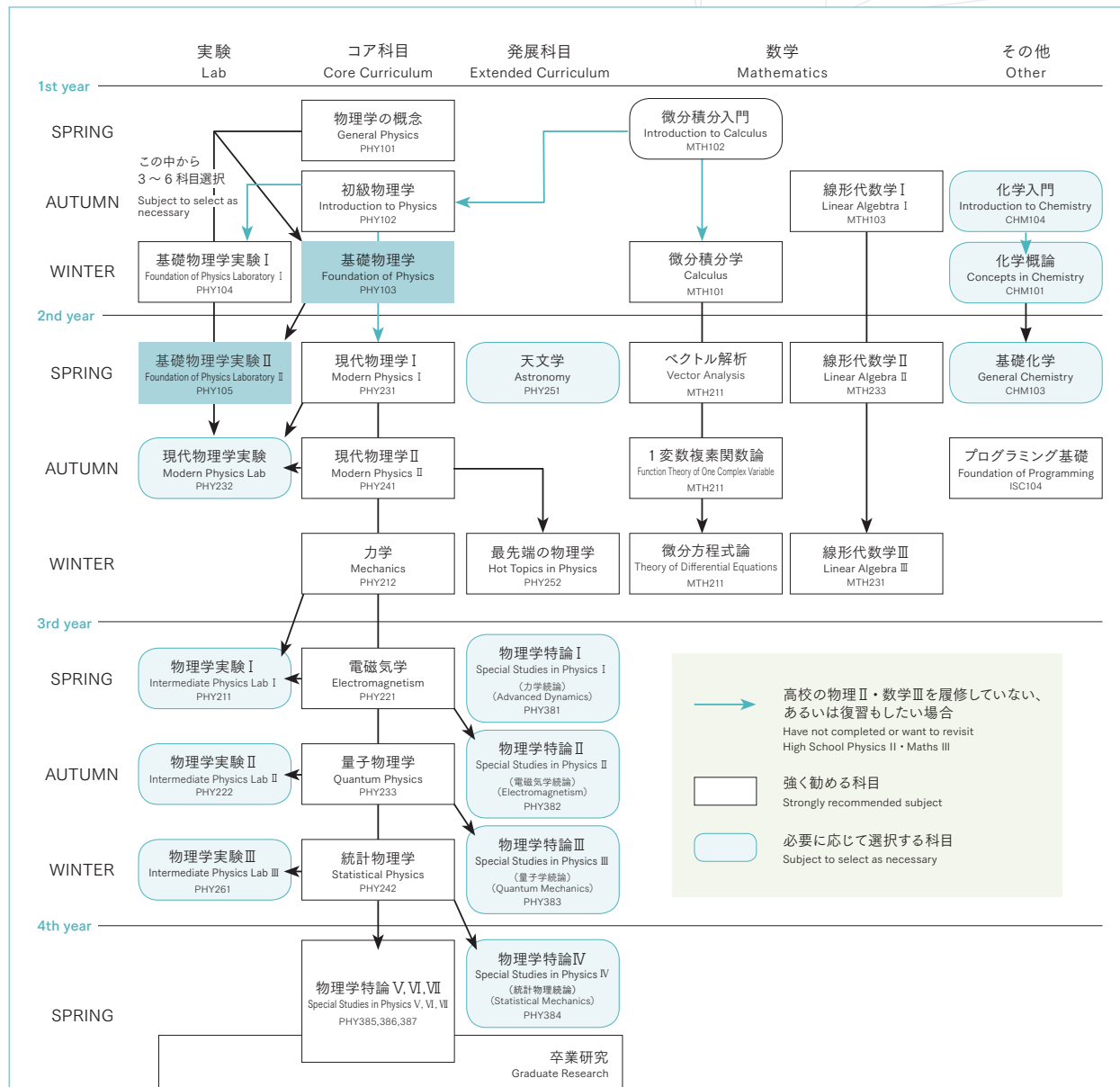
Slide 3 shows the model schedule of a physics major at ICU, it is possible to take Physics courses from 1st year. However, since the required English for Liberal Arts program is quite intensive during the first year, obviously the time to take physics courses is quite limited. Thus, our challenge or task is to teach more efficiently. Since ICU does not require students to select a major upon entrance, some students who may not have taken physics classes during high school education are able to take a physics course. In order to cover this, we have a variety of high school physics textbooks we use in our courses, and we try to give as much support as possible to those students too.

Language can be another issue. Classes at ICU are taught in both English and Japanese, but for Japanese students, Physics courses taught in English may hamper their understanding. What we're currently trying to do is to try and support students by following-up with these students in Japanese. I feel the importance here is to balance out the language depending on the student. The same could be said for the opposite case where, for example, if non-Japanese students enroll in a Japanese physics course, I try to do follow-up in English while the Japanese students are solving their problems etc. Since we have various students with different backgrounds, there are other ways of teaching such as doing the lecture in Japanese using an English textbook. Basically, we try to link Japanese and English through such methods.

Now, I would like to introduce some of the courses that I teach. In a general education course named "Experimental Approach to Natural Sciences", which is a natural science course for non-natural science majors, we fly plastic bottle rockets. To be more specific, we put water and air pressure into a 500ml drink bottle (for carbonated drinks) and discuss about how we can make this fly farther. In theory, the angle of the rocket from the horizontal surface should be 45 degrees at the optimum, and many students somehow know about this as general knowledge. However, the weight of the water matters a lot and usually the trajectory ends up much smaller than expected, so we do an experiment! I believe that you never know what comes out unless you do it yourself, even with the simplest of things. I teach another class called "Foundation of Physics Laboratory II" in which the main tasks are to a) solve a black box circuit and b) make your own radio receiver. We discuss, do the experiment and present. Oh, and this is not a joke, but if one cannot successfully operate the radio, thus, if the instructor could not hear any radio broadcast, it will result in an automatic fail. Nothing is more meaningless than a non-operational radio.

Students who learn this way, write academic papers according to experimental results. The faculty takes a good amount of time and care with tutorial sessions for each and every student so that they can "critically think" in an academic attitude, so that at the end of the day, he/she will be ready to write and publish a peer reviewed journal paper.

Slide 3 : 物理学メジャーモデルスケジュール (2015年度版) Physics major model schedule (AY2015 edition)



高校の補習
Supplementary High School contents



事例) 基礎物理学 II
Case study: Foundation of Physics II



ブラックボックス
The black box



ラジオ制作
Building your own radio receiver



III : Panel discussion



Host :
国際基督教大学 教授
溝口 剛

Question:

リベラルアーツにおける、自然科学専攻の必要性についてどう思いますか？
必要だと思う、あるいは思わない理由を教えてください。

Answer 1:

現在、私たちが社会で直面している問題は非常に複雑で、自然科学、人文科学、社会科学という3つの分野が絡み合い、1つの分野からのアプローチだけでは、なかなか解決の糸口を見出すことが出来ません。そこで、リベラルアーツ教育を通じて多角的な観点から組み合わせて解決策を導き出す必要があり、自然科学専攻はその観点の内の1つと思っています。ゆえに、他の分野同様、必要不可欠だと考えています。



ウースター大学 統括副学長
キャロリン・ニュートン

Answer 2:

必要であって欲しいです。他の分野を学ぶことは、一種の言語習得だと思います。というのも私は数学が苦手なので、数式を解くことは出来ませんが、そこに使われている記号の意味や思考のプロセスが理解できれば、専門家である先生と会話がはじめられます。例えば文化財を劣化から保護するのに必要な自然科学的な知見を引き出すこともできるようになります。このように、その分野を完全に理解していなくても、枠組みを理解することが重要なのだと思います。



環境研究メジャー／
美術・文化財研究マイナー
3年生
坂本 明子

Answer 3:

大学として、学生たちの可能性が開かれていく大学であることの必要性を日頃から感じています。私自身はどちらかというと、社会と物理の接点のような分野を教えています。自然科学をメジャーとして学ぶにあたり、人文科学や社会科学の観点からクリティカルに考える力を受けさせることは重要だと思います。



東京理科大学 教授
北原和夫

● Question & Answer ●



Host :
Tsuyoshi Mizoguchi,
ICU Professor

Question:

Do you think natural science majors are necessary in liberal arts education and why?

Answer 1:

The issues that we face in our society are complex, meaning that the problems are a mixture of natural science, humanities and social science problems. We simply cannot solve this problem from one perspective. Through liberal arts education, one can look at the issue from multidisciplinary perspectives in order to find the solution where natural sciences play one of many essential roles.



Carolyn Newton,
The College of Wooster Provost

Answer 2:

I would want it to be necessary. Studying outside of your major is like a sort of language acquisition. I am not so good at mathematics and it is quite hard for me to solve equations, but by understanding the meaning of operators, notations and the logical context, at least I can start a dialogue with a professor concerning mathematics. So in my case it has become much easier to draw out and understand necessary natural science based information for the preservation of a cultural heritage. Therefore even though you don't fully understand the principle of the discipline, it is important to understand the framework.



Akiko Sakamoto,
ICU Environmental Studies Major /
Art and Cultural Heritage Minor
Junior

Answer 3:

I feel that university should be a place to maximize each student's potential. I currently teach in a discipline that focuses on the interface of physics and society. Having said that, it would be quite significant for the students to be able to think critically from a humanities and social sciences perspective at the same time when majoring in natural sciences.



Kazuo Kitahara,
Tokyo University of Science
Professor, Former ICU Othmer
Memorial Professor



III : Panel discussion



Host :
国際基督教大学 教授
溝口 剛

Question:

「リベラルアーツ教育における自然科学の役割」 とは何だと思いますか？

Answer 1:

物理、化学、生物などの専門家を育てるだけではなく、他の職についてもある程度は科学や工学のバックグラウンドを持つことが大切だと思っています。例えば先の震災で、これが無いために誤解のある情報がメディアを通して伝わったり、受け取る側も間違っって解釈したりすることがありました。これに対し、多少でもそこを補うような(科学リテラシー) 教育を行うことが、リベラルアーツにおける自然科学の役割ではないでしょうか。



国際基督教大学 教授
岡野 健

Answer 2:

古代のリベラルアーツではヘブライ語が重視されていて、なぜならば聖書が世界を理解するために必要なツールだったからなのですが、それが数学に置き換わり、現在では自然科学が世界を理解するために必要なツールの一つとなっています。もちろん他の学問分野も必要ですが、自然科学が無かったら、震災や疫病の際に判断を誤ってしまう可能性があります。現在、多くの人にとってブラックボックスとなっているような事柄を一人ひとりが開けていく必要があり、自然科学教育はそのためにあるのだと考えています。



生物学メジャー／数学マイナー
4年生
黒木 健

Answer 3:

問題は文系の学生が自然科学の科目を必要最小限しか履修しないことにあると思います。これは自然科学の授業科目の多くが、社会との接点をもたない内容であるために興味をそそらないという点に起因するのではないかと考えられています。より実社会に近い、例えば環境問題やグローバルヘルスの問題について、自然科学的な知見を一人ひとりが持つことで、十分な判断材料のもと意思決定を下すことが出来、責任ある地球市民として歩んでいける。そのような授業を提供することが重要で、自然科学教育にはそういう役割があると信じています。



ウースター大学 統括副学長
キャロリン・ニュートン



Host :
Tsuyoshi Mizoguchi,
ICU Professor

Question:

What do you think is the role of science education in liberal arts?

Answer 1:

I think it is important for people of other fields to have a certain engineering or scientific background, not only for the cultivation of specialized scientists such as physicists, chemists, and biologists. Due this lack, for example, scientifically faulty information was broadcast by the media after the Fukushima incident and the people who received it misinterpreted the information. I guess one role of science education in liberal arts is to develop some science literacy so that one can judge whether the information seems scientifically correct or not.



Ken Okano,
ICU Professor, Director of the
Graduate School of Natural Sciences

Answer 2:

Liberal arts in ancient times were based on learning Hebrew because the bible was the necessary tool to understand the world. Then mathematics became the necessary tool followed by the most recent tool, natural sciences. Obviously other disciplines are also important, however, if it were not for natural science, then how can one make judgments in situations such as earthquakes and pandemics? It is essential that each and every one of us be able to "open the black box" and natural science education is the key.



Ken Kuroki,
ICU Biology Major /
Mathematics Minor
Senior

Answer 3:

One of the biggest issues is that non-natural science major students enroll in the minimum required number of natural science classes. This is because many classes taught in the discipline have contents that have very few connections with society, and the students are not motivated to take such courses. If each student possessed a general knowledge of topics that are linked to the outside world, for example environmental issues, or global health issues, students would be able to make decisions based on adequate information, playing their part as a responsible global citizen. It is important to provide such courses and this is the role of natural science education in liberal arts.



Carolyn Newton,
The College of Wooster Provost



Education

リベラルアーツ教育における
自然科学の役割は何だと思いますか？

ICUの自然科学系メジャーに関する基礎データ

Statics of Natural Science Majors at ICU

▼ 特徴 / Characteristics



▼ ICUの自然科学系メジャー / Natural sciences majors at ICU



▼ 教員学生比 / Teacher student ratio

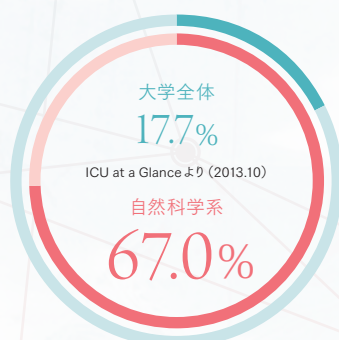


*専任教員数：全学生数(1-4年生)
ICU at a Glance より (2013.10)

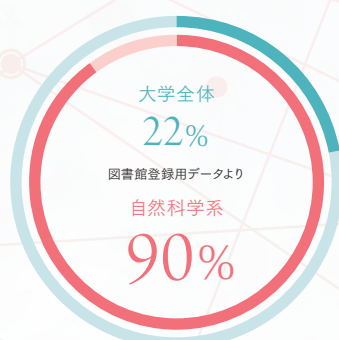


**理科系専任教員数：(理科系メジャー 3,4年生学生数) x 2
(2015. 4)

▼ 大学院進学率 / Graduate school entry rate



▼ 卒業論文の英語率 (2014年3月提出) / Percentage of senior theses written in English



▼ 自然科学系専攻学生留学派遣先一覧 / ICU Exchange Student Numbers at Foreign Science Universities

派遣先大学	人数	World Ranking (2015)*
University of California Berkeley カリフォルニア大学バークレー校	5	化学 / Chem 2位 物理学 / Phys 5位 生物学 / Bio 7位
University of California San Diego カリフォルニア大学サンディエゴ校	4	生物学 / Bio 12位 化学 / Chem 41位 情報科学 / Isc 44位
University of California Davis カリフォルニア大学デイヴィス校	3	生物学 / Bio 29位
University of California Irvine カリフォルニア大学アーヴァイン校	3	—
University of Sheffield シェフィールド大学	3	—
University of California Los Angeles カリフォルニア大学ロサンゼルス校	2	生物学 / Bio 11位 物理学 / Phys 17位
University of Queensland クイーンズランド大学	2	生物学 / Bio 37位
University of Pennsylvania ペンシルバニア大学	2	生物学 / Bio 26位
Washington State University ワシントン州立大学	2	—
University of Leeds リーズ大学	2	—
University of California Santa Barbara カリフォルニア大学サンタバーバラ校	1	—
Rutgers, The State University of New Jersey ラトガーズ大学	1	—
University of Gothenburg ヨーテボリ大学	1	—
University of Alberta アルバータ大学	1	—
University of Iceland アイスランド大学	1	—
Free University of Berlin ベルリン自由大学	1	—
合計	34	

* <http://www.topuniversities.com/> 調べ