

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第102回 東北大学 流体科学研究所 (2024.11.15)

12:05 – 12:10(5分) : 流体研の概要 所長 丸田 薫

12:10 – 12:25(15分) : 若手研究者からのプレゼン

① 「燃料アンモニアの社会実装に向けた燃焼基礎研究」

高速反応流研究分野 准教授 早川 晃弘

② 「地域資源利用から考えた持続可能な社会のデザイン」

自然構造デザイン研究分野 准教授 鈴木 杏奈

12:25 – 12:45(20分) : 質疑応答



流体研キャラクター
「りゅうたん」

東北大学 流体科学研究所 (流体研) の概要

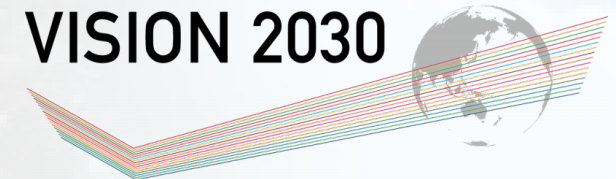
所長 丸田 薫



- 流体研の紹介
- 統合流動科学
- 特色, 国際連携

Institute of Fluid Science Tohoku University

VISION 2030



沿革

- 1943 東北帝国大学に「高速力学研究所」として設立
- 1989 「流体科学研究所」(12部門1研究センター) 発足
- 1990 スーパーコンピュータセンター竣工
- 2010 共同利用・共同研究拠点「流体科学研究所」に認定
- 2013 改組 3研究部門+附属未到エネルギー研究センター
- 2018 「リオンセンター(LyC)」発足
- 2021 共同研究部門「先端車輛基盤技術研究(日立Astemo)」
- 2021 JSPS拠点形成事業 Core to Core:
アンモニア燃焼と耐アンモニア材料連携研究拠点
- 2022 「IHI×東北大学アンモニアバリューチェーン共創研究所」設置
- 2022 改組 統合流動科学国際研究教育センター



初代 沼知所長

実績

日本学士院賞2, 文化功労者紫綬褒章,
文部科学大臣表彰
米Moody 賞, 米Bisson 賞, 米Colwell賞,
独Mach メダル, A. Egerton Gold Medal 等々

特殊大型試験装置・国際拠点



7代目スパコン AFI-NITY II 2024~



高圧燃焼試験風洞、超音速燃焼風洞



磁力支持天秤装置



リエゾンオフィス、リオンセンター

理念と使命

時空間における流れの研究を通じて
人類社会の永続的発展をめざす

VISION2030

2015策定 2021改訂

構成員

教 員 : 39
常 勤 職 員 : 52
非常勤職員 : 67
学生(B3-D): 193*

32 研究分野 (室)
1 技術室

*工学(機械系)・医工学・情報科学・環境科学 各研究科

外部資金 [百万円]

科 研 費 : 240
受託研究 : 477
共同研究 : 291
大型予算* 産学連携多数

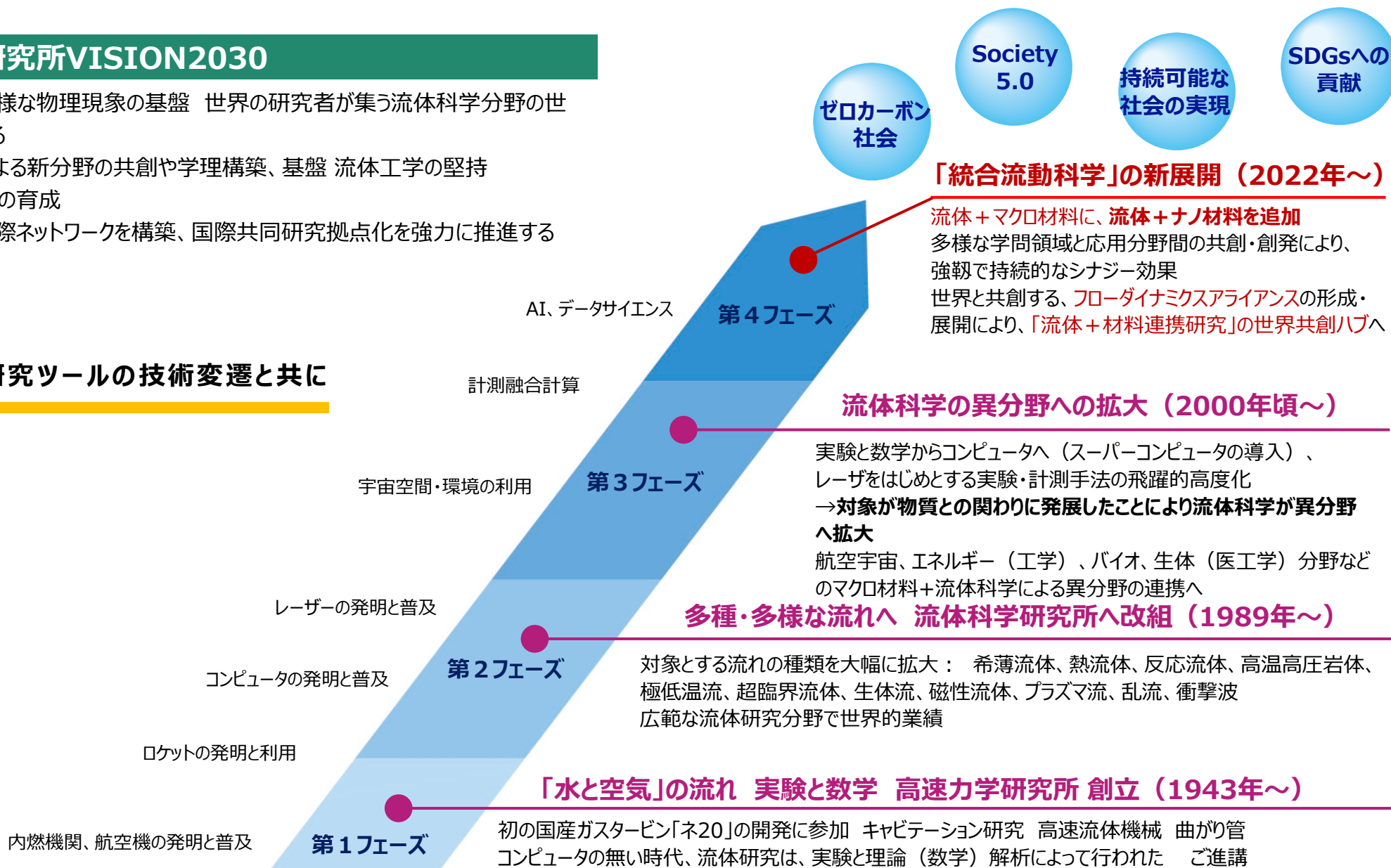
*NEDO, JST (CREST, SIP, ImPACT)

流体科学研究所VISION2030

「流体科学」は多様な物理現象の基盤 世界の研究者が集う流体科学分野の世界拠点を形成する

- ①異分野融合による新分野の共創や学理構築、基盤 流体工学の堅持
- ②高度専門人財の育成
- ③産業界含む国際ネットワークを構築、国際共同研究拠点化を強力に推進する

研究対象・研究ツールの技術変遷と共に



ゼロカーボン社会

Society 5.0

持続可能な社会の実現

SDGsへの貢献

流体研が掲げる「統合流動科学」

特定の時・空間スケールに留まらない普遍的な流動の科学とマクロからナノに至る材料科学との連携
 →多様な学問領域と応用分野間の協創・創発により，強靱で持続的なシナジー効果

JST CRDS-FY2020-WR-14, 複雑な流れ現象の解明と統合的制御, 2021.3

統合流動科学の学問領域

材料科学

生体工学

電子工学

情報工学

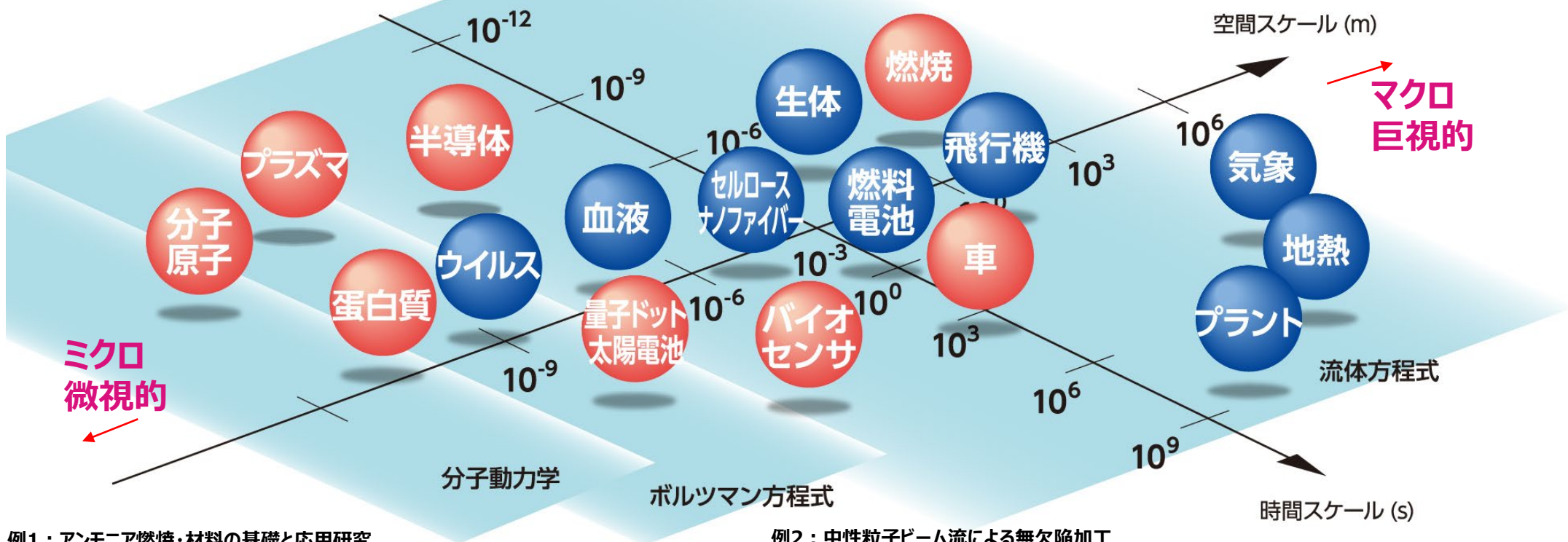
医工学

化学反応

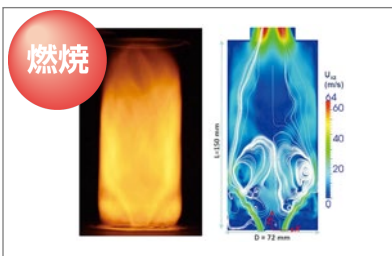
熱力学

数学

● : 流体+マクロ材料に加え，ナノ材料への拡大で顕著な発展が期待される分野

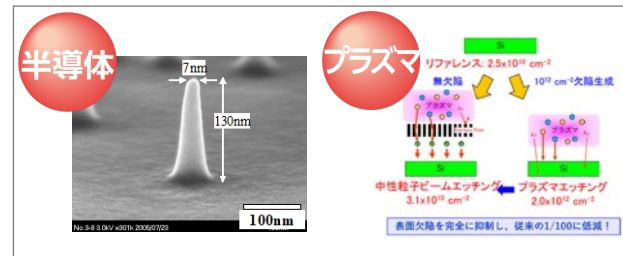


例1：アンモニア燃焼・材料の基礎と応用研究



アンモニアガスタービン技術（流体）+ 耐アンモニア材料（極限材料）連携
 日：東北大・産総研
 サウジ：アブドラ王立大+サウジアラムコ石油から再エネ輸出へ転換中
 アンモニア製造から利用まで，世界の中核研究拠点と連携

例2：中性粒子ビーム流による無欠陥加工



グリーンナノテク連携
 中性粒子ビーム流（流体）による無欠陥加工等+世界最先端半導体技術（ナノ電子材料）
 = グリーンナノテク
 日：東北大・産総研等
 台：陽明交通大+TSRI+TSMC
 世界をリードする多様な成果へ

特色ある所内組織・施設

統合流動科学国際研究 教育センター

統合流動科学を学術基盤として、グリーンナノテクノロジーや燃料アンモニアなど多様な応用分野への展開のための研究を推進。フランス、台湾、サウジアラビア、アメリカなどの海外拠点と共に国際共同研究を実施。（2022.10 設置）

未来流体情報創造センター

流体科学におけるスーパーコンピューティング、数値計算と実験の融合研究、流体情報の高度可視化等のため、次世代融合研究システムを運用。

次世代流動実験研究センター

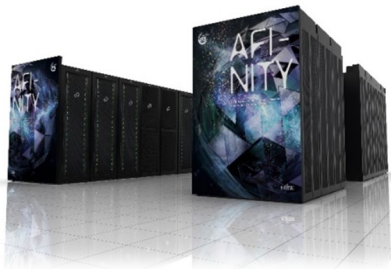
流体科学に関する世界最先端研究を推進するため、世界屈指の性能を誇る実験施設・設備を運用。共用促進事業により民間利用を推進。（2023FY 改修完了）

共創研究所

IHI×東北大学アンモニアバリューチェーン共創研究所（2022.9～2028.3）
アンモニアバリューチェーン構築に向けた技術課題の探索、課題の解決に資する研究開発計画の立案と推進。

航空機計算科学センター

多目的最適化により新規材料の適用による軽量化支援。材料から機体までシームレスな低コスト機体開発を実現するためのCAE技術を開発。



次世代融合研究システム
(スーパーコンピュータ)



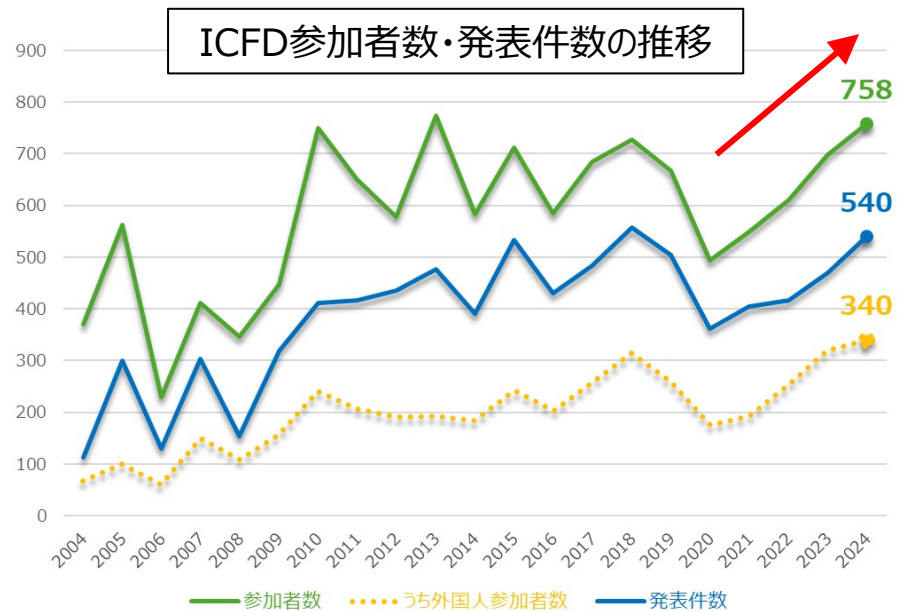
低乱風洞実験施設



衝撃波関連施設

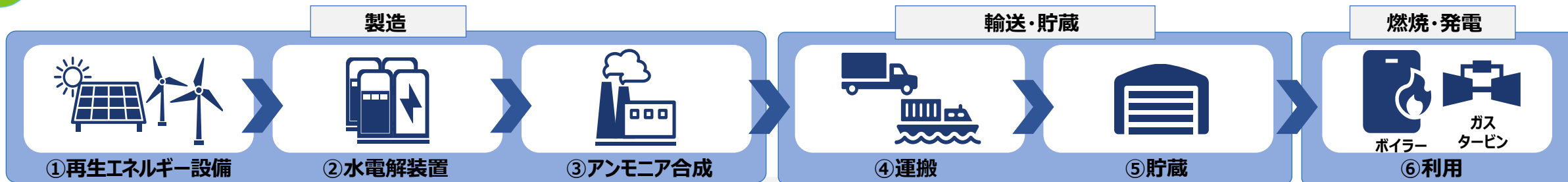
- 流動ダイナミクスに関する国際会議 (International Conference on Flow Dynamics, ICFD)
- 流体研が2004年から 毎年仙台市で主催
- 「流体科学」の統合型会議として世界的認知

2024年ハイブリッド形式: 参加758名 (外国人340名, 24カ国)



- 流体科学 各分野の世界トップレベル研究者による基調講演 (3件/年)
- 例年約20件のOrganized Session開催 (それぞれのOSが国際会議規模)
- International Scientific Committee
- Annual Liaison Office Meeting
- 公募共同研究の成果報告会 (AFI) 併催
- 2021年~Core-to-Coreセッション開催

アンモニア・サプライチェーン全体にわたる国際連携



燃料アンモニアの社会実装に向けた燃焼基礎研究

東北大学流体科学研究所
高速反応流研究分野 准教授
早川晃弘

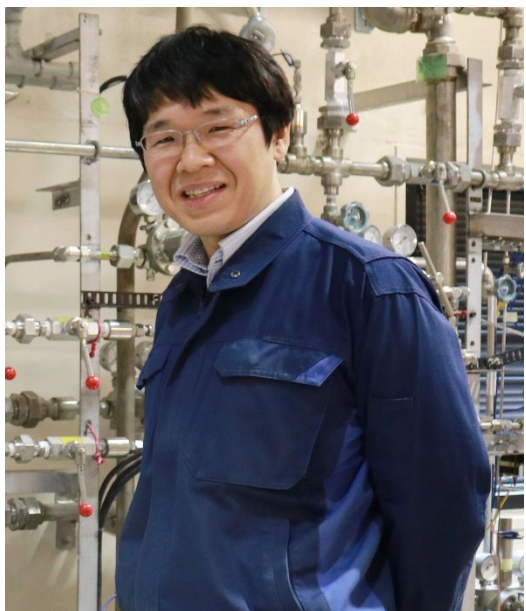
Web: <https://www.ifs.tohoku.ac.jp/kobayashi/>





TOHOKU
UNIVERSITY

自己紹介



早川 晃弘 (はやかわ あきひろ)

東北大学流体科学研究所 高速反応流研究分野 准教授

【学歴】

2001.4～2006.3 : 津山工業高等専門学校 機械工学科

2006.4～2008.3 : 九州大学工学部 機械航空工学科

2008.4～2010.3 : 九州大学大学院工学府 機械科学専攻 (修士課程)

2010.4～2013.3 : 九州大学大学院工学府 機械工学専攻 (博士後期課程)

JSPS特別研究員 (DC1)

2013.3 : 博士 (工学)

【職歴】

2013.4～2020.3 : 東北大学流体科学研究所 助教

2015.4～2016.3 : 英国・ケンブリッジ大学 滞在研究員

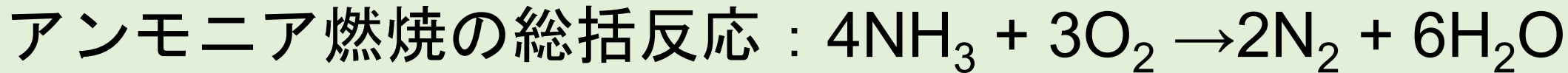
2020.4～現在 : 現職

【主な活動】

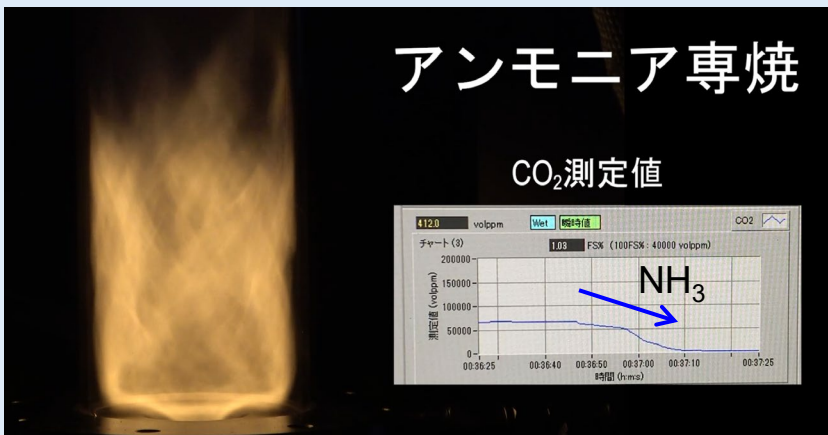
アンモニア燃焼 (GI基金, NEDO事業, 共同研究) や推進分野 (Kプロ, 共同研究) の研究に従事。2024年, 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 受賞 (アンモニア燃焼)

【専門】 燃焼工学

アンモニア (NH₃) 燃焼研究：利点と課題



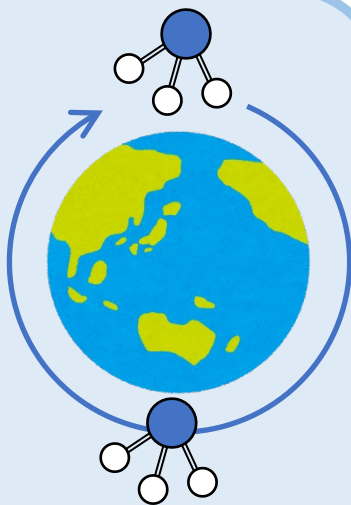
利点



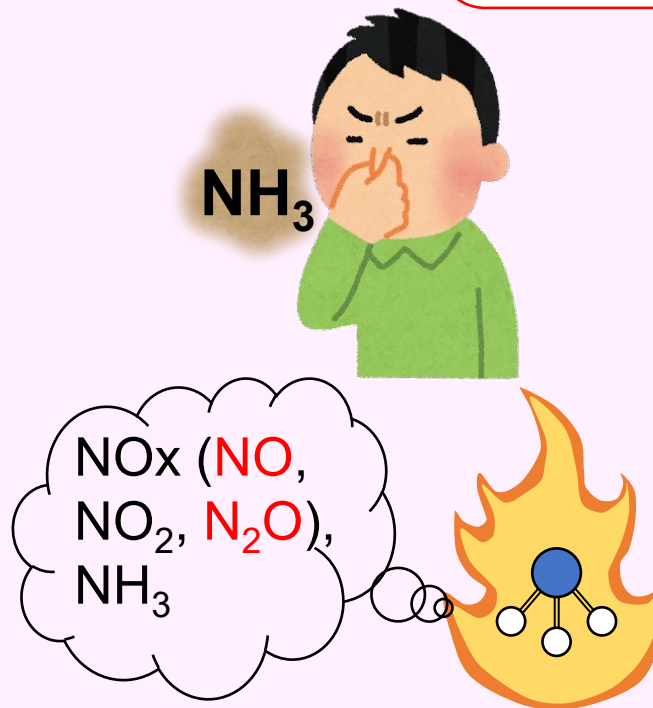
✓ 二酸化炭素が排出しない

✓ 容易に液化
✓ 流通網

グリーン成長戦略にも記載されている、
2050カーボンニュートラル実現の切り札



課題



✓ 適切な条件で燃焼させないとNO_xやNH₃が排出



アンモニア火炎



メタン火炎

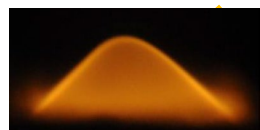
✓ 燃えにくい

高速反応流研究分野でのアンモニア燃焼研究

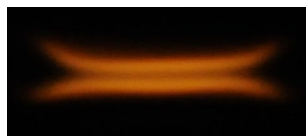
2013 ALCA -> 2014 SIP -> 2019 NEDO -> 2021 NEDO, GI



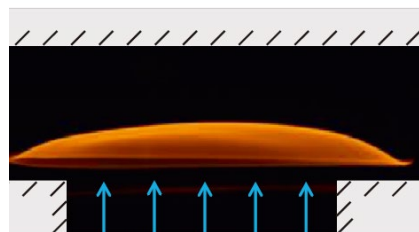
層流燃焼



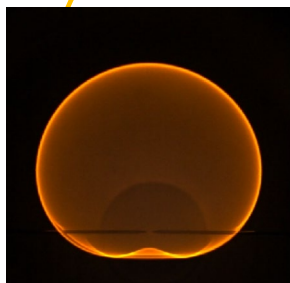
Hayakawa (2015)



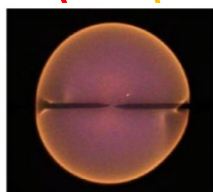
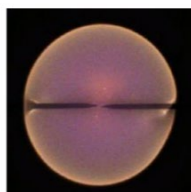
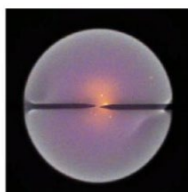
Hayakawa (2021)



NH₃/air premixture



Okafor (2018)



- アンモニア / 空気
- アンモニア / 水素 / 空気
- アンモニア / メタン / 空気
- アンモニア / 酸素 / 窒素
- アンモニア / 水蒸気 / 空気

燃焼速度, 燃焼生成ガス,
消炎限界

*Contrast adjusted

ガスタービン模擬燃焼

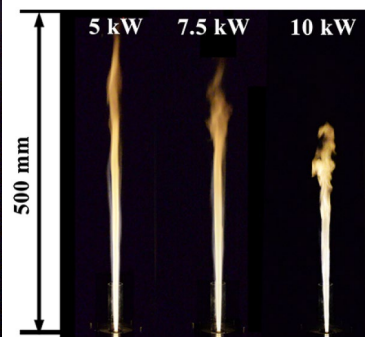


Yamashita (2024)

気体アンモニアの実験と
LES数値計算

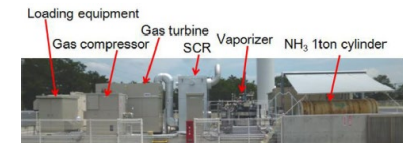
液体アンモニア
噴霧燃焼

乱流燃焼



Xia (2024)

産業界・研究機関



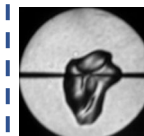
産総研, FREA Kurata (2017)



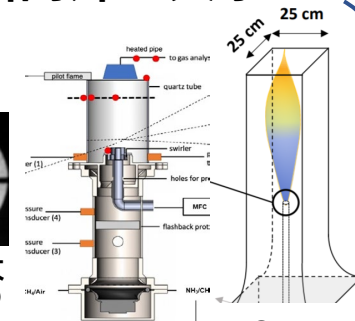
MHI, 大陽日酸 他



国内外の大学



北海道
Ichimura (2019)



Cardiff U(英)
Mashruk (2021)

INSA-Lyon
(仏)
Colson (2021)

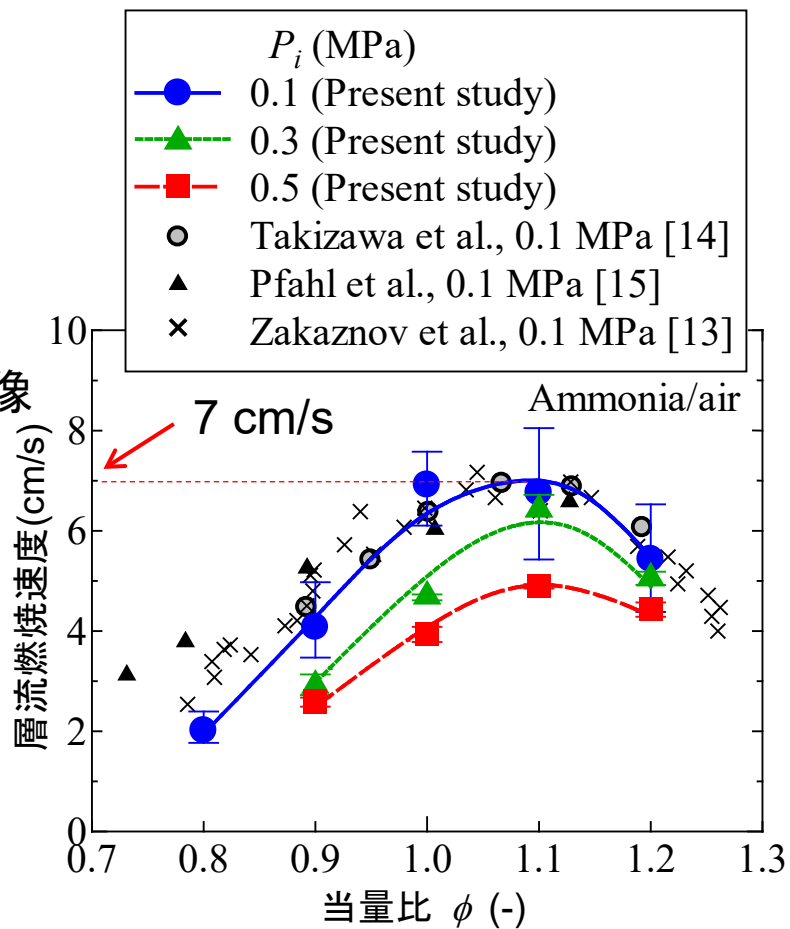
+JSPS core-to-core
KAUST(サウジアラビア), オルレア
ン大(仏). シンガポール CREATE
の共同研究が10月より開始

【代表的な成果1】アンモニア火炎の基礎的特性の解明

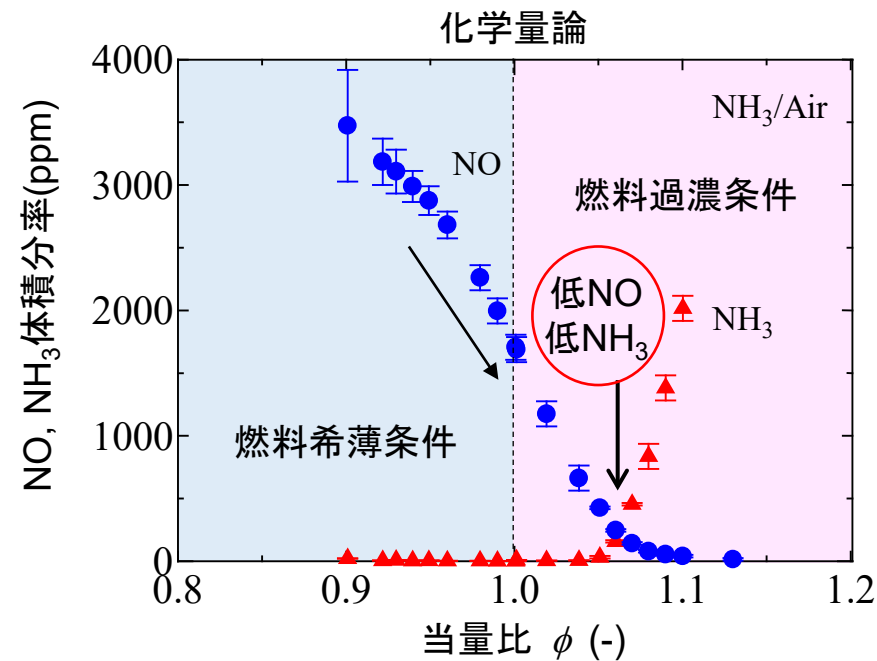
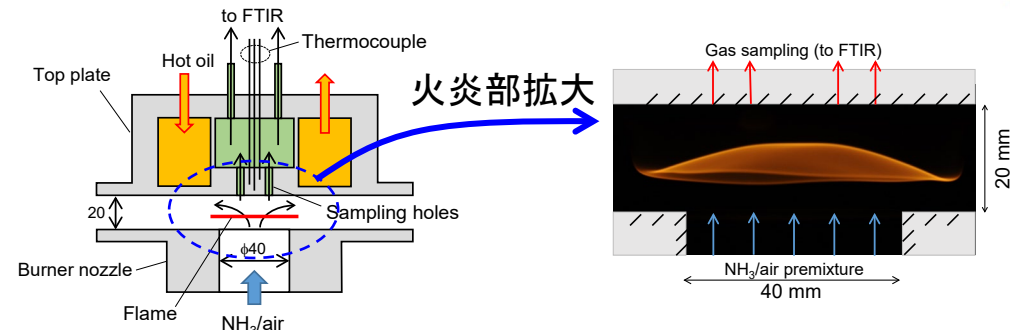


火炎伝播高速度画像

解析

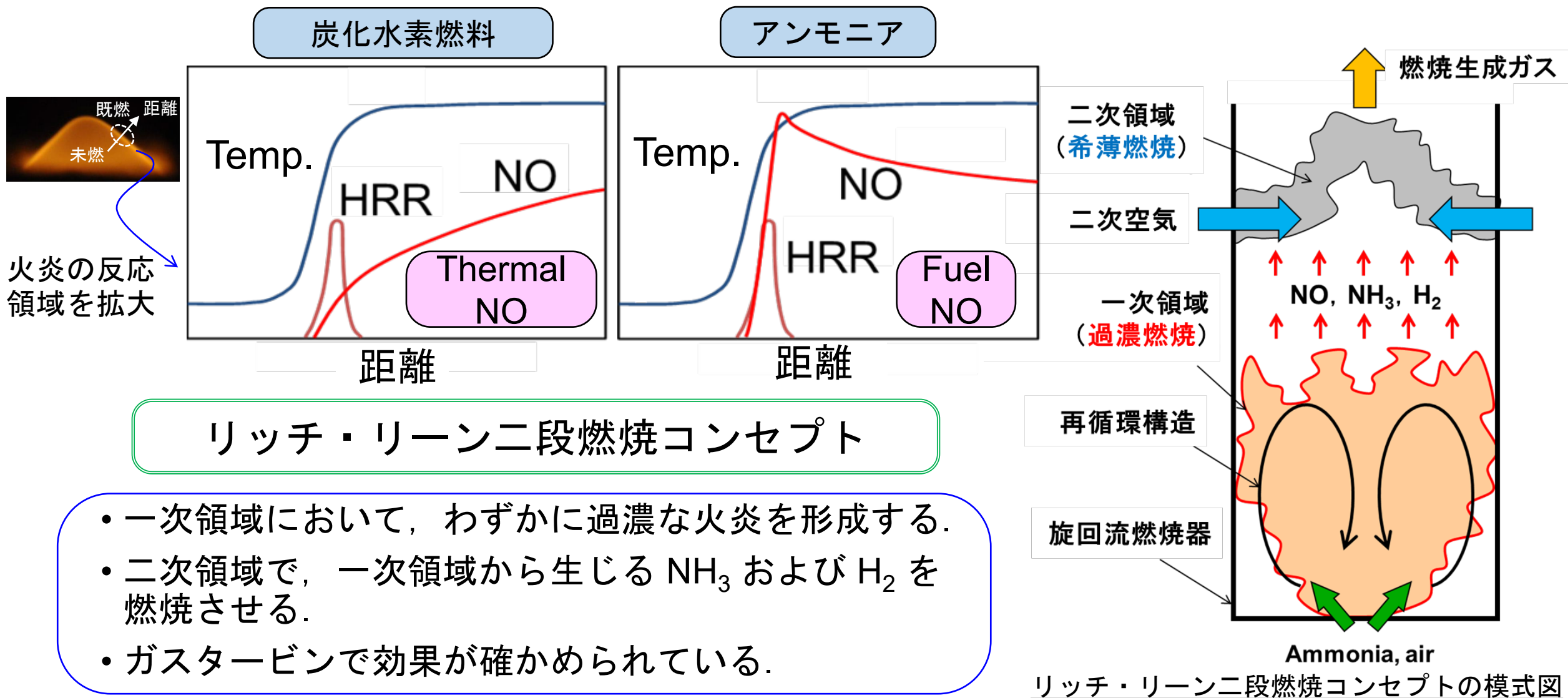


火炎伝播を高速度撮影し、高圧条件など様々な条件の燃焼速度を明らかにした[1].



実験装置を工夫し、吹き飛びやすいアンモニア火炎を定在させ、アンモニア火炎の排ガス特性を明らかにした[2].

【代表的な成果 2】 低NO_x・低NH₃排出燃焼法の提案



アンモニアの燃焼科学研究

燃料アンモニアの社会実装に向けた研究



カーボンニュートラル実現への貢献

2024.11.15 ランチミーティング

地熱資源利用から考えた 地域共創のデザイン

東北大学 流体科学研究所
准教授 鈴木杏奈

<https://www.desfelab.com/>

自己紹介



鈴木杏奈 (スズキアンナ)
東北大学 流体科学研究所
自然構造デザイン研究分野 准教授

【学歴】

2005.4~2009.3:東北大学工学部機械知能・航空工学科
2009.4~2011.3:東北大学大学院環境科学研究科 (修士)
2011.4~2014.3:東北大学大学院環境科学研究科 (博士)
JSPS特別研究員(DC1)
2014.3:博士(学術)

【職歴】

2014.6~2016.10:米国・スタンフォード大学エネルギー資源工学科ポスドク
JSPS海外特別研究員
2016.4~2016.10:東京大学大学院数理科学研究科 JSPS特別研究員 (PD)
2016.11~2021.10 :東北大学流体科学研究所 テニユアトラック助教
2021.11~現在 :現職

【主な活動】

JSPS学術変革A「データ記述科学」の計画班 (応用探索班) 代表
2022年、科学技術・学術政策研究所ナイスステップな研究者2022

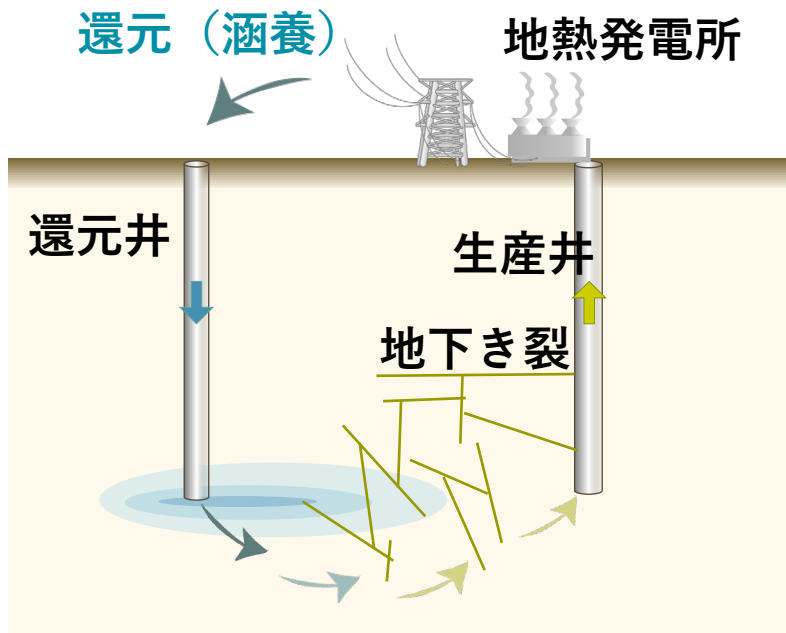
【専門】 地熱貯留層工学 ・ 地域共創デザイン

地熱流体ダイナミクス理解と地熱資源持続的利用のためのデザイン

数理・情報を活用したモデルの提案
 -理解・推定・予測・デザイン（最適化）-

持続可能な水循環を設計するには？

最適な場所？
 最適な状態？



- 複雑な構造
- 限られたデータ

非整数階微分を用いたモデル

$$\frac{\partial C}{\partial T} + b_1 \frac{\partial^\beta C}{\partial T^\beta} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - \frac{\partial C}{\partial X}$$

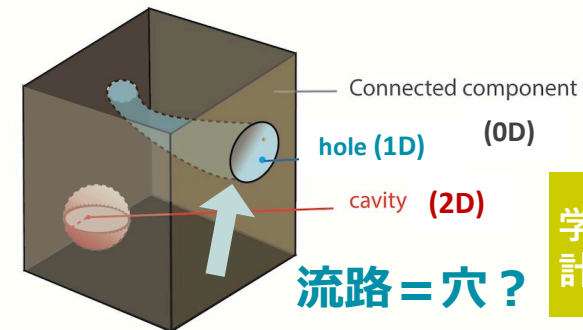
fractional derivative $0 < \beta < 1$

C normalized concentration
 T normalized time
 X normalized distance
 Pe Peclet number (vl/D)
 b retardation coeff.

2014 地熱学会奨励賞

Suzuki et al. (2015,2016)

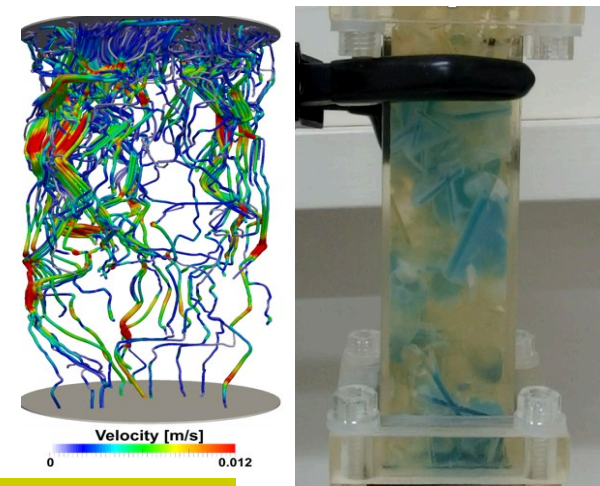
トポロジーを用いた岩石構造評価



学術変革A
 計画班代表

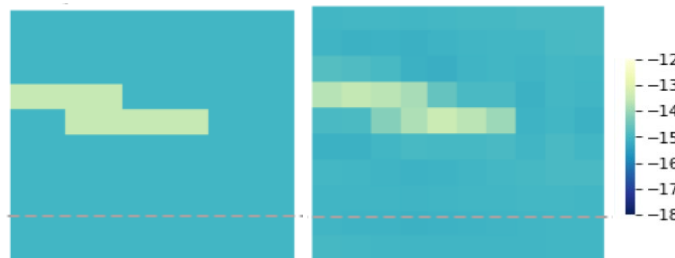
Suzuki et al. (2020,2021)

3Dプリンタを利用した 構造制御型流動実験



Suzuki et al. (2017,2019)

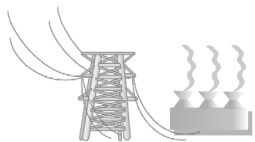
機械学習による 貯留層モデリングの自動化 最適化手法の開発



Suzuki et al. (2022,2024)

2017 WRR Editor's Choice Award

社会の中の（科学技術の）最適解とは？



自分の研究の問題設定

目的：持続可能な水循環を設計するには？



手段：（最適解）

社会の中...



発電事業者



地熱
温泉



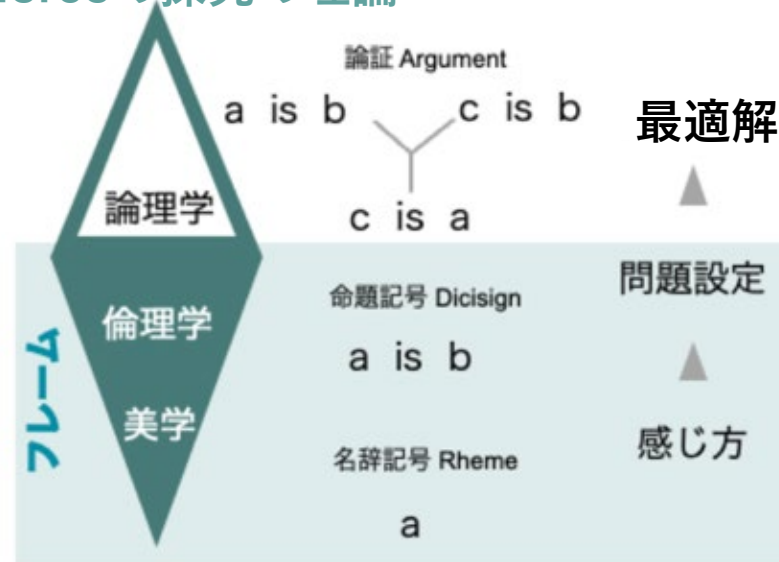
温泉事業者

地熱開発に対する反対

地域資源利用の地域共創

哲学・認知科学を取り入れた
数理モデルに基づく地域共創の設計の整理

Pierceの探究の理論



価値観/
ものの捉え方

自由エネルギー原理（認知科学/計算機神経科学）

$$F = D_{KL}(p(\theta|data)||q(\theta)) - \log p(data)$$



ギャップ F
↓
最小化



ベイズ推論

鈴木他 (accepted)

コミュニティダイナミクスの理解と地域共創のデザイン

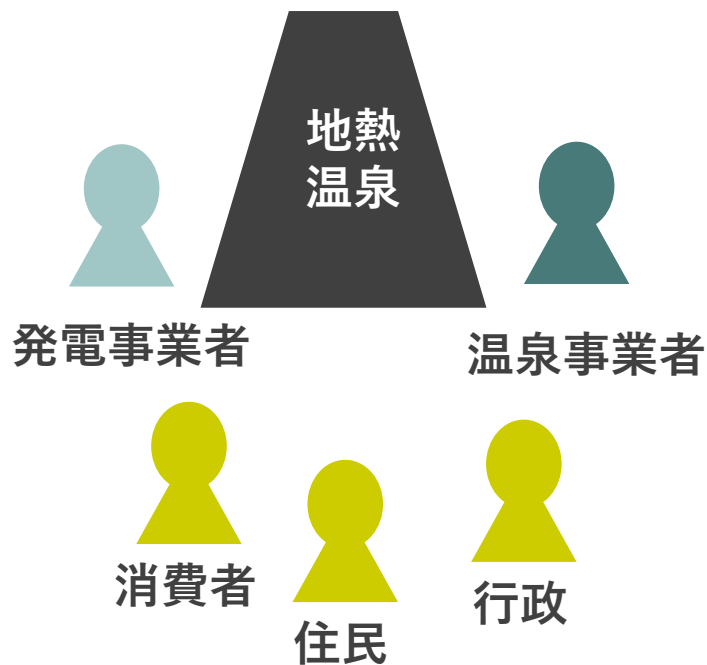
数理・情報を活用したモデルの提案と実践

多様な価値観の尊重

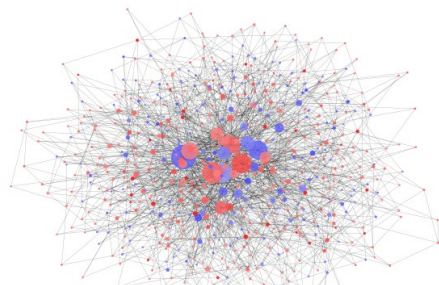


地域コミュニティ全体での最適化が重要

地域コミュニティによる
地域資源利用を最大化するには？



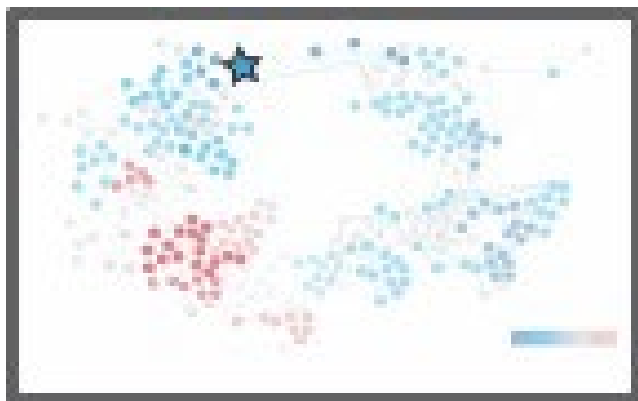
コミュニティとしての
意思決定プロセスの理解と予測



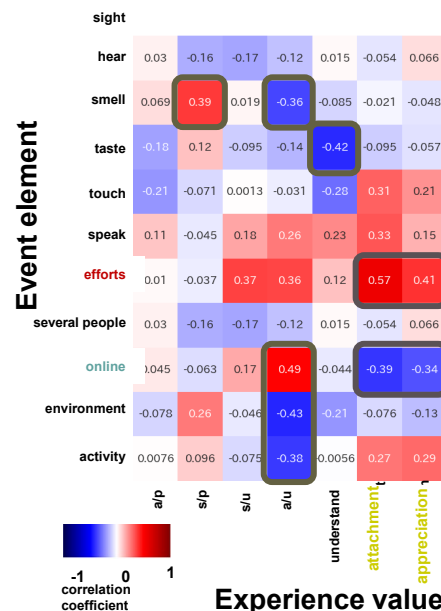
千葉・鈴木
(2024)

エージェントベースシミュレーション

多様な価値観と意見の把握を
サポートするシステム開発



地域共創の場の理解と設計



長谷川・鈴木
(2023)



累計参加者
370名

地域共創の
実践



ナイスステップな研究者2022選定

“地熱流体ダイナミクス”の理解と地熱資源持続的利用のためのデザイン



“コミュニティダイナミクス”の理解と地域共創のデザイン