



東北大学

令和4年度 2022

教養教育院セミナー報告

教養教育特別セミナー

SDGs と東北大学の挑戦——気候変動をめぐって

ILAS コロキウム

若手研究者が語る「知」の最前線

令和5年5月

東北大学教養教育院

高度教養教育・学生支援機構

Institute of Liberal Arts and Sciences, Tohoku University

巻 頭 言

ここに、2022年度の「教養教育院セミナー報告」をお届けする。掲載された内容は、教養教育院に所属する研究分野の異なる総長特命教授が、繰り返し意見交換をする中で企画し、立案し、開催した本年度の成果である。

第11回目となる「教養教育特別セミナー」は、2022年4月18日（月）に開催された。共通テーマは「SDGsと東北大学の挑戦——気候変動をめぐって」である。本学生命科学研究科の南澤究特任教授、教養教育院の田中仁、尾崎彰宏、両総長特命教授による話題提供の後、質疑応答・全体討論が行われた。3月に発生した地震の被害で会場が使用できずオンライン開催となったが、意欲の高い学生が多く参加し充実したセミナーとなった。後期には、総長特命教授合同講義から数えて第14回目、後継企画としては第2回目となる「ILASコロキウム」を実施した。この企画は従来の「総長特命教授合同の講義」ではなく、学生に近い年代の若手研究者に協力を仰いで、学生と若手研究者並びに総長特命教授が互いに理解を深め合うことをねらいとしている。共通テーマは「若手研究者が語る「知」の最前線」で、2022年10月から11月にかけての開催となった。まずはオンデマンドで4つの講義を視聴させ、質問・コメントをオンラインで送付させた。11月15日（火）には事前に寄せられた質問を含む質疑応答・全体討論を、対面とオンラインのハイブリッド方式で実施した。残念ながら総長特命教授の講義受講者以外の参加が伸びず、今後への課題を残した。なお特別セミナー開催にあつては、学務審議会の先生方の協力を得ており、この組織との共催として実施されている。

開催方法が変わっても、このイベントのねらうところは変わらない。まずは教員側がテーマについて考えていることを提示（講義）し、学生に問題を投げかける。続く全体討論では、学生側が主役となり、講義で投げかけられた問題に対し、意見を述べると共に新たな疑問をぶつけてもらう。それを受けた教員は、再び意見を開陳し疑問点・問題点を解き明かしていく。こうした過程を経ることで、テーマに対する関心が新たになり、理解が「深化」し「進化」する。このような教員と学生との真摯な議論の過程を本冊子によりぜひ追体験していただきたい。

また、本冊子には、学生が寄せた質問や意見と、教員側からのそれらへの回答も合わせて収録した。学生による質問や意見は多岐にわたり、また、本質を突く鋭いものも多数あった。これらにもぜひ目を通していただきたい。

なお、2010年度から始まった総長特命教授合同講義およびILASコロキウムと、2011年度から始まった教養教育特別セミナーの内容は、Webページに継続的に掲載している。これら既刊分も合わせて読んでいただければ幸いである。

2023年3月31日

東北大学 理事・副学長（教育・学生支援担当）、
高度教養教育・学生支援機構長、
教養教育院長

滝澤博胤

《目 次》

巻頭言	i
I 教養教育特別セミナー SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐる—	
1. 1 教養教育特別セミナーの記録	6
開会挨拶	6
地球温暖化と土壌微生物	8
国際共同研究による SDGs の達成	16
SDGs とアポカリプス	22
質疑応答・全体討論	29
閉会挨拶	33
1. 2 教養教育特別セミナー 質問一覧と未対応質問への回答	35
II ILAS コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線	
2. 1 ショートレクチャーの記録：オンデマンド	40
暴力はなぜ起こるのか？ —あなたの知らないあなたの存在—	40
タンパク質の形（構造）を知ろう！	44
蓄電池の未来と学際研究 —光で充電できる電池をつくる—	47
宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸をしてみる	50
2. 2 質疑応答・全体討論の記録：対面／オンライン	55
2. 3 受講学生からの質問・コメントと教員からの回答	73
III データ編 参加状況、アンケート集計、記述欄一覧	
3. 1 参加状況とアンケート集計	84
3. 1. 1 特別セミナー SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐる—	84
3. 1. 2 コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線	93
3. 2 アンケート記述一覧	102
3. 2. 1 特別セミナー SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐる—	102
3. 2. 2 コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線	110
あとがき	113

I 教養教育特別セミナー

SDGs と東北大の挑戦

——気候変動をめぐって

令和4年4月18日

SDGsと 東北大の挑戦

—気候変動をめぐる—



日時

2022年 **4月18日**(月)
13時30分～15時30分(予定)

会場

マルチメディア教育研究棟
2階 M206 12時30分 入場開始

対面またはオンライン同時配信、後日オンデマンド対応

参加方法のご案内など、詳細は3月下旬に
東北大学全学教育ホームページで
お知らせします。

東北大学全学教育ホームページ

<http://www2.he.tohoku.ac.jp/zengaku/zengaku.html>



問合せ

東北大学教育・学生支援部教務課 全学教育企画係
〒980-8576 仙台市青葉区川内41
TEL: 022-795-7578
E-mail: kyom-k@grp.tohoku.ac.jp

プログラム

▶ 開会挨拶 大野 英男 総長

話題提供

▶ 地球温暖化と土壌微生物

南澤 究 生命科学研究科特任教授、東北大学リサーチプロフェッサー

▶ 国際共同研究によるSDGsの達成—水工学の貢献—

田中 仁 工学研究科教授

▶ SDGsとアポカリプス

尾崎 彰宏 教養教育院総長特命教授

質疑応答・全体討論

話題提供者

南澤 究 [土壌微生物学] 田中 仁 [環境水理学]

尾崎 彰宏 [ルネサンスから近世にいたる西洋美術史、芸術理論、日本学]

総長特命教授

水野 健作 [分子細胞生物学] 日笠 健一 [素粒子理論]

▶ 閉会・まとめ 滝澤 博胤 高度教養教育・学生支援機構長

司会 日笠 健一

※プログラムの進行を変更する場合があります



東北大学
教養教育特別
セミナー

SDGsと東北大の挑戦 —気候変動をめぐる—

SDGs(Sustainable Development Goals)とは、持続可能でよりよい社会を実現するため、国連サミットで採択された国際的な開発目標です。貧困や飢餓の克服、福祉、教育、ジェンダー平等、クリーンエネルギー、生物資源、気候変動など、幅広く17の開発目標が掲げられています。SDGsの内容を理解し、SDGsを実現するためには何をすべきかを知ることが、将来を担う若者にとって必須の「現代の教養」といえるでしょう。今回は、気候変動と地球温暖化を主なテーマとして、東北大学のSDGsへの取り組みを考えます。新入生のみなさんが大学での学びを始めるにあたって、本セミナーでの講演と意見交換が、SDGsへの理解を深め、SDGsに掲げられている課題を「自分ごと」として考えるきっかけになればと思います。みなさんの積極的な参加と討論を期待しています。

東北大学は、高度な専門性と分野を超えた鳥瞰力を駆使して新しい価値を創出する若者を世に送り出すため、教養教育の充実を核とする教育改革に取り組んでいます。

この特別セミナーに過去に参加した新入生からは、討論が刺激になった、今までの考え方が変わった、などの感想や意見が数多く寄せられています。



学務審議会・教養教育院共催
東北大学教養教育特別セミナー

SDGsと東北大の挑戦

——気候変動をめぐる——

オンライン開催

後日オンデマンド配信予定

※3/16 発生の地震の影響により、対面は中止します

2022年 **4月18日** (月) 13時30分～15時30分

SDGs (Sustainable Development Goals)は、持続可能でよりよい社会を実現するため、国連サミットで採択された国際的な開発目標です。貧困や飢餓の克服、福祉、教育、ジェンダー平等、クリーンエネルギー、生物資源、気候変動など、幅広く 17 の開発目標が掲げられています。SDGs の内容を理解し、SDGs を実現するためには何をすべきかを知ることが、将来を担う若者にとって必須の「現代の教養」といえるでしょう。

今回は、気候変動と地球温暖化を主なテーマとして、東北大学のSDGsへの取り組みを考えます。

新入生のみなさんが大学での学びを始めるにあたって、本セミナーでの講演と意見交換が、SDGsへの理解を深め、SDGsに掲げられている課題を「自分ごと」として考えるきっかけになればと思います。

プログラム

13:30 開会挨拶 東北大学 総長 大野 英男

話題提供

地球温暖化と土壌微生物 生命科学研究科 特任教授 東北大学リサーチプロフェッサー 南澤 究

国際共同研究によるSDGsの達成—水工学の貢献— 教養教育院 総長 特命教授 田中 仁

SDGsとアポカリプス 教養教育院 総長 特命教授 尾崎 彰宏

質疑応答・全体討論

14:40

話題提供者 ▶ 南澤 究 [土壌微生物学] 田中 仁 [環境水理学] 尾崎 彰宏 [西洋美術史]

総長特命教授 ▶ 水野 健作 [分子細胞生物学] 日笠 健一 [素粒子物理学] 森本 浩一 [文学の理論]

参加者のみなさん

15:30 閉会・まとめ 東北大学 理事・副学長 高度教養教育・学生支援機構長 滝澤 博胤

司会 日笠 健一

※プログラムの進行を変更する場合があります

● オンライン Zoom ミーティング (先着定員 290 名)

定員を超えた場合は YouTube Live による配信 (視聴のみ)

事前申込 (Google forms : DC メールアカウント限定)

[ここから申込フォームへリンク](#)

申込期間 2022年4月8日(金)9時～15日(金)15時

▶後日DCメールへ参加URLをお送りします。動画視聴に適した通信環境をご準備ください。

● オンデマンド配信 期間限定 (4月末日まで)

リアルタイム参加ができない方は、当日の様子を動画で視聴できます。事前申込不要。

4月19日(火)以降、東北大学全学教育ホームページで詳細をお知らせします。

〈参考〉東北大学全学教育ホームページ

<http://www2.he.tohoku.ac.jp/zengaku/zengaku.html>

問い合わせ 東北大学 教育・学生支援部教務課 全学教育企画係 E-mail: kyom-k@grp.tohoku.ac.jp

○教養教育特別セミナー SDGs と東北大の挑戦——気候変動をめぐって 参加申込 form

【参加申込】2022教養教育特別セミナー 「SDGs と東北大の挑戦——気候変動をめぐって」

申込期間：2022/4/8 9:00 ～ 4/15 15:00

アカウントを切り替える

このフォームを送信すると、メールアドレスが記録されます

***必須**

概要

- 対象者
2022年度新入生および東北大学内の希望者
- 開催日時
2022年4月18日（月） 13時30分～15時30分
- 参加方法
Zoomミーティングによる同時配信（先着定員290名）
定員を超えた場合はYou tube Liveによる同時配信（視聴のみ）

申し込みに関する連絡事項

- ・DCメール（または東北大メール）アカウントでお申し込みください。
- ・受付後、2業務日以内に参加URLを含む確認メールをお送りします。
- ・申し込みをキャンセルしたい方は、下記の担当部署（申込取り消し等）までご連絡ください。

※後日、オンデマンドでの動画視聴をご希望の方は、この申込登録は不要です。

所属学部等 *

選択

学年等

回答を入力

氏名 *

回答を入力

■担当部署（申込取り消し等）

東北大学 高度教養教育・学生支援機構 教養教育院
e-mail : lias@grp.tohoku.ac.jp
TEL : 022-795-4723

■担当部署（その他全般）

東北大学 教育・学生支援部 教務課 全学教育企画係
e-mail : kyom-k@grp.tohoku.ac.jp
TEL : 022-795-7578

送信

フォームをクリア

1. 1 教養教育特別セミナーの記録

司会（日笠）：それでは時間になりましたので、教養教育特別セミナー「SDGsと東北大の挑戦——気候変動をめぐる」を始めたいと思います。私は本日の司会を務めます^{ひかさげんいち}日笠健一と申します。専門は物理学です。どうぞよろしくお願いいたします。先月、ちょうどひと月ほど前に、宮城県、福島県を中心にした大きな地震がありまして、その影響でつい最近まで新幹線が止まっておりまして。皆さんの中で遠方から来られた方は、仙台に来るのがちょっと大変だったと思います。実は、本日予定しておりました会場がやはり被害を受けまして、復旧が今日までに間に合わないということで、今回は残念ですがオンラインで開催させていただきます。今日は、東北大の総長の^{おおの}大野先生が、お忙しい中わざわざ時間を割いてくださり、ご挨拶いただけることになっております。大野先生、よろしくお願いいたします。

開会挨拶

東北大学総長 ^{おおの}大野 ^{ひでお}英男

大野：皆さんこんにちは。東北大学総長の^{おおの}大野です。教養教育特別セミナーの開催にあたりまして一言ご挨拶いたします。まずは、皆さん入学おめでとうございます。このセミナーこそ地震のためにオンラインでの開催になりましたが、入学式は皆さんを3年ぶりに対面で迎えることができ、大変嬉しく思っています。さて、本学では、新入生が大学での学びを始めるにあたって、毎年この教養教育特別セミナーを開催しています。これまで、AI、パンデミックなど、その時々の特ピックスを取り上げてきました。今年はSDGsです。

まず、教養について少し触れたいと思います。皆さんも含めて私たちは、正解の明らかではない、あるいは正解のない課題に取り組まなければいけない場合があります。特に社会課題においては、専門的な知識だけでは前に進めなくなることが往々にしてあります。

そもそも、前がどちらかということもはっきりしない場合すらあります。教養は、その際の方向感、あるいは方向感覚を与えてくれるものと私は考えています。ただ、効用があるから教養が重要だというものでもありません。教養は、私たちの人生を豊かにしてくれると私は強く感じていますし、多くの人たちがそのような実感を持っているということも事実であります。試験に出てくる問題には必ず正解が用意されています。これから受ける多くの試験も正解があります。しかし、地球温暖化であったり、大規模災害、格差や貧困、AIやゲノム編集、パンデミック、そして国家間の紛争など、多くの課題には正解やそれに至る道筋が明確にあるわけではありません。社会や人生における方向感、あるいは方向感覚は、私たち一人ひとりが身につけた教養から出発し、そこに専門性が加わり肉付けがされて、社会あるいは人生を動かす原動力となっていくのです。

次に、SDGsです。これは、2015年に国際社会が合意した世界の三大アジェンダのひとつです。他の二つはといいますと、防災・減災に関する仙台防災枠組み。これは、本学もその合意に関わっています。二つ目は、気候変動、特に温室効果ガス削減に関する取り決めを定めた、パリ協定です。SDGsの内容はこの二つと重なっています。そして、持続可能でより良い世界を目指すという2030年までの国際目標です。2030年はすぐ先、8年後ですから、皆さんを含めて我々は、今からその後どうするのかということもきちんと考えていかなければいけません。

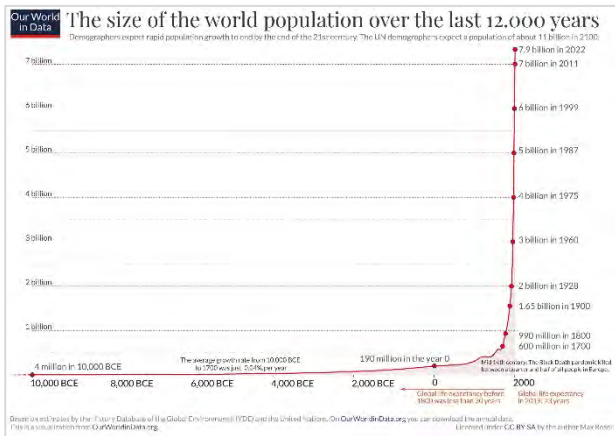
今日のテーマは「SDGsと東北大の挑戦——気候変動をめぐる」です。お一人目は、生命科学研究科でご活躍の、土壌微生物が専門の南澤究先生です。南澤先生のご研究は、先生が大学院生の時にスタートしており、大学らしい息の長い研究です。それが今、非常に国際的にも重要になって、今、土壌微生物を使って、先生は温室効果ガスを削減する国家プロジェクトを率いておられます。お二人目は、教養教育院総長特命

教授の田中仁先生です。田中先生はお若い時にアジア工科大学で教鞭をとられたことがあり、世界的な視点から私たちが絶対欠かせない資源、水について研究をされています。そのお話をさせていただくこととなります。最後は、教養教育院総長特命教授の尾崎彰宏先生です。尾崎先生は、前のお二人とは異なり、人文科学系の研究をされており、特にルネッサンスから近世に至る西洋美術史・美術理論の専門家です。そのような立場から、SDGs に対してどのような光が当てられるのか、あるいは考察をされるのかということは大変興味深いと思います。今ご紹介した三名のご講演の後、議論を深めていきますので、ぜひ、積極的に質問したり、討論に参加して、持続可能な社会の実現に向けた取り組みについて、考えるきっかけを得たり、あるいは考えを深めたりしてください。今回のセミナーが皆さんにとって実り多いものになることを祈念いたしまして、私からのご挨拶とさせていただきます。以上です。

司会（日笠）：大野先生、お忙しいところどうもありがとうございます。総長室からつないでいただきました。

それでは、話題提供のセッションに入りたいと思います。今、総長からご紹介いただきました3人の先生にお話しただくんですが、その前に SDGs という言葉について少しだけお話ししたいと思います。SDGs というのは、皆さん色々なところでお聞きになっていると思います。こういうアルファベットで頭文字をつなげたような言葉は色々なところで目にしますが、場合によっては意味があまり分からないで使っているということもあつたりするわけです。例えば、銀行とかコンビニにある ATM。何の略か、皆さんご存じでしょうか。あるいは、JR とかですね。JR くらいだったら皆さんも分かると思いますけれども。あとは、皆さん川内のキャンパスを歩いていますと SLA というポスターが貼ってあるのをご覧になったかもしれません。SLA というのは何かご存じでしょうか。今後、皆さんの助けになってくるものかもしれませんので、ちょっと気に留めておいてください。それで、SDGs なんですけど、日本語では「持続可能な開発目標」

ですね。こういう訳が使われておりますけれども、元の英語ですと、このロゴにあるように Sustainable Development Goals。この言葉をちょっと見てみましょう。まずは真ん中の Development。これは、日本語だと「開発」と訳されているわけなんですけど、それだとちょっと意味が狭いのかなと思います。例えば、人間が成長していく「発達」も development ですね。心理学で心の発達の分野がありますけれども、それを発達心理学 developmental psychology といいます。あるいは音楽で、クラシックだとソナタ形式というのがありますが、提示部・展開部・再現部とあって、真ん中の展開部というの development です。このように development というのは色々な意味を含んでいて、ただの「開発」というよりもっと広い意味を持っています。これもそうなんですけど、日本語と英語は単語が1対1で対応しているものではなくて、言語というのは、概念の世界に網をかけるようなそんな感じのものだと思いますけれども、そのかけ方というのが言葉によって色々違っているわけです。そういうわけで、英語の意味を知ることによって理解が深まることありますので、それも大学の教養のひとつかと思えます。次に Goals。ゴールは分かりやすいので特に説明する必要はないのかと思えます。皆さん、ここまで受験勉強してきて、そのゴールが大学入学だったと思いますけれども、東北大に入学したというのはゴールではなくてスタートなんですよ。これから皆さんが大学でどういうことを学んでいくか。それが今後の皆さんの人生で非常に大事になってくると思います。ですから、まだゴールという気分から抜けきれない人がいましたら、それは早く切り替えたほうがいいのかと思えます。まあ、多分このセミナーに参加している人は、そういうことを申し上げる必要はないのかなと思えます。次に Sustainable について。これはすごく大事な形容詞で、「sustain できる」というのが sustainable ですが、sustain を易しい言葉で言うと keep が近いと思います。-tain がつく言葉は、maintain とか contain とか色々あります。sustain というのは、下から支えるイメージの言葉ですね。ここで1つだけグラフをお見せしたいんですけど、これは世界の人



口の1万2千年前からの変化を示したものです。1万2千年前、紀元前1万年には人間は400万人しかいなかったわけですが、それが今では2千倍ぐらいになっています。しかもこの200年ほどで20倍近く増えています。地球の年齢というのは46億年ですから、それに比べると一瞬のあいだに非常に大きな変化が起きているわけですね。これは人間の数が増えたというだけではなくて、エネルギーの消費であったり、地球全体で土地であるとか生態系とか、それが急激な変化をしているわけで、これが我々の子孫の世代、もっと将来まで続けていけるのかというのが大きな問題で、それがsustainableかということです。最後にSDGsの-sは、ゴールが複数であるということを強調しているわけで、単数・複数の別というのも日本語にはないものです。これは皆さんご存じかと思いますが、SDGsというのは17のゴールがあって、さらに細かく169のターゲットがあります。本日はこのうち13番目のゴール「気候変動に具体的な対策を」。英語だと簡単にClimate Actionですが、今日はこれについてテーマに掲げております。

最初は、先ほどご紹介がありましたけれども、南澤先生にお話をいただきます。南澤先生、よろしくお願いたします。

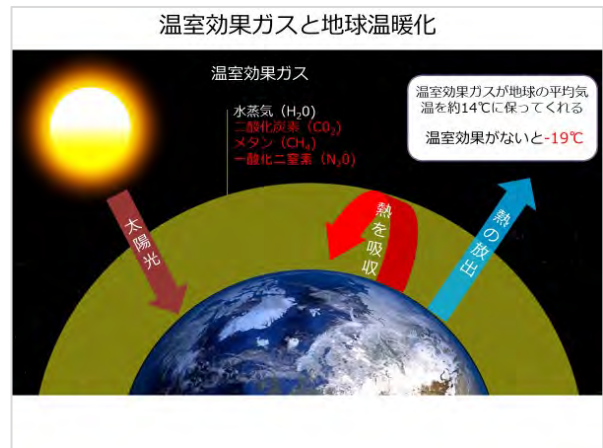
セミナー 話題提供 1

地球温暖化と土壌微生物

生命科学研究所 みなみさわ きわむ
南澤 究

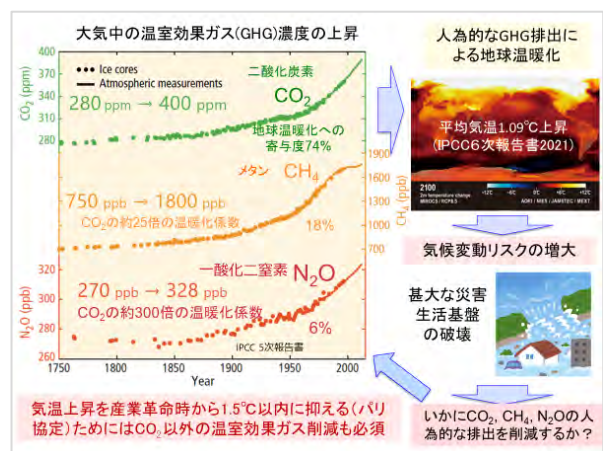
南澤：生命科学研究所の南澤と申します。本日は「地

球温暖化と土壌微生物」について、色々な背景も含めてお話しし、最後に私の研究をご紹介したいと思えます。入学おめでとうございます。



[スライド1]

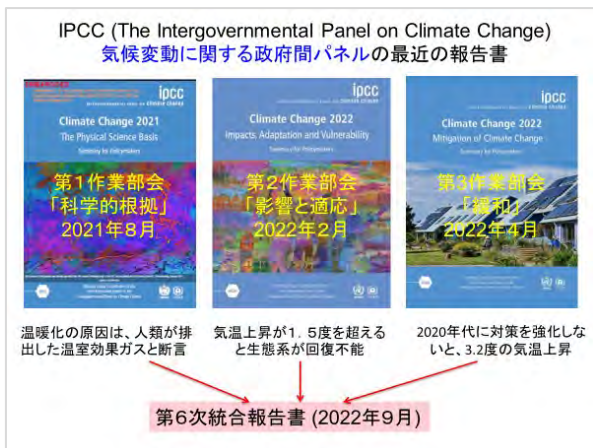
まずは、温室効果ガスと地球温暖化についてお話ししたいと思います。太陽光は地球に降り注いできて、その熱は地球から外に放出されます[スライド1]。もし、温室効果ガスがない場合は、地球の平均気温は-19℃になります。しかしながら、適切な温室効果ガスがあると平均14℃というように、熱、赤外線を吸収するガスがあることで、温和な地球環境が保たれています。ここに掲げた4つのガスのうち、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素という気体は、自然にも存在していますが、今、人為的にこれらの濃度が上がっているということが、地球温暖化を起こしています。



[スライド2]

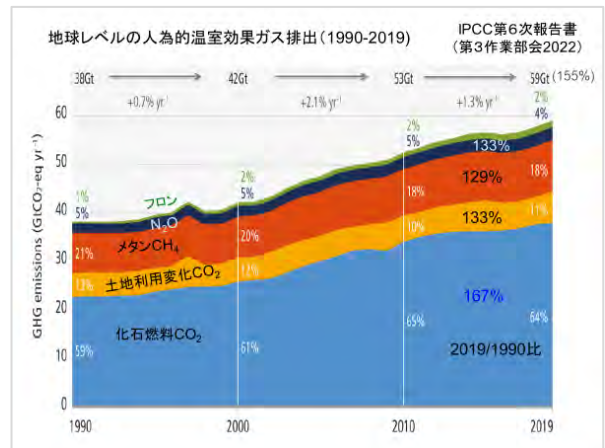
このグラフは二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の濃度上昇を示したものです[スライド2]。二酸化炭素

の濃度上昇が一番高く、地球温暖化への寄与は74%と極めて高いのですが、メタン、一酸化二窒素 N_2O も、温暖化係数が CO_2 の約 25 倍とか約 300 倍ありまして、それぞれ地球温暖化に貢献しているということになります。現在、もうすでに平均気温が $1.09^\circ C$ 上昇していて、気候変動リスクの増大、甚大な災害や生活基盤の破壊が起こってきています。我々がいかに温室効果ガスを減らせるかということが世界的な課題になっています。



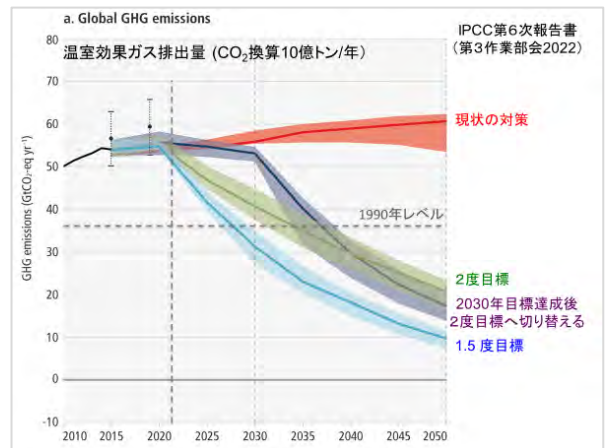
[スライド3]

IPCC (気候変動に関する政府間パネル) に3つの作業部会がありまして、昨年からこの第6次報告書ではじめたのですが、ちょうど今月全部そろったところであります[スライド3]。地球温暖化の原因が温室効果ガスであるかどうかというのはいろいろ議論があったのですが、2021年8月の第一作業部会の報告書ではもう断言しています。また、 1.5 度を超えると、もう生態系が回復不能になる。あるいは今のままいくと、 3.2 度の気温上昇が起こるとい、色々なポイントの報告が、それぞれの立場から出ています。第6次統合報告書というのが、今年の9月に出るとされています。



[スライド4]

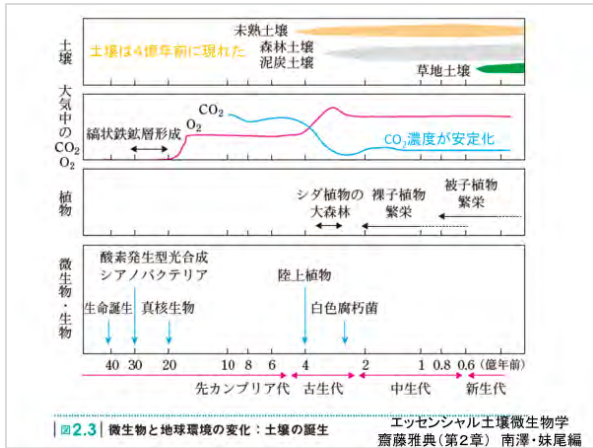
第3作業部会の報告書を和訳してみました[スライド4]。1990年から2019年の30年間に平均して155%も年間の温室効果ガス速度が増えてしまいました。そのスピードは2000年から増加分が多くて、中身の構成はやはり化石燃料由来の CO_2 が多い。化石燃料でない CO_2 というのもあります。あとはメタンガス、それから N_2O ガス…と続きます。4月の第3作業部会報告書に書かれているデータを見ますと、



[スライド5]

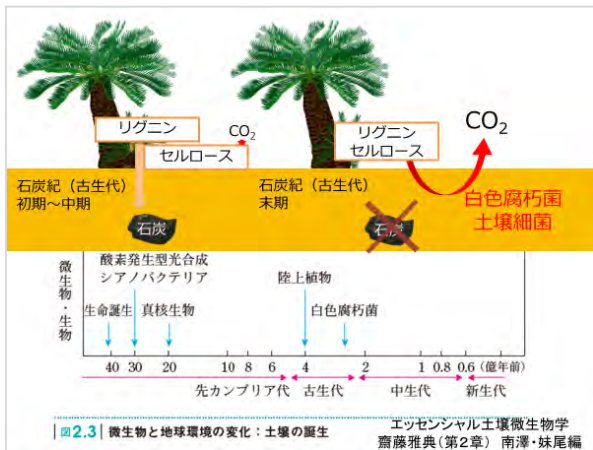
現状を維持すると温室効果ガスの排出速度は減らない[スライド5]。点線が1990年のレベルです。今、 1.5 度目標とか 2 度目標とか言われていますけれども、 1.5 度にするには温室効果ガスの人為的な排出量を急激に下げないといけない。おそらくこれは無理だと。どうしてかと言うと、2030年までにCOP26で出した目標が達成されても、2030年までで紫色のラインをたどり、そこからものすごくきつい政策を

やって、2度目標によやく届くというような現状です。CO₂ 1トン当たり 100ドルぐらい払って努力すれば簡単に減らせるのに、どうしてやらないんですかと、というようなことが報告書には書いてあります。



[スライド6]

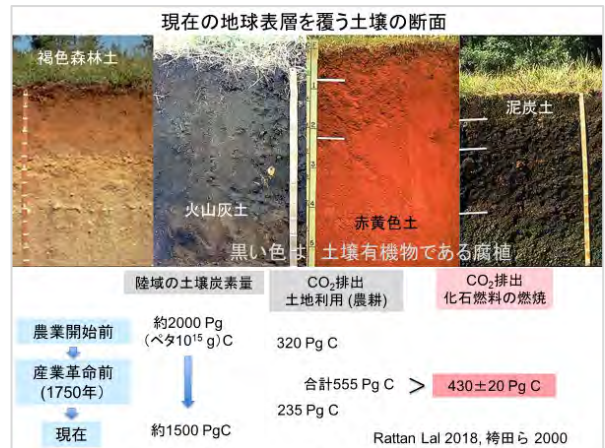
本日のもうひとつの話題が皆さんの周りにある土壌です[スライド6]。土壌は最近できたものです。陸上に植物が上がった約4億年前です。それから、岩石の風化物が生物と反応して土壌というものできました。それまではCO₂濃度はすごく高くて、シダの大森林ができたことによって急速にCO₂濃度が減って、安定しました。



[スライド7]

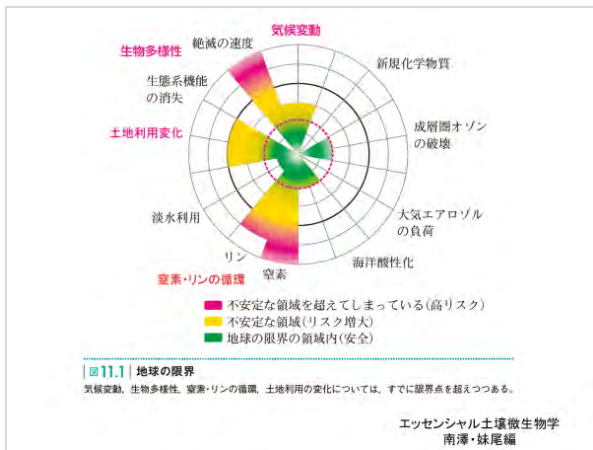
実は、皆さん、石炭というのはもうできないってご存じでしょうか。石炭ができたのは古生代の石炭紀。陸上に植物が上がってすぐの、4億年から3億年の間です[スライド7]。どうしても石炭ができないか

という、木の中にリグニンという物質がありまして、このリグニンを分解する微生物が進化してできた。その土壌微生物がリグニンを分解してCO₂にしてしまうので、今は、木は全部分解されちゃうんですね。ということで、我々がエネルギーとして使っている石炭というのは、こういう進化の妙技で生まれてきていると言えます。



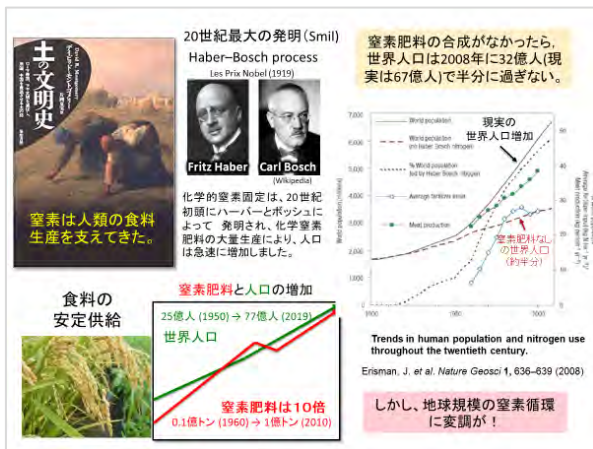
[スライド8]

これは土壌の断面図ですけど、色々な土壌があります。よく見るとこの黒い土壌というのがありますが、この黒いものは土壌の有機物で、腐植と言われます[スライド8]。この土壌の有機物は、人間が農業を行う前は2000Pg(ペタグラム)、10の15乗をペタと言いますけれども、2000Pgあったのですが、現在は1500Pgしかありません。どこかに500Pg消えてしまいました。その消えた先は、ほぼCO₂になって出ています。すなわち産業革命前が320Pg、後が235Pgで、合わせて555Pgの炭素がCO₂になって大気中に出てしまった。これはすごい量なんですね。人類が化石燃料燃焼で出しているCO₂の量というのは430Pgですから、それよりも大きいということになります。このように、土壌が蓄えている炭素は非常に大量にあって、人間が生きるために開墾して消費してしまったというふうに言えます。



[スライド 9]

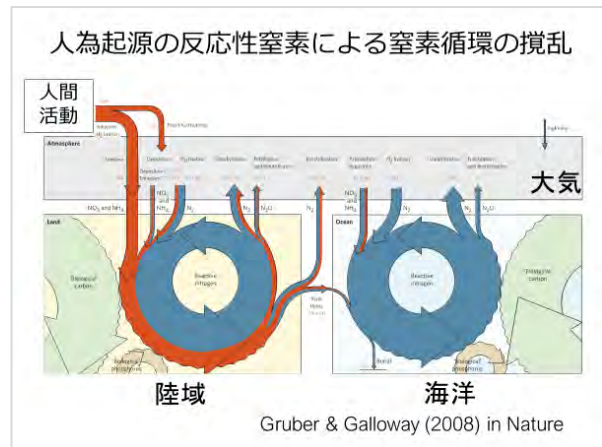
もうひとつの視点なんですけれども、これは SDGs の基礎になった「地球の限界」という報告があります [スライド 9]。今、地球はどこが危ないかというと、気候変動もありますけれども生物の絶滅とか、窒素とリン酸の循環が非常に大きい問題になっていて、この窒素に関して少しお話しをしたいと思います。



[スライド 10]

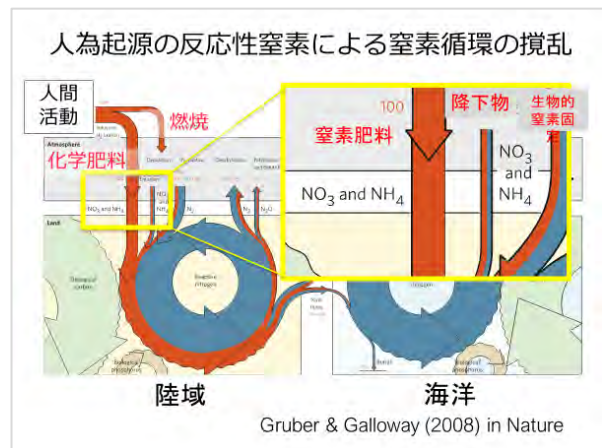
窒素肥料としてチリ硝石が使われていて、19世紀初頭の前はその分捕り合いで戦争が頻発していました。ところが20世紀になって、バーバーとボッシュという科学者が、大気中の N_2 からアンモニアを化学的に作ることに成功し、ノーベル賞を取られました [スライド 10]。これは、実はコンピューターや飛行機などを超える20世紀最大の発明じゃないかと言っている学者もいるわけです。先ほど人口の推移が出ましたけれども、世界の人口は現在どんどん増えています

が、もし窒素肥料の発明がなければ世界の人口は今の半分、それ以上は養えないということになります。こういった意味で、食料の増産をこの化学的窒素固定で達成したわけですが、地球規模での窒素循環にも大きな変調が出てきています。



[スライド 11]

大気中の窒素ガス N_2 はほとんど何とも化学反応しないんですけれども、いったんアンモニアとか硝酸などの無機窒素化合物になりますと、それがタンパク質になったりアミノ酸になったりして色々反応を起こすわけですね。そういう窒素を反応性窒素と言います。



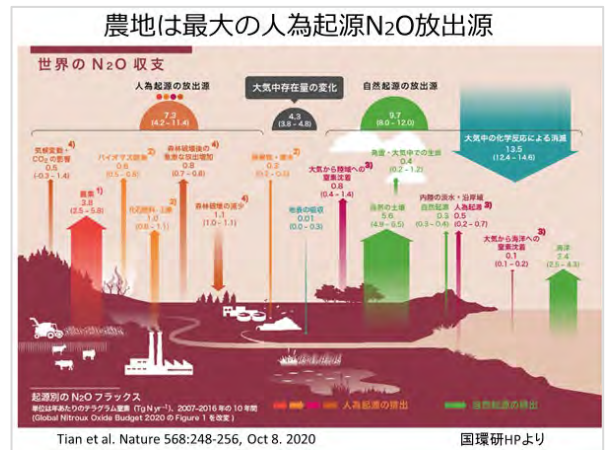
[スライド 12]

スライドのブルーが自然の窒素循環です。赤が人間の負荷分です [スライド 11、12]。すなわち人為的な窒素の投入によって、大量の窒素によって主に陸域に負荷がかかっている。それが色々な問題を起こしているということになります。



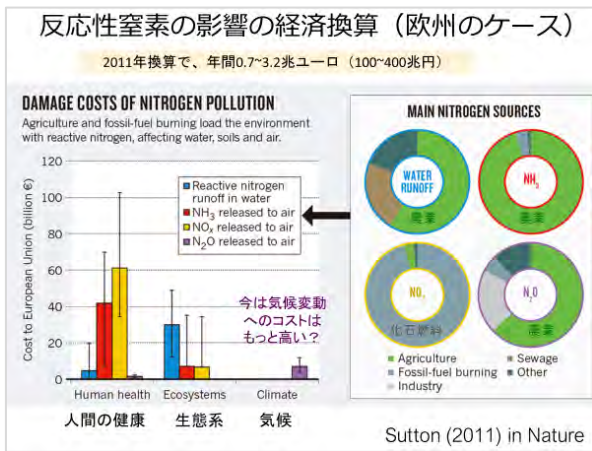
[スライド 13]

これ[スライド 13]は、地球全体の窒素収支を明らかにした最近の論文ですけれども、化学肥料、堆肥とか、生物的窒素固定、窒素降下物のインプットがあって、アウトプットとして農作物が出てくるわけですけれども、インプットの半分以下が農作物で、残りはガス態で大気に放出あるいは地下に溶脱をするという形で、窒素の環境汚染が極めて厳しくなっています。



[スライド 15]

その一つのアウトプットが N₂O になります。地球レベルの N₂O 収支が、トップダウン、ボトムアップ、色々な方法で調べられています[スライド 15]。自然起源の放出源というのがありますが、人為起源で見ますと、農業が半分以上を占めているんですね。したがって、農業からの N₂O の放出が極めて大きな問題になっているということが分かります。



[スライド 14]

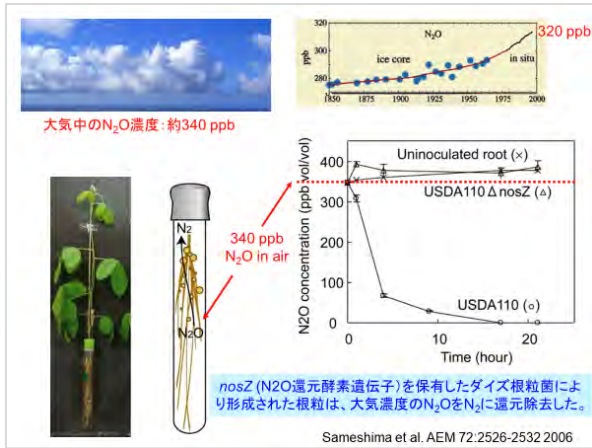
これ[スライド 14]は 2011 年に EU の研究者が、じゃあどのぐらい窒素の負荷によって我々は経済的損失があるだろうかという積算をしたものです。EU 内において人間の健康、生態系、それから気候変動への負の影響のお金を足していくと年間 100~400 兆円の、デメリットを我々は被っている、経済的損失があるというのを推定しています。こういった意味で、温室効果ガスと同時に、窒素の循環が変調をきたしているという問題はきわめて深刻です。



[スライド 16]

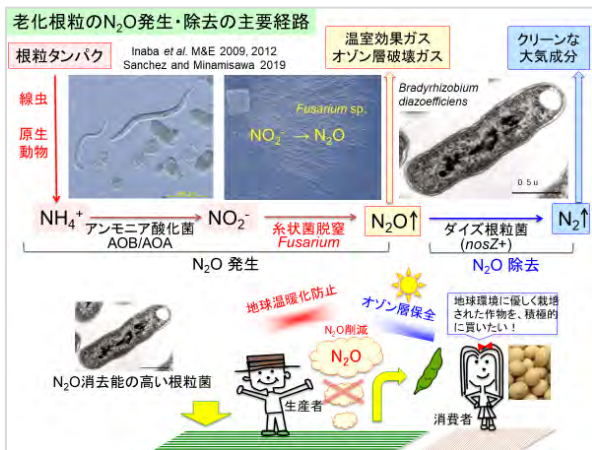
ここで、私の研究をご紹介します。空中の窒素ガスをアンモニアに変えるという反応は、元々は微生物がやっていた。これは窒素固定といまして、その微生物が植物と共生することによって、とても効率よく生物的な窒素固定を行います[スライド 16]。これは 100 年ぐらい前から知られていますが、土壌細菌である根粒菌がマメ科植物の根に感染して、根粒と呼ばれる特殊な組織を作る。ブルーに染ま

っている根粒の植物細胞1個を拡大すると、根粒菌が細胞内共生しているのが分かります。細胞内共生している根粒菌は活発に窒素をアンモニアに変えています。同時にこの微生物はN₂Oという温室効果ガスをN₂に無害化するというのを私は発見しました。



[スライド 17]

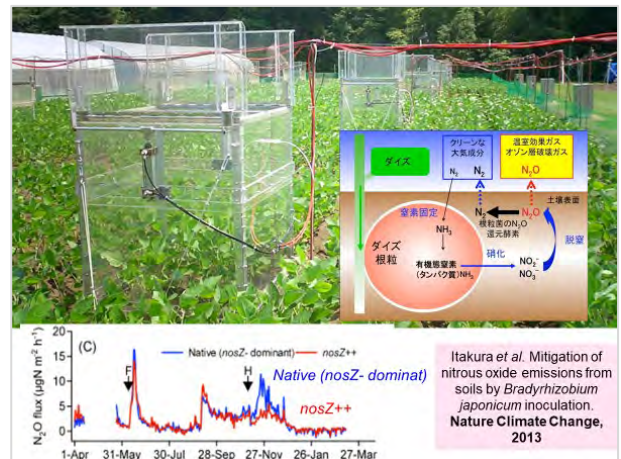
それならばということで、実験をやってみますと、N₂O還元酵素遺伝子を持っている根粒菌は、大気中の希薄な340 ppbのN₂Oを減らすことができ、きれいにしてくれるということが分かりました[スライド 17]。



[スライド 18]

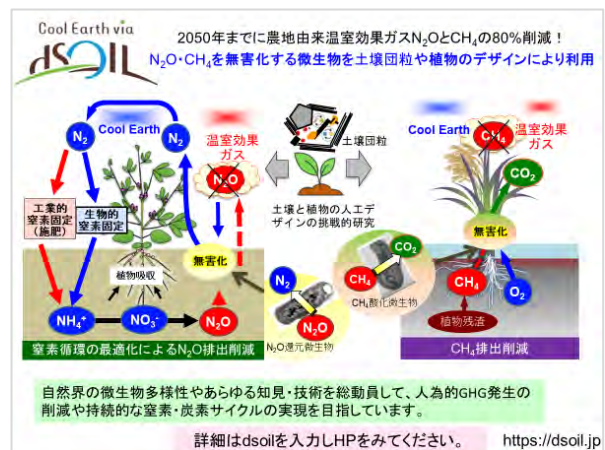
さらに研究を進めたら、土壌動物だとかカビがN₂Oを放出しますが、吸収するほうは、根粒菌のN₂O除去をする能力に依存しているということが分かりました[スライド 18]。したがって、このN₂O除去能力の高い根粒菌というのを自然界から見つけてきたり作ったりすることによって、N₂Oの発生を減らせ

るのではないかとということで、実際、



[スライド 19]

筑波の研究所の圃場で接種実験を行いました[スライド 19]。そうしますと、N₂O発生が、収穫期のところで、約半分に減らせるということが分かりました。



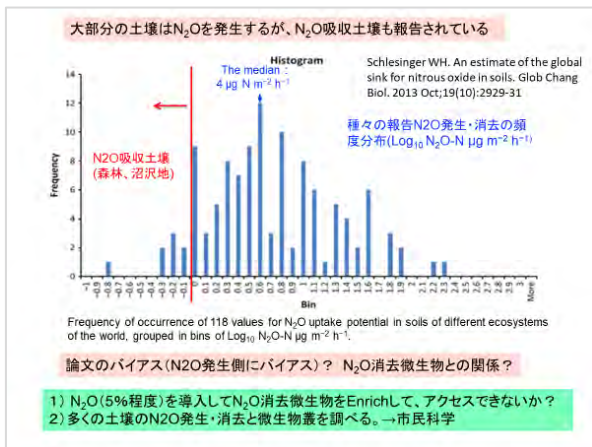
[スライド 20]

今はこの実績をもとにしてムーンショット・プロジェクト、我々はCool Earth via dSOILと言っていますが、dSOILプロジェクトというものを立ち上げまして、微生物、土壌、植物、情報科学の研究を融合して、温室効果ガスを減らすプロジェクトというのを進めております[スライド 20]。もし興味がありましたら「dSOIL」と打ち込んでいただければ、ホームページをご覧になれます。



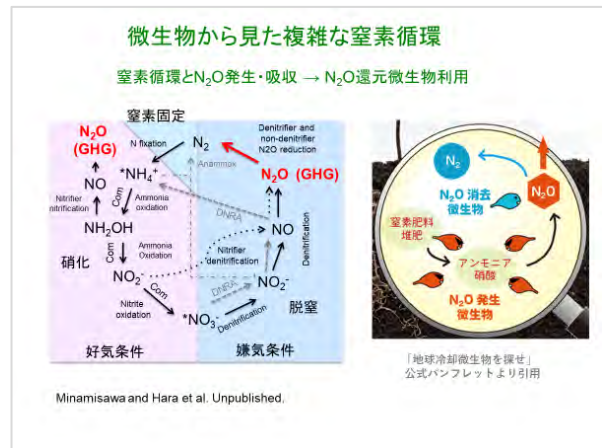
[スライド 21]

私たちはやはり地球環境問題を考えるうえで、研究者だけがやって何か技術を作ったという手法ではなくて、市民の皆さんと一緒にやる必要があるだろうと、東北大発で市民科学を進めております[スライド 21]。この市民科学には色々な意味があります。



[スライド 22]

なぜそういうことを考えたかということですが、環境科学では、これはこちら(上図右側)の土壤が N₂O 発生で、こちら(上図左側)の土壤が N₂O 吸収というように、今までのデータをまとめると、こうなるんですね。わずかですが N₂O を吸収する土壤があると。N₂O 吸収する土壤には吸収する N₂O 消去微生物がいるはずですが、しかし、その辺がちゃんと研究はされていないということで、市民の皆さんに土壤からの N₂O 発生・吸収を測っていただいて、その微生物叢と一緒に調べるといってプロジェクトを始めました。

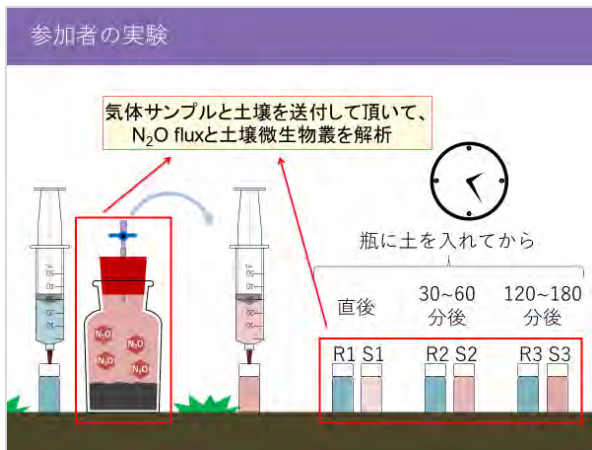


[スライド 23]

具体的には、[スライド 23]の左側は専門的すぎるので上図の右側を見ていただくと分かるんですが、肥料とか堆肥をあげると N₂O が出る。あるいは、植物根の周りでも N₂O が出ます。それを消去する微生物を見つけようということです。

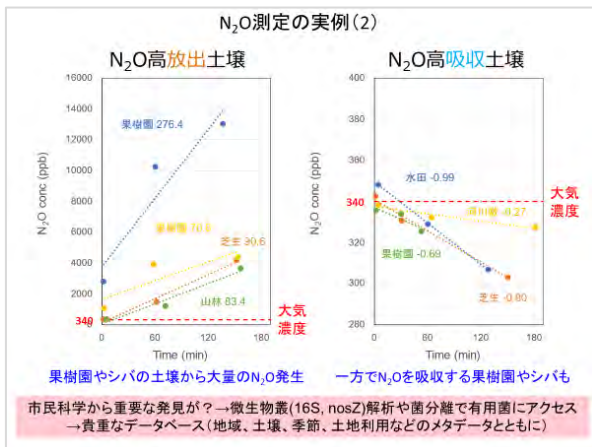
[スライド 24]

このような[スライド 24]パンフレットを作りまして、2021の11月から始めています。私たちとしては新しいものを見つけないということと、市民の皆さん、あるいは学生さん、小学生も結構参加しているんですけども、そういう人たちとコミュニケーションをしながら知識を共有して対話をする、それによって我々も勉強できる。市民の方も科学に関心を持ってもらえるということで、今のところまだ186人で300サンプル弱ですが、4か月ではよく集まったと考えています。



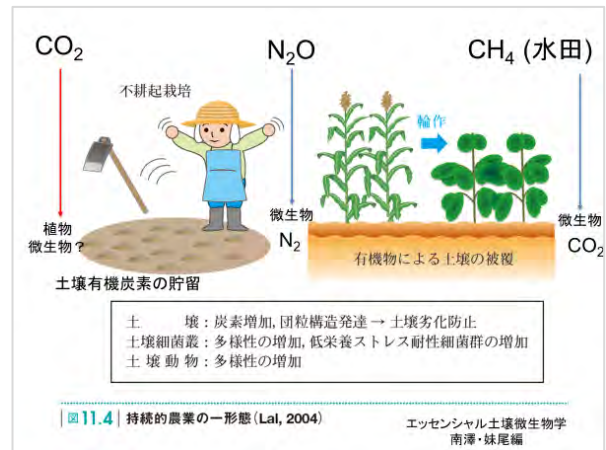
[スライド 25]

具体的にはガスを採取して、ガスと土壌を送ってもらって、我々のところで調べて結果を送って、結果の説明会をやってフィードバックしています[スライド 25]。



[スライド 26]

今まで N_2O ガスを放出している土壌がたくさん見つかりました。と同時に、 N_2O を吸収している土壌というのも確かにありまして、その理由が興味深いところでもあります[スライド 26]。



[スライド 27]

今回は主に N_2O と CO_2 についてお話ししました。やはり農業のあり方の問題がひとつあるんじゃないかということが言われていまして、土壌を耕さないで、有機物による土壌の被覆と輪作をする保全農業というのが今求められています。もし保全農業を進めていくと、土壌に CO_2 をある程度貯留することが可能になってくるのではないかと考えています。今回は話題にしませんでした。メタンも人為的に排出されており、微生物を使って減らすということを今やっているところです。皆さんも、温室効果ガスというものがどういふもので、削減するためには我々はどういふことをすべきなのかということも含めて、皆さんの将来に関わることで、考えるきっかけになればと思います。どうもありがとうございました。

司会 (日笠) : 南澤先生、どうもありがとうございました。質問に対するお答えは、3つお話が終わってからその後のセッションでやりますので、質問のあるかたはチャットに書き込んでいただきたいと思いますけれども、Zoom にチャットという機能があります。そこに書き込んでいただければと思います。質問の内容、あるいは長くなるようでしたら「〇〇について質問があります」ということだけでも構いませんので、書いていただければと思います。話の途中でも、忘れないうちに書き込んでいただければ後から交通整理しますのでよろしくお願いします。

それでは、2番目の話で、田中仁先生のお話を伺います。「国際共同研究による SDGs の達成」ということで、田中先生、どうぞよろしくお願いします。

国際共同研究による SDGs の達成

—水工学の貢献—

たなか ひとし
教養教育院総長特命教授 田中 仁



[スライド1]

田中：皆さんこんにちは。それでは私から「国際共同研究による SDGs の達成—水工学の貢献—」というお話したいと思います。まずは、入学おめでとうございます。「水工学」という言葉は、多分初めて聞く皆さんも多いと思うので、私の自己紹介を兼ねて、まずこれについてお話したいと思います。



[スライド2]

私も今から 40 数年前に、皆さんと同じように東北大学に入学し、その後大学院までずっとこの仙台で勉強しておりました。研究の内容としては、海や河川の話、基礎流体力学、それから津波とか洪水など自然災害の調査研究をやってきました。そして、海外との共同研究もやっており、タイ、バングラ、ここにあるような南国で共同研究をしました。今日はこのボリビア、あまり馴染みはないかと思いますが、での研究、ベトナムにおける国際共同研究のお話を紹介したいと思います。水工学という分野は河川や海に関わるという



[スライド3]

テーマですが、こういった形で河川の流域から沿岸域まで含んでいます。河川の水には窒素やリンなど色々な物質も含めて流れてきます。または土砂も流れていく。そういったことを扱います。それと、令和元年には大変大きな水害がありました。そんな水災害の話。それから水質の問題、環境の問題も含まれます。それから一つ大事なものは、水資源ということです。それもこの分野で扱われています。そして、海岸における波のこと、流れのこと、そして砂が動いて海岸が侵食されるとかそういったテーマもあります。我々は港を造って海を利用するという場合もあるわけです。一方でそういった人口構造物が沿岸域の生態系に影響を及ぼさないようにといった配慮も重要なわけです。先ほど、南澤先生のお話にもありましたけれども、地球環境のこと。地球環境が非常に大きく変わってきて、海という広いエリアが地球環境に及ぼす影響も大きい。また、海面上昇が生じることによって、我々の沿岸域、海洋開発、そういったものにも大きな影響を及ぼしている。先ほどもお話した災害の話ですね。津波、高潮、こういったものも我々の研究分野になっています。

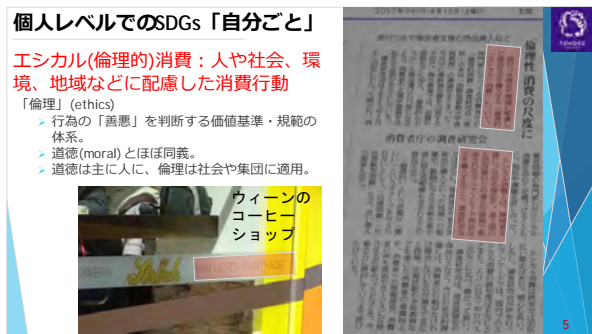


[スライド4]

この図は、先ほどイントロダクションで出てきたものですが、17の目標 Goals のうち我々の水

工学に大きく関わるものがいくつかあります。まず「安全な水」ですね。これが水資源に密接に結びついています。そして「気候変動」によって雨の降り方、台風の発生の仕方、そういったものが大きく変わってきている。海面も上昇してくるということですね。海面が上昇して砂浜がほとんど消えてしまうという予測もあります。気候変動についても、我々は目を向ける必要があるということです。そして、「海の豊かさ」が我々の生活の豊かさをもたらしているという点も非常に重要なところ。最近、海域でのマイクロプラスチックの存在が大きな問題となっていますけれども、海の環境を守らなければいけない。そして海の流れを考えると、「陸域」の流れを無視することはできません。陸域からいろいろな物質、窒素やリンなどの栄養塩といわれるものが流れてくる。その海と陸のつながりを無視することはできない。そういった海や陸を守ることによって、我々が「住み続けられるまちづくり」ができるというわけです。そして今日は国際共同研究というお話をするわけですが、それはまさに「パートナーシップ」ですね。世界中には途上国もあれば、一方、すでに発展を十分にした国もあります。いろいろな発展レベルが違う国があって、我々はこういったパートナーシップをもとに目標を達成するという大きなミッションを持っています。

今日は、この国際共同研究ということでお話をするわけですが、ちょっと考えてみると SDGs に対しては個人レベルでもいろいろなアプローチがあります。本日のセミナーの趣旨のところに書いてありますが、「自分ごと」として考えるという視点も大事だと思います。たとえば、エシカル消費です。ethics と



【スライド5】

というのは倫理ということですね。皆さん、ものを買う

ときに、ただ安ければいいという視点もあろうかとは思いますが、人や社会、環境、地域などに配慮した消費行動が求められる、そういったことで SDGs に貢献するという消費もあるわけです。これは数年前の新聞から取ったものですが、ここにありますように、エシカルな消費というものが重要であると書かれています。そしていわゆるフェアトレードを考慮した消費行動を行うということをここで述べています。これは私が仕事でウィーンに行ったときに撮った写真です。ここはパンやコーヒーを食べる場所なんですけれども、そこに WIRLEBEN FAIRTRADE と書いてあります。このお店自体がフェアトレードの考え方で運営していますよということが書いてあります。ということが書いてある店に是非行こうという人もいるわけです。そういったエシカルな消費行動を行うことによって、例えば食品ロスを減らす、「飢餓をゼロに」するといったことへの貢献があります。「健康と福祉」オーガニックなものを消費するというのがこれに関係しています。それからフェアトレードによって「住み続けられるまちづくり」に貢献する。また



【スライド6】

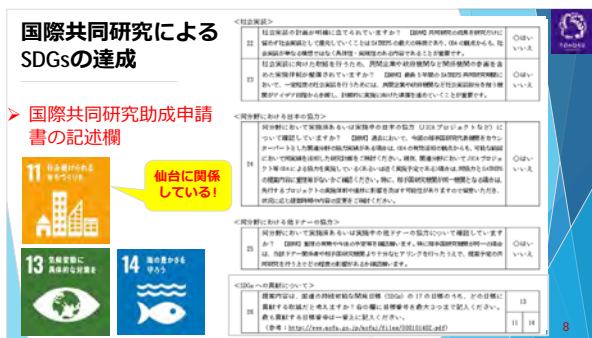
「つくる責任 つかう責任」ですね。そういったことも関わってくる。これらは個人レベルの話ですね。先ほどもお話ししましたが、脱プラスチックということで、「海の環境を守る」ということに貢献する。あるいは環境と生物の多様性を増やしていくということで「陸の豊かさ」にも貢献する。そして、生産者との連携ということもひとつ「パートナーシップ」に繋がってくることです。

これらは個人レベルでのひとつの SDGs の方向性ということであるの紹介したわけですが、他にも会社

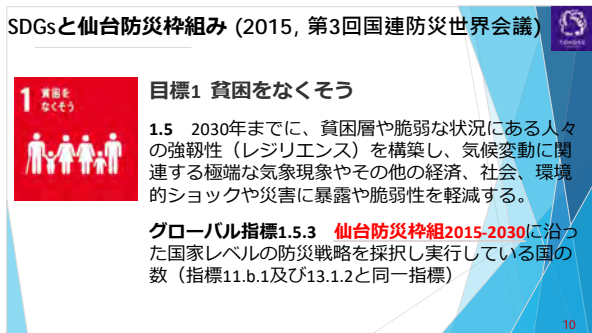


[スライド7]

レベルで、小売業あるいは外食産業、そういったレベルでのSDGsの達成のあり方というものもあります。例えば、ここに書いてあるのはコンビニのローソンですが、SDGsの取り組みについて積極的にやっていきたいということが書かれています。



[スライド8]

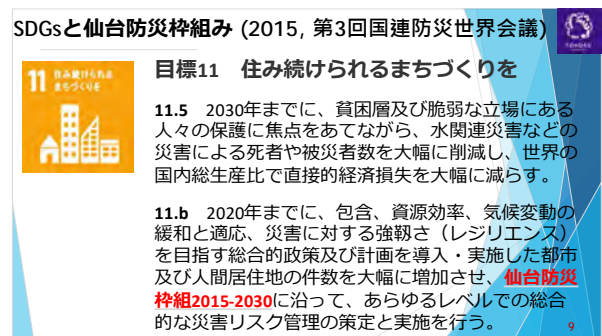


[スライド10]

さて、今日の本題であります国際共同研究によるSDGsの達成ということですが、これは私自身が以前に申請した申請書の一部で、ベトナムで海岸浸食の研究をやるというテーマです。他のページを見るとこんなことが書いてあります。お前の研究はSDGsのどの部分に貢献できるかと。先ほどゴールが17あるとお話ししましたが、その何番と何番にお前の研究は貢献できるのかと。これは国際共同研究で、地球環境

に貢献できるテーマを申請しなさいという趣旨ですので、直接的にSDGsが関わってくるわけです。そして、この中で私が海岸侵食というテーマで上げたゴールは、「住み続けられるまちづくり」です。海岸が侵食してそもそも土地がなくなるということが危惧される。「気候変動」によって海の波が大きくなる、そして海面が上昇する、その気候変動に対応しなければいけない。そして、「海の環境」も守らなければいけない、そういったことが関わってくるというわけです。

ここで、「このテーマが実は仙台に関係しているんだよ。」ということをお話して、「えっ、そんなことがあるのか!？」とみんなが驚くかなと期待したのですが、実はその種明かしは先ほど総長からのご挨拶にありました。それは、仙台防災枠組みというものSDGsに大きく関わってくるということです。



[スライド9]

例えば、「住み続けられる」まちをつくるということですが、貧困層とか脆弱な立場にいる人たちが、水関連の災害で亡くなる。それを減らしましょう。そのために、仙台防災枠組が2015年に国連の防災会議で採択されています。それに沿って災害のリスク管理をしましょうということ。この「住み続けられるまちづくり」の部分に我々の仙台が非常に大きく関わっているということです。それから、「貧困をなくそう」というテーマは私の研究テーマに直接的に関与してはありませんが、このゴールについても、やはり仙台防災枠組みで謳われていて、これに則った政策を進めていこうということが書かれています。

海外プロジェクトの事例（1）

**SATREPS/JST・JICA
ボリビア 氷河**

◆ JST/JICA(〃) SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム

▶ ボリビア：南米最貧国
▶ 首都ラパス：標高3000m-4000m

標高5000m以上の氷河での調査



[スライド 11]

さて、いよいよ具体的な私のプロジェクトです。ボリビアというと多分あまり馴染みがなくて、「どこだろう？」と思う方が多いかもしれません。南米にある国ですけれども、これは地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムという、JST と JICA の共同プロジェクトです。JICA という名前は、皆さん聞いたことがあるかと思います。このプログラムで6年間、調査研究をおこないました。実際、私自身もここに行ったんですけれども、写真の場所は標高 5000m を超える氷河地帯で、そこで調査を行いました。ボリビアは南米の最貧国で、首都ラパスは富士山よりも高いところにあります。5000m まで行くと酸素が足りなくて大変な思いをするんですけれども、こういった現地調査も行いました。

プロジェクト背景

●ボリビア国の水資源

- 氷河消失に伴う水資源枯渇の危機
- 都市部への人口流入（水需要の増加）
- 上下水道計画の見直し

ボリビア Chacaltaya 氷河の後退, IPCC AR4 WGIz (2007)

1940	0.22km ²	1982	0.14km ²
1996	0.08km ²	2005	0.01km ²

La Paz, El Alto 市内の人口増加



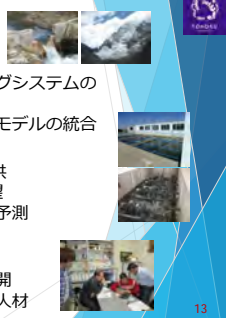

[スライド 12]

この研究の背景ですけれども、ボリビアの水資源を考えますと、現在、5000m を超える場所の氷河は溶けて、今のところ水資源が豊富である。しかし、この IPCC のレポートにあるように、以前スキー場だったところがもうどんどん目に見えてなくなっています。今はもうこの場所でスキーはできません。それほど目に見えて雪が減ってきているということです。一方で、

これは首都のラパスですが、大きいビルもありますけれども一方でこの高いところに貧民街が貼り付いている。周辺から都心に人が流入しています。おもしろいのは、山の手というのは日本ではお金持ちが住むところなんですけれども、ここは山の手は酸素が薄くてお金のない人が住んでいます。

プロジェクトの狙い

1. 水資源管理適応策モデルの開発
 - 水文・気象・水質モニタリングシステムの構築
 - 氷河融解・流出・土砂・水質モデルの統合
2. 水関連機関への科学的知見の提供
 - 2030年代までの水資源の展望
 - 人口・社会変動に伴う水需要予測
3. 水資源管理を担う人材育成
 - モデルの普及と他地域への展開
 - 長期的な環境問題に取り組む人材



[スライド 13]

こういった背景のもとで、将来的な水資源管理をどういうふうに行っていくのかということです。モニタリングのシステムを作ること、そして将来的な氷河融解を踏まえたうえで、数値モデル、シミュレーションモデルを開発するということです。その結果を水関連の機関に知見を提供して、彼らが将来的な予測をできるようにしてあげようということです。プロジェクトは6年の期間ですけれども、地球温暖化の影響というのはその後もずっと続くわけですから、人材を育てることがとても重要です。そこで、人材育成も大きなテーマに上げています。そしてこういったことが、SDGs の具体的にどういったことにつながっているのでしょうか？ 南米の最貧国という話をしましたが、「貧困をなくそう」といったことにも貢献するということが目標にしております。

プロジェクト体制

Group1 雪氷	Group2 流出	Group3 土砂	Group4 水質	Group5 水マネジメント
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

東北大学
代表：田中 仁教授
工学研究科、理学研究科、災害科学国際研究所

東京工業大学 福島大学 日本大学

日本人研究者、JICA長期・短期研修員

ボリビア国立サンアンドレス大学
代表：Angel Aliaga教授
水理水文研究所、衛生研究所

ボリビア水資源プラットフォーム(※)
ボリビア環境水省、上下水道公社など
※2014年10月に設立。プロジェクト加入の申請中、11月中に承認。

研究活動

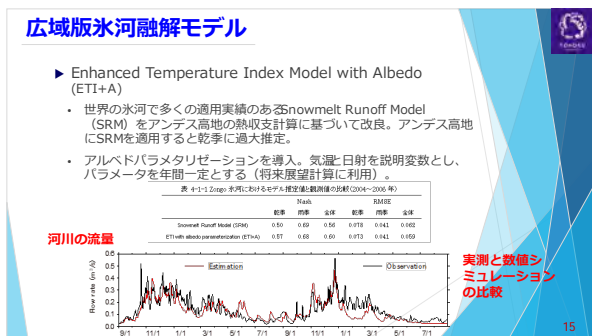
社会実装



[スライド 14]

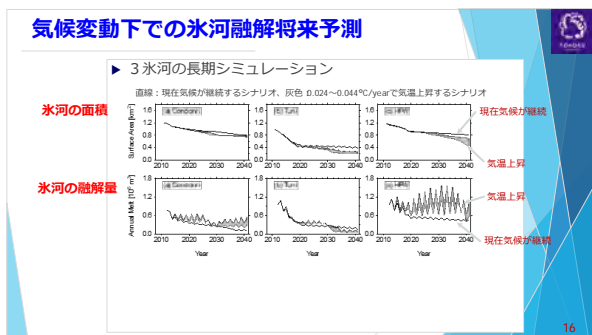
プロジェクトの中では東北大学が中心になって、日

本の大学とボリビアの大学と共同研究をしました。この中で非常に重要な点は、次のことです。先ほど総長のご挨拶の中に、みんなは今までは正解のある問題を扱ってきた、けれどもこれからは必ずしもそうじゃない、というお話がありました。研究において、ある方向性である答えが出てきたとしましょう。ですが、ただその結果を社会に実装しよう、社会に役立てようとする、必ずしも研究で出てきた結果がそのまま社会に実装されるというわけではありません。社会実装する中で、色々な関係者がいる中で、そこで合意形成が必要になってきます。そこでは研究の中で出てきたものが必ずしもそのまま実装されるというわけではなくて、そういった社会の仕組みも考えていく必要があるというわけです。



[スライド 15]

我々はこういった氷河の融解プロセスを数値シミュレーションする技術を開発しました。この図は、河川の流量を示したのもので、夏に氷河が溶けた、冬に流れが少なくなってくる、また夏に氷河が溶けるといような現象をシミュレーションします。そして、



[スライド 16]

そのシミュレーション手法の妥当性を検証した後に、将来の気候変動下での氷河の様子をシミュレーションします。氷河の面積、それから氷河の融解量、それについて、もし現在の気候がそのまま継続したらこう

いう結果となる。一方、気候変動の色々なシナリオのもとでは、このように氷河の面積がどんどん減っていく、そのようなシミュレーション結果が得られました。また、氷河の融解量についても、現在の気候の状況でずっと行けば実線のような変化ですけれども、気候変動下では融解量が増えていく。そして氷河の形で水が枯渇してくるということで、将来的にこういった対応をしたらいいのかといったことを研究しました。



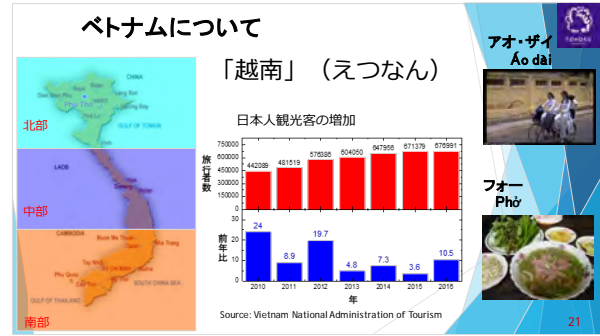
[スライド 17]

次に、話がちょっと変わって、今度はベトナムの海岸侵食という話をしたいと思います。ベトナム北部には首都のハノイ、南にはホーチミンがあって、中部にダナンという大きな町があります。今はコロナの関係で止まっていますが、ダナンには日本からも直行便が飛んでいます。数年前にはここで APEC 首脳会議があって、当時の安倍首相を含めて色々な国から首脳が集まって議論しました。実は、その会議をやった会場のすぐそばまで海岸侵食が広がっています。その現象について調査研究を現在も行っています。ここにクアダイという地名があって、これは大きな口、あるいは大きな門という意味なんです。ダイは大なんですね。もともと中国語から来た言語ですから、漢字の影響を大きく受けています。これはある新聞から取ったもの



[スライド 18]

ですけれども、ベトナムの首相が日本を訪れた際に当時の日本の天皇陛下とお話をしました。その中で、地球温暖化について海水による陸地の侵食、海岸侵食ですね、それをベトナムの首相は大変危惧していると話があって、一方、天皇陛下からは稲作への塩分の影響が大きいのではないかといったお話をされた。海岸侵食、気候変動の影響が大きいということがこの記事からも分かります。



[スライド 21]

ベトナム、越南（えつなん）と書きます。中国から見て南のほうに越えたところにある国。そこに越南という国があったということですね。アオザイとかフォーとか、身の回りに聞かれるベトナム語が最近増えているかなと思います。



[スライド 19]

こんなかたちで共同研究をやっています。以前はこの前にも 200m ぐらいの砂浜があったんですけども、どんどん削られて、このビーチリゾートまで破壊されてしまった。そういった場所の調査研究をやっています。この研究で、SDGs の 13、14、11 番目の項目に貢献します。この海岸侵食の現場の近くにはホイアンという町があります。昔、日本人町というのが



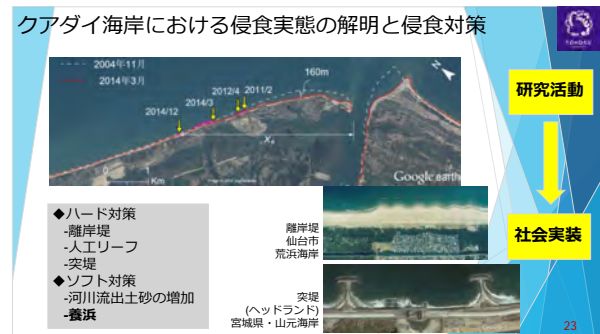
[スライド 22]

これ（下の写真）はベトナムの現場で、こっち（上の写真）は日本の静岡県の天竜川ですが、パッと見ると、見分けがつかないくらいですね。非常によく似ているところがあって、こんなふうに、日本の地形とよく似ている。けれども、色々な課題を抱えているということで、国際共同研究をやっています。



[スライド 20]

あって、非常に日本とのつながりも強かったのが、地元の人でも大変親日的です。



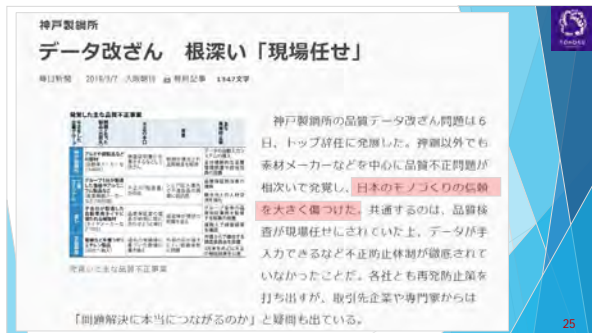
[スライド 23]

ここにありますように、侵食の実態の解明、そして対策、そういったことを研究しています。



[スライド 24]

およそ時間になりましたので、最後に、ベトナムでこんな印象的な経験をしたということをお話しします。ベトナムのハイフォンというところにラックフェンという港があります。その現場を見せてもらいました。この後、地元の技術者から「ぜひウチに来てくれ。」と招待され、その際に彼の自慢のオーディオルームを見せてくれました。今もメタルカセットテープって売ってるんですかね？ 我々が学生の頃は、カセットテープに音楽を録音するというのが普通だったわけなんですけれども、彼は私が訪れた際に、日本のマクセルのメタルカセットテープはすばらしい、最高の音質だと言うんですね。我々の日本の技術が評価されているということ、とても嬉しく感じました。一方で、



[スライド 25]

当時こんなことが問題になっていたんですね。データの改ざん。最近も役所とか企業を含めて色々な改ざん問題が出てきます。これにより、日本のモノづくりの信頼を大きく傷つけたということが記事にあります。技術に対する信用を作り出すためには大変長い時間がかかる。でも良いものに対しては、いまだにこういうふうな信頼してくれる人がいるということ。でも、その信頼を失くすのはあつという間です。皆さんは今、学生さんですけれども、将来的にはどこか組織に所属

してそれぞれの場での倫理観、あるいは SDGs というものを感じながら仕事をします。ぜひ、今後の人生の中で SDGs を含めて倫理観というものを常に考えながら人生を過ごしてほしい、考え続けてほしいと思っています。

私からは以上です。どうもありがとうございました。
司会（日笠）：田中先生、どうもありがとうございました。先ほども申しましたように、質問はチャットのほうに書き込んでいただければと思います。まだまだ受け付けていますので、南澤先生への質問も含めてよろしくお願ひします。

最後になりますが尾崎彰宏先生のお話を伺います。尾崎先生は西洋美術史がご専門ということで、タイトルは「SDGs とアポカリプス」です。アポカリプスというのは何なのか、ご存じでしょうか。それもお話の中で分かってくるかと思ひますので、どうぞ、よろしくお願ひします。

セミナー 話題提供 3

SDGs とアポカリプス

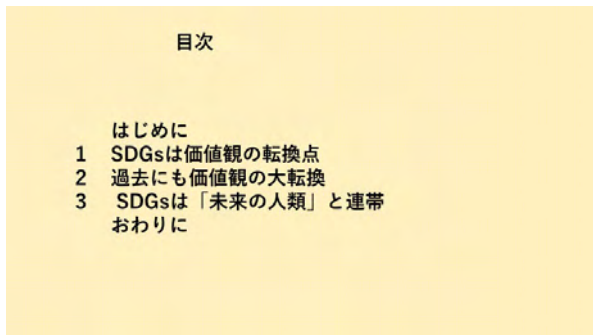
教養教育院総長特命教授 おざき あきひろ
尾崎 彰浩



[スライド 1]

尾崎：皆さん、ご入学おめでとうございます。南澤先生、田中先生から SDGs について具体的な大変素晴らしいお話がありうかがいながら、知らないことばかりですこぶる勉強になりました。さて、私の話は、先の先生方とはちょっと毛色が違ひて、人文系の方面から SDGs にアプローチしてみたいと思ひます。[スライド 1]をご覧ください。タイトルは「SDGs とアポカリプス」です。「アポカリプス」については

後でお話しします。話の要点は、副題として英語で書いてあることにつきます。Aiming for Solidarity with Humankind in the Future（未来の人類との連帯を目指して）です。つぎに目次を見てください。



【スライド2】

話の順序はそこにあるとおりです。まず、SDGsの提言は、価値観の大きな転換点を期するもので、こういった転換点というのは過去にもあったということに触れます。そして価値観の大転換について具体的な事例をふたつ挙げます。それからこうした転換期に私たちはどういうふうに対処すればSDGsを実践しながら実りある生活を送ることができるのかを考えていきます。そこから行き着くのが未来の人類との連帯というところ。最後は、そのことが、この会の冒頭に総長がお話しになった教養の問題につながっていればと思っています。



【スライド3】

「アポカリプス」というのは、皆さんの中には知っている人もいると思いますが、新約聖書の最後に来る「ヨハネ黙示録」のことを指します。この本はだいたい2世紀頃に出来上がったものですが、ヨハネというのは、ヨハネの福音書を書き記した聖ヨハネと同一人物だと言われています。人類は楽園において「アダム

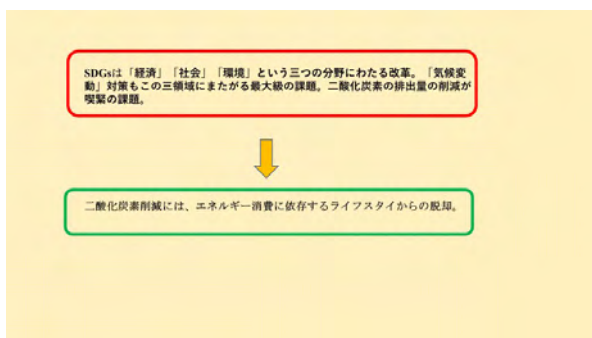
とエヴァ」が神の言いつけに背き、禁断の知恵のみを食した罪の報いとして、原罪を刻印され、苦役と寿命を課せられることとなります。死ぬことが運命づけられたわけです。死というと現代人には大変不幸なことだと思う人が多いでしょうが、しかしキリスト教においては、死は救済でもあります。その意味でキリスト教の本質は救済のための宗教です。「最後の審判」の裁きを受け、善なる人は天国に迎え入れられます。そして永遠の生を約束され、罪から救済されるわけです。反対に、罪がある人は地獄に落とされ、永遠にその業火によって焼かれる。救済と滅びがワンセットになっていることができます。その意味で「アポカリプス」は、希望の書ともいうことができるでしょう。この文脈に沿って考えるならSDGs、瀬戸際に立った人類が自己救済の企てをするための処方箋であり、道標とみなすことができるでしょう。先ほど、お二方の先生からも、自然環境の状態について非常に深刻なお話がありました。つまり、私たちはいかにして、未来に生き残っていけるのかということです。環境対策に失敗すれば、おそらく地球にとって、つまり私たち人間を含めたすべての生き物の生存が著しく危機に瀕することになるわけです。このように破滅へのシナリオは、一方は宗教から、他方は科学からの帰結ですが、ともに絶望と希望が背中合わせになっているということで、ひとつの共通性があるのではないかと。人類の滅亡は、3枚ほど写真を持って来ましたが、これは16世紀のドイツの最大の画家であったアルブレヒト・デューラーの「黙示録」連作からの写真なんです。興味のある方はネットででも後で見てください。



【スライド4】

まず一つめです。SDGsについては先ほどから色々

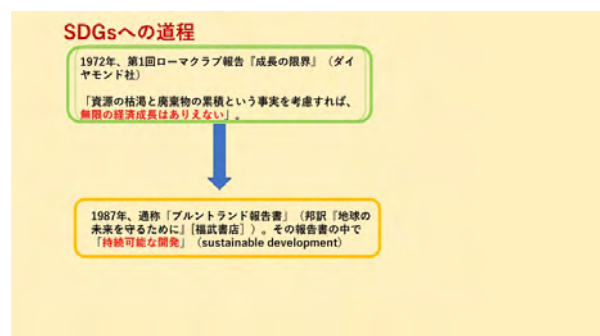
なかたちでお話があるので、詳しく説明するまでもないと思いますが、2015年に国連加盟国の全会一致で採択された。ここで非常に重要なことは、全会一致で採択されたということです。だいたい今のウクライナ情勢をはじめ重大な問題が国連に提出されたことを思い出してもらえば分かるように、全加盟国が賛成するなどということは普通にはあり得ません。ところがSDGsについては、関係者の大変な努力によって全会一致になった。これは驚異的なことです。しかし喜んでばかりもいられません。全会一致というその点は大変すばらしいのですけれども、その決まったことになかなか解釈の幅があることです。SDGsには「気候変動に具体的対策を」など17項目の達成目標があって、その下に169項目のターゲットが細分化されています。17でも多いんですが、169項目のターゲット、これは、加盟国がそれぞれの立場からこれも加えてくれという要求があって、どうしても削れずにこういう形になったようです。SDGsは、経済や社会、環境という3つの分野をクロスした改革です。つまり、それぞれの分野が独立した柱になっているわけではなくて、それぞれが入れ子状態になっています。3領域が密接にかかわっているわけです。このセミナーで問題



[スライド5]

にしている気候変動対策は、この3領域にまたがる最大級の課題です。そしてこの気候変動において解決すべき緊急の問題は、先ほどから話題になっている二酸化炭素の排出量の削減です。気候変動の問題は、誰もが早急に取り組まなければならない最重要課題と位置づけていますが、効果をあげるのがなかなか難しい領域でもあります。気候変動を引き起こす原因として二酸化炭素は外せないようそではありますが、全会一

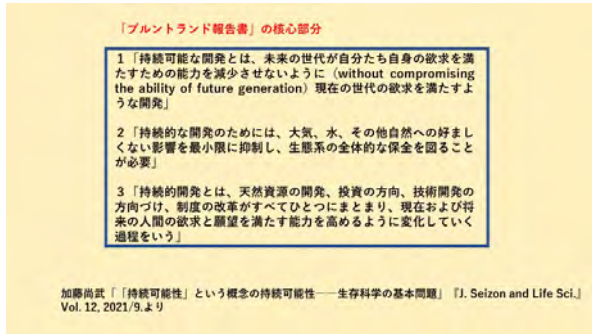
致というわけにはいかず、難しい利害関係がからんでいます。二酸化炭素の排出にしましても、これはエネルギー消費量に依存するわけですし、排出量と空気中の濃度との関係も問題になってきます。ザックリいえば、削減量を減らしただけで、その濃度が薄くなるかというと、そう簡単ではないからです。すでに相当量の蓄積が海中などに溶け込んでいます。そんなこんなで、簡単に言えば私たちのライフサイクルを大きく変えなければならないということが課題として入ってきます。



[スライド6]

SDGsへの道のりについて振り返っておきましょう。いきなりSDGsということがいわれたわけではありません。前身がありました。地球の環境の問題が大きく取り上げられ始めたのは、1972年に第1回のローマクラブ報告においてです。これは『成長の限界』というタイトルで、日本語にも翻訳されています。そこで「成長の限界」ということがはっきり打ち出されました。重要なことは、「資源の枯渇と廃棄物の累積という事実を考慮すれば、無限の経済成長はありえない」ということです。もう成長は諦めろという非常にショッキングなことが出てきたのです。1972年の段階の話です。これを受けて、じゃあ具体的にどうしようかということになり、ようやく1984年になってノルウェーの首相でありましたブルントラント氏が中心となって委員会が立ち上がるわけです。8回の委員会を行った結果、1987年にブルントラント報告書というのが出されます。これは『地球の未来を守るために』という邦訳があります。図書館にもあります。その報告書の中で「持続可能な開発」 sustainable

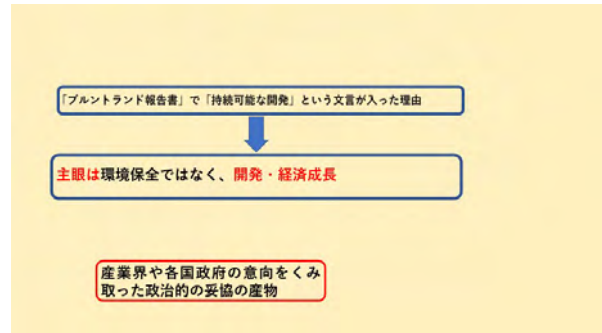
development という、今の SDGs の SD の部分ですけれども、これはすごいなとか、非常に良いなと思われるかもしれませんが、実はこれは抜け道です。



[スライド7]

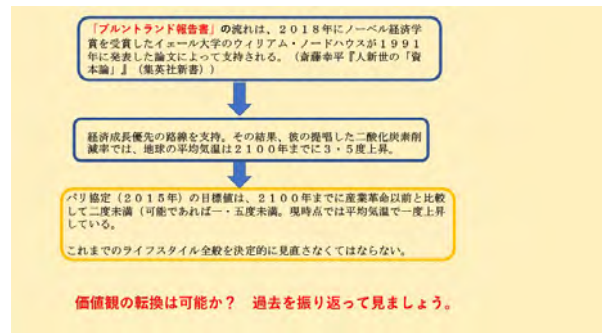
というのは、先ほどの「ローマクラブ報告書」のところで、もう無限の開発というのはないよと言われたので、開発ができないということは産業界としては大変な痛手であるわけです。こんなもの飲めるわけがないわけです。そこで、色々な方たちで議論をしていって、「持続可能」ということはつまり成長できるということなのですね。やり方によってはできますよと。つまり、だましましやればできますよと、こういうことなのです。そこで「持続可能な開発」という文言を入れたわけです。ですからこれは、ひらたくいえば成長を続けましょう、ということです。それで、ブルントラント報告書の核心部分というのは、次の三点に要約することができるんです。一つめは「持続可能な開発とは、未来の世代が自分たち自身の欲求を満たすための能力を減少させないように現在の世代の欲求を満たすような開発」。非常に回りくどいですが、二つめは「持続的な開発のためには、大気、水、その他自然への好ましくない影響を最小限に抑制し、生態系の全体的な保全を図ることが必要」である。三つめは「持続的な開発とは、天然資源の開発、投資の方向、技術開発の方向づけ、制度の改革がすべてひとつにまとまり、現在および将来の人間の欲求と願望を満たす能力を高めるように変化していく」。つまり、開発して人間の欲求をそこそこ満たしましょうと。じゃあその程度はどうなっているのですかっていうことについては一切触れないわけです。ですから非常に玉虫色に

なっている。



[スライド8]

このブルントラント報告書で「持続可能な開発」という文言が入った。結論ありきだったともいえるでしょう。先ほど言いましたけれども、要するにこれは環境保全ということが主眼にあったのではなくて、どうやったら開発・経済成長をやっているのかと、やっていきましょうよということでき合したかったということです。これは、産業界や各国政府の意向をくみ取った政治的な妥協の産物として出てきたわけです。



[スライド9]

そしてこの「ブルントラント報告書」の流れはその後ずっと続いていく。この流れに同調するかたちで非常に罪深いことをやった人がいます。2018年にノーベル経済学賞を受賞したイェール大学のウィリアム・ノードハウス。この人は非常に有名な人で、邦訳もたくさん出ています。1991年に発表した論文の中で彼は、経済成長優先の路線を支持していくんです。その結果、彼が提唱した二酸化炭素削減率というのを出しているんですが、それだと、地球の平均気温は2100年までに3.5度上昇するということになるんです。当初はそんなことにはならないという言い方でやって

いたのですが、実際に計算しなおすとそうになってしまう。だけでも、多くはこのノードハウス、つまりノーベル経済学賞を取る人がそんなことを言ってくれるのだからというかたちで、経済界を含めて大変な追い風になってしまうわけです。これではやっぱりだめなのだということになるんですが、それで、ノードハウスが91年に言ったことなのですけれども、これは賛否両論があって、もちろん産業界は支持しましたが、支持しない側もありました。後者の流れかがパリ協定へとつながっていくのです。2015年時点での気温上昇の目標値は、2100年までに産業革命以前と比較して2度未満、可能であれば1.5度未満に抑えたいところでした。これは先ほど、南澤先生からも色々ご説明ありましたが、現時点では平均気温で1度未満になっているのですが、この達成はほぼ絶望的に近い。ですから、これまでのライフスタイル全般を徹底的に見直さなければならないということになってきているわけです。こういった、いわゆる消費を中心にしていく生活、経済成長というものがなければだめだろう、いわば資本主義の右肩上がりの方法を採用する、そういった価値観からの転換がせまられているわけです。しかしそうしたことは可能か。つまり、価値観の転換ができるか、ということが私たちに突きつけられているわけです。

2 過去にも価値観の大転換

世界観の劇的な転回。たとえば、天動説から地動説への転回

「目的論」から「機械論」への転回⇒「why(なぜ)」から「how(いかに)」

パラダイム転換

カトリックからプロテスタントへ
資本主義の発達。結果として
富を得ることが「善」から「悪」へと逆転
価値観が転換する

われわれの価値観は普遍的ではなく、
時代によって大きく変化する

[スライド 10]

ちょっと過去を振り返ってみますけれども、過去にも価値観の大転換が何度もありました。スライドの右側に絵が2枚あります。上のほうはピーテル・ブリューゲルの《死の勝利》。16世紀の作品で、これはプラド美術館、スペインのマドリードのプラド美術館に所

蔵されています。ちょっと図版が小さくてよく見えな
いかもしれませんから、あとで大きな絵をネットでも
見てください。絵には骸骨の死者たち、つまり地獄か
らの死ですね。死が、人類を食い尽くし、つぶしてい
くわけです。そして中央に一人騎士が身構えて戦おう
としているんですが、まあ多勢に無勢でやがてその騎
士も殺されちゃうだろうと思います。つまり、宗教的
な思想に支配された考え方に立つ限り、もはや世界は
滅亡するように運命づけられているということがあ
らわされているわけです。ところが下の図は《漂白場
のあるハールレムの風景》です。17世紀のオランダ
の非常に美しい風景が広がっています。これをご覧に
なってわかるように、繁栄していく17世紀オランダ
の世界がここに広がっています。つまり、16世紀の
ブリューゲルに描かれた世界観で滅亡する運命にあ
った世界が、17世紀のライスダールに描かれた世界
観では、滅亡とは正反対の世界が現れています。考え
方を変えることによって、世界は非常に素晴らしいも
のであるという、自分たちが世界をこれから良くして
行けるというふうに、考え方を大きくチェンジしてい
る。まずその世界の考え方のチェンジのひとつをあ
れるなら、小学生でもよく知っている、天動説から地動
説への転回があります。私たちは朝起きて太陽を見ると太陽が動いているように見えるのであって、私たちは地球が動いているように見えません。これをどうしてなのかと説明しろと言われても大変難しいですが、誰もが今は、そうではなくて地球が動いているのだと思っている。これだって、およそ16世紀までそういうふうには考えられていなかった。しかし古代においてはアナクシマン드로スという人は現代のように地球が動いていると考えていました。

それから、目的論から機械論への転回も考え方の重大な転換です。17世紀に大きく転回します。この変化で何か変わるのかといいますと、説明の仕方です。目的論では、「なぜ」ということが重要です。なぜ地球はあるの？ とかですね。神が世界を創造したのだという考え方がありますが、現代の私たちだと、ビッグバンの結果、様々な連鎖が生じ、その一環として地球も生まれてきたと考える。天文学に詳しい人だと、

非常に理路整然と、ビッグバンからこちら側へ至る道筋の解説をしてくれるはずですが、しかし、なぜビッグバンは起こらなきゃいけなかったのですか？ なぜ地球が存在しなきゃいけなかったのですか？ となると、「なぜ」ではなくて、「いかに」存在したかということは説明が可能だけれども、「なぜ」を解き明かすのは難しい。しかし、実は17世紀に至るまでのヨーロッパにおいては、この「なぜ」ということが重要でした。つまり地球が存在することによって、神の偉大さというものを証明してくるんだと。これは「創世記」を繙けばわかるように、地球は神によって創られたわけです。そして人間も創られていくという。それはやはり神の偉大さというものが証明されていく中で出来上がっていくわけです。「なぜ」ということが非常に大きな問題になってくるわけですね。これを目的論と言います。それが当然のことだと思っていたわけですが、でも、だいたい17世紀の半ばを境にして、なぜとか、そもそも神がそんざいするのかということも自明ではなくなっていくんです。そうなってくると、なぜにこだわる必要などなくなり、なぜではなく、如何にということに関心が向いていく、つまり科学的な思考が幅を利かせていく。その「いかに」ということを説明する機械論的な世界へとチェンジしていく、そこから科学というものが大きく発展していくことにはなります。

このパラダイム転換、つまり考え方の根本的な変化というものが、実は現代に至るまでしばしば、ヨーロッパの中においては起こってきています。ヨーロッパはこの危機 **crisis** をバネにして大きくチェンジしていくことをやってきたわけですね。危機はチャンスというわけです。先ほどの2枚の絵について言えば、カトリックからプロテスタントへの転回において起こってくる。カトリックにおいては、富を得ていくことは悪だということになりますが、17世紀のオランダというのは商業によって、おおいに富を得ていくわけです。つまり、富を得ることは善なんだ。それは神のためになるのだというように、全く考え方を変えてしまうわけですね。そうすることによって、今まで非常に後ろめたくやっていたことを大っぴらにやれる

ようになっていくという。そういうふうになって、価値観が大きく変動していくことになるわけです。これは、ひとつの資本主義の発展ということに繋がっていくわけです。ですから、我々の価値観というものとは決して普遍的なわけではなくて、時代によって大きく移り変わっていくこととなります。

3 SDGsと「未来の人類」との連帯

SDGsを強力に実践するには、未来の人類との連帯が必要。

「未来の人類」との連帯

地動説は、コペルニクスからすれば、アリスパルコスとの連帯だが、自己が信じる主張をしたことアリスパルコスから見れば、約1800年後のコペルニクスとの連帯が生まれたことになる。

「贈与」という視点 (cf. マルセル・モース「贈与論」)
 「贈与」の重要な側面は、贈与交換は人と人との関係だけではなく、「眼前に存在しない存在」や「神聖な存在」とも関係をもつ手段。

↓

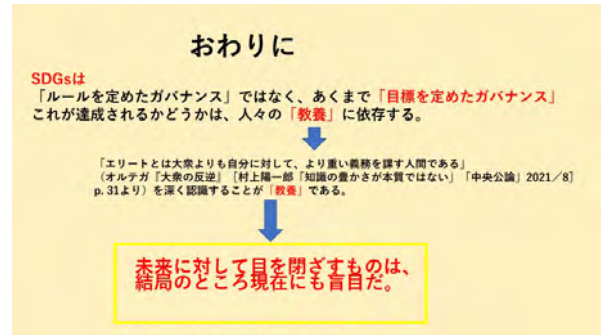
「未来の人類」への「贈与」

この実践には個々人の意識改革 (大人になること) が求められる。その始まりとは？

[スライド 11]

そうすると、今の私たちがやらなければならないことは、これまでそうだった、過去はそうだったというのではなくて、時代にふさわしく変わらなくちゃいけないということなんです。そこで **SDGs** というのは何をやるのかということ、私は、未来の人類との連帯ではないか。これが非常に重要な問題です。**SDGs** を強力に実践するには、未来の人類との連帯が必要です。未来の人類との連帯とはどういうことかということ、例えば先ほど出しました地動説は、16世紀にコペルニクスが出したわけですが、最初に古代、紀元前3世紀にアリスパルコスという人がすでに地動説を唱えていました。しかしアリスパルコスの説は、とっくの昔に忘れ去られていました。コペルニクスが出たことによって、昔もそんなことを言ったヤツがいたんだ、ということが発見されるのですけれども、アリスパルコスという人がこう言ったと。そのことでアリスパルコスの名前というのは、灰のなかから甦るわけです。すごいヤツがいたんだとなる。それで、コペルニクスによって復活することになったわけです。普通に言うと、コペルニクスが出たからアリスパルコスが評価されるようになった。アリスパルコスの立場から見ると、彼は自ら信じることをやったわけですね。当時は顧みられもしなかったけれども、彼は信じることをやったわけ

です。Science の基盤だと言ってもいいでしょう。Science を基盤にして彼は学として信じることをやり、そして信じることを言い続けたわけです。誰も信じなかったけれども。しかしそれが 1800 年後にコペルニクスとの連帯が生まれることによって、彼は浮かび上がって来るわけです。つまり、現代というのは、現代においてそんなの無理だよとか、そんなこと言うともみんなに叱られそうだとか、どうも左右を見たり空気を讀んだりといったぐあい、何も言わないというのではなくて、やるべきことをやるということですね。これがやっぱりどうしても必要なのだということだと思います。これがひとつの未来との連携なのです。自分たちがやったことは未来に評価されるということは、未来の人との連帯が生まれることです。単に未来の人に評価されるということではなくて、未来の人たちとのそこで初めて連帯が生まれるので、だからそういう未来との連帯——繋がりというのは、現代人同志の間だけではなくて、つまり生きている人たちの間だけではなくて、まだ生まれていない、まだ見えない人たちとの連帯ということがまず必要だということになるわけです。それからもうひとつ「贈与」という考え方があります。贈与というとマルセル・モースの『贈与論』というのがありますから、興味のある人は読んでください。贈与というのは、あげて、もらう、まあこんな関係のことですけれ、ひらたくいえば、ものの交換のことです。これは人間関係だけではなくて、目の前に存在しない存在、つまり未来とか、あるいは神聖な存在、神とか仏とかとの関係です。これを指しているわけです。そうすると、やはりこの贈与という考え方をしていったときに、未来の人たちへの贈与というかたちで、私たちは繋がりを持つことができるのではないかと思います。こうした実践を行っていくには、個々人の意識改革、つまり大人になること、教養が求められるということです。



[スライド 12]

結論。SDGs は、ルールを定めたガバナンスではないんです。数値目標はありません。あくまで、こうしましょうという目標を言っているわけです。これはなぜか。数値目標を言えば、全員賛成する人はいなくなってバラバラになってしまいます。あくまでも目標だというわけです。これは、曖昧でもありますが、実は非常に賢いやり方でした。そしてこれが達成されるかどうかというのは、教養の問題に依存するのだろうと思います。どういう教養なのかと言いますと、ここでオルテガの言葉を引用したいと思います。エリートって別に偉い人で上から目線で見える人ということではなくて、Noble oblige というように、やるべきことをやる人のことです。自分が損をしようがそんなことには頓着なく、やるべきことはやらなくちゃいけないと。こういう立場のひとを言うわけです。「エリートは大衆よりも自分に対して、より重い義務を課す人間だ」。つまり、自分が得をしようとか、偉いだから自分はちょっと誤魔化してもいいのだと、これはだめなのですね。一番損をする人間じゃなきゃだめなのだ。最後に退却する人間ということ。これはオルテガが『大衆の反逆』の中で、言っているのです。今引いたところは、村上陽一郎さんという科学哲学の大変な大家が、たまたま引いていたので、そこから引用しました。先ほど教養といったのは、そういう教養のことです。そうすると、最後に申し上げたいのは「未来に対して目を閉ざすものは、結局のところ現在にも盲目だ」ということです。この言葉は、何か聞いたことがあると思う人はいると思います。そうです。『荒野の 40 年』という、ドイツのヴァイツゼッカーという大統領が 1985 年の 5 月 8 日に、ドイツが敗戦記念日

を迎えて40年の記念式典があったんですが、そこにおいてドイツは戦争の責任はあるといい、そしてその時は、「過去に対して目を閉ざすものは、結局のところ現在にも盲目だ」ということを言っていますが、私はこの言葉は「未来に対して」と言ってもよいだろうと思って、あえて最後に挙げておきます。非常に早口で申し訳なかったですが、私の話はこれで終わりたいと思います。どうもありがとうございました。

司会（日笠）：尾崎先生、どうもありがとうございました。質問はチャットのほうに書き込んでいただきましたと思います。

質疑応答・全体討論

司会（日笠）：では、全体討論のセッションに入りたいと思います。今回、総長特命教授、あとお二人参加していただいております、まずこのお二人からコメントをいただければと思います。最初に水野健作先生みずのけんさく。水野先生は、生命科学研究科のご出身で分子細胞生物学がご専門です。よろしくお願ひします。

水野：水野です。まずは、入学おめでとうございます。今日のテーマのSDGsというのは、もうすでに話があったように、17の様々な目標というのを掲げているわけですが、その根底には、まず、人類社会がsustainableである、存続するということが前提にあると考えられます。生物学の立場からすると、生物はこれまで5回の大絶滅というものを経験してきたと言われています。皆さんも、恐竜が隕石の衝突によって絶滅したという話はご存じかと思います。実は、現在は6度目の大絶滅が進行中であると言われております。この数百年のあいだに数多くの生物種が絶滅しています。しかし、これまでの大絶滅と大きく違うところは、これまで絶滅が自然現象の変化、例えば隕石の衝突であるとか極度の寒冷化とかいうのが原因であったのに対して、今起こっているこの6度目の大絶滅というのは、人間活動が引き起こした現象だということです。森林の伐採であるとか、あるいは二酸化炭素の排出によって地球温暖化が起こるとか、こういう人間活動が多く生物種の絶滅を引き起こしたとい

う点がこれまでの大絶滅とは大きく異なっているわけです。こういったことから、今の時代を地質学上の区分として人新世（じんしんせい／ひとしんせい）とよぶ人もいます。皆さんも聞いたことがある人がいるかと思います。つまり、人類が地球環境を大きく変化させている時代だという意味です。さらにいえば、人間活動によって多くの生物種が絶滅しているというだけではなくて、人類自らの存続も危うくなるという可能性がないわけではありません。このように、人類は自分で自分の首を絞めるような愚かな存在であるとも考えることもできるわけですが、やや楽観的に言えば、それほど愚かでもないのではないかということもできます。尾崎先生の話にもありましたように、人間は未来を予測することができる。このまま続けていくと大変なことになるということになれば、SDGsとして国連で全会一致で国際的な達成目標を定めることもするし、パリ協定のように温室効果ガス削減の国際目標を国際会議で一致して定めるというようなこともできる。そういうふうにして、やや楽観的に言えば、人類は将来の危機を予測して克服しようということを国際的に協力してすることもできるわけです。また、例えば、ガソリン自動車から電気自動車への移行が進んでいるわけですが、こういうのは以前は考えられなかったことで、社会の要請あるいは意識が高まれば、企業もそれに応じた技術開発を進めていくというわけです。皆さんは100年後、200年後、人類が存続して豊かな社会が実現できるように、これから、技術開発であるとか、あるいは社会のトレンドを形成していくとかというような形で、さまざまな面で貢献していただきたいと思います。そのためには、田中先生もおっしゃっていたように、SDGsを「自分ごと」として捉えるということが非常に重要かと思ひます。コンビニでレジ袋をもらわないとか、食品ロスをなくすとか、ゴミを分別するとか、そういう身近なことも大事ですけれども、これから皆さんは、大学で色々な専門科目を学んでいく中で、より大きな視野に立って、次世代やあるいはさらに先の未来社会に向けて、自分はどうか貢献できるかというようなことを頭に描いて、学んでいただければと思います。今日

の講演にもありましたように、東北大学は生命系、理工系、あるいは文系を問わず、様々な分野で SDGs に取り組んでいます。皆さんも、SDGs を「自分ごと」として捉えて、100年後、200年後の未来社会に貢献できるように、まずはそれぞれの分野で専門性を高めて、将来に備えていただければと思います。以上です。

司会（日笠）：水野先生、ありがとうございました。もう一人、^{もりもとこういち}森本浩一先生。文学研究科のご出身です。森本先生にコメントいただきたいと思います。よろしくをお願いします。

森本：森本です。皆さん、入学おめでとうございます。うまくかみ合わせられるかわかりませんが、感想を兼ねて、話題提供の先生方に簡単なご質問をさせていただこうと思います。南澤先生のご講演、大変興味深く伺いました。チャールズ・ダーウィンが晩年に『ミミズと土』という本を書いています。日頃我々の目には留まらない、土の中に存在している小さな生きものが非常に大きな、地形まで形成するような役割を演じているという話なのですが、同じようなことが微生物についても言えるのだなということがわかりました。伺いたいのは、根粒菌の力を借りて一酸化二窒素を減らすというそのアイデアを、具体的にどう実現してゆくのかということです。例えば、微生物を採取し培養してば撒くみたいなやり方になるのか。そうすると、やはり人為的に環境に手を加えるわけですから、生態学的な影響というのも当然出ると思うんですけど、そのあたりの予測などはきちんとできるのかという点ですね。ご教示いただければと思います。次に、水に関する田中先生ご講演。水の枯渇と言うと、温暖化で氷河が細るというのをまず想い浮かべましたが、例えばリチウム電池に必要なリチウムの採掘では、地下水とか水資源にかなり悪影響があると聞いたこともあります。そういう産業活動による負荷で、直接的に水がダメージを受けているという部分が相当あるのではないかと。全体的に水の問題を引き起こしている原因は多岐に渡るとは思いますが、そのあたりのことについて先生から何か付言されることがありましたらお願いします。最後の尾崎先生のご講演は、非常に視野の広いものでしたので、私も少し大風呂敷な質問をさせ

ていただこうと思います。SDGs の課題を整理する一つの図式として、ウエディングケーキモデルと呼ばれるものがあります。17 のテーマを自然、社会、経済に分け、まずベースに自然環境という基盤があって、その上に社会が成り立ち、そして経済活動が可能になる、というイメージですね。確かにその通りで、自然が棄損されると社会も経済も成り立たなくなる。だからまずサイエンスによって自然の状態を改善してゆかななくてはならず、そのために色々な技術を作り出していこうというわけです。けれども、そもそもの因果関係で考えるとこれは逆の関係になります。IPCC の昨年の報告で、人間活動が温暖化の原因だと断言されている。ということはつまり、一番上の経済ですね。経済活動が、これは農業とかすべて含めてなんですけれども、それが結局自然を棄損しているわけですから、問題を根本的に解決するためには、一番根っこにある人間の生産消費活動自体を見直していかないといけないのではないかと、ということになる。昨年 2021 年に出ている国連の報告を覗いてみて驚いたのですが、17 の目標のほとんどすべてで進捗が見られない、というよりコロナでむしろ後退しているというのが現状なわけです。多分このまま行ったら、2030 年の達成なんて到底できないだろうと、非常に悲観的な気分になります。こうした現実とどう向き合えばいいのか。これはすごく重い課題だなという気がします。尾崎先生は資料の中で、斎藤幸平さんの『人新世の「資本論」』に言及されていますが、斎藤さんは SDGs に対しては非常に批判的なわけですね。これが一種のアリバイ作りみたいになってしまって、一番変えなきゃいけないところから目をそらしている、と。それは何かと言えば、今の資本主義のあり方そのものなことになる。利潤追求のために際限なく資源の収奪や環境破壊が繰り返される。人間そのものも傷つけられる。特に 2000 年代に入ってから状況が悪化しているのは、明らかに新自由主義的な資本主義の弊害だと言わざるを得ないでしょう。さきほど ethics の話がありましたけれども、一人ひとりが倫理的に消費活動をするといったレベルで解決できることなのかという疑問もわいてきます。現実をしっかりと直視して、お題目を

唱えるだけではなく、本当のところ何が必要なのかを提言してゆくことが大学の使命でもあると思うのですが、尾崎先生から見て、未来と連帯していくうえで一番必要なことは何だとお考えでしょうか。そのへんのご見解を伺えればと思います。

司会（日笠）：森本先生どうもありがとうございました。いろいろご質問をいただいたんですけども、まずは学生の質問から始めていきたいと思います。これは、南澤先生に A さんから A：根粒菌を混ぜることで作物がおいしくなくなったりというデメリットはないのでしょうか。

南澤：はい。根から吸う窒素でも、根粒菌で固定される窒素でも、それ自身は同じですので、今まで、本当に詳細に調べたことはないですけども、味とか品質とかというものに関わるということはおそらくないのではないかと考えられています。あとは森本先生からのご質問で、根粒菌を撒くというようなことで生態系への影響はどうかということですけども、実は、微生物を撒くというのは農業では比較的許容されており、微生物資材が販売されています。一般のかたはちょっとあれっというふうに思いますね。私も研究としてやっています、土壌の微生物叢が根粒菌を入れることによってどれほど変わるかという、わずかに変わるのですけども、それは例えば、森林から畑にしたとき、100 年くらいかけてすると微生物がだんだん動くんですけども、そういうところから比べると完全に無視できる程度です。すなわち人間が農薬をあげたり肥料をあげたり、あるいは開拓したり耕作したりする、そういう階の中でわずかに動いていますが、それに比べて少なくとも根粒菌接種の生態系への影響は小さいことが分かっています。実は、既に 130 年前から根粒菌の接種が行われています。例えば大豆はアジアの作物ですけども、今、南米と北米で大量に栽培されていますけれども、南米・北米には根粒菌がいませんので実際は東アジアの土壌から分離して培養して撒いてきました。現在でもやられているということで、技術としては安全なものじゃないかなということが言えます。本当に世の中の役に立つかということで、

大豆の作付けをいっぱいやっているようなところでは、北南米ではこういう資材を使えば N_2O は確実に減ると思うので、そういう意味では減らしていける技術になりうるのではないかと。あとは、B：根粒菌以外にも N_2O を削減できる微生物がいるかという点ですけれども、答えは Yes です。今それを市民科学で一生懸命やっています。我々はあらゆる手段を使って、 N_2O ですとかメタンとか、あとはできたら CO_2 を減らす微生物の使い方というのを技術的に考えていきたいと思っています。今ムーンショット・プロジェクトで、温室効果ガスを微生物で減らすということで、色々勉強したり、共同研究者とも議論や研究をしていますが、やはりある限界を感じて、森本先生がおっしゃったような、社会のシステムというか経済をどうするかというところが、すごく重要です。皆さんの行動変容を起こして社会自体を作り替えていくところですけども、やはりそれを動機づけするようなシステムみたいなものですね。具体的に言うと炭素税とか炭素クレジットという制度が全然進んでいないんですね。結局、そういうものが進まない中で、減らせ減らせと言われても、実際は進まない。個人の努力と社会のシステムがうまく噛み合う時点が早く来ないと、私の立場からすれば、大変なことになるというのが実感です。

司会（日笠）：はい、ありがとうございます。B さんの質問にもお答えいただきました。今度は、田中先生に、C：SDGs に関係することでなければ、国際共同研究ができなくなってしまうのですか。（笑）また、SDGs への貢献度合いはどのように評価されるのですかということですけども。

田中：はい。今日のテーマが SDGs だったので、私自身の関りを述べさせて頂きました。今日ご紹介したプロジェクトは「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」という、SDGs 絡みで貢献できるテーマを募集しているわけです。ですから、今回お話ししたのは直接 SDGs に関わっているわけです。それ以外にも SDGs に直接的に関わらない研究テーマだってもちろんあるわけですから、すべてが SDGs に貢献しなければいけないというわけではないです。SDGs へ

の貢献度合いはどのように評価されるのかということですが、この私自身が関わったテーマで言うと、まず申請の段階でどういった形で SDGs へ貢献ができるかということ、求められるわけです。ただ、6年のプロジェクトの後に、どういった SDGs 達成ができたかということが具体的に問われるわけではありません。元々、申請した時に具体的な研究計画があってそれが達成されたか、そしてその成果が社会実装されたか、そういったことが評価軸になっています。SDGs 達成という意味でいうと、それは申請の段階で、中身がどういったふうでそういったテーマにフィットしているかということの評価されているわけです。すなわち、事後に SDGs 達成の評価されるか否かと言えば、私のこの話に限定すれば、それはないということです。

司会 (日笠) : もうひとつ D さんから D : 沿岸部の浸食に対して具体的な対策または防護策について、研究を基になされることあれば教えてください。

田中 : そうですね。今回はベトナムの事例をご紹介しましたが、日本ではこれまでも色々な対策がなされてきていて、色々な対策メニューがあります。そして、ある対策をしたらどういった効果が出るのか、あるいは悪影響が出るのかということ、シミュレーションを基に評価する、そういったことが可能になっています。ただ、海外、特に途上国の仕事をやっていることは、日本の技術をそのまま輸出するというわけではないんですね。それぞれ国の経済状況に応じて投入できるお金にも違いがありますし、また現地の風土に合うもの合わないものというのがあります。私自身が経験したことでは、例えば、ベトナムとかインドネシアではマングローブを使って沿岸域への植栽を繁茂させる。それによって波のエネルギーを消すことができるわけですね。逆にそういった技術というのは、日本では使えませんよね。よっぽど南の地域以外はそういったことはありえない。そういった現地ならではの技術の使い方というものがある、日本からはシミュレーション技術とか進んだ部分を向こうに移転するということができるわけですが、また今のご質問にあった対策という点でいうと、それぞれの国の、自然状

況、経済状況とかそういったものによって違ってくる。また、そういったところから、現地の人との交流とか現地の歴史を勉強したりとか、そういったプロセスを経て最適なものが生まれてくると感じていて、個人的にはそういったさまざまな検討のプロセスに喜び・充実感を感じます。単純に何か技術を輸出するというのではないということを強調したいと思います。以上です。

司会 (日笠) : はい、ありがとうございます。あとは、尾崎先生への質問がいくつか来ています。**E : 自分が死んだ後のために現在の利益を捨てると、損があるの****でかなり難しいんじゃないか**と。これはどうでしょう。

尾崎 : 例えば、今ちょっと固有名を忘れてしまいましたが有名な古代ギリシャの話がありますが、船が沈没して木片がある。これには一人しか乗れない、二人乗ると沈む。その時にどうするか。二人が全然関係なければ、争ってということはあるのでしょうかけれども、じゃあ自分の子供だったらどうするんだということになるわけですね。そうするとまあ、私は今のウクライナの状況を見て思いますけれども、多くの親はおそらく子供を生かすのじゃないかと思います。じゃあなぜか。そこにはやっぱり連帯があるのです。そうすると、じゃあ肉親だからでしょ、と言うかも知れませんが、そういう思いというのをどうやって広げられるのかということだと思います。死んだあと、俺が死ねば全部終わりだと。これはですね、今の長い人類の歴史から行くと、ここせいぜい 200 年ぐらいなのです。死後のためにということで、多くの人たちは何かを残したい。あるいは死後によって救われるのだという考え方があって、これはやっぱりひとつの宗教の問題が入ってくる。いや、俺は無宗教だからって言うかも知れないですけども、若い人はまあそうなので水掛け論になるんですが、こういうことはあるだろうなと思います。みんながそうなるかどうかは分かりませんが、ある意味、自分が死んでも損が残るか損するからというようなことは、ある程度クリアできるかもしれない。じゃあ、全体としてそうなるかということ、一気に全体的になっていくことはできなくて、ひとつひとつの運動を、まあ、こまめにやっていくし

かない。それでもできるという保証はないですよ。やっぱりそこには、宗教という考え方がどうしても必要だと思います。つまり、自分の命というのは一体全体どういうことなのかということ。肉体が減んだ時に自分の命が無くなるのか、あるいはそれは肉体だけがなくなるのであって魂は残り続ける。肉体を残して自分は去るという、そういう感覚ってじつはあるのではないか。だけどそれは全員が同じように共有できるかということ、なかなか難しいと思いますけれども。今がすべてなんだ。今見えていることがすべてなんだということではないと思います。違う何かがあるんだというふうに考えてほしいなと思いますね。

司会(日笠):尾崎先生どうもありがとうございます。まだお答えできていない質問もあるんですけども、後ほど web に掲載するか何らかの方法でお答えできればと思います。(※1)

時間になりましたので、最後に教育担当理事の滝澤先生のほうからお言葉をいただければと思います。滝澤先生、よろしくをお願いします。

閉会挨拶

東北大学理事・副学長、高度教養教育・学生支援機構長、

教養教育院長

たきざわ ひろつぐ
滝澤 博胤

滝澤:本日は SDGs の中でおもに気候変動というようなところを少しからめつつ、3つのご講演をいただきました。そのうえで、本当はもっともっと聞いていたかったところでもありますけれども、色々な議論、ご質問を頂戴しながら、その返答の中にもまた新しい切り口があったかと思います。「東北大の挑戦」ということで、学内で SDGs に関連してどんな話題 topic があるかということで、今日は3つのお話を頂戴したんですけども、17 の開発目標ということに対しては、まだまだ学内でも色々なアプローチや議論もありますし、また皆さんも一つひとつのテーマに対して自分たちなりの意見や考えがあると思っています。大切なのは、皆さん一人ひとりがこれから大学の中で、色々な学びを深めて、また専門を深めていく中で、何かのアプローチを持って社会の課題解決に取り組

んでいくと思いますが、おそらく、皆さん一人の知識・能力だけでは太刀打ちできない社会課題というのはたくさんあって、色々な人たちが議論を交わして、時に論争しながら、そういう中で社会全体としてゴールを見つけていく。そういうようなこともこれから大事になってくるということだと思います。ちょうど先週、学問論の初回でご挨拶させていただいたんですが、皆さんはこれから毎週月曜日午後の時間には、各クラスで学問論というカリキュラムの中で色々なディスカッションをしていくと思います。皆さんのクラスはそれぞれ 10 の学部、色々な学部の学生さんが混ざるようなかたちでクラス編成をしています。そうした中で、色々な友達との議論というものを大切にして、皆さんが学ぶモチベーションそして意義というものをしっかり持って、これからの大学での学びにつなげていただきたいと思います。秋にはまた、別な視点から皆さんとこういう形でディスカッションできるような機会を設けたいと思っています。またそれまでにこの大学のキャンパスで色々な学びを身につけておいてほしいと思っています。では、本日ご講演いただきました3名の先生方、また最後、相互討論を形作っていただきました総長特命教授の先生方、本日は誠にありがとうございました。では、以上をもちまして、本日の特別セミナーを終了したいと思います。ご参加ありがとうございました。

司会(日笠):滝澤先生、どうもありがとうございます。

最後に SDGs に関してひとつご紹介しておきたいと思っています。東北大学で挑創カレッジ(※2)というのがありまして、5つのプログラムが走っております。そのうち、SDGs のプログラムというのが今年から始まりますので、もし関心のある方はこれに参加していただけたらいいかと思います。この「SDGs 入門」という授業と、それから学際科目群の中の3科目から1科目、それから3年生向けの教養科目というのが再来年にスタートしますがその中で指定されている科目中から1科目。その3科目を取っていただくと、それで修了証が発行されるということになりますので、関心のある方はぜひ参加していただければと思います。

SDGs だけでなく他にも色々なプログラムが走っております。以上、ご紹介させていただきました。今日はご参加くださってありがとうございます。できれば、アンケートを書いていただきたいので、チャットのほうにリンクがあります。それから、ポスターにもリンクが貼ってありますので、そちらからご回答いただければと思います。どうぞよろしく申し上げます。ちょっと時間を過ぎてしまいましたが、特別セミナー、これで終わりにしたいと思います。ご参加いただきどうもありがとうございました。講師、パネリストの皆様もどうもありがとうございました。

※1

(2022年4月21日～5月9日まで 東北大学全学教育ホームページで公開した)
35～37 ページでも掲載。

※2 参考

東北大学全学教育ホームページ>授業・履修・成績>挑創カレッジ
https://www2.he.tohoku.ac.jp/zengaku/zengaku_cc.html

1. 2 教養教育特別セミナー 質問一覧と未対応質問への回答

■ 質疑応答・全体討論で回答済みの質問

(本文中のアルファベットに対応)

質問 A (工学部学生)	根粒菌を混ぜることで作物がおいしくなくなったりなどのデメリットはないのですか。
質問 B (農学部学生)	根粒菌以外に似たような働きをする細菌がありましたら教えてください。
質問 C (教育学部学生)	SDGs に関連することでなければ、国際共同研究ができなくなってしまうのですか。また、SDGs への貢献度合いはどのように評価されるのですか。
質問 D (農学部学生)	沿岸部の浸食に対して具体的な対策または防護策について研究をもとになされることがありましたら教えてください。
質問 E (農学部学生)	これまでの価値観の大転換はその時を生きる人々に有益、もしくは変わっても損はないと考えられるものだと思うのですが、今回の大転換は、特にいま大きな力を持っている世代の人々にとっては自分が死んだ後のために現代の利益を捨てる、つまり損があるものなのではないかと思うのですが、どうでしょうか。

■ チャットからの質問に対する未対応分と追加の回答

質問 (理学部学生)	南澤先生、窒素肥料が問題となっていました、人口増加に伴う食糧増産と環境対策は両立できるのでしょうか？
回答 (南澤)	ある条件が揃えば両立可能と思います。その条件は、農地の窒素を地域で循環させ、大量の化石エネルギーを消費し窒素汚染を起こす化学的窒素固定による肥料の利用を半分以上に減らすことです。ダボス会議でも、肉食が窒素や N ₂ O の汚染という意味で地球環境に大変大きな負荷をかけていることが指摘されています。人類が肉食をやめて植物性タンパク質を直接食料にできれば自然にそうなります。特に、日本の畜産業は海外から輸入した飼料を主に使っており、土地から切り離されて放牧しないので、大変深刻です。どうしても肉を食べたい方は、ダイズや培養細胞などから作った代替肉を食べれば、窒素の視点から見て人口増加に伴う食糧増産と環境対策はそれほど矛盾しません。
質問 E (農学部学生)	これまでの価値観の大転換はその時を生きる人々に有益、もしくは変わっても損はないと考えられるものだと思うのですが、今回の大転換は、特にいま大きな力を持っている世代の人々にとっては自分が死んだ後のために現代の利益を捨てる、つまり損があるものなのではないかと思うのですが、どうでしょうか。
追加回答 (尾崎)	天動説から地動説になるともっとも困ったのはキリスト教団です。神が造った地球は中心になければならない。天動説では地球はその他の惑星と同等になり、キリスト教の世界観そのものが危機に瀕するわけです。こんなことがどうしてそんなに危険なことなのか、今から想像するのは容易ではないかもしれませんが。たとえば、ヨーロッパの中世には異端審問がありました。「バラの名前」という映画を見てもらうとよくわかります。信仰に疑いを持たれるとそれだけで火刑に処せられる。キリスト

教団とはたんなる信仰集団ではありません。強大な経済集団であり、軍事集団でもあります。聖職者だけが生活しているわけではないのです。銀行制度などの資本主義の根幹的な制度は、教会がリードして造られたわけです。この信仰世界にひびが入れば、生活の問題にかかわるわけです。ですから、天動説から地動説への転換というのは、社会の仕組みそのものが変わっていくことだったのです。たいへんな痛みを伴うものだった。

「自分の得にならないことのために、ひとは何かをしたりはしない」というのは、たしかに一般論からするとあるでしょう。しかし、ちょっと考えてみてください。たとえば、ウクライナのために寄附する人は日本にだってたくさんいます。直接の利害に関わっているから寄附する人だけではありません。私も些少ですがしましたから。また人は人を助けないかもしれない。しかし、電車の中で体に不調を抱えた人が立っていたら、座席に座っている人の中には、立つ人がいます。別にその人の利益になるからではない。そうした人間の心の動きを「菩提心」といいます。私たちの中にはだれもが人の役に立ちたいという本能があります。人に助けてと頼まれたら断るけれど、でも自発的に沸いてくる「菩提心」には人は正直です。社会は人の集団で構成されている以上、一人ひとりの人間が根本的に変わってしまわない限り、希望はあるのです。希望をなくせば何も変わらない。パンドラの箱の中に最後に残ったのは、「希望」だというのはやはり意味深いのです。そのための人生の指針が「教養」です。

質問 (理学部
学生)

SDは経済発展を主眼としていたとありますが、SDGsにも目標8で経済発展に主眼を置いた目標も示されています。私にはこれはSDから引き継いでいるようにも思えるのですが、なぜこのような目標が掲げられているのですか？

回答 (尾崎)

蟹江憲史『SDGs (持続可能な開発目標)』中公新書、2020年、pp.90-92を参考にしてもらえれば、この提言をまとめた側の立場は理解できるはずですが、結局のところ、国連において全加盟国が反対しないような形でまとめなくてはならない。そのなかで喫緊の課題である環境問題、貧困問題、社会問題をよりよい方向へ向けるためには、いわばその「動力源」となる経済の発展を前提にしないと話が進まないということがあったのでしょう。しかし、今回テーマになった気候変動の問題に取り組むには、これまでの前提に立ったままではきわめて厳しい。現代の私たちのおかれている状況は、根治的な手術を要する地点に立っていると認識しないかがり、厳しいところにあるでしょう。「終末時計 (Doomsday clock)」が最も午前零時に近いところにある気がしています。

質問 (理学部
学生)

尾崎先生に質問ですが、コペルニクスやプロテスタントなどの転換の場合、多数派(目的論派やカトリックなど)を納得させるような少数派からのかなりの努力があったと思うのですが、今回の転換(開発→持続可能)においてはそのようなものはあったのでしょうか。

回答 (尾崎)

少数派が多数派を破るといえるのは、一言でいえば「天の下の出来事にはすべて定められた時がある」(「コヘレトの言葉」というのが聖書にあります)に尽きると思います。そこに具体的な事実があるわけですが。今でも、「経済発展を追求する現状を変えたくない」というのが圧倒的多数派です。すぐわかるように、ガソリンが高くなれば、素晴らしいという声はかき消され、何とかしてくれという大合唱が起こる。あるいは、戦争などは最大の反SDGsです。

結局人間は、誰もが死ぬことは「知っていても」、自分の番が来るまでは「他人事」です。高齢の人

が亡くなったとき、人はもう歳だから、というかもしれませんが、本人は死神に手を捕まれても「まだ早いですよ！」とひどく驚くかもしれません。

これが人間の自然だと思います。しかし、このままではどうなるか知ってしまった以上、それぞれができることをしなくてはならないでしょう。科学者は科学者として、人文学の徒はその立場で。それが未来との連帯につながることを信じて。その継続からしか「定められた時」はやってこないのではないのでしょうか？

■ 討論中の質問に対する未対応分への回答

質問（森本）

リチウム電池を作るためのリチウムを採掘すると、かなり地下水などの水資源を痛めるという話を聞いたことがあります。そういう産業活動による負荷で、水がダメージを受けることが相当あると思います。全体的に水の問題を引き起こしている原因というのは多岐に渡るとは思いますが、そのあたりについて何か先生から付言されることがありましたらお願いしたいと思います。

回答（田中）

はい、バーチャルウォーター（仮想水）という概念があります。例えば、日本で牛肉を輸入する行為を考えてみます。輸入する商品は牛肉ですが、それを生産するまでには飼料（穀物など）を生産するために多くの水を消費します。そのように、ある商品の生産の過程で消費された水の量をバーチャルウォーターと呼び、さまざまな商品についてその量が求められています。これにより、我々の消費の背後で必要とされる水の多寡を認識することが出来ます。エシカル消費（倫理的消費）を行う際の一つの判断材料にもなるものです。

質問（森本）

SDGs の 17 のテーマに関わる根本のリスク要因は、現在の資本主義的な生産・消費活動そのものということになり、これは、非常に重い課題だと思います。これは、一人ひとりが倫理的に消費活動をすることによって解決できるレベルなのか。大学の課題というのは、現実というものをしっかり直視して、お題目を唱えるだけではなく、本当のところ、何が必要なかを提言していくことにあると思います。尾崎先生から見て、未来と連帯していくうえで最も重要なことは何だとお考えですか。

回答（尾崎）

難しい問題ですが、一人ひとりが未来との連帯、つながりを信じることに思っています。そのためには、未来にどう評価されるかを行動の基準にするよう習慣化する訓練が必要だと思います。習慣化というのは「ハビトウス」のことで、意識的につくりあげ、無意識に判断するようなレベルにまで達するよう修練しなくてはならないでしょう。難しいことですが。この行為は、自らのうちに閉じるのではなく、自らの中にある「未来に存在するもう一人の他者」との対話をくり返すポジティブな思索の反芻から習慣化されていくのだらうと思います。個の自律の課題と深く関係していると思います。

Ⅱ ILAS コロキウム

若手研究者が語る「知」の最前線

令和4年10月3日～11月15日



若手研究者が語る 「知」の最前線



受講申込登録

10月3日(月)
~11月8日(火)

Google classroom より
クラスコードを入力
pxzhddb

- 東北大学の1年生、および学内で関心を持たれるの方々のご参加を広くお待ちしております。
- 質疑応答・全体討論はリアルタイムでのご参加を歓迎しますが、収容定員(431)に達した場合は同時配信でのご参加をお願いする場合があります。また、感染状況等によっては配信のご案内に切り替える場合もあります。
- classroom から各 15 分程度のショートレクチャー視聴後、リンクから質問・コメントフォームをお送りください。質疑応答・全体討論の際にいくつか選んでお答えします。

4月に開催した教養教育特別セミナーと並び、教養教育院の総長特命教授が協力して主催する企画です。
 この ILAS コロキウムでは、最先端分野で活躍する若手研究者の方々を学内から講師としてお招きし、総長特命教授も交えて参加者と全体討論を行います。
 本企画における意見交換が、学生の皆さんへの刺激となり、意義あるものとなることを期待します。

受講後アンケートフォーム送付

11月30日(水) 〆切

- ショートレクチャー視聴～質疑応答・全体討論まで受講されましたら、classroom リンクから受講後アンケートにご協力ください。
- 総長特命教授担当の下記講義受講学生は、質疑応答・全体討論へのリアルタイム参加およびアンケート回答が出席確認の条件となりますのでご注意ください。詳細については各担当教員の指示に従ってください。

火5: カレント・トピックス: 外積代数とベクトル解析入門 (日笠 健一)
 火5: カレント・トピックス: 自然の流れの基礎力学 (田中 仁)
 火5: カレント・トピックス: 人間存在の哲学 (森本 浩一)

ショートレクチャー視聴 (オンデマンド)

10月3日(月) ~ 11月14日(月)

- 暴力はなぜ起こるのか? —あなたの知らないあなたの存在—
文学研究科 准教授 荒井 崇史
- タンパク質の形(構造)を知ろう!
学際科学フロンティア研究所 准教授 奥村 正樹
- 蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—
学際科学フロンティア研究所 助教 下川 航平
- 宇宙にある大きいスケールを使って
人間の寿命を超えた時間軸を見てみる
学際科学フロンティア研究所 助教 市川 幸平

質問・コメントフォーム送付

レクチャー視聴後~11月8日(火) 〆切

質疑応答・全体討論 (リアルタイム参加)

11月15日(火) 5講時 (16:20~17:50)

マルチメディア教育研究棟 2階 M206
オンライン同時配信

- 挨拶: 滝澤 博胤 (機能無機材料化学)
理事・副学長、高度教養教育・学生支援機構長、教養教育院長
- 司会: 水野 健作 (分子細胞生物学)
教養教育院総長特命教授
- 討論: 教養教育院総長特命教授
日笠 健一 (素粒子物理学)、尾崎 彰宏 (西洋美術史)、
田中 仁 (環境水工学)、森本 浩一 (言語思想)
講義担当
荒井 崇史 (心理学)、奥村 正樹 (構造生物学、生化学)、
下川 航平 (材料科学)、市川 幸平 (天文学)、
参加者のみなさん

オンデマンド視聴

11月16日(水) ~ 11月30日(水)

2. 1 ショートレクチャーの記録：オンデマンド

ショートレクチャー

暴力はなぜ起こるのか？ —あなたの知らないあなたの存在—

文学研究科准教授 あらい たかし 荒井 崇史

皆さん、こんにちは。文学研究科の荒井です。私の専門は心理学で、特に社会心理学、あるいは犯罪心理学というように、人と人との関係性に関する心理学を専門にしています。今日は、私が行っている研究の中から特に「暴力はなぜ起こるのか—あなたの知らないあなたの存在—」ということで話をさせていただきます。

まず、暴力が起こる二つの過程を考えてみたいと思います。暴力ってどうやって起こるんだろうか。私たちの中でどういうふうに心理的な変化があつて暴力が起こるんだろうかということです。これを考える参考になるのが、社会的な行為が生じる二つの過程です。社会的行為というのは、人と人との関係性において生じる行為全般のことを指しますので、暴力とか攻撃だけに関わるだけではないんですね。こういった社会的な行為には、例えば他の人とお話しをするだとか、一緒にお出かけをするとか、いろいろな行為が含まれますし、想像上の他者も含まれますので、今日こういうお話をしたなということを思い返して、ああ自分ってこういう人間なんだと考えるのも、ある種の社会的行為に該当するわけです。こういった社会的行為については、私たちの中で、熟慮システムと衝動システムという二つのシステムを介して行動が生じているというのが、近年、行為の捉え方として挙げられているモデルとなります。変数と矢印で表現した図を仮説モデルとって、私たちの中で、脳の中でと言ったほうがいいですかね、こういったことが行われているんじゃないかというような、一種の仮説的なモデルになります。

まず、熟慮システムについてですが、これは何らかの情報を得た時に、その情報をカテゴライズしたり、どういう情報だったかということを意識的に考

えて、それをどう処理したらいいかを理性的に判断する過程を通して、最終的に行動を決定すると考える情報処理のルートとされています。この場合に起こるのは合理的な行動であつて、頭で考えて意識して行為が生じていることになるわけです。例えば研究なんかをしていて、これってこういうことなんじゃないか、じゃあこうしたらいいんじゃないか、と考えているのは、これはまさに熟慮システムを通して私たちは物事を考え、そして行動しているということになるわけです。

それに対して、衝動システムというのは、これは衝動的な行動を説明するときに使われるルートなんですけれども、何か刺激を知覚したり、頭の中で想像したときに、脳の中で自動的に概念連合が活性化される。要は、情報が脳の中で自動的に処理されて、それに基づいて行動が為されるというふうに捉えるシステムです。入力刺激に対して非意識的な情報処理（概念活性）の結果として何らかの社会的行為が生じる。この場合は衝動的行動になるわけなんですけれども、これが発現するということですね。何かすごくお腹が空いている、お腹すいてるなどと思って目の前にあるものをパクパク食べちゃうというのは、何か意識して考えるということももちろんあるんですけれども、そうではなくて、無意識的に食べてしまっているようなことがあると思うんですね。その場合には、何か意識して情報処理して頭の中で考えて行動が起こっているのではなくて、刺激を知覚して頭の中で無意識的に、非意識的に情報が処理されて行動が起こっていると考えられるんですね。だから衝動的な行動を説明するためのシステムになるわけです。私たちの社会的行為というのは、この二つのいずれかのシステムを通して生起するというのが、Strack

たちの仮説モデルです。

これと近い考え方を、攻撃においても行っている方がいます。攻撃的動機づけの二過程理論といいますが、東北大学の名誉教授である大淵憲一先生が提唱した理論です。意味していることはほとんど一緒に、何か社会的な葛藤・刺激を知覚したときに、それを意識して処理をして、戦略的にそれを解決しようとした場合ですね。そのようにして生じた攻撃反応のことを、意識的な攻撃行動というふうに表現しているわけですね。具体的な例でいうならば、相手を思い通りに操作するために脅しとか強制の手段として、戦略的・意図的に暴力を振るう場合ですね。それに対して、非意識的な認知過程を通した暴力というのは、刺激を受けるということは一緒なんですけれども、その時に強烈な不快感情を感じてしまうと、衝動的な行動が起こると言われています。結果的に、先程の社会的行動の仮説モデルと同じですけれども、自動的に脳の中で情報が処理されて衝動的な攻撃が生じるというのがこちらのルートになります。こちらのルートでいうと、例えばですけれども、恋人が異性と親しくしているのを知ってカッとなって相手に手をあげてしまうというような攻撃行動・暴力なんかは、こちらのルートを通した情報処理がされているというふうに考えられています。

こんなふうにして、攻撃行動を大雑把に理解することが可能なんですけれども、今回の私のこの講義では、特にこの非意識的な認知過程の注目した研究を紹介したいと思います。なぜ、「非意識的な過程が重要なのか？」ですけれども、これは、殺人の動機を考えていただくと明確に分かるかだと思います。その前に、突然で恐縮なんですけれども、この中で意識して暴力を振るえるという人はいるでしょうか？この動画を見てくださっている方で、こういったことを意識して行える方はいるか。もちろんいるかもしれないんですけれども、研究者としてはいないことを祈りたいですけれども、いるかもしれないですけどね。この問いに対する回答はどちらでも大丈夫なんですけれども、殺人事件について同じように動機を調べてみると、どういうことが分かってくるか

という、法務総合研究所の殺人犯を対象とした調査の結果によれば、おおむね6割ぐらいの殺人犯が、殺人をした背景にある動機として、強烈な感情を指摘しているわけです。つまり、強烈な感情とは、憤怒とか怨恨ですね。こういったものを背景に殺人に及んでいるということです。つまり、強烈な感情が後押しをしないと、殺人のような暴力、究極的な暴力にあたるわけですから、そういったことは起こり得ないということなんです。ということはどうかということ、先ほどの仮説モデルでいうならば、強烈な不快感情を感じると、人間というのは冷静に考えるよりも、自動的に情報を処理して行動してしまうので、自動的な情報処理の過程が関与しているんじゃないかということが言えるということですね。

さらに、暴力に関して非意識的な情報処理の重要な理由はいくつか考えられます。一点目は、先ほど説明した通り、激しい暴力行為ほど自動的な過程が重要なのは、それは感情が関与しているからだというのが一点目です。二点目は、自己制御の限界ということです。私たちはすべての行動を意識的に制御できているわけではないんです。自らの心の状態を制御することは難しいだけではなくて、逆効果になる場合があるということが、この30年間ぐらいで指摘されていることなんです。私たちは何でも自分で意識してやっているように思えますが、必ずしもそうではないよ、ということを行っているということですね。有名な例として挙げると、シロクマ課題が挙げられます。「シロクマのことを、この動画の講義の時間中考えないでください」というふうに、例えば皆さんにシロクマの思考を抑制していただくようお願いすると、おそらくこの動画でシロクマが頭に浮かんでくることが増えてしまうですね。Ironic Process Theory (皮肉過程理論) といいますが、抑制しようとする逆思考が増えてしまうということが起こりうる。これは、自己制御が失敗しているというか、自己制御の限界なんだと言えるということです。自己制御の限界があるならば、意識的に行動を全て制御することはできない

ということがここから言えるところですね。さらに、私たちが本当に意識的に行動しているのか怪しい事例というのがけっこうたくさんあります。例えば、咄嗟に行動するにはほとんど自動化された行動が起こります。例えば、車を運転中に猫が飛び出てきたら皆さん、ハンドルを切ってよけると思うんですが、そういった時、意識しておそらく行動していないですね。瞬間的にパッと行動して、何とか危機を回避しようとするわけなんですけれども、そういったときは、意識して行動していたら間に合わないもので、意識をすっ飛ばして行動してしまうということが起こるということですね。それから、非意識的な概念連合が社会的行動を予測するというので、これはまた面白い研究なんですけれども、環境に存在する意識するに値しない刺激が投票行動に影響する、なんていうことが知られています。もっと具体的に言うならば、国旗を掲揚していると、それを別に意識して目にしなくても、目の端に入ってくるわけですね。そういった目の端に入った、意識するに値しないような刺激があると、愛国心が刺激されるので、結果、愛国心に基づいた行動が行われるということを示した研究があります。国旗を掲揚している場合と掲揚していない場合では行動が違うよ、ただそれは意識して国旗を見ているわけではない、ということがここから言えるということです。だから、意識するに値しないような刺激を受け取って、私たちはそれを自動的に処理して、それに基づいて行動しているということが起こるんだということですね。つまりは、皆さんが知らない皆さんというのが私たちの中にはあって、その、私たちの知らない私たちが、何らかの情報を処理して行動を起こしているということが考えられるということですね。

ここで、ポイントになるのはこの、私たちが知らない私たちのことなんですけれども、「この自動的な行動に関して、その背景では何が起きているのか？」ということです。実は、これもいくつかは明らかになっていて、刺激を知覚することによって脳内の概念連合が活性化し、概念連合に沿った行動スキーマとかスクリプトが活性化するとされています。つま

りは、脳の中で、刺激に対してそれに類似した概念がアクセスしやすくなっている。その似たような概念の連合に基づいて、どう行動したらいいかを判断していると言われていています。実際、攻撃行動でもこのことは明らかになっていて、例えば、認知的新連合理論では、不快情動、つまり怒りが喚起すると連合する記憶とか観念ノード（概念の連合）が活性化して、この活性化に基づいて行動が影響を受けるということを Berkowitz たちは 1990 年代になる前に指摘しています。他にも、社会心理学の中では有名なプライミングの効果が挙げられます。例えば、事前に暴力概念を見せて脳の中で概念を活性化させると、その後に認知とか行動が暴力的になることが指摘されています。他にも、これも Berkowitz たちの研究ですけれども、武器効果というようなことが言われていて、イライラしている状態で武器を見せると攻撃が誘発されることが言われています。事前に情報を提示して脳の中で概念を活性化しておく、その概念活性に沿った行動がおこなわれる、それは何も意識しておこなわれているわけではなくて、非意識的な過程で起こっているんだということが、ここから言えるということです。ここまでは、もうすでに分かっていることです。

さらに、私たちのラボで疑問に思っているのは、攻撃概念を活性化させると不可避免的に行動が起こるのかという点です。つまり、何らかの理由で概念が活性化してしまうと、活性化した人はみな同じように行動するのだろうかという点ですね。人によっては、同じテレビを見ても攻撃する人とならない人がいるわけですが、それが説明できないのではないかとこの疑問点と置き換えてもいいかもしれません。これに対してどう考えたかということ、私たちは多くの場合、幼少期から暴力を振るうことは悪である、不快であると強力に教え込まれて育っているはずですね。皆さんもそうだと思いますけれども、一般的には、「暴力を振るってもいいよ」と教えられて育っている人はほとんどいないと思うんですね。それならば、暴力的な行為、攻撃的な行為と不快の概念が連合しているわけです。だから、逆に考えると私たち

は暴力というものを自動的にであれ、行いにくいはずなんです。ところが、攻撃概念の活性化時に、この嫌悪感情、不快という概念の連合が欠落している場合、それはストッパーになるものがなくなるので、暴力が発現しやすくなるんじゃないかという予測を立てたわけです。

実際にそうなのかということ进行研究してみたわけですが、その研究をするにあたって先行研究を調べる中で、実際、Psychopathic murderer、殺人犯の中でもサイコパスの度合いが高い人たちと考えてもらったらいいんですが、こういった殺人犯たちでは、暴力への潜在的態度のネガティブさが低い、つまり暴力とネガティブの結びつきが弱いということが、すでに指摘されているわけです。これはScience なんかの論文にも載っていますし、今回はForensic Psychiatry & Psychology の論文を引用させていただきました。で、実際に見てみると、サイコパスの度合いを測定するPCL-Rの得点が低い人、中程度の人、高い人を見た場合、サイコパスの度合いが高い殺人犯たちは、それ以外の犯罪者（サイコパスの度合いが中程度の人や低い人、サイコパスの度合いに関わらず非暴力犯たち）と比較して、暴力と不快の概念間の結びつきが弱いということが示されているわけです。このことは何を意味しているかというと、殴るとか蹴るとか、暴力的な概念と不快という概念の結びつきが弱いので、こういった人は平気で暴力を振るうことができるのではないかとこのように予測できるんですね。

ただ、この知見はあくまでも殺人犯の話なので、これを一般の方に置き換えて、我々のラボで研究を試してみました。過去の暴力経験、実験で暴力を振るわせることはできないので、過去に暴力を振るったことがあるかどうかという経験と、先ほど説明したような概念の連合を測定してみると、どうも、過去に他者を殴った経験のある人たちというのは、ない人たちに比べて暴力と不快の結びつきが、これは得点が少ないほど弱いということですが、結びつきが弱い。つまり、暴力と不快の概念の結びつきが弱いということが、一般の大学生を相手に研究を

しても示されたということですね。ただ、こういった関係は、叩いたといわれるような、誰でも行いえるような軽度な暴力の場合には見られないですね。殴るという、強度の強い暴力においてのみ、概念の連合強度が弱いというのが示されたということですね。こういったことを研究して、現在では、この連合強度が弱い人ほど将来暴力を振るいやすいかというのを、縦断調査といわれる方法、ずっと調査を継続していくような形で予測できるかということを行って、分析をしていますが、今回はそこまでは割愛させていただきます。

最後に、ではなぜこのような研究を行っているのかということ、熟慮システムと衝動システムという考え方を導入した行動の理解というのは、介入するために必要なことということですね。つまり、どちらのルートを通して行動が起こっているかによって、例えばですが、暴力的な犯罪で刑務所の中に入っている人たちでも、原因、その過程が異なるわけなので、介入の方法を変える必要があるわけですね。もう少し具体的に言うならば、例えば脅しなんかで暴力を振るうような人たちは意識的にそれを使っていますので、意識を変えるような介入をしないといけませんし、衝動的な暴力とか攻撃の問題で収監されているような人たちというのはどちらかというと感情のコントロールとか、もっと自動的な過程、スキーマとかスクリプトにアプローチするような介入が必要になってくるわけですね。こういったところに介入するための指針を作るためにも、暴力行動がなぜ起こるのかということ进行研究が必要になっていて、そういったことを研究しているということです。実際、法務省だとか警察庁の実務家なんかと議論をしながら研究をしたりしていますので、社会とアカデミックの中間地点で、私は研究をしているという立ち位置になっています。

少し長くなりましたが、以上で私の講義は終わりにさせていただきますと思います。短い時間なので分かりにくかったところもあるかと思うんですが、当日までの質問だったり、当日のディスカッションで、ぜひ皆さんからご質問いただければと思

います。当日のディスカッションを楽しみにしていただきます。

ショートレクチャー

タンパク質の形（構造）を知ろう！

学際科学フロンティア研究所准教授 おくむら まさき
奥村 正樹

皆さん、こんにちは。学際科学フロンティア研究所の奥村正樹です。私のテーマは「タンパク質の形を知ろう！」です。なぜタンパク質の形を研究するのか、その歴史的背景から最新の知見まで、できるだけ分かりやすく今日は説明したいと思います。さて皆さん、この絵は何だと思いませんか？ これは、2019年から流行っているコロナウイルスです。学術名はSARS-CoV-2です。このSARS-CoV-2も、いくつかのタンパク質から構成されており、受容体結合ドメインが、我々の体内のアンジオテンシン受容体ACE2と結合した原子分解能の形を示しています。この結合表面は、もちろん、感染にとっても重要です。例えば、デルタやオミクロンといった変異を耳にしたことがあるかと思いますが、変異の挿入はこの結合近傍であり、アンジオテンシン受容体との結合のしやすさに影響を与えていると考えられます。このように、タンパク質の形を知るということは、学問だけでなく、私たちの日常生活に関わることを理解するためにも役立ちます。

生物学的研究の俯瞰を考慮すると、分子、細胞内小器官、細胞、組織、そして個体へと、時空間的な連続や情報のやりとりが、生物としての維持に不可欠です。我々の体は約2万種類のタンパク質で構成されており、タンパク質がナノマシンとして働きます。これまで、個々のタンパク質構造を分子・原子レベルで良く知ることが研究されてきました。タンパク質の構造を分子・原子レベルで知るための技法の開発は、数多くのノーベル賞に繋がっています。KendrewとPerutzはタンパク質のX線結晶構造解析、WüthrichはNMR、Hendersonらはクライオ電顕といった具合に、様々なタンパク質の構造解析手法が編み出されてきました。実際に研究の現場で

も、これら手法はパワフルなツールとして、タンパク質の構造解析法として、今なお全世界で使用されています。

最初に解かれたタンパク質のX線結晶構造です。Kendrewはミオグロビン構造を最初に解きました。では、ミオグロビン構造を見てみましょう。色が違う8つの α ヘリックスという二次構造によって全体構造が保たれ、酸素をトラップするヘムがここに結合していることが分かります。したがって、ミオグロビンの構造を解くことで、ミオグロビン中のヘムが酸素と相互作用する機構について原子レベルでの深い理解が可能となります。

これまでは、出来上がった構造の話を話してきましたが、では、どうやってタンパク質は形を持つのでしょうか。この構造形成プロセスのことをフォールディングといい、今日のキーワードです。ミオグロビンのときと同じように、天然構造へのフォールディングが進行するといいいのですが、時として天然の構造をとらず、ミスフォールディングすることがあります。ミスフォールディングするとタンパク質同士が一般に会合しやすくなり、不定形のアモルファス凝集体やアミロイド線維を形成しやすくなり、こういったものが我々の体内で蓄積しますと、アルツハイマー症などの様々な疾患の原因となります。いったんミスフォールドされたタンパク質はなかなか天然構造に戻りにくいです。その例が目玉焼きです。卵はタンパク質の天然構造を持っていますが、卵にいったん火が通ると、タンパク質がミスフォールドし、凝集体の目玉焼きはこの卵には戻らないことは皆さんよくご存じだと思います。目玉焼きはアモルファス凝集であり、我々が食べると胃の中で分解されやすいんですけども、もっと固い凝集体で

あるアミロイド線維は分解することができずに、様々な病気を引き起こします。

アミロイド線維という固いタンパク質凝集の蓄積は、アルツハイマー症、パーキンソン病、狂牛病、透析アミロイドーシス、Ⅱ型糖尿病といったふうに、50種類以上の疾患で報告されています。では、こういった疾患を引き起こさないために、普段、我々の体の中ではどうやって不良タンパク質を排除しているのでしょうか。

不良タンパク質という異物を排除するために、細胞内外に不良タンパク質を分解する仕組みがあります。例えば、プロテアソームという分解酵素は、目印としてユビキチン化された不良タンパク質をターゲットにして、ハサミのように分解することができます。オートファジーは飢餓時の栄養素獲得だけでなく、通常プロテアソーム系と並んで働いています。タンパク質の分解の研究は、皆さんご存じのようにノーベル賞の獲得に繋がっています。不良タンパク質を分解する仕組み以外に、タンパク質のフォールディングをサポートする仕組みも存在します。タンパク質フォールディングを補助する因子であるシャペロンは、フォールディングを促進することや、タンパク質凝集を抑制し不良化するのを抑えます。最近では、不良タンパク質の増減に呼応するようにシャペロンの量も変化する仕組みとして、ストレス応答という現象が、毎年ノーベル賞候補として着目されています。

ここでシャペロンについて説明しますと、シャペロンとは西洋の貴族社会において、若い女性が社交界にデビューする際に付き添う年上の女性を意味することが語源となっており、タンパク質科学の世界では、シャペロンは、タンパク質の不良化を抑えフォールディングを促す分子を指します。若い女性が不良に走らないように付き添う人がシャペロンです。生物は共通してシャペロンを保存してきました。

もちろん、不良タンパク質の蓄積とは細胞にとって生死に関わりますので、生物は共通して不良タンパク質の形成を未然に防ぐために、シャペロンを保存し対処してきました。細胞内は、核、小胞体、ゴ

ルジ体、ミトコンドリアがありますが、この細胞質には数多くのシャペロンが存在します。例えば、シャペロンの形も様々で、このようなかごタイプ、引き伸ばすタイプなど、個々に様々な基質・認識・メカニズムによって機能の違いを獲得し、タンパク質凝集の形成を抑えるネットワークを我々の体の中で構築しています。このシャペロンネットワークも、生物種を超えて高く保存されていることも特徴です。

さて、細胞内小器官のひとつ、小胞体もタンパク質の品質を管理する重要な小器官です。小胞体の特徴について簡単に述べますと、全タンパク質のおおよそ3分の1が挿入されること、細胞質に比べ比較的酸化環境であるため、タンパク質構造の安定化に寄与するジスルフィド結合の形成とフォールディングが進行する場です。ジスルフィド結合とは、2つのシステイン残基の側鎖のチオール基が2電子酸化を受けることによって、形成される硫黄原子間の共有結合のことです。タンパク質の形を維持するためには、イオン性相互作用や疎水性相互作用などが寄与しますが、ただの唯一の共有結合がこのジスルフィド結合であり、留め金のようにタンパク質の形を強固に維持することに貢献しています。

身近なところでは、こういったジスルフィド結合は、我々生体でも髪の毛を構成するタンパク質内に使用されていたり、インスリン分子内にも使用されています。例として挙げた BPTI や Insulin というタンパク質はそれぞれ異なる形をしているんですけども、天然構造を維持するためのジスルフィド結合ペアというのはたったひとつです。それぞれ、タンパク質フォールディングにおいて決して間違ふことなく天然構造を維持するためのジスルフィド結合のペアをとりつつも、フォールディングしないと天然構造をとりません。こういったジスルフィド結合の触媒とフォールディングを促す場所が小胞体です。

これまで、私は小胞体にあるジスルフィド結合の触媒システムの研究を行ってきました。我々の体の中ではジスルフィド結合触媒のため、様々な因子が関わっており、非常に複雑なジスルフィド結合の触媒ネットワークが存在します。特に我々の小胞体内

には、20種類以上もの PDI ファミリーという因子群が存在し、タンパク質の不良化を抑えつつもジスルフィド結合の触媒を効率的に行い、フォールディングを促します。すなわち、PDI ファミリーは、シャペロンとしての機能と酵素としての機能を持ちます。ただ、これまで大きな問題として、PDI ファミリーはターゲット基質が決まっているわけではなく、ここで挙げたインスリン以外にも、抗体といった様々な多種多様な基質を認識するために、どうやって基質の形や大きさ、ジスルフィド結合を見分けているのか不明でした。これは従来の酵素基質反応が1対1であるという既存概念と異なるものであり、多くの基質を触媒する酵素反応論を理解する必要性がありました。最近私の研究により、この PDI ファミリーの中でも PDI、ERp46、P5 による基質触媒機構の理解が進みましたので、今日はそちらを紹介したいと思います。

機能解析としては、基質として bovine pancreatic trypsin inhibitor BPTI を採用しました。BPTI はこのようにフォールディング中のジスルフィド結合のそれぞれの位置を、逆相の高速液体クロマトグラフィーで分離することができます。この手法を用いました。

PDI と ERp46 がそれぞれ BPTI にジスルフィド結合を導入することを説明します。フォールディングの初期、0分から5分におきましては、PDI に比べ ERp46 において BPTI の還元編成状態、つまりひとつもジスルフィド結合がない、R が非常に早く減ることから、素早くジスルフィド結合を導入していることが分かります。しかしながら、ここで示すようなフォールディングにおける off pathway の産物を非常に多く集積しているため、ランダムにジスルフィド結合が導入されているということが分かりました。一方で、フォールディングの後期である10分から60分におきましては、ERp46 に比べて PDI はフォールディングの on pathway 上の産物に素早く天然型ジスルフィド結合を導入しているということが分かります。したがって、60分においては ERp46 より PDI のほうが非常に BPTI のネイティ

ブのフォールドしたものが非常に素早くできているということが分かります。

PDI と ERp46 の触媒の違いは、こういった構造特徴の違いから説明できるのでしょうか。これまで、ERp46 の構造は未決定でした。その原因の一つに、PDI と比べていただくと分かりやすいかと思うんですけども、このドメイン、四角で囲んだそれぞれ色付けしているもの、これをドメインというんですけども、このドメイン間を長いループで繋がっており、ドメイン同士がフレキシブルなため、うまく結晶が出なかった背景があります。そこで私は、各ドメインを結晶構造解析で決定し、全体の分子形状を X 線小角散乱という手法の一つによって決めました。決定された分子構造を眺めてみますと、ERp46 のジスルフィド結合の触媒活性部位は溶媒に露出しており、実に素早くしかランダムにジスルフィド結合を導入できることが分かります。一方で PDI の触媒活性部位は、この黄色で示しているんですけども、分子の内部に向いており、触媒がゆっくりであることが想像できます。

最近、我々は、PDI ファミリーの一つ、P5 の新規構造も決定しました。P5 は ERp46 と同じように基質に非常に素早くジスルフィド結合を導入する酵素です。P5 は ERp46 と同様に、それぞれジスルフィドの触媒活性部位が溶媒に露出していました。さらに P5 は最小のドメインを介して二量体を形成する構造特徴を持っていました。

さて、我々は高速原子間力顕微鏡という、またこれも構造生物学的な手法のうちの一つを用いて、今度は1分子レベルで、PDI による不良タンパク質の触媒プロセスを可視化しました。そうしますと、不良タンパク質を添加しますと PDI はこのように monomer 単量体、dimer 二量体、単量体、二量体、を約 0.5 秒の間隔で繰り返しているということが分かりました。本日は詳細にはお話ししませんが、系統的な生化学的実験によって、PDI 二量体によって形成されるこの空洞こそが基質触媒に関わっていることを示しました。この空洞は疎水性が高く、ジスルフィド結合触媒活性部位を複数持っており、

触媒に適した化学的環境です。その中で効率的な触媒反応を行っており、フォールディング反応が完結するとフォールドした基質をリリースして、PDIは単量体へと解離する、全く新しいPDIの基質認識機構を提唱しました。

以上、不良タンパク質低減のために、PDIファミリーの中でもErp46とP5が基質に素早くしかシランダムにジスルフィド結合を導入する一方で、PDIはゆっくりとしかし正確にジスルフィド結合を構成する機能があることを明らかにしました。

これまで、最新の知見を紹介してきましたが、研究を進めていくうえで困難であったことは、タンパク質の形を知ることがいかに困難であったかということです。そのために、ここで挙げたタンパク質の形を知る技法の共同研究者らと手を組み、さらに国を超えて取り組んだ結果、少しずつですが私の研究が進展してきたと思います。私が取り組んできた研究をもとに、皆さんにメッセージを最後に残したいと思います。私はこれといった明確な目的が

なく大学に進学しましたが、当時は漠然とした将来の職業に対する不安を持っていましたが、とにかくひとつのことに取り組もうと考えて研究をしました。世の中のすべてが研究職で説明できるわけではありませんけれども、私はその過程で疑問を持ち、論理的に解決する方策を考え、国内外の人たちと取り組み、人間的な成長が養われたというふうに感じました。大学生活は長くて短いですが、思いっきりエンジョイしながらも、こだわりと柔軟性のバランスを保ちながら、皆さん様々なことを経験し、様々なことを吸収してください。そして、将来どういった人物像を目指すのかを、よく考えてください。あと、社会に通用するための、やはり倫理観を持ち、相手に対する思いやりも磨いてください。人間力を磨けば、きっと皆さんが達成しようとすることをサポートする、例えば今日の話でいえばシャペロンのような人が皆さんの周りに現れると思います。今日の講義は以上です。

ショートレクチャー

蓄電池の未来と学際研究 —光で充電できる電池をつくる—

学際科学フロンティア研究所助教 しもかわ こうへい
下川 航平

皆さん、こんにちは。東北大学学際科学フロンティア研究所助教の下川です。よろしくお願ひします。今日は、「蓄電池の未来と学際研究」というタイトルでお話をさせていただきたいと思ひます。まず初めに、私は蓄電池の研究を行っておりますので、蓄電池とは何かということ、そして、蓄電池の未来がこれからどうなるのかということ、さらに、蓄電池の研究が他の分野の研究とどのようにつながっていくのかということについてお話をさせていただきたいと思ひます。

まず初めに自己紹介です。私は、下川航平と申します。出身は京都府の宇治市です。高校は嵯峨野高校というところで、芸能人の吉岡里帆さんと同学年でした。そして、大学は京都大学に進学しまして、

その後、博士から東北大学に移りました。学生時代のこととして思い出深いのは、当時、バックパッカーにハマりまして、バックパッカーというのはバックパックを一つだけ背負って旅をすることを言うんですけど、ここに示している写真はネパールに行った時のものです。これは4000メートルくらいのヒマラヤを歩いていくというトレッキングに挑戦したときのもので、非常にエキサイティングで楽しかったです。そして、現在はご縁がありまして、東北大学の学際科学フロンティア研究所の助教として研究を行っております。また、本題に入る前に謝辞を述べさせていただきたいと思ひます。本動画で述べさせていただいた研究内容については、学位研究をご指導いただいた金属材料研究所の市坪先生、なら

びに、NIMSの岡本先生をはじめとする共同研究等でお世話になりました先生方からご教授いただいたことがたくさん含まれておりますことを、ここにお礼を申し上げます。

それでは一つめです。「蓄電池」とは何か。これは非常に簡単な定義で、繰り返し充電ができる電池のことを言います。蓄電池といいますと、日常的には建物に入っている大型の電池を想像するかもしれませんが、皆さんが使っているスマートフォンの中に入っている電池も蓄電池です。また、蓄電池は二次電池とも呼ばれます。一次電池というのは、充電された状態の電池を買ってきてそれを一回使い切って終わるようなかたちの電池のことをいいます。代表的な電池としては、例えばアルカリマンガン乾電池。また、用途としては、皆さんが乾電池を買ってきて使用する日用品などが挙げられます。一方で蓄電池、二次電池というものは、放電をした後にまた充電をして繰り返し使えるような電池のことをいいます。近年における代表的な電池としては、リチウムイオン電池。また用途としては、スマートフォン、電気自動車、定置用の電源など、様々なシーンで利用されています。このように、高性能な蓄電池の開発によって、我々の生活は飛躍的に便利になってきました。

では、そのようなリチウムイオン電池がどのような仕組みで動いているのかについて説明をしたいと思います。ここからは少し専門的な内容に入っていきますので、全てを理解することは難しいかもしれませんが、しかし、より詳しく知りたい時には、自分で調べてみるとか、もしくは質問やコメントという形で私に聞いてください。リチウムイオン電池というのは、これまでの蓄電池に比べて非常に高いエネルギー密度を実現したというのが、画期的なポイントでした。このエネルギー密度というのは、単位重量もしくは単位体積あたりにどれぐらいのエネルギーを詰め込めるのかという指標です。この高エネルギー密度を実現できた理由として、ロッキングチェア（揺り椅子）型と呼ばれる構造を実現したことが挙げられます。ここに示しているのは、ロッキング

チェア型の蓄電池の概略図です。こちらが正極でこちらが負極になります。この電極材料には、リチウムイオンを繰り返し挿入したり脱離したりできる特殊な結晶構造の材料が利用されます。放電の時には負極から正極へ、また充電の時には正極から負極へと、リチウムイオンが移動します。ここで注目していただきたいのは電解液です。このシステムにおいて、電解液はリチウムイオンの通り道になっているだけなので、実際にデバイスを組む時には非常に少ない量で作動することになります。ですので、これが従来の電池と比べて高エネルギー密度を実現できたひとつの要因です。リチウムイオン電池は非常に高性能な電池ですが、近年ではさらなる高エネルギー密度化や、またより豊富な金属を利用したいという要求から、新しい蓄電池の開発が求められています。ここでポイントになるのは負極です。リチウムイオン電池では、代表的にはグラファイトが利用されますが、実は本当に利用したいのはリチウム金属です。というのも、容量がグラファイトに比べて飛躍的に大きくなるからです。しかし、リチウムの金属を負極に利用すると、充電をするときにリチウム金属が針状に成長してしまうという問題点があります。このような針状の成長が起こってしまうと、正極と負極がショートして、ひいては爆発の原因になる可能性があります。現在は利用されていません。

そこで、近年着目されている新しいものとしては、リチウムイオン「ではない」電池というのがあります。これは実際私が学位研究で行った研究なんですけれども、リチウムイオンではなく多価のイオンを利用した電池の開発に取り組みました。具体的には、マグネシウムに着目しました。マグネシウムの金属は、リチウムとは違って平滑に、平らに電析をする特性をもっていますので、高容量の負極材料として利用することができます。しかし一方で、今度は正極材料が適切なものがないというのが問題点でした。そこで私は、この酸化マンガン系の材料において、非常に精密な結晶構造の設計を行うことによって、世界最高性能の高サイクル特性を実現することに成功しました。このように、博士課程の研究で高性能

のマグネシウム蓄電池用の正極材料を開発しました。

次に、蓄電池の未来がこれからどうなるのかということについて、自分の考えを述べたいと思います。リチウムイオン電池は高性能な電池ですので、きっとこれからも使われていくと思います。しかし一方で、今さまざまな新しい電池の開発が進んでおりますので、私自身の予想としては、そういう新しい電池とリチウムイオン電池が適材適所に、色々な場所で利用される未来が訪れるのではないかと考えています。具体的には、リチウムイオン電池は高エネルギー密度ですので高性能な機器に適していると思います。一方で、マグネシウム電池などはリチウムイオン電池よりもより高容量で安全で安価な電池になり得ますので、より大型の用途に適していると思います。また私が現在非常に興味を持っているのは、通常の電池ですと電気プラグにさして充電をする必要がありますが、そうではなく、身の回りにある様々なエネルギーで充電できるような電池は作れないのか。振動、熱、もしくは光だったり生命のエネルギーだったり。そういうものができれば、例えば非常に小型でそして省エネルギーで、でも電気プラグに差したくないというような用途で、非常に活躍すると思われまます。このように様々な電池を開発して、クリーンで効率的なエネルギー利用をしていくことが、電池の研究者として、持続可能な社会の実現に向けて貢献できる点だと思います。

今、様々な電池が多種多様に、多様性が、というように話をして、なんだか自然界の話みたいじゃないですか。これは、実は私が非常に興味を持っているところで、例えば電池の正極材料には酸化マンガンの材料がよく利用されるんですけども、こうした酸化マンガンのような材料というのは、実際に自然界で物質や物質エネルギーの変換として利用されています。例えば植物の光合成においては、このカルシウムマンガンクラスターという酸化マンガンのような物質が、酸素発生の触媒として利用されていますし、もしくは、発電細菌という特殊な微生物は、酸化マンガンの粒子を電子アクセプタとして利用することでエネルギーを得ています。このように、

これらを敢えて電池と言うのであれば、自然界はすでに新しい電池を発明して様々なエネルギー変換を実現しています。

こうしたことに着想を受けて、私は現在一つ研究テーマとして、光で充電できる電池の開発に取り組んでいます。これは原理上可能だと考えておりました、従来の電池では外部電源を利用して電子にエネルギーを与えるんですけども、それを従来の電池に更に光を吸収して電子を励起できるような材料、光触媒などを組み込むことによって、従来の電池の充電反応を光のエネルギーを使って駆動することができると考えています。こういうものができれば、従来の太陽光発電+蓄電池の組み合わせとは違って、蓄電池自体が直接、光によって充電できる、よりスマートでコンパクトなデバイスが実現すると考えています。

実際、この光充電のコンセプトを近年部分的に実証することに成功しました。具体的には、酸化マンガンの正極材料の光照射による充電反応を実現しました。こちらに示しているように、まだデバイスにはなっていないで、電池の正極材料だけに着目した、半分的设计なんですけれども、酸化マンガンの正極材料と酸化チタン、二酸化チタンの光触媒を組み合わせた電極において、こちらは実験データなんですけど、光を当てるだけで充電反応が進行し、その後は従来通りの放電が可能であるというデータを得ることができました。現在は、この材料が光充電をしている途中に劣化していつてしまうことが分かりましたので、その安定性を向上する正極材料の結晶構造の設計に取り組んでいます。

または微生物を使った研究も現在行っています。微生物を使うことで、リチウムイオンの挿入反応。これは正極材料の放電反応に対応するのですが、それを駆動することに成功しました。こちらはポイントだけ述べさせていただきます。この濁った液体の中には微生物がいて、またリチウムイオンが溶けています。この黒い物質は酸化マンガンの粒子が固まったものです。これを電子顕微鏡で見ると、このように微生物がいて、この微生物が電子を酸

化マンガンに与えることで、同時に溶液中からリチウムイオンが固体の中に回収されていきます。これを利用して、海水からのリチウムの回収技術として応用できるのではないかと考えて、研究を展開しています。実際、これは実験した結果なんですけれども、海水中に含まれている非常に微量なリチウムから、更に97%回収することに成功しています。

それではまとめです。まず一つめ、蓄電池とは何かについて。蓄電池とは、繰り返し充電が可能な電池のことであり二次電池とも呼ばれます。小型のものはスマートフォンの電源から、大きな定置用の蓄電池まで、様々なシーンで社会を支えています。二つめ、蓄電池の未来について。確かなことは分からないんですけれども、私の意見としては、リチウムとは異なる金属を利用したり、もしくは充電様式が異なるなどの新しい蓄電池が、適材適所に利用される未来が訪れるのではないかと考えています。最後に他分野とのつながりについて。植物の光合成や微生物の代謝など、自然界のエネルギー・物質変換システムにおいて電池材料と似た物質が利用されており、それに学ぶ学際的な研究領域が広がっています。ぜひ、どんなことでも気兼ねなく、質問やコメントをいただくと幸いです。

そして最後に、せっかく学部生の皆さんにメッセージを伝えられる機会ということで、ここにも学部生の頃の自分がいたら伝えたいことというのを三つにまとめてきました。一つめ。大学生、特に学部

生のときが一番、エネルギーと時間に恵まれた期間だと思います。ですので、自分が何か考え抜きたいことがある時に、それを最も深く考えるには絶好の機会だと思います。二つめは、現状とか日常に息苦しさを感じると思うんですけども、どこかに自分が生き生きとられる場所はあるはずだと思います。それがどこであったとしても、考え方ひとつで行けると思います。三つめは、目の前に頑張りたいことはあるけれども、未来が見えなくて怖いということがあると思うんですが、そういう時も、頑張りたいものがあるんだからまずはひたむきに取り組んでみるということ、私はお勧めしたいと思います。なぜなら、そうやって頑張っているその先に、具体的な未来が見えてくるということもあるからです。そして、これは今、自分自身も今でも大切にしている思いなんですけれども、冒頭でネパールの非常にきれいな写真を見せたと思うんですが、ああいう世界の絶景とかを見ても、実はたいしたことはないんですよ。それよりもよっぽど、何ていうか、自分が頑張ってみた景色とか、僕にとっては今日ご紹介した研究内容、研究のデータひとつひとつとかそういうものは、自分にとってもっと美しい景色になり得るんですね。皆さんもこれから大学生活で、たくさん美しい日常の景色に出会うと思うんですけども、そういうものをぜひ大切に、大学生活を楽しんでくれたらいいと思います。以上です。ありがとうございました。

ショートレクチャー

宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見してみる

学際科学フロンティア研究所助教 いちかわ こうへい
市川 幸平

皆さん、こんにちは。学際科学フロンティア研究所で助教をしています市川幸平と申します。本日はこういうタイトルで、宇宙にある大きなスケールとこのを使ってあげることで、人間の寿命を超えたような時間軸というのを見られるよという話をしたいと思います。これだけだと僕がどんな研究をして

いるのか分からないと思うのですが、私は天文学をやっています、特に、宇宙にある超巨大ブラックホールの観測というのをやっています。おそらくですが、ほとんどの方にとっては、天文学者というのに出会ったことがないかと思うので、その話からスタートしたいと思います。僕がプロの研究者になっ

てほしい 10 年ぐらい経つわけですが、僕の職業が天文学ですと言うと、よく言われるのがこういうようなことです。何かというと、天文学者に初めて会いました。すごいですね。何やってるんですか？宇宙飛行士とか目指すんですか？ ということを言われます。こういう質問は、天文学をもしご存じの場合は、まあ絶対に出て来ない質問の一つかと思えます。逆に言うと、ほとんどの人にとっては、天文学者に会うことはないわけですね。なので、天文学者が何をやっているのかは知らない。実際、どれくらい天文学者がレアかというのを計算してみましょう。例えば日本の天文学者に限ると、日本天文学会というのがありまして、それに登録している天文学者はたかだか 3 千人ぐらいですね。日本の人口が 1 億 3 千万人くらいとしますとそれで割れば、だいたい 2.3×10^{-5} 。これはだいたい 4 万人に一人くらいになります。これはかなりレアだということが分かります。なぜかと言うと、1 年というのはたかだか 365 日しかなくて、100 年だとだいたい 36000 日しかないわけです。なので、アトランダムに毎日新しい人に会って、職業を聞くぐらいに仲良くなっても、天文学者に会うのはあなたの人生で一人いるかないか。ということで、天文学者に会うことはまれです。なので、今回僕の話が皆さんの経験の中で少しでもタネとして生かすことができれば幸いです。

天文学というのは何をやっているかといいますと、まず対象を明確にしましょう。基本的には太陽系外のおよそほとんどの場所・天体・現象をカバーします。言い換えると、現場に行って測定することができない領域だったりイベントのことを、天文学者は全部カバーします。一方、人類が行けるような領域。例えば、小惑星イトカワとか、火星とか、月とか、そのあたりは天文学というよりは惑星科学という分野になります。なので、実は学科も違いまして、残念なことに交流もあまりないんですよ。これはちょっともったいないと思うんですが、分野が違うわけです。天文学はサンプルリターンできませんので、どうやるかということ、やることは受け身です。対象から届く情報しか使えません。私たちからアプローチ

はできない。僕らは受け取るだけです。具体的に何の情報を受け取るかということ、ひとつは光です。電磁波で、皆さんも目で見ている光。これは可視光とありますが、それ以外にも電波、赤外線、X 線などを使って対象からくる光を受け止めてそこから情報を引き出すということをやっています。それ以外では最近では粒子。粒子というのは具体的には宇宙線だったりニュートリノですね。ニュートリノというのは散乱断面積が非常に小さいので、するっとすり抜けてしまう。逆に言うと、非常に密度が高い天体の中の情報が僕らは分かるんです。最近では、皆さんも聞いたことがあるかもしれませんが、重力波というのがありまして、時空の歪みですね。それも検出できるようになりまして、例えばブラックホールとブラックホールがぶつかったときに時空が歪むんですが、そういう情報を受けたりできるようになってきました。ということで、天文学ができる領域というのはちょっとずつ広がっていついていくわけですね。天文学のいいところは、もうこれに尽きると思うんですがスケールの幅、ダイナミックレンジが非常に広いです。例えば、空間スケールで見ますと、ダストとかだったらマイクロンサイズ。一方、宇宙のスケールというのは 10^{28} m あるので、30 ケタから 40 ケタのダイナミックレンジがあります。一方、時間スケールも非常に長くて、小さいものだとミリ秒で動いているものから、 10^{10} 年。一年が $10^{7.5}$ 秒ぐらいなので、 10^{10} 年は $10^{17.5}$ 秒くらい。だいたい 20 ケタの時間スケールの幅を持っています。これは言い換えますと、地球上では作れない極限的な環境というのがたくさん宇宙には存在することが分かります。なので、もしそういう極限的な物理の理解をしたいというときは天文学というのは非常に良い学問だということが分かります。そういうことで僕は天文学をやっている。特にブラックホールというものが宇宙にありまして、これがどうやってできたのかとか、どうやって質量を増やしたのかということの研究対象にしています。

ブラックホールをどうやって見るかという話に移りますが、ブラックホールというのは、基本的には

見えません。が、天文学者はよくブラックホールを見たと言います。観測していると言います。それはどういう意味なのかというのをちょっとだけ説明します。実際、ブラックホールは見えないわけですが、宇宙にはガスがいっぱいありまして、ブラックホールの重力圏にガスがキャプチャーされることがよくあります。そうするとガスは、位置エネルギーを運動エネルギーに変えてどんどん落ちていくわけですね。それでガスがどんどん溜まっていくと、お互いの速度差によって摩擦が起きます。そうすると、そこから熱が出るわけですね。そうすると、ブラックホールの周りからガスによって光が出るわけですね。模式図で見るとブラックホールは暗いですが、ここにあるガスが摩擦を起こして熱を出してここから光が出る。このガスから出る光の動きが、例えばケプラー運動していると思うと、そこから中心のブラックホールの質量だったり分かるわけですね。で、このガスがどれくらい熱いかというと、だいたい1000万度ぐらいになっていまして、これはエネルギーで言うとX線くらい。ということで、X線を見たらブラックホールが見つかるわけですね。宇宙をX線で見たと図では、青が何もなくて、白いのはX線で明るいところ。これらは全部ほとんどブラックホールだということが分かっています。宇宙にはこの領域だけでもだいたい2万個くらいのブラックホールがありまして、たくさんブラックホールがあります。特に大事なのが、宇宙のけっこう大きいブラックホールというのがありまして、これが今回の話になります。大きいブラックホールというのはどういうことかということ、実際このX線でどこにあるかということのを調べていけば、それが分かっていきます。実はこのX線を僕らの見える可視光線で見ると、どうやら銀河の中心にあるということが分かってきました。銀河の中心にあつてしかもコンパクト。ということで、こういうふうに明るい核のようにX線で見ると、こういうのを活動銀河核と呼んだりします。銀河中心ブラックホールというわけですね。ブラックホールが銀河の中心にあるということが分かってきています。こういうふうにコンパク

トなんです、どれくらい重いのかということを知りたいですね、銀河中心ブラックホール。それはどうやるかということ、先程言ったように、これは明るいわけなので周りにガスがいっぱいあるわけですね。なので、ガスをこうやってぐるぐる回っている情報を使えば、中心にあるブラックホールの質量が見積れます。それで見積もりますと、例えば、太陽の質量、太陽の重さですね、そのだいたい30億倍ぐらいのブラックホールがこの銀河の中心にあると。めちゃめちゃ重いですね。だいたいですね、どんな天体、銀河を見ても、中心にブラックホールがあつて、その質量はだいたい100万倍から100億倍くらいということが分かってきています。それと、そのことからこの銀河中心ブラックホールは超重いブラックホールということで、英語で **supermassive black hole** といいます、日本語では超巨大ブラックホールといいます。非常にシンプルな言い方ですね。これは皆さん一部の人は知っているかもしれませんが、**Event Horizon Telescope** の電波で見たブラックホールの撮像の画像です。**M87** の場合もこういうブラックホールの穴があつて、このサイズを測ることでブラックホールの質量が分かります。じつは僕らが住んでいる銀河中心部にもブラックホールがありまして、見えないんですが、間接的にそういうのが存在することが分かっています。これは銀河の中心をKバンド、近赤外線という波長で見たものですね。それぞれの点が星です。この星がどう動くのかを見てあげると、どうやらこの何もないところを中心にぐるぐる回っているというのが分かるかと思えます。この運動から質量を見積もりますと、だいたい太陽の重さの400万倍。ということで我々の銀河中心にも超巨大ブラックホールがあることが分かってきました。この観測結果から2020年には **Andrea Ghez** と **Reinhard Genzel** という二人にノーベル物理学賞が与えられました。

ということで、銀河の中心には大きいブラックホールがあるということが分かってきました。ただ、これをどうやって作ったかというのは誰も分かっていないですね。一部の人は知っているかもしれま

せんが、ブラックホールの作り方で一つだけ知られているのは、大きい星が爆発した時、超新星爆発というのでできます。でもこれでは、太陽の質量の10倍から100倍程度のものしか作れません。一方、銀河の中心にある超巨大ブラックホールというのは100万倍から100億倍の太陽質量ということで、少なくとも4ケタのマスキュープがあります。これは非常に大きなマスキュープでして、どうにかこれを埋めないといけません。基本的には、ブラックホールを太らせないといけないんですね。なので、それを太らせるメカニズムというのが必要です。これが僕の研究になってくるわけです。だいたいですね、太らせるには、ものを落とすか、あるいは二つのものを合体させるか、そのどちらかなんですね。なので、ものを落とせば、先程言ったように光が出ます。一方、ぶつかると重力波が出るので、それぞれアプローチが変わるわけですが、今回はシナリオ1のほうの話をしたと思います。

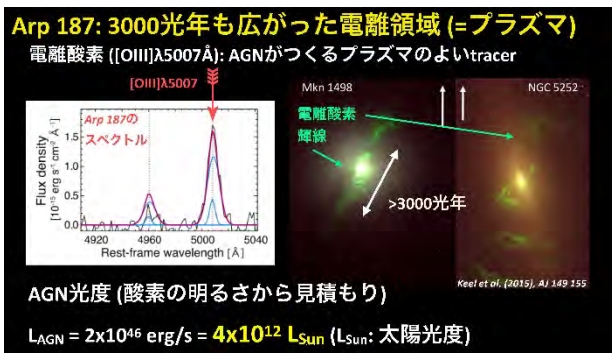
まとめますが、ブラックホールのガス降着が起きた場合というのは、非常に中心が明るくなるわけですね。これは言い換えるとブラックホールから見ると、モノを食べて質量を増やしている状態なので、活動銀河核というのを見てあげれば、ブラックホールが太っている現場なわけです。なので、この活動銀河核を観測する。活動銀河核のいいところは、光のあらゆる波長で明るいことです。X線が一番明るいんですが実は可視光線、電波でも明るいということが知られています。

たとえば、電波で見てやるとこうなっていて、ここはさっき言ったブラックホールがあるところですね。そこからジェットが出ていまして、電波でも明るくなることが知られています。この活動銀河核というのはどれくらい長い間あるかというのは実は分かっていません。もちろん、始まりはあるわけですね。ガスが落ちたら始まるわけなんで。じゃあ、ガスを止めたら終わるわけですが、どれくらいで止まるかというのは誰も知らないんですね。なぜかという、たぶん、寿命が非常に長いということが知られていまして、活動銀河核の寿命はおそらく10万

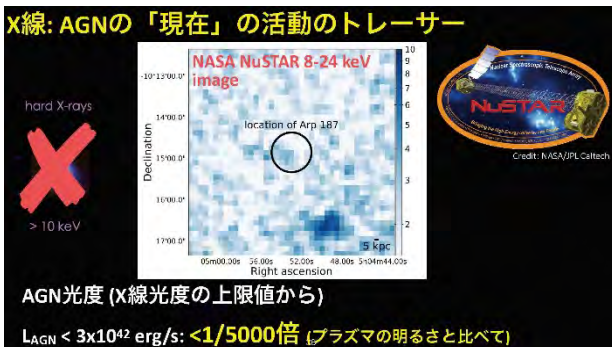
年以上。だいたい平均的には1億年ぐらいあるとされていまして、この活動銀河核が終わる瞬間、死ぬ瞬間というのは誰も見ることができていないんですね。なので、そもそも太るフェーズとして活動銀河核が終わるのは必要ですがそれがどのくらい長いかというのは分からない。なので、ブラックホールの太り方がどれくらい長いかというのも分かっていないです。分からないことだらけ。まずはこれが終わるフェーズというのをどうにか探したい。これがモチベーションになります。今回はちょっとしたアイデアで、終わりの瞬間というのをを見つけました。その話をします。



これは先程言ったように、ある銀河を見たものですね。Arp187という銀河です。電波で見た図で、二つの電波の雲が見えます。これは先程見たように、いわゆるジェットと呼ばれるものを見ていると思われれます。なのでこのArp187は、おそらく活動銀河核があるのでしょうか、というのが分かります。ですが、このArp187、他の天体には見られない特徴があります。それは何かといいますと、降着円盤、あるいはブラックホールに付随すると思われる電波コアというのがありません。非常に暗いことが分かっています、これは言い換えますと、どうやら現在のAGNの活動というのはもう終わっているかもしれません。これがどうなっているのかというのをもう少し詳細に調べてみました。キーとなるのは、異なる波長で同じ天体を見てみるところですね。なぜかという、それは異なる場所を見られるからです。

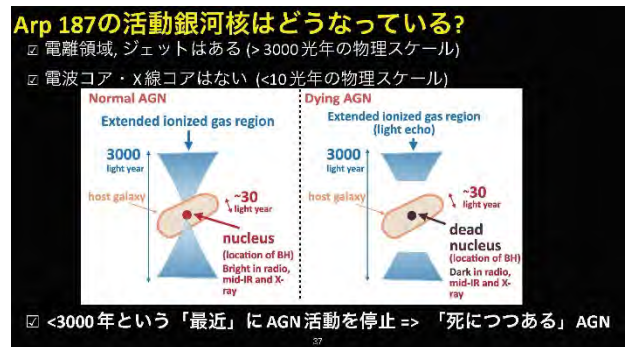


たとえば、可視光線を見ますと、先ほどの活動銀河核からの放射で分離されたガスプラズマというのが見ることができます。これはだいたい3千光年とか、1万光年くらい広がっていることが知られていて、基本的には活動銀河核を見るよいトレーサーになりますね。実際、この天体は、この電離した酸素というのが結構受かって (=天文学用語で「検出, detection」の意味) いて、そこからAGNの光度を見積もりますと、この単位はどうでもいいんですが、だいたい太陽の明るさの4兆倍くらいだということが分かっています。明るいですね。一方、AGNの今の明るさというのを見たい場合というのは、やっぱり X 線を使います。なので我々は NASA の NuSTAR という X 線衛星の観測時間を取って観測をしたところ、どうやらこれは検出できなかったわけですね。ここから現在の明るさには強い上限値がついていて、さっきのプラズマの明るさと比べると、だいたい5千分の1くらいよりも小さい。



3ケタ~4ケタ落ちているわけですね。なので、中心核はどうやら死んでいるということが分かっています。まとめますと、大きいスケールのジェットだ

ったり電離領域というのは、まだ生き残っているわけですが、中心核の電波コアだったり、X線のコアはもう死んでいる。これらは10光年という非常に小さいスケールなので、中心核がシャットダウンしますとすぐ見えなくなるんですね。一方、さっき言った電離領域とかジェットというのは非常に大きなスケールまで広がっているんで、中心核が死んでもその情報を受け取るのにだいたい千年から1万年かかります。なので、中心核が千年以内に死んでいたとしたらまだ残っているわけですね、その領域が。ぼくらの天体 Arp187 というのは、まさしくそういう天体なんだということが分かりまして、もう過去3千年という、ブラックホールの活動単位から言うと「最近」にAGNの活動を止めた、死につつあるAGNだということが分かりました。



ということでまとめますと、Arp187 というのは、今死んでいます、その死んだというのは本当に最近、たかだか千年程度、ということが分かります。

ということで、最後にメッセージですが、言いたかったことは何かといいますと、天文学というのは非常に大きなスケールを見ますので、この時の大きなスケールというのは、人間のタイムスケールでは非常に長い時間になります。なので、そういう大きなスケールを利用すれば、人間の寿命よりも長いものをトレースすることができるというのが、私が伝えたかったことです。以上になります。ありがとうございました。

2. 2 質疑応答・全体討論の記録：対面／オンライン

司会（水野）：皆さん、こんにちは。定刻になりましたので、『ILAS コロキウム 2022—若手研究者が語る「知」の最前線』を始めたいと思います。本日の司会を担当する水野健作みずの けんさくです。最初に私のほうから、ILAS コロキウムとは何かということを中心に説明したいと思います。私たちが所属している教養教育院のことを英語では Institute of Liberal Arts and Sciences といいますので、その頭文字をとって教養教育院のことを ILAS とよんでいます。教養教育院には、総長特命教授が私を含めて、5人おります。私たちが相談して、春と秋に2回、セミナーとコロキウムを開催しています。それで、これまでに秋には十数回、総長特命教授合同講義というかたちで開催してきました。昨年からは、私たち総長特命教授が話すのではなくて、東北大学におられる若手の先生方に講義をしていただくことにして、名前も ILAS コロキウムと変えて、開催しています。若手の先生方の話を聞いて、若い学生が刺激を受けることを期待しています。皆さんは、もうすでに ISTU で講義を聞いていると思いますが、東北大学の若手の研究者がどういう研究をしているのかということを知りたいと思います。ぜひ積極的に質問をしてください。研究の面白さとか、あるいはどうして研究の道に進んだのかとか、そのようなことも含めていろいろと質問をしていただければと思います。壇上に上がっているパネリストの紹介を簡単にしたいと思います。まずは、講演をいただいた、東北大学の若手研究者のかたを紹介したいと思います。私のすぐ左におられる方から順番に紹介したいと思います。文学研究科の准教授で心理学がご専門の荒井宗史先生です。続きまして、学際科学フロンティア研究所准教授で、構造生物学・生化学がご専門の奥村正樹先生です。続きまして、同じく学際科学フロンティア研究所助教で材料科学がご専門の下川航平先生です。最後に、同じく学際科学フロンティア研究所助教で天文学がご専門の市川幸平先生です。続いて、教養

教育院に所属している総長特命教授の先生方を紹介したいと思います。まずは、素粒子物理学がご専門の日笠健一ひかさけんいち先生です。それから、西洋美術史がご専門の尾崎彰宏おざきあきひろ先生です。続いて、環境水工学がご専門の田中仁たなかひとし先生です。最後に、言語思想がご専門の森本浩一もりもとこういち先生です。こういう先生方にも、後ほど質問やコメントをいただきたいと思います。それではさっそくですが、始めたいと思います。なお、このコロキウムは録画していますのでご承知おきください。皆さん、事前に4人の先生方の講義を視聴していただいて、質問も書き込んでいただいたと思います。講演していただいた先生方には、その中からいくつかピックアップしていただいて、回答なり感想なりコメントなりをいただきたいと思います。各先生、5分程度でお願いします。それではまずは、「暴力はなぜ起こるのか—あなたの知らないあなたの存在—」というタイトルで講義いただいた荒井先生にお願いします。意識と無意識、あるいは犯罪というように、ある意味で非常に身近な話題をお聞かせいただきたいと思います。では荒井先生、お願いします。

荒井：はい、ありがとうございます。まず、非常に多くのご質問をいただきましてありがとうございます。関心を持っていただけたかなと思う反面、僕の伝え方があんまりよくなかったんじゃないかと若干心配になりながら、すべての感想・コメントを読ませていただきました。時間が限られていますので、今回この場でお答えさせていただくのは二つに絞って回答をさせていただこうと思います。まず一つめは、A：将来、暴力のない未来は訪れるとお考えですか。暴力をなくすためには、具体的にどのような方法や取り組みがあるとお考えですか。というご質問をいただきました。農学部の学生さんですね、ありがとうございます。非常に大きな問題についてご質問いただいたなと思うところですが、まずご質問に端的に答えるならば、暴力のない未来という

のは残念ながらかなり難しいと思いますし、もし可能であったとしても非常に時間がかかるだろうと思っています。理由としては、暴力あるいは暴力性と言ってもいいかもしれないんですけども、これは生物としての生存に関わるものであって、そう簡単に人間からなくすことはできないだろうと思うからです。例えばそうですね、夜道を歩いているときに暴漢から身を守るためには、抵抗する必要があるかもしれません。その場合には、生物として考えた場合、暴力を振るえるほうが生存の可能性が高くなる。このように、積極的に暴力を用いないとしても、暴力性のある程度備えた、暴力性と言っているのかどうか分からないですが、抵抗する力を持っていたほうが生存の可能性が高くなるならば、暴力とか暴力性というのは人間から完全になくなるということは難しいのではないかと考えています。ただ、人間から暴力とか暴力性を完全になくすことはできなくても、おそらく減らすことは可能ですね。例えば、有名なところでは Steven Pinker なんかは、『暴力の人類史』。読まれた方もいるかもしれないですけど、書籍の中で「近代は人類史上で最も暴力が少ない」ということを序論の部分で論じていたりします。昔は大きな戦争があって、人がたくさん亡くなっていますけれども、そういった暴力を合わせると、今は長いスパンで見ると暴力というのは減ってきているんじゃないかという議論があるということですね。暴力は、他の人との関係性において生じるものである以上、暴力を選択肢として排除するような社会的な成熟がもし見られるならば、もしかすると今後ますます減っていった最終的にはかなり少ないところまで行き着くと思いますし、もっと長い時間で考えれば人類がこれから生き残っていくためには、最終的には暴力性というものをどうにかしないと自滅するのではないかなと思っています。そんなふうに回答をしておきたいと思います。あと、私の研究から考えると、人間が仮に暴力性を持っていたとしても、それが顕現する、つまり外に現れる情報処理を是正することができるのではないかと考えています。今回はそれをスクリプトとかスキーマといった認知情

報処理の観点から少し議論をさせていただきましたけれども、そういったところにうまくアプローチできれば減らすことはできるかもしれないですね。ということで、お返事をさしあげたいと思います。それからもう一点、二つめです。**B: 近年、サイコパスという言葉をよく聞くようになった気がするのですが、具体的なサイコパスの定義みたいなものを詳しく教えていただきたいです。** ということで、これもたまたまなんですが、農学部の学生さんからです。これは誤解が多いので、この場をお借りして、お返事させていただきました。まず、サイコパスというのは、学術的には psychopathy というパーソナリティ特性を強く持った人物の臨床像を指しています。したがって、一般的に言われているような、例えば猟奇的な殺人犯イコール、サイコパスなのかというとはそうではないんです、学問的には。つまり、psychopathy が高い殺人犯もいれば、低い殺人犯もいて、殺人犯イコール、サイコパスということは言えないということです。逆に psychopathy というのは、みんなが持っている性格特性、パーソナリティ特性ですから、殺人をしていない一般人の中にも psychopathy が高い人と低い人がいると言われていきます。だから、psychopathy が高いからといって全員が犯罪者になるとは限らないということですね。例えば会社の CEO とか弁護士さんとか報道関係の人たちは、psychopathy が高い非犯罪者というふうにも言われることもあります。これはイギリスの研究なんかでそう言われています。もうちょっと言うと、この psychopathy というパーソナリティ特性には、一次性 psychopathy と二次性 psychopathy という二つの大きな特徴があります。一次性 psychopathy は対人関係とか感情面での特徴で、利己性があって、共感性・罪悪感が欠如していて、感情がほとんど動かないという特徴ですね。あとはずるくてごまかしが得意といった特徴を示すような人たちが、一次性 psychopathy にあたります。二次性 psychopathy は社会的な異常性を表して、衝動的な行動とか刺激希求性ですね。刺激がすごくほしいというようなパーソナリティ特性を表していると言われていきます。こ

れらの特徴を強く示すものが、サイコパスと言われるわけです。さらに付け加えると、サイコパスという言葉は実は学問的にはもう古くて、近年では社会的に嫌悪されるパーソナリティをまとめて dark triad とか dark tetrad と言われることがあります。つまり、psychopathy だけが社会を混乱させるのではなくて、例えばマキャベリズムとかナルシズムといった、パーソナリティ特性として対人関係に問題を起こしやすいものがあって、それが dark triad という言葉で表されているということです。かなり大雑把な説明なんですけれども、もし興味がありましたらこの話は、学部3年生になると僕の心理学の授業の中で説明していますので、興味があればぜひご覧いただければと思います。以上です。

司会 (水野) : はい、荒井先生ありがとうございました。またこのあと、直接、質問を受けたいと思いますので、その時はまたよろしくお願ひします。では次は、奥村先生をお願いします。奥村先生には「タンパク質の形（構造）を知ろう！」ということで、タンパク質の構造について基礎から現在なされている最新の研究まで、分かりやすく説明していただいたと思います。それでは、奥村先生お願いします。

奥村 : 学際研の奥村でございます。5分ぐらいということなんですけれども、大体、この質問に対して5分ぐらいで答えようかなと思います。まず最初の質問は、C: PDI ファミリーはジスルフィド結合を基質を選ばずに作りますが、PDI ファミリーは酵素と言えるのですか。という点に対し、高校生から大学生の最初くらいに、酵素と基質というのが1対1の関係性であるということを授業とか教科書で読んだと思うのですが、研究の世界では教科書に書いている以上のことをやっていますので、我々が使っているこの PDI ファミリーというのは1対1の関係性ではないということです。一酵素が複数の基質を触媒できるということです。酵素基質反応というのは、教科書的に言うと鍵と鍵穴の関係性ということ、皆さん学んだと思いますが、そうではないということです。あくまでも、いくつかの鍵で鍵穴が開くということです。ですので、酵素基質反応の一般論を

知るため、タンパク質の形を理解できればこういったところが一般論として理解できるというのが、私の研究スタンスです。あと、D: ミスフォールディングであったり E: アモルファス凝集というところの質問があるんですけども、非常に我々も寿命が長くなってきて、エイジングとともに起こる症例として、神経変性疾患やII型糖尿病というのがございます。こういったものは、多くは天然のタンパク質の形ではなく、不良タンパク質の形を持つことが問題なんです。その時に、ミスフォールディングというのはじゃあどういふふう天然の形と比べてどうなっていますかというのは、天然の形とは違うもの、これを全部ミスフォールドと言います。そういったミスフォールドタンパク質の中でも色々区分化できるんですけども、例えばアモルファス凝集というのは、E: 他の動物の卵でも同様な変化が起こるのですか。と書いているんですけども、これはすべての卵だけではなくて、生物すべてはタンパク質によって構成されていますので、例えば我々であれば2万種類のタンパク質で構成されていますので、この2万種類一個一個に熱をかけていたりとか化学変性剤を加えると、全部凝集します。だから、我々の体のタンパク質というのは、天然の形をとる以外にはすべて凝集できます。ですので、この E: 鶏の卵特有ですか。というのは、鶏の卵だけではなくて我々の体の中でもタンパク質の凝集は起こります。こういったところと、例えば F: アルツハイマー症というところが、じゃあどういふふうな関係性があるかと言いますと、例えば1~2年前ぐらいに科学技術の発達でクライオ電顕というのがノーベル賞、2017年に取ったと思います。そういったものの技術の発展により、例えばアルツハイマー症で亡くなられた方の脳からタンパク質を抽出してきて、どういう不良の形かというのをクライオ電顕という手法で見ると、いくつかの形があったんですね。この、いくつかの形がある、というのが非常に難しい問題なんです。何が難しいかということ、例えば創薬するときに、アルツハイマー症を治すために、なぜ世界中のメガファーマがやっているのに薬ができないかということ、

様々な形があるから、この形 specific に薬が作れないんですね。ですので、形を知ることがいかに重要かということです。ミスフォールドタンパク質というのは、様々な形があり、構造多型性、morphology ともいいます。これがあるというところが非常に難しい問題になっています。ですので、これがじゃあ若い人の体の中ではこれはどうやって抑えているんですか、というのが、シャペロンネットワークです。ですので、この G: シャペロンネットワークがなぜ生物種を超えて共通のものであるのか伺いたい。というのは、例えばイーストとか大腸菌とかいうのにエッセンシャルなシャペロンというのは、例えば遺伝子をつぶしたりすると、これは生きられなくなります。そもそもタンパク質の凝集を生物の中で溶かすというシャペロン、これがないとそもそも生きられない。例えば我々人間だと 20 種類とか、非常に多い種類のシャペロンネットワークがあります。ですので、H: ストレス応答のしくみというところが気になったのもう少し教えてください。というのは、このシャペロンネットワークというのが、ストレスに应答して activate されるということがございます。ですので、ストレスが発生すると、このシャペロンの発現量が上がったりするので、ストレスが緩和されるとこのシャペロンの発現量が下がる。特にこのへんの研究に関しては、小胞体ストレス応答というのが、京都大学の森先生が Peter Walter と一緒に、毎年ノーベル賞候補としてニュースとかにも上がっていると思います。実はこの先生方は、小胞体ストレス応答ということを見つけています。ですのでこのストレス応答というのは、シャペロンの activate するということと非常に相関性があります。これで大体答えられたかなと思うんですけども、最後、I: 国際的な活動というところなんですけれども、研究と留学というところに関しては、ちょっと分けてもいいかなと思います。研究者というのは基本的に、研究で留学するというのと語学で留学するというのは、本質的に違うと思います。語学で留学するというのはことばが学べたらいいということですけど、研究の留学というのは行った

先の、推しメンじゃないですけども推しの研究者のところまで学びたい、すなわち哲学を学んだり技術を学んだりするということがあると思いますので、ちょっとそこはまた違うかなと思います。語学としての留学はいろいろされたらいいかなと思いますけれども、大学生の時に一番よくやったらいいかなと思うのは、そんな僕も大層なこと言えないですけども、いい論文をたくさん読むことに尽きるかなと思います。いい論文をたくさん読むというのが、すごくいいかなと。推しの研究者というのを探してもらうのがいいかなと。この研究というのは、私たち、僕たちがすごく面白いと思う。そういった人を探して、勝手に自分の中で推しの研究者を作って、実際に会ってみてください。会ってみると、意外と世界は狭いということが分かります。ですので、すごくみんながノーベル賞を取ったとかいうのは非常に遠い世界の話ではなくて、身近な世界かなと思います。以上です。

司会 (水野): はい、ありがとうございました。それでは次は、下川先生にお願いします。下川先生は「蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—」ということで講演いただきました。蓄電池について、光とかあるいは微生物を使って充電するというような、非常に夢のある話をご紹介いただいたと思います。では、よろしくお願いします。

下川: ご紹介いただいてありがとうございます。下川といいます。5 分ぐらいで質問に答えるということなんですけれども、短く答えやすいものもあったので、できれば事前にいただいた質問全部に答えられたらなと思って準備してきました。まず一つめで、J: 光充電の仕組みと光合成における酸化還元反応に共通するところがありますか? ということなんですけれども、これは大変良い質問だと思っておりまして、光合成ではクロロフィルなどの色素が光を吸収して、励起された電池とホールができて、そのホールの酸化力で水を酸素に分解するわけなんですけれども、これと同じ酸化力を利用して蓄電池の正極材料を充電してやろうというコンセプトでやっていますので、まずは非常に共通していると思います。

またここで面白いのは、光合成で水を酸素にする時に触媒のように、触媒というのは物質自体は変わらないのですが反応を助ける働きをしているものとして、酸化マンガンのような物質が使われています。酸化マンガンというのは実は蓄電池の非常に有名な正極材料でして、こういう類似性が僕は非常に面白いと思っていて、まだ私自身の研究はそこまでは行っていないんですけども、そうしたことが非常に奥深い面白さにつながって行くんだろうな、行けたらなと思っているところです。二つめなんですけど、**K: 電池については学校で習う程度の事しか知らなかったのが面白かったです。電池は使用する材料だったり動画でお話しされているような光や生物などの力を利用するということを決めなければいけないので発想力が求められると思いました。実際どうでしょうか。研究をしていく中で難しいことは何ですか。**という質問で、これはですね、僕の動画の中では、光を使ったり微生物を使ったりして、電池の電極材料を充放電するというのを紹介したんですけども、正直に答えますと、私のように、電池の枠を超えた研究をやらうとしている研究者は少なく、ほとんどの電池の研究者は、電池という枠組みの中で性能を向上する材料を見つけたりしています。実際、何をやる時でもいいんですけど、自分の得意技とか得意なやり方というのがあって、研究者もおそらく自分の得意な方法で進めていくとかやっていくというところがあると思うんですけども、私はそういう発想力重視とか、発想してそのコンセプトを実験で証明して論文を書くというスタイルでやっていますが、いろいろな研究の仕方がありますので、質問された方もあまり恐れることなく、自分の得意なやり方で、研究をもし始めるのであれば、やっていけばいいんじゃないかと思います。難しいことはありますかというのは、僕の場合ですと、こういうことがあったら面白いなと思った時に、僕は実験系なので実験として具現化しようとするんですけど、それをどうやって実験に落とし込もうかというところが、悩むことが多いです。だけど実験の面白さもあって、はじめに想定していたものと違う

結果が実験で出てきて新しいコンセプトに繋がっていったりとか、そういうことが往々にしてあって、それはとっても面白いところです。次の質問は、**L: 光などの身近なもので充電できるとスマートフォンなどの小型のものが充電しやすくなると思いました。人の運動などもっと身近なものでエネルギーを作れないのでしょうか。**ということなんですけど、これもその通りだと思います。現状として、リチウムイオン電池という電池が有名だと思うんですけども、これは僕の予想なんですけど、もっととっても大型の電池であつたりもしくはめちゃくちゃ小型の電池とか、そういうところが次に必要な技術になってくるのではないかと思っています。すごく小型の電池だと例えば、こういうペンに貼り付けて、それがネットワークに繋がったり何か応答したりとかしてくれるようなものがあつたらいいなと想像したときに、光充電というのは非常にキーになるテクノロジーになると思います。大型のほうは例えば、定置用電池とか、一家にひとつ大きな蓄電池を持つ時代が来るかもしれないですけど、そういう時は、動画の中で前に行っていた研究ということで紹介した、安価で安全な金属を使う電池などが重要になってくるのではないかなと思います。あと、運動という話もありましたけれども、実際たしかにそういう振動のエネルギーとか、僕はまだ着目して研究したことはないんですけども、そういうのも小型のほうでは重要な候補になると思います。最後、四つめなんですけど、**M: 光で蓄電する電池が開発された場合、日光に当てておいてその後使うというときに本体が熱くなってしまふという心配がありますが、その他デメリットはありますか？** ということで、これも大変に重要なご指摘で、実際にこれは考えなければいけないところです。まず、光ではなく普通の蓄電池でも温度が上がってくると、それが材料の分解につながってガスが発生して、どんどん温度が上がるとまたポジティブフィードバックがかかり爆発してしまうという現象が知られていて、なのでこれを抑制する必要があります。実際、僕が前に出した論文で行ったアプローチとしては、爆発してしまうような有機系の

電解液ではなく、安全で燃えない水系の電解液というものがあまして、それを初めて光蓄電池として適用しています。あと、その他のデメリットというところなんですけど、ひとつあります。電池というのはエネルギー密度というのが重要で、どのくらいのエネルギーを貯め込めるかという指標なのですが、それが、リチウムイオン電池は4ボルト級なんですけど、光で励起しようとするとなら4ボルトは行けなくて2ボルトくらいになってしまうので、エネルギー密度はどうしても下がってしまうというところがあります。以上です。

司会(水野):ありがとうございます。それでは次は市川先生をお願いします。市川先生は「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見てみる」というタイトルで講演いただきました。天文学者に会えるのは極めて稀なことであるとお話しされていましたが、天文学とは何かという話からスタートして、ブラックホールについてその終わる瞬間を捉えるというような話、非常にスケールの大きな話を聞かせていただいたと思います。では、よろしくお願いします。

市川:はい。紹介ありがとうございます。市川です。講演では、大きいブラックホールをどうやって我々が観測することができるか、その大きいブラックホールの活動が終わる時の話を紹介させていただきました。いただいた質問をまとめると、大きく四つありました。最初の三つ、**N: 大きいブラックホール、活動銀河核が死んだとき、そこにいる銀河や星に影響はあるのか?** という質問でした。二つめは、**O: ブラックホールに寿命はあるのか?** 三つめは **P: ブラックホールは何でできているのか?** というのが、トピックに関する質問でした。四つめの質問が、**Q: 研究分野が狭く、これは「小さい領域だ」と言いたいのだと思うのですが、研究人口が少ないことに対して研究の不安はあるのか?** という質問がありました。この四つに対して5分ありますので一個ずつ答えていきたいと思っています。まず一つめの、**N: 活動銀河核が死んだときに周りの銀河や星に影響があるのか**というのと、どちらかという活動銀河核が生き

ている時のほうが影響があると思います。なぜかというのと、ブラックホールの周りにガスが落ちて、そこから膨大な光が出てきたりジェットが出てきているというシチュエーションがよくあるわけですが、この左の図がまさにジェットが出ている図です。真ん中に銀河があってそこからビューっとジェットが出ていているのが見えると思いますが、このように銀河スケールで小さいブラックホールが周りに影響を与えますので、活動銀河核が活着している時はその近くに星が行ったらもちろん死んでしまいますし、周りのガスも温められますので新しい星はできません。なので、このような活動銀河核がどれくらいの長い間活着しているのかというのが、僕の研究の大事なテーマのひとつです。二つめは、**O: ブラックホールに寿命はあるのか**という質問でした。正確に言うと、寿命はほぼないと思っていいでしょう、というのが答えだと思います。なぜかというのと、ブラックホールは基本的には太る一方なんですけど、ブラックホールが唯一蒸発する可能性として、**Hawking**さんという人が考えた**Hawking**放射という機構があります。これはどれくらいでブラックホールが蒸発するかというのと、だいたい僕らが知っているブラックホールで一番小さいブラックホールは太陽質量の3倍くらいです。その3倍くらいのブラックホールだと、だいたいかかる時間が、オーダーでいうと 10^{68} 年くらいです。Oが68個続くような年数です。一方、僕らの宇宙年齢というのは130億年。これだとOが10個くらいです。なので、そういうふうな一番小さいブラックホールでも、死ぬためには今の宇宙の年齢をあと 10^{50} 回以上繰り返さないと死にません。なので、ほぼ死なないと思っていいと思います。一方、**O: ブラックホールだらけになるのか**という質問があったんですが、多分なりません。なぜかというのと、ブラックホールになるような星は、太陽の重さの10倍以上の大きな星に限られます。そういう非常に重い星というのはレアなんですね。人間も非常に重い人がレアなのと一緒に、だいたい100個中1個ぐらいしかいません。ということは、100個中1個ぐらいしか超新星爆発をしてブラックホールにならない

ので、ほとんどブラックホールになりません。なので、基本的にそんなにブラックホールにはなりません、というのが答えです。三つめ、P: ブラックホールは何でできているんですか。重力でつぶれたら、例えば地球のように鉄や窒素などで構成されていたりするんでしょうか。という質問がありました。これは、僕がブラックホールがどうやってできたかという話をあまりしなかったので出てきた質問だと思いますが、基本的にブラックホールは超新星爆発という、大きな星が爆発するときにあります。その時に、フェーズとしてはまず中性子星という中性子だけになった状態になるので、元素という概念がそこでいったんなくなるのですが、中性子がつくる圧力も超えるほどの力がかかった時にブラックホールになります。ブラックホールというのは基本的には特異点になるので、そこではほぼ物理という概念は存在しないので、鉄や窒素はありません。ただ、大きいブラックホールができて、その周りにモノを落とすというシチュエーションであればまだ希望がありまして、非常に大きいブラックホールが今、中にあるとします。例えば太陽の質量の1億倍を超えるようなブラックホールというのが存在しまして、そこにモノを落とす。あるいは、皆さんがタイムトラベルをして中に入ることが可能です。これぐらい大きいと、ブラックホールから光が出てこれない領域を **Event Horizon** といいます。そこに入るとは十分可能です。なぜかという潮汐力が非常に弱くなって、皆さんの体を保ったまま中に入ることができますので、そういう意味では一時的にはブラックホールの中に皆さんの成分がいてもいいと思います。なので将来、近くに大きいブラックホールがあったら飛び込んでみたら大丈夫かと思えます。最後、Q: 研究分野が狭く、人口が少ないことに対して不安があるのか、というのは、これは多分、皆さん研究を経験されていないのでこういう不安は確かにあるのかな、と。身近な研究者というのがいないと思うので、こういう質問はあると思うのですが、ひとつまず言いたいことは、研究人口が少ないことと研究分野が狭いことはイコールではないというの

は知っておいてください。天文の場合だったら、地球の外すべてを扱いますので、物理も化学も生物もかわることができる非常にお得な学問だと思っています。僕自身の話で言いますと、僕は歴史学者の人とも論文も書いたりして、歴史学に興味があったりというアプローチができるのも天文学ではできるかなと思っています。ポジティブに捉えると、研究人口が少ないということは、それだけ他の人と比べてユニークな活動が多いですね。なので、ユニークな経験を得やすいかもしれません。例えば天文学だと、皆さんが行くことができない地球の極限の5千メートルぐらいの山の上で観測をして、その観測の朝に雲海を見ながら、というような経験も、ほとんどの人がしたことがない経験をすることができたりします。そういうところも含めて研究の面白さかなと思います。以上です。ありがとうございました。

司会 (水野): はい、4人の先生方、ありがとうございました。それでは、ここからは会場の皆さん、それからオンラインで聞いている皆さんから質問を受けたいと思います。直接こういった研究者の先生方に質問する機会は、あまりないかと思うので、ぜひ皆さん積極的に、どんな質問でも、どなたに対してでも結構ですので、質問してください。いかがでしょうか。オンラインで質問される方は、チャットに質問を書くか「挙手する」をクリックしていただければ、私のほうで指名させていただきます。会場のかた、いかがでしょうか。はい、どうぞ。

学生 R: 法学部1年生、Rです。天文学についての質問をしたかったので市川先生に質問があるんですけど、ブラックホールはそんなに寿命がないというお話だったんですけども、宇宙の寿命はあるみたいな話をしていたと思うんですけど、その宇宙の寿命が尽きるというのはどういうことを意味するのでしょうか。教えてほしいです。

司会 (水野): では市川先生、お答えください。

市川: そうですね、先ほどブラックホールはほぼ宇宙の年齢の 10^{50} 倍ぐらいかからないと死なないという話をしましたが、宇宙そのものに寿命があるの

かというのは非常に興味深い質問でして、昔は寿命があるかもしれないという議論がありました。ただ、10年ほど前に、超新星爆発を使って宇宙がどれくらい膨張しているかというのを調べた研究があるんですね。Perlmutter という人がやったんですがその人々の研究によりますと、宇宙はどうやら膨張している。膨張しているだけだったらそのうち膨張倍率が少なくなっていくとそのうちクエンチしてもいいんですが、重要なポイントは何かということ、加速膨張していると。宇宙はどんどん加速的に膨らんでいっているということが、今の研究では分かっています。これはすごい不思議でして、なぜかということ、僕らは普段、すごく重力を普段感じますよね。僕がジャンプしても地球から出ていけません。重力があるので、基本的にモノは引き寄せるんですね。膨らむためには、引き寄せるのとは逆の力が必要なんです。そのエネルギーとして、我々はダークエネルギーというのが必要だと言われていて、その起源というのは誰もわかっていません。もし分かったらそれはノーベル賞モノとか、ノーベル賞の価値を上げる研究になると思いますので、ぜひやってみてください。ご質問の答えとしては、寿命はない、無限大に続くと思われま。

学生 R：ありがとうございます。

司会 (水野)：よろしいですか。はい。それでは、ほかの質問はどうでしょうか。皆さん優しい先生方ですので、どんな質問にも答えていただけると思いますので、どうでしょうか。

学生 R：じゃあ、またいいですか。

司会 (水野)：はい、どうぞ。

学生 R：暴力について質問なんですけど、暴力が近年減ってきているという話があったのですが、減ってきている要因というのは何なのか教えてほしいです。

荒井：はい、質問ありがとうございます。減ってきている要因。いろいろ人間の行動って、難しいのはひとつの要因ですべてが説明できるわけではないので、これが一対一対応で原因として上げられますよということとはなかなか言えないのですが、社会の近

代化とかいろいろな要素が複合的に合わさって減ってきているというふうには、Steven Pinker なんかは言及していますね。ただ、何で減っているかは正直なところ、よく分からないのだと思います。それは、広い意味で人間の行動が、よく分からない行動をする人たちがいっぱいいるというのは、それだけ人間って難しい存在だからかな、というふうにお答えしておきたいと思います。回答になっていないかもしれませんが。

司会 (水野)：よろしいですか。

学生 R：そしたら、暴力が減ってきているというのは、ずっと減り続けているというわけではなくて…

荒井：そうです。一直線に減ってきているわけではなくて、増減しながらちょっとずつ全体で見れば下がってきているというような形だと思います。

学生 R：ありがとうございます。

司会 (水野)：講義の中で、暴力と不快感の結合が弱い人が、暴力を振るってしまうというような話をされていたと思うのですが、暴力と不快感の結びつきを強めれば暴力を実行に移さないのであれば、具体的にそれを強めるような手段は何かあるのでしょうか。

荒井：うーん。それは質問されるだろうなと思って考えていたんですけども、端的に言えば、僕の研究からすると概念同士の連合の問題だとすれば概念を置き換えるような繰り返し学習のようなものが必要になってくるだろうなというのが言えるところなんですけど、じゃあそれをやったらなくなるのかと言うと、そうも行かないんですね、これが。なので、難しい言葉で言うとスクリプトとかスキーマを修正するということなんですけど簡単に言ってしまうと、頭の中での連合を一回外してまた新しい概念連合を作り上げてあげることが必要になってくるかと思っています。じゃあ、それをどうやったらいいかと言われると、ひとは繰り返し念仏のように唱えるとか、繰り返しやるしかないんじゃないかなと思います。ただ、医学が進歩すると、よく分からないのは結局、概念連合というのは脳内で言うと神経細胞同士の繋がりとして置き換えることもできます

し、それこそ、ちょっと僕は詳しくはないんですけども、奥村先生のタンパク質のところまで行き着くのかもしれない。そうすると、タンパク質を変えるような何かアプローチをしたら、将来的にはできるかもしれないですが、今の現状ではちょっと無理かな、と思います。すみません、変な飛躍をしましたが。

司会（水野）：はい。非常に興味深いし、重要な問題だと思います。荒井先生、ぜひ研究でそこらへんを解明していただければと思います。では、他のかた、いかがでしょうか。はい、どうぞ。

学生 S：工学部1年のSです。下川先生に質問があります。リチウムイオン電池の電極にアルカリ金属の代わりにグラファイトを使っている、安全上の問題で、というのがありましたが、電極を何にするかというところで、自分自身は複合じゃなくて化学総合科学科なんですけれども、複合材料に興味があって、先生がやっていらっしゃる研究は生物系のとか光とかなので少し離れてしまうかもしれないんですけど、根本的にアルカリ金属に似た、アルカリ金属ではない金属で創り出して安全性を担保できるようにするみたいなことは可能なのでしょうか。

下川：大変良い質問をありがとうございます。下川先生の研究とずれてしまうかもしれないですけど言ってくれましたが、今ご質問いただいたアプローチが本来主流です。今の電池の研究者がみんな考えているのはそういう研究で、僕自身も学際研に着任する前はそういう研究をやっていました。今言ってくれたように、アルカリ金属を負極にできれば一番容量が大きくていいんですけど、安全上の問題でグラファイトを使っているという現状があって、けどデンドライト成長という針状になる電析形態を回避することができれば最高の負極材料になるというのがアルカリ金属の夢のある材料である所以で、実際どういうアプローチでそれを目指しているかというと、いろいろあるんですけど、複合材料に興味があるということですが複合材料とは呼ばないかもしれないですけど僕がよく知っている研究としては、合金を使うという方法があります。僕の動画の中で、

マグネシウムを使うと平滑になる、デンドライトにならないという話をしたと思うんですが、でもやっぱり高性能のリチウムを使いたいという時に、リチウムとマグネシウムを合金にして電析させるとかなりデンドライトが抑制されるという研究があったりして、材料の研究をやっているとそういうのが醍醐味だと思うんですけど、混ぜながら良い特性を作っていく。金属を単体のものではなくて合金にするというアプローチで安全性を担保するというのもありますし、他には僕はあまり詳しくはないですけども、電解液側に何か添加剤を入れる。そして針状に成長しそうになったところにそういう添加剤が集中するような形になってそれ以上成長させないようにするとか、そういうアプローチもあります。そういう研究が今すごくさかんに行われていて、いろいろな論文もたくさん出ていて、だけどまだ実用上で使えるところまではできていないというような現状だと思います。ただ、もしかしたら、これから10年後とか、まあ分かんないですけど、には実現しているかもしれないくらい、ホットなトピックです。お答えになってますでしょうか。

学生 S：ありがとうございます。

司会（水野）：よろしいですか。他のかた、いかがでしょうか。それでは今の蓄電池の話に関して、パネリストのほうから田中先生、工学部ご出身ですがいかがでしょうか。

田中：はい、大変重要なお話を聞かせていただきありがとうございます。私が大変興味を持ったのは、微生物を使われるという話です。私の専門の水環境工学においても、水処理などの分野で微生物を使った浄化技術があります。また何年前のノーベル賞で、大村智先生が微生物を使って薬を作り出す技術の開発で賞を取られました。下川先生が求められているような微生物をどうやって探索されるのでしょうか。大村先生の研究のご苦勞として、多くの微生物を採取・培養・分析され、その中から有益なものを探し出すとのお話でした。下川先生自身はスライドの中でその成果の一部を示されていましたけれども、下川先生のアプローチの場合にはある程度そ

ういう有用な微生物が絞り込まれているのか、あるいはあいつたものを探すところからいろいろな探索が始まるのでしょうか。そのあたりのアプローチというのはどういったものなのでしょうか。

下川：はい、ありがとうございます。動画は見えない方がいるかもしれないので少しだけ説明すると、電池材料と微生物を組み合わせ、環境中からのリチウム回収をするという研究を今少しやっていて、電池材料としてリチウムをすごく吸い込める材料なので、そこに電気を流す微生物をくっつけておくことで電池の充放電反応と同じような反応を起こしながら、環境中からリチウムを回収するというのを目指した研究を今やっています。ただ、僕自身は専門を材料科学と書かせてもらったんですが、ずっと材料の研究ばかりやって来た人間で微生物とかは全くの素人でした。ちょうど1年半くらい前に、電気を流す微生物を研究されている先生のラボに行かせてもらって、そこで共同研究という形でやらせてもらったという経緯です。なので、自分が微生物を探索するとかいうのはできてなくて、あとその電気を流す微生物というのがそもそも特殊なものとか、その中の一番スタンダードに使われているもので今、研究を行っています。なので、これは研究が終わってまた次の展開をする時には、違う微生物も使ってみたいと思うのですが、多分、現実的に僕がやるのは、その先生にお伺いを立てて、何かいいものはありますか？ というような形でやるかな、と思っています。ただ、おっしゃってくださったように組み合わせは無限大だと思っていて、材料のほうもたくさんバリエーションを僕は作れますし、微生物側も無限にある中で、その組み合わせでできる研究というのは今僕が行っている応用以外にも多分たくさんあって、そうなった時に、微生物側も僕ものめり込んで行ったらもしかしたらまた新しいものを見つけたりとかはあるかもしれないですが、現状ではそこまで行っていないというのがお答えになります。

田中：ありがとうございます。先ほどお話ししたように、色々な分野で微生物の役割を活用しているので、そういった意味では、異分野の方との連携を通

じてまた新しい技術が発展する可能性が多くあるのかなと感じました。

司会 (水野)：講義の中で、光を使って充電できるという話をされていましたが、素人考えなんですけど、例えば電気自動車みたいなものが光を使って充電できるということが将来、可能なんでしょうか。ガソリンスタンドが困ってしまうと思いますけれども。

下川：将来可能かと言われると、それは答えられないですけども、可能な可能性はあって。ただ、電気自動車はあんまり適していないと僕は思っていて、おそらく光充電をすること自体は可能になると思うのですが、問題になってくるのはその効率と、どれくらいのスピードで充電できるかということと、もう一つは質問への回答で少し述べたんですけども、電池の性能を測る指標としてエネルギー密度というものがあって、どのくらいの重さとか体積あたりにたくさんのエネルギーを貯め込めるかという指標になります。電気自動車の場合はこれが非常に重要で、というのは一回充電してどれだけ長く走れるか、次の充電をせずにどれだけ長く走れるかというのが非常に重要な指標なので、エネルギー密度が一番高い電池を使いたいという事情があります。ですが、光充電ができる条件というのは、エネルギー密度がザックリ考えても半分くらいの電池しか現状の理解では難しく、そうするとおそらく、そういうエネルギー密度が重要になる電池を光充電するというのは相性が悪いと言われてしまうかもしれないと思います。なので、僕が思っている、もっと適していると思うのは、むしろ非常に省電力でいい、本当にちょっとした電力でいい小型の電池なのかと思っていて、そういうところだとわざわざケーブルに差して充電するというのが非常に煩わしい用途というのがあると思うんですよね。最近、IoTとか言葉が流行っていると思うんですが、そういう様々な自分の身の回りにある小さいものに電源を搭載したいという時に、そういうものが微弱な電流しか使わなけれども、室内が例えば光で常に充電できるとか、そういう用途がまずはいいんじゃないかなと思っています。

司会 (水野) : はい、ありがとうございます。オンラインで視聴している学生から質問をいただきますので、文学部の T さん。

学生 T : はい。暴力の話に関して質問です。暴力がない世界というのは実現できるのでしょうかという質問を受けていたので、色々考えていたんですが、暴力的な思考を書き換えることによって暴力がない世界にするということは可能だと思うのですが、人間は本能的に、何かを守るために暴力的にならなきゃならない時もあるというようなお話だったので、本当に、暴力がない世界というのが目指すべき世界なのかと言われると、どうなのだろうと個人的には思ってしまうのですが、荒井先生はどうお考えですか。

荒井 : 暴力をなくすために頭の中のスキーマを書き換えていいか、そういったことができる社会が健全なのかどうか、という質問として捉えてよろしいですかね。

学生 T : はい、大丈夫です。

荒井 : とてもいい指摘かなと思っています。暴力の話だけではなくてこれはおそらく 10 年、20 年後、日本でも議論が起これると思うのですが、犯罪者を矯正する時に刑務所に入れて矯正するわけですが、ゆくゆく、おそらく、犯罪しそうな人に事前に教育するということの是非が議論されてくると思うんですね。先行してアメリカなんかで、おそらくもうあと 10 年ぐらいしたらやり始めるんじゃないかと思うんですけども、要は、犯罪をなくすためには究極的に言ってしまうと、やった人を捕まえるのではなくてやる前に捕まえるのが、一番被害者も出ないし、いいわけです。暴力のことも同じで、暴力を振るう前に頭の中のスクリプトを変えて、暴力を振るわないようにしてしまえばいいじゃないかという議論が出てくる。そこに通ずるご質問だと思うんですね。そうした時に、予防的に人間の考え方を矯正しているのかどうか、できるとしたらですけども。できるとしたら、矯正していいかどうかというのは、これは社会の中で相当議論をしないといけないと思うんですね。僕自身の見解で言えば、そういう社会が

理想かと言われたら、そうではないと僕自身は思っていますけれども、ただそれを社会が望むのであればそういう社会になっていくと思いますし、それを多数が拒否すれば技術的に可能であってもそれが許されない社会になるんじゃないかなというふうに思います。もともと進化の過程で備わってきた暴力性というか攻撃性というかそういったものが、必要だから備わっているわけで、ただそれを持っていると社会が混乱して社会を営めないのであればそれはなくす必要があると思いますけれども、ただ逆にそれをなくしてしまうと、先ほど言ったように何かを守ることがもしかするとできなくなってしまうかもしれないですし、色々な弊害があるかもしれない。そういったことを全て考慮した上で、社会として、もう社会と言ったほうがいいのか地球全体としてと言ったほうがいいのか分からないんですけども、どうしていくかというのは、いつか判断しないといけない時期が来るのではないかというふうに思います。と、回答したいと思いますが、いかがでしょうか。

司会 (水野) : T さん、よろしいですか。

学生 T : ありがとうございます。どちらも正しいとも言えるし間違っているとも言える問題だと思うので、先生のお考えが知れてよかったです。ありがとうございました。

司会 (水野) : 今の、暴力に関して、パネリストの中で文学部出身の尾崎先生、何かコメントとかありませんでしょうか。

尾崎 : 大変おもしろく拝聴しました。ああいうふうにコントロールしていけば、先生がおっしゃるようにならざるを得ないという仕組みで暴力が発生していくのかということがよく分かるだろうと思います。そうすると、製薬会社との共同研究などはおそらく進むでしょう。その前提の上で一つ伺いたいことがあります。別に失礼なことを言うわけではないのですが、結果の予想はつくわけですよ。結論的にああいう形で抑制がきかない形で暴力というのは起きるだろうなど。それで、分野外の間でも、結果は予想がつくわけですよ。研究をされていて意外だったということはあ

りませんか。つまり、作業仮説上というか、常識的にこうなるだろうなと思っていただけれども、調べて見ると意外と違うのだということがもしあれば教えていただけませんか。

荒井：……えーと、何を迷っているかという、意外なことが多すぎて全部意外だったというのが正直なところで、一番意外だったのは、意外なのかな意外じゃないのかな、ちょっとよく分からない部分があるのですが、とにかく人間って誤差が多くて、理系の先生方がやられるような、すごい精緻な研究からすると、こんなの科学と言っていいのか、というのは特に心理学はよく言われるんですね。攻撃もそうで、誤差が多いというか、今回もご質問いただきましたけど、今回は一つのモデルとしてこういうことを提示したわけなんですけど、それに乗らない暴力というのももちろんあったり、同じ人でもやる時とやらない時の区別つかないじゃないかということも出てきますし、まだ分からないことがいっぱいあるというのが意外というか。なんか暴力とか攻撃って簡単に分かりそうなんですけれども、よく分からないんですね。

尾崎：まったくおっしゃる通りだと思います。それであまり話題になってこなかったですが、暴力というのも一つの文化だと思います。これは例えば、チンパンジーの研究なんかされている方が出てくると、暴力を振るうような形で実は止めに入るような、つまり一つの芝居ですよね。そうすることによって大きな争いが避けられてしまうとか、だから暴力というのは、暴力を振るうぞ、という暴力と、実際に物理的にやるのとはまたちょっと違うところがある。暴力を振るうぞというその身振りやそういう動作やシチュエーションを作っていくことが、一つの文化でもあったような気がします。そういう点から考えると、暴力というときに、今だと犯罪と結び付けてくるようなことをすぐに連想しますがけれども、実は人間がそれを抑制していくためにも作り出した大きな文化だなという気もしていて、暴力のもう一つの文化的な面というのも面白いのかなと、拝聴しながら考えていました。

荒井：ありがとうございます。暴力と文化の話は全くその通りで、社会学者のかたがよく暴力と文化について議論されています。またここで詳しく話をすると時間がなくなりそうなのですが、実際こういう議論もあるということです。ありがとうございます。

司会 (水野)：それでは、哲学や思想のご専門でもあります森本先生から、質問かコメントか、いかがでしょうか。

森本：はい、それでは市川先生にお願いしたいと思います。ブラックホールというのは、存在とは何かという哲学的な問題にも関わってくるもので、考え出すと本当に難しいという面白いテーマだと思います。私が天文学に素人的な興味を抱いたのは高校生だった'70年代初めですが、その頃は電波天文学が発展してきた時期で、ちょうど白鳥座 X-1 がブラックホールではないかという話題が賑わっていました。奥村先生の場合もそうなのですが、顕微鏡とか望遠鏡といった観察・観測のためのテクノロジーの発展が自然科学ではすごく大きな役割を演じますよね。今回の Event Horizon の画像にしても、あんなものが見られる時代になったというのは大変な驚きです。市川先生の分野だと、例えば今 James Webb 宇宙望遠鏡が話題になっていて、赤外線での観測で宇宙の初期を調べるみたいな研究が今後進んでいくと思うのですが、これは例えば巨大ブラックホールの起源といった問題を解決することにつながってゆくのでしょうか。そのあたりのことで、先生の見通しというか、妄想でもいいんですけども、お話しただけるとありがたいです。

市川：はい。質問いただいて、白鳥座 X-1 をご存じということでちょっと感動しました。ブラックホールの発見の話で言うと 1960 年代前後に、X 線衛星というロケットで初めて、地球の外で X 線が実は発生しているというのが分かって、その正体の一つがブラックホールであるというのが分かってきたのが 1970 年代です。その後、天文学の発展は基本的には科学技術、あとは軍事の研究ともちょっと関わりますが、その技術をベースとして発展してきました。

た。一つは補償光学という技術で、これは大気の乱れを補償することで地上から見ても天体をはっきり見えるようにするという技術ですね。これはアメリカの軍事がベースになっていますが、その後、技術が公開されて今や世界中で利用されているものです。先ほど紹介してもらった Event Horizon Telescope で言いますと、干渉計という技術を使っています、一つの望遠鏡では分解できないけど複数の望遠鏡を使って空間を分解して見るという技術が干渉計のココロにあります。それを使うことで Event Horizon Telescope は、大体、望遠鏡の大きさが地球と同じくらいの口径になるようなものを用意することで、M87 という銀河の中心のブラックホールの撮像に成功することができています。先ほど最後に言ってもらった JWST (James Webb 宇宙望遠鏡) は昨年打ち上げられまして、今年の7月からデータが deliver され始めています。赤外線を使うと何がいいかという、二ついいことがあります、一つは、赤外線は僕らの目で見える可視光と比べると非常に透過力が高いというメリットがあります。宇宙はけっこうダストやガスに埋もれているわけですが、それを突き通して、向こうにある天体、ブラックホールもよくガスで埋もれていますので、それを見ることができると。もう一つは、宇宙はより遠くを見るとそれは宇宙の最初を見ることになるのですが、その場合の光が赤方偏移と言って、人間の目で見えている波長が実は赤外線に入ってくると、そういう効果があります。実は、JWST はそれを捉えるのに非常に良い。なので、僕らがこのあたりで可視光で見えているやつが、例えば宇宙初期だと赤外線で見えるわけですね。James Webb で今すでに、宇宙初期の初代の銀河の候補などが複数見つかってきています。そのうちの一部はおそらく大きいブラックホールを持っていると思われるので、それを確認出来たら宇宙で最も早い時に見つかったブラックホールというのになると思います。個人的な印象で言うと、James Webb は非常に感度も素晴らしくて、宇宙の最初のブラックホール、ファーストブラックホールと呼ばれていますが、その候補もたくさん見つ

っていて非常にエキサイティングな時代が、おそらくこの2~3年でどんどん皆さんにも情報が届くのではないかと思います。言えませんが、プライベートなデータで非常に興味深いものが見つかってきているという状況です。

森本：ありがとうございました。

司会 (水野)：森本先生には暴力について何かコメントをいただけるかと思ったらブラックホールの質問をされてちょっと戸惑ったのですが(笑)、いや結構です。他に会場でまだ質問されていない方、どうぞ、積極的に質問してください。何でも結構です。ありませんか。はい、どうぞ。

学生 U：工学部1年のUといます。電池について質問ですが、二つ質問があって、一次電池と二次電池、充電できない電池とできる電池というのがあると聞いて、高校の頃に、充電というのは放電と逆反応だと習いました。だから、充電できない電池というのが何かよく分かんないなと思って、どうして充電できないんだろうというのと、一次電池と二次電池を見たときに、充電できるほうが使い易そうに感じるんですけど、今でも一次電池はよく使われていますよね。一次電池を使うメリットは何だろうなと。この二つを質問したいです。

下川：ありがとうございました。大変良い質問だと思います。僕自身も研究を始めて、改めて一次電池って何なんだろうというのは思ったところがあったので。ただ、けっこうクリアに答えはできるんじゃないかと思います。今おっしゃってくださったように、逆反応が起これば全部二次電池にできるのではないかということなんです、それはおっしゃる通りで、逆反応がちゃんときれいに起これば全部二次電池になると思います。しかし実際には、色々あるんだと思うんですけども、僕がすぐ思いつくものとしては、リチウムイオン電池の仕組みを動画の中でも示しましたが、例えばそういうイオンの挿入反応を使うような電池の場合、挿入されていった時に材料の結晶構造、材料自体が可逆的にイオンを入れたり出したりできる材料だったら二次電池にできますが、そうではない材料のほうが大半で、可逆的に出した

り抜いたりしても全然劣化しないという材料は非常に少ないんですね。一方で、とりあえず例えばイオンが入っていけばいい。でもそれで構造はどんどん壊れていくけど、という材料はもっとたくさん候補がある。なので、一次電池と二次電池だと、前提としては材料を探してくるという意味で言うと、一次電池のほうが簡単、候補がいっぱいある。二次電池にしようと思うとさらに良い材料を見つけてこないといけないというのがあります。歴史的にもまず一次電池ができてから二次電池化する。リチウムイオン電池も、元々はリチウム電池というリチウムの一次電池があります。まずそういう前提があって、メカニズム的には材料の可逆性というところで答えになると思います。その中で、じゃあ何で二次電池のほうが便利なのに一次電池がいまだにあるんですかという質問に対する答えとしては、材料の選択肢がたくさんあるということは、作り込まなくても非常に安価に作れる材料でも一次電池として働くわけですね。別に繰り返し使う必要がないのだったら、より安価な材料、より安全な材料を使ったほうが安く作れる、そっちのほうが便利に使えるということがあるので、一次電池がいまだに使われているんだと、僕は思います。

学生 U : ありがとうございます。

司会 (水野) : はい。他のかた、どうでしょうか。何か質問ありませんでしょうか。ちょっと元に戻りますけれども、ブラックホールに関して、物理学がご専門の日笠先生のほうから何か質問かコメントお願いします。

日笠 : そうですね。我々の銀河系の中心にブラックホールがあるというのは、中心付近の星の運動から分かったというお話だったですけれども、遠くにある銀河のブラックホールはまた全然違う見方なんですね。もし、我々が銀河の外に出て我々の銀河を見たとしても、ブラックホールがあるというのは分かるものなのか、どうやったら分かるのか、いかがでしょうか。

市川 : 非常に興味深い質問で、あまり考えたことがなかったんですが、僕らの天の川銀河は近いことも

あって、色々なことが分かっています。例えば天の川銀河、基本的にはまず大事なこととしてほぼすべての銀河の中心にブラックホールがあるだろうと僕は思っているわけですが、大事なのは大きい銀河、質量が大きい銀河ほど大きいブラックホールがあるということが経験則として分かっています。その中で言うと天の川銀河は若干小物感というか、軽めのほうの銀河なんですね。なので、ブラックホールも実際中心にあるブラックホールの質量はたかだか400万太陽質量で、典型的な超巨大ブラックホールと比べるとだいたい2ケタぐらい軽いんです。それでももちろん大きいですけども。あともう一つ大事なのは、僕らの中心にあるブラックホールはそんなに活動的じゃないんですね。いわゆる活動銀河核と呼ばれるようなガスが落ちて明るく輝いているものではないので、そういう方法で見つけることは難しいです。なので、やる方法は一つは、銀河の外に行っている場合であれば、やっぱり **Event Horizon** みたいな大きな口径の望遠鏡を使って中心を見てみるしかないかなという気がしています。それ以外では、断定的な方法でブラックホールがいるというのは分からない、ちょっと難しいかもしれません。ただ一つ、僕らの銀河で面白いことがあって、銀河って丸くてピザみたいな形ですが、天の川銀河はその垂直の方向にγ線ですごく明るく輝いていることが知られていて、すごくエナジエティックなγ線のバブルが二つ出ています。こういうのってブラックホールがないとなかなか作れないので、おそらくブラックホールがあるということが、もし他の銀河に住んでいる知的生命体がいたらそこから間接的に分かるかなという気がします。なので、そこにブラックホールがあると思ってがんばって探してくれるんじゃないかなというのが一つ希望としてあります。

司会 (水野) : はい、ありがとうございます。オンラインで視聴している皆さんでも、質問ありましたらどうぞ。挙手するなりチャットに書き込むなりしてください。ないですか。

それでは私のほうから奥村先生に、専門が近いものですからちょっと質問させていただきたいと思い

ます。細かいところいろいろと質問したいこともあるのですが、もう少し一般的なことを聞きたいと思えます。講義の中でシャペロンという話が出てきて、社交界にデビューする若い女性を助ける人だというのは僕は知らなかったんですが、そういう語源なんですね。それで興味があるのは、アルツハイマー病とか狂牛病とかそういうタンパク質の立体構造の変化によって起こるような病気に興味があるわけですが、そういうのを治すのに、このシャペロンを利用して治すということはできないのでしょうか。

奥村：はい、ありがとうございます。おっしゃるように、まさに、現象論としては結局今報告があるのは様々な神経変性疾患の患者さんからこのシャペロンと呼ばれるのが遺伝子の解析とかすると変異が入る、遺伝子変異が入ることによってこのシャペロン機能が損なわれる *loss of function* を引き起こすというのはよく知られています。じゃあ、こういったものを創薬のターゲットにするのはどうかというと、少なくとも内資、国内の製薬企業というのはほとんどが、抗体医療はもちろんやられていると思うんですけども、少なくとも神経変性疾患に関しては、小分子、中分子ぐらい。そこまでで多分止まっています。バイオ医薬品として最近、抗体医療とって、1か月ぐらい前にもアルツハイマー症を *delay* する、あれも $A\beta$ というタンパク質の不良化を抑えるような薬ですけども、それもおそらく体の中でシャペロンが働いているというのをとおよそ皆さん分かっていることかと思うんですけども、そこも治療戦略というところはまだまだ提示されていないと思います。もう一つ、試験管の中とか細胞の中での現象というの、最近、液液相分離という学問が、もう皆さん研究者であれば *Nature* や *Science* というトップジャーナルに、毎週必ず載っています。これはもうこの1~2年で非常に分野としても *establishing* されてきたような分野なんですけれども、ここがもしかしたらそういった神経変性疾患と関わっているのではないかというふうなことも少し考えられてきています。この液液相分離が何かというと、タンパク質が一か所にギュッと集まったよう

な、さっきタンパク質が凝集するというのはだめですよということ言ったと思うんですけども、そうではなくて、機能のあるタンパク質の凝集体、これが液液相分離です。機能のある凝集体というのが、例えばストレス応答して、タンパク質が可逆的な凝集体を形成していく。ストレスが緩和されると、それが一気に分散する。じゃあこのタンパク質が集まったところで何をやっているか。これはおそらく機能としては様々な生体内における化学反応がすごく *super enhancing* となっているようなリアクションフィールドであったり、ステップバイステップのケミカルリアクションが起こるのではないかということが、今まさに世界中で研究されている。日本はこの分野、非常に遅れているんですけども。こういった液液相分離というところを制御するのももちろんシャペロンでして、そういったところの体の中の様々なタンパク質の状態っていうのはシャペロンが制御していますので、そういったところと神経変性疾患の関りというのも非常によく連携されつつあります。一応、今の流れとしてはそういった形になります。

司会 (水野)：はい、ありがとうございました。それでは、だいぶ時間も迫ってきましたので、ここで最後に4人の先生方に私のほうから、もうすでに講義の中でお話しされた先生もおられると思うんですけども、研究のどこが面白いと思うか、あるいは研究をやっていてよかったと思うのはどういう時かということ、あるいは、若手の研究者として大学の1年生あるいは学部生の若い人たちに対して、自分の学部生時代を振り返ってでも結構ですので、何かメッセージを1~2分でそれぞれいただければと思います。では、荒井先生からお願いします。

荒井：はい、ありがとうございます。研究していて面白いとかよかったなと思うのは、僕は一応文学部にいまして、心理学、文系の学問といわれていますけれども、結構、理系の先生方とコラボレーションすることがあって、今回も他の先生方のお話を伺って、全然分からないことだらけで聞いたこともない話がいっぱいあって。こういった出会いというか、

分からないことでも色々な話を聞いていくとだんだん分かってきて、これが非常に面白いなど。研究者にならないとなかなかこういった話って聞けないので、そういう意味で僕は、研究者になって得してるなどと思っています。それから学部の方皆さんにお伝えしたいことは、とにかく学部の間は色々な興味を伸ばして、もちろん勉強もそうですし、勉強だけではなくて色々な芸術だったり文学的な作品を鑑賞したり、とにかく色々チャレンジしていただきたいなどと思っています。というのも、仕事をし始めればわかると思うんですけども、やっぱり大学生の間に使える時間というのはたくさんあるんですね。たくさんある時に、その時期にいるときは意外と気づかないんですが、後々振り返るとあの時やってあげよかったですなというふうに思うことがたくさん僕にはあります。ぜひ僕のようにならないように、心置きなく大学生活を満喫してほしいなどと思います。これは勉強もそうですし遊びもそうですし、また国際的な留学なんかもぜひチャレンジしていただければなというふうに思っています。以上です。ありがとうございます。

司会（水野）：では、奥村先生。

奥村：はい。あまり偉そうなことを言えるような立場ではないんですけども、まず一つ考えていただきたいのが、大学は社会に出るための職業訓練の場ではないということに少し思っていて、それはあくまでも私の考えなんですけれども。私も大学に入った時に、何をやるべきかずっと悩んでいたんですが、まずライセンスを取得するような医学部であったり薬学部のかたもそうなんですけれども、そういったかたはもちろんライセンスを取りたいから大学に来るということもあると思うんですけども、実は全ての学部に通じてなれる職業が一つあるんですね。それは何かということお気づきかもしれませんが、研究者にはなれるんです。大学というのは非常に自由な雰囲気の中で学問を追求できるということが一つ、メリットかなと思います。私も、何になるかな、何をやるかなというところで偶々バイオの研究していたんですが、それで研究していて何が楽しかったか

という、仮説の証明が世界で一番最初に自分がそのデータを見ることになるので、これは非常に面白いと思っています。じゃあそれが社会に対してどういう影響を与えるかという、建前上、これは薬になりますと言ったりするんですね。だけど、本心では何を思っているかという、また生命現象をたった一つ明らかにした。これで自分が生きたという証になるな、と。自分の自己アイデンティティを、研究することによって確立できたな、と。これは他の職業ではなかなかしにくいことかと思うんですね。そういったところで、まとめると、大学で自由な雰囲気学問を楽しんでもらったらいいかなと思います。それで、将来自分がどういう職業をやるかという目的を見出してもらるのが一番重要なかなと思います。最後にちょっと宣伝になりますが、学際研はこういった様々な幅広い人たちがいますので、あと若い教員ということもあるので、大学付属研究所というところもあるのでなかなか皆さんから遠い存在かなと思うんですけども、興味のある先生に勝手にメールを送って、先生のところの研究を説明してくださいよとか、そういうことも全然許される大学かと思うんですね。自分からアクションを起こして、理系のかたが文系の先生にアクセスするのもアリだと思うし、文系のかたが理系の先生にアクセスするのもアリだと思うので。この自由が許されるというのがとても、皆さんが社会に出るために研鑽を積むという意味で、重要なんじゃないかなと思います。今を楽しんでください。

司会（水野）：では、下川先生。

下川：はい。今、お二方お話しいただいて、まず研究者のいいところなんですけれども、自由というのがキーワードだと思っていて、僕もその自由なところが一番いいかなと思います。例えば、今日の話に出てきましたけれども、僕はずっと材料をやっていたのにいきなり微生物の研究をやりたいと思ったとして、それができる、動けるお金さえ持っていれば、できるんですよ。それでいきなり研究を始めて論文を書くことができて、それはとっても面白い。研究という、皆さんからするとまだ知らない世界と

思うかもしれないですけど、僕は正直、子供の時から、何か変なことを考えるのが好きで、皆が何かやっている時にもぼんやり変なところ見ながらふつふつと考えたりしている人だったんですけど、それですごい面白いアイデアが浮かんだりしないですか？ それはでも、自分にとっては価値のないものだと思っていました。テストの点数が高いほうが褒めてもらえるし。だけどそうじゃなくて、研究者ってどちらかというとその「ほわほわ」としてそちら側にあると思っていて、自分が面白いアイデアを思い浮かべた時に、それを我々は scientific な方法で表現する。それが論文という形で皆に読んでもらえるし、また未来永劫残っていく。それに今読んだ人が価値を持ってくれなくても、百年後に読んだ人が発掘してくれるかもしれないし、何より、自分が頭で考えていることに価値があると自分が信じられたり、もし周りの人がそれに価値があると言ってくれば、この上ない喜びで。その表現法はたぶん色々あるんです。小説書ける人は小説書いたらいいかもしれないし、運動できる人はスポーツやったらいいかもしれないし。ただ、研究というのは、scientific な技法を学ぶと僕は比較的誰でもなれる表現者だと思っていて、だからとってもいいと思っています。学部生へのアドバイスというのは、僕は動画の中で最後に述べたんですけど、簡単に述べると三つあって、一つは、自由な時間がまとまってあるというのが、大人になるとなかなかなくなってきます。例えば今日でも、色々なメールが届いていて返事しなきゃいけないかったりとか、一日中何か考えているというのはできないんですよ。それが学部生だと例えば夏休みとか2か月ぐらい好きなことを考えられるし没頭できる。これは本当に大切な期間なので、何かやりたいことがあったらやったほうがいいと思います。もう一つは、息苦しさを感じる時があると思うんですけど、日常に。僕にとっては、研究室に入った瞬間にすごい生き生きしたという経験があって、生き生きできることがきっと皆さんの中でどこかにあって、それが見つけられるといいのかなと思います。最後の一つは、夢があってそ

れに向かって努力するという構図を思い浮かべながら自分には夢がないと悩む人が多いと思うんですけど、僕の場合、けっこう逆で、頑張りたいことが目の前にあったらそれを頑張っていたその先に夢が見えてくるということもあるので、見えなくても怖がらずに、ただひたむきにやりたいことがあったらやってみたらいいんじゃないかなというのが、僕からの最後のアドバイスです。ありがとうございました。

司会（水野）：では最後に、市川先生。

市川：はい。僕が言いたいことは皆さんに言っていたので、僕が言うことはないんですが、研究の面白いところは、少なくとも天文学においては世界中で天文学をやっている人がいます。僕の場合だと、共同研究者が南極以外のすべての大陸にいます。そういう人と国際会議でたまに会ったりします。国際会議は日本だけでなくヨーロッパやアフリカ、オーストラリア、チリ、アメリカだったりするわけですが、南極を除いた五大陸で共同研究者とそれぞれ会ったりしたことがあって、こういう時に、研究って色々なところでできていいなと思ったりします。世界中で天文やっている人がいていいなと思ったりします。もう一つは、学部生向けのメッセージ。皆さんは高校生から大学に入って、コミュニティが変わったシチュエーションにいるのかなと思います。また新しいコミュニティの中で、今まで会ったことのない人に出会ったりすると思います。そういった二つ大きいことがあって、一つは全く合わない人とも出会うかもしれません。それも皆さんの考え方を広げるいい機会ですので、何でこの人こんなに僕と合わないだろうなと思ったりするのもいいと思います。もう一つは、同じ学部にいるということなので、もしかしたらやっとなら僕と同じようなことを考えているかなという人に出会うこともあるかもしれません。そういう時も、世界はそんなに狭くないのかなと思って、そういう出会いを大切にしてくれればなと思います。また、大学ではそういうのに全く出会わないという場合もあるかもしれません。それでも大学院あるいはまた次のキャリアに進んだ時に、そうい

うのもあると思うので、皆さんそういう出会いを大事にして、自分と違う人々がいるということそれぞれのフェーズで知ってもらえればいいかなと思います。それが僕からのメッセージです。以上です。

司会（水野）：皆さん、熱いメッセージありがとうございました。学生の皆さんに伝わればいいなと思います。

それでは最後にまとめとして、東北大学の理事で副学長、教養教育院の院長でもあられますたきざわひろつぐ滝澤博胤先生に閉会のご挨拶をお願いいたします。

滝澤：本日は ILAS コロキウムにご参加いただきましてありがとうございます。ちょうど最後、若手の研究者の皆さんから学生さんへのメッセージもきちんと締めていただいたので、私からは何も言うことはないんですけれども、よく「ユニークな研究」という言葉が使われますが研究とはそもそもユニークなもので、固有の・唯一の・独特のという意味ですけど、一人ひとりが自分のテーマ、誰も歩いたことのない道を歩く、それが研究だというふうに思っています。その上で大切なのは、未知の世界、誰も歩いたことのない道を歩いても、後ろを振り向いた時について来る人がいなかったら、多分寂しいですよ。なので、研究者にとって大切なのは、自分が進んでいる道の楽しさ、美しさ、素晴らしさというもの次の世代の人たちに伝える力というのがすごく大切だと思っています。今日、4人の若手の先生方が、生き様というか道しるべを示してくれたんだと思っています。会場の皆さん、今日オンラインで

参加された皆さん、まだまだこれから研究に進むための、今、体力づくりをしているところだと思いますけれども、いずれ来るべき、皆さんが研究という未知なる世界へチャレンジする、そういう機会が間もなくやってくる。そのためにはしっかり体力を作って、なおかつ、今日見た若い先生方にぜひ憧れの気持ちを持って、自分もいつか近いうち、こういうふうに進んでいくんだと、そういう機会になれば幸いですと思っています。今日、話題提供いただきました先生方、どうもありがとうございました。また、企画いただいて、多々ご議論いただいた教養教育院総長特命教授の先生方、どうもありがとうございました。では以上でのこのコロキウム、閉じたいと思います。（拍手）

司会（水野）：滝澤先生、ありがとうございました。ちょっと時間が過ぎてしまいましたが、今日のコロキウムが皆さんを少しでも触発し、刺激する場となったのであれば幸いです。それではこれで ILAS コロキウムを終わりたいと思います。参加していただき、またいろいろとディスカッションしていただいた皆さんにお礼申し上げます。なお、今回参加しての感想やコメントを、アンケートを用意していますので、11月末までに出していただければ、今後の参考にしたいと思いますので、よろしくお願ひします。それではこれで終わります。どうも皆さん、ありがとうございました。

2. 3 受講学生からの質問・コメントと教員からの回答

■質問・コメントフォーム送付数：31

事前受付期間 2022年11月1日（火）～11月8日（火）

引き続き 11月15日（火）まで受付

■講師別送付数一覧

荒井 崇史：暴力はなぜ起こるのか？—あなたの知らないあなたの存在—	11
奥村 正樹：タンパク質の形（構造）を知ろう！	7
下川 航平：蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—	7
市川 幸平：宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見てみる	7

■質問・コメントと回答一覧

質疑応答・全体討論で回答済のものは本文に対応したアルファベットを表示

ショートレクチャー：暴力はなぜ起こるのか？—あなたの知らないあなたの存在—

学生からの質問・コメントと荒井 崇史 准教授からの回答一覧

コメント	オンラインゲーム等によく見られる、試合に負けた際について感情的になって机などを叩く等の行為は、ゲームの中で暴力的行為や武器を眺めることで暴力概念が刺激されるというプライミング効果、武器効果によるものであるのかと納得できました。
回答	ご指摘の通り、暴力的な描写の視聴による概念活性が、その後の暴力の発現に関与している可能性は長年指摘されています。一方、「試合に負けた際について感情的になって…」という部分に付け加えるならば、怒り（ネガティブ感情）のコントロールが上手であれば、実は概念活性していても暴力行為にまでは至らないと考えられます。熟慮システムと衝動システムとは完全に独立しているわけではなく、少しでも意識的な過程が関与する余地がある（つまり、適切に怒りがコントロールできていれば）衝動システムを抑えることは可能であると考えられています。
質問	暴力が起こるプロセスを解明することは今後の殺傷事件の抑制などに効果があると思いますが、そのプロセスを解明した上で、そこに具体的にどのようなアプローチをすると暴力の衝動が抑えられるのでしょうか。
回答	熟慮システムは意識的な認知過程であり、意識（認知）に働きかけるような介入（例えば、認知行動療法などの心理療法）が考えられると思います。一方、衝動システムは自動的な認知過程（スキーマやスキーマなどの活性）に働きかける必要があります。スキーマやスキーマを修正することは容易ではないですが、何度も繰り返して概念連合を修正するような方法が効果があるかもしれません。なお、衝動システムを駆動する前提として、怒りなどの強烈なネガティブ感情が関与していることが多く、熟慮システムが駆動する前に怒りなどのネガティブな感情をコントロールする必要があります。
コメント	今回の授業で、「暴力はなぜ起こるのか」ということに対して、心理と生理的な仕組みを紹介していた。そして「幼少期から暴力を振るうことは悪いことであると強く教え込まれる」ということがあったとしても、攻撃概念活性化を避けられないと分かった。しかし、それは今まで観察された暴力を形成する転換点であり、感情と暴力という行為の繋がりとして「暴力は無意識における自衛システム」に対して興味を持っている。

回答 攻撃概念がいかにつくられるかは、幼少期からの観察や学習が関与しているのはその通りだと思います。ただし、攻撃概念と悪いことという結びつき、攻撃概念と不快という結びつきが強ければ、たとえ攻撃概念が活性化しても暴力を振るうことには至らないと考えられます。

質問 A

将来、暴力のない未来は訪れるとお考えですか。暴力をなくすためには、具体的にどのような方法や取り組みがあるとお考えですか。

回答 暴力のない未来を達成するのはかなり難しい、もしくは非常に時間がかかると思います。理由としては、暴力（暴力性）は、生物としての生存に関わるものであり、簡単になくすことはできないからです。例えば、暴漢から身を守るためには、抵抗する必要があるかもしれません。その場合、生物としては暴力を振るえる方が生存の可能性が高くなります。積極的に暴力を用いないとしても、必要な場合に暴力を振るえる方が生存の可能性が高くなるならば、進化論的に考えて、暴力（暴力性）を人間から完全になくすことは難しいと思われます。ただし、暴力（暴力性）を完全になくすことはできなくても、減らすことは可能であると思います。例えば、スティーブン・ピンカーは「暴力の人類史」の中で、近代は人類史上、最も暴力が少ないと指摘しています。暴力は他者との関係性において生じるものである以上、暴力を選択肢として排除するような社会的成熟が必要であると考えられます。また、私の研究から考えると、人間が仮に暴力性（暴力）を持っていたとしても、それが顕現する（顕現化しやすい）情報処理を是正ことができるのではないかと考えています。

質問

幼少期の頃の不快と暴力の結びつきが強い人は衝動的に暴力を振るうことはない、とまでは言えないと思いますが、結びつきが強くても衝動的に暴力を振るってしまう人は幼少期に教え込まれた不快を超えた外部からの刺激を受けたから暴力を振るってしまうのでしょうか？ そうだとしたら、事前の暴力概念の活性化や突発的な刺激と幼い頃の教育による暴力と不快の結びつきには優劣関係があるわけではなく、何かしらの基準でどちらが優先されるかが決まり、その結果その後の行動が変化する、ということでしょうか？ その基準の判断はどのように行われているのでしょうか？

回答

>結びつきが強くても衝動的に暴力を振るってしまう人は幼少期に教え込まれた不快を超えた外部からの刺激を受けたから暴力を振るってしまうのでしょうか？

という点に関して、「不快を超えた外部からの刺激」によって暴力（行動）が生じるとは思えません。なぜならば、自動的過程では、行動を誘導する何らかの内的な状態を想定する必要があるからです（内的に何も生じずに、外部刺激によって行動が起こるとすれば、それは反射になります）。このように考えると、何らかの基準でどちらかが優先されるという考えにはならないように思います。

質問

衝動的な暴力によって収監されている人たちには感情のコントロールが必要というお話でしたが、犯罪を犯していない人たち（我々も含めて）でも感情のコントロールはできるわけではないというお話もありました。衝動的な暴力を起こす人と起こさない人の違いは、幼い頃の不快と暴力の結びつきにある、というお話だったと思うのですが、衝動により犯罪を起こす人たちはそうでない人たちに比べ感情のコントロールも足りていないのですか？ そうだとすれば、感情のコントロールができないから衝動的行動を起こしてしまう、という話になると思うのですが、犯罪者だろうと共感性があるので、他者に苦痛を意識的に与えるのが難しい、だからこそ外部からの刺激によって起こる自動的な衝動的行動が犯罪発生には鍵になる、加えてそこに暴力が入るかどうかは幼い頃の不快と暴力の結びつきの強さによる、という話と食い違うのではないですか？ この理解で論を進めると、衝動的な行動で犯罪を起こす可能性は、感情のコントロールを完璧にできるわけでもない我々は外部からの刺激次第で誰にでも存在する、感情のコントロールができないことを前提にして暴力と不快の結びつきを強くするための教育的アプローチなど自動化された行動スキーマに暴力が入らなくなるような対策が必要、という話になると思うのですが。

回答

衝動システムによって暴力を振るう場合には、その前段階に、熟慮システムを抑制するような強烈なネガティブ感情が必要です。従って、感情のコントロールが難しい人ほど、衝動システムによって行動が生じる可能性が高くなります。

ここでおそらく上手くお伝えできていないと思われるのが、「衝動システムが生じるには、強烈な感情が必要である」ということです。熟慮システムは、基本的には衝動システムを抑制するように作用します（「相手が苦痛に感じるから暴力を振るわないようにしましょう」と考えるの（つまり、共感性）は熟慮システムによる抑制です）。これを踏まえて、行動までの過程を考えると、外的な刺激の知覚（葛藤の知覚）によって強烈なネガティブ感情（例えば、怒り）が生じる→熟慮システムが抑制され、衝動システムが起動する→概念活性（スクリプトやスキーマの活性）→暴力行動という過程をたどることになります。ただし、「概念活性」の部分で、暴力と不快の結びつきが強ければ、暴力行動は抑制されるのではないかというのが、今回お伝えしたことです。

なお、感情のコントロールというのは、感情が起これないことではありません。感情が起こったときにそれを適切に処理できるかどうかということです。ですので、感情のコントロールができないことを前提にすべきではなく、感情のコントロールができるようにトレーニングすることも必要であり、それが衝動システムの発動を抑制することにつながるわけです。

質問

計画的な犯行など、意識的に犯罪を起こす人はそうではない人たちと比べ何が違うのでしょうか？幼い頃からの暴力と不快の結びつきが弱い、という理由もあるとは思いますが、そのほかに何か心理学の観点から見て決定的な違いというものはあるのでしょうか？

回答

決定的な違いがあるのかどうかは、現在でもわかっていません。おそらく多くの犯罪者（この場合、一過的に犯罪を行うようなタイプの犯罪者）は、我々一般人とそれほど大きく違いがないのではないかと考えられています（つまり、環境的な要因が犯罪の発生において重要ということ）。一方、ごく一部の犯罪者、特に幼少期から問題行為を行い、一生涯犯罪を止められないようなタイプの犯罪者には、器質的な原因がある可能性が指摘されています（つまりは、脳の機能的、構造的な問題ということです）。

質問

私は暴力を振るわれた経験があり、自分の感情が先に立って冷静に客観的に暴力がどのような時に起こってしまうのかを考えてこれなかったため、今回のお話は興味深かったです。

幾つか質問があります。暴力や犯罪についてどのようにして研究を行っているのでしょうか。人に聞いて調査をする場合、暴力や犯罪の経験は他の人に話しにくい話題だと思います。それゆえ、事実とは異なる回答が得られるケースが時に生じてしまうのではないかと疑問に思ったのですが、荒井さんはこれについてどのように思われますか。加えて、このテーマで調査や研究を進めていく上で難しいことがあればお聞きしたいです。

回答

ご指摘の通り、攻撃行動や暴力のようなネガティブな行為の研究を行う場合、一般の方を対象に研究を行うと、社会的に望ましい方向に結果が偏ることが知られています。これは難しい問題で、攻撃行動の研究をする時には、毎回頭を悩ませます。実際に行うのは、例えば、社会的に容認できるレベルの攻撃行動を扱うなど攻撃行動の指標を工夫したり、指標を測定する前に挑発を行うことで攻撃行動が生じやすくするというようなことを行います。当然、いずれも倫理的に許される範囲でしかできませんので、実際に身体的暴力を振るうということは、厳密には実験で再現することはできません。

そのため、因果は逆になってしまいますが、米国などでは、暴力的な事件で既に矯正施設に収監されている受刑者に研究に参加してもらい、どのような特徴があるのかを調べる方法がとられています。ただし、日本では、保守的な雰囲気強く、法務省外の研究者が受刑者の研究をすることは、（実務家とつながりがよほど強い研究者でなければ）ほぼ不可能です。攻撃行動、特に暴力の問題は社会的にも大きな問題であるにもかかわらず、日本では研究をすること自体が困難であり、研究知見も欧米に頼るほかありません。ぜひ、これから社会に巣立つ皆さんに公官庁に入庁していただき、現状を変えてエビデンスに基づく政策ができるようなシステムを作り上げていただきたいと思います。

コメント

熟慮システム、衝動システムで暴力を振るう人と暴力 IAT の数値の関係が気になります。怒りの感情により衝動的暴力を振るうこともあるが、怒りから熟慮システムが採用されることもあるのではないかと思った。

「怒りから熟慮システムが採用されることもあるのではないか」というご意見ですが、これは一部ご指摘の通りであると思います。特に、比較的マイルドな怒りの場合、熟慮システムを通じた暴力行動が起こることはあり得ると思います。一方、怒りの強度が非常に強い場合には、衝動システムから行為が生じると考えて差支えないと思います。例えば、「怒りで頭が真っ白になる」という状態を考えてみるとわかりやすいと思いますが、非常に強い怒り感情（憤怒）を感じている時に冷静に考えることはほぼ不可能だからです。ただし、少し「時間軸」を長くとらえると、話は少し変わってきます。つまり、葛藤を知覚した際に瞬間的な怒りが生じたとしても、長期的には怒りは減衰し、冷静に考えて攻撃行動を発動することが可能になると考えられます。少しややこし言説明になりましたが、熟慮システムと衝動システムの関係は、それほど単純ではないということですね。

質問 B

近年、サイコパスという言葉をよく聞くようになった気がするのですが、具体的なサイコパスの定義みたいなものを詳しく教えていただきたいです。

回答

サイコパス（Psychopath）は、学術的には、サイコパシー（Psychopathy）というパーソナリティ特性を強く持った人物の臨床像を指します。したがって、巷で言われるような、「殺人犯＝サイコパス」とは必ずしも言えません。つまり、サイコパシーが高い殺人犯もいれば、低い殺人犯もいるということです。逆に、犯罪をしていない一般人にも、サイコパシーが高い人と低い人がいることが指摘されています（これをサクセスフル・サイコパスということがあり、CEO や弁護士、報道関係などはサイコパシーが高い非犯罪者などと言われます）。このことからわかる通り、サイコパシーが高いからと言って全員が犯罪者になるとは限りません。

なお、サイコパシーには、一次性サイコパシー、二次性サイコパシーという二つの特徴があります。一次性サイコパシーは、感情・対人関係面での特徴で、利己性、共感性や罪悪感の欠如、感情が浅薄であり、ずるく、ごまかしが得意といった特徴を示します。一方、二次性サイコパシーは社会的異常性を表し、衝動的行動や刺激希求性、幼少期からの問題行動に特徴づけられます。なお、近年では、社会的に嫌悪されるパーソナリティをまとめてダークトライアド（Dark Triad）ということがあり、サイコパシーはその一端を担います（他には、マキャベリアニズム、ナルシズム）。

質問

サブリミナル効果も、非意識的な概念連合が人間の行動に影響を与えているということですか。

回答

はい。その通りです。なお、一般的に知られている映画館の逸話（映画の間にポップコーンとコーラを閣下提示すると、ポップコーンとコーラの売り上げが増加するという話）は、実際に実験でそのような現象が起こることを示したわけではないようです。一方では、国旗掲揚（普段は意識して見ることがないという意味で閣下（サブリミナル））がその後の投票行動に影響するだとか、高齢者に関連する単語を高速で提示すると（意識上では早すぎて見えないという意味で閣下（サブリミナル））、単語が見えていなくてもその後の行動がゆっくりになる等、非意識的な概念連合が人間の行動に影響するという研究はたくさんあるようです。

ショートレクチャー：タンパク質の形（構造）を知ろう！

学生からの質問・コメントと奥村 正樹 准教授からの回答一覧

質問 C

PDI ファミリーはジスルフィド結合を基質を選ばずに作りますが、PDI ファミリーは酵素と言えるのですか。

回答

生化学の教科書には、酵素基質反応は 1:1 の数式で説明されていますが、1 酵素が複数の基質を認識するケースがあります。PDI ファミリーも同様に複数の基質をターゲットとしており、これらは酵素です。では PDI ファミリーはなぜ複数の基質を認識できるのでしょうか。そこには従来のカギと鍵穴の関係性で説明できない酵素基質反応が存在すると考えています。1 酵素が複数の基質を触媒するには、酵素のカタチが基質に応じたカタチへと比較の変形出来易く、構造的に柔軟性が高いことに起因していると考えています。

質問 D

ミスフォールディングでは、具体的にどのようにフォールディングされているのですか。ミスという言葉が付いていますが、どのような点でミスなのか知りたいです。

回答

蛋白質の天然構造は最も安定であると考えられてきており、最安定構造は1つと考えられてきました。一方で、最近では天然構造よりも安定な非天然構造の一例としてアミロイド線維が知られています。例えば、アルツハイマー症で亡くなられた患者さんの脳内には Tau という蛋白質のミスフォールド体であるアミロイド線維が蓄積しており、その構造解析の結果、天然では持たない2つのミスフォールド体構造があることがわかりました。以上の結果は、ミスフォールド構造が多型性を示し、時として天然構造より安定で、場合によってはミスフォールド体として蓄積した際は、我々生体システムでは分解できずに、疾患を引き起こすことを示唆しています。

質問 I

他国の協力があって現在の研究が進められているとおっしゃっていましたが、大学生の時に国際的な活動(留学など)はどのようなことをしていましたか？

回答

学部生の際は、特に国際活動はしていませんでしたが、院生の際には自分の研究対象と関連する英語の原著論文をたくさん読みました。私自身様々な英語原著論文を publish すると国際的な会合で認知され、そこで輪が広まっていったと思います。重要なことは、語学力だけでなく、研究を通じた自己の哲学を磨くことも重要で、哲学は国越えて信頼関係を構築する上で重要であったかと思います。あくまで私は研究者ですので、言葉を流暢に話すことに重きを置くというよりは、良いサイエンスをじっくりと達成し、研究者として自己研鑽を積むことの方が重要に思います。その際には、最も重要なことは探求心ですね。

質問 G

シャペロンネットワークがなぜ生物種を超えて共通のものであるのかお伺いしたいです。

回答

シャペロンの研究は原核生物から真核生物までこれまで研究されてきて、非常に多くのシャペロンが同定されてきました。我々生体内では機能する蛋白質として天然構造を取らないと、凝集の蓄積だけでなく、様々な疾患を引き起こします。これを細胞で検証してみると、幾つかの、もしくはたった一つのシャペロンの遺伝子を潰すだけで細胞死を引き起こします。これは、原核や真核でも報告されており、蛋白質の凝集を抑えるシステムが生物を越えて保存されてきたことを暗に意味します。

質問 H

ストレス応答のしくみについて、気になったのでもう少し詳しく教えて欲しいです。

回答

ストレスと言っても多くのストレスがあります。例えば、酸化ストレス、イオンが不足することによって生じるストレス、蛋白質構造異常体の蓄積によるストレスがあります。ミスフォールド蛋白質の蓄積と呼応するストレスについて言及すると、我々の細胞内でミスフォールド蛋白質が蓄積するとシャペロンの発現量を増やす小胞体ストレス応答という現象があります。これは、ストレスセンサーがミスフォールド蛋白質の量を検知することで、シャペロンの mRNA 量を増やすことで、区画内シャペロンの濃度を上げ、ストレスが緩和するとシャペロン発現量が減り、通常に戻ります。この現象の発見として、森和俊先生と Peter Walter 先生がここ数年ノーベル賞候補としてノミネートされています。皆さんにしか思いつかないアイデアも証明できると、大きな成果として認められるかもしれませんね、皆さん等しく可能性があると思います。

質問 F

アルツハイマー病は運動や脳を使うと発症までの期間を延ばすことができるとよく耳にしますが、運動や脳の使用は不良タンパク質の分解とどう関わっているのか知りたいです。

回答

運動や脳の使用と不良蛋白質の分解の因果はわかりません。一方で、重要なポイントとしては、蛋白質の品質管理には、シャペロンや酵素などによる補助システムと、オートファジーやプロテアソームによる分解システムが主に存在します。したがって、分解だけでなく、補助システムへの影響も興味深いですね。別の話題としては、変性疾患の多くはアミロイド線維といったミスフォールドタンパク質の蓄積ですが、ミスフォールド体形成を抑制する食物としてお茶のカテキンやコーヒーやワインに含まれるポリフェノールが知られています。負の影響としては、ボクシングなどで外からの刺激が多くなると、パンチドラムカーとなり、変性疾患を惹起し易いといったことも言われています。実際に、様々な蛋白質に対して外

から刺激を加えると天然構造が崩壊し、アミロイド線維が形成されます。こういった現象は後天的な環境が孤発型変性疾患を引き起こしていることを暗に意味しているのかもしれませんが、多くがまだ謎に包まれています。

質問 E

鶏卵が加熱されることによって、アモルファス凝集されることはわかったのですが、その他の動物の卵でも同様な変化が起こるのですか。それとも、鶏卵特有なのですか。

回答

卵だけでなく、生物全てが DNA から蛋白質といったセントラルドグマによって支配されており、セントラルドグマ以降の蛋白質の構造形成が不可欠であることを考慮すると、生物である以上、加熱すると体内の蛋白質がアモルファス凝集します。興味深い話としては、狂牛病の場合、牛の体内にはアミロイド線維が蓄積されている訳ですが、加熱してもアミロイド線維が壊れなくて、様々な分解酵素に対して耐性があるような強固な構造をしていますので、この病気の牛を他の正常な牛が食すると、構造異常の伝播が起き、正常な牛の体内でアミロイド線維が出来、狂牛病を発症します。凝集と言っても、アモルファス凝集、アミロイド線維など様々な形態が存在し、我々日常と密接した学問として盛んに研究されています。

ショートレクチャー：蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—

学生からの質問・コメントと下川 航平 助教からの回答一覧

質問 J

光充電の仕組みと光合成における酸化還元反応に共通するところはありますか？参考にしたところなどはありましたか？

回答

大変良い質問で、共通するところがあると私は思っています。光合成ではクロロフィルが光を吸収して励起された電子とホールを作り、そのホールの酸化力で水を酸素に変えます。この水を酸素にする力を利用して正極材料を充電するというところに今取り組んでいます。ここで面白いのは、光合成では水を酸素にする時に触媒としてマンガン系の酸化物のようなものを利用しているんですね。そして、その酸化マンガンというのは電池の有名な正極材料なんです。このあたりの類似性にヒントを得て今の研究を行っています。

質問 K

電池については学校で習う程度の事しか知らなかったため、今後の蓄電池がどのようなものになるのかを聴くのが興味深かったです。

電池は使用する材質だったり、動画でお話されていたように光や生物など何の力を利用するのかとったりすることを決めなければいけず、発想力が求められるようなイメージを持っていますが、実際はどうなのでしょう。研究をする対象を決めることから研究を終わるまでの間で難しいことはどのようなことがありますか。

回答

まず一つ目の質問で、光や生物など発想力が求められるという点ですが、正直に答えると、私みたいに光とか微生物とかで電池材料を動かそうとしている人は少数派で、多くの電池研究者のアプローチとは異なります。どちらが良いという訳では無いのですが、私は異分野との融合に興味があるので、頑張っって発想力を使って研究しています。例えばみんなで文化祭の出し物を準備する時でもそうですが、それぞれ自分の得意なことをして全体に貢献しますよね。そんな感じで、研究者にもいろいろなスタイルがあって、自分の得意な方法で世界に貢献できるように日々頑張っています。二つ目の質問で、研究する対象を決めてから終わらせるまでの間で難しいことですが、私の場合は着想したアイデアを具体的な実験に落とし込むのに苦労することが多いです。「こんなことできたら面白いな」と思っても空想で終わってしまっってはいけないので、それを何らかの形で具現化する必要がある。実験系の研究者なら実験でそれをするのですが、なかなか難しいことが多いです。でも時には当初の仮説よりも実験結果の方が面白くて研究のコンセプトが変わってくることもあって、なので難しいだけではなく面白みもあります。

質問 L

光などの身近なもので充電できるとスマートフォンなどの小型のものが充電しやすくなると思った。人の運動などのもっと身近なもののエネルギーを作れないのか？とも思った。

回答

その通りだと思います。蓄電池の用途としては、今のリチウムイオン電池が得意とするスケールと比べて、より大きなものと、より小さなものの両方が求められるようになってきていると思います。より小さなものとしては、スマートフォンよりももっと小型の低電力でよいものだと、より光充電の魅力が増すと思いますね。他にも例えばご指摘いただいたように振動で発電するのも魅力的です。一方で大型の蓄電池、例えば定置用のものなども重要になってきていて、この場合は私が以前に研究していたマグネシウム蓄電池など、資源的に豊富で安全な元素を使用する電池が良いですね。このように、様々な電池が様々な用途で適材適所に利用される未来が訪れるというのが私の予測です。

質問 M

光で蓄電する電池が開発された場合、日光に当てておいてその後使うというときに充電器本体がとても熱く、故障の心配があるのですが、大丈夫なのでしょうか？その他デメリットはありますか？

回答

確かにそれは重要な指摘ですね。光充電の場合ではなく一般の蓄電池でも、温度が上がると材料が劣化してしまうことが問題になっています。温度が上がって材料が劣化して、そのまま反応を続けようとしてガスが発生して爆発するなどという危険性があることも知られています。なので私も、光充電できる電池を構築するためには安全性がとても重要になると考えていて、そういう設計を考えています。具体的には、電池の電解液には有機溶媒が使われることが一般的ですが、これは燃えるので熱がかかると危険なんですね。そこで、最近になって開発された水系の燃えない安全な電解液があって、それを使って光充電を世界で初めて実証したのが動画で紹介した私の研究になります。その他のデメリットとしては、可視光で励起できる電子のエネルギーには限界があって、そのために電池のエネルギー密度という、箱の中にエネルギーを詰め込める量がどうしても普通の電池よりも減ってしまいますので、それは課題ですね。

質問

リチウムイオン電池において、リチウム金属を負極にすると、充電時にリチウムイオンが針状に成長してしまうとあったのですが、どういう仕組みで起こるのですか。

回答

鋭い指摘で、大変重要な視点だと思います。多くの研究者がその仕組みを解明しようと頑張っており、今も活発に議論されています。リチウムが電析した際に凹凸があると、膨らんだところに電場が集中してさらにリチウムが電析することにより、どんどんその凹凸が大きくなっていくというメカニズムが考えられています。どういう仕組みで起こるのが分かれば解決策も提案できるので、こうしたメカニズムの解明は大変重要な研究ですね。

質問

近年、スマートフォンや iPad などが薄くなってきているとよく言われますが、蓄電池の発展によってさらにコンパクトな端末が出現する可能性はありますか？

回答

蓄電池の性能もどんどん向上しているので、さらにコンパクト化が進む可能性は十分にあると思います。また、リチウムイオン電池ではない他の元素を利用した電池がスマートフォンなどに搭載される未来が訪れるかもしれませんね。様々な電池が現在検討されているところなので、将来どんな電池がどんな場所で利用されるのか想像するのは、私にとっても楽しくまた興味深いです。

質問

リチウムイオン電池のグラファイトはアルカリ金属に置き換えたほうが良いが、安全性の問題があるということでした。そのためアルカリ金属の使用をやめていますが、安全性を高めていく研究は行われているのでしょうか。金属そのものの組成を変化させたり、多種の金属を組み合わせるなどして性能を挙げている例などがありましたら、教えていただきたいです。

回答

とても鋭い質問で、リチウム金属を安全に使用するための研究も、また他の金属と混ぜることで dendrite 電析を抑える研究も、どちらも活発に行われています。もしリチウム金属を安全に使いこなすことができれば、実用的にも大きなインパクトがあるので、もし実現できれば素晴らしいですね。また後者については、平滑に電析できるマグネシウムと共存させることで、dendrite 電析が抑えられることが報告されており、こうした2種以上の金属を併用する電池というのもこれからの発展が期待される面白い研究テーマですね。

ショートレクチャー：宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸をみてる
 学生からの質問・コメントと市川 幸平 助教からの回答一覧

質問 N	活動銀河核が死ぬとその銀河系内の星に何か影響はあるのですか？
質問 N	活動銀河核の活動が停止すると、その銀河へなにか影響はあるのですか。
回答	活動銀河核が生きている間のほうが銀河内の星に影響が大きいです。活動銀河核が存在している間はブラックホールから出てくるジェットなどで周りのガスが温められ、新しい星が生まれづらい環境ができるとされています。このような影響を英語では AGN feedback と言い、盛んに研究されています。
質問	活動銀河核 (AGN) の光度が、太陽の明るさの 4 兆倍とあったのですが、太陽の明るさでも人間の目では眩しいと思うほどなのに、もし人間が AGN の光を目にしたらどうなるのですか。また、光の光度に限界はあるのですか。
回答	<p>答えは考える条件によって変わります。それを理解するために「明るさ」を表現する 2 つの指標を考えましょう。まずは「光度」という指標です。これはその天体が実際にどれくらい明るいという指標で、物理の単位では erg/s や W など表現します。W は電球で聞いたことがありますよね。AGN の場合は太陽の光度の 1 兆倍を超えることもままあります。このような天体を太陽の距離に置くと、地球は間違いなく滅びるでしょう。活動銀河核があると銀河内の星ができづらくなるのも頷けそうです (上の回答も見てください)。</p> <p>次に、flux という指標を考えましょう。これは観測者 (=あなたがいる場所) から見た場合の見た目の明るさです。単位は erg/s/cm² ですね。これは同じ光度の天体を遠くに持っていけばいくほど小さくなる量です。観測者と天体の間の距離の 2 乗で暗くなります。さっきの AGN の場合、太陽の明るさの 4 兆倍 (=4x10⁹ 倍) なので、太陽の距離の sqrt(4x10⁹) ~ 6 万倍くらいの距離におくと、太陽と同じ flux になります。実際、AGN は一番近い天体でも太陽の距離の 1 兆倍くらい離れているので、flux は太陽とは比べ物にならないほど暗いので、肉眼で観測しても大丈夫です。たぶん肉眼では見えません。このように、AGN をどの距離に置くかで答えが変わることがわかってもらえたでしょうか。</p> <p>また、光の光度に上限値はあるのかというのは大事な質問です。宇宙で知られているブラックホールで、最も質量が大きいものはだいたい 100 億太陽質量くらいです。ブラックホールに落ち込む物体が出せる光度の限界は Eddington 限界光度と言われていて、これは質量に比例することが知られています。100 億太陽質量のブラックホールが出せる限界光度はだいたい 1.26e48 erg/s. わかりやすく言い換えると、太陽の光度の 300 兆倍くらいが限界です。</p>
質問 Q	研究分野が狭く、研究対象にしている人が少ないことに対して、不安ややりづらさを感じたことはありますか。
回答	<p>天文学が研究分野が「狭い」とは思いませんが、質問の意図は研究人口が少ないことで不安があるのか、ということだと解釈して回答します。</p> <p>確かに身近な家族などで私が実際に何をしているのかを知っている人はほとんどいませんが、どの職業についていたとしても他の人の職業の内容がわからないというのは大なり小なり一緒なので、どちらかというところのような部分が面白いかな、などを説明できるといいかもしれません。</p> <p>また、自分が現在いるコミュニティで研究者のことを知っている人は少ないかと思いますが、いったん研究を始めると、自然と研究者の知り合いは増えていきます。私が行っている研究は世界中に共同研究者がいますので、そうなると世界中に友人もできるので、国際会議などで 1-2 年に一回くらいの頻度で世界中のどこかで会うたびに、なんとも稀有な経験をしているなあ、と思ったりします。日本にいる場合、こういう経験をえられる職業はそんなに多くないかな、と思います。</p>
質問 O	ブラックホールに寿命はあるのか。もしないのであれば、超新星爆発が行きつく先がブラックホールと聞いて、宇宙の最後はブラックホールだらけになって終わるのかなと思った。もしあるのであれば、ブラッ

クホールがまた新しいものに生まれ変わり宇宙は循環するかもしれないと思った

回答

ブラックホールの寿命を「ブラックホールが生まれてから消滅するまでの期間」と定義するのであれば、ブラックホールにはほぼ寿命がないと言っているかと思います。ブラックホールの質量は基本的には単調増加するのみですが、唯一ブラックホールが質量を減らす可能性がある機構としてホーキング輻射というものが考えられています。これがもしあったとしても、一つのブラックホールが消滅するのにかかる時間は $\sim 10^{67} (M/M_{\text{sun}})^3$ 年くらい (M_{sun} は太陽質量)。

今の宇宙の年齢は 1.37×10^{10} 年くらいであること、知られている最も小さいブラックホールは ~ 3 太陽質量くらいなのを考えると、この一番軽いブラックホールでさえ宇宙年齢を 10^{50} 回以上繰り返してようやくブラックホールが消えるかも、という感じです。ブラックホールが消滅するには途方も無い時間が必要です。

また、宇宙の最期はブラックホールだらけになるのかについては、たぶんブラックホールだらけになりません。なぜかという、我々が知っている唯一のブラックホールの生成は超新星爆発ですが、これは太陽質量の 8 倍以上の星でしか起きません。こういう恒星は 100 天体中 1 天体くらいしかできないので、(太陽を含めて)ほとんどの星はブラックホールになりません。

質問 P

銀河中心のブラックホールについて周りのガスや天体の動きから質量を見積もっていましたが、ブラックホールは何でできているのでしょうか？自分の重力に耐えられなくなった天体がブラックホールになると聞いたことがあるので、地球のように鉄や窒素といった地中に含まれる物質で構成されているのでしょうか？

回答

2つの場合を考えます。まずはブラックホールができる際、どのような物質で構成されるかを考えてみましょう。ブラックホールを作る際は大きい質量の星が爆発する超新星爆発という状態を経るので、その際に原子はいったんすべて中性子という状態を経て、中性子の縮退圧を超えるほどの圧力で潰れたときのみ、ブラックホールになります。なので、この過程で鉄や窒素といった元素や原子核はなくなることがわかるかと思います。

では、ブラックホールに物質を落とす場合はどうでしょうか？

この場合はのぞみがあるかもしれません。小さいブラックホールの場合は光が出てくることができる限界の領域 (事象の地平面、Event Horizon) に落ちる前に潮汐力でバラバラになりますが、大きいブラックホール (例えば M87 のように 60 億太陽質量くらい) の場合、潮汐力は地球の重力の 10^{16} 分の 1 くらいなので人間でも落ち込むことができます。つまり、あなたという状態を保ちながらもブラックホールの一部になれる可能性がありそうです。是非試してみてください。

質問

動画の冒頭で、日本において天文学者は非常に少ないと仰っていましたが、なぜ天文学者になろうと決めたのか、そのきっかけを教えてください。

回答

きっかけは「なりゆき」です。どういうことかという、大学に入ったときは数学がやりたくて理学部に入りました。ですが大学の数学は僕が知っている数学とは違うようだと知りまして、その次に化学をやってみようかと思ったのですが、これもどうもじっくりこなくて、物理を勉強してみました。ある程度じっくり来たのでグダグダ勉強していると、物理学は物事をシンプルにするために極限的な環境をよく仮定するのですが、そういう極限的な環境に興味を持つようになりました。そのうちに、どうやら X 線天文学ではブラックホールとかが観測できるらしい、と 3 回生くらいで知りまして、実験は好きではないけど観測は楽しそうだ、と思って天文学を始めたのがきっかけです。なので、きっかけは非常に消極的で「成り行き」なのですが、今の所飽きずに 10 年くらいは天文学をやっているので、結構好きなのではないかと思っています。

【質問・コメント：ILASコロキウム 2022】若手研究者が語る「知」の最前線

11月15日（火）5講時に開催する質疑応答・全体討論の中でいくつかを採り上げ、討論の材料とします。（11月8日（火）受付分まで）
その際に対応できなかったものは、後日classroomに回答を一覧で掲載し、その後、教養教育院webページにも掲載します

アカウントを切り替える



このフォームを送信すると、メールアドレスが記録されます

*必須

質問・コメントをしたい講義（講義担当者）を選んでください

※同じ質問を複数のレクチャー（担当者）について書いていただくことも可能です（複数選択可）

- 「暴力はなぜ起こるのか？—あなたの知らないあなたの存在—」 荒井崇史
- 「タンパク質の形（構造）を知ろう！」 奥村正樹
- 「蓄電池のミライと学際研究—光で充電できる電池をつくる—」 下川航平
- 「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見てみる」 市川幸平

質問をお書きください*

※質問・コメントがいくつかある場合は、それぞれについてフォームを提出してください。お一人で複数回の回答が可能です。

回答を入力

所属

- 文学部
- 教育学部
- 法学部
- 経済学部
- 理学部
- 医学部
- 歯学部
- 薬学部
- 工学部
- 農学部
- その他: _____

学籍番号、氏名

回答を入力

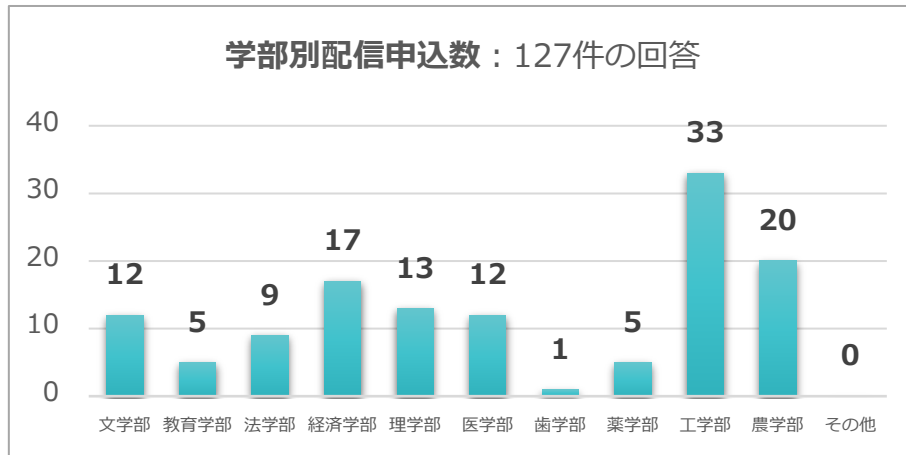
Ⅲ データ編

教養教育特別セミナー ILAS コロキウム
参加状況、アンケート集計、記述欄一覧

3. 1 参加状況とアンケート集計

3. 1. 1 特別セミナー SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐって

■リアルタイム配信申込者数：127

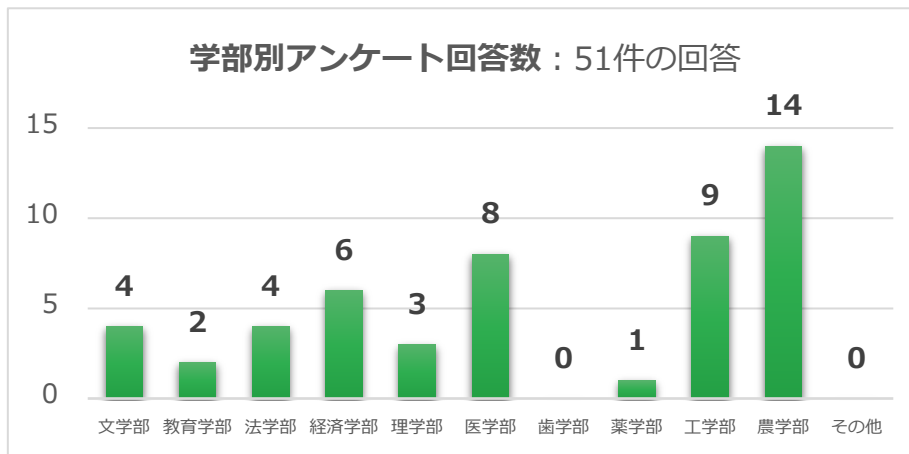


事前申込期間 2022年4月8日（金）～4月15日（金）

■オンデマンド再生回数：184回 …メールでの質問なし

視聴期間 2022年 4月19日（火）～5月9日（月） YouTube（学内限定）

■アンケート回答数：51件



アンケート受付期間 特別セミナー受講後～5月9日（月）

○教養教育特別セミナー SDGs と東北大の挑戦——気候変動をめぐって アンケート form

2022教養教育特別セミナー 受講後アンケート

4/18~4/30受付
・このアンケートは、今後の企画に役立てるために使用し、他の目的での利用、第三者への個人情報の提供はいたしません。ぜひ、ご協力お願いいたします。

アカウントを切り替える

このフォームを送信すると、メールアドレスが記録されます
***必須**

所属学部等 *

選択

学年等

回答を入力

氏名

回答を入力

以下の質問の答えを選び、記述欄があるものは理由などをお書きください。（質問は12問あります。）最後の自由記述欄には、全体的な感想、疑問など、何でも自由にお書きください。

【質問 1】 教養教育特別セミナーについて何で知り、参加しようと思いましたが（複数選択可）

- チラシ（紙）
- 全学教育ホームページ
- オリエンテーションなどでの告知
- 大学からのメール
- 口コミ
- その他

【質問 1：その他の内容、選択の詳細など】

回答を入力

【質問2】 話題「地球温暖化と土壌微生物」は理解できましたか

1 2 3 4
理解できなかった ○ ○ ○ ○ よく理解できた

【質問2：理由など】

回答を入力

【質問3】 話題「国際共同研究によるSDGsの達成—水工学の貢献—」は理解できましたか

1 2 3 4
理解できなかった ○ ○ ○ ○ よく理解できた

【質問3：理由など】

回答を入力

【質問4】 話題「SDGsとアポカリプス」は理解できましたか

1 2 3 4
理解できなかった ○ ○ ○ ○ よく理解できた

【質問4：理由など】

回答を入力

【質問5】 質疑応答・全体討論は充実していましたか

1 2 3 4
不十分だった ○ ○ ○ ○ 充実していた

【質問5：理由など】

回答を入力

【質問6】 教養への勉学意欲が刺激されましたか

1 2 3 4
特に刺激されなかった 非常に刺激された

【質問6：理由など】

回答を入力

【質問7】 専門への勉学意欲が刺激されましたか

1 2 3 4
特に刺激されなかった 非常に刺激された

【質問7：理由など】

回答を入力

【質問8】 教養教育特別セミナー継続開催の必要性を感じましたか

1 2 3 4
感じなかった 必要性を感じた

【質問8：理由など】

回答を入力

【質問9】 教養教育特別セミナーへの参加方法

- 当日オンラインで参加した
- 後日オンデマンドで視聴した

【質問10】 教養教育をいつ重点的に学びたいですか

- 1-2年次
- 3-4年次
- 4年間を通じて随時
- 大学院
- 特にない・わからない

【質問11】 将来の進路希望

- 学部卒業
- 修士修了
- 博士修了
- 未定

【質問12】 将来の職業希望

- 会社員
- 公務員
- 技師・医師・弁護士・会計士などの専門職
- 研究者・教員
- 自営・自由業
- 未定・他

【自由記述欄】 セミナー全体を通して最も興味深かった点、改善提案、今後取り扱ってほしいテーマ、東北大学の教育への期待など、何でも自由にお書きください

回答を入力

担当部署 問合せ先

■東北大学 教育・学生支援部 教務課 全学教育企画係
E-mail : kyom-k@grp.tohoku.ac.jp

TEL : 022-795-7578

■東北大学 高度教養教育・学生支援機構 教養教育院

E-mail : ilas@grp.tohoku.ac.jp

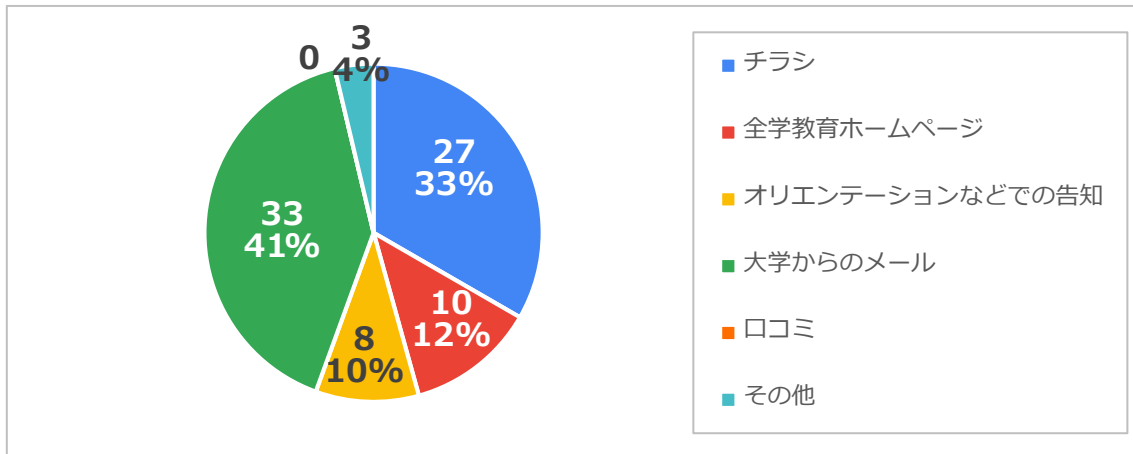
TEL : 022-795-4723

送信

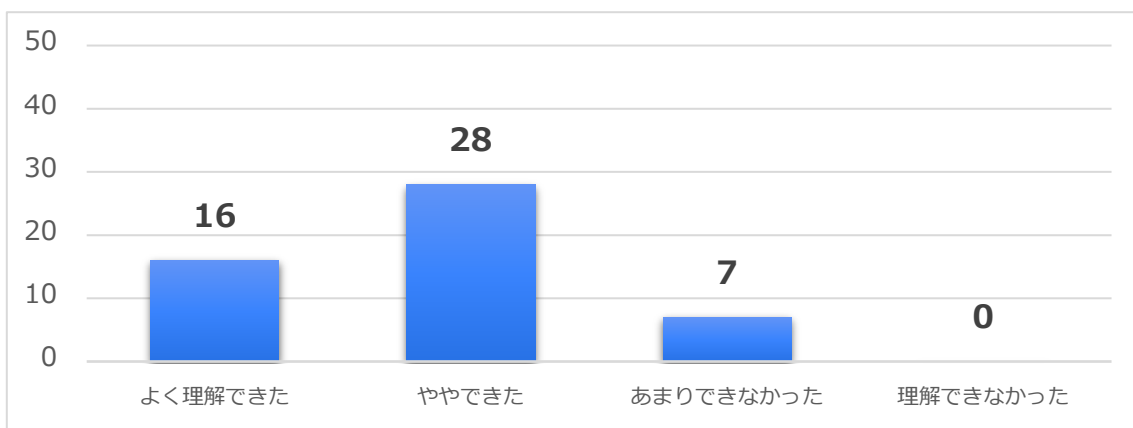
フォームをクリア

■ アンケート回答集計

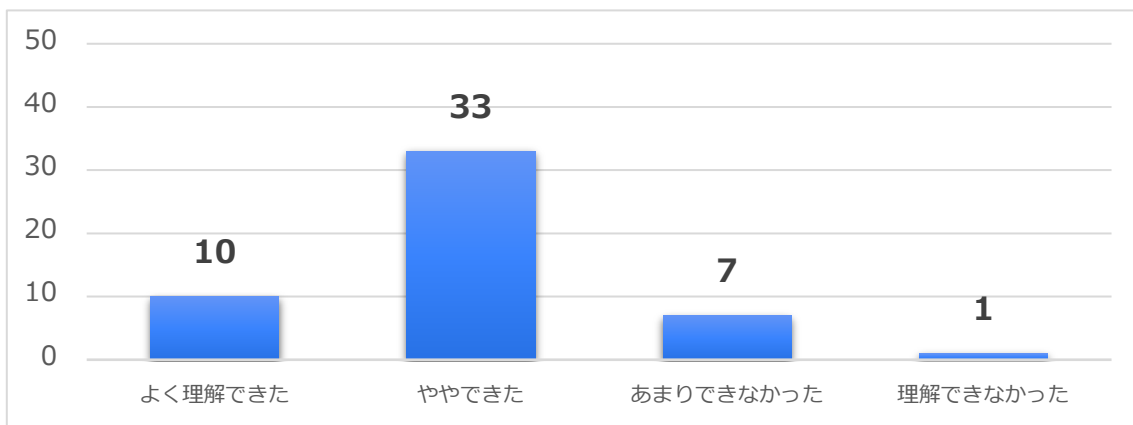
【質問1】 教養教育特別セミナーについて何で知り、参加しようと思いましたが（複数選択可）



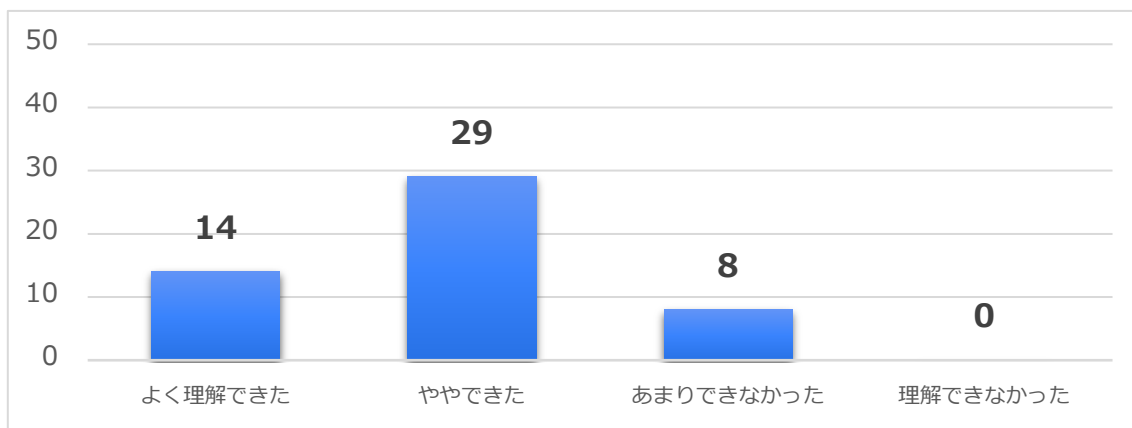
【質問2】 話題「地球温暖化と土壌微生物」は理解できましたか



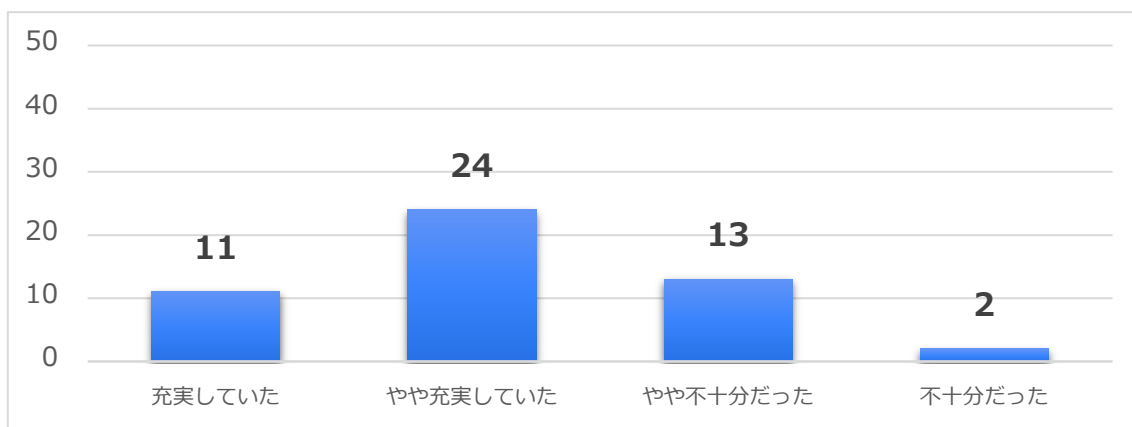
【質問3】 話題「国際共同研究による SDGs の達成—水工学の貢献—」は理解できましたか



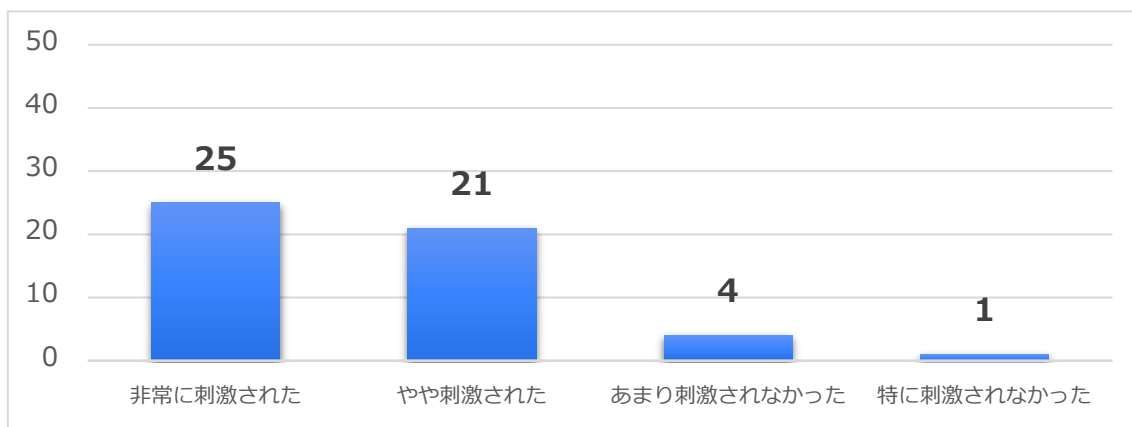
【質問4】 話題「SDGs とアポカリプス」は理解できましたか



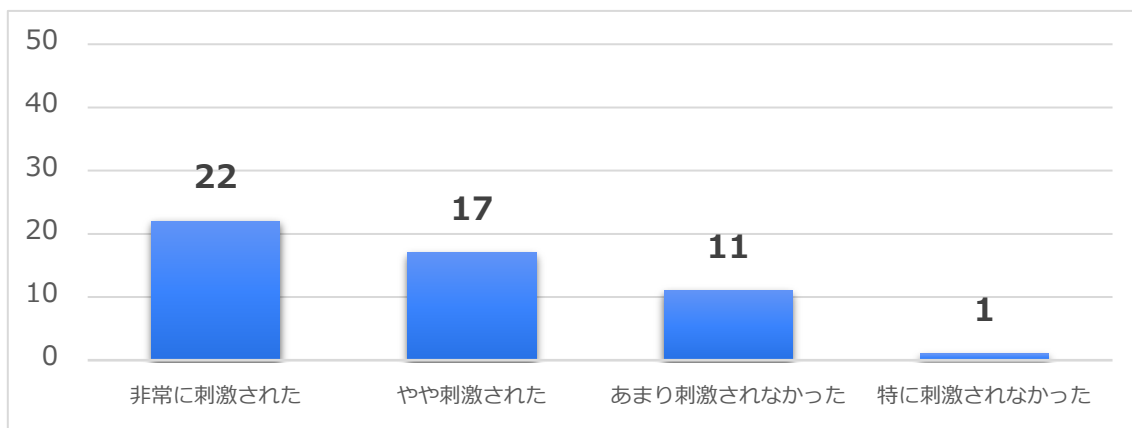
【質問5】 質疑応答・全体討論は充実していましたか



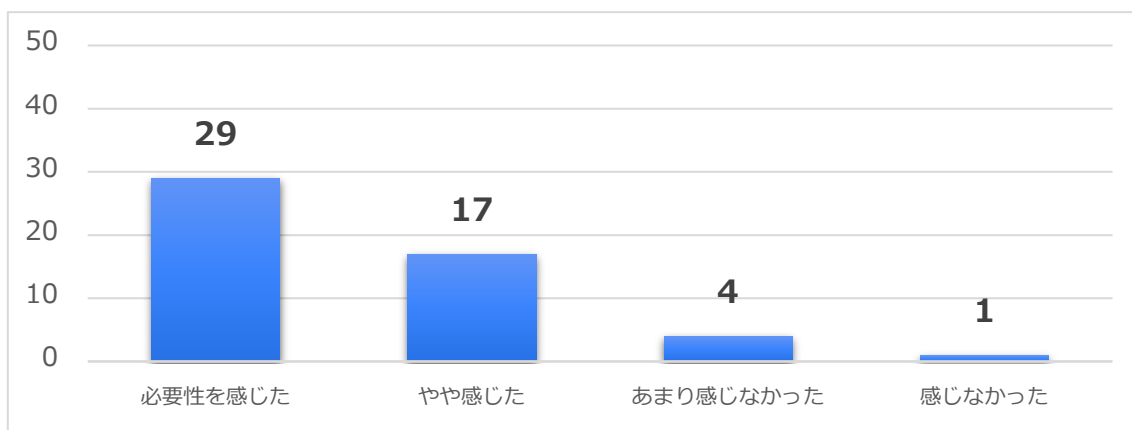
【質問6】 教養への勉学意欲が刺激されましたか



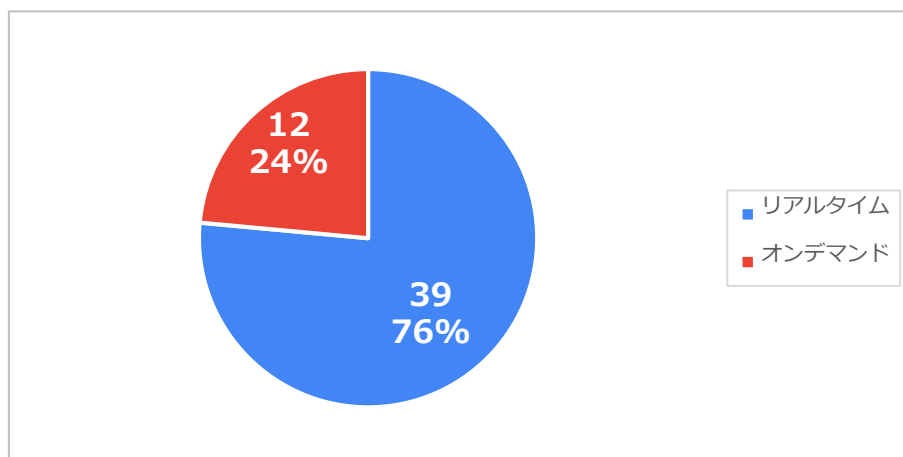
【質問7】 専門への勉強意欲が刺激されましたか



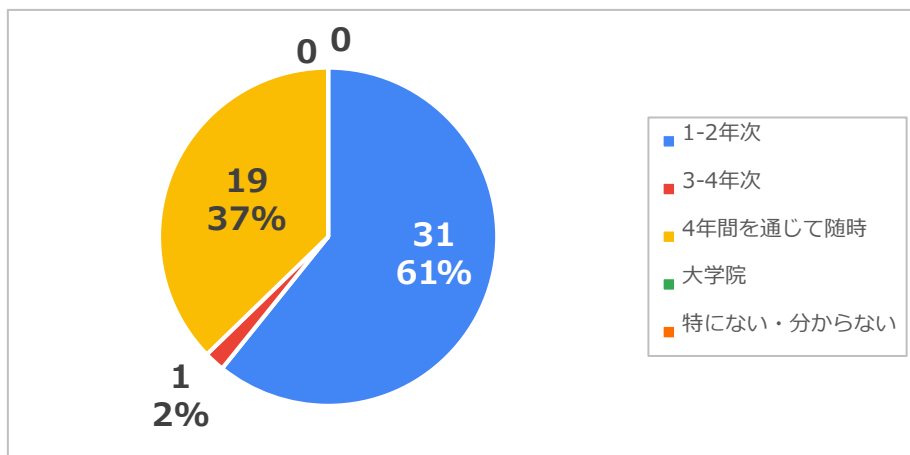
【質問8】 教養教育特別セミナー継続開催の必要性を感じましたか



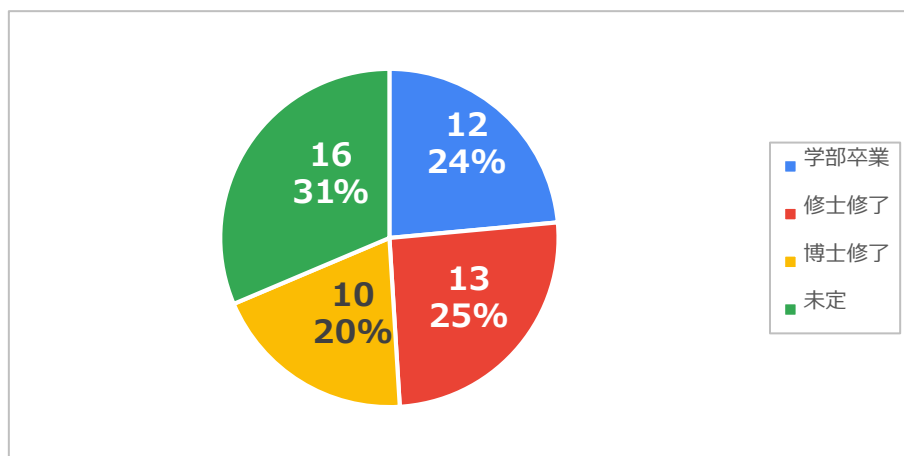
【質問9】 教養教育特別セミナーへの参加方法



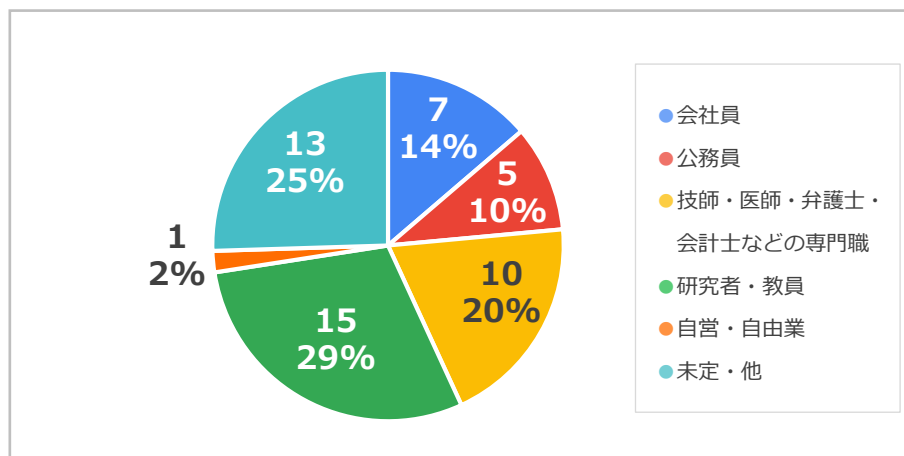
【質問 10】 教養教育をいつ重点的に学びたいですか



【質問 11】 将来の進路希望



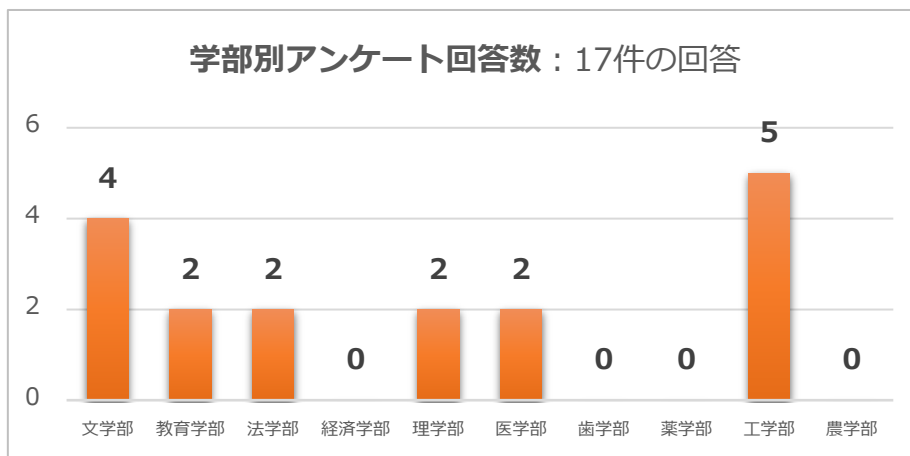
【質問 12】 将来の職業希望



3. 1. 2 コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線

■オンライン参加者数：21／来場者数：約 10 名

■アンケート回答数：17



アンケート受付期間 2022年11月15日(火)～11月30日(水)

OILAS コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線 アンケート form

ILASコロキウム2022 若手研究者が語る「知」の最前線 受講後アンケート

11/15～11/30受付

- ・このアンケートは、今後の企画に役立てるために使用し、他の目的での利用、第三者への個人情報の提供はいたしません。
- ・ただし、以下の授業での出欠確認のため、担当教員（総長特命教授）が受講学生の情報を利用します。

[後期火曜5講時]

日笠 健一 【カレント・トピックス】外積代数とベクトル解析入門
田中 仁 【カレント・トピックス】自然の流れの基礎力学
森本 浩一 【カレント・トピックス】人間存在の哲学

アカウントを切り替える

このフォームを送信すると、メールアドレスが記録されます

所属

- 文学部
- 教育学部
- 法学部
- 経済学部
- 理学部
- 医学部
- 歯学部
- 薬学部
- 工学部
- 農学部
- その他

学籍番号、氏名

回答を入力

以下の質問の答えを1つ選んでください（質問は13問あります）。最後の自由記述欄には、全体的な感想、疑問など、自由にお書きください。

【質問1】受講のしかたは分かりやすかったですか

- | | | | | | |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 分かりにくかった | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 分かりやすかった |

【質問1：理由など】

回答を入力

【質問2】ショートレクチャー「暴力はなぜ起こるのか？—あなたの知らないあなたの存在—」は理解できましたか

- | | | | | | |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 理解できなかった | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | よく理解できた |

【質問2：理由など】

回答を入力

【質問3】ショートレクチャー「タンパク質の形（構造）を知ろう！」は理解できましたか

理解できなかった 1 2 3 4 よく理解できた

【質問3：理由など】

回答を入力

【質問4】ショートレクチャー「蓄電池の未来と学際研究-光で充電できる電池をつくる-」は理解できましたか

理解できなかった 1 2 3 4 よく理解できた

【質問4：理由など】

回答を入力

【質問5】ショートレクチャー「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸をしてみる」は理解できましたか

理解できなかった 1 2 3 4 よく理解できた

【質問5：理由など】

回答を入力

【質問6】質疑応答・全体討論は充実していましたか

不十分だった 1 2 3 4 充実していた

【質問6：理由など】

回答を入力

【質問7】 教養への勉学意欲が刺激されましたか

1 2 3 4
特に刺激されなかった 非常に刺激された

[質問7：理由など]

回答を入力

【質問8】 専門への勉学意欲が刺激されましたか

1 2 3 4
特に刺激されなかった 非常に刺激された

[質問8：理由など]

回答を入力

【質問9】 ILASコロキウム継続開催の必要性を感じましたか

1 2 3 4
継続しなくてよい 継続してほしい

[質問9：理由など]

回答を入力

【質問10】 全体討論（11/15）への参加方法

- 会場に行って参加した
- オンラインで同時配信を視聴した
- 後日オンデマンドで視聴した

【質問11】 教養教育をいつ学びたいですか

- 1-2年次
- 3-4年次
- 学部4年間を通じて随時
- 大学院
- 特にない・分からない

【質問12】 将来の進路希望

- 学部卒業
- 修士修了
- 博士修了
- 未定

【質問13】 将来の職業希望

- 会社員
- 公務員
- 技師・医師・弁護士・会計士などの専門職
- 研究者・教員
- 自営・自由業
- 未定・他

【自由記述欄】 全体的な感想、疑問、ご意見など、何でも自由にお書きください

回答を入力

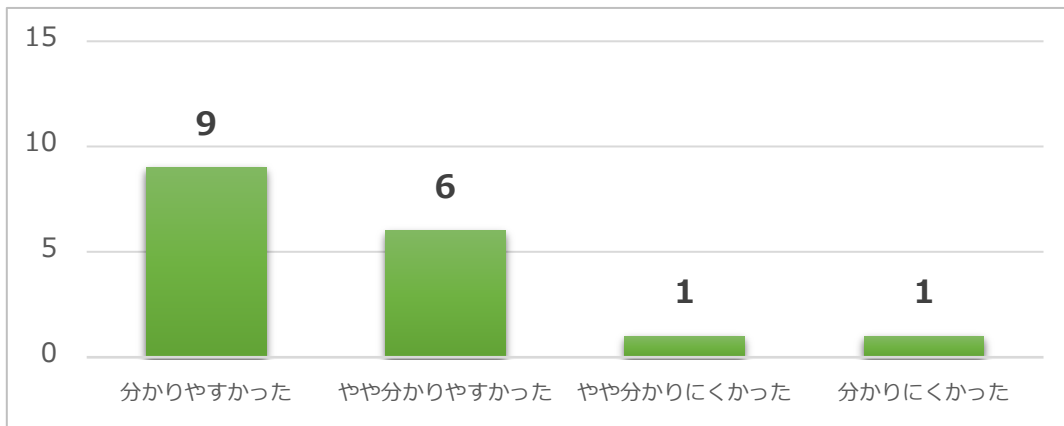
担当部署 問合せ先
東北大学 教養教育院（高度教養教育・学生支援機構）
E-mail ilas@grp.tohoku.ac.jp
TEL : 022-795-4723 FAX : 022-795-7647

送信

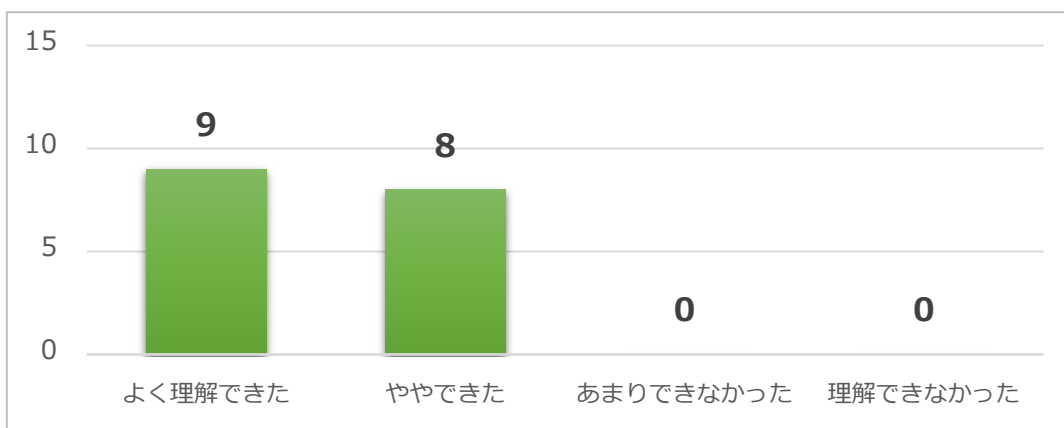
[フォームをクリア](#)

■ アンケート回答集計

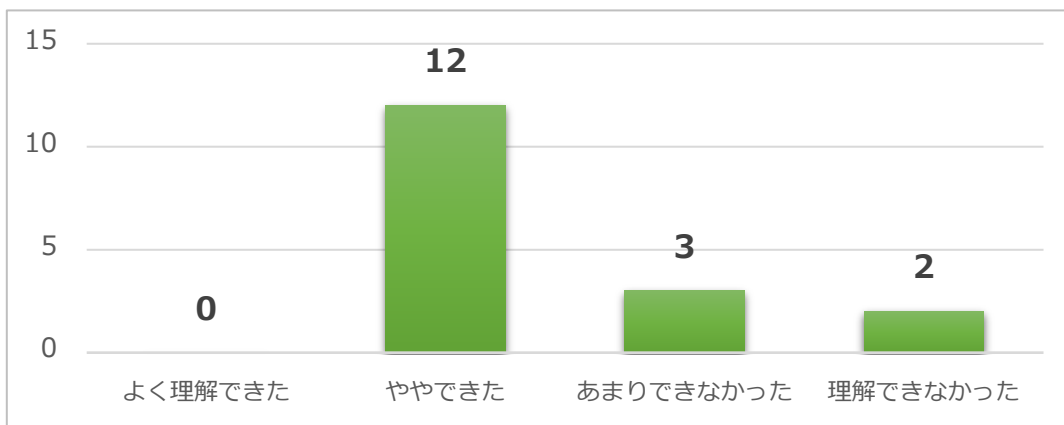
【質問1】 受講のしかたは分かりやすかったですか



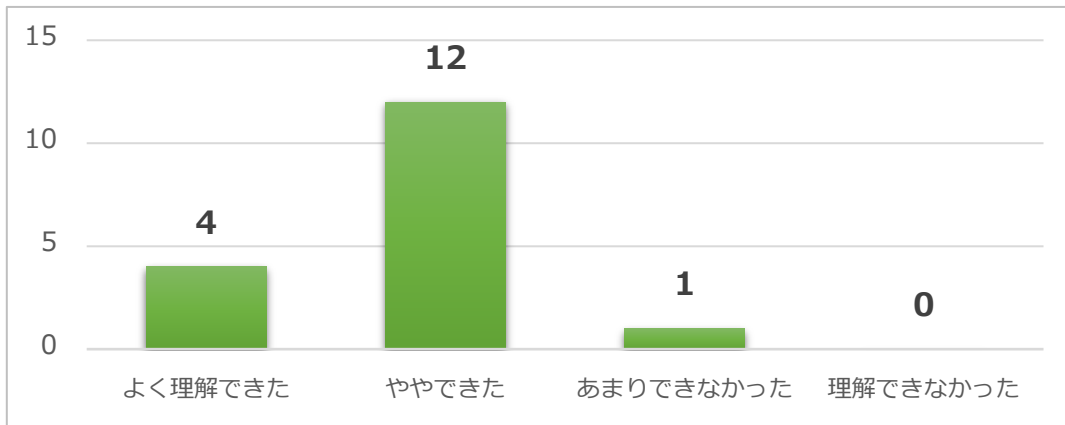
【質問2】 ショートレクチャー「暴力はなぜ起こるのか？—あなたの知らないあなたの存在—」は理解できましたか



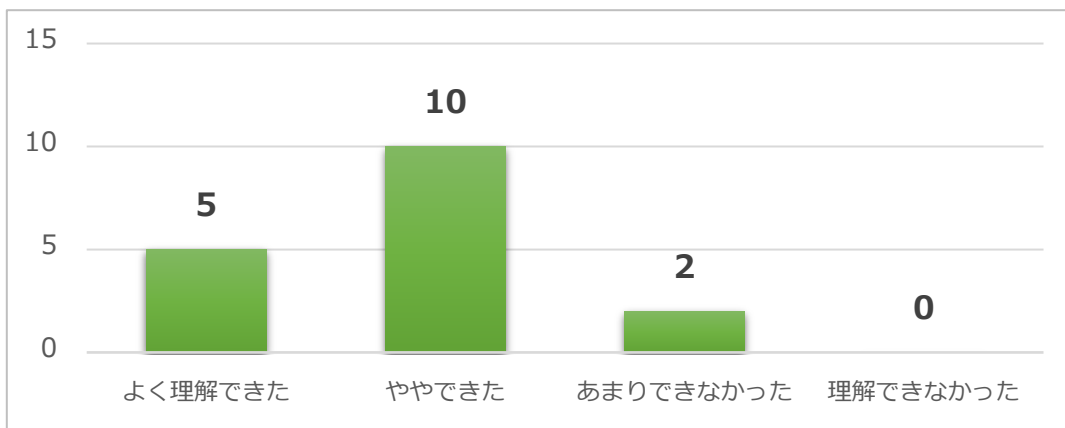
【質問3】 ショートレクチャー「タンパク質の形（構造）を知ろう！」は理解できましたか



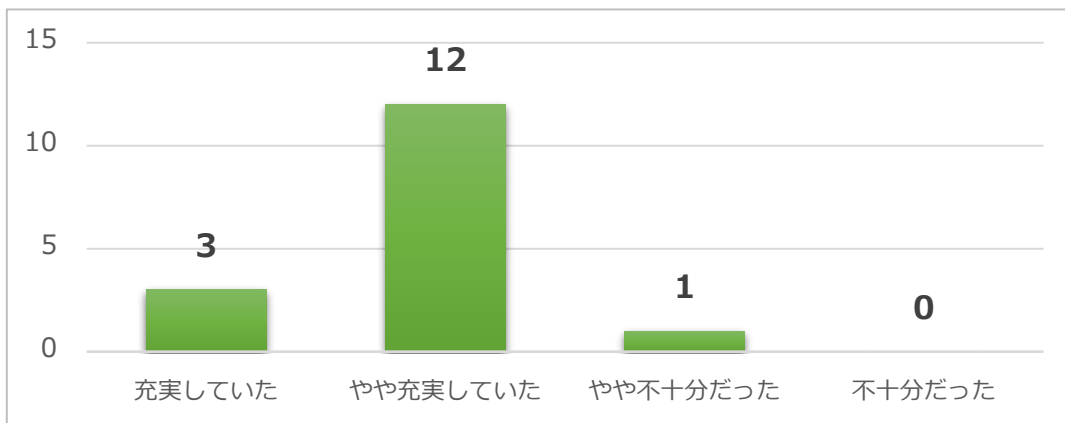
【質問4】 ショートレクチャー「蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—」は理解できましたか



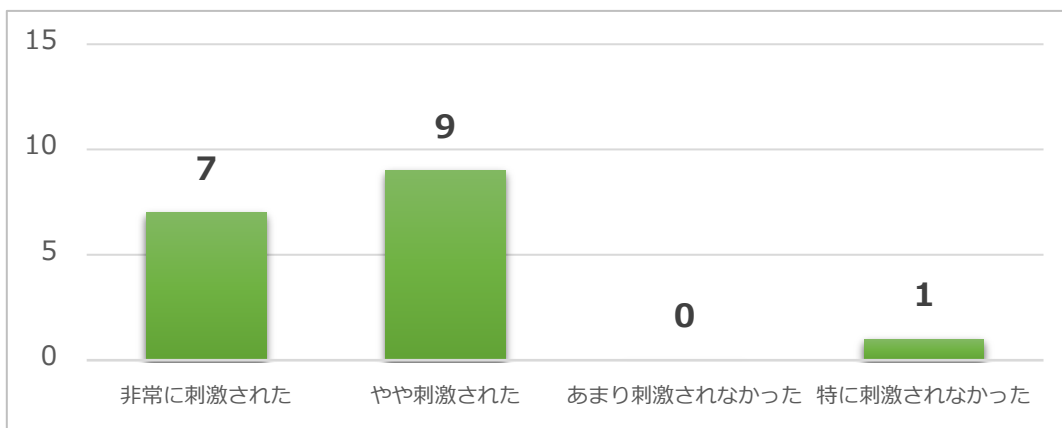
【質問5】 ショートレクチャー「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸をしてみる」は理解できましたか



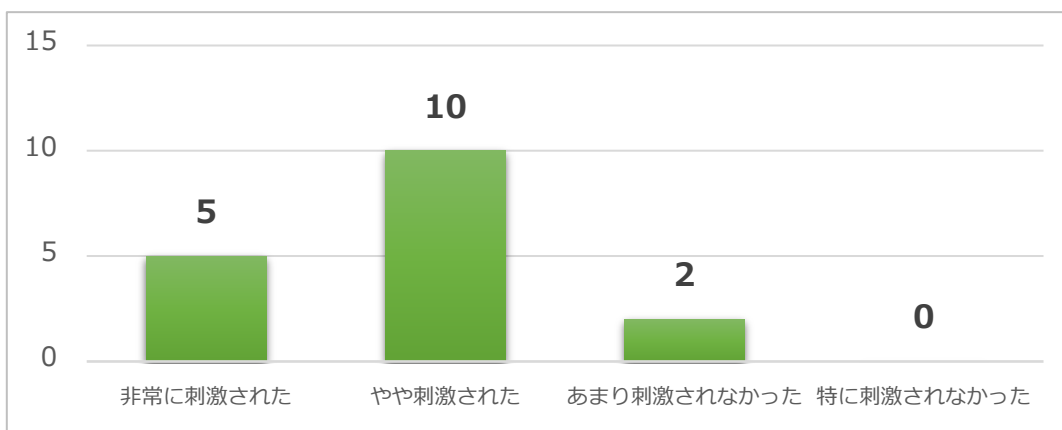
【質問6】 質疑応答・全体討論は充実していましたか



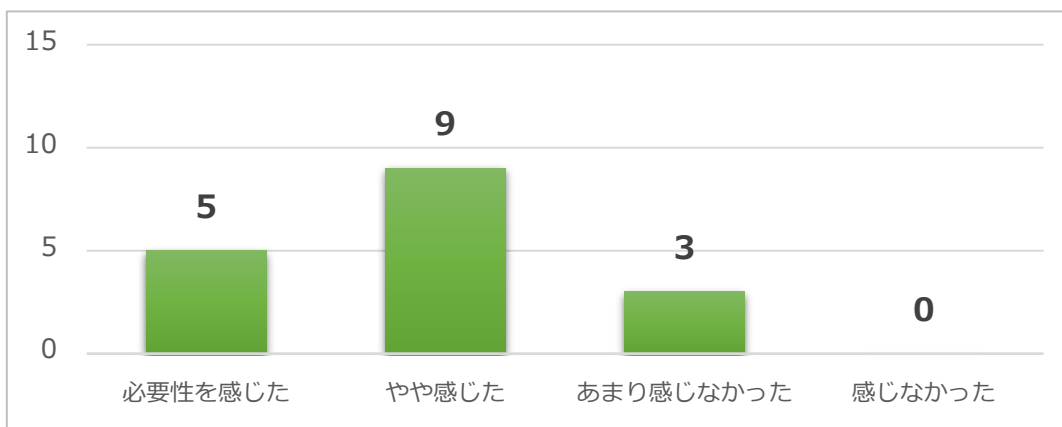
【質問7】 教養への勉学意欲が刺激されましたか



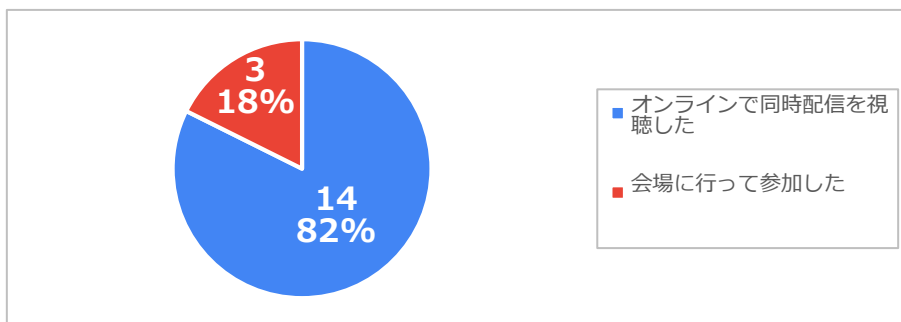
【質問8】 専門への勉学意欲が刺激されましたか



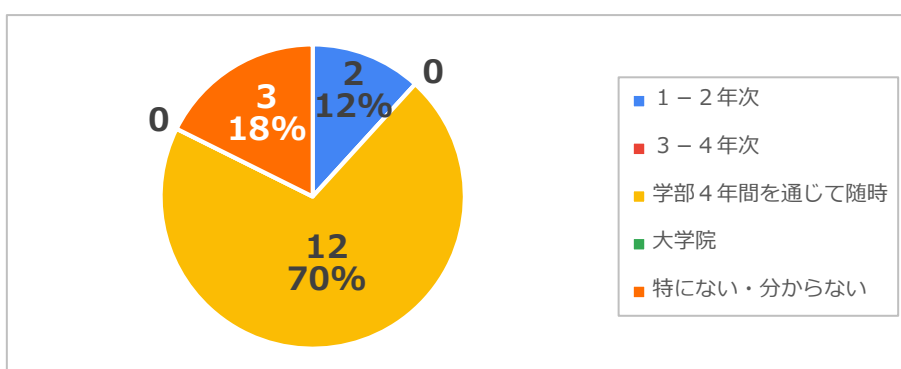
【質問9】 ILAS コロキウム継続開催の必要性を感じましたか



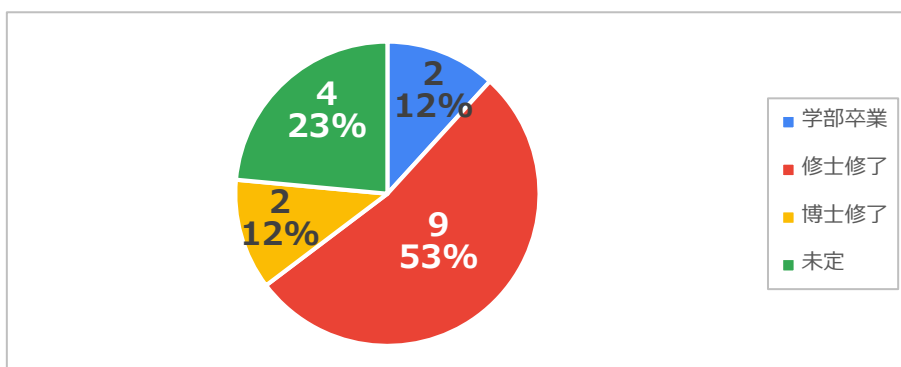
【質問 10】 全体討論（11/15）への参加方法



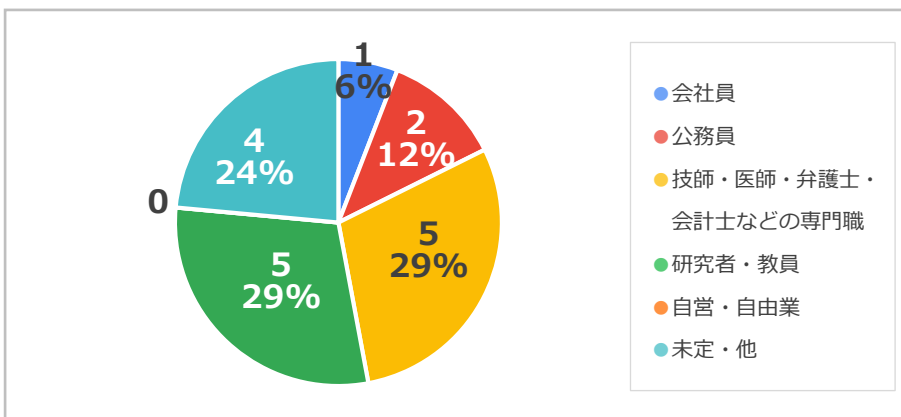
【質問 11】 教養教育をいつ学びたいですか



【質問 12】 将来の進路希望



【質問 13】 将来の職業希望



3. 2 アンケート記述一覧

3. 2. 1 特別セミナー SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐって

[質問1 教養教育特別セミナーについて何で知り、参加しようと思いましたが(複数選択可):その他の内容、選択の詳細など]

選択肢(複数選択可)	記述欄への記載
チラシ, 大学からのメール	チラシで知りましたが、セミナーのことを忘れていて、大学からのメールでセミナーのことを思い出して申し込みました。
チラシ, 大学からのメール	チラシやメールで開催されることを知り、興味を持ちました。
チラシ, 全学教育ホームページ, オリエンテーションなどでの告知, その他	学問論の授業の中でも、宣伝されました。
大学からのメール	学問論が休講で時間があったから
その他	学問論の初回授業
その他	地球問題に興味があり、理解を深めたいと思った。

[質問2 話題「地球温暖化と土壌微生物」は理解できましたか:理由など]

4:よく理解できた
高校の生物の授業で多少は聞いたことがあったから。
理解しやすい内容だった
根粒菌の存在は高校生物で学んでいた上で、具体的な働きや現在の研究などについて学べたから。
少し難しかったが、高校の生物基礎で学んだことが生かして面白かったから。
地球温暖化の歴史と研究の概要について図を用いてわかりやすい説明があったから。
根粒菌など耳慣れない言葉が出てきたものの、しっかり説明して下さったので理解できたから。
生物をやったことがあり、分かりやすかった。
農学部ということで、窒素固定や微生物については生物で学んだことがあるため。とても興味深かったです。
窒素の循環という観点から、地中の微生物がどのように地球温暖化対策に役立てられる可能性があるか分かったから。
工業化に伴う土壌の変化が地球温暖化に大きな影響を与えていることを初めて知りました。科学者でない市民と協力して研究を行う取り組みは、主体性を持って環境問題と向き合う姿勢を広げるよいきっかけになると感じました。
個人的にも興味のある事柄で、事前知識がある程度あったから
動画がわかりやすかったから。
3:ややできた
程よく専門的だったから。
土壌微生物が温暖化に与える影響がわかったから
高校の生物の授業で窒素循環や根粒菌について学習していたから。
温室効果ガスや有害な反応性窒素がどのような経緯で大気中へ放出されているか、またそれらへの対処に関する研究に興味をもちました。
根粒菌については高校で少し学んだので、分かりやすかった。
温室効果ガスの中に一酸化二窒素が含まれているのを初めて知ったのでそのことを聞いたうえで根粒菌の話の聞くとう理解できたから。
地球温暖化対策という二酸化炭素削減というのがすぐに思い浮かぶので、窒素を減らす方法も考えられていることを初めて知って面白かったです。
根粒菌というのはもともと土壌に存在する。もともと存在するものを用いて地球温暖化対策を行うというのは持続可能な取り組みであるのでそれがさらに有効的になれば問題解決の一つの策として推進していけると感じた。
N2O 吸収土壌が存在することに驚いた。土壌の視点から地球温暖化を見ることは初めてであったが、非常につながりがあり大切なことだと思った。
土壌と大気中の物質がどのようにつながっているかを歴史的な側面と共に説明されていたから。
"根粒菌のことは高校の生物で少し習っていたから。

説明が分かりやすかったから。
dSOIL のサイトの紹介により、dSOIL のサイトの情報と合わせて講演を聞くことができたから。
資料の図が分かりやすいものだったから。"
高校で生物基礎を習っていたおかげで、根粒菌について、事前知っていて、何をどのように目指している研究かが理解できたから。
農学部には身近な内容だったから。
時間が短く、研究の概要しかわからなかったから。
土壌についての工夫も SDGs につながっていくのは面白いと思いました。
2：あまりできなかった
途中参加のため スライドが早かったため
予備知識とかが足りていなかった。
途中から参加したため、始めの部分を聞き逃したから。
地球温暖化の部分は今までにも何度か授業等で学習したことがあるため内容がわかりやすかったが、微生物の分野にはほぼ初めて触れたために理解しにくい部分ではあった。
スライドが見つらなかった
前程知識が必要だと感じた。

[質問3 話題「国際共同研究による SDGs の達成—水工学の貢献—」は理解できましたか：理由など]

4：よく理解できた
海外でのプロジェクトの内容が興味深かったから。
水工学と環境水工学とは何かということや、海外プロジェクトについてあまり聞きなれないことについてしっかり説明があり、とても分かりやすかったから。
ポリビアでそのような水枯渇の危機が迫っているとは知らなかったのでもっと興味深かったです。
SDGs の課題をしっかりと理解できた。
国際共同研究においても SDGs の達成が重視されていることから、現代社会における SDGs の重要性を実感しました。クアダイの工学的な視点から工学的な視点から考える試みはとても興味深かったです。
動画がわかりやすかったから。
3：ややできた
身近な水についての内容だった
水工学については初めて聞く内容がほとんどだったが、水の重要性など身近な点も多かったから。
国際共同研究によっていろいろなことに対策できることがわかったから
高校の地理と少し関わるところがあって、分かりやすかった。
個人の意識から変えないといけないと聞いたとき今まで他人事のように思っていたのだと感じた。
水工学に関することが SDGs の目標のうち多くの分野にまたがっていることを知って、重要な問題なのだと認識できました。沿岸部の減少の様子などを見ると、未来だけでなく現在進行形で深刻な問題なのだと再確認できました。
先進国の技術をそのまま途上国で利用するということが不可能な部分があり、そこをどう埋め合わせていくのかということが課題だと感じた。海岸侵食の問題は世界だけでなく、日本各地でも起きている問題であるので、早急な対策が求められると感じた。
東北大学がどのように国際的な活動を行っているのかは、前々から興味があったので知れてよかった。研究活動を実際に社会実装へとつなげており、そのような心掛けの大事さを再認識できた。
気候変動による影響を図を使って説明してくれたため。
水がどれだけ生活に密着し、影響力の強いものか分かったから。
マングローブの話など、高校で習った地理の知識と照らし合わせて理解できる箇所があったから。説明が分かりやすかったから。
具体的な研究事例を示してくださったおかげで研究のイメージがつきやすかったから。
時間が短く、研究の概要しかわからなかったから。
水項についてはよく分からなかった
色々な分野にかかわっている、という点がすごいと思いました。ダイレクトな国際貢献もあり、興味深かったです。
SDGs と水工学の関係性が明瞭で水工学の現在や重要性を知ることができた。
画像などから視覚的についていきやすい内容だったため
エシカル消費を考えて行動することの大切さや、世界各地の水資源が失われつつある地域から学ぶことの重要性を感じました。

2：あまりできなかった
かなりアバウトな内容が多かったから。
高校一年の時に授業で水問題について SDGs と絡めて調べたことがあったが、水問題はいろいろな事柄が影響しているため、複雑で理解しにくかった。
スライドが見づらかった
水工学はこれまであまり触れたことがない学問だったから。
1：理解できなかった
水工学と SDGs の直接的なつながりが見いだせなかったから。

[質問4 話題「SDGs とアポカリプス」は理解できましたか：理由など]

4：よく理解できた
文系の内容だったので一番わかりやすかった。
過去の具体例を元に説明があり、わかりやすかったから。
「地球温暖化と土壌微生物」や「国際共同研究による SDGs の達成—水工学の貢献—」とは全く違った角度からのお話で印象的でした。価値観は普遍的であり時代によって変化すること、未来の人類との連帯が必要であることをよく覚えておきたいと思います。
「SDGs は、瀬戸際に立った人類の自己救済の企てである」という言葉から、尾崎先生の人文系の視点から SDGs を見る面白さに引き込まれた。また、未来の人類との連帯を実現させていくうえで宗教的な面も必要であるかもしれないという考えから、実現の難しさを感じた。
SDGs という社会問題に対し、哲学的な観点でアプローチするというのが大変興味深く、順を追った説明であったから。
個人的に聞いてて一番面白かったため、話に集中できたから。
SDGs は現在から、未来へ視点を変える一種の転換点だと分かったから。
「人文科学のメソドロジーをめぐって」の授業でも同じ話を聞いたため。
動画がわかりやすかったから。
3：ややできた
新鮮な内容だった
宗教などについては難しかったが、未来との連携というワードがとても重要であると実感し頭に残っているから。
高校の世界史で勉強したので、分かりやすかった。
自分で終わりではないという言葉は今の私には少し重く聞こえました。
世界中の人々全員が自分だけでなく他者や未来のことも考え、実際に行動できるようにするには、きれいごとではなくもっと革新的な発想の転換が必要だと思いました。
理解できたが、内容は難しいと思った。
文系方面の講義ということで初めて知ることが多かったからです。
"専門的な知識がなくてもある程度理解できる部分が多かったから。
説明が分かりやすかったから。
絵画を使って説明していたため、イメージがしやすかったから。"
SDGs が注目されている現代を時代の転換点と捉える見方はとても新鮮でした。
高校で倫理を習っていたり、オルテガの「大衆の反逆」も学校のすすめで少しは読んだことがあったから、内容が理解しやすかった。
人文科学的な考えから SDGs を考えていくのは、面白いと思いました。
過去と現在の比較が多くされており、SDGs に対する姿勢を考えやすかった。
2：あまりできなかった
思想とかがよくわからなかった。
地動説と天動説の例はわかりやすかったが難しく感じたから
人文の分野は自分の専門とかけ離れているので、考え方がなじみにくかった。
歴史的な背景などから SDGs を見つめることの大切さを感じた。歴史から学ぶことで得られることは多く、活用できる部分も多いので、開発や研究といった部分に視点を当て続けるのではなく、歴史から学ぶという視点も忘れてはならないと感じた。
スライドが見づらかった
難解だった。
統治の難しさを学びました。ただ目標を立てるだけではどうにもならない現実の厳しさを感じました。

[質問5 質疑応答・全体討論は充実していましたか：理由など]

4：充実していた
面白い視点の質問が多かったから
今回のトピックについてより詳しく知ることができたから。
時間の許す限り、教授方が学生からの質問に詳しく答えて下さったから。
生徒に質問する機会を設けており、積極的に参加しやすい雰囲気があった。
私は質問をしませんでしたでしたが、東北大生の質問は的確でためになるのでしっかりと答えていただけで良かった。
どの教授も質問に関して的確に回答していたから。
今まで触れることのなかった知識や考え方に触れることが出来たから。
質問の回答から得た知識によって理解が深まりました。
どんな質問にも先生方が丁寧に答えてくださったし、短い時間の中でもわかりやすく答えてくださったから。
一つ一つの質問に対して詳しく答えてくださっていたから。
3：やや充実していた
質疑応答がもう少し長ければよいと思った。
もう少し時間がほしかった
時間が足りなかったように感じたから。
少し時間が足りなかったけど、自分では思いつかなかった質問や回答を聞いてさらに理解が深まったから。
ほかの学生からたくさんの質問が出ていて、それに対する先生の回答は参考になった。
生徒だけでなく先生でも疑問を持つということがはっきりわかったから。
活発な意見交換となり、さらに学びを深められた。
教授という研究者の方々の感想や質疑応答を実際に見ることができたからです。皆さんそれぞれの知識を絡めたコメントは深みが増してきているほどなと思われました。
"時間という制限はあったが、チャットを使って募集した生徒からの質問にできる限り回答していたから。
回答できなかった質問にも後ほど回答するとのことであったから。
質問への回答を聞いて、理解を深めることができたから。"
先生間での質問や、生徒からの興味深い質問があったため。
先生方の生の反応を見ることができて新鮮だった。
時間の短い中でも丁寧に解答されていたから
2：やや不十分だった
対面ではないので難しいが、質問の答えの後に双方向のやり取りができるともっと充実した討論になると思いました。
時間が少し短かったため、十分に回答される時間がなかったのではないかと思います。
プレゼンターの3人の先生方間の討論も聞きたかった。
もう少し質疑応答の時間があっても良いと思う。
1：不十分だった
時間的・内容的に不十分でした。
特に質問しなかったから。

[質問6 教養への勉学意欲が刺激されましたか：理由など]

4：非常に刺激された
微生物の話は非常に興味深かった。あとパラダイムの転換の話も面白かった。
気候変動というと理系分野のみの課題なイメージがあったが、幅広い分野が関係しているとわかっておもしろかったから。
研究を社会に生かすためには教養が大事であると実感できたから。
目標が達成されるかどうかは人々の教養次第だと聞いたから。
自分は文系だが理工系の教養を得ることでわかることもあると感じたから
今回のセミナーを通して、興味のある分野だけでなく、様々な分野の学びが、社会の複雑な課題に対応する際に必要となると実感したから。
SDGsに取り組み、現在のみならず未来の人類のためにも貢献するには、教養を養うことが必要不可欠だと感じたから。

理系の身からすると、文系の先生からの SDGs の考え方は特に興味深かった。解決の難しい問題には、様々な視点からのアプローチが必要となるので、さらに教養を深めたいと感じた。
専門分野に進む上で、重要となる内容が多いと感じた。
教養のある方の講義や討論を聞いていると面白く思うこともあれば、完全に理解できていないこともあったので、これから身につけていきたいと思った。
教養が、答えのない世界で方向を定めることに役立つということが、少しは理解できたような気がするから。
セミナーを通して気候変動や地球温暖化、SDGs についての理解を深め、様々な考えについて知ることができ、そういったことについてさらに考え、学びたいと思うことができたから。
「SDGs とアポカリプス」の講演から世界の流れをマクロな視点で考えることに興味を持ちました。
様々な分野からのアプローチで社会問題に取り組んでいけることが改めてわかったし、直接的に役に立たないと思われるような宗教や価値観こそが変えていくべき根本の問題であるということがわかって、文系、理系のどちらの力もないと SDGs の課題は解決できないなと感じたから。
SDGs は身近な課題なので、興味を持てる内容だったから。
色々な分野にまたがって学習や研究を進めていくことは大切だと改めて強く感じました。
教養を学習することは一種の責任であると感じたから。
教養の不可欠さを学びました。社会をよりよくするためにもっと学んでいきたいです。
きちんと考えられた。
まだまだ自分にとって未知な部分を知ることができ、SDGs という社会にとって大きな課題について学ぶことができたから。
3：やや刺激された
様々な取り組みがしれた
今まで知っていた知識の範囲では考えつかなかったような現代社会の現状などが知れて、今の知識や考えにとどまらず、大学での学びを深めようという意識が高まった。
もっと様々な分野への教養を深め、色々な視野から物事を考えられるようにして、自分も SDGs について深く考え行動できるようになりたいと思いました。
改めて SDGs のことに関して調べておこうと思うきっかけになったから。
社会的な課題を自分にも関わる課題だと再確認できたから
2：あまり刺激されなかった
教養が大事なのだということは伝わってきていたがそれよりもこのままでは暗い未来になるとわかり希望が見いだせなかったから。
自分の専門外だが SDGs には興味があると感じたために今回参加したのだが、SDGs やそれに関連した問題に対して、セミナーを受ける前後で意識が大きく変わったと感じなかったため。自分の知識不足もあっただろうが、理解が難しく内容が頭に入ってきにくい部分も多かった。そういった意味では、今回のセミナーをきっかけに教養を学んでいこうという気持ちにはさせられた。
1：特に刺激されなかった
教養を掲げている割には、教養を感じられる内容がなく、専門的な内容が中心だったように感じたから。

[質問7 専門への勉学意欲が刺激されましたか：理由など]

4：非常に刺激された
SDGs に少しでも貢献できれば良いと思った。
自分の研究が実際に社会に生かされるようになって欲しいと思えたから。
自分の専門をしっかり勉強することでも SDGs に貢献出来ると思ったから
南澤先生の研究内容に興味を持ちました。誰かに貢献できる研究を行っている誇りと責任感を感じました。私もそのような研究者になりたいです。
何かの課題を解決するには、教養と専門的な知識を持っていることがベースとなると改めて感じたから。
教養をしっかり身に付けることも大事だが、それと同時に、専門科目をよく学ぶことでしかできない未来への貢献もあると思うから。
特定の専門分野の学びを深め今回のように討論し合うことも SDGs 解決への一歩だと思う。自分の得意分野を極め、伝えることで相手の視野を広めることにも繋がり、自分の視野を広めることにも繋がる。人と違う視点を持って、いかにアプローチしていくかを考えていきたい。
教養科目と専門科目は、密接に関連していることを改めて実感し、あらゆる分野の勉学に取り組むことは大事だと思った。

自分の興味追求のためだけでなく、現実の解決しづらい問題を解決するために自身の専門が貢献できるのは素敵だなと思ったからです。
各々の先生が自分の専門分野で活躍しているのを見て、社会に貢献する人はそれぞれの専門分野を突き詰めているひとも多いと分かったから。
専門的な知識を学ぶことで、気候変動や地球温暖化、SDGs についてそれらの知識を使ってより深く考えることができるようになりたいと思ったから。
専門的な知識が社会に貢献できることを知れたから。
人文科学的な観点からも SDGs について考えることができるのだとわかったから。
様々な課題を解決する側となるには専門分野への習熟が必須であると感じたから。
SDGs とひとくくりに言っても様々な分野からのアプローチが可能なことを知り、自分が興味を持つ専門分野を深めることで社会に貢献していけるような学びをしたいと思います。
楽しみになった。
研究を通して、自分の学びたい専門を深く学び、知識を身につけていきたいと思ったから。
3：やや刺激された
sdgs への直接的な取り組みをしれた
今回は私の専門である法学の分野の話はなかったけど、途中で炭素税といった社会システムの整備が不可欠だという話を聞いて、それは法学や政治学を学ぶ者として考えていかなければならないと思ったから。
医療の分野からでも、ジェンダー平等や貧困をなくすことなどに貢献できると考えた。
SDGs であげられるような地球問題の解決を目指すとき、どの方も自分の専門分野を結びつけることで貢献していた。まずは、自分の興味のある分野を様々な問題に適応できるくらい学んでいこうと思った。
自分は農学部で環境を中心に学ぼうと考えていたが、今日の話聞いて経済などの他の分野との関連性などについても勉強する必要があるのだなと思えたから。
自分の学部の学問に関わる話はでてこなかったけど、どの分野でも社会のためにできることを探していくことが大切であることが学べたし、世の中は科学技術で社会課題を解決使用という方向に向きがちであるけども、宗教や価値観など、直接的に関係ないようことが解決の糸口だったりするということがあるということが改めて理解できたので、役に立つから学ぶというマインドではなく、何が役に立つかわからないからとりあえず学んで、その過程の中で、気づきを増やして行って、何年後になるかわからないけど、結果的に役に立つという即時的な結果ではなく、過程の中での気づきや思考を大切にしたい学びを心がけていこうと思えたから。
興味のある土壌学の分野についての最新の取り組みなどを知れたため
2：あまり刺激されなかった
質問6と大体同じでさらに一分野だけ極めればよいわけではないと知ったから。
この講義と勉学の直接的なつながりが不明瞭だったから。
理系中心な気がした
1：特に刺激されなかった
専門とはほとんど関係がなかったので専門への意欲には変化がなかった。

[質問8 教養教育特別セミナー継続開催の必要性を感じましたか：理由など]

4：必要性を感じた
ぜひ次回も参加したい
自分の普段の興味の外側の話題の話聞くことができ楽しいから。
農学部では学ばないような宗教の話も関連付けて学ぶことが出来たから。
学部の垣根を越えて世界の問題について考えることは、よい刺激になるから。
自分の知らないことに触れられるチャンスだから
セミナーに参加することで、多様な視点を得て、自分の凝り固まった意見に気づくことができるから。
様々な文野の知識を得られるから。
私たちが今、直面している課題を全ての人が理解すべきだと思うから。
"学問"だけの教養ではなく、現実の社会・国際問題について学問(専門)を関連づけた教養を得る機会は今後社会や自身の将来について考える時に必要になると思うからです。
これからの時代ないし世代を率いていく存在が多く在籍していると思うため。
このセミナーは自分の大学生活のあり方を考える一助になると感じたから。
"気候変動や地球温暖化といった問題は国際的、社会的な問題であり、多くの人々がこれらについて知り、持続可能な社会を実現するたまたに行動することで、これらの問題が解決に向かっていくと思うから。
気候変動や地球温暖化、SDGs について知ることで、学習意欲が向上すると思うから。

<p>来年以降に東北大学に入学する生徒にも気候変動や地球温暖化、SDGsについて知ってほしいから。" 専門のみの学習では知り得なかった研究や考え方を学ぶことができました。</p> <p>様々な視点から物事を考えることが大切であるとは、よく言われるが、普段の授業の中では、専門性がどうしても際だって、意外な目の付け所、アプローチに気づけないことも多いので、このような機会に改めて、具体的に様々な視点から物事を考えることの大切さが理解、意識して、その後の学習への動機付けになるから、定期的に開催した方がいいと思います。</p> <p>SDGsにかかわらず、様々な問題点や教養について、多くの教授の考えを聴くことができる経験は重要だと考えたため。</p> <p>気候変動という普段からよく聞く話題がテーマであったが、耳にした事のある研究であっても、それに対して専門の方々の研究や見解を聞くことは無かったため貴重な機会だと思ったから。</p> <p>個々人が社会問題について考え直す機会として貴重だと感じたため</p> <p>SDGsに対して漠然とした印象しかもっていなかったのですが、自分事としてとらえていくことの大切さに改めて気づくことができました。</p> <p>3：やや感じた</p> <p>今見えているものがすべてではない</p> <p>じぶんはどう貢献できるのか考えていきたいと思った"</p> <p>刺激になった</p> <p>自分の専門について考えを深めていくためには、教養が必要不可欠だと思うから。</p> <p>いろんな角度から1つのテーマに関して意見を聞けるから。</p> <p>普段の生活であまり意識していないことに目が向けられるから。</p> <p>このような形で、意欲のある学生が最新のトピックを学べる機会は貴重だと思うから。</p> <p>何かに関して改めて興味を持つきっかけになるから。</p> <p>2：あまり感じなかった</p> <p>もっと興味がある人にとっては質疑応答などもありよい機会なのだと思う。また、入学後すぐのタイミングで純粋な興味からセミナーを受講することができたのは貴重な経験だと感じた。ただ、個人的には今回意識が大きく変わったとか、より興味が強くなったなどの変化がなかったので良い経験どまりになったことは否めない。</p> <p>1：感じなかった</p> <p>今回の形式では、実施する必要性を感じなかったから。</p>

【自由記述欄】セミナー全体を通して最も興味深かった点、改善提案、今後取り扱ってほしいテーマ、東北大学の教育への期待など、何でも自由にお書きください

<p>SDGsについてもう少し学びたいので、またこのような企画があれば参加したい。</p> <p>意識改革という根本的な問題を扱っていたのが興味深かった。2つの課題解決の両立が様々な分野で一番の難点だと思うがそれについての心構えなどを知りたいと思った。</p> <p>今後もこういったセミナーを開催してほしい</p> <p>本日は話題にも上がっていた、資本主義や経済活動によるSDGsへの影響などについて詳しく知りたいと思った。</p> <p>少子高齢化問題について扱ってほしい</p> <p>資本主義によって地球に様々な問題を引き起こしてきたのだという視点</p> <p>東北大学にはもっと多くの研究が世界の問題を解決するために行われていると想像します。今回は三人の先生方だけでしたが、できましたらもっと多くの、また、それぞれの学科ごとにいくつかの研究を紹介していただくと、学部生の我々にとっても将来を想像しやすいですし、興味を持つ分野や、これまでになかった新しい視点を得ることができるのではないかと期待しています。また、ぜひ次回は対面でのセミナーを希望します。先生方と直接お話してみたいです。</p> <p>様々な意見を聞くことができるとてもおもしろかったし、ためになった。</p> <p>一見何も関わりのなさそうな分野からでもSDGsに切り込める点</p> <p>SDGsの環境だけでなく、貧困やジェンダー平等についての話も聞きたい。</p> <p>日本を含めた貧困について扱ってほしいです。</p> <p>文系からのアプローチが非常に興味深かったです。SDGsで挙げられていることは喫緊の課題ですが、大学の外に出ると、そもそもSDGsについて知らない人や環境問題というものがあることは知っていても、具体的に何が問題で今後どんなことが予測されるのかを知らないという人が多くいます。ライフスタイルを劇的に変えなくてはならないのは明らかですが、それは市民革命のように大きな流れを伴う必要があると思います。学術機関に集積している知を広めていくべきだと感じました。</p>

<p>「未来に対して目を閉ざすものは、結局のところ現在にも盲目だ」という一文が最も興味深かったです。SDGs を強力に実践するには未来の人類との連帯が必要なこと、6 度目の大絶滅の原因は人間の活動であることを忘れずに、教養を学び、専門知識を十分に蓄えていきたいです。</p>
<p>SDGs の目標を全面的に網羅した講義を展開してほしい。</p>
<p>理系であるとしても地球温暖化や環境・生態系の問題に目がいきがちですが、今回はそれだけでなく文系視点の考えを聞くことができ貴重な体験となりました。</p>
<p>時代に即した特別講演をこれからも期待しています。本日はありがとうございました。</p>
<p>全体的に議論の場が足りないように感じました。もちろん話題提供のセッションは今回の道筋として大切なものだと思いますが、それ以上にディスカッションの場は、例え時間がオーバーしていてもやる価値のあるものと感じます。最後の方で森本先生が羅列されていた質問があったと思うのですが、その質問の答えがすべて知りたいと思いましたし、その質問こそが今回のセミナーの本質だと感じました。実際に質問内には、学生の方から上がった質問と重複する内容が多々あったと思うので、参加していた学生自身もそれが気になっているということだと思います。教養教育というものは、文系と理系が分け隔てなく混ざれるものであると思いますし、質疑応答に加え、そこから派生するディスカッションこそがセミナーの醍醐味だと思っていました。そのことに期待して今回参加させていただいたので、そのような時間が取れないというのは少し残念に感じました。</p>
<p>大学に入学して改めて高校とは全然違うな、と思った。今までは何か明確な答えに対して、受動的な姿勢でもうまくいっていたかもしれないが、これからはそれでは通じない。どんなことに対しても aggressive な姿勢で臨んでいきたい。</p>
<p>最も興味深かった点は、人文科学系の講義だ。問題を解決する現実的な手段が求められている中で、考え方について学ぶことで、自分がこれから将来を見つめてどう行動するべきかについての理解が深まったのではないと思う。今後のセミナーにおいても視野を広げるような話があるといいと思う。このような機会を与えてくれることに感謝して、様々なことに挑戦していきたい。</p>
<p>一酸化窒素という名前は聞いたことがあったのですが、自分が知らなかっただけで、高い温室効果を持っているということに驚きました。気候変動について直接的に扱った講演や、今回のセミナーで話題になった、社会学的に地球温暖化や SDGs について考えるような講演も聞いてみたいです。</p>
<p>SDGs を達成するためには文理を問わない広い分野にわたる協力が必要であることを実感しました。</p>
<p>質疑応答だけでなく、ある問題に対して生徒同士で意見を交わしたりする時間があればよかったと感じる。また、内容が難しく専門外の人にとっては理解が難しすぎる部分も多かったので専門外の人でも受講しやすい内容も入れていただけると興味深く受講することができるのではないかと感じる。</p>
<p>質疑応答の時間がもう少し長ければよかった。</p>
<p>改善点の提案ですが、学部 1 年生が全員必修の学問論の授業が月曜 3,4,5 限に開講されています。今回の日程ではどうしてもリアルタイムでの参加が出来ない学生が多かったと思います。次回は開講時間を見直して欲しいです。</p>
<p>やはり、自分が文系なので、人文学的な観点から SDGs について考察していたことは、とても興味深かったです。また、一つの研究を、複数の目標達成へとつなげることができたり、複数の研究や観点から、一つの目標達成につなげることができるというのは、とても面白く、ますます学問の重要性を感じました。</p>
<p>講義内容は興味深く勉強になりました。質疑応答のテンポがもう少し早いとよりよいと感じました。</p>
<p>セミナー全体として今行われている研究や見解について聞いたことはとても良かった。今度は SDGs について今回のセミナーであったように経済・産業の視点のお話も聞いてみたいと思った。今後、お金や投資をテーマとしたセミナーを受講してみたい。</p>
<p>教養教育の必要性和専門科目を深めていく大切さを認識すると同時に、自分のやりたいことが不明瞭であることに不安を感じ始めました。自分の興味分野に気づくことができるようなイベントなどがあるとありがたいと思います。今は様々なことに目を向け、心を動かされるような経験をし、自分が貢献できる分野を見つけたいです。</p>
<p>全学教育の選択肢を広げてほしい。社会問題を扱うときに偏った意見を刷り込まれないような授業を行ってほしい。</p>
<p>資本主義など、文系科目についても扱っていただきたいです。</p>

3. 2. 2 コロキウム 若手研究者が語る「知」の最前線

[質問1 受講のしかたは分かりやすかったですか：理由など]

4：分かりやすかった
授業動画での疑問を解消してもらったため
googleclassroom を用いたため。
受講方法がしっかりと明示されていたため。
広報用の案内に詳細に書かれていたから。
事前にクラスルームで伝えられていたから
3：やや分かりやすかった
授業(人間存在の哲学)の際に案内をいただいていたので、特段困ることはありませんでした。
2：やや分かりにくかった
事前に視聴する必要があるものがあるというのを知らなかった。

[質問2 ショートレクチャー「暴力はなぜ起こるのか?—あなたの知らないあなたの存在—」は理解できましたか：理由など]

4：よく理解できた
授業動画での疑問を解消してもらったため
図などが使われていて視覚的に分かったから。
知らない用語などについて全て説明がされていたため。
身近な話題を科学的に説明していたから。
3：ややできた
見たから
レクチャー動画がわかりやすかったから
暴力が現れるメカニズムの理解が少し難しかったです。興味のある話題だったので楽しんで受講出来ました。コロキウムの際も、「将来暴力はなくなると考えているか」という質問に対する「暴力は生存に関わっているため、ある種の『抵抗する力』は必要だろう」という答えや、生命倫理に関する「犯罪しそうな人間」のお話も興味深かったです。

[質問3 ショートレクチャー「タンパク質の形(構造)を知ろう!」は理解できましたか：理由など]

3：ややできた
授業動画での疑問を解消してもらったため
理解はできたが、何年に誰がノーベル賞の候補になったとか、論文の引用元を表記していたのは一枚のスライドに対して情報量が多くなりすぎているように見え、少し内容が入りにくかったから。
見たから
レクチャー動画がわかりやすかったから
2：あまりできなかった
個人的には全体像が掴みにくかったように感じられたから。
事前知識が少なかった。
1：理解できなかった
かなり専門的な内容で、文系学部生かつそのような分野に全く明るくない私はほとんど理解することができませんでした。様々な論文を読んで「推しの研究者」を見つめるとよい、というお話は今後生かしていきたいと思えます。

[質問4 ショートレクチャー「蓄電池の未来と学際研究—光で充電できる電池をつくる—」は理解できましたか：理由など]

4：よく理解できた
丁寧な話しぶりで、頭に入ってきやすかったから。
見たから

内容が十分にかみ砕かれていた。
3：ややできた
授業動画での疑問を解消してもらったため
説明が丁寧であったため、話している内容が分かりやすかったから。
レクチャー動画がわかりやすかったから
2：あまりできなかった
具体的な仕組みについてではなく、「何を」使っているのかという発想力に関するお話だったので、概ね内容は把握出来ました。自分の得意な手法を用いて、電池の枠組みを超えた研究を行っている点がとても興味深かったです。

[質問5 ショートレクチャー「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見してみる」は理解できましたか：理由など]

4：よく理解できた
すっきりしたスライドだったから。
前期に「銀河考古学入門」を受講しており、事前知識があったため。
3：ややできた
授業動画での疑問を解消してもらったため
見たから
全学教育の天文学の授業を受講したことである程度の知識を持っていたから
レクチャー動画がわかりやすかったから
2：あまりできなかった
ブラックホールの研究という非常に大規模なテーマでしたが、現在全学教育科目の「天文学概論」を受講しているので、楽しみながらお話を聞くことができました。数式の意味は理解できませんでしたが、少しの工夫で新たな研究手法を考案できる、ということがとても印象的でした。

[質問6 質疑応答・全体討論は充実していましたか：理由など]

4：充実していた
他分野の先生方が研究に対してコメントする様子が面白かった。
3：やや充実していた
先生方同士の話が高度で聞いていて惹かれたから。
研究者同士の会話を聞けたから
学生から質問だけでなく、総長特命教授からの質問も聴くことができたから。
先生方のお話があって面白かったから
私にとってそれぞれの講演内容は難しいものでしたが、様々な方々の意見を聞きながら、専門領域を超えて議論し合う楽しさを感じる事が出来ました。
2：やや不十分だった
創造より活発ではなかったといった印象。

[質問7 教養への勉学意欲が刺激されましたか：理由など]

4：非常に刺激された
これまで興味のなかった分野でも、面白そうと思えた。
新しく知ること自体が元々好きであり、今回の機会を通してそれが再確認できたから。
3：やや刺激された
学部生に向けた言葉を聞いたからかもしれない
今回のコロキウムが面白かったから
下川氏の研究のように、思わぬ形で他分野の知識を応用できることもありえるので、文理問わず視野を広げて様々な知識を得ていきたいと思いました。
1：特に刺激されなかった
もともとある

[質問8 専門への勉学意欲が刺激されましたか：理由など]

4：非常に刺激された
天文学の研究で既に重力波が使われていることを知ったから 研究大学院も進路の視野に入れており、研究がより興味深いものとなったから。
3：やや刺激された
今回の公演の中には分野としてはまったく違うものばかりであったが、「教授にメールで研究内容について直接聞くことが許されているのが大学だ」というお話が出てきて、その言葉に刺激されたと思う。 先生たちのお話が面白く、研究がかっこいいと思ったから 内容的にはあまり関連はありませんが、自分が「面白い」と感じたものを一途に研究し続ける皆さんの姿がとても印象的でした。
2：あまり刺激されなかった
自分の専門分野に近い話はあまり聞けなかった。 どちらかというと教養方面の勉学意欲がより刺激されたから。

[質問9 ILAS コロキウム継続開催の必要性を感じましたか：理由など]

4：必要性を感じた
様々な分野の研究者たちが一堂に会しているのを目にする機会は少ないから。 自分自身が勉学への意欲を刺激されたから。 次回開催された場合参加したいから
3：やや感じた
学生側がある程度内容を事前に決めることができるのであれば議論の方向性も定まり活発になると予測されるが、教養をつけることが大きな目的として根底にあるのであれば、異分野、未知の研究にこそ新たな発見が隠されており、その encounterこそ教養には必要だと考えるので、研究者と学生のどちらにも偏らないイベントであれば必要。 自身の知らない話題に触れる機会となるから。
2：あまり感じなかった
全く内容の方向性が異なる議論を同じ時間の中で行うメリットをあまり感じなかった。 それぞれについて興味深い内容は見られたが、せめて一貫したテーマなどがあればもっと深井議論になったと思う。 一回の参加で十分かと感じたから 今企画自体はとても有意義で面白かったが、もう少し宣伝して参加者を募った方がよいのではないかと感じた。

【自由記述欄】全体的な感想、疑問、ご意見など、何でも自由にお書きください

学生時代に論文をたくさん読み、推しの研究者を見つけること、が大切とある方が仰られていた。今後の指針として大切にしたい。
ぜひ次回は哲学を仲間に入れてあげてほしい。
受講している授業の担当教員によって知らされたが、より効果的な宣伝を模索した方がより多くの人が余るのでは無いかと感じた。
会場に来る人数が少ない気がしました。
より力を入れて広報すべきではないだろうか。
研究の話を知ることができる良い機会だった。どの研究も興味深かった。学部生へのメッセージはとても参考になった。自分のように先が見えていない学生もいると思うので今回のように研究について知る機会はあった方がいいと思った。
将来の希望職業として、自分の中で研究者や教員という選択肢はなかったが、今回の若い先生たちの話を聞いて研究がとても面白そうであったので、自分の中でその選択肢があり得るようになりました。 次回も開催していただきたいです。
暴力のトピック、宇宙のトピックに興味を惹かれました。宇宙の研究は、あるはずだけであることを論理的に証明できない現象の連続なのだと感じ、学問の不確実性に触れられる点で楽しい学問分野であることを感じた。 これからの研究が楽しみになってきました。貴重なお話を聞かせていただき、ありがとうございました。

あとがき

2022年度は、COVID-19の流行も3年目に入り、授業も対面が増加したもののオンラインも入り混じる形で進みましたが、教養教育院の企画である教養教育特別セミナーとILASコロキウムも前年度と同様に対面とオンラインの併用で進めることとしました。

4月に開催する教養教育特別セミナーは、21年度までは学部1年生のほぼ全員が履修する科目である「基礎ゼミ」の第1回の時間が履修者振り分けのため休みになることを利用して、その時間である月曜午後に実施してきました。22年度から全学教育カリキュラムが刷新され、基礎ゼミは廃止され、1セメの必修科目として「学問論」が後を継ぐことになりました。開講方法も大幅に変わるため、従来のように1年生全員に共通する空き時間を確保できなくなる見通しが出てきました。そこで教養教育特別セミナーの参加希望者が全員参加できる方法がないか学問論担当者と調整を続けましたが、学問論が初年度で未確定要素が多いこともありなかなか難しく、次善の策として、1年生の1/3は授業中となる時間に開催することを余儀なくさせられました。21年度と同様に、会場は川内マルチメディア棟階段教室を使用し、ネット同時配信を併用することで計画していましたが、22年3月16日深夜に発生した福島県沖地震により仙台でも震度5強を観測し、不幸にも会場も被害を受けました。予定していた4月18日には復旧が間に合わない見通しとなりましたが、日時を変更することは難しく、zoomを用いた配信のみで実施せざるを得ませんでした。なお、参加できない学生が後ほど視聴できるよう、事後のオンデマンド配信を一定期間実施しました。

全体テーマは、近年注目を浴びているSDGsを選び、その中でも重要性が高く、東北大学の研究者も深く関係している温暖化をピックアップしました。「SDGsと東北大の挑戦：気候変動をめぐる」と題して、教養教育院総長特命教授2名を含む3名がそれぞれ20分の話題提供を行いました。「地球温暖化と土壌微生物」(南澤究・生命科学研究所特命教授)、「国際共同研究によるSDGsの達成：水工学の貢献」(田中仁)、「SDGsとアポカリプス」(尾崎彰宏)の3つです。話題提供終了後には、他の総長特命教授2名のコメントに続いて、zoomのチャットで受け付けた質問に各話題提供者に回答をお願いしました。時間内に答えきれなかった質問に対しては、後日回答をwebに掲載しました。

秋の「ILASコロキウム」は、前年度と同様の形式で実施しました。コロキウムの参加者は事前収録された4つのショートレクチャーのビデオをあらかじめウェブで視聴して、質問を投稿してもらいます。コロキウム当日は、質疑応答・全体討論セッションとして、総長特命教授からのコメント・質問ののち、参加者からの事前質問に対して、講義担当者が回答する形をとりました。ショートレクチャー視聴期間は10月3日から11月14日まで、質疑応答・全体討論は11月15日の4限に行われました。

ショートレクチャーは4名の若手の研究者(文学研究科准教授、学際科学フロンティア研究所所属の准教授・助教3名)に依頼しました。テーマは広い分野にわたり、「暴力はなぜ起こるのか? : あなたの知らないあなたの存在(荒井崇史)」、「タンパク質の形(構造)を知ろう!」(奥村正樹)、「蓄電池の未来と学際研究: 光で充電できる電池をつくる」(下川航平)、「宇宙にある大きいスケールを使って人間の寿命を超えた時間軸を見てみる」(市川幸平)でした。

参加者数は、教養教育特別セミナーがリアルタイム 127 名、オンデマンド延べ 184 名で、ILAS コロキウムは会場・オンライン参加を含めて 30 数名にとどまりました。いずれもリアルタイムの参加者はここ数年で最少となったのは残念でした。全学教育カリキュラムの改訂にあたり、全学教育の中での位置づけが不明瞭になったことも一因かと思われます。この点は次年度に向けて改善され、23 年度には教養教育特別セミナーが学問論のうちの 1 回と位置づけられ、1 年生全員が参加することになりました。また、今年度の ILAS コロキウムの動画も、23 年度の学問論において再利用され、新 1 年生が視聴することとなりました。従来なかったほどの多数の学生に届くようになり喜ばしいことですが、一方ではテーマに関心の必ずしも高くない参加者がいることを意味しますので、内容・構成をさらにブラッシュアップすることが求められていると思います。率直なご意見をお待ちしております。

2023 年 5 月

日笠 健一（特別セミナー・コロキウム コーディネーター）

2022 年度 教養教育院セミナー報告

教養教育特別セミナー

SDGs と東北大の挑戦—気候変動をめぐって

ILAS コロキウム

若手研究者が語る「知」の最前線

2023 年 5 月 発行

東北大学教養教育院 高度教養教育・学生支援機構

Institute of Liberal Arts and Sciences

e-mail ilas@grp.tohoku.ac.jp

<https://www.las.tohoku.ac.jp>