

令和7年度 研究成果集
弘前大学次世代重点研究
弘前大学若手研究者支援事業
弘前大学共同研究トライアルファンド



国立大学法人 弘前大学

令和7年度 研究成果集

弘前大学次世代重点研究

弘前大学若手研究者支援事業

弘前大学共同研究トライアルファンド

(目次)

1. 研究・イノベーション推進機構長 理事（研究担当）・副学長 挨拶	・・・	1
2. 令和7年度 研究成果集 課題一覧		
弘前大学次世代重点研究	・・・	2
弘前大学若手研究者支援事業		
弘前大学共同研究トライアルファンド		
3. 各研究成果	・・・	3
弘前大学次世代重点研究	・・・	3
弘前大学若手研究者支援事業	・・・	7
弘前大学共同研究トライアルファンド	・・・	24

研究・イノベーション推進機構長

理事（研究担当）・副学長 挨拶

弘前大学は令和6年度にJ-PEAKS（地域中核・特色ある研究大学強化促進事業）に採択されました。Well-being研究の分野において世界レベルの研究大学になることを目指し、全学をあげて研究力を強化しています。また「健康」「再生可能エネルギー」「食」「環境・防災」を重点研究分野として位置付け、関連する諸課題を中心とした研究を推進しています。

研究・イノベーション推進機構では、これらの研究目標の実現のために、様々な研究助成事業や研究支援事業を行ってきました。また、研究成果を社会実装につなげるため、産学連携活動や共同研究の支援、知的資産の活用、スタートアップの支援を進め、研究活動の活性化を図っています。

本研究成果発表会は、本機構の実施する助成事業のうち、弘前大学を代表する研究を支援する「次世代重点研究」、未来を担う優れた若手研究者を支援する「若手研究者支援事業」、地域企業との共同研究のきっかけを生み出す「トライアルファンド」に採択された研究者が参加します。研究者の交流をすすめ、異分野の研究から互いに刺激を受けあうことで、異分野連携と新たなイノベーションの創出が加速されることを願っています。

また、本研究成果集は地域や企業にも広く公開しています。とくに地域の企業の皆様には、本学の多彩でユニークな研究を知っていただき、大学と共同研究することの意義と重要性をご理解いただければと思います。本研究成果集が多くの方の目にとまり、新たな共同研究が生まれることを願っています。

それでは引き続き、皆様のご理解とご支援をお願い申し上げます。



弘前大学

研究・イノベーション推進機構長

理事（研究担当）・副学長

曾我 亨

令和7年度 研究成果集 課題一覧
弘前大学次世代重点研究
弘前大学若手研究者支援事業
弘前大学共同研究トライアルファンド

番号	事業名	部局名	職名	氏名	研究課題名	掲載ページ
1	次世代重点研究	保健学研究科	教授	斉藤 まなぶ	子どものころを守るデジタルメンタルヘルスリテラシーの技術開発	4
2	次世代重点研究	理工学研究科	教授	関谷 亮	エッジ修飾による機能性ナノカーボン材料の創発	5
3	次世代重点研究	農学生命科学部	教授	園木 和典	農業副産物の脱炭素材料化に向けたリグニンからのポリマー原料生産	6
4	若手研究者支援事業	人文社会科学部	講師	古川 祐貴	津軽家文書の入手・伝来過程に関する基礎的研究	8
5	若手研究者支援事業	教育学部	助教	谷本 憂太郎	食資源と水環境を基軸とした食環境教育の創出に関する総合的研究	9
6	若手研究者支援事業	医学研究科	助教	葛西 秋宅	アミノ酸飢餓応答因子GON1による翻訳停滞解消メカニズムの解明	10
7	若手研究者支援事業	医学研究科	助教	畑 貴之	多核緑藻類ハネモの形質転換法の開発と、多核体の分子細胞生物学への応用	11
8	若手研究者支援事業	医学研究科	助手	引地 浩基	抗精神病薬による薬剤性パーキンソン症と遅発性ジスキネジアの発症機序解明	12
9	若手研究者支援事業	医学研究科	客員研究員	山内 翔平	滑膜炎モデルマウスを用いた早期変形性膝関節症における血清バイオマーカーの検討	13
10	若手研究者支援事業	医学研究科	助教	原 裕太郎	若年発症食道胃接合部MINENの発生源および分子病態病理学的特徴の解明	14
11	若手研究者支援事業	保健学研究科	助教	吉野 浩教	スーパーエンハンサーから見えてきた新たな放射線抵抗性機構の解明	15
12	若手研究者支援事業	保健学研究科	助教	小山内 暢	ピンホールカメラ原理を応用した放射線診療における散乱X線可視化システムの開発	16
13	若手研究者支援事業	保健学研究科	助教	嵯峨 涼	低酸素環境における癌細胞の放射線応答を考慮した数値モデル開発	17
14	若手研究者支援事業	理工学研究科	准教授	岡部 孝裕	超高速赤外計測×逆問題解析による液滴衝突界面熱抵抗の定量化技術の開発	18
15	若手研究者支援事業	理工学研究科	助教	西山 尚登	酸化チタンゾルによる新規な均一系2段階光励起型光触媒系の構築	19
16	若手研究者支援事業	理工学研究科	助教	朝田 晴美	ホットスタンプ法による金属バタニングを利用したテラヘルツ波帯アンテナの作製	20
17	若手研究者支援事業	農学生命科学部	助教	藤井 祥	膜形成が駆動する葉緑体のタンパク質合成制御機構の解明に向けて	21
18	若手研究者支援事業	医学部附属病院	助教	木下 裕貴	テロメア・Gテールと術後せん妄及びうつに関連の解明	22
19	若手研究者支援事業	被ばく医療総合研究所	助教	藤嶋 洋平	イメージングフローサイトメータを用いた微小核解析のハイスループット化	23
20	トライアルファンド	教育学部	准教授	廣瀬 孝	ライスボール水田由来稲わらを原料としたクラフト紙の開発に関する研究	25
21	トライアルファンド	保健学研究科	准教授	北島 麻衣子	抱っこひも製品の使用による子どもと親の快適さに関する研究	26
22	トライアルファンド	理工学研究科	助教	松田 翔風	空気混合メタンガス体からの酸素分離に関する技術的研究	27
23	トライアルファンド	理工学研究科	准教授	森脇 健司	生食用サーモンの品質評価を目的とした弾性率マッピングの検討	28
24	トライアルファンド	農学生命科学部	教授	殿内 暁夫	弘前大学白神酵母を用いたクラフトビールのブランド化に関する研究	29
25	トライアルファンド	農学生命科学部	准教授	西塚 誠	網羅的遺伝子発現解析を基軸とした、ニンニク由来硫黄化合物の新規生理機能と制御メカニズムの解明と高付加価値化への試み	30
26	トライアルファンド	地域戦略研究所	准教授	吉田 暁弘	農産—水産廃棄物の高機能材料化検討	31
27	トライアルファンド	地域戦略研究所	准教授	西宮 攻	魚類を対象とした飼育環境配慮型飼料の開発	32

★マッチング項目について★

各ページでは研究の概要や成果を紹介しているほか、その研究課題が共同研究等に対応できるかどうかを示しています。企業関係者の皆様など、研究者とのマッチングを希望される方はぜひご参考ください。

共同研究

本学の教員と民間機関等の研究者とが、対等の立場で共通の課題について共同研究を行うことにより、優れた研究成果が生まれることを促進する制度です。

受託研究

本学の教員が民間機関等からの委託を受けて、民間機関等の負担する経費を使用して研究し、その成果を民間機関等へ報告する制度です。

学術指導

共同研究契約や受託研究契約では困難な、研究にあたらぬ技術指導やコンサルティングなどの産学官連携案件について、従来の兼業（勤務時間外）ではなく、大学の本務（勤務時間内）として実施できる制度です。

講演等

講演会の講師など、上記以外の社会貢献活動等。

弘前大学次世代重点研究

マッチング

共同研究

所属・氏名 保健学研究科 教授 齊藤 まなぶ

研究概要

 本研究課題のキーワード：メンタルヘルスリテラシー（MHL）、e-learning、デジタル支援、DMHL

本研究は、子どもの発達障害や精神障害に対する双方向型e-learning「デジタルメンタルヘルスリテラシー（DMHL）」を開発し、子どもや保護者のヘルスリテラシーの向上を図り、精神的健康度の向上、精神疾患の予防などに貢献することを目的とした。双方向型e-learningはマラヤ大学のKnowledge Transfer（技術移転）を受け、医学部医学科・保健学科・心理支援学科・人文科学部・理工学部の学生と教職員が参加し、作成手順（ASPIRE）に沿ってReusable Learning Object（RLO）が作成された。RLOの開発は、国際Workshopにおいて専門家からReviewを受けながら実施した。今後も国際共同研究を継続し、開発したRLOをブラッシュアップしていく。

【背景】メンタルヘルスリテラシー（MHL）

「精神保健の向上、精神疾患の予防、早期発見・診断、治療の継続や回復のそれぞれの土台として基本的に必要な力やスキルである」（S.Kutcher,2016）

【方法】ASPIRE framework

※マラヤ大学から技術移転

= RLO(Reusable Learning Object) の作成手順

Aims：RLOのアウトカム（学習到達目標）

Storyboarding：専門家が絵コンテを作成

Population：説明文や原稿を作成

Implementation：コンテンツを作成

Release：RLOsを試用

Evaluation：RLOsの有用性を評価

【結果①】国際共同開発研究への発展

第1回国際Workshop(R5) 第2回国際Workshop(R6)



（マラヤ大学にて）



（弘前大学にて）

※研究分担内容

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. 神経発達症とは（概要） | 弘前大学 |
| 2. 自閉スペクトラム症とは（概要） | |
| 3. 自閉スペクトラム症児の保護者支援 | |
| 4. 自閉スペクトラム症と不安 | マラヤ大学 |
| 5. 自閉スペクトラム症と衣服 | |

【結果②】分野横断型学習の実践

R5文京キャンパスWS R6本町キャンパスWS



人文科学・理工学部



医学科・保健学科

【結果③】RLOの開発

・ Short Movieの作成



・ 学習コンテンツの作成



【今後の展開】

- ・ R7年度も国際Workshopは開催され、RLOのブラッシュアップ、教育学部学生の参画、学生の研究発表が行われた。
- ・ 今後も国際交流を続け、学習コンテンツの完成を目指し、社会実装を実現するとともに、学生教育に積極的に活用し、研究への発展を拡大させていく。



（R7 岩木ホールにてWorkshopを開催）

マッチング

共同研究

受託研究

所属・氏名 理工学研究科 教授 関谷 亮

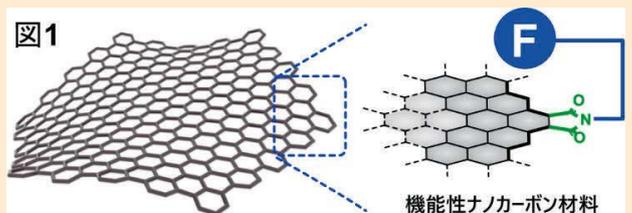
研究概要

本研究課題のキーワード：機能性ナノカーボン材料・グラフェン・ナノグラフェン・環境材料・ナノ構造材料

ナノカーボン材料は希少金属の代替となりうるナノ構造材料であり、ナノグラフェンは同材料の重要な素材であることから、付加価値の創造とそれを実現するための基礎研究は極めて重要である。太陽光は可視光と近赤外（NIR）光が9割弱を占める。可視光領域は様々な有機・無機材料で利用されてきたが、NIR領域の利用は改善の余地が大きい。本研究では（1）エッジ修飾による触媒中心となる部位の導入（2）NIR領域の利用を可能とする機能性ナノカーボン材料（3）酸化チタンゾルとの複合化によるハイブリッドナノカーボン触媒の開発などを行った。（2）については、太陽光のスペクトルをカバーする脂溶性の機能性ナノカーボン材料を実現した。

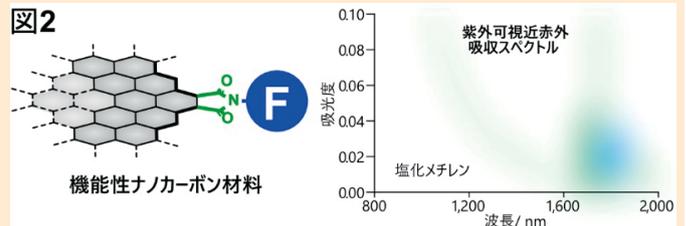
○エッジ修飾による触媒中心となる部位の導入

ナノグラフェンの広大なπ空間に金属イオンや金属などの触媒部位を非破壊的かつ位置選択的導入することを目的とした機能性ナノカーボン材料の開発を行った。具体的には、非直線状の骨格をもつ有機置換基に金属配位部位をもつユニットを合成し、ナノグラフェンのエッジに導入した（図1）。



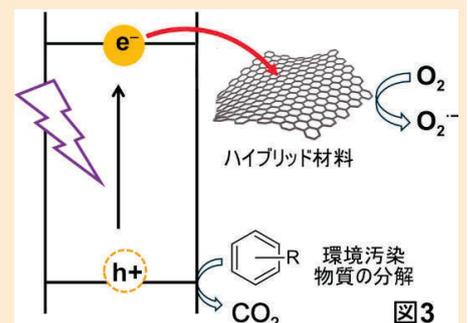
○NIR領域の利用を可能とする機能性ナノカーボン材料の開発

ナノグラフェンのエッジには様々な有機置換基を導入できることを利用し、π空間の拡張とそれによる吸収帯の拡張を目指した。その結果、幅広い吸収帯をもつ機能性ナノカーボン材料を実現した。さらに、骨格を工夫することで従来の有機・無機材料と異なり、高い脂溶性をもたせることに成功した（図2）。



○酸化チタンゾルとの複合化による光触媒の開発

ナノグラフェンと酸化チタンゾルを混合することでハイブリッドナノカーボン触媒の開発を行った（図3、共同研究者である西山助教（自然エネルギー学科）と実施）。環境汚染物質の一つである芳香族炭化水素を標的とし、この分子の光分解を試みることによってハイブリッドナノカーボン触媒の性能を評価した。



○成果発表

・ pH-Dependent Optical Properties of Nanographenes (学術論文)

Mayu Nakamura, Kaito Fukushima, Aoto Ikeda, Kaori Miyazaki, Shun Yamaguchi, Yudai Ono, Takeharu Haino, Naoto Nishiyama,* and Ryo Sekiya,* *ChemPhysChem*, 2026, Accepted.

・ ナノグラフェンのpH依存的な光学特性（学会発表）有機π電子シンポジウム

中村まゆ・福島快斗・池田蒼登・宮崎香・山口隼・小野雄大・灰野岳晴・西山尚登・関谷亮

○今後の展開

（1）ナノグラフェン表面を非破壊的に修飾できる基盤を確立した。今後は金属イオンの導入による触媒能の評価と、異なる触媒点の導入による多重触媒を実現を目指す。（2）吸収帯の長波長領域への伸長と、高い脂溶性を併せ持つ機能性ナノカーボン材料を得た。今後は、電子移動などの物性評価を推進する。（3）有機化合物の光分解を実現した。現状では未修飾ナノグラフェンを用いている。今後は（2）で開発した機能性ナノカーボン材料を用いた光分解を目指す。

農業副産物の脱炭素材料化に向けた リグニンからのポリマー原料生産

マッチング

共同研究 受託研究

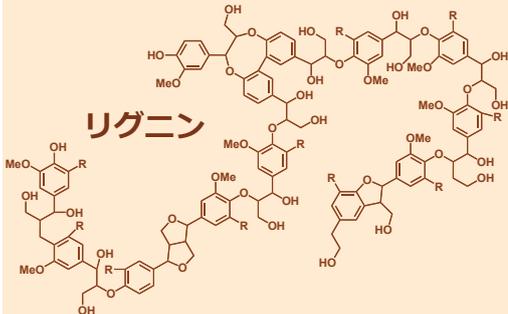
学術指導 講演等

所属・氏名

農学生命科学部 教授 園木 和典

研究概要

本研究課題のキーワード： 環境, 脱炭素, バイオマス, リグニン,
化学分解 × 微生物変換, 学際連携



地域の農業副産物（剪定枝，間伐材，稲わら，もみ殻など）を構成する有機物（セルロース，ヘミセルロース，リグニン）のうち，セルロースとヘミセルロースはすでに素材化が展開されている。一方で，もう一つの成分であるリグニンは，化学構造の不均一性や着色のしやすさから，素材としての利用が困難で，熱転換に留まっていた。

本研究では，リグニンからのポリマー原料生産技術の創出に向けてコア領域（触媒化学，化学工学，微生物化学，代謝工学，高分子化学など）が学際連携した。その結果，(1) リグニンから高い選択性でポリマー原料を生産すること，(2) 得られたポリマー原料から従来の課題であった不均一性や着色を解決したポリマーを合成することに成功した。

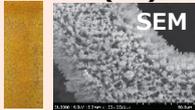
リグニンの素材化に向けた課題

- ✓ 化学構造の不均一性
- ✓ 加工過程での着色
- ✓ 分子量分布が不明瞭

化学分解

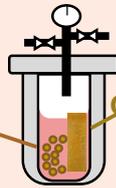
吉田暁弘（理工学研究科）

新規銅発泡体触媒 (CF)



(i) バッチ式

農業副産物
またはリグニン
(in NaOH溶液)

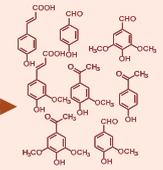


CF 繰り返し利用，
残渣との分離
が良好

(ii) 流通式

リグニン溶液
(in NaOH)

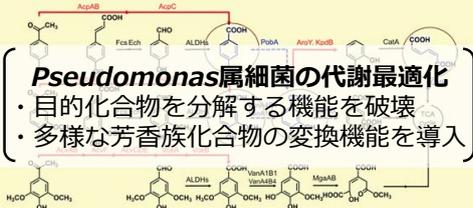
Φ10 mm x 50 mm の
反応管で40 L以上の連続的な分解が可能



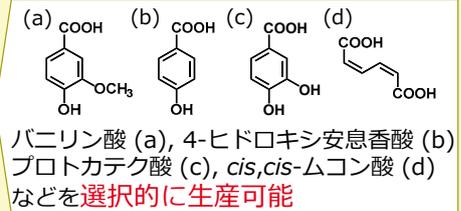
回収・再利用が容易で高耐久性の銅発泡体触媒を活用した分解技術を創出

園木和典，樋口雄大（農学生命科学部）

微生物変換



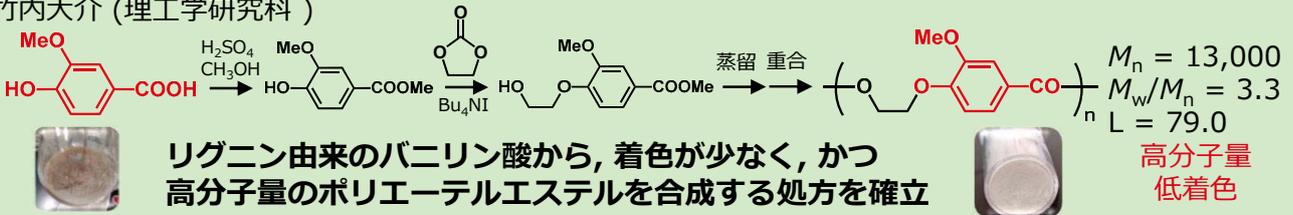
培養条件
最適化



化学分解により得られる混合物から高い選択性でポリマー原料を生産する微生物反応を創出

ポリマー合成

竹内大介（理工学研究科）



【今後の展開】

リグニンの供給からポリマー化に至るサプライチェーン構築を加速させ，農業副産物を起点とした次世代の研究開発拠点の形成を目指す。炭素を材料内に貯留・固定することは，カーボンニュートラルの枠組みを超え，カーボンネガティブを実現する革新的アプローチである。脱炭素社会形成を牽引する新たな基幹産業の創出を通じて，持続可能な社会の実現に寄与していく。

弘前大学若手研究者支援事業

マッチング

共同研究

受託研究

講演等

所属・氏名

人文社会科学部 講師 古川 祐貴

研究概要

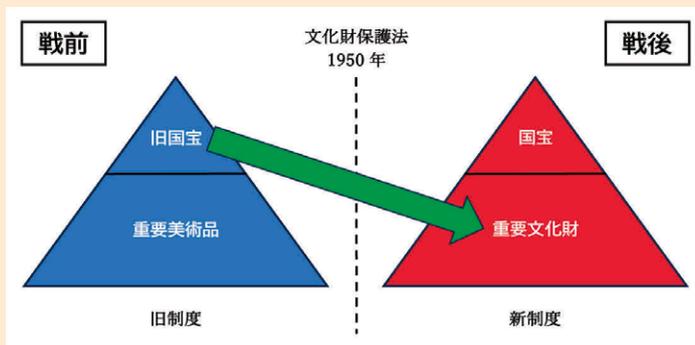
本研究課題のキーワード：国宝・重要文化財、旧国宝・重要美術品、財産税、文化財の売却、観光

江戸時代において、津軽地域を支配した弘前藩津軽家。その津軽家が有した**津軽家文書（紙資料・モノ資料を含む）**が弘前市を中心に伝来している。県重宝や市指定有形文化財になるほど貴重なものが含まれる一方で、国が指定する**国宝・重要文化財は1件もない**。青森県内には国宝が3件あるが、全て南部地域に伝来するものである。津軽地域には国宝・重要文化財がなかったのだろうか——こうした問いに対して、津軽家文書を対象とした分析を行う。結果として、①津軽家は戦前において、**旧国宝3件・重要美術品8件**を有していたこと、②それらは全て、**財産税の支払いや空襲に伴う東京津軽邸の焼失**によって売却されたと考えられること、③そもそもこれらは**五摂家筆頭の公家＝近衛家との良好な関係**に基づいて入手されたと思しいこと、が明らかとなった。

【研究成果】

①戦前の津軽家文書には旧国宝3件・重要美術品8件が含まれていた！

- ※旧制度：旧国宝 = 国宝保存法（1929年法律第17号）
 重要美術品 = 重要美術品等ノ保存ニ関スル法律（1933年法律第43号）
 ※新制度：国宝・重要文化財 = 文化財保護法（1950年法律第214号）



旧国宝	紙本墨画寒山拾得図	1933.1.23 指定
	紙本金地著色紅白梅図	1933.1.23 指定
	刀〈金象嵌銘城和泉守所持〉	1936.9.18 指定
重要美術品	鶴丸透銅鐺	1934.7.31 認定
	干網透撫角形銅鐺	1934.7.31 認定
	赤銅魚子地高彫色絵関羽張飛図小柄	1934.7.31 認定
	赤銅魚子地高彫色絵寿老図小柄	1934.7.31 認定
	臙銀金削継魚子地争虎図小柄	1934.7.31 認定
	紙本著色鳶の細道図	1935.5.10 認定
	破笠細工柏木兎図料紙筥	1935.5.10 認定
	太刀〈銘上助吉〉	1937.5.27 認定

②財産税+東京津軽邸の焼失→全て売却？

※財産税法（1946年法律第52号）：GHQ占領下、戦時利得の没収、最大90%超過累進課税
 ※新宿区中落合空襲（1945年）で東京津軽邸焼失（研究分担者と現地踏査・聞き取り実施）

- 紙本墨画寒山拾得図：津軽家（1948年）⇒国（東京国立博物館）《重要文化財》
 紙本金地著色紅白梅図：津軽家（1946年）⇒友田五三⇒MOA美術館《国宝》
 刀〈金象嵌銘城和泉守所持〉：津軽家（1948年）⇒辻博治⇒国（東京国立博物館）《国宝》

③五摂家筆頭の公家＝近衛家との良好な関係が入手の背景？

※五摂家：摂政・関白を輩出する名門公家（近衛家・一条家・九条家・鷹司家・二条家）
 江戸時代以来の関係性（系図道中など）、西行物語絵巻は近衛家→津軽家→北村美術館。
 幕末・維新时期においては、近衛尹子（津軽承昭夫人）・近衛英磨（承昭後継当主）が津軽家へ。

【今後の展開】

- 旧国宝に関して、古川祐貴「弘前津軽家伝来の「旧国宝」と題した論文を投稿予定。
- 重要美術品8件の売却については詳細不明、**津軽家の近代史・現代史研究**を進めていく必要。
- 研究成果③は史料の収集段階（研究協力者が実施中）、今後分析を深めていく必要。
- 旧国宝・重要美術品の現所有者と弘前市・青森県をつなぐことで、展示協力が望める。
 ⇒博物館における展示は観光に資する、**弘前市・青森県の交流人口増加**が見込める！

食資源と水環境を基軸とした食環境教育の創出に関する総合的研究

マッチング
共同研究
学術指導 講演等

所属・氏名

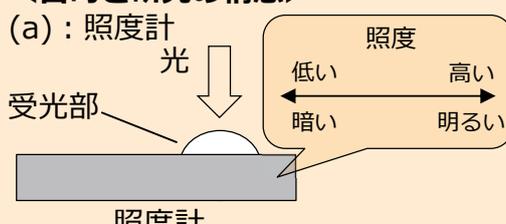
教育学部 助教 谷本 憂太郎

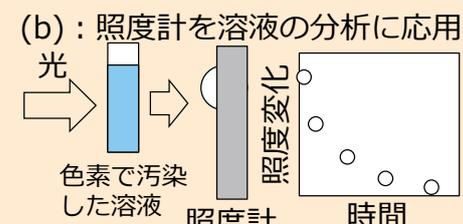
研究概要

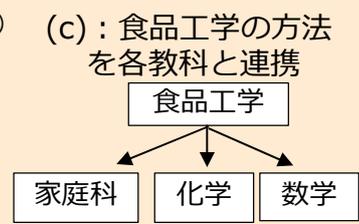
本研究課題のキーワード：食品廃棄物，水質浄化，代替法，食品工学

限りある水資源の活用には水処理技術が不可欠であるとともに、生活者への環境教育が重要となる。これまで、外皮や茶殻などの食品廃棄物を活用して水質浄化を行う技術開発研究が進められてきた。環境教育的には、食資源と水環境を融合して学習できるであろう特異な研究であるが、学校教育で実施できるスケールでの実験方法や教育内容の開発研究はあまり進んでいなかった。その理由が実験方法の簡便な代替法の構築が難しいものと分析し、住環境領域で使用される「照度計」による水質浄化過程の評価方法を検討した。結果的に、食品外皮による水質浄化過程を教材化し、食品工学的手法を多教科と連携して学習する題材を構想した。

<目的と研究の構想>

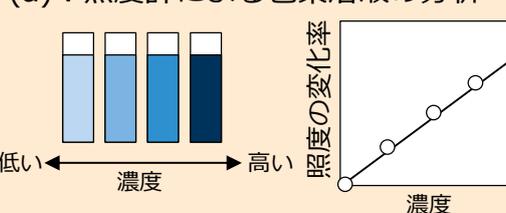
(a)：照度計


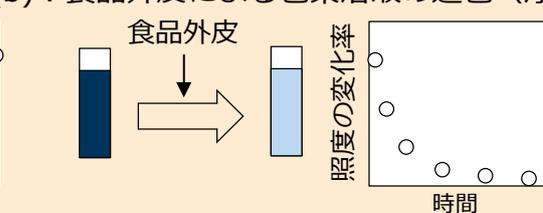
(b)：照度計を溶液の分析に応用¹⁾


(c)：食品工学の方法を各教科と連携


✓食品廃棄物による色素溶液の退色（浄化）を評価する実験を照度計で構築。
 ✓簡便な代替法により授業や実験教室での環境技術の学びの実現を目指した。

<本研究課題での成果>

(a)：照度計による色素溶液の分析


(b)：食品外皮による色素溶液の退色（浄化）と数値的評価


$[A]=[A]_0e^{-kt}$
 速度式の応用
 数理的リテラシー

(a)各濃度に調製したBasic Blue17溶液を測定したところ、決定係数 R^2 は0.99を示し、照度計を活用した簡便な代替法でも良好な検量線を作成できることがわかった。
 (b)食品（だいこん、にんじん、じゃがいも）外皮で色素溶液が退色（浄化）することを分光学的に確認し、さらにその時間経過にともなう照度変化の指数関数的な挙動を速度式で近似して解析することができた。
 (c)：(a)、(b)の内容を食品工学のアプローチと関連させて、家庭科（食物・住居領域）、理科（化学領域）、数学（指数関数、微積分）の横断的教育内容を開発した。

1)福村ら編、「すぐにできる！双方向オンライン授業－Zoom、Teams、Googleソフトを活用して、質の高い講義と化学実験を実現」、化学同人、2020、第1版、59-67。を参考に実験方法を考案した。

【今後の展開】
 本研究では、照度計を活用して食品廃棄物による水質浄化過程を数値的に評価する方法を検討し、食環境教育を起点として様々な教科が関与する横断的な教育内容開発研究を行った。この方法は、色や濁度などを測定する他の分析にも応用可能であり、すでに我々の研究グループでは、食品成分の簡便な分析法としての応用を試みている。また、食品が示す抗酸化性などの反応の評価ができれば、健康教育への発展も期待できる。

マッチング

共同研究

学術指導

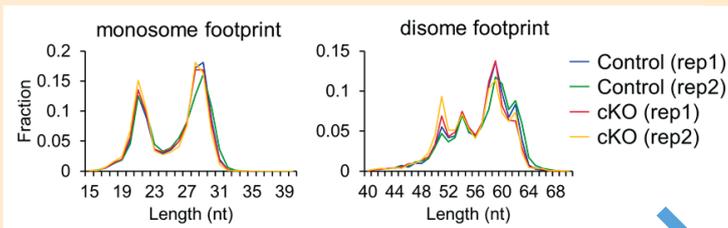
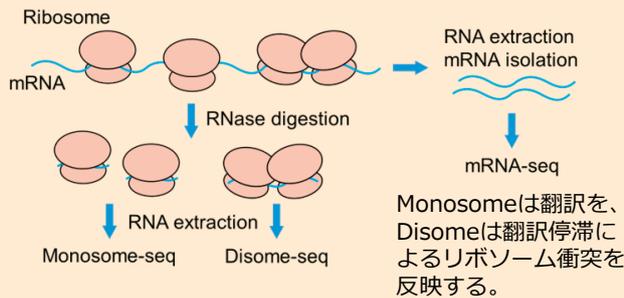
所属・氏名 医学研究科 助教 葛西 秋宅

研究概要

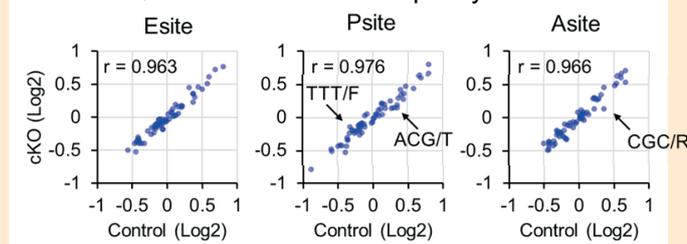
本研究課題のキーワード: GCN1, リボソームプロファイリング, 翻訳停滞, リボソーム衝突, SLC25A17

リボソーム停滞センサーとして知られるGCN1はアミノ酸飢餓やmRNA損傷に応答して翻訳を抑制するストレス応答因子である。これまで哺乳類におけるGCN1の生理的機能の解明を目的に、*Gcn1*ノックアウトマウスを作製し表現型解析を行った結果、*Gcn1*は胎児期の成長に必須であり、培養細胞の増殖および翻訳伸長に寄与することを見出したが、その分子機構は不明である。GCN1による翻訳制御を明らかにするため、*Gcn1*欠失細胞を用いてリボソームプロファイリングを行った。その結果、GCN1依存的に安定化および解消されるリボソーム衝突配列を見出した。また、ペルオキシソームに発現するトランスポーターであるSlc25a17において、リボソーム衝突の翻訳再開にGCN1が関わることを明らかにした。

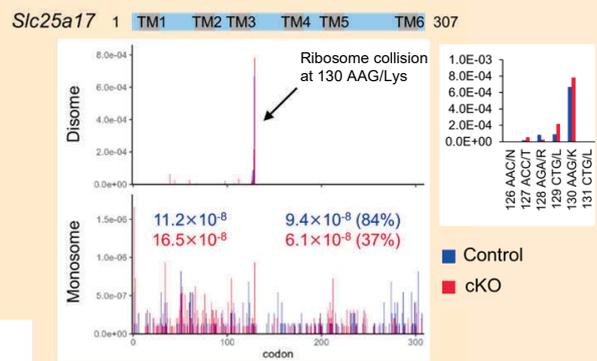
リボソームプロファイリング



Monosome occupancy

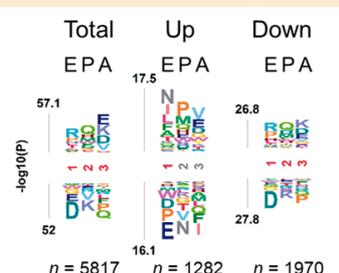


Slc25a17のリボソーム衝突と翻訳再開



130番目のAAG/Lysコドンでリボソーム衝突が見られControlでは下流の翻訳が進行するが、*Gcn1* cKOではおそらく品質管理により半分以下に翻訳が低下する。

Pause site in CDS



【今後の展開】

Slc25a17のN末端をPex19が認識してペルオキシソーム膜に挿入する可能性が考えられ、*Gcn1*欠失による内在性Slc27a17の局在変化およびペルオキシソーム内の代謝への影響を解析中である。

また、翻訳の品質管理の破綻が神経変性疾患に関与することが知られており、現在ドーパミンニューロン特異的な*Gcn1*ノックアウトマウスの表現型を解析しており、今後神経由来の培養細胞を用いて、GCN1依存的な翻訳制御への影響を解析する予定である。

No.07

多核緑藻類ハネモの形質転換法の開発と、多核体の分子細胞生物学への応用

マッチング

共同研究

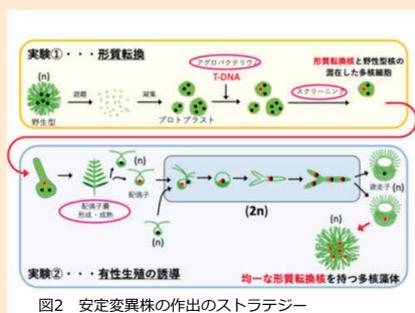
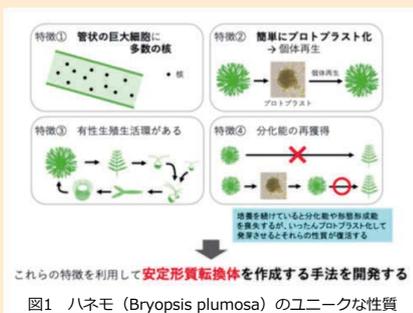
学術指導

所属・氏名 医学研究科 助教 畑 貴之

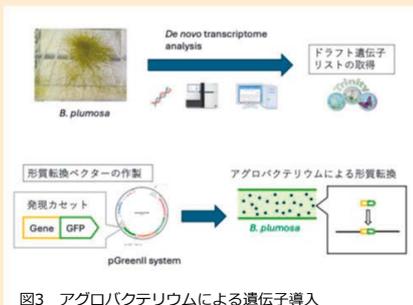
研究概要

本研究課題のキーワード：多核体，藻類形質転換

一つの細胞中に複数の核をもつ多核体は、藻類や糸状菌などにみられるが、どのようにして一つの細胞を複数の核が支配・制御しているのか、その分子的なメカニズム・動態にまでアプローチすることは難しかった。とりわけ、多核体生物標本のゲノム情報の整備や、遺伝子操作技術の開発がなされてこなかった点が大い。本研究では、多核体の分子細胞生物学の新規開拓を究極の目標とし、多核体の一種である緑藻ハネモを実験材料にその遺伝子操作技術の開発に取り組んだ。



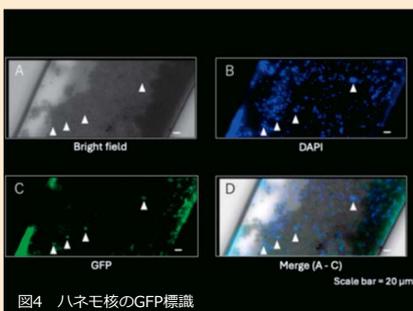
我々のグループでは、ハネモの藻体を細かく刻み、プロトプラスト化 (=細胞質とオルガネラの凝集した塊) させることで、アグロバクテリウムを介した外来遺伝子の導入が低頻度ながらも起こりうることを偶然にも発見した (未発表)。



本研究ではまず、*de novo* transcriptome解析により約6,000のハネモ遺伝子配列を取得した。このうち、核・オルガネラ局在遺伝子と細胞骨格系遺伝子については、系統樹解析と完全長cDNA配列解析から同定し、形質転換ベクターを作製した。プロトプラストおよび糸状体との共培養により、極低効率での遺伝子導入を確認した (図3、4)。プロトコルの最適化を検討したが、安定かつ高効率な手法、および均一な形質転換核をもった安定変異体株の確立には至らなかった。

<今後の課題>

多核体では形質転換核と非形質転換核とが細胞質を共有するため、抗生物質への曝露により非形質転換領域での細胞構造の崩壊が細胞全体に影響し、最終的には藻体が死滅してしまう。このため、形質転換株のスクリーニングについては、有性生殖により多核体中のひとつの核に由来する子孫個体から選抜することが、最も効果的と推測される (図1、2)。これについては予備検討を重ね、雌性・雄性ともに配偶子の放出までは確認できたものの、接合子の形成には至っていない。



【今後の展開】

ハネモを含め、海藻の遺伝子組換え技術はいまだ確立されておらず、海藻類の分子細胞生物学は未発展な領域といえる。陸上植物の直系の祖先である緑藻で遺伝子操作が可能になれば、植物種のゲノム・細胞組織、生活環といった様々な研究領域に対して大きなブレイクスルーとなりうる。また、海藻類には化粧品や医薬品等に用いられる代謝産物も知られており、ハネモの遺伝子導入技術は海藻を用いた新しい産業利用、開発の端緒としても期待できる。

マッチング

共同研究 受託研究

学術指導 講演等

所属・氏名 医学研究科 助手 引地 浩基

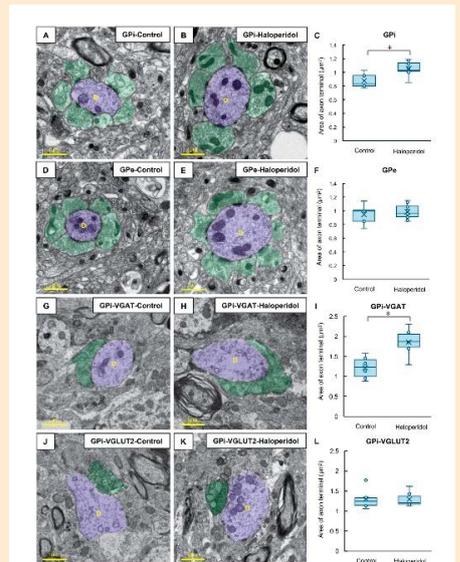
研究概要

本研究課題のキーワード：淡蒼球内節，直接路，神経終末，ハロペリドール

【背景・目的】遅発性ジスキネジア（Tardive dyskinesia : TD）および薬剤性パーキンソニズム（Drug-induced parkinsonism : DIP）は、ドパミン受容体遮断薬の長期使用により生じる代表的な薬剤性運動障害である。従来、これらの病態は主として線条体間接路におけるドパミンD2受容体遮断によりDIPが生じ、その後の同受容体の過感受性によってTDが生じると説明されてきたが、臨床および基礎研究においてTDとDIPが同時に出現する症例が報告されており、既存モデルでは十分に説明できない点が指摘されている。本研究では、TDおよびDIPの病態における線条体直接路の関与に着目し、ハロペリドール慢性投与ラットモデルを用いて、直接路神経終末の形態学的変化を検討した。

【方法】雄のWistarラットにハロペリドールデカン酸エステルまたはプラセボを6か月間反復投与し、TD様の行動として、ビデオ撮影による空咀嚼運動（vacuous chewing movements : VCMs）の計測、DIP様行動として、ロータロッド試験およびオープンフィールド試験を用いて自発運動量を評価した。最終投与後、淡蒼球内節（internal segment of the globus pallidus : GPI）および外節（external segment of the globus pallidus : GPe）にシナプスする神経終末の面積を電子顕微鏡により解析した。さらに、免疫電子顕微鏡を用いてGABA作動性（VGAT陽性）およびグルタミン酸作動性（VGLUT2陽性）神経終末を弁別し、それぞれの神経終末面積を定量した。加えて、12か月間のwashout期間を設けた後の神経終末面積の解析を行った。さらに、substance Pとの共局在解析により、直接路由来神経終末の同定を行った。

【結果】ハロペリドール投与群では、程度の差はあるものの、すべての個体において投与開始1週目からVCMsが出現し、時間経過とともに進行性に増悪した。ロータロッド試験およびオープンフィールド試験では、ハロペリドール投与群において運動量の有意な低下を認めた。形態学的解析では、GPIにおいてVGAT陽性GABA作動性神経終末の有意な肥大を認めた（図G,H,I）一方、GPeでは有意な変化を認めなかった（図D,E,F）。これらの肥大神経終末はsubstance Pを共発現しており、線条体直接路由来であることが示された。washout実験では、DIP様行動は改善したがTD様行動は持続し、GPIにおけるVGAT陽性神経終末の肥大も部分的に残存した。



【今後の展開】

本研究は、ハロペリドール慢性投与によりGPIにシナプスする線条体直接路神経終末に構造的変化が生じ、これがTDの病態形成に関与する可能性を示した。これらの結果は、TDを間接路異常のみで説明する従来の仮説の再考を促し、直接路を含めた包括的な病態理解の必要性を示唆する。今後、この成果は直接路を標的とした新たな治療薬の開発や、発症予防を目指した治療戦略の構築につながることを期待される。

マッチング

共同研究

受託研究

講演等

所属・氏名

医学研究科 客員研究員 山内 翔平

研究概要

本研究課題のキーワード：変形性膝関節症、プロテオーム解析、バイオマーカー、滑膜炎

滑膜炎を伴う変形性膝関節症(膝OA)における血清変化を明らかにするため、マウス膝関節内にモノヨード酢酸(MIA)を注入し、注入後48時間以内の血清プロテオーム解析を行った。MIA投与後、膝蓋下脂肪体の炎症は時間依存的に増悪し、48時間で有意な変化を示した。プロテオーム解析では計318タンパク質が同定され、注射後12、24、48時間でそれぞれ異なる発現変動タンパク質とパスウェイのエンリッチメントが認められた。注射後12時間は線溶系やMMP関連経路、24時間ではリポタンパク代謝や解糖系、48時間ではWntシグナルや細胞骨格関連経路がスコアに基づき上位にランクされた。以上の結果は膝OA初期滑膜炎に伴う血中分子変化が動的に推移することを示し、早期診断バイオマーカーや病態理解に資する知見を提供する。

【方法】

8週齢の雄マウス(C57BL/6J)20匹を、Control群(n=5)とMIA群(n=15)に割り付けた。MIA群には、右膝関節内にMIA(0.5 mg/10 μ L)を単回注射し、注射後12、24、48時間のタイミングで各5匹の心臓血及び右膝関節採取を行った。一方、Control群は8週齢時に組織採取を行った。採取膝関節は矢状断でパラフィン切片作製後、ヘマトキシリン・エオジン染色を行った。滑膜炎の指標となる膝蓋下脂肪体(infrapatellar fat pad: IFP)の炎症は、膝関節内側・中央・外側の3箇所にてIFP inflammation scoreとして半定量的に評価し(各0-6点)、3箇所の合算である総スコア(0-18点)を算出し、群間差をSteel-Dwass検定にて解析した。血清プロテオーム解析では、各マウスから100 μ Lの血清をProteoMiner™で濃縮し、LC-MS/MSを用いたラベルフリー定量プロテオミクス解析を行った。発現変動タンパク質(differentially expressed proteins: DEPs)は、対数変換および正規化後にControl群と比較して、2.0倍超または0.5倍未満の変化量かつp < 0.05を示すものと定義した。パスウェイ解析および分子ネットワーク解析は、KeyMolnet(KM Data社、東京、日本)を用いて実施した。

【結果】

組織学的評価: 膝関節へのMIA注射後、時間依存的な滑膜炎が誘導された。注射後48時間では、滑膜表層への細胞浸潤およびIFP内の線維化が認められ(図1A)、IFP inflammation scoreの平均総スコアはControl群に比べて48時間MIA群で有意に高値を示した(Control: 0.4 \pm 0.6, MIA 48時間: 6.8 \pm 4.4, P = 0.04)(図1B)。

プロテオーム解析: 計318種類のタンパク質が同定された。Control群と比較して、注射後12時間では9種類、注射後24時間では27種類、注射後48時間では9種類のDEPsが検出された。

パスウェイ解析: 注射後12時間では、線溶系、マトリックスメタプロテアーゼ(MMP)シグナル、SIBLINGシグナル関連経路がエンリッチされており、代表的DEPsとしてプロテアーゼネキシン-1(PN-1/SERPINE2)および α エノラーゼ(ENO1)が同定された。注射後24時間では、リポタンパク代謝、p160 SRCシグナル、解糖系がエンリッチされ、代表的DEPはアポリポタンパクA-I(ApoA-I)であった。注射後48時間では、Wntシグナル、微小管関連タンパク質関連経路、Rhoファミリーシグナルがエンリッチされており、代表的DEPsとしてEB1(MAPRE1)および微小管関連タンパク質(MAPs)が挙げられた。ネットワーク解析により、MIA注射後12、24、48時間でそれぞれ異なる分子ネットワークが形成されていることが示された(図2-4)。

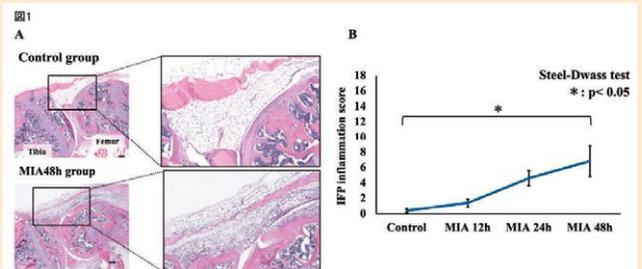


図2: MIA注射後12時間における、分子ネットワーク解析

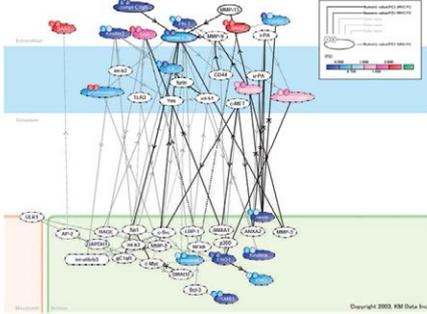


図3: MIA注射後24時間における、分子ネットワーク解析

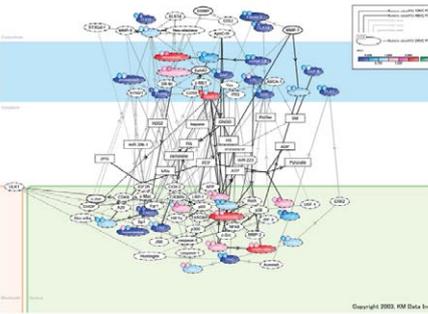
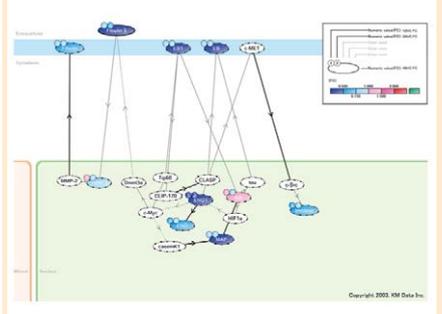


図4: MIA注射後48時間における、分子ネットワーク解析



【今後の展開】

ヒト膝OAコホートの血清プロテオーム解析により、発症・進行の分子基盤解明とバイオマーカー候補の同定を目指す。

マッチング

共同研究 受託研究

所属・氏名 医学研究科 助教 原 裕太郎

研究概要

本研究課題のキーワード：食道胃接合部癌、神経内分泌癌、SPEM
空間トランスクリプトーム解析

食道胃接合部腺癌（AEG）101例を対象に神経内分泌分化（N-AEG）を検討した。N-AEGは若年発症、低分化、リンパ節転移、R1切除が多く、独立した予後不良因子であった。Visium HD解析により、腺癌成分と神経内分泌成分は腫瘍進展の早期に分岐し、TFF2・MUC6陽性の胃底腺/SPEM背景に由来することが示唆された。N-AEGではpAKT活性化とHES1低下が認められ、Notch抑制を伴う神経内分化が臨床悪化に関与すると考えられた。

Adenocarcinoma of esophagogastric junction with NEC originate from the cardiac grand and worsen prognosis

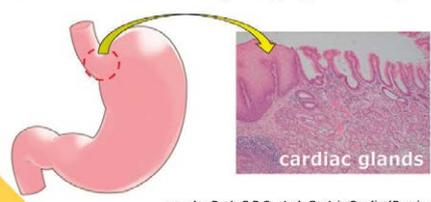
Department of Gastroenterological Surgery,
Hirosaki University Graduate School of Medicine

Yutaro Hara, Hiroki Mizukami,
Takahiro Muroya, Kenichi Hakamada



Background

Adenocarcinoma of esophagogastric junction



van der Post, C.R.S. et al, Gastric Cardia (Proximal Stomach). Pathology of the Gastrointestinal Tract. Encyclopedia of Pathology.

Adenocarcinoma of esophagogastric junction with NEC (N-AGE)

10/101 (9.9%): N-AGE

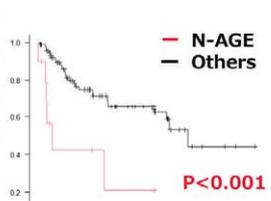
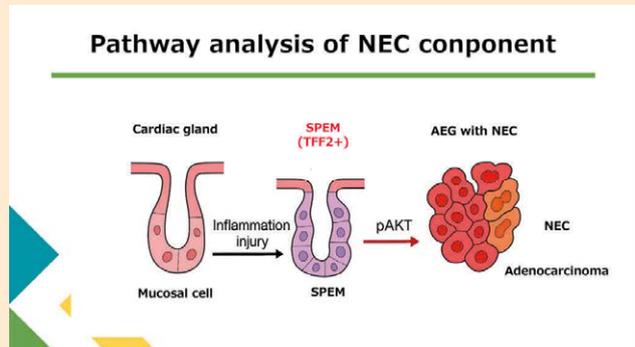
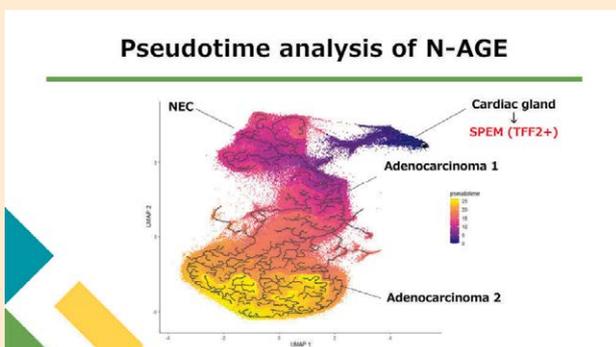
No	%NEC
1	5%
2	10%
3	10%
4	20%
5	40%
6	40%
7	60%
8	60%
9	90%
10	90%

HE synaptophysin chromogranin

Disease-free survival

Univariate analysis	p-value
Y-AGE vs O-AGE	0.343
Male vs Female	0.176
Tumor size (mm): < 40 vs ≥ 40	< 0.01
T1-2 vs T3-4	< 0.001
N: N0 vs N1	< 0.001
R: R0 vs R1	< 0.01
N-AGE vs others	< 0.001
Siewert type2 vs others	0.293
CA19-9: <37 vs >37	0.01
Ly: positive vs negative	0.047
V: positive vs negative	<0.01

Multivariate analysis	HR	p-value
T: T1-2 vs T3-4	5.89	0.01
Tumor size (mm): < 40 vs ≥ 40	1.35	0.63
N: N0 vs N1	3.16	0.09
N-AGE	4.72	<0.01
Well-mod vs poorly	1.34	0.47
R: R0 vs R1	0.73	0.64
Ly: positive vs negative	1.06	0.97
V: positive vs negative	0.74	0.66
CA19-9: <37 vs >37	1.17	0.78

SPEM由来AEGにおけるAKT活性化とNotch抑制を標的とした分子層別化が、予後予測と治療選択の鍵となる。神経内分泌分化の早期指標（TFF2/MUC6、pAKT、HES1）を用いたリスク層別化により、集学的治療の最適化が期待される。さらに空間トランスクリプトミクスを用いた進化経路の精緻化や、AKT/Notch軸の介入検証を進めることで、N-AEG特異的治療戦略の確立を目指す。

マッチング

共同研究

受託研究

学術指導

講演等

所属・氏名

保健学研究科 助教 吉野 浩教

研究概要

本研究課題のキーワード：スーパーエンハンサー, BRD4, ΔNp63, DNA 損傷耐性, 頭頸部扁平上皮癌

スーパーエンハンサー（SE）は、ゲノム上の強力な転写調節領域であり、がん細胞において重要な遺伝子の発現を強力に誘導する。SEの形成には多数の転写因子に加え、BET系プロモドメインタンパク質BRD4などが必要である。申請者はこれまでに、頭頸部扁平上皮癌（HNSCC）細胞におけるがん遺伝子で、SE構成因子でもある転写因子ΔNp63がHNSCC細胞の放射線抵抗性に寄与することを見出した（Sato K et al., Curr Issues Mol Biol, 2023）。本研究では、SEの主要な構成因子であるBRD4に着目し、HNSCC細胞における放射線応答の役割について検証した。その結果、①SE領域はDNA損傷耐性領域であり、BRD4の発現抑制により放射線抵抗性を改善できること、②BRD4がΔNp63発現維持を介して部分的に放射線抵抗性に寄与する可能性を見出した。

【成果1: SE領域はDNA損傷耐性ゲノム領域である】

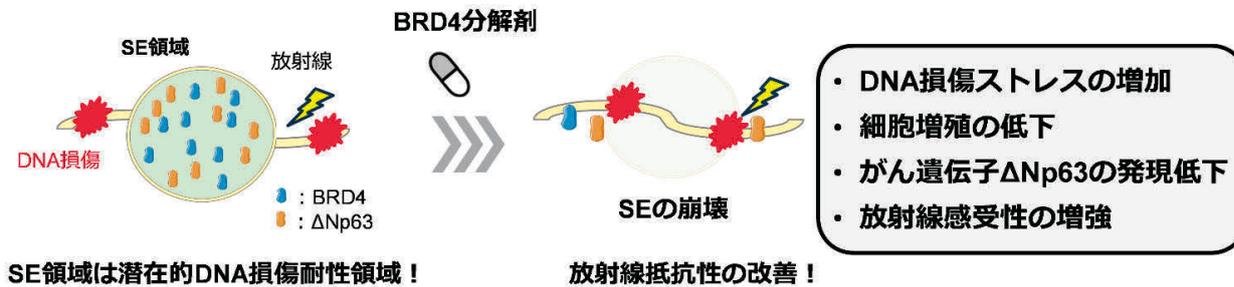
- ChIP-Seq解析において、H3K27acでマークされたゲノム領域（SE領域）はBRD4と共局在する一方、γH2AX（DNA二本鎖切断のマーカー）とは共局在しなかった。
- 免疫蛍光染色解析において、放射線照射後の細胞におけるγH2AXの局在は、BRD4が高集積する領域と排他的であることが示された。

【成果2: BRD4はHNSCC細胞の放射線抵抗性に寄与する】

- BRD4分解剤ARV-771およびBRD4ノックダウンはBRD4のタンパク質発現を低下させるとともに、HNSCC細胞の放射線感受性を増強した。

【成果3: BRD4がΔNp63発現維持を介して部分的に放射線抵抗性に寄与する】

- 放射線照射後の細胞において、γH2AXとΔNp63の局在は互いに排他的である。
- HNSCC細胞の放射線感受性を増強するΔNp63ノックダウンはBRD4のタンパク質発現に影響を及ぼさなかった。一方、ARV-771とBRD4ノックダウンはいずれも、BRD4のみならずΔNp63のタンパク質発現も抑制した。



【今後の展開】

SE領域がDNA損傷耐性を有するゲノム領域を形成しており、その制御によりHNSCC細胞の放射線抵抗性を克服できる可能性を示した。今後、SEが制御するDNA損傷耐性機構や放射線抵抗性に関与するゲノム領域、ならびに放射線照射後のがん細胞の生存に重要な遺伝子を同定することで、放射線療法のさらなる発展への貢献が期待される。

研究概要

本研究課題のキーワード：散乱X線、可視化、ピンホールカメラ、職業被ばく、放射線防護

血管造影をはじめとした放射線診療は現代医療に不可欠であるが、医療スタッフは散乱X線による被ばく（職業被ばく）を伴う。水晶体に対する線量限度が大幅に引き下げられた現在、医療スタッフに対するより適切な被ばく管理が求められている。散乱X線による被ばくを低減させるには遮へい板や防護メガネなどを用いるが、散乱X線は患者のみならずX線装置等からも有意に発生するため、効率的に防護するには散乱X線の発生源を把握する必要がある。しかし、測定器による線量評価では発生源を区別することは困難である。本研究では、防護策の検討を念頭に、鉛製ピンホールカメラを自作し各種放射線検査における散乱X線源の可視化を行った。

【方法】

(1) 鉛製ピンホールカメラの作製 (図1)

- ・木製板で箱を構成し内面に2 mm厚の鉛板を貼付（前面中央は空洞）
- ・3.0 mmφのピンホールを設けた1 mm厚鉛板を前面空洞部に配置
- ・内部に単純X線撮影用のイメージングプレート（IP）を挿入

※ピンホールカメラ…光学レンズを用いずに小径を通過した光で結像させる。

(2) 各放射線検査での散乱X線源像の撮影

- ・患者ファントム近傍にピンホールカメラを配置
- ・患者ファントムに1次X線を照射した際に生じる散乱X線をIPに曝露
- ・読み取り装置にてIPからピンホール像を取得

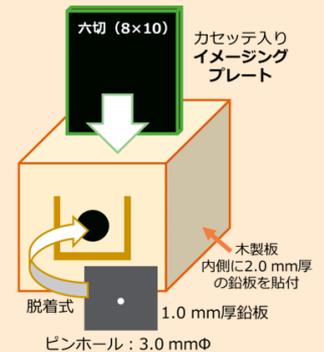


図1 自作した鉛製ピンホールカメラ

【成果】

自作の鉛製ピンホールカメラにより、放射線検査で生じる散乱X線の発生源を描出することができた。例として、頭部単純X線撮影と新生児集中治療室（neonatal intensive care unit: NICU）でのポータブルX線撮影の際の散乱X線源像をそれぞれ図2、図3に示す。患者以外にもX線管の射出窓部等から散乱X線源が発生している様子が明瞭に観察された。

NICUポータブルX線撮影の場合は、保育器（クベース）の亚克力製カバーからも有意な散乱X線が発生しており、撮影介助を行う医療スタッフの被ばく低減対策として、防護カーテンの使用が効果的であることが示唆された。

IPの読み取り操作が必要であり、観察までにタイムラグが生じるという課題がある。



図2 頭部単純X線撮影の例

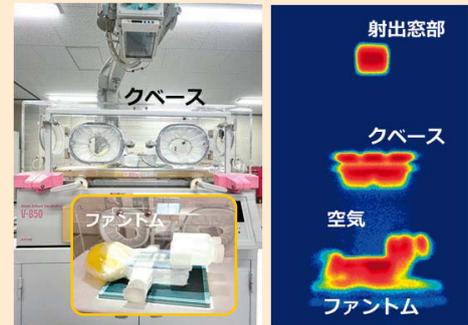


図3 NICUポータブルX線撮影の例

日本放射線看護学会誌, 13(2): 41-49, 2025 / 日本放射線看護学会誌, 12(2): 44-53, 2024 / Radiat Prot Dosimetry, 200(16-18), 1542-1546, 2024

【今後の展開】

より多くの放射線検査を対象として散乱X線源の可視化を行うとともに、定量化により線量評価を行う。現在はリアルタイムに散乱X線源を可視化できるシステムを構築中である。将来的には、小型化を実現させ、広く放射線診療の場で活用可能な散乱X線源可視化カメラの実用化・普及を目指す。これにより、防護策の適正化をはかることが可能となり、更なる職業被ばく低減に資するものと期待される。併せて、放射線防護教育教材としてピンホール像を活用していきたい。

低酸素環境における癌細胞の放射線応答を考慮した数理モデル開発

マッチング
共同研究 受託研究
学術指導 講演等

所属・氏名

保健学研究科 助教 嵯峨 涼

研究概要

本研究課題のキーワード：放射線抵抗性，低酸素環境，癌幹細胞，細胞生存率，局所制御率

腫瘍組織内には低酸素領域が存在し、放射線治療抵抗性の要因となっている。近年、MRIやPET検査モダリティの進歩により腫瘍内低酸素体積の定量が可能となり、患者ごとの低酸素分布に応じた線量漸増治療が提案されている。しかし、従来の数理モデルでは低酸素環境下での放射線応答が考慮されておらず、必要線量を理論的に予測できなかった。本研究では、低酸素条件下の細胞実験に基づく数理モデルを構築し、低酸素を考慮した細胞生存率および腫瘍局所制御率を高精度に予測することに成功した。

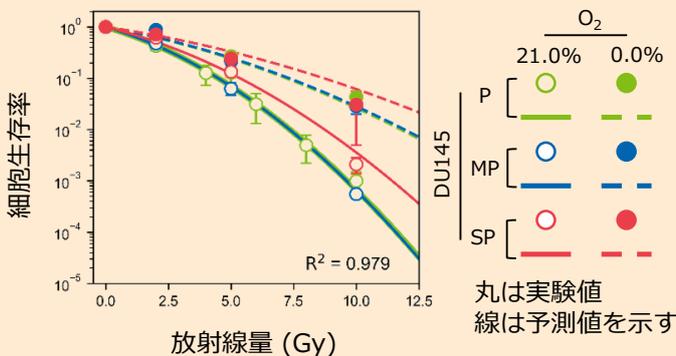
【構築した数理モデル】

不均一な放射線感受性と低酸素環境における放射線抵抗性を考慮するパラメータを数理モデルに導入した。パラメータは全細胞 (Parent; P) の生存率およびDNA損傷応答から推定した。



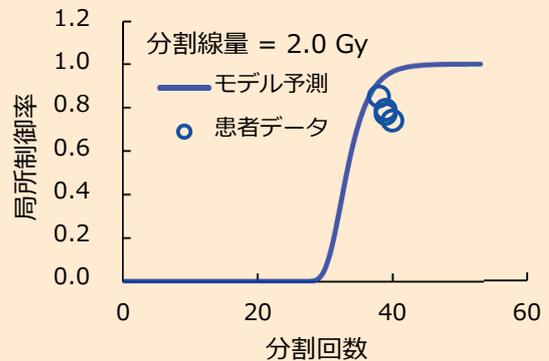
【細胞生存率予測】

DU145-Pの生存率を通常酸素、低酸素ともに精度良く再現できた。また、メインポピュレーション (MP)とSPの生存率をDNA損傷応答パラメータから精度良く推定することに成功した。



【局所制御率予測】

細胞生存率予測にて取得したパラメータを使用し、2 Gy分割治療を受けた前立腺癌患者の局所制御率を合わせ込み無しで再現することに成功した。



【今後の展開】

再酸素化のような低酸素動態を考慮した数理モデルへの拡張や、異なる実験条件におけるモデルの一般性および妥当性を検証し、MRIやPET画像由来の低酸素指標とシミュレーションによる線量分布計算を組み合わせることで、治療計画における線量設計を支援する計算ワークフローへの展開可能性を検討する。

研究概要

本研究課題のキーワード：液滴衝突，赤外線計測，逆問題解析，熱物性推定，対流熱伝達

単一液滴の加熱面衝突現象は、近年急成長する金属3Dプリンタの基盤的素過程として知られ、その解明は金属積層造形の品質向上に直結する。しかし、衝突時に固液界面近傍で発生する極めて高速な伝熱現象は、既存手法では評価が困難である。そこで本研究ではサブミリ秒級の超赤外計測を基盤に、固液界面における温度・熱流束・接触熱抵抗を同時に定量化する評価手法を確立することを目的とし、研究を実施した。具体的には、液滴-基板界面温度を直接計測し、接触熱抵抗および界面熱流束を高精度に推定することで、既存研究では手付かずであった「接触熱抵抗が液滴衝突時の固液界面伝熱機構に及ぼす影響」を検証する手法を新たに確立した。

図1のように、高速度赤外カメラ（5,000 fps）、市販の赤外透過ガラス、加熱系、シリンジポンプから構成される実験装置を構築した。

図2に示すように、固液接触時に赤外透過基板を介して、赤外線が取得する熱ふく射応答は、接触界面から放射される成分だけでなく、加熱基板の自己放射および背景放射の基板反射成分を含む合成ふく射熱流束である。また、多くの液体は中赤外域で半透明体であるため、接触直後に液滴内部に形成される急峻な温度分布が赤外信号に大きく寄与する。そこで、本研究では、接触熱抵抗を含む非定常移流拡散方程式の数値解を熱ふく射応答モデルに組み込んだ。

さらに、実験データと理論モデルの出力から目的関数を定義し、液体の熱浸透率および接触熱抵抗を未知パラメータとした逆問題を解くためのプラットフォームを構築した。図3は、寒天ゲル化水を使った妥当性検証時の逆問題解析結果の一例であり、実験値と理論値がよい一致をしめすことが分かる。この時に推定された試料の熱浸透率および接触熱抵抗の値は文献値と良い一致を示しており、開発した手法の妥当性が示された。

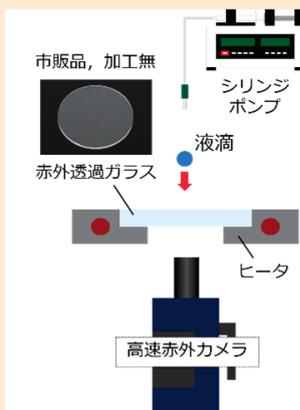


図1：実験装置

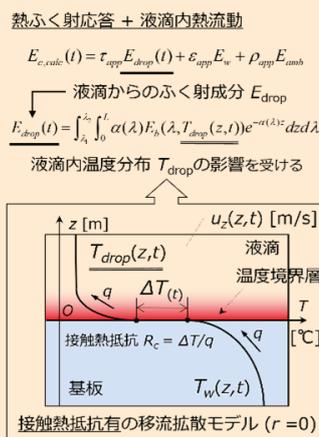


図2：理論モデル

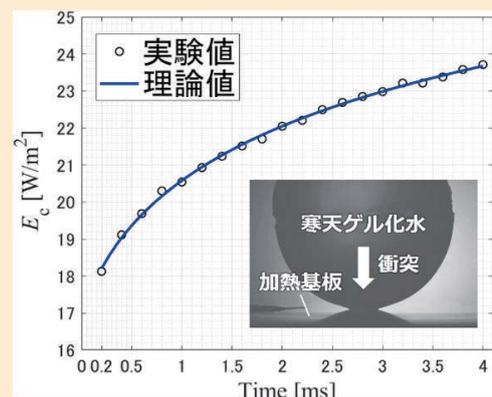


図3：逆問題解析結果

【今後の展望】

本課題で構築した固液界面伝熱現象の評価法は、液滴衝突界面における接触熱抵抗を世界で初めて直接計測し、その寄与を定量的に解明するものである。この成果は学術的ブレークスルーにとどまらず、高精度化が要求される金属積層造形プロセスの熱設計・品質管理を高度化し、産業応用にも大きく資する。さらに、本手法は当研究室独自の研究基盤技術として機能し、創発的研究支援事業などの大型外部資金獲得を強力に後押しするコア技術となり得る。

研究概要

本研究課題のキーワード：酸化チタン，金属イオンドーピング，ゾルーゲル法，光触媒

酸素および水素発生光触媒とそれらで光生成する電子の伝達物質を用いた2段階光励起型光触媒系(Z-scheme型光触媒系)を構築し、地球上に無尽蔵に降り注ぐ太陽光を励起源として水を分解し、水素を得る方法が、2050年までのカーボンニュートラル達成に向けて、大きく注目を集めている。一般的に光触媒はマイクロメートルオーダーの粉末が用いられるため、非常に強い光散乱が生じるだけでなく、粒子表面近傍に光反応が限定される。本研究課題では、申請者が独自に開発してきたゾルーゲル法で透明な酸化チタン(TiO_2)ゾルを調製し、水素および酸素発生に対する光触媒活性評価を行い、透明なZ-scheme型光触媒系の構築の可能性を検討した。

→高い透明度を維持したまま水素および酸素の生成が可能な TiO_2 ゾル光触媒合成に成功

水素、酸素生成にはそれぞれPt、Coイオンを助触媒として用いた。ゾルーゲル法により、金属イオンを原子レベルで高分散させることで、光析出法によってそれぞれの金属イオンを TiO_2 ナノ粒子表面近傍に担持させても沈殿が生じず、高い透明性を維持させることに成功した(図1)。

Ptイオンドープ TiO_2 (Pt- TiO_2)に紫外光を10時間以上照射しても TiO_2 粒子が沈殿することなく安定した水素生成に成功した(メタノール犠牲剤存在下で平均水素生成速度約 $100 \mu\text{mol h}^{-1}$)。

Co- TiO_2 では、紫外光照射により、硝酸銀犠牲剤存在下で酸素生成速度約 $1.7 \mu\text{mol h}^{-1}$ を示した。

高い透明性を維持しつつ水素、酸素発生に対する光触媒活性を示したことから、これらの光触媒を組み合わせることで、光散乱を抑制し、光反応場を拡張させることが可能なZ-scheme型光触媒系構築への可能性を示した。



図1 Pt- TiO_2 ゾルの紫外光照射前(左)後(右)

【課題】

TiO_2 ゾルと適切な電子伝達物質を組み合わせたZ-scheme型光触媒系を実際に構築し、犠牲剤を含まない水分解による水素生成が課題である。紫外光は太陽光に3%程度しか含まれていないが、可視光は約45%含んでいる。 TiO_2 ゾルに可視光応答性を付与し、太陽光有効利用が可能なZ-scheme型光触媒系を構築して、カーボンニュートラル達成に貢献することも今後の課題である。

【今後の展開】

可視光の吸収が可能なCrやCuイオンなどの遷移金属を TiO_2 ゾルにドーピングし、太陽光を有効利用できる光触媒の創製を指向する。紫外光照射下で光生成する水素を水素添加反応に利用できれば、医薬品や生理活性物質などの有用な有機物の合成用光触媒として役立つことが期待される。水だけでなく、有害な有機物の酸化分解や重金属の還元による無害化・回収も可能であるため、環境浄化や資源循環、センサー応用などの水平展開も可能である。

研究概要

本研究課題のキーワード：メタサーフェス、ミリ波、テラヘルツ、ホットスタンプ法(箔押し技術)

メタサーフェスは5Gや次世代の6G無線通信に向けて盛んに研究が進められている、テラヘルツ波を制御するアンテナ構造の一つである。印刷技術の一つであるホットスタンプ法（箔押し技術）をメタサーフェスの作製に利用できれば、大面積かつ量産的な作製が可能となり、メタサーフェスによるテラヘルツ波制御の社会実装が期待できる。そこで本研究では、ホットスタンプ法による金属パターニングの、メタサーフェスをはじめとするテラヘルツ波帯のアンテナ構造の作製への応用可能性の検討を進めた。本期間では、ホットスタンプ法による金属パターニングについて、①高周波数帯におけるアンテナ構造としての利用可能性があること、②ミリ波帯メタサーフェスの作製が可能であることを確認した。

【研究成果】

①高周波数帯におけるアンテナ構造としての利用可能性の確認

図1は、50 μm 厚のポリイミド(PI)フィルム上にホットスタンプ法でAl膜を熱転写したサンプルと、50 μm 厚のPIフィルム単体それぞれの、約10~120 THzでの透過率である。学内設備のフーリエ変換赤外分光計(FTIR, Varian 670-IR)で測定した。サンプルはPIフィルム単体比べて透過率が大きく低下している。サンプル透過率/リファレンス透過率の比より、約10~120 THzのテラヘルツ波帯・赤外域において、ホットスタンプ法で熱転写したAl膜によって約95%の入射波を遮断できていると考えられる。よって、ホットスタンプ法によるAl膜などの金属パターニングは、テラヘルツ波帯・赤外域のアンテナ構造として利用可能性があることを確認した。

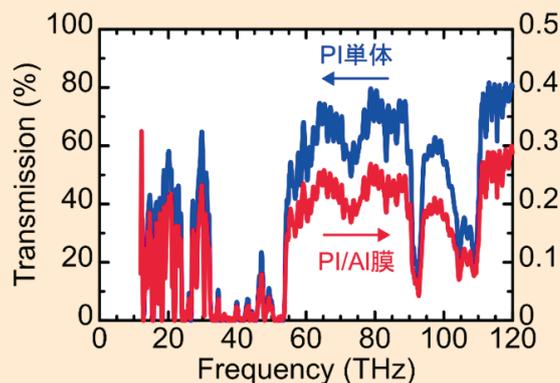


図1 FTIRで測定した透過率
赤:サンプル、青:リファレンス

②ミリ波帯メタサーフェスの作製

図2は、ポリイミド(PI)フィルム上にホットスタンプ法でAl膜をパターニングして作製した、二重スプリットリング共振器のミリ波帯メタサーフェスの写真である。メタサーフェスは12.5 GHzで低反射な特性を有するように設計している。メタアトム(単位周期構造)の大きさは12 mm角、Alの線幅とギャップはともに1 mmである。今後、作製したメタサーフェスのミリ波帯の透過・反射測定を行い、動作の検証を進める予定である。

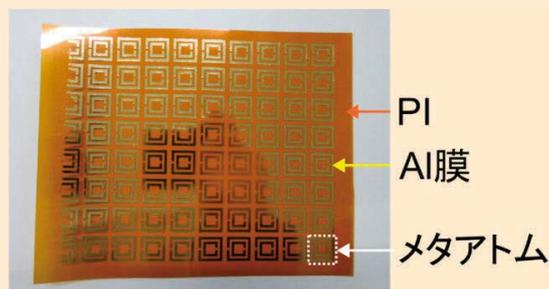


図2 ホットスタンプ法による金属パターニングで作製したミリ波帯メタサーフェス

【今後の展開】

テラヘルツ波帯メタサーフェスの作製に、従来のフォトリソグラフィ法だけでなくホットスタンプ法も利用できるようになれば、5G・6G無線通信をはじめとするテラヘルツ波帯アプリケーションの実用化に大きく貢献できると考えられる。また、カーボンナノチューブのような金属以外の材料のパターニングにも活用することで、メタサーフェスやアンテナの設計・応用の新規開拓も期待できる。

膜形成が駆動する葉緑体のタンパク質合成制御機構の解明に向けて

マッチング
共同研究

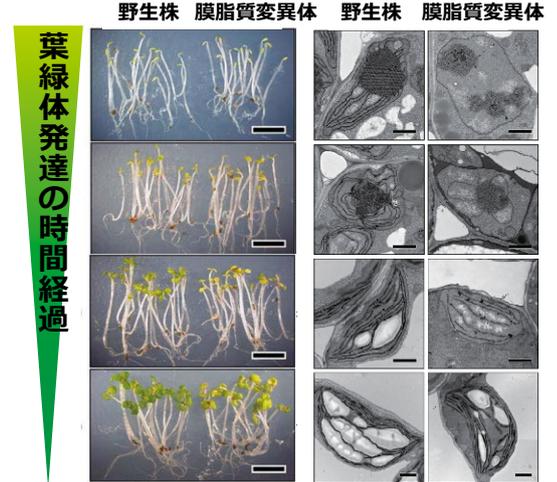
所属・氏名

農学生命科学部 助教 藤井 祥

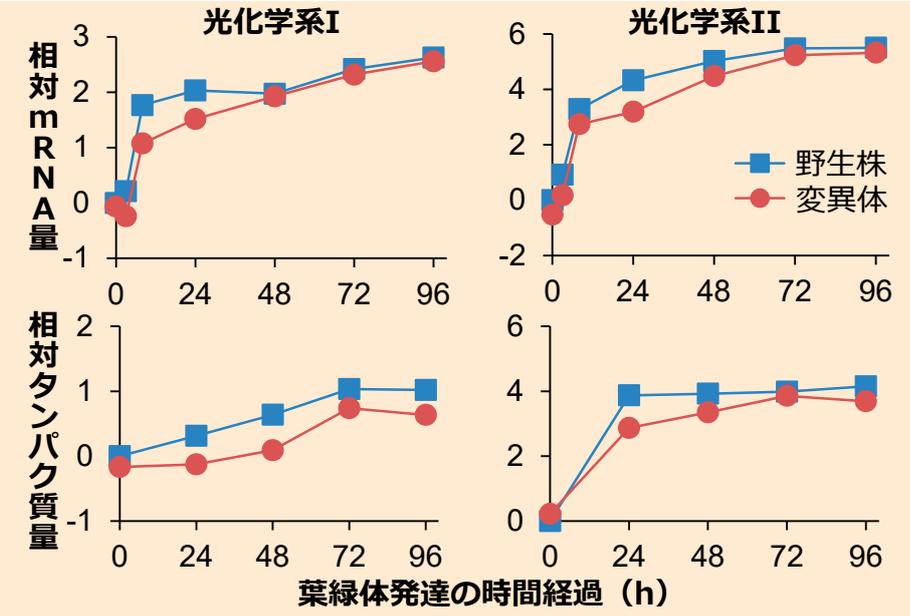
研究概要

本研究課題のキーワード：葉緑体分化，遺伝子発現，膜脂質，光合成，変異体解析

植物は発芽時に葉緑体を分化させることで光合成を行う。葉緑体内に発達するチラコイド膜は、膜脂質と光合成タンパク質で構成されることから、光合成には膜脂質と光合成タンパク質の協調的な合成が必要と考えられる。しかし、膜脂質合成と光合成タンパク質の発現を協調的に制御するメカニズムには未解明の点が多い。このメカニズムを解明するため、本研究では葉緑体の膜脂質合成酵素の1つが欠損したシロイヌナズナ変異体を用いて、膜脂質合成が光合成タンパク質の発現に与える影響を解析した。その結果、膜脂質合成が光合成タンパク質の転写と翻訳それぞれに影響を与える可能性が見出された。葉緑体における転写・翻訳制御が膜形成に依存しているのではないかと考えられる（右図はFujii et al. (2019) Plant Cell Physiol.より改変）。



【結果】
膜脂質合成を抑制すると、葉緑体ゲノムにコードされた2種類の光合成タンパク質において葉緑体発達初期のmRNA蓄積が遅延した。タンパク質の蓄積は葉緑体の発達が進行した後も抑制されていた。葉緑体における転写や翻訳のプロセスに膜脂質合成が関与することを示唆している。右図において、mRNA量やタンパク質量は底を2とする対数値で示した。



【考察】
葉緑体では、DNAを含む染色体様の構造体である核様体や、RNAポリメラーゼ、リボソームが膜上に局在する。膜脂質合成にともなう膜の状態変化がこれらの遺伝子発現系を駆動することで、葉緑体発達が協調的に進行するのではないかと考えられる（右図はFujii et al. (2025) Plant Cell Physiol.より改変）。



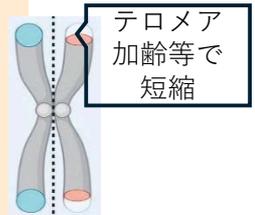
【今後の展開】
葉緑体のタンパク質合成機能の解明に向けて、現在RNA免疫沈降法を利用して翻訳中のmRNAを特異的に抽出・分析する手法の構築を進めている。従来のリボソームプロファイリング法や放射性同位体による標識実験法と比較して、生物試料の量・質や設備面での制約が少ないため、葉緑体の機能維持に不可欠な翻訳制御機構の研究の進展を支える技術となることが期待される。

研究概要

本研究課題のキーワード：術後せん妄、テロメア、脆弱脳

【研究背景と目的】

術後せん妄（POD）は一般的な術後合併症であり、術後の予後不良と関連している。しかし、POD発症のメカニズムは未だ解明されておらず、術前予測は困難である。テロメアは染色体末端のクロマチン構造であるが、近年、テロメア長短縮は加齢関連疾患と関連することが報告されている。加齢がPODと関連することから、術前のテロメア長がPODの発症を予測できるかどうかを検討する。



【方法】

本単施設前向き観察研究は、弘前大学大学院医学研究科倫理委員会（2022-061）の承認、日本臨床試験登録機構（jRCT1020220041 研究責任者：内田 達士）の登録の後に実施した。対象は術後2日以上集中治療室（ICU）に滞在すると予測された患者とした。認知機能低下、術前せん妄、神経精神疾患、重度心不全、末期腎不全、血液疾患を有する患者、および人工心肺下手術を受けた患者は除外した。白血球テロメア長測定用の血液サンプルは麻酔導入前に採取し、ハイブリダイゼーションプロテクション法を用いて測定した。術後せん妄（POD）のスクリーニングにはICDSC（Intensive Care Delirium Screening Checklist）を用い、4時間ごとに評価した。ICDSCスコアが4以上の患者をPOD群に分類した。本研究はパイロット研究であるため、サンプルサイズは慣例的に50例とした。POD群と非POD群の患者データ（テロメア長を含む）をマン・ホイットニーのU検定またはフィッシャーの直接確率検定を用いて比較した。POD発症予測における術前テロメア長最適カットオフ値を推定するため、受信者操作曲線を描出しユーデン指数により算出した。術前テロメア長がPOD発症を予測可能か判断するため、多変量ロジスティック回帰分析を行った。

【結果】

POD群は10例、非POD群は残りの40例であった。両群間で患者の特徴および周術期データに有意差は認められなかった。術前テロメア長は群間で有意差なし（POD群 vs 非POD群：296501.75 RLU/ μ g DNA [265038.00, 308664.69] vs. 327883.60 [283672.17-365400.67], $p=0.104$ ）。ROC曲線解析により、術後呼吸不全発症予測における術前テロメア長カットオフ値は309109.3 RLU/ μ g DNAと判明した（特異度：0.6、感度：0.8、曲線下面積：0.668、95% CI 0.467 - 0.868）。多変量ロジスティック回帰分析では、年齢および術前認知機能を調整後、術前テロメア長 ≥ 309110 RLU/ μ g DNAがPOD発症リスクの低下と有意に関連していた。

【今後の展開】

単変量解析では両群間でテロメア長に統計学的有意差は認められなかったが、多変量解析時に交絡因子を調整後、テロメア長が短いほどPOD発症リスクが高いことが示された。我々は従来より、術後せん妄発症は術前の患者の状態、つまりは「脳が脆弱であるか」という点で研究を進めてきており、パイロット研究のためにサンプル数が少なく慎重に解釈する必要があるものの、本研究はこれを客観的に示唆するデータであると考え、今後これらの関連性を確認し、臨床的意義を明らかにするための大規模なサンプル数を用いた研究が必要である。

本研究はScientific Reports誌に掲載済である。Ishii A, Takekawa D, Kinoshita H, et al. Relationship between telomere length and postoperative delirium: a single center prospective observational pilot study. Sci Rep. 2025;15:24390.

研究概要

本研究課題のキーワード：放射線，線量評価，微小核，イメージングフローサイトメータ

多数の死傷者を伴う放射線事故においては、迅速かつ確実なトリアージが、緊急かつ集中的な医療処置を必要とする人々を特定するために不可欠である。しかし、トリアージに活用できる細胞遺伝学的線量評価は、細胞培養に必要な時間や、染色体異常の解析に複雑な専門技術が必要とされるというボトルネックが存在する。本研究では、解析が比較的容易である細胞分裂阻害微小核（CBMN）法を用いて、フローサイトメータの細胞集団解析能力および、蛍光顕微鏡のイメージング能力を融合したイメージングフローサイトメータ（IFC）を用いることにより、多数の細胞の画像を取得して解析する手法を確立した。

1. 汎用試薬を用いた（IFC）解析技術の確立

イメージングフローサイトメータの解析にあたり、赤血球の溶血処理および細胞固定に関して比較を行った。先行研究においては、フローサイトメータの解析に使用される BD 社の Lysing バッファーを使用しているが、本試薬は比較的高価であり、大量の検体を処理する際にはなじまない。そこで、本研究では、ACK バッファーとしても知られる、塩化アンモニウム、重碳酸ナトリウム、EDTA からなる溶血バッファで赤血球を溶解し、ホルムアルデヒドで固定したのち、測定を行った。図 1 に結果を示したが、主核および、微小核が問題なく撮影され、解析ソフトウェアである Cytex IDEAS における画像解析が可能であった。これらの一般的な試薬の組み合わせで解析が可能となることにより、先行研究と比較して大幅なコストの削減が可能となる。

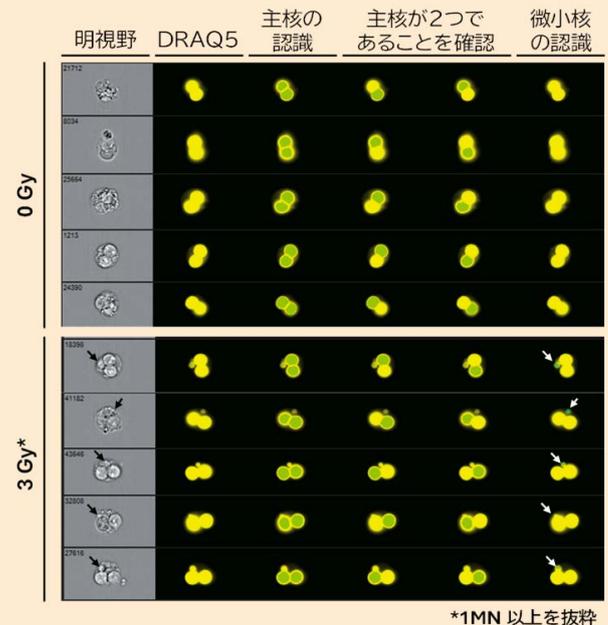


図 1. Cytex IDEAS による微小核の解析

2. 線量-反応曲線の描出

1. で得られた結果を基に線量-反応曲線の描出を試みた。0~10 Gy の照射血を用いて、IFC にて測定を行ったところ、**6 Gy まで良好な線量反応が得られる**ことが明らかとなった。また、各サンプルの測定に要する時間は**平均 9.7 ± 1.2 分**と顕微鏡下での解析と比べて短縮できることが明らかとなった。特に多数の傷病者のトリアージが必要となるような大規模災害時には有用な手段となると考えられる。現在、ドナーを増やして線量-反応曲線の信頼性を高める予定である。

※ セントロメアの検出を加えることで、線量評価の感度を高められるかを併せて検討しているが、撮影に適した条件を見いだせておらず、本研究終了後も継続して条件検討を行う。

【今後の展開】

- 本研究成果に関しては、すみやかにQ1/Q2ジャーナルへ投稿する
- 現在、韓国原子力医学院（KIRAMS）との国際共同研究による施設間比較研究を準備中であり、研究成果の再現性の担保と、さらなる技術の改良が見込まれる。施設間比較研究をさらに論文投稿することで、国内のみならず海外、特に、**アジア地域線量評価ネットワーク（ARADOS）を通じたアジア地域への還元**を図る

弘前大学共同研究トライアルファンド

研究概要

本研究課題のキーワード：マテリアルリサイクル，稲わら，パルプ化，手漉き，機械漉き

本研究では、有限会社リングミュージック（樋川由佳子氏，瀬戸紀龍氏）と共同で稲わらのマテリアルリサイクルの一方策を提案するため、青森県産稲わらのパルプ化および手漉き紙，機械漉き紙への利用に関して検討した。その結果，10kg前後/ロールであった稲わら12ロールより，質量188.0kg，水分82.5%，換算乾燥質量32.9kgのパルプが得られた。またこれらのパルプより手漉き紙を作製し，印刷テスト等を行ったところ，滲みの問題等は発生しなかったことから，色紙およびカードを試作することができた。更に作製した機械漉き紙は，軽包装（角底袋）用の紙袋に使用する未ざらしクラフト紙に近い値を有していることが分かった。

図1の10kg前後/ロールの稲わらを12ロール使い，図2のパルプが得られた（質量188.0kg，水分82.5%，換算乾燥質量32.9kg）。図3の通り手漉きにて色紙およびカードサイズの手漉き紙を作製した。色紙にマジックにてテストしたところ，良好であった。また，カードへの印刷も滲み等の問題もなく，印刷することができた。これらの結果を反映させ，図4の通り青森県産稲わらのパルプを用いた色紙およびカードを試作することができた。



図1 稲わら



図2 稲わらパルプ



図3 手漉きの様子



図4 試作品

機械漉きで試作した紙の坪量と引張強さを測定した。その結果，坪量は 54.8g/m^2 ，引張強さは縦方向が 2.32 kN/m ，横方向が 2.33 kN/m であった。

JIS P 3401によるとクラフト紙は1種から5種までの分けがあり，1種は主に重包装（多層紙袋）用の紙袋に使用する未ざらし（未晒し）クラフト紙，3種は主に軽包装（角底袋）用の紙袋に使用する未ざらしクラフト紙に該当する。

本研究で試作した機械漉き紙は，坪量と引張強さのみで勘案すると，クラフト紙3種（軽包装（角底袋）用の紙袋に使用する未ざらしクラフト紙）のSS-50に近い値を有していることが分かった。



図5 試作した機械漉き紙

【今後の展開】

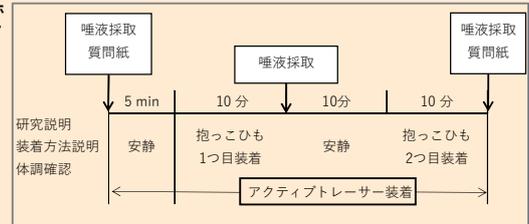
クラフト紙のJISの分けである1種の一例として，MS-75（坪量 75.0 g/m^2 ，縦方向 4.5 kN/m ，横方向 2.2 kN/m ）がある。本研究で試作した機械漉き紙の坪量や縦横のパルプの配向割合を縦方向に多くする等の調整によって，1種MS-75の基準を満たす引張強さ等を有するクラフト紙を作製可能と推察され，米を販売する際に使用する紙袋やパッケージに貼るシール，お米につけるカード等をターゲットとした稲わらの新たな利用方法の開拓に役立つと期待される。

研究概要

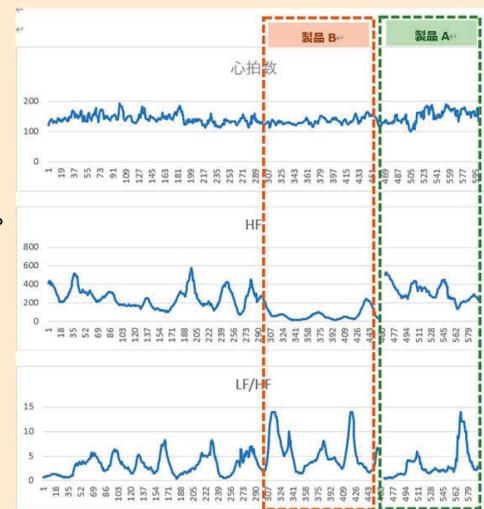
本研究課題のキーワード：抱っこひも、子ども、唾液中バイオマーカー、自律神経活動

本研究は、ラッキー工業株式会社との共同研究である。抱っこひも使用時の快適さに関する研究は、抱っこする親を対象とした研究が多く、子どもと親双方を対象にした研究報告はみられない。そのため、2種類の抱っこひも製品の使用による子どもと親の快適さと抱っこひもの種類の違いを明らかにすることを目的に、自律神経活動、心拍、唾液中バイオマーカー、抱っこひもの使用感等調査した。得られた結果から、各々の抱っこひも使用による子どもおよび親の生体反応、快適さを示唆することができた。

使用した抱っこひも製品は、赤ちゃんが座るヒップシート型の抱っこひも（以下、製品A）、赤ちゃんを包み込むタイプの抱っこひも（以下、製品B）であり、使用する抱っこひもの順序は無作為にランダム化し、室温が設定できる同一の部屋において右図の手順で調査した。子どもの年齢は7ヶ月～2歳までとし、ヒップシート型を使用するための腰座りができている状態であること、体調不良がみられないことを確認して実施した。



結果、17組（男児9名、女児8名、およびその親）から協力が得られた。対象者は普段、買い物、散歩、家事のとき、寝かしつけ、子が泣き止まない時に抱っこひもを使用していた。子どもの唾液中 α -Amylase値は抱っこ前後で有意な変化はみられない、すなわち抱っこひもで抱っこされることによってストレス反応には大きく影響しないことが示唆された。また、心拍および自律神経活動（副交感神経活動を反映するHF、交感神経活動を反映するLF/HF）については対象により変化の仕方が様々であり、有意な変化はみられなかった。1名の対象者（1歳3か月、普段は製品Bのタイプを使用）の推移を右に示す。



親の唾液中 α -Amylase値は製品A、Bともに、使用前よりも使用後のほうが有意に低く、抱っこひもで抱っこすることによりストレスが低くなっていることが示唆された。抱っこひもの種類による違いはみられなかった。唾液中オキシトシン値には有意な変化はみられなかった。

子を抱っこしている際の安定感、動きやすさ、抱っこのしやすさについては製品による差は見られず、抱っこひもの使用感について、装着しやすさ、子のおろしやすさは製品BよりAのほうがしやすいと感じ、腰への負担は製品Aのほうが大きかった。子を抱っこしている際の安定感、動きやすさ、抱っこのしやすさは製品A、Bともに9割以上が「とても良い」または「良い」という感想であり、製品による違いはみられなかった。

【今後の展開】

今後、月齢差・個人差を含め詳細に分析しながら、共同研究先と話し合いを進めることで新たな知見を見出せるようにしたい。研究成果は論文等で公表する予定である。

研究概要

本研究課題のキーワード：ネットゼロカーボン，酸素還元反応，メタン精製，燃料電池，水素利用

都市ガス関連の工事等により生成するガス（空気混合メタンガス体）を回収し有効利用することがネットゼロカーボンへ向けた取り組みとして重要である。しかし、この空気混合メタンガス体を例えば都市ガスとして再利用するためには空気成分を取り除く必要があり、特に酸素については従来の膜分離技術などではメタンとの分離が困難である。そこで本研究では、新たな酸素分離技術として当研究室が開発している燃料電池技術を応用することで、発電しながら燃料電池のカソード反応（酸素還元反応）を利用した酸素除去（メタン精製）を実現することに成功した。

1. 酸素(O_2)とメタン(CH_4)の電気化学的分離

カソード(作用極)とアノード(対極：CE)にPt/C電極触媒を組み込んだ固体高分子形燃料電池を作製し、作用極に加湿した酸素混合メタンガス(4 vol.% O_2 in CH_4)、対極に加湿した水素ガスをそれぞれ供給した。セル温度を $40^\circ C$ に設定し、 0.10 V vs. CE で電位保持することで O_2 分離を実施した。 O_2 分離前後のセル排出ガスのガスクロマトグラムをFig. 1に示す。また、分離前後の O_2 と CH_4 の濃度をそれぞれのピーク面積から算出すると、 O_2 濃度は4.37 vol.%から0.55 vol.%に減少し、 CH_4 濃度は95.66 vol.%から99.26 vol.%に増加したことがわかった。以上より、燃料電池のカソード反応を利用することで酸素を除去しメタンを精製することに成功した。また、このときの酸素還元反応のファラデー効率は99.15%であり、非常に高効率であった。

2. 燃料電池発電特性の評価

上述した酸素還元反応を水素の酸化反応と組み合わせることで固体高分子形燃料電池としての発電特性を評価した。その結果をFig. 2に示す。注目すべきことに、セル電圧 0.10 V において出力密度 5.45 mW/cm^2 を示すことが確認され、酸素を除去（メタンを精製）しながら電力を取り出せることが示された。

総じて本研究により、燃料電池発電しながら空気混合メタンガス体から電気化学的に酸素を分離することが可能であることが実証された。

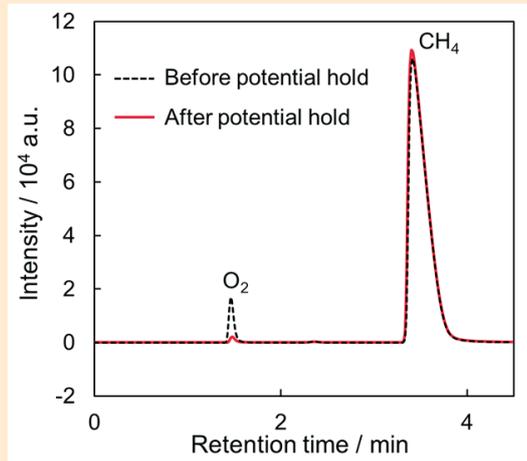


Fig. 1 酸素分離前(黒)と分離後(赤)のガスクロマトグラム

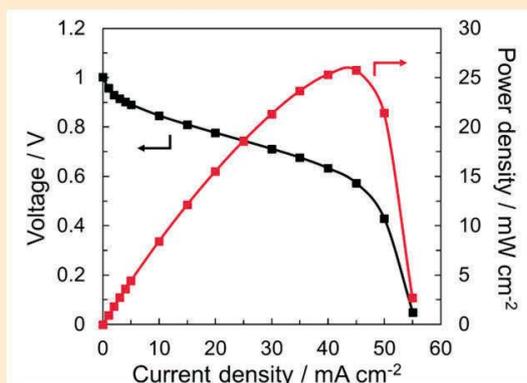


Fig. 2 燃料電池発電試験の結果

【今後の展開】

本研究課題は都市ガス事業を含めたエネルギー業界全体の課題であり、ネットゼロカーボンに貢献する本研究の成果は、青森県をはじめ多くの自治体のエネルギー政策や都市ガス事業者の政策に貢献する。また、The Oil & Gas Methane Partnership 2.0 (OGMP 2.0) に代表されるように欧米を中心に世界のメタン排出削減が積極的に進められている今日において、メタンの回収を可能にする本研究は世界的にも重要なものと言える。

【謝辞】 本研究は東京ガスネットワーク株式会社との共同研究により実施した。

生食用サーモンの品質評価を目的とした弾性率マッピングの検討

マッチング

共同研究 受託研究

学術指導 講演等

所属・氏名 理工学研究科 准教授 森脇 健司

研究概要

本研究課題のキーワード：食品、品質評価、弾性率マッピング、食感、力学評価

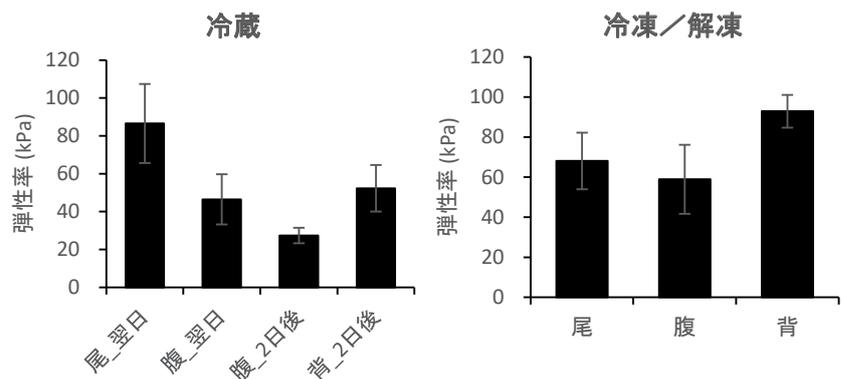
生食用サーモンの保蔵法による食感の変化の評価へ応用するため、研究者が開発を進める走査型触覚顕微鏡（SHM）でマイクロレベルでの弾性率計測を行った。その結果、サーモンフィレの部位や保蔵方法による弾性率の違いがみられ、冷凍時の氷結晶成長による微細組織損傷に起因すると思われる弾性構造の違いを明らかにした。また、一般的な魚肉の組織構造／力学特性の評価法について調査し、染色／Texture Profile Analysis試験も実施した。

計測試料



弾性率の比較（SHM）

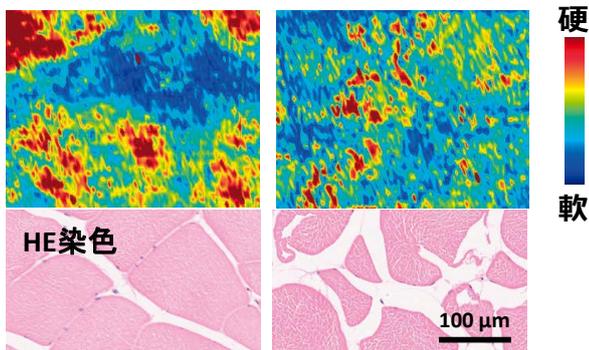
100計測点の平均と偏差



弾性率マッピング（SHM）

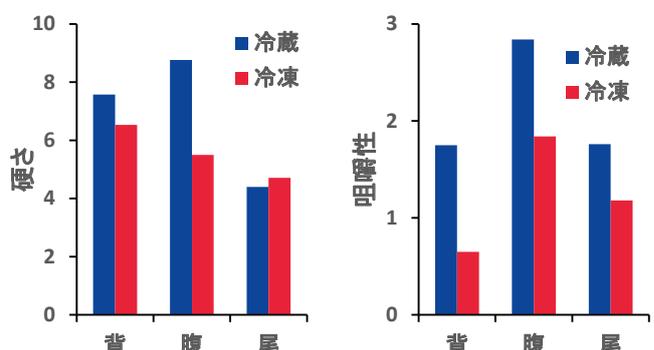
冷蔵（尾）

冷凍（背）



TPA試験による力学指標導出

Texture Profile Analysis



【今後の展開】

SHMはマイクロレベルの力学評価ができるため、染色やTPA試験などで得られる線維の損傷と試料全体の力学特性との関係性について新たな視点から考察でき、今後は飼育／保蔵条件などによる肉質の違いの評価への応用をめざす。

【謝辞】本研究は日本サーモンファーム株式会社様との共同研究により実施いたしました。

マッチング

共同研究

受託研究

学術指導

講演等

所属・氏名

農学生命科学部 教授 殿内 暁夫

研究概要

本研究課題のキーワード：白神酵母，クラフトビール，育種，マルトース利用性，ブランド化

【研究背景】白神山地由来の「弘前大学白神酵母」は地域資源として酒類・発酵食品に展開してきた。一方、ビール醸造では麦芽由来糖（主にマルトース）の利用性が低いため、十分な発酵性が得られない点が課題であった。

【目的】白神酵母の“地域性ストーリー”と“醸造品質（発酵性・香り）”を両立させ、クラフトビールとして商品化・ブランド化できる酵母・製造プロトコルを確立する。

【方法】No. 982株を親株とし、マルトースを基質とする継代培養と選抜により育種株を取得、MAL関連遺伝子発現、麦汁小仕込み試験、香り成分評価を実施。さらに実機醸造において500 L実機醸造を行い官能評価で商品適性を検証した。

【研究成果】白神由来酵母を継代培養・選抜により育種（図1）した結果、マルトース利用に関与するMAL遺伝子群の発現が顕著に増加し、特にマルトース輸送体遺伝子MAL61は301.5倍、マルターゼ遺伝子MAL62は49.4倍の転写上昇が確認された（図2）。これに伴い、麦汁（モルト）中糖の資化が促進され、発酵の進行（減糖・アルコール生成）が改善して、モルト発酵性の向上につながった（図3）。さらに、不快香の低下と芳香成分の増加が認められ、香味バランスの改善が示された（図4）。500 Lスケールの実機醸造においても同傾向が再現され、2025年2月4日の試飲会で総合評価は高く、回答者n=16のうち15名が4点以上を付けた（図5, 6）。以上の結果から、育種株は実用醸造条件下でも品質向上効果を示すことが確認され、2026年2月の販売開始（予定）に至った。

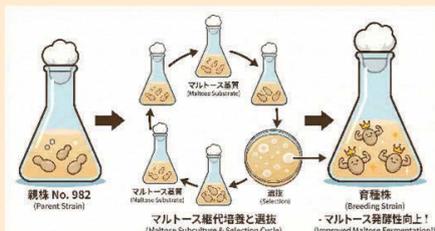


図1. 育種の概要



図2. マルトース代謝遺伝子の転写

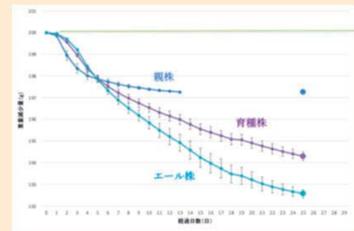


図3. 発酵過程におけるモルト重量減少



図4. 試験醸造ビールの香り成分



図5. 実機醸造ビール

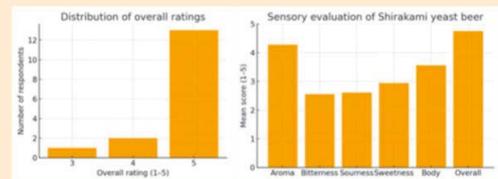


図6. 実機醸造ビールの評価 (n=16)

【今後の展開】白神由来酵母の実用性をさらに高めるため、低温発酵性の向上や香り成分（エステル等）の生成能を高める株の育種を継続する。あわせて、改良株ごとの糖資化性・発酵速度・最終減糖度・香りプロファイルなどの基礎データを系統的に取得し、製造条件（温度帯、麦汁組成、発酵期間）との関係も整理する。得られた指標に基づき、狙う酒質（香りのタイプ、飲み口、スタイル）に応じた酵母選択の考え方を明確化し、地元のクラフトビール醸造会社に対して、試験醸造計画とともに改良株の活用を提案する。さらに、試験醸造と官能評価を反復してフィードバックし、現場導入に耐える再現性と品質安定性の確保を進める。本研究は有限会社丸山鉄砲火薬店との共同研究により実施した。

網羅的遺伝子発現解析を基軸とした、ニンニク由来硫黄化合物の新規生理機能と制御メカニズムの解明と高付加価値化への試み

マッチング

共同研究

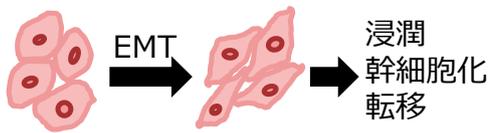
所属・氏名 農学生命科学部 准教授 西塚 誠

研究概要

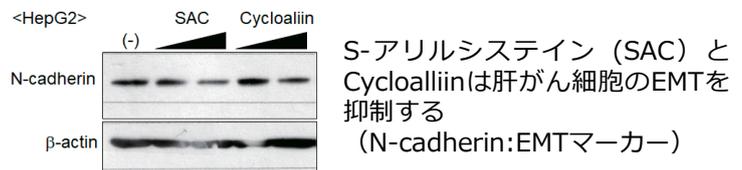
本研究課題のキーワード：関節リウマチ, ニンニク, 遺伝子発現

ニンニク由来の硫黄化合物である、SACおよびシクロアリインががん細胞の転移に重要な役割を果たす上皮間葉転換（EMT）の進展を阻害すること、さらに、関節リウマチの主原因の一つである、滑膜細胞の炎症を抑制する結果を得た。また、RNA sequenceによる網羅的な遺伝子発現解析を行った結果、SACとシクロアリインは多くの遺伝子の発現制御に寄与することが示唆された。

①EMTはがん細胞の悪性化に必須

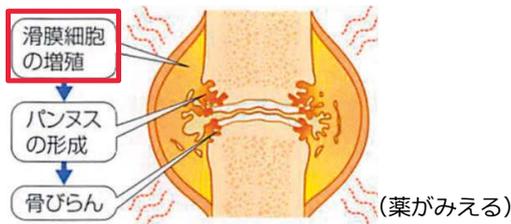


②ニンニク由来化合物はHepG2のEMTを抑制する

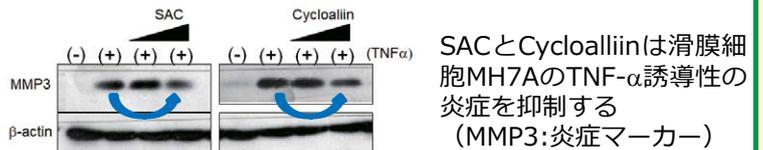


SACとcycloalliinはがん細胞のEMTを抑制する

③関節リウマチは滑膜細胞の炎症により引き起こされる



④ニンニク由来化合物は滑膜細胞の炎症を抑制する



SACとcycloalliinは滑膜細胞の炎症を抑制する

⑤SACおよびcycloalliin添加により変動する遺伝子の網羅的解析（滑膜細胞）

<GO解析>

control vs SAC	
1	positive regulation of cell proliferation
2	neutrophil degranulation
3	focal adhesion
4	mitochondrial inner membrane
5	mitochondrial matrix

control vs cycloalliin	
1	focal adhesion
2	mRNA splicing, via spliceosome
3	cytoskeleton
4	microtubule
5	chromatin binding

MH7A に SAC もしくは cycloalliinを添加し、24時間後のRNAを調製

マクロジェンにRNA seqを依頼

RANA seqでの解析

SACとcycloalliinは異なる遺伝子の発現制御に関与して炎症を抑制する？

<発現変動遺伝子>

control vs SAC			
減少	上昇		
1	TXNIP	1	ACTN4
2	FGF2	2	ZBTB22
3	IL24	3	ACTB
4	TFPI2	4	LDLR
5	NAMPT	5	MYH9

control vs cycloalliin			
減少	上昇		
1	SLC7A5	1	HSPA8
2	ASNS	2	MT-CYB
3	SLC1A5	3	HMGCS1
4	AARS	4	MT-ND2
5	SLC7A11	5	DNAJA1

本研究により、がん細胞および滑膜細胞を用いた検討により、SACおよびシクロアリインがもつ新たな生理機能の発見とその作用機序の一端を明らかにすることができた。得られた知見を足掛かりに、2つの硫黄化合物が、網羅的解析により得た遺伝子群の発現をどのように制御するか明らかにすることを含め、動物実験や硫黄化合物の構造展開といった次のステップに進みたい。本研究の遂行にご協力いただいた、東北化学薬品株式会社様に感謝申し上げます。

マッチング
共同研究 受託研究
学術指導 講演等

所属・氏名 地域戦略研究所 准教授 吉田 暁弘

研究概要

本研究課題のキーワード：塗料，バイオ由来材料，ホタテ養殖残渣，もみ殻，ケイカル

地域特有の水産・農産廃棄物を原料にして得られるケイ酸カルシウム（以下ケイカル）について、バイオベースかつ高機能性の材料としての適用可能性の一例として、塗料への用途展開を検討した。具体的には、フィラーとしての塗料ベースへの分散性を検討した。また、原料として、運搬や貯蔵においてコスト高となるもみ殻を利用することから、ケイカル原料に固形化もみ殻を使用し、生もみ殻を原料とした場合の特性の違いや追加が必要となる製造工程の有無を検証した。**共同研究先紹介**：日本化工塗料（株）は、機能紙やプラスチック(機能性フィルム・成形品)等の機能性塗料の開発を行う。塗料自体が被塗物を保護して長寿命化させることでサステナビリティに寄与するなか、持続可能な塗料原料の開拓にも取り組む。

1. 廃棄物由来ケイカルの製造

工業化スケールでの生産に適した固形化もみ殻である“モミガライト”を原料としたケイカル製造試験を行った。モミガライトの嵩比重は未圧縮のもみ殻に対して約10倍のため、製造工程中の燃焼時の灰化挙動が未圧縮のもみ殻と異なることが想定された。未圧縮のもみ殻をガス炊き炉で650℃に焼成したところ、わずかにベージュ色の灰となったのに対し、モミガライトをジョークラッシャーにて数センチ大に破碎したものは灰色の焼成灰が得られた。これらの炭素含有率を比較したところ、前者は0.1重量%以下であったのに対して、後者は2.6重量%で濃い灰色であった。炭素分の残留は最終生成物であるケイカルの着色を引き起こすために、特に塗料原料とするためには好ましくない。そこで、さらなる焼成条件の検討を行ったところ、モミガライトを焼成炉外で自燃させ、得られた灰をガス炊き炉で焼成することで炭素含有率0.1重量%の白色度の高い灰を得ることができた。この灰からは、塗料化試験に適した白色のケイカルが得られた。このことから、モミガライト原料でのケイカル製造にあたっては、モミガライトを直接焼成するのではなく、自燃後の灰を更に焼成する必要があることが明らかとなった。



図1 もみ殻及びモミガライト焼成灰

2. 塗料化検討

有機系熱硬化型塗料及び水性塗料のフィラーとしての適応検討を行った。詳細な条件は非開示とするが、前者としての適用時に、良好な分散性、塗膜状態を得ただけでなく、塗膜の硬度の大幅な増加という利点が確認された。

表1 ケイカル適用系での塗膜性能（有機溶剤系熱硬化塗料）

項目	結果
塗膜状態（目視）	 ○（良好）
付着性（クロスカット法）	JIS K 5600 5-6 剥がれ無し
鏡面光沢度（60度）	JIS K 5600 4-7準拠 1.9
鏡面光沢度（85度）	JIS K 5600 4-7準拠 22.0
引っかかり硬度（鉛筆法）	JIS K 5600 5-4 H (ケイカル無し：3B)
隠ぺい率（%）	JIS K 5600 4-1準拠 26.4
白色度	JIS Z 8741準拠 W=43

【今後の展開】

本検討により、①工業化に適した原料から白色度の高いケイカルを得るための製造工程と、②ケイカルが塗料に適した分散性を持つことが明らかとなった。これらの成果から、ケイカルの大規模製造への道が前進した他、建材など色調が重要かつ、より消費者の目に留まる(= サステナ素材の訴求価値が大きい)用途への展開可能性が拓けた。

マッチング

共同研究

学術指導 講演等

所属・氏名 地域戦略研究所 准教授 西宮 攻

研究概要

本研究課題のキーワード： 魚類養殖, 環境配慮型飼料, 糞の自動排出, 飼育環境負荷低減, 作業省力化

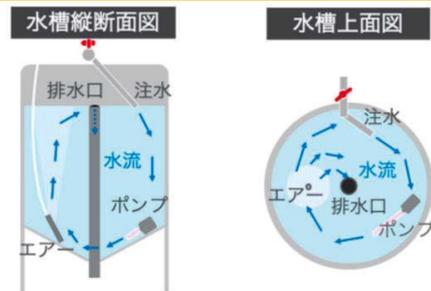
水族館の展示水槽において、飼育魚の糞は見栄えを損ねるために頻りに掃除を行う必要があるが人的・経済的負担が大きい。本研究課題では「糞を浮上させ排水に自然に排出させる効果を持つ」という新しい発想の人工飼料の開発研究を行なった。具体的には、兼ねてより開発してきた海水魚を対象とした開発飼料をベースに①市販原料を用いた飼料作成方法の確立（作成方法の簡易化）、②淡水魚への応用（対象の汎用化）を目的とした。本研究で作成した新型飼料をニジマス（*Oncorhynchus mykiss*）に給餌したところ、市販配合飼料給餌群（対照群）に比べて、同等の成長効果を見せつつも底面に蓄積した糞量が少ない結果を示した。

① 新型の飼育環境配慮型飼料（半湿潤）



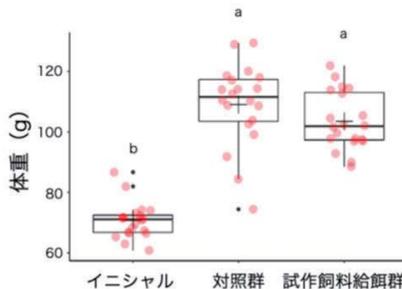
これまで原料の魚粉は、冷凍イカナゴより作成してきたが、同種の漁獲不良により入手困難となったため、市販の魚粉と魚油を代替原料とした。

② ニジマスの給餌試験に用いた飼育システム



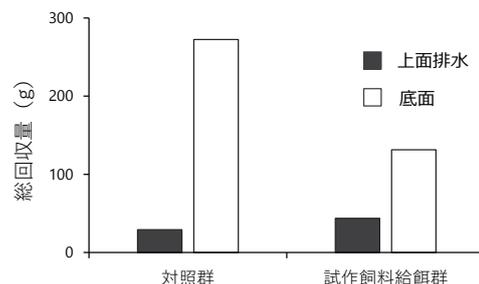
環境配慮型飼料は、それを接餌した飼育魚の糞を浮きやすくする効果がある。糞の排出を促すために、水槽内の水流を曝気、水中ポンプ、注水により調整した。

③ 給餌開始時および給餌2週間後の実験魚の体重



実験開始時と比べて両群ともに成長した。また体重は両群で顕著な差はなかった。尾叉長も同様な結果を示した。

④ 試験期間に回収した糞の総重量（湿重量）



底面に蓄積した糞の量は、試作飼料給餌群の方が少なかった。しかし上面排水に排出された糞は底面の蓄積よりも少なく、更なる改良の必要がある。

【今後の展開】 本技術開発研究が進むことで、将来的には水槽掃除を効率化し飼育員の労力を大幅に削減されることが見込まれる。一方、近年全国的に漁業による漁獲量の減少が続いており、青森県も含め養殖産業への需要が高まっているために、本研究は水族館業界だけでなく、県内の養殖産業の活性化にも貢献し得る。

本研究以降、本開発飼料を乾燥化することで、糞の自動排出効果が改善された。今後は長期飼育による実験魚に対する成長・栄養への影響の検証、飼料の大量生産技術の確立を目指す。

【謝辞】 本研究は青森県営浅虫水族館との共同研究として実施した。また実験魚のニジマスは青森県産業技術センター内水面研究所より提供を受けた。両機関ならびに関係職員の方々に深く感謝の意を表す。

研究シーズに関する相談窓口

技術相談窓口 研究・イノベーション推進機構
学術研究支援室
電話番号 TEL 0172-39-3176

令和7年度 研究成果集
弘前大学次世代重点研究
弘前大学若手研究者支援事業
弘前大学共同研究トライアルファンド

発行日 令和8年3月3日

編集・発行 弘前大学研究推進部研究推進課
〒036-8560 青森県弘前市文京町1

TEL 0172-39-3913

FAX 0172-39-3919

Web <https://www.innovation.hirosaki-u.ac.jp/>

