HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	「科学技術と社会」授業プログラム ： テクノロジー・アセスメントや研究倫理を題材とした課題の実施報告
Author(s)	江間, 有沙
Citation	科学技術コミュニケーション, 18, 3-16
Issue Date	2015-12
DOI	https://doi.org/10.14943/71585
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/60389
Type	departmental bulletin paper
File Information	Costep18_1.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

報告

「科学技術と社会」授業プログラム
～テクノロジー・アセスメントや研究倫理を題材とした課題の実施報告～

江間 有沙[1]

“Science, Technology and Society” Class Program at a University:
A Report of Teaching Technology Assessment and Research Ethics

EMA Arisa[1]

要旨

科学技術と社会の関係が複雑化している現在,「科学技術と社会」関連の授業を開講する大学は今後増えていくだろう．本報告では，科学技術を支える制度や仕組みを理解するための授業プログラムを紹介する．本授業プログラムでは，大人数（300人以上）でピアレビューなどのグループワークを行ったり，実験レポートを作成する課題をこなしたりすることによって，文科系の学部学生にテクノロジー・アセスメントや研究倫理について体験的な理解を促すことを目的としている．これらのグループワークやレポート課題には，大学生として身につけてほしいリサーチリテラシーやビジネスメール・告知ビラの書き方など実践的方法を学べる工夫も施されている．また授業で扱った概念や事例を4コマ漫画で説明する課題をこなすことによって，文科系の学部学生が科学技術を身近に感じ，彼らの日常生活に引き寄せて考えられるような「科学技術と社会」の授業とすることを目的としている．

キーワード：「科学技術と社会」授業プログラム，テクノロジー・アセスメント，研究倫理，大人数

Abstract

The complexity of science, technology and society will require more “Science, Technology and Society” class program at universities. This report introduces an experience-based learning program that teaches systems that support scientific activities such as technology assessment, research ethics to non-science course university students. Unique assignments were given such as writing email, creating broachers, writing an experiment report and drawing 4-cell manga to understand “science, technology and society” issues in their everyday lives. Class exercise was held in a large classroom more than 300 students interactively and lecture of science and technology was aimed to attract non-science course university students.

Keywords: “Science, Technology and Society” class program, technology assessment, research ethics, large classroom

---

2015年9月1日受付　2015年11月19日受理
所　属：1 東京大学 教養学部附属 教養教育高度化機構
連絡先：cema@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

第4期科学技術基本計画（文部科学省 2011）や，現在取りまとめられている第5期科学技術基本計画において，テクノロジー・アセスメントの取組や柔軟な発想を持つ科学技術イノベーション人材育成の必要性が掲げられている．今後，科学技術と社会のコミュニケーションを促進する人材の育成はさらに重視され，文科系の学部学生に対しても「科学技術と社会」関連の授業を開講する大学は増えるだろう．本報告では，科学技術を支える制度や仕組みに関する内容について，文科系の学部学生に体験的に理解してもらうような工夫をした「科学技術と社会」授業プログラムを紹介する．

2. 授業プログラムの概要

2.1 受講生と教育環境

本授業プログラムは著者が2014年前期に関西圏にある大規模私立大学の政策科学部で実施したものである．本学部では政策課題や政策争点の背景を学び，問題解決能力を持つための視野を養うため，「科学技術と人間」に関する選択科目が設置されていた．本授業はそのうちのひとつであり，履修者394人中，単位取得者は345人だった．学年別割合としては1年生が51.0%，2年生が29.0%，3年生が15.1%，4年生が4.1%，5年生が0.9%であった．初回に「科学技術についてのニュースや話題に関心があるか」アンケート調査を行ったところ（n = 236），関心があると答えたのが20.8%，ある程度関心があると答えたのが57.6%，あまり関心がないと答えたのが19.9%，関心がないと答えたのが0.8%，わからないと答えたのが0.8%であった．この結果は内閣府の『科学技術と社会に関する世論調査（2010）』で一般20代を対象にしたものとほぼ同じ割合であり，一般20代と比較して科学技術への関心が特別高い層というわけではなかった．

講義は450人が入る固定教室で行われた．また，大学は携帯電話を用いた出席・クリッカー機能を備えたITシステムを導入していたほか，オンラインでのレポート提出やオンライン掲示板での議論ができる体制が整っていた．

2.2 授業の到達目標

シラバスには「科学的知識がどのように作られてきたのかという事例，現在起きている科学技術と社会をめぐる問題，そして未来の科学技術政策の評価や意思決定をどうしていけばいいのかのディスカッションを通して，正解が一つではない問題，あるいは，正解がまだ存在していない問題に対するアプローチ法について提示」することを掲げた．また「一方的な講義形式ではなく，ゲームツールやITを用いてグループワークやピアレビュー，思考実験も行う予定」である旨も記し，実際の90分授業においても，ほぼすべての回においてグループワークの時間を持った．

授業の到達目標としては下記4点を掲げた．

1. 科学と技術の特質と，政策や政治との関連について理解する
2. 科学技術と社会をめぐる諸問題に対し，自分と異なる意見を尊重しながら，自らの知見を説明することができる
3. 科学技術と社会をめぐる諸問題に対し，多角的な視点から分析できる基礎を身につける
4. 目的や読み手にあったレポートの書き方の違いを理解し，文章を書くことができる

このうち1から3は授業中の講義やグループワークから，4はレポート課題から到達できるとした．

2.3 成績評価とルーブリック

授業期間中に課した五つのレポート課題（計85点）と，授業でのグループワークをもとにした課

題（5点），オンライン掲示板への投稿（1回につき1点，最大10点）を合わせた100点満点で成績評価を行った．

また各レポート課題発表と同時にルーブリック（評価基準）を提示した．ルーブリックとはひとつ以上の基準（次元）とそれについての数値的な尺度のマトリクスを作成して評価を行うという考え方であり，標準化を志向するもの，しないものなどいくつものタイプがある（松下 2012）．評価基準を受講生へ事前通知することによって，評価の明確性や公平性に対する認識を促進する（沖 2014）．またルーブリックの採点法としては各基準の到達度に応じて尺度を設ける加点法と，ミスがあるごとに点数を引いていく減点法があるが，本講義では加点法と減点法を合わせたルーブリックを作成した．すなわち思考・判断や関心・意欲など「発想や表現」に関する項目に関しては加点法を採用し，課題のフォーマットに従っているか，誤字脱字はないか，提出期限を守っているかなど「形式」に関する項目には減点法を採用した．

例としてレポート課題5で提示したルーブリックを表1に示す．本課題では，A4用紙の左半分に4コマ漫画を描き，右半分には（1）漫画で扱っている概念の説明，（2）それを4コマ漫画でどのように表現したかの説明と（3）コメントを文章で書くよう指示した．

表1　ルーブリック例

	評価項目（10点満点：加点項目）	減点項目（点）
1概念	4コマ漫画で扱っている概念や事例の説明が正しい（1〜3点）	フォーマットに従っていない（-1点）
2説明	漫画で概念をどのように表現したかを説明できている（1〜3点）	誤字脱字が多く，読みにくい（-1点）
3コメント	4コマ漫画を書いたことで考えたことが説明されている（1点）	4コマ漫画タイトル付け忘れ（-1点）
4漫画	漫画として読める．ただし絵の上手下手は問わない（1点）	提出遅れ（-2点）
5発想	ユニークな着眼点で面白い（1〜2点）	—

3. 授業計画とユニット

全15回講義のうち第1回は導入，第15回はまとめを行い，残りの13回を3つの「ユニット」に分け，ほぼ隔週で課題を出した．各ユニットでは統一したテーマを扱い，それぞれテクノロジー・アセスメント（TA）ユニット（第2回から第7回），研究倫理ユニット（第8回から第10回），4コマ漫画企画ユニット（第11回から第14回）と命名した（表2）．

以下，講義の概要とレポート課題の説明，グループワークの方法について解説を行う．

表2　授業計画の全体像

	内容	レポート課題と配点
第1回	イントロダクション	
第2回	TA（1）：テクノロジー・アセスメント概論	レポート課題1説明（10点）
第3回	TA（2）：BSE事件	↳レポート課題1提出
第4回	TA（3）：ピアレビュー	レポート課題2説明（10点）
第5回	TA（4）：妥当性境界	↳レポート課題2提出
第6回	TA（5）：参加型テクノロジー・アセスメント	レポート課題3説明（25点）
第7回	TA（6）：ユニットまとめとプレゼン・トーナメント	↳レポート課題3提出
第8回	研究倫理（1）：紙ヒコーキ実験	
第9回	研究倫理（2）：研究不正	レポート課題4説明（10点）
第10回	研究倫理（3）：科学者の社会的責任	↳レポート課題4提出
第11回	4コマ漫画企画（1）：技術のデザイン	レポート課題5説明（10点×3）
第12回	4コマ漫画企画（2）：科学技術政策	グループワーク課題（5点）
第13回	4コマ漫画企画（3）：リスク社会1	（レポート課題5のフィードバック）
第14回	4コマ漫画企画（4）：リスク社会2	↳レポート課題5提出
第15回	まとめと振り返り	

※その他オンライン掲示板への投稿（最大10点）

3.1 第1回 イントロダクション

初回授業は本授業の目的や成績評価法の説明をした．その後，当時話題となっていたSTAP細胞事件を事例としながら，科学技術を支える制度や仕組み，研究（者）倫理の問題を授業で扱うことの意義を全15回の授業計画と絡めながら概説した．

3.2 第2回 TAユニット（1）：テクノロジー・アセスメント概論

第2回から第7回まではテクノロジー・アセスメントという概念を軸として，科学技術を支える制度や評価システムの講義を行った．テクノロジー・アセスメントとは科学技術が社会に与える正負の影響を事前に評価する試みであると解説し，その歴史やテクノロジー・アセスメントを行う上で生じる「コリングリッジのジレンマ」[1)]を紹介した．また海外のテクノロジー・アセスメント機関の種類や役割も紹介した（城山 他 2011）．そのほか，具体事例としてイギリスのPOST Notesなど実際に発行されているものの紹介も行い，どのようなテーマがどのように調査され利用されているのか解説した．

主たる概念と事例を紹介したのち，第2回から第7回にわたる本ユニットでは三つのレポート課題を通して学生自らがテクノロジー・アセスメントを行うということを説明した．アセスメントの対象には，遺伝子組み換え食品やナノテクノロジーのように研究蓄積のある科学技術ではなく，自分たち学生が「このようなことができたらいいな」と思うものから，それを実現するための科学技術とは何かを考えさせた．つまり，科学技術のシーズではなく社会的なニーズを考えさせるところから始めた．課題そのものは，「某科学技術政策研究所の所員であるあなたは，所長から“ドラえもんの道具みたいな科学技術”のテクノロジー・アセスメントを委託された」という設定とし，学生証番号をもとに学生を10グループに分け，それぞれに漫画『ドラえもん』の「どこでもドア」や「取り寄せバッグ」など10個の道具を割り当てた．

最初の課題は割り当てられた「ドラえもんの道具」それ自体をテクノロジー・アセスメントするのではなく，その道具の使用目的から自分自身や社会のニーズを考え出し，なるべくオリジナルでユニークな「こんなことができたらいいな」というアイディアを考えてくるというものである．その上で，そのアイディアを実現するための科学技術や社会システムの実現可能性と，実現に当たっての障害についてA4用紙一枚にまとめる．これは，科学技術を自分の生活に寄せて考えさせると同時に，社会的なニーズを言語化し，それを実現するための科学技術や社会的アプローチを調べるという段階を踏むことから，発想法やリサーチリテラシーを高める訓練となることも目的としていた．

発想を膨らますため，授業中にブレイン･ストーミングを行ったほか，第2回から第7回の期間中，オンライン掲示板を活用して学生同士での情報交換や相互コメントを推奨した．教員も学生のアイディアに対して参考となる本やWEBリンクを紹介したところ，「取り寄せバッグ」で取り寄せたいものを「才能」と定義し「脳の活性化」を調べてきた学生，「もしもボックス」では，「面倒くさいので風呂に入らないでも済む世界」を実現するために「除菌衣料」の可能性を考えてくる学生，「スモールライト」では「感情の起伏を小さくしたい」ので「感情抑制の心理学」を調べる学生，「タケコプター」から「プロペラで渦潮を作って漁業を行う」ために「回転機械の開発をする」学生などユニークなアイディアが多く出てきた．

3.3 第3回 TAユニット（2）：BSE事件

科学技術を事後評価（evaluation）するのではなく事前評価（assessment）することの難しさの具体例として，英国BSE事件を事例として取り上げた．評価することに伴う課題として，(1) 科学的不確実さの問題，(2)「専門家」選びの難しさ，(3) 科学的知見によって社会・経済・政策判断へ踏

み込めるか，(4) 委員会報告がどのように利用されたかなどの諸問題を取り上げた（小林 2004）．

講義後，第4回の授業で扱うピアレビュー概念を理解するための準備として，第2回授業で提示したレポート課題1を用いて相互評価を行った[2)]．学生はまずルーブリックに従ってレポートを自己評価し，その後，他の学生3人のレポートをダブル・ブラインド，シングル・ブラインド，匿名性なしの3種類で評価した．それぞれの定義は以下のとおりである．

1. ダブル・ブラインド：レポート評価者とレポート作成者は互いに誰かわからない
2. シングル・ブラインド：レポート評価者はレポート作成者が誰かわかるが，作成者は評価者が誰かわからない
3. 匿名性なし：レポート評価者も作成者も互いが誰かわかる

3.4 第4回 TAユニット (3)：ピアレビュー

第3回授業で扱ったBSE事件の「専門家」選びの難しさを復習したのち，「専門家」を構築するピアレビュー（査読）システムについて講義を行った．ピアレビューとは論文の出版や助成金の配分など研究に対する報酬を与える体系的な方法論やプロセスであることを概説した後，第3回授業で行った3種類のピアレビューと事前と事後の自己評価，そして教員による評価点の分布を示した（図1）[3)]．

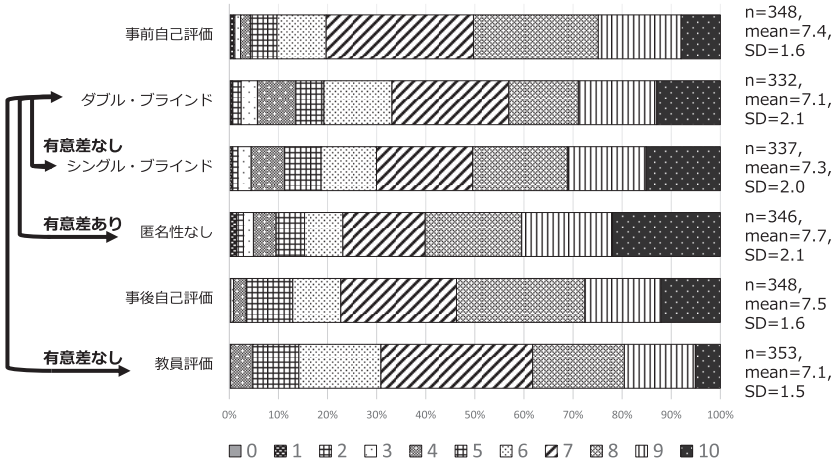

図1　評価点の分布図とt検定結果

検定の結果，ダブル・ブラインドとシングル・ブラインドの評価点に有意差はなく（p = .108），また，学生のダブル・ブラインド評価と教員による評価に有意差は見られなかったことを示した（p = .718）．ここから，同じ課題をこなした学生たちは採点者の匿名性が担保されている状態では教員とほぼ同等の評価ができる，つまりピアレビューで公平な評価ができるということを確認した．しかし，ダブル・ブラインドと匿名性のない評価の比較を行うと，ダブル・ブラインドのほうが有意に点数は高くなっていた（p<.0001）．このように匿名性のあるピアレビューはレポート作成者が先輩だから，知り合いだからという理由で公平な評価ができなくなることを防ぐ効果があることを確認した．一方で，匿名であってもブレイン・ストーミングを一緒に行った友達のレポートなど近しい人のアイディアは，匿名のピアレビューであっても個人が特定できてしまうなど，狭い分野などでは匿名性に対する疑問があることを示した．また，「他者のアイディアで面白いものがあった場合，自分のアイディアに取り入れてもよいか」という質問があったことを紹介することで，ピアレビューという機会を利用してアイディアの剽窃などが起こりうる問題を指摘した．実際にピアレ

ビューを行った感想を授業中に聞いたところ,「自分の匿名性がない場合，知り合い（特に先輩）だと評価が甘くなった」などの発言が多く寄せられ，ピアレビューの効果と課題について体感する機会になったと考えられる.

以上を踏まえて,「専門家とは誰か」の理解をさらに深めるために，レポート課題1で考えた「できたらいいな」と思う科学技術に適切なコメントができる専門家を探すというレポート課題2を授業の最後に説明した．具体的には，課題1のテクノロジー・アセスメントをするためにアドバイスをいただきたい「実在している」多様な分野の専門家を3人以上リストアップし，そのうち，直接面識はないが適切な専門家（科学者・技術者に限る）を1人選び，実現させたい目的，科学技術の使用法と問題を簡潔に述べ，実現・使用法・問題などについてアドバイスを求める依頼メールをA4用紙一枚で作成するという課題である（ただし，本当に送るわけではない）．本課題を出すにあたって，現在はオープンアクセスなどで研究者の論文や情報がインターネットで入手しやすくなっていることもあわせて紹介し（江間 2014），research mapやCiNiiなど，研究者を探す方法を提供した．またピアレビュー（査読）を経ている雑誌かどうかを確認することが，その分野における専門性の目安となることなどを説明した．依頼メールのフォーマットについては「ビジネスメールの書き方」などをインターネットで検索して,各自調べるよう指示した.またメールフォーマットとして,差出人の肩書は「○○政策科学研究所　科学技術評価部」所属の新入社員として仮名も可能とすること，仮の住所と電話番号などを提供し，必要に応じて使うよう指示した[4].

3.5 第5回 TAユニット（4）：妥当性境界

第5回ではピアレビューを通して「新しい知見」が作られていること,「妥当性境界」は最初からあるのではなく積み重ねによって「今，作られている」ということ，何が「科学的なのか」はピアレビューをする構成員によって決められていることなどを取り上げた（藤垣 2003）．具体的にはDNA分子が二重らせん構造であることが「事実」となるまでのプロセスや（ラトゥール 1999），冥王星の準惑星降格などの事例を紹介した．さらに，一般の人が作成したDHMO（水）の危険性について訴えているビデオ動画を映すなどして，科学と疑似科学の線引き問題も扱った（伊勢田 2002）.

3.6 第6回 TAユニット（5）：参加型テクノロジー・アセスメント

「今・現在」社会的合意や政治的対応が求められている事象に対し市民が科学技術評価を行うものとして「参加型テクノロジー・アセスメント」の講義を行った．参加型テクノロジー・アセスメントの具体例として，主にコンセンサス会議を取り上げた（小林 2004）.

授業後半では講義を踏まえ，レポート課題1と2で考えてきた科学技術に対して専門家パネルを4人選出し，コンセンサス会議の「市民パネル募集のビラ」をA4用紙一枚で作成するレポート課題3を課した．授業では，コンセンサス会議の理論的な位置づけだけではなく，実際に企画者側がどのような点に苦労をしているのか，どうしたら多様な人に参加してもらえるような工夫をしているのかといった実践的な話も紹介した．また「ビラ」を作成するときに魅力的でわかりやすいタイトルを設定することや，耳慣れない「市民パネル」の役割について簡潔に紹介していることも重要であることを解説した.

3.7 第7回 TAユニット（6）：ユニットまとめとプレゼン・トーナメント

第7回では本ユニットの集大成として，授業の到達目標に掲げた「科学技術と社会をめぐる諸問題に対し，自分と異なる意見を尊重しながら，自らの知見を説明する」ために，レポート課題3「市民パネル募集のビラ」を用いて「プレゼン・トーナメント」[5]を行った．また本ユニットはテクノロ

ジー・アセスメントの理解を深めるだけではなく，ドラえもんの道具をヒントとして「こんなことができたらいいな」というアイディアを考え出す発想法の訓練も目的としていた．そのため，プレゼン・トーナメントで代表者を選抜するときに，発想のユニークさも評価項目に加えた．

たとえ同じドラえもんの道具から出たアイディアであっても，学生は各々違う社会ニーズや目的を設定し，異なる科学技術を探し出し，社会的な問題を提案していた．たとえば「取り寄せバッグ」で取り寄せたいものには，「才能」「雨」「古美術」「人の心」など多様なものがあげられたが，最終的に代表として壇上に上がったのは「容姿」を取り寄せるというものだった．クリッカー投票には「容姿を細胞再生によって変えることがとてもユニークで支持したいという考えになりました．（略）問題はたくさんあると思いますがいい考えでした」などのコメントが寄せられた．そのほか，「（タイム）風呂敷の使い方を，そこまで超越した思考に到達させるのは，非常におもしろい」や「翻訳コンニャクでお金の意思がわかるようにするという発想が斬新で面白かった」など発想の広がりを称賛するコメントが各々の発表に寄せられていた．一方で，「お医者さんカバン」など，発想が医療に限定されてしまうものもあり，割り当てる道具は改良の余地があると感じた．最後に，テクノロジー・アセスメントユニット全体の復習を行い，テクノロジー・アセスメントユニットを終了した．

3.8 第8回：研究倫理（1）：紙ヒコーキ実験

科学技術を支える制度や仕組みの理解が主であったテクノロジー・アセスメントユニットを踏まえ，第8回から第10回の研究倫理ユニットでは研究不正や科学者の社会的責任を扱った．実験レポートを作成する課題を課すために，第8回の授業は体育館で紙ヒコーキを飛ばす実験を行った．学生には生まれ月で12列に整列してもらい，まず折り紙を「折らないで飛ばす」方法を考えてもらった．次に紙ヒコーキを遠くまで飛ばすための折り方を考えてもらった．参考として，日本折り紙ヒコーキ協会・協議会規約の公式記録や折り方が書かれている資料を配布し（戸田 2003; 戸田 2005），

1. どうしたら「公式記録を出した」ことが証明できるか
2. 「同じ折り方ができて，同じ記録がでる」ためには，どのような条件や情報が必要か

を考えながら紙ヒコーキを飛ばしてもらい，誰が一番遠くまで飛ばせるかを競争した．

3.9 第9回：研究倫理（2）：研究不正

テクノロジー・アセスメントユニットを復習し，研究とはこれまでの研究蓄積（先行研究）に対して差異が加えられることであると再確認した．その上で，科学における不正行為としてねつ造・改ざん・盗用があること，不正行為の事例としてベル研シェーン事件（村松 2006），黄禹錫事件（李 2006），そして2014年に起きたSTAP細胞事件を紹介した．また研究不正防止システムの失敗として，（1）研究室内部での防御の失敗，（2）ピアレビュー制度の失敗，（3）再現性確認・追試の失敗があり，それらを防ぐための実験（研究・ラボ）ノートの意義や，研究不正・ねつ造防止の倫理として研究者が負う義務があることを説明した（米国科学アカデミー編 2010）．

ねつ造防止と再現性の確認法について理解を深めるため，本ユニットではレポート課題4として実験レポート作成を課した．実験内容は第8回で扱った紙ヒコーキの記録認定に挑むことである．紙ヒコーキには室内滞空時間記録（何秒飛ぶか）と室内距離記録（何メートル飛ぶか）のふたつがあり，学生は日本折り紙ヒコーキ協会の規約（戸田 2005）に基づいてどちらかの記録認定に挑む．具体的には2種類以上の紙ヒコーキを作り，実験レポートにその紙ヒコーキを選んだ理由と，どちらがよりよく飛ぶかの仮説を書く．その上で，折り方や飛ばし方のコツを含む実験手順や条件を記入し，各3回以上飛行実験を行い，結果をグラフか表で作成する．考察には実験結果から何が言えるか，実験目的が達成できたか，仮説は検証されたかなどを書く．紙質を変更する実験以外は，教員が授

業で配布した紙を用いるように指定した．実験にあたっては「飛ばす人」と「はかる人」は分けることが望ましく，友人や家族の協力を得ることを推奨した．

また，レポート作成後に，レポートと参考資料のみで友人や家族に再現実験を依頼し，確認のサインをもらうことまでを課題とした．再現実験を行う人は必ず1人で紙ヒコーキの組み立てから実験まで行うこと，紙ヒコーキの完成版を見せてはいけないこと，明らかに異なる作り方や飛ばし方をしていても実験を中止してはならないことも明記した．さらに再現実験の結果と考察もレポートの裏に直筆で記載すること，再現できたほうが高得点ということではなく，できた・できなかったの理由が考察されていることを評価するとした．最後に紙ヒコーキを飛ばすときは周囲に気を付け，飛ばした紙は回収するように注意した．さらに実験に対するモチベーションを上げるため，「距離競技では25m（男子）/ 20m（女子），滞空競技では10秒（男子），7秒（女子）が，第10回授業中に達成できたら，レポートがどんな出来でも10点満点中7点を無条件で付与し，再現性の項目（3点満点）のみで評価する」とした[6)]．

3.10 第10回：研究倫理 (3)：科学者の社会的責任

第10回ではより広い意味での研究倫理として，科学者の社会的責任を扱った．具体的にはパグウォッシュ会議，アシロマ会議，ヒトゲノム計画における倫理的・法的・社会的問題（ELSI）などの説明を行った．

授業の最後にレポート課題4に関して，ねつ造のしやすさについて学生に尋ねたところ，明らかに失敗と思ったものについては記録に残さなかった，あるいは小数点以下をごまかした，さらに「時間がなかったので数値をねつ造した」と告白する学生もいた．再現実験に関しても，多くの学生は折り方のコツなどをレポートに正確に記載することの難しさ，紙ヒコーキを投げるときの個人差の影響が大きいことなどついての感想を述べていた．2014年はSTAP細胞事件もあったためこのユニットに対する学生の関心は高かった．私立文科系の学生は，高校で実験レポートを書く機会はほとんどない．本授業で実験レポートを書くという作業を行うことで，ねつ造がなぜ起こるのか，また再現性確認を行う時にどのような情報が必要なのかなどについて体験的に理解することができたと考えられる．

3.11 第11回 :4コマ漫画企画 (1)：技術のデザイン

「ドラえもんの道具」や「紙ヒコーキ」など特定の題材を例としながら科学技術と社会に関する課題を課していた前のユニットとは異なり，最後のユニットでは授業で学んだ概念や事例の4コマ漫画を作成するレポート課題5を課した．テクノロジー・アセスメントユニットや研究倫理ユニットで学んだ概念や事例から2本（指定テーマ），あとは本授業に関連するもので1本（自由テーマ）の合計3本の4コマ漫画とその解説を，所定のA4用紙一枚にそれぞれ描くという課題である（表1）．科学技術に興味がない人でも理解できるような入門漫画とし，読者は高校生以上を想定することという条件を付けた．

最終課題の説明を行った後は，研究倫理ユニットの復習を踏まえてねつ造と加工の違いやモノのデザイン，表現の解釈柔軟性について技術の社会構成主義的な考え方を参照しながら授業を行った．人工物の政治性やフェールセーフ，フールプルーフなどデザインの政治性，またイメージの持つメッセージ性としてポスターのジェンダー表象の事例を紹介し，絵の持つ力と説明性・危険性について4コマ漫画課題と関連付けて説明を行った．

3.12 第12回：4コマ漫画企画（2）：科学技術政策

4コマ漫画の自由テーマの材料のひとつとして，戦後科学技術政策の系譜を説明し，第4期科学技術基本計画においてテクノロジー・アセスメントが言及されていることなどの解説を行った．科学技術政策への予算配分額の説明を行った後，内閣府資料「科学技術イノベーション政策が取り組むべき課題」を紹介し，そこで掲げられている5本の柱の中で，もし仮に予算の関係でひとつ減らさなければならないとなった場合どれを無くすか，またその理由についてグループで議論させた．その後，5点満点の課題で，

1. 一般会計における科学技術振興投資額は5年後に何パーセントになるのが望ましいか（1点）
2.「科学技術イノベーション政策が取り組むべき課題」の概要を読んだうえで，5本の柱のうちひとつ削減せざるを得ないとなった時どれを選ぶか（1点），またその理由はなぜか（1点）
3.「科学技術イノベーション政策が取り組むべき課題」のより詳細な内容を読んだうえで，5本の柱のうちひとつ削減せざるを得ないとなった時どれを選ぶか（1点），またその理由はなぜか（1点）

の意見を求めた．「科学技術イノベーション政策が取り組むべき課題」でひとつだけなくしてもよいと思うものに関しては，「国際社会の先駆けとなる健康長寿社会の実現」が選ばれる率が高かった．その理由として，「もうすでに健康長寿国になっているから」などの声が多かった．

3.13 第13-14回：4コマ漫画企画（3,4）：リスク社会（1,2）

著者の研究テーマである情報技術のもたらす恩恵と課題について講義を行ったほか，第13回の授業中にレポート課題5の4コマ漫画の相互評価とフィードバックを行った．4コマ漫画は時事ネタについて描くもの，授業で扱った概念についてさらに自分で調べてみたものを描くものなどオリジナリティあふれるものも多かった．絵を描かなければならず，文字数もA4用紙一枚と制約があるため，「概念をコンパクトにまとめなければならない」ことが難しいとのコメントがオンライン掲示板でも目立った．わかりやすく伝えるための論理構成の大切さなどについてのコメントも多く見られた．

4. 授業プログラムの効果と課題

本授業プログラムは科学技術を支える制度や仕組みや研究倫理の理解を深めるために，特徴的なレポートを課した．第15回のまとめ回では提出されたレポート課題5の4コマ漫画を紹介しながら各ユニットで扱った概念や事例の振り返りを行った．以下，第15回で紹介した4コマ漫画のうち特徴的なものを挙げながら，本授業プログラムの効果と課題について考察を行う．

4.1 学生による評価

隔週で課題が出る本授業プログラムは，授業外学習時間が多いとの声はテクノロジー・アセスメントユニット時からあった．第7回授業後に大学が実施した授業改善のための一斉調査では（n = 232），「毎週どの程度予習・復習しているか」という設問に対し，11.2%が180分以上，32.3%が90分以上，29.7%が60分以上と答えており，合計して毎週60分以上と答えた学生は回答者232人中170人（73.3%）となった．欠席率は無欠席が199人（85.8%），1回欠席が30人（12.9%）であった．またわからないことを調べる方法（複数回答可）としては，58.6%が自力，44.4%が友人・先輩であるのに対し，先生と答えたのは6.9%であった．本授業ではオンライン掲示板などのITシステムは導入していたが，ティーチング・アシスタントもいなかったため，教員と学生間のコミュニケーション法についての課題が指摘された．

第15回に行われた授業後評価調査は配布のタイミングが悪く回収率が10%程度（43人）になってしまったが，こちらも授業外学習時間は5段階評価で分野平均と比べて1段階多く，90分以上との回答が最多であった．また，学習意欲の促進，能動的学習態度，到達目標達成度，学び役立ち度も分野平均をやや上回っている．母数が少ないため解釈には検討を要するが，メール文案を考えたりビラを作成したりする課題は役に立った，あるいは自分で仮説を立てて実験する課題には積極的に取り組んだと4コマ漫画課題のコメントには記載されていた．

4.2 本プログラムの効果

テクノロジー・アセスメントユニットに関する4コマ漫画では，授業で扱った事例以外にも自動車や農薬，超音速旅客機コンコルドなどを調べてきてコリングリッジのジレンマ状況が起きていることを示すものや，参加型テクノロジー・アセスメントを説明するものが多かった．また，レポート課題1から3は，ドラえもんの道具の使用目的から，自分自身や社会のニーズを踏まえ，なるべくオリジナルでユニークな発想法ができるよう訓練することも目的としていた．中には「こんなことができたらいいな」というアイディアを考えること自体が4コマ漫画の自由テーマとなった学生もいた．「ドラえもんの道具が無くっても！」というタイトルで図2の4コマ漫画を描いた学生は，「スモールライトを使って人間を小さくして小動物や昆虫の普段の生活における危険や恐怖を人間も理解することで，それらの生き物に対して理不尽な行動をとることをなくす」という目的を達成する方法として3D昆虫館という施設計画を提案した．その上で4コマ漫画のコメントとして「このドラえもんの道具に関する課題は，私に新しい考え方をもたらす魅力的な課題であった．新しいものを作ろうとする際に，それ自体を作るのではなく，現在存在する技術やできそうな技術を使って私たちの目的を達成しよう，とすることは実にあたりまえのことであるが，私はこの講義を受けるまで気づかなかった．またその考え方は自分が現在取り組んでいる研究に，とても役に立っている」と書いている．そのほか，レポート課題1が目的としていた「ニーズから科学技術を考える」という意図には反するが，「遠隔操作できるロボットハンド」というシーズから科学技術を考えてきた学生は「細かいことは置いておいて自分のアイデアだけを膨らませて考えたが，その使い道をうまく設定することができなかった」という自身の体験をもとに，「アイデアまではうまくいってもそのあとの細かい折り合いがつかずにボツになってしまう科学技術が少なくないのだろう」をコメントで書いていた．ここからTAユニットの課題では自分のニーズや科学技術のシーズと照らし合わせて考え調べることを通して，科学技術をより身近に感じる一定の効果があったと考えられる．

図2　ドラえもんの道具が無くっても！

研究倫理ユニットに関する4コマ漫画では，紙ヒコーキを実際に飛ばした体験を描く学生も少なくなく，コメントには実際に自分で仮説を立てて実験することを今までしたことがなかったため印象に残ったこと，また実験を重ねることで新たな発見ができ，それが実験の成功につながることがわかったなどと書く学生が多かった．また，「レポートはどの講義のよりも詳しく書くことを要求され，これが本来の論文の書き方なのだとわかった」と書く学生もいた．そのほか，実際に自分で実験レポートを書いてみることによって，記述することや伝えることの難しさ，ねつ造への誘惑があることが理解できたとのコメントがあった．ここから実験レポートを作成する体験が科学技術の仕組みの理解に役立つことが示唆される．また当時上映されていた映画『トランスセンデンス』を事例として科学技術の進歩の脅威と科学者の社会的責任を考えた4コマ漫画もあった．さらにシェーン事件を，テクノロジー・アセスメントユニットで扱ったピアレビューと合わせて4コマ漫画で描く学生もいた(図3)．この学生は，シェーン事件そのものではなく，「なぜねつ造された論文がここまで多く掲載されたのか」に着目して調べ，その背景にあった「他紙との競争の中で一刻も早く世間が注目するような論文を掲載したいという思惑」を指摘し，これは「査読の不十分さ」が招いた事態だとコメントで述べていた．

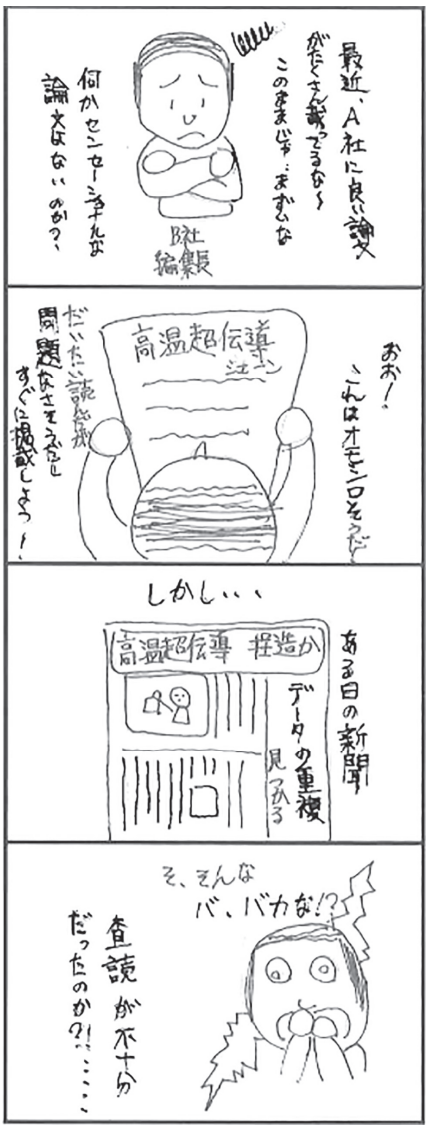

図3　なぜねつ造論文が掲載されたのか

4コマ漫画ユニットで扱ったテーマを題材として4コマ漫画を描く学生はあまりいなかったが，第11回の技術のデザインを取り上げ，コメントに「図書館のパソコンルームに行ったとき，今までは何とも思わなかったが，椅子がなく台だけ設置しているパソコンが半分を占めていることも，多くの人が利用できるように回転速度を速めるため」のデザインであることを発見した，と身近なところからの事例を描く学生や，第12回の「科学技術イノベーション政策が取り組むべき課題」の取捨選択課題を受けて「この科学技術に国民の税金を費やしていいのかと考えているうちに，税金という大金が科学技術支援に充てられている理由も用途も知らないことを実感した」として，自分で調べた文部科学省の「フェローシップ制度」の意義について考える漫画もあった．第13回に4コマ漫画のフィードバックと相互評価の時間を設け第14回の授業時に課題を提出させたため，第13回と14回の内容を4コマ漫画で扱う学生はほぼいなかった．

4.3 本プログラムの課題

本授業プログラムは，コミュニケーションが好きでアイディア出しなど主体的に考えることができる学生には好評であった一方で，科学技術と社会に関係する「講義」を期待していた学生には，「ドラえもんの道具から科学技術を考えて調べる」レポートや「紙ヒコーキを飛ばす」あるいは「ピアレ

ビューを実際にやってみる」体験は，遠回りをしている授業のように感じられただろう．実際，第3回と第5回でピアレビューを行ったが，準備と実施だけで授業の三分の一程度の時間をとってしまったため「大人数教室でこのような相互評価をやる意味がわからない」というコメントもいくつか寄せられた．大人数だからこそ，ピアレビューやプレゼン・トーナメントを行うことが，到達目標に掲げた「科学技術と社会をめぐる諸問題に対し，自分と異なる意見を尊重しながら，自らの知見を説明する」ことが可能になると考えていたが，それは講義時間を削ってでも行う価値があるものなのか，あるいはそのようなグループワークを行わないと本当に理解できないものなのかどうかということは意見が分かれるところであろう．テクノロジー・アセスメントや研究倫理に関して授業で扱わなかった事例を調べて4コマ漫画を描いてくる学生も多くいたが，誤解や勘違いを含むものもあり，グループワークの時間をなくすことによって時間を確保できていたら授業でそれらの事例を扱うことも可能であったかもしれない．

またテクノロジー・アセスメントユニットや研究倫理ユニットでは「ドラえもんの道具」や「紙ヒコーキ」を用いて体験的に学ぶかたわら，その理念や必要性などを講義で繰り返し教える時間的余裕があったのに対し，4コマ漫画ユニットでは技術のデザインや科学技術政策などの個別テーマの関連や前ユニットとのつながりをうまく作れなかったという反省がある．さらに，前ユニットと同様に「自分で考える」「事例から考える」ことを主眼としていたものの，それを前ユニットのように理論的にフォローアップしたり解説したりする時間を十分に割くことができず，結果として第11回の技術のデザインで取り上げた「技術の社会的構成」や第12回の科学技術政策で取り上げた「科学技術政策への予算配分」についての4コマ漫画が少なかった．また，たとえ4コマ漫画に取り上げられていても，「技術の社会的構成」などの概念を解説できているものは少なく，学生の理解を深めることができなかったと考えられる．ここから，4コマ漫画を描くという課題そのものは学生の理解度を確認するために有効である点が示唆される一方で，4コマ漫画ユニットの構成については今後の改良が必要であることが浮き彫りとなった．

さらに，到達目標の「目的や読み手にあったレポートの書き方の違いを理解し，文章を書くことができる」ことを目的としてメール文やビラ作成などのレポート課題を出したが，「よくわからない課題であった」とのコメントも寄せられていた．そのためこのような特殊なレポート課題を出す時は，書き方やフォーマットの事例を提示しておく必要があると感じ，課題4「実験レポート」と課題5「4コマ漫画」に関しては，教員が作成した事例をあらかじめ提示しておくことで混乱を防げたところがある．

5. まとめ

本授業プログラムでは科学技術を支える制度や仕組みや研究倫理について文科系の学生が体験的に理解するために，特色ある課題やグループワークを考案し実施した．また本プログラムでは遺伝子組み換えなどの従来の「科学技術と社会」授業で扱われている科学技術はあえて課題として扱わず，「ドラえもんの道具」や「紙ヒコーキ」，「4コマ漫画」などを用いて自ら課題を設定し，調べ，考え，発想する課題を課した．本授業プログラムのユニットを他教員が使う場合，『ドラえもん』や「紙ヒコーキ」を自らの研究テーマに置き換えて扱うのもよいだろう．しかし学生自らが身近な興味関心を出発点として問題を設定し，それを解決しようとする自由度のある課題だからこそ，既存の「科学技術と社会」の教科書では扱われないようなアイディアや事例がたくさん出てきて非常に興味深かった．授業は学生と教員，学生同士の双方向コミュニケーションの産物である．今回の経験を生かして新ユニットの作成や評価手法の改良を行っていきたい．

謝辞

初めて授業を行う，しかも大人数でということで右も左もわからなかったところ，立命館大学教育開発推進機構の沖裕貴氏と京都大学高等教育研究開発推進センターの田口真奈氏，京都大学学際融合教育研究推進センターの宮野公樹氏には，様々な助言をいただきました．科学技術政策に関するグループワークは京都大学iCeMS科学コミュニケーショングループの加納圭氏，水町衣里氏，工藤充氏からアイディアをいただきました．最後に，ほかの授業とは内容も形式もまったく違う授業であったにもかかわらず，最後まで参加してくれた学生の皆さんとの対話と協力なくしてこの講義はなりたちませんでした．ここに改めてお礼申し上げます．

注

1) コリングリッジのジレンマ（Collingridge dilemma）とは，David Collingridgeが”The Social Control of Technology”（1980）で提唱した考えである．新技術の初期段階では発展の方向性をコントロールできるが，影響についての情報はほとんどないという「情報の問題」がある．一方，技術が広く使われるようになると影響に関する情報は大量にあるが，発展の方向性を制御することは難しいという「力の問題」があるということを指摘した．ナノテクノロジーなどの新技術に対するアプローチの難しさなどを指摘するときに用いられる（たとえばHoven, 2007）．

2) 相互評価の具体的な方法は以下の通りである．まず評価法の順番による影響を取り除くため，3種類の評価法の組み合わせで学生を6グループに分けた．たとえばグループ1の学生はダブル・ブラインド→シングル・ブラインド→匿名性なしの順番で評価をするが，グループ2の学生はシングル・ブラインド→ダブル・ブラインド→匿名性なしの順番で評価を行う。次にダブル・ブラインド評価を行うため，学生は自分のレポートの名前部分を三つ折りにして隠したものをクリアシートの中に入れ，グループごとに一筆書きできるように着席し，レポートを同一方向へと回していく．10回ほど回ったら，学生は手元にあるレポートをルーブリックに従って評価し，結果を二つ折りにしてクリアシートの後ろに入れ，先ほどと同一方向へと回してさらに2回評価を行った．3種類の評価が終了したら，逆回りで自分のレポートを受け取って他者からの評価とコメントを読んだあと，最後にもう一度自己評価した．3種類の相互評価と事前・事後の自己評価をクリアシートに入れたものを授業の最後に教員が回収した．

3) 全回収数はn = 353であった．ただし，事前・事後の自己評価と3種類のピアレビューのうち一部回答がないものがあったため，各評価数nに違いがある．また，t検定時は片方しか値がないものは除外したため，各検定結果のnには違いがある（例：ダブル・ブラインド（n = 332）とシングル・ブラインド（n = 337）両者の点数がそろっているのは320人である）．

4) 課題2の形式が「メール文面」という特殊なものであったため，第5回講義では第3回と同様，授業の最後に3種類の相互評価を行って互いにコメントしあう時間を設けた．さらに，第6回講義では「正しいメール文面の書き方」講座を行い，自分が書いたメール文面を振り返る時間を設けた．

5) プレゼン・トーナメントの方法についてはアイデアプラント代表の石井力重氏のウェブサイト（http://ishiirikie.jpn.org/article/74017657.html）を参考にした．プレゼン・トーナメントは，ステージに上がるまで何回も発表を行うので，発表に慣れるという利点があるほか，数百人単位の学生がいても効率よく上位10人を選ぶことができる．本講義ではトーナメントを行うため，「ドラえもんの道具」ごとに学生の座席を指定した．学生は2列で1グループ（5-6人）を形成し，まずはグループ内でプレゼンをして代表者を1人，多数決で決定する．その後，代表者は同じ「ドラえもんの道具」を扱っている他のグループにもプレゼンして回り，携帯電話を用いたクリッカー投票で「ドラえもんの道具」1つにつき代表者1人を選抜した．最後に各「ドラえもんの道具」の代表者が1人ずつ檀上へあがり，1分間のプレゼンを行った．学生は10人の発表を聞いたのち，自分が一番参加したいと思ったコンセンサス会議のプレゼンにクリッカー投票して優勝者を確定した．

6）男子の距離競技（25m以上）と滞空競技（10秒以上）は両方とも「日本折り紙ヒコーキ協会」の協議会規約の数値を基準とした．女子はハンデを付けてほしいとのことであったため，それぞれ20mと7秒とした．第10回授業の最後に10分ほど時間を設けて教室内での再現性実験の挑戦者を募ったところ，男子学生3人が挑戦を行ったが，いずれも基準値には到達しなかった．

●文献：

米国科学アカデミー（編集）2010:『科学者をめざす君たちへ―研究者の責任ある行動とは』化学同人.
Collingridge, D. 1980: “Social Control of Technology,” Continuum International Publishing Group Ltd.
江間有沙 2013:「科学知の品質管理としてのピアレビューの課題と展望 :レビュー」『科学技術社会論研究』10, 29–40.
藤垣裕子 2003:『専門知と公共性』東京大学出版会.
Hoven, J.v.d. 2007: “Nanotechnology and privacy: instructive case of RFID,” Fritz Allhoff et al (eds.) *Nanoethics*, Wiley-Interscience, 253–266.
伊勢田哲治 2002:『疑似科学と科学の哲学』名古屋大学出版会.
小林傳司 2004:『誰が科学技術について考えるのか―コンセンサス会議という実験』名古屋大学出版会.
Latour, B. 1987: Science in Action; 川崎勝・高田 紀代志訳『科学が作られているとき―人類学的考察』産業図書，1999.
李成柱 2006:『国家を騙した科学者 -「ES細胞」論文捏造事件の真相』牧野出版.
村松秀 2006:『論文捏造』中央公論新社.
松下佳代 2012:「パフォーマンス評価による学習の質の評価 :学習評価の構図の分析にもとづいて」『京都大学高等教育研究』18,75–114.
文部科学省2011:「第4期科学技術基本計画」http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/4honbun.pdf （2015年10月5日閲覧）.
内閣府大臣官房政府広報室 2010:「科学技術と社会に関する世論調査」http://survey.gov-online.go.jp/h21/h21-kagaku/index.html （2015年10月5日閲覧）.
沖裕貴 2014:「大学におけるルーブリック評価導入の実際 :公平で客観的かつ厳格な成績評価を目指して」『立命館高等教育研究』14, 71–90.
城山英明・吉澤剛・松尾真紀子　2011:「TA(テクノロジーアセスメント)の制度設計における選択肢と実施上の課題 :欧米における経験からの抽出」『社会技術研究論文集』8, 204–218.
戸田拓夫 2003:『折り紙ヒコーキ進化論』NHK出版.
戸田拓夫 2005:『スーパーおり紙ヒコーキ』いかだ社.