JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	テクノロジーアセスメントを教えるということ
Author(s)	吉澤，剛；谷口，武俊
Citation	年次学術大会講演要旨集，31：74-77
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13981
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

１Ｃ０３

テクノロジーアセスメントを教えるということ

○吉澤剛，谷口武俊（東大）

1. TA 教育の現状

テクノロジーアセスメント（TA）は、先端技術に関する意思決定支援アプローチである。この TA を教育に取り入れた例として、中等教育では、参加型 TA の手法を利用した理科教材の開発と実践（福井・石崎・後藤 2011; 内田 2015）がある。高等教育では、私立大学政策科学部における講義の一部で実施されているほか（江間 2015）、大阪大学-京都大学連携による人材育成プログラム「公共圏における科学技術・教育研究拠点（STiPS）」でも TA の要素が含まれたカリキュラムを持つ（Kamisato & Hosono 2013）。九州大学では、大学院科目「科学技術社会論概説」の受講生に対し、自己の研究の社会との接点を意識させ、市民との科学コミュニケーションを通して TA の機会を提供する「STS ステートメント」という活動も行われている（小林 2016）。似た取り組みとして、理系の博士課程学生に対し、自分の研究の持つ社会的影響や政治的文脈、倫理的懸念などについて博論の一章に加えさせるアリゾナ州立大学の「PhD+プログラム」が挙げられる。総合研究大学院大学でも「科学と社会」教育プログラムにおける取り組みが知られている（標葉ら 2014）。ポルトガルの新リスボン大学理工学部では 2009 年から TA の博士プログラムを開始している。英国議会科学技術局（POST）は議会 TA 機関の一つであるが、博士課程学生をフェローとして 3 ヶ月 TA に従事させており、TA の実地教育と見ることもできる。

TA のみならず、実務者倫理や生命倫理、ジェンダー、環境、倫理的・法的・社会的影響（ELSI）などを含む大きな傘で捉え直すべく、責任ある研究・イノベーション（RRI）に関する高等教育についての研究プロジェクト（HEIRRI）が欧州で始まっている。これは、理科／科学教育の現場では長らく STS 教育という名で知られているが、日本では STS（科学・技術・社会）を通した理科教育が STS 教育として語られ、理科教育に包含されてきた（内田・鶴岡 2014）。海外でも、STS 教育は倫理的ジレンマや論争を指摘するのみで、科学的課題が社会的な道徳・倫理とどのように密接に関わっているかを熟慮してこなかったとされる（Zeidler, Sadler, Simmons & Howes 2005）。だが、TA（RRI, STS）教育においては、畢竟、社会そのものを知る必要がある。この命題に対し、大学院で TA の実践教育に挑んできた 7 年間の活動を振り返ってみたい。

2. 講義概要

東京大学における TA の教育は、2010 年度夏学期に「事例研究（環境・技術政策２）」（講師：城山英明・谷口武俊・吉澤剛）という通期の講義（毎週 2 時限・3 時間半）が公共政策大学院で開講されたことに遡る。もともとエネルギー・環境分野の事例に限っていたが、より多様な技術分野を扱い、TA を主題に据えるため、2012 年度には「事例研究（テクノロジーアセスメント）」（2014 年度より講師は谷口・吉澤）と名称を改める。これとともに、「科学技術社会特論２」との共通講義とし、他専攻の学生も集まる学際的な体制を整えた。2010 年度は公共政策の大学院生 8 名による受講でスタートし、以後、毎年 12 名前後の受講生（履修生・聴講生）を迎えて現在に至る。公共政策以外の専攻のうち、講師の一人（谷口）が携わる工学系研究科の原子力国際専攻からの受講生が最も多く、それ以外にも航空宇宙や電気、情報、生物、建築、公共健康医学、技術経営、科学技術社会論と様々な専攻の大学院生が受講してきたことが特徴である。

講義では、まず、TA の考え方・手法・制度について、欧米の政府機関の事例や国内におけるプロジェクトの事例を通して学習する。開講当初は、最初の 4 回ほど座学を行っていたが、徐々に回数を減らし、現在では 2 回に絞っている。現在、初回の導入で TA の概念や歴史、具体的なアプローチについて概説し、第 2 回では TA の実践例や方法論について広く紹介している。また、講義初回には、参加者それぞれから関心を示している技術分野や個別技術について表明してもらう。講師はこれをもとに、過去の講義で取り組んだ技術との重複があまりないよう、かつ、話題提供をお願いする研究者が見つけやすいなどの実務的な観点も考慮して、当該年度に受講生が実施する TA のテーマの大枠 3～4 つを決定する。

続いて、受講生は各グループに分かれ、先端技術が導入される将来の社会像をミニ・シナリオプラニングにより複数描く。グループごとに議論し、将来社会において最も重要な分岐点（ブランチング・ポイント）を見極める。それから 2 つの重要な分岐点から派生する 4 つの将来社会像を 2×2 のマトリックスとして描き、それぞれについてシナリオを作成する。2014 年度に初めて取り組んだ際は、シナリオプラニングの専門家（角和昌浩）を招聘し、ファシリテーションを行っていただいた。これを機に本講師

陣もシナリオプラニングの講義設計を学び、2015 年度以降は受講生主体でのグループワークに切り替え、グループでのファシリテーションも受講生自身に任せることとした。現在は 2 回分の講義を充てている。

その後、受講生の関心に従って、現在研究が進められているいくつかの分野での先端技術を取り上げ、当該技術の目標や研究開発の現状・見通しについて、専門家から 2〜3 回にわたって話題提供いただく。もともとは当該技術に携わる東大の研究者に打診していたが、2015 年度からは国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）の協力を得て、同研究所を訪問し、所属研究者からの話題提供を受ける機会を設けた。研究者の選定にあたっては、受講生の関心も考慮し、産総研で作成している研究カタログから技術分野・課題をいくつか取り上げ、日程調整などを含めて産総研側に依頼した。

話題提供が終わると、いよいよ受講生は TA の事例研究として取り組む技術テーマを選択する。基本的に、それまでに専門家から話題提供のあった技術が候補となるが、ある受講生が特別な関心を持っており、かつ、他の受講生も賛同した場合、それ以外の技術を選択することもできる。例えば、「宇宙新輸送システム」（2015 年度）はその一例である。各技術テーマに対して 3〜4 名を目処にチームを組み、以後、グループワークとしてチームごとに自律的に行動する。グループはできる限り受講生の希望に沿ってメンバーを割り当てるものの、人数が偏らないよう、また、必ずどのグループも文理と男女の混成メンバーとなるように調整する。

各チームでは、将来の社会に当該科学技術が導入された場合の社会的影響や社会的含意を多面的に考察し、TA を試行的に実践する。TA の結果は特定の意思決定者（クライアント）を想定し、それに応じて対象とする技術も少しずつ変えていく。チームごとの中間発表を何度か行い、講師や他のチームからの質疑やコメントに応答する。講義の最終回（第 14 回）には最終報告を実施し、各チームのプレゼン発表と講師からの総評を行う。その後、7 月下旬から 1 ヶ月ほどかけ、各チームはさらに専門家や政策実務者へのインタビューや議論を重ね、最終報告書として取りまとめて 8 月下旬に講師に提出する。

これまで最終報告書で対象とした技術と想定クライアントは、表 1 の通り。

表 1. これまでの対象技術

年度	対象技術	想定クライアント
2009	燃料電池自動車（FCV）	政策立案・決定者
	プルサーマルサイクル	青森県議会
	バイオ燃料	政策立案・決定者
2010	スマートグリッド技術システム（特にスマートメーター）	国家戦略室
	二酸化酸素回収・貯留（CCS）技術	東京都
	電気自動車	地方自治体（全国知事会）
2011	海洋深層水の複合利用（温度差発電・淡水化・海洋肥沃化）	企業、地方自治体、金融機関、保険会社
	ジオエンジニアリング（特に成層圏エアロゾル注入技術）	専門家以外の人々
	使用済み核燃料の長寿命核種の分離変換技術	研究開発政策立案者
	洋上風力発電	エネルギー政策立案者（？）
2012	大規模無線通信技術（M2M）	内閣府 ICT 共通基盤技術検討 WG
	ジオエンジニアリング（成層圏エアロゾル注入技術、鉄散布による海洋肥沃化）	政策決定主体（環境省、日本学術会議）
	航空製造技術（オープンローターエンジン）	国土交通省航空局
	再生医療（角膜内皮）	法規制の政策立案者
	メタンハイドレート開発技術（探査・掘削・ガス生産・環境）	経済産業省
2013	自動運転技術	IT 総合戦略本部
	Brain-Machine Interface（BMI）	政策推進者、BMI 機器製造メーカー
	大規模シミュレーション技術（統合技術）	国民
2014	導電性テザー	内閣府宇宙戦略室
	人の行動を変化させる VR	VR 技術に関わるメーカー
	グラス型ウェアラブルデバイスと拡張現実	内閣府総合科学技術会議 ICT-WG
2015	インビジブルビジョン	産業技術総合研究所
	宇宙新輸送システム（ロケット・宇宙港・オペレーション）	経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
	観光 VR	観光 PR を行っている市町村
	ニューロコミュニケーター	技術開発・研究の専門家
2016	医療用人工知能	厚生労働省医政局
	自動翻訳技術	経済産業省（？）
	ウェアラブル IoT	（？）

3. 最終報告書とその評価

講義では、報告書の標準的な構成として以下のような流れを例示している。

① 社会的背景やこのテーマを取り上げた趣旨を説明する

② 現在までにわかっている技術的《事実》を記述する
③ 将来の技術のあり方や、そうした技術の社会に及ぼす影響について多様な《見解》を紹介する
④ それぞれの見解を整理してもっともらしい複数の方向性を展望する（複数の政策提案を示す）

これまでの経験では、多くのチームでは②の技術的記述に紙面を割く傾向がある。これは理工系学生にとって書きやすい部分であると同時に、文系学生にとっても、自分が当該技術について理解したことは書きたいという欲求の現れと見ることができる。①については、チームのテーマとなった技術を所与のものとしてしまい、ことさらそれを取り上げる社会的意義を説明しないことがある。また、それに伴って想定クライアントも往々にして曖昧にされがちである。③については、ステークホルダーごとに見解をまとめるという手法が一般的であるが、しばしば単純化された見方に陥り、話題提供を受けた専門家やインタビュイーの意見に強く影響されたり、将来出現するステークホルダーや想定クライアント自身の相対的位置づけを見落としたりすることが多い。

④は最も難しく、複数の方向性や政策選択肢を提示していても、ともすれば、その幅が非常に狭くなってしまう。また、公共政策大学院の講義として開始された経緯から、将来の技術や社会の深堀というよりは、現行政策の見直しに向けた政策分析という側面が強く表れることもあった（馬渕・森林 2011）。想定クライアントの意向だけに阿ると「適切な距離」が測れず、技術や社会の発展をリニアと捉えて短期的な問題の解決に注力してしまうのでは、TA としての本質を見失うおそれがある。ミニ・シナリオプラニングを導入したのはこれを改善する目的であり、まずは先端技術抜きに考えて、受講生の自由な発想で将来の社会のあり方と最も重要な分岐点を見極めさせる。そこで描いた 4 つの将来社会像は、どちらかというと TA の実施に向けた地ならし、もしくは頭の体操であり、最終報告書に必ずしも直接的に役立てるわけではない。

これまでは、単一の技術や技術システムから問題関心を進めた TA がほとんどであるが、「人の行動を変化させる VR」（2014 年度）のように課題から技術に迫る試みもある。また、「インビジブルビジョン」（2015 年度）のように、赤外線カラー暗視カメラという出発点を大きく越えて、インビジブルビジョンという概念の再定義と、新たなシナリオ作成、それらに基づく複合的な社会技術システムの再構成、という意欲的な挑戦も見られる。

優れた最終報告書は、講師の査読コメントに応じた内容の修正と、インタビュイーに対する公開の了解を得た上で、ポリシーリサーチペーパーとして東京大学公共政策大学院のホームページに掲載し社会に発信する。表 1 の網かけで示す通り、これまでに掲載された報告書は 6 つである。ポリシーリサーチペーパーの代わりに、専門の研究者を加えて学会発表を行った事例もある（高橋・広瀬・川村・金子・杉山 2012）。このほか、ポリシーリサーチペーパーとして推薦されながら、様々な理由によって最終報告書の修正・確認まで到達せずに断念したチームもいくつかあった。

優秀な評価を受けたチームは、文献やインタビューをもとにして「どれだけ自分たちで考えたか」というところが報告書の重要な箇所に反映されている。たとえば、社会的影響に関して SF 的な想像を働かせて描いた導電性テザー（青柳・松山・渡辺 2014）や、課題を俯瞰するために実現されるサービスを分類した M2M（谷口・大久保 2013）、対象技術をシステム全体に再定義した宇宙新輸送システム（坂井・中南・古川・金井 2015）など。また、時宜性も評価要素となる。自動運転技術（浜本・樋口・羅 2013）では、報告書の提出直後に政財界による動きが慌ただしくなったこともあり、報告書の潜在的な影響力が評価された。

インビジブルビジョンの事例（石黒・白木・田中 2016）では、想定クライアントが産総研であったため、ポリシーリサーチペーパーの完成後、チームメンバーと講師は再び産総研を訪問し、安全科学研究部門が主催する部門交流会にて TA の結果を報告、かつて話題提供をいただいた研究者を含めた参加者からのフィードバックをもらった。産総研で開発した赤外線カラー暗視カメラの実用化を進めるベンチャー企業の経営者からは、非常に斬新な発想の内容であり、強い関心を持った旨の講評があり、想定ではなく、実際のクライアントとして影響を持ちうる TA が実施できたことについて、学生・講師ともども感慨を深くした。

優れた TA を実施したチームの特徴は、以下の 3 つにまとめられる。

(1) 対象技術を独自の視点で整理・分類し、複数の技術の組み合わせやそれに伴うリスク・ベネフィットの複合的なトレードオフ構造といったシステム的発想を持つこと
(2) 早めに想定クライアントを確定し、インタビュー等による接触を通じて、想定クライアントの知識や関心に沿って対象技術を絞るとともに、幅広い読み手（アドレシー）を意識したストーリーを構成すること
(3) 自分たちの先入観や既存の知識・学習スタイルに囚われず、チーム内外の多様な関係者と幅広く議論・意見交換して積極的に内容をスクラップ・アンド・ビルドしていくこと

4. 考察

TA の教育にあたっては、その実践を通して体得することが最も重要である。座学の講義を減らし、ミニ・シナリオプラニングを導入したことは、受講生によるアンラーニング（学びほぐし）からのアクティブ・ラーニングにつながり、将来の社会技術システムを展望するとともに、チームビルディングの機会を早期に与えた点で大変良い試みだと考える。

また、TA 研究にとっても、戦略的知性や未来志向の技術分析（FTA）の理念と通底し、フォーサイトと TA との有機的な連動が教育の場で実現していることは特筆してよい。

その一方で、講義後半部でグループワークが主体になったとき、チーム内で性別や専攻、経歴などの多様性が十分確保されていれば比較的問題はないが、そうでない場合、講師側がどのように受講生に気づきを与えるかが重要となってくる。2011 年度から TA についての国内外文献リストを受講生に配布し、その中から選択した文献の概要と所感を報告させるレビューを課してきた。また、2012 年度からは各年度受講生および講師をグループとしたメーリングリスト（ML）を作成し、次回講義の内容や宿題などを随時案内するとともに、受講生からの質問やコメントも受け付けた。2016 年度は簡素化のため、文献レビューと ML 作成を省略したが、受講生が TA に対する理解と意識を高める機会を減らしてしまった可能性もある。

2012～15 年度に公共政策大学院の受講生を対象にした授業評価アンケート結果によると、授業内容の理解・消化は二極化しており、学際的なグループワークを評価する声がある一方、TA のやり方についての細やかな指導など、授業の質や量を向上させてほしいという要望もあった。また、シナリオプラニングが長く、早く TA のチーム分けをしてほしかったというコメントも見られた。

今後はこうした反省や評価を踏まえつつ、産総研にとどまらず、他の具体的な想定クライアントにアプローチし、時宜に適った技術テーマを掘り下げていきたい。これにより、本講義における TA の実践を通じて社会的意思決定を支援するとともに、成果を広く社会に発信できると考えられる。教育として閉じずに社会に向かう姿勢を示しつづけてこそ、TA がその教育的価値を最も発揮するだろう。

謝辞

本研究にあたり、内田隆・福井智紀の両氏から中等教育における TA の様々な取り組みについてご紹介いただいた。また、本講義の実施と改善にあたっては、2013 年度まで代表講師を務めた城山英明氏のほか、角和昌浩氏、話題提供いただいた研究者や産総研など専門家の方々、そしてこれまでの受講生との多方面にわたる議論が大変有意義であった。ここに深く感謝申し上げる。

参考文献

青柳拓人・松山大樹・渡辺凛（2014）『導電性テザー』東京大学公共政策大学院ポリシーリサーチペーパー, GraSPP-P-14-003, 2014 年 11 月.

石黒未有・白木三沙・田中裕幸（2016）『インビジブルビジョンに関するテクノロジーアセスメント』GraSPP-P-16-001, 2016 年 2 月.

内田隆（2015）「未来のエネルギー政策を題材としたシナリオワークショップ～参加型テクノロジーアセスメントの手法を利用した理科教材の開発と実践」『理科教育学研究』**55**(4): 425-436.

内田隆・鶴岡義彦（2014）「日本における STS 教育研究・実践の傾向と課題」『千葉大学教育学部研究紀要』**62**: 31-49.

江間有沙（2015）「『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」『科学技術コミュニケーション』**18**: 3-16.

小林俊哉（2016）「サイエンスコミュニケーションによる研究倫理教育の実践—九州大学における取組み」『サイエンスコミュニケーション』**5**(1): 36-37.

坂井伸行・中南翔太・古川ひかる・金井英樹（2015）『宇宙新輸送システムの官民展望—ロケット・宇宙港・オペレーション』GraSPP-P-15-001, 2015 年 12 月.

標葉隆馬ら（2014）「研究者育成における『科学と社会』教育の取り組み—総合研究大学院大学の事例から」『研究 技術 計画』**29**(2/3): 90-105.

高橋優人・広瀬章博・川村亮真・金子遥洵・杉山昌広（2012）「気候工学のテクノロジー・アセスメントに資する専門家への聞き取り調査」第 29 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 185.

谷口智哉・大久保翔太（2013）『M2M に関するテクノロジー・アセスメント』GraSPP-P-13-001, 2013 年 1 月.

浜本貴史・樋口祐介・羅芝賢（2013）『自動運転技術に関する現状調査と提言』GraSPP-P-14-002, 2013 年 3 月.

福井智紀・石崎直人・後藤純雄（2011）「市民参加型テクノロジー・アセスメントの手法を導入した科学教育プログラムの開発：人工甘味料に焦点を当てた簡易型『市民陪審』の試み」『日本科学教育学会研究会研究報告』**25**(3): 71-76.

馬渕晋吾・森林萌（2011）『スマートグリッドの導入が与える社会への影響評価—スマートメーターの在り方とステーク・ホルダーの便益』GraSPP-P-11-001, 2011 年 2 月.

Kamisato, T. & Hosono, M. (2014) ‘Creating a hub for ELSI/TA education, research and implementation in Japan’, pp. 117-122 in T. Michalek et al. (eds.) *Technology Assessment and Policy Areas of Great Transitions*. Proceedings from the PACITA 2013 Conference in Prague. Prague: Technology Centre ASCR.

Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L. & Howes, E.V. (2005) ‘Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education’, *Science Education* **89**(3): 357-377.