



TOHOKU
UNIVERSITY

東北大学附置研究所若手 アンサンブルプロジェクト

活動報告書 2016

東北大学附置研究所・センター連携体

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト
ワーキンググループ

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト 活動報告書 2016

目 次

1. プロジェクトの経緯と活動の概要	2
2. 平成27年度研究所若手アンサンブル Grant 採択課題の成果報告	3
3. 第2回研究所若手アンサンブルワークショップ開催報告	36
4. 平成28年度研究所若手アンサンブル Grant 実施報告	73
5. 第2回研究所若手アンサンブル研究会開催報告	97
6. 本年度の活動総括	116

1. プロジェクトの経緯と活動の概要

東北大学では、金属材料研究所、加齢医学研究所、流体科学研究所、電気通信研究所、多元物質科学研究所、災害科学国際研究所、東北アジア研究センター、学際科学フロンティア研究所、原子分子材料科学高等研究機構を東北大学研究所群として、その研究所長、センター長、機構長で構成される研究所長会議が、研究所連携プロジェクトを主導してきました。平成27年度には、研究所長会議において、これらの部局間の連携組織に「東北大学附置研究所・センター連携体」と新たに名称が付与されております。今年度（平成28年度、2016年度）の各研究所長、センター長、機構長は、次の通りで、研究所長会議代表は、多元物質科学研究所の村松淳司所長です。

金属材料研究所 所長 高梨 弘毅 教授
加齢医学研究所 所長 川島 隆太 教授
流体科学研究所 所長 大林 茂 教授
電気通信研究所 所長 大野 英男 教授
多元物質科学研究所 所長 村松 淳司 教授
災害科学国際研究所 所長 今村 文彦 教授
東北アジア研究センター センター長 岡 洋樹 教授
学際科学フロンティア研究所 所長 佐藤 正明 総長特命教授
原子分子材料科学高等研究機構 機構長 小谷 元子 教授

昨年度より、東北大学附置研究所・センター連携体の活動の一環として、若手研究者を中心とする研究交流・連携、および研究所間共同研究の促進を目的に、東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト（以下、研究所若手アンサンブルプロジェクト）が発足しました。上記の各研究所・センター・機構（以下、各研究所）からワーキンググループのメンバーが集まり、「仲間の輪を拡げれば、もっと研究が楽しくなるかも!？」という動機のもとに、研究所間の連携を深める活動を一年間にわたり企画・運営しました。

これまでの各年度の活動として、まず研究所所属研究者の研究内容を相互に知り合うキックオフミーティングと位置づけた研究所若手アンサンブルワークショップを7月に開催しました。それに平行して、複数研究所間の共同研究課題を公募する『アンサンブルグラント』を実施しています。このグラントでは、萌芽的な研究を対象とする第1ステージ、および前年度第1ステージを実施し最終的に外部研究費獲得を目指す第2ステージが設定されています。また、秋季には研究所若手アンサンブル研究会を開催して、そのプログラムは招待講演、アンサンブルグラント採択課題発表会、見学会などで構成しました。本報告書に、これらの実施内容および資料等をまとめます。今後、これらの活動をさらに充実させて、研究所間の連携を深化させていきたいと考えております。引き続き、皆様のご理解とご協力をいただけますようお願い申し上げます。

2. 平成27年度研究所若手アンサンブルグラント採択課題の成果報告

昨年度（平成27年度）、研究所間の共同研究の促進を目的として、複数研究所の所属研究者で構成される共同研究グループに対して研究費を支援する「平成27年度研究所若手アンサンブルグラント 第1ステージ」の公募を企画・実施しました。採択課題を表1に示します。続いて、採択された10件の研究課題の成果報告を掲載します。なお、ここでは、提出された報告書から、申請中および申請予定の外部研究費の情報を削除しています。

これらの共同研究の実施により、報告書提出の時点（平成28年5月末）で、7報の論文掲載、12件の学会発表、3件の受賞の成果が挙げられたことが報告されました。また、学外からの外部研究費に関しては、6件で総額39,050千円が獲得され、他に10件が申請中および申請予定とされております。

表1 平成27年度研究所若手アンサンブルグラント（第1ステージ）の採択課題一覧

◎ 研究代表者 研究分担者	所属・職名	研究課題名
◎ 熊谷明哉 岡田 健 菅居高明	AIMR・助教 流体研・助教 多元研・講師	ナノ電気化学イメージングを利用したグラフ エンエッジ領域の触媒評価
◎ 俵山寛司 佐藤達也 前田美香 井川俊太郎	加齢研・教育実習支援者 学際研・助教 医学部・助教 加齢研・准教授	癲癇モデルマウスを用いたタキシフェン 誘導 体リダイフェン-Dによる神経保護効果の検討
◎ 今宿 晋 藤枝 俊 辻川雅人 柏倉俊介	金研・准教授 多元研・助教 通研・助教 金研・助教	レーザー誘起プラズマ分光法を用いたりチウ ムイオン電池材料の直接分析による反応機構 の解明
◎ 小助川 博之 三木寛之 竹野貴法 雁部祥行	流体研・助教 学際研・准教授 工学研究科・准教授 多元研・技術職員	繰り返し応力振幅負荷による金属含有ダイヤ モンドライクカーボン薄膜の電磁的特性変化 の機序解明
◎ 久保 純 吉野大輔	加齢研・助教 流体研・助教	心臓血管系において流体が制御する遺伝子発 現機構とその役割の解明
◎ 藤岡悠一郎 ボレー セバスチャン 金 賢貞 山口 睦	学際研（東北ア）・助教 災害研・助教 東北ア・助教 東北ア・教育研究支援者	東日本大震災後のコミュニティ再生・創生プ ロセスと持続可能性に関する実証的共同研究
◎ 片山竜二 小島一信 窪谷茂幸 谷川智之	金研・准教授 多元研・准教授 金研・助教 金研・助教	量子計算機の実現にむけた窒化物半導体光導 波路のモード制御と超小型非古典光源の開発

<p>◎ 稲葉洋平 舘脇康子 麦倉俊司 伊藤大輔 千田浩一 永坂竜男 佐々木博信 木村智圭</p>	<p>災害研・助手 加齢研・助教 医学系研究科・准教授 東北大学病院・診療放射線技師 災害科学国際研究所・教授 東北大学病院・診療放射線技師 東北大学病院・診療放射線技師 東北大学病院・診療放射線技師</p>	<p>SLE 患者に対する非侵襲的 MR 脳機能画像法を用いた新たな診断法の開発</p>
<p>◎ 井上雄介 小助川博之 三浦英和 山形 聡 石澤由紀江 山田昭博 坪子侑佑 平 恭紀 岸 亜由美 田代彩夏</p>	<p>加齢研・助教 流体研・助教 加齢研・助教 情報科学研究科・研究員・医師 NICHe・研究員 加齢研・ポスドク 加齢研・院生 加齢研・院生 東京大 医学系研究科・院生 北里大 医療工学科・院生</p>	<p>人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の機械的強度評価</p>
<p>◎ 石原真吾 森口周二</p>	<p>多元研・助教 災害研・准教授</p>	<p>崩壊までを含めたシミュレーションによる地盤陥没災害の予測</p>

ナノ電気化学イメージングを利用したグラフェンエッジ領域の触媒評価

熊谷明哉¹、岡田健²、筈居高明³

¹原子分子材料科学高等研究機構 (AIMR)、²流体科学研究所、
³多元物質科学研究所

1. 研究目的

本研究では、高解像度走査型電気化学顕微鏡のナノ電気化学イメージング技術を用いてグラフェン表面における触媒活性の評価を行う。具体的には、各研究チームが保有するオンリーワン技術 (1. AIMR 熊谷：ナノ電気化学イメージング[1]、2. 多元研 筈居：超臨界流体下での材料構造制御[2]、3. 流体研 岡田：中性粒子ビームによる選択的窒化[3]) を利用し、グラフェンの触媒活性に及ぼす影響を定量的に評価し、最適な材料構造設計への提案を行う。

2. 研究方法

本研究で重要なことは、グラフェンの構造を分類し、各領域の化学結合状態を制御、そして、各領域で起こる特異な電気化学応答を定量的な評価を行い、高機能性グラフェン水素発生電極の作製への設計指針を示すことであり、各研究チームが連携することでこれが初めて可能となる (Fig. 1)。今回のアンサンブルでは、へき開したグラファイト表面におけるエッジ・ベールサル、しわ及び超臨界流体により形成されたエッジにおけるナノ電気化学イメージングを取得した。エッジの選択的窒化についても検証を行い、バルクを用いてエッジの選択的窒化が触媒活性に影響を与えるか検証を行った。

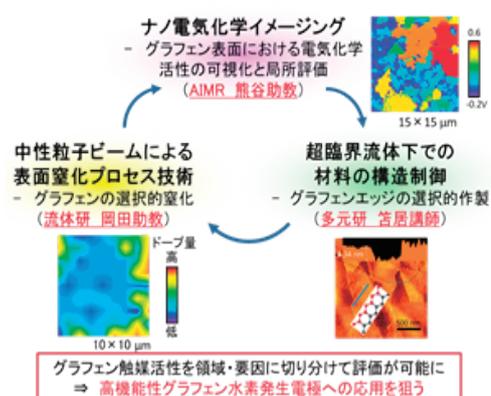


Fig. 1 研究体制の概念図

3. 結果および考察

グラファイト表面におけるナノ電気化学イメージングの結果を示す (Fig. 2)。へき開面では、エッジ領域とベールサル領域で電流応答に差が見られ、エッジ領域において活性が高いことが観測された。この結果は、エッジの形成が高電気化学活性につながることを示唆している。次に、超臨界流体により形成されたエッジ領域において同様の測定を行ったところ、エッジに沿って高い電流応答が観測できた (Fig. 3a)。このエッジは、グラフェン数層分の段差から形成されており、数層の変化においても本技術を用いると電気化学応答の差を検出できることを示している。更に、これらの試料表面を検証した結果、表面にしわがある場合、また SEM で事前に観察した領域においては、電流応答の低下が観測された (Fig. 3b, c)。これらの結果から、電極設計の際にエッジ構造が高電気化学活性を引き出すのに重要であるのと同時に、しわや SEM 測定時におこる構造欠陥が電気化学活性に影響を及ぼすことがわかった。

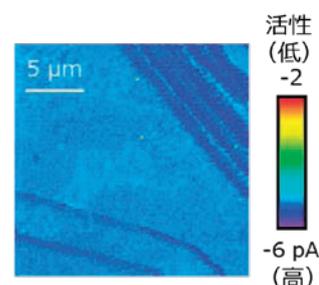


Fig. 2 グラファイトのナノ電気化学イメージング

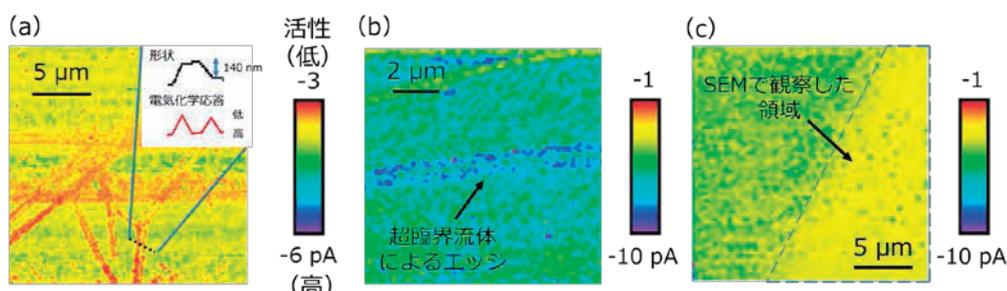


Fig. 3 各領域におけるナノ電気化学イメージング：(a)しわ、
(b)超臨界流体によるエッジ、(c)SEMに照射した領域

また、選択的窒化が触媒活性に与える影響もバルクにて評価した (Fig. 4)。C-N、C=N 共に活性を示すが、C=N が優れており、ドーパされた N 原子の電子状態が重要な役割を果たしていると推測できた。この結果は、他のドーパントでも期待でき、今後これら C-N、C=N の結合状態を切り分けた試料のイメージング測定だけでなく、更なる活性を示すドーパントの特定にも活かす予定である。

4. 結論

今回のアンサンブル連携により、グラファイト表面におけるナノ電気化学イメージングに成功した。活性を制御する上でエッジの有効性のみでなく、しわや電子線の影響による活性低下に関する知見を得ることができた。また、選択的窒化グラフェンの酸素還元活性が実験的に示され、現在は顕微鏡にて評価を行っている。今後の展望として更に電子伝導の寄与を制御したハロゲン種ドーピングの検討をセカンドステージの目標として行いたい。

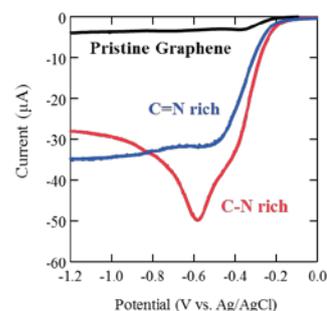


Fig. 4 窒化グラフェンの電気化学測定結果
(バルク)

5. 参考文献

- [1] Y. Takahashi, A. Kumatani *et al.*, *Nat. Commun.* 5, 5450 2014.
- [2] N. Oka, T Tomai and I. Honma, *Carbon* 72, 430 2012.
- [3] T. Okada and S. Samukawa, *Nanotechnology* 26, 485602 2015.

6. 論文・学会発表、受賞、特許

論文：

1. Visualization of Electrochemical Activity at the Wrinkle of Graphite Thin Films, C. Miura, A. Kumatani, Y. Takahashi, T. Okada, F. Li, H. Shiku, S. Samukawa and T. Matsue, in preparation.
2. ナノ電気化学セル顕微鏡を用いた電気化学応答の可視化と局所電気化学評価(仮), 熊谷明哉, 高橋康史, 三浦千穂, 猪又宏貴, 珠玖仁, 末永智一, 表面科学, in preparation.

学会発表：

3. グラファイト/グラフェンのエッジ領域における電気化学活性の可視化、熊谷 明哉、高橋康史、三浦 千穂、珠玖 仁、末永 智一、応用物理学会 2016 年春季大会 (ポスター)
4. ナノ電気化学セル顕微鏡を用いたグラファイト/グラフェン表面の電気化学活性の可視化、熊谷明哉、高橋康史、三浦千穂、珠玖仁、末永智一、電気化学会第 83 回大会 (口頭)
5. Investigation of Catalysis of Nitrogen-Doped Graphene for Oxygen Reduction Reaction, T. Okada, K. Y. Inoue, T. Matsue, G. Kalita, M. Tanemura, M. Meyyappan, and S. Samukawa, The 50th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (ポスター)

受賞：

6. 応用物理学会 2016 年春季大会 Poster award

http://www.wpi-airm.tohoku.ac.jp/jp/news/media/2016/20160411_000624.html

7. 外部研究費等申請

獲得：

1. 「ナノ電気化学イメージングによる二次元電子系材料の触媒活性の可視化」
平成 27 年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）「若手研究（A）」

研究代表者：熊谷明哉

期間：平成 28 年 4 月 1 日～平成 32 年 3 月 31 日

総額：23,610,000 円（内直接経費：19,700,000 円）

2. 「グラフェンナノリボンの原子配列構造を活用した電子デバイス」
平成 28 年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）「基盤研究（C）」

代表者：Patrick Han

研究分担者：岡田健、渡邊源規

期間：平成 28 年 4 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

総額：4,940,000 円（内直接経費：1,140,000 円）

癲癇モデルマウスを用いたタモキシフェン誘導体
リダイフェン-PDによる神経保護効果の検討

俵山 寛司¹、佐藤 達也²、前田 美香³、井川 俊太郎¹

¹加齢医学研究所、²学際フロンティア研究所、³大学病院

1. 研究目的

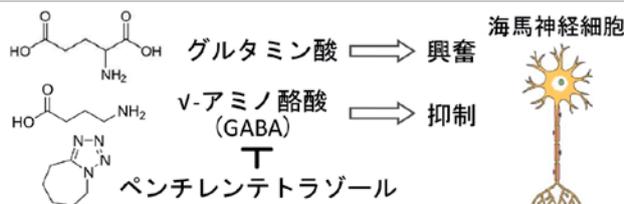
癲癇(てんかん)は、脳神経細胞の過剰興奮に起因する反復性発作(癲癇発作)を主徴とする慢性脳疾患であり、世界の推定患者数は7,000万人に及ぶ。近年、癲癇患者の意識消失に起因する重大事故が頻発していることは記憶に新しく、癲癇対策が急務となっている。癲癇は、脳内の発作起点部位や発作型などにより詳細に分類されるが、海馬を起点とする側頭葉性癲癇は、発作抑制剤が効きづらい難治性癲癇として知られている。海馬神経細胞は、過剰興奮に際し容易に細胞死を引き起こし、何度も癲癇発作を経ることで累積的に組織から脱落する。その結果、海馬硬化症や記憶障害、意識消失といった病態を誘発し、さらに癲癇発作が重篤化するという負の連鎖に繋がる。以上のことから、側頭葉性癲癇患者に対する治療法として、(1)癲癇発作を未然に抑える予防療法とともに、(2)発作後、海馬神経細胞の細胞死を阻止する治療法が求められる。しかしながら、後者の治療法として有効な薬剤の開発は全く進んでいない。我々は以前、海馬由来神経幹細胞の増殖・分化に影響しうる500種類余りの低分子化合物をスクリーニングし、リダイフェン-PD(RID-PD)を同定した。RID-PDは抗癌剤であるタモキシフェンの誘導体であるが、抗癌作用を示さない。さらに我々は、RID-PDが神経分化促進活性だけでなく、神経保護活性をも有する可能性を見出した。このような背景の下、本研究では、我々が同定したRID-PDによる神経保護効果を活用し、側頭葉性癲癇に起因する病態(神経細胞死と脱落)の改善を目指す。マウスを用いた *in vitro* 及び *in vivo* の両アプローチにより、本目的の達成を目論む。

2. 研究方法

(1) 生体海馬由来の初代神経細胞を用いた *in vitro* レベルでの解析

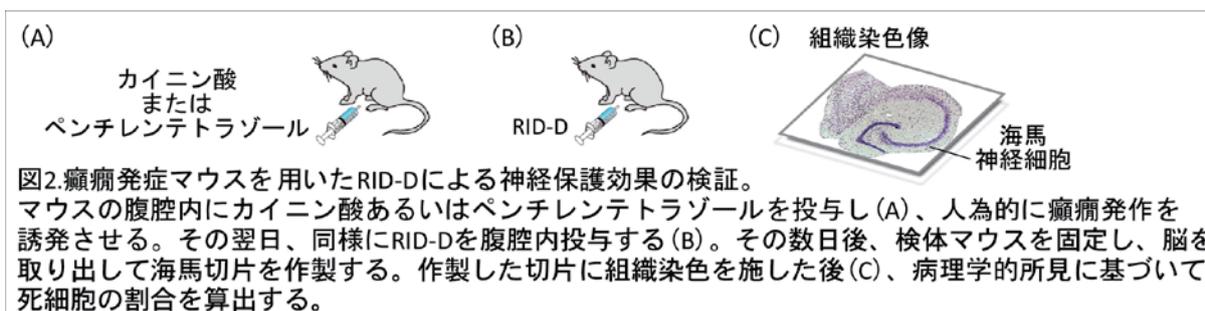
これまでRID-PDの活性評価に用いてきた株化細胞は、際限なく増殖を繰り返す、自然界には存在しない不死化細胞である。そこで、生体海馬から調製したばかりの初代神経細胞を用い、RID-PDによる神経保護効果を再確認する。本目的のため、海馬神経細胞の発生期である、妊娠16日目のマウス胎児から海馬を取り出し、1細胞レベルまで解離させた後、適切な分化誘導培地中で1週間ほど分化させる。分化させた海馬神経細胞を癲癇時の過剰興奮状態に誘導するため、本研究では2種類の化合物を用いる予定である。即ち、1つは神経細胞を直接興奮させる興奮性神経伝達物質グルタミン酸、そして、もう1つは興奮状態を抑制する抑制性神経伝達物質GABAの作用を阻害するペンチレンテトラゾールである(図1)。これらの化合物を様々な濃度で培地に添加し、過剰興奮状態となった神経細胞の生存率をMTTアッセイ法により解析する。この実験結果から、まずは細胞死を引き起こすのに必要十分なグルタミン酸、ペンチレンテトラゾールの至適濃度を決定する。次に、この至適濃度の化合物で神経細胞を処理した後、RID-PDを培地へ添加し、過剰興奮性細胞死に対する抑制効果を検討する。

図1. 海馬神経細胞の人為的な活性操作。
 グルタミン酸およびGABAは、海馬神経細胞の活性をそれぞれ活性化および不活性化する。一方、ペンチレンテトラゾールはGABA阻害剤として作用し、結果的に海馬神経細胞を活性化させる。



(2) 癲癇発症モデルマウスを用いた *in vivo* レベルでの解析

(1) の *in vitro* レベルでの実験と平行し、*in vivo* レベルでも RID-PD による神経保護効果を検証する。(1) で述べた *in vitro* 実験では、過剰興奮状態を誘起するための一つの方法としてグルタミン酸を用いたが、生体内においては、グルタミン酸は血管と脳の間で物質移動を制限する血管・脳関門を通過することができないため、腹腔内投与したとしても脳に到達できない。そこで、本実験を行うため、血管・脳関門を通過することが可能なカイニン酸を興奮誘導剤として用いる。カイニン酸はグルタミン酸の強力なアゴニスト（類似の作用をする化合物）であり、マウスにおけるカイニン酸の腹腔内投与は、側頭葉癲癇と同様の神経損傷パターンを引き起こすことから、実験的癲癇モデルとして広く用いられている。実験は図2に示した手順で行う。海馬神経細胞を過剰興奮状態にするため、カイニン酸あるいはGABA阻害剤であるペンチレンテトラゾールをマウスの腹腔内に投与し、繰り返し癲癇発作を誘発させる。その後、直ちに RID-PD を投与し、数日後に検体マウスを固定したのち、取り出した固定脳から海馬周辺の組織切片を作成する。作成した海馬切片を組織染色に供し、病理学的所見により死細胞の割合を算出する。以上のような手順で癲癇発作性の細胞死に対する RID-PD の抑制効果を検証する。



3. 結果および考察

(1) 生体海馬由来の初代神経細胞を用いた *in vitro* レベルでの解析

胎生 16 日目の胚から調製した海馬単離細胞を、B27 を含む培地中で 1 週間ほど培養し、成熟神経細胞に分化させたのち、人為的に細胞死を誘導するため、様々な濃度のグルタミン酸あるいはペンチレンテトラゾールを培地に添加した。以前、株化神経幹細胞から分化させた成熟神経細胞を用いて同様の実験を行ったところ、50%程度の細胞死を引き起こす濃度は、グルタミン酸、ペンチレンテトラゾールに関して、それぞれ 100mM、50mM 程度であった。それに対し、初代培養細胞を用いた場合には、それぞれ 200uM、20uM 程度であり、株化細胞に比べて、初代培養細胞では、これらの化合物に対する感受性が極めて高いことが判明した。次に同濃度のグルタミン酸あるいはペンチレンテトラゾールを含む培地で前述の初代培養細胞を培養し、さらに、その培養液に RID-PD (終濃度 80uM) を添加して死細胞の割合を解析した。その結果、RID-PD がグルタミン酸によって誘導される細胞死を有意に抑制することが明らかとなった。他方、RID-PD は、ペンチレンテトラゾールによって誘導される細胞死を抑制することができなかった。グルタミン酸は、興奮性神経伝達物質として作用することで神経細胞の過剰興奮を引き起こすのに対し、ペンチレンテトラゾールは、抑制性の神経伝達物質である GABA の活性を阻害することで神経細胞を過剰興奮状態に導くと考えられている。RID-PD はグルタミン酸によって引き起こされる細胞死を抑制する一方、ペンチレンテトラゾールによる

細胞死を抑制しないことから、RID-PD はグルタミン酸による神経細胞の活性化経路に作用することで神経保護作用を発揮すると推測される。しかし、今回行った初代培養細胞を用いた実験結果から、RID-PD は高濃度では細胞死誘導作用を示すことが明らかとなったことから、神経保護薬剤として有効な濃度範囲は限局されるものと考えられた。

(2) 癲癇発症モデルマウスを用いた *in vivo* レベルでの解析

当初、癲癇発症モデルマウスを用いて、RID-PD が *in vivo* においても細胞死を抑制するかどうか検討する予定であったが、時間的な制約から、現時点において当該実験を行うに至っていない。今後、当該実験を推進する予定である。

4. 結論

これまで行った *in vitro* での実験結果から、RID-PD が興奮性神経伝達物質であるグルタミン酸誘導性の海馬神経細胞死を抑制することが明らかとなった。しかしながら、RID-PD は高濃度においては細胞死誘導活性を示すことから、今後、癲癇発症モデルマウスを用いた *in vivo* の実験系により、RID-PD の神経保護薬剤としての有用性をさらに検討する必要がある。

5. 参考文献

該当無し

6. 論文・学会発表、受賞、特許

該当無し

7. 外部研究費等申請

獲得：平成 27-29 年度、科研費補助金・基盤(C)、海馬神経新生軸索ガイダンス因子 draxin の機能解析、俵山寛司、4,550 千円

レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウム
イオン電池材料の直接分析による反応機構の解明

今宿 晋¹、藤枝 俊²、辻川 雅人³、柏倉 俊介¹

¹金属材料研究所、²多元物質科学研究所、³電気通信研究所

1. 研究目的

リチウムイオン電池は、携帯電話やノートパソコンなどのモバイル機器に搭載されており、すでに世界中に普及している。さらに、電気自動車や蓄電池などの大型機器にも搭載され始めているが、電池の性能を向上させることが課題となっている。性能向上には電池の化学反応速度を向上させる必要があり、化学反応が起こる電極と電荷質との界面における反応機構の解明が不可欠である。反応機構の解明には、充放電を行った電極/電解質界面のリチウムの元素分布および化学状態分布を測定することが有効である。微小部 X 線回折(μ -XRD)¹や X 線吸収微細構造(XAFS)測定²などのリチウムを間接的に測定する方法は存在するが、電極/電解質界面におけるリチウムを直接測定する分析法は確立されていない。

本研究では、研究代表者と共同研究者の柏倉氏がオンサイト元素分析法として鉄鋼材料中の介在物分析に用いてきたレーザー誘起プラズマ分光法(LIBS)を利用して、リチウムイオン電池材料のリチウムを直接測定することで元素マッピングを行い、リチウムイオン電池の界面特に正極材料の界面における反応機構の解明を行う。具体的には、電池材料の作製、反応界面のリチウム元素マッピング、分析結果の計算的手法による解釈、の3つの項目を一貫して行う。

2. 研究方法

上記の3つの研究項目について以下に示すような内容および研究体制で行った。

① リチウムイオン電池材料の作製 (藤枝：多元物質科学研究所)

本研究では、藤枝らが焼結法とイオン交換法を組み合わせ独自に作製に成功した $\text{Li}_2\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ 化合物³を正極材料として用いた。炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)、五酸化バナジウム(V_2O_5)およびリン酸二水素アンモニウム($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)の混合粉末を大気中において 300°C 、4時間仮焼結後、 Ar-10\%H_2 雰囲気において 1000°C 、8時間焼結して三方晶の $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ を得た。それを 0.125 M の硝酸リチウム(LiNO_3)水溶液 50 mL に投入した後、 1440 分間攪拌することで、 Na と Li のイオン交換を引き起こし、三方晶の $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 化合物を得た。この化合物とアセチレンブラックとテフロンをそれぞれ質量比で $12:5:1$ となるように混合したものを正極材料とした。負極材料には金属リチウム、電解液にはヘキサフルオロリン酸リチウム(LiPF_6)を溶解させたエチレンカーボネートとジメチルカーボネートの混合溶液(体積比 $1:1$)を用いた。これらの材料を用いて、図1に示すような充放電セルを組み、 2.5 から 4.2 V の範囲において 0.05 C で定電流充放電を1サイクル行った。充放電後の正極材料を LIBS 測定用の試料とした。

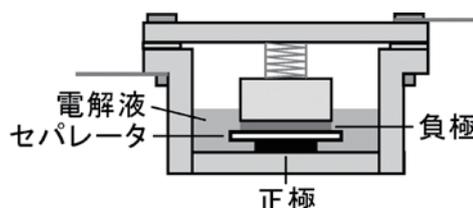


図1 充放電セルの模式図

② LIBS による正極材料中のリチウム分析 (柏倉、今宿：金属材料研究所)

①で作製した正極材料を図 2 に示す装置を用いて測定を行った。レーザー発振器(Minilite I, Continuum)より発振される波長 532 nm の Nd-YAG パルスレーザー (エネルギー：12 mJ/pulse, パルス幅：3~5 nsec, 周波数：15 Hz) を焦点距離 100 mm の片凸レンズを用いて集光し、試料直上に照射して、プラズマを発生させた。ラジアル方向に配置した焦点距離 150 mm の片凸レンズを用いて光ファイバーの先端に集光させ、Echelle 型の分光器 (Mechelle 5000, Andor) に導入した。分光器を介して分光された発光は後段の ICCD カメラ (DH734T-18F, Andor) によって検出し、発光スペクトルへと変換した。露光時間は 2 秒間とし、1 点に対して 30 発のパルスレーザーを照射した。測定は 1 試料につき 3 回行った。

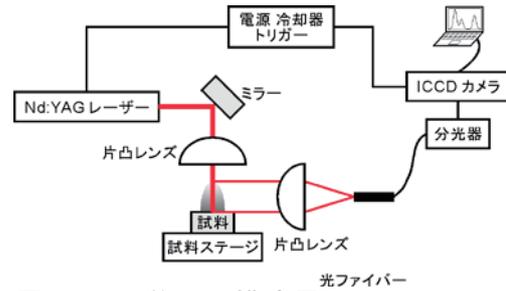


図 2 LIBS 装置の模式図

③ 計算的手法による LIBS スペクトルの解釈 (辻川：電気通信研究所)

LIBS スペクトルを解析するための第一原理モデル計算の構築を行い、リチウムイオン電池材料におけるスペクトル解析に用いることを目的に研究を進めた。スペクトル解釈のためには、材料の電子状態計算と元素の遷移確率および原子衝突強度の計算が必要となるので、正極材料の中性状態およびイオン化状態での電子状態計算を行った。

3. 結果および考察

3. 1. LIBS による正極材料の分析

充放電試験を行った正極材料と炭酸リチウム (Li_2CO_3) の LIBS 測定の結果を図 3 に示す。炭酸リチウムの測定結果と比較すると、正極材料のスペクトルにおいて、460, 610, 629, 670 nm に存在するピークがリチウムによるものであることがわかった。また、2 番目に強度が大きい 441 nm に存在するピークはバナジウムによるものであった。以上のように、LIBS 測定によって正極材料中のリチウムを検出できることがわかった。

次に、 Li_2CO_3 、 Na_2CO_3 および V_2O_5 粉末を表 1 に示すようなモル比になるように混合し、その後、圧粉成形した試料を 4 種類作製した。これらの試料はそれぞれ正極材料にリチウムが充電された状態(試料 A)、放電された状態(試料 D)、それらの中間の状態(試料 B, C)に模擬的に対応する。これらの試料を LIBS 測定し、リチウムのピークの中で最も大きい 610 nm に存在するピーク強度をリチウムの濃度に対してプロットすると図 4 のようになった。リチウムの濃度と強度がほぼ直線関係となったので、LIBS を用いて、充放電中の正極材料のリチウムの定量分析は可能であると言える。

3. 2. 正極材料の電子状態計算

図 5 は密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算により $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ の中性状態での状態密度を求めた例である。LIBS に対応するスペクトルを得

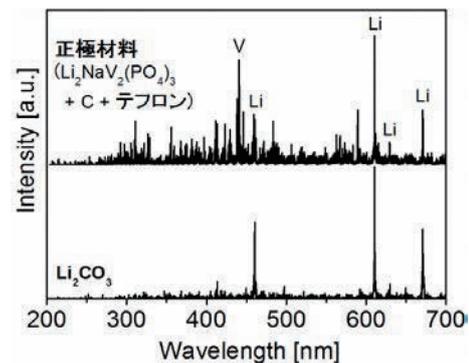


図 3 正極材料と炭酸リチウムの LIBS スペクトル

表 1 模擬試料の混合比(モル比)

試料名	Li	Na	V
A	0	3	2
B	1	2	2
C	2	1	2
D	3	0	2

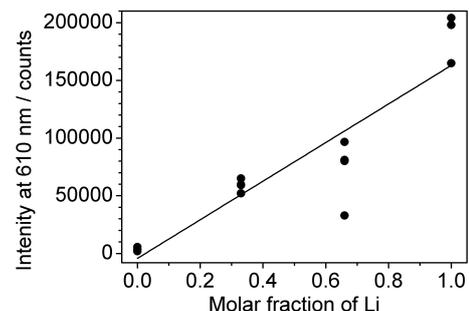


図 4 模擬試料中のリチウムのモル分立と LIBS 発光強度の関係

るためにはさらに Li 等の構成元素のエネルギーレベル間の遷移確率および原子衝突強度の算出が必要である。現在、ハートリー・フォック法による電子状態計算をベースに遷移確率および衝突強度が得られるよう計算コードの改良を進めている。

4. 結論

本研究では、 $\text{Li}_2\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ 化合物を正極材料に用いたリチウムイオン電池を作製し、充放電試験後の正極材料を LIBS 測定でリチウムの定量分析が可能かどうかを調査した。その結果、610 nm に存在するリチウム由来の強い発光線を検出でき、その強度がリチウムの濃度と比例して大きくなることがわかった。以上のことより、LIBS を用いてリチウムイオン電池材料中のリチウムを定量分析できることがわかった。また、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ の状態密度を計算し、得られた結果から遷移確率および衝突強度を求める指針を立てることができた。

今後は、レーザーの照射径を変化させて微小領域のリチウム元素マッピングに挑戦すると同時に、正極材料の電子状態、元素の遷移確率および原子衝突強度を計算して、定量精度の向上を目指す。

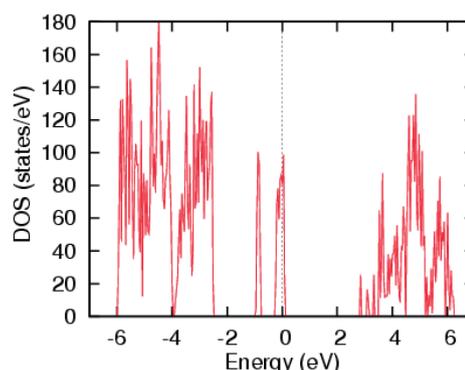


図 5 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ の中性状態での状態密度

5. 参考文献

1. J. Liu, M. Kunz, K. Chen, N. Tamura, and T. J. Richardson, *J. Phys. Chem. Lett.* **1**, 2120 (2010).
2. M. Katayama, K. Sumiwaka, R. Miyahara, H. Yamashige, H. Arai, Y. Uchimoto, T. Ohta, Y. Inada, and Z. Ogumi, *J. Power Sources*, **269**, 994 (2014).
3. J. Gaubicher, C. Wurm, G. Goward, C. Masquelier, and L. Nazar, *Chem. Mater.*, **12**, 3240 (2000).

6. 論文・学会発表、受賞、特許

学会発表：藤枝 俊，山本悠貴友，助永壮平，篠田弘造，柴田浩幸，鈴木 茂，「NASICON 型構造に結晶化する $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ge}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ ガラスの局所構造」，日本鉄鋼協会，2016 年 3 月，東京理科大。

7. 外部研究費等申請

獲得：科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究、「レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウムイオン電池材料の定量分析法の確立と応用」、今宿晋、337 万円（間接経費込）

繰り返し応力振幅負荷による金属含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜の電磁的特性変化の機序解明

小助川博之¹、三木寛之²、竹野貴法³、雁部祥之⁴

¹流体科学研究所、²学際科学フロンティア研究所、³大学院工学研究科、⁴多元物質科学研究所、

1. 研究目的

腐食雰囲気や高温・高圧条件下で使用される構造物や大規模複雑システムの保全を目的とする、過酷環境下で使用可能なセンサの開発が望まれている。これまで申請者らは、Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition(PECVD)と DC スパッタリングを組み合わせたハイブリッド成膜装置を用いて、化学的安定性に優れたダイヤモンドライクカーボン(DLC)に金属元素のナノクラスタをドーピングした導電性 DLC(Me-DLC)の開発を行っており、これを用いた耐環境性ひずみセンサの開発と試作を行ってきた[1]。しかしながら、長期供用を目的とする構造材料の劣化や損傷は繰り返される動的な応力負荷に起因する疲労が原因となることが多い。そのため、応力振幅に対するセンシング機能を有する Me-DLC の開発が重要となる。本研究は、高いゲージ率が期待できるモリブデンクラスタをドーピングした DLC(Mo-DLC)を対象とし、繰り返し応力負荷を与えた時の Mo-DLC の電磁的特性の挙動と、その特性変化の機序を分光分析により解明することを目的とする。

2. 研究方法

2. 1. Mo-DLC の作製

1.3 Pa に減圧した真空容器内のステージにジルコニア基板(4×7×0.1 mm³)を静置し、原料ガス(メタン)とアルゴンガスをそれぞれ流量 6.0 sccm と 7.5 sccm で導入した。基板を置いたステージに 13.56 MHz の高周波交流を、バイアス電圧が-400V となるようにマッチングボックスで調節しながら印加することで基板上への DLC の成膜を行った。これと同時にステージの対面側に設置したモリブデンターゲットに 200 W の直流を印加してマグネトロンスパッタリングを行うことで、DLC 中にモリブデンのナノクラスタをドーピングした。成膜時間は 20 min とし、得られた Mo-DLC の膜厚はおおよそ 600 nm となった。得られた Mo-DLC に窒素ガスで 8 時間エッチングを施して長さ 4 mm 幅 0.75 mm の Mo-DLC パターンを形成した後、1.5 mm 間隔に銅の電極を作製することで、四端子法による電気抵抗率の測定用試験片を作製した。

2. 2. 繰り返し応力負荷と電気抵抗率測定

Mo-DLC を成膜した基板を片側固定端となる炭素鋼の梁の上に接着固定した。電磁石を用いて梁を振動させることで、Mo-DLC に繰り返し応力を負荷した。梁のひずみは基板の裏側にひずみゲージを設置することで測定し続けた。振幅は 1000 $\mu\epsilon_{p-p}$ とし、共振周波数は 60 から 70 Hz とした。振幅回数は最大で 10⁷ 回とした。また、Mo-DLC に 1 mm 間隔で導線を繋ぐことで、四端子法により繰り返し負荷をかけている間の電気抵抗率の変化を測定した。

2. 3. 分光分析

繰り返し応力振幅負荷を与えた試験片と、無負荷の試験片の構造を分析するために、ラマン散乱分光分析および X 線光電子分光分析(XPS)を行った。ラマン分光分析には NRS-5100(日本分光)、XPS には PHI5000 VersaProbe II(ULVAC-PHI)をそれぞれ使用した。

3. 結果および考察

Fig. 1 に繰り返し応力振幅負荷に伴う電気抵抗率の変化を示す。繰り返し回数の増加に伴い、電気抵抗率が上昇していく様子が分かる。この値の変化は、電極を形成しないで繰り返し応力振幅を与えた後、梁から試験片を外して四探針法により測定して得られた値と同程度であることから、電極の接点における損傷によるものではないことを確認している。

応力振幅負荷に伴う Mo-DLC の巨視的な損壊は、走査型電子顕微鏡による観察では確認できず、また透過型電子顕微鏡による観察では、モリブデンクラスタのサイズや間隔にも変化が見られなかったことが確認された。そこで、応力振幅負荷に伴う電気的特性の変化の機序の原因が Mo-DLC のマトリクスである非晶質炭素膜の化学構造にあると考え、ラマン散乱分光および XPS による分析を行った。

Fig. 2 にラマン散乱分光分析のスペクトルを示す。得られたスペクトルは典型的な DLC のものであることから、Mo-DLC の構造の分析に従来の理論を適用することとする。中尾らの報告[2]に従い、最も残差平均が低くなる Gauss 関数を用いてスペクトルのピーク分離を行った。炭素構造の disorder を示す D バンドの強度(I_D)と、 sp^2 結合に由来する G バンドの強度(I_G)の比(I_D/I_G)を求めたところ、応力振幅回数の増加に伴い I_D/I_G が減少する傾向が見られ、応力負荷前の時に平均値で 0.76 だった値が 10^7 回後には 0.70 まで減少することを確認した。Ferrari と Robertson は、 I_D/I_G と非晶質炭素膜の炭素の sp^2 結合の存在量との相関性について言及しており、 I_D/I_G の減少は sp^2 結合の減少を示していることを示唆している[3]。

ラマン散乱分光分析の結果を踏まえ、XPS を用いてより詳細に炭素原子の結合形態について調査した。Fig. 3 に振幅回数 0 回と 10^7 回の Mo-DLC の C1s スペクトルを示す。金属元素をドーピングしていない一般的な DLC と異なり、283 eV にピークが見られる。これはカーバイド (C-M) の結合に由来する。284.0 eV と 284.2 ~ 284.4 eV には sp^2 結合と sp^3 結合のピークが見られる。カーバイドと sp^3 結合のピークを Voigt 関数で、 sp^2 結合を非対称関数でピーク分離を行った。各結合のピーク面積を Table 1 に示す。振幅回数が増加することで、カーバイドのピーク面積が上昇し、逆に sp^2 のピーク面積が減少していることが分かる。この結果より、モリブデンクラスタ近傍に存在する炭素原子の sp^2 軌道の π 結合が動的応力によって解離し、近接するモリブデン原子とカーバイド結合を形成したものと考えられる。また、XPS の定量分析により、得られた Mo-DLC には、30 at.% 程度のモリブデンが含まれていることが判った。

4. 結論

本研究より、動的な応力振幅を負荷することで、Mo-DLC のマトリクスにおける炭素の結合形態が変化することでその電気的特性の変化が引き起こされることが示唆された。すなわち外部から応力が与えられることで、Fig. 4 に示すようにモリブデンクラスタの周囲にある炭素原子の sp^2 結合がモリブデンとのカーバイド結合に変化し、マトリクスの活性化エネルギーが上昇したため、電気抵抗率が上昇したものと考えられる。これは Likalter が示したインシュレータ中の電気伝導モデルで説明される[4]。今後は、Mo-DLC に与える応力にバリエーションを持たせて Mo-DLC の疲労挙動を詳細に解明する。また、粒子法による数値解析を行うことで、炭素原子とモリブデンの結合形態の変化を数値的に説明するモデルの構築も行う。

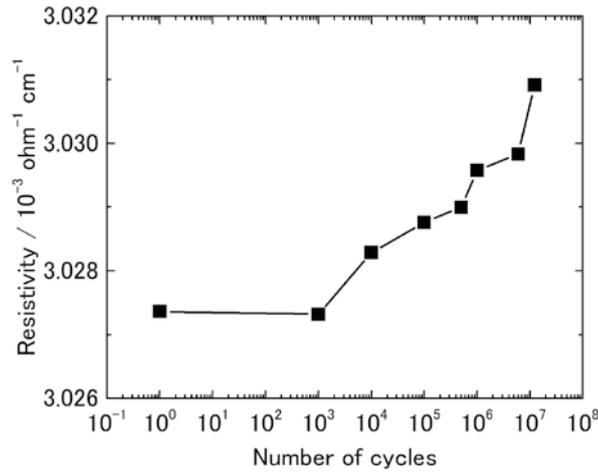


Fig. 1 繰り返し応力負荷に伴う Mo-DLC の電気抵抗率の変化

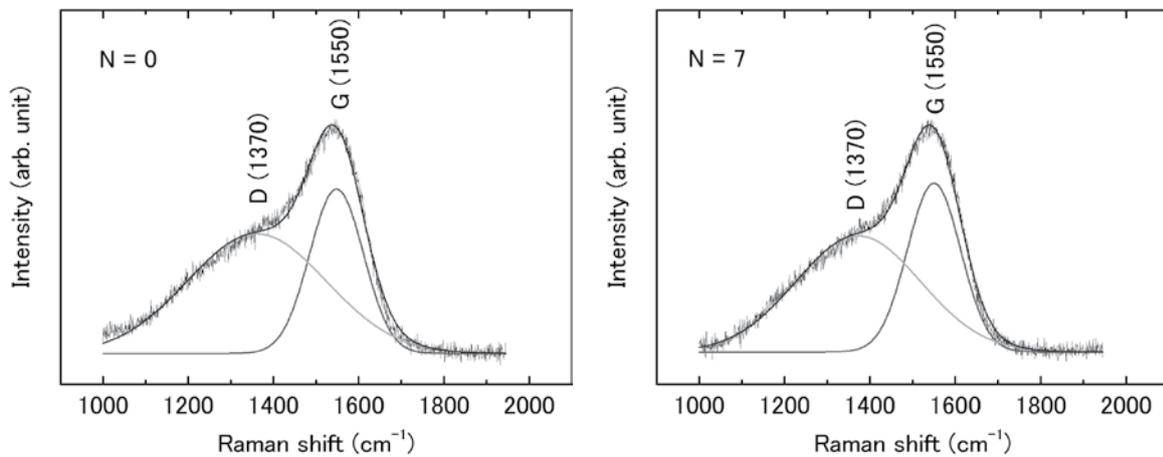


Fig. 2 Mo-DLC のラマンスペクトル. N = 0: 繰り返し応力負荷無し, N = 7: 繰り返し応力負荷回数 10^7 回

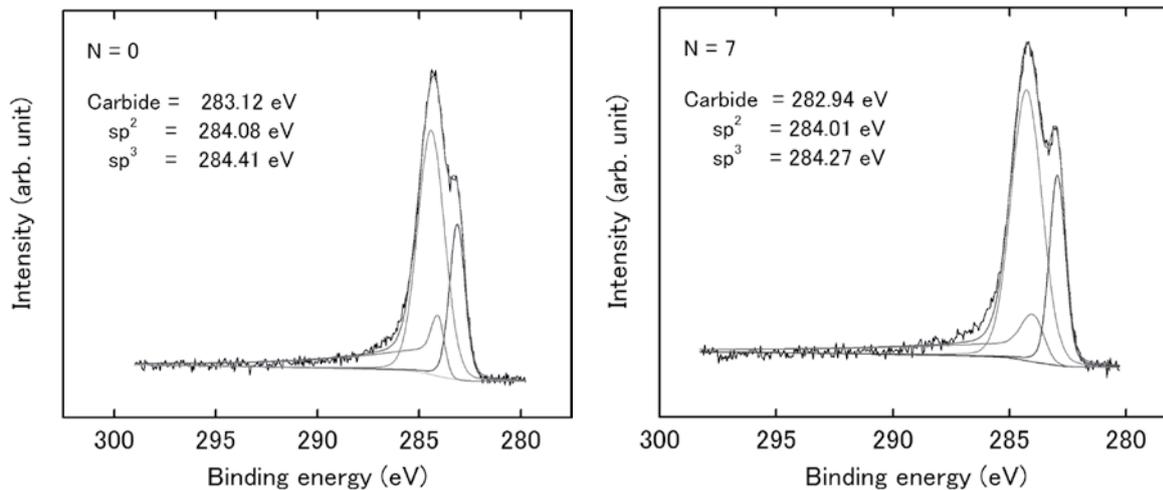


Fig. 3 Mo-DLC の XPS C1s スペクトル. N = 0: 繰り返し応力負荷無し, N = 7: 繰り返し応力負荷回数 10^7 回

Table 1 繰り返し応力振幅負荷による Mo-DLC における C1s の Carbide、sp²、sp³ 結合の存在量

Cycle number	Carbide (area%)	sp ² (area%)	sp ³ (area%)
0	25.5	58.6	15.9
10 ⁷	28.5	56.8	14.8

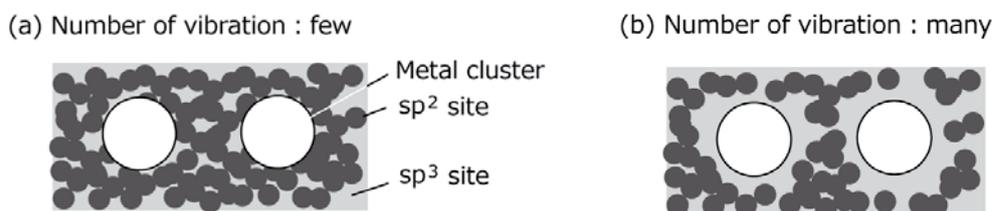


Fig. 4 Mo-DLC 内部におけるモリブデンクラスターと炭素原子の結合状態: (a)繰り返し振幅回数が少ない状態, (b) 繰り返し振幅回数が多い状態

5. 参考文献

1. T. Ohno, T. Takeno, H. Miki, and T. Takagi, *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, vol. 33, pp. 665-671, 2010.
2. S. Nakao, *Journal of the Surface Finishing Society of Japan*, vol. 60, pp. 48-55, 2009.
3. A. C. Ferrari and J. Robertson, *Physical Review B*, vol. 61, pp. 14095-14107, 2000.
4. A. A. Likalter, *Physica A*, vol. 291, pp. 144-158, Mar 1 2001.

6. 論文・学会発表、受賞、特許

該当なし

7. 外部研究費等申請

獲得：東北大学学際科学フロンティア研究所平成28年度領域創成研究プログラム、「電磁非破壊評価のための導電性 DLC 遠方場プローブを内蔵する接着フィルムの開発」、小助川博之、100 万円

心臓血管系において流体が制御する遺伝子発現機構とその役割の解明
久保 純 ¹ 、吉野 大輔 ²
¹ 加齢医学研究所、 ² 流体科学研究所

1. 研究目的

血液が流れることによって血管壁に加えられる力学刺激（せん断応力）が遺伝子の発現を制御していることが近年報告されている。例えば、心臓の弁が適切に形成されるためには、血流によって発現誘導される遺伝子（マイクロ RNA）が必須であることを報告している（参考文献1）。このような力学刺激と遺伝子発現との関係を明らかにする学問領域をメカノバイオロジーと呼ぶが、その詳細なメカニズムはほとんど明らかにされていない。その理由として、力学刺激と遺伝子発現、さらにそれが、生体内で果たす役割を解明しようとする、工学的技術と生物学的技術の緊密なコラボレーションが必要となるからである。例えば、流れ刺激に応答する因子を同定するためには、流れを制御する工学的な技術を生物学分野に取り込み、生物学側の要請に応じて、さらに洗練していかなければならない。これまで工学研究者も生物学研究者も連携の重要性については認識しつつも、学際性の持つ難しさから、両分野が真の意味で連携して取り組んでいる研究は少なかった。このような状況を打破するため、本研究においては、流体科学研究所の吉野が中心となり、培養細胞や生体組織に対して流れ刺激を与える装置の開発・改良を行った。一方、加齢医学研究所の久保は、吉野から提供を受けた流れ制御技術を用い、流れ刺激に応答する因子の分子メカニズムの解析を行った。流れ刺激応答因子のいくつかについては、遺伝子組み換え動物（マウス、ゼブラフィッシュ（魚））を作成し、流れ刺激が生体の心臓血管系に与える影響を解析した。

2. 研究方法

血流という「流れ刺激」が心臓血管系に与える影響を明らかにすることを目的として、申請書に記載の以下の項目について、研究を実施した。

(1) 流れ刺激の負荷装置の開発・改良

これまでの解析から、ヒト血管内皮細胞（HUVEC）に流れ刺激を負荷すると、いくつかの遺伝子について、その発現量が変動することが明らかになっている。しかし、これまでの解析システムの限界として、「リアルタイム・イメージングによる観察ができない」ことや、逆に「解析装置が小型であるため、必要なサンプル量を確保できず、生化学的な解析が十分に行えない」といった課題があった。そこで、流体科学研究所の吉野が中心となり、流れ刺激負荷装置の改良を行った。

(2-a) 流れ刺激に応答する遺伝子の網羅的同定

流れ刺激に反応して、活性化される遺伝子（発現量が上昇する遺伝子）を網羅的に同定する。また、ヒト血管内皮細胞に流れ刺激を負荷した場合に、「流れ刺激」に対する応答性が遺伝子ごとに異なることも明らかになっている。そこで、流れ刺激を様々な条件（流れの強さ、一方向/往復、周期性、負荷時間など）で負荷し、RNA-seq 解析を行うことで、流れ刺激依存的に発現量が上昇する遺伝子を網羅的に同定する。

(2-b) 流れ刺激に反応するメカニズムの解明

流れ刺激を受けた細胞で遺伝子の活性化が引き起こされるということは、流れ刺激という情報が細胞核へと伝達されていることを示している。しかし、この伝達機構については不明

な点が多い。そこで(1)で開発したシステムを用い、流れ刺激を負荷した培養細胞から核タンパク質を抽出し、比較することで、流れ刺激依存的に細胞核に蓄積する因子を同定する。さらにそれらの因子の細胞内での挙動を可視化するために、流れ刺激を負荷しながら共焦点顕微鏡でのライブイメージングを行う。

(3) 生体における機能の解析

「(2-a, b)」で同定した流れに応答する遺伝子の生体内での働きを明らかにするために、これらの遺伝子を特異的に欠損する動物や心臓血管系で可視化できる遺伝子組み換え動物（マウスやゼブラフィッシュ（魚））を作成する。

3. 結果および考察

(1) 流れ刺激の負荷装置の開発・改良

図1、2に示すように、ライブイメージング装置の開発、流れ刺激装置の大型化を行った。

(2-b) 流れ刺激に応答するメカニズムの解明

(1)で開発したライブイメージング装置を用いて、観察を行ったところ、新規転写因子（Shear Stress dependent Transcription Factor: SSTF と呼ぶ）が流れ刺激を負荷した直後に迅速に核内に流入すること、また流れ刺激の負荷を停止すると、迅速に核外排出されることが明らかになった。さらに、遺伝子発現解析を行った結果、核内に流入した SSTF が、いくつかの遺伝子を強力に活性化していることが分かった。さらに詳細な解析を行ったところ、流れ刺激によって活性化されるある因子が SSTF と相互作用し、その結果として、SSTF の核内移行が引き起こされるらしいことが分かった。

(3) 生体における機能の解析

生体における流れ刺激の役割を明らかにすることを目的として、遺伝子欠損動物を作成したところ、一部の遺伝子欠損動物において、心臓血管系の発生に異常がみられた。また、遺伝子組み換えゼブラフィッシュを作成し、流れ刺激応答因子の挙動を可視化したところ、心拍数の上昇に呼応して、核移行が引き起こされることを確認した。

4. 結論

本研究は、4 カ月間という短い期間に実施されたものの、申請時に提案した課題の多くを達成することができたといえる。

まず、研究計画の「(1) 流れ刺激の負荷装置の開発・改良」では、当初の目標通り、

- ・ 共焦点顕微鏡下でリアルタイム観察できる流れ刺激装置の開発
- ・ 大型流れ刺激装置の作成による処理能力の向上を完了した。

また、この新規解析系を利用した「(2-b) 流れ刺激に応答するメカニズムの解明」では、

- ・ 新規の流れ刺激応答因子（SSTF）を同定し、
- ・ 流れ刺激負荷によって、SSTF と相互作用する因子の同定にも成功した（流れ刺激の核への新規伝達メカニズムを発見し、分子レベルで解明。）

さらに、「(3) 生体における機能の解析」でも、

- ・ 遺伝子組み換えゼブラフィッシュを作成し、心筋での応答を可視化している

このように、申請書に記載した多くの課題について実施し、成果を上げることができた。

図1 ライブイメージングシステム

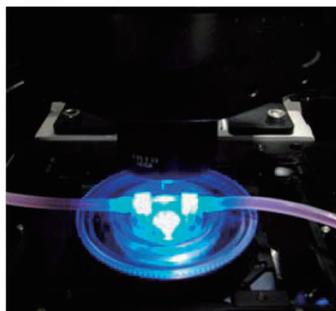


図2 大型流れ刺激負荷装置

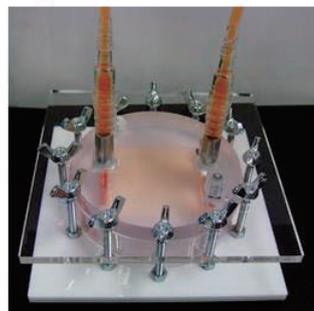


図3 SSTFは流れ刺激に応答して迅速に核内移行する。

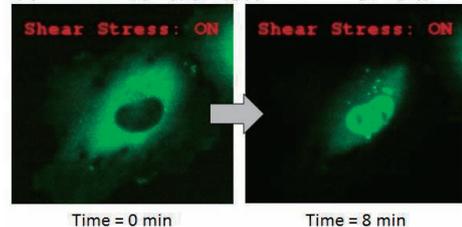
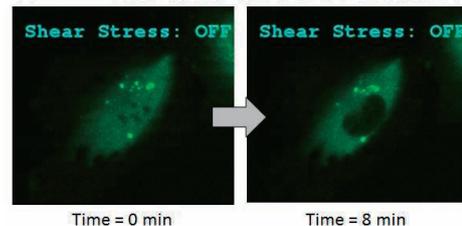


図4 SSTFは流れ刺激停止後、速やかに核外搬出される



一方、「(2-a) 流れ刺激に応答する遺伝子の網羅的同定」については、実施期間が4カ月と短かったこと、また、解析に必要な費用が非常に高額であったことから、結果が得られていない。しかし、現在も継続して準備しており、今後、解析を行いたいと考えている。

ところで、本研究では流れ刺激装置の大型化を行ったが、これにより、これまでサンプル量の少なさから解析が難しかったタンパク質を中心とした生化学的な解析（タンパク質の修飾（リン酸化、アセチル化など）やタンパク質間相互作用）を行うことが可能となった。これまで、このような解析は行われておらず、今後、新しい発見につながると期待している。

5. 参考文献

1. Haemodynamically dependent valvulogenesis of zebrafish heart is mediated by flow-dependent expression of miR-21』、Toshihiro Banjo, Janin Grajcarek, Daisuke Yoshino, Hideto Osada, Kota Y. Miyasaka, Yasuyuki S. Kida, Yosuke Ueki, Kazuaki Nagayama, Koichi Kawakami, Takeo Matsumoto, Masaaki Sato, Toshihiko Ogura 『Nature Communications』、4、Article number 1978, 2013

6. 論文・学会発表、受賞、特許

学会発表：

1. 第38回 分子生物学会、せん断応力が心臓発生に与える影響の解析、(ポスター)、新井田 隆宏、久保 純、吉野 大輔、小椋 利彦、2015年12月1日
2. 第38回 分子生物学会、マウス Arid2 遺伝子の発現パターンとその機能の解析、(ポスター)、柳原 由実、久保 純、小椋 利彦、2015年12月2日
3. 第38回 分子生物学会、哺乳類の心臓発生における力学刺激の関与についての解析、(ポスター)、山中 祐樹、久保 純、渡邊 裕介、小椋 利彦、2015年12月2日
4. 第38回 分子生物学会、心臓拍動に依存した遺伝子発現制御メカニズムの解析、(ポスター)、久保 純、新井田 隆宏、木村 正人、宮坂 恒太、渡辺 裕介、小椋 利彦、2015年12月3日
5. 第32回 国際心臓研究学会日本部会シンポジウム、Heartbeat regulates cardiac gene expression via nuclear shuttling of MKL2、(口頭発表(招待講演))、久保 純、小椋 利彦、2015年12月11日
6. 東北大学 研究所若手アンサンブル研究会、心臓血管系において流体が制御する遺伝子発現機構とその役割の解明、(口頭発表)、久保 純、吉野 大輔、2016年1月21日
7. 第2回 血管生物若手研究会、血管内皮細胞においてせん断応力を核に伝える因子の解析、(口頭発表)、久保 純、新井田 隆宏、吉野 大輔、小椋 利彦、2016年3月5日

7. 外部研究費等申請

獲得：

- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B)、208万円 (H28年度、間接経費含む)
- ・ 学際科学フロンティア研究所 領域創成研究プログラム、100万円 (H28年度)

東日本大震災後のコミュニティ再生・創生プロセスと持続可能性に関する実証的共同研究

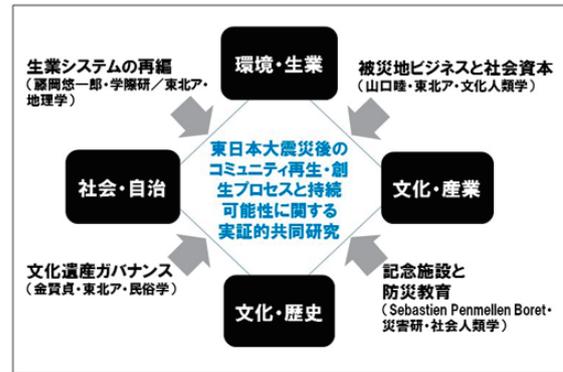
藤岡悠一郎^{1,2}、金 賢貞²、Sebastien Penmellen Boret³、山口 睦²

¹学際科学フロンティア研究所、²東北アジア研究センター、³災害科学国際研究所

1. 研究目的

東日本大震災から5年の歳月が経とうとする中で、被災地では新たなコミュニティが形成されつつある。それは、仮設住宅を経て復興住宅への入居や津波浸水域から高台への移転が進み、防波堤の建設により景観が変化し、インフラの復旧、農地の回復、港湾の整備などが進む中で見出される地域の再生・創生である。しかし、それらは全く新しいコミュニティではなく、震災前の地域社会のあり方や地域資本が土台になっている。

本共同研究は、東日本大震災後の地域社会において、生業システム（藤岡）、復興ビジネス（山口）、文化遺産ガバナンス（金）、記念施設と防災教育（ボレー）という4つの視点に注目し、各調査地におけるコミュニティ再生・創生のプロセスを明らかにし、その持続性について多角的に検討する。とりわけ、コミュニティ再生・創生のプロセスが震災前の地域社会における各種資本とどのように関連し、持続性を担保しているのかを明らかにする。そして、その成果を1997年阪神淡路大震災など、国内外における他の災害からの復興過程と比較を行い、東日本大震災の特徴や今後起こるであろう問題の把握、コミュニティ創生への提言などを検討する。



2. 研究方法

本共同研究は、人文社会科学の異なる分野を専門とする4名の共同研究者が、異なるテーマに基づき、現地調査を実施することで進めた。各テーマと担当者は下記のとおりである。

テーマ	共同研究者名	専門	(予定) 調査地	研究テーマ	調査時期
1	ボレー・セバスチャン	社会人類学	名取市・女川町	記念施設の役割と防災教育	1月～2月
2	金 賢貞	民俗学	女川町・石巻市	文化遺産ガバナンス	12月～2月
3	山口 睦	文化人類学	亘理町、東松島市	被災地ビジネスと社会資本	12月～2月
4	藤岡悠一郎	人文地理学	宮城県沿岸地域	生業システムの再編	12月～2月

3. 結果および考察

テーマ1：震災に関する記念施設（メモリアル公園、遺構等）は、津波や犠牲者、震災前のコミュニティの震災に関する記憶を蓄積し、新たなコミュニティを形成していく際に一定の役割を果たすと考えられる。本テーマでは、震災記憶や防災教育における震災モニュメントの社会的な役割について明らかにした。初めに、閉上地域に位置する「閉上の記憶」センターや「お茶飲み場」など、東日本大震災に関する記念施設を対象に、大震災の記憶を保存するプロセスと防災教育のナラティブを把握した。「閉上の記憶」センターでは、津波被害を勉強に来たバスツアー参加者に対して語り部がガイドを行い、閉上中学校の名取市慰霊碑を

中心に案内を行っていた。被災者が活動を行っている「お茶飲み場」では、囑目した「お地蔵さん」の慰霊碑を建立し、担当者は全国から来訪する沢山の人々と会っていた。彼らの語りから、伝承や避難などに関する課題が明らかになった。次に、こうした活動の対象となるモニュメント、悲劇的な出来事とその被害者の記憶を留めるためのシンボルに注目し、防災教育に関する建造物の役割を把握した。その過程で、「あの日」に関するナラティブでは犠牲者の記憶が防災教育と絡み合う中で吐露されていることが分かった。最後に、語られる内容をミクロな視点から整理すると共に、そうした事例を重ね合わせ、さらにはマクロなスケールである行政面からの関わりを組み合わせることで、現代日本人の中にみられる、震災の記憶や防災記憶の意味、災害に関する文化を明らかにした。

テーマ 2：震災後の新しいコミュニティづくりの現状・成果・課題を、対等なパートナーシップと多様な主体による合意形成を重視する「ガバナンス」の視点から、特にローカルな文化遺産の保護・活用・変容に着目して明らかにした。まず、東日本大震災後の 2011 年 12 月に発足した「竹浦獅子振り保存会」の活動のプロセスと現状を調査した。高齢の住民 3 人と、震災前にすでに竹浦以外の地域に婚出していた女性たちが、毎週土曜日に行っていた獅子振り練習会を、参加者の減少によって 2015 年夏に中止していた。ここからは、地元を離れて避難生活を続けている住民同士のコミュニケーションが、避難生活の長期化にともなって次第に希薄化していることが確認できる。次に、移転計画の実施状況を調査し、高台移転における自立再建者と災害公営住宅入居者との間に葛藤が生じていることが分かった。さらに、長期化している仮設住宅での生活は居住者にかなりの精神的ストレスの原因となっていることも分かった。以上の状況が被災者の社会生活や人間関係に影響を及ぼしていることはいまでもない。注目に値するのは、生業の不安定な回復によって若年住民が仕事以外の地域社会の問題や課題に積極的にかかわれなくなっていることである。特に、養殖業などの漁業に携わっていた男性たちはトラック運転などの別の仕事で生計を立てていることが多く、復興の現状にいらだちをみせている。このような不安定な生活は比較的強固だった地域社会の結束を弱め、社会的葛藤の一因となり、ソーシャル・キャピタルの蓄積を妨げている。

テーマ 3：震災後、女性の経済的自立や地域社会の復興のために、女性を中心とした手仕事のスモールビジネスが地域内部から、もしくは外部者による支援などによって興る。本テーマでは、被災地ビジネスがいかに継続的な事業へと成長し、地域社会に新たなコミュニティを形成するかという問題意識のもとに、外部アクターの役割、被災前からの地域の社会資本がどのように機能しているのか検討した。宮城県内の復興支援事業は、現段階で 82 団体が確認できた。各団体の活動拠点は、仮設住宅、旧コミュニティ、避難所、自宅避難などに分類できる。手仕事商品が生まれたきっかけは、ボランティアへのお礼、NPO の支援活動、既存の手芸サークルなどがあげられる。復興ビジネスの流れは、商品企画・開発、材料調達、製作、販売（販路開拓、宣伝）、購入があり、通常の商品販売と異なり材料の寄付や要所におけるボランティアな労働力の投入が特徴である。復興ビジネスに関わるアクターは、①被災者＝生産者、②全国の人々＝消費者、③仲介・支援団体（NPO、企業、社協、自治体）がある。例えば、東松島市小野駅前応急仮設で始まったソックモンキー「おのくん」プロジェクトは、全国からの靴下や綿の寄付を受け、仮設住宅の住民が製作、IT 関連会社が販売、広告を担っている。おのくんは、「購入」ではなく「里親になる」と表現され 1 体 1,000 円で引き取られる。活動目的の一つが、東松島を知ってほしい、多くの人に東松島に来て欲しいことであるため、仮設を訪問してくれた人に優先的に譲渡されている。この仕掛は復興ツーリズムを興し、地域社会の経済活性化を引き起こしている。

テーマ 4：生業は人々の生活基盤であり、地域の経済発展を支える核となる。本テーマでは、宮城県石巻市および気仙沼市を対象に、水産加工業の再編過程に注目し、水産加工業に携わる世帯の生業活動の変化やコミュニティの社会関係などが外部の影響の中でどのような変容を遂げているのかを明らかにした。初めに、行政や漁業組合などが集めている統計資料を基に、宮城県の水産加工業の被害やその後の復興過程について把握した。そのなかで、水産加工業のなかでも、扱う生産品目（干物品／冷凍加工品／缶詰製品など）や漁業形態（沿岸漁業基地／遠洋漁業基地など）により、被害の損失額やその後の復興状況に大きな差異があること

を把握した。次に、石巻市と気仙沼市において、水産加工業に携わる異なるアクターの人々にインタビュー調査を行った。両地域では、カキやカツオ、サンマなど水産物の地域ブランド化が進められ、地域内の販売拠点の整備や新たな市場開拓を積極的に試みていた。そのような過程には、NGO の立ち上げや外部団体との連携など、新たなコミュニティの成立に結び付く動きも見受けられた。しかし、両地域とも、津波による原料の流出や生産コストの上昇などが課題であり、低い労働賃金や高台移転に伴う労働者の不足などの問題に直面していた。調査対象者の多くは、新たな産業の担い手を確保することが、差し迫った課題として挙げていた。産業の復興の過程において、水産加工品の生産から加工、流通までの一連の過程において、新しい産業の担い手や他の産業との連携方法を模索していくことが求められている。

4. 結論

本共同研究では、各研究テーマに関する現地調査から、東日本大震災後のコミュニティ再生・創生プロセスに関する具体的かつ多様な事例を収集した。例えば、テーマ 1 からは、東日本大震災に関連して建立された記念碑と追悼碑がコミュニティの記憶を生み出し、災害に関するナラティブを伝達する役割を果たしていたこと、記念碑が防災教育において地元レベルから重要な役割を担っていることが明らかとなった。テーマ 2 からは、居住地がばらばらになった住民たちにとってノスタルジアを呼び起こし、震災前のふるさとを象徴した民俗芸能や祭礼の伝承が困難になっていることを確認したが、キーパーソンとしての地元住人たちが、高齢であるにもかかわらず、SNS などを活用して遠隔地に暮らす住民たちとネットワークを築くために努力していることが明らかになった。テーマ 3 では、震災後に興った女性を中心とした手仕事のスモールビジネスが、製品づくりを担う内職もしくは組織運営のメンバーとしての職を女性たちに提供していることや、組織運営の職場においても復興ビジネスの団体は女性を中心としているため、子育てや家事などと両立しやすい環境となっていることが見いだされた。テーマ 4 からは、水産業に携わる多様なアクターが関わり、水産加工品の地域ブランド化という動きを軸として、新しいコミュニティをつくる試みが見いだされた。

今後、震災からの時間がさらに経過していくなかで、このような活動における持続性をどのように考えていくのかについて、さらに議論や事例収集が必要である。震災直後の復興過程においては、ボランティアの関与なども強く、多種多様な復興の試みが沸き上がり、新しい社会関係が創られていった。しかし、5 年という一定の時間が経過したなかで、より長期的視点での議論が求められている。例えば、まちづくり計画や高台移転計画が進む中で、慰霊碑や記念碑の恒久的な場所の検討や移動などが考えられ、モニュメントの役割とともに検討していく必要がある。また、被災地ビジネスについては、商品の販売において、「被災者が作りました」という文句をはずすと売れない商品の売れゆきが鈍くなってきているなどの指摘もある。文化遺産や生業に関わる実践が、復興まちづくりや産業振興においていかに機能するのか、定常的な新しい社会関係の構築につながるのか、などの点について、今後さらに議論を深めていきたい。

5. 参考文献

なし

6. 論文・学会発表、受賞、特許

なし

7. 外部研究費等申請

なし (2016年度に予定)

量子計算機の実現にむけた窒化物半導体光導波路のモード制御と超小型非古典光源の開発

片山 竜二¹、小島 一信²、窪谷 茂幸¹、谷川 智之¹

¹金属材料研究所、²多元物質科学研究所

1. 研究目的

1-1. 背景 本研究グループでは、量子もつれ状態に基づく光を用いた量子計算機の基本素子である量子ゲートの実現を目指して、その要となる非古典光源の開発を進めているが、その実装方法として下記二種の手法を想定している。どちらも二次非線形光学効果である光パラメトリック下方変換（Optical Parametric Down Conversion, OPDC）過程を用いる。

- (I) OPDC 過程により発生する二光子のうち一方をゲートとした一对の伝令付き単一光子源を光源として用い、二つの単一光子を合波することで離散変数量子もつれ状態を形成し、これをパスインコード型の量子ゲートとして用いる[1].
- (II) OPDC 過程により直交位相振幅スクイーズド光を発生する一对の光共振器を光源として用い、互いに直交した位相のスクイーズド光を合波することで連続変数量子もつれ状態を形成し、いわゆる量子テレポーテーション型量子ゲートとして用いる[2].

どちらの手法においても自由空間光学系を用いた原理実証が近年報告されているが、特に光源部の部品点数が多く装置が巨大となり、かつ効率のよい量子相関の維持には高精度の光軸調整が必要であり安定性が低く、また高価で大型のチタンサファイアレーザを励起光源として用いるため、普及にはハードルが高い。そこで本研究グループでは、将来求められる量子ビット数の増大に伴うスケラビリティを実現しつつ上記の問題を解決する唯一の実装方法として、励起光源を含む非古典光源と合波・演算素子全てを光導波路として実装する方法を提案する。非古典光源の波長としては、量子効率 98%以上でかつ低暗電流の Si 検出器の帯域 850 nm を用いることを踏まえ、励起光源としては 425 nm の InGaN レーザ、OPDC 素子ならびに合波・演算素子として GaN・AlN チャネル導波路を用いた波長変換素子、方向性結合器、位相変調器を用いる。これにより単一の材料系である窒化物半導体を用いて全てを集積可能となる。本研究グループでは窒化物半導体光導波路による上記帯域での高効率第二高調波発生（Second Harmonic Generation, SHG）に既に成功しており[3]、この逆過程である OPDC 過程においても同等の高い波長変換効率が見込めることが、本材料系を用いる論拠となる。

1-2. 目的 以上を踏まえ本研究では、窒化物半導体からなる光導波路中の導波モードの精密制御による量子ゲートの実現を目指す超小型非古典光源素子の開発を目的とし、本グラント第一ステージでは、OPDC 素子構造の検討、設計と素子作製要素技術の開発を行った。

2. 研究方法

2-1. 素子構造の検討 まず波長 425 nm のポンプ光から波長 850 nm のシグナル・アイドラ光を発生する縮退 OPDC を実現する素子構造を検討した。ウルツ鉱構造結晶の二次非線形光学テンソルのうち最大の成分である d_{33} を利用するため、全光波について TM 偏光を用いることとした。これまで本研究グループではサファイア基板上の c 軸配向 GaN のドメインを面内で $+c$ 、 $-c$ 、 $+c\cdots$ と周期的に極性反転させた縦型擬似位相整合型光導波路からの第二高調波発生に成功した[3]。ただし、ドメイン間の成長速度差とパターン形成プロセスに起因した凹凸が光導波路表面に残存し、導波損失が大きいという問題があった。そこで本研究ではこの構造に代えて、極性反転を必要としない横型擬似位相整合（モード位相整合）構造を提案する。まずポンプ光として TM_1 モード、シグナル・アイドラ光として TM_0 モードを用いて伝搬方向の位相整合を満たすとともに、二次非線形光学活性な下部導波層として AlN 薄膜、二次非線形光学不活性な上部導波層としてアモルファス TiO_x を用いた非対称な非線形光学定数

の分布とし、パリティの異なる光波間の結合を最大化する。また AlN 薄膜のエピタキシャル成長用基板として通常はサファイアが用いられるが、光閉じ込め効率の向上による波長変換効率の増大を目的として、湿式エッチングによる光導波路のエアブリッジ化、つまり高屈折率コントラスト化が可能な ZnO 基板の使用を検討し、サファイア基板の場合と比較した。

2-2. AlN・TiO_x 薄膜の成膜と光学定数評価 まず下部導波路層にあたる単結晶 AlN 薄膜の成膜を試みた。成長には+c面 ZnO(0001)基板を用い、成長表面を原子レベルで平坦化するために、1150°Cの大気中で4時間熱処理を行った。成膜には既設のパルスレーザ堆積 (PLD) 装置を用い、AlN 焼結体ターゲットを KrF レーザ (200 mJ, 10 Hz) にてアブレーションし、N₂ 流量 5.0 sccm, 圧力 3.0 Pa, 基板温度 350°Cにて 30 分間成膜した。構造品質は原子間力顕微鏡, X 線回折測定を用いて評価した。続いて上部導波層にあたるアモルファス TiO_x 薄膜の成膜を行った。成膜には既設の RF マグネトロンスパッタリング装置を用い、原料として Ti ターゲット, 基板は無アルカリガラスを用いた。RF 出力 200 W を用いて 60 ないし 180 分間成膜し、成膜圧力および O₂・Ar ガス流量を最適化することで、反応性スパッタリングの酸化物・金属モードの遷移領域近傍での成膜を行った。表面平坦性については原子間力顕微鏡, 膜厚均一性については反射スペクトルマッピングを用いて評価した。特にアモルファス膜の光学定数は、単結晶薄膜とは異なり成膜条件により顕著に変化することが報告されているため、併せて分光エリプソメトリを用いて屈折率分散の評価を行った。

2-3. 素子構造の最適化 上記の各層の成膜と光学特性評価の結果を踏まえ、各層の膜厚の最適化により、波長変換効率が最大となる素子構造を決定した。将来的にはチャンネル型光導波路として実装するが、本ステージにおいては、面内にパターンニングを施さない基本的な構造であるスラブ型導波路として構造最適化を行った。

3. 結果および考察

3-1. AlN・TiO_x 薄膜の成膜 図 1(a,b)に PLD 成膜した AlN 薄膜の X 線回折測定結果と原子間力顕微鏡像を示すが、c 軸配向し、厚さ 200 nm, 粗さ Ra=1.3 nm の光学的に平坦な単結晶 AlN 薄膜が得られた。またアモルファス TiO_x 薄膜については、圧力 5.0 Pa, O₂ と Ar の流量 10 sccm, 0.40 sccm, 60 分間の成膜において厚さ 250 nm, 粗さ Ra=3.1 nm の薄膜が得られた。また 180 分間成長した試料の膜厚分布を評価したところ、素子サイズに相当する 10×10 mm² の面積内で±0.2%の膜厚均一性を達成した。図 1(c,d)に示す光学定数の評価結果については、次項にて述べる。

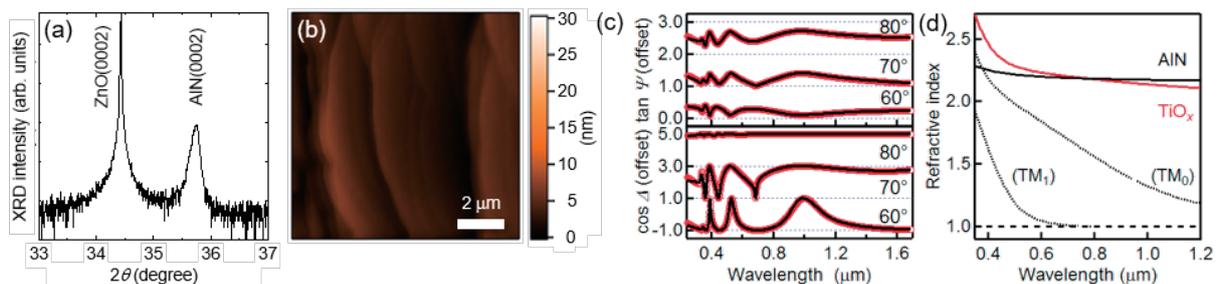


図 1 PLD 成膜した AlN 薄膜の(a)X 線回折プロファイル, (b)原子間力顕微鏡像. スパッタリング成膜した TiO_x 薄膜の(c)分光エリプソメトリ評価結果, (d)屈折率分散.

3-2. 素子構造の最適化 成膜したアモルファス TiO_x 薄膜の分光エリプソメトリ評価結果と, Tauc-Lorentz の式を用いてフィッティングを行い求めた屈折率分散を図 1(c,d)に示す。AlN の文献値[4]と比較し、両者の屈折率がほぼ整合していることがわかる。得られた光学定数を用いて、空気/TiO_x/AlN/サファイア及び空気/TiO_x/AlN/空気の構造について計算した波長変換効率の TiO_x・AlN 両導波層の膜厚依存性を図 2(a,b)に示す。それぞれの構造の最適膜厚における電界分布を図 2(c,d)に示すが、エアブリッジ化することで下部導波層・クラッド層間の屈折率コントラストの向上に伴い、光閉じ込め効率が顕著に増大し、波長変換効率が 2.6 倍

に増強されることがわかった。また導波モードの電界分布の対称性向上によりガウシアン形状の入射・出射光との結合効率がそれぞれ二倍程度向上することを勘案すると、エアブリッジ化により、OPDC 素子として総じておよそ一桁の効率向上が見込めることがわかった。

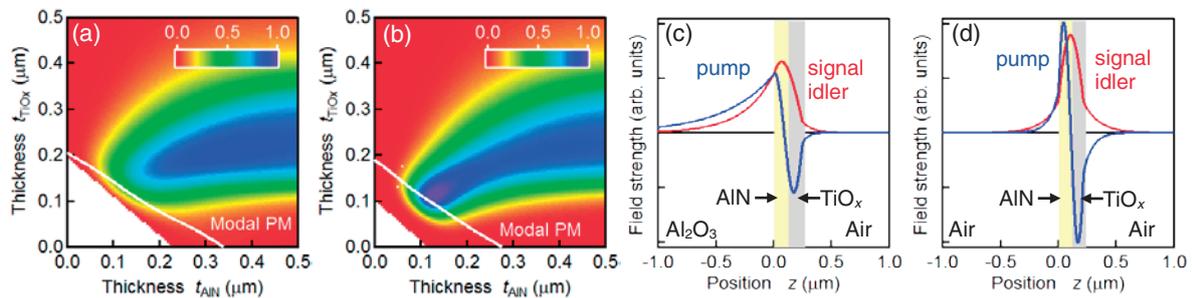


図2 (a,b) 波長変換効率の TiO_x · AlN 導波層膜厚依存性, (c,d) 最適膜厚における電界分布.
〔素子構造：(a,c) 空気/TiO_x/AlN/サファイア, (b,d) 空気/TiO_x/AlN/空気.〕

4. 結論

本研究において提案し、作製要素技術を開発した新規な素子構造において、既存の技術を用いて作製した波長変換素子の性能を一桁上回る見込みが得られた。今後はこれらの技術を組み合わせたチャネル型導波路の作製と性能の実証を行う予定である。

5. 参考文献

1. A. Politi *et al.*, *IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron.* **15**(6), 1-12 (2009).
2. G. Masada *et al.*, *Nature Photon.* **9**, 316-319 (2015).
3. R. Katayama *et al.*, *Ext. Abstract of Int. Workshop on Nitride Semicond.* PR5-1 (2012).
4. J. Pstrik *et al.*, *phys. stat. sol.* **14**, K5-K8 (1966).

6. 論文・学会発表、受賞、特許

論文 J. Yoo, K. Shojiki, T. Tanikawa, S. Kuboya, T. Hanada, R. Katayama and T. Matsuoka, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, pp. 05FA04-1-4 (2016).

学会発表 J. Yoo, K. Shojiki, T. Tanikawa, S. Kuboya, T. Hanada, R. Katayama, T. Matsuoka, “Polarity Control of GaN Grown on Pulsed-laser-deposited AlN/GaN Template by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy”, *Japan-Russia Joint Seminar, Advanced Materials Synthesis Process and Nanostructure*, P18_05, (Miyagi, Japan, Mar. 18-19, 2016).

受賞 劉 陳燁, 正直花奈子, 谷川智之, 窪谷茂幸, 花田貴, 片山竜二, 松岡隆志, *Annual Meeting of Excellent Graduate Schools for Materials Integration Center and Materials Science Center*, Poster Presentation Award.

7. 外部研究費等申請

申請中

SLE 患者に対する非侵襲的 MR 脳機能画像法を用いた新たな診断法の開発

稲葉 洋平¹⁾ 舘脇 康子²⁾ 麦倉 俊司³⁾ 永坂 竜男⁴⁾
伊藤 大輔⁴⁾ 佐々木 博信⁴⁾ 木村 智圭⁴⁾ 千田浩一¹⁾

- 1) 災害科学国際研究所災害放射線医学分野
- 2) 加齢医学研究所機能画像医学研究分野
- 3) 医学系研究科放射線診断学分野
- 4) 東北大学病院放射線部門

1. 研究目的

全身性エリテマトーデス (Systemic Lupus Erythematosus: SLE) は、自己免疫疾患で膠原病の 1 つに分類され、全身の臓器を侵す原因不明の疾患である。SLE 患者は、日本全国で約 10 万人罹患していると考えられており、男女の罹患比は 1:10 程度で、15~40 歳代の妊娠可能な若い女性に発症する特徴がある。また、SLE の症状の一つに中枢神経障害 (CNS ループス) があるが、予後や生活の質向上には CNS ループスの診断とコントロールが重要になる。さらに、中小から毛細血管レベルの末梢脳血管障害を引き起こすことが特徴のため、SLE を診断するには MRI 脳形態画像のみでは困難である。

一方で CNS ループスの脳機能画像診断法としては、核医学検査の脳 SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) がゴールドスタンダードとされている。しかしながら、SPECT は放射線同位元素 (Radioisotope: RI) を投与するため、繰り返し検査することを考慮すると、若年女性患者に対する放射線被曝が問題となる。SLE 患者は、MRI 脳形態画像と SPECT 脳機能画像が別個に検査されている現状にあるため、上記の「若年女性」「被曝」の観点から、MRI で脳機能画像まで評価できることが望ましい。今回我々は、MRI 脳機能画像法の一つで、造影剤を用いることなく取得できる Arterial Spin Labeling (ASL) 法に着目した。過去には、ASL 法と PET, SPECT などの他装置との比較 (Kang KM, AJNR 2015, Kamano H, Acta Radiol 2013 et al) やアルハイマー病や虚血性脳疾患への ASL の有用性についての報告 (A T Du, Neurology 2006 et al) はあるが、SLE に対して ASL を適用した報告は無い。そこで本研究では、SLE 患者に対する ASL 法を用いた新たな非侵襲的 MR 脳機能画像診断法の開発を目的とする。

2. 研究方法

[ASL 画像条件の検討]

ASL 法は、非造影で機能画像が得られる優れた検査法であり、血流スピンに対して標識をつけ、それを内因性トレーサーとして利用する非造影 MRI 灌流画像である。原理的に標識後一定時間 (Delay time) をおいて撮像するため、標識血流 (特に頸部血管) が虚血状態であるとうまく標識されない現象が出る。また、信号雑音比 (Signal Noise Ratio: SNR) が低く空間分解能が悪いため、多数回の撮像加算が必要となり、撮像時間が長くなる問題もある (Jahng DH, Med Phys 2005)。これらの問題点を排除するためにも、撮影条件の最適化が必要である。

撮像条件については、繰り返し時間 TR、エコー時間 TE、反転時間 TI、フリップ各 FA などの種々パラメータの最適値を事前に検討する。また、トータル撮像時間については、被検者が動かかのように最大 5 分として調整を行う予定である。

[健常被検者の MRI 脳機能画像収集]

3T MRI 装置を用いて本研究内容に同意の得られた健常被検者男女 20 名 (15 歳~40 歳) を目標に撮像する。脳形態および機能画像を収集する。具体的には以下のシーケンスを収集し、

解析ソフト SPM にて脳血流量の健常データベース構築を行う。

- 1) 解剖学的 3D 高分解能画像：MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Acquisition with Gradient Echo)
- 2) 脳機能画像 (脳血流量)：3D-ASL (Three Dimensional Arterial Spin Labeling)

3. 結果および考察

[ASL 画像条件の検討]

本研究では、以下の条件を採用した。
 場所：東北大学病院 地下 MRI 室
 装置：3T MRI 装置 フィリップス社製 Achieva dStream
 撮像条件：ASL および MPRAGE のパラメータを右記の表に示す

パラメータ	ASL	MPRAGE
繰り返し時間 TR	4018 s	10.47 s
エコー時間 TE	11 s	4.89 s
フリップ角 FA	90°	8°
マトリックス	64×64	288×288
撮像視野 FOV	240 cm	240 cm
スライス厚	7 mm	0.7 mm
撮像時間	4 m 48 s	4 m 35 s

[健常被検者の MRI 脳機能画像収集]

対象者：健常被検者男女 14 名 (男 9 名、女 5 名)
 年齢：平均 27.3 歳 (21 歳～35 歳)

標準化：SPM8 を用いた ASL 画像の標準化を以下の手順で行った (図 1)

- ① Segmentation：MPRAGE 画像を灰白質、白質、脳脊髄液領域および非脳領域に分画
- ② Coregistration：MPRAGE 画像の灰白質分画を用いて ASL 画像の位置合わせ
- ③ Normalization：標準化された MPRAGE および ASL 画像を得た (図 2)

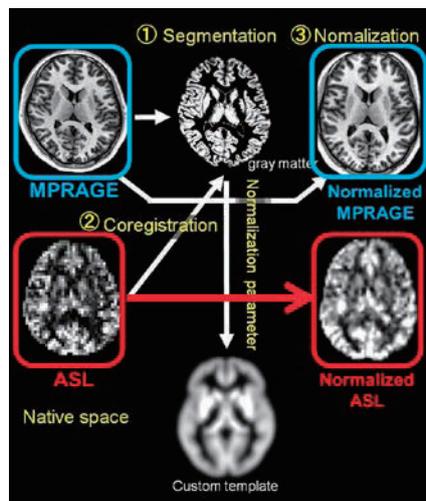


図 1 標準化の手順

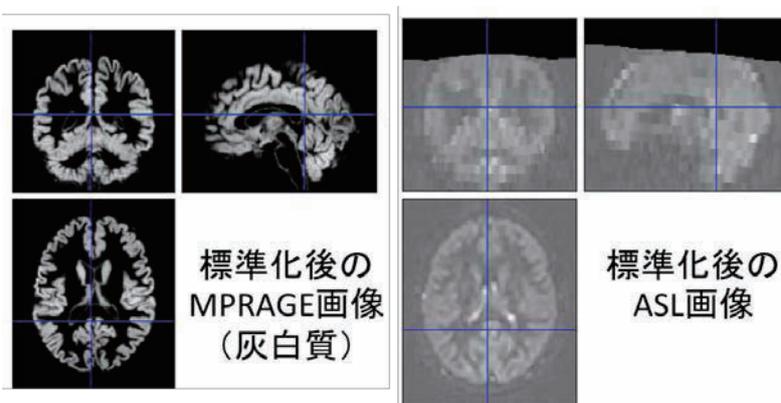


図 2 画像標準化結果

4. 結論

本研究では、SLE 患者に対する非侵襲的 MR 脳機能画像法を用いた新たな診断法の確立に向けての基礎検討を行った。まず、MR 脳形態および脳機能撮像法の最適化を行った。次に健常ボランティア撮像を行い、脳の解剖学的標準化手法の確立を進めた。今後は、さらなる健常データベース構築作業を行い、SLE 患者との相関比較を行う予定である。

5. 参考文献

1. Kang KM, Sohn CH, et al. Correlation of Asymmetry Indices Measured by Arterial Spin-Labeling MR Imaging and SPECT in Patients with Crossed Cerebellar Diaschisis.

- AJNR Am J Neuroradiol. 2015; 36(9):1662-8.
2. Kamano H, Yoshiura T, et al. Arterial spin labeling in patients with chronic cerebral artery steno-occlusive disease: correlation with (15)O-PET. *Acta Radiol.* 2013; 54(1):99-106.
 3. Jahng GH, Stables L, et al. Sensitive and fast T1 mapping based on two inversion recovery images and a reference image. *Med Phys.* 2005 Jun; 32(6):1524-8.

6. 論文・学会発表、受賞、特許

1. Inaba Y, Chida K, Kobayashi R, Zuguchi M: A cross-sectional study of the radiation dose and image quality of X-ray equipment used in IVR. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 2016; 17(4): accepted 査読有
2. 稲葉洋平、千田浩一、小林亮太: 心血管 IVR 装置における多施設線量比較. *臨床放射線* 2016; 61(3): 483-490 査読有
3. Inaba Y, Chida K, Kobayashi R, Haga Y, Zuguchi M: Radiation dose of cardiac IVR x-ray systems: A comparison between today and the past. *Acta Cardiologica* 2015; 70(3): 299-306 査読有
4. 稲葉洋平、千田浩一、小林亮太: 冠動脈インターベンションにおける新型リアルタイム術者線量計システムの有用性. *心臓* 2015; 47(6): 679-686 査読有

7. 外部研究費等申請

獲得: 平成27年度研究所若手アンサンブルグラント第1ステージ、
「SLE患者に対する非侵襲的MR脳機能画像法を用いた新たな診断法の開発」、稲葉洋平、
45万円)

人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の機械的強度評価
井上雄介 ^{1, 6} 、小助川博之 ² 、三浦英和 ¹ 、山形聡 ^{3, 4} 、石澤由紀江 ⁵ 、山田昭博 ¹ 、坪子侑佑 ¹ 、平恭紀 ¹ 、岸亜由美 ^{6, 7} 、田代彩夏 ⁸
¹ 加齢医学研究所、 ² 流体科学研究所、 ³ 情報科学研究科、 ⁴ 弘前大学医学部附属病院、 ⁵ 未来科学技術共同研究センター、 ⁶ 東京大学医学系研究科、 ⁷ 医薬品医療機器総合機構、 ⁸ 北里大学

1. 研究目的

現在の医療材料には様々な材料を用いて作られているが、その多くは人工材料を用いて作られている。人工材料は加工のしやすさと、強度が優れているが、血液接触面で使用するものにおいては血栓の形成や、生体組織との境界面での接合が十分でないなどの生体適合性に課題がある。人工材料以外で作られる医療材料にはウシの心臓弁を加工したものや、硬膜などの生体組織を原材料とする生体由来材料がある¹。生体由来材料は人工材料に比べ、生体適合性が高いものが多い一方で、構造強度に課題が有るため、人工材料と生体由来材料は一長一短の特徴を有している。そこで、我々は強度と生体適合性に優れた新たな医療材料の開発を行っている。

人工心臓に人工心臓と心臓の間で使われる脱血カニューレは人工材料で作られるため生体適合性が不十分で、血栓が形成されることが臨床上的な大きな課題である²。人工物と生体をシームレスに接続するために、開発中のハイブリッド材料を用いて研究を行っている³。人工材料と生体由来材料を組み合わせた材料を用いることで、人工材料の強度と、生体由来材料の生体適合性を併せ持つ新たな医療材料を作ることが研究のゴールであり、この新しい材料が人工臓器と生体組織をシームレスに接続する新たな手法となり得る。

このハイブリッド材料における喫緊の課題は、機械的強度を評価することである。優れた抗血栓性と、細胞再生能力を示すハイブリッド材料であるが、定量的な機械的強度は未解明である。血流によるせん断応力や、心臓の収縮力に対して十分な強度を有してはいるが、足場としての人工材料と、その足場に新生させた細胞外マトリクスがどのくらいの結合力を有していて、どの方向の力に対して機械的強度を有するのかは未解明である。そこで本研究の目的を、ハイブリッド材料の力学的機械強度の評価を行い、材料の適用範囲を拡大させることとした。

2. 研究方法

ハイブリッド材料は人工材料を足場として用い、生体内に足場を埋め込み、生体内で組織を足場に誘導し、摘出後に脱細胞処理を施すことで、細胞外マトリクスと足場で構成されるハイブリッド材料を得る。

2-1. ハイブリッド材料の生体内作製

ハイブリッド材料の作製のために核となる足場材料を準備する。材料の足場はポリエステルのペロア布を用いる。片面起毛のペロア布は生体内で血管及び生体組織の新生にすぐれ、繊維の隙間に生体組織が密に構造化することがわかっている。片面ペロアの足場の厚みは1.5mmのものを用い、直径15mmの円形状に成形した(図1A)。新生組織を任意の形状に再生させて、材料を得るために足場を内包するためのアクリル製の外型を用意した(図1B)。足場と外型を滅菌し、動物の皮下に埋める準備を整えた。埋込部位はヤギ(日本ザーネン、メス、45kg)の広背筋近傍の血流の多い筋肉の上で固定した上で、縫合した。麻酔はイソフルランを用いて、導入時には5%、維持に2%の濃度で使用した。動物実験は東北大学の動物実験倫理審査を経て実施した。足場材料の全面に生体組織が新生するまで約1ヶ月の埋込期間を必要とするため30日後に摘出を行った(図1D)。組織新生した材料を皮下から摘出し、

脱細胞処理を実施する。脱細胞処理を施すことで、同種・異種個体に適用が可能となり免疫拒絶反応を生じない材料となる。脱細胞は 1%ドデシル硫酸ナトリウム (sodium dodecyl sulfate, SDS) 水溶液を用いて 6 時間暴露して実施した。脱細胞後にハイブリッド材料は完成し、リン酸緩衝液中で保存した。

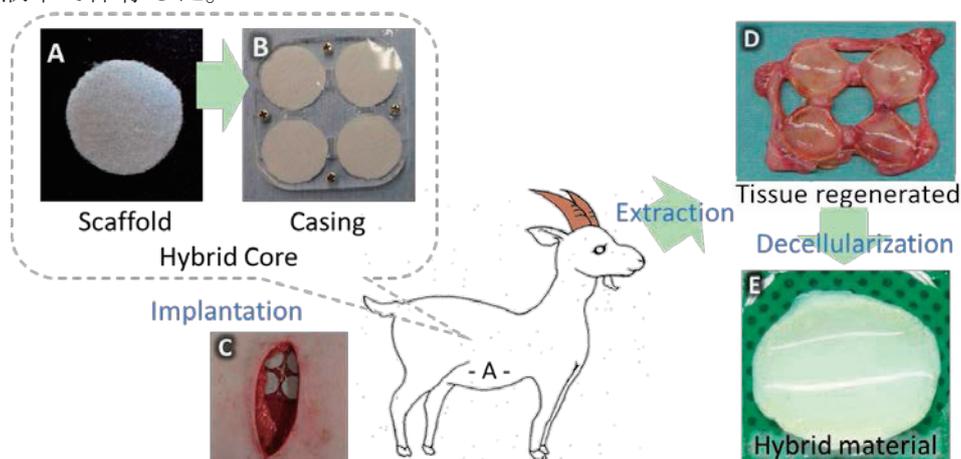


図 1 ハイブリッド材料の生体内作製 (A)ポリエステル足場材料 (B)アクリル製外型に封入した生体内埋込用足場 (C)皮下埋込時の様子 (D)生体組織が新生した足場材料 (E)脱細胞処理を施し、細胞外マトリクスと足場で構成されたハイブリッド材料

2-2. 材料の力学的評価 (流体研)

材料の力学的評価は板状に構成したハイブリッド材料に引っ張り破断試験を実施することで行う。ハイブリッド材料(図 2B-2)の他に、足場に使用したポリエステルペロア(図 2B-3)と、皮下から摘出した生体組織(図 2B-1)をサンプルとして使用した。サンプルは 4.7mm 幅に統一して成形し(図 2C)、万能試験機(Shimadzu EZ-S 500N)を用いて破断試験を実施した(図 2A)。生体組織は構造強度が弱く、試験器に設置が困難であったために、固定用の治具を用いて試験器に固定した後に、治具を切断して試験を実施した(図 2D)。

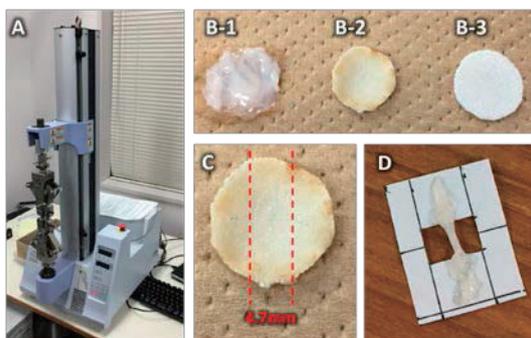


図 2 材料の強度測定方法

- (A) 万能試験機
- (B-1) ヤギ皮下から摘出した生体組織
- (B-2) ハイブリッド材料
- (B-3) ポリエステル足場
- (C) サンプルの成形
- (D) 生体組織を固定するための治具

3. 結果および考察

3 種類のサンプルをそれぞれ 4 回ずつ万能試験で引張試験を実施した。その結果を図 3 に示す。点線で示すのは各試行の結果で、実践は平均値を示したものである。(A)は生体組織の結果、(B)はハイブリッド材料、(C)はポリエステル足場の結果を示す。生体組織は非常に柔らかく、本試験機器では結果が得られない可能性も危惧されたが、生体組織の強度は計測器の計測範囲内で有り、一定の強度を示した。また計測時の様子では、10 μ m 以下の細い繊維までちぎれて細くなった状態であっても一定の強度を示した。ハイブリッド材料とポリエステル足場は同様の傾向を示し、生体組織に比べ高い強度を示した。またブタの大動脈・肺動脈の強度 4 に比べても十分な強度を有していることを示し、血管系に使用するにあたって、ハイ

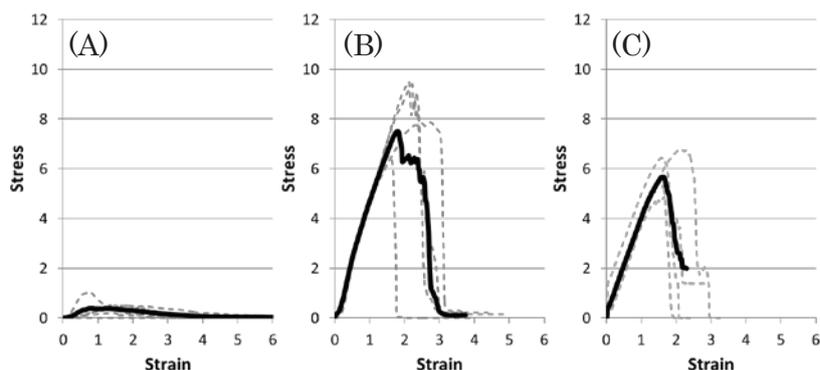


図3 材料ごとの応力歪曲線
 (A) 生体組織
 (B) ハイブリッド材料
 (C) ポリエステル足場

ブリッド材料は十分な強度を備えていることがわかった。靭帯の強度と比較しても一定の強度を有していると示している⁵一方で、それぞれの結果はある程度のばらつきを有しており、より多くのサンプルを用いて試験を重ねる必要があると考えられる。本試験は生体に適用前の材料で試験を実施したが、生体材料は生体内で使用する上でその強度が変化することが知られている⁶。今後は生体に適用前後の強度試験も実施して評価することで、長期間の生体内使用が可能かどうかを議論する必要があると考えられる。

4. 結論

本研究によって、これまで未解明であったハイブリッド材料の強度について評価し、血管系に用いることが可能であることが示され、靭帯や他の部位でも使用の可能性があると示された。

5. 参考文献

1. M. Geethaa, A.K. Singhb, R. Asokamania, A.K. Gogiac. "Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants—a review." *Progress in Materials Science* 54,3, pp397-425 (2009)
2. Yumiko Miyake "Left Ventricular Mobile Thrombus Associated With Ventricular Assist Device-Diagnosis" *Circulation Journal* 68,4, pp383-384(2004)
3. Kishi A, Isoyama T, Saito I, Miura H, Nakagawa H, Kouno A, et al: Use of in vivo insert molding to form a jellyfish valve leaflet. *Artificial Organs* 34, pp1125-1131(2010)、特許公開2008-029653
4. 藤里俊哉、寺田堂彦、澤田和也、中谷武嗣、生物由来スキャフォールドの作製方法
5. Fung, Yuan-cheng. *Biomechanics: mechanical properties of living tissues*. Springer Science & Business Media, 2013.
6. Rao, S. Bhaskara, and Chandra P. Sharma. "Use of chitosan as a biomaterial: studies on its safety and hemostatic potential." *Journal of biomedical materials research* 34.1 (1997): 21-28.

6. 論文・学会発表、受賞、特許

日本生体医工学会 荻野賞 “人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の開発” 井上雄介ら 2016年5月

7. 外部研究費等申請

獲得：(平成28年日本生体医工学会荻野賞、人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の開発、井上雄介、50万円)

崩壊までを含めたシミュレーションによる地盤陥没災害の予測
石原真吾 ¹ 、森口周二 ²
¹ 多元物質科学研究所、 ² 災害科学国際研究所

1. 研究目的

地盤陥没災害は、主に炭坑やトンネル等の地下空洞が突如として沈下、あるいは崩落することによって起こる災害である。特に、第2次世界大戦中や戦後に石炭の代用として亜炭が採掘された地下空洞は、地下の地盤の一部を残しながら、それを柱として掘削する方法（残中方式）が用いられ、もともと不安定な上に、経年による地盤の劣化、雨水の浸食や残柱の腐食が原因となって陥没事故が発生している。地盤の性質は地域によって大きく異なり、また廃坑後の処理や経過時間、坑道の状態は一様ではないことから、陥没災害の予測は非常に困難であるとされてきた。ボーリングを主とする地質調査を基本として、地下空洞の存在や状態を調査する方法がとられているが、国内には放置されている地下空洞は数多く存在し、気象にも左右される地盤の状態の調査を数年にわたって継続することは極めて難しい。

そこで本研究では、このような地盤陥没災害の発生が予測される箇所をシミュレーションから予測するためのシミュレーション手法の高度化を目的としている。

2. 研究方法

マクロ的な破碎挙動を解析可能なシミュレーションモデル、ADEM(Advanced Distinct Element Method)¹⁾を過去に発生した地盤陥没事故における地盤解析に適用し、本モデルの地盤陥没解析に対する有効性を検証する。具体的には、事故が発生した地盤特性を模擬したモデル実験の結果をシミュレーションで再現することを試みる。解析に使用するADEMは、球形粒子を構成粒子とし、構成粒子同士を連結バネで接続することによって連続体としての挙動を表現する手法である。連結バネには破断するひずみの閾値（最大ひずみ）を設定し、閾値を超えてバネが伸びた際に結合を破断させることで連続体から離散体までの挙動を1つのモデルで表現することが可能である。(図1) 計算条件を表1に示す。

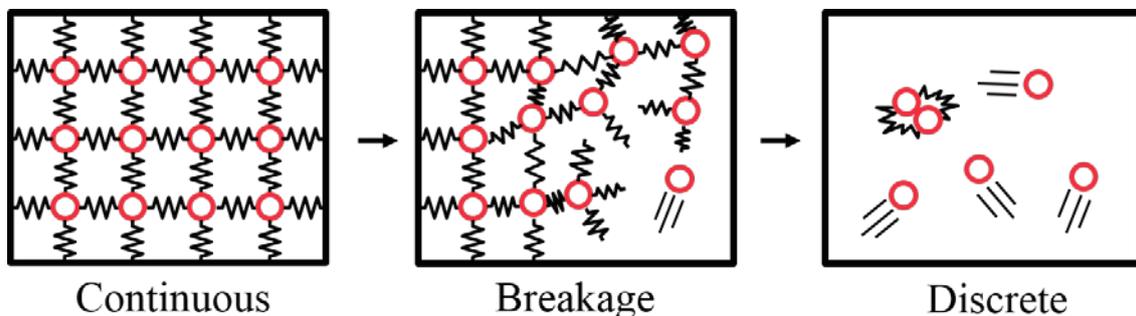


図1 ADEMにおける連続体および離散体挙動の概念図

3. 結果および考察

図2には塊状の岩盤における長壁採掘の場合の崩壊を再現したモデル実験の様子を示す。

である。重力の作用で層間のすべりや曲げのため上部層にいくらかの破壊が生じ、破壊された層が垂れ下がり空洞内部に落ち込む様子がわかる。空洞へ落ち込んだり、折れ曲がったゾーンが地表面まで達し、地表面でのくぼみが生じることがわかる²⁾。

このような崩壊現象をシミュレーションで再現することを試みた。計算負荷を低減させるため、今回は2次的に解析を行うこととした。図3に計算に用いた地盤および空洞のモデル粒子の形状と、シミュレーションにおける崩壊挙動を示す。粒子の色は連結バネが破断した数で色分けをしてあり、赤色に近づくほど周囲との接続が破壊されていることを表している。空洞の上部に向かって破壊が進行し、自重に耐えきれなくなった塊が空洞部に落下する様子がわかる。このように、地盤陥没における典型的な破壊挙動を、シミュレーションで定性的に再現することができた。実際の地盤陥没においては、岩盤の種類や状態によって崩壊挙動が異なるが、岩盤の物性をシミュレーションに反映させることで様々な崩壊挙動を再現できる可能性が示唆された。

4. 結論

本研究によって、地盤陥没災害における岩盤の崩壊現象に対して ADEM による解析が有効であることが示された。今後の研究では、崩壊メカニズムの異なる岩盤に対するモデルの有効性を確認するための検討を行う予定である。また、モデル実験で得られた知見を実スケールの現象に生かすためのスケール則を明らかにする取り組みを行う予定である。モデル実験を再現するためのシミュレーションパラメータから、実スケールにおける地盤の物性を表現するパラメータを予測し、スケールの異なる現象をシミュレーションでつなげることで実用的な地盤陥没災害の予測手法の確立を目指す。

5. 参考文献

1. S. Ishihara, Q. Zhang, J. Kano: “ADEM simulation of particle breakage behavior”, J. Soc. of Powder Technol., Japan, 51, pp.407-414 (2014)
2. T. Kawamoto: “Damage to the ground caused by caving and investigation of underground cavities”, BUTSURI-TANSA, 58, pp.589-598 (2005)

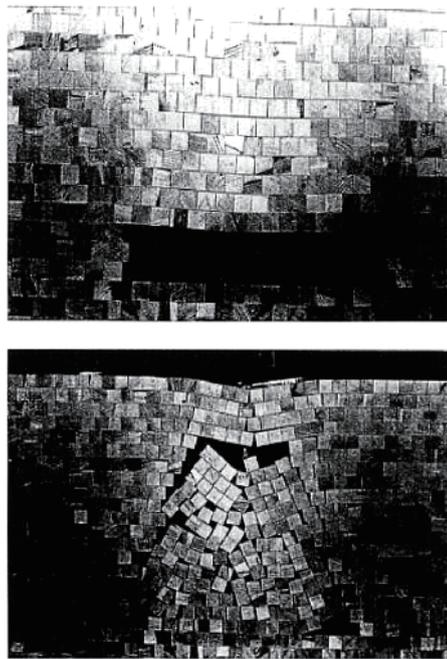


図2 塊状岩盤の崩壊実験

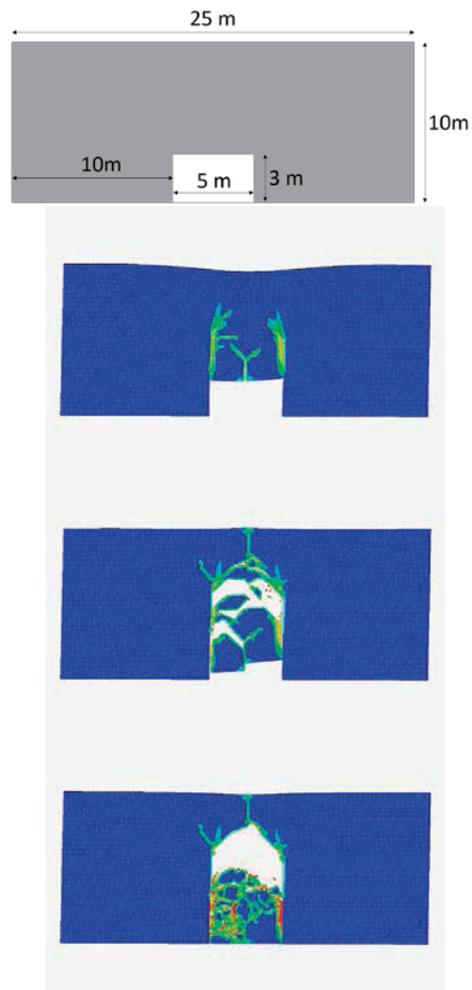


図3 岩盤崩壊シミュレーション

6. 論文・学会発表、受賞、特許
なし

7. 外部研究費等申請

3. 第2回研究所若手アンサンブルワークショップ開催報告

2016年7月12日と13日に、金属材料研究所講堂において、「第2回研究所若手アンサンブルワークショップ」を開催し、98名の方にご参加いただきました。本ワークショップでは、分野横断的・学際的な共同研究への展開のきっかけとなることを目的とし、初日にショートプレゼンテーションとポスター発表、研究所ツアーおよび交流会を、2日目に平成27年度研究所若手アンサンブルグラントの成果報告会および平成28年度と同グラント公募説明会を行いました。

ショートプレゼンテーションとポスター発表

50件の研究発表と、研究所・センター・機構紹介10件（テクニカルサポートセンター1件を含む）がありました。研究発表は2つのセッションにわけて、それぞれの発表についての1分間のショートプレゼンテーションと各100分間のポスターセッションを行いました。参加者投票により、以下の5件の優秀ポスター賞と2件の奨励賞を選びました。

優秀ポスター賞（5件）

國安絹枝（加齢研）「効率的な染色体整列の染色体安定性への関与」

加藤 匠（通研）「エージェント指向IoTに基づく自律的サービス構成基盤」

武田 翔（学際研）「常温圧縮せん断法における粒子接合メカニズムの解明」

Yiwen Zhang（学際研）「Improved Electric Resistivity of DLC-Co Nano-composite Films」

菅原克明（AIMR）「グラフェン原子層超伝導体開発」

奨励賞（2件）

窪谷茂幸（金研）「ScAlMgO₄基板を用いた窒化物半導体発光素子の作製」

玉田真倫（多元研）「Fabrication of anticancer drug nanoparticles coated with BODIPY group-substituted PEG」

研究所ツアー

ポスター発表終了後に、金属材料研究所と原子分子材料科学高等研究機構への見学ツアーを行い、23名の方にご参加いただきました。

交流会

研究所ツアー後に交流会を行い、36名の方にご参加いただきました。交流会では金属材料研究所所長の高梨弘毅教授にご挨拶いただき、受賞者の表彰も行いました。

多くの方に参加いただき、ポスター発表では活発な議論もなされ、研究所ツアーでは各研究所の皆様のご協力もあり、参加者からご好評をいただきました。本ワークショップにより、研究所間の連携がより密になり、学際的・分野横断的な研究のきっかけとなることが期待されます。

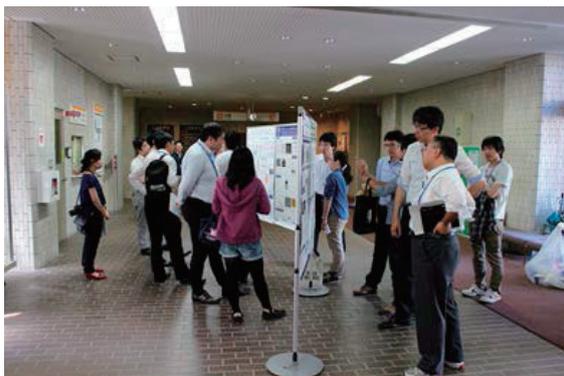
次ページ以降に、ワークショップ開催時配布資料、ショートプレゼンテーションスライドを掲載します。



村松所長(多元物質科学研究所)の開会挨拶



ポスターセッションの様子



ポスターセッションの様子



ポスターセッションの様子



ポスター賞受賞者



グラント成果報告会の様子

第2回研究所若手アンサンブルワークショップ

日時：2016年7月12日(火)、13日(水)

場所：東北大学金属材料研究所 講堂

主催：東北大学附置研究所・センター連携体

実行委員会：東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト WG

プログラム

12日

9:00-9:30 受付

9:30-9:40 所長挨拶 (多元物質科学研究所 村松淳司所長)

9:40-9:45 概要説明

9:50-10:30 ショートプレゼンテーション I

10:30-12:10 ポスターセッション I

(昼食)

13:30-14:10 ショートプレゼンテーション II

14:10-15:50 ポスターセッション II

16:00-17:45 研究所ツアー (金属材料研究所、原子分子材料科学高等研究機構)

18:00-20:00 懇親会、表彰式

13日

10:00-11:40 平成27年度研究所若手アンサンブルグラント成果報告会 I

(昼食)

13:00-14:20 平成27年度研究所若手アンサンブルグラント成果報告会 II

14:50-15:20 平成28年度研究所若手アンサンブルグラント公募説明会

ショートプレゼンテーションⅠ／ポスターセッションⅠ			
発表番号	発表者	所属	発表タイトル
1	平郡 諭	AIMR	Advancedクロモノ科学
2	出浦 桃子	金研	いろいろな半導体をつくる・はかる
3	岡田 真介	災害研	内陸直下型の地震を発生させる活断層の調査
4	石原 真吾	多元研	ADEMによる破砕解析と地盤陥没災害への応用
5	加藤 匠	通研	エージェント指向IoTに基づく自律的サービス構成基盤
6	安達 正芳	多元研	Ga-Al液相法による窒化アルミニウム膜の結晶成長
7	肥後 昭男	AIMR	GaAs quantum nanodisks and their optical devices by Bio-template and neutral beam etching
8	落合 直哉	流体研	メガソニック場中の複数気泡ダイナミクス解明のための数値的研究
9	矢島 秀伸	学際研	コンピューターでつくる宇宙
10	田中 守	AIMR	周辺選択パーコレーション
11	寅屋敷 哲也	災害研	大規模災害における地域連携による事業継続の方策
12	荒川 友哉	加齢研	ステントグラフト内挿が血行動態に与える影響の評価
13	齋藤 大介	学際研	生殖腺形成のトリガーをひく分子メカニズム
14	安井 浩太郎	通研	局所反射に基づくムカデの脚間協調制御則
15	Kyongwan Kim	AIMR	Model Systems of Intracellular Active Proteins
16	井上 雄介	加齢研	細胞より薄いフレキシブル電極を用いた電気刺激による血管新生阻害に関する研究
17	菅原 克明	AIMR	グラフェン原子層超伝導体開発
18	Yiwen Zhang	学際研	Improved Electric Resistivity of DLC-Co Nano-composite Films
19	大原 浩明	多元研	高分子ナノシートへの金属有機構造体のハイブリッドナノ積層
20	弓場 充	加齢研	腎神経冷却デバイスによる高血圧治療の小型化の課題
21	吉野 大輔	流体研	MechanoBioElectronics創成による循環器系疾患に対する革新的予防・治療技術の研究開発
22	小関 良卓	多元研	ナノ・プロドラッグの抗がん活性
23	平 恭紀	加齢研	食物運搬機能を有する人工食道ステントの開発
24	杉安 和也	災害研	東日本大震災後の実践的津波避難訓練の取り組み
25	菊地 亮太	流体研	リアルタイムデータ同化による乱気流予測の研究開発
ショートプレゼンテーションⅡ／ポスターセッションⅡ			
発表番号	発表者	所属	発表タイトル
26	中村 貴宏	多元研	ピコ秒パルスレーザー穴あけ加工による光硬化性液体塗布用孔版の作製
27	池田 純平	加齢研	Fontan循環における血液逆流抑制デバイス開発の試み
28	早瀬 元	学際研	ペーメイドナノファイバーを用いた巨視的構造体形成
29	北條 大介	AIMR	Layer-by-Layer Self-Assembly法を用いたFe ₃ O ₄ ナノ粒子単層膜および多層膜の作製と磁気光学特性
30	玉田 真倫	多元研	Fabrication of anticancer drug nanoparticles coated with BODIPY group-substituted PEG
31	早川 晃弘	流体研	Laser Induced Thermal Grating Spectroscopy (LITGS) による非接触定量温度計測
32	池田 陽一	金研	極低温かつ6万気圧下における中性子散乱実験技術の開発と重い電子超伝導体CeNiGe ₃ の高圧下磁気相の研究
33	吉井 祐弥	多元研	単結晶リン酸塩における水素結合構造とプロトン伝導挙動
34	梶田 徹也	学際研	高アモルファス型Ge酸化物の創製と二次電池負極特性
35	川西 咲子	多元研	高温固液界面を視る
36	岡島 淳之介	流体研	沸騰伝熱現象の固気液界面マルチスケール解析
37	川又 透	多元研	磁歪材料の特性評価・非晶質金属の構造解析
38	土屋 朋生	金研	反強磁性ホイスラー合金の作製と評価
39	辻川 雅人	通研	高性能磁性材料の理論設計
40	坪子 侑佑	加齢研	小児先天性心疾患外科治療の工学的評価システム構築
41	Farsai Taemaitree	多元研	Fabrication of nano-prodrugs and their interaction with serum proteins
42	大学 保一	学際研	生命情報を担う莫大なDNA分子の複製メカニズムの探求
43	國安 絹枝	加齢研	効率的な染色体整列の染色体安定性への関与
44	窪谷 茂幸	金研	ScAlMgO ₄ 基板を用いた窒化物半導体発光素子の作製
45	佐藤 庸平	多元研	電子線非弾性散乱測定による発光性多層ナノ粒子の電子構造研究
46	阿部 尚文	通研	ダイヤモンド中の単一NV中心を用いた無偏光単一光子源
47	沓掛 健太郎	金研	発光イメージングによる半導体キャリア物性評価
48	武田 翔	学際研	常温圧縮せん断法における粒子接合メカニズムの解明
49	今村 貴子	AIMR	和周波発生分光法を用いたポリマー潤滑油添加剤の固体表面への吸着構造評価
50	天野 真志	災害研	自然災害を想定した地域文化財保存・継承の取り組み

ポスターセッション I・II 掲出 研究所等紹介

発表番号	部局
51	金属材料研究所
52	加齢医学研究所
53	流体科学研究所
54	電気通信研究所
55	多元物質科学研究所
56	災害科学国際研究所
57	東北アジア研究センター
58	学際科学フロンティア研究所
59	原子分子材料科学高等研究機構
60	東北大学テクニカルサポートセンター

平成27年度研究所若手アンサンブルグラント成果報告会
2016年7月13日(水)

- 10:00-10:20 「量子計算機の実現にむけた窒化物半導体光導波路のモード制御と超小型非古典光源の開発」
金属材料研究所 窪谷 茂幸, 谷川 智之
(代表: 現 大阪大学 片山 竜二)
- 10:20-10:40 「人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の機械的強度評価」
加齢医学研究所 井上 雄介
- 10:40-11:00 「心臓血管系において流体が制御する遺伝子発現機構とその役割の解明」
加齢医学研究所 久保 純
- 11:00-11:20 「崩壊までを含めたシミュレーションによる地盤陥没災害の予測」
多元物質科学研究所 石原 真吾
- 11:20-11:40 「東日本大震災後のコミュニティ再生・創生プロセスと持続可能性に関する実証的共同研究」
学際科学フロンティア研究所 藤岡 悠一郎

(昼食)

- 13:00-13:20 「ナノ電気化学イメージングを利用したグラフェンエッジ領域の触媒評価」
原子分子材料科学高等研究機構 熊谷 明哉
- 13:20-13:40 「繰り返し応力振幅負荷による金属含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜の電磁的特性変化の機序解明」
流体科学研究所 小助川 博之
- 13:40-14:00 「レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウムイオン電池材料の直接分析による反応機構の解明」
金属材料研究所 今宿 晋
- 14:00-14:20 「SLE患者に対する非侵襲的MR脳機能画像法を用いた新たな診断法の開発」
災害科学国際研究所 稲葉 洋平

Advanced クロモノ科学

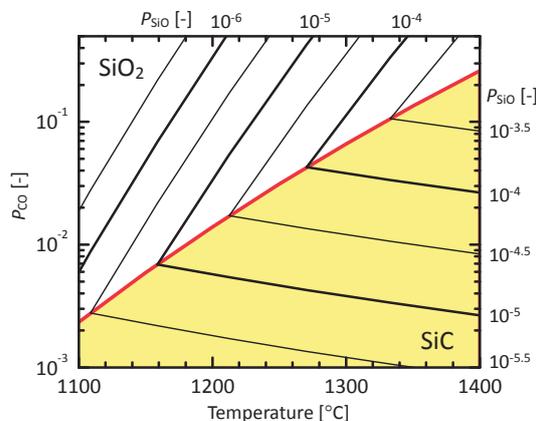
~darker than black~

原子分子材料科学高等研究機構
電子材料研究室 平郡 諭

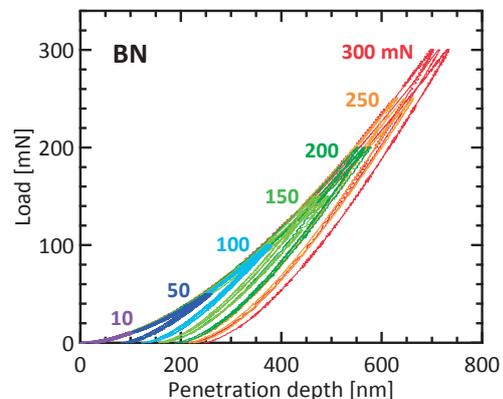


いろいろな半導体をつくる・はかる 金属材料研究所 出浦 桃子

- ◆ 研究室では:Si, Geのバルク結晶の成長
色々な半導体の結晶欠陥の評価
- ◆ 自分のテーマ:窒化物半導体の
成長用SiC/Si基板の作製・(おもに機械的)特性評価



Si基板の炭化によるSiC薄膜形成
相図を書いて実験条件が予測可能



窒化物半導体の機械的特性評価
硬度・ヤング率を測定→欠陥の挙動を推測

内陸直下型の地震を発生させる活断層の調査

東北大学災害科学国際研究所・災害理学研究部門 岡田真介

研究目的：活断層の性状を明らかにし、データに基づき正しく評価する。

活断層の研究手法：

- ①活断層の地表位置
- ②活断層の活動履歴
- ③活断層の地下形状など

詳しいデータに基づいて地震の規模・頻度を明らかにし、被害の軽減に繋げる。

- ◆浅部～深部までのデータ
- ◆三次元的なデータ取得など技術的な工夫も必要。

①活断層の位置を明らかにする調査

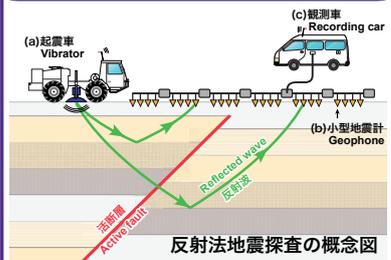


②トレンチ調査 (活動履歴調査)



断層を横切るように穴（トレンチ）を開け、地層の様子を観察することから、過去の活断層の活動時期・変位量などを明らかにする。

③地下構造を探る調査



人工的に地面を揺らし、地下に波を送り込むことによって、地下の断層形状や活断層による地層の変形を明らかにする。

多角的な視点から活断層を捉え、それらのデータから総合的に活断層を評価することが重要。



ADEMによる破碎解析と地盤陥没災害への応用

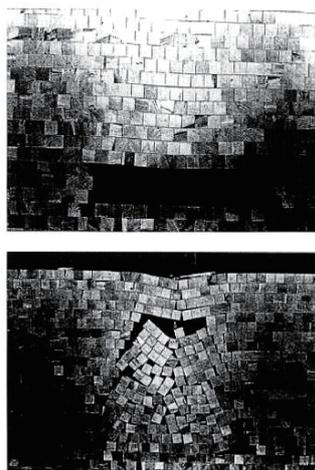


多元物質科学研究所 石原真吾

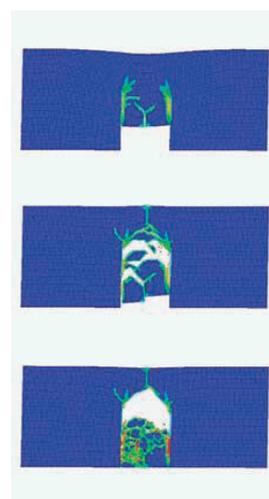


地盤陥没災害

ADEM (Advanced DEM)
非球形粒子の運動挙動や
破碎挙動を計算する手法



モデル実験



シミュレーション

- ADEMにより岩盤の崩壊実験を再現することに成功
- 多様な性質を持つ地盤をモデル化し、既存の地下空洞周辺の陥没災害の予測を目指す。

エージェント指向IoTに基づく自律的サービス構成基盤

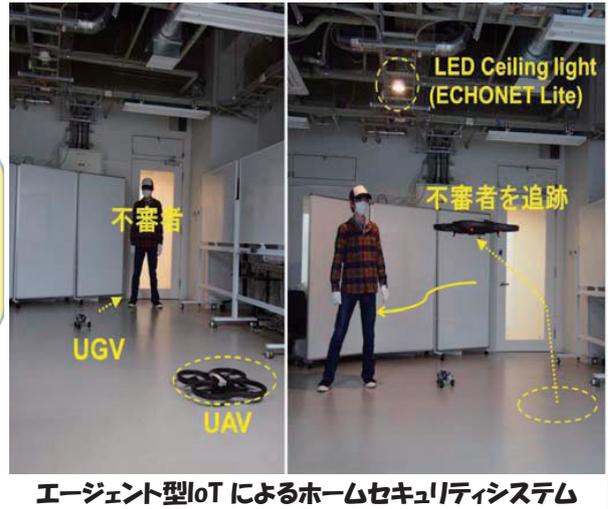
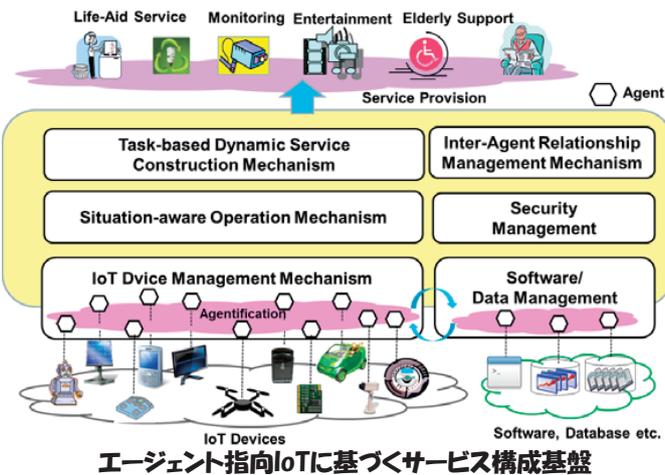
電気通信研究所 ○加藤匠(D3), 高橋秀幸, 木下哲男

キーワード: マルチエージェント, 情報通信システム, IoT/loE, 分散処理

応用: 見守り支援, 生活支援, スマートホーム, スマートグリッド, 記憶想起支援

現在の目標: 人・モノ・データの有機的な連携を実現するエージェント指向IoT (Internet of Things)のシステム基盤技術の開発

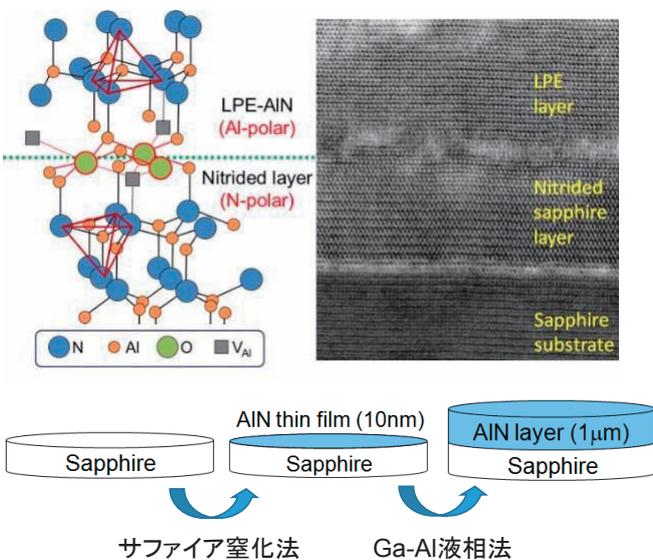
➤ 様々なセンサ, 機器・装置, ロボットなどから構成される高度な協調分散知識システムの実現



Ga-Al液相法による窒化アルミニウム膜の結晶成長

多元研 高温材料物理化学研究分野(福山研究室) 安達正芳

Ga-Alフラックスを用いた AlN液相成長法



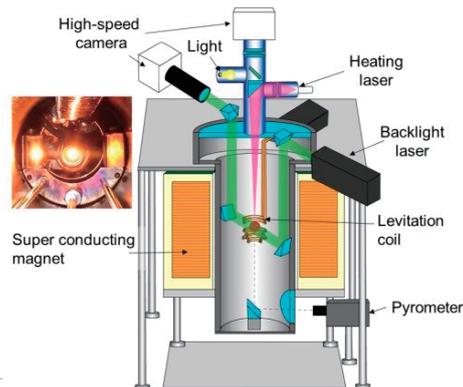
研究テーマ

1. 窒化物半導体の結晶成長と物理化学
2. 高温融体の熱物性計測
3. 高温化学反応場における材料プロセス

キーワード

高温材料プロセス, 融体物性, 結晶成長, 薄膜, バルク結晶, 比熱容量, 熱伝導率, 放射率, 密度, 表面張力, 窒化物結晶, 機能性材料

浮遊技術による超高温融体熱物性計測システム (PROSPECT)

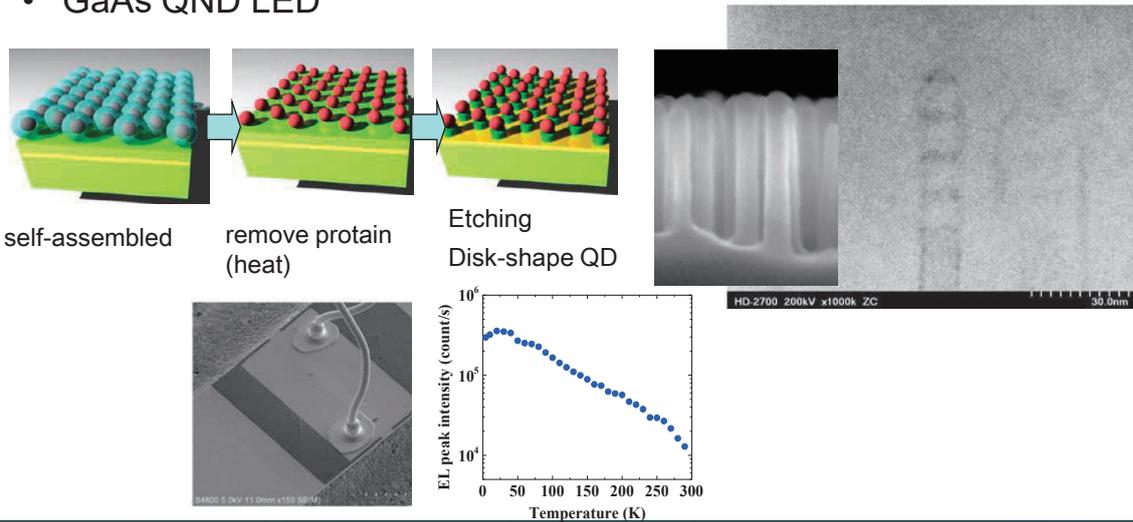


GaAs quantum nanodisks and their optical devices by Bio-template and neutral beam etching



Research topics

- GaAs quantum nanodisk (QND) fabrication by neutral beam etching
- GaAs QND LED



2016/7/4

Akio HIGO, S. Samukawa Lab, WPI-AIMR

1

メガソニック場中の複数気泡ダイナミクス 解明のための数値的研究

落合直哉 (流体科学研究所)

メガソニック洗浄

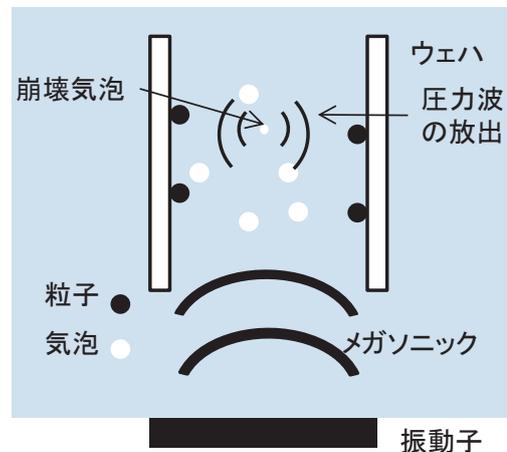
- MHz帯の音波を用いた物理的洗浄手法
- ナノデバイス洗浄

洗浄メカニズム

- キャビテーション
- 音響流
- 除去粒子まわりの圧力勾配

メガソニック洗浄の問題点

- 粒子除去メカニズムが不明
- 発生気泡の予期しない崩壊がダメージを与える



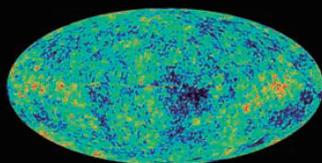
Schematic diagram of megasonic cleaning

複数気泡ダイナミクスを明らかにして
気泡挙動を制御した洗浄手法の確立

コンピュータでつくる宇宙

学際科学フロンティア研究所 矢島 秀伸

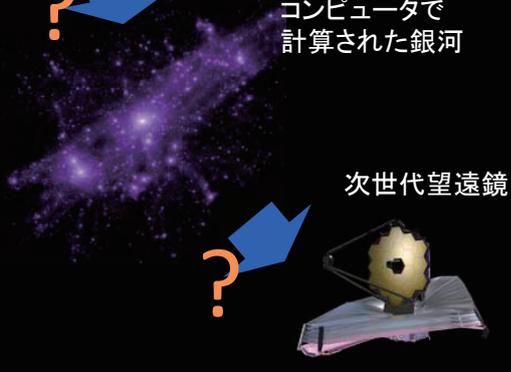
なぜ：ガスと光に満たされた状態からどのように
銀河やブラックホールができるのか？
太古の銀河は望遠鏡でどのように見えるのか？
→コンピュータで直接物理方程式を解いてみよう



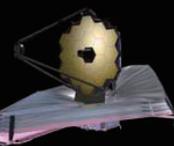
高温ガスと光に満たされた
太古の宇宙



コンピュータで
計算された銀河



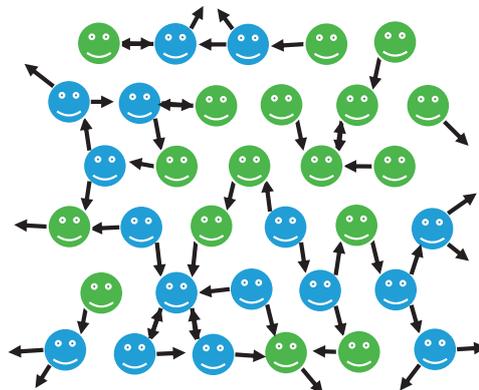
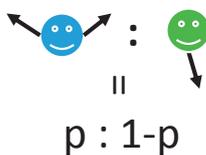
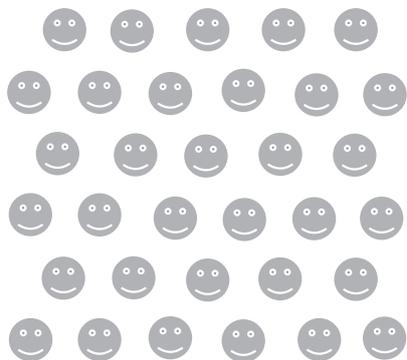
次世代望遠鏡



周辺選択パーコレーション

原子分子材料科学高等研究機構 数学連携グループ 田中 守

各サイトが周りのサイトをランダムにいくつか選んでつながるネットワークモデルの研究



サイト  (分子、人、サーバー、...など周りと繋がるもの) が無限にきれいに並んでいるとしている。

問題：できたネットワークはだいたいどれくらいの大きさで、無限に大きなものは有るか？

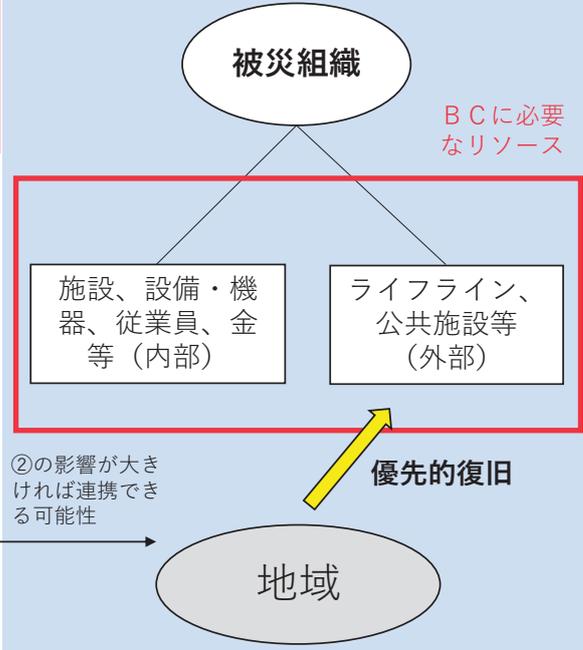
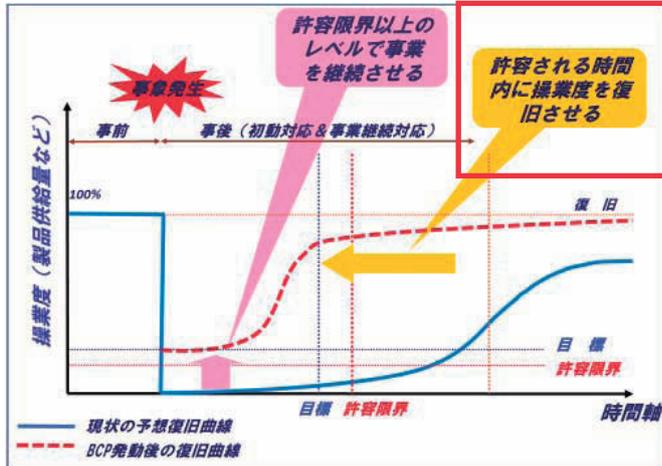
例えば、上のような並び方なら、腕が2本以上だけだと無限に大きなネットワークが有り、腕が1本だけだと無い。

大規模災害における地域連携による事業継続の方策

災害科学国際研究所 (IRIDeS) 寅屋敷哲也

事業継続 (Business Continuity: BC) の概念

※早期復旧を可能にするための地域連携によるBCの1つの方策



- ① 組織自身への被害軽減
- ② 他組織・住民等への影響軽減

東北大学
IRIDeS 災害科学国際研究所

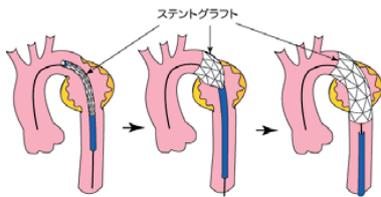


ステントグラフト内挿が血行動態に与える影響

加齢医学研究所 心臓病電子医学分野 医工学研究科 M1 荒川友哉

ステントグラフト内挿術とは？

胸部大動脈瘤、腹部大動脈瘤などの治療で用いられる。ステントグラフト(ステント+人工血管)をカテーテルに入れて足の付け根から挿入しステントを患部に留置する方法



下行大動脈瘤に対するステントグラフト内挿術
<http://www.cardio-vasc.com/take/stentgraft.gif>

留置後は？

- ・瘤の破裂を防止
 - ・解離部の修復
- 一方で → 本来の血管よりも硬くなる (血管コンプライアンスの変化)

ステントグラフト留置による影響

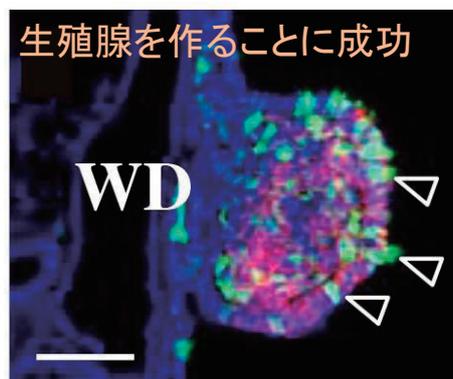
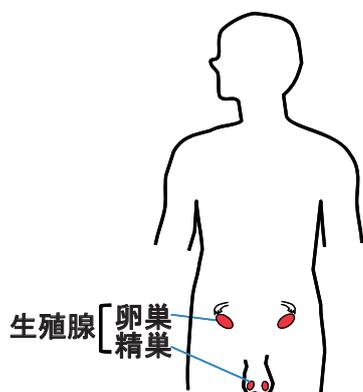
血管抵抗が増加

- 血圧変化
- 脈波伝播速度の変化
- 反射波の発生

生殖腺形成のトリガーをひく分子メカニズム

学際科学フロンティア研究所・齋藤大介

生殖腺ができる仕組みを明らかにした



生殖細胞を制御することが可能になる

→
不妊、家畜の品種改良への応用が期待される

Yoshino, Murai, and Saito. Nature Communications, *in press*

局所反射に基づくムカデの脚間協調制御則

電気通信研究所 石黒研究室 安井 浩太郎 (M2)

生物の適応的な振る舞いに内在する制御のメカニズムを解明したい！



ムカデがいかにして膨大な数の脚を協調させ、
適応的な歩行運動を実現しているかを明らかにする。

構成論的アプローチ

行動観察実験
(生物学)



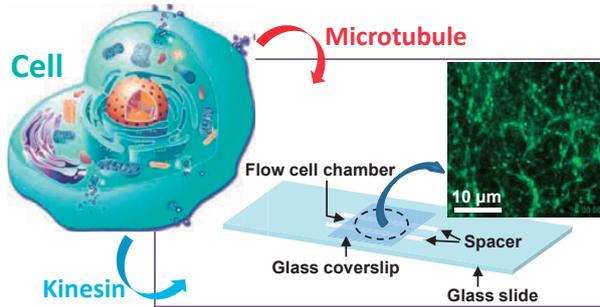
数理モデリング
(数学)



シミュレーション・ロボット実験
(工学)

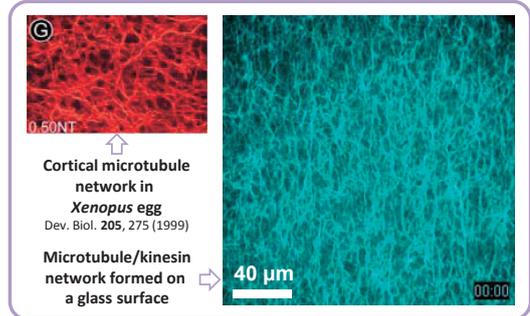
Active intracellular components:

Motor proteins & Cytoskeletal filaments

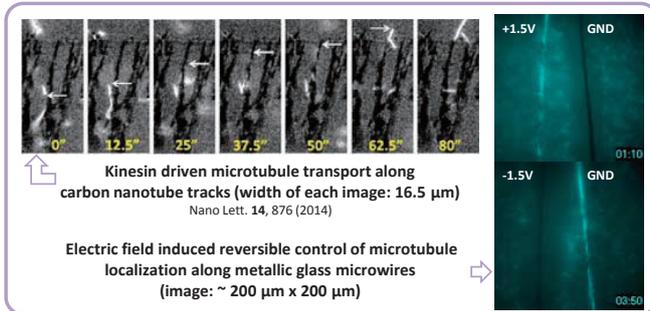


In-vitro reconstitution

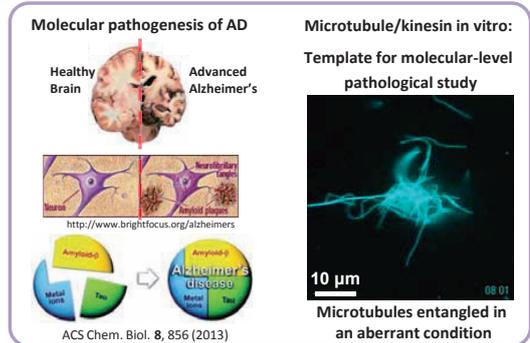
Intracellular dynamics



Device applications



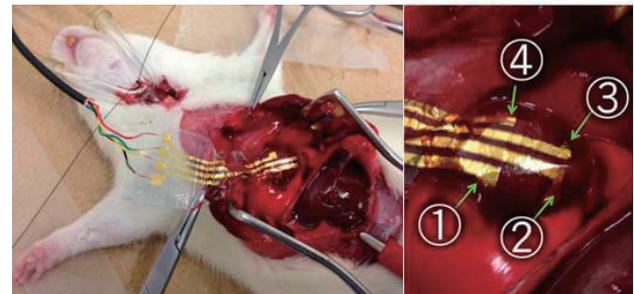
Molecular template



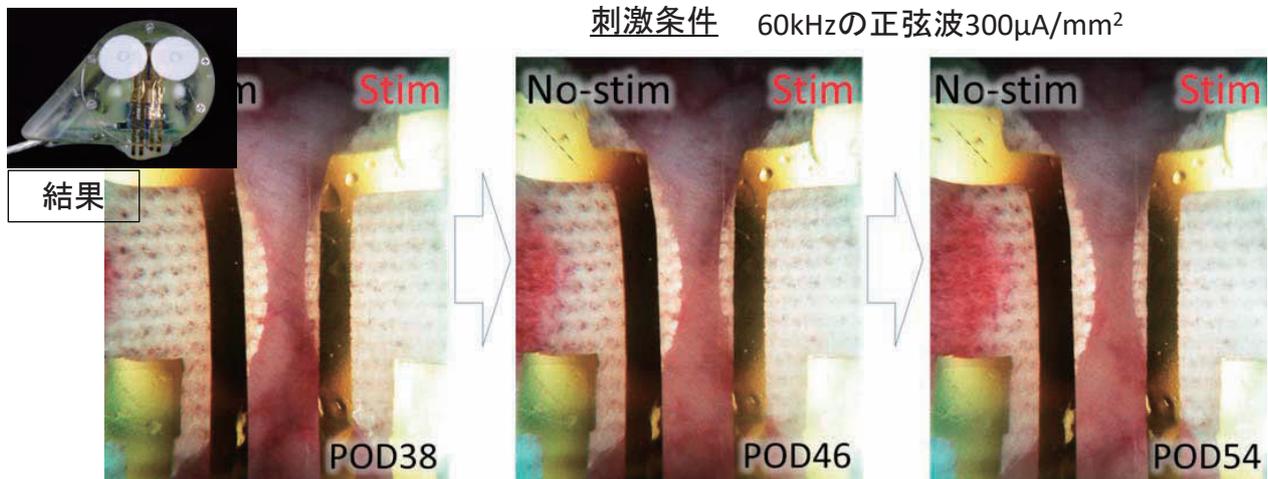
細胞より薄いフレキシブル電極を用いた電気刺激による血管新生阻害に関する研究

井上雄介、三浦英和、山田昭博、白石泰之、斎藤逸郎、磯山隆、阿部裕輔、山家智之 加齢医学研究所

- 目的 血管新生に対する電気刺激の影響を生体内で観察すること
- 方法 血管新生観察デバイスの開発
足場に血管を誘導
CMOSセンサで画像を取得
電気刺激の有無を比較
電極は厚さ3μm以下の薄膜電極



刺激条件 60kHzの正弦波300μA/mm²

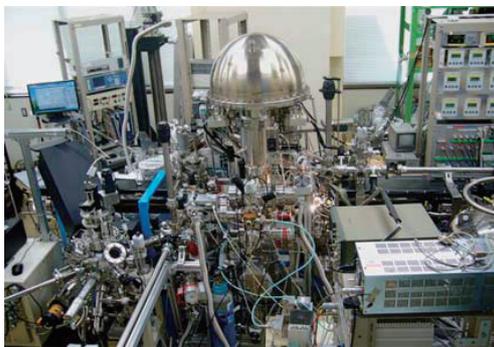
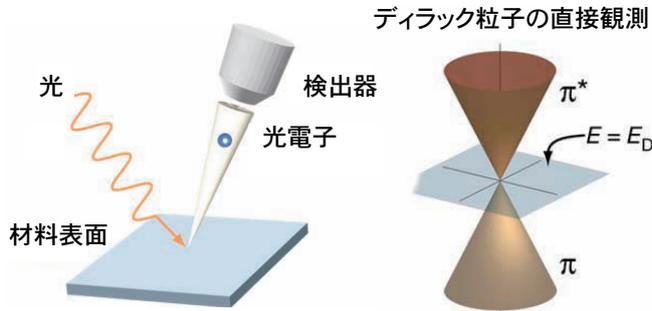


結果

結論 本条件における電気刺激は血管新生を阻害する効果がある

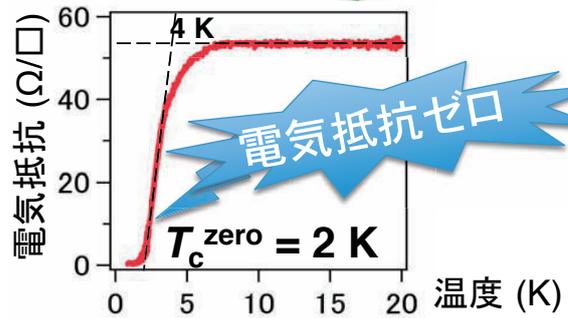
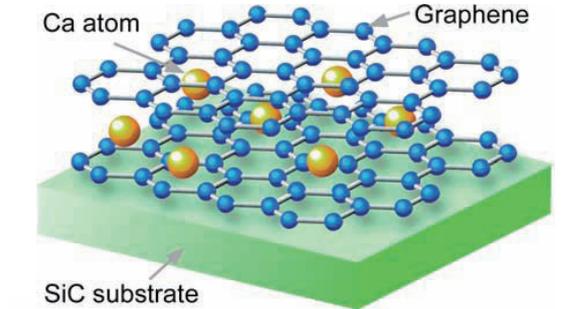
電子状態観測による評価技術を駆使した材料開発および新規物性発現機構解明

外部光電効果による電子状態の直接観測



高橋研究室で開発した超高分解能光電子分光装置

グラフェンサンドウィッチ材料開発



世界で初めて
グラフェンの超伝導化に成功

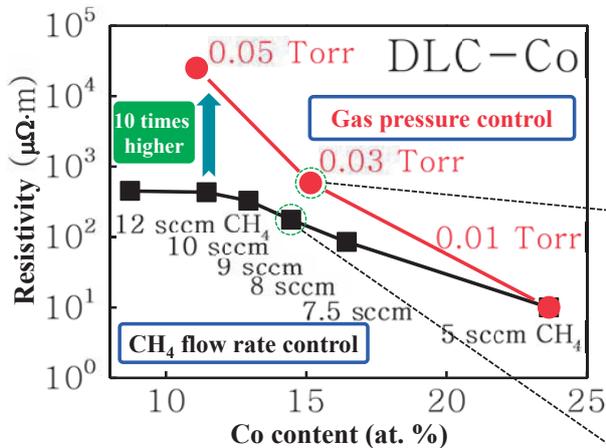


Improved Electric Resistivity of DLC-Co Nano-composite Films

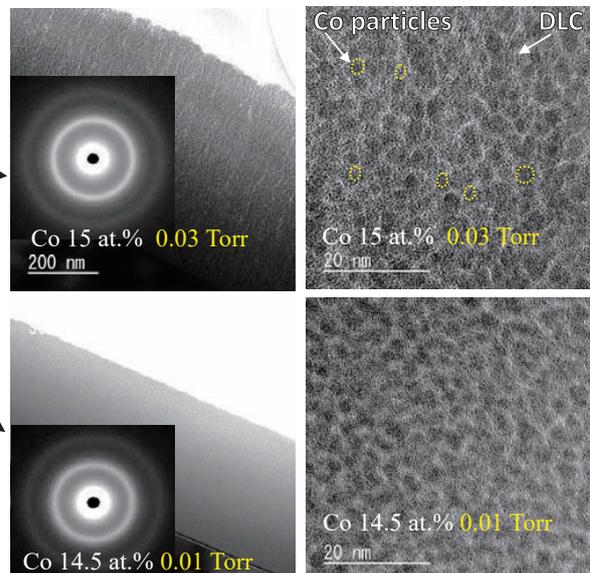
Yiwen Zhang

Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

Purpose: Prepare Diamond-like Carbon (DLC)-Co nano-composite films with high resistivity for novel properties, such as magnetoresistance (MR) and dielectric response properties.



High resistivity and clear interface



With higher gas pressure:

- The Co content decreases.
- The resistivity increases dramatically.
- Films show clear interface between Co particles and DLC matrix.

若手研究(B)15K18231 代表者(本人)

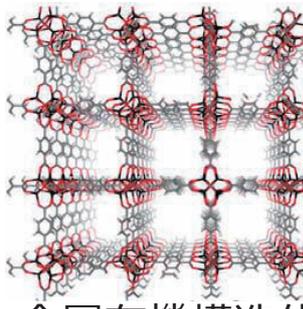
高分子ナノシートへの金属有機構造体のハイブリッドナノ積層

多元物質科学研究所 三ツ石研究室 大原浩明

高分子超薄膜と金属有機構造体をナノフィルムとして複合化
→ナノメートルスケールの新型ハイブリッド材料の作製



高分子材料



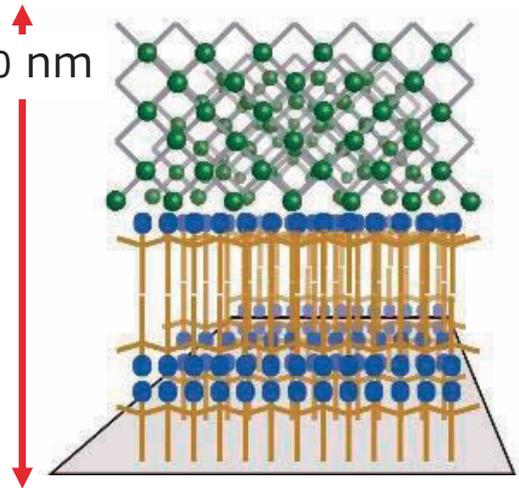
金属有機構造体

K. Sillar et al., *J. Am. Chem. Soc.*,
2009, 131,4143-4150.

超薄膜として
複合化



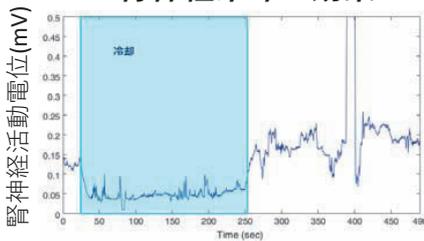
10-100 nm



腎神経冷却デバイスによる高血圧治療の小型化の課題

加齢医学研究所 非臨床試験推進センター 心臓病電子医学分野 医工学研究科M1 弓場 充

腎神経冷却の効果



冷却機構: ペルチェモジュール

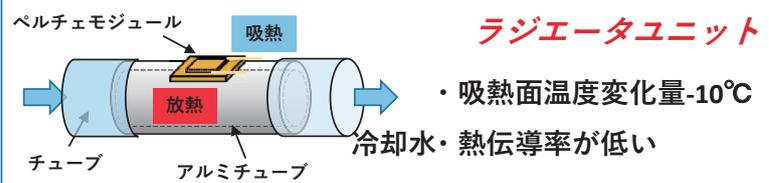
仕様	値
冷却面 [mm ²]	3.2×3.2
放熱面 [mm ²]	3.9×3.9
高さ [mm]	1.97
冷却面の材質	ビスマスズ
最大吸熱量 [W]	0.3
最大電圧値 [V]	0.9

問題

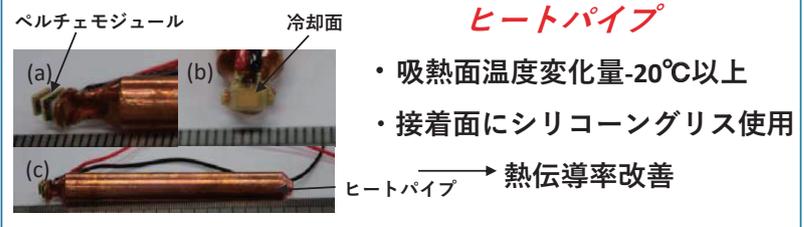
ペルチェモジュールの
発熱量が大きい

→ 熱輸送機構が必要

これまでの取り組み



現在の取り組み

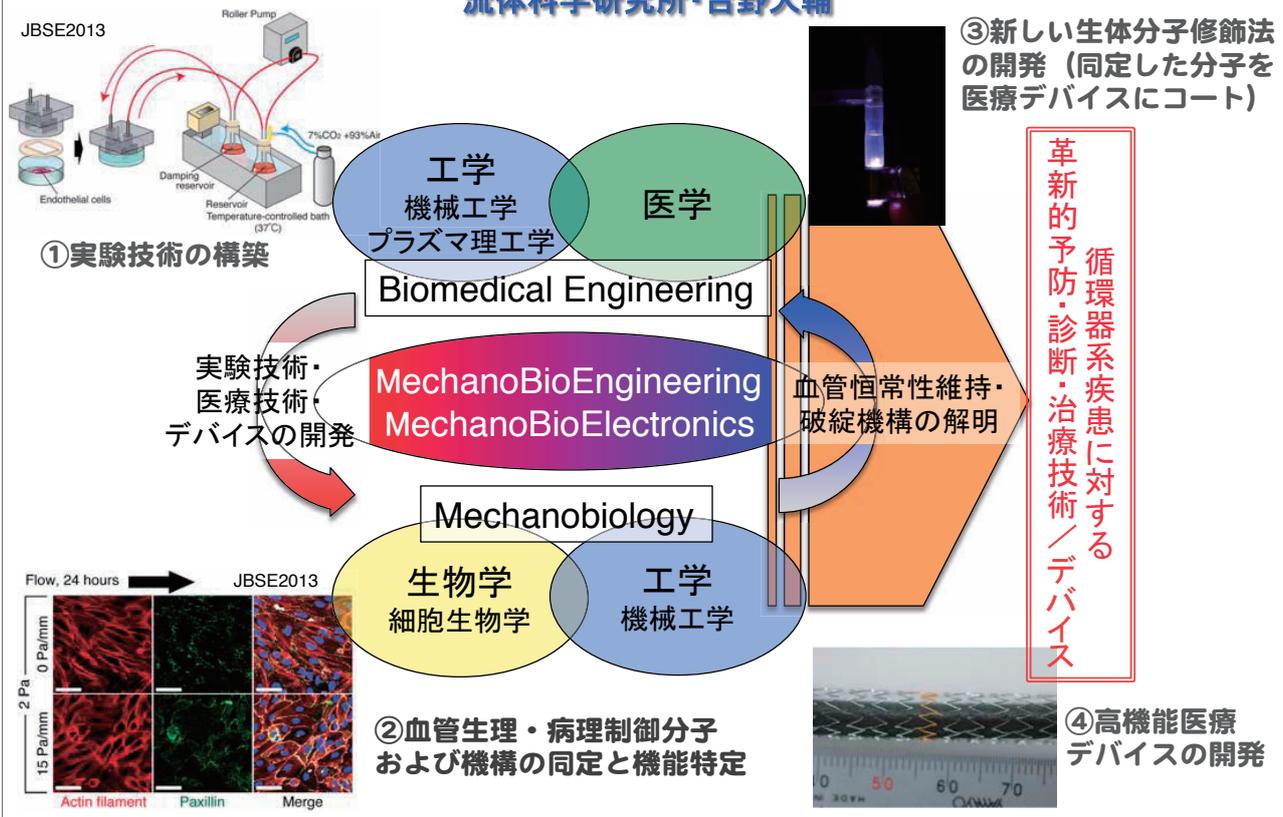


今後の課題

- ・ヒートパイプ自体が発熱物質になる
- ・生体熱容量を考慮した設計

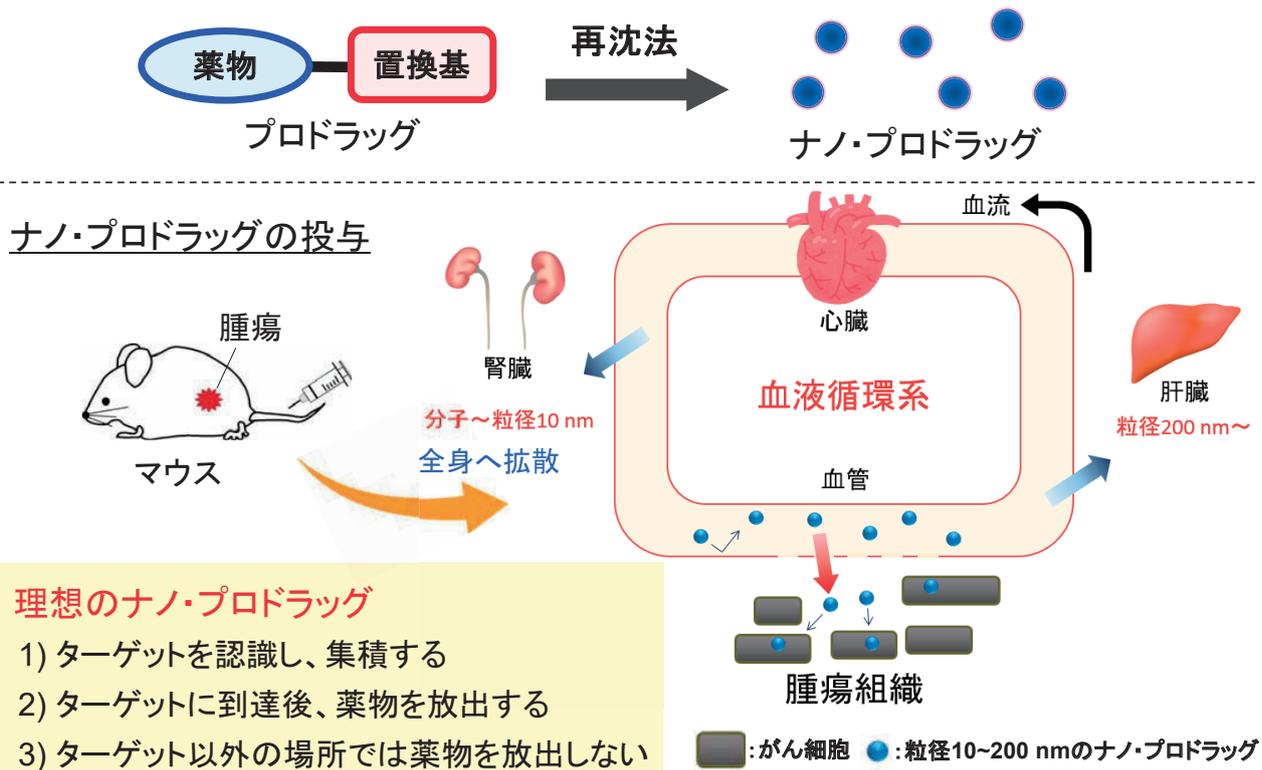
MechanoBioElectronics創成による循環器系疾患 に対する革新的予防・治療技術の研究開発

流体科学研究所・吉野大輔



ナノ・プロドラッグの抗がん活性

多元研 笠井研究室 小関 良卓



食物運搬機能を有する人工食道ステントの開発

加齢医学研究所 心臓病電子医学分野
博士後期課程2年 平 恭紀

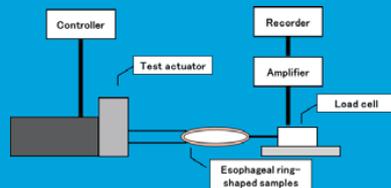
現在の食道癌治療：蠕動運動（食物運搬機能）の消失
→ 術後に重篤な食道炎などを引き起こし得る

➡ **目的：食物運搬機能を有する人工食道ステントの開発**
→ 術後の日常生活動作（ADL）の向上

本研究のStrategy：

- 生体力学的特性や組織学的構造の特徴から蠕動運動を模擬する食物運搬機構の開発
- それを具現化するデバイスの開発

食道壁のStress-Strain実験系



食道の組織標本



本研究のこれまでの成果

- 人工食道ステントのための食物運搬機構開発



人工食道ステントの課題

- アクチュエータの熱制御手法
- 流れのシミュレーション解析

東日本大震災後の実践的津波避難訓練の取り組み

災害科学国際研究所
グローバル安全学教育研究センター(リーディング大学院)
杉安 和也



- 東日本大震災以降、「防災意識の向上」「震災の記憶の風化を防ぐ」手段として「避難訓練」が活用されている
- 震災の実体験から、「より実践的な教育・訓練プログラムの提供を求める」声が住民・行政の双方から上がる
- 定型・マニュアルに沿った一方向的なプログラムでなく、参加意識を高める**双方向的なプログラム**を検討

具体的なアクション：

- ① 住民＋観光客を想定した避難訓練
 - ② 自動車での移動を想定した避難訓練
 - ③ 地域全体だけでなく、**個人の避難行動を記録・フィードバックする避難訓練**
-etc



GPSロガーによる避難行動の記録と参加者へのフィードバック
→ 参加者自身で避難行動のPDCAを行う判断材料に



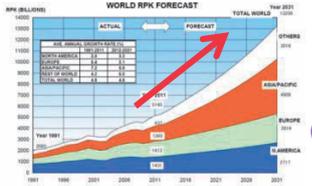
- 地域全体での避難時の様子を振り返ることも可能
(1) 浸水域を通過していないか？ (2) 内陸から海へ向かっていないか？etc

リアルタイムデータ同化による乱気流予測の研究開発

流体科学研究所 大林研究室
菊地亮太(D3)

世界の航空機運航の将来的な危機

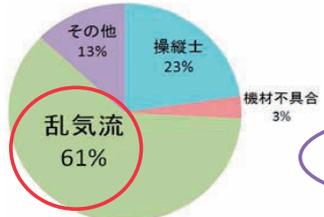
航空機需要の増大 今後20年で2.7倍に！



管制システムが限界を迎える

運航の効率化

気象要因による事故 半数以上が乱気流！



事故や快適性の損失に繋がる

安全性の向上

リアルタイム予測
気象予測 最適経路
より効率的かつ安全な
空の旅の実現により社会へ貢献

ポスターでは、実際に乱気流に遭遇した事例を使った予測結果を紹介

データ同化によるリアルタイム Intelligent Aircraft 運航支援技術の開発



支援技術のリアルタイム化 データ同化



ビッグデータ解析技術に着目し、計算負荷の低い予測モデルを構築し、リアルタイム性を担保

東北大研究者の研究トーク番組 アカトーク

今までのサイエンスカフェとはここが違う！
若手が、フランクに、分野問わず、聴衆とより近くで、酒を片手に研究トーク！

こんな研究人を募集しています！

- 自分の研究 大大大好き 研究者
- 飲み会大好き 研究者
- 聞く 専門 研究者
- 志高い 研究者
- プレゼン 心配 研究者
- 運営 企画 大好き 研究者

次回予告 …あなたは何点？聴衆によるトーク採点システムを導入予定！

- [随時開催] アカトーク！
- アカトーーークSP！

ex) 培養一筋 研究者、結晶きれいでしょ 研究者、ひたすら発掘 研究者、 などなど

教科書に物申したい 研究者
文学研究科長に突っ込みたい 研究者



ピコ秒パルスレーザー穴あけ加工による光硬化性液体塗布用孔版の作製
 Fabrication of Through-Hole Masks for Screen Printing by Picosecond Pulse Laser Drilling
 IMRAM, Takahiro Nakamura, Kento Seki and Masaru Nakagawa

- Introduction and background -

Nanoimprint lithography (NIL)

- Leveling the residual layer thicknesses (RLTs)
- Lowering bubble defects

Jet and Flash imprint lithography (J-FIL)

N. V. Le et al., *Microelectron. Eng.* **83** (2006) 839.

1. inkjet printing 2. resin filling 3. UV curing 4. demolding

• Dispensed droplet volume: **pico ~ sub-pico liter**

• Volume deviation: **<1 %**

• Resin viscosity: **5~20 mPa s**

Bubble defect-free NIL using a UV-curable resin (NL-SK1F) under condensable gas (PFP) atmosphere

Base monomer : glycerol 1, 3-diglycerolate diacrylate (GDD)
 $\eta = 12,800 \text{ mPa s}$

S. Matsui et al., *Microelectron. Eng.*, **133** (2015) 134–155.

- Objective of this study -

Printing & Imprinting

1. resin printing 2. UV curing 3. demolding

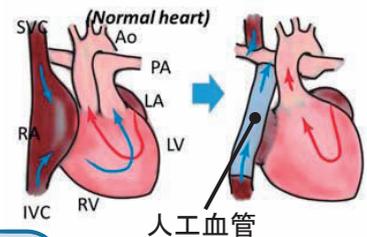
A. Tanabe et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* (2016) in press.

- Fabrication of screen printing masks by laser drilling of a polyimide (PI) film and investigation of the optimal laser irradiation condition
- Discharge of UV-curable resin droplets using the fabricated screen printing masks

Fontan循環における血液逆流抑制デバイス開発の試み

池田 純平, 白石 泰之, 坪子 侑佑, 山田 昭博, 平 恭紀, 山家 智之, 本間 大, 山岸 正明 加齢医学研究所
 単心室症のような先天性心疾患には、肺循環を改善するため大静脈を肺動脈に直接繋ぐ「Fontan手術」を実施

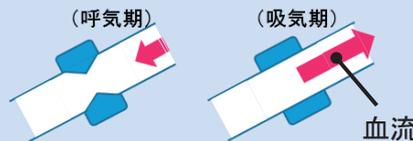
…術後の長期経過で、「呼吸時に血液が逆流するため、**肝機能不全が起こる**」という問題が報告されている。



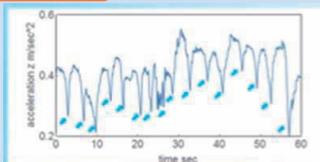
下大静脈での逆流を防ぐクリップ型デバイスの開発を目指す

◆ クリップデバイス駆動

- 呼吸時(逆流増大):
クリップ収縮 ⇒ 流路抵抗増大
- 吸気時(順流):
クリップ開放 ⇒ 流路抵抗減少

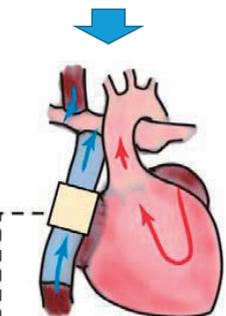


◆ 呼吸センシング



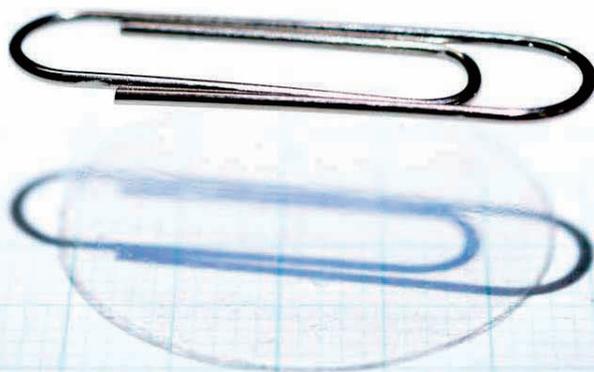
加速度センサを腹部に装着した場合

小型の呼吸センサを目指す



呼吸センシング
+
TCPCクリップ駆動

ベーマイトナノファイバー を用いた巨視的構造体形成

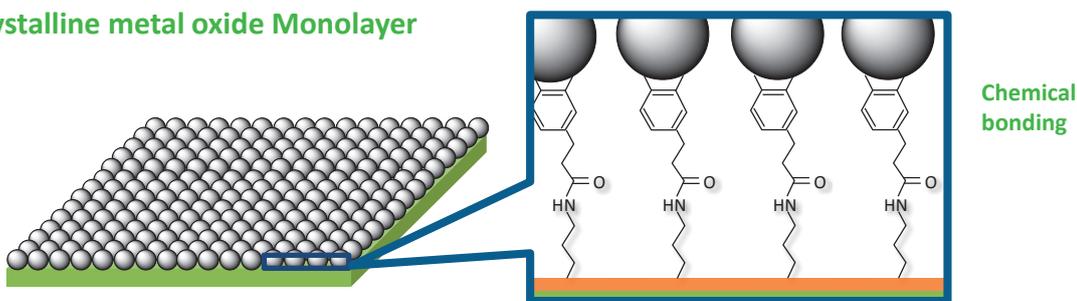


$< 0.005 \text{ g cm}^{-3}$

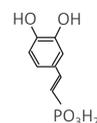
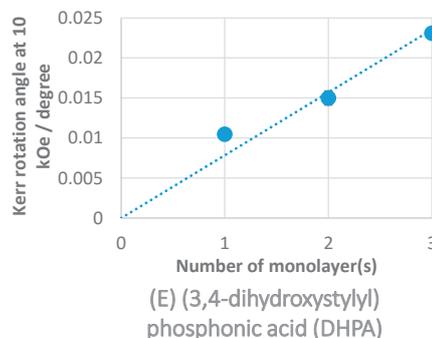
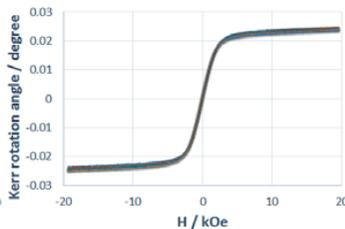
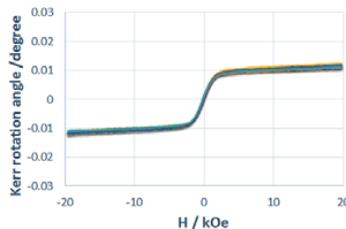
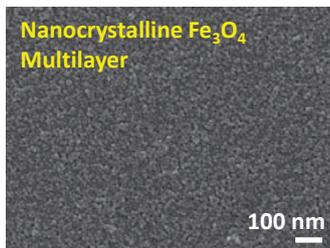
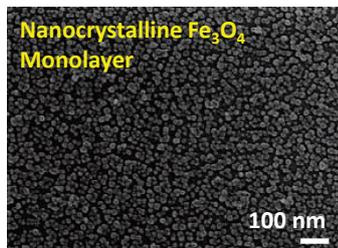
FRIS 早瀬 元

Layer-by-layer Self-Assembly法を用いた Fe_3O_4 ナノ粒子単層膜および多層膜の作製と磁気光学特性
北條 大介 原子分子材料科学高等研究機構 2016/7/12 研究所若手アンサンブルワークショップ

Nanocrystalline metal oxide Monolayer



Layer-by-layer self-assembly of Monolayer





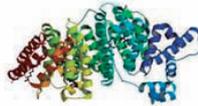
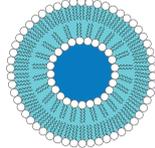
Fabrication of anticancer drug nanoparticles coated with BODIPY group-substituted PEG

Masamichi Tamada

Oikawa group, IMRAM, Tohoku univ.

キャリアを用いたナノ薬剤

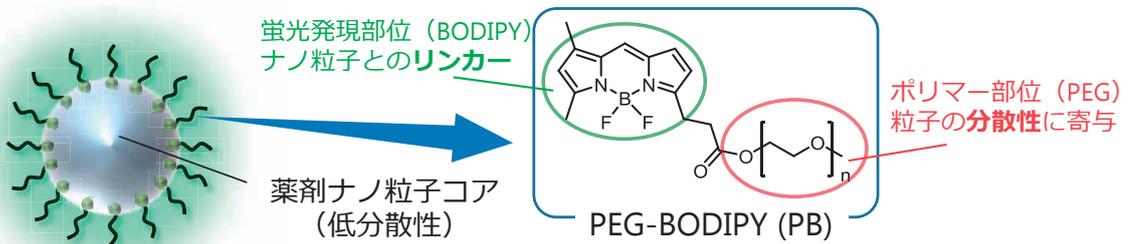
高分子ミセル リポソーム タンパク質



メリット：①キャリアによる高い分散性
②生体内での安定性

デメリット：①低い薬剤含有率
②キャリアによる副作用

新たなナノ薬剤を設計



高い薬剤含有率+高分散性+蛍光イメージング

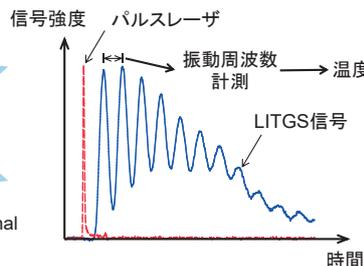
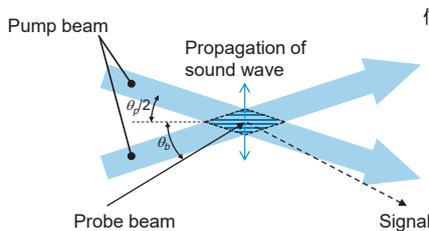


Laser Induced Thermal Grating Spectroscopy (LITGS) による非接触定量温度計測



東北大学流体科学研究所 助教 早川晃弘

LITGSとは



- レーザー光が強めあう縞の化学種のみが励起の後、クエンチング。
- 温度の縞、およびそこを伝播する音響波により干渉縞が強められたり弱められたり。
- そこへプローブビームを入射。回折光を計測。
- 振動周波数から音速を求め、それより温度を計算する。

研究テーマ ⇒ LITGSによる超高压燃焼場(ロケット燃焼など)の定量温度計測

ではあるものの…

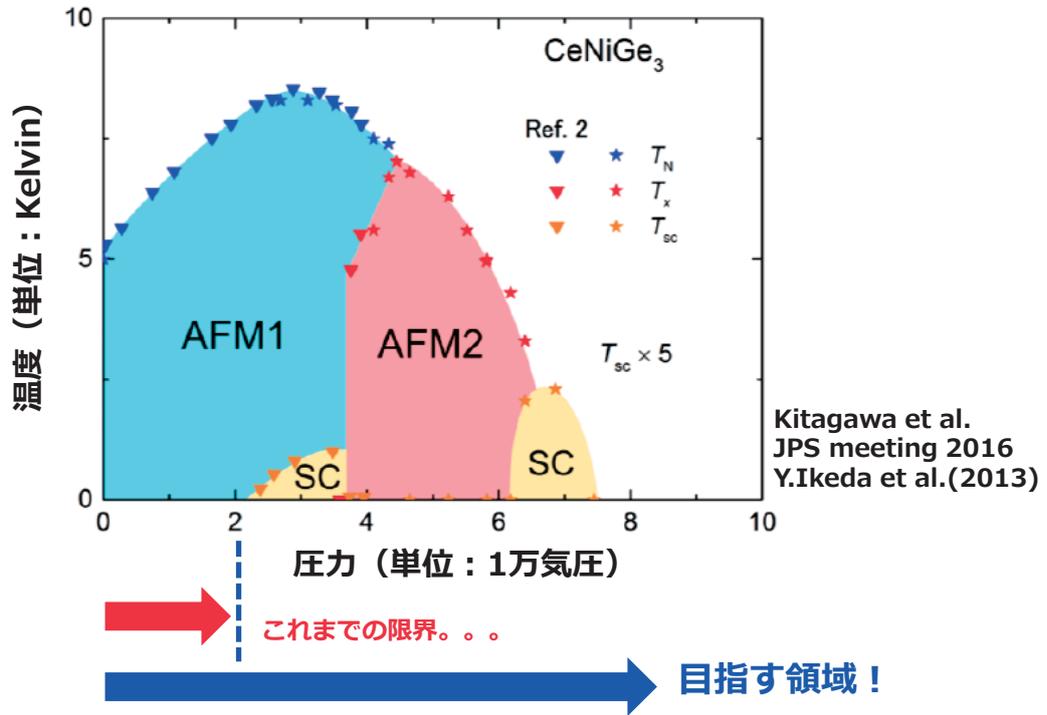
レーザーで励起できる化学種があれば、温度が非接触で定量計測可能

LITGSの特徴

- 信号の時間スケールは $10^{-9} \sim 10^{-6}$ 秒オーダー→瞬時温度計測が可能
- 信号光がコヒーレント性を有する→信号光を遠くに導ける。
→ノイズ低減による高SN取得が期待される。
- 圧力が高い(励起化学種数密度が高い)ほど高信号強度が取得しやすいと考えられている。
→従来用いられてきたのレーザーによる燃焼診断手法とは逆の傾向。

重い電子超伝導体CeNiGe₃の高圧下磁気相の研究

超伝導と共存・競合する磁性状態を明らかにするために、
極低温・十萬気圧下の中性子散乱実験技術を確認する！！

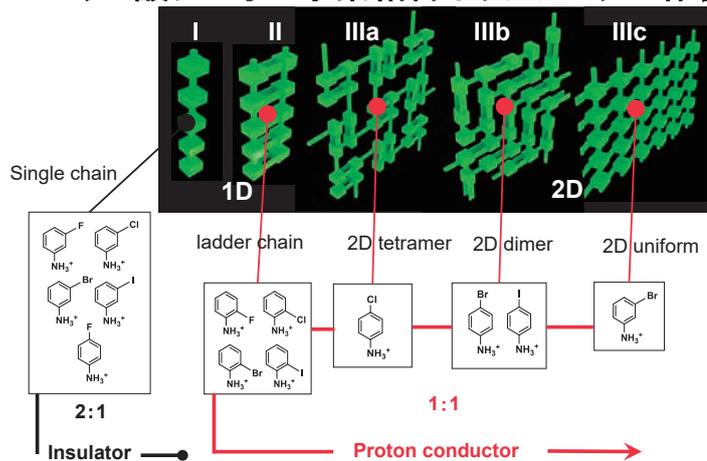
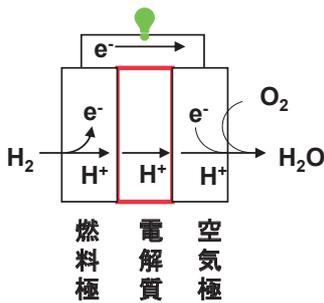


単結晶リン酸塩における水素結合構造とプロトン伝導挙動

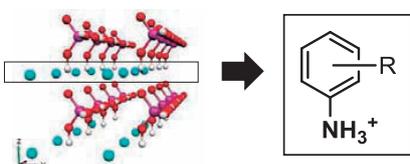
多元物質科学研究所, 吉井 祐弥

・水素エネルギー利用拡大に向け、燃料電池に関する研究が活発化

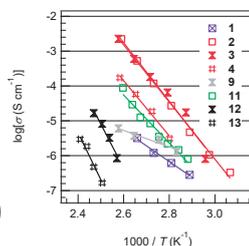
・カウンターカチオンの交換による多様なリン酸アニオン水素結合ネットワークの作製



・白金使用量の抑制
→稼働温度域 100~300°C
Cesium Dihydrogen Phosphate (CsH₂PO₄)



→ 超プロトン伝導体 (10⁻² S cm⁻¹)



・水素結合 - プロトン伝導性
・プロトン伝導における異方性
・非局在性プロトンの同定
について検討。

H. Lee et al., J. Phys. Chem. C, 2008, 112, 9917-9930

高アモルファス型Ge酸化物の創製 と二次電池負極特性

学際研 梶田徹也, 伊藤隆



Li -----> Na?

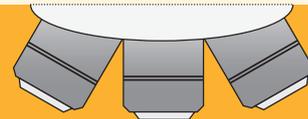
Now Future

<i>Clarke number</i>	0.006	2.63
----------------------	--------------	-------------

負極材料	Liイオン二次電池	Naイオン二次電池
Am-Ge酸化物	~2000 mAh/g	~350 mAh/g
炭素	~380 mAh/g	~250 mAh/g

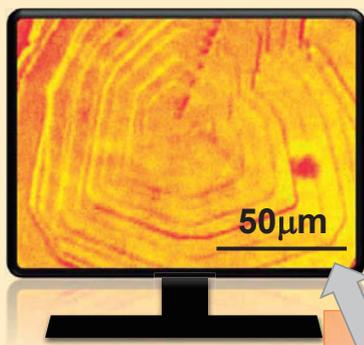
多元物質科学研究所 柴田(浩)研究室 助教 川西咲子

高温固液界面を視る



研究コンセプト：単結晶シリコンカーバイドが1500~1800°Cで溶液成長する様子をリアルタイムで観察し、ミクロな界面現象を解き明かす！

高温リアルタイム観察の例



シリコンカーバイドが溶融合金との界面で結晶成長している。



研究手法のアプリケーション

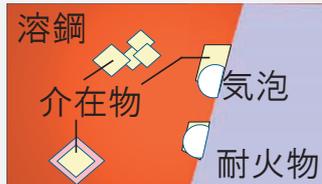
他材料への応用

溶融合金

AlN, ZnO, ...

種結晶

他分野への展開
(例:鉄鋼精錬)



種々の高温反応界面の現象解明へ

沸騰伝熱現象の固気液界面マルチスケール解析

流体科学研究所 助教 岡島 淳之介 j.okajima@tohoku.ac.jp

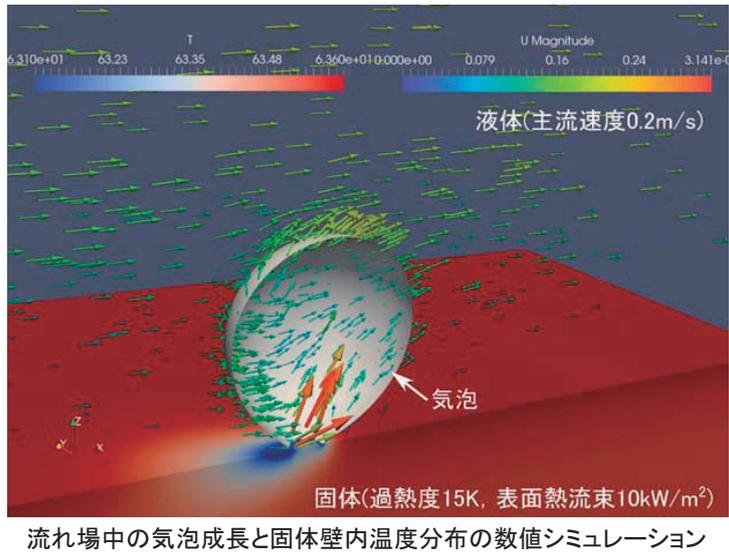
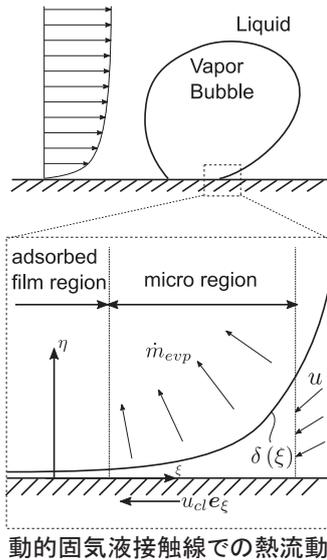
沸騰伝熱現象

加熱により固体面上で気泡が成長し、気泡-固体-液体間で熱が移動する現象

固気液接触線での熱流動
(ナノ・マイクロメートル)
→固体と液体の濡れ性

+

気液二相熱流動
(マイクロ・ミリメートル)
→流れ場と界面形状・相変化



磁歪材料の特性評価・非晶質金属の構造解析

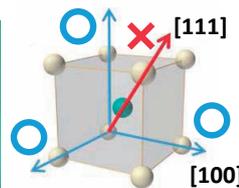
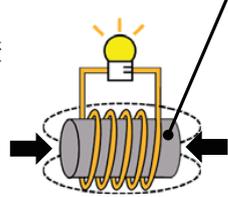
多元物質科学研究所 鈴木研究室 川又 透 (助教) 2016年 4月～

● 現在推進中のテーマ：磁歪材料の特性評価 (Fe-Ga 合金単結晶)

[逆磁歪現象を利用した環境発電]

[磁歪量, 強度および加工性に優れる Fe-Ga 合金 単結晶]

コイル中の磁性体に
応力を加え, 磁界を変
化させ起電力を得る



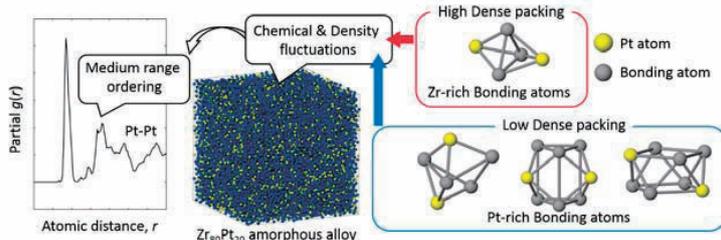
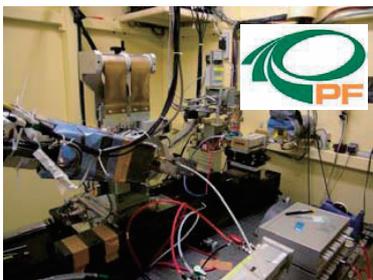
結晶方位および
磁区構造の制御
発電効率の向上

乾電池等の置き換え→
電池フリーリモコン等への応用

磁区構造の観察・X線を利用した結晶構造評価:
磁歪材料および発電デバイスの設計の指針を示す。

● 博士・ポスドク時代 (金研 杉山研究室)：非晶質金属の構造解析

[X線異常散乱法 + 逆モンテカルロシミュレーション による非晶質構造の三次元モデリング]



非晶質金属中の幾何学的・化学的秩序構造の詳細な検討

[1] S. Fujieda et al., IEEE Trans. Magn., 50 (2014) 2505204.



小児先天性心疾患外科治療の医工学的評価システム構築

坪子 侑佑 加齢医学研究所 非臨床試験推進センター Email: yusuke.tsuboko.a4@tohoku.ac.jp

現状：

先天性心疾患に対する外科的介入

- 患児の成長を考慮した段階的手術が重要
 - ⇔ 従来の先天性心疾患外科治療：治療成績は術者の技術・経験に依存
- 新たな手術手技・超小型循環補助装置のニーズ



目標：

医工学技術による

- 1) 機能・構造
 - 2) 治療効果
 - 3) 信頼性・安全性・耐久性
- の非臨床評価

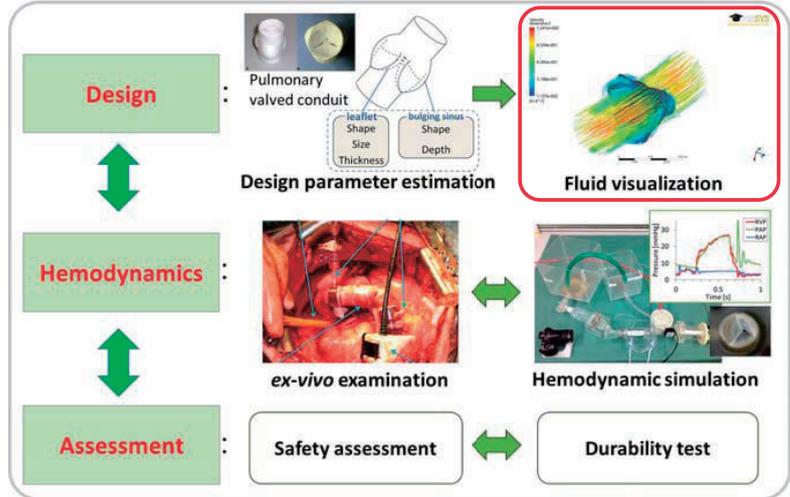


現在実施中：（提供可能）

- 実流体循環シミュレーション
実機を用いた流体力学的性能評価
- 急性・慢性動物実験
生体内環境での血行力学評価

課題：（助けてほしいです）
・ 数値解析による形状最適化

小児先天性心疾患用血液循環補助・治療機器の開発戦略

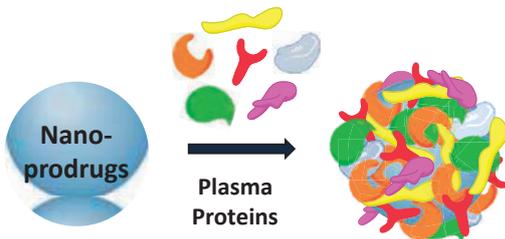


Fabrication of nano-prodrugs and their interaction with serum proteins



Farsai Taemaitree, Yoshitaka Koseki, Tsunenobu Onodera, Hidetoshi Oikawa, Hiroshi Kadokura, Hitoshi Kasai
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM)

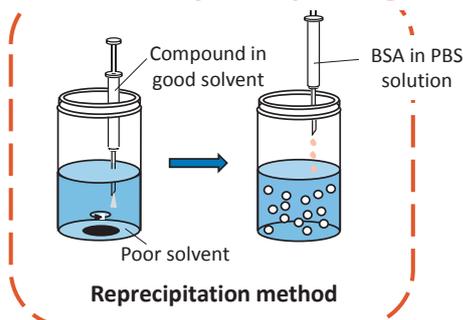
Formation of protein coronas



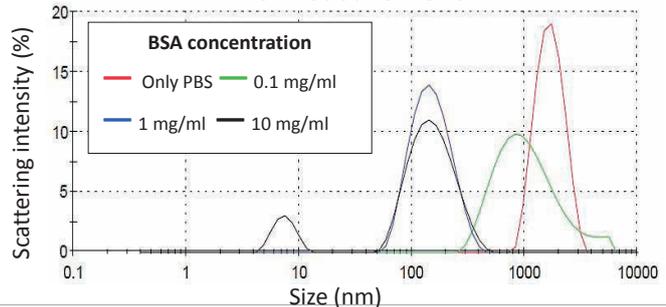
Biodistribution

- ✓ Physicochemical properties
- ✓ Route of entry
- ✓ Dose
- ✓ Accumulation
- ✓ Clearance

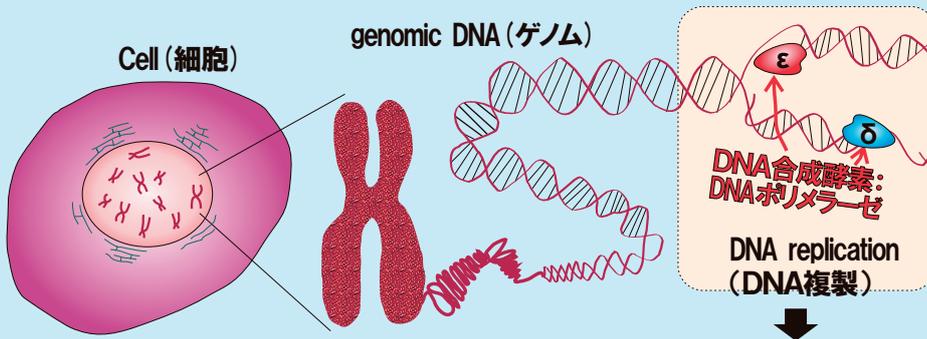
Fabrication of nano-prodrug



DLS measurement

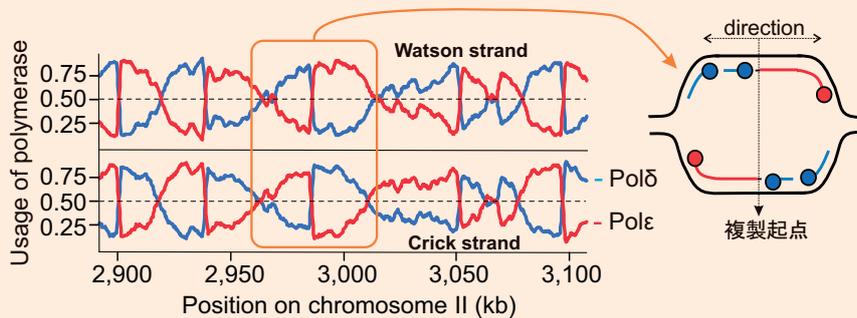


生命情報を担う莫大なDNA分子の複製メカニズムの探求



生物には10種類以上のDNAポリメラーゼが存在し、それらが分業を行い、ゲノム情報の複製が行われる。

全ゲノム領域に渡るDNAポリメラーゼ機能の解析

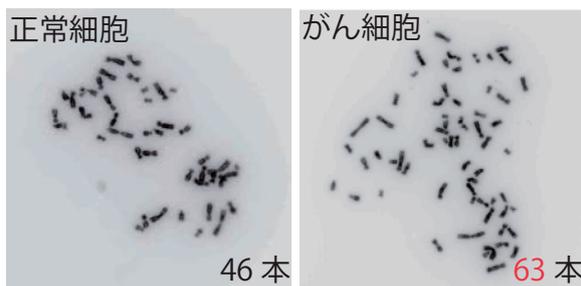


- ゲノム領域ごとに使われるDNAポリメラーゼが異なるのか？
- 生物は、なぜ、多くのDNAポリメラーゼを持つのか？
- 細胞の状態(e.g. 老化, がん化など)に応じて、個々のポリメラーゼの役割に変化があるか？

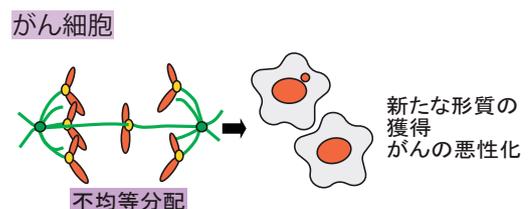
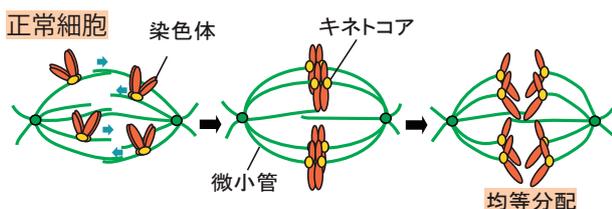
効率的な染色体整列の染色体安定性への関与

加齢医学研究所 分子腫瘍学研究分野 博士課程3年 國安 絹枝

1. がんでは染色体数が異常である



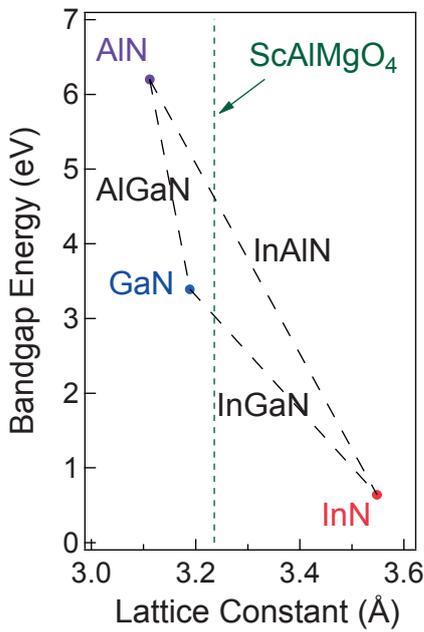
2. がんでは染色体の不均等分配が起こる



染色体が効率的に並ぶことが染色体の均等分配に必要なのではないかと？

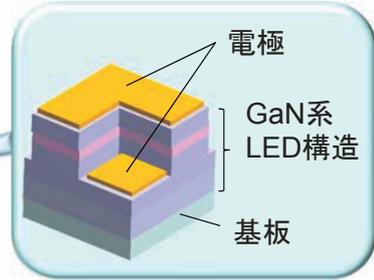
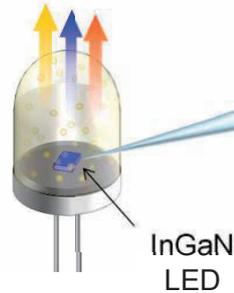
ScAlMgO₄ 基板を用いた窒化物半導体発光素子の作製

金属材料研究所 窪谷 茂幸



白色LED

青色LED+蛍光体

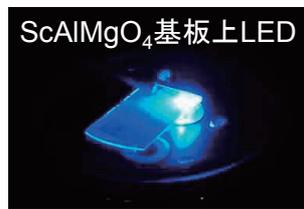


GaNとの格子不整合度

サファイア 14% 大

ScAlMgO₄ -1.8% 小

(緑~赤色LEDの作製に有利)

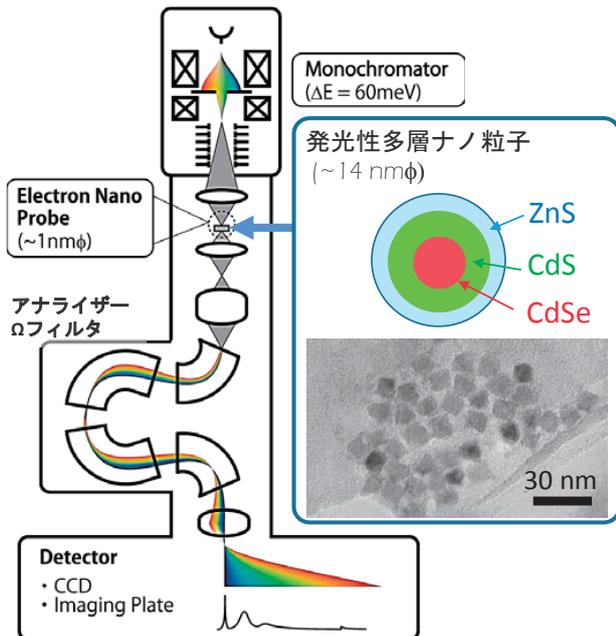


新材料基板を用いた窒化物半導体デバイス作製技術の開拓

電子線非弾性散乱測定による発光性多層ナノ粒子の電子構造研究

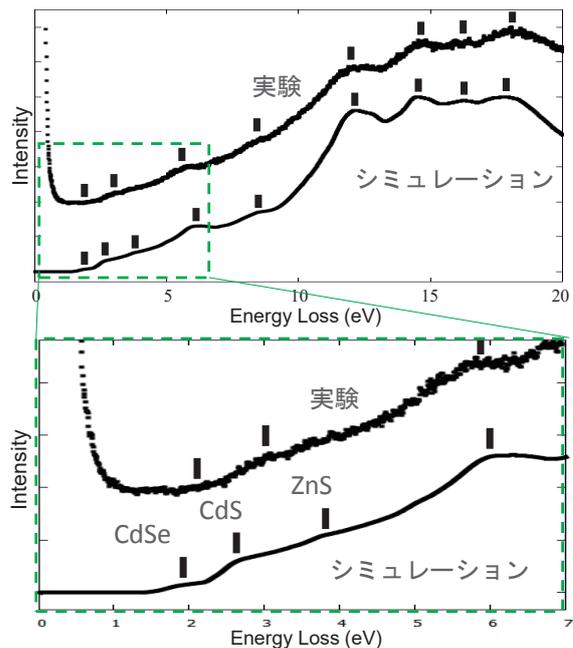
多元物質科学研究所 佐藤庸平、中東尚之、寺内正己
産業技術総合研究所 上原雅人

電子顕微鏡を用いた
電子線非弾性散乱(EELS)測定



ナノ粒子1粒1粒からスペクトルを取得

EELSスペクトル



発光性ナノ粒子の物性解析

→ より高性能の発光材料開発

ダイヤモンド中の単一NV中心を用いた無偏光単一光子源

電気通信研究所 枝松・三森・Sadgrove研究室

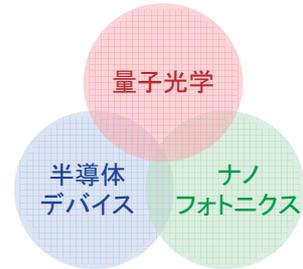
D3 阿部 尚文

量子情報技術

光子や電子といった量子の性質を本質的に利用することで、既存技術ではできない情報技術の実現を目指す

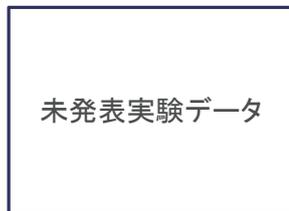
量子暗号通信: 物理的に絶対安全な暗号通信には
単一光子源と**真性乱数**が必要

↓ ↓
ダイヤモンド中の窒素-空孔中心(NV中心)で実現

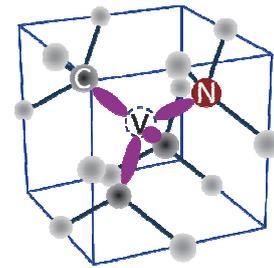
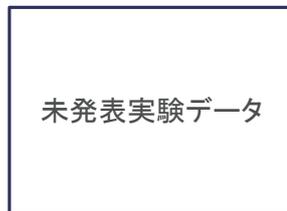


偏光無相関単一光子状態の実現

量子状態トモグラフィ
によって推定した密度行列



偏光相関測定
(偏光基底強度相関関数 $g^{(2)}$)



➡ 忠実度99.9%の無偏光(混合)状態

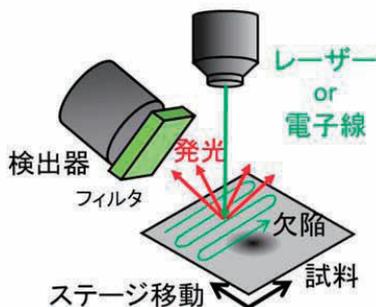
➡ 偏光無相関

➡ 真性乱数生成へ

発光イメージングによる半導体キャリア物性評価

金研・助教 沓掛健太郎

従来の顕微測定
(励起光を走査)



局所的なキャリア注入

≠

太陽電池

=

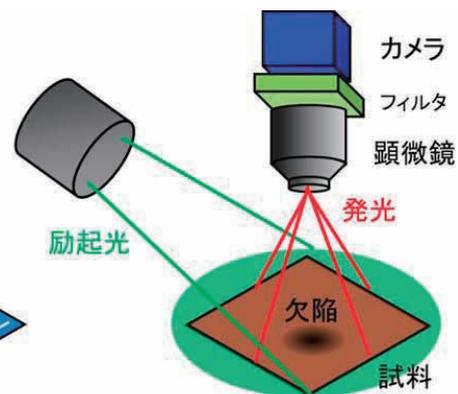
均一なキャリア注入

太陽電池の動作環境に近いキャリア物性評価法

キャリア変換(光励起・発光)
キャリア輸送(欠陥トラップ)
の新しい評価法

- ☆高速・非破壊・非接触
- ☆弱励起: 見えなかった欠陥が見える
- ☆定常・均一: より正確・定量的な評価

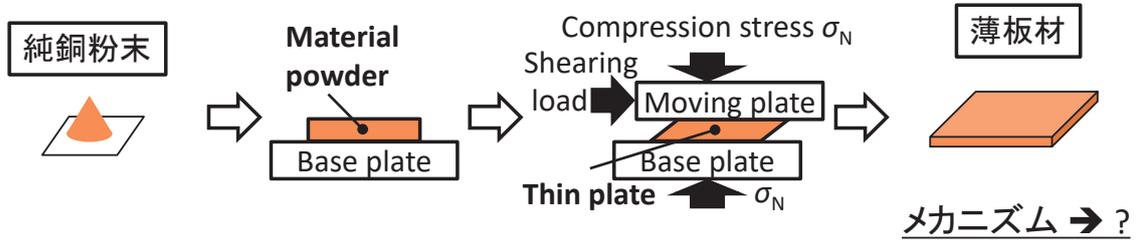
顕微発光イメージング
(ワンショット撮影)



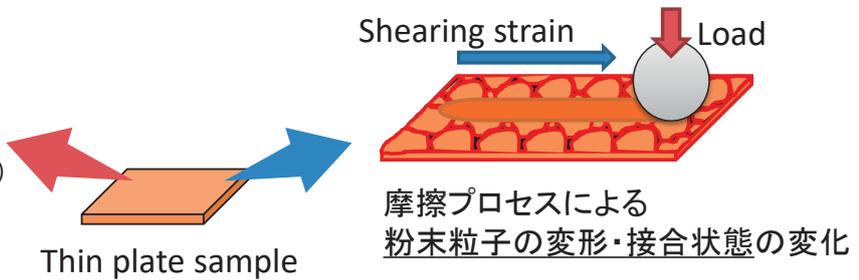
常温圧縮せん断法における粒子接合メカニズムの解明

武田翔¹, 三木寛之², Julien FONTAINE³ ¹東北大学大学院工学研究科, ²東北大学学際科学フロンティア研究所
 宮崎孝道⁴, 武石洋征⁵, 高木敏行⁶ ³LTDS, École Centrale de Lyon
⁴東北大学工学部, ⁵千葉工業大学, ⁶東北大学流体科学研究所

常温圧縮せん断法(Compression shearing method at room temperature)



圧縮せん断試験片の
断面組織観察
(複合材と純金属の差異)

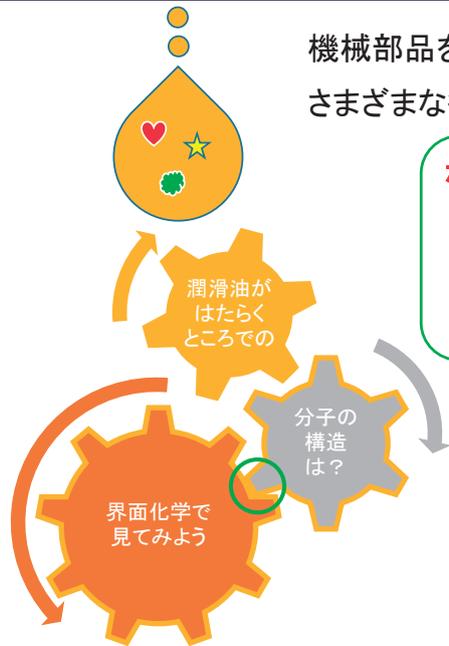


和周波発生分光法を用いたポリマー潤滑油添加剤の固体表面への吸着構造評価

WPI-AIMR 栗原研究室 今村貴子

機械部品をなめらかに運動させるための**潤滑油**

さまざまな微量**添加剤**による調合、高機能化

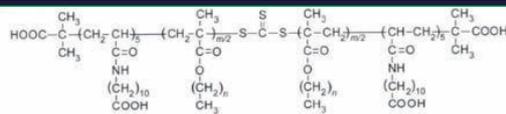
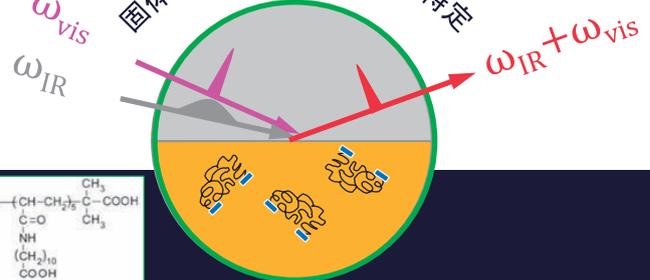


ポリマー(高分子)添加剤

温度変化による油の粘りけが変わらないよう添加表面に膜を作ってこれが潤滑を助ける役割も

どのように吸着しているか?
どのようなポリマーが吸着しやすいか?

和周波発生振動分光法で
固体の近くにある化学種の特定



KEYWORDS

Lubricant oil, Polymer additive, Adsorption, Sum frequency generation spectroscopy

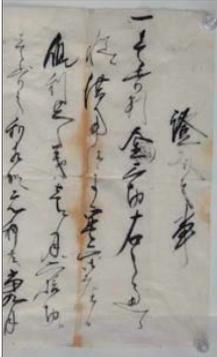
Reference Yamada, S.; Fujihara, A.; Yusa, S.; Tanabe, T.; Kurihara, K. Langmuir 2015, 31, 12140–12147.

自然災害を想定した地域文化財保存・継承

災害科学国際研究所(IRIDeS) 天野真志

「文化財」とは...

「建造物、絵画、彫刻、工芸品、書跡、典籍、古文書その他の有形の文化的所産・・・並びに考古資料及びその他の学術上価値の高い歴史資料」
(文化財保護法 第1章第2条)



災害科学国際研究所
IRIDeS
International Research Institute of Disaster Science

多様な価値観を含む「文化財」
・災害からの保護・救済＝文化財防災
包括的な取り組み・継承法...？



- ・文化財防災をめぐる現状と課題 : 国際比較
- ・文化財の現代的な位置と継承 : 地域還元
- ・文化財を取り巻く諸要因 : 劣化・破壊と保存

アンケート結果

◆回答総数：45

ワークショップに参加した感想

楽しかった	67%
普段聞けない分野の話が聞けてよかった	71%
異分野への理解が進んだ	36%
共同研究の話が始まりそう	22%
友達ができた	22%
準備が大変だった	0%
参加しなきゃよかった	0%
その他	0%
無回答	0%

ショートプレゼンテーションは

1分でよかった	80%
もっと長い方がよかった	4%
なくてよかった	9%
その他	9%
無回答	2%

発表形式は

ポスターセッションでよかった	73%
オーラルセッションの方がよかった	2%
両方ともあった方がよかった	18%
その他	4%
無回答	4%

研究所ツアーに

参加した	38%
参加しなかった	62%
無回答	0%

研究所ツアーに参加した方（17 回答）：研究所ツアーは

楽しかった	76%
時間が足りなかった	0%
もっと色々な施設を見たかった	59%
また参加したい	18%
もう参加しなくてよい	0%
つまらなかった	12%
その他	12%
無回答	0%

研究所ツアーに参加されなかった方（28 回答）：研究所ツアーに

次回は参加したい	75%
次回も参加する気はない	21%
その他	11%
無回答	7%

懇親会は

あってよかった	71%
なくてよかった	4%
その他	9%
無回答	16%

今回のワークショップにオーラルプレゼンテーションは

あった方がよかった	33%
なくてよかった	51%
その他	4%
無回答	11%

今回のワークショップに著名人の基調講演は

あった方がよかった	33%
なくてよかった	51%
その他	7%
無回答	9%

2015 年度アンサンブルグラント報告会は

面白かった	42%
自分の共同研究の参考になった	18%
発表時間が短かった	0%
発表時間が長かった	4%
難しかった	4%
参加しなかった	40%
その他	4%
無回答	7%

2016 年度アンサンブルグラント説明会は

疑問が解決できた	16%
応募しようという気持ちが強まった	22%
聞いてもよく分からなかった	7%
参加しなかった	53%
その他	0%
無回答	9%

ご意見 (12 件)

Thank you for the workshop! I am delighted to attend it.

Because there are different research field with respect to the poster.

I think categorize the poster e.g. Materials science ,chemistry, physics and so son. It will be very easy for the participants to recognize them.

Thank you!

今回の WS を拝見していて、若い方々は比較的簡単に、あまり障壁を感じることなく異分野の方と仲良くなれる、ということを感じました。今後こういった異分野交流の機会をもつことで、既存の研究分野の枠組みを超越した新しい研究を開始し、新領域を創出していただきたいと思います。

参加させていただきありがとうございました。遠い研究分野の人との交流は進まなかったが、近い分野の人とはいろいろと話せる良い機会でした。興味があってもポスターに人がいなかったり、逆に自身のポスターの時にほかのポスターを見に動きたかったりしたので、説明に立っているべき時間が決まっているといいなと思いました。ポスター、見学ツアー、懇親会と立ちっぱなしで疲れたので、懇親会場にもう少し椅子が多くあったほうがいいなと思いました。

東北アジアの発表が無かったのが残念だった。
文系と理系の相互理解が深まる場を設けて欲しい。

ツアーでは他分野でどのように研究が進められているかが知りたいため、実験環境や実験装置、共用実験設備を主に見学したいです。

企画・運営等に関わる準備を含め、本当にお疲れ様でございました。また、参加させていただき、ありがとうございました。
ポスター発表などの参加がない研究所があったので、次回は、すべての研究所から参加があると良いのではないかと思います。

文理を問わない異分野交流の場に参加したのは今回が初めてだったが、全く違う分野の研究者と議論をすることが、ここまで刺激的かつ有意義であるとは正直思っていなかった。また、一分間のショートプレゼンが設けられていたことで、大まかな研究内容を把握することができ、その後のポスターセッションで効率よく興味のある研究者の発表を聞くことができた。さらに、懇親会も設けられていたので、今後の共同研究を進めていく際に気がかりであった点など、互いに本音で話し合えたことで、不安だった点をかなりの部分解消できた。共同研究を促進するという点で、本ワークショップは極めて有意義な場として機能していたと思う。

非常に良い機会だと思います。一方で、異分野との共同研究は難しそうであると感じました。

幹事の皆様大変お疲れ様でした。大変すばらしいワークショップで、得るものが非常に大きかったです。来年も楽しみにしています。以下、感じたことです。
より学際的で新しい研究を育てる方向性を打ち出してもよいのではと思いました。
今回のグラントに採択された研究はいずれもすばらしい内容で非の打ち所のない成果が出されていると思います。しかし、いずれの研究も、現在されている研究の発展の枠を出ていないような気がしました。アンサンブルプロジェクトの趣旨からしますと、これまでになかった全く新しい研究分野を創出するような、突拍子もないアイデアや、より文系と理系が融合したような研究が求められるのではないのでしょうか。その意味で、特定の成果を出すための研究だけでなく、シーズ発掘や連携研究の方法作りを支援するようなことにもグラントを出す、またそのような事を奨励しても良いのではと思いました。

若手アンサンブルグラントには、若手アンサンブルワークショップに参加・発表をしたもののみが応募できるようにするべきと思う。もしくはグラントの評価の際には、ワークショップ参加に関しての加点を検討して欲しい。

1. 2015年度アンサンブルグラント報告会は
他分野の情報を多く得られるので大変勉強になった一方で、
他分野の説明は聞き慣れず、理解ができない点も多かった。
できれば、誰にでもわかるような要点を必ず含むように指示するような
ガイドラインを作ってはいかがでしょうか。

たとえば、

- ・ 研究所間の連携で、新たにできるようになったことは何か？
- ・ 研究課題は何で、それどのように解決しようとするか
- ・ 結果の新規性は何か？

など、理系の内容を文系のひとにも理解できるような
文系の目的や結果を理系のひとにも少しは理解できるような
ある程度の項目を作って、それをプレゼンや、論文資料に含めるように
進めるのはいかがでしょうか。必須にすると大変かもしれません。

2. 報告書は論文誌の形式を取るのが望ましいと思う。

アンサンブルの前身から続く良い伝統は残すべき。

巻、号をつけ、可能なら pubmed に掲載可能なものまで昇華させるか
オープンアクセス可能な電子媒体としても良い考える。

3. 研究所連携に求められている output を明確にしていきたい。

この予算、枠組みを足場として

論文が出れば良いのか？

外部資金を獲得できれば良いのか？

明確な目標があって、それを達成したときの報告できる仕組みがあればもっと
がんばりの意欲がでると考える。

教育部局のとの兼任のため、平日 2 日という枠ではどうしても講義や会議との重複が
生じてしまうため。平日開催であればできれば2日ではなく1日に、もしくは金・土
開催や土・日開催とされることもご検討ください。

4. 平成28年度研究所若手アンサンブルグラント実施報告

昨年度に引き続き、複数研究所の所属研究者で構成される共同研究グループに対して研究費を支援する「平成28年度研究所若手アンサンブルグラント」の公募を企画・実施しました。申請者（研究代表者）の対象は、主に准教授、助教などの若手研究者としましたが、共同研究者には制限は設けていません。次々ページ以降に、公募要項（日本語版）を掲載します（公募実施時には英語版も同時配布）。

今年度は、新たな研究のスタートアップ、あるいはこれまでのテーマの幅を広げる新展開への試行を奨励する「第1ステージ」に加えて、昨年度の研究所若手アンサンブルグラント第1ステージの採択グループを対象として、第2ステージへのステージアップ公募を実施しました。第1ステージでの研究の進捗に基づき、採択課題数を2件に絞り、配分研究費を150万円としました。本グラントは外部研究費獲得も目的のひとつとしており、第2ステージでは、何らかの外部研究費等への申請を実施条件としています。

本公募は、2016年7月4日（月）に公開して、7月13日（水）に公募説明会を行った後、7月29日（金）に応募を締め切りました。その結果、第1ステージに16件、第2ステージに7件の応募がありました。所属研究所別の申請者数を表2に示します。

表2 平成28年度研究所若手アンサンブルグラントの所属研究所別申請者数

所属研究所	第1ステージ		第2ステージ	
	代表者	分担者	代表者	分担者
金属材料研究所	2	4	1	1
加齢医学研究所	3	1	2	1
流体科学研究所	1	1	0	3
電気通信研究所	1	0	0	1
多元物質科学研究所	4	1	2	2
災害科学国際研究所	3	2	1	2
東北アジア研究センター	0	3	0	0
学際科学フロンティア研究所	0	3	0	0
原子分子材料科学高等研究機構	2	2	1	0
他部局	0	7	0	7
計	16	24	7	17

注：分担者数として、1件の申請内での同一研究所の複数人数分は数えていない

審査委員会には、各研究所・センター・機構からの推薦者（各所内より教授または准教授を各ステージについて1名ずつ）に加わっていただき、申請書の審査を依頼して、結果を集計しました。なお、本公募の審査では、申請者と審査委員の利害関係を

「研究グループ（研究代表者及び分担者）の研究室・部門に、審査委員の研究室・部門、もしくは審査委員と密接な関係のある研究室・部門が含まれる場合」と定義して、各審査委員がそれぞれの判断で該当する申請の審査を辞退するものとししました。

審査結果を受けて、研究所長会議で決定された第1ステージ10件および第2ステージ2件の採択課題を表3-1と表3-2にそれぞれ示します。続いて、第1ステージおよび第2ステージの公募要項を掲載します。なお、第1ステージの公募要項には英語版も含みますが、第2ステージについては今年度は日本語版のみを対象グループへ配布しております。

表3-1 平成28年度研究所若手アンサンブルグラント（第1ステージ）の採択課題一覧

◎ 研究代表者 研究分担者	所属・職名	研究課題名
◎ 高橋秀幸 杉安和也 横田信英	通研・助教 災害研・助教 通研・助教	IoT 機器を活用した沿岸部地域向け自律分散型避難行動支援システムに関する共同研究
◎ 伊藤桂介 平郡 諭	金研・助教 AIMR・助教	極端条件下光学及び輸送特性の同時観察技術の開拓による分子性超伝導体の電子状態解明
◎ 山田昭博 岡島淳之介 井上雄介 平 恭紀 池田純平	加齢研・助教 流体研・助教 加齢研・助教 加齢研・院生 加齢研・院生	フレキシブルヒートパイプを応用した体内埋込型小児用肺循環補助装置の冷却システム開発の試み
◎ 吉野大輔 船本健一	流体研・助教 学際研・准教授	血管微小環境模擬チップによる細胞競合メカニズムの解明
◎ 安達正芳 出浦桃子 川西咲子	多元研・助教 金研・助教 多元研・助教	Ga-Al 液相法により成長した AlN 中の不純物解析と不純物低減へ向けたプロセス改良
◎ 小関良卓 高橋雅信	多元研・助教 加齢研・講師	ナノ・プロドラッグの in vivo における薬理効果の解明
◎ 星野哲久 関根良博 井口弘章	多元研・助教 金研・助教 理学研究科・助教	特異なスピン構造をもつ分子性スピントロニクス材料の開発
◎ 佐々木一益 笠原好之 Scott W Hall	加齢研・助教 災害研・助教 University of Toledo・主任研究員	痛覚過敏モデル動物である μ オピオイド受容体欠損 (MOP-KO) マウスの脳形態異常とその背後にある機序の解析
◎ 林 陽平 高 俊弘	加齢研・助教 学際研・助教	マウス始原生殖細胞を用いた生殖細胞分化制御における細胞内代謝経路の役割の解明
◎ 岡田真介 Zou Lilon 丹羽雄一 高橋直也 住田達哉	災害研・助教 東北ア・助教 災害研・助教 理学研究科・MC1 産業技術総合研究所・主任研究員	GPR および極浅層反射法地震探査を取り入れた総合的な活断層調査

表3-2 平成28年度研究所若手アンサンブルグラント（第1ステージ）の採択課題一覧

◎ 研究代表者 研究分担者	所属・職名	研究課題名
◎ 今宿 晋 藤枝 俊 辻川雅人 柏倉俊介 川又 透	金研・准教授 多元研・助教 通研・助教 金研・助教 多元研・助教	レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウムイオン電池材料の直接分析による反応機構の解明
◎ 小島一信 窪谷茂幸 谷川智之 片山竜二	多元研・准教授 金研・助教 金研・助教 大阪大学工学研究科・教授	量子光応用に向けた酸化物・窒化物ハイブリッド半導体ヘテロ構造の実現

平成28年度研究所若手アンサンブルグラントの公募について

東北大学研究所長会議 代表
多元物質科学研究所 所長 村松 淳司

研究所若手アンサンブルプロジェクトWG リーダー
学際科学フロンティア研究所 鈴木 一行

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクトでは、研究所間の研究者による連携を促進するために、複数の研究所で構成された共同研究グループへ研究費を配分することといたしました。本研究費は、全研究領域を公募対象とし、研究所間連携により一層の発展が見込まれる萌芽的な学術研究課題に対して助成を行うものです。

昨年度に引き続き、新たな研究のスタートアップ、あるいはこれまでのテーマの幅を広げる新展開への試行を奨励する、「第1ステージ」課題を公募します。若手研究者による応募を歓迎しますが、研究分担者として研究グループへ参画する方については、要項に記載された所属の要件を満たしていれば、身分等は問いません。新しい着想や視点（研究内容はもちろん、他研究所設備の利用による研究の効率化なども対象となりえます）を基に、積極的な応募をお願いいたします。

公募要項

1. 対象研究グループ

本学の**2研究所以上**の複数部局に所属する教員・研究員で構成される研究グループ(複数の研究所に加えて、他部局が入っていても可)

*ここで「研究所」とは、金属材料研究所、加齢医学研究所、流体科学研究所、電気通信研究所、多元物質科学研究所、災害科学国際研究所、東北アジア研究センター、学際科学フロンティア研究所、原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)を指します(以下、同じ)。

申請者(研究代表者)の対象は、東北大学の研究所に所属するポスドク、助手、助教、講師、准教授(特任・特定を含む)とします。特に若手研究者の応募を歓迎します。研究代表者以外の共同研究者については、職名・身分の制限はありませんが、学生の卒業・修了などにより、複数研究所のグループが研究期間の大半に構成されなくなる見込みが明確な場合は、対象とはなりません(研究所所属で後期課程などへ進学希望、ポスドクとして在籍予定などの場合は対象とします)。

*なお本公募では、兼任・兼担などの場合(学際研のメンター制も含む)、在籍研究所あるいは主な活動拠点の研究所に所属する研究者とグループを構成しても、それ自体では複数研究所とはみなされません。

2. 研究内容

複数の研究所間で連携する研究

*全領域の研究を対象とします。異分野融合研究、学際研究が必須条件ではありません。

3. 採択決定時期と研究期間

平成28年8月中旬頃に採択課題を決定します。第1ステージの研究期間は平成29年3月31日までとします。来年度、第1ステージの採択課題の中から、第2ステージへのステージアップ申請を受けて、数件を採択する予定です。

4. 支援内容

今回公募する第1ステージの支援研究費は、上限100万円です。研究経費は、審査の結果、採択件数によって減額されることがあります。採択後、一定の期間を経て、研究代表者の所属する研究所に対し、世話部局である多元物質科学研究所から配分されます。

5. 応募方法

所定の書式を用いて申請書を作成し、PDF形式で電子メール添付にて、締切日までに研究代表者をご提出ください。なお、提出の際は、東北大学内の機関が発行した公的な電子メールアドレスを使用してください。

提出先メールアドレス:ensemble_secretariat@fris.tohoku.ac.jp

メール件名:Application for Ensemble Grant 1st stage (XXXXXX, YYYY)

XXXXXX は名前(漢字、アルファベットどちらでも可)

YYYY は研究所の英字略記

締切日:平成28年7月29日(金)

異なる書式によるもの、あるいは提出期限をすぎたものは受理・審査されません。

6. 採択件数

5～10件程度

7. 選考

各研究所長から指名された委員、および研究所若手アンサンブル WG で構成される審査委員会が審議し、所長会議で決定します。

8. 報告

研究期間終了後、所定様式の成果報告書の提出が義務づけられます。また、年度内に開催予定の研究会で研究の概要を発表していただきます。なお、成果の公表の際には、「東北大学研究所連携プロジェクト」(英語表記:”The cooperation program of research institutes in Tohoku University”)の支援によるものであることを記載してください。

9. 取り扱い

安全衛生管理ならびにネットワーク管理、研究不正防止、法令順守などについて、本学ならびに所属部局にて実施運用しているすべての規則・指導に準拠して研究を実施していただきます。なお、これらを逸脱していると判断される場合には支援を中止させていただきます。

10. その他

本公募に関しご不明な点は、学際科学フロンティア研究所鈴木特任准教授(URA) 内線 92-4353, suzukik@fris.tohoku.ac.jp までご照会ください。

申請書の書き方について

1. 研究組織

本学の**2研究所以上**の複数部局に所属する教員・研究員・技術職員で構成される研究グループとしてください。これ以外に、分担者であれば、研究所以外の部局に所属する研究者、学外者を含んでも結構です。研究代表者名の前に、◎を付加してください。

2. 研究経費

研究経費は設備費、消耗品費、旅費、謝金・人件費で本研究の遂行に必要なものに限る、上限100万円とします。（研究室運営のための経費や、他の研究の経費として計上することがふさわしいと考えられる支出は認められません）。

3. 研究の目的、予想される結果と意義、計画・方法等

申請書は適宜字数を調節して2枚に収めてください。

4. 他の研究費申請について

研究実施前の時点で、他の研究費に重複して申請されている場合には、その情報を最終ページの欄に記載してください。本 Grant では、重複申請自体は制限しませんが、他研究費に制限がある場合には、考慮の上、申請してください。なお、重複獲得の是非については、金額や申請内容により個々の審査委員の判断に委ねられます。

平成28年度「研究所若手アンサンブルグラント第1ステージ」申請書

研究代表者 _____ Eメール _____

プロジェクト 題目			
要 求 額	〇,〇〇〇千円		
研究組織 (研究代表者 及び研究分担 者)	氏 名	所属・身分	研究の役割分担
	◎代表者		
共同研究の目的 (共同研究実施 上特徴的な点に ついて記述く ださい)			
予想される結果 と意義 (研究進捗後に 申請予定の外部 研究費があれば、 記載)			

研究計画・方法（図表を用いても可）

重複申請の研究費

獲得：（資金名称、題目、代表者、金額）

申請中：（資金名称、題目、代表者、金額）

予定：（資金名称、題目、代表者、金額）

必要経費内訳

設備費：	円（〇〇〇〇装置 一式）		
消耗品費：	円（〇〇〇等）		
旅費：	円（〇月頃：旅行先	目的	）
謝金・人件費：	円（		）
その他：	円（		）

FY2016 Application for Tohoku University Research Institutes Ensemble Grant for young researchers

Chairman of Tohoku University research institutes' director meeting
Prof. Atsushi Muramatsu
Director of Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials,
Tohoku University

Leader of Tohoku University research Institutes Ensemble project working group
Associate Prof. Kazuyuki Suzuki
Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

Outline

Tohoku University Research Institutes Ensemble project offers research funds for the research group composed of the research members from more than two research institutions in order to promote collaborating research between research institutions at Tohoku University. The research funds cover an entire field of research topics and nurture research activities that promise further developments by cooperation among the research institutions.

In this fiscal year, we advertise research topics of start-up for new research and/or trial research theme to extend conventional frameworks for new developments as the first stage of funding program. We encourage application from young researchers but we don't limit anything about position of research contributors if a research group meets the conditions as mentioned in guidelines.

We appreciate your affirmative application based on new original ideas and new points of view. It will be also applicable that research proposals that streamline the research activities by use of equipment in other research institutions.

Guidelines for applicants

1. Eligible research group for application

A research group should consist of members from more than two research institutions in Tohoku University. (You can add another member(s) from other departments including other universities.)

- Herein, the research institutions are referred to Institute for Materials Research (IMR), Institute of Development, Aging, and Cancer (IDAC), Institute of Fluid Science (IFS), Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM), International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Center for Northeast Asian Studies (CNEAS), Frontier Research for Interdisciplinary Sciences (FRIS), and Advanced Institute for Materials Research (AIMR).
- In case of concurrently appointed including mentoring program in FRIS, the research group does not meet criteria if the group is only composed of the members from either your affiliated research institution or the research institution where you do mainly a research activity.

2. Research theme

A research coordinately carried out by the members from more than two research institutions in Tohoku University.

- An entire field of research topics is acceptable.
- Not limited to multidisciplinary or interdisciplinary research proposals in this application.

3. Adoption and Research period

You are adopted by end of August 2016 after careful selection and research duration is about 6 months by March 31st 2017 for the first stage. We will adopt several research proposals for the second stage from accepted research topics upon application next fiscal year.

4. Research budget

We will provide the research budget up to 1,000,000 yen for the first stage. It may reduce depending on results of review and/or the number of adoption. After accepted, you can use funds as a research budget for research representative after a given time.

5. Eligibility and How to apply

Research representative should be a member of the research institutions as post-docs, adjunct researchers, assistant professors, and associate professors (including special-appointment). Especially, we will encourage application from young researchers.

We don't limit anything about position of research contributors. However, it will not be under consideration in case that the research group would not meet criteria that the group was composed of the members from different research institutions owing to members' graduation and/or transfer to other research institutions during research duration if it was apparent at the time of application; however, it is still valid if the members remain eligibility even after graduation or promotion.

Applicants should fill in the application form and follow directions. Submit it to

ensemble_secretariat@fris.tohoku.ac.jp

as a title of "Application for Ensemble Grant 1st stage (your name, your affiliation abbreviation)" from your official email address provided by Tohoku University by **July 29th 2016**.

We do not receive any application with different format and submitted after July 30th 2016.

6. Number of adoption
5–10 research topics

7. Selection procedure

All of research proposals are to be under review by the committee appointed by directors of each research institution and members of Ensemble project working group. A final decision will make at Tohoku University research institutes' director meeting after reviewing process.

8. Report and Acknowledgements

You mandatory submit working papers with appropriate form after research duration. Besides, you should also make a brief report at the seminar scheduled within this fiscal year.

In case that you publish results obtained in the framework of the funds, you acknowledge it as noting that "this research was supported by the cooperation program of research institutes in Tohoku University".

9. Treatment

You should take care of management for safety and health, network management, research compliance, and follow all of rule or directions implemented by the university and the departments. If it is apparent that you violate those, we will stop supporting for your research.

10. Others

If you have any questions, feel free to ask associate professor Suzuki. Call extension 92-4353 or send email to suzukik@fris.tohoku.ac.jp.

Application Form

1. Research organization

You should organize a research group composed of the members from more than two research institutions. You can add another member(s) from other departments including other universities. Put ○ before the name of research representative.

2. Research budget

We will provide the research budget up to 1,000,000 yen for equipment expenses, supplies expense, travel expense, rewards expenses and manpower expenses. It may not cover cost of running expense of laboratory, other expenses that should be allocated to other funding, e.g. expenses of office and stationery supplies.

3. Aim of research, predicting results and significance, and research plan

Prepare a document within 2 pages of an A4 size paper.

4. Application for other grants

We do not restrict your application with the same research contents for other grants, as far as the rule of other budgets permits it. If you have already got them, you should make sure that they permit your another application and each member of our reviewing committee will judge the appropriateness for contents and amount of budgets.

2016 "Ensemble Research Grant for young researchers" Application Form

Representative investigator _____

E-mail address in Tohoku Univ. _____

tohoku.ac.jp

<i>Title of a Proposed Research</i>			
<i>Total Budget</i>	〇,〇〇〇 Yen		
<i>Research group</i> <i>(representative investigator and co-investigator)</i>	<i>Name</i>	<i>Affiliation, Title</i>	<i>Role</i>
<i>Purpose of the Collaborative Research</i> <i>(Describe fusion effect)</i>			
<i>Expected Results and Significance of the Collaborative Research</i>			

<i>Research Plan and Method</i>	
<i>Applications with the same research contents for other grants</i>	
(Name of the grant, Title of the research, Research representative, The amount of the budget)	
<i>Statement of Costs</i>	
<i>Equipment :</i>	Yen (Item and Specifications)
<i>Consumables :</i>	Yen (Item)
<i>Travel Expenses :</i>	Yen (yyyy/mm, Destination, Purpose)
<i>Personnel Expenditure and Remuneration :</i>	Yen (Item)
<i>Miscellaneous :</i>	Yen (Item)

平成28年度研究所若手アンサンブルグラント第2ステージの公募について

東北大学研究所長会議 代表
多元物質科学研究所 所長 村松 淳司

研究所若手アンサンブルプロジェクトWG リーダー
学際科学フロンティア研究所 鈴木 一行

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクトでは、昨年度の研究所若手アンサンブルグラント第1ステージの採択グループを対象として、第2ステージへのステージアップ公募を実施することになりました。

第1ステージでの研究の進捗に基づき、採択課題数を2件に絞り、配分研究費を150万円とします。本グラントは外部研究費獲得も目的のひとつとしていますので、第2ステージでは、何らかの外部研究費等への申請を実施条件といたします。なお、別途、第1ステージへの申請も受け付けますが、その場合には、それぞれの申請書を準備してください。

研究意欲の増進という面でも、幅広い協力関係は有益です。本グラントをひとつの機会として、研究所間・部局間連携を進めて活発な研究活動につなげていただきますようお願いいたします。

公募要項

1. 対象研究グループ

平成27年度研究所若手アンサンブルグラント第1ステージ採択グループを対象とします。若干名の研究者の変更は可能ですが、「異動のため」や「分担内容への対応のため」などの理由を記載してください。研究グループの構成の規定は、第1ステージと同様で以下の通りです。

本学の**2研究所以上**の複数部局に所属する教員・研究員で構成される研究グループ（複数の研究所に加えて、他部局が入っていても可）

*ここで「研究所」とは、金属材料研究所、加齢医学研究所、流体科学研究所、電気通信研究所、多元物質科学研究所、災害科学国際研究所、東北アジア研究センター、学際科学フロンティア研究所、原子分子材料科学高等研究機構(AIMR)を指します(以下、同じ)。

申請者(研究代表者)の対象は、東北大学の研究所に所属するポスドク、助手、助教、講師、准教授(特任・特定を含む)とします。特に若手研究者の応募を歓迎します。研究代表者以外の共同研究者については、職名・身分の制限はありませんが、学生の卒業・修了などにより、複数研究所のグループが研究期間の大半に構成されなくなる見込みが明確な場合は、対象とはなりません(研究所所属で後期課程などへ進学希望、ポスドクとして在籍予定などの場合は対象とします)。

*なお本公募では、兼任・兼担などの場合(学際研のメンター制も含む)、在籍研究所あるいは主な活動拠点の研究所に所属する研究者とグループを構成しても、それ自体では複数研究所とはみなされません。

2. 研究内容

複数の研究所間で連携する研究

*全領域の研究を対象とします。異分野融合研究、学際研究が必須条件ではありません。

3. 採択決定時期と研究期間

平成28年8月下旬頃に採択課題を決定します。第2ステージの研究期間は平成29年3月31日までとします。

4. 支援内容

今回公募する第2ステージの支援研究費は、上限150万円です。研究経費は、審査の結果、減額されることがあります。採択後、一定の期間を経て、研究代表者の所属する研究所に対し、世話部局である多元物質科学研究所から配分されます。

5. 応募方法

所定の書式を用いて申請書を作成し、PDF形式で電子メール添付にて、締切日までに研究代表者をご提出ください。なお、提出の際は、東北大学内の機関が発行した公的な電子メールアドレスを使用してください。

提出先メールアドレス:ensemble_secretariat@fris.tohoku.ac.jp

メール件名:Application for Ensemble Grant 1st stage (XXXXXX, YYYY)

XXXXXX は名前(漢字, アルファベットどちらでも可)

YYYY は研究所の英字略記

締切日:平成28年7月29日(金)

異なる書式によるもの、あるいは提出期限をすぎたものは受理・審査されません。

6. 採択予定件数

2件

7. 選考

各研究所長から指名された委員で構成される審査委員会で審議し、所長会議で決定します。

8. 実施条件

研究期間終了後、所定様式の成果報告書の提出が義務づけられます。また、年度内に開催予定の研究会で研究の概要を発表していただきます。

第2ステージでは、研究期間中もしくは終了後1年以内の外部研究費への申請を必須とします。その見通しも審査対象となりますので、ご注意ください。

なお、成果の公表の際には、「東北大学研究所連携プロジェクト」(英語表記:”The cooperation program of research institutes in Tohoku University”)の支援によるものであることを記載してください。

9. 取り扱い

安全衛生管理ならびにネットワーク管理、研究不正防止、法令順守などについて、本学ならびに所属部局にて実施運用しているすべての規則・指導に準拠して研究を実施していただきます。なお、これらを逸脱していると判断される場合には支援を中止させていただきます。

10. その他

本公募に関しご不明な点は、学際科学フロンティア研究所鈴木特任准教授(URA) 内線 92-4353, suzukik@fris.tohoku.ac.jp までご照会ください。

申請書の書き方について

1. 研究組織

本学の**2研究所以上**の複数部局に所属する教員・研究員・技術職員で構成される研究グループとしてください。これ以外に、分担者であれば、研究所以外の部局に所属する研究者、学外者を含んでも結構です。研究代表者名の前に、◎を付加してください。

2. 研究経費

研究経費は設備費、消耗品費、旅費、謝金・人件費で本研究の遂行に必要なものに限る、上限150万円とします。(研究室運営のための経費や、他の研究の経費として計上することがふさわしいと考えられる支出は認められません)。

3. 研究の目的、予想される結果と意義、計画・方法等

申請書は適宜字数を調節して3枚に収めてください。

4. 他の研究費申請について

第2ステージでは、成果を基にした外部研究費への申請が求められます。実施中、あるいは終了後の申請予定の外部研究費について記載してください。

また、第2ステージ実施前の時点で、他の研究費に重複して申請されている場合には、その情報を最終ページの欄に記載してください。本グラントでは、重複申請自体は制限しませんが、他研究費に制限がある場合には、考慮の上、申請してください。なお、重複獲得の是非については、金額や申請内容により個々の審査委員の判断に委ねられます。

平成28年度「研究所若手アンサンブル Grant 第2ステージ」申請書

研究代表者

Eメール

プロジェクト 題 目			
要 求 額	〇,〇〇〇千円		
研究組織 (研究代表者 及び研究分担 者)	氏 名	所属・身分	研究の役割分担
	◎代表者		*第1ステージから変更がある場合には、その理由を個々に記載
第1ステージの 成果の概要	(以下、欄の大きさを適宜調整して全体で3ページ以内としてください)		
第2ステージの 研究の目的			

<p>予想される結果 と意義</p>	
<p>研究結果を受け て申請予定の外 部研究費等</p>	<p>(年度) 名称、申請予定金額</p>
<p>研究計画・方法 (図表を用いても可)</p>	

(研究計画・方法のつづき)

現時点での重複申請の研究費

獲得：(資金名称、題目、代表者、金額)
 申請中：(資金名称、題目、代表者、金額)
 予定：(資金名称、題目、代表者、金額)

必要経費内訳

設備費：	円 (〇〇〇〇装置 一式)		
消耗品費：	円 (〇〇〇等)		
旅費：	円 (〇月頃：旅行先	目的)
謝金・人件費：	円 ()
その他：	円 ()



主 催：東北大学附置研究所・センター連携体
 事務局：東北大学附置研究所若手アンサンブル
 プロジェクト WG



平成 28 年度
 研究所若手アンサンブルグラント
Ensemble Grant
2016
 for young researchers

2016.07.13 (wed)
 公募説明会
 explanatory meeting

2016.07.29 (fri)
 応募締切
 deadline for application

研究実施期間：2016.09.01-2017.03.31
 Sep. 2016 – March. 2017 duration of research

採択件数・予算 Selection and Research budget：
 ・第2ステージ：150万円/件 ×2件
 1.5 million JPY/group ×2 for the 2nd stage
 ・第1ステージ：50～100万円/件で総額500万円
 0.5 – 1 million JPY/group (5 million JPY for all adopted for the 1st stage)

研究所若手アンサンブルプロジェクトの一環として、
 東北大学の研究所間の共同研究グループに対して研究費を支援する
 「平成28年度研究所若手アンサンブルグラント」の公募を実施します。
 申請者の対象は、東北大学の研究所・センター・機構（※注）に所属する
 主に准教授、助教などの若手研究者ですが、共同研究者としての制限は
 ありません。詳しくは、下記 URL の公募要項をご参照ください。

http://www.fris.tohoku.ac.jp/institutes_ensemble/
 (Application Guidelines and forms can be downloaded here.)

※研究所・センター・機構：金属材料研究所、加齢医学研究所、流体科学研究所、電気通信研究所、多元物質科学研究所、災害科学国際研究所、
 東北アジア研究センター、学際科学フロンティア研究所、原子分子材料科学高等研究機構

問い合わせ先 [Contact]
 学際科学フロンティア研究所 企画部
 URA 鈴木一行
 Phone: 022-795-4353
 E-mail: suzukik@fris.tohoku.ac.jp

5. 研究所若手アンサンブル研究会開催報告

2016年10月31日（月）、11月1日（火）に、平成28年度研究所若手アンサンブルグラント採択課題の研究概要の発表と研究所間の研究交流を主な目的として、第2回研究所若手アンサンブル研究会を開催しました。参加者は、招待講演者2名を含めて44名となりました。

招待講演では、災害研の川島秀一教授より、気仙沼における過去の災害に関する考証が示され、市街地や港湾、産業の変遷について紹介されました。また、工学研究科技術社会システム専攻の狩川大輔准教授からは、安全学に関する講演があり、組織や社会システムなど多様な枠組みにおける安全管理やポリシーについて参加者の関心をひき、研究室での安全衛生などの参考になったとの感想も多く聞かれました。

研究発表としては、本年度の研究所アンサンブルグラント採択課題第1ステージ10件および第2ステージ2件について研究概要が説明され、活発な質疑応答がありました。また、グラント採択課題の説明者以外の参加者も、各自の研究活動などについてのショートプレゼンテーションを行い、研究所間、研究者間の相互理解の場となりました。

見学会では、気仙沼シャークミュージアムにて東日本大震災の資料映像を視聴し、災害研気仙沼オフィスの訪問を経て、漁港周辺を中心に視察・見学を行いました。前日の招待講演で得られた知識と、現場を重ね合わせることができ、震災復興について考察を深められる機会になったと思われま

次ページ以降に、第2回アンサンブル研究発表会プログラム、アンサンブル研究発表会の発表概要、研究所若手アンサンブル研究会の様子の写真、第2回研究所若手アンサンブル研究会に関するアンケート集計結果を掲載します。

第2回アンサンブル研究発表会プログラム

主催：東北大学研究所・センター連携本部 事務局：東北大学研究所若手アンサンブルプロジェクトWG



第2回

研究所若手アンサンブル研究会

2016.
10/31 月 - 11/1 火

会場：気仙沼プラザホテル



研究所若手アンサンブル

アンサンブル研究会プログラム (10月31日)

9:15 片平さくらホール前集合

12:00 気仙沼プラザホテル到着

到着後ホテルにて昼食

13:30 アンサンブル研究発表会

13:30～13:40

【趣旨説明】

学際科学フロンティア研究所 鈴木一行

13:40～14:10

【招待講演 1】 「気仙沼港の災害史」

災害科学国際研究所 川島秀一

14:10～15:25

【アンサンブルグラント第1ステージ採択課題概要説明（前半）】（5件×(10+5)分）

「極端条件下光学及び輸送特性の同時観察技術の開拓による分子性超伝導体の電子状態解明」

金属材料研究所 伊藤桂介

「フレキシブルヒートパイプを応用した体内埋込型小児用肺循環補助装置の冷却システム開発の試み」

加齢医学研究所 山田昭博

「血管微小環境模擬チップによる細胞競合メカニズムの解明」

流体科学研究所 吉野大輔

「IoT 機器を活用した沿岸部地域向け自律分散型避難行動支援システムに関する共同研究」

電気通信研究所 高橋秀幸

「Ga-Al 液相法により成長した AlN 中の不純物解析と不純物低減へ向けたプロセス改良」

多元物質科学研究所 安達正芳

15:25～15:35

休憩

15:35～16:05

【招待講演 2】 「安全学の再構築を目指して ～境界を越えて「安全」を考える～」

工学研究科 狩川大輔

16:05～17:20

【アンサンブルグラント第1ステージ採択課題概要説明（後半）】（5件×(10+5)分）

「GPR および極浅層反射法地震探査を取り入れた総合的な活断層調査」

災害科学国際研究所 岡田真介

「痛覚過敏モデル動物である μ オピオイド受容体欠損 (MOP-KO) マウスの脳形態異常とその背後にある機序の解析」

加齢医学研究所 佐々木一益

「ナノ・プロドラッグの in vivo における薬理効果の解明」

多元物質科学研究所 小関良卓

「マウス始原生殖細胞を用いた生殖細胞分化制御における細胞内代謝経路の役割の解明」

加齢医学研究所 林 陽平

「特異なスピン構造をもつ分子性スピントロニクス材料の開発」

多元物質科学研究所 星野哲久

17:20～17:30

休憩

17:30～18:10

【アンサンブル Grant 第2ステージ採択課題概要説明（後半）】（2件×(15+5)分）

「レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウムイオン電池材料の直接分析による反応機構の解明」

金属材料研究所 今宿 晋

「量子光応用に向けた酸化物・窒化物ハイブリッド半導体ヘテロ構造の実現」

多元物質科学研究所 小島一信

（代理：金属材料研究所 窪谷茂幸、谷川智之）

18:10～18:20

集合写真撮影

19:30～20:30

【自己紹介・研究紹介発表（Grant採択者以外）】（30件×2分）

アンサンブル研究会プログラム（11月1日）

8:45 気仙沼プラザホテル出発

9:00～10:00 気仙沼シャークミュージアム見学

10:00～14:00 復興関連施設の見学と昼食（施設マップを参考に自由行動）

14:00 気仙沼シャークミュージアム駐車場出発

17:00 東北大学片平キャンパス到着

極端条件下光学及び輸送特性の同時観察技術の開拓による 分子性超伝導体の電子状態解明

◎伊藤桂介¹ 平郡諭²

¹⁾ 金属材料研究所 低温電子物性学研究部門

²⁾ 原子分子材料科学高等研究機関

【研究概要】

超伝導体研究において、なにが高い T_c をもたらすのか？あるいは阻害しているのか？を知るうえで、超伝導相と隣接する電子状態の解明は最も重要なテーマである。これらの電子状態は超伝導の特性に密接に関わっており、たとえば銅酸化物や鉄系超伝導体における擬ギャップはその代表的な例である[1]。ひるがえってフラーレン超伝導体においても近年、超伝導相の直上に格子歪みを伴う特異な金属状態（ヤーンテラー金属状態）の存在が見出され、高い T_c (~ 40 K) の起源を探る上での重要な手掛かりとして注目を集めている[2]。

こうした低エネルギーの電子状態を捉える実験手法としては、赤外領域の分光測定が最も基本的かつ重要な情報となる。しかし、フラーレン超伝導体試料は嫌気性かつ微小粉末で得られるため、定量的な赤外分光測定が非常に難しい。本共同研究では、嫌気性有機粉末試料の低温・電場下における赤外顕微分光技術を確認し、フラーレン超伝導体の強相関絶縁体状態およびヤーンテラー金属状態の融解・形成ダイナミクスをエネルギー軸上で捉えることにより、フラーレン超伝導体特有の高い超伝導転移温度 ($T_c \sim 40$ K) の起源を実験的に解き明かすことを目的とする。

【研究計画】

フラーレンにおける特異な高 T_c 超伝導と、近年提案された異常金属状態(ヤーンテラー金属状態)との関連を定量的に議論するためには、強相関ギ

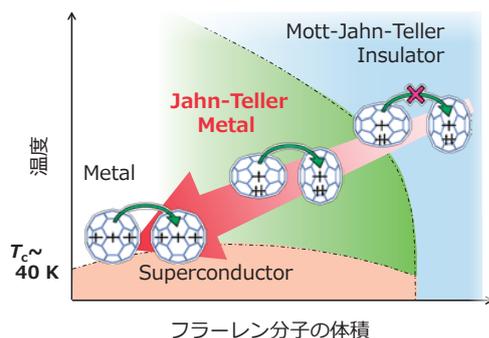
ャップが閉じ、ヤーンテラー金属を経てドルーデ応答が生まれていく際の低エネルギー電子状態の変化を、電気輸送測定および光学スペクトルの双方で捉えることが必須である。しかし、当該物質相をもつ試料は粉末状(粒径数十 μm)かつ強い嫌気性であるため、磁性以外の定量的測定が非常に困難な状況にあった。そこで本研究では、申請者 I (伊藤) がもつ先端中赤外顕微分光技術と、申請者 II (平郡) が開発した試料合成・輸送測定技術を融合させることで、嫌気性粉末試料の低温・電場下顕微赤外分光を実現し、フラーレン超伝導体における強相関絶縁体—特異な金属状態—超伝導という電子状態の変化を、輸送測定と光学スペクトルで同時に捉えることを目指す。

本研究の特徴的な点は、i)嫌気性粉末試料の超伝導ゼロ抵抗測定、ii)極端環境(極低温、電場)赤外顕微分光測定、という二つの高度計測技術を開拓し、並列で実施する点である。開拓した技術を用いることで、フラーレン超伝導体における、強相関絶縁体—特異な金属状態—超伝導という電子状態の変化を、輸送測定と光学スペクトルで同時に捉えることが可能となり、フラーレン超伝導体特有の電子状態が明らかになると期待できる。

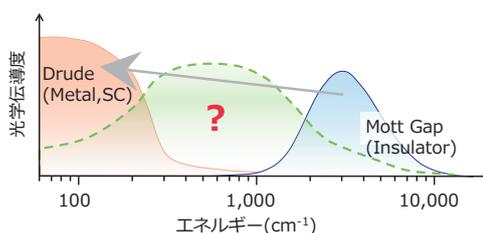
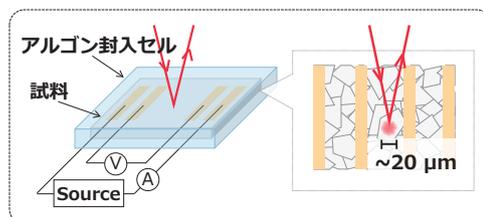
[1] Timusk and Statt, Rep. Prog. Phys. 62, 1 (1999).

[2] Zadik et al., Sci. Adv. 1, 3e1500059 (2015).

ヤーンテラー金属相；超伝導の起源に迫る鍵
格子歪みと電子相関の協奏をエネルギー軸上で捉えたい



顕微赤外分光と抵抗の同時測定により、
各相境界での電子状態変化を定量的に捉える



フレキシブルヒートパイプを応用した 体内埋込型小児用肺循環補助装置の冷却システム開発の試み

◎山田 昭博¹ 岡島 淳之介² 井上 雄介¹

平 恭紀³ 池田 純平³

¹⁾ 加齢医学研究所 心臓病電子医学分野

²⁾ 流体科学研究所 伝熱制御研究分野

³⁾ 医工学研究科医工学専攻

I. はじめに

現在我々は、超微細人工筋肉アクチュエータ技術を応用することで、先天性心疾患治療でのFontan循環の血行動態改善を目的として心外導管外部からサポートする新しい超小型小児用肺循環補助デバイスの開発を進めている。本デバイスは、アクチュエータとして形状記憶合金ファイバ（Biometal BMF100, トキコーポレーション社）を用いている。これは、直径 100 μm の超微細径の形状記憶合金であり、70 $^{\circ}\text{C}$ まで通電加熱することによって最大 7%収縮する材料である。体内埋め込み時の課題として、アクチュエータ駆動によるデバイスの発熱が課題である。デバイスの安定した運用のために熱応答の解明と排熱機構の開発が不可欠である。そこで、流体科学研究所の伝熱工学の専門家との共同研究を実施し、デバイスの伝熱特性の解明により過熱抑制を実現した、生体安全性の高い体内埋め込み型小児用肺循環装置を具現化する。本研究では、ヒートパイプの応用によりアクチュエータでの発熱を大血管へと排熱する全く新しい冷却システムの新規開発を行う。

II. 研究方法

1. 生体内での伝熱解析、排熱機構の基礎設計

現在開発中のプロトタイプ補助装置を、病態モデル動物実験により生体内での駆動試験を行う。体内での実験結果より、デバイス駆動時の発熱の影響計測し、熱力学的応答の伝熱解析により、デバイスでの発熱を大血管への熱輸送が可能か検討する。体内埋め込み時の体動の影響を考慮した、フレキシブル機構を有するヒートパイプを応用し、通常 37 度で維持される血流への排熱システムを考案し、実現可能性を検討する。

2. プロトタイプヒートシンクの試作と評価

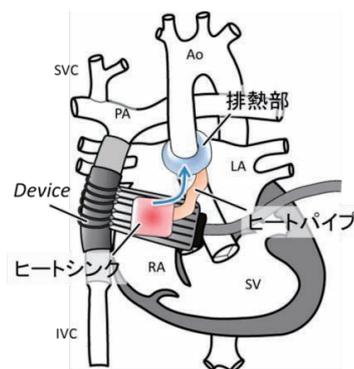
基礎設計を行った冷却機構の実現可能性を検討するために、デバイス本体での最大温度と体温の

温度差から、フレキシブルヒートパイプ設計のための封入気体の選定と封入圧を検討する。選定された物質を用いたフレキシブルヒートパイプの新規開発を進めるとともに、血管排熱部、デバイス吸熱部を有する冷却機構を試作し、実機試験系で性能評価を行う。

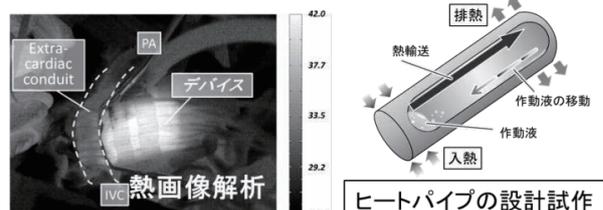
III. 期待される成果

発熱源でもある形状記憶合金をアクチュエータとした体内埋め込み型デバイスの安全性向上のためには、熱力学および熱流体解析技術が不可欠である。体内埋め込みデバイスの冷却システムの開発に応用でき、高い安全性と信頼性を有する新しい人工臓器の実現が期待される。

さらに、本研究で大血管系への排熱の実現可能を示されれば、人工心臓や経皮エネルギー伝送など体内埋め込み人工臓器の発熱抑制・冷却装置に寄与することが期待できるとともに、温冷却による新しい治療方法開発へ発展させることが期待できる技術である。



大血管への排熱システムの概念図



血管微小環境模擬チップによる細胞競合メカニズムの解明

◎吉野大輔¹ 船本健一²

¹⁾ 流体科学研究所 ナノ流動研究部門生体 ナノ反応流研究分野

²⁾ 学際科学フロンティア研究所 新領域創成研究部

研究目的と方法

先進諸国において、がんと循環器系疾患は死因の大半を占めている。疾患の診断治療技術の革新には、病変組織の成長と血管形態・血行動態の変化のメカニズムを包括的に解明することが重要である。従来の実験研究では、疾患に関連する力学的刺激や化学的刺激に対する生体組織や個々の細胞の応答が明らかにされてきた。しかし、密接に関係し合う疾患の発症・進展と血管形態・血行動態の変化を細胞群レベルで解析することは困難であった。そのため、生体組織内の生理・病理環境を生体外で忠実に再現し、種々の刺激に対する細胞群の応答を同時に解析する技術が切望されている。そこで申請者らは、疾患の発症・進展と血管形態・血行動態に関する細胞群レベルの変化をリアルタイム計測できるマイクロチップ「血管微小環境模擬チップ(図1)」を開発する。開発したチップを用いて、がん細胞と血管細胞の細胞競合現象を解析する。これにより、がん微小環境におけるがん進展メカニズムを解明して、新規治療技術の創出に取り組む。

本研究では、研究代表者および研究分担者が有する独自の実験技術を融合することにより、上述の目的を達成する。すなわち、細胞周囲の血行力学的な刺激(せん断応力と静水圧)を制御できる実験システム(吉野)と、化学的な刺激(酸素分圧と走化性因子)を制御できるマイクロ流体デバイス(船本)を一体化し、血管構造を有し、生理および病理環境を再現する生体外組織モデルを実現する。第1ステージでは、(1)血管モデルを組み込んだ微小環境制御チップ「血管微小環境模擬チップ」の開発し、(2)開発したチップを用いて、がん細胞と血管細胞の細胞競合現象(腫瘍血管新生など)の解析を行う。本共同研究は、研究代表者および研究分担者が長期滞在して共同研究を実施したマサチューセッツ工科大学およびシンガポール国立大学との研究協力関係を基盤とした国際共同研究として推進する。

予想される結果と意義

本共同研究で予想される結果と意義を以下にまとめる。

- (1) 開発する模擬チップにより微小血管の生理環境の再現が可能となり、知見が著しく不足している微小血管における細胞動態を解明することができる。
- (2) がん微小環境や循環器系疾患の微小病理環境の忠実な再現が可能となる。これにより未解明のがん細胞と血管細胞の細胞競合現象が明らかとなり、疾患の病理解明および診断治療技術開発に貢献することが期待される。
- (3) 開発する模擬チップは、創薬・整薬試験(薬剤スクリーニング)用のデバイスとしても応用可能である。疾患と血管動態に対する薬剤の作用機序の解析をチップ上に培養した細胞群に対して実施できる。煩雑な動物実験を要さず、緻密に生体環境を再現したシンプルなデバイス内で簡便に薬剤等の評価を行うことができる。
- (4) 開発する血管微小環境シミュレータチップの権利化ができれば、チップのパッケージ化により事業展開が期待できる。例えば、抗がん剤の世界市場規模は約 15 兆円(2018 年)であり、今後も成長が見込まれる。すなわち、病理解明や薬剤スクリーニングに利用できる本チップの市場価値は高く、事業展開の妥当性が推察される。

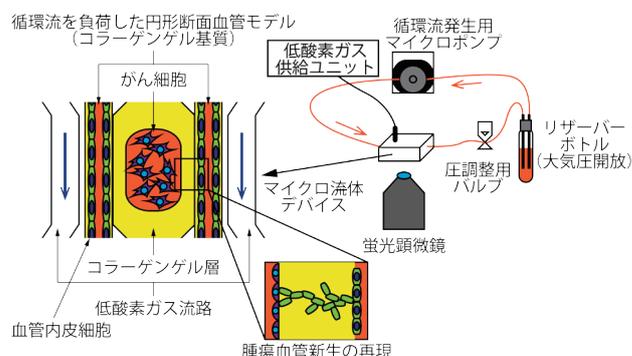


図1 血管微小環境模擬チップ・システム (がん病理環境再現の例)

Ga-Al 液相法により成長した AlN 中の不純物解析と 不純物低減へ向けたプロセス改良

◎安達 正芳¹ 出浦 桃子² 川西 咲子³

¹⁾ 多元物質科学研究所 高温材料物理化学研究分野

²⁾ 金属材料研究所 結晶欠陥物性学研究部門

³⁾ 多元物質科学研究所 材料分離プロセス研究分野

研究目的

2013 年に採択された水俣条約では、2020 年以降の水銀使用製品の製造を禁止している。そのため、現在広く使用されている殺菌用の低圧水銀ランプの製造ができなくなるため、早急な代替品の開発が急務となっており、代替として AlGaIn 系深紫外発光ダイオード (LED) が注目されている。AlGaIn 系深紫外 LED の基板材料として、品質の高い AlN 単結晶が必要となる。AlN の作製方法として、これまでに昇華法が開発されているが、2000 °C 以上の高温が必要となるため、基板作製に必要なコストに課題が残り、普及には至っていない。

代表者の安達 (多元研) は、これまで Ga-Al 融液をフラックスとして用いた AlN の液相成長技術の開発を行ってきた。本手法は簡便且つ有毒ガス等を使用しないクリーンなプロセスである。本手法を用いることで、サファイア基板上へ膜厚 1 μm の AlN を作製することに成功している。本手法により作製された AlN は、サファイア基板上の AlN 結晶としては世界最高水準の配向性を有している。しかしながら、この AlN 中には不純物として酸素および炭素がそれぞれ 10^{22} 、 10^{20} atoms/cm³ 含まれていることがわかっている。これらは一般に LED の光取り出し効率に影響するため、その低減が必要不可欠となる。

しかし、それぞれの不純物が AlGaIn 系 LED の基板としての性能をどれだけ低下させるかは未知である。またその不純物濃度を制御するためには、固液間での不純物の分配を熱力学的に評価する必要がある。分担者の出浦 (金研) は各種化合物半導体の成長、結晶の物性評価、および結晶欠陥の解析の経験を有する。本研究課題では、本手法で作製した AlN 結晶の光物性および電子物性を測定し、その結果から結晶欠陥の解析を行う。また、分担者の川西 (多元研) は化学熱力学をベースとした SiC および AlN の溶液成長法の開発を行い、溶媒の最適化を図ってきた。この経験を生か

し、固液間での不純物濃度の測定結果を基に AlN における不純物制御の熱力学を提案する。

研究計画・分担

本研究課題は、AlN 結晶の育成、AlN の物性測定・欠陥評価、および不純物の熱力学の構築の 3 つの内容から構成される。各内容を以下に示す。

□ AlN 結晶の育成 (安達・多元研)

Ga-Al 液相法による AlN 作製に関して、原料ガス中の酸素分圧および液相中へ添加する炭素量を変化させ、AlN 成長を試みる。また、不純物の取り込み量は、AlN の成長面によっても依存すると考えられる。これまでの研究で、c 面および a 面の AlN を作製する技術を確立しており、この 2 種の面での結晶成長も試みる。

□ AlN の物性測定・欠陥評価 (出浦・金研)

AlN の物性評価および欠陥評価に関しては、光吸収、赤外分光、ホール効果、DLTS (Deep level transient spectroscopy) などの測定を行う。これらの測定をとおして、1) 酸素や炭素といった不純物が AlN 結晶中にどのような状態で取り込まれているかという構造的な評価と、不純物により 2) 半導体のバンドギャップ中に形成されるキャリア (電子または正孔といった半導体中の伝導荷電粒子) トラップ準位の深さと密度や、3) 生成されるキャリア密度を求めるといった電気的な評価を行う。

□ 不純物制御の熱力学 (川西・多元研)

各種成長条件で得られた AlN 結晶および Ga-Al 液相中の酸素・炭素濃度を測定し、各不純物の固液間の分配比を評価する。さらに、平衡分配を仮定し、液相中の不純物元素の熱力学量を用いることで、AlN 結晶中の不純物の活量係数を定量評価する。これにより、物性評価より明らかにする不純物の許容量を満たす AlN を育成するために必要な条件 (雰囲気中酸素ポテンシャル、溶液中炭素濃度) をフラックス組成の関数として提示する。

GPR および極浅層反射法地震探査を取り入れた総合的な活断層調査

◎岡田真介¹ Zou Lilon² 丹羽雄一¹ 高橋直也³ 住田達哉⁴

¹ 災害科学国際研究所 災害理学研究部門

² 東北アジア研究センター

³ 理学研究科地学専攻

⁴ 産業技術総合研究所地質調査総合センター

はじめに

2016年4月16日未明に熊本地方では M_j 7.3の地震が発生した。布田川-日奈久断層帯に沿って、25 km以上の地表地震断層が出現し、周辺地域では多くの被害を生じた。この地震は、内陸活断層の活動によるものであるとされており、内陸活断層による災害が注目を集めている。この内陸地震の前には2014年11月22日に長野県北部の地震(M_j 6.7)が発生しており、糸魚川-静岡構造線活断層帯北部の神城断層に沿って約9.2 kmにわたる地表地震断層が出現し、長野県北安曇郡白馬村堀之内地区・三日市場地区では多くの建物被害を生じた。内陸の活断層による地震は、海溝型の地震と比較して、活動間隔は長い、ひとたび地震を発生させると、人間生活の直下で起こるため、甚大な被害を生じることがある。内陸地震による災害を軽減するには、地震の規模・発生間隔・変位量等に関する情報を蓄積することが重要である。

研究の目的

活断層において過去に発生した地震の年代や変位量などの古地震情報は、従来、トレンチ掘削調査(およびボーリング調査)によって断層(およびその周辺)を直接掘ることにより、明らかにされてきた。しかしながら、トレンチ調査は通常2~3 mの深さであることが多く、それ以上の深い(古い)情報はボーリング調査によることが多い。トレンチ調査は、安全面や用地の問題から深さ方向には限界があり、ボーリング調査は空間方向の連続性に乏しいことが問題である。

そこで本研究では、GPR (Ground penetrating radar) 調査および極浅層反射法地震探査、さらにはトレンチ掘削調査・ボーリング調査(既存調査を使用)を組み合わせた総合的な調査を試みる。これにより、空間方向へ連続したより深い(古い)情報も得ることができると予想され、より正確な活断層の理解へとつながると考えられる。

調査手法

本研究では、2014年の長野県北部の地震によって出現した神城断層を横断するように測線を設定し(東西に最大300 m程度)、GPR調査と極浅層反射法地震探査の実施を試みる。GPR調査は、電磁波を地中に発射し、それらの電波の反射を受信することにより、地下を計測する手法であり、元来、地下の人工埋設物や遺物等の検出、亀裂検出等に用いられてきた工学的手法である。本研究ではトレンチ調査よりもやや深い地質構造をイメージングすること、およびボーリングデータとの連続性をイメージングすることに用いる。

極浅層反射法地震探査は、GPR探査よりも深い地下50 m程度までの地質構造のイメージングを行う。より詳細なイメージングを行うためにS波を用いて調査を実施する(写真参照)。これにより活断層による地層の変形や活断層の地下形状および角度等の情報を得ることができる。

これらの物理探査手法(GPRと極浅層反射法)と既存のトレンチ調査・ボーリング調査を組み合わせ総的に解釈を行い、より多くの古地震情報や地下地質構造に関する情報取得を目指す。



写真。極浅層反射法地震探査(S波)の様子。写真は、伊藤, 2016, GSJ地質ニュース, vol. 5, 240-243.より)。板を叩くことにより微小な波を発生させる。道路脇には地震計(写真背後の黄色)を設置し、地下の地層からの反射波を観測し、解析により地下構造をイメージングする。

痛覚過敏モデル動物である μ オピオイド受容体欠損 (MOP-KO) マウスの脳形態異常とその背後にある機序の解析

佐々木 一益¹ 笠原 好之² Scott W Hall³

¹ 東北大学加齢医学研究所 応用脳科学研究分野

² 東北大学災害科学国際研究所 災害精神医学分野

³ Department of Pharmacology and Experimental Therapeutics, University of Toledo

【諸言】

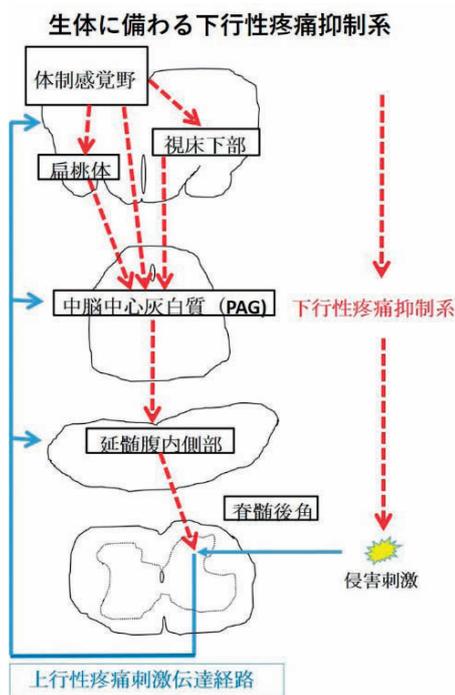
近年、痛覚過敏を主症状とする難治性慢性疼痛患者の数が増加傾向にある。疼痛が長期化する事により、患者の生活の質に与える影響は多大なものとなる。痛覚過敏の治療にはモルヒネやトラマドールなどの μ オピオイド受容体作動薬、NSAIDs、ステロイドなどが使用されるが、治療に難渋する事がある。複雑な機序が関与する痛覚過敏の病態解明と新規治療法の開発が求められている。

【共同研究の目的・特徴】

μ オピオイド受容体欠損 (MOP-KO) マウスは臨床的に重要な μ オピオイド受容体作動薬の薬理作用の解明に貢献してきた。本マウスの使用は、日本国内ではわずか2施設 (東北大学災害医学研究所と他施設) に限定されている。申請者らは、本マウスを用いた行動薬理学的研究にて痛覚過敏様の行動変容を明らかにして来た。

近年の齧歯類を対象としたイメージング技術の進歩により、様々な遺伝子改変動物で認められる行動変容と関連性が高い脳部位の形態異常が明らかにされて

いる。生体に備わる下行性疼痛抑制系に賦活化には μ オピオイド神経系の関与が明らかにされている。本マウスは痛覚過敏様の行動変容を示す事から、下行性疼痛抑制系にお



る脳内疼痛関連部位の形態異常の存在が疑われる。

本課題は災害科学国際研究所、笠原助教が所有する痛覚過敏モデル動物である MOP-KO マウスの脳形態解析を加齢医学研究所応用脳科学研究分野が所有する齧歯類用の MRI 画像解析装置にて実施する事を大きな特徴とする研究であり、当該研究分野において非常にユニークな試みである。

【研究内容】

1) 目的

痛覚過敏様の行動変容を示す MOP-KO マウスの脳形態異常を明らかにする事を目的とする。

2) 方法

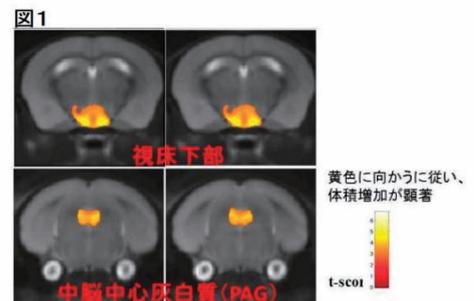
MRI-voxel based morphometry 法にて包括的

な全脳の形態解析を行う

(図 1)。

その後、脳形態異常が確認された部

位を対象に抗 GFAP 抗体、抗 Iba1 抗体、抗 NeuN 抗体を用いて脳形態異常に寄与する中枢神経系を構成する細胞構成要素の同定を行う。



【期待される結果】

現段階において、 μ オピオイド神経系が制御する下行性疼痛抑制系における脳内疼痛関連部位の形態異常が同定されつつある (図 1: 視床下部、中脳中心灰白質)。両者の脳部位は下行性疼痛抑制系において疼痛関連脳部位として知られている領域であり、MOP-KO マウスで認められる痛覚過敏様の行動変容との関連性が強く疑われる部位である。本研究は痛覚過敏モデル動物である MOP-KO マウスにおける脳内疼痛関連部位の形態異常の同定を行うことにより痛覚過敏の中枢性の病態の解明に寄与すると考えられる。

ナノ・プロドラッグの *in vivo* における薬理効果の解明

◎小関 良卓¹ 高橋 雅信²

¹⁾ 多元物質科学研究所 有機・バイオナノ材料研究分野
²⁾ 加齢医学研究所 臨床腫瘍学分野

従来の薬物によるがん治療の分野では、一般的に分子状態での投与が行われるため、投与された薬物は全身へ拡散し、副作用発現の原因となる。これに対して、粒径 10~200 nm にサイズ制御されたナノ薬剤は、腎臓や肝臓等による捕捉を逃れて血中を滞留しやすく、また、腫瘍組織周辺の血管内皮に存在する 150~200 nm 程度の間隙を通過可能なため、がん病巣へ効率的に集積することが知られている。ナノ薬剤の作製には、リポソームや高分子ミセル等からなるナノキャリアに薬物を内包させる手法が報告されているが、ナノキャリアによる抗原性等の副作用の発現や、1 つの粒子に担持可能な薬物の量が少ない等の問題点が指摘されている。一方、研究代表者はプロドラッグのみから構成されるナノ薬剤「ナノ・プロドラッグ」の研究に従事してきた¹⁾。ナノ・プロドラッグはナノキャリアを使用しないため、副作用の軽減が期待され、また、一粒子あたりの薬物担持率が高いため、薬剤投与量の削減が見込まれる。

これまでの取り組みとしては、抗がん活性化合物 SN-38 をモデル化合物として、脂肪酸、ビタミン類等、様々な置換基を導入した誘導体を約 50 種類合成し、ナノ・プロドラッグの水系分散液の作製を行ってきた。上述の通り、ナノ・プロドラッグが腫瘍組織へ効率的に集積可能な粒径は 10~200 nm であるため、ナノ・プロドラッグ作製

時のサイズ制御と共に、実験動物への投与時まで粒径を保つこと、すなわち分散安定性が高いことが求められる。これまでに、SN-38 に対して置換基としてヒノキチオールを導入した誘導体(図 1)から再沈法により作製したナノ・プロドラッグは、非常に高い分散安定性を示すことが明らかとなっている。そこで、本研究では、腫瘍組織への高い集積性が期待される SN-38 のヒノキチオール誘導体から作製したナノ・プロドラッグに注力して動物実験を行い、*in vivo* における薬理効果を解明することを目的とした。具体的な動物実験の実施内容としては、以下の 3 項目を設定した。

1. 血中滞留性試験

血中滞留性が優れたナノ・プロドラッグは、腫瘍組織へ浸透する機会の増大が期待される。マウスへナノ・プロドラッグ分散液を投与し、血中濃度の経時変化を測定し半減期を求め、血中滞留性を評価する。

2. 担がんマウスを用いた抗腫瘍活性評価

ナノ・プロドラッグを担がんマウスへ投与し、腫瘍の経時的な体積変化を指標に抗腫瘍活性を評価する。また、定量的な評価として、ナノ・プロドラッグ投与後の腫瘍を採取し、腫瘍内に含有する薬物量の測定を行う。

3. 副作用の評価

SN-38 の主な副作用として、腸管損傷に由来する重篤な下痢と付随する脱水症状が知られている。ナノ・プロドラッグ投与後のマウスの腸管組織を採取し、アポトーシスを起こしている細胞数を計測することで、副作用発現の程度を評価する。

以上の検討により、ナノ・プロドラッグの薬理効果を動物実験レベルで明らかにする。さらに、動物実験の結果をフィードバックすることで、ナノ・プロドラッグの粒径、表面状態等の特性を再検討し、薬理効果の向上を図る。本研究によりナノ薬剤の新規モデルを提唱し、副作用の無い抗がん剤の実現に繋げたい。

1) Y. Koseki *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **89**, 540–545 (2016).

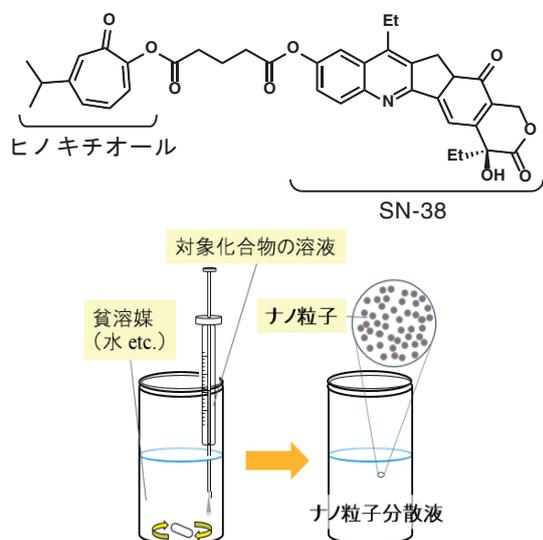


図 1. SN-38 誘導体の構造式と再沈法の模式図

マウス始原生殖細胞を用いた生殖細胞分化制御における 細胞内代謝経路の役割の解明

◎林 陽平^{1,3} 高 俊弘²

¹⁾ 加齢医学研究所 医用細胞資源センター
²⁾ 学際科学フロンティア研究所 新領域創生研究部
³⁾ 生命科学研究科 分化再生制御分野

<本共同研究の目的>

本共同研究は、マウスの始原生殖細胞 (Primordial germ cell: PGC) 分化過程において変動する細胞内代謝経路の特定と、その分化制御への影響を解明することを目的とする (図)。

マウス生殖細胞は、胎仔の発生初期に多能性幹細胞エピブラストの一部から、PGCとして分化運命決定を受けて出現する。PGCの分化過程では、他の細胞系列では見られない特徴的かつダイナミックなエピゲノムの変化が起こる。エピゲノム修飾の導入や除去は、NAD⁺, FAD, ATP, Acetyl-CoA, S-adenosylmethionine などといった代謝化合物に制御されるため、細胞内代謝活性の変化がPGCの分化運命決定に多大な影響を及ぼすと予想されるが、その仮説を検証した例は現在までに認められない。

本共同研究では、マウス胎仔のPGC、生殖巣体細胞、及びES細胞のメタボロミクスを基に、各細胞中の代謝物量を定量比較する。そしてPGCの分化過程で特徴的な変化を示す細胞内代謝経路を特定する。その後、その代謝経路の促進剤・阻害剤の添加や、代謝酵素群の人為的な発現制御により、*in vitro*でのPGC様細胞分化誘導効率の変動を検証することでPGC分化制御に及ぼす影響を解析し、その生理的意義を明らかにする (図)。

<共同研究実施上の特徴的な点>

本共同研究は、生殖細胞を専門とする林陽平(加齢研・助教)と、代謝学を専門とする高俊弘(学際研・助教)の共同研究により実施される。始原生殖細胞の準備と*in vitro* PGCLC分化誘導実験を林が担当する。PGCの質量分析によるメタボロミクス解析データと高先生の専門知識を基に、PGC分化過程でどのような代謝経路に特徴的な変化が見られるかを検討し、その代謝経路のPGCLC分化誘導系における生理的意義、及びその制御機構を共同研究により解明していく。

<予想される結果と意義>

マウス生殖細胞において代謝物量を網羅的に調査した報告は現在までに認められない。メタボローム解析には多数の細胞が必要とされるが、PGCはマウス胎仔1個体当たりの数が少なく(~数千)実現が難しかった。近年のメタボロミクスの進歩により、比較的少数(~百万)の細胞で解析可能となり、PGC由来代謝化合物の質量分析による定量が現実的になった。本共同研究が成功すれば、マウス PGC の代謝特性とその生理的意義を捉えた世界初の研究となり、学術的意義は大きい。

培養下では、ESCからPGC様細胞を分化誘導する方法が2011年に確立されたが、胎齢9.5日相当の初期分化段階のPGCで増殖・分化を止めてしまう。また現時点で、マウス胎仔由来PGCを安定な増殖を維持しつつ長期培養することはできない。本研究でPGCの生存・分化に関わる代謝特性とその制御機構を明らかできれば、これらの課題を解決する上で重要な情報となる。これらの技術は、培養下での生殖細胞分化研究や、先天性疾患とその創薬支援研究への応用の足がかりとなることが期待される。

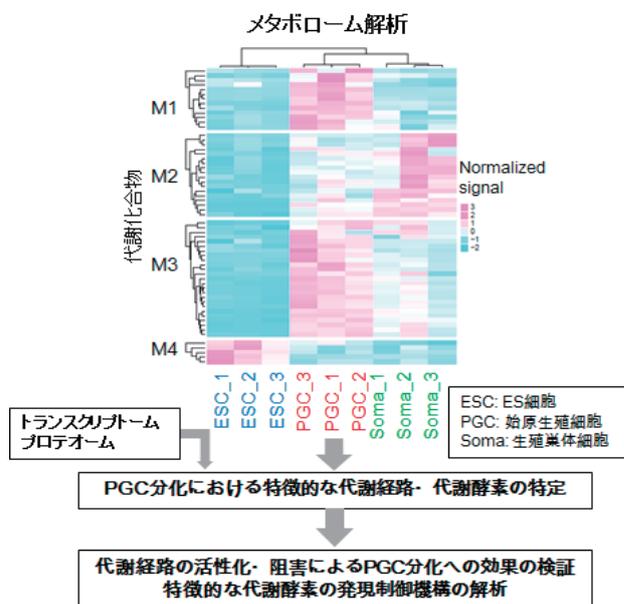


図. 研究計画・方法の概要

特異なスピン構造をもつ分子性スピントロニクス材料の開発

◎星野哲久¹ 関根良博² 井口弘章³

¹ 多元物質科学研究所ハイブリッド材料創製分野

² 金属材料研究所錯体物性化学研究部門

³ 理学研究科化学専攻

【研究目的】スピントロニクスは電子スピンと電荷の相互作用を用いて、既存のエレクトロニクスの限界を打破しようとする技術であり、巨大磁気抵抗体など近年の磁気記録デバイスにおいて不可欠な技術である。スピントロニクス材料ではそのスピン構造が非常に重要であるが、現在実用化されている金属や酸化物を用いたデバイスの構造は、その微細加工技術によって制約されている。

一方で、分子磁性体はその有機配位子の設計により様々なスピン構造をつくるのが可能である。申請者はこれまで熱や光でスイッチングが可能な一次元鎖磁石や、奇数員環状スピンプラストラクション系における巨視的量子効果など、ユニークな構造をもつ分子性磁性体の磁氣的性質について研究を行ってきたが、これらの分子磁性体に固有の複雑かつユニークなスピン構造を電子材料に応用する試みは殆ど行われてこなかった。その一方で、シンプルな金属イオンを含む分子性導体は磁場誘起超伝導や負性磁気抵抗など興味深い電氣的性質を示すことが報告され、活発に研究されている。そこで本研究では、分子磁性体におけるスピン構造の設計手法と分子性導体の合成技術を組み合わせることで、分子レベルで微細かつ複雑な特徴あるスピン構造をもつ新しいスピントロニクス材料の開発を目指す。

【研究計画】予備検討にて合成した鉄三核錯体(図1)を出発地点として、三角形スピンプラストラクション系と伝導電子が強くカップリングした分子性固体を作製し、スピントロニクス材料としての適性を評価する。三角形型スピンプラストラクション系は磁化の巨視的量子効果が観測される系として、広く知られている。またトリフェニレン分子は酸化還元活性なドナー分子として、有機電子材料への応用例が数多く報告されている。

分子1は中心のトリフェニレン部位が電子伝導部位として機能し、末端の3つの鉄イオンが三角形型スピンプラストラクションを発現するよう設計されている。伝導 π 電子のスピンが末端の局在 d スピンと拡張 π 平面系を介して強く相互作用す

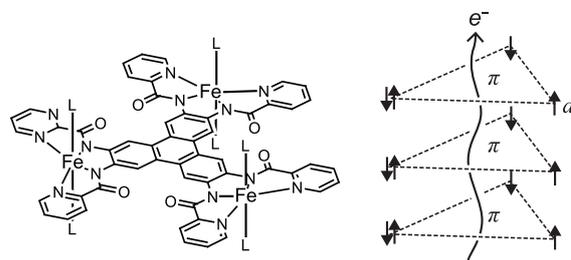


図1 鉄三核錯体とスピン構造

ることで、磁気抵抗の非線形化や量子化・負性磁気抵抗の発現など、外部磁場による量子スピン状態の励起によって、電導特性が大きく変化することが期待される。

この分子をベースとした磁気抵抗素子の開発から研究をスタートさせる。多元物質科学研究所・ハイブリッド材料創製部門にてスピントロニクス材料としての特性を評価するとともに、金属材料研究所・錯体物性化学部門にて高磁場超伝導材料研究センター所蔵の超伝導マグネットを用いて、結晶内の磁気構造・局在スピンと伝導電子の相互作用等について詳細な検討を行う。さらに理学研究科化学専攻・錯体分子研究室にて分子骨格の基本的な化学的性質を明らかにするとともに、計算化学的手法を用いて分子設計の見直しを行う。3部門が分担してデバイス特性・物理測定・化学的評価を行うことにより、量子効果を生かしたユニークなスピントロニクス材料の開発を行う。

【予想される結果と意義】本研究により合成化学研究者・磁気科学研究者・デバイス開発研究者間で研究ネットワークを確立し、合成化学者が持っている物質ライブラリーを新規デバイスの開発に繋げる連携研究体制を確立する。これまで分子磁性分野においては様々な磁気構造を持つ化合物の報告例が蓄積されており、デバイス開発者のアイデアを実現する化合物群が多数発掘されることが期待できる。

レーザー誘起プラズマ分光法を用いたリチウムイオン電池材料の直接分析による反応機構の解明

◎今宿 晋¹ 藤枝 俊² 辻川 雅人³ 柏倉 俊介¹ 川又 透²

¹ 金属材料研究所分析科学研究部門

² 多元物質科学研究所機能材料微細制御研究分野

³ 電気通信研究所先端機能物性研究分野

研究背景

リチウムイオン電池は、携帯電話やノートパソコンなどに搭載されており、世界中に普及している。さらに、電気自動車や蓄電池などの大型機器にも搭載され始めているが、電池の性能を向上させることが課題となっている。性能向上には電池の化学反応速度を向上させる必要がある。そのためには、反応機構を解明することが不可欠であり、化学反応が起こる電極と電荷質との界面におけるリチウム元素の分布を調べることが最も効果的である。従来、反応界面におけるリチウム元素の分布は、大型放射光施設を用いてリチウムイオン電池を構成する遷移金属元素の分布を測定し、その結果に基づいて間接的に調べられてきた。本研究では、レーザー誘起プラズマ分光法(LIBS)を用いて、リチウムを直接測定し、リチウムイオン電池材料の界面における反応機構を解明するための測定および解析手法の確立を目指す。LIBS測定は、リチウム元素を直接分析でき、その装置は研究室に設置できる大きさで、測定が数分間で完了する簡便な方法である。さらに、測定領域は数マイクロメートルなので、反応界面におけるリチウムの分布を詳細に測定できる。

研究計画

本研究では、次の3項目について研究を行う。測定する正極材料は、藤枝らが独自に作製に成功した $\text{Li}_2\text{NaV}(\text{PO}_4)_3$ 化合物を用いる。

① LIBSによる電池材料中のリチウムの分析精度の向上確立(担当:今宿,柏倉)

第一ステージの研究によって正極材料中のリチウムを検出できることがわかったが、測定精度が低く、現状ではリチウム定量分析が困難である。そこで、本研究では、測定精度が低い原因を突き止め、測定精度を高めて、リチウムの定量分析ができるようにする。

② 放射光を用いた XAFS 法による LIBS 測定の相補的分析(担当:藤枝,川又)

充放電過程では正極材料中のリチウムが電解液に脱離して正極材料中のバナジウム(V)の価数が増加すると考えられるが、電池特性の劣化と密接に関わる正極材料中の濃度分布に関する実験的検証は十分には行われていない。そこで、LIBS法で得られた正極材料中のリチウムの濃度分布測定結果および電池反応機構解析について相補的な分析情報を得るために、放射光を用いて X線吸収微細構造(X-ray Absorption Fine Structure: XAFS)測定を行い、バナジウムの電子状態解析を行う。

③ 計算的手法によるリチウムの定量分析精度の向上(担当:辻川)

充放電過程では、正極には $\text{Li}_2\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ と $\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ だけが分布しているので、 $\text{Li}_2\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ および $\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ の化学状態を第一原理計算によって求め、解離エネルギーを求め、さらに、励起準位や衝突強度を計算し、これらの値と解離エネルギーから、LIBS測定におけるリチウムの発光強度を推定する。この推定値と①で得られた結果から、リチウムの定量分析の精度を向上させる。また、②で得られた XAFS スペクトルを計算によって求め、実験結果と比較して、スペクトルの解析を行う。

研究経過

LIBS測定における測定結果のばらつきは、発生するプラズマが安定していないことが原因であると考え、プラズマ中の物質の平均自由行程を大きくして、安定した大きなプラズマ発生させるため、減圧したアルゴン雰囲気中で測定した。1000 Paのアルゴン雰囲気中で測定することで、表1に示すように、発光強度と測定精度が大きく向上した。

表 1 Li_xCoO_2 ($x=0.3, 0.6, 1.0$)の大気中と減圧(1000 Pa)アルゴン雰囲気における LIBS 測定結果

		x		
		0.3	0.6	1.0
大気	発光強度	14901	21880	23302
	相対標準偏差(%)	6.9	8.6	10.6
アルゴン (1000 Pa)	発光強度	42750	68352	87766
	相対標準偏差(%)	4.0	1.8	3.7

量子光応用に向けた酸化物・窒化物ハイブリッド 半導体ヘテロ構造の実現

◎小島一信¹ 窪谷茂幸² 谷川智之² 片山竜二³

¹⁾ 東北大学 多元物質科学研究所 計測研究部門 量子光エレクトロニクス研究分野

²⁾ 東北大学 金属材料研究所 電子材料物性学研究部門

³⁾ 大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 量子光電子デバイス領域

本研究グループでは、オンチップで動作できる量子計算機の実現に向け、量子演算の基本素子である量子ゲートを始めとする技術開発を行っている。特に、第1ステージにおいては、パラメトリック下方変換(OPDC)による量子もつれ光子対の生成を行うために必要な、窒化物半導体の光学非線形性に基づく波長変換素子構造の設計を行った。窒化物半導体であるInGaNを発光層を用いれば425 nmの高エネルギー光子を発生することができ、これをOPDCにて量子もつれ状態にある二つの低エネルギー光子対とすることで、Si検出器の低ノイズ・高効率波長である850 nmを狙い撃つことができる。第1ステージの具体的な成果は、次の通りである：

- ・TiO_x/AlN 横型疑似位相整合導波路における素子構造の設計。さらに、エアブリッジ化することによって光閉じ込めを増強(最大波長変換効率 2.6 倍)
- ・AlN 薄膜の ZnO 基板上への PLD 成膜。光学的フラットな AlN 薄膜形成を実現。
- ・反応性スパッタリングによるアモルファス TiO_x 薄膜の形成と光学定数の評価。それらをもとに、デバイス構造の最適化。

第2ステージにおいては、第1ステージで設計した波長変換素子を実際に作製する。さらに、素子構造を有機金属気相成長法(MOVPE)を用いたエピタキシャル結晶成長で作製可能とするために、酸化物半導体と窒化物半導体を巧みに融合した、ハイブリッド半導体ヘテロ構造の提案を行う(図1参照)。特に第1ステージの知見、すなわち、エアブリッジ化による光閉じ込めの強化が波長変換効率の向上に極めて有効であることに鑑みて、窒化物半導体の結晶成長温度に耐え、かつアンダーカットが可能な酸化物単結晶である ScAlMgO₄(以降、SCAM と称する)を結晶成長基板として用いる。

第2ステージで提案する新構造は、窒化物半導体層をMOVPEによるエピ成長で形成するため、結晶の高品質化は当然として、GaN 薄膜中に InGaN 量子ドットを埋め込むことで光子源を内蔵できる。また、量

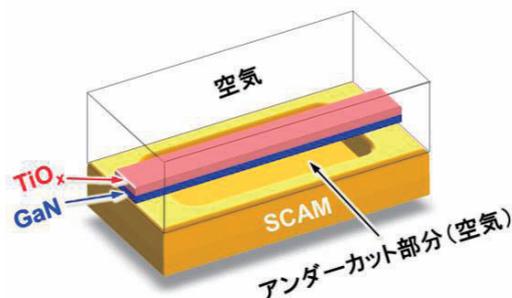


図1 SCAM 基板上の機能薄膜層(TiO_x や GaN 等)の概略図。機能薄膜層の下部に位置する SCAM は、アンダーカットプロセスによってエアブリッジ化される。

子ドット近傍に光ナノ共振器を作製することで、パーセル効果による量子ドットの自然放出を増強することが可能である。結果として、第2ステージで提案する構造は、波長変換素子だけでなく、高効率単一光子光源をも内蔵する高機能素子となる。

本研究を推進することで、二つの革新的な結果が得られると考えている。一つ目は、量子計算の主流として利用されている自由空間光学系をオンチップ化するために必要な要素技術のうち、850 nm 帯の高効率なもつれ光子対発生源の実現である。量子ドットは、その発光過程を光ナノ共振器によって増強されることで、高速な単一光子源になる。また、本研究で提案する構造は後段に波長変換構造が備えられているため、エネルギーの大きな単一光子は OPDC によって、量子もつれの関係にある二つの光子対に変換され出力される。二つ目は、窒化物半導体の光ナノ構造技術が深化することにある。特に、強い光閉じ込めを実現するために必須のエアブリッジ化技術は、Si や GaAs などの材料系では極めて発達している一方、GaN 系材料では現状ほとんど存在しない状況にある。本研究で提案する SCAM のアンダーカットプロセスは、複雑な層構造を必要としない簡便かつロバスタな方法である。また、SCAMはGaNないしは低In組成のInGaNと格子不整合が極めて小さいため、結晶品質とプロセス技術の双方を高いレベルで担保できるため、極めてインパクトの大きな成果となる。

研究所若手アンサンブル研究会の様子



招待講演（災害研 川島教授）



招待講演（工学研究科 狩川准教授）



グラント採択課題の概要説明



研究発表会での質疑の様子



研究発表会終了後



気仙沼シャークミュージアムの見学

第2回研究所若手アンサンブル研究会に関するアンケート集計結果

参加者アンケートを行ったところ、本会のプログラム全般について概ね好評でした。今後のグラント公募を実施したに場合の応募予定に関しては、前回に比較して未定とした回答が多くなりました。以下に、集計結果をまとめます。

回答総数：33

(1) 研究会に参加した感想（複数回答可）

<input type="checkbox"/> 楽しかった	23	70%
<input type="checkbox"/> 普段聞けない分野の話が聞いてよかった	25	76%
<input type="checkbox"/> 異分野への理解が進んだ	13	39%
<input type="checkbox"/> 共同研究の話が始まりそう	2	6%
<input type="checkbox"/> 共同研究がさらに進みそう	0	0%
<input type="checkbox"/> 友達ができた	13	39%
<input type="checkbox"/> 準備が大変だった	1	3%
<input type="checkbox"/> 参加しなければよかった	0	0%
<input type="checkbox"/> その他	1	3%

（その他の回答の記載欄へは無記入）

(2) 招待講演は（複数回答可）

<input type="checkbox"/> ためになった	20	61%
<input type="checkbox"/> 普段聞けない分野の話が聞いてよかった	23	70%
<input type="checkbox"/> 難しかった	1	3%
<input type="checkbox"/> その他	4	

- ・理系の招待講演を聞きたかった。
- ・文系の人のお話は興味深い。
- ・アンサンブルとの関連がいまいちわからなかったです。
- ・2人とも大変おもしろかった。

(3) 気仙沼での見学は（複数回答可）

<input type="checkbox"/> 楽しかった	18	55%
<input type="checkbox"/> 勉強になった	14	42%
<input type="checkbox"/> 時間が足りなかった	1	3%
<input type="checkbox"/> もっと詳細に見学したかった	2	6%
<input type="checkbox"/> 期待したほどではなかった	3	9%
<input type="checkbox"/> つまらなかった	1	3%
<input type="checkbox"/> その他：時間が長かった（4回答とも）	4	12%

- ・見学できる場所のわりに時間が長いような気がします。

(4) 会場（宿泊施設）の感想（複数回答可）

<input type="checkbox"/> よかった	27	82%
<input type="checkbox"/> 普通	6	18%
<input type="checkbox"/> よくなかった	0	0%
<input type="checkbox"/> その他	0	0%

(5) アンサンブルグラント採択グループ参加者：（回答数 13）

<input type="checkbox"/> 2nd ステージへ応募したい	3	23%
<input type="checkbox"/> 新たな課題で 1st ステージへ応募したい	2	15%
<input type="checkbox"/> 本グラントへの再応募は未定	8	62%
<input type="checkbox"/> 本グラントへはもう応募しない	0	0%

→ その理由：

- ・研究資金の支援という視点からはありがたいプロジェクトですが、科学的な内容を真に追究するための情報交流としては少し貧弱な気がしました。

(6) 一般参加者：アンサンブルグラントについて（回答数：17）

<input type="checkbox"/> 1st ステージへ応募したい	6	35%
<input type="checkbox"/> 応募は未定	8	47%
<input type="checkbox"/> 応募しない	3	18%

(7) その他（ご要望・ご意見などご自由にお問い合わせいたします）

- ・身内どうしのやり取りが多い気がしました。もう少しバランスの取れた研究課題の採択があるとよいようにも思いました。
- ・アンサンブル採択者の方の発表を「他分野の人にも分かりやすく」と事前をお願いするようすべし。分からない。
- ・2日目があることによって参加をためらった。2日間まるまる研究の話でもよかった。
- ・採択時期が少し早くなると調査や研究期間が長くなるのでありがたい。研究会は、もう少し近場で1日だけ参加したい共同研究者もいる。
- ・異分野の方とお話しできたのは貴重な経験になりました。一泊二日は少し長かったです。1日でよいかと思いました。ありがとうございました。
- ・遠かったです。近場での開催を希望します。
- ・幹事さんの準備が大変ですが、参加者皆楽しそうで、今後もうまく継続できるとよいですね。お疲れ様でした。
- ・どうもありがとうございました。
- ・アンケートの結果に大きく反応せず、ワーキンググループの信念のもと、これからも進めてほしい。
- ・幹事の先生方、大変お疲れ様でした。次はぜひ文理融合のグラントも採択を増やしたらよいと思いました。

6. 本年度の活動総括

本年度の研究所若手アンサンブルプロジェクトの活動の企画・運営においては、研究所長会議、およびその代表を務められました多元物質科学研究所所長の村松淳司教授、多元物質科学研究所事務部の方々に多大なるご支援をいただきました。また、各イベント、およびグラント公募の実施において、各研究所・センター・機構の世話教員をはじめとする教職員の皆様には、ご多忙な中、様々なご協力をいただきました。プロジェクトワーキンググループのメンバー一同より感謝申し上げます。本年度ご指導いただいた各研究所・センター・機構の世話教員は、次の方々です。

金属材料研究所 藤原 航三 教授、宇田 聡 教授
加齢医学研究所 瀧 靖之 教授、田中 耕三 教授
流体科学研究所 小林 秀昭 教授
電気通信研究所 石山 和志 教授
多元物質科学研究所 笠井 均 教授
災害科学国際研究所 寺田 賢二郎 教授
東北アジア研究センター 石井 敦 准教授
学際科学フロンティア研究所 才田 淳治 教授、津田 健治 教授
原子分子材料科学高等研究機構 谷垣 勝己 教授

活動の結果は、以上に報告した通りですが、研究イベント参加者数とグラント応募件数をまとめて再掲しますと、次の通りとなります。

研究所若手アンサンブルワークショップ	
参加者数	98
発表件数（10件の研究所紹介を含む）	60
研究所ツアー参加者数	23
交流会参加者数	36
研究所若手アンサンブルグラント第1ステージ	
応募件数	16
採択件数	10
研究所若手アンサンブルグラント第2ステージ	
応募件数	7
採択件数	2
研究所若手アンサンブル研究会	
参加者数	44

アンサンブルワークショップでは、ほぼ計画時に想定した参加者数と発表件数で、盛会となりました。昨年の第1回開催の際に、研究所ツアーでの1研究所当たりの見学時間があまり長くとれなかったため、今回は見学先を金属材料研究所と原子分子材料科学高等研究機構の2カ所に絞りました。また、アンケートについては、概ね良好な回答結果であったと思われます。

アンサンブルグラントでは、研究期間をできるだけ長くするために、昨年度よりも公募期間を短くした影響もあってか、応募件数は若干伸び悩みました。しかしながら、「質」の面では昨年度と比較しても見劣りはしておらず、昨年度と同様に第1ステージで10件が採択に至りました。今後実施する場合には、より充実した公募企画を立案できるよう努める所存です。

本年度は、2016年9月1日、2日に福井市で開催されたRA（リサーチアドミニストレーター）協議会第2回年次大会（<http://www.rman.jp/meetings2016/>）にて、セッション講演（依頼講演）およびポスター発表を行い、本プロジェクトの活動を対外的に紹介しました。他大学で研究企画等に携わる参加者から、部局間連携や異分野交流を推進する実施例として大きな関心を受けました。

現時点では、来年度（平成29年度）の活動予定として、現在、各企画への参加対象を「研究所所属研究者」とする枠組みを研究科などの部局へ拡大することを検討しています。また、今後は今年度開設された東北大学附置研究所・センター連携体のインターネットウェブサイト（<http://web.tohoku.ac.jp/aric/index.html>）でも随時活動内容を広報していく予定です。

来年度は、附置研究所・センター連携体の主管が東北アジア研究センターとなります。研究所長会議代表となる同センター長をはじめとして、事務部にはご負担をおかけすることになると思いますが、どうぞよろしくお願い申し上げます。

東北大学にて研究活動を行う教職員・学生はもとより、活動にご関心をお持ちいただけます学内外の皆様には、引き続き、東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクトへのご理解、ご協力をお願い申し上げまして、本報告書の結びといたします。

平成29年3月

平成28年度東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト
ワーキンググループ

- | | |
|--------|--|
| リーダー | 鈴木 一行（学際科学フロンティア研究所特任准教授 URA） |
| サブリーダー | 出浦 桃子（金属材料研究所 助教） |
| | 山田 昭博（加齢医学研究所 助教） |
| | 早川 晃弘（流体科学研究所 助教） |
| | 横田 信英（電気通信研究所 助教） |
| | 笹居 高明（多元物質科学研究所 講師） |
| | 天野 真志（災害科学国際研究所 助教） |
| | 金 賢貞（東北アジア研究センター 助教） |
| | 平郡 諭（原子分子材料科学高等研究機構 助教） |
| サブリーダー | 藤村 維子（学際科学フロンティア研究所 助教、URA（12月まで）
現職：男女共同参画推進センター 特任講師 URA） |

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト
活動報告書 2016

平成29年3月 発行

東北大学附置研究所・センター連携体

東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクト
ワーキンググループ

平成28年度主管：多元物質科学研究所
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1



研究所着手アンサンプル