

社会にインパクトある研究

F. 生命と宇宙が拓く交感する未来へ



F-1 生命の奇跡のプロセスに学ぶイノベーション

研究・実践集

研究・実践集



A	生命体の新規メカニズム解明・開発
B	ネオバイオミメティクス・技術開発
C	ネオバイオレメディエーション・技術開発
D	次世代育成

研究・実践集



A 生命体の新規メカニズム解明・開発

A-1	海洋生物の奇跡のプロセスの基盤原理 解明	東北大学大学院生命科学研究科 附属浅虫 海洋生物学教育研究センター
A-2	自家不和合性の自他識別因子を微小鍵 分子で利用	東北大学大学院生命科学研究科 植物分子 育種分野 渡辺グループ
A-3	生体内分子の自己組織化制御メカニズ ム	東北大学大学院生命科学研究科 発生ダイ ナミクス分野（杉本研究室）
A-4	脳の思考や判断のプロセスに倣った人 工知能アルゴリズムの開発	東北大学 大学院生命科学研究科 システム 神経科学分野（分野長：筒井健一郎）
A-5	生体の温度維持・熱防護機構に学ぶ サーマルマネージメント	東北大学流体科学研究所 助教岡島淳之介
A-6	進化計算による多目的設計探査	東北大学流体科学研究所 航空宇宙流体工 学研究分野（大林研究室／下山研究室）
A-7	静水圧変化のメカノセンシング機構の 解明	東北大学大学院生命科学研究科 東谷篤志

研究・実践集



B ネオバイオミメティクス・技術開発

B-1	毒素蛋白質の作用機構の解明とその応用	東北大学大学院生命科学研究科 田中グループ
B-2	化学プローブ開発に基づく生命プロセスの理解	東北大学 多元物質科学研究所 細胞機能分子化学研究分野（水上研究室）
B-3	末梢神経を対象とする磁気刺激用プローブの開発	東北大学流体科学研究所高木・小助川研究室
B-4	機能性材料を用いた小型機械・デバイスの開発	東北大学 流体科学研究所 高木敏行 教授 学際科学フロンティア研究所 三木寛之 准教授 多元物質科学研究所 大塚 誠 准教授
B-5	生体内免疫系を補完するプラズマ殺菌法の開発	東北大学流体科学研究所 生体ナノ反応流研究分野 佐藤(岳)研究室

研究・実践集



B ネオバイオミメティクス・技術開発

B-6	極低温微細固体粒子噴霧を用いた希少細胞のガラス凍結	東北大学流体科学研究所 附属未到エネルギー研究センター 石本グループ
B-7	メタヒューリスティクスを用いた医療機器最適化	東北大学流体科学研究所 太田研究室
B-8	金属材料のネオバイオプロダクション	東北大学金属材料研究所 非平衡物質工学研究部門加藤研究室

研究・実践集



C ネオバイオレメディエーション・技術開発

C-1	アブラナ科植物を利用したファイトマイニング	東北大学大学院生命科学研究科 植物分子育種分野 渡辺グループ
C-2	微生物進化機構の活用技術の開発	東北大学大学院生命科学研究科 津田・永田・大坪グループ
C-3	植物共生微生物による温室効果ガス発生削減	東北大学大学院生命科学研究科 微生物共生研究室（南澤グループ）

D 次世代育成

D-1	「生命の奇跡」の継承に向けた次世代育成	東北大学大学院生命科学研究科 植物分子育種分野 渡辺グループ
-----	---------------------	--------------------------------

研究・実践集

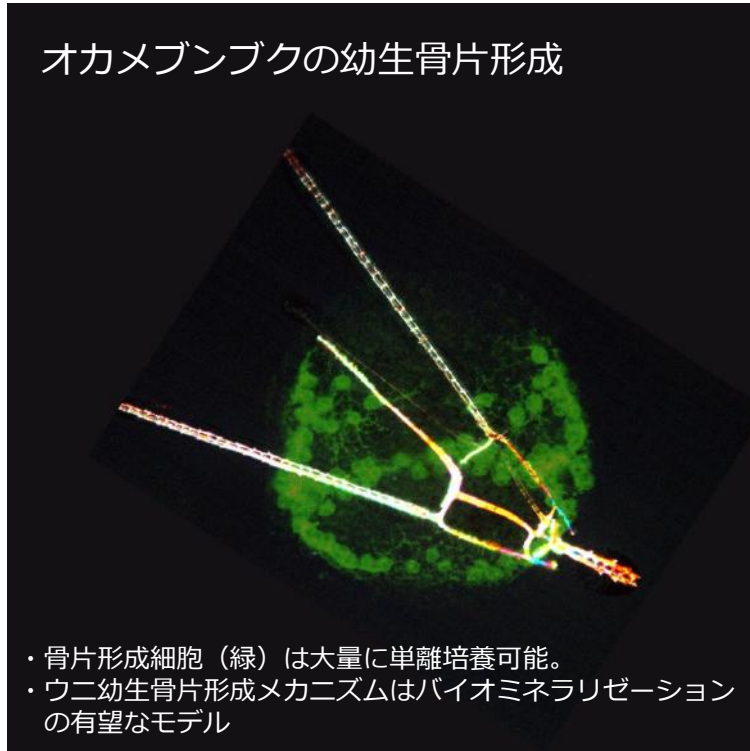


A 生命体の新規メカニズム解明・開発

- A-1 海洋生物の奇跡のプロセスの基盤原理解明
- A-2 自家不和合性の自他識別因子を微小鍵分子で利用
- A-3 生体内分子の自己組織化制御メカニズム
- A-4 脳の思考や判断のプロセスに倣った人工知能アルゴリズムの開発
- A-5 生体の温度維持・熱防護機構に学ぶサーマルマネージメント
- A-6 進化計算による多目的設計探査
- A-7 浄水圧変化の芽化のセンシング機構の解明

海洋生物の奇跡のプロセスの基盤原理解明

オカメブクブクの幼生骨片形成



- 世界有数の多様性を誇る日本近海にあり、暖流・寒流・北方内湾に面した豊かな生物環境に恵まれた立地。
- 多くの海産動物の発生・生理・生態プロセスの基盤原理をこれまでに解明。
- これまでの限られたモデル動物種から得られた生物学的知識を超える新しい原理解明の可能性。
- 飼育・採集を含めた海洋生物への豊富な知識と経験。
- 日本近海において海洋生物の約2割しかいまだ認識されていない。

→ バイオミメティクス分野等への応用展開

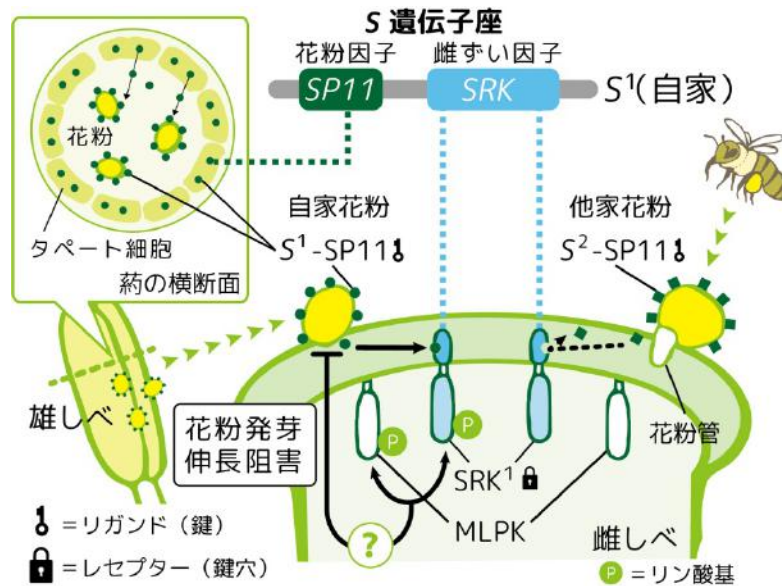
開発・推進

東北大学大学院生命科学研究科附属浅虫海洋生物学教育研究センター

参考資料等

Fujikura K, Lindsay D, Kitazato H, Nishida S, Shirayama Y. (2010). Marine biodiversity in Japanese waters. PLoS one 5: e11836.
Goldstein B, King N. (2016). The Future of Cell Biology: Emerging Model Organisms. Trends Cell Biol. 26, 818-824.

自家不和合性の自他識別因子を微小鍵分子で利用



アブラナ科植物の自家不和合性の分子機構



- アブラナ科植物の自家不和合性の分子メカニズムの解明に関しては世界トップクラス (Nature 4報、Nature Genet. 1報、Nature Plants 2報、Science 1報)
 - 花粉と雌しべの相互作用に関わる鍵と鍵穴分子であるSP11-SRKの多様性は、100種類以上存在し、20対以上の組合せを解析
 - SP11-SRKの立体構造の解明を通じて、「鍵と鍵穴」分子の多様性増加の可能性
- SP11-SRKを汎用型分子間制御用の微小「鍵と鍵穴」として利用可能

開発・推進

東北大学 生命科学研究科 植物分子育種分野 渡辺グループ

参考資料等

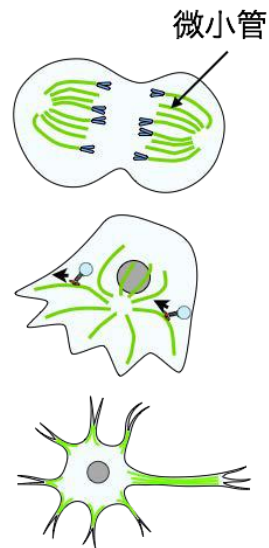
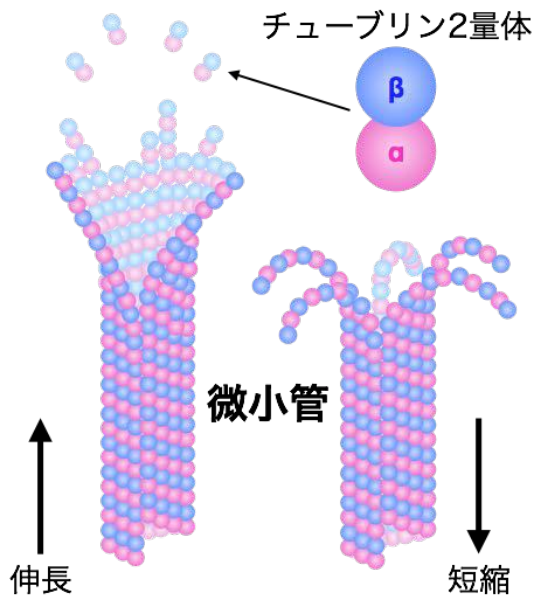
Watanabe, M., Suwabe, K., and Suzuki, G. (2012) Molecular genetics, physiology and biology of self-incompatibility in Brassicaceae. *Proc. Jpn. Acad. Ser. B*. 88: 519-535.

Takasaki, T., Hatakeyama, K., Suzuki, G., Watanabe, M., Isogai, A. and Hinata, K. (2000) The S receptor kinase determines self-incompatibility in *Brassica stigma*. *Nature* 403: 913-916.

生体内分子の自己組織化制御メカニズム

チューブリン2量体の可逆的な自己組織化による微小管の伸長と短縮

微小管が構築する細胞内の多様な構造



- 生体内には、分子が可逆的に自己組織化することによって構築される生体内構造物が多数存在する
 - 生体内分子自己組織化の時間的・空間的制御メカニズムの解明
 - 1) チューブリンタンパク質の自己組織化によって構築される微小管
 - 2) RNAとRNA結合タンパク質の自己組織化によって構築されるRNP顆粒
- 生体内分子の可逆的な自己組織化メカニズムをものづくりに応用

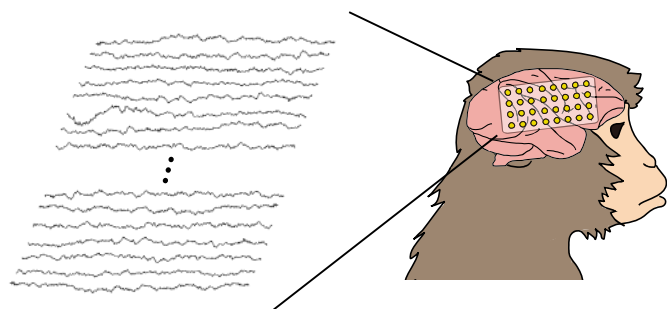
開発・推進

東北大学大学院生命科学研究科 発生ダイナミクス分野（杉本研究室）

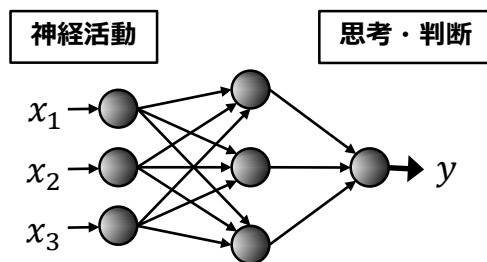
参考資料等

Honda Y, Tsuchiya K, Sumiyoshi E, Haruta N, Sugimoto A. Tubulin isotype substitution revealed that isotype combination modulates microtubule dynamics in *C. elegans* embryos. *J Cell Sci* 130:1652-1661 (2017)
 Hanazawa M, Yonetani M, Sugimoto A. PGL proteins self associate and bind RNPs to mediate germ granule assembly in *C. elegans*. *J Cell Biol* 192:929-37 (2011)

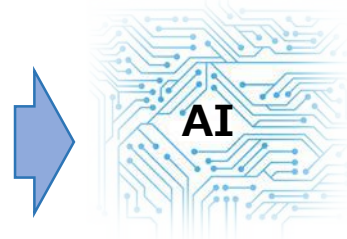
脳の思考や判断のプロセスに倣った人工知能 アルゴリズムの開発



脳内埋め込み電極による
神経活動の高精度大規模計測



脳アルゴリズムの解読



人工知能への応用

- サルの脳に多点電極を埋め込み、思考中（認知課題遂行中）の神経活動を高精度で記録
- 記録した神経活動を最新の大規模データ解析法によって解読
- いまだに人工知能が追いつけない、脳の柔軟な思考プロセスについて解明
- 人工知能分野に成果をフィードバックし、性能の向上に役立てる

→ 生物の脳のアルゴリズムに倣って、人工知能開発にブレークスルーを実現し、大きな経済効果をもたらすことが期待される。

開発・推進

東北大学 大学院生命科学研究科 システム神経科学分野（分野長：筒井健一郎）

参考資料等

Tsutsui KI, Hosokawa T, Yamada M, Iijima T (2016): Representation of functional category in the monkey prefrontal cortex and its rule-dependent use for behavioral selection. *Journal of Neuroscience* 36: 3038-3048.

Tsutsui KI, Grabenhorst F, Kobayashi S, Schultz W (2016): A dynamic code for economic object valuation in prefrontal cortex neurons. *Nature Communications* 7: 12554.

生体の温度維持・熱防護機構に学ぶサーマルマネージメント



- 生体には血流と代謝による温度維持機構が備わっている
- 局所的な熱刺激に対しては血流を増加させ、外部からの熱侵入を防いでいる

毛細血管網を模した多孔質構造を持つ壁面による閉空間内の熱制御

- 屋内や車内などの断熱や放熱の問題を、生物に模倣した構造と熱輸送プロセスの最適化により省エネルギーで実現

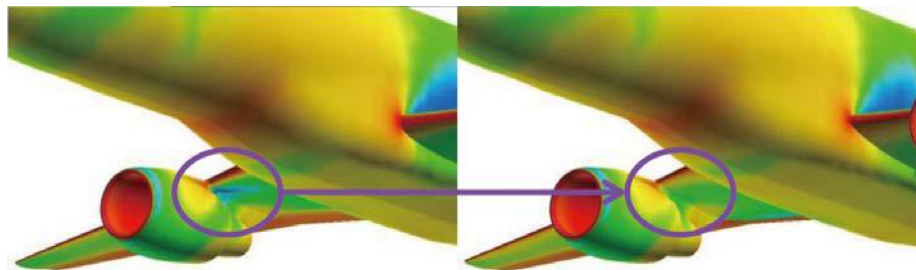
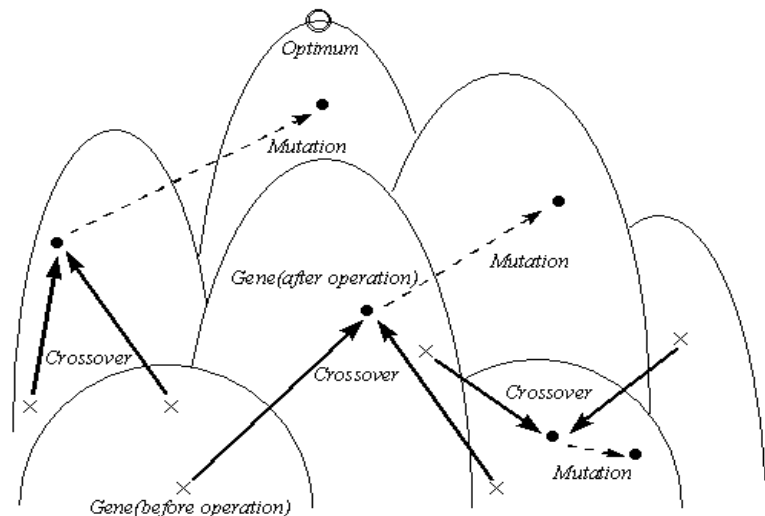
開発・推進

東北大学流体科学研究所 助教 岡島淳之介

参考資料等

- J. Okajima, et al., "Dimensionless solutions and general characteristics of bioheat transfer during thermal therapy," *Journal of Thermal Biology*, vol. 34, no. 8, pp. 377-384, 2009.
- J. Okajima, et al., "Estimation of blood perfusion rate and its temperature dependency in human abdominal area under heating condition," *Proceedings of the 15th International Heat Transfer Conference, IHTC15-9884*, 2014.

進化計算による多目的設計探査



© Mitsubishi Aircraft Corporation

- **最適解の探索 = 生物進化の過程**
に置き換え、その様子を模擬するアルゴリズムを開発
 - 人間の頭では難しい多目的最適化問題の解法が可能
 - 様々な工学設計問題に応用し、有望な設計案を発見
- 製品化に繋がった事例もあり！

開発・推進

東北大学 流体科学研究所 航空宇宙流体工学研究分野 (大林研究室/下山研究室)

参考資料等

Obayashi S., Jeong S., Shimoyama K., Chiba K., Morino H. (2010)
Multi-objective design exploration and its applications. International Journal of Aeronautical and Space Science, 11:247-265.

静水圧変化のメカノセンシング機構の解明

宇宙実験・無重力体験



深海 (200~700m)
なみの加圧
20~70MPa



Cエレガンス



Cエレガンスの体壁筋細胞にみられる筋線維

- 静水圧の変化が細胞に及ぼすメカニズムを解明する
- 静水圧の変化を利用して、筋細胞の維持や増強につなげる

モデル生物Cエレガンスを用いて、上記の分子機構を解明する

開発・推進

東北大学生命科学研究科 東谷篤志

参考資料等

Harada S, Hashizume T, Nemoto K, Shao Z, Higashitani N, Etheridge T, Szewczyk NJ, Fukui K, Higashibata A, Higashitani A. Fluid dynamics alter *Caenorhabditis elegans* body length via TGF- β /DBL-1 neuromuscular signaling. *npj Microgravity*. 2016 Apr 7;2:16006.

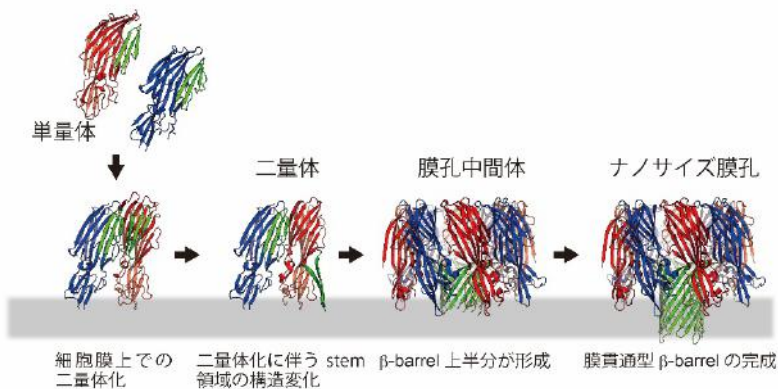
研究・実践集



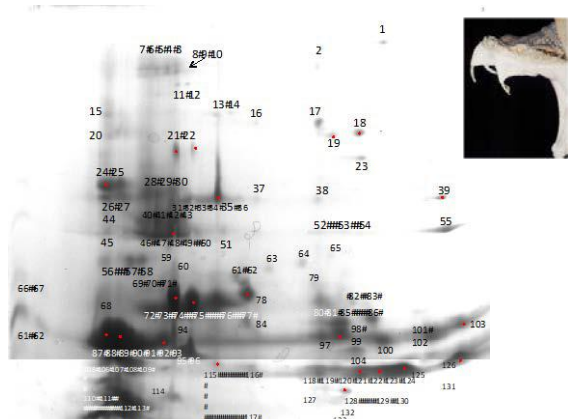
B ネオバイオミメティクス・技術開発

- B-1 毒素蛋白質の作用機構の解明とその応用
- B-2 化学プローブ開発に基づく生命プロセスの理解
- B-3 末梢神経を対象とする磁気刺激用プローブの開発
- B-4 機能性材料を用いた小型機械・デバイスの開発
- B-5 生体内免疫系を補完するプラズマ殺菌法の開発
- B-6 極低温微細固体粒子噴霧を用いた希少細胞のガラス凍結
- B-7 メタヒューリスティクス*を用いた医療機器最適化
- B-8 金属材料のネオバイオプロダクション

毒素蛋白質の作用機構の解明とその応用



黄色ブドウ球菌二成分性毒素の作用機構



ハブベノミクス (ハブ毒2D-PAGE)

- 毒素を生命システムのコントローラーとして捉え、多角的に解析、応用
- X線・電子顕微鏡を用いた毒素タンパク質の立体構造解析
- 様々な毒素蛋白質と変異体の活性の解析（膜孔形成・細胞活性と細胞特異性試験）
- 特異性が高く、多様な生理活性成分を有するヘビ毒からの、ハブベノミクスを駆使した新規毒素蛋白質の探索と機能解析

→ 毒素蛋白質の作用機構の理解、医薬リードや
ナノマシン・生命システム解析ツールへの応用

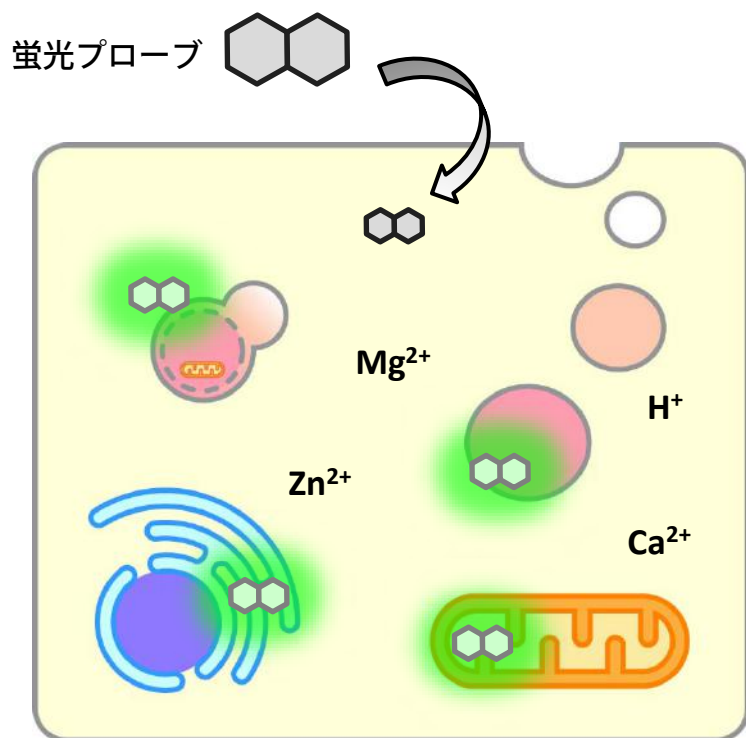
開発・推進

東北大学大学院生命科学研究科 田中グループ

参考資料等

- Yamashita, D., *et al.*, Molecular basis of transmembrane beta-barrel formation of staphylococcal pore-forming toxins. *Nature Commun.*, **5**, 4897 (2014)
- Ui, M., *et al.*, Application of photoactive yellow protein as a photoresponsive module for controlling hemolytic activity of staphylococcal α -hemolysin. *Chem. Commun.* **48**, 4737-4739 (2012)
- Yamashita, K., *et al.*, Crystal Structure of the Octameric Pore of Staphylococcal γ -hemolysin Reveals the β -barrel Pore Formation Mechanism by Two Components. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **108**, 17314-17319 (2011)
- 小川ベノミクス：毒生物ゲノムプロジェクト, *BIO Clinica*, **24**(6), 65-71 (2009)

化学プローブ開発に基づく生命プロセスの理解



- 細胞内イオン動態を可視化する
蛍光プローブの開発
- 細胞内微小領域における
各種イオンの役割を解明



緻密に制御された細胞内分子
ダイナミクスを理解

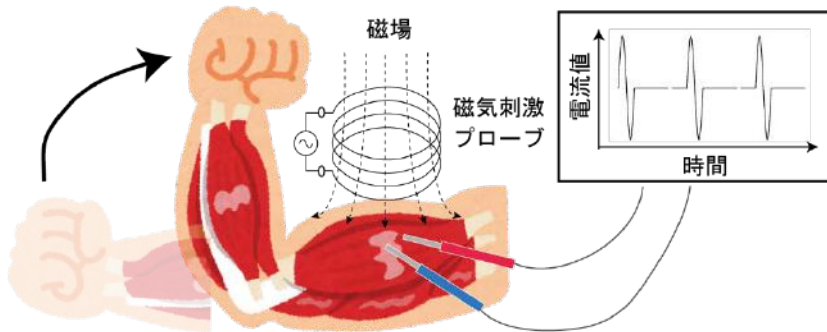
開発・推進

東北大学 多元物質科学研究所 細胞機能分子化学研究分野（水上研究室）

参考資料等

Mizukami S. (2017) Targetable Fluorescent Sensors for Advanced Cell Function Analysis
J. Photochem. Photobiol. C, **30**, 24-35.

末梢神経を対象とする磁気刺激用プローブの開発



磁気刺激による神経と筋肉の刺激



産学連携で開発された磁気刺激装置
Pathleader™ (株式会社IFG)

- 電気刺激に代わる痛みを伴わない磁気刺激装置を開発
- 強い動磁場により神経を刺激し、筋肉を動かす
- 固有受容性感覚を脳に伝える
- 衣服の上からでも刺激が可能
- 麻痺患者のリハビリテーションに効果的
- 電磁場数値解析を用いて磁気刺激に最適なプローブの設計

開発・推進

東北大学流体科学研究所高木・小助川研究室

参考資料等

高木敏行ら, 「連続磁気パルス発生装置」, 特許第5893689号
 八島建樹, 高木敏行, 出江紳一, 小助川博之, 森仁, 阿部利彦, 多サイクルパルス磁場型磁気刺激装置の開発, バイオメカニズム学会誌, Vol.39, No.3 (2015) 163-168.

機能性材料を用いた小型機械・デバイスの開発



形状記憶合金や 新しい複合材料を用いた 既存機器の小型化

- ・ サイズダウンによる原材料の節減
- ・ 小型化・軽量化による省エネルギー化
- ・ 生体への負担を軽減する小型医療機器

研究協力



開発・推進

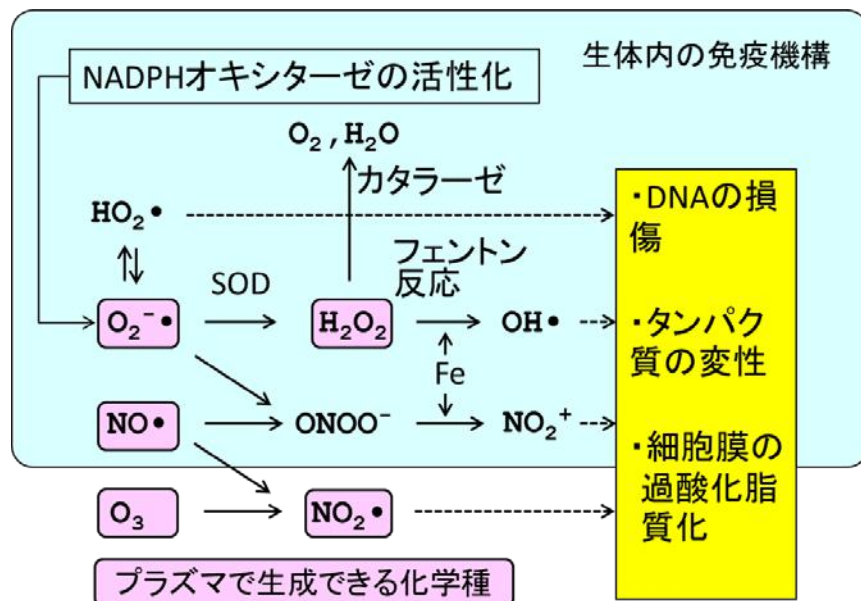
東北大学 流体科学研究所
学際科学フロンティア研究所
多元物質科学研究所

高木敏行 教授
三木寛之 准教授
大塚 誠 准教授

参考資料等

High-Performance Thermomagnetic Generators Based on Heusler Alloy Films, Advanced Energy Materials, Volume 7, Issue 5, (2016), 1601879-1-1601879-7. DOI: 10.1002/aenm.201601879

生体内免疫系を補完するプラズマ殺菌法の開発



- 生体内免疫系で発生するスーパーオキシドアニオンや一酸化窒素，過酸化水素に加え，生体内では生成しないオゾンや二酸化窒素をプラズマで生成し作用させることで病原性微生物の殺滅を効率的に行う。
- 家庭や高齢者施設，公共施設，飲食店等において，簡便な殺菌法として利用されれば，新型インフルエンザや食中毒，院内感染性の予防に大きく貢献することが期待できる。

開発・推進

東北大学流体科学研究所 生体ナノ反応流研究分野 佐藤(岳)研究室

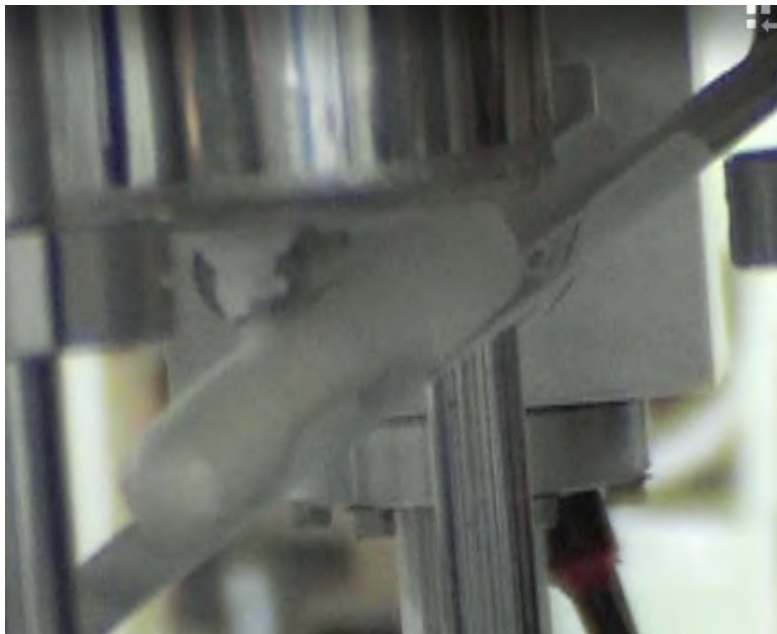
参考資料等

Takehiko Sato, Osamu Furuya, Kei Ikeda, Tatsuyuki Nakatani, Plasma Process. Polym. 5 (2008), 606–614.

Takehiko Sato, Takashi Miyahara, Akiko Doi, Shiroh Ochiai, Takuya Urayama, Tatsuyuki Nakatani, Applied Physics Letters 89 (2006), 073902.

佐藤岳彦，古居剛，五十嵐敬，特許第4881249号（登録日：平成23年12月9日）

極低温微細固体粒子噴霧を用いた希少細胞のガラス凍結



微細固体窒素粒子噴霧を用いたA549がん細胞のガラス凍結

- 一般的な液体窒素への浸漬のみを利用した細胞凍結法よりも、**高い細胞生存率解凍**が可能な希少細胞の高速ガラス凍結保存システムを新たに開発した。
- 細胞低損傷型ガラス凍結の手法として、**極低温微細固体粒子噴霧**を用いた超高温流束急冷法を採用した。
- 本研究により、**細胞内氷晶規模縮小と凍結保存剤等不純物の混入を極力減らすことが可能**となり、低損傷・高生存率の細胞凍結保存技術の確立が可能となる。



- **細胞の中でもきわめてデリケートなヒトiPS細胞を含む希少幹細胞の高速ガラス凍結保存技術に適用**することで、解凍時における細胞生存率向上のメリットが特に現れると考えられ、卵子・精子の低損傷型凍結保存技術に展開することも可能と考えられる。

開発・推進

東北大学流体科学研究所 附属未到エネルギー研究センター 石本グループ

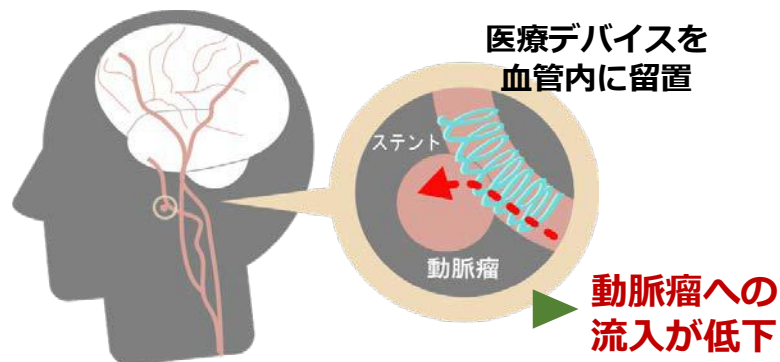
参考資料等

石本「成分極低温微細固体粒子連続生成装置、および、その一成分極低温微細固体粒子連続生成方法」
特開2015-2221 (P2015-2221A) 特許第6153110号 (P6153110)

Jun Ishimoto, Vitrification of Biological Cells Using a Cryogenic Fine Solid Particulate Spray, *Interdisciplinary Information Sciences* (2017) DOI 10.4036/iis.2017.S.01.

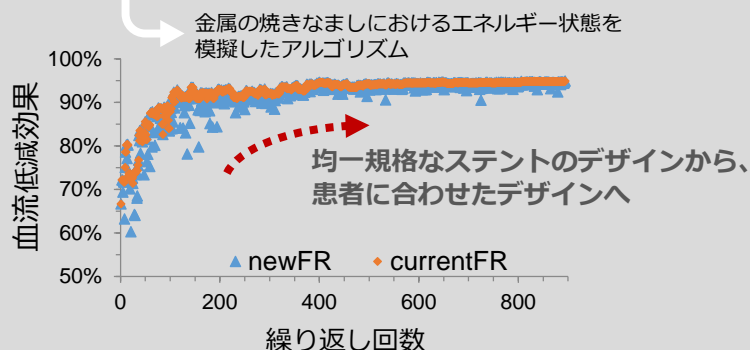
Jun Ishimoto, Innovative glass freezing technologies of biological cell using cryogenic solid particulate spray, *Cryobiology*, Vol.71, Issue 3 (2015) P.548, ISSN 0011-2240, DOI 10.1016/j.cryobiol.2015.10.046.

メタヒューリスティクス*を用いた医療機器最適化

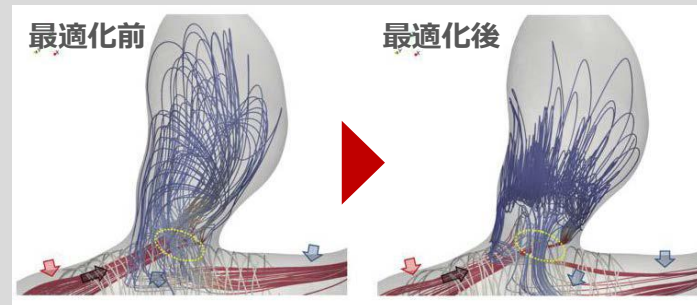


- 脳動脈瘤の破裂は重大なQOLの低下をもたらす(高い死亡率、重度～軽度の後遺症)
- 血管内治療のためのインプラント開発のため、CFD(数値流体力学)解析を用いて、「生体に優しい」最適な形状を探索する
- 複雑な医療機器開発をサポート

e.g.) 疑似焼きなまし法によるステント最適化



最適化により**28%の効果改善**(平均血流速度の減少)



*組合せ最適化問題のアルゴリズムにおいて、特定の計算問題に依存しない手法

開発・推進

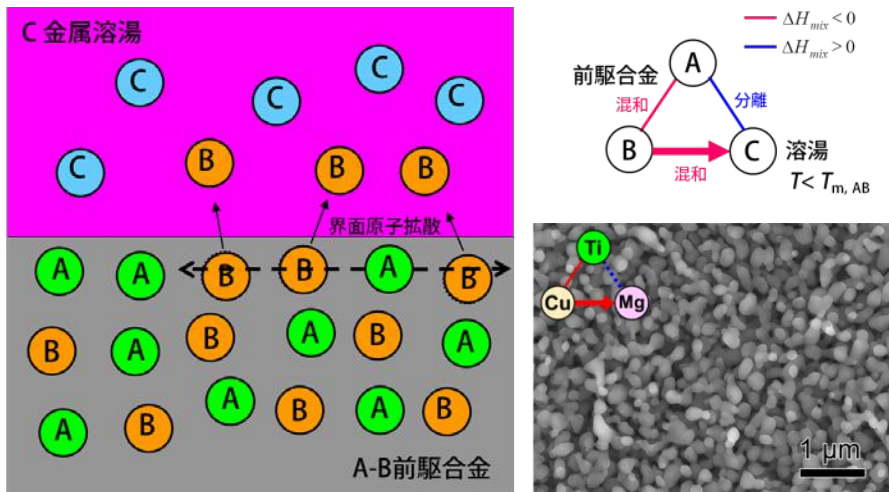
東北大学 流体科学研究所 太田研究室

参考資料等

- I. Mingzi Zhang, Hitomi Anzai, Bastien Chopard, Makoto Ohta, Towards the Patient-specific Design of Flow Diverters made from Helix-like Wires: 1 An Optimization Study, *BioMed. Eng. OnLine*, (2016), 15(Suppl 2):159
- II. Hitomi Anzai, Makoto Ohta, Jean-Luc Falcone, Bastien Chopard, Optimization of flow diverters for cerebral aneurysms, *J. Compt. Sci.*,3 (2012) pp. 1-7]

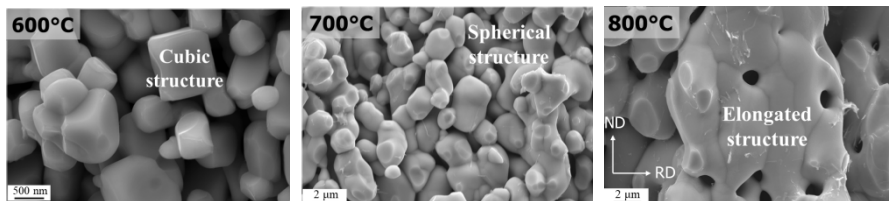
金属材料のネオバイオプロダクション

金属液体中の脱成分反応に伴う多孔質金属の自己組織化



- バイオプロセスを模した新しい金属の製造・再生プロセス
- バイオプロセス自体を融合した新しいメタルプロセス
- 低エネルギー原子拡散による自己組織化の応用
- 外的因子による自己組織化反応・形態の制御

超格子化を用いた形態制御 (FeCoの例)



開発・推進

東北大学金属材料研究所非平衡物質工学研究部門加藤研究室

参考資料等

加藤秀実ほか「金属製造方法および金属部材」特許第5678353号 (2015.1.16)
 加藤秀実ほか「卑・半金属およびそれらの合金によるオープンセル型ポーラス材料の開発」
 まてりあ第52巻第8号395-403 (日本金属学会)

研究・実践集



C ネオバイオレメディエーション・技術開発

- C-1 アブラナ科植物を利用したファイトマイニング
- C-2 微生物進化機構の活用技術の開発
- C-3 植物共生微生物による温室効果ガス発生削減

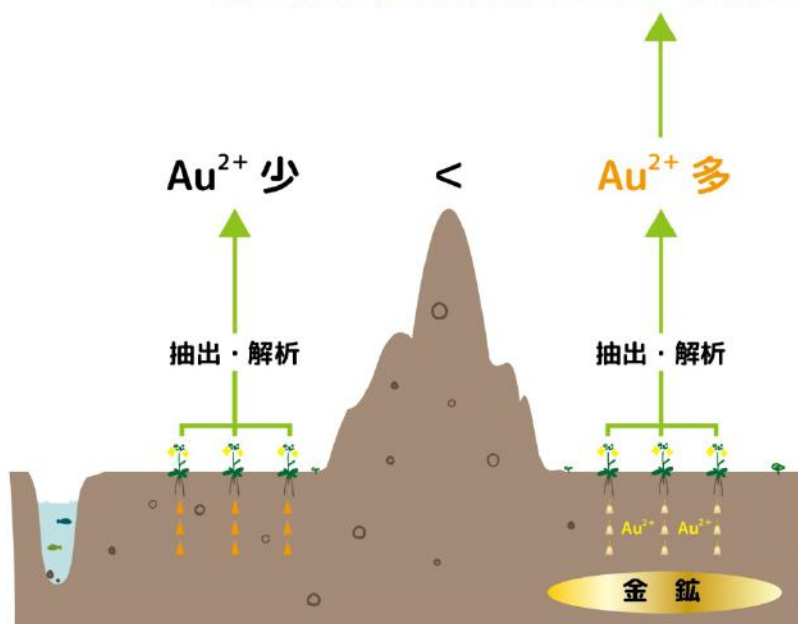
アブラナ科植物を利用したファイトマイニング



アブラナ科植物

様々な金属イオンを土中から吸い寄せ、蓄積する力が他の植物種より強い

地下に金鉱脈が存在する可能性



アブラナ科植物を用いたファイトマイニングの例

- アブラナ科植物の大量遺伝子、発現解析実績
 - 金属イオン吸収、貯蔵、利活用メカニズムの解明
 - アブラナ科植物を利用したファイトレメディエーションを超えるファイトマイニング
- 植物体内に吸収された金属イオン分子種の解析から環境修復、貴金属イオン分子種の存在レベルの調査の可能性

開発・推進

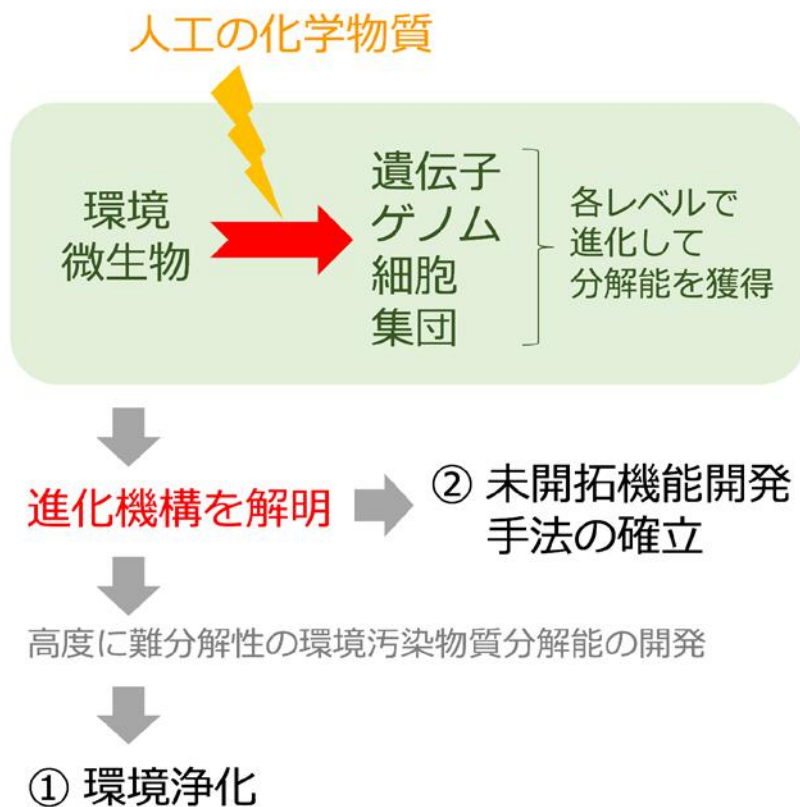
東北大学 生命科学研究科 植物分子育種分野 渡辺グループ

参考資料等

Osaka et al. (2013) Cell type-specific transcriptome of Brassicaceae stigmatic papilla cells from a combination of laser microdissection and RNA sequencing. *Plant Cell Physiol.*, 54: 1894-1906.

Matsuda et al. (2015) Transcriptional characteristics and differences in *Arabidopsis* stigmatic papilla cells pre- and post-pollination. *Plant Cell Physiol.* 56: 663-673.

微生物進化機構の活用技術の開発



- 微生物進化機構を理解し、新規機能開発に応用する技術を開発
- 高度に難分解性の環境汚染物質を分解する酵素・微生物・複合微生物系を創製
- 難分解性の人工化学物質による環境汚染は未だ大きな社会問題
- 方法論は他の未開拓微生物機能開発にも応用可能

開発・推進

東北大学生命科学研究科津田・永田・大坪グループ

参考資料等

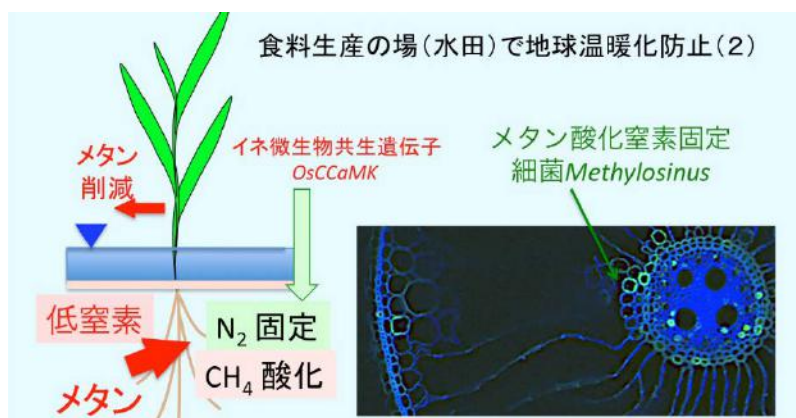
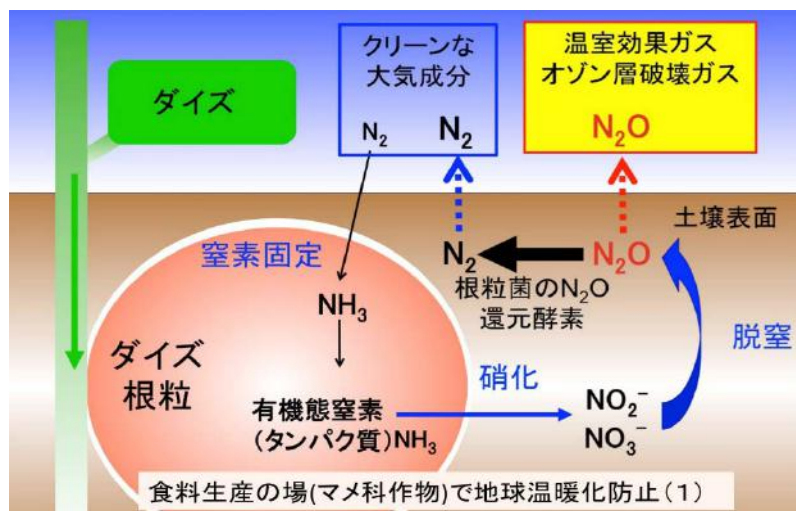
Nagata Y, Ohtsubo Y, Tsuda M. (2015) Properties and biotechnological applications of natural and engineered haloalkane dehalogenases. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99:9865-9881.

Nagata Y, Tabata M, Ohtsubo Y, Tsuda M. (2016) Biodegradation of organochlorine pesticides. Chapter 5.1.2 p. 1-30. *In Manual of Environmental Microbiology*, 4th Edition ASM press

植物共生微生物による温室効果ガス発生削減



TOHOKU
UNIVERSITY



- マメ科作物根に共生する根粒菌の N_2O (一酸化二窒素)還元酵素活性を高め、温室効果ガス N_2O 発生を削減することを世界で初めて実証。

- 温室効果ガスであるメタン発生削減をメタン酸化窒素固定細菌が行うことを証明し、その活動がイネ遺伝子に制御され、窒素施肥に依存して起こることを明らかにした。

→ 植物の微生物共生機能を生かして、温室効果ガス(N_2O , メタン)削減が可能。

開発・推進

東北大学生命科学研究科微生物共生研究室 (南澤グループ)

参考資料等

Itakura *et al.* 2013. Mitigation of nitrous oxide emissions from soils by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation. *Nature Climate Change* 3: 208-212. Minamisawa *et al.* 2016. Are symbiotic methanotrophs key microbes for N acquisition in paddy rice root? *Microbes Environ.* 31: 4-10.

研究・実践集



D 次世代育成

D-1 「生命の奇跡」の継承に向けた次世代育成



「生命の奇跡」の継承に向けた次世代育成

全国 900 件を超える
アウトリーチ
活動実績



科学への興味を醸成 次世代育成、教育



- 1道1都2府28県(150校以上)での900件を超えるアウトリーチ活動実績(東北大学トップクラス)
 - 科学技術分野の文部科学大臣表彰(科学技術賞・理解増進部門), 野依科学奨励賞受賞、仙台市教育委員会、今治市教育委員会からアウトリーチ活動への感謝状などで評価
 - 8年を超える高校生向けイベント「科学者の卵養成講座」を企画・運営・統括実績
- 「次世代育成」に向けた高いノウハウの所有と実績を共有し、若い世代を刺激可能

開発・推進

東北大学 生命科学研究科 植物分子育種分野 渡辺グループ

参考資料等

渡辺グループによるアウトリーチ活動実績(<http://www.ige.tohoku.ac.jp/prg/watanabe/work.html>)
飛翔型「科学者の卵養成講座」(<http://www.ige.tohoku.ac.jp/mirai/>).