

東京大学大学院 新領域創成科学研究科主催

市民講座

～震災後の生活をより安心して暮らすために～

平成 23 年度開催 第 1 回～第 10 回



研究科長からのご挨拶



東京大学大学院
新領域創成科学研究科長

上田 卓也 教授

世界の中で、日本は科学技術のもっとも発達した社会を形成していると言えます。大学、公的また民間の研究機関で、質が高くまた精緻な研究開発が日々絶え間なく進められ、世界をリードしています。しかし、精緻な知の体系には、時には箱庭的な弱さが隠れていることがあります。東日本大震災そしてその後の原発事故に際し、科学技術の脆弱を感じられた方も多いと思います。政治のリーダーシップの問題は確かにありますが、研究者が、自発的に、社会の中の科学技術を再考することを開始しなくてはなりません。科学技術が、単に精緻だけではなく、頼りがいのある強さを持つこと、同時に信頼性を明確に示すことが求められています。科学者、技術者が、組織の影に隠れずに、科学技術を社会への積極的に発信し、また社会からの声、それも厳しい声をしっかりと受信しなくてはなりません。この市民講座は、そうした意図で企画されたものです。本講座の質疑応答のレベルの高さに、深い感銘を受けました。社会全体の知性の健全さと倫理性は、誇るべきものです。日本社会の市民レベルでの科学技術に対するリテラシーの高さは、科学技術の重要な基盤と言えます。社会との活発な意見交換が、大学の重要な使命の一つと考えていますので、忌憚のない批判と支援をお願いしたいと思います。

市民講座

～震災後の生活をより安心して暮らすために～

平成 23 年度開催 第 1 回～第 10 回

目次

講師紹介	2
第 1 回 なぜ計画停電するの？ どうやって電気は送られるの？	先端エネルギー工学専攻 横山 明彦 教授 3
第 2 回 生物のもつ放射線防護のしくみ	先端生命科学専攻 三谷 啓志 教授 7
第 3 回 海溝型巨大地震 —海底下で何が起きているのか？	自然環境学専攻 芦 寿一郎 准教授 11
第 4 回 東北地方太平洋沖地震津波の 実態と今後の防災対策	社会文化環境学専攻 磯部 雅彦 教授 15
第 5 回 核融合エネルギーの特徴と 研究開発の最前線	先端エネルギー工学専攻 小川 雄一 教授 19
第 6 回 地球温暖化問題と原発環境汚染問題: 科学的知見の重要性と科学者の役割	地球表層圏変動研究センター 中島 映至 教授 23
第 7 回 太陽光発電は原子力発電を 超えるか？	物質系専攻 鯉沼 秀臣 客員教授 27
第 8 回 学生による復興支援 ～持続的な地域の再生へ向けて～	自然環境学専攻 木村 伸吾 教授 31 サステイナビリティ学教育プログラム 小貫 元治 特任准教授 サステイナビリティ学教育プログラム 岸 俊介 修士 1 年 サステイナビリティ学教育プログラム 永井 宏樹 修士 1 年
第 9 回 沿岸漁業の復興に向けて	環境システム学専攻 多部田 茂 准教授 35
第 10 回 海洋の再生エネルギーの開発	海洋技術環境学専攻 鈴木 英之 教授 39
編集後記 広報委員長 佐々木 裕次 教授	43

講師紹介

第1回講師



先端エネルギー工学専攻
横山 明彦 教授 Akihiko YOKOYAMA

本研究室では、地球温暖化問題解決、エネルギーセキュリティ確保、供給信頼度の維持を目的として、引き続き、革新的な統合型電気エネルギー供給ネットワークであるユビキタスパワーネットワーク（日本型スマートグリッド）の構築に向けて研究を進めていく予定です。

第2回講師



先端生命科学専攻
三谷 啓志 教授 Hiroshi MITANI

様々な環境下で生命は、いかにして遺伝子の維持と革新を両立させているのでしょうか。このテーマに対してモデル生物としてのメダカの利点を駆使して、分子から個体 / 集団レベルへ、生殖から老化までを統合的に俯瞰することを目指しています。

第3回講師



自然環境学専攻
芦 寿一郎 准教授 Juichiro ASHI

我々のグループでは、現在、海底表層の直視観察・試料採取、音波を利用した微地形・地下構造データの取得、深海掘削を含む柱状試料の採取を行っており、これまで行われていない年単位、あるいはリアルタイムのモニタリングによる海底環境変動の解明を目指したい。

第4回講師



社会文化環境学専攻
磯部 雅彦 教授 Masahiko ISOBE

多くの閉鎖性内湾を囲む沿岸域では、経済活動における利便性のために高度な利用が行われてきたが、これは、赤潮や青潮を含む重大な水環境の悪化をもたらした。この研究課題では、人間活動の影響を受ける閉鎖性内湾での低次生態系の諸過程を解明し、水質と生態系を回復するためのデザイン手法を提案します。

第5回講師



先端エネルギー工学専攻
小川 雄一 教授 Yuichi OGAWA

我々は21世紀におけるエネルギー・環境問題を踏まえつつ、核融合エネルギー開発の在り方や社会受容性を取り上げ、炉心プラズマ物理と炉工学技術とを融合し、核融合開発シナリオや具体的な核融合炉設計を推進しています。

第6回講師



地球表層圏変動研究センター
中島 映至 教授 Teruyuki NAKAZIMA

当研究室では次の研究を行っています
・大気汚染の気候影響
・エアロゾルと雲の気候影響
・雲と降雨の微物理モデリング
・温室効果や日傘効果などの放射強制力の評価

第7回講師



物質系専攻
鯉沼 秀臣 客員教授 Hideomi KOINUMA

原子・分子レベルの構造制御をベースとする有機・高分子化学のセンスを無機化学、固体物理に拡張する包括的新材料科学分野の開拓、およびその加速的発展を目指した研究手法の開発と応用。「酸化物エレクトロニクス」の提案と基盤技術開発、「コンピナトリアル固体化学」技術開発と固体物理研究への展開、製鉄プロセスをヒントとし、プラスマレーザーを活用するソーラーシロン製造新技術開発

第8回講師



自然環境学専攻
木村 伸吾 教授 Shingo KIMURA

海洋生物を取り巻く様々なプロセスに着目して、研究船による海洋観測、バイオリギング（生物装着型記録計による測定）、数値シミュレーション、室内飼育実験により、海洋生物の生態と関わる海洋変動現象の特徴を理解し、地球環境変動に対する生物の応答メカニズムを解明する研究に取り組んでいます。

第8回講師



サステナビリティ学教育プログラム
小貫 元治 特任准教授 Motoharu ONUKI

既存の学問分野の橋渡しをし、異分野の専門家による協働のプラットフォームとしてサステナビリティ学を確立し、その教育方法を体系化していきたい。

第8回講師



サステナビリティ学教育プログラム
岸 俊介 修士1年
Syunsuke KISHI



サステナビリティ学教育プログラム
永井 宏樹 修士1年
Hiroki NAGAI

第9回講師



環境システム学専攻
多部田 茂 准教授 Shigeru TABETA

海洋環境問題の解決や海洋を利用した人類の持続的発展のための技術開発への貢献を目的として、人間活動による沿岸海洋環境への影響に関する研究や、海洋環境変動の把握や予測のための数値モデルに関する研究に取り組んでいます。

第10回講師



海洋技術環境学専攻
鈴木 英之 教授 Hideyuki SUZUKI

再生可能エネルギー、生物、鉱物、炭化水素資源など海洋は多くのチャンスを与えてくれる。海洋の恩恵を人類が享受できるよう技術の面から貢献できる内容は多い。わが国発の技術でこれらの問題解決に取り組みたいと考えている。

第1回

なぜ計画停電するの？ どうやって電気は送られるの？

講師

先端エネルギー工学専攻 **横山 明彦** 教授

4月24日(日)14時より柏キャンパス柏図書館において研究科主催の第1回市民講座が開催された。3月11日(金)に発生した東日本大震災は日本国民全員に大きな衝撃を与えたが、この震災に対して東京大学新領域創成科学研究科としてどのような貢献の形があるかを、色々な場面で震災直後から今まで考え討論してきた。その1つとして専門的な知識を活かして、今回の震災に絡んだ「サイエンス」を正確に直接伝えることができるのではないかと結論に達した。例えば、今後の電力需要、計画停電、放射線と生物との関係、地震や津波、震災を経験した心理状態、避難所での集団生活における問題点、その解決策等、理系と文系を跨いだ色々な分野の専門的な知識を、将来に多くの不安を抱いている大学近隣にお住まいの市民の方々に、非常に基礎的な部分からより実践的な専門知識までを分かりやすく直接解説することである。「市民講座」をキャンパス内で開催することで、専門外の市民の方々からの生の意見も聞くことができ、独りよがりではない大学の社会貢献を考える上で非常に重要な経験になるとも考えた。年間を通しての連続講座で、「震災後の生活をより安心して暮らすために」という副題を付けて多くの市民の参加を呼びかけた。

今回はその第1回目(参加者数69名)で、本研究科の横山明彦教授による講義が「なぜ計画停電するの?どうやって電気は送られるの?」という題で行われ、予定を超える熱心な講義となった。非常に基礎的な送電の話から、現実的な計画停電の説明まで分かりやすい説明がされた。例えば図1のように、地震、津波により原子力発電所だけでなく火力発電所も被害を受け停止したので、発電と電力消費の瞬時同量バランスが大きく崩れ、大規模停電を防ぐために計画的に部分停電を行うとともに、新しい発電所の立ち上げが必要となったとのことであった。停電を行う中でも印象に残ったのは、周波数統一は数十兆円の規模の出費になること、異周波数のメリットがあるということ、また夜間の節電は揚水発電のために非常に重要であるということを図解入りで詳細に説明されたことだ。図2に示すように、交流送電システムでは、事故の影響が遠方まで伝わり全体が停電する危険性があるが、交流系統の間に周波数変換所、つまり直流送電システムを入れることにより、この事故の影響を遮断できるのである。講演後の質疑応答は約1時間以上におよび、横山先生の非常に丁寧な回答を聞き、参加した方々が大きく頷いて納得しておられたのは印象的だった。

この市民講座に先立ち、上田卓也新領域創成科学研究科長が、「科学と言うのは、ある条件下において正しいか正しくないかを判断するものであって、一方的に『科学的に正しい』という姿勢は科学的な表現ではない」という冒頭の挨拶をなさった。今後この「市民講座」を通して、多くの専門家と市民の方々の開かれた討論の場が増えることを願い、1年間継続していこうと考えている。

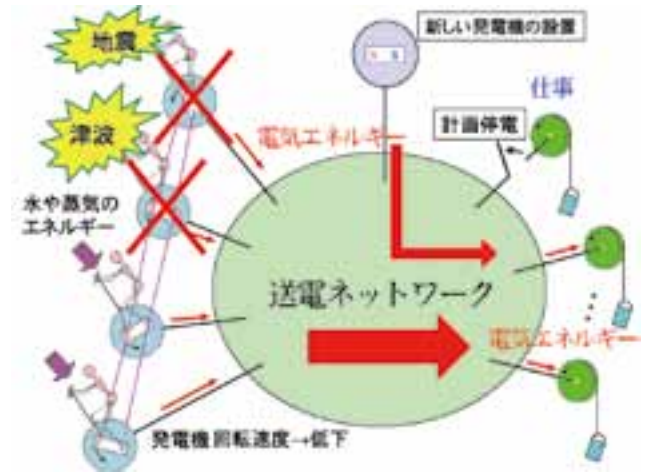


図1：発電と電力消費のバランスが必要

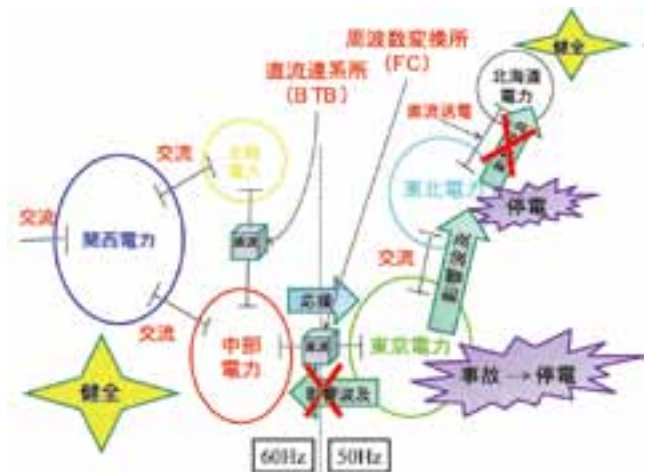


図2：交流送電システムを連系する直流送電システムは事故現象を伝えない



熱心な講義をしている新領域先端エネルギー専攻の横山明彦教授

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回



1時間にもおよぶ質疑討論がなされて参加者は満足していた

Q&A 質疑応答

Q₁

自分の住んでいる地域が、変電所の関係で計画停電の対象外になったのですが、これはどのようなことでしょうか？

A₁

今回の計画停電では、途中から、電鉄などに電気を供給する変電所は停電させないということになりました。おそらく、お住まいの地域が、電鉄などと共通の変電所から電力が送られているためではないかと思います。

Q₂

電気の蓄電は可能なのでしょうか？

A₂

直流も交流もためることは可能です。例えば、交流の電気は直接、ポンプ水車を回して水を上池にくみ上げるという形の揚水発電所で蓄えることができますし、蓄電池では、交流を直流に変換して電気を蓄えています。

Q₃

水力発電の中で、流込式水力発電という24時間稼働しているものと、昼間だけ稼働しているその他の種類がありますが、これらの違いは何でしょうか？

A₃

流込式水力発電というのは、ダムを介さず、川から直接水をとる発電です。ダムなどが造りにくい場所などにある小型の水力発電所と考えてもらえばよいと思います。水をためる場所がなく、捨てるのもったいないので、24時間稼働しています。一方で、大きなダムのある発電所では、水をいったん溜めて、昼間の電力需要が大きく、電気が必要ときに発電して、燃料費

用のかかる火力発電を減らすような形で運用しています。

Q₄

揚水発電の効率はどのくらいでしょうか？

A₄

水を上の池にあげて溜め、発電のために下の池に落とした時のエネルギーの損失は30%とされています。すなわち、総合効率70%ということになります。

Q₅

交流の電圧の位相というのは、東京電力管内ですべて一致しているのでしょうか？

A₅

交流の電気では、電圧の波(正弦波)の位相の差を利用して電気を送っているため、位相は地点地点ですべて違うということになります。

Q₆

太陽電池で発電して、余った電気を東京電力に売る時は、位相を合わせる必要があるのでしょうか？

A₆

合わせる必要があります。太陽光発電は、直流で電気を起こして、パワーコンディショナーという装置で交流に変換します。そして交流に変換した後に、交流ネットワーク側とつなぐ時には、このパワーコンディショナーの位相と交流ネットワークのつなぐ地点の位相が一致している必要があります。そのため、パワーコンディショナーには交流ネットワーク側の位相を検出して、位相を合わせる装置が入っています。

Q₇

周波数変換所を介した送電の場合の送電ロスは何くらいになるのでしょうか？

A₇

大体、周波数変換所だけで2%くらいで、両端の交流送電線ロスも2%くらいあるので、合わせて4%くらいだと思います。

Q₈

50Hz、60Hzの違いに関していいこともあるとおっしゃっていましたが、その説明をもう少しお願いします。

A₈

基本的なメリットは、突発的な大規模停電をおこさないということがあります。例えば、ヨーロッパでは2006年11月にドイツのエルベ川というところで、観光船が通るので川にかかっている送電線の送電を計画的に止めました。送電を止めて、船が通過するまでは良かったのですが、送電を止めたことで、ドイツからチェ

第1回

コ、ベルギー、フランス、ポルトガル、スペイン、イタリア、スイスと西ヨーロッパの国々が停電しました。これはなぜかと言いますと、ネットワークがすべて同じ周波数で、交流で接続されていたからです。このように一つの事故の影響がポルトガルの西端まで伝わって影響を与えてしまうという怖さが交流連系システムにはあります。

Q₉

家庭ではなく、産業界の節電はどのくらいでしょうか？

A₉

需給調整用電力という、需給が切迫したときには電力使用を控えてもらうという契約があります。これは、そのために普段から電気使用料を安くするという大口の顧客に対する料金体系です。これを利用しますと約280万 kW くらい電気の使用量を夏場に減らすことができます。また、産業界の皆さんで、計画的に操業時間や出勤日をずらすなどの工夫をして、できる限りの節電をしてうまくやっていくことが必要です。大口需要家である東大としても努力をしております。

Q₁₀

揚水発電について初めて知りました。
午前中のテレビで、夜の節電は必要ないという主張があったので、揚水発電についてのPRが必要ではないかと思いました。

A₁₀

おっしゃる通り PR が必要ですね。揚水発電所で昼に発電をするためには、夜に余っている電気を使って水を上池に汲み上げる必要があります。これには、夜間に電気が余ること、そして、それには、十分な火力発電の燃料が必要です。従いまして、夜もできる限りの皆さんの節電が必要となりますので、よろしくお願ひします。

Q₁₁

東京直下型地震などが起こった時にどのように対処するのかといったことは考えられているのでしょうか？

A₁₁

送配電設備に限りますと、大地震で絶対に故障しない、被害を受けないようにするというのは現実的ではないので、災害の後に故障からどれだけ早く復旧できるかというのが重要だと思います。皆さんの家の周りは、架空の電線ですので、その復旧は早いですね。今回の東北地震でも3、4日ほどで復旧をしています。復旧資材の調達、応援体制なども十分に準備をしています。しかし、このような準備はあっても、実際の復旧に行くための道路はどこが使えるのか、復旧する方の食糧、宿は確保できるのかなど、さまざまな点からの議論が今後必要だと思います。

Q₁₂

すべての家庭の電力使用の上限を設けるといったような、利用制限のようなことはできないのでしょうか？

A₁₂

実は、スマートグリッドと呼ばれる技術の中のスマートメーターというものを使用すれば可能になります。これには、各家庭に電力会社から信号を送る必要もあり、うまく動作するか実証試験をする必要があります。これはこの地震が起きる直前に、政府の委員会で10年をかけて導入するということが決まっています。そのため、10年後には、または、実証試験を行った後、コストはかかりますが、導入していけば、電気の利用制限のようなことも可能になると思います。

Q₁₃

50 Hzと60 Hzの周波数の問題、バッファの問題ということで直流によるシステムが必要だとは思いますが、このような緊急時に関して100万キロワットしか送れないということであれば先生方の方から早めに（周波数統一化を）奨めるよう提言してほしいと思います。

A₁₃

周波数統一は非常に難しいと思います。まず、50Hz から60Hz への統一は、東日本の火力発電所で定格タービン回転数を上げることになるので取り換えが必要となり、非常に困難です。電力会社以外にも、大口需要家を持つ自家用発電機が全国各地に多数あり、大型のものではどちらかの Hz にしか対応してないものが多くあります。これらすべてをどちらかの Hz に合わせるのとは多大なコストがかかります。また、送電系統にたくさんある変圧器においては、50→60Hz で使用した場合には電圧の変動が大きくなります。逆に、60Hz→50Hz に統一する場合は、変圧器は鉄心の過熱の問題から取り換えが必要となります。火力発電所のタービン発電機も、定格回転数を下げることになりますが、機械的な問題からやはり取り換えが必要となります。落雷などの事故から電力設備を守る各地の送電設備の保護リレーシステムも Hz 依存のシステムのため、全体の何万という設備を交換しなくてはなりません。これらの問題を解決するには莫大な費用が掛かるため統一化は現実的ではないのです。そのため、今ある異周波数交流システムの利点を活用していくのがよいのではないのでしょうか。

Q₁₄

将来的に考えたときに、日本の電力供給システムはどのような形にするのがいいのでしょうか？

A₁₄

これから、国民の皆さんと一緒に、冷静に議論していく必要があると思います。原子力発電所が止まっている間は、不足する分を火力、水力、その他の発電で何とか補完する。それでも足りない場合は皆さんに節電をお願いすることになります。このようなことを続けながら、今後の電力供給の在り方を議論していく必要があると思います。これには、必ずしも経済性だ

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

けでなくベストミックスというエネルギーセキュリティーの考え方も重要になります。そもそも、日本が石油だけに頼っていた火力発電をLNG(液化天然ガス)火力発電、石炭火力発電、原子力発電という割合を増やしていった背景には、1970年代の石油ショックがあります。石油ショックにおいて、石油の発電一種類に頼ってはいけないという状況が生まれました。そこで、原子力もやるLNG火力もやる、石炭火力もやるという具合に、石油、水力だけだった発電から多様化が起きました。したがって、ベストミックス、経済性、安全性、もちろん安全性が一番大切ですが、といった様々な要素を考えて、さらに太陽光、バイオマス、地熱、風力発電などの再生可能エネルギーなどできるだけ取り入れながら、最適な形態を冷静に検討していく必要があると思っています。

Q15

再生可能エネルギーを含む今後のベストミックスといった(先生の)考え、提言をお聞かせ願えませんでしょうか。

A15

現在日本政府は、5300万kWの太陽光発電を2030年までに導入するということを掲げています。このような再生可能エネルギーは瞬時の発電量(kW)はたくさん出ますが、全体のエネルギーとしての発電量(kWh)は低いのです。この目標を達成できたとしても一年全体の電気消費量(kWh)の中の5%ほどしか満たせません。太陽光発電の特性(日射量)、地域特性により、全体としては設備量の12%ほどの発電量しか見込めないためなのです。太陽光発電は、夜は発電しませんので、この太陽光発電の電気を夜に使うには、蓄電池などの貯蔵装置が必要です。従いまして、このような再生可能エネルギー、蓄電池もたくさん導入しながら、それぞれのエネルギー源の特性を踏まえて、エネルギーセキュリティー、地球環境性、経済性、安全性を考慮したエネルギーベストミックスを探っていくのが良いのではないのでしょうか。

後記

先生から一言



この夏を、電気事業法 27 条の電力使用制限令による産業界の多大なるご協力と、家庭の皆さんをはじめとする小口需要家の自発的な節電のご協力により、無事に停電することなく乗り切れたのは、大変素晴らしいことだと思っています。この冬、来年の夏も、停電することなく乗り切れることを願っています。しかしながら、これからの日本の産業競争力維持、日本の持続的発展を考えますと、もちろん、省エネを最大限することは当然ですが、いつまでも産業界に必要な電力の使用を抑制してもらうわけにもいかず、電気エネルギーを必要な時に必要なだけ使っていただけるような状態に、できるだけ早く復帰することが必要であると考えています。それには、停止中の原子力発電の安全性確認とともに確認のできたものから早期に復帰することが必要ですし、太陽光発電や風力発電の再生可能エネルギー利用の拡大も必要です。これからは、その再生可能エネルギー利用拡大や節電のための電力システムのスマート化について研究開発を行っていくことが重要です。

これはいわゆるスマートグリッドの構築です。言葉の響きは心地よく、すぐにでも実現しそうな世の中の雰囲気ですが、家庭を含む需要家を巻き込みますので、さまざまな検討が必要となってきます。太陽光発電や風力発電の電気の貯蔵のために蓄電池を設置すれば、コストがかかります。スマートメーターを各家庭に設置しその通信を行うとなればコストがかかり、スマートメーターからの個人情報セキュリティの問題、電力システムのさまざまな設備へのサイバーセキュリティの問題なども起こってくるでしょう。このスマート化のコストはだれが負担するのでしょうか。需要家が負担するとなると、需要家にそれなりの便益がなければなりません。そのようなビジネスモデルができていのでしょうか。需要家に迷惑をかけないように、電気自動車や太陽光発電装置、家庭の電力機器をコントロールし、グリッド(電力システム)に役立つようにする必要があります。何百、何千万軒という家庭の機器をコントロールするには、通信も含めてどのようにしたらよいのでしょうか。また、これらの多数の需要家の電力使用の振り舞いは、電力会社の中央コントロールセンターの機能にどのような影響を与えるのでしょうか。社会の便益を最大にするには、どのようなスマートグリッドの姿が理想なのでしょうか。このように、たくさんの課題があります。

現在、柏キャンパスで、このスマートグリッドの基礎的な実証研究を、28 の法人が参加してオールジャパンの国家プロジェクトとして取り組んでいます。これは社会のインフラ技術ですから、皆と一緒に地に足の着いた取り組みをする必要があるのです。多額の資金をつぎ込み構築した社会システムは、使い物にならなくなったのですぐに取り替えますという訳にはいきません。少なくとも 20 年は使わねばならないのです。このような考えのもと、着実に、加速もしながら研究開発を進めていくことにしております。ご期待ください。

第2回

生物のもつ放射線防護のしくみ

講師

先端生命科学専攻 **三谷 啓志** 教授

5月15日(日)、晴天の柏キャンパスに多くの市民の方々が集まった。新領域創成科学研究科主催第2回「市民講座」が柏図書館において開催された。第1回目は非常に分かりやすい電力関連の講座内容であったので、第2回目も連続して聴講したいという多くのご意見をいただいていた。第2回目は新領域創成科学研究科先端生命科学専攻の三谷啓志教授による「生物のもつ放射線防護のしくみ」という演題での講演であった。最近、多くの放射線関連の報道があり、不安を抱く市民の声があったので、113名の参加はうなずけた。講演では冒頭に、昨今の放射線関連の報道では、様々な専門家が全く異なる見解を公にしている、その立場の違いはどこから来るのだろうか、また1954年の米国水爆実験による多量放射性降下物を浴びた第5福竜丸事件当時から放射線の生物影響はどのように解明されたのだろうかという問題提起から講演はスタートした。1895年レントゲン博士のX線発見は、それまで予想されていなかった物理現象発見であり、かつ人体の透視撮影という応用利用も同時に発見された点で科学史上希な例といえる。装置(電子線発生装置)が世界中にすでに普及していたため、X線は発見直後から、社会に受け入れられ放射線の人体影響研究の歴史は、放射線の発見とほぼ同時に始まったといえる。

放射線の生物への影響は大きく分けると2つに分類される。1つは、生体機能を担う細胞を生産するもの細胞(幹細胞)の死滅に起因するもので、高線量(閾値がある=確定的影響)を超えないと発症しない。幹細胞の数が減ってしまうと臓器機能が維持できなくなり、消化器障害、皮膚炎、免疫不全や不妊等が生じる。もう1つは、遺伝子の突然変異が誘発され、それが何回も生じるとがんが発症することになる(図参照)。これらは、ともに放射線が遺伝情報を担うDNAに様々な化学変化をもたらすことが原因であると考えられている。生物には、太陽光紫外線、様々な化学物質、活性酸素等の要因でDNA損傷が生じるため、生物は進化の過程でこれらに対処するしくみを何重にも獲得しており、放射線損傷に対してもこれら防御機構が働いていることが説明された。

今回の東日本大震災による福島原子力発電所後の大部分の地域では、放射線量的に言うと、通常の放射線利用での一般公衆に対する管理レベル程度の低線量域の地域が大部分である。長期放射線影響の評価には広島長崎の被爆者に対する疫学調査が信頼に足るとして国際的にも参考にされている。しかしその信頼性を担保するには、各種の動物実験や放射線発がんに関わる生物学的研究からもその妥当性が調べることが重要と指摘された。最後に今後、土壌や海洋等の環境に放出された放射性物質、食品に含まれる放射性物質に関しては住民の不安を除くためにも長期間に詳細な観測するとともに科学データに基づいて人体影響を把握することが必要で、それを踏まえながら社会としてリスクをどう捉えるかを議論しなければならないと結論された。

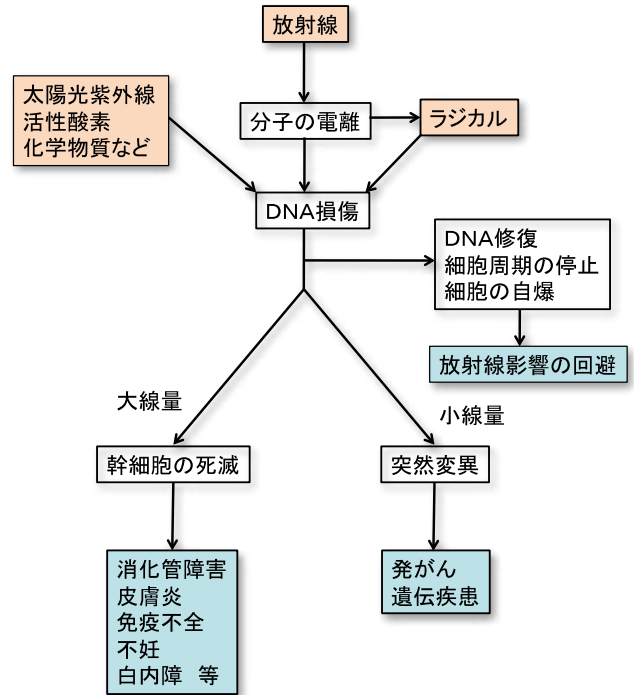


図1 放射線障害が生じる主な過程

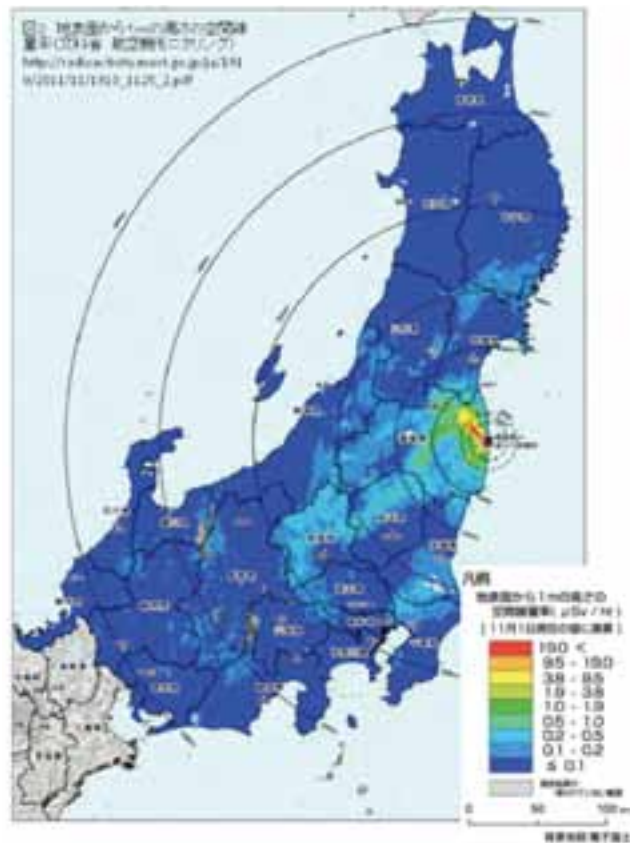


図2 地表面から1mの高さの空間線量率
文部科学省による第4次航空機モニタリング結果より
http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/12/1910_1216.pdf

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回



新領域創成科学研究科先端生命科学専攻の三谷教授



白熱した質疑応答の様子

Q&A 質疑応答

Q₁

放射線の成人と子供に対する影響の生物学的な違いというの
はあるのでしょうか？

A₁

成長期の子供は、放射線に対する感受性が高い活発に増殖し
ている細胞が多いと言えます。また、ある時点での被曝を考えると
子供のほうが残りの人生の期間が長いので、人生のどこかの時
点で発がんするリスクは、子供のほうが当然高くなります。

Q₂

がんになった時、それが放射線によるものかどうかを決める
ことはできるのでしょうか？

A₂

放射線で生じるがんも普通のがんも、できる機構は同じです。そ
のため、ある人のがんが放射線によるものかどうかを決めることはで
きません。ただし、多数の人の統計データから放射線の影響とし
てのがんの出現頻度の上昇がわかります。

Q₃

最近、新聞で発表になった基準値は安全でしょうか？

A₃

放射線に関しては、ある基準以下ならば絶対に安全、あるいは絶対
危険と決められるものではありません。あくまで、どのくらいの確率で影
響がでるかということしか言えません。イメージとしては、道路の制限速
度のようなものです。例えば、時速 40 km 制限の道路を 41 km で走った
時に、すぐに事故が増えるなどの影響がでるわけではありません。現
在は、その制限速度を緊急事態に 60 km にあげているようなものです。
ただし、当然ながら、はじめに 40 km 制限にしたときの理由があったわ
けなので、落ち着いたら 40 km に戻すべきです。

Q₄

日本では、原発事故の後、放射線の基準値を上げましたが、こ
れは国際的にも通用する行為なのでしょうか？

A₄

ももとのこれらの数値は通常管理のための基準値です。国際
機関である ICRP (国際放射線防護委員会) でも、事故が起きた
時は、緊急時被曝状況とそれ以降の現存被曝状況にわけ
て、指針を出しています。今回は、日本もその指針などを考慮し
ながら決めたのだと思いますが、私個人としては、国がもう少し
データに基づいた説明責任を果たすべきだと考えています。

Q₅

現在の学問レベルだと、データはあってもがんになるかはわから
ないということで、不安になる人も多いと思うのですが、そこらへ
んはどのように考えているのでしょうか？

A₅

確認しますと、ある集団で、どの程度がんが増えるかという推定はでき
ます。ただし、がんの起き方は放射線もその他の原因も区別ができな
いため、ある一人の人について、放射線が原因でがんになったのか、
放射線がなくてもがんになったかは言えないということです。あくまで確
率的ということになります。重要なのは状況を把握して、それに冷静に
対処することで。そのため、必要以上に不安に思うことはないです。ス
トレスで体調を崩してしまったら、元も子もないですから。ただし、当然
必要以上に安心して、無用な放射能の高い瓦礫を放置してはいけま
せん。現状をしっかりとらえて対処していくことが必要です。

Q₆

細菌の中には、放射線に耐性を持ったものもいると聞きました
が、人間がそのような耐性を持っていないのでしょうか？

A₆

今日はお話しせんでしたが、進化の歴史から考えますと、現在の人
間も DNA 量あたりで考えるとかなりの耐性を持っていると言えます。
バクテリアなどと比べますと、人間のほうが、1細胞当たりの DNA 量
が多く、当然放射線で壊される損傷量も多くなります。壊されたものを
修復したり、対処したりという機構を人間も進化させてきました。先ほど

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

の耐性菌に関しては、高温環境や水のない環境など、極限環境で生きられるように進化したものでして、人間とは根本的に違うやり方をしています。そのため、人間の放射線に対する耐性がこれらと同レベルになるまで進化するのはなかなか難しいと思います。

Q7

新聞などで発表されている放射線量が少ない地域でも、時間が経てば「ちりも積もれば山となる」のように増えていきませんか？

A7

今回の事故で言いますと、放出された放射性物質が空气中を漂っていて、それが落ちたという状況になっています。そのため、放射性物質が今後放出されなければ、全体としてそれ以上は増えないはず、むしろ拡散していくはずです。

Q8

先ほど、広島、長崎の原爆を基にしたデータを見せていただきました。今回は、長期間にわたって低線量被ばくを受けるという点で、広島、長崎とは状況が異なると思います。今回の事故のデータを今後長期間にわたって研究すると言った取り組みは始まっているのでしょうか？

A8

私の知る限り、住民の大規模な健康調査は行われることが計画されています(<http://sankei.jp.msn.com/science/news/110421/scn11042114160003-n1.htm>)。おっしゃる通り、それは非常に重要なことで、これから枠組みができていくと思います。放射線のデータは未だに、広島、長崎のものが最も信頼されています。これは、さまざまな年齢構成の人の長期にわたるデータがあるからです。自然放射線が高い地域の疫学調査では、がんの増加は認められていません。現在あるその他のデータは、医療に放射線を使った場合の被ばく例等ですが、当然これは病気を抱えた方からのデータで、比較には限界があります。住民の方の不安を解消していくためのしっかりと今回の影響を調査していくことが重要であると考えています。

Q9

子供がいて放射線が不安なのですが、日常生活で注意できることなどあるのでしょうか？

A9

気を付けるポイントはいくつかあります。現在は、放射性物質が舞って、それが屋外に落ちてきている状況ですので、外から帰ってきたらしっかり手を洗うなどの対応方法がインターネット上にも紹介され、東京大学のホームページでも、リンク集を見ることができます(<http://www.u-tokyo.ac.jp/public/AntiDisaster/kanrenjouhou.html>)。ただし、現在のところ発がんなどの影響が見られる放射線レベルではありませんので、気をつけてどの程度安全になるのかという、なんとも言えないということになります。

Q10

情報というものはきちんと知らせていただけるものなののでしょうか？

A10

文部科学省のホームページに全国の放射線量が記載されています(<http://radioactivity.mext.go.jp/ja/>)。前出の東京大学のホームページにあるリンク集も参照下さい。

Q11

人体に対する放射線量の有害な面についてお話しされていたとおもいますが、逆に有益な面があれば教えていただきたい。

A11

放射線を利用するという観点ではなく放射線の人体に対する影響でいえば、そういう(有益な面もある)考えを主張している科学者の方もたくさんいます。この現象は、ホルミシス効果と呼ばれています。疫学的にも低放射線量にさらされた人の発がんが抑えられたりするいくつかの例も報告されています。細胞レベルのスケールの実験で(細胞に)放射線を当てたときは、かなりの低線量の放射線に対しても細胞は応答します。ただその現象が健康効果をもたらしているか、その仕組みも明らかになっていません。

Q12

福島原発から 10~20Km の範囲で避難命令を無視して住み続けるとどうなるのでしょうか。顕著にすぐわかるような影響が出るものなのか。

A12

具体的に現在どのような場所に住んでいる場合にどのくらい線量があるのかわからないので何とも言えませんが、原爆被爆者では、がんが発生するとしても固形がん(一般的ながん)が10年後、白血病が2~3年後から増え始めました。免疫細胞の一時的な減少等が急性影響として起こりますが、そのようなレベルの放射線量にもなっていないと思います。



Q13

放射線等量の算出係数が放射線の種類について違うのですが何に由来するのでしょうか。

A13

これは発がん実験データも含めて、経験則的につけている側面もあるのですが、同じエネルギーが吸収された時に、アルファ線とベータ線でどれくらい影響に差があるのか測定して決めた値です。本当は同じアルファ線、ベータ線同士でもエネルギーが違うものがあるのですが、安全評価のために国際機関が提唱している数字です。

Q14

がんの発生率について、調べてみると現実的にたばこの発がん率の方が今論議しているような放射線より非常に高いと思うのですが。

A14

たばこは非常に強力な発がん物質を含み、防止可能な死亡の原因で一番多いとされています (<http://www.epa.gov/rpdweb00/sources/tobacco.html>)。ただ、たばこの場合はそれによって本人は恩恵を受けているわけですから、本人も納得している部分はあると思います。たばこで発がんが多く生じるから放射線を気にしなくてよいということはありません。今回の事故に対しては放射線に対する集団としてのリスク回避を社会的に捉えられるべきだと考えます。

Q15

柏市に暮らしていて、実際にどれくらい被ばくしているのかを知りたい。そのような計算方法があるのか、また測定する場所や東大大学としてもそのような指針を出して頂きたい。

A15

外部被曝については、場所により多少の変動はありますが、文科省や東大のホームページを参考にしてください。内部被ばく量に関しては、各個人のライフスタイルや代謝量に依存するた



め、きちんと測定するのはかなり難しいと言わざるを得ないと思います。ただ、現在の段階では、外部被ばくの量と同じ量がそのまま内部被ばくしたとしても健康に影響を与えるレベルではないと考えられます。お話したように、急性の放射線障害が生じる線量はかなり高いので、むしろ線量に関する情報を把握して、落ち着いて行動することを優先するべきでしょう。

Q16

測定値を報道などで前回に対して倍になったなどの表現をよくされているのですが、そのような表現は正しいのでしょうか。

A16

よろしくないと思います、何に対してどれくらいなのかをきちんと科学的に把握すべきです。公的な機関のホームページ等での一般向け広報データを知ることが大切だと思います。

Q17

低線量被ばくの時の確率的な影響について、閾値があるかないかの二つの考え方があるという説明でしたが、どのようなモデルに基づいているのでしょうか。



A17

まず、閾値がないという考え方は主に、DNAに放射線を当てたときにその化学変化が、イベントとして放射線量に比例して増えていく可能性があるので安全側に考えるということです。閾値があるという考え方では、例えば人には免疫系の細胞があってそれがつねに発がんなどを監視しているため、少しDNAが変化した細胞が増えたとしても巨視的には影響はないだろうとしている考え方です。

Q18

広島、長崎の原爆に対して福島原発事故はどれくらいのレベルであるか教えていただきたい。

A18

両者を一概に比較するのは難しいです。トータルの放射線の量と時間状況や放出された物質の形態の違いがあるので比べるのは無意味だと思います。実際に何シーベルト浴びた方が何人いるか、という点が重要だと思います。また、被ばくされた方に対する社会の在り方や生活環境による影響も無視できないと思います。今回の件では、福島ではどういう被曝をされた方が何人いて、どういう年齢構成なのかの情報をしっかり取ることが重要だと思います。

Q19

柏市、松戸市の放射線量がこの近辺の放射線量より高い数値が出ているがどのような理由によるものか。

A19

私たちが測定している環境では、原発事故によって、バックグラウンド線量が2倍ほどになっています。検出される放射線量に違いが出るのは地形や降水状況によるものが大きいです。この近辺の放射線量が高いというのは事実であると感じますが、周辺や、都内においても同程度の線量が検出されることは当然出てくるだろうと思います。

Q20

放射性の影響を受けやすい生物はいるのでしょうか

A20

土壌表層では放射線量が高くなっています。低線量放射線の確率影響でがんができることが確認されているのはヒトでの調査と動物実験の成果であります。他の生物の組織影響をみて、ヒトで問題にしている1Sv以下の影響を検出するのは（サンプルの量の問題もありますが）難しかったと記憶しています。現在我々の研究グループでは放射線に高感受性のメダカ系統を作製して、解析を行っています。

後記

先生から一言



講演当時は、柏キャンパスの放射線量は東京大学から公表していましたが、その後の調査で今回の事故がかったない規模で住環境に広範囲かつ長期にわたり放射線汚染が生じていることが判明し、時には過剰な反応も多く見られました。これまでは、過去50年以上にわたって科学者がおこなった原爆被ばく者などの疫学調査および放射線の生体影響研究で得られた膨大な研究成果をもとに放射線利用の管理基準が定められました。それによると一般人に対して年間1,000マイクロシーベルト（=1ミリシーベルト）、放射線業務従事者に対して年間2万マイクロシーベルト（=20ミリシーベルト）とされています。もともと自然状態でも宇宙線、大地、空気、および食品や水に由来する放射線があり、その量は、地域や標高などによって異なりますが、日本での平均はおおよそ1,400マイクロシーベルト（=1.4ミリシーベルト）です。標高が高い地域では宇宙線により、花崗岩が多い地域では大地からの放射線により自然放射線量が高くなります。人体に含まれるカリウム等の同位体からも放射線が放出されています。したがって、一般人に対する規制値は、「放射線事業者に対して放射線業務を行なうにあたっては、一般人の生活地域に対して放射線量が自然放射線レベルをこえないようする」という意味と言えます。講演以後、放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法（平成23年8月30日公布、平成24年1月1日完全施行）では、一般人に対する規制値である年間1ミリシーベルトに準じて今回の事故で過剰に外部被ばくする放射線量（追加被ばく線量）が年1ミリシーベルト以上となる地域、放射性セシウム濃度が1キロ当たり8千ベクレル超の災害廃棄物を対象に、除染実施計画を定めることになりました。また平成24年4月を目前に、食品からの被ばくも年間1ミリシーベルトに引き下げることになりました。これは、安全と危険の境目を定めたものではなく、環境復原への指針として捉えるべきであり、今後リスク評価と除染の費用対効果を冷静に議論される状況となることを期待しています。

第3回

海溝型巨大地震—海底下で何が起きているのか？

講師

自然環境学専攻 芦寿一郎 准教授

「震災後の生活をより安心して暮らすために」というテーマで開催されている新領域創成科学研究科主催「市民講座」は第3回目を迎え、「海溝型巨大地震—海底下で何が起きているのか？」という演題で自然環境学専攻（大気海洋研究所兼務）芦寿一郎准教授の講演があった。第1回は電力、第2回は放射線というかなり生活に密接した内容で行われたこの「市民講座」第3回目は、学術的な色合いの濃い内容とした。勿論この震災の一番基本的な自然現象に関する講義内容ではあるが、興味を持ってもらえるか不安な部分もあったが、結果的に91名の参加者があり、かなり専門的な質問も多く出て、一種アカデミックな雰囲気味わえる「市民講座」となった。

講演の冒頭で、有史以来、巨大地震の多くは海溝型地震であり、1995年に発生した兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）のような直下型地震とは区別するというお話から始まった。海溝型巨大地震の研究において一番重要なのは、海洋プレートの沈み込み状態（位置）を精度よくモニターすることである。水深3000m以上の深海になるとかなり難しい問題も多くあるが、GPSと音響を用いた海底変動のモニタリングが行われ、かなり詳しい海底の動きを捉えることが今回できた、との説明があった。今回の東北地方太平洋沖地震の場合、地震波の観測結果から、牡鹿半島沖の断面面での破壊が震源から深い方向に進んだ後、海溝側の浅い部分にその破壊が大きく広がり、再度深い方向へ破壊が進んだということが分かった。この破壊の引き金になったのは長年の海洋プレートの西側への沈み込みによる歪エネルギーである。観測結果から、日本海溝周辺の地震前後の海底地形の変化もかなり分かってきており、どの断層が今回滑った（破壊した）かがある程度予想できているとのことであった。

地震発生の規模を示すマグニチュードという単位は、気象庁マグニチュード M_j とモーメントマグニチュード M_w という2つの単位系があり、今回の巨大地震では、国際標準単位であるモーメントマグニチュード 9.0 という数字に至るまでに二転三転した。この発生規模に関しては、芦准教授の柏近隣の地図を用いたマグニチュード2から9までの表現により、いかにマグニチュード9がとてつもない大きさであるかを理解することができた。今回の東北地方太平洋沖地震は震源断層の長さ500km、幅200km程度で、平均すべり量が20mぐらいあった。マグニチュードが1違うだけでエネルギー量は約32倍以上も違う。阪神淡路大震災がモーメントマグニチュード6.9なので、1400倍以上ものエネルギーとなる。

聴講者の知りたい事の1つが「地震予知」の可能性であるが、例えば±100年単位の予測しかできない場合もあるとのことであった。ただ、現在実施されている「緊急地震速報」のような地震波の伝達速度の違いを利用した速報に近い発想で、想定震源付近の各種情報を海底ケーブルでリアルタイムに監視するシステムに注目が集まっているという。また、3月11日の本震の2日前の「前震」とみられる地震以降、海底で地殻変動が継続的

に観測されていた。これを巨大地震の発生に先行する現象として利用できれば非常に有効な速報が出せることになるとのことなので大いに期待される。

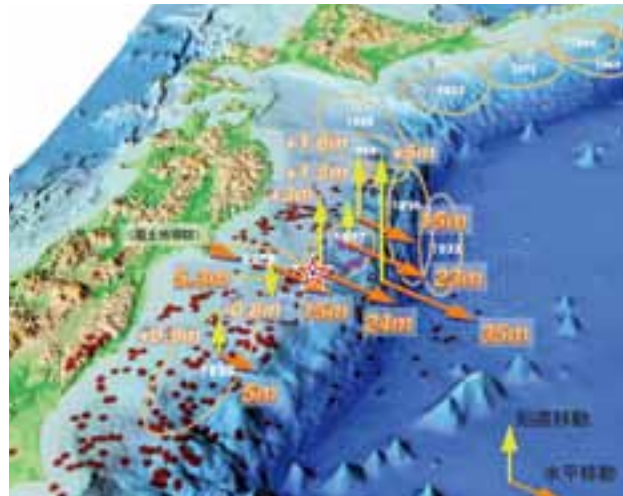


図1：東北地方太平洋沖地震の際の海底地殻変動。星印は震央、周辺のこれまでの震源域も示す。

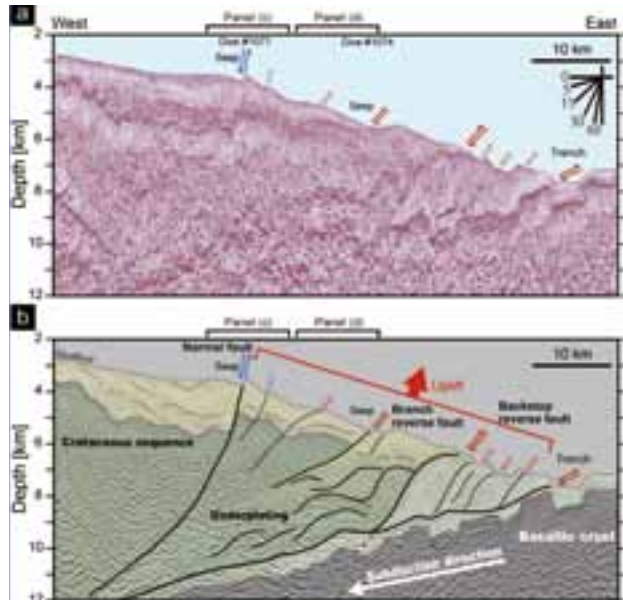


図2：震源付近の地下構造。海溝陸側斜面の下部が大きく変動した。



新領域自然環境学専攻の芦准教授

第1回

第2回

第3回



かなり専門的な質疑応答が交わされた

第4回

Q&A 質疑応答

第5回

Q₁

今回の地震を事前に察知できなかったのは何故でしょうか？

A₁

5年ほど前から行われていた津波堆積物の研究から、貞観時代の地震についての解析が進み、いくつかの論文が出ていました。今回よりもやや小さい地震のようですが、かなり内陸部まで津波が来たということもわかっていました。また、2010年には、詳しい津波シミュレーションの論文も出て、まさにそれをもとにした防災が始まりつつあったところでした。しかしながら、1000年単位という長い期間の話であるために、短い時間スケールでの予測はできませんでした。一方、地震学の観点から考えますと、地震の観測データが重要になります。自然科学では繰り返し観測をすることが重要ですが、地震の観測というのは、地震の発生間隔の時間スケールから考えるとまだ始まったばかりといえます。そのため、まだまだ十分なデータがなく、地震の予知は容易ではないのが現状です。

Q₂

先生のお話の中にあつた南海沖というのは、ニュースでよく聞く東海地震と同じでしょうか？

A₂

実は東海地震についてどの断層が実際に動いたかというのは、研究者の間でも統一されていません。駿河湾という人もいますし、浜松沖まで伸びるとい人もいます。南海沖は、昔から人口が多く、歴史史料も多く残されていて、100～200年に1度地震が起こっていることが分かっています。そのため、研究者の関心は、複数の断層の破壊が一度に起こるのか、それぞれ別の時期に起こるのか、ということになっています。今回はあまりお話し

第9回

第10回

しませんでしたが、地震には2種類あります。ひとつは固着してガンと揺れる普通の地震で、もう一つは、ずるずると滑って揺れは起こらない地震です。ずるずると滑るタイプで、どれだけ歪が解消されたのかというのは議論が簡単ではないのですが、今回は地震も頻発して歪が解消されていると考えられていた東北地方でこれだけ大きな地震が起きてしまいました。そのため、研究者もこれからどのように考えればいいのかと、頭の整理をしているところです。

Q₃

今回の地震では、地震によって海溝は隆起し、海岸付近は沈降したとのことですが何故でしょうか？

A₃

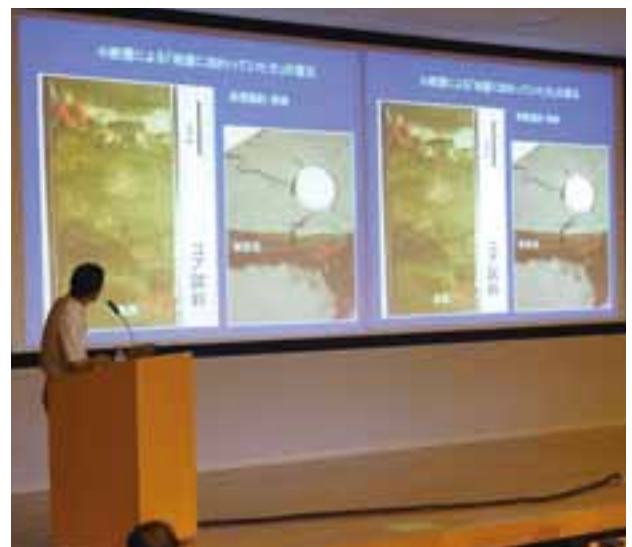
まず、地震前は海底と陸が両方とも、引きずり込まれていて沈降しています。それが地震で、バンと跳ね上がって沖合の海底は隆起しました。普通に考えると、海岸も隆起するのですが、今回の地震ではどうも滑った時の勢いで引きずり込まれて沈降したようです。しかしながら、この状態で安定しているわけではなさそうです。これはあまりニュースになっていないのですが、現在この地域では1日に1mm～3mm隆起しているそうです。このスピードで隆起が続けば、今回沈降した分は1年も経たずに解消される見込みです。

Q₄

今回の隆起、沈降と逆断層との関係はどのように考えればよいのでしょうか？

A₄

プレートとプレートの間は固着していて(くっついていて)、それが一体として下がって行って、地震の時に沈み込むプレートの上にもう一方のプレートがのし上がるというのが逆断層です。この固着している場所によって隆起と沈降が起こります。この現象は、固着している場所が離れば、ばねと同じで元に戻ります。固着



かなり専門的な質疑応答が交わされた

域の場所によってどのように隆起沈降するかというのは、下敷きか何かに力をかけてやれば理解しやすいです。

Q5

長い目で見ると、東北地方はどのように変化してきたのでしょうか？

A5

地質学的な長い時間単位でみると東北地方はどんどんやせ細っています。南海トラフのある南のほうは土砂がどんどん堆積しますが、東北地方の沖にある日本海溝では、土砂が陸からほとんど流れてきません。さらに沈み込むプレートがでこぼこしているので、陸側の物質を削り取って地下に押し込んでいっています。長い目で見るとどんどん削られて小さくなっていきます。

Q6

東京湾はどのようになっているのでしょうか？

A6

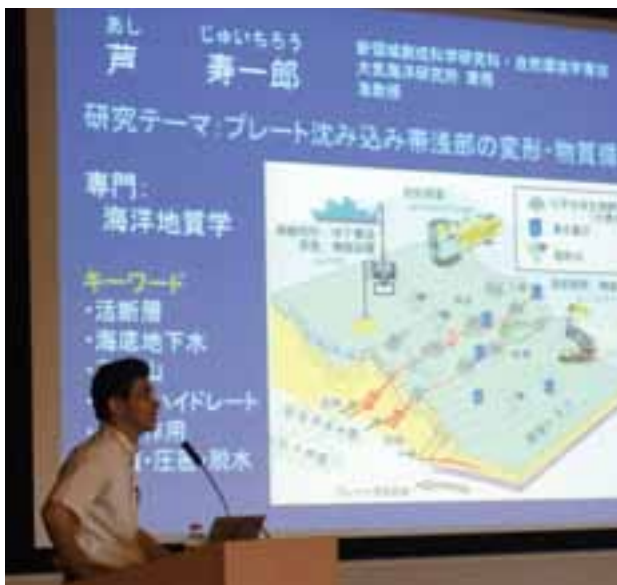
東京湾の下は関東地震の時に滑っています。またいくつかの断層があることもわかっています。しかしながら、船の交通量も多く、調査が難しく詳しいことは分かっていません。

Q7

地震のときに「ずるずる滑っている」場所はどのような物質でできているのでしょうか？

A7

正確な物質は、掘削によって試料を取ってこないとわかりません。しかし、音波を使った解析から密度が非常に低いことが分かっています。そのため、どうも流体があるようだと考えられています。また、流体から鉱物が析出し、地震の際に鉱物が壊れて流体が流れるということを繰り返し起こしているのではないかと考えられています。



Q8

地震で我々にとって大事なのは予知だと思うのだが、今回の東北沖大地震を予知していたと日経新聞で出ていた。講演の中で次は茨城だと言っていたが？

A8

茨城沖についてはアメリカの研究者の話であって、例として取り上げました。日経の記事については存知あげないので、何のデータで予知と言っているの分かりませんので答えられません。貞観時代の津波の記録から、巨大津波を伴った地震の発生の可能性について言及した研究者はいました。茨城沖の話も、今回の地震で歪みがどれくらい解消されたかという解析で茨城沖付近ではまだひずみがたまっている状態にあるのではないかと話であって、予知ではありません。また、茨城沖では海底測地観測が行われていないので何とも言えません。さらに、茨城沖は海山という海底の高まりが多数ありまして、これがどのような作用をするのかかわからないという状況です。

Q9

浜岡原発を停止させた明確な根拠はあるのでしょうか。プレートの位置関係を教えてほしい。

A9

浜岡については、海域の調査によって周辺の活断層については手前で止まっているとされていますが、かなり近い位置にあることは確かです。しかし、東海地震を起こすと想定されているプレート境界断層のうち、大きくずれる可能性のある断層が真下にあるということ自体が非常に危険だと思います。

Q10

よくプレートの説明では長方形で語られるのだが、端の部分はどのような形なのか？



続々と集まる参加者

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

A10

計算が楽なのであのモデルになっています。現実にはもちろん断層面は長方形でないですし、滑り速度のばらつきがあります。端の部分を正確に知るには海域での観測網の充実が必要です。

Q11

1年前後で地震が起こるかということがわかるにはあとどれくらいかかるのか？

A11

実際に起こっている地震の間隔のばらつきに 200 年前後のラグがある場合を考えると、これに関してはいくら科学が発達してもそのラグを見越して埋めることは出来ないと思います。ですが海溝型地震に関しては、海溝に地震計を置いたり水圧計を置いたりして、前兆が見られれば(東北沖では二日前に前震があり、その後さらに海底の沈下が観測されており、前兆現象の可能性もある)、直前にそれを周知するようなシステムを作ることができます。地震の調査においても今回行われた海底地殻変動や地震波の観測が複数回検証できれば、かなり有効に次の予知に活用できるのではないかと思います。

Q12

長野県の栄村で起きた地震はなぜ起きたのか？

A12

東北沖地震によって生じた地殻の歪みの変化により、地震が発生しやすいような変化が起きたのではないかと考えられます。同様の影響は火山活動にも及ぶことがあります。

後記

先生から一言



今回の市民講座の講演の後も、海溝型巨大地震について話をする機会が何度かありましたが、そこで多くの方が関心を持たれているのが地震の予知です。予知そのものが不可能とする研究者も居ますが、それを判断する十分なデータがまだ得られていないというのが現状です。特に海域では、海底下の地質がどのようなもので構成され、構造はどうなっているのか、また地震がどこでどのように起こっているのかを正確に捉えられている地点は非常に限られています。自然現象の理解には繰り返しの観測が重要ですが、近代的な地震観測が始まって以降の期間は、地震の発生間隔に比べて圧倒的に短く、データの蓄積がまだまだ不十分です。一方で、今回の地震では断層運動や地殻変動に関わる非常に多くの重要な情報が得られました。その1つは講演の中でも紹介しましたが、海溝の陸側斜面の海底が地震時に隆起を伴い沖側に大きく移動した現象の発見です。これは、日本の地震・津波観測網の充実に加えて、東北大学や海上保安庁の研究グループが地震の前から地道に海底測地を続けてきたから得られた成果で、世界で初めての発見です。より長期の地震の発生予測については、陸上の津波の記録から情報が得られています。海域でも地層中に地震によってもたらされたとみられる周りより粗粒な地層の入っている年代を調べることで、地震の発生間隔を見積もることができます。学術研究船「淡青丸」を用いた震災対応の調査では、今回の地震でも海底の擾乱によって粗粒な地層が堆積したことが明らかになりました。今回の地震は世界の研究者の間でも関心が高く、3月にはドイツの調査船「ゾンネ」が日独共同研究で来ます。海底表層調査や地震・地殻変動観測が予定されています。この調査とは別に、やや深い深度までのボーリング調査も予定されています。日本とアメリカが主導し世界 24ヶ国が進めている統合国際深海掘削計画というプロジェクトの一環で、地球深部探査船「ちきゅう」を用いた調査が 2012 年の 4 月から 5 月にかけて行われます。断層の破壊がどのようなものであったのか、なぜあのような大きな津波が発生したのか、など地下の情報から新たな知見が得られることが期待されます。

第4回

東北地方太平洋沖地震津波の実態と今後の防災対策

講師

社会文化環境学専攻 **磯部 雅彦** 教授

「震災後の生活をより安心して暮らすために」というテーマで開催されている新領域創成科学研究科主催「市民講座」は第4回目が6月19日(日)に行われ、「東北地方太平洋沖地震津波の実態と今後の防災対策」という演題で本研究科環境学研究系社会文化環境学専攻の磯部雅彦教授が講演した。講座の冒頭において、今回の大地震は有史以来今まで東北地方、特に三陸付近に起こった津波の規模で考えると、869年の貞観津波以来のもので、1000年に一度の津波だったと説明があった。これを経験した専門家及び市民は、この震災を忘れることなく今後の防災対策や都市計画を早急に練り直していかなければならないと力説した。第1回は電力、第2回は放射線、第3回目は地震をテーマに市民講座を開催してきたが、第4回目は申込人数、参加人数ともに最多数であった(参加者：119名)。

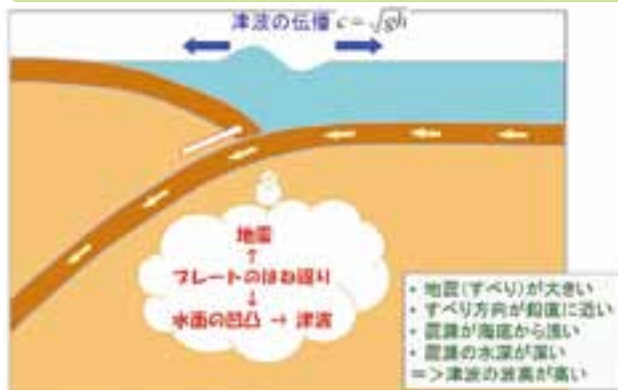
最初は津波発生メカニズムについて解説があった。津波は地震によって発生するが、それだけではなく海底の地滑りや、陸上からの火山噴出物の海中への突入、海底火山の噴火によっても発生し、その津波の速度は比較的高精度に予測できる。発生する津波の波高が大きくなるのは、地震の規模が大きく断層のずれが大きくすべり面が鉛直に近い場合だそう。また、水深の深いところだと、持ち上げられたり沈んだりする水の量が多いので大きな津波となる。津波が伝わる速さ、すなわち津波の波速 c は水深 h によって決まり、 $c = \sqrt{gh}$ という非常に簡単な式で求められる。上記式の中の g は重力加速度(9.8m/s²)である。例えば、太平洋の平均水深4,000mが震源地だと、津波の波速は時速約710kmとなり、新幹線どころかジェット旅客機の速度に近いほどとなる。1960年や2010年のチリ地震津波では、太平洋の反対側のチリから日本に津波が伝播したが、一昼夜経て日本へ到達したのはこの計算と丁度合致する。市民講座会場では、参加した市民の方々の中から5名の方にご協力いただいて、OHP上でデモの津波を作成し、その伝播速度を配布したストップウォッチで計測することで上記式が非常によく合うことを実際に実験した。

次に、過去4回の東北地方の地震の説明があった。今回の津波は、今まで東北地方で起こった津波の記録と比較しても最大級の津波であったが、東北地方では過去に4回の大津波の記録が残っていて、平安時代の貞観津波(869)、江戸時代の慶長三陸地震津波(1611)、そして明治三陸地震津波(1896)、昭和三陸地震津波(1933)があった。これらの津波による被害もある程度記録に残っているが、その中で注目すべきことは、昭和三陸津波における被害が死者と行方不明者をあわせて3千人余りだった点だ。家屋被害で比べると明治三陸津波の半分程度で、失われた人命の数は一けた小さく済んだ。これは明治三陸津波を経験した人が存命中で、地震の後には津波が来るというその時の知識が活かされて避難につながったものと考えられる。過去の経験を活かすことにより、被害を軽減することができるという説明があった。

最後に、今後の防災対策の話があり、一つの対策を完璧にするのではなく、二重三重の備えが必要となることだった。高地移転、盛土、津波避難ビルなどの手法を使って、最低限として津波から逃げられるようにし、逃げるためにはハザードマップの作成や、避難訓練・防災学習が必須となる。できる限り余裕をもって二重三重の安全確保手段を準備し、高地移転してもさらに高いところに逃げられるようにしたり、津波避難ビルでもさらに高層にするなどの対策が今後非常に重要となる。

熱の入った1時間の講演に、119名の参加者は非常に満足されていた。後期の市民講座は9月25日(日)から再開される。

地震による津波の発生



東北地方太平洋沖地震津波と明治・昭和三陸地震津波の比較



家屋の損壊



木造家屋は浸水深が約2mで流失します。手前の低地では浸水深が大きかったので、木造家屋はすべて流失し、残ったのは鉄筋コンクリート造りの家などです。奥側の斜面では地盤高が高いので、家屋が無事に残っています。岩手県大槌町浪板海岸

第1回



OHPを使って津波のデモンストレーションをする
新領域社会文化環境学専攻の磯部雅彦教授

第2回

第3回

第4回



かなり専門的な質疑が交わされた

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

Q&A 質疑応答

Q₁

東京湾の防災システムはどのようになっているのでしょうか？

A₁

今回もだいたい2mくらいの津波が東京湾に入ってきています。一般的に言いますと、東京湾は入口が狭いので、津波のエネルギーはあまり入ってきません。そのため、少なくとも学術的には、三陸程、警戒する必要はありません。しかしながら、人口が多く、経済的にも重要な場所であるため、防災は必要です。また、学術的には、東京湾では津波よりも、台風の低気圧や風で起る高潮の危険性のほうが高いです。現在では、高潮を想定したシミュレーションが行われていて、湾奥では3m30cm 高潮に、さらに波の影響も加えて堤防が造られています。しばらくは、現在の想定でかなり安全だと考えられますが、今後100年とかの期間で考えた時に、地球温暖化で海水面が上昇した場合は、新たな対策をしていく必要があるかもしれません。

Q₂

波速（到達時間）や波高の予測というのはどのくらい正確なの

でしょうか？

A₂

波速については、先ほどの実験でお見せした通り、水深によってかなり正確にもとまります。つまり、震源が分かれば、そこからの到達時間はかなり正確です。一方、波高には、プレートがどのように滑ったかなど、地震の詳細なデータが必要になります。そのため、予測として出る段階では、まだ不正確です。つまり、予想よりかなり大きな津波が来ることもありますし、その逆もあります。現在の技術では、地震の詳細が分かれば、津波の高さもかなり正確にわかるのですが、今のところ地震の詳細データをすぐに得られるまではなっていないということです。ただし、局所的な予想はしていないので、特徴的な地形のところでは、部分的に大きな津波になるということもあります。

Q₃

貞観地震のときの津波の死者が1000人ということでしたが、これは当時の人口密度などを考えると相当大きな津波だと思うのですが？

A₃

おっしゃる通りです。貞観地震については三代実録という歴史書に記載されているのですが、多賀城の城下まで水がきたといったことも書かれていて、相当大きな津波であったことがわかります。

Q₄

1000年に1度の津波も防ぐような構造物は作れないのでしょうか？

A₄

技術的には可能ですが、いくつかの理由でこれは難しいです。まずは、コストの問題です。コストの問題だけでしたら、人命を守るために必要だということになるのですが、大きな津波を防ぐとなると、当然構造物も大きくなり、漁業者などにとって不便になります。すると、堤防より海側に漁具を置く、やがては小屋を作る、やがては生活を始める、そしてその人々たち用の食堂、飲み屋ができて、長い年月をかけて町が出来上がっていきます。日常的な活動の妨げになるようなものは、なかなか作りにくいのです。さらには、1000年に1度と言っても、今後それをさらに超える津波が来る可能性も否定はできません。以上の理由から、レベル1（人の一生で1度起きる程度の津波）に耐えられるような構造物をつくって置いて、それを超えた場合は、人命をとにかく守れるような体制をつくっていくのがよいと考えています。

Q₅

東南海地震では津波の到達時間が短いという話を聞いたことがあるのですが？

A₅

確かに、東南海地震のほうが津波の主な発生域が陸に近いので到達時間は短くなる傾向があります。まず、浅い所で起きた津波は、あまり大きくならないため、深い場所で起きた津波を考えま

す。すると、東北地方だと日本海溝から30分程度で到達します。東南海地震ではそれよりも震源が陸側になりますので、東北と比べて到達時間は短くなります。本日お示した式を使えば、特定の場所での到達時間がかなり正確にもとまります。

Q6

なぜ砂浜が無くなってしまうのでしょうか？

A6

砂浜とは、砂が山のようにたまっているところです。あたかも海水浴でつくった砂山が波で崩れるように砂浜も津波が来ると砂が流されてしまうことがあります。

Q7

防波堤を何段階にもするというのはどうでしょうか？

A7

高い堤防を何段階もつくるのはもちろん効果があります。あとはコストの問題です。ただし、気をつけなくてはならないのは、テレビの印象から津波は先端だけだと思ってしまいがちですが、実際には何百キロもあります。そのため、低い防波堤では、それを津波が超えた場合に、先端がある方向に導くことはできても、何十分も経つと波が広がってしまいますので、結局最後は津波の高さ以下のところはほぼ水没してしまいます。そのため、構造物はまずは高さが重要になります。

Q8

今後津波の起こる地域の鉄筋コンクリートの住宅を、津波に強いように横方向に作る（津波のあたる部分の面積を小さくする）のはどうでしょうか？

A8

考え方は2通りありまして、海岸付近に丈夫な建物を作るのであれば、防波堤代わりになるように津波と広くぶつかる方向に立てるべきだという考え方と、人命が重要なので、できるだけ津波を避けるように立てるべきだという考え方です。私も、質問者の方と同様に人命を守るような方向に立てるのが現実的と考えています。

Q9

漂流物を防ぐような対策はされているのでしょうか？

A9

現在は港に柱のようなものを立てて、防ぐというようなことが考えられていて、ごく一部行われています。

Q10

今回地震のマグニチュードの発表値がどんどんかわりました。それに伴って津波の予想も変化したのでしょうか？

A10

今回は報道などでご存じのように地震が大きすぎて国内の広帯域地震計が振りきれてしまいました。そのため、他のデータからの計算や津波の実測値を用いていって、だんだんと発表値が大きくなってしまいました。これに関しては今後改善されるものと思っています。

津波の予測ですが、科学的には地震の詳細から津波についてもかなりのことが分かるのですが、計算にスーパーコンピュータを使っても時間がかかります。現在の予想システムは、あらかじめあるマグニチュードの地震が起こった時の津波がどうなるかというのを10万通り以上もシミュレーションしておき、そのデータベースをもとに予想しています。今回は地震のマグニチュードが変わるに従って津波の予想も変わりました。これは、津波を海域で計測するシステムを構築していくことで改善できるのではないかと考えています。

Q11

千葉県などで液状化の被害がありましたが、対策のようなものはあるのでしょうか？

A11

液状化に関して、なぜ起きるか、どういうところが起きやすいかはわかっていますが、本当に狭い意味でどこに起こるかということがわかりません。対策としては、そのような液状化が起きやすい場所で大きな建物を建てる際には地盤改良というものを行うことが多く、そのための技術も確立されています。しかし費用面で個人の住宅を建てる際にできるようなものではなく、完全な対策は難しいと言わざるを得ません。

Q12

津波避難ビルに関して、どのくらいの高さなら大丈夫なのですか？

A12

今までは、鉄筋コンクリートの三階建てであれば津波が来てもほぼ大丈夫だ、という認識でした。今回の被害状況を見ても割合的にはそうなのですが、その要件を満たしていても今回の津波によって高さが不足したり、倒壊したものが数件報告されています。人の生命にかかわる問題ですから、これから基準をどうするのかということは考えていかなければならないと思います。また今回の津波で、鉄筋コンクリート3階建ての建物が基礎の杭ごと倒れるという例が一件ありました。ですから、十分な高さを確保し、倒れにくい構造物の建て方、形状の技術開発に関しても進めていかなければならない状況ではないかと思っています。

Q13

押し並みと引き波ではどのような違いがあるのでしょうか？

A13

引き波の時の方が水深が小さくなる分だけ流速が速くなったり、堤防の切れ目などに集中するために部分的に流速は速くなった

りするということは言えると思います。海岸の構造物に関しては、海側に対して頑丈に作ってあることが多いため、引き波に弱いということも理由にあります。

Q14

最近、免震構造という、わざと揺らして建物への地震被害を少なくするものがありますが、そのような構造がある建物はない建物に比べて津波に対してはどのようなのでしょうか。

A14

剛構造の方が抵抗力がありそうに思いますが、あまり変わらないでしょう。柔構造と剛構造の差というのは、建物の振動周期を少し変化させるようなものなので、津波から受ける力はあまり変わらず、またその構造によって倒れやすいということもあまり無いと思います。

Q15

避難に対する意識アンケートは生存者に対する結果であるが、これはどのように受け止めるべきか。実際の意識を反映していないような気がするが。

A15

アンケートに関してはその通りだと思います。私たち専門家から見た問題としては、人々の警報に対する信頼が低く、避難警報を出しても避難してくれないというのが課題です。現状で出せるだけの情報を出してはいるのですが、確実ではないために、予想と違った時に信頼してくれなくなるという問題があります。しかし、生命にかかわる問題ですから、たとえ予想より低かったとしても、警報が出た時は逃げるべきです。専門家としても、一年ほど前から津波の警報の出し方を変えるということを議論しています。

Q16

関東近辺の東京湾の津波に関してのハザードマップはあるのでしょうか。津波が利根川を遡上してここ（柏）に被害があるようなことがあるのでしょうか。

A16

茨城県、千葉県、神奈川県などにハザードマップはあります。関東でも延宝房総や安政東海の地震の津波などで大きな津波を経験しました。川があるとそこでは津波の勢いが弱まりにくいので、危ないのは確かですが、内陸側の方が海側より津波が高くなるということはありません。千葉県でいえば利根川を通して柏まで来ることはないでしょう。

後記

先生から一言



今年（2011年）3月11日の東北地方太平洋沖地震津波はまさに未曾有のものであり、三陸北部においては既往最大である明治三陸津波に比較しても高く、三陸南部でははるかに高かった。さらに、仙台平野では比較しうる規模の津波として平安時代の897年の貞観津波があるだけであり、福島海岸に至っては比較しうる津波データがほとんどない。

このように巨大な津波に対し、それに耐えて陸上の浸水を防ぐような海岸保全施設を建設することは、技術的には可能である。しかし、莫大なコストとともに、それでも守られない堤外地（港内など、海岸保全施設の海側）での活動の存在、設計条件をさらに超える津波の可能性、構造物の耐用年数と津波の再現期間の不釣り合い、海と陸との連続性の遮断などの問題がある。

このようなことから、様々な組織での議論に基づいて、国全体の方針として、津波の防災対策において対象津波を2種のレベルに分けることになった。すなわち、数百年から1000年の再現期間となるような最大クラスの津波に対しては、ソフト・ハードを合わせた総合的な対策により、生命を保護することを目的とする。これより発生頻度が高く、数十年から百数十年の再現期間となる設計津波に対しては、海岸保全施設によって浸水を防ぎ、生命とともに財産も保護することを目的とする。

従来は、海岸保全施設によって津波や高潮を防ぐことを基本としてきた。そして、さらにそれを超える規模の津波や高潮が来襲する可能性を考えて、ハザードマップを作成し、防災教育を行って、避難が行えるように努力してきた。

両者を解きほぐせば、2段階の防災態勢によって安全性を確保するという構造は共通している。しかし、従来は海岸保全施設による防護に重点が置かれてきたのに対し、今回の方向性は、明確に2種のレベルの津波を定義し、それぞれに対する対策を総合的に実施しようとしている。

特に今回の津波の被災地においては、最大クラスの津波に対する対応がなされるように、住宅の高地移転や低地の土地利用規制などが考えられている。

それだけでなく、生命の保護を目的とする以上、対策は総合的でなければならない。そこで、専門家と一般市民を含む全ての関係者の参加が極めて重要となる。特に、最後の段階で避難するのは各個人であるから、災害に対する一般市民の理解と行動は不可欠である。そこにおいて、避難は生命を賭けた行為である以上、津波被災の可能性が少しでもある場合には、結果として不必要となる場合であっても予防的に避難しなければ、いざ必要な場合に避難ができないことにつながる。もちろん、専門家が津波の予測精度を向上させ、リアルタイムモニタリングを行い、適切な情報を適切な手段で発信することの重要性は言うまでもない。しかし、それには限界もある。したがって、総合的に生命を守るためのシステムを構築しなければならない。その中で、個人にとってもコストがかかることが理解されなければシステムは機能しない。

第5回

核融合エネルギーの特徴と 研究開発の最前線

講師 小川 雄一 教授
先端エネルギー工学専攻

9月25日(日) 柏キャンパス柏図書館メディアホールにおいて新領域創成科学研究科主催の第5回市民講座が午後2時から開催された。夏期節電対策に対応して3か月ぶりの開催となったが、95名の参加者の中、非常に専門的な質問から、未来を見据えた核融合研究開発への期待など1時間の講演後に1時間にわたる質疑応答がなされ、参加した市民の方々は非常に満足されていた。講座終了後、数人の市民の方々が講師の小川雄一教授を囲んで長時間質問していたのは印象的で、この話題が震災後の「市民講座」として必要であったと実感した。

今回の話題は「核融合エネルギー研究」である。平成23年3月11日(金)に発生した「東日本大震災」とは、直接関係ないと思われがちであるが、震災後、市民の方から何件か「柏キャンパスで核融合の研究をしているのは危険ではないか?」という質問を受けたことが今回の講座決定の理由であった。「核分裂」を利用する原子力発電と「核融合」を利用する新しいエネルギー開発研究が全く違う現象を利用しているというのは、市民の方々の中で「常識」とまでは理解がされていない。この現状を考えると、「震災後の生活をより安心して暮らすために」という副題を設定している「市民講座」として避けては通れないテーマであると考えた。

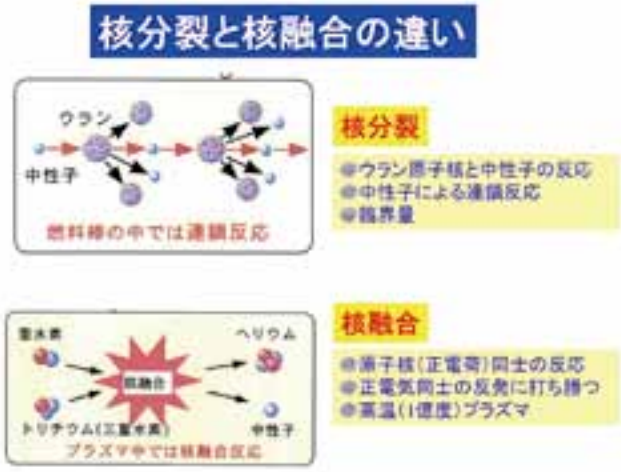
研究科先端エネルギー専攻の小川教授は「核融合学」を専門とし、上記の市民の誤解を基礎的な知識を織り込みながら分かりやすく1時間に渡って講演した。冒頭で「化学エネルギー」と「核融合エネルギー」の違いを質量保存の法則を絡ませて基本的な説明をし、その核融合が太陽エネルギーの基本原則であることを分かりやすく図解入りで解説した。また、核融合を起こすために必要な「高温プラズマ状態」が市民の皆さんがお馴染みのプラズマテレビで利用されている物質状態であり全く危険な状態ではないことを高校生の作成したスライドを用いながら丁寧に解説した。

「核融合エネルギー」を利用した発電システムが実用化するまでにはまだ30-50年程度を待たねばならないが、国際共同プロジェクトとしてITER(ラテン語で「道」を意味する)装置の建設もスタートし、世界の中で日本が中心的な役割を担って確実に進展していること、そして「核融合エネルギー」の資源である重水素などがほぼ無尽蔵で世界中どこでも入手可能であり、この技術が平和的利用研究以外には利用できないものであり、次世代の人類のエネルギー源として非常に重要な技術であることを聴講している市民の方全員が納得できる解説をした。

市民の方々が誤解していた「核分裂」と「核融合」の違いに関しても、「核分裂」はウランなどの原子番号の大きい物質に対して起こる現象で、「核融合」は、重水素などの原子番号が非常に小さい物質に起こるもので全く違う物理現象であることを色々な画を用いて説明した。

「核融合炉」についての注意点として、半減期が非常に長い高レベル放射性廃棄物は発生しないが、約100年程度は管理しなければならない低レベル放射性廃棄物が発生するので、その管

理は厳しく行わなければならないことを付け加えた。市民の方から「もっと早く実用化できないのか?」という期待を込めた質問もあったが、人類が利用してきたエネルギーシステムの歴史を考えると、やはり数十年から100年程度のレンジで研究開発を考えていかなければならない、および核融合炉が実現した暁には人類の恒久的エネルギー源となり人類共通の利益として供するエネルギー技術となりうるので、開発に時間がかかることを理解頂きたいとの回答であった。



基礎的な部分から分かりやすい講義をしている新領域先端エネルギー専攻の小川雄一教授



1時間にもおよぶ熱の入った質疑討論風景

Q&A 質疑応答

Q₁

実用化する際の技術的な問題は何かでしょうか？

A₁

核融合炉では、1億度以上の高温プラズマを十分長い時間閉じ込めておく必要があります、これを自己点火条件と言います。現在のところ、1億度以上に温度を上げるところまではできるようになりましたが、それを制御し閉じ込めるための科学的技術開発に時間を要してきました。ここで紹介したITER装置により、いよいよ核融合炉に必要な自己点火条件の実現が可能になるところまで開発が進んできました。そして、その後は、核融合を発電につなげる工学的な技術開発を進めなければなりません、それにもある程度の時間がかかると思います。

Q₂

最近、核融合関連の報道が少なくなっているように感じますが、どうなのでしょう？

A₂

報道が少なくなっているのはご指摘の通りかもしれませんが、研究は着実に進歩しています。ITER計画が着実に進むかというのが、現時点で重要な点ですので、これに関する情報が今後も報道されていくと思います。

Q₃

核融合施設の発電施設は、どのくらいの発電量の施設になるのでしょうか？

A₃

核融合施設も100万KW程度になると思います。これは、だいたい原子力発電所や大きな火力発電所と同じ大きさです。

Q₄

実用化した時の核融合の危険性はどのようなものがあるのでしょうか？

A₄

まず、1億度の温度は危険そうに感じますが、空気の約10万分の1というとても薄いプラズマなので、炉心プラズマ全体のエネルギーは小さく、ほとんど問題になることはないです。また核融合炉では原理的に核暴走はありません。ただし、現在の原子力発電所よりも少ないとはいえ、放射性物質の閉じ込めや崩壊熱への対応には留意しておく必要があります。また、だいたい100年くらい保管しておく必要がある放射性物質（低レベル放射性廃棄物）が負の遺産として残りますが、いわゆる超長期の半減期である高レベル放射性廃棄物はありません。

Q₅

高温プラズマを維持するために、ずっとエネルギーを補給する必要がありますか？

A₅

1億度の温度をつくるのに、数十MWのパワーで数十秒間、プラズマを加熱しなければなりません。しかしながら、一度核融合が起こると、核融合反応で発生するエネルギーを使って炉心プラズマを加熱するので、加熱パワーを切っても1億度の高温プラズマは保持され、核融合反応が持続します。従って、核融合炉立ち上げ時の数十秒間のみ加熱していればよいので、継続的にエネルギーを補給する必要はありません。

Q₆

常温核融合という言葉聞いたことがあるのですが、可能なのでしょうか？

A₆

1980年代にフィーバーがありました。しかし、結局、科学的に立証はされていません。様々な人々が当時は研究していましたが、今は下火になってしまい、可能性も小さいと思います。

Q₇

なぜ、核分裂（原発）の方が核融合よりも先に開発されたのでしょうか？

A₇

歴史的には、核分裂は原爆、核融合は水爆と不幸なことに軍事利用がはじまりです。原爆はその後10年くらいで発電できるようになりました。そのため、核融合炉も20～30年くらいできると当時の科学者も考えたようですが、技術的に核融合の方が困難であることがわかってきました。また、開発費も莫大にかかりますので、すでに成功している原子力の方に重点をおいて、核融合は将来のものとして段階的に研究開発を進めてゆく、という位置付けが進められてきたと思います。因みに、原子炉開発では、原子炉の臨界条件を世界最初に達成したシカゴパイル実験

(フェルミがシカゴ大学で行った)のように、比較的小規模な実験で臨界条件が実現できました。一方、核融合炉の自己点火条件は、1億度以上の高温プラズマを生成し閉じ込めることが必要であり、ITER規模の超大型実験装置が必要となります。そのため、核融合炉では開発段階においても、高度な技術開発と多額の予算および長い開発時間が必要となる、というのが研究開発に時間がかかっている理由の一つと言えます。

Q8

核融合の技術開発のグラフを見ると、その進歩が最近遅くなっているように見えますが何故でしょうか？

A8

1970年代から1990年代にかけて、主としてトカマク方式により顕著な進展がありました。これは高温プラズマの生成・閉じ込め技術の科学的進展の寄与が大きいです。それと併せて装置の大型化を図ることによって達成されてきました。特に最先端の大型装置では1千億円以上の規模となってきています。そのため、予算の点の問題もあって、その次の核融合炉条件を達成させることができる装置（ITER計画）での研究開発がやや遅くなっています。

Q9

核融合で出てくるHeは安全ですか？

A9

エネルギーの高いHeは α 粒子と呼ばれていて危険ですが、電気を持っているので磁力線に巻きつきます。 α 粒子のエネルギーが炉心プラズマを暖めるのに使われて、 α 粒子自体が持っているエネルギーは失われます。エネルギーを失えば、普通のHeガスとなり、これは無害なものです。

Q10

核融合の開発に関する政治的な問題はないのでしょうか？

A10

核融合のメリットの一つとして、人類のための恒久的エネルギー源の有力な候補であり人類共通の利益になる、また軍事研究につながらないという点が挙げられます。そのため国際協力による研究が盛んであり、本格的な核融合炉心プラズマの達成を目指した実験炉ITERを国際共同プロジェクトとして推進することとなりました。またITER計画では、この計画の中で得た科学的な知見は参加国で共有することになっています。なお核融合の研究開発は予算規模が大きいため、基本的には民間主導ではなく国家プロジェクトとして推進されています。

Q11

核融合は発電以外に使うことはできないのでしょうか？

A11

水素社会になった場合に、水素は大量に必要になります。そ

こで、核融合のエネルギーを使用して、水素を作るということも可能でして、そのような研究も進められています。また、小型の比較的簡便な装置で、量は少ないですが核融合反応を起こさせ中性子を発生することができます。それを地雷探査や石油探査に使うという研究もあります。

Q12

ITERの候補地として六ヶ所村が入っていて結局ヨーロッパになったようですが、その経緯を教えてください。

A12

実は、日本の候補地として初めは3ヶ所ありました。青森県六ヶ所村と茨城県那珂町、それから北海道苫小牧市です。もちろん、海外にもいくつかの候補地があり、それぞれが政治的に絞られて行きました。そして最後に六ヶ所村とカダラッシュ（フランス）とが候補となり、政治判断がされました。このような候補地選びの判断は、科学者ではなく政治家によってなされます。ちなみに、六ヶ所村のように核施設が近くに必要というわけはありません。

Q13

核融合の条件が、温度が上がりすぎてもいけないようですが何故でしょうか？

A13

実は、温度が上がりすぎると別な要因がでてきます。専門的には、シンクロトロン放射ということが起こります。温度を上げすぎると、放射光の一種であるシンクロトロン放射により光を出してしまったり、炉心プラズマからエネルギーが失われてしまったり。そのため核融合炉の自己点火条件が厳しくなります。

Q14

ITERの参加国の分担金はどうなっているのでしょうか？

A14

半分近くの負担をヨーロッパがしています。日本、アメリカ、ロシア、インド、中国、韓国が約9%ずつです。ヨーロッパの負担は、これが誘致の時の条件でした。そして廃炉に関しては、誘致国のフランスが負担するという事になっています。

Q15

レーザー核融合というのは何でしょうか？

A15

レーザー核融合とは、直径数mm程度の小球にレーザー光を集光させ、小球を固体密度の千倍以上に断熱圧縮し、一気に1億度まで持っていくことで核融合を目指すという方式です。日本だと大阪大学などが重点的に取り組んでいます。アメリカは、フットボールコート2面分くらいの大きさのNIFと呼ばれる施設を作って実験をしています。NIFでは、ITERと同様にレーザー方式での自己点火を狙っています。ただし、核融合炉の

ためには、このような小球の圧縮を1秒間に数十回の頻度で続けなければなりません。そのための連続繰り返しレーザーや、核融合炉工学的な要素開発が必要であり、それらは必ずしも容易ではないと思われます。

Q16

水素爆発の危険性はないのでしょうか？

A16

炉心プラズマで使っている水素はグラム単位ですので、これで水素爆発にはなりません。ただ、水素は水があれば発生する可能性があります。そのため、水素がどのように発生するのかわかることの予見をしっかりとすることが必要だと思います。

後記

先生から一言



福島第一原子力発電所の事故を受け、今後のエネルギー政策に関する見直しの議論が精力的に進められています。原子力委員会では原子力政策大綱の見直しを、平成24年夏を目的に実施しておりますし、政府レベルでもエネルギー・環境会議が設置され、議論が開始されました。エネルギー・環境会議では、安全・安定供給・効率・環境の要請に応える短期・中期・長期からなる革新的エネルギー・環境戦略を政府一丸となって策定することを目的としています。

エネルギー問題の難しさは、エネルギー・環境会議が標榜しているように、エネルギー源に対する要請が安全性のみならず、エネルギーセキュリティや環境問題との整合性など、評価軸が非常に多岐にわたっている点と、この夏や冬の電力供給という短期的視点から数十年後のエネルギー資源の確保というような幅広い時間軸に対して対応しなければならぬ点にあると思います。従って、どのようなエネルギー源を我が国が選択するかは、まさに“国家百年の計”に関わってくる問題であり、多様な評価軸かつ長期的視点からの議論が必要です。

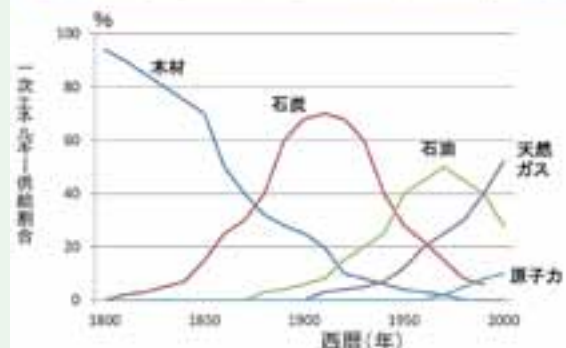
一方、米国における一次エネルギーの導入速度を見てみると、産業革命により石炭や石油などの化石燃料が主要なエネルギー源になりますが、それでも50年から100年を要しています。このように新たなエネルギー源やエネルギー技術が開発されても、それが社会に普及してゆくには、少なくとも数十年の時間を要します。従って、数十年後のエネルギー源やエネルギー技術に関しても、今から着実に開発してゆかなければならないとも言えます。

ところで人々はどんなエネルギー源を期待しているのでしょうか。将来のエネルギー源を開発するにあたり、社会が何を求めているかを知ることは大変重要です。ただし、化石燃料、原子力、再生可能エネルギー、さらには核融合などと、具体的なエネルギー源を明記して一般の人々に問いかけると、それらのエネルギー源に対する潜在的評価や価値観が優先してしまい、エネルギー源としての特性の評価が難しい

と言えます。そこで我々は、資源量、経済性、環境負荷など、エネルギー源を議論する上での評価軸に着目し、市場調査手法の一つであるコンジョイント分析を使って、それぞれの価値（効用値）を定量的に導出する研究を行ってみました。ここでは、一般市民を対象としたアンケート調査をベースとして、資源量、資源の偏在性、CO2排出量、発電コスト、自然現象に対する安定性、社会現象に対する安定性、万が一の事故・災害時における被害、悪用や標的による被害の可能性、という8つの評価項目を選定し、それぞれの効用値を定量化する試みを行いました。（参考文献：「コンジョイント分析によるエネルギー技術特性評価手法の開発」、日渡良爾など、電力中央研究所研究報告L07012、平成20年7月）その結果、それぞれの項目に対するトレードオフが定量的に評価できたと思っております。ただしこの調査は、福島第一原子力発電所の事故の前に行ったものであり、事故後の現在においては、異なった結果が出ると思われるので、同様の調査を実施したら、どのような評価結果になるか興味あるところです。

いずれにしろ、エネルギー源の開発は国民の負託を受け、また人類の未来を見据えて進めるべきですので、社会とのたゆまない会話を図りながら進めてゆく必要があるという事は言を俟たないと言えましょう。

米国におけるエネルギーシステムの導入速度



A. Grubler, et al., Dynamics of energy technologies and global change, Energy Policy, 27 (1999) 247.

第6回

地球温暖化問題と原発環境汚染問題:
科学的知見の重要性と科学者の役割

講師

地球表層圏変動研究センター 中島 映至 教授

10月2日(日)14時より柏キャンパス柏図書館において新領域創成科学研究科主催の第6回市民講座が開催された。最近の「東日本大震災」に関するニュースでは、ほとんどが原発関連となり、地震や津波対策に関する内容は姿を消した。それほどに震災による原発事故は震災後の私達の生活に大きな影響を及ぼしている。その状況下で本「市民講座」では、気象学が専門である大気海洋研究所附属地球表層圏変動研究センター長(本研究科兼務)の中島映至教授を講師に迎え、気象が絡む原発環境汚染の広がりや温暖化問題に関して講義を開催した。

今回は参加者数106名という多数の市民が集まった。この演題内容の重要性が窺える。講座冒頭で、中島教授は1991年に起きた湾岸戦争にふれ、現場に行ってなんとか観測した

いと思っても政府の許可がなかなか下りなかった話や、現場に行かないと自分の必要な情報を得ることは出来なかった点を強調した。このような地球規模の大規模大気汚染は近年10年に一度は起こっているそうだ。さらに、中島教授は「今回の震災に伴う原発事故に関しても、当初、科学者が共有できる情報がきわめて限られていた。1999年に起こった東海村JCO臨界事故の際は、科学者等の有識者が多く臨時対策委員会に入っていたが、原子力安全・保安院体制になって、多くの専門家がさまざまな角度から問題を検討する体制になっていないような気がする。今回のような事故の場合、水素爆発後の福島地方の気象情報は極めて重要で、風向きや降水量によって、どれだけの放射性物質がどの地区に降下してくるかが大きく変わってくる。それらの予測のために大型予算を費やして開発されたSPEEDIからの情報が十分に利用されていないと思わざるを得ない。一方で、その数値シミュレーションも現状では万能とは言えない。モデルには不確実性があり、予想数値と現状の値がかなり異なる点が出てくる場合がまだある」と述べた。

このためにモデルの改善とともに、実際の観測をできるだけ緻密にその災害直後に行い、数値シミュレーションと組み合わせることが重要となる。住民配慮の問題もあるが、調査はできる限り科学的に厳密に行い、広く情報を共有することが、結局



熱心な講義をしている地球表層圏変動研究センターの中島映至教授

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

はその後の対策に役立つと思われる。

中島教授が終始主張していたのは「情報リテラシー」ということだ。「かなり前のことになるが、ある県庁の知り合いが防災関係の部署で勤務していた時、彼らは台風情報を米国のウェブサイトからも得ていたという。情報システムが発達する今日、より多くの防災情報が日本においても瞬時に公開される方向にいくであろうが、その時にその情報をいかに収集し、それを正しく理解して、冷静に判断するかが大事になる。そのために、市民のひとりひとりが科学的なものの見方を鍛えることが重要である。同時に政府・関係機関も、遅滞無く正確な防災情報を発信する必要がある」とのことであった。そして最後に、政府に任せきりの時代は過去の話であると締めくくった。



集まる入場者の列



長時間の質疑討論がなされて参加者は非常に満足していた



Q&A 質疑応答

Q₁

放射能というものは半減期があって、X線に似たようなそういう線源を当てると放射能を抑制するという研究はやられているのか。

A₁

キューリー夫人がコバルトを精製して放射性物質が発見されて以来、それを色々改変しようという試みはたくさんされてきました。そこで得られたことは、原子核崩壊のプロセスは止めることは難しいということです。あるとしても核融合などの多大なエネルギーを用いなければいけないので現実的ではありません。

Q₂

中国の経済発展による日本の公害への影響はどれくらいになるのでしょうか。

A₂

日本の綺麗な場所を調査しても、大気浮遊粒子の年間の3～5割は大陸からやってきたものであることが分かっています。あと10年後には5～6割くらいになると考えられています。ですから、環境問題というのは全地球的に取り組まなければならない問題です。

Q₃

学術会議というものはどういふもので、普段どのような機能を果たしているのか。

A₃

学術会議は200程のメンバー、連携されている方まで入れると2000人規模だと思います。日本の科学技術に関することを議論、提言するために作られた、内閣府の特別機関です。

Q₄

温暖化した時に、硫黄酸化物などを減らす対策などは行われているのか。

A₄

今まさに活発に議論されている話題です。例えば、ブラックカーボンなどの微粒子を選択的に除去することは現実的に議論されていて、ディーゼルエンジンの中の黒い煤を出さないような技術を早く開発する。こういう対策は一時的なものなのですが、それができると0.5℃(20年分)の効果があります。その間に新たな対策を考える、というのは現実的だと思います。ジオエンジニアリングとって、地球改変を考える手法の中でも地球を冷却するための手段として微粒子を使うことが議論されています。

Q5

情報の開示について、情報の受け止めの在り方はどのようにあるべきか。

A5

水俣病などのように、科学的知見が十分提出されないうちに、被害が出るなどの例はありました。今回の件で、情報に対して受け取る側が自己責任でそれを用いるということが訓練されてきて、成熟していると感じました。手順を決めて、科学的な知見を早めに出すということをやらなければいけない時になっていると思います。

Q6

セシウム以外の核種がどれくらい検出されているのかなぜ発表されないのか。

A6

研究者の方では、セシウム以外の核種についても未だに観測しています。しかし、バックグラウンド以下のものもあり、観測にも労力がかかります。政府の方では、緊急的な観測であるセシウムからやった、ということでしょう。

Q7

海洋調査について、生物濃縮などいろいろ言われているが、市民にどれくらいの被害があると考えられるのか。

A7

農水省などでは、今でも検体を採取して調査をしていますが、今のところ大きな放射性物質による汚染はみられていないようです。海洋での放射性物質の拡散については、調査を願い出たのですが、第一次の緊急対策費の中には取り入れられませんでした。理由としては緊急対策ではない、それによって住民が被害を受けていない、土壌汚染を先にやる、ということだと思っています。現在は、東京大学や様々な機関の方からお金や船を出していただいて、調査を進めている段階です。

Q8

シミュレーションやモデリングの技術は、10年前と比べてどのくらい変わったのか、また、これからコンピュータの発展によってどう変わっていくのか、地球規模のシミュレーションをするにはどれくらいの発展を待たなければいけないのか。

A8

地球科学者として言わせていただくと、今この分野(モデリング)は非常に面白くなってきていると思います。京(スパコン)についても、フル稼働してやっとわかることが出てきた、ということになっています。非線形の理論で、細かい事象を予測できるかという問題があるのですが、統計的に見れば(例えば100年計算するならば10年分などの平均値など)当てられるような時代に今はなっています。問題は、なるべく第一原理に則っ

て計算するとより精度が高いということですから、コンピュータの発展によってできることはかなり大きいと思います。

Q9

大気汚染と土壌汚染には相関があるのでしょうか。

A9

大気の放射能汚染については観測高度がまちまちなところで測定しています。それらは、高さを補正すると土壌表面の濃度といい相関になっています。

Q10

温暖化そのものの悪影響が気象等に及んでいる可能性はあるのか。

A10

大気と海洋の間のそれぞれ影響を与え合うサイクルは10年周期ほどのものがあり、それで長期的に変化しているものもあります。ただ、最近の異常気象を統計的に集めるとやはり温暖化の影響は出てきていると考えざるを得ないようです。

Q11

科学的な考えというものを一般の人たちはテレビとかからしか受け取れない環境にあると思います。人々に科学的な考えを伝えるにはどうしたらいいと思うか。

A11

環境教育は小中学生のうちはとても大事で、小中学校の教員の方々と情報交換することを進めなければならぬと感じています。社会的には確かに科学者も発信しなければいけないのですが、誰かに代弁してもらって科学インタプリターという職種を増やそう、という議論はありまして、補助金も出始めています。研究の道に進まないのだけれど科学的な知見を学んで、それをみんなに訴えたいということも社会的に大変意味のあることだと思います。

後記

先生から一言



現世代がこれまでに経験した最悪の災害と思われる東日本大震災と引き続き発生した福島第一原子力発電所事故は、各地に甚大な被害をもたらしました。この間、原発事故に関する対策に必要な科学的調査・研究に接してきて感じたのは、次のようなことでした。

- 混乱のなかで様々な関係者が最大限の努力をはかっていたが、それらが効率よくかみ合っていなかった。日本学術会議と政府の間のパイプをもっと太くして、様々な研究者・関係者が行っていたボトムアップの努力が、中央の活動に反映できるようにすべきであった。
- 放射能汚染は我が国の広域に影響を与えており、事態の把握と監視には、放射能汚染に関する専門知識と同時に、地球科学的な知識が必要になっている。
- 国民の側の知る要求と情報リテラシーは拡大しており、政府と関係機関はできるだけ迅速に適切な情報を伝えるべきである。同時に氾濫する情報からの確かな科学的知識を抽出し、それに基づいて冷静な判断を取る事が我々に求められている。

これらのことを考えてみると、結局、想定したプラン A がだめになった場合に、様々な役割の人々が協力してプラン B

を効率よく構築できる社会的な仕組みを作ること、科学的知見をより重視する決定メカニズムの構築が必要だと思います。これらの問題については、中島等（科学、2011）に書きましたので、参考にしてください。

参考文献：

中島映至、渡邊 明、鶴田治雄、恩田裕一、中村 尚、宮坂貴文、近藤裕昭、滝川雅之、竹村俊彦、植松光夫 「原発事故：危機における連携と科学者の役割」 およびコラム、科学、81, 934-943, 2011, 岩波書店



図1：陸面における放射性物質の様々な移行過程と調査項目(恩田裕一氏講演資料から)。

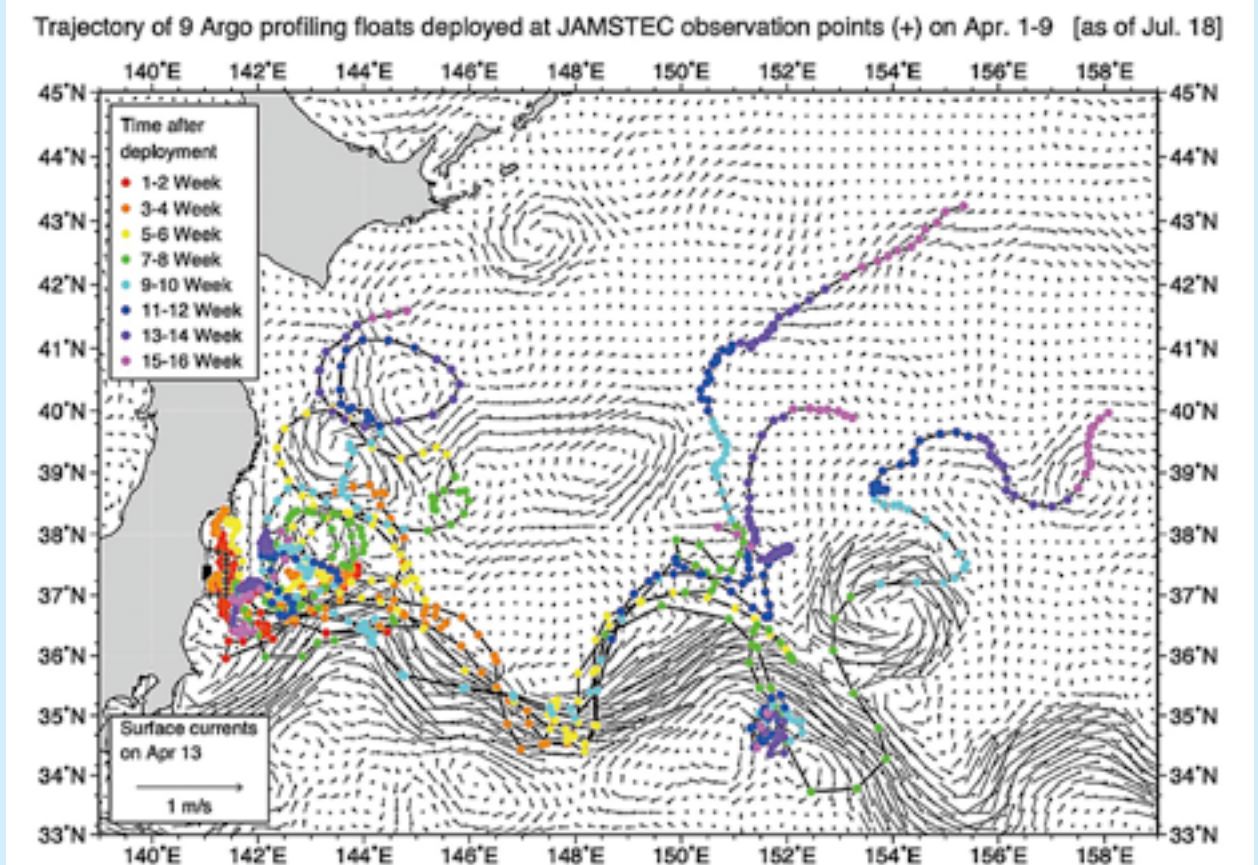


図2：海洋への拡散の状況。海洋研究開発機構およびフランス・AVISOの公開データを用いて岡英太郎博士が作成(中島他、科学 2011)。

第1回
第2回
第3回
第4回
第5回
第6回
第7回
第8回
第9回
第10回

第7回

太陽光発電は原子力発電を超えるか?

講師

物質系専攻

鯉沼 秀臣 客員教授

新領域創成科学研究科主催の第7回市民講座が10月9日(日)14時より柏キャンパス図書館において開催された。東日本大震災の影響で心配されていた今年の夏の電力不足をなんとか計画停電なしに乗り切ることができた。しかし、次は冬越えができるかという不安やその対策が多くマスコミで報道されている。今、家電店ではコタツが飛ぶように売れているそうである。このように震災後のキーワードに「節電」や「エネルギー問題」があり、原子力発電がその信頼性を失ってしまった今、次に期待される発電システムの1つに「太陽光発電(PV)」がある。そこで今回は物質系専攻の鯉沼秀臣客員教授の講演を行った。

鯉沼客員教授は今壮大な研究を推進している。「サハラソーラーブリーダー(SSB)計画」である。イニシャティブとなるJST/JICA連携の地球規模課題対応国際共同事業に採択され、アルジェリアと協力して第一歩を踏み出している。プロジェクトは、サハラ砂漠の砂を無限のエネルギー資源に活用して太陽電池用のシリコンを作り、それを太陽電池パネルに加工し、その電力で太陽電池を次々に増産して大規模な太陽光発電基地に展開する遠大な計

画です。世界各地の砂漠に発電基地を作り、余剰電力を超伝導ケーブルで連結すれば、夜になっても地球の裏側からの電気を融通できる。こうして40年後には人類が使っているエネルギーの50%をカバーすることを目標にする。日本発の21世紀アポロ計画と言っても良い巨大プロジェクトです。突飛な発想のように思えるが、説明を聞くと理にかなっている点が多々あります。広大な土地と日射量の多い砂漠をソーラーエネルギー基地とする提案は、1989年の三洋電機(当時)・桑野幸徳氏が提案したGENESIS計画に始まり、IEA(国際エネルギー機関)の"Energy from the desert"やドイツを中心とする"Desertec(太陽熱発電)"の50兆円計画などがありますが、SSBは砂漠のもう一つの価値(砂)に着目し、化石燃料や核燃料枯渇後のエネルギーと人類の生存をも見据えた構想です。石油採掘とタンカー輸送に頼る世界のエネルギー体系をPVと超伝導電力輸送に転換し、宇宙船地球号のエネルギーパ

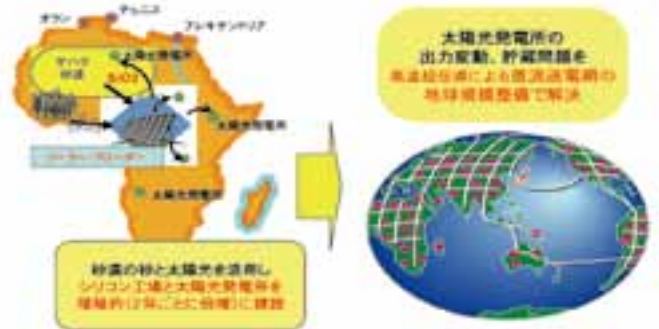


図1: サハラソーラーブリーダー計画概念図
砂漠からのSi原料、太陽電池の増産と地球エネルギー新体系への展開

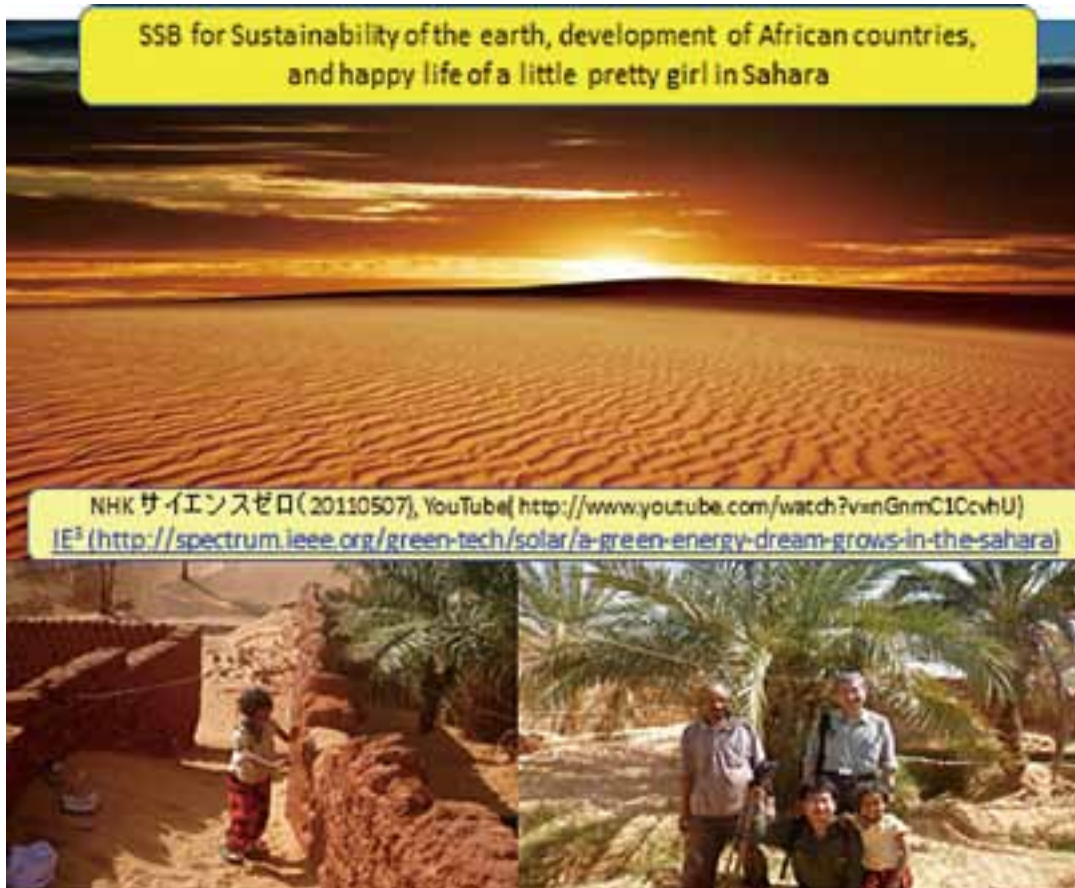


図2: サハラ砂漠の情景 - 砂漠を Sustainability(持続可能性)と Development(エネルギー消費の増大を伴う途上国の生活レベル向上)に資するクリーンエネルギー基地に!

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

ンスを保存する、地球温暖化問題への究極的解決策ともいえます。また、先進国が技術を途上国に移転し、使い方を指導するという従来の天下り国際協力を超え、既存のモノや技術を売るのではなく、未知の技術開発に地元と一緒に取り組むことによってアフリカ地域の先端技術者の人材育成までも視野に入れた全く新しい国際プロジェクトです。

太陽電池の主要原料は半導体 Si ですが、高純度を必要とするので製造コストが非常に高くなってしまふ。サハラ砂漠の地の利という意味では、砂漠の砂は Si の素材であるシリカ SiO₂ (地球上でもっとも豊富な天然資源) を主成分とする。そこからの低コスト Si 大量生産技術の開発は太陽光発電の大規模普及のカギを握っている。実は5年前まで、日本の太陽電池生産量は世界一位で、その主原料である高純度 Si の生産でも大きな割合を占めていた。しかし、太陽電池需要の急増に対する国策を誤り、今は中国などの国に大きく差をつけられた状態となっています。

砂漠に大規模太陽光発電基地を作るには、解決しなければならない問題も多い。砂嵐や盗難の問題がよく言われるが、砂嵐の発生が余り問題にならない場所も十分あります。アフリカ社会の中で「太陽光発電」の国としての重要性に関する教育等も必要になるでしょう。また、同様の事を他の国(例えば中国)が追隨してきた時に、コスト的に勝てるかどうかなど、産業としての競争力と砂漠の国との技術協力を強化する国際戦略も重要です。日本の科学技術、産業を日本の人とお金で維持・発展する時代は終わりかけているのです。

講演の冒頭で鯉沼客員教授は、「太陽光発電は原子力発電を確実に超えることができます」と断言していた。ただ、条件付き



色々な写真を用いて熱心な講義をする物質系専攻の鯉沼秀臣客員教授



身近な太陽電池の話とあって、かなり具体的な質問が多くなされ参加者は非常に満足していた

で、50年後を想定していたが、太陽光発電の加速的進化を考えると、10年後にも達成できる状況が見え始めているようだ。今まで「サハラ砂漠はエネルギーの宝庫である」とは考えたことがない人も多いただろう、非常に新鮮で夢のあるお話だった。

Q&A 質疑応答

Q₁

中国での太陽電池生産(シリコン)が急激に伸びたのはなぜでしょうか?

A₁

シリコン価格が上昇を始めた時に、日本は Si を避け別な材料を模索することにお金と人を使いました。一方で、中国は、高騰する Si にビジネスチャンスを見たと考えられます。既存の技術で良いと割り切って、Si 技術と太陽電池生産装置(ターンキー)に投資を集中して、Si 太陽電池をヨーロッパに売るということで急激に生産を伸ばしました。

Q₂

太陽電池をサハラ砂漠で作る技術は難しいものなのですか?

A₂

科学技術的に可能であることは分かっています。低コスト大量生産のプロセス、装置の開発が課題です。コストを下げるアイデアはたくさんありますが、個々のアイデアを実証し、大型化、最適化するには研究開発資金が必要です。日本で基盤技術を作れば、スケールアップ・工業化資金にアラブの協力が期待できます。なお、Si や太陽電池工場は地中海沿岸に立地し、できた太陽電池パネルをサハラ砂漠に設置することを想定しています。

Q₃

砂漠に太陽電池を置くことで、問題点はないのでしょうか?

A₃

よく言われるのは、盗難と砂嵐です。せっかく太陽電池を並べても次の日には盗まれて、町のマーケットに並んでいるという話があります。また、砂嵐によって砂をかぶったり、パネル表面が曇れば発電効率が落ちてしまいます。砂嵐に関してもっとも簡単な解決法は、砂嵐のあまりこない場所に作るということです。砂漠には膨大な土地があり、調べると砂嵐がほとんどない場所もあります。そのほかにも、(1)砂嵐を予測して覆いをかける、(2)砂嵐が来たら風に平行になるように動かす、(3)砂嵐に負けない表面コーティングをするといった解決策を考え、研究しています。

Q₄

蓄電にコストがかかってしまうのではないのでしょうか?

A₄

当面は最も安い鉛蓄電池をつかうことになるでしょう。しかし、将来的に、超伝導送電が実用化できたら、損失がほぼゼロで送電できるということになり、個々のサイトでの蓄電負担は大幅に軽減できると期待しています。ただしこれには、もう数十年はかかると思います。

Q₅

世界的な競争を考えると、質では勝っていても価格で大きく負けてしまう中国との競争に勝つのは厳しいのではないのでしょうか？

A₅

一つは負けてもいいのではという考えもあります。これは、過去に日本がアメリカ製品を駆逐したのと同じような状況なので、より上のレベルの産業で対応するという考え方もあるでしょう。我々は、現在の鉄と石油と自動車を基幹とする産業構造は、シリコン、太陽電池、超伝導にパラダイムシフトすることを考えています。この未来分野で日本は世界をリードする必要があるのではないのでしょうか？

Q₆

太陽電池を使用していると10年くらいで発電効率が落ちてくるのでしょうかなぜでしょうか？

A₆

半導体自体は、ほとんど劣化しません。それ以外の樹脂、電極などが劣化してきます。たとえば、電極は発電効率を上げるために狭い範囲にびっしりと詰まっていて、その分強度が弱くなっています。砂漠での用途の場合は、面積がいくらでもあるので発電効率を落として、頑丈な太陽電池を作ることが現在の技術でも可能です。ちなみに、現在、産業技術総合研究所を中心に、50年間使用可能な太陽電池を目指した技術開発が進んでいます。

Q₇

太陽光発電は直射日光だけからしか発電をできないのでしょうか？

A₇

太陽光発電の原理は、電子を光で高いエネルギー状態に持ち上げればいいので、直射日光でなくて散乱光でも可能です。実際、東京では半分近くの発電は散乱光によって行われています。つまり、曇りの日でも、晴れの日に比べて半分近くの発電量を持つということです。一方、ミラー等で集光する太陽電池や太陽熱発電では直達光しか使えません。

Q₈

太陽光発電で発電したエネルギーを水素エネルギーに変換して運ぶのはどうでしょうか？

A₈

一般的に、ガスで運ぶより液化して運ぶほうが、密度が高いため、効率的に運ぶことになります。その点、水素は液化するのにものすごく低温にしなければならないため、難しいと思います。また、水素は分子が小さいため漏れやすいというのと、爆発する可能性があるという問題点もあります。

Q₉

カドミウムテルルの太陽電池の性能はどうでしょうか？

A₉

実は、CdTeの太陽電池は、世界に先駆けて日本で80年代に松下電器が開発をしました。現在でも効率は、大型パネルでまだ10パーセントを超えていないですが、安いという特徴があるため、アメリカなどでは生産が伸びています。ただ、もちろんカドミウムを使う場合はリサイクルシステムなども作るのですが、日本では過去の公害もあったので、カドミウムの使用が困難だという問題もあります。また、テルルの資源量もそれほど多くありません。世界のエネルギー需要の10%以上を賄える太陽電池材料はシリコンしかありません。

Q₁₀

全量買取制度についてはどのようにお考えですか？

A₁₀

まず FIT (Feed-in Tariff) を全量買取制度という変な言葉に翻訳したのは誰なんですか？本質は導入優遇策です。つまり、子ども手当のようなもので、自立できるところまで支援するという政策です。太陽電池は、将来の産業にもなるし、環境問題にも貢献するので、経済の活性化にも有効な未来への投資として位置づけられると思います。

Q₁₁

どのくらいの期間で商業化まで持っていけるのでしょうか？

A₁₁

これは、産業界といかに連携できるかにかかっています。5年くらいでめどを立てたいと思っています。最近は企業のほうも関心を持ってきているので、産官学の連携を立て直して、さらにアラブとの連携もしっかりと進めることが必要でしょう。SSBを通して、日本の先端技術に信頼を寄せ、宗教的対立もないアラブ、特に北アフリカ諸国との連携推進を期待しています。

後記

先生から一言



エネルギー問題は夢だけでは語れないが、夢なくして未来は開けない。太陽光発電は、エネルギーと環境問題を同時に解決できる最も可能性の高い技術であり、モノづくり日本に新たな基幹産業を創出し世界に貢献する夢をもたらす。しかし、夢の実現にはエネルギーの本質を理解し、社会的、経済的、政治的因子を含めて研究開発の方向を総合的に判断し、戦略設定する必要がある。地球規模の環境・エネルギー問題に対して、わが国が先頭に立って提案、世界の研究開発をリードし、日本の科学技術力、国際影響力の向上と未来の世代に貢献することを SSB は目指している。

●地球のエネルギー体系と未来

1960年代以降、日本の高度成長を支えた2本柱は、安価な天然ガスや中東の原油を巨大タンカーやパイプラインで運ぶエネルギー体系と、製鉄を中心とする素材と自動車を中心とする機械・電気を組み合わせたものづくり産業体系であった。今、化石燃料を基盤とする世界のエネルギー体系は、資源と地球環境の両面から大きな問題に直面し、変革が求められている。地球上で我々が使えるエネルギー資源は3種類ある。①地球の誕生以来内蔵されてきた地熱や核燃料、②40億年の地球の歴史の中で太陽エネルギーを蓄積・濃縮した化石燃料、③太陽光をリアルタイムまたは数十年以下の短期サイクルで利用する再生可能な自然エネルギーである。地球が何億年かけて蓄積してきた②の化石燃料を、人類は100年のスパンで大量消費し、大気中CO₂濃度の上昇と地球温暖化をもたらしたばかりでなく、未来社会においても欠くことのできない化学原料資源枯渇の懸念を招いている。①の核燃料にしても、100~200年での枯渇が予想されている。地球を支配した人類は、はかない栄華の果てに自らの手で高齢化を加速し、老衰期に突入しているのかもしれない。

エネルギー問題は、その形態多様性、質や量、コストに加えて、時間や政策因子に関する十分な考察力、先見性、戦略設計が重要であり、ことが露見してからあわてても遅いのである。上記①、②のエネルギーは、地球の歴史遺産であり、その急速な浪費は宇宙の定常的なエネルギーの流れに浮かぶ地球の惑星環境のバランスを崩し始めている。いわば、銀行から返す当てのない借金を重ねて道楽をしているうちに、気が付いたら生活が破綻寸前という状況とも言えよう。

巨大な天然核融合炉である太陽は、1億5千万kmの彼方に存在することによって、人類が使っているエネルギーの1万倍を安全に地球上に送り届け続けている。化石燃料からのCO₂発生と資源枯渇を同時に解決する確実な道は、太陽・地球・宇宙空間を結ぶ③自然エネルギーの定

常的な流れへの回帰である。砂漠は未利用の土地と太陽光にあふれているばかりでなく、それを電気エネルギーに効率よく変換する太陽電池をつくる半導体シリコンの原料(珪砂や珪石)を無尽蔵に保有している。砂漠の4%を太陽電池でカバーすれば人類が現在使っている全エネルギーを一旦電気として利用し、転化した熱を環境に戻してエネルギーバランスを保つことができる。

地球上の人類の生存にかかわる問題の顕在化に対して、学界も2005年からG8に中、印、伯などを加えた諸国の学術会議代表が、政府首脳が国際問題を議論するサミットの数ヶ月前に開催国に集まって議論し、サミット向け声明をまとめる作業を始めている。2009年3月末のローマ会議では、気候変動の抑制目標といった総論に終始してきた状況の中で、日本学術会議は進行する危機に対処する具体的な方法として、「Sahara solar Breeder Plan directed towards global clean energy superhighway」を提案した。(鯉沼、「学術の動向」2010年1月特集号, pp. 60-69; <http://www.ssb-foundation.com>)。

●工商国家日本を活性化する スーパーアポロ計画

SSBは、2050年までに人類の消費するエネルギーの50%を砂漠の砂を原料とする大規模Si太陽光発電で賄い、その電力を高温超伝導ケーブルで世界に運ぶという、地球エネルギーシステムのパラダイムシフトの実現を目指す。この太陽神(アポロ)と超伝導を結ぶ遠大な構想は「スーパーアポロ計画」といっても良いだろう。世界的なソーラーエネルギーブームのなかで、太陽光発電も急速に伸びているが、日本の研究開発支援は見当違いの方向に集中している。SSB計画にも多くの科学技術課題と政策課題があるが、サハラ周辺諸国の関心が高まってきている。

徴兵制を持たず、食糧の自給率50%以下の日本は、江戸時代の位でいえば「工商」階級国家であろう。「土農」を他国に任せて科学技術優位性と経済の繁栄を維持して生きていくには、よほどの知恵と技術力、実行力が必要である。飢えも喧嘩も戦争も知らずに育ったゆとり教育世代に忍び寄ってきた日本経済と地球の危機をいち早く察知し、課題の解決に向けた夢と希望と根性を呼び覚ますのが、終戦直後の飢えと貧困を実体験した最後の世代である我々の責務なのかも知れない。

第8回

学生による復興支援 ～持続的な地域の再生へ向けて～

講師
自然環境学専攻 **木村 伸吾** 教授
サステナビリティ学教育プログラム **小貫 元治** 特任准教授
サステナビリティ学教育プログラム **岸 俊介** 修士1年
サステナビリティ学教育プログラム **永井 宏樹** 修士1年

新領域創成科学研究科主催の第8回市民講座が11月6日(日)14時より柏キャンパス図書館内メディアホールにおいて、市民講座初の雨天にも係らず多くの市民の方にお集まりいただき開催された。今回は、「東日本大震災」以降、震災前までの現地との密接な関係がきっかけで、実際に現地に何度も行き復興に関わってきた新領域創成科学研究科環境系サステナビリティ学教育プログラムの木村伸吾教授と小貫元治特任准教授、そして大学院生の永井宏樹と岸俊介の活動紹介が講座内容であった。

冒頭、木村伸吾教授がこの震災に関わるようになった経緯を説明した。岩手県大槌町にある東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センターは、建物の3階まで津波が達し、船艇も流されて壊滅的な被害を被った。同センター長の大竹二雄教授と親睦が深かったこともあり、大槌町の復興に何か役に立ちたいと思い、今回の支援活動を始めることになった。

続いて小貫元治特任准教授より、サステナビリティ学教育プログラムの紹介があった。災害や災害復興はサステナビリティ学の一大課題であること、その中でサステナビリティ学として災害復興にどう関わっていくべきか模索したことが紹介された。

大槌町は岩手県の東部に位置し、縄文時代の遺跡が多く見られる太平洋に面した町である。漁業や水産加工業が中心の町であったが、近接する釜石市にある新日鉄系で働く方々のベッタウンとしての顔も持つ。津波により街の中心部が徹底的に流失し、主要産業の漁業等も未だに回復していない。また建設された仮設住宅は不便なところで、人口の約半分が町外で生活しているというのが現状であるとのことであった。そのような中、国際沿岸海洋研究センターや大槌町役場、岩手県沿岸広域振興局(以下、振興局)とやりとりする中で、以下2つの活動を、学生を中心とする支援活動として実施することになった。

1つ目の活動は岸俊介によって説明された。6月～8月に大槌町で開催された町民懇談会・復興計画策定準備委員会にて、住民及び県外有識者への説明・意見交換がなされた。それらにオブザーバ参加して詳細な議事録を作成するというものである。目的は、震災時・震災直後の住民の状況やニーズを記録して、今後の町づくりや震災直後の対応等に反映させることであり、行政と住民のやり取り(合意形成の過程)を記録することで、震災時の街の復興における合意形成のあり方を見直すことである。行政が指名したコンサルタントの作成した記録よりもきめ細かい記録を残すことができたことが示された。

第2点目として、永井宏樹によって、ウェブサイト「おいしい三陸応援団」(http://oishiisanriku.com)作成に至る経過の説明がなされた。震災から時間が経つにつれて、メディアでの報

道等が少なくなるにつれて、一般市民の関心が低下していることを感じ、継続的な情報発信と支援が必要だという考えに至った。折しも振興局も三陸沿岸の被災事業者の支援をしたいと考えており、振興局の協力のもと、東京大学サステナビリティ学教育プログラムの学生が事業者を取材させていただけることとなった。こうして岩手県三陸沿岸の食品加工業者(現在6業者)の震災前、震災時、震災後の取り組みを継続的に発信するウェブサイトを開設・運営することとなった。1つの例として、明治29年の創業以来、大槌町で酒造りを行ってきた伝統ある蔵元「赤武酒造」の、清酒浜娘およびリカースイーツ製造再開に至る経過を説明した。この活動を通して重要であると感じたのは、震災や被災地のことを皆が忘れないために、被災事業者の状況や思いを的確に、継続的に届ける仕組みが必要であることだということ。今後の大きな課題としては、いかに多くの人に事業者の現状や本ウェブサイトについて知っていただくか、インターネット等になじみのない人にどのように情報を届けるかを挙げ、今後も継続的に事業者の生の声を伝え続けたいと締めくくった。

最後に、木村教授が復興のためにまだ混乱している現地で活動することの困難さを説明した。その際に、活動する自分たちがどこの誰なのかを明確に示すことの重要性を痛感し、所属を示す腕章をして活動するようにしたところ、有効に機能したということであった。

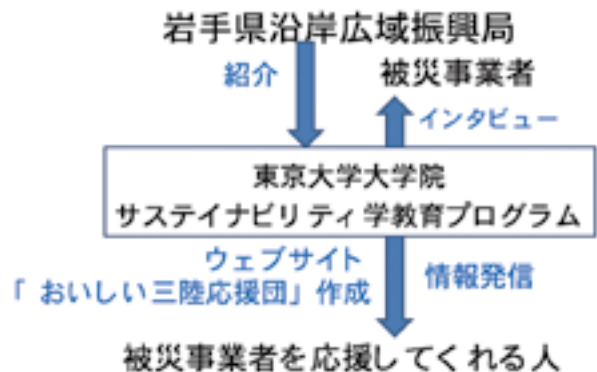
岩手県大槌町の町民懇談会 における議事録作成

岩手県大槌町の町民懇談会(6月～8月)
大槌町役場と町民が復興計画基本方針について意見交換

東京大学大学院
サステナビリティ学教育プログラム

町民懇談会に出席、議事録作成/提出

被災事業者を応援するウェブサイトの作成



Copyright 2011 © 東京大学大学院 国際沿岸海洋研究センター サステナビリティ学教育プログラム

第1回

第2回

第3回



熱の入った討論をする4名の演者(右から木村伸吾教授、岸俊介、永井宏樹、そして小貫元治特任准教授)

第4回



復興支援の難しさに共感する参加した市民の方々

第5回

第6回

第7回



第8回

第9回

第10回

Q&A

質疑応答

Q1

私の知り合いでも現場に入って、実際に見ることで大きな衝撃を受けた方がいました。また、今日発表していただいた学生さんも、現場を見ることで人生観などが変わったのではないかと思います。どうしても、現場に行くことは、野次馬根性と批判されてしまうこともあるのですが、一方でテレビなどの映像では得られない実感があるのではないかと思います。実際に現地を見ることの重要性に関して、先生方はどのように考えているのでしょうか？

A1

(木村 教授)

おっしゃる通り、実際に現場を見ることは非常に重要です。私自身も5月に初めて入った時に非常に大きな衝撃を受けました。ようやく瓦礫が撤去され始めた時期でした。遠野を経由して釜石に入ったのですが、釜石の商店街の建物自体は意外と残っていました。しかし、シャッターは壊れ、水が来たことがよくわかる状況でした。ショックだったのは、どこも建物の側面やシャッターにマル、バツという記号が書かれていたことでした。マルというのは、生存者確認を行ったという意味のマル、そしてバツというのは残念ながらご遺体があったという意味です。本当に驚きました。ちょっと行くと崖があったので、登れば助かったのではと思ってしまいました。話を聞くと、津波が来るとは思っていなかったようです。そして、津波が来ても周りに家があると直前まで津波が見えなかったようです。これは、百聞は一見にしかずであり、実際に見てみないとわからないことだと思います。また、現地を訪れる際には、2点のことに気を付けました。すでに、物見遊山に対する批判が出始めていたので、その批判に耐えるしつかりとした教育プログラム、プロジェクトを組んでいくことに心がけました。また、もう一つは安全の問題です。まだ大きな余震が続いており、防波堤が壊れている状況で再び津波が発生した場合の学生・教員の安全確保、連絡体制などです。そのための対策を講じた上で、5月から入りました。

Q2

学生の心意気は伝わってきますが、具体策がなかなか伝わってきませんでした。私も被災地のために何か手伝いたいとは思いますが、ものを購入してくださいということだけでは多くの人が参加できないと思います。

A2

(木村 教授)

もちろん我々も、物を購入していただくことを前面に押し出すつもりはありません。その裏にあることを感じさせたいということで、学生教育の一環として行っております。学生の本分は、勉学にあり、より早くより高度な知識や見識を身につけることによって、社会により大きく貢献することにあります。その点、学生さんはどうでしょう？

(永井)

それは、我々も感じていました。我々もボランティアとして入ることはできました。しかし、学生でもありますし自分たちで購入するのはなかなか難しいですし、また一般の方にも初めて見る商品を購入していただくのは大変だと感じています。そのため、まずはストーリーを知っていただきたい。その上で可能でしたら、ご購入

を、そしてそれができなくても、ご知り合いに広げていくことで支援ができますよという枠組みを作っていきたいと思っています。ただ、購入ではなく、もっと多くの皆さんが応援できるような具体策というものも考えていけたらと思っています。

(小貫 特任准教授)

物を買うことが支援になるのかという本質的な質問に対する答えは、今ありましたとおりですが、今のご質問の中には、購入するのが物理的に困難だというご指摘も含まれていたと思うので捕捉させていただきます。一つには、ネット通販を考えている事業者さんもうらっしゃいます。もう一つには、たとえば新宿のデパートの物産展などに出品される事業者さんも増えています。そういった情報を我々のサイトで流すことで、購入機会を広げるお手伝いはできると思っております。

(木村 教授)

教育の一環として行っていることもあり、難しい点があるのも事実です。その中で、私から皆様をお願いしたいのは忘れないうでいただきたいということです。たとえば、この6つの事業者さんも皆、忘れられたくないとおっしゃいます。そのため、是非ホームページを見ていただきたい。そして、よろしければコメントを書いてください。「がんばれよ」というようなコメントが大きな励みになると思っています。

Q3

すばらしい話をありがとうございます。私も、8月に石巻に行きました。その時の経験から以下の3つのことを感じました。まず、精神的なケアが重要なのではないかと思います。つぎに、復興の段階によってニーズが変わるように感じましたが現在のニーズはどのようなものでしょうか？そして、自立したいと感じている人が非常に多いように思います。そういった時に彼らが作った付加価値のあるものを購入して対価を払うというサイクルが重要だと感じました。これらの点についてどのように感じているのでしょうか？

A3

(木村 教授)

釜石の旅行者向けのショッピングセンターなども営業を始めています。現地に行って最近感じるのは、見聞を広めるための旅行として皆さんが行ってもいい時期なのではないかということです。もちろん、言動に心遣いをさせていただく必要はありますが、例えば今日お話しした地域ですと、遠野を中心に宮沢賢治関連の観光などを行い、釜石から大槌、吉里吉里を通って現地の様子を見て、そして現地でお土産や食事でお金を使うというのも非常にいい支援だと思います。

(永井)

おっしゃるとおりでして、私も4月初頭に石巻に行った時に、自立したいという被災者の方々の思いを強く感じました。そのためには商品を購入することによる支援というのも重要だと思います。また、ニーズについてですが、ボランティアの全体のニーズが減っているのは事実ですが、ボランティアの方の人数が減っているのも事実です。町の中心はほとんど作業がなくても、ちょっと町はずれの部分ではまだまだボランティアの方の支援が必要な部分もあります。こういった情報の共有などが必要なのではないかと感じています。

(岸)

精神的なサポートの必要性を強く感じます。例えば今日お話しした大槌町の中心部にはほとんど何もありません。そして中心部にいた方々は、あまり利便性の高くない地域にある仮設住宅で生活をしています。少しずつ、町が復興していくとしても、

このような状況が今後2年3年と続いていくのは非常に辛いことだと思います。そういった状況を踏まえて被災地に行き、何らかの形で被災された人々とコミュニケーションを取るということがこれから必要になるのではないかと思います。

Q4

町役場の議論など、生の声を残すという作業は非常に重要だと思います。ただ、その際にせっかくの生の声をどのように行政に伝え、復興計画に反映させていくかというのは非常に難しい問題だと思います。その点をどのようにお考えでしょうか？また、議論を議事録として残していた時には、自分だったら町をこうしたいというように感じることもあったかと思います。議事録作成時に感じたこと的具体例などがありましたら教えてください。

A4

(木村 教授)

一つ目の質問は非常に難しい質問です。我々も、議論の後、メールなどで議事録を提出していて、担当の課長さんからありがとうございますということにはなるのですが、これを生かしていくという道筋はなかなか見えてきませんでした。今回のように短期的にすぐ動くべき問題は、トップリーダーがいて進めていくのがいいのかもしれませんが、大槌町では、町長が亡くなって、副町長しかいないという状況でした。ただ、政府から依頼されたコンサルの方々が、我々のような綿密な議事録を書くようになるなど、一定の貢献はあったものと考えています。行政のほうも、何をやるべきか、手探りというのが実情です。岩手県からは、我々の活動を他大学に広めてもいいかという問い合わせがあり、是非とも我々の活動を雛形にして活動を広げてくださるとお伝えしました。

(岸)

町民懇談会に出て今後の大槌町についての話を聞く中で、それなりに考えることはありました。一言で言いますと、何が正しいかということとはなかなか分からないということです。例えば、大槌町の沿岸部には漁師さんがたくさんいます。そして、多くの方はまた沿岸部に戻りたいと言っています。もちろん、もしまた津波がきたら、また被災します。しかしながら、漁師の方にとって、海や漁場というのは必要不可欠のものです。このような状況で、私には、効率的な税金の運用だけを求めて、彼らの願いを制限することはできないと思いました。

(永井)

皆さんがそれぞれ異なる考えを持っています。例えば、漁師の方でも、もう漁師はやめて内陸部に住もうと考えている方もいました。大槌町を出て、別の町に移住しようと考えている方もいました。また、もう一つ気になったのは、会議が終わった後で、「ここで言っても無駄なんじゃないか」といった本音を口にされる方もいました。全員が違った経験、考え方を持っている中で合意を形成していくことの困難さを強く感じました。

(小貫 特任准教授)

漁師が多い地区だといわれている場所でも、比率でいうとそこまで高くないということもありました。釜石に勤めている方のほうが人数としては多いような状況もありました。このような状況で町の復興計画を作るのは非常に難しいと感じました。また、会議に参加されている方でも、言ってもしょうがないと考えている方もいましたし、近親を亡くした方は、心の傷が癒えていなく、どうしてもなぜ防災無線が働かなかったのかということだけに話題が集中してしまったりしました。私たちが記録してきたのは、そういう混乱状態ですが、逆に今は新しい町長が決まって物事

がどんどん動き始めているところです。今こそ、あのときの混乱のなかの情報を、きめ細かく拾い直して欲しいと思っています。

(木村 教授)

会議が終わった後の井戸端会議のようなところで本音が聞けることも多々ありました。公式な場の議事録を残すのは当然として、井戸端会議のようなところで話し合われたことも残すのは重要なのではないかと感じました。

Q₅

今後もより多くの方に「おいしい三陸応援団」の方を知っていただきたいということだったのですが、東京大学の方では何名ほど関わっていて、これからどのようなマーケティングをしていくのでしょうか？

A₅

(木村 教授)

東京大学には数十のプロジェクトが立ち上がっています。ホームページに出ていますので見ていただくと把握できます。ただ、東大の復興支援室で四月ごろから立ち上がっているのですが、現実的にはその段階を過ぎていたり、やはり難しいということでは止まってしまっているプロジェクトもあると思います。

(小貫 特任准教授)

緊急人道支援の段階は終わっているところが多く、産業復興の段階であるという風にとらえています。我々のホームページの目的は、我々がビジネスをやるということではもちろんなく、したがって我々がマーケティングをするわけではありません。むしろ「自力でビジネスを見つけたい、立て直したい」という方を支援するというのが目的です。被災地の企業と都市の消費者を直結することで、新たなビジネスを育てていくというアイデアは、まちおこし・地域おこしに多数見られますので、そういったことに学びながら産業復興のモデルを作るお手伝いをするというのが我々の立ち位置であると思います。それから、我々のプロジェクト自体は、サステナビリティ学教育プログラムの修士の学生の多くがその特技を活かして参加しています。15名くらいでしょうか。

Q₆

東大の方から自主的にやっておられる他に、他大学や NPO などいろいろなところが被災地に支援としてやっているが、整理してやっていくという方向なのか、それとも彼方此方で偶発的にやる方がいいのでしょうか。お考えを聞かせてください。

A₆

(木村 教授)

横のネットワークをうまくつなげようと大槌周辺に入る人たちを中心にメーリングリストを作っていますが、なかなか機能していない現状です。東大としては遠野に支援センターを作り、そこでレンタカーや宿泊施設等が借りられる、またそこで情報を一元化していて、情報を共有することをしてしています。また、いろいろな組織とコラボレーションすることは非常に難しいと感じました。その理由の一つとして、東大の中には政府系の、役職として任命されて活動している方々もいて、そのような方々は、そのレベルでの筋道に沿った形でしか動けないということです。合意形成というのが我々サステナビリティ学の一つのテーマなのですが、その合意形成の困難さを実感しました。

(小貫 特任准教授)

NPO やボランティア団体を統括するネットワークというのは、阪

神大震災や中越大地震の経験をお持ちのネットワークもあり機能しているようです。しかし、すべてを計画してトップダウンでとりまとめていくというのは現実的に不可能であると思います。それぞれの土地の事情がありますので、先ほどお話ししたようなつながりがある程度偶発的に生じたところからやっていくやり方も必要なのではないかと感じます。

後記

先生から一言



それまでのあたりまえの暮らしを吹き飛ばしてしまう災害は、「持続」ということを考えるサステナビリティ学の大きなテーマの一つです。社会から災害に対する脆弱性を取り除き、攪乱に対する復元力を高め、災害に遭った場合でも暮らしや福祉を持続できるようにするのは、サステナビリティ学の重要課題です。ですから、東日本大震災が発生したとき、すぐに現場をみにいき、そして何かしなければと思いました。

しかし一方で、サステナビリティ学はまだまだ新しい分野ですから、「サステナビリティ?何それ?」と言われることも多く、学問分野として広く一般社会の期待を集めているとは言い難い状況であることも事実です。土木の専門家や地震学者が真っ先に破壊された堤防の視察に駆けつけたり、まちづくりの専門家が住民ヒヤリングに入ったりするのと比べると、我々「サステナビリティ学」が現地へ入る必要性や意義はまだまだ理解していただきにくい状況です。これだけの被害が出て、悲しみが渦巻く現場へ、先方から緊急に必要なとされている専門家・今すぐに役立つ専門分野の専門家以外の研究者がしゃしゃり出て行っていいものか。そんな躊躇や悩みを抱えてスタートしたのが、今回の活動でした。

結果的には、様々な人の縁のおかげで、アカデミアとして、あるいは学生として、ささやかながらお役に立てるような貢献方法を見つけることができつつあり、かつ将来的にはそれらを学融合的にとらえるサステナビリティ学としての研究・教育に結びつけることも出来そうな方向性も見えてきました。受け入れてくださった現地の皆様や仲介の労をとって下さった皆様に感謝するとともに、少しでも恩返しができるように息長く活動を続け、きちんと将来の災害の際に使える学問として残して行ければと思っています。

また、これは幾人かの研究者とも話していて感じたことですが、サステナビリティ学に限らず、同様の躊躇を感じられていらっしゃる研究者の方は少なからずいらっしゃいました。長期的には復興や防災に役に立つような学問分野であっても、緊急に役に立つことが明らかな分野でないと、なかなかすぐに駆けつけられない、ということはあったようです。特定学問分野の発展のために今回の災害を「利用する」といった考え方は問題外ですが、次なる災害に社会がどう備えるかという観点から学問に出来ることが多いはずですので、サステナビリティ学としてはそうした様々な学問的成果の統合や橋渡しの役割を果たしていければと願っています。

第9回 沿岸漁業の 復興に向けて

講師
環境システム学専攻 **多部田 茂** 准教授

昨夜からの秋雨があがって秋晴れとなった柏キャンパスにおいて、新領域創成科学研究科主催第9回市民講座が11月20日(日)14時より柏キャンパス図書館内メディアホールにて開催された。今回は、「東日本大震災」で深刻な被害を受けた沿岸漁業に関する講演を新領域創成科学研究科環境システム学専攻の多部田茂准教授が行った。講演は以下のような内容であった。

震災の被害を受けた三陸沿岸は元々非常に豊かな漁場として有名な場所で、特にワカメやサンマやサケは日本国内でも高いシェアを誇っていた。しかし、近年の日本漁業全体は非常に厳しい状況にあって、かつては水産物を輸出していたが、現在では輸入に転じ自給率も約60%まで落ちてきていた。また、従事者の高齢化や後継者難も深刻な問題である。この原因として、国民全体の魚介類の摂取量の減少や重油高騰等の漁業関係者の経営環境の悪化などが挙げられる。一方、世界的な傾向としては、漁業は右肩上がりの成長只中であり、生産性の高効率化に成功しているニュージーランドやノルウェー等では漁業収益を年々増やしている。日本は漁獲対象種や漁法の多様性などの特性から生産性を向上しづらいという状況にあった。

漁業の復興を考える場合、その漁場環境や生産基盤の再生だけでなく、生産技術の高度化や流通・加工、販売・消費まで含めた議論が必要である。今回の震災でも、漁船や定置網、養殖施設などの生産基盤の被害に加えて、市場や冷凍・加工施設も津波によって壊滅的な被害を被った。地震による地

盤沈下はこれらの施設の復旧をさらに困難にしている。

多部田准教授が震災の復旧・復興に携わっている釜石市には、15カ所の漁港と3つの漁業協同組合がある。復興へのビジョンを検討するために、水産物の「トレーサブル・サプライチェーン」をキーワードに、沿岸環境から漁場、漁港、市場、加工、冷凍・冷蔵、流通、消費、PR戦略等に関する現状と課題についてのヒアリングを現地の水産関係者に対して行った(図1)。その結果に基づき持続可能な強い漁業の創生を目標として、加工流通システムの高度化、魚介類離れに歯止めをかける出口戦略、6次産業化や複合産業化構想などを議論したが、その難しさも体験した。また公的資金導入だけではなく、民間の投資が入るような魅力を持たなければ、真の復興再生はないと感じたという。釜石においては漁業者による震災後のがれき等による漁場環境への影響のチェックや対応は敏速であった。また、漁港や市場の被害は深刻であったが、この地区の主要な収入源である定置網による秋サケの水揚げ時期までに復旧するという目標にむけて懸命の努力がなされた。一方で沿岸生態系の変化や水産物の安全性の観点も重要であるため、海域の栄養塩類や溶存酸素、重金属の測定を実施した。釜石湾の湾口防

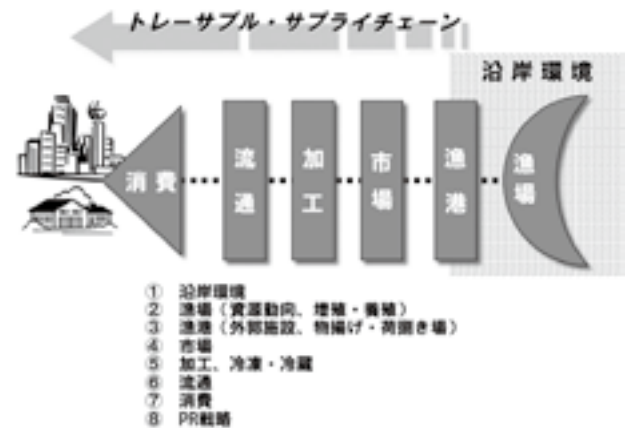


図1：意見交換基本マップ



熱の入った討論をする
多部田茂 准教授

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

波堤も壊滅的な被害を受けていたが、簡易 ROV（水中カメラ付きロボット）による観察では、藻場や養殖場の状況は思っていたよりも酷い状況ではなかった。

9月3日（土）に開催された「魚のまち復興シンポジウム」では、釜石市長と主要な水産関連団体（漁協、加工組合、商工会議所）によるパネルディスカッションや、若手による意見交換等が行われた。一方、研究開発面からのアプローチとしては、安全性向上や高効率化をめざした生産技術の開発、操業や物流シミュレーターによる改善施策の定量的評価手法の開発等が行われている（図2）。

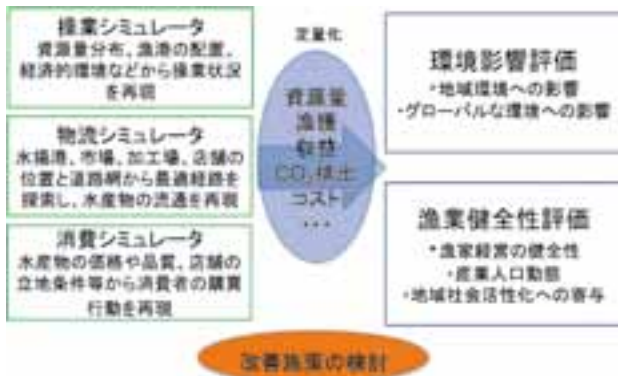


図2：改善施策検討のための海陸統合シミュレーターの開発

最後に、多部田准教授は「総合的な沿岸域管理という観点からも持続可能な漁業は重要であり、地域活性化も含めた再生プランニングを模索している」としめくり、盛況のうちに講演は終了した。



参加した市民の方々

Q&A

質疑応答

Q₁

漁業はいまだに家業として継ぐのが中心で、外部からの労働力がなかなか入っていないのが現状です。職業選択が自由なこの時代に、漁業へも労働者が集まるように特に所得面などを充実させるための案などはあるのでしょうか？

A₁

現在の漁業を取り巻く状況があまり良くないと漠然と感じている方は多いのではないかと思います。生産の現場だけを見るのではなく、もっと大きな視点で見ることが必要になってくると思っています。そのうえで、少しでもいい方向に漁業を取り巻く環境を変えていくことを考えています。

Q₂

おそらく、今回の震災を受けて漁業をやめてしまう人も相当数いると思います。長期的な視点での漁業の立て直しというのも進んでいるのでしょうか？

A₂

現地ではやはり当面の立ち上げりに懸命に取り組んでいますので、将来像については行政の復興プランなどにも概念としては入っていますが、具体的な復興計画についての深い議論は今後もう少し落ち着いてきてからということになります。

Q₃

釜石の（漁場環境の）被害が比較的小さかったということですがなぜでしょうか？

A₃

瓦礫で漁場が埋まってしまったのではないかと、あるいは藻場や資源が全て流されてしまったのではないかと懸念もあつたのですが、我々が調査をした場所についてはそのようなことはなかったということがわかりました。

Q₄

漁業は制度が古いように感じる。遠洋漁業のように、処理や加工を効率化して中間業者などのコストを下げる可能性などはあるのか。また、森などの再生や土木事業などによって川沿い、または海沿いの漁業の発展を促すようなアイデアはあるのでしょうか？

A₄

よくノルウェーやニュージーランドのような大規模漁業などと比べられていますが、日本の特に沿岸漁業は魚種や季節性など多様性に富んでいるという特徴があります。したがっ

て、ある種の漁業に対してはそういう可能性は多分にありますが、日本の漁業に適用するためには工夫が必要だと思えます。森が漁場環境の上で非常に大事だと考えられて活動している方もいらっしゃいます。森・川・海の関連を明らかにしていくような学術的な研究活動の場として展開していくことも、被災地の復興という面から非常に有意義なことだと思えます。



後記

先生から一言

沿岸漁業は国土の保全と食料供給の重要な基盤であり、さらには我が国の文化、民族の特徴を形成してきた重要な要素の一つでもある。特に、大震災によって甚大な被害を受けた東北地方沿岸地域において、水産業は基幹産業であり雇用を含めた広い裾野を持つ地域社会の大きな柱である。これまでは、とにかく早く立ち上がり、収入を確保し生活を再建することが最大の課題であった。迅速な復旧への課題はまだ残されているが、これからはもう少し先を見据えて持続的な漁業を実現するための復興・新生について検討する段階に移行していくと考えられる。水産業の復興のためには、沿岸生態系・漁場環境の実態把握と再生、安全で効率的で環境負荷の小さい養殖・定置網・漁船等の新技術の導入、トレーサビリティ・品質保持・利便性を兼ね備えた流通・販売システムの構築、販売戦略のためのマーケティングなどを、総合的に実施する必要がある。また、これらの生産から消費にいたるプロセスを一体として捉え、かつ日本の沿岸漁業に適した漁業管理制度や認証制度の導入が有効であろう。さらには、循環型社会・低環境負荷社会の先進モデルと水産業の連携や、観光を含めた漁港地域活性化など、地域社会における社会的効用の増大も含めたシステムの構築を進めていくことが望まれる。近年の我が国の水産業を取り巻く環境は非常に厳しい状況にあり、被災地の水産業が直面している課題は、近い将来いずれ日本の水産業が直面する課題でもあると言われている。現地の方々と密にコミュニケーションを取りながら、日本の漁業および地域再生のモデルとなるような復興に向けて取り組んでいきたい。

第10回

海洋の再生エネルギーの開発

講師

海洋技術環境学専攻 鈴木英之 教授

今年度最終回「市民講座」が2月5日(日)14時より雪残る柏キャンパスにて開催された。今回は現在注目されている海洋の再生可能エネルギーの開発について新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻の鈴木英之教授が講演した。

海の再生可能エネルギーの概要から始まった講演において「すべては太陽から」という説明は意外で、地球上でのすべての生物活動がいかに太陽から多くの恩恵を受けているかを再認識することとなった。もとをたどれば太陽エネルギーによってアマゾン川の500倍もの水量になる海流である黒潮が作られ、多くの海洋生物がその流れに乗って地球を回遊し、また海の上方向には1000年かけて1周する流れがあるという。

ご存じのように日本国土は非常に狭く、国別でも第60位の広さであるが、領海(12海里)や排他的経済水域(200海里)を入れるとカナダに次ぐ世界第6位(448万km²)となる海洋王国だという。その日本が海洋における再生可能エネルギーに関する研究開発で、世界をリードすべき立場にあることは明らかで、それがヨーロッパなどに遅れを取っている現状は、今後多くの改善が期待されるどころだ。

海洋関連の再生可能エネルギーの中でかなりの規模の発電量が期待されるのは風力エネルギーだそう。分類としては陸上風力エネルギーと洋上風力エネルギーがあり、岸から40km以内へ設置できる風車で換算すると、57000万kW程度の資源量があり、陸上の190倍、大型火力発電所1基が100万kWの発電と考えるとその大規模さが理解できる。また、波エネルギーの利用は欧米で非常に注目されているが、残念ながら日本周辺で条件の良いところは限られるようである。他にも海流エネルギーや潮流エネルギー利用等も検討されているが、やはり洋上風力エネルギーは期待の星と言えそう。

最近話題の地球温暖化問題においても海の役割は大きい。人間の排出したCO₂は一時的に大気に蓄積されるが最終的には海に吸収される。海に吸収される過程が緩やかなため、一時的に大気中のCO₂量が増えて地球全体を暖めてしまう。1997年に調印された京都議定書の後も、2020年までの目標が議論されているが、先進国と発展途上国、あるいは先進国間でもかなりの温度差があり、地球規模の問題に地球全体各国一丸となって対策を講じる形になっていないのは残念である。ここでも海洋がCO₂削減に、より積極的にかかわることも今後検討されるべき課題かもしれない。

夢多い海洋発電であるが、他の化石燃料や原子力に比べて問題点もある。エネルギー供給が変動的であり安定的供給の面から課題も多い。また、発電装置を作るときに排出するCO₂量、ライフサイクルでのエネルギー収支、経済性など実用化に向けたハードルも低くないようである。しかし、日本以外の国、特に欧米は2000年以降、技術の実用化にかなり力を注

いでおり、日本は研究開発段階では世界的にもかなり高いレベルにあるにも拘わらず、実用段階への歩みでは出遅れてしまった。この状況は別に海洋エネルギーに係る実用化に限ったことではなく、多くの研究開発が実用化の段階で世界に逆転される場合を多々経験してきている。我々研究者も問題意識をしっかりと持つべき点であろう。

ブラジルでは最近、海洋油田が発見されるなど、海洋が注目されている。海洋に関する構造物技術は日本においても歴史はかなり古く、実用的な段階まで間違いなく来ている。それらを有効利用して、現在の技術では少々コスト高になったとしても、資源のない海洋大国日本としては、本腰で海洋再生エネルギーの実用化に向けたステップへ一歩踏み出す時が確実に来ていると言えそうだ。



熱の入った講演をする鈴木英之教授



聞き入る参加した市民

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

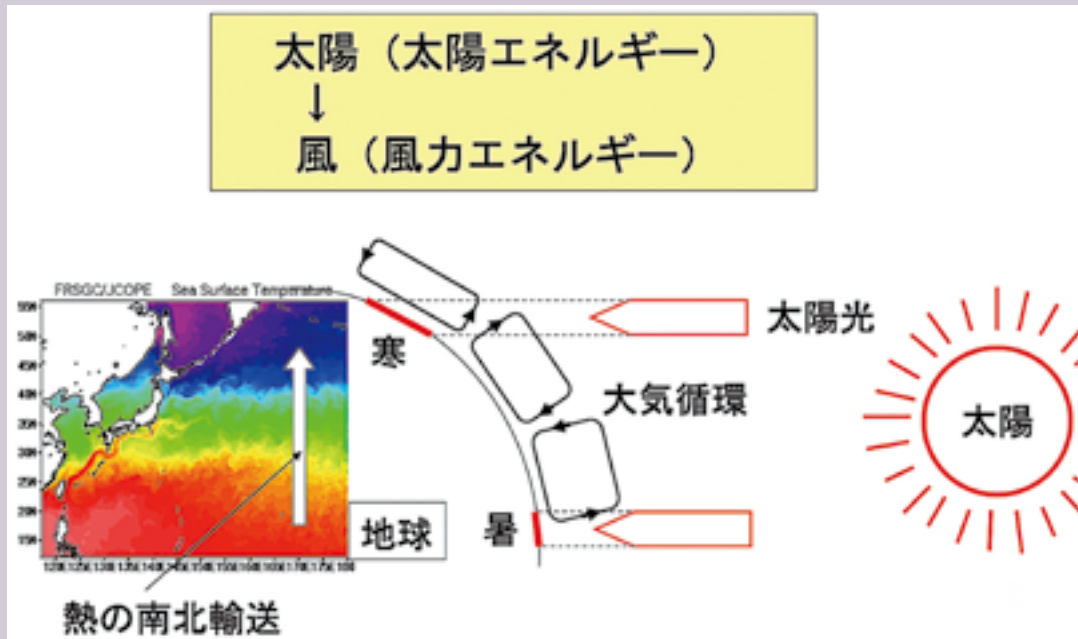
第7回

第8回

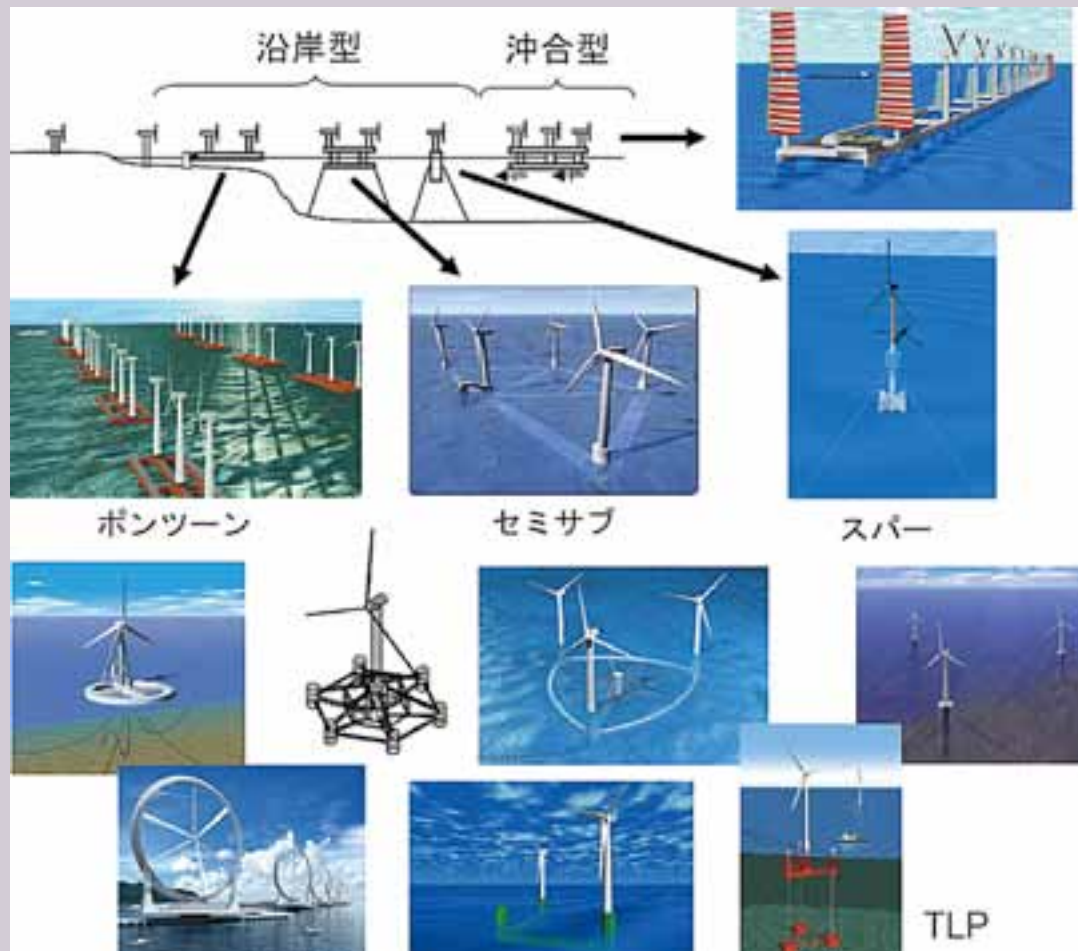
第9回

第10回

海洋の再生可能エネルギー



海洋の再生可能エネルギーは太陽エネルギーを起源とする



2000年以降日本で提案された浮体式風車のコンセプト

Q&A

質疑応答

Q₁

風力発電では、渡り鳥などをたたいてしまうことがあると聞いたことがあるのですが、どのように対応しているのでしょうか？

A₁

風力発電で鳥をたたいてしまうことは、バードストライクと言って非常に大きな問題となっています。そのため、現在では、風力発電を設置するときに必ず鳥類学の専門家にも入ってもらうようになっています。一般的に、海に設置する場合は沖のほうへ離れればだいぶ問題が緩和されます。ただし、その場合も、海鳥の生態の調査を行ったうえで設置場所を決めることになると思います。

Q₂

再生エネルギーを実際に使用することを考えると、都市部ではどうしても需要に供給が追い付かなくなると思うのですが、その点はどうでしょうか？

A₂

量の問題、安定性の問題、輸送の問題など複雑に絡み合った問題を考える必要があります。量の問題だけを考えますと、海上の風力エネルギーの量というのは非常にたくさんありますので、全部は無理でも、日本の電力供給の2割くらいを賄うというのは、十分に可能性があると思います。また、安定性の問題に関してですが、ヨーロッパでは広域の送電網を持つことで、たとえばスペインで吹いていなくてもノルウェーで吹いていれば良いと言われるように、平均化が図られていてリスクを下げています。

Q₃

今日のお話にはありませんでしたが、メタンハイドレートなどの海底資源の話をよく聞きます。海底資源を掘り出すと、地震を誘発してしまうということはないのでしょうか？

A₃

海底の比較的浅いところに、人間が多少手を加えたぐらいでは、直接的に地震を誘発することはないと思われます。ただ、一方でメタンハイドレートを採取するとメタンハイドレートの上の地層が緩むという可能性はあります。たとえば、ノルウェー沖には1万年程前に大規模な地滑りが起こった跡があります。その原因がメタンハイドレートの層が滑ったのではないかという説があります。そして、そのとき放出されたメタンにより、地球が温暖化して氷河期が終わったのではないかという説を唱える人もいます。

Q₄

現在の、高圧線を用いた送電システムはロスが多いと聞いたのですが、改善はされないのでしょうか？

A₄

専門外なのであまり詳しくは説明できませんが、直流方式や超電導を使用するといったような議論はされています。

Q₅

海上交通(船)では、石油が使用されていますが、海洋エネルギーで輸送することはできないのでしょうか？

A₅

海上交通で使うエネルギーは地球上全部を集めると、1つの国に匹敵するようなエネルギー使用量となりますので、再生可能エネルギーの利用は考えてみる価値があります。一方で、海洋エネルギーは薄く広く存在するエネルギーなので、利用するためには一旦集めて集中させる必要があります。そのため、船の上で発電しながら船を走らせるのは難しいと思われます。ただ、船で使用しているディーゼルエンジンは地球上でもっとも効率の高い内燃機関です。効率は50%ほどになります。車が30%程度、最先端の火力発電所でも40%程度ということを見ると、非常に効率が良い使い方をしていると言えます。

Q₆

再生可能エネルギーの資源量のグラフがありますが、これは理想的な最大値のことでしょうか？また、その場合、何%くらいまで実現する可能性があるのでしょうか？

A₆

資源の区別ですと、原始資源量ということになります。つまり、その場に存在する量です。ただ、風力の場合は、岸からの距離、年平均風速、風車の設置間隔まで考慮した上で算出された量になっていますので、より現実に使用できる量に近いです。風力に関しては、資源量の10%くらいまでは、すぐにでも可能だと思います。

Q₇

基礎研究では日本は進んでいるけれども、応用に関しては欧米に後れをとっているというのはなぜでしょうか？

A₇

これまでの日本のエネルギー政策では、再生エネルギーに関しては、取組みは進めるものの、あまり優先順位は高くないという事情があったと思います。そのため、基礎的な研究は進みますが、実証段階で一桁大きな資金が必要になったところで投資がなかなか進まないというのがあったのだと思います。また、これはいい面と悪い面があるのですが、日本の姿勢は慎重に進めることが多いように感じます。そのため、完成度の高いものを作ることが多い一方で、スピードでは遅れてしまうということがあるのではないのでしょうか。

第1回

第2回

第3回

第4回

第5回

第6回

第7回

第8回

第9回

第10回

Q8

日本では地熱発電が特筆すべき再生エネルギーだという話を聞いたことがありますが、どうでしょうか？

A8

私も、地熱には可能性があると思います。ただし、例えば、温泉などの観光地との摩擦など問題もあるようです。

Q9

海洋のエネルギーを使用することで、地球の自転への影響などはないのでしょうか？

A9

地球上の潮汐などによってエネルギーが消費され、地球の自転は毎年ほんのわずかながら遅くなっています。ただ、海洋エネルギーを人間が使う程度で大きな影響が出るということはないと思います。

Q10

やはり、再生エネルギーを使用することは安定性の問題があると思います。その時に蓄電という点ではどのように考えているのでしょうか？ 一般の電池の延長では、成り立たないと思うので別な視点の蓄電技術などはないのでしょうか？ 例えば、海水はイオンの存在する電解質なので、海自体を利用して蓄電するといったアイデアなどはないのでしょうか？

A10

おっしゃる通りで、蓄電の問題は非常に重要です。現在の蓄電池を風車一本一本につけるとコストを大きく上昇させてしまいます。いろいろ考えられていますが、一案として、海底にお椀状の構造物を逆さに伏せて、その中に余った電気で圧縮空気を詰め、電気が必要になった時にその空気で発電するという方式なども提案されています。また、最近話題になっているスマートグリッドでは、余った電気を各家庭の蓄電池を借りて貯めるということも考えられています。ただしこれは、蓄電池のコストを家庭が持つということになりますので、議論が必要だと思います。さすがに海を使った蓄電までは考えたことがなかったです。

Q11

このような開発では、産学の連携が重要だと思うのですが、東大の場合はどうなのでしょう？

A11

再生可能エネルギーに関しては東大は結構頑張っていて、企業との共同研究もかなり活発に行われています。実際の基礎研究、小規模な実験まではかなり進んでいます。問題は、実験室の次の段階として大型の装置を実際に海に設置するという段階で、必要な資金の額が一桁以上膨れあがることです。漁協との交渉、関係省庁への事務手続き、陸上施設の設置、作業船の手配などやる膨れ上がります。この段階になると、大学のレベルを超え、大手の企業でも負担が大きくなり

ます。ヨーロッパでは共同実証実験場が作られ、この段階の負担を軽減するという仕組みができています。日本でも同様の仕組みを作っていくことが必要だと思います。

後記

先生から一言



海洋の再生可能エネルギーへの期待は大きいものの、日本の取組みが遅れているという話をしましたが、それでも、ここ数年少しずつ認知度は上がってきたと感じています。しばらく前にはあまり関心を示さなかった大手の企業も取組みを始めています。洋上風力エネルギーについては、平成21年度からNEDOによる洋上風の本格的な観測システムの実証研究がスタートし、平成22年度からは、比較的水深が浅い海域に設置される、海底に基礎を有する洋上風力発電システムの、同じくNEDOの実証研究がスタートしています。浮体式風車については、平成22年度から、環境省による浮体式洋上風力発電の早期実用化促進のための実証実験がスタートしています。

昨年の東日本大震災の後には、再生可能エネルギーを取り巻く状況もかなり変わりました。経済産業省は福島復興計画の一環として、福島県を再生可能エネルギーの先駆けの地とするため、福島県沖で浮体式洋上風力発電システムの実証研究を行う計画を進めています。良好な結果が得られれば、将来的に浮体式洋上風力発電所が実現される時期が早まる可能性があります。その他、波浪発電、海流発電、温度差発電などについても、研究開発に対する国の支援が厚くなってきており、欧米に遅れを取った日本の実証研究もようやく本格的になると考えられます。

基本原理については技術的に確立されている海洋再生可能エネルギーですが、今後は日本が海洋で培ってきた技術を活用して、海という厳しい環境に置かれても、安全で信頼性の高いシステムとして稼働できるものにして行くことが必要です。また、安定供給、経済性、エネルギー収支、少ないといわれていますがCO₂排出などに関する問い掛けに答えてゆかなくてはなりません。ここ数年で、再生可能エネルギーが本格的に利用できるのか、可能性が試されることとなります。日本のエネルギー供給の一翼を担える存在になり得るのか、再生可能エネルギーの本格的利用の将来的な展望が得られるために、十分な成果を出さないといけないので、責任も大きくなってきています。

編集後記



広報委員長
佐々木 裕次 教授

平成 23 年 3 月 11 日に発生した「東日本大震災」により被災されました皆様には心よりお見舞い申し上げます。今回の震災に対して、東京大学新領域創成科学研究科として専門的な知識を活かして、震災に絡んだ「サイエンス」を伝えさせていただきました。その結果、年間を通して 10 回の開催の中で、823 人もの市民の方々の参加がありました。初めての企画でしたので講座開催に関してご不満等もあったかもしれません。私達の考えた「市民講座」において、できるだけ専門的な内容をかみ砕き、現在市民の方々が知りたいであろう内容を具体的に解説し、講演後は市民の方々からの疑問や質問をできるだけ多く受けるべく、1 時間程度の質疑応答を設け、本「市民講座」に関連したメール等の質問にもお答えすることを実行して参りました。この 1 年間に渡って開催された「市民講座」を通して「大学が近くにあるってこんなに安心なんだ！」ということをもし地域住民の方々が感じていただければ大変光栄に思います。尚、この 10 回の講演会をもう一度見たい場合などは下記の HP をご覧ください。各講義での配布された資料や質疑応答（本冊子の元になったもの）等の情報を取ることができます。
<http://www.k.u-tokyo.ac.jp/news/kouza/past.html>
本冊子の最後のページに福島県田村郡三春町の有名な「三春滝桜」の震災直後の満開の写真を掲載させていただきました。震災後も何も変わることなく力いっぱい満開に咲いている桜の大樹を見ると、生命の力強さを感じずにはいられません。日本国民は有史以来多くの自然災害を体験し克服してきました。そしてそれらの尊く貴重な経験が次の時代の日本人の

価値観を作り出してきました。2011 年の 1 年間を通して経験した多くのことを忘れる事無く、後世にできるだけ正確に伝え続けることは、この時代を経験した日本人の最低限の責任であると自覚しています。今後はこの濃縮された 1 年間のあらゆる経験が、日本人の新たな可能性を開くターニングポイントとなることを信じ、その一助となるべく新領域創成科学研究科は、「教育」と「研究」と「地域連携」の面で躍進させていかなければならないと考えています。今後ともご協力ご鞭撻よろしく申し上げます。

最後になりますがこの「市民講座」開催に際して、多くの方のご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。「市民講座」企画の際は、新領域創成科学研究副研究科長の武田展雄教授と企画室長の佐藤徹教授にはご相談にのっていただきました。講座開催に関しては、毎回お手伝いをしていただいた新領域創成科学研究科の武井和夫事務長、総務係の武田明係長をはじめ、別所真知子様、川端妙子様、丸山貴子様、飯村祐枝様、大内洋子様、研究科広報室の中村淑江様、東京大学柏図書館の前田朗係長、物質系専攻佐々木裕次研究室の皆さん、質疑応答の文字起こし作業では修士課程の鈴木祥仁君、星指健太郎君、ビデオ撮影では、漆原佑介君、青沼航君、板橋悠君、覚張隆史君の協力をいただきました。本当に 1 年間ありがとうございました。

平成 24 年度研究科企画室広報委員長
佐々木 裕次



三春滝桜 2011年4月 福島県田村郡三春町 写真提供：takizakura.com



東京大学大学院
新領域創成科学研究科
GRADUATE SCHOOL OF FRONTIER SCIENCES
THE UNIVERSITY OF TOKYO

〒277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5
TEL. 04-7136-4003
FAX. 04-7136-4020
<http://www.k.u-tokyo.ac.jp/>

発行日：2012年3月15日