

2016 年度

第 6 回コロキウム

システム思考に基づく技術の実装

Topic

第 1 部 講演

:1P

- ・分野を横断する問題
- ・ブレイクスルーを起こすのが科学技術
- ・マクロな分析からミクロな設計へ
- ・種子島における戦略
- ・未利用エネルギーの探索と産業共生利用
- ・種子島における木材供給
- ・成功・失敗事例の横展開
- ・デスパレーを超えるための要素

第 2 部 質疑応答

:7P

講演者: **菊池 康紀**

東京大学 総長室総括プロジェクト機構
「プラチナ社会」総括寄付講座 特任准教授

講演日 2016/10/19

招聘者 藤井祥万

2016年10月19日、東京大学 特任准教授の菊池康紀先生をお招きし、第6回コロキウムを開催しました。「システム思考に基づく技術の実装」と題して、お話いただき、講演後の質疑では、学生から多数の質問が寄せられました。

講演者紹介



菊池 康紀 (きくち やすのり)

2009年3月東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻にて博士課程修了、博士(工学)。同年4月より同専攻助教。2012年4月より東京大学総括プロジェクト機構「プラチナ社会」総括寄付講座にて特任講師、2015年10月より同講座特任准教授。専門は、プロセスシステム工学、ライフサイクル工学、知識の構造化。その間、2011年7月～9月にスイス連邦工科大学・チューリッヒ校にてアカデミックゲスト、2012年7月から同大学工学系研究科化学システム工学専攻特任講師を兼任、2013年5月～2016年9月に九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I2CNER)・訪問研究者、2013年6月より千葉大学環境健康フィールド科学センター客員准教授、2014年～2015年に科学技術振興機構研究開発戦略センター・特任フェローを兼任、日本LCA(ライフサイクルアセスメント)学会、学会賞(論文賞)(2011年)、化学工学会賞 研究奨励賞(2016年)を受賞。

第1部 講演

■分野を横断する問題

東京大学には総長室総括プロジェクト機構があり、これは分野を横断して問題解決をするための組織です。「プラチナ社会」総括寄付講座において、私たちは、理工系の研究と社会全体を有機的につなぐような、公共政策や科学技術政策、技術系戦略に近い内容に取り組んでいます。私たちと同じような講座としては、環境エネルギー系では太陽光や、航空イノベーションなどがあります。また、少子高齢化に対応する老齡学の講座もありました。社会課題をどうやって解決するのか、そこに焦点を当てた研究活動をしています。

■シナリオ分析

分野を横断して取り組まなくてはならない研究の一つに、将来社会のシナリオ分析があります。ビジョンと呼ばれている目標に、どうやってたどり着くか、その経路がシナリオです。解かなければならない問題には、環境負荷のコントロールや循環システムのコントロール、少子高齢化への対策などがあります。これらの問題は互いに関係性があるので、どれか一つだけが解決するというのではなく、同時に解かなくてはなりません。環境負荷の問題はコントロールできたけど、エネルギー問題はダメでしたではなく、両方解かなくてはなりません。

少子高齢化は差し迫った課題です。この課題にも取り組まなければ、環境負荷の問題も、エネルギー問題も解決されません。色々な課題に対応できるシナリオ、どういう技術、どういう仕組み、どういう考え方を、どういうタイミングで入れていかなければならないのか、を考えなければなりません。

ここでは時間の流れに加えて、地理的な広がりも考えなければなりません。このまま行ったらどうなるのかという「フォアキャスト」と、ここに行くにはどうすればいいのかという「バックキャスト」の両方をやります。ただ、このふたつのシナリオは、なかなか中期的な時点をつながらないシナリオになりえます。ここに行くためにやろうとしていることを考える、そうすると、今やっていることでは、全然追いつかない、技術開発に飛躍的なステップアップが必要である、といったことなどが判明します。このようなシナリオ分析をやりながら、基礎研究や要素研究を、どう連携させていくか、私たちの講座で、考えています。そのために様々な分野の研究者と議論しています。シナリオ分析を行い、どうしたら各課題を同時に解くことができるか、その方法を見つけ出そうとしています。そしてこの時、必要なものの1つが、システム思考です。

■ブレイクスルーを起こすのが科学技術

簡単なシステム思考の例がボタンです。近くで見ると、ボタンは掛かっているように見える。しかし遠くから見るとズレている。きちんとかかっているようで、きちんとかかっていないことはよくありますよね。いくら一個一個のボタンが掛かっているように見えたとしても、全体として掛け間違っているのだったら、それはおかしい。局所で見たら、うまくいっているように見えても、それは局所でしかなく、全体では最適化されていないことになります。ですので、見るスコープを変えなければなりません。

この時によく使う言葉にロードマップやビジョン、シナリオがあります。これらの用語は人により定義が違います。ロードマップは地図のこと、行ける場所と行き方を可視化できるものです。東京大学の地図を google から持ってきました。これがロードマップ、地図です。ではビジョンは

何かと言うと、目的地、行きたい場所を示します。ただ、目的地、ビジョンを考える時には、同時に現在地も考えなければなりません。ビジョンはあくまで目的地ですので、現在地がなくてはその目的地が、遠いのか近いのか分かりません。ですので、目的地を考えるときには当然現在地も考えなければなりません。その時に、どうやって目的地にたどり着くか、その経路がシナリオになります。google で「ここにいます」という情報と「ここに行きたいです」という情報を与えると、経路がいくつか出てきます。これがシナリオです。

ロードマップ、ビジョン、シナリオと考える時には、現在地の把握、そして目的地の可視化、そしてそれを共有して議論が必要です。また、可視化する時に地図がなかったら可視化できないので、ロードマップが必要です。ここで、ブレイクスルーを起こすのが科学技術です。

この地図で言うと、現在地から目的地まで行くのに大学の中を突っ切れればいいのですが、大学の中を突っ切るという発想は、googleにはありません。大学の中というのは私有地ですので、大学の中に入れればいいですよという案内は出しません。大学の中のこの部分が通れるということを知っている人でないとこの道を見つけることはできません。この例はただの地図の話なので、知っていれば誰でもできますが、ブレイクスルーとは、普通に調べただけでは出てこない経路、シナリオを生み出していくことを意味します。このブレイクスルーをいかに見つけるか、生み出すかが科学技術だと定義しています。

■技術のロードマップ

エネルギー関連技術について、技術ロードマップを見てみます。これは 2015 年から 2050 年、そしてそれ以降の、エネルギー関連技術を並べたものです。たとえば、燃料電池はすでに日本では購入はできる状態になっていて、これから、どんどん普及させていかななくてはならないので、普及に関する技術を開発しなければなりません。一方、基礎研究は、例えば摩擦関連も解析しなくてはならないです。トライボロジーを解析しながら、表面化学が分かってくると、少し大きなものが作れるんじゃないかということや、同時に、ほかにも解析しなくてはならないものができます。そして、次の展開は CCS だったり、高圧耐性の物質であったりします。基礎研究や、実用化研究、普及のための科学など、いろいろなことをやるべきであると、こうした技術ロードマップには書かれています。

■Sphere

皆さん Sphere という表現を使ったことはありますか？ Geosphere からは、地球をイメージします。一方、Techno-sphere は技術の世界、Socio-sphere や Econo-sphere は、社会や経済の世界、など、さまざまな Sphere があります。その間でどのように情報をやり取りするか、その間で共有しなくてはならない知識や技術は何かを並べて、社会学や経済学の先生方と考えたりもしています。要は理工学だけ先行していても解けない問題があり、社会学や経済学が先行していても解けない問題もあるということです。

■マクロな分析からミクロな設計へ

化学工学会ではエネルギー技術ロードマップを 5 年に 1 回出しています。この本の中では、エネルギーシステムの変化の可能性を書いています。2050 年頃に日本に必要なシステムなどを示しています。もちろん、補助金や科学技術政策で変化を促すこともあります。しかし 2030 年くらいまでは、どんな科学技術政策にしても、現段階でやっていることの延長で大体説明がつくとされてます。それが 2050 年となると不確実性が高くなり、シミュレーションでは解が無数に存在しうるため特定することができません。どこに収束させるか、誰かがやらなくてはならない、という想いで、このエネルギー技術ロードマップは書かれています。

たとえば我々もモデルを作って解析し、家庭部門での GHG(Greenhouse gas)排出量のシナリオ分析をしています。しかし人口が減るのでそもそも排出量は減ります、そこから事業電源の省エネ化などをやってみると、シミュレーション上では GHG の排出量は 2050 年頃には 3 割 4 割くらいに落とせます。しかし安心できるわけではありません。ここに技術が導入されていかないと意味がありません。

技術は 1 個作っておしまい、ではありません。エアコンやテレビは年間数百万台という規模で製造されています。この台数を製造可能な技術でないと普及しないです。技術が普及しなければ、GHG 排出量も減るはずがありません。

Transition management: 過渡期を、どこへどのように誘導していくのか、議論するのが、本演題の「システム思考で技術の実装を考えていく」の意味になります。エアコンやテレビ、自動車、パソコンを買うという、一つ一つの意思決定は、それなりの情報を提供すれば変えていけると思います。ただ、難しいのは地域レベルでのエネルギーシステムです。誰に言っていいいのか、そして、誰が考えなくてはならないのか、も分かりません。そこで我々は、地域で入れなくてはならない技術を、どのように導入するか、それを考える取り組みを行っています。

■島嶼地域

現在の対象地域は、島嶼地域が多いです。種子島や佐渡島、石垣島、沖縄本島を対象にしています。島では課題が先行して発生しています。燃料も高くなっています。例えば、ガソリンは40～50円/Lほど一般的な国内の価格よりも高いです。どうやってエネルギーのコストを下げるか、どう再生可能エネルギーを導入するか、等が課題です。

作付面積も急激に減っていています。日本の総人口が減少しはじめたのは2008年くらいです。一方、種子島では1960年代から減少が始まりました。高齢者率も、日本全体のペースの30年くらい先を先行しています。ほかの島嶼地域も同じような状態です。このような島嶼地域で変革を起こしたいと思っています。

既に変化を起こし始めている地域の例に長崎の五島列島があります。ここでは、技術開発や技術導入をやっています。燃料電池車や電気自動車、定置型のリチウム電池、電力の需給調整などに取り組んでいます。

■種子島における戦略

島では、社会課題が先進しています、このため自治体も地方創生を掲げています。しかし、新しい技術やシステムを自治体の戦略に組み込むことは大変難しいといえます。自治体にとって1番大切なのは、公共性と公益性です。このため、リスクの方を先にとってしまうので、自治体だけで最先端の技術を取り入れようとすると、なかなか話が前に進みません。

2014年に種子島でシンポジウムを開催しました。住民や、森林組合、農協、医師会をはじめとした地方の公共団体の皆様に集ってもらいました。このシンポジウムを皮切りに島の外から技術や仕組み、有識者の先生方を呼んで、島の中の有力者たちを集めて、島の中で抱えている夢や目標、想いや課題を、島の外の人たちと共有しながら、一緒に解決する場を作りました。解決できる技術を持っている先生もいるわけです。そういう先生方に実証のフィールドとして種子島を使ってもらい、一方で種子島は研究者を利用して島の中の課題を解決することを、こういった場で相談、議論しながら、進めています。

こんな問題は解決できないのではないか、新しい技術を導入すると良くないことが起こるのではないか、という島の中の人たちが持っている不安を、実際に専門家を呼んで、評価・分析し、議論しています。

研究開発はいいものができたからと言って、世の中に広まるわけではありません。研究開発と社会実装の間にあるデスバレーと呼んだりしますが、このデスバレーを乗り越える手立てが必要です。そこで我々がシステム思考、いろいろな観点で、それぞれの技術が実際に島の中でどのように機能するのか、評価しています。そして島の課題解決に貢献できそうな技術を集めて、島の中に入れていきます。当然、島の中で、受け入れ体制を作っていきますので、徐々に島の中にもネットワークができます。そこで島の外のネットワークと島の中のネットワークがつながっていきます。そして、新しい先進的な取り組みは、実証する場所が必要となりますので、我々が仲介しながら、島の中で実証試験を展開してもらい、新しい技術を世の中に早く普及させていくことに取り組んでいます。

■地域内の物質とエネルギーの循環

具体的な例を環境エネルギーの話を中心に紹介します。まず種子島の特徴から説明します。種子島は製糖用のサトウキビ栽培の北限で、水稲栽培も存在する島です。サトウキビは、生もので腐ってしまうため、収穫後すぐに製糖工場で搾らなくてはなりません。搾るとバガスと呼ばれる搾りカスが出ます。このバガスが燃料として利用できます。すべての製糖工場では、併設されているバガスボイラーと発電機でバガスを利用します。お砂糖作りは、基本的にはこのバガス由来のエネルギーを利用するため、化石燃料は基本的に不要です。それどころか、製糖工場における熱バランスを詳しく見てみると、バガスから得られるエネルギーが多過ぎて余っている状態です。種子島もそうですが、ほかの製糖工場でも実際に行ってみると、バガスから作ったエネルギーが余っていたりしています。かといって燃やさずにとっておいても、バガスは放っておくと風で舞ったりしてしまいますので焼却処理をしなければなりません。この余っている熱はまだまだ価値のある熱なので、うまく利用したいところです。

■未利用エネルギーの探索と産業共生利用

種子島の製糖工場が立地しているのは中種子町というところですが、今年度、この熱を使うための地域熱システムに関するフィージビリティ・

スタディをやっており、来年以降、製糖工場からの余剰熱をうまく使う仕組みを設計しようとしています。既に実際に熱配管をまわして余剰熱を施設園芸に利用しています。過去にトライアルとして栽培されたレザーリーフファンは、温度を上げると育ちがよいので、従来は化石燃料を燃やしています。これを製糖工場からの排温水で代替する試みが行われていました。

■高バイオマスさとうきび

アサヒグループホールディングスが、製糖の仕方そのものを変えようとして取り組んでいます。サトウキビの品種を多収性のものに変更すると、多収性品種というのは生物的に強い植物なので、多くの還元糖を持っていて、今までの製糖技術ではお砂糖が上手く得られません。そこにインペルターゼ欠損酵母という、ショ糖をエタノールに変えることができず、還元糖のみをエタノールに変換できる酵母を使うことで、還元糖を多く含んでいるサトウキビでも、原料糖に変えることができます。これを利用すると、同じ面積から、得られる糖とエタノールを同時増産することができます。これを導入しようすると、またエネルギーもたくさん必要になりますが、多収性品種はバガスも多く得ることができるので、バガス由来のエネルギー量も増える、つまり、エネルギーマネジメントの形が、これまでの製糖工場のものとは大幅に異なるものが設計できるようになります。これを種子島の製糖工場で行いましょうという活動をしています。

■エネルギーの循環

これをやると、製糖工場自体が大きくなります。エネルギーもたくさん余るようになります。エネルギーは余ると捨てなくてはならなくなります。ですが、たとえば、いもを焼酎やでんぷんに加工するのにエネルギーがかかります。このエネルギーを製糖工場の余剰エネルギーから供給しようという話もしています。ただ、今言った話を実現させるだけでも、関係省庁や自治体など、いろいろな組織を通さなければできません。

■目指すべき森林の姿

森林は木を伐らなくては維持できません。地域では森林をどうやって維持するかという課題があります。日本の森林は人口と同じように高齢化しています。この先本当に伐らないと森林と山が崩れはじめてしまうのではという話があります。例えば人工林の話をする、60年周期くらいで植えたり伐ったりをしないとなりません。つまり、伐らなくても伐りすぎても持続不可能というのが温帯気候の中の森林です。ですので、計画的に植えて計画的に伐ることが必要です。

今、植えられている杉は、かつて電信柱とか家に使えるのではと30~40年前に植えられたものです。しかしながら、電信柱はコンクリートになってしまったり、地下に埋設されてしまったりして、使わなくなりました。思ったほど使わないという状態になり伐れていません。ただ、今伐らないとまずいです。

■持続可能な森林管理へ

実際にシミュレーションをまわしていくと、100年後に持続可能な年齢分布を得るためには、日本中の各山地でこれだけ伐らなくてはならないということがわかります。今、全然伐っていませんので、伐らないと森林が減るかもしれない、土砂崩れが起きるかもしれない、という状態です。この状態から、どうやって伐っていくかという話です。

そこでバイオマス発電をやったらいいのでは、という話もあります。FITのバイオマス発電の需要量と実際に木を集めてみた時の需要量を比べてみて、バランスをどうとっていくのかを考えなくてはなりません。最近北海道でパームヤシ殻を使ったバイオマス発電が計画されていて、いろいろな企業が建設を始めています。ですが、マレーシアからパームヤシ殻を北海道に運んでバイオマス発電というのは少し違和感がありますよね。先ほど話したように北海道にも伐れる木はいっぱいあるので、伐ればいいのではないかと思いますが、これは全てコストの問題で決まってしまう。

マレーシアの大学の先生方と、日本にパームヤシ殻をどのくらい出しているのかという話をしている、そのシミュレーションもやってみています。マレーシアもこれからエネルギーの需要が増えていきますので、何でもかんでも日本にとはいきませんが、日本はたくさんPKSを輸入する施設を増やしているところ。30~40年くらいの規模でシミュレーションをかけて、どこかのタイミングでPKSの輸入をやめて、国内の森林を使わなくてはならなくなるのかなと思います。こういうシミュレーションもシステム思考でやらねばならない課題の一部です。

■種子島における木材供給

先ほどの種子島も同じです。種子島も全然伐っていませんので、まずはここ 10 年くらいでたくさん伐らなくてはけません。たくさん伐った後は、徐々に間伐と伐採をいい割合で混ぜながら 100 年後に、良い齢級分布の形を目指していくという伐採計画が必要です。この伐採計画を立てると、伐採するわけですから、木を使ってくれなくては困ります。

では誰が使うのか。そこで先ほどの製糖工場使いますか？という話があります。製糖工場は 300 度くらい、1.85MPa まで蒸気圧を上げて運転しています。この 1.85MPa というのは、産業用蒸気としては低めの圧力です。お砂糖づくりにそんなに高い温度は必要ないからです。焦げてしまうので 100 度前後が必要な温度です。ですが、先ほどの木材を投入していくのでしたら、1.85MPa を、たとえば 7MPa とかに上げてみようという話があります。7MPa に上げたら 5MW くらいまで定格出力を上げて、お砂糖を作っていない夏の間も木を投入して運転をして、製糖工場に併設されている発電所をお砂糖作り以外で使いましょう、というような話も、シミュレーションをしながらしています。

■個別地域でのシステム設計

あとは地域熱です。小型のガス化コージェネを置いたらどうでしょうという話です。これも種子島北部の西之表市でフィージビリティスタディを行っています。実際に意味のあるスケールになるのかは、解析しなければなりません。例えば、GHG の排出量は、発電機の規模を大きくすればするほど削減できるが、大きくし過ぎると今度は熱エネルギーを使い切れなくなってしまいます。そこで、使い切れる規模にする必要もあります。自治体が今やろうとしているプロジェクトに我々がシステムの評価を加えて、実際にそれを技術として実装していいのかを判断する材料を作ったりしています。

種子島は太陽光の出力抑制のかかっている唯一の島ですが、太陽光パネルを増やしていくのであれば、このようなバイオマス発電所はどうやって使ったら活きるのか、その価値はどのくらいあるのか、ということも一緒に議論している最中です。単独では入りにくい技術でも、複数の技術をセットでパッケージ化していっていったやり方を検討し始めており、今、種子島で、そうした複合型のエネルギービジネスの実証試験をはじめたく計画しています。

■地域住民とのやり取り

当然、このような話は地域住民とやりとりをする必要があります。我々も一環として種子島高校で授業をさせてもらいました。高校生にもプレゼンテーションをやってもらいながら、うまく知恵と人材を循環させることを試みています。まず高校生に分かってもらい、その高校生に地域住民とのコミュニケーションを仲介してもらおう、という形です。高校生に自身でデータを集めてもらい、地域課題解決のためのプレゼンテーションをポスター発表でやってもらったりもしています。高校生の視点から見た地域を変えていくために必要なことを述べてくれたおかげで、さらに住民とのコミュニケーションが取れるようになりました。

■成功・失敗事例の横展開

我々はこうした活動を種子島のためだけにやっているわけではありません。事例を横展開することを目標にしています。共通していえることは、技術を地域に実装していくには、第三者のチェックが有効であり、その機能をどうやって誰がやるかを考える必要があるということです。東京大学元総長の小宮山教授によるプラチナ構想ネットワークは、実際にいろいろな自治体の組長と企業のトップが賛同し、動き始めています。その動き始めている自治体で起きたことを一般化して、世の中、社会に広めていく機能を構想ネットワークはもっているのですが、このような活動に、大学の貢献や、学問としての展開をはかり始めているところです。

■社会実装のフェーズ

社会実装のフェーズについては、実は色々な組織でされています。例えば、環境省は TRL (Technology Readiness Level) というのを引いて、そのテクノロジーが基礎研究なのか、応用研究なのか、実証なのか、模擬なのか、フィールド実証なのか、量産化状態なのか、といった技術の段階をしっかりと定義して議論すべきとしています。今の技術レベルがどの程度のものなのか、研究者はちゃんと理解すべきで、今このフェーズにあって、さらに一歩すすめるには研究予算が必要だ、ということを説明できなければなりません。

同じような話で、JST (科学技術振興機構) の RISTEX でも社会実装をテーマにっていて、準備段階、概念モデルなどの段階を設定していま

す。我々の講座も同じようにTRL や RISTEX などの分析に合わせて、地域を巻き込もうとしたときの社会実装と展開の順番のフェーズを、関係省庁とも議論しつつ今作っているところです。

まず、はじめにやらねばならないこととしては、社会課題の論理構造を解明する、といったことです。そして、少なくとも大きなデスパレーが 2 つあることもわかってきています。1 つ目は地域で実証試験ができるかどうか。例えば、ある島・地域で大学の専門家一人が頑張っても意味がなく、現地の方がその技術を使って動かし始めてくれないと、その地域に担い手が定着したとは言えません。つまり、大学側の人間だけではなく、地域の方も巻き込んでやってけるかが重要といえます。2 つ目は、それは種子島だから成功したんでしょ、とならないようにする。つまり、ある地域でうまくいっても、その地域だからうまくいった、とかでは、ほかの地域から参考にならない。他の地域にも展開できるようになったら、大きなデスパレーを超えたこととなります。学問的に見ると、地域での導入事例は特異解すぎて一般解にならないので、この特異解と一般解との間をいかに行き来するかが、この 2 つのデスパレーを超える鍵になっています。

■デスパレーを超えるための要素 ～コンセプト、データ、情理～

種子島も、この辺の展開を前に進めるべく、活動しているが、簡単ではないです。技術の社会実装を進めようと思ったら、まず、コンセプトがしっかりしていなければならない。そしてもちろんしっかりとしたデータの積上げが必須です。大体コンセプトがしっかりしていなければ話にならないですし、ファクト、エビデンスがないと、夢物語になってしまう。今までの大学では、コンセプトとデータはしっかりしようという研究活動が主だった。ですが、社会科学的に見れば、これだけでは足りず、そもそも、当人たちにとって魅力的なのかどうか、ここが解かれなないと社会実装にはつながらないこともわかってきている。

種子島では、サトウキビ文化など、伝統・文化として守りたいものがある。その伝統・文化で守りたいものが守れて、さらに強くなるものでないと、いくら儲かるからといっても、地域ではやはりやりたくない。このような感情を考えなくてはならない。コンセプトとデータがしっかりしていれば良いものかもしれないが、良いものだけでは社会に技術は導入されません。そこにその技術を入れたいという想いがあるかどうかを、これからは学問的に見ていかなければならない。

西海岸はなぜイノベティブなのか、歴史がないからだと言う人もいます。しかし、日本やヨーロッパは歴史がありすぎるがゆえに変えられないものもあります。それは良いのか悪いのか、分かりません。ただ、捨てたくないものは、捨てられないので、そこをどう大事にしながら、だけ良いものをしっかりコンセプトとデータで入れていくか、こういった議論ができてこない、技術の実装には至らないと思います。技術が実装されなければ、いくら思い描いたシナリオがあったとしても、社会はいい方向には行きません。

同じような話で、先日物質・材料研究機構のナノ材料科学環境拠点の中に技術統合化ユニットというものがあったが、やはり同じように困難な課題に挑戦しています。NIMS という組織は、ある社会に導入したい技術や状態、効率を実際にマテリアライズ、物質におとしていくことが使命といえます。ただ、マテリアライズだけではリアライズにはなっていない、そこにマテリアライズだけでなくリアライズ、社会につなげていくところまでしっかり見ていかねばならない。ただ、現在、2016 年の社会課題に基づいてしまうと、その材料が世の中に導入されるのに必要な数年～10 年、20 年の間に、社会自体が変わってしまって手遅れになってしまいかねない。そこで、20 年後くらいに実現したい未来社会とそこにたどり着く過程で起こりうる課題をしっかりと見据えて研究をしないとイケない。研究開発と社会実装の間のタイムラグを意識することが重要であり、また過渡期があるなら、過渡期も意識しなければならない。新しい社会を作っていくために未来社会像を考えた研究を今できるかどうかといった議論が必要である。

■まとめ

実装可能な技術で作っていかないといけないときに、トップダウンも良いが、ボトムアップも必要です。今回は特に農林業地域について話したが、地域で何ができて、何をしたいか、何をすべきか、どう地域と協創できるのかが重要です。大学が持つべき役割は産学公の学なので、ただ基礎研究をやれば良いのではなくて、実用化研究をいかに本腰をいれてやれるのかをもう一度考え直す必要があり、本講座だけでなくいくつかの組織で考え始めているところです。社会実装、技術を実装していくために必要な手続きに大学もうまく入り込んでいこうではないか、といった話が始まっています。

第2部 質疑応答

■Q.部分最適化と全体最適化といったものがあるが、どの程度の幅で全体最適化を見ればよいのかが問題になってくると思う。そこで産学官および民間企業の場合のときにどの程度の幅まで考えてシステムを設計してるのか？

■A.正直に言うと、方法論はないと思う。例えば、先ほどのエネルギーの話をしていたら、必ず反対の人たちが出てくる。現実問題、農家だって製糖工場だって、やりたくない人たちはいて、簡単ではない。どこまで巻き込むかを考える際に、大事にしているのは時間のスケールと地域のスケール。少なくとも5年以内に影響を及ぼすだろうというステークホルダーは巻き込むべきだろう。なぜ5年かという、事業化研究というのはFSから始まって実証研究があって、大型導入があって、事後評価があって、どんなに早くても4年ぐらいはかかる。長ければ7年から10年かかる。その間に巻き込まれる人たちには初めからテーブルに座っていてくれないと、必ず途中で止められてしまう。なので、そこに並んでいる人たちに何年以内に影響を及ぼすかというシミュレーションをかける。その結果、出てきた人たちにはテーブルについてもらう。何が関係するのかわかっていない状態でも入ってもらう。しかし、それが大切で、最初から入ってもらって進めていくことが必要ではないかと考えている。

■Q.5年というのは学の視点からだと思うが、他の視点からだと例えばプラス10年後とかのステークホルダーの人たちにとって害が出てくることが見えた場合は何か対応するのか？

■A.学の視点で見えないところは、自治体や公共団体がかなり意識している。最初にミーティングを綿密に行い、影響しそうな公共団体や地主を自治体がリストアップしてくれている。それをもとに、いつ誰に伺わなければいけないかを、自治体と相談しながら決めている。利害が一致しない場合もあるが、公共団体と協働してうまくやっていっている。

■Q.視点が違うかもしれないが、ある地域に特化して持続的な社会や発展させていくとなった際、こちら側の人間が撤退した場合、本当にその地域が発展するのか？撤退した後も発展させられるようなサイクル、考慮などあれば知りたい。

■A それはよく言われる話で、私たちがやろうとしているのはある仕組みやある建物やある技術の向上などといったよりはキャパシティビルディング(略称:キャパビル)。いわゆる公の組織や地域の担い手などといった人達の能力を増強させる。基本的にやっけるのは私たちが技術を動かすより、そういった人たちに一生懸命教育している。ただ、常に「来年なくなるかもしれない」と言っていて、

私たちがいなくなった後も継続的に展開できるような場を作っていくということが、実は最大の目標となっている。

■Q.優秀な人材が育ったら、iターンで来ると思う。確かに優秀な人材を育成することは大事であるし、そういう人材がその社会・地域のトップリーダーになっていくと思うが、どうやってその人材をその地域に残していくのか？

■A. 実はその地域にずっと居続ける必要はないと思っている。種子島の場合、鹿児島や宮崎などである程度コンサルティングができる形で存在してくれればと考えている。例えば、地域の経済産業局があって、地域のコンサルティングをできる立場にある。なので、常駐するわけではなく、きっかけづくりができる人間がいればよい。このようにコンサルティングができる人間の育成が社会システムイノベーションの近道ではないかと考えている。

■Q.リスクの問題があると思う。改革を行った際に事故などが起きた場合、責任というのはどうなるのか？

■A.事故に関しては、例えば、農林水産地域といったが、なぜ農協や森林組合を巻き込むかという、理由はリスクヘッジ、保険である。地域の一員にはなれない大学では、実際のリスクを負うことができないので、そんなリスクをどのようにヘッジするか、色々な公共団体と相談しながら適切に分散させる方法を探している。

■Q.今回のお話は大きな目的のために融合してやっていくということだったが、融合していくにあたって共通の目的は必要か？また、その場合、産官学において学生は他と多少違うと思うが、学生は各研究室で各プロジェクトを持っていて、共通の目的を持ちにくい状況にあると思う。そこでどういった取り組みをすればよいか？

■A.基本的には目標としている状態があり、その目標に達するのが「いつ」という情報が欠けているが、「いつ」というのを決めた瞬間に一気に今年どこまで行かなくてはいけないという議論がしやすくなる。「いつ」というのが入ると、どこの仕組み・要素が足りないのか、実現したい未来へのバックキャストのほうでうまく連携している。

■Q.政府というのは大学の先生などを集めて、すごく特殊な成功例や事例をセオリーにして一般化させ普及させようとしている。地域の特殊性というのは競争力だったりする。それを補助金制度・社会制度などが排除してしまうことを繰り返してきた。現実問題、現場の人たちと意見は違う。例えば、杉やヒノキは60年70年で切る説と300年経っても成長力は止まらないという説もある。京都大学の教授の話では、日本は二重構造になっている。ビジョンやシナリオ

を作る人とイノベーション、現場の人との交流が全くない。上の方々は表現しやすい、受け入れられやすい話し方をするが、現実が違う。大学では、自論を一般論にしようとするわけだが、現実でそれを社会実装するのはかなり違う。その辺りについてどう考えているのか？

■A.正直、まだ答えはない。大学の学問と行政・立法の学問との間には乖離がある。その乖離を埋めていくのが知識や情報の形であり、先ほどの受け入れられやすい政策・提案と、実際の現場で起きている複雑で表現できないような、現場の人たちが感覚で理解しているような問題(杉の寿命の話など)との間で、どこからなら始められるかを常に議論している。まだ現場ではないが、県庁という私たちより、現場に近い方たちと議論し、今の大学でできるレベル、可視化できてる情報、その可視化が偏ったものになってないか、そのようなことを一つずつすみわけして、足りない部分を探しながらやっているのが現状である。種子島のような離島は外の情報が入ってこないところなので、あのような場をつくり、外の人が入ってきやすいような環境を作った。一方で、法律を作ってしまうと、資金という形でお金が下りてくるが、政策オプションの中に地の利をいかに取り込めるかを議論しながら続けていかなければならないと思っている。

■Q.エネルギーのような燃料や資源といったものベースでからんでくる場合と生きたヒトがシステムに組み込まれてくる場合とで、システムの組み立てやフレームワークの設計の手法がちがってくるのかなと思うのだが、どう自分の研究に設計していったらいいのか？医療分野でこのようなことをするとき、エネルギーの例と比較して、注意すべき点、シナリオ設計において顕著に違う点があれば教えていただきたい。

■A.まさに健康医療の話は簡単に進む話ではないが、持っている要素は必ず分解できる。医療行為というのは住民、医療者、研究開発者、保険者、自治体などに役割が分割できるので、役割ごとに分割した際にどこに摩擦や問題が生じているのかを見ることは重要である。要素開発の研究であれば、入っていく場所を見なければいけないし、今あるデータからの解離がないかを解析もしなければならぬし、どうやってデータを集めるかの議論も必要であるし、同時にそれが誰のメリットになるのか、保険者や自治体、医療行為を行う人たちにも説明責任も必要であるし、要は要素が分かれているところで医療行為だとか健康管理といったものに対する波及効果を可視化して技術を作っていくかなければならない。システム研究であれば、この関係自体を整理して可視化していくのが重要である。医療の世界ではほかの環境エネルギーなどに対してさらに、良い

もの良いとって作っただけでは進まない可能性があると思うので、そういった関係をしっかり理解する必要がある。



実体情報学博士プログラム

<http://www.leading-sn.waseda.ac.jp/>