



理学・工学の 散歩道Ⅰ

電子書籍版

埼玉大学大学院理工学研究科・理学部・工学部 広報委員会

埼玉大学総合技術支援センター 全学広報支援プロジェクト

「理学・工学の散歩道」発刊にあたって

埼玉大学大学院理工学研究科長

永澤 明

自然は「物質がつながって」システムとなつていゝるものです。その最も精緻な例が宇宙であり生命だと言えます。ですから、理学と工学は、最も簡単に言えば、「物質とそのつながり」を探求して、それらを社会に活用するものです。

われわれ人類は言葉を通じてつながりを持ち、個人が得た経験や考えを共有してきました。今から見れば、鋭い洞察もあり、間違いや失敗もありました。そのような評価も含めて、知識遺産として未来へ受け継いでいくことは、人類が生存していくために不可欠です。

大学の理工系教育では、これまでの研究で得られた基礎的な知見や原理、それらを社会に応用した技術の基本を修得します。しかし、埼玉大学では、その教育を担う理工系教員の多くが大学院理工学研究科に所属しています。理学部と工学部の教育もその教員が行つてゐるのです。

それは、大学の理工系教育が、世界規模で進んでゐる現代の最先端の科学の研究や技術開発の成果と密接に関連してゐるべきだと考へてゐるからです。

確かに、これまでに膨大な量の経験や知識が蓄積してゐます。高等学校までの教科書には、大変要領よくその基本が述べられてゐます。それらを系統的に学び、それを全部覚えれば、確かに相当な知識人になれるはずです。

しかし、われわれが未来を見るとき、答えが分かつてゐる問題や評価が定まつてゐる課題に直面するとは限りません。ほとんどに答えがありません。新しい領域には新しい原理が必要です。その解決に向

かつて、自分の能力を發揮して進んでいるのが研究者なのです。

ですから、次の世代に活躍する人材にはその姿を間近で見たいと、私たちは考えています。

そして、社会の皆様にも、私たちが大学で学生諸君と共に、何を探りどのようなに究めていこうとしているかを、知っていただきたいのです。

二〇一〇年十月から、私たちは埼玉新聞で「サイ・テクこらむ」として、教員が研究内容を毎週ご紹介しています。サイは科学、テクは技術です。この冊子は、最近までその内容をまとめたものです。「理学・工学の散歩道」としました。時間に任せて気楽に1ページずつでも読み進めていただければ、そこで理工系教員のさまざまな研究への取り組みやその方向や展望を見ていただけるでしょう。

皆様の声をぜひお寄せください。「難しくて分からない」という感想でも結構です。私たちは、「難しいけれど分かる理工学」を目指して研鑽した成果を、将来を担う人材の教育に役立てたいと願っています。

目次

1 科学・技術対話への第一歩

埼玉大理理事・副学長

(前大学院理工学研究科長) 山口 宏樹

2 結び目と数学とDNA

数理電子情報部門

下川 航也

3 次世代自動車と非接触給電

数理電子情報部門

阿部 茂

4 脳を形成する遺伝子機構

生命科学部門

弥益 恭

5 レーザーカオスで高速乱数

数理電子情報部門

内田 淳史

6 ものづくり技能伝承と脳科学

人間支援・生産科学部門

綿貫 啓一

7 水を節約する光合成

生命科学部門

是枝 晋

8 ロボットの非言語行動

数理電子情報部門

久野 義徳

9 ほしいものだけを作る触媒

物質科学部門

藤原 隆司

10 光り輝く未来めざして

物質科学部門

鎌田 憲彦

11 廃棄物利用の酸性雨対策

環境科学・社会基盤部門

坂本 和彦

12 分子からの手紙を読む

物質科学部門

坂本 章

13 水素エネルギーの貯蔵と輸送

物質科学部門

三浦 弘

14 宇宙線という来訪者

物質科学部門

井上 直也

15 環境と防災との調和

環境科学・社会基盤部門

田中 規夫

16 ナノ磁性粒子で電波吸収

物質科学部門

平塚 信之

17 幾何学の研究とは

数理電子情報部門

長瀬 正義

18 ダイヤモンドで削る

人間支援・生産科学部門

堀尾 健一郎

19 脳の性差が生じる仕組み

生命科学部門

塚原 伸治

20 最先端担う超伝導検出器

数理電子情報部門

明連 広昭

21 ヒトや車の移動と情報技術

数理電子情報部門

大澤 裕

22 光合成の恵みと温暖化再考

生命科学部門

西山 佳孝

- 23 大予言・物質の運命
物質科学部門 大塚 壮一
- 24 有機典型元素化学の展開
物質科学部門 石井 昭彦
- 25 環境のための辛抱は可能か
環境科学・社会基盤部門 吉門 洋
- 26 振動感覚と生活環境
環境科学・社会基盤部門 松本 泰尚
- 27 物質の多彩な性質と電子たち
物質科学部門 片野 進
- 28 「未来型」の魅力持つ埼玉
物質科学部門 西垣 功一
- 29 複雑形状加工の知的支援
人間支援・生産科学部門 金子 順一
- 30 カビの寿命とヒトの難病
生命科学部門 畠山 晋
- 31 電波を操る高周波回路
数理電子情報部門 馬 哲旺
- 32 シアノバクテリアと転写因子
生命科学部門 日原 由香子
- 33 「クラウド」って何？
数理電子情報部門 吉田 紀彦
- 34 分子から匂いの秘密探る
物質科学部門 長谷川 登志夫
- 35 ベンゼン誘導体を求めて
物質科学部門 木下 英典

- 36 安価な材料で高効率太陽電池
物質科学部門 白井 肇
- 37 地表面を覆う植生を科学する
環境科学・社会基盤部門 佐々木 寧
- 38 注目される希土類化合物
物質科学部門 小坂 昌史
- 39 より良い景観の在り方と形成
環境科学・社会基盤部門 窪田 陽一
- 40 燃料電池自動車の耐久性
人間支援・生産科学部門 荒居 善雄
- 41 幾何学的最適化と時間的发展
数理電子情報部門 長澤 壯之
- 42 プラズマ利用分野の拡大
数理電子情報部門 前山 光明
- 43 消化管運動と脳-腸相関
生命科学部門 坂井 貴文
- 44 先読みするロボット車椅子
数理電子情報部門 小林 貴訓
- 45 新触媒・新反応の発見
物質科学部門 千原 貞次
- 46 バイオディーゼルを可能にする研究
生命科学部門 西田 生郎
- 47 糖鎖の魅力と謎の探求
物質科学部門 松岡 浩司
- 48 「グラフェン」薄膜化への挑戦
物質科学部門 上野 啓司

- 49 地圏熱かく乱と地下水保全
環境科学・社会基盤部門 小松 登志子
- 50 水草のさまざまな働き
環境科学・社会基盤部門 淺枝 隆
- 51 トポロジジーが生む新物質
物質科学部門 今井 剛樹
- 52 材料の安全な使用のために
人間支援・生産科学部門 荒木 稚子
- 53 炭化ケイ素半導体と育む低炭素社会
数理電子情報部門 土方 泰斗
- 54 日常に隠れている数学的理論
数理電子情報部門 江頭 信二
- 55 重なりのない展開図
数理電子情報部門 堀山 貴史
- 56 セラミックスの隠れた才能
物質科学部門 柳瀬 郁夫
- 57 液胞の形成メカニズムを探る
生命科学部門 森安 裕二
- 58 身近な元素から新しい磁石
物質科学部門 本多 善太郎
- 59 細胞膜の脂質と役割の解明
生命科学部門 松本 幸次
- 60 より安全なインフラ構築
環境科学・社会基盤部門 牧 剛史
- 61 途上国の衛生支援ツール
環境科学・社会基盤部門 河村 清史

- 62 結晶の中の分子を見る
物質科学部門 齋藤 英樹
- 63 安全なものづくりのために
人間支援・生産科学部門 内山 豊美
- 64 反発し合う電子の物理
物質科学部門 佐宗 哲郎
- 65 大規模化するLSIの設計
数理電子情報部門 伊藤 和人
- 66 コンピュータ・ビジョンの発展
数理電子情報部門 前川 仁
- 67 測地線が閉じた多様体の探求
数理電子情報部門 阪本 邦夫
- 68 分子の“利き手” 見分ける
物質科学部門 小玉 康一
- 69 ウニの変態調節機構を探る
生命科学部門 末光 隆志
- 70 水素とレアアースで新たな社会
物質科学部門 酒井 政道
- 71 木造家屋の常時微動計測
環境科学・社会基盤部門 茂木 秀則
- 72 細菌の膜脂質と細胞形態
生命科学部門 松岡 聡
- 73 超精密光技術を環境計測へ
環境科学・社会基盤部門 門野 博史
- 74 教科書を書き換える基礎研究
物質科学部門 斎藤 雅一

75	人間共存型ロボットの安全	人間支援・生産科学部門	零坂 信哉
76	力の計測で運動療法を向上	数理電子情報部門	辻 俊明
77	低温物理学と超伝導現象の解明	物質科学部門	佐藤 一彦
78	ITの正しい動作と設定	数理電子情報部門	吉浦 紀晃
79	代数幾何が広く応用される時代	数理電子情報部門	酒井 文雄
80	工学の化学としての化学工学	物質科学部門	古閑 二郎
81	試験管内での分子進化	物質科学部門	根本 直人
82	行動の効率化の学習	生命科学部門	古館 宏之
83	ハイテク橋梁を目指して	環境科学・社会基盤部門	睦好 宏史
84	土壌微生物と作物の収量	生命科学部門	大西 純一

【特別編】「放射線と放射性物質」

■	悪影響と有益な役割と	物質科学部門	井上直也
■	正しい知識で冷静に対応	物質科学部門	永澤 明
■	放射線の生物に対する影響	生命科学部門	大西 純一

科学・技術対話への第一歩

埼玉大学理事・副学長（前大学院理工学研究科長） 山口 宏樹 教授



■ノーベル賞

2010年のノーベル化学賞に日本人として鈴木章・根岸英一両博士が選ばれたことは記憶に新しい。対象となった業績はクロスカップリング。テレビや新聞などでその内容がやさしく解説され、自らは変化しない触媒を使って有機化合物を炭素同士で結合させる反応であること、医薬品や液晶などに応用されていることは、今や多くの人々の知るところとなった。

■国民との対話

一方、本年6月には科学技術政策担当大臣により「国民との科学・技術対話」の推進に関する基本取組方針が公表された。その趣旨は、科学・技術をより一層発展させるためには、成果を国民に還元するとともに、

国民の理解と支持を得て、共に科学・技術を推進していく姿勢が不可欠、というものである。

背景には、「一番でなくてはダメなのですか」に象徴される事業仕分けでの議論や、概算要求「元気な日本復活特別枠」に対する政策コンテストの考え方がある。科学・技術関係施策の充実を図るためには、研究者が社会と真摯に向き合う双方向コミュニケーションの取り組みが重要である。

■元気な日本

資源に乏しい日本が人類社会に貢献する途の一つとして、独自の優れた科学・技術を築くことを考え、我が国は「科学技術創造立国」を宣言している。科学と技術の発展とそれを支える次世代人材の育成が元気な日本復活の一つの鍵を握っているとすることに異論はなからう。

・実際、ノーベル物理学賞・化学賞の日本人受賞者がこの10年で合わせて10人となったことは日本を元気にさせたし、若い人達に科学や技術への夢を与え、復活に向けた人材の底辺拡大に少なからず寄与している。

■まずは発信

このような状況の中、埼玉大学大学院理工学研究科では、基礎研究を重視しつつも、成果を社会に還元する科学と技術を目指して、研究に根ざした人材育成を進めている。

その核となるのが、200人あまりの教員が生命科学、物質科学、数理電子情報、人間支援・生産科学、環境科学・社会基盤の五分野において、それぞれに行っている科学（サイエンス）と技術（テクノロジ）に関連した研究である。

このサイ・テクこらむでは、毎回、これらの教員がその研究内容をできるだけ分かりやすく紹介する。理工学の研究成果のすべてが、人々の明日の生活や経済発展のためにすぐに役立つというものではないし、「分かりやすく」というのも簡単ではないが、まずは発信を試みることにした。

埼玉県民の皆様には、今、埼玉大学でどんな理工学研究が行われ、どんな成果が得られているかに目を向

けていただき、ご感想やご意見を是非お寄せいただき、私たちの対話への第一歩としたい。

≒10年10月27日 埼玉新聞掲載 ≒

日本人のノーベル賞受賞者

1949年	物理学賞	湯川秀樹	中間子の存在の予想
1965年	物理学賞	朝永振一郎	量子電気力学の基礎研究
1973年	物理学賞	江崎玲於奈	半導体におけるトンネル効果
1981年	化学賞	福井謙一	化学反応過程の理論的研究
1987年	生理学・医学賞	利根川進	抗体精製の遺伝的原理
2000年	化学賞	白川英樹	導電性高分子の発見
2001年	化学賞	野依良治	キラル触媒による不斉反応
2002年	化学賞	田中耕一	生体高分子の同定と構造解析手法
2002年	物理学賞	小柴昌俊	宇宙ニュートリノの検出
2008年	物理学賞	南部陽一郎	素粒子物理学で自発的対称性の破れの発見
2008年	物理学賞	小林 誠	素粒子物理学でCP対称性の破れの発見
2008年	物理学賞	益川敏英	素粒子物理学でCP対称性の破れの発見
2008年	化学賞	下村 脩	緑色蛍光タンパク質の発見
2009年	化学賞	鈴木 章	クロスカップリングの開発
2009年	化学賞	根岸英一	クロスカップリングの開発
2012年	生理学・医学賞	山中伸弥	iPS細胞の作製

結び目と数学とDNA

数理電子情報部門 数学コース 下川 航也 准教授



■ ひもの結び方研究

普段イヤホンなどで音楽を聞かれている方は、ポケットにしまったイヤホンのコードが度々絡むことに困っているのではないだろうか。実は、この「イヤホンコードが絡むこと」は、きわめて自然であることが数学的に証明されている。

このような問題を扱う数学の分野は、「結び目理論」と呼ばれていて、幾何学のトポロジーの一分野である。結び目理論では、「ひもの結び方がどれくらいあるか？」というような問題を、百年以上前から熱心に数学的に研究している。

■ 24本のマッチ棒

数学で結び方を研究する

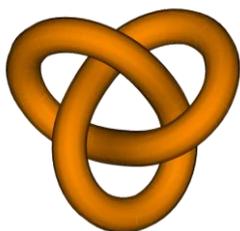


図1

ためには、解けないように右図のように端同士を繋（つ）なぐ（図1）。

このようにして得られたものを「結び目」と呼ぶ。ひもを切らずに動かして同じ形になるとき、二つの結び目は同じであると考える。同じではない結び目が無限に存在することが数学的に証明されている。例えば、次に挙げる結び目は、全て異なるものである（図2）。

結び目理論では、次のような定理が知られている。「容器の中に十分長いひもが入っていると、結び目が出てくる確率は高い。ひもの長さが長くなると、その確率は100%に近づく」

よって、ポケットの中に長いコードが入っていると、絡まっていることは自然である。逆にひもが短いと結び目を作ることは出来ない。次の定理も知られている。

「太さが1 cmのひもでは、15・66 cm以上長さがないと、結び目を作ることが出来ない」

このような問題に関連して、私の研究室では、「結び目をマッチ棒で作る際に何本必要か？」という問題を研究している。「マッチ棒が上下、前後、左右の方向だけ動けるときの、結び目を作ると最低でも²⁴本必要」ということが知られていた。私の研究室の結果は「2番目に簡単な結び目の場合は³⁰本、3番目に簡単な結び目の場合には³⁴本である」というものである。左の図はそれを実際に構成したものである³。

■ 生物学的な応用

このようなまるでパズルのような研究は、実は生物学的な応用があることが知られている。最近ではDNAやタンパク質の構造にも結び目が現れることが分かっている。DNA組み換え酵素がDNAの結び目の形を変化させる様子を解析することにより、DNAの組み換え酵素(XeE)システム等の作用を特徴付けることが出来た。

タンパク質の結び目については、「その結び目の構造を作るためにどれだけの長さが必要か」という問題が重要である。上に挙げたマッチ棒の本数の研究は、この分野にも応用がある。

《 10年11月2日 埼玉新聞掲載 》

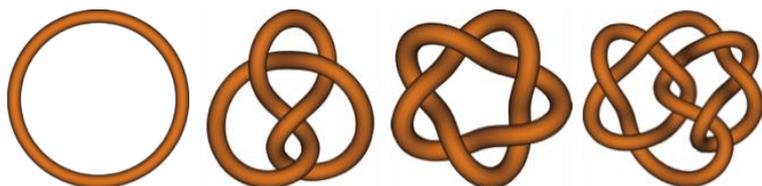


図2

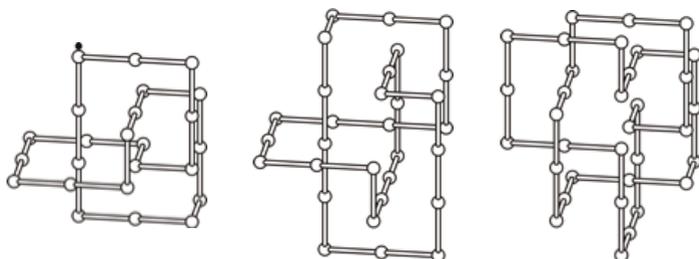


図3

次世代自動車と非接触給電

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 阿部 茂 教授

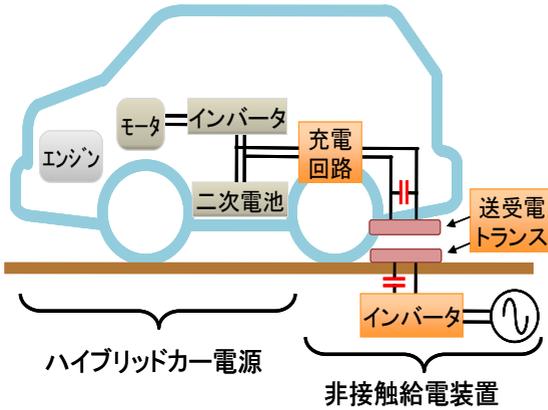


図1

家庭や町中の駐車場で充電できるプラグインハイブリッド自動車や電気自動車の販売が始まった。リチウムイオン電池は高価なため、なかなか普及が進まない。

■「ちょこちょこ」充電

電気自動車を長年研究してきた東大の堀洋一教授は、車の価格を下げるため電池を小容量にして「ちょこちょこ充電」することが重要と指摘している。例えばスーパーの駐車場や、駐車時間が平均3時間と言われる町中の駐車場で「ちょこちょこ充電しよう」というわけだ。しかし、駐車する度に充電器と車をケーブルでつなぐのは面倒だ。雨の日だとなおさらである。そこでケーブルをつながないで充電できる図1の非接触給電が注目されている。

■「Hクッキングヒーター」

非接触給電には電磁誘導方式、磁気共鳴方式、マイクロ波方式があるが、ケーブルの代わりであるので安価



で高効率な電磁誘導方式が有利である。実は台所のIHクッキングヒータが非接触給電装置とよく似ている。

IHコンロを分解すると約30kHzの交流を発生するインバータ電源とコイルが入っている。このコイルで発生する交流磁界が鉄鍋に渦電流を発生させ鍋が熱くなる。鉄鍋の代わりに受電コイルを置くと、コイルに電流が流れ非接触給電ができる。

性能は別にしてIHコンロ2台で非接触給電装置ができるので、1.5kWの電気自動車用は量産すれば5万円以下にできるだろう。

■位置すれ

電気自動車用の非接触給電装置は安価で高効率に加え、①トランス部(コアとコイル)が小型軽量で車載可能であること、②送受電トランス間の空隙が大きいこと、③駐車時に許容できる位置ずれ量が大きいことが要求される。位置ずれ量は、車の前後方向はタイヤ止め等で±5cm以下にできるが、左右方向は±15cm程度許容する必要がある。

今まで送受電トランスは、円形のコアの片側に薄いドーナツ状のコイルを配置する構造(図2左)であった。しかし、この構造では位置ずれ量が直径の約半分になると、送電コイルの発生磁束が受電コイルを全く通過しなくなり、給電ができなくなる。従って直径は位置ずれ量の4

倍以上必要で、位置ずれ±15cmで給電するには直径が60cm程度必要となる。バスでは問題ないが乗用車では車載が難しい。

■新しい構造

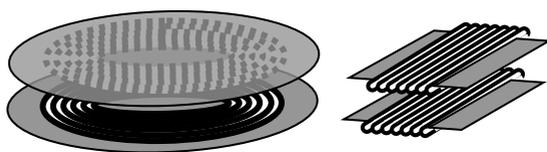
この問題を解決するため、我々は角形のコアにコイルを巻き回す新しい構造(図2右)を考えた。磁束のループは前後方向だけになるため、左右方向は位置ずれが大きくても給電可能となる。

ナンバプレートとの1.5倍の大きさ(33cm×25cm)のトランスで左右位置ずれ±15cmが可能となった。従来に比べ数分の一の大きさである。空隙は7cm〜10cmで、給電効率は電源を含め約90%である。

本装置はNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の助成金を得て開発中である。

次世代自動車技術で貢献できるよう、若い学生諸君や企業の方々と実用化をめざしてがんばっている。

《10年11月10日 埼玉新聞掲載》



従来型

新型

図2

脳を形成する遺伝子機構

生命科学部門 生体制御学コース 弥益恭 教授



私たちの脳が、運動、感覚、学習といった高次機能から呼吸、血液循環等の生命維持機能まで、多様かつ重要な働きを持つことは周知のことであるが、脳が正常に働くためには、脳の構造と神経ネットワークが整然と形成される必要がある。

ヒトから魚まで、脊椎動物の種を問わず、脳の発生過程は同じであり、発生初期に表層背側領域から管状の予定神経領域（神経管）として生ずる。神経管はさらに、前後に沿って前脳、中脳、そして後脳という構造（脳胞）に部域化し、各脳胞からは大脳・間脳、中脳、そして小脳・延髄が発生する。

■ シグナル分泌センター

脳の部域化には、神経管内に生じるシグナル分泌センターが重要な役割を果たすことが近年明らかとなりつつある。

私の研究室で注目する中脳と後脳の境界領域

(MHB)の場合、周辺神経管で中脳と小脳の形成を誘導する。一般に、脳形成には、細胞核内にある数万もの遺伝子が、特定の発生段階、胚領域で働く（発現する）必要がある、遺伝子発現を制御する核内タンパク質（転写調節因子）、分泌性タンパク質（成長因子）、そしてこれら調節分子間の相互調節ネットワークが重要となる。

私たちは、MHBを作り出す遺伝子ネットワークの解明をめざしており、脊椎動物脳形成のモデルとして世界的に広く用いられる小型熱帯魚ゼブラフィッシュを材料とし、分子生物学、発生遺伝学研究を進めてきた。

■ MHB 形成

すでに、マウス等では、Otx2 と Gbx2 という2つの転写調節因子が各々神経板の前方、後方で発現し、その発現境界にMHBが生じること、この位置で新たな遺伝子

ネットワークが活性化され、これが MHB の後期発生を制御することがわかっている。

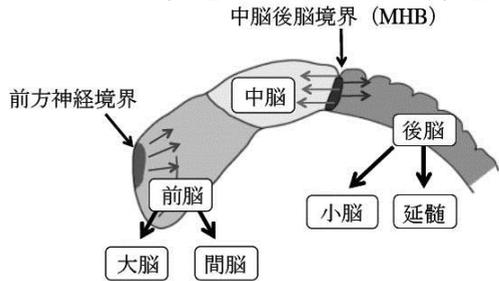
私たちは、ゼブラフィッシュより Gbx2 遺伝子を同定し、構造を決定すると共に、Gbx2 が前方の脳形成を抑制すること、Gbx2 は MHB の後期発生に必要であり、これに先立つ MHB の位置決定には類似転写因子である Gbx1 が関わること、Gbx2 タンパク質が機能と異なる複数領域から構成されていることを示した。

現在、MHB 発生における他の転写調節因子、そして繊維芽細胞成長因子 (FGF) 等の成長因子の役割についても明らかにしつつある。

■ 脊椎動物共通

MHB が中脳や小脳を誘導する際の分泌性シグナルは FGF の一種、Fgf8 であり、Fgf8 が MHB で適切な発生時期に発現することが重要である。

私たちは、染色体 DNA 上の Fgf8 遺伝子周辺に、この遺伝子を MHB で活性化する DNA 領域 (MHB エン



ンサー)を見出した。この DNA 領域に、特定の転写調節因子 (Pax2 等) が結合する (1) ことで Fgf8 遺伝子が活性化されることも明らかにした。

おもしろいことに、この DNA 領域とよく似た構造 (塩基配列) を持つ領域は、様々な脊椎動物 (哺乳類、鳥、両生類、各種魚類) の Fgf8 遺伝子周辺でも見られるが、これらの DNA 領域も MHB で遺伝子を発現させることを確認しており、脊椎動物共通の分子機構であるといえる。

■ 脳・神経疾患の病因

以上の研究で、脊椎動物で共通する脳形成遺伝子ネットワークを垣間見ることができた。

現在、大脳と間脳を誘導する別のシグナル分泌センター (前方神経境界) についても、発生を支配する遺伝子ネットワークに取り組んでおり、将来的に、脊椎動物の脳を作り出す機構を明らかにすることで、ヒト脳の働き、そして脳・神経疾患の病因等の理解に貢献したいと考えている。

《10年11月17日 埼玉新聞掲載》

レーザーカオスで高速乱数

数理電子情報部門 情報システム工学コース 内田 淳史 准教授



■ 情報セキュリティ技術

高度情報化社会において、情報を安全にやりとりするための情報セキュリティ技術の重要性は年々高まりつつある。

情報セキュリティ技術や暗号技術の信頼性は、ランダムな信号列を生成する乱数生成器に強く依存している。「乱数」とは、何の秩序も無いランダムな数字を並べたものである。現在多く用いられている乱数生成器はコンピュータで生成されるため(擬似乱数と呼ばれる)、その初期値を推定することで乱数の予測が可能になるという大きな欠点を有している。

これを改善するために、物理乱数と呼ばれる自然現象を利用した乱数生成方式が近年注目を浴びており、電子回路の熱雑音などを用いて実装されている。物理乱数は、自然ノイズを用いているために予測不可能という非常に優れた特性を有しているが、一方で生成速度

が遅いのが欠点であった。

■ 世界初

そこで本研究室では、物理乱数の問題点であった低生成速度を飛躍的に向上させるために、半導体レーザーにおけるカオス現象を用いた物理乱数生成方式を世界に先駆けて提案し、1秒間に17億個(1.7ギガビット)の高速物理乱数の実時間生成実験に成功した。

レーザーの有する高速性および不規則なカオス現象を積極的に利用することで、従来技術の10倍以上の生成速度を有する超高速物理乱数生成器を世界で初めて実現した。

2つの半導体レーザーのカオスの出力振動を光検出器で電気信号へと変換し、これをしきい値処理して論理演算を行うことで物理乱数を生成した。この乱数列に対してランダム性の統計的評価を行い、ランダム性の高い乱数であることを示した。

本研究成​​果は英科学誌「ネイチャー・フ​​ォトニクス」に発表された。

■脆弱生の改善

本成果を応用することで、情報セキュリティ技術や暗号技術の多大なる発展が期待されている。レーザーから受光素子までを一体化した光集積回路の実装を行うことで、コンピュータに超高速物理乱数生成器を搭載でき、従来よりも遥かに安全な電子商取引や情報ネットワーク社会の実現が可能となる。

加えて乱数の高速性を生かすことにより、従来の暗号方式とは本質的に異なる新しい情報セキュリティ方式や量子暗号通信の実現が可能となり、現在のインターネットの脆弱性を大幅に改善できる可能性を秘めている。

超高速物理乱数生成器の実現により、既成概念を超えた新たな情報セキュリティ技術が実用化へ向けて一気に進展する可能性が高く、高度情報化社会における安全性の飛躍的な向上が期待されている。

《10年12月1日 埼玉新聞掲載》

ものづくり技能伝承と脳科学

人間支援・生産科学部門 メカノロボット工学コース 綿貫 啓一 教授



■ 危機感

ものづくり分野では、新たな知や技の創造と活用はもちろんのこと、技能伝承、人材育成などを通じて、生活の質の向上や社会への持続的な貢献が求められています。1990年代後半より、数多くの現場を見学させて頂いており、日本のものづくり基盤技術産業における技術力の高さを感ずる一方、若い世代の製造業離れや熟練技能者の高齢化などに伴う技能伝承や人材育成への危機感も感

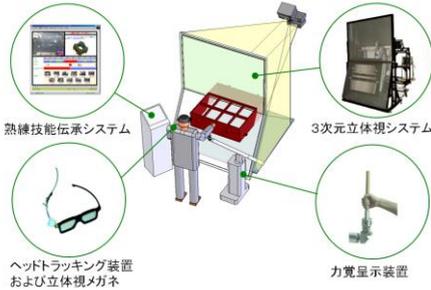


図1 パーチャルトレーニングシステム

じていました。

そこで、最先端の研究成果をものづくりの自動化や効率化に応用するだけでなく、製造現場の技術者や技能者にとって安全・安心で、もつと働きやすい環境にしたり、技能伝承や人材育成に役立てたりできないかと考え始めたのです。

■ コツや勘の体得

技術文書、ビデオライブラリ、OJT(On-the-Job Training:職場内訓練)などによる従来からの技能伝承法に加えて、知識工学、マルチメディア技術、バーチャリアリティ技術、ロボット技術、脳工学などの知見を融合させ、ものづくりのコツや勘をうまく伝え、五感を駆使して体得することができるとする技能伝承システムを開発し、埼玉県川口市内の铸件関連企業の協力を得て、ものづくり現場でも実証検証をしてきました。

■バーチャルトレーニング

ものづくりに関わる知識について、マルチメディア技術を利用して形式知と暗黙知とをうまく連携したうえで、効率的に獲得できるようにしました。

また、技能については、VR (Virtual Reality: バーチャルリアリティ) 技術による視覚情報呈示装置とロボット技術による力覚情報呈示装置などを利用して、工具や製品の重量感や触り心地、音、臭い、色、温度などのような感覚を作業者自身で体験しながら、実際の現場作業を体験できるバーチャルトレーニングシステム(図1)を開発しました。

このシステムにより、ものづくり現場における数多くの作業や危険箇所を体験することができ、短期間で効果的な技能伝承および人材育成が可能になりました。

■ヘモグロビンの変化

人は脳内で情報を伝達、処理し、次の行動や反応を決定するなどの神経活動を行っています。神経活動が起こると活動神経近傍の組織では、血液中の酸素化ヘモグロビン濃度と脱酸素化ヘモグロビン濃度の比率が変化します。大脳表面におけるヘモグロビンの変化を捉え、脳の活動状態を実時間で計測でき、外部機器を制御することなどが可能です。

OJTおよびバーチャルトレーニング時の

視覚情報や運動挙動の計測、および脳機能計測(図2)を同時に行い、VR環境下と実環境下でのものづくり作業における脳活動を解明し、OJTとバーチャルトレーニングを融合した効果的な技能伝承法の確立を目指しています。

今後は、脳と機械をつなぐブレイン・マシン・インターフェイス技術を用いて、多種多様な「匠の技」を効率的かつ確実に

体得できるようなシステムの開発を目指しています。また、本システムが、小・中・高校生、大学生、一般の人々に対して、ものづくりへの興味を引き出すための一助となればと考えております。

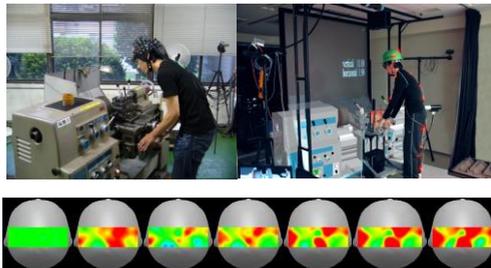


図2 脳賦活反応計測およびバーチャルトレーニングへの応用

水を節約する光合成

生命科学部門 分子生物学コース 是枝 晋 講師



最近スーパーで「アイスプラント」が野菜として売られているのを見かけるようになり、大変驚いている。この植物、日本ではもともと食用ではなく、一部の光合成研究者だけが知っている。「実験生物」だったからだ。

■ 2方式

光合成には日光が必要だ。イネやホウレンソウ、アサガオなど、通常の光合成(図 A、C3 光合成)を行う植物は、昼間に気孔を開き二酸化炭素(CO_2)を葉に取り込み、C3 回路で



デンブンやショ糖にする。一方、砂漠のような乾燥地で、気温が高く乾燥した昼間に気孔を開くと、植物は水分を失い枯れてしまう。そこでサボテンなど砂漠に自生する植物の多くは、多肉植物型有機酸代謝(図 B、Crassulacean acid metabolism; CAM)を行う。

CAM 植物は、涼しい夜間に気孔を開き CO_2 を取り込み、デンブンを分解して作ったホスホエノールピルビン酸と結合させ、リンゴ酸として細胞の中の液胞へ大量にためる。昼間は気孔を閉じ、葉内でリンゴ酸から再び CO_2 を発生させて、C3 回路でデンブンにする。このとき、リンゴ酸から CO_2 を取り出した残りのピルビン酸を、デンブンに変え葉緑体内に大量に蓄える。このようにして CAM 植物は水を節約しながら光合成をする。

■ 二刀流

ところが、C3 光合成と CAM とを使い分ける植物もある。アイスプラントもそのひとつで、土壤中の水分が不

足すると、約1週間でC3型からCAM型へと切り替わる。

私はこの植物を、C3光合成とCAMとを比較するためのモデルとして研究してきた。その結果、CAM型アイズプラント葉緑体は、C3型とは異なりグルコース6リン酸(G6P)を出し入れできることを発見した。

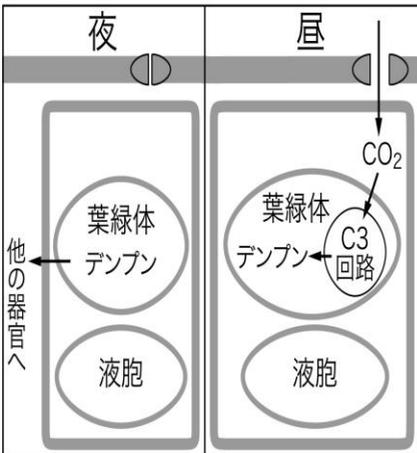
G6P はさまざまな代謝経路の交差点に位置する大切な物質だ。この能力は、CAM型の葉緑体がC3型よりも多量のデンブンを蓄えることが出来ることと関係があると考えられるが、なぜG6Pでなければならぬかは未だに謎だ。

■ **新世界**

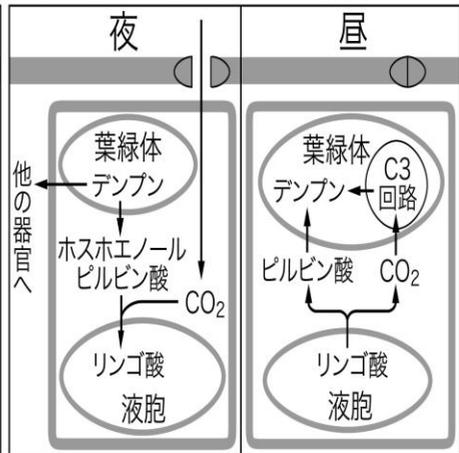
実は、植物がCAMを進化させるのに全く新たな種類のタンパク質を作り出す必要はなかった、と考えられている。例えば、植物の根の細胞は葉緑体の代わりにアミロプラストという袋を持つが、アミロプラストへG6Pを出し入れするタンパク質は、すべての植物が根の細胞には持っている。アイズプラントはCAM型になるとこのタンパク質を葉でも使うようになるわけだ。植物は、すでに持っていたタンパク質の使い方を変えることで、乾燥地という新たな世界に進出するという能力を獲得したのだ。

《10年12月15日 埼玉新聞掲載》

A. C₃ 光合成



B. 多肉植物型酸代謝 (CAM)



ロボットの非言語行動

数理電子情報部門 情報システム工学コース 久野 義徳 教授



■ アイコンタクト

レストランで注文するときのことを考えてみよう。声を出して呼ぶより、係の人がこちらを向いたときをもらえて目を合わせ、そして手を少し上げれば、係の人が来てくれることが多いと思う。このように人間同士のコミュニケーションでは視線、表情、ジェスチャーなどの非言語（ノンバーバル）行動が重要な役割を果たしている。今後、身の回りにロボットが増えてくるだろうが、人間とスムーズにコミュニケーションを行うためには、ロボットでも非言語行動の利用が重要になってくる。

■ コミュニケーション方法

そこで、人間とロボットの非言語行動を交えたコミュニケーションについて研究している。人間同士がどのように非言語行動を使っているかを知る必要があるので、社会学のエスノメソドロロジーという人間の行動を調べる分野の専門家の本学教養学部の山崎敬一教授と共同研究を

行っている。

共同研究は以下のように進めている。まず、実際に高齢者介護施設や美術館・博物館に行き、介護士と高齢者やガイドと訪問客の間のコミュニケーションの様子をビデオ撮影して、人間の行動を社会学の手法で分析する。そして、分析結果に基づいて人間の非言語行動を認識して適切な非言語行動を示すロボットを開発する。最後に、そのロボットと人間のコミュニケーションの様子を、再度、社会学の研究者と共同で分析することにより、ロボットを評価し、問題点を検討する。

■ ガイドロボ

このような方法により、まず、聞き手を引き付けて説明のできるガイドロボットを開発した。人間同士の行動の分析から、人間のガイドは話の切れ目で聞き手を振り向き、聞き手が話についてきているかなどの様子を確認しながら説明していることが分かった。そこで、聞き手

の顔をカメラ画像からコンピュータで認識して、話の切れ目でその方向に振り向くロボットを開発した。

実際に倉敷市の大原美術館でゴーギャンの名画をこのロボットに説明させる実験を行ったところ(写真)、話の切れ目でロボットが振り向くと、聞き手は人間のガイドの場合と同様に、頻繁にうなづくことが分かった。

■ 介護ロボ

次に、現在、介護ロボットを開発している。高齢者施設で高齢者が用のあるときにどのように介護士を呼ぶかを調べると、最初にレストランの例で述べたのと同様に、介護士が自分の方を向くのに合わせて視線を合わせることが多いことが分かった。

そこで、ロボットの方を向いた人をカメラ画像からコンピュータで検出して、そちらに顔を向けることによりアイコンタクトを行うことのできるロボットを開発している。用があるとき目を合わせれば来てくれるロボットである。

これからの時代に、親しみやすく使いやすいロボットが身の回りで人間を支援してくれるようになることを目指して研究を進めている。

《 10年12月22日 埼玉新聞掲載 》



ほしいものだけを作る触媒

物質科学部門 基礎化学コース 藤原 隆司 准教授



触媒は一般的にはそれ自身は反応の前後で変化せず、化学反応の反応をはやめる物質をいう。2010年のノーベル化学賞は日本人二名を含む、パラジウム錯体を触媒に用いたクロスカップリングの研究に対して与えられた。この錯体とは金や銅、鉄などの金属原子を中心に、他の分子やイオンが規則的に結合したものの名称である。錯体は触媒の他に様々な材料や、赤血球の中のヘモグロビン(鉄の錯体)に代表されるように生体内にも存在する。本稿では我々の研究室のテーマの一つである、ほしいものだけを作る触媒の働きをする錯体について簡単に紹介する。

まず、ごく単純なアセチレン($\text{HC}\equiv\text{CH}$)を二つ、炭素原子同士をつなげて輪にするとベンゼンになる。次にアセチレンの水素原子をいろいろな原子団(置換基と呼ばれる)に変えたアルキン類と呼ばれる化合物を用いると、

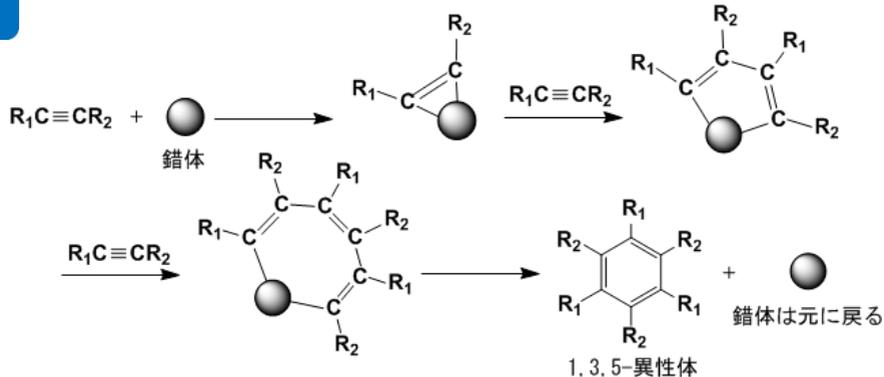
二種類の化合物が生じる可能性がある。反応で混合物が生じると工業的には分離する工程が増えることで時間や手間がそれだけかかるため、実用度が下がる。触媒のはたらきには「反応速度をはやめること」や「高収率で化合物が得られること」だけでなく「ほしいものだけを作ることも必要である」う。手間を減らして余分なエネルギーを消費せずにほしいものだけを作り出すことは、グリーンケミストリーの考え方にもつながる。

我々はある錯体を触媒として用いると、片方の化合物のみが高収率で得られることを見いだした。この反応で得られる1,3,5-異性体と呼ばれるベンゼンの誘導体は工業的に重要なものが多い。この反応は、まず出発物質の炭素原子が錯体の中心金属原子に結合することで始まる。さらに順序よく炭素・炭素原子がつながっていく、最後に三つの分子が輪になると、錯体自身は離れて元に戻るという触媒としての働きをしている(図)。このよう

な触媒としての働きは金属イオンの電子の状態や錯体の構造などをデザインして作り上げていくことで可能となる。いろいろな化合物を自分の手で作ることは、子ども頃にブロックのおもちゃでいろいろなものを作っていた時の楽しさと同じものを感じる。それが役に立つ化合物であるならさらに喜びも増える。

最後に本稿で紹介した研究は、本学大学院理工学研究科博士後期課程の松浦正俊君、理工学研究科物質科学部門の永澤明教授と共同で行っている研究であることを記しておく。

《11年 1月12日 埼玉新聞掲載》



目次へ

光り輝く未来めざして

物質科学部門 機能材料工学コース 鎌田 憲彦 教授

■多才(彩)な可能性

インターネットで世界を結びつけている立役者は、ガラスファイバーの中を走る光である。白色LEDランプが広まり、ディスプレイはより薄く…

各種産業、バイオ・医療などの広範な領域で、光を用いた科学技術の進展はめざましい。それでもまだ、光の持つ可能性は一部が利用されているに過ぎない。21世紀は多彩(才)な光の輝く時代とも言えよう。

物質と光の関わり方は、今では原子・分子の世界の根本原理を基に理解できる。この立場から、より優れた機能材料を生み出し、新たな発光・受光素子の可能性を拓く試みが続けている。

■高効率化を阻む犯人

発光材料の効率を高めるには、光を生み出す過程を邪魔する犯人(結晶欠陥などの非発光再結合準位)を特定して検挙する必要がある。

2つの波長の異なる励起光を組み合わせて、試料からの発光の強度変化を系統的に調べる手法(2波長励起フォトルミネッセンス法)により、犯人を非接触・非破壊で定量測定することに初めて成功した(1995年)。

犯人がわかれば、その混入を減らすための指針が得られ、作製法の最適化が可能となる。こうした地道な努力が、省エネ、高い信頼性とコストパフォーマンスなど、発光素子の可能性を拡大する原動力となっている。

■新たな発光・受光素子

理化学研究所と共同で高品質な結晶成長技術を開発し、波長260 nm帯LEDの光出力で世界No.1を達成した(2008年)。省エネ、小型の殺菌光源は、洗浄・加工やバイオ応用など多くの分野から期待されている。

また、有機分子を70 nmほど塗布し、赤、緑、青3原色の分離検出性に優れた光検出器や、原料溶液の混合



で任意の発光色を生み出す有機EL素子を実現した。
 さらにゾル・ゲル法を用いて、希土類添加蛍光ガラスとその共鳴エネルギー移動過程、蛍光体の高信頼化の研究も進めている。

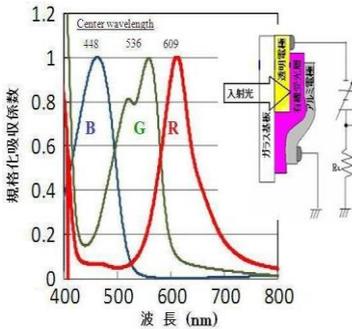
肩に担ぐプロ用カメラが携帯並みになったり、電子ブツクや太陽電池が折りたたんで持ち運べるようになったり・・・考えるだけで楽しくなつてこないだろうか。

■ 埼玉オプトビレッジ構想

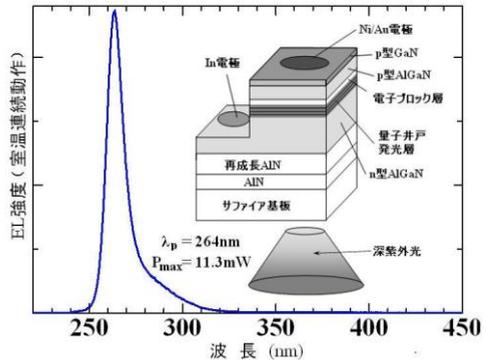
埼玉県は卓越技術を持った光関連企業の集積度が高く、埼玉大学は埼玉オプトビレッジ構想での知的中核としての期待も背負っている。これまで埼玉オプトプロジェクト、オープンフォトニクスセミナー、ものづくり未来人材カレッジなど、地域の産学官連携に参画しており、今後も独創的な研究と人材育成の両面から、地域の活性化、世界への発信を進めていきたい。より人にやさしく、高機能で、人類社会が光り輝く未来を実現するために。

《 11年 1月 19日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



波長選択性に優れた塗布型有機薄膜の吸収スペクトル



深紫外発光ダイオード(DUV-LED)とその発光スペクトル

廃棄物利用の酸性雨対策

*環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 坂本 和彦 教授



中国は世界最大の人口を抱え、世界最大の石炭消費国であり、温暖化ガス排出国である。経済発展に伴う大気汚染と酸性雨の防止には、石炭由来の硫黄酸化物排出抑制が重要である。大都市部では硫黄含有率の高い石炭の直接燃焼禁止、クリーンな燃料、天然ガスへの転換などが進められている。

■BB(バイオブリケット)

しかし、内陸の農村部などでは、豊富な石炭資源の活用、経済的な課題、未発達な物流機構から、クリーン燃料への転換は容易ではない。中小工場や民生用の用途としてより安価な石炭クリーン燃料化技術が必要である。また、その技術は、新たな産業、雇用や経済的利益の創出がなければ、現地化されない。

私たちはこれらの点を考慮し、多くの共同研究者とともに中国西南部の酸性雨地域などをモデルとして、安価な低品位石炭や未利用廃棄石炭のクリーン燃料

化、「バイオブリケット(BB:バイオマス廃棄物を含む成型炭化)技術を開発し、重慶、成都、中国北部の鞍山で、実用化試験を実施してきた。

■クリーン燃料化

農林業廃棄物として、オガクズ、稲藁や麦藁などの植物性バイオマスがある。これらをうまく使って、燃焼時に大量の硫黄酸化物を排出する低品位石炭のクリーン燃料化を研究した。

大気中に放出された硫黄酸化物は最終的には硫酸に酸化され、まさに酸性雨の主要原因物質である。そこで、価格の安い、あまり利用されていない硫黄を多く含む粉末状石炭に燃焼時に発生する硫黄酸化物を固定する消石灰(硫黄固定剤)と、粉碎した植物性バイオマス廃棄物を2、3割混ぜ、高圧で固めて、BBを作った。

■ 激減

バイオマスが優先的に燃焼して、BB内部にクラックが生じ、未反応の石炭と酸素(O₂)との接触が向上し、バイオマスが残した鉱物質が酸化促進の触媒作用を示すため、燃焼効率が著しく向上する。

このBBは原炭を燃焼させる場合に比べて、8、9割の硫黄酸化物と2割程度の二酸化炭素の排出を減らす。また、バイオマス廃棄物の添加は燃焼性に加えて、強度を上げ遠距離輸送を可能にし、経済性も向上させる。

このような性能から、日本の資金援助等で試験プラントが中国に作られた。

■ 土壌改良

また、酸性雨による土壌酸性化が進んでいる地域では、BB燃焼灰に残存する消石灰による酸性土壌の中と草木灰による栄養塩の供給が可能である。



酸性土壌へBB燃焼灰と家畜堆肥を同時施用すれば、灰中の有害金属の影響を受けることなく、市場性の高い農産物を収穫できることが分かった。

写真は、酸性土壌そのもの(コントロール)、それにBB燃焼灰を加えたもの、さらに家畜堆肥を加えた場合の二十日大根の栽培実験の結果である。

■ サイクル

ゼロエミッション水生植物は、富栄養化してしまった湖沼や河川から窒素やリン化合物を、大気中から二酸化炭素を効率よく吸収し、生長する。よって、それをバイオマス原料としてBBを作れば、大気汚染・酸性雨対策、酸性土壌の改良、富栄養化湖沼・河川の水質改善、温暖ガスの排出抑制が可能である。

廃棄物をほとんど発生させない循環型総合環境保全対策のサイクルが完結する。

《11年1月26日 埼玉新聞掲載》
* 現・埼玉大学名誉教授 埼玉県環境科学
国際センター総長

そのもの、それにBB燃焼の灰を加えたもの、BB燃焼の灰を加えたもの、家畜堆肥を加えた場合の二十日大根の栽培実験結果

分子からの手紙を読む

物質科学部門 基礎化学コース 坂本章 准教授



■ 分子からの手紙 ～ 分子分光学 ～

分光学は、文字どおり光をその波長(色)で分ける学問であるが、もう少し具体的には、光と物質の相互作用によつて生じる光の強度やエネルギーの変化から、その物質の原子や分子の構造を調べる学問と定義できる。

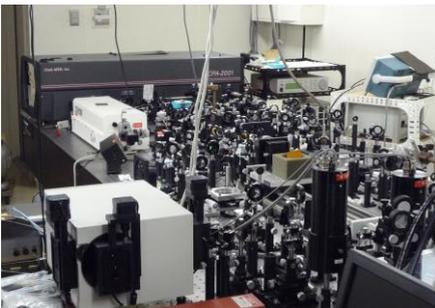
分子の世界は極微の世界であり、どんな顕微鏡を使っても動きまわる分子の姿を、直接見ることは今のところ難しい。そこで、分子が光に託して私たちに発信してくる「スペクトル」光のエネルギー(振動数)に対する光の強度分布と呼ばれる“手紙”を解読(解析)することで、私たちは間接的に分子の姿をとらえることが可能となる。

■ 分子のスナップ写真

暗闇でストロボをたいて写真を撮影すると、ストロボが光った瞬間のスナップ写真が撮れる。分子のスナップ写真つまり“ある瞬間の”分子からの手紙(スペクトル)を測

定して、分子が時々刻々変化していく様子を観測するために、ナノ秒(10億分の1秒)、ピコ秒(1兆分の1秒)、フェムト秒(1000兆分の1秒)といった超高速のストロボが必要となる。

近年のレーザー技術の進歩により、このようにごく短時間しか光らないレーザーが利用可能になった。私たちはそのようなレーザーを用いて、非常に寿命の短い分子(例えば光のエネルギーを吸収して励起された分子など)の測定と解析をおこなっている。



レーザーを用いて、非常に短い寿命の分子の測定と解析を行う「ピコ秒時間分解赤外・ラマン分光システム」。奥の箱がレーザー光源

■ 機能性物質科学への応用

有機E1素子や有機太陽電池のように電荷の移動をもたせて機能を発現する物質では、光による励起状態だけでなく、電荷を持った状態(ラジカルイオンなども重要な役割を果たす。

一般に有機ラジカルイオンや2価イオンは、大気中では非常に不安定である。そこで、私たちは、酸素・水ともに0.1ppm(1000万分の1)以下に保たれた非常にきれいな環境を作りだし、その中でこのような不安定な分子の分光測定と分子構造の解析を行っている。

■ 浮世絵とその版木への応用

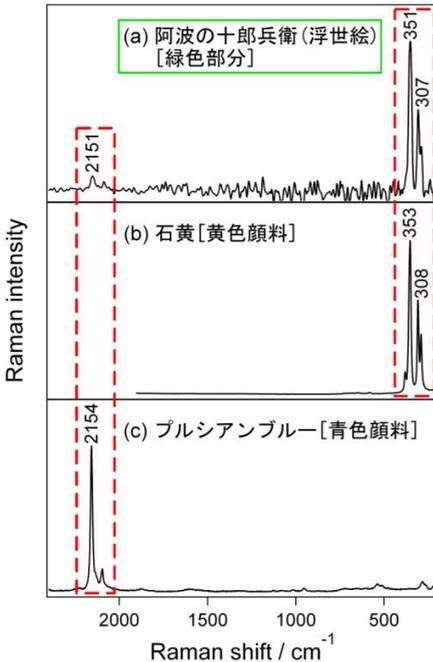
私たちは、(株)エス・ティ・ジャパンや国立歴史民族博物館と共同で、持ち運び可能なラマン分光イメージング装置の開発も行っている。

この装置は、試料に触れることなく(非接触)、また試料を壊すことなく(非破壊)、分子からの手紙(ラマンペクトル)に基づく面でのイメージングが可能である。これを用いて江戸時代の浮世絵とその版木を測定し、当時使用されていた色材を同定した。その一例を図に示す。浮世絵「阿波の十郎兵衛」(歌川国芳画、1847年頃)の緑色部分のスベクトル(図a)は、黄色顔料「石黄」(図b)と青色顔料「プルシアンブルー」(図c)のスペクトル(図c)の足し合わせとなっており、緑色は黄色と

青の混色によって表現されていたと分かった。

今後、分子からの手紙をさらに解読することで、機能性物質科学や生命科学だけでなく、文化財研究などさまざまな分野に貢献していきたい。

《 11年2月2日 埼玉新聞掲載 》



水素エネルギーの貯蔵と輸送

物質科学部門 応用化学コース 三浦 弘 教授



燃料電池システムは効率の高い発電方法として永らく研究開発が続けられてきましたが、最近になって家庭用の発電・給湯システムとして普及し始めました。さらに数年後には、電気自動車の車載発電装置として一層の展開がなされようとしています。

車載用の燃料電池は、水素を燃料とするので、水素ステーションなど、その供給システムの整備が求められます。水素は軽く、重さあたりのエネルギー密度も高いのですが、気体なので体積が大きくなりがちです。効率のよい貯蔵・輸送方法の開発が求められています。

■ 常温・常圧のOK

効率のよい貯蔵・輸送方法として、「有機ハイドライド法」という方法が検討されています。これは、トルエンやナフタレンなどの芳香族化合物と水素を反応させ、メチルシクロヘキサンなどの形で貯蔵・輸送します。水素の必要な場所で逆反応を進め、水素を取り出しトルエンを回

収します。この方法は、常温・常圧で水素を安全に貯蔵・輸送できることが特徴です。液体水素のような低温も、圧縮ガスのような高圧も使わず、高い貯蔵効率を達成できます。

メチルシクロヘキサンやデカリンなどの有機ハイドライドは、性質がガソリンや軽油に類似しているので、既存の燃料供給システムをそのまま利用できます。安全性に優れ、貯蔵効率の高い有機ハイドライドは、特に長距離輸送に強みを発揮すると考えられています。

■ 遠隔地

ところで、水素はどのようにしてつくられるのでしょうか。現在もとても経済的な水素の製造法は、天然ガスや石油などの化石燃料と水蒸気を反応させて、併産される二酸化炭素を分離して得る方法です。したがって、水素を燃やす段階では二酸化炭素を出さなくても、水素をつくる段階で温室効果ガスは発生します。

効率の高いエネルギー利用技術で、二酸化炭素の発生を減らそうというのが目的です。将来は、原子力や、風力、太陽光などから、二酸化炭素を伴わずに水素を発生することが期待されます。これらの施設は都市部から離れた土地に立地されるので、遠隔輸送に有利な有機ハイドライド法は有力な輸送手段として期待されます。

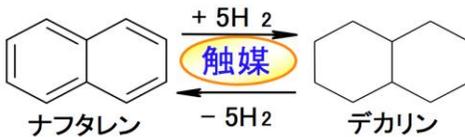
■ 高機能触媒の開発

化石エネルギーを用いる場合も、油田など掘り出した場所ので水素をつくり、二酸化炭素は油田の地下にうめ戻すことが考えられます。この場合は油田地帯から都市部までの地球規模の水素輸送が想定されます。このような遠隔輸送では有機ハイドライド法がもっとも相応しいと考えられます。

私たちは有機ハイドライド法の実現に必要とされる、高機能触媒の開発に取り組んでいます。

《 11年2月9日 埼玉新聞掲載 》

【有機ハイドライド法】

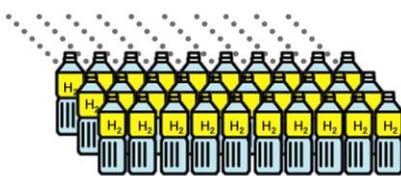


触媒の役割

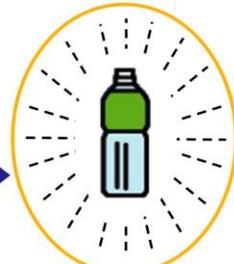
反応を高効率・高選択的に進行させるのに必要不可欠

▶ 常温・常圧で800倍の水素貯蔵が可能

例) 500mlペットボトルに換算すると…



水素ガス: 約800本



デカリン: 1本

水素エネルギーの貯蔵と輸送

宇宙線という来訪者

物質科学部門 物理学コース 井上直也 教授

■ シャワー

「宇宙線」とは宇宙からやってくる陽子などの原子核を総称したものであり、それが大気中に入ると大気原子核と相互作用を起こし、多数の二次粒子を生成する（空気シャワー）。

定期的に地上にやってくる宇宙線のほとんどはミュオンと呼ばれる粒子であり、目に見えず、体感もできないが、実は毎秒約300個が自然放射線の一部として我々の身体を通過していることは驚きではないだろうか。

超高エネルギー宇宙線に目を向けると、それは大気中で10億個にも及ぶ粒子を生成し、数百m四方に瞬間的に降り注ぐ巨大空気シャワー現象を引き起こす。

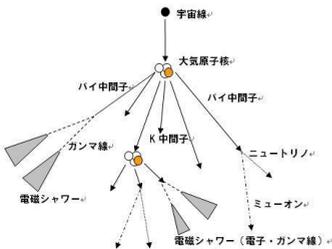
☒ そのような多数の宇宙線が雲の生成量に影響を及ぼし、高エネルギー宇宙線は稲妻を引き起こすきっかけと

なることを指摘する研究もある。

■ 5200 m高地

埼玉大学における宇宙線研究は40年の実績を持ち、その中で大きな足跡は「南米高山における宇宙線実験」である。

ボリビア・ラパス市郊外のチャカルタヤ山(5200 m)にあるサンアンドレス大学理学部宇宙線観測所 写真 において共同研究を実施し、宇宙線と大気原子核の衝突で生じる二次粒子に関連して、予想値をはるかに超える数の粒子生成が起こっていることを明らかにした。



5200 m高地の気圧は海面気圧の半分であり、



上空で起こる相互作用の情報が大气で薄められずに観測点に届くことが最大の利点であり、ノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹博士が理論予測したパイ中間子の実験的発見は、この観測所でなされた快挙であった。

有人管理のもと、長期的に実験運用できるこの最高地観測所は宇宙線実験以外にも活用されている。われわれの共同研究もサンアンドレス大学理学部との部局間学術協定のもと、研究者・留学生交流も含めて発展的に行われてきている。

■ 謎に挑戦

近年、宇宙線研究は宇宙物理学分野に広がり、とりわけ活動的な天体の姿を反映する超高エネルギー領域における宇宙線研究の発展が著しい。3年前から稼働した米国ユタ州での宇宙線空気シャワー観測(TA実験・東大宇宙線研究所他)、6年後の観測開始を目指した衛星軌道からの宇宙線観測(JEM-EUSO 計画・理学研究所他)のいずれも従来の実験限界を超えるものであり、われわれもハードウェア開発と運用、数値シミュレーション研究の面から参加してきている。

それら最新研究の詳細な解説は、この「序文」を踏み台として、詳細は理学部HPの「研究紹介のページ」にてご参照いただきたい。

科学者は宇宙の情報を持って飛来する可視光、X線、

電波などを“異なる目”測定装置”をもって観測してきた。私たちはそれに加えて、革新的な“目”を駆使して、宇宙に存在する驚くべきほど巨大なエネルギーを発する天体からの“来訪者”を観測し、その生成現場の謎に挑戦していきたい。

《 11年2月16日 埼玉新聞掲載 》



サンアンドレス大学理学部宇宙線観測所

環境と防災との調和

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 田中 規夫 教授



地球温暖化、自然災害の多発化・大型化、生物多様性の減少、水・物質循環系の変容といった水圏・生物圏の問題が複雑化・多様化している。一方、公共事業費は年々縮減されており、予算投資によりその問題へ対処するには限界が見え始めている。

■整備・保全地域

私の研究室では都市周辺部を「環境と共生する居住空間を有し、かつ氾濫流制御という視点での高度な流域対策や自然地域を備えた次世代都市域として整備・保全すべき地域である」と定義し、研究活動を展開している。

そして、その全体構想の下で、洪水・高潮・津波等の自然災害に対する緩衝・防御機能を持つ湿地・ラグーン・樹林帯をバイオシールドと定義し、その整備効果を定量評価する手法の開発と持続可能な運用方法を提案している。

■アジアでニーズ

こうした研究は、開発途上の東南・南アジアでのニーズが高い。そのため、2001年以降、多くの留学生(スリランカ6人、ベトナム3人、バングラデシュ3人、ミャンマー2人、中国2人、エジプト1人)が研究室で学び・帰国し、現場の環境問題への対処を実践している。

また、大学間協定を有するスリランカのペラデニヤ大学・モラトウワ大学・ルフナ大学とは、廃棄物の持続可能な最終処分場の設計と管理、海岸植生の津波防御効果解明とその整備・維持管理、潟湖の環境に与える人為的影響の緩和方法、に関する国際共同研究を推進している。

■生物多様性と洪水

河川では、洪水攪乱頻度の減少や強度の低下などにより、河道内に樹木が繁茂し、洪水の流下能力だけでなく、生物の多様度にも影響を与えている。また河川構

造物もその上下流の生態系に影響を与えている。河道内の生物多様性は洪水攪乱の強度、頻度と攪乱からの経過時間によって大きく変動する。そのため、中規模攪乱の重要性が認識されているが、既存の生物多様性の指標では十分に表現されていない。

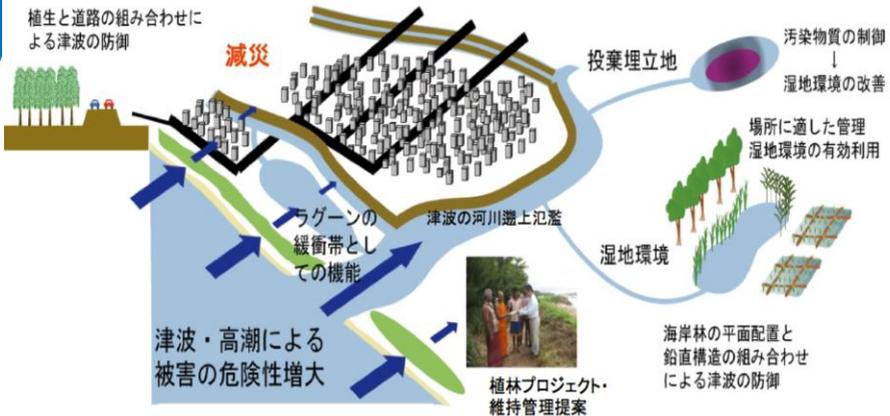
研究室では、河川内の地形や植生の破壊等の攪乱形態が生じる確率の期待値を用いた解析を行い、生物多様度の増加と相関性の高い洪水について研究を行い、河川管理に活用可能な指針作成を目指している。

■ 水辺管理

また、水圏の自然再生事業に対して、河岸植生帯や干潟に与える波や流れの影響解明という視点で水辺管理のあり方を研究している。

環境システム工学的な観点から、現象の解明だけでなく対策の立案などを通して、水圏環境と人間の相互のあり方を追求するとともに、日本だけではなく海外でも活用される技術や指針を提供することを目的としている。

《 11年2月23日 埼玉新聞掲載 》



アジア・アフリカ学術基盤形成事業「スリランカにおける湿地・植生バイオシールド工学」(田中)

ナノ磁性粒子で電波吸収

*物質科学部門 機能材料工学コース 平塚 信之 教授



■フェライトの父

フェライトは、砂場で磁石に吸い付く砂鉄(マグネタイト)のような酸化物強磁性体であり、黒板マグネットもそれでできている。

このフェライトは「フェライトの父」である旧与野市出身の文化功労者の故武井 武博士(東京工業大学名誉教授、1899年～1992年)によって発明された。その研究が埼玉大学に受け継がれている。



(図1)さいたま市中央区役所前の武井 武像と筆者)

■重要な役割

フェライト部品は、外からは見えないがテレビや携帯電話のような電子通信機器に数多く使用されており、電子産業の重要な役割を担っている。これらの機器がさらに小型・高性能化するためにフェライト部品も小型・高性能化する必要がある、100ナノメートル(nm)以下の超微粒子のフェライト粒子を作製することにした。これを用いると砂粒よりも小さなフェライト部品も作ることもできるようになる。ナノサイズとは煙の大きさと同レベルであり、いわば「煙のような磁性粉」である。

このナノ粒子を作るために噴霧熱分解法を用いた。これは原料溶液を霧状にして電気炉中に噴霧して熱分解させてナノ粒子を作製する方法である。上空の霧状の水滴が凍って雪が降ってくるイメージで作製するが、ぼたん(牡丹)雪ではなくサラサラしたスノーパウダーを目

指している。

■無害化

私達の周りには多くの電波が飛び交い、その中には有害なもの(ノイズ)もある。加えて小型・高性能化した電子機器は、内部と外部からのノイズに対してひ弱になるが磁気力によってノイズを吸収して安全・安心を保証することができる。

そのために、ナノフェライト粒子と高分子化合物を混合してフレキシブルなシートを作製し、それを機器やケーブルに貼り付けてノイズ電波吸収体として応用しようとしている。この粒子は小さいので高密度に充填して特徴を発揮させようとしている。

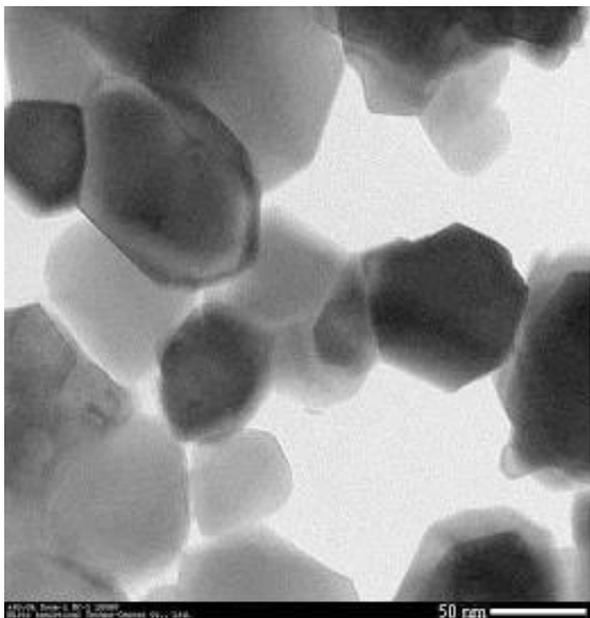
■製品化

新規なこの電波吸収体を製品化するために、経済産業省のプロジェクトとして認定と援助を受け、県内の中小企業を中心に8社(産)、埼玉県産業技術総合センター(官)と埼玉大学(学)がさいたま市産業創造財団を事業管理者としてプロジェクト推進委員会を構築して埼玉県とゆかりの深いフェライトを柱とする新たな産業を埼玉地域に創出する実用化研究開発を行なっている。

《11年3月2日 埼玉新聞掲載》

*現・埼玉大学名誉教授

(図2 ナノフェライト粒子の電子顕微鏡写真)



目次へ

幾何学の研究とは

数理電子情報部門 数学コース 長瀬 正義 教授



私達の宇宙は大きな入れ物の中にあるのでしょうか？ 想像は自由ですが、それは分かりません。分からない以上、抽象的に絶対的に存在しているとも考えて話を進めざるをえないようです。この考え方はなかなか受け入れがたく、つい、どこに？ 宇宙の外は？ と問いたくなります。数字の1、2、3、 \cdot はどうでしょう。入れ物の中にあるのか？ 数字の外は？ とは問わないようです。数字も宇宙も抽象的に存在している。慣れてしまえば何の違和感もありません。

■ 多様体

そろそろ、宇宙ではなく多様体(たようたい)と呼ばせて下さい。数学者はそう呼ぶのです。小学生の頃から円周や球面に慣れ親しんできましたが、それらも多様体、数学者にとっては宇宙です。3次元空間を曲げてできる多様体、4次元空間を曲げてできる多様体、5次元、6次元、 \cdot ：居心地の悪い話ですがそれらは存在し

ているのです。断言してしまえば、受け入れてしまえば、円周や球面と同様に慣れ親しんでしまえば、世界は開けます。もう宗教ですかね。その様々な多様体を観察し研究する、それが幾何学者の姿です。観測装置も手作りしますし、出かけていって触れてみることもあります。興味の対象は学問分野によつて様々ですが、研究方法はそれ程変わらないようです。

■ スピン

もし私達の宇宙に星も光もなく、平坦な空間が延々と広がっているだけなら研究意欲は沸かないでしょう、美しくて興味の尽きない何かがないと。幾何学者もそうなのです。美しい構造を持つ多様体には俄然研究意欲が沸きます。そのひとつ、私の出会った美しい多様体について少々お話します。

物理学者はスピンという概念をしばしば口にします。門外漢の私は「スピンはめぐる」(朝永振一郎著)などを

読んで宇宙の深遠な構造に触れた気分でした。実は、数学でもスピンを持つ多様体に出会います。魅力は圧倒的で、数学者は二十世紀を代表する大理論をこの多様体上で構築しました。

■ 自由な旅人

あるとき次のような疑問に取り憑かれたことがあります。スピンを持つこの宇宙は、小さく生まれてその後爆発的に膨らんで・物理学者はそう言います。それでは、小さな多様体が爆発的に膨張してスピンを持つ多様体となる、それはあり得るシナリオか？ 探してみると確かにあるのです。その美しい小さな多様体を私は四元数スピンを持つ多様体と呼んでいます。四元数スピンはスピンを生み出すパワーを秘めているのです。

現実の宇宙も小さく生まれたとき四元数スピンを持つていたのか、ですって？ それは知りません。開き直って生まれたばかりの宇宙なんて見たことないので分かりませんがと答えることもあります。物理学者と数学者の違いがこの辺りにあるのでしょうか。現実の宇宙に縛られることなく、幾何学者はあの宇宙この宇宙と自由に旅しているのです。

《 11年 3月 9日 埼玉新聞掲載 》

ダイヤモンドで削る

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 堀尾 健一郎 教授



ダイヤモンドは優れた物質です。よく知られているのは宝石としての用途ですが、屈折率が最も高い物質であることで光輝性に優れていることに価値が見出されていると言えます。

それ以外にも熱を最も良く伝える、専門的に言えば熱伝導率が最大の、物質なので電子回路で発生する熱を逃がす用途に使われています。

また、世の中の物質で最も硬いので、磨り減っては困るところ、たとえば細い金属線を作るための引き抜き工具などに使われています。

■トンネルから超精密まで

最硬の物質ということで切ったり削ったりする工具としても使われています。歯医者さんで歯を削る工具や道路工事のときにアスファルトを切っている刃、トンネルの穴掘り工具にもダイヤモンドの粒や粉がくっついていて速く加工するのに役立っています。

それ以外に写真にありますようにダイヤモンドで鋭い刃を作り、その工具で金属などをわずかず削る技術が実用化されています。ダイヤモンドは高価なので、数ミリ以下のダイヤモンドで刃を作り金属の塊に貼り付けて工具として使います。

携帯電話やデジカメで使われているプラスチック製のレンズは射出成形という方法で作られています。そのため金属製の型(金型)の製造に使われています。コピー機の感光ドラムなど光学部品のように超精密な部品を製造する工程でも使われています。

■ナノの世界

ダイヤモンドは大変硬い物質なので、さいころの隣り合う2面のように平らな面と平らな面を作るとその境界は鋭くとなります。人工的に作られたもので最も鋭いと言われますがどれくらい鋭いかをはかる方法はあまりありません。

以前筆者の研究室で電子顕微鏡を改造応用した装置で計ったところ、20から30 nm(1 nmは1 mmの100万分の1)であるという結果が出ました。

鋭い工具で数 μm (μm はmmの1000分の1)ずつ削るとどんな材料でもひかひか(鏡面)になります。

ダイヤモンドは炭素原子からできています。炭素と鉄は仲が良いのでダイヤモンドで鉄を削ることはできないのですが、アルミニウム、銅などの金属、ガラスなどは削れます。少しずつ削ればガラスを削っても割れたりしません。

■プラスチックで摩擦

ダイヤモンドでプラスチックも削っています。実用化されている例としては、ハードコンタクトレンズの最終仕上げではダイヤモンド工具で削っています。

プラスチックはそれほど硬い材料ではないはずですが、ダイヤモンドである種類のプラスチックを削っているとダイヤモンドが思いのほか早く磨り減ったり、刃先に小さな欠けが生じたりします。

筆者の研究室では、その理由を突き止めてダイヤモンド工具を長持ちさせる方策を考えることを現在研究対象の一つにしています。

《 11年 3月 23日 埼玉新聞掲載 》

目次へ



脳の性差が生じる仕組み

生命科学部門 生体制御学コース 塚原伸治 准教授



ヒトを含めた哺乳動物には、雄と雌(男と女)という二つの性別があり、生殖によって子孫を残す。生殖腺には精巣と卵巣があり、それぞれ特有な働きがある。例えば、卵巣では卵胞発育や排卵、女性ホルモン(エストロゲン)分泌、精巣では精子形成や男性ホルモン(アンドロゲン)分泌などである。生殖腺の機能は脳によって制御されるため、卵巣を持った雌(女性)と精巣を持った雄(男性)の脳にも性差があると考えられる。事実、脳の内部構造は部分的に性差がある。

■ ホルモン

発達途上の未熟な脳は、遺伝子による性別(雄:XX型、雌:XX型)に関係なく、どちらの性別にも分化する潜在能力を持っている。つまり、場合によっては、遺伝的にはXX型の雄であっても脳が雌化する可能性があり、XX型の雌の脳が雄化することもあり得るのである。脳の性別を決定する重要な因子はホルモンである。

ホルモンとは、内分泌器官で産生されて、血流によって標的器官まで運ばれる生理活性物質である。脳の性決定に重要なホルモンは、発達期の精巣から分泌されるアンドロゲンであり、アンドロゲンに曝された脳は雄化(男性化)する。

一方、卵巣を持つ個体や精巣を持っていても発達期にアンドロゲンが働かない個体では、脳は雌化(女性化)するのである。ホルモンの作用に依存して脳の性別が決まる現象は、脳の性分化と呼ばれる。

■ 性的二型核

性分化した脳内には雌雄で構造が異なる部位を見つけることができる。構造に性差がみられる脳の部位は性的二型核と総称され、ネズミやサルなどの動物だけでなくヒトの脳にもその存在が確認されている。我々は、モデル動物(ラットやマウス)を用いて、性的二型核の性

差が生じるメカニズムやその生理学的役割を明らかにする研究を行っている。

例えば、SDN-POAと呼ばれる性的二型核では、雄ラットにおいて雌ラットよりも大きく、より多くの神経細胞が含まれている(下図を参照)。この性差が生じる仕組みを調べたところ、発達期に発生した神経細胞の数には性差は無いが、その後、雌ラットのSDN-POAでは雄よりも多くの神経細胞がアポトーシスという現象によって死滅することが分かった。

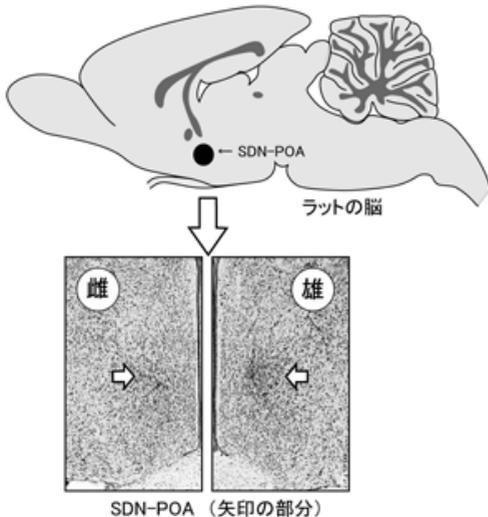
アポトーシスは、遺伝子によってプログラムされた細胞死とも言われ、様々な分子が細胞の生死に関与している。細胞死の性差を引き起こすメカニズムを調べたところ、*bcl-2*、*bax*、カスパーゼ3などのアポトーシスに関する分子に性差があり、これにより死滅細胞の数に性差が生じると考えられた。また、ホルモンによって *bcl-2* や *bax* の発現が変化することも分かり、脳の性分化におけるホルモンの働きの一端が明らかになった。

■ 男女の違い

ヒトの脳には、ラットの SDN-POA に類似する部分がある。その部分は INAH と呼ばれ、性指向性(恋愛対象としてどちらの性別に魅力を感じるかという傾向)に関係すると考えられている。また、ヒトの脳には性同一性(自己の性別に関する認識)に関係する分界条床核とい

う部分があり、男性の方が女性よりも大きい。動物の脳にも分界条床核はあり、ヒトと同様に、雄の方が大きな部分である。このように、脳構造の性差は動物だけでなくヒトにもあり、モデル動物の研究成果は、男女の脳の違い、性同一性障害や同性愛などの原因と実体の理解に役立つと考えている。

《11年3月30日 埼玉新聞掲載》



最先端担う超伝導検出器

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 明連 広昭 教授



■ リニア新幹線

液体窒素で冷却された高温超伝導体上で浮上する磁石の実験を見たことがあるだろうか？超伝導とは、特定の物質を特定の温度以下に冷却すると現れる電気抵抗ゼロの状態である。

超伝導状態の物質は、完全導電性（永久電流）、完全反磁性、磁束の量子化など、通常の導体（金属、半導体、絶縁体）にはない特徴的な現象を示す。これらの現象は、超伝導ケーブルによる低損失送電や2027年に営業運転が計画されている超電導リニア新幹線など将来の社会基盤を支える技術として応用されようとしている。

■ トンネル現象

超伝導電子対のトンネル現象（ジョセフソン効果）を示す超伝導トンネル接合はその発見者の名前にちなんでジョセフソン接合と呼ばれ、超伝導エレクトロニクスを中心

的な存在である。

ジョセフソン接合の高速なスイッチング特性や極低温下での低消費電力・低雑音動作などの特長を活かして、半導体を凌駕する高速・低消費電力なマイクロプロセッサ、高感度・高分解能検出器や高感度磁気センサなどへの応用研究が行われている。

超伝導を用いた論理回路として磁束量子（量子化した磁束）の有無を論理の2値とする単一磁束量子論理が提案され、その超高速性と低消費電力性を活かしたマイクロプロセッサやデジタル信号処理回路の研究が精力的に行われている。

我々は、超電導工学研究所の協力を得て単一磁束量子論理に基づく論理ゲート、デジタルカウンタ回路などの設計・試作を行っている。また、これらの超伝導デジタル回路を、高感度・高分解能超伝導検出器から出力信号をデジタル信号処理回路として応用する研究を行う

てい。

超伝導トンネル接合は、ミリ波、サブミリ波さらにはテラヘルツ波などの電磁波の検出に用いることができる。この領域の電磁波を観測する電波天文学には超伝導検出器は必要不可欠である。セキュリティ分野ではテラヘルツ波を用いたイメージングシステムが検討され、超伝導検出器の活用が期待されている。

高速イメージングには多数の検出器を並べた検出器アレイが用いられるが、その超伝導検出器アレイと超伝導デジタル信号処理回路を組み合わせたイメージングシステムを検討し、要素回路の試作・評価を行っている。

■医療への応用

ジョセフソン接合を含む超伝導リングは、超伝導量子干渉デバイス(SQUID)と呼ばれる。SQUIDを貫く磁束は量子化され、量子化された磁束が非常に小さな値を持つため、超高度な磁束計として応用されている。最も応用が期待される分野は医療分野で、SQUID磁束計を用いた脳磁計や心磁計が市販されている。

このSQUID磁束計の帰還方式に単一磁束量子を用い、出力信号を超伝導デジタル信号処理回路で処理することによって従来にはない高性能なデジタルSQUID磁束計システムが構築可能であり、安価なSQUID磁束計システムの普及を目指して研究を行い、デジタルSQUIDの

提案を行っている。

超伝導検出器(センサ)に超伝導デジタル信号処理回路を組み合わせることで、超伝導イメージングシステムや高性能な光子検出システム、簡便な磁気シールド室中で動作する高性能なデジタルSQUID磁束計などが可能となり、セキュリティ分野、情報通信分野、医療分野、基礎物理分野など様々な分野で活用されることを期待している。

《 11年4月6日 埼玉新聞掲載 》

ヒトや車の移動と情報技術

数理電子情報部門 情報システム工学コース 大澤 裕 教授



現在、カーナビや携帯電話を用いたマンナビは快適で効率的な移動に役立つています。これらは目的地を指定すると、距離が短い、移動時間が短い、料金が安い、などの基準で利用者に最適な目的地までの経路を探し、地図画面や音声案内で目的地まで導いてくれます。

■最適

これらのナビでは道路や鉄道などの経路や周辺施設を表わす地図と、GPSなど現在の位置を知るための装置、サービスセンターと移動体間の通信設備、最適経路を探すなど目的にあったサービス提供のための情報技術、などの要素から成り立っています。この中で、私は最後の情報技術の研究を行っています。

現在のカーナビやマンナビでは、目的地までの最適経路を探してくれますが、現在の技術でもより複雑な要求に応える検索が可能です。

例えば、目的地に行く途中でATMでお金をおろし、

レストランで食事をし、映画をみたいという移動計画を立てたとします。目的地までの途中でATMやレストラン、映画館は多数あるでしょうが、それらの中から実際に訪れるものを一つずつ探して、全体として最も移動距離や時間が短い経路を探して提示することが可能です(図)。

■探す

問題は、多数の人が様々な問い合わせを行ったとき、効率よく最適な経路を探す技術です。以上で述べた探索は一例ですが、多様な要求に応える高効率な情報探索技術が求められています。

私の1つの研究テーマは、位置に関係した情報サービス(LBS)に役立ちそうな演算を高速に実行するためのアルゴリズム(計算法)に関する研究です。

道路の混雑状況は、道路に設置されたセンサーで知ることができ、それにより得られた渋滞情報は放送の

電波に乗せてカーナビに伝えられています。更に、大量の車の現在位置やそれらの動きを知ることにより把握した道路の混雑状況も、渋滞情報として活用されています。しかしこれらは10分から20分程度過去の状況に基づいた情報です。

一方で、パトカーや消防車などの緊急自動車については、センサーで各車の現在位置をリアルタイムに把握しています。これを更に進めて、一般車両を対象として同様のモニタリングを行えば、時々刻々と変わる大量な車の動きが分かり、近未来予測を併せた渋滞状況の把握が可能になります。

■ 予測

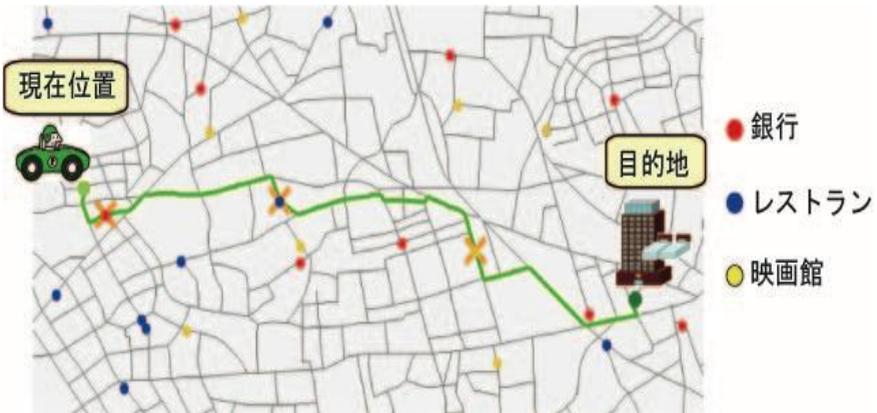
問題は、緊急自動車やタクシーのように管理する対象が少なく移動範囲が限られている場合には比較的小規模なセンサーシステムで実現可能ですが、一般車両を対象としたとき、その移動範囲が広く、かつモニタの対象となる車の数が膨大となることです。

また、一般車両の動きをモニタする場合には、プライバシー問題への配慮が重要となります。

この問題に対応するため、車の動きを的確に予測してシステムの負荷を減らすことにより大規模なモニタリングを行える方式を研究しています。

《11年 4月13日 埼玉新聞掲載》

目次へ



光合成の恵みと温暖化再考

生命科学部門 分子生物学コース 西山 佳孝 准教授



温暖化問題で何かと悪者にされている二酸化炭素(CO₂)。実は、私たち人類を含め、地球上のすべての生き物に必要な不可欠なものである。CO₂は光合成によって有機物へと姿を変え、地球上の生命を支えているから、普段何気なく吸っている酸素。実は、光合成が“かす”として出しているものだ。

■ 生命を支えるCO₂

生物の体は、水を除けば、大半が有機物から構成されている。タンパク質もDNAも糖も脂質も、炭素(C)を含む有機物である。この炭素の出どころが大気中のCO₂だ。植物や光合成微生物が大気中のCO₂を取り込み、光合成の働きによって、有機物である糖に変換する。さらに糖をもとに様々な有機物を合成する。

人類も含め動物は、光合成でできた有機物を体内に取り入れ、生きていくためのエネルギーを得たり、体を構成する様々な有機物を合成したりする。つまり、

CO₂という恵みによって地球上の生命が支えられている。

■ 酸素は光合成の“かす”

光合成がCO₂を固定して糖を合成するには、莫大なエネルギーが必要である。そのエネルギーの源が太陽光だ。光合成には、太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変える装置がある。タンパク質やクロロフィル等からなる分子集合体だが、光エネルギーをほぼ100%の効率で電気エネルギーへと変換する。電気エネルギーと大まかに表現したが、実際は様々な物質の間を次々と伝わる電子の流れのことを示す。

では、その電子をどこから取り出すのか。自然が見つけたものは、無尽蔵にある水だった。光合成は、太陽のエネルギーを使って水から電子を取り出し、電子の流れ、すなわち電気エネルギーを作っている。水は電子を失うと、酸素と水素イオンになる。つまり、光合成で発生す

る酸素は、水から電子が失われて生じた副産物、いわば“かす”のようなものだ。

■ 27億年の賜物

生命が誕生した約40億年前の原始地球。大気の成分は、おもにCO₂と窒素、水蒸気で、酸素はほとんど存在しなかった。約27億年前、シアノバクテリアという光合成微生物が海洋で誕生し、初めて酸素を出す光合成を行った。その結果、大気中に酸素が徐々に蓄積されていった。植物が現れると、大気中の酸素濃度は著しく増大し、現在の約21%に至っている。

人類を含め多種多様な生き物は、酸素を吸って生命を維持している。光合成が産み出した有機物と酸素は、まさに地球上の生命を支える賜物だ。

また、太古の植物や動物の死骸は、長い年月を経て化石資源として残った。私たちの生活に欠かすことのできない石油、石炭、天然ガスはすべて光合成の産物であり、その大本はCO₂だ。

■ 温暖化再考

昨今、CO₂濃度と温暖化が喧伝されているが、CO₂がそんなに問題だろうか。大気中のCO₂濃度は約0.04%。たしかにCO₂は温室効果ガスだが、他にもっと温室効果（1分子あたり）が高いガスがある。それは水蒸気だ。しかも、大気中の水蒸気濃度は0.1～5%と、CO₂

に比べ桁はずれに高い。つまり、大気の温室効果（約33℃）の大半は水蒸気でもっており、CO₂の寄与は極めて小さい。

最近、CO₂濃度上昇と気温上昇のタイミングが合わないデータをよく目にする。そもそも地球が温暖化しているかどうかが不明だ。比較的公平なデータを見ると、地球の気温は上がったりと下がったりと、周期的なゆらぎの中にあることがわかる。気温の変動は、太陽活動の変化や、地球の地軸の周期的変化など複合的要因によるという考え方に筆者は納得する。

ところが、世の中にはCO₂削減一辺倒で政治も経済も教育も進んでいる。CO₂を削減すればするほど、経済活動が後退することは自明だ。

問題の本質は、CO₂削減ではなく、限りある化石資源をどう有効利用するかだ。最も使いやすい石油は、今後生産量が減ってくるのは目に見えている。代替エネルギーの開発や、石油製品に代わる原材料（バイオマス等）の生産など技術革新が喫緊の課題だ。

《 11年4月20日 埼玉新聞掲載 》

大予言・物質の運命

物質科学部門 応用化学コース 大塚 壮一 准教授



■環境の中の挙動

現代では、多種多様な物質が原材料やエネルギー源として使われており、結果として環境中に放出されています。その中には、環境中に永く残留して悪影響を及ぼし続ける物質があります。PCB(ポリ塩化ビフェニル)などです。もつとも、残留せずに分解してしまえば問題がない、というわけでもありません。

炭化水素類(ガソリンの主成分)は、太陽光の作用を受けて窒素酸化物や酸素とすみやかに反応して光化学オキシダントを生成し、悪影響を及ぼします。

そういった多種多様な物質の環境影響を評価して対策をとるためには、物質が環境中でたどる挙動(運命)を知ることが必要です。

■ヒドロキシラジカル

大気中に放出された物質は、オゾンと反応したり光を吸収したりして分解することもあります。多くの

場合、ヒドロキシラジカル(OH)と反応して分解します。ですから、運命を予測(予言)するためには、ヒドロキシラジカルとの反応について知ることがまず第一に必要です。

このヒドロキシラジカルは、酸素原子1個と水素原子1個が結合した単純な構造をもつもので、水分子(H₂O)の断片とも言えるものです。大気中で多種多様な物質を分解する「大気の掃除屋さん」です。もつとも、きれいに掃除してくれるのならよいのですが、有害な物質を撒き散らすこともある、荒っぽい掃除屋さんです。

■水晶玉

運命を予言するためには、当然のことながら、水晶玉が必要です!?! もつとも、我々が用いているのは、占いや師が用いる水晶玉とは異なり、中空のものです。即ち、反応用の容器です。この容器は、水晶と同じ成分(二酸化ケイ素)からできている石英ガラスやその他のガラスで

できたものです。

この中で、さまざまな物質をヒドロキシルラジカルと反応させ、反応がどんな速さで進むのか、反応の結果どんな物質ができるのか、といったことを調べます。

■ ハイテク原料

予言の対象は、ハイテクなどで原料として使われているような、さまざまな物質です。特に、金属原子や半金属原子と炭素原子とが直接結合したような構造をもつ物質です。

これらの物質は、光化学オキシダントの原因となる炭化水素類とは異なり、今まではあまり調べられてきませんでした。我々の研究の結果、これらの物質が大気中で分解して半減するまでの時間(半減期)が予言できるようになっています。

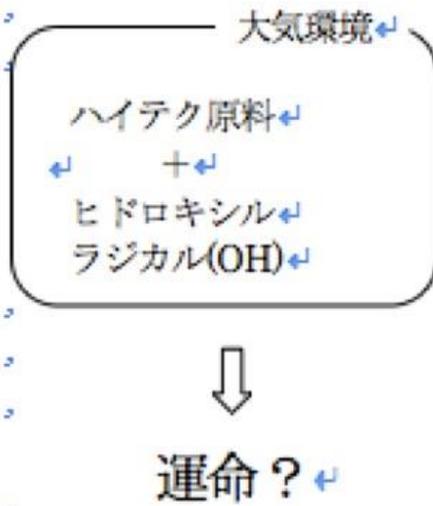
■ 転ばぬ先の杖

既に存在する物質の運命の予言は、被害が顕在化する以前に、被害が比較的小さいうちに対処する道を拓くので意義のあることですが、「半予言」であり、まったくの予言ではない、とも言えます。なぜなら、その物質のうちの過去につくられて使われたものは、環境中で既にある運命をたどっているのです、ある意味では後付けの推測だからです。

理想的には、その物質がこの世に存在しないうちから

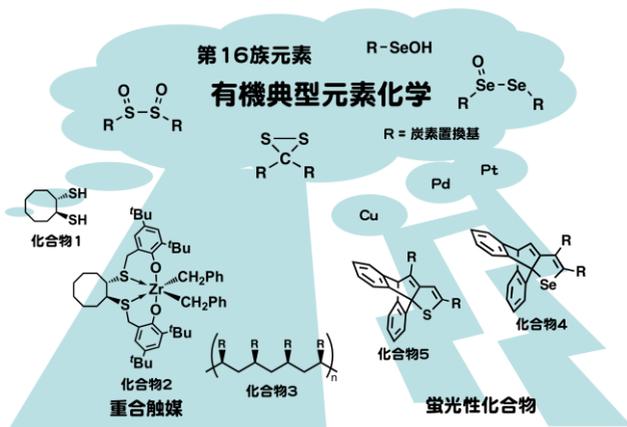
運命を予言し、問題の無い物質だけをつくって使うようにするべきです。そのために、我々は、多種多様な物質の化学構造と運命を比較考察し、まだ存在していない物質の運命を予言しようとしています。
我々の研究が「転ばぬ先の杖」となることを願っています。

《 11年4月27日 埼玉新聞掲載 》



有機典型元素化学の展開

物質科学部門 基礎化学コース 石井 昭彦 教授



百余りある元素は「典型元素」と「遷移元素」に分類される。典型元素はタンパク質や糖などの有機化合物を構成する炭素、水素、酸素、窒素、硫黄、リンなどの元素であり、有機典型元素化学はその名の通り有機化合物中の典型元素の性質を理解することを目的としている。その研究分野は、様々な元素間の化学結合の性質を解明するような基礎研究から、典型元素の特質を生かした機能性化合物の開発を目指す応用研究まで多岐にわたる。

■ 第16族元素

私の研究室では、典型元素の中でも特に硫黄やセレンのような元素(元素周期表の第16族元素)を中心に研究を行ってきた。自然界には安定に存在しない構造や結合をもつ化合物を合成し、それらの性質を調べる基礎的な研究である。

例えば、硫黄2個と炭素1個で構成されるジチイラ

ンという名前の3角形の構造や、2つのスルホキシンド基(S₂O₂基)が隣り合って位置している化合物(PC-ジスルホキシンド)の合成と単離に初めて成功している。

このような基礎研究を行う中、最近、応用研究に展開できそうな二つの面白い結果を得ている。

■桁違いの速度

一つは、隣り合った位置にチオール基(S₂H基)をもつ化合物を遷移金属に結合させて新たな化合物(錯体)を合成する研究である。シクロオクタタン-1,2ジチオール(化合物1)を中核として両端に酸素をもつ化合物を合成し、ジルコニウムの錯体(化合物2)を合成した。このような錯体がアルケン類(炭素と炭素の二重結合を持つ化合物)をポリマー化(重合)させる良い触媒になることは知られていたが、このジルコニウム錯体は従来の類似錯体と比べ桁違いの速度で重合を触媒した。

さらに、その構造上の特徴(2回回転対称性)のため生成するポリマーは主鎖に対して側鎖が規則正しく同じ側に配列していた(化合物3)。この研究成果はアメリカ化学会誌に速報として掲載されるとともに掲載号の表紙を飾った。

■蛍光量子収率100%

もう一つは硫黄やセレンを含む蛍光性化合物の合成

である。特別な置換基をもつ有機硫黄あるいはセレン化合物と白金錯体との反応により白金と硫黄(セレン)を含む環状の化合物が生成するが、これとアルキン類(炭素と炭素の三重結合を持つ化合物)との反応を検討している最中に、生成物の一つが強い蛍光を発することを発見した(化合物4)。

その後の検討により比較的簡単な経路でこの蛍光化合物(化合物5)を合成できるようになり、中には蛍光量子収率が100%の化合物も見つかっている。

■新しい有機電子材料

以上二つの研究について紹介したが、現在では中田憲男助教と13名の大学院生および学部卒研究生とともに、これらの研究が付加価値の高いポリマーの合成や新しい有機電子材料の開発につながることを目指し研究を行っている。

《 11年5月18日 埼玉新聞掲載 》

環境のための辛抱は可能か

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 吉門 洋 教授



■公害は終わった？

長年、気象と環境の関わりをテーマとしてきた。1980年代には「公害の時代は終わった」などの見解も飛び交い、汚染物質を排出せざるにうまく管理して、「環境の時代」を迎えることができるのかと思ったが、良い環境の時代はやすやすとは来ない。次つぎと深刻な問題が露見する。ついには放射性物質が漏れる事態まで起きてしまった。

今日では排出基準・環境基準の類によって汚染物質の排出が規制され、一定の限度以下にコントロールされている。しかし、事故時の排出はそのコントロールがきかないのだから始末が悪く、影響範囲の予測も難しい。

■光化学スモッグ全国一

近年の日常生活において、排出を減らして環境が改善されたとはつきり感じられるのは車や煙突から出る粒子である。特に、寒い季節に視界がかすむスモッグは

目に見えて減った。

一方、原因物質の排出が減ったのに改善が見られないのが夏期の光化学スモッグだ。埼玉県はその発生頻度において全国随一である。発生が減らない原因が取り沙汰されるが決め手がなく、解決方策が定まらない。近年、大陸で発生した高濃度気塊が風に運ばれて来る現象が知られているが、これは関東では主要な要因ではない。

■根っちはっ

光化学スモッグが減らないといつても、注意報レベルの高濃度の発生は完全に気象条件に支配されていて、曇天や雨天では問題にならない。晴れても、暑さが毎日同じではないのと同様、日によって濃度レベルは異なり、風の向きや強さにも影響され、高濃度の出現場所や時間帯は変化する。

そもそも風が強く吹き抜ける条件では高濃度汚染は

発生しにくい。埼玉県が不利な点は、関東平野の中央に位置するため、とかく空気がよどみがちであること、夏の暑さも根っこは一つである。

■ 気候温暖化に注目

今世紀に入ってから注目しているのは、気候温暖化の影響である。2010年の夏の猛暑は記憶に新しい。単に気温が高めに变化するだけでなく、晴天日が増加してきてはいないか。すると、それだけ光化学スモッグの発生が増えてもおかしくない。

また、都市域では周辺域よりも常に気温が高めになるヒートアイランドと呼ばれる現象も、気候温暖化と相補的に作用し、関東平野内の風の吹き方をも変化させていると考えられる。それらの変化が光化学スモッグの高濃度の発生頻度とどのように関係づけられるかを解析中である。

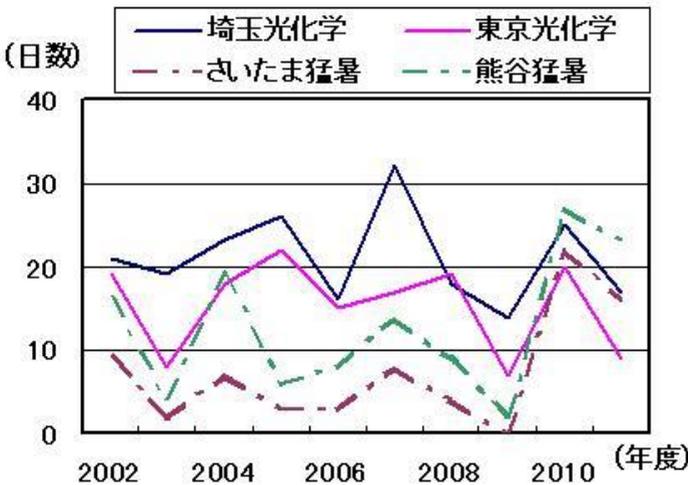
気候は年々大きく変動している中で、この解は容易には得られないが、もし温暖化が高濃度の増加に関連しているなら、温暖化対策イコール光化学スモッグ対策となるかも知れない。

■ 良い環境への道のり

気持ち良く暮らせるのが良い環境と思っていたのに、良い環境のために辛抱一筋の生活とは矛盾もはなはだしいが、今年は春先から辛抱が可能なことを知らされ

た。前途は長くなりそうである。

≪11年5月25日 埼玉新聞掲載≫



年ごとの光化学スモッグ注意報発令日数と7~8月の猛暑(最高気温 35℃以上)日数

振動感覚と生活環境

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 松本 泰尚 准教授



■ 加振源

日々の生活の様々な場面で、私たちは振動や騒音を経験しています。例として、多くの人がまず思い浮かべるのは、電車や自動車などでの移動中のことではないかと思いますが、これからの話は、みなさんが自宅に居る時に受ける振動や騒音に関するものです。

特に、自宅の外の加振源、例えば、道路を走る自動車、鉄道、工場、建設・解体工事などが原因で起こる振動について、学生さんや埼玉県の環境科学国際センターをはじめとした他の研究機関の方々と共同で行っている研究の一例を紹介します。

■ 知覚閾

自宅での振動が問題となる場合、その解決のためにまず知る必要があることは、人がどのように振動を感じているかということです。これを前提とすることで、効果的な振動対策が可能となります。

先に例として挙げた電車や自動車での移動中ですと、人はある程度振動を受けることを想定していますが、自宅に居る場合、多くの人は、地震でもない限り、自宅が振動する（揺れる）ことを想定していません。ですから、少しでも振動を感じるとそれが気になってしまう、ということが起こり得ます。

つまり、人が知覚できる振動を可能な限り発生させないようにすることが、問題解決の鍵となります。では、人が知覚できるか否かの境界（知覚閾と呼びます）の振動とはどのようなものか。このことをテーマとして、我々は研究を行っています。

■ 加速度

振動の大きさがある程度大きくなると人は振動を知覚する、というのは誰でも分かることだと思います。例えば、地震に対する気象庁の震度階級では、参考として体感と震度の対応が示されていて、震度0は「人は揺

れを感じない」、震度2は「屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる」とされています。つまり、この例では、震度0と震度2の間に知覚閾に相当する振動の大きさが存在すると言えます。

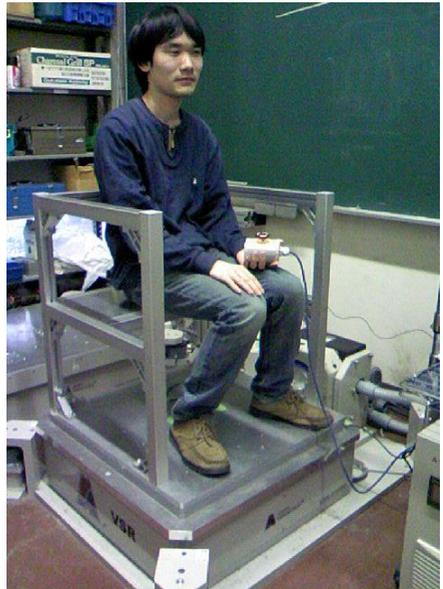
我々の研究では、振動を量的に表す加速度によって振動の知覚閾を定量的に表すことを目的に、加振機を使って被験者の振動知覚閾の測定を行っています。

■ 定量化

我々の実験を含むこのような実験的な研究により、知覚閾に相当する加速度の大きさが、振動の速さを表す振動数(周波数)や、振動の方向、時間による振動の特徴の変化、被験者の姿勢、個人差などにより変化することが分かっています。

このような人の振動知覚閾の特性を、どのように定量的に表して生活環境で経験する振動の評価と結びつけるか、ということに現在取り組んでいます。

≪11年6月1日 埼玉新聞掲載≫



物質の多彩な性質と電子たち

物質科学部門 物理学コース 片野進 教授



私たちの身の回りは実に多様で魅力的な物質で満ち溢れています。これらの物質を構成している元素は周期表にまとめられているように百種類ほどですが、これら元素を使って自然が造り上げた物質と共に人工的にも合成され、その総数は数百万種類に上ります。

私たちは今、これら物質の様々な機能を有効に利用していますが、その物理的性質の起源は物性物理学という学問によつて統一的に理解することができます。

■ 主役

その多彩な性質を決めている主役は物質中の電子集団です。電子自体は素粒子の1種で、原子核を構成する陽子や中性子、さらにこれらを作るクォークなどと違つて、身近に感じられる粒子です。(量子力学を習うと、粒子であると同時に波動でもあると教わりますが。)

物質の多様な性質の源は、この電子が持つ特性、即ち、

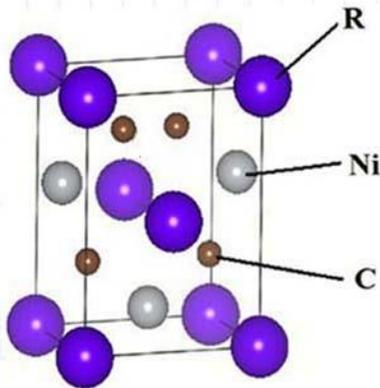
電荷、スピン(磁気モーメント…小磁石)、軌道状態によつています。

このような顔を持つ電子が物質中では、 1 cm^3 当り、およそ10の22乗個も動きまわっており、この大集団の中で個々の電子の特性が絡み合つて、絶縁性や半導性や金属伝導などの電気的性質や超伝導、はたまた鉄などの強磁性、金属酸化物に一般的にみられる反強磁性などの磁性を示します。

人類はこれらの物質を、通常に生活している環境(常温、常圧、地磁気)の下で活用していますが、私たちはその素性を徹底的に解明するために、物質を非常に低い温度(摂氏マイナス273度、絶対温度で0K近辺)や超高圧(1気圧の10万倍)、強い磁場(地磁気の100万倍)などの極限的な条件下に置いて、その真の姿をとらえようとしています。

■超伝導

最近の研究の一端を紹介しましょう。図は LaNiC_2 という物質で比較的簡単な結晶構造をしています。紙面に向かって上の鉛直方向に並んだ Ni と C の原子の並び方を見ると対称的ではありません。この物質は常温で金属ですが、絶対温度で 3 K の低温にすると電気抵抗がゼロになる超伝導を示します。



RNiC_2 の結晶構造 (Rは希土類金属)

超伝導は 20 世紀の初めにカマリン・オネスというオランダの実験物理学者が発見した劇的な現象ですが、その理論的解明は発見から 50 年後にやっとアメリカのバード・ディンクラー・パー・シュリフアーによってなされました。

これを彼らの名前の頭文字をとって BCS 理論と呼んでいます。概念的にはこの BCS 理論(格子振動を媒介とする電子対の形成)で尽きていますが、これでは説明がつかない奇妙な物質が近年発見されてきました。

■奇妙な物質

この物質もその一つで、その物性には電子の電荷・スピン・軌道の全てが密接に関係していて、さらに図のような対称性のない結晶構造を持つため、超伝導を実現している電子対(ペア)の性格は単純な BCS 理論では理解できません。

私たちは注意深い実験の結果、この超伝導の特性を明らかにするとともに、超高压をかけることでこの超伝導への転移温度が非常に高くなること、ところが 5 万気圧ほどの圧力になると逆にこの超伝導が消えてしまうという驚くべき結果を得ました。この原因を電子状態の圧力による劇的な変化の結果として明らかにしつつあり、裏付けのための実験を進めています。

研究室には、理学部物理学科の四年生や理工学研究科の大学院生が在籍し、このような基礎研究と共に、これまでにない性質や機能を持つ物質を生み出そうと研究を積み重ねています。

「未来型」の魅力持つ埼玉

物質科学部門 機能材料工学コース 西垣 功一 教授



■都市化と自然回帰

今からちょうど35年前、博士号取得前の大学院生が埼玉大学の助手に着任した。4、5年も勤まればいいかの軽い気持ちだったが、もうすぐ停年である。埼玉は思いの外、居心地が良かった。それは「時代の先端に触れながら、担う責任は軽く、ある意味、勝手なことができる状況」があったからである。

都市化の流れと自然回帰の逆流とが混然として形成する風土が埼玉にはある。ベクトルが一方だけに向いていない。考えてみればそれは21世紀の未来型潮流である。

うまく作用すれば、そのような風土には新しい時代を切り開く独創が育まれるのではなからうか。芸術・将棋・スポーツの世界だけでなく、学問・産業の世界でも。

■バイオプロジェクト

2000年頃、時の総理が「私は世界一の借金王」と

言うほど経済が悪く、その立て直しが急務であった。この頃、埼玉大学と埼玉県の有志を中心として先端的バイオ研究・産業を盛り上げていく取組みが始まり、JSTや文科省の主導する事業を受託しながら、この10年、発展してきた。いわゆる「埼玉バイオプロジェクト」である。

県を中核に据え、埼玉大、東洋大、東大などの大学や理研やがんセンターなどの研究機関、大正製薬などの私企業、総勢約30機関が連携・推進してきた。これに筆者も最初から関わるようになった。

この運動の中心テーマが、難病を診断・治療する分子（ペプチドやタンパク質）を迅速に見つけ出す技術（高速分子進化技術）の開発と産業化である。

■埼玉生まれの新技术

20世紀後半に生物学は飛躍的發展を遂げ、ヒトゲノムの解読に象徴されるように、生命現象の多くを分子

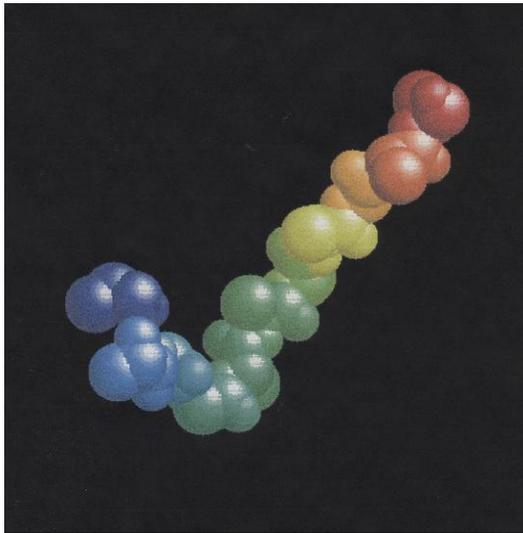
のレベルで定量的に記述できるようになってきた。筆者は1976年の着任後、今や進化工学の世界的権威である伏見譲博士（埼玉大名誉教授）に従い、この分野の開拓を始めた。

1982年、ゲノムの進化を調べるための「セルスタット」という世界初のウイルス連続培養装置の開発に参加した。その後、ゲノムの進化・変化を迅速かつ普遍的にモニターする技術（GP法）の開発や埼玉バイオプロジェクトでは、ペプチド（図参照）を用いた夢の新薬探索法（すなわち「高速分子進化技術」）の開発に取り組んでいる。これにより、創薬シーズとよばれる薬の元になる分子の探索速度を桁違いに高速化しつつある。

埼玉であったからこそできた、本流でない、日の目を見るまでに時間のかかる伏流的研究と考えている。

2004年に大学が独法化し、経営効率を強く意識するようになってきた（一種の「都市化」）が、「埼玉の良さ」を追求することこそが、結局のところ存在意義を保証することになるであろう。

《 11年 6月15日 埼玉新聞掲載 》



高速分子進化技術で見つけたプロテアーゼを
阻害するペプチドの分子模型

複雑形状加工の知的支援

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 金子 順一 助教



硬い金属に複雑な形状を与えることのできる機械加工は、様々な機械部品の製造に広く用いられています。機械加工には様々な種類がありますが、自動車や飛行機の部品や、射出成形・プレス加工に使用される金型の製造では切削加工と呼ばれる物体を削ることによって形状を与える加工法が広く利用されています。

■ 熟練

工場で働く人達の職種に、旋盤工やフライス工といった言葉があるように、昔から切削加工の工作機械は熟練した作業者の手によって操作され、高い精度での加工が実現されてきました。

ところが近年の機械部品ではこれらの操作は工作機械に接続されたコンピュータに与えられた座標情報として記憶され、無人状態で自動的に実行される、いわゆる数値制御 (Numerical Control: NC) が一般的となっています。これらのNC加工の能力を身近で観察できる

ものとしては、身の回りのプラスチック製品が挙げられるでしょう。パソコンのマウスやキーボード、携帯電話の外装や文房具／生活用品等はどれも非常に高い精度で射出された部品によって構成されています。

これらの形状は金型の表面に切削加工によって与えられた曲面が樹脂に転写されることによって実現されています。これは連続的な曲面を非常に硬い金型鋼の表面に与えることが可能となって初めて複雑なデザインが可能になったと言えるでしょう。

■ ミス

NCプログラム(その内部は工作機械を構成する様々な移動軸の座標情報の集合です)を与えることによってNC工作機械は複雑な動作を繰り返し、金属に高い精度で複雑な形状を与えることができますが、そのためのNCプログラムを作成する作業には非常に複雑な計算が必要とされます。

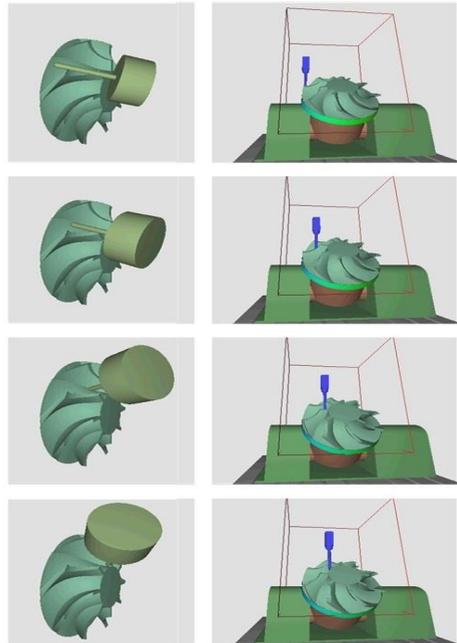
工具の移動した経路が形状として転写されるNC加工では、意図しない工具移動や機械動作によって製品のあらぬところが削れてしまったり、工具や工作機械が製品と衝突して壊してしまうミスが非常に頻繁に起こります。(オシヤカにする、という言葉のもととの意味はこのような加工時のミスに起因します)

■ 可視化

そこで筆者の研究室では複雑形状を加工する際に発生する衝突や意図しない形状の検出を可視化し、またより効率的な工作機械の動作を計画する技術を開発しています。

NCプログラムの作成時に人間が気づかなかつた機械同士の衝突や、工具の移動に伴う削りすぎの発生をコンピュータ上でのシミュレーションによって検出し、ミスのない工具の移動経路や工具姿勢の計画をコンピュータが自動的に実施する支援技術を研究の対象としています。

《11年 6月 22日 埼玉新聞掲載》



同時5軸制御加工における工具姿勢計画。任意の方向から工具を傾けて加工できる多軸制御加工機では、工具軸や機械と製品との衝突を回避した工具経路・姿勢の計画が必須となる。

カビの寿命とヒトの難病

生命科学部門 生体制御学コース 畠山 晋 講師



いつまでも若く、いつまでも生き永らえたい。ほとんどの人がそう望みます。しかし、人は老い衰え、やがて寿命を迎えます。これは生き物の宿命です。

多くの研究者が、老化や寿命がどのようにしてもたらされるのかについて取り組んでいます。その研究範囲はとても幅広く、寿命について理解すべきことは山ほど残されています。

■アカパンカビ

私は、アカパンカビという菌類の寿命を研究しています。普通の人はカビの寿命と言ってもピンとこないでしょう。事実、このカビは2年以上元気に菌糸を伸ばし続け、どのくらい生き続けるかはつきりしておりません。しかし、ある遺伝子に異常があると、栄養が十分であっても、3週間たらずで菌糸の伸長が止まってしまいます。これをカビの寿命とすると、異常があつた遺伝子が寿命に関係していることとなります。

■ミトコンドリア

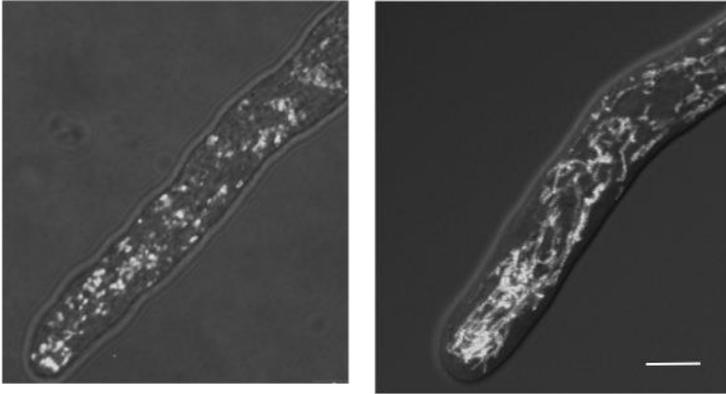
私の研究室では、このようにカビの寿命につながる遺伝子をいくつか発見してきました。その中の一つはミトコンドリアの形態の維持に関わっています。

ミトコンドリアとは、動物、植物、菌類、原生動物の細胞の中にあつて、生きていくためのエネルギーを作る大事な器官です。ミトコンドリアは頻繁に分裂したりくっついたりを繰り返していて、これがミトコンドリアの機能を維持するために重要であることが、最近の研究によつて分かってきました。

この遺伝子の異常は、ミトコンドリアの形態が維持できない、つまり頻繁に繰り返されるはずのミトコンドリアの分裂と融合のバランスが崩れて、ミトコンドリアが断片化したままという事態を引き起していました。

これが引き金となつて、ミトコンドリアに含まれるDNAがボロボロになり、ミトコンドリアの機能が失われ、菌

糸が伸び続けるためのエネルギーが不足したために、寿命を迎えたのだろうかと考えています。



正常に機能しているミトコンドリアと(右)と異常となったミトコンドリア

■ 難病の発症

このようにミトコンドリアの機能異常は、細胞の寿命に大きく影響を与えます。人間では心臓や脳などに異常を生じるミトコンドリア病という難病があり、いくつかの遺伝子の異常が原因であるとされています。

しかしながら、その発症メカニズムの解明のためには、未だに分かっていない多くの遺伝子の機能を調べなければなりません。それはヒトの細胞を用いた場合、非常に大変なことです。

そこで色々な遺伝子をフットワーク良く解析でき、ヒトの細胞と同じミトコンドリアの維持機構をもつこのカビの寿命の研究で得られた知識がミトコンドリア病の理解に役立つことを期待しています。

《11年6月29日 埼玉新聞掲載》

目次へ

電波を操る高周波回路

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 馬 哲旺 教授



電気と磁気現象は古くから知られている。しかし、時間的に変動する電場と磁場は波（電磁波）のように遠方まで伝搬できることがマクスウェルにより理論的に予測され、ヘルツの花火実験により実証されたのは19世紀後半のことであった。1901年マルコーニにより電波を用いた大西洋横断通信が成功し、それから110年間、電波技術は目覚ましい発展を遂げ、現在通信、放送、航空、レーダ、工業、医学、物性、天文観測と宇宙開発など、様々な分野で広く利用されている。

■ 周波数資源が枯渇状態

近年携帯電話やインターネットなどが手軽に利用できようになっている一方、技術的に利用しやすい電波の周波数帯はほぼ満杯状態となり、既存の周波数資源をより効率的に使用することと未使用のより高い周波数資源の開拓が喫緊の課題となっているため、高周波デバイスと回路、特に高周波フィルタの研究開発に取り組

んでいる。

高周波フィルタは必要な周波数帯の電波だけを効率的に選択し、それ以外の不要な信号やノイズを取り除き、高品質な通信サービスと電波資源の効率的な利用に不可欠なデバイスとして、各種の通信機器に搭載されている。

■ 高周波デバイスと回路の開発

電波を用いた様々な新しい事業の展開やさらなる高い周波数への移行に伴い、高周波デバイスや回路の開発には新たな課題にも直面している。優れた機能を持つ高周波共振器・回路素子の提案、その電磁波動現象の解明、新しい高周波フィルタの設計理論と手法の新規構築など、様々な基礎研究の積み重ねにより、小型、高性能、多機能の高周波フィルタを開発している。

国内の電気通信業者、電気機器メーカーおよび材料メーカーなどの共同研究で、次世代移動体通信用の小形

低損失高温超電導体狭帯域マイクロ波フィルタ、多周波数共用マルチバンドフィルタおよび超広帯域マイクロ波・準ミリ波フィルタなどを開発した。

■ 高精度な測定法に関する研究

高性能な高周波回路やデバイスを構成する上では、低損失などの特性を持つ導体と絶縁体（誘電体）材料が必須である。優れた特性を持つ新しい材料を開発し、正確な高周波回路の設計を行うために、高周波における導体と誘電体の電気特性の高精度な測定法に関する研究にも取り組んでいる。

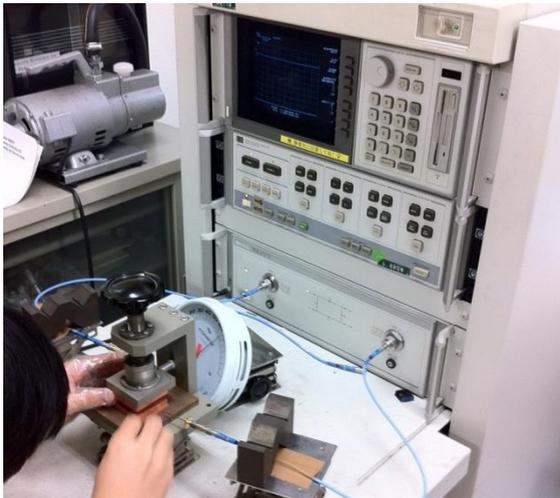
提案した測定方法は、日本工業規格（JIS）や国際電気標準委員会（IEC）の測定法に制定されている。開発した材料定数自動測定用ソフトウェアは、国内の研究機関・企業数十社に使用されている。

また、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の助成金を得て、高温超電導体薄膜のマイクロ波・ミリ波帯における電気特性の測定評価方法を開発した。

■ 将来の電波利用を見据えた研究

電波は情報およびエネルギーの伝送と供給・収集手段として、活躍の場がこれからも益々増える。将来の電波利用を見据え、近年電波を利用した電力のワイヤレス伝送に関する研究も進め、将来パソコンや各種の家電および電気自動車などへの無線電力送電を目指している。

≪ 11年7月6日 埼玉新聞掲載 ≫



ベクトルネットワークアナライザを用いた誘電体材料の測定

シアノバクテリアと転写因子

生命科学部門 分子生物学コース 日原 由香子 准教授



シアノバクテリア(ラン藻)という生き物をご存じだろうか? 細菌の一種であるこの生物が、約30億年前に、酸素を発生する光合成を始めたおかげで、大気中の酸素濃度が増加し、地球上に酸素呼吸を行う生物が繁栄する道が開けた。また、シアノバクテリアが10数億年前に他の生物に共生したことが、植物の持つ葉緑体の起源である。このように、生物の進化史の所要所で重要な働きをしてきたシアノバクテリアだが、今でも現役で、地球上のそこかしこにたくましく生息している。一般に良く知られているところでは、食用の水前寺海苔やスピルリナ、水面に大量発生する困りものアオコ等がシアノバクテリアの仲間である。

■ 解説

シアノバクテリアの一種、シネコシステイス *sp.* PCC 6803 は培養や遺伝子操作が容易であり、光合成研究の格好の材料として世界中で使用されてきた。1996

年には、全ての生物の中で4番目にゲノムDNAの塩基配列が解読され、シネコシステイスの持つ遺伝子3000個強の全貌が明らかになった。

全遺伝子の顔ぶれを知っている、ということは分子生物学の研究を進める上で大きな強みであるが、それだけで生命現象を理解できたことにはならない。細胞の中では常に3000個強の遺伝子が働いているわけではなく、時と状況に応じて、必要な遺伝子だけが mRNA に転写され、さらにそれがタンパク質に翻訳されて初めて生命を維持するために様々な機能を果たすのである。

私はシネコシステイスのゲノムが解読された当時、大学院生であったが、環境条件の変化を細胞がどのように感じ取って、特定の遺伝子群の転写を行うのかに興味を持ち、現在まで続けている転写制御の研究を開始した。

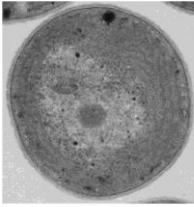
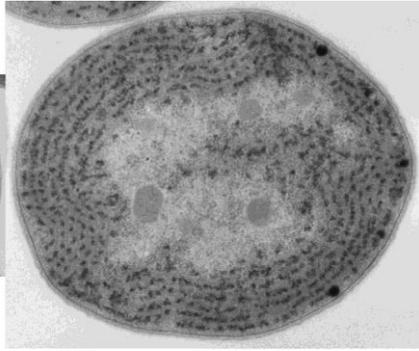
■ 欠損

遺伝子の転写レベルを調節する役割を担うのはDNA

に結合して働く、転写因子と呼ばれる一連のタンパク質群だ。遺伝子操作によって特定の転写因子の機能を欠損させ、この欠損株中でのどんな不都合が起きているか調べることにより、その転写因子の細胞内での役割を知ることができるといえる。

この手法でこれまで色々な転写因子の解析を行ってきたが、本稿では *cyAbrB* と名付けた転写因子の欠損

株についてご紹介したい。



1 μm

野生株(左)と*cyAbrB*欠損株(右)の電子顕微鏡写真

cyAbrB 欠損株の細胞を電子顕微鏡で観察してみると、野生株の細胞に比べてサイズが著しく大きく、小さな黒い粒粒(貯蔵多糖であるグリコーゲン)が大量に蓄積していることが分かった(図)。細胞分裂

に関わる遺伝子群や、細胞内への炭素や窒素の取り込みや代謝に関わる遺伝子群の転写制御が正常に行えていないことが原因と考えられるが、たった一つの転写因子が失われただけで、細胞全体にこんなに大きな影響が表れるとは驚くべきことではないだろうか？

■ 注目

シアノバクテリア等の植物プランクトンの光合成能を利用した物質生産に、現在注目が集まっている。陸上植物を利用する場合に比べて、増殖速度が速いため生産性が高い、水域や荒地で培養可能のため食糧生産と競合しない等、多くのメリットがあるのだ。

また、*cyAbrB* 欠損株の「細胞サイズが大きく(＝器が大きく)糖が蓄積している(＝物質生産の材料に富む)」性質を何か産業に生かすことができないうるか？

現在、独立行政法人科学技術振興機構(JST)の「さきがけ研究」に採択され、*cyAbrB* 欠損株に対して、様々な遺伝子を導入・欠損することにより、グリコーゲンを油脂に変換しよう、という試みを開始したところである。

《11年7月13日 埼玉新聞掲載》

「クラウド」って何？

数理電子情報部門 情報システム工学コース 吉田 紀彦 教授



ここ何年かの中にIT関連で最も流行った言葉は、おそらく「つぶやき」、「スマートフォン」、「クラウド」あたりではないかと思えます。

「クラウド」は「雲」という意味の英単語ですが、では、「クラウド」とは何でしょうか。なぜ「雲」と呼ばれるのでしょうか。

■ ネット上の利用

昔、コンピュータを使うためのソフトウェアやデータは、そのコンピュータの中に持つておく必要がありました。それが今では、携帯電話や無線LANの普及で、全国津々浦々どこにいてもネットワークが使える社会になってきています。

そして、データを各人のコンピュータや携帯電話（ひっくるめて「端末」と呼ぶことがあります）の中でなく、インターネット上のどこかにある「サーバ」という大型で強力なコンピュータに置いて、必要な時だけ各人の端末に

持ってくる、さらには、ソフトウェアもデータも全てサーバに置いて、各人の端末からは使いかたを指示するだけ、という扱いが可能になってきました。

このような、ソフトウェアやデータをインターネット上に置いて利用できるようにするためのインターネット基盤技術とシステム、一言でいうと、それが「クラウド」です。

例えば、ネット購入した音楽データや電子書籍をそのままクラウドに置いて色々な端末で楽しむといった。パーソナルな活用から、企業の業務システムを丸ごとクラウドに置いてコスト削減や管理効率化を図るといったビジネスの活用まで、様々な使いかたが登場してきています。

■ 由来

「クラウド」という単語をこのような意味で最初に使ったのは、2006年にグーグル社のCEOがというのが定

説です。IT業界では元々、インターネットのイメージ
図を、どの端末とどのサーバがどのように繋がるとい
うような細部を省略して、モヤモヤした雲の形で描くのが
通例なので、「雲」という単語の由来もそこにあります。

さて、クラウドを提供する側では、多数のサーバを連
携させる技術、端末からの通信を適切なサーバに誘導
する技術、複数のサーバを運用するための「仮想化」
という技術、十分なセキュリティや信頼性を確保する技
術など、様々な課題を解決しなければなりません。

■ 殺到

さらに、クラウドに限らずインターネット全般で特に
大きな問題となっているのが、多数の利用が殺到した際
の対応の問題です。

最近の典型的な例では、東日本大震災の直後、関連
企業や自治体や医療機関などのサーバに、必要な情報
を求めて非常に多数の端末からアクセスが殺到し、サー
バがその負荷に耐えきれずに、肝心の情報配信に支障
をきたしてしまう事例が各所で発生しました。

これに対しては、大手プロバイダーやデータセンター
が自社のシステム基盤を無償提供して負荷を分散させ、
関係者が不眠不休で応急処置を行うことで効果をあ
げました。

■ 分散

私達の研究の一つは、このような現状を踏まえて、特
に負荷分散と信頼性の問題に焦点を当てています。そ
こで培ったアクセス誘導に関する要素技術はすでに実用
に供して、幾つかのプロバイダーやプロジェクトで活用し
て頂いています。

また、もつと総合的に、全国高校野球選手権大会(甲
子園)のインターネット中継、世界各所の日食や月食な
どのインターネット中継などにも協力しています。

このような研究や産学連携活動を通じて、効率的で
安全安心なインターネット基盤の実現を目指していま
す。

≪11年7月20日 埼玉新聞掲載≫

分子から匂いの秘密探る

物質科学部門 基礎化学コース 長谷川 登志夫 准教授



■ 正体

「匂い」の正体とは？匂いの元は、匂分子と呼ばれる有機化合物です。どんな有機化合物がどのような香気を発するのか。

世の中に存在するほとんどのもの、特に私たちの生活にかかわっているものは、そのもの独特の香りを有しています。カレーライスの匂いがすると食欲がわく、花の匂いによつて安らぎ感じるなど、人の生活にとつて匂いはなくてはならないものです。このような様々な匂いには、分子が関係しています。そこで、分子レベルでの匂いについて以下お話しします。

■ 受容体

ものが匂うというのは、次のような現象です。ある特定の分子が、鼻の特定の部位にある「匂いを感じる受容

体」と相互作用し、そのことが脳に伝わって匂いとして認識されます(図1)。たとえば、グレープフルーツなどの柑橘類にたくさん含まれているリモネンという有機分子があります。この分子は炭素原子と水素原子だけからできています。リモネンの液体は柑橘類の匂いがします。この分子は、ある特定のいくつかの匂い分子受容体と強く結び付きます。このような匂い分子と受容体との結びつきがなければ、人間は匂いとして感じることはありません。図2に示した白檀という香木には、サントロールという炭素原子15個からなる分子がたくさん含まれています。この分子は、リモネンとは別の匂い受容体のグループと強く結び付きます。その結果、別の香りとして認識されます。分子の形によつて異なった香りとして感じます。ここまでお話しすれば、匂いにする分子の形を順番に調べていけば、どんな形の時にはどんな香りがするのかがわかる。そう思われるかもしれませんが、実

際は、わずかなルールしかわかっていません。それは、人が香りを感じるのがそんなに単純ではないからです。最近の研究で、色々なことがわかってきています。

■ 組み合わせ

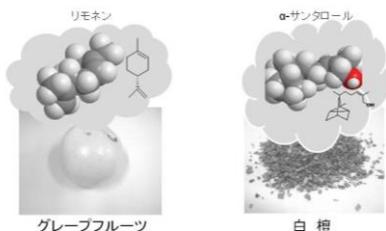
ここでは誌面の関係上、その結果だけをお話しします。柑橘類にはたくさんのリモネンが含まれています。しかし、グレープフルーツ、オレンジ、いよかん、レモン、みんなどはつきりと違った香りがします。何故か。それは、これらの果物の香りがリモネンとわずかに含まれている他のいくつかの匂い分子の組み合わせによって作り出されているからです。さらに複雑なのは、いくつかの匂い分子が組み合わせられたときに、単純にそれらの分子の香りの足し合わせの香りとして人は認識しないことなのです。2つの匂い分子AとBがあつたとします。通常そのときの香りは、単純な2つの香りの足し算ではありません。新しいCという香りになります。このことが香りの研究を難しくしています。いや、このことがあるからこそ香りの研究が面白いといえます。

いつか、分子の形と香りの関係が解き明かされたときに、私たちは自由に自分の好みの香りが作れるようになる。そのためには、基礎的な研究を地道に続ける必要があります。

図 1



図 2



ベンゼン誘導体を求めて

物質科学部門 応用化学コース 木下 英典 助教



■ 生活必需品

ベンゼンは、分子式 C_6H_6 で表される芳香族炭化水素であり、石油化学工業における重要な合成原料である。日常生活では、ベンゼンそれ自体に触れる機会はほとんどないが、ベンゼンから導かれるベンゼン誘導体は、我々の身の回りに非常に多く存在し、生活の中で広く利用されている。

例えば、消炎鎮痛剤アスピリンとして有名なアセチルサリチル酸や抗不安薬のジアゼパムなどの医薬品から、バニラの香りの主要成分であるバニリン、染料やペットボトルの材料、液晶や導電性を示す有機分子材料に至るまでベンゼン誘導体は、我々の生活にはなくてはならない。

ここでベンゼン誘導体とは、置換基の付いたベンゼンのことであり、置換基とは水素以外の原子または原子団のことを言う。

■ 合成法

これらのベンゼン誘導体を見てみると、ベンゼン環に様々な置換基が付いていることがわかる。これらの置換基を正しい位置に持つベンゼンを合成する方法は、21世紀になった現在でも活発に研究されている。

それは、置換基が多く付いたベンゼンには、有用な性質を持つものが多いこと。置換基の位置や種類が変われば、その性質が大きく変わること。また既存の合成法ではそれらの合成が困難であることなどが理由として挙げられる。

さて、これまでに用いられている置換ベンゼンの合成法にはどのようなものがあるのだろうか。それは2つの方法に大別することができる。一つは、ベンゼンに直接置換基をくっつける方法である。もう一つは、ベンゼン環を作りながら置換基を組み込む方法である。

前者の歴史は古く、多用されているが、多くの置換基

をベンゼンに付けたい場合は、反応を何回も繰り返す必要があり、目的の位置に目的の置換基を付けることが難しくなる。そこで、近年、ベンゼン環を作りながら同時に置換基を導入する方法に注目が集まっている。しかしこの方法でも、置換基の位置が異なったベンゼン誘導体が混ざって得られるため、置換基の位置をコントロールすることは難しい。

■ 完全制御

最近我々は、目的の位置に置換基が付いたベンゼンを、アルミニウム反応剤を用いて効率的に合成する反応を開発した。このとき得られてくるのは、一種類の四置換ベンゼンであり、その他のベンゼン環は全く得られない。ベンゼンを作りながら完全に置換基の位置を制御できた例である。

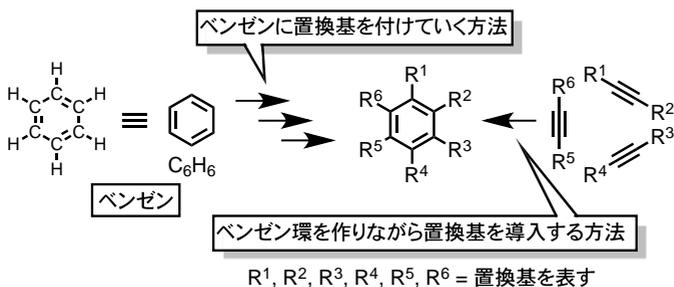
この置換ベンゼンの置換基の位置を制御する取り組みは、単に目的生成物の効率的な合成にとどまらず、必要な化合物を生み出さないと観念からも重要である。

目的物は有用で安全だが、副生成物が有用でしかも安全であるとは限らない。生活を豊かにするはずの化合物が、人命を危険にさらすようであつてはならない。そのため、欲しいものだけを与える有機合成反応は、非

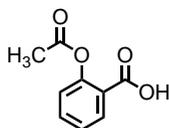
常に重要である。

このことを念頭に置いて、今日もよりよい反応を開発するための奮闘中である。

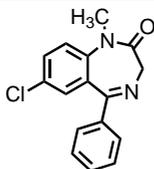
≪11年 8月3日 埼玉新聞掲載≫



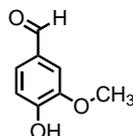
ベンゼン誘導体の例



アセチルサリチル酸



ジアゼパム



バニリン

安価な材料で高効率太陽電池

物質科学部門 機能材料工学コース 白井肇 教授



最初に2011年3月の東日本大震災および原子力発電所の津波による放射能漏れ事故で被災された方々に深くお見舞い申し上げます。

■石ころ

これまで薄膜太陽電池材料に関する研究に従事してきた経緯から太陽電池研究動向の一端を紹介する。太陽電池が太陽光を電気エネルギーに変換する機能を有することは小学生でも知っている。しかし高効率太陽電池の実現・普及の拡大にはまだまだ多くの課題が山積している。

現在太陽電池に利用される材料は大部分半導体シリコン(Si)であり、“構成元素は“石ころ”と同じである。そこから酸素や不純物を除いて純度を高め、99.999999999% (10⁻⁹)以上の超高純度になると各種半導体素子に利用できるレベルに達する。

従来のSi太陽電池は、これら超高純度Siを利用して

る。特に電力用太陽電池は、各家庭の消費電力の一部を太陽光発電で賄うことが期待されるため高効率・安価・大面積の3拍子揃ったパネル製造技術が望まれる。

この理由は、地球に降り注ぐ太陽光エネルギーは地球全体では莫大な量であっても、エネルギー密度が小さいため大きな面積で受光しなければ十分な電力が得られないためである。

■高性能化の取り組み

そこで大面積に均一に超高純度のSi材料を薄く塗布する技術が必要となる。刷毛で塗れば高効率太陽電池と言いたいところだが、実際には真空環境でガスを分解して作製した1000分の1mm程度の厚さの薄膜Si太陽電池が利用されている。

このほか化合物半導体(CdTe, CuInSe等)材料による超高効率、有機・高分子材料による塗布法で軽量・折り曲げ自在な太陽電池、色彩豊かな色素増感太陽電

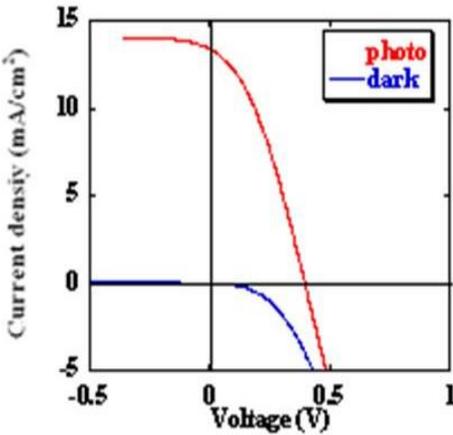
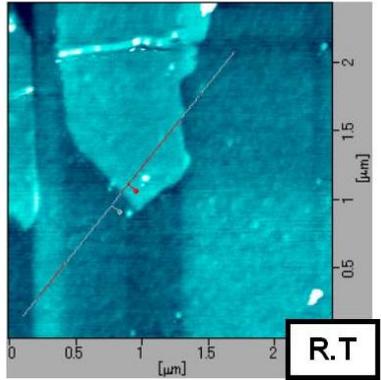
池等、各材料系で高性能化に向けた取り組みが活発化している。

一例としてグラファイトシート(グラフエンの破片)をSi表面に塗布して作製した太陽電池の性能の一例を示す。変換効率はまだ2%であるが、塗布しただけでSiと炭素シートのみから太陽電池にできる。

■新しい概念

さらに積層型、光閉じ込め、量子ドットなど新しい概念に基づいた高性能化に関する研究も進められている。今後スマートグリッドにおける再生エネルギー源としての太陽電池は、電池性能の向上、蓄電技術のみならず発電・送電システムを含めた総合的な議論が必要となっている。

《11年 8月10日 埼玉新聞掲載》



地表面を覆う植生を科学する

*環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 佐々木 寧 教授



■ピオトープ

東日本大震災では、かくも強制的に元の姿へ押し戻した自然の力をまざまざと見せつけられました。

2004年インド洋大津波、06年にはジャワ島でも津波の現場を見てきました。ジャワ島ではメラピ火山の噴火災害も同時期に発生していましたが、そこには頻発する災害に向き合う人々の姿もみられました。

以前には、日本全国の植生調査に駆けずり回っており、ドイツ欧州の地を巡る機会も得ました。日本では丁度高度成長期、調査しているすぐ後ろから自然の森が伐採されていた時代です。

そんな中で、ドイツやEUの環境政策に学び「多自然型河川工法」や「ピオトープ」の基本理念などを「環境科学」などの講義の中でも紹介してきました。

■災害の調査・研究

1995年工学部教授になって研究室での仕事内容も

少し変わり、都市内での緑地のあり方から、河川水害、土石流、地震、津波、火山など災害に関わる調査・研究が多くなりました。災害の多い我が国特有の事情があるからであり、地表面を覆う植生も災害と無縁ではないからです。

他分野の研究者達も地表を覆っている植生を無視して考えられない状況を感じてはいるものの、如何せん、理論式上にうまく乗らない少しやっかいな代物が生物分野なのです。未知の部分が多いということでもありません。

今後は他分野の研究者らとお互いの知見の集積と共同研究、協働作業で新しい解決法が見いだせると思っています。

■自然の管理

明治から戦後にかけて荒廃した国土を緑化に努め、今や先進国トップクラスの森林率を誇る我が国、問題は

森の多くが人の管理を前提とした人工林であること
す。田畑を営んできた里山も人の管理が不可欠です。

経済構造の変化、高齢化が進む今の我が国ではも
や支えきれないのです。森は山を守る一方で、ときに斜
面崩壊や、土石流とともに流木となつて災害を助長す
る場合も多々あります。今後はより安定した自然の森
への転換を図りながら、新たな野山の利用形態を考
いかねばなりません。

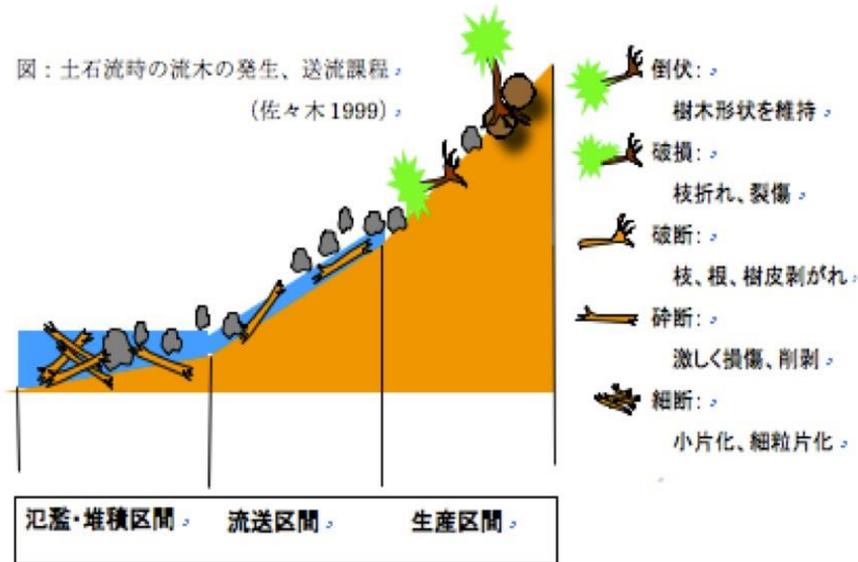
津波で破壊された海岸松林を見て、単一樹種による
森づくりももう変えねばなりません。地域の自然にあつ
た広葉樹をもつと使うべきです。一方でバイオエネルギー
など、豊富な森林資源の新しい利用の形を模索すべき
です。

地球規模での環境変化の中、これまで災害と無縁で
あつた国々も同様の問題を抱えています。自然の摂理に
沿つた持続的で生態学的な環境管理の仕方を考
かねばなりません。

≪11年 8月24日 埼玉新聞掲載≫

* 現・埼玉大学名誉教授

図：土石流時の流木の発生、送流課程。
(佐々木1999)。



注目される希土類化合物

物質科学部門 物理学コース 小坂 昌史 准教授



■ 17 元素

「希土類」という単語を最近耳にされたことがあるのではないのでしょうか？ 昨年、中国が輸出規制を行い、マスコミが大々的に取り上げたレアアースのことです。まれ（希）にしか見つかからない、つまりレアな元素という意味で名付けられました。

この希土類元素は今やハイテク産業には欠かせない存在となっております。ハイブリッドカーのモーターや光ファイバー通信など、強い磁石や発光素子の原料となっております。輸出規制や代替物質の開発が大きな話題になったのもうなずけます。

では、希土類は元素周期律表のどこに位置しているのでしょうか。高校の物理や化学の教科書では、いつも下方の欄外に、仲間はずれのように書かれている、La（ランタン）から Lu（ルテチウム）の「ランタノイド」と呼ばれる一群がそれです。一般的にはこの 15 種類に Sc（スカンジ

ウム）と Y（イットリウム）を加えた 17 種類の元素を希土類と呼んでいます。

■ 電子の運動

希土類の工業的に有用な性質は、希土類原子を構成している電子の性質に秘密があります。例えば、磁石の源となる性質（磁性）は電子の運動に由来します。電子の自転運動に対応するスピンや、公転運動に対応する軌道と呼ばれる角運動量が磁性の基本要素となっております。

鉄・ニッケル・コバルトに代表される遷移金属の磁性はほとんどスピンによるものなのに対して、希土類は磁性を担う電子軌道が原子核の周辺に存在しているため、外側からの影響を受けにくい特徴を持っています。そのため、スピンのみならず軌道角運動量も参加した磁性が、性能の良い磁石を作ることに生かされています。

■ 新発見

私たちは、このような特性を持った希土類と2、3種類の他の元素を高温で混ぜて様々な物質を作り、その電子状態を調べています。

物質も人と同じく、過酷な環境(極低温・強磁場・高圧力)に置くと、その本質が見えてきます。そのため、絶対零度近傍まで冷やせるシステムや超伝導磁石、高圧力発生容器などの装置を駆使して研究を行っています。

また、電子状態を明らかにするためには実験に純良な物質試料を用意することがとても大切になります。写真に示したのはそのために設計した高周波加熱を用いた「結晶育成炉」です。

最近では、希土類化合物では初めてとなるスピンダイマーという現象をYb(イッテルビウム)、アルミニウム、炭素からなる化合物で発見しました。その影には純良試料作成への数々の試行錯誤がありました。

元素の組み合わせ方は際限なくあります。まだまだ新たな現象を示す物質が発見されるのを待っているはずであり、物質探索を進める毎日を送っています。

《11年 8月31日 埼玉新聞掲載》



高周波加熱を用いた
「結晶育成炉」

より良い景観の在り方と形成

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 窪田 陽一 教授



環境計画、環境設計と包括的に呼ばれる分野は、現実には人々が生活する環境を扱うため、工学技術だけでなく人文社会科学等広範囲の領域にクロスオーバー的に関係する。そのため研究面では、工学的手法に加えて人文社会科学的概念や方法を用いることも多い。

■人間の視点

研究の基軸である景観計画論、景観設計論は、自然、道路や橋等の社会基盤施設、建築等の環境を形作る様々な要素を、総体として適切に配置する方法論である。

景観は土地の上に形成される環境を人間の視点からとらえた現象であり、人間の行動心理との関係を含む観点が必要でない。

日本社会は、1960年代から70年代の高度経済成長期に国土の環境を大きく変貌させたが、国際的な観点から見て経済力にふさわしい環境や景観を形成して

きたか、疑問視されてきた。特に、多くの一般市民が日常目にする都市の景観は、全国各地で問題を抱えており、より良い景観のあり方とその形成手法の提案が求められている。

■景観研究のテーマ

研究課題に直結するこれらの状況を踏まえて、景観の状態が人々に及ぼす影響を明らかにし、都市景観の整序手法を提案する研究を永年手掛けている。

最近の研究では、日本の景観で最も問題となっている電線・電柱や広告・看板の、配置形態や色彩が及ぼす影響を、コンピュータ・シミュレーション技術と環境心理学の手法を応用して定量的に分析し、評価基準と設計手法を提案して景観改善効果の検証をしている。

例えば、全面的な地中化が望ましいとされながら経費面の問題で整理が進まない電線類は、同じ本数が道路路上にある場合、横断方向の架空線が錯綜感を増すこ

とが定量的に示され、その再配置により景観改善効果が現れることが確認されている。

また、景観法や景観条例の施行により各地でまちなみの色彩規制が行われているが、昼間の景観を想定して夜間照明と色彩の関係の基準がないことから、省エネルギーも考慮した適切な照明と色彩の関係を導く研究も行っている。

■ 埼玉伝統工芸会館や東京ゲートブリッジをデザイン

工学部の環境共生学科で自然と人間社会の共生の方法を扱う「環境まちづくり」「環境共生設計論」「環境共生設計演習」の教育を担当し、大学院の博士前期課程では、人類による環境改変の歴史と現状を学ぶ「環境総論」、都市環境形成の歴史と環境設計の理論に関する「都市環境設計」を英語で担当している。

研究を踏まえた社会貢献として、東京港のレインボーブリッジ、羽田空港のスカイアーチ他一群の橋梁、JR四ツ谷駅を跨ぐ四谷見附橋、旧四谷見附橋を八王子市に移築した長池見附橋と橋下の公園、東京ゲートブリッジ(平成24年2月12日開通)他の、社会基盤施設の景観デザインにも参画してきた。

埼玉県内では、小川町の埼玉県伝統工芸会館、長瀬の旧県道を転用した遊歩道、熊谷の星川通り、北浦和くさいたま市役所間の国道17号の歩道、日高・鶴ヶ島

を通る日光街道杉並木の保全と歩道のデザイン、与野本町駅西口広場のデザイン等に関与した。

《11年9月7日 埼玉新聞掲載》



ライトアップされた東京ゲートブリッジ

燃料電池自動車の耐久性

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 荒居 善雄 教授



燃料電池自動車に使う水素を高压で貯蔵する容器（圧力容器）の疲労破壊を防止するために研究を行っています。

■究極のエコカー

燃料電池自動車は水素と酸素を燃料として発電し、排気ガスは水蒸気であり、究極のエコカーと言えます。燃料電池自動車の普及を促すためには、従来の自動車（ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、ハイブリッド等）と同じ位に便利な乗り物である必要があります。例えば、一度燃料を補給したら、どの位長く走れるか（航続距離）が、従来の自動車と同程度であることが期待されますが、その為には大量の水素を自動車に積んで走る必要があります（もう一つの燃料である酸素は空気中の酸素を使います）。

大量の水素を限られたスペースに積載するためには、水素を小さな空間に押し込める必要があります、水素を入

れる容器は大変な高压になります。現在、開発が進められている燃料電池自動車では70 MPa（約700気圧）という大変高い圧力が想定されています。

■圧力容器

このような高压で水素を貯蔵する容器が必要ですが、自動車に乗せて走るためには、なるべく軽量で小型であることが望まれます。アルミニウム合金やプラスチックで内張りをし、外側を炭素繊維強化樹脂で覆って、気密性が高く、軽量で高強度な圧力容器を実現しています。

自動車は走行すると燃料が減りますので、燃料電池自動車では、水素を入れておく圧力容器の圧力が下がります。現在のガソリンスタンドと同様に、将来は水素を補給するスタンドが出来ると考えられていますので、そこで水素を補給すると、圧力容器の圧力は再び上昇します。

このように、燃料電池自動車は使い続ける限り容器の圧力が低下と上昇を繰り返すこととなります。圧力容器はこの圧力の繰り返しに耐える耐久性が備わっている必要があります。

■金属疲労

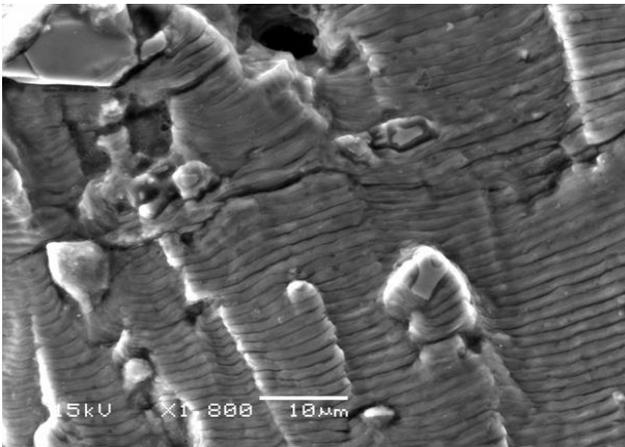
金属は力を繰り返し受けると、たとえその力が、一回ではその金属を壊すことがないような小さな力であっても、繰り返しに伴い小さな割れが出来て、それが少しずつ成長していき、ある時、突然破断します。これを金属疲労と言います。

写真は金属疲労で壊れた面に生じる筋状模様の電子顕微鏡写真です。筋と筋の間隔が力の繰り返し一回に対応しており、割れが2ミクロン(1ミクロンは1mmの1000分の1)程度ずつ大きくなっていったことを表しています。

燃料電池自動車の水素圧力容器も、内張りのアルミニウム合金が、圧力の繰り返しによって金属疲労を起すこし、十分多くの繰り返し数を経れば、アルミニウム合金に割れが出来、その割れが内張りを貫通する程大きくなります。割れが内張りを貫通しても外側を覆っている炭素繊維強化樹脂は壊れませんので、圧力容器が破裂することはありませんが、内部に蓄えられた水素が外に漏れてしまいます。

水素が漏れて引火すると危険ですので、燃料電池自動車を使用している間に圧力容器に漏れが生じないように、金属疲労による割れの成長を予測する方法を開発しています。

《11年9月14日 埼玉新聞掲載》



幾何学的最適化と時間的发展

数理電子情報部門 数学コース 長澤 壯之 教授

■ 曲面や曲線の形状

「幾何学的最適化問題を研究しています。」といつてもよく分からないかもしれません。ある条件の下で曲面や曲線の形状がどうやって決まるのかという素朴な問題です。古典的で最も重要な幾何学的最適化問題である「等周問題」を例に、具体的に説明しましょう。平面上に閉曲線があります。「等周問題」は、長さが一定という条件（等周）という言葉がここから由来します。）のもとで、その閉曲線が囲む集合の「面積」を最大にするものを求める問題です。閉曲線の長さが一定であれば、その閉曲線が囲む集合の面積には上限があるはずで、長さが一定という条件のもとで、面積が最大となるための条件は、「曲率（曲がり具合）が一定である」となります。曲率一定の閉曲線は円ですので、等周問題の解は「円」になります。

「等周問題」のように、適当な幾何学的量を最大や

最小にする図形、さらにその幾何学量を停留させる図形を求める問題を「幾何学的最適化問題」といいます。閉曲線が囲む面積については、長さの条件がなければ、曲線を拡大していけば、面積はいくらでも大きく出来て、面積を最大にする閉曲線は存在しません。このように幾何学的最適化問題では、「大きさ」を限定する条件を与えないと、解が存在しない事が多く、長さ等の制約条件を設けるのが普通です。

■ 赤血球

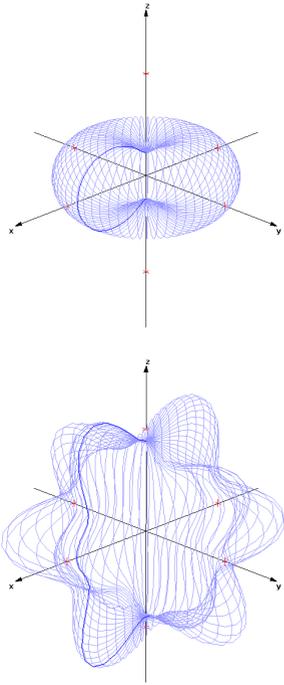
私は、「ヘルフリッヒ変分問題」と呼ばれる幾何学的最適化問題を研究しています。ヘルフリッヒとはドイツの物理学者の名前で、ヒトの赤血球の形状に関するモデルの提案者の一人です。そのモデルを数学的に定式化したものが、ヘルフリッヒ変分問題です。ヒトの赤血球膜を閉曲面と考えます。その曲率の2乗の総和（積分）を最小にする形状が赤血球膜の形状になると考えました（実



際のモデルは、もう少し複雑です。説明のため、簡略化して述べています。「大きさ」に関する制約条件は、閉曲面の表面積と閉曲面が囲む集合の体積です。これは、赤血球が変形するとき、表面積と体積は(あまり)変化しないはずと考えたからです。

■ 軸対称・非軸対称解

私の研究では、軸対称 n モード解と呼ばれる解の存在と、その中で最小になりうるものが2モードだけであることを示しました。2モード解は、通常の赤血球のような形状をしています。また、非軸対称解の存在も示しました。中には、金平糖のような形状もあります。赤血球を特殊な試薬に入れるとこのような形状が観察されると、



薬学の専門家から伺った事があります。この観測結果と、私の得た解が対応しているものなのかは、厳密には明らかではなく、更なる検討が必要です。興味深い事に、ヘルフリツヒ変分問題と等価な方程式が、純粹数学の問題や、赤血球以外の物理学の問題にも現れます。

「表面積と体積の制約条件を保ちつつ、曲率の2乗の総和を減らす連続変形が可能か？」これは、ヘルフリツヒ変分問題の時間発展問題と呼ばれ、私の最近の研究の中心テーマです。時間局所解の存在、解の延長可能性などが、徐々に明らかになってきました。

≪11年9月11日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

プラズマ利用分野の拡大

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 前山 光明 准教授



■ オーロラ

魅惑的な天体ショーであるオーロラはプラズマの一種であり、太陽から降り注ぐ高速な粒子が地球の磁界に沿って流れ込むことで発生する。

この「プラズマ」とは、固体・液体・気体など物質の状態の一つであり、これらよりさらに高温となることで電子が原子の束縛から離れ、電子、イオン、電離していない原子となった状態であり、この世界に存在する物質の99%以上は、プラズマ状態である。

プラズマは、高速な電子、化学的に活性化励起粒子、高い温度、さらに発光するという特徴を持ち最近ではきれいな映像が得られるプラズマディスプレイ(PDP)をはじめとして広く使われるようになっていく。

■ 放射性廃棄物の処理

特に産業技術の分野では、キートクノロジーとしてプラズマが利用されている。エネルギー問題を解決すると

期待されている制御熱核融合発電、次世代の線幅10ナノメートル(nm)台の高集積半導体を作成できる極端紫外光(EUV)を用いた露光装置も、プラズマが利用されており、現在日本も含め活発な開発が進められている。

また、高温および化学的に活性化であるという特徴を利用して、自動車エンジンからの排ガス、血液など付着した医療廃棄物、ゴミ処理場でゴミを処理した後に残る焼却灰や、今後その処理が増えるであろう放射性廃棄物の処理にもプラズマが利用されようとしている。

■ 開発と課題

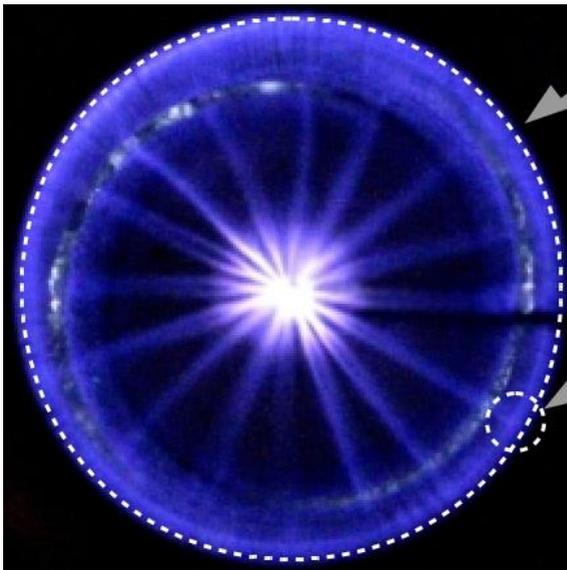
このようなプラズマの持つ多くの魅力的な特性を利用した技術を更に拡大するために(1)通常、500分の1気圧という低圧力中で生成されるプラズマを大気圧中でも一樣に生成できるように条件範囲を拡大させる、(2)熱などへのエネルギー損失を減らし、エネルギー効率をさらに高めることが必要である。

我々の研究室では、これらを解決するため、プラズマを維持するための電子を外部から十分に供給することにも、それを制御する方法により大気圧中で発生するプラズマ源の開発を行っている。

方法は、円筒表面上の小さなホール(穴)部分でまず複数の微小プラズマを生成し、これを電子発生源とし第三電極との間に並列に放電させ、大体積のプラズマを生成する。図は、実際にプラズマを生成した時の写真であり、電極の配置などを調整することで、大気圧下で安定にプラズマが得られることを実証した。

現在は、このプラズマを生成できる条件を拡大すること、およびこれを用いた応用の研究を行っている。

《11年 9月 28日 埼玉新聞掲載》



円筒表面

微小プラズマ

大気圧プラズマ
の一例

消化管運動と脳-腸相関

生命科学部門 生体制御学コース 坂井 貴文 教授



■ モチリン

空腹になると消化管が強く動いて蠕動(ぜんどう)運動が起こり、お腹が「グー」と鳴ります(これを腹鳴または腹鳴りと言います)。昼時に腹鳴が起こり、恥ずかしい思いをしたことがある方は多いのではないのでしょうか。

この現象は十二指腸から分泌される「モチリン」と呼ばれるホルモンが関係していることが知られています。空腹になるとモチリンが血中へ分泌され、胃から下部小腸へと伝わる蠕動運動が起こるといわれています。

近年、消化管の運動不全によって多くの機能性腸障害が起こることが知られるようになり、消化管の正しい運動は我々の健康維持に大切であることが分かってきました。

しかし、消化管運動機構の全体像はまだ明らかにされていないことから、私はスンクス(食虫目、モグラの仲

間)という小型実験動物を用いてモチリンを含む消化管から分泌されるホルモンの作用について研究をしています。

■ 脳と身体が調整

ホルモンというと、下垂体から分泌される成長ホルモンや甲状腺からの甲状腺ホルモン等が思い浮かべられますが、消化管からもたくさんホルモンの分泌されています。これらの消化管ホルモンの一部は、消化管自身だけでなく脳にも働いていることが最近報告されるようになりました。

脳は司令塔として体全体を支配しているとの考え方が一般に受け入れられています。が、体(末梢)からは我々の意識に上らない様々な情報が神経やホルモンによって脳へと伝えられ、それらが統合されて、行動や体の働きを積極的に調節していると考えられるようになってきました。

つまり、脳と体(末梢)は相互に調整しあつて生命活動をを行い、全身の恒常性(ホメオスタシス)を維持しているのです

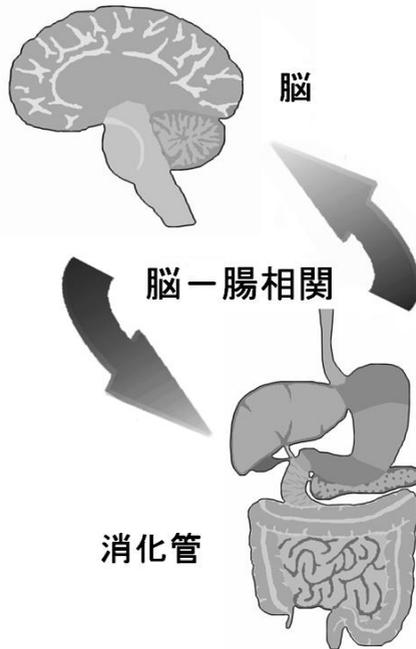
■ 治療薬の開発

中でも、多くのホルモン産生細胞と神経細胞を持つている腸は、脳との密接な情報連絡を行っており、その間には「脳・腸相関」とよばれる制御系が存在します。私は空腹時の消化管運動制御機構を脳・腸相関の観点から明らかにするべく研究を展開しています。

今までの研究から、モチリンは自律神経の作用により分泌され、消化管自身と求心性迷走神経を介して脳に作用することが明らかになりました。空腹時の消化管運動も脳・腸の協調作用によつて起こっているわけです。

この研究を進めて、消化管運動がどうして起こるのか、また、どのような時に正常な運動が出来なくなるのかを調べることで、近年、患者数が多くなっている機能性腸障害の病態理解や治療薬の開発に必要な知識の獲得が期待できます。

《11年 10月 5日 埼玉新聞掲載》



先読みするロボット車椅子

数理電子情報部門 情報システム工学コース 小林 貴訓 助教



■ 快適に移動

車椅子を押したことがある方は、車椅子に座っている方と話がしにくいと感じたことはないでしょうか。私は、車椅子の利用者とその同伴者がより快適に移動できる未来の車椅子について研究しています。

車椅子は、お年寄りや障害を持つ方にとって、とても重要な移動手段です。しかし、少子高齢化の進行を背景に、老老介護が社会的問題となっていることや、高齢者介護施設などでは、介護者の不足により一人で複数の車椅子を移動させざるを得ないといった状況がある。ことから、私たちは、車椅子を押す人と一緒に出掛ける同伴者の負担にも目を向けるべきではないかと考えています。

■ 「話しかけ」支援

私たちは、同伴者の負担を減らすために電動車椅子を高性能にするだけでなく、車椅子利用者と同伴者

のコミュニケーションにも配慮すべきと考えています。

例えば、従来の車椅子を後ろから同伴者が押すという形式では、同伴者が車椅子利用者の顔を見て話しかけることが難しくなります。特に、高齢者介護では、「話しかけ」が重要で、顔を見て多くの話しかけを行うことが、痴呆の進行防止に有効であると言われています。このような話しかけの支援には、車椅子と同伴者が横に並んで移動できることが望ましいのではないのでしょうか。

また、社会学の専門家は、車椅子を同伴者が押している人と、同伴者は介護する人、車椅子利用者は介護される人というように周囲の人に見られてしまうという問題を指摘しています。

例えば、車椅子利用者が店で買い物をする場面では、車椅子利用者が自分の財布から支払いをしようとしているのに、店員の視線はちらりと同伴者の方を向き、会

計をしても良いかの判断を同伴者に確認することがあります。もちろん、悪気はないのですが、車椅子利用者にとっては、気分の良いものではないでしょう。

■障害物の察知

このようなことから、私たちは、同伴者の負担の軽減と、車椅子利用者と同伴者のコミュニケーションを支援するロボット車椅子の研究を行っています。

研究している車椅子は、同伴者と横に並んで自動的に移動し、同伴者も車椅子利用者も車椅子を操作する必要がありません(図1)。また、進路に障害物があれば、車椅子は自動的に同伴者の後ろに回り込んで障害物を避けてくれます。

このような動きを可能にするためには、同伴者がどの方向に行きたいのか?どこに障害物があるのか?などを、様々なセンサを使って計測しなくてはなりません。

特に、人の動きから、その人の意図を読み取ることは非常に難しく、意図がどのような振る舞いに現れるのか、そして、その振る舞いをどうやって計測するのかという問題をいくつも解決してゆく必要があります。

解決すべき課題はまだありますが、理論や技術の開発だけに偏ることなく、人に学ぶことを基本に、実用化に向けて研究を進めてゆきたいと考えています。

≪ 11年10月12日 埼玉新聞掲載 ≫



図1

新触媒・新反応の発見

物質科学部門 応用化学コース 千原 貞次 教授



硫酸は肥料、繊維、薬品の製造に不可欠である。そのため硫酸の生産能力は一国の化学産業の指標となっている。

しかし、硫酸が界面活性剤のアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムや鉛蓄電池のような最終製品に残る場合と、触媒として利用され最終製品に残らない場合とでは話は別である。

■ 固体

後者の場合、酸触媒として利用された後の硫酸は不要で、中和され今や産業廃棄物である硫酸アンモニウムとして除去される。加えて硫酸や塩酸は液酸と呼ばれているが、液体であるため反応容器を腐食する。

これらの問題を回避するため、高温に耐え、かつ酸性を示す例えば沸石（ゼオライト）のような物質に触媒を置き換える「固体酸プロセス化」が30年以上前から行われている。すなわち、化学反応速度は温度が15℃上昇

すると2倍になるため、耐熱性の高い触媒は生産性が高い。

また、固体触媒を用いると、気体や液体の原料を流し込むだけで生成物が反応容器から出てくるため、触媒の分離操作は不要である。工業触媒は基本的に固体触媒である。

■ 模索

我々は「新触媒による新反応をめざし、触媒として用いられた事は無いが可能性が感じられる物質の利用を試みている。

150年前に650℃以上の加熱により合成された非天然の化合物であるが、ニオブやモリブデンのような周期表で5、6族の金属原子6個が一塊となり、周囲からハロゲンが配位した安定な化合物「ハライドクラスター」に注目した。

そのままでは触媒活性は無いが、水素やヘリウム気流下200℃以上に加熱すれば配位塩素と配位水の水素とが反応し塩化水素を放出し、配位不飽和サイトとヒドロキシ基が生じる。

前者は有機化合物を配位させ白金族金属に似た触媒活性を示し、後者はプロトンを放出し酸として機能することが分かった。そしてこれは400℃の高温に耐える固体触媒である。

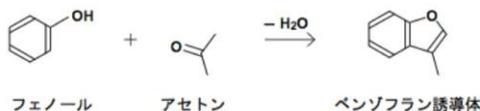
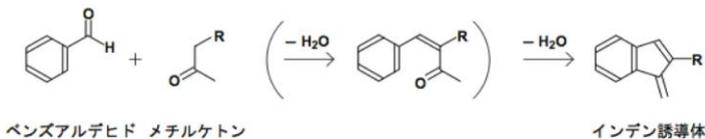
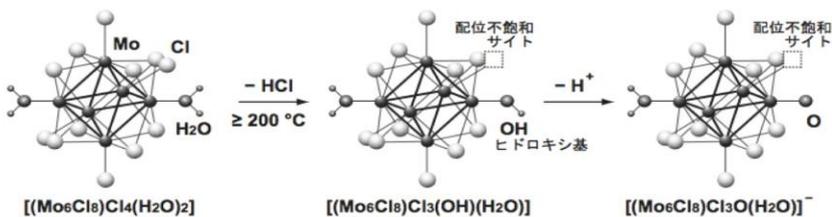
今のところ400℃の使用に耐える固体酸触媒は、ゼオライトとヘテロポリ酸しか知られていない。これらは硫酸以上の強酸点も持つが酸強度の分布が広いことが選択的化学反应を行う上では欠点となっている。

一方クラスターはリン酸程度の弱い酸であったが分子性であるため酸の発現パターンが一種しか無く、酸強度に分布は無いことが特徴である。

■有望

ハライドクラスター触媒を用いることにより、ベンズアルデヒドとメチルケトンからインデン誘導体の合成や、フェノールとアセトンからベンゾフラン誘導体の合成などの新規反応が見いだされた。一方、ナイロンの原料であるε-カプロラクタムの合成触媒になることも分かった。

《11年10月19日 埼玉新聞掲載》



ベンズアルデヒドとメチルケトンからインデン誘導体の合成（上の式）
 フェノールとアセトンからベンゾフラン誘導体の合成（下の式）

バイオディーゼルの可能性に関する研究

生命科学部門 分子生物学コース 西田 生郎 教授



■ 再生

自動車やジェット機は原油からつくる液体燃料で動きますが、原油資源の枯渇が危惧されるなか、対策が求められています。

液体燃料は燃焼して二酸化炭素(CO₂)として大気中に放出されますが、CO₂が自然に液体燃料に戻ることはありません。一方、植物はCO₂を光合成で同化し、油脂を合成できます。

例えば、サラダ油としておなじみのナタネ油(トリアシルグリセロールという油脂)は、食生活を豊かにする一方で、自動車やジェット機を動かす燃料になります。このような植物油脂は「バイオディーゼル」とよばれて注目されています。

バイオディーゼルは燃焼してCO₂になっても、植物の光合成によって油脂に再生されるので、いわば「再生可能なエネルギー」といえます。再生可能なエネルギーを利

用することは、豊かな社会を持続的に維持するために不可欠です。

■ 油糧植物

油脂を生産する作物を「油糧植物」と呼びます。戦国時代の武将・斎藤道三は、油商人であったことはよく知られていますが、道三が商ったのはエゴマの油であったと云われています。一方、ナタネ油は江戸時代に生産がさかんになりましたが、これは、江戸前の魚を天ぷらとして食する習慣とも関係があるようです。

油の性質を決めるのは、成分である脂肪酸の種類です。冷蔵庫で固まるバターは二重結合をもたない飽和脂肪酸を多く含みますが、冷蔵庫でも固まりにくいマーガリンは二つ以上の二重結合を含む多価不飽和脂肪酸の割合が高い。

遺伝子工学の技術を使うと、植物油脂の脂肪酸の長さや二重結合の数を操作できます。動物油脂の性質を



Camelina sativa(カメリナ)



Brassica napus(セイヨウアブラナ)

目次へ

植物油脂に付与したり、豚に植物や魚の油脂をつくらせることも可能です。

■ 基盤技術の開発

今後ですが、植物油脂の組成を変えることは容易ですが、植物油脂の生産量を増大させることに課題があります。油糧作物は人類の歴史において、より多くの油脂を生産する品種に改良されています。しかし、これがベストなのかというところさらに改良の余地はあるようです。また、他の作物との農地競合も問題であり、荒地や土壌汚染(たとえば、鉍毒)地域でも生育可能な油糧植物の開発が期待されます。われわれの研究室では、植物や微細藻類に油脂を蓄積させる基盤技術の開発をすすめています。

科学技術は人々が実現したいと思う夢から始まり、夢を実現するには、自然の原理を探索する基礎研究(理学研究)の成果と、その成果を応用分野に展開する工学力と経済力が必要です。どれが欠けても、夢は実現しません。

≪11年10月26日 埼玉新聞掲載≫

糖鎖の魅力と謎の探求

物質科学部門 機能材料工学コース 松岡 浩司 教授



■ 血液型の決定

糖鎖とは、ブドウ糖などの糖が鎖のようにつながった構造を指します。このような糖鎖により血液型が決まっていることを皆さんは知っていますか？

A型やB型などの血液型のことです。

数個の糖からなる糖鎖をオリゴ糖と言います。血液型の決定には特定のオリゴ糖が関係しています。インフルエンザウイルスに対する特効薬として知られているタミフルやリレンザも、ある糖を真似てつくられています。このように我々の身近において糖鎖が活躍しています。

■ ペロ毒素を中和

浦和地区においては、1990年代初めに病原性大腸菌 O157:H7 による感染が発生し、2名の幼い命が失われました。この原因は、菌が産生するペロ毒素(志賀毒素)にあります。ペロ毒素もまた、私たちの細胞表層上に存在する糖鎖を認識して接着後、悪さを施すのです。

我々の研究グループは、このような糖鎖に関連する作用を中和や解毒できる薬剤開発を行っています。

面白いことに、天然においてこれらの糖鎖は、見かけ上、たくさん結合したように振る舞っています。そこで有機合成の手法を用いて人工的にそのような物質を作り出すことに成功し、ペロ毒素の中和剤の開発に至りました。マウスを用いた実験では、完全に中和できることを見出しています。

■ 有効活用

我々は、このように糖鎖にさらに付加価値を付け、有効活用しようとして研究しています。糖は甘いように思えますが、研究の対象となると話は別で、とても苦い経験をします。オリゴ糖を作ろうと思うと、合成反応を何段階も行わなくてはなりません。1回の反応効率が9割でも10回行くと、0.9の10乗となり、気が付くと試料がなくなっていることもしばしばです。ところが不思議

なもので、最終化合物が取れ、面白い結果が出てくるとそれまでの苦労を忘れてしまいます。

糖鎖の魅力は、既に活性があることです。有機合成で苦勞しても、より活性の向上した化合物が得られた際の心境はとても晴れやかです。

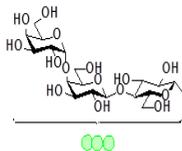
まだまだ未知で謎の多い糖鎖について、今後も探究していきたいと思えます。

≪11年11月9日 埼玉新聞掲載≫

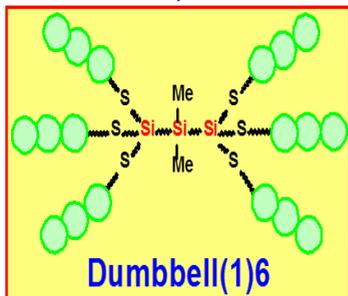
樹木状高分子



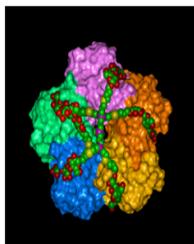
オリゴ糖



有機合成化学
機能材料工学



目次へ



解毒試験

毒素の中和
成功

工学と医学の力で
毒素中和剤ができる!!

「グラフエン」薄膜化への挑戦

物質科学部門 基礎化学コース 上野 啓司 准教授



■ ダイヤモンドと黒鉛

炭素は生物を構成する有機物の構成元素であり、生命にとって不可欠である。その一方、さまざまな工業分野において原材料として用いられている元素でもある。

ところで化学の教科書を見ると、天然に存在する炭素単体の結晶として、必ず「ダイヤモンド」と「黒鉛（グラファイト）」が記載されている。

ダイヤモンドは炭素原子が3次元的に強く結合した結晶構造を持ち、固くて電気を流さない(図右)。一方グラファイトは、蜂の巣状に炭素原子が結合したシートが、弱い力で結合し積層した結晶構造を持つ(図左)。このグラファイトを構成している炭素の単層シートが、「グラフエン」と呼ばれている。

■ 驚異の性質と現象

2010年度のノーベル物理学賞は、英・マンチエスター大のガイム、ノボゼロフ両氏による「二次元物質グラフエ

ンに関する先駆的実験」に対して授与された。

グラフエンが特殊な電気的物性を示すであろうことは、理論的には数十年前から言われていた。しかし大面積なグラフエンを、電気を流さない絶縁性の基板上に作製して電気的物性を測定することは、2004年までは全く不可能と考えられていた。

ところが両氏は、弱い力で積層しているグラファイトを、ありふれた事務用の粘着テープを用いて薄くはがし、絶縁性の基板に擦りつけて転写する、というごく単純な手法によって、大面積なグラフエンを作製することに成功した。

そして得られたグラフエン試料を用いた実験から、理論的な予言通りの「有効質量ゼロの電荷の存在」という驚くべき性質が示され、驚異的な電荷移動度や室温での量子ホール効果といった特異な現象が発見されたのである。

両氏の画期的な報告以降、物性物理学の分野ではグラフェンについての膨大な研究が世界中で爆発的に行われ、新しい発見も相次いでいる。

■ さまざまな応用

グラフェンを用いた研究は基礎物性研究の分野だけではなく、材料応用の分野でも活発に行われている。グラフェンは非常に高速に電荷を運ぶことが出来るため、例えばテラヘルツの周波数で動作するような超高速トランジスタを実現するための材料として注目されている。

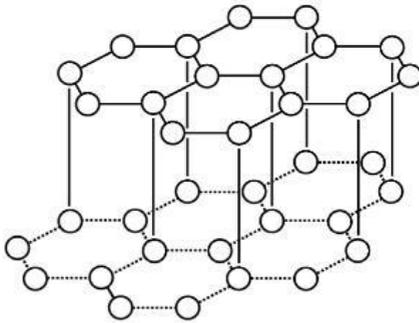
また、原子1層という光をほぼ透過する薄さでも電気をよく流すので、透明導電膜の材料としても注目されている。その他にも太陽電池、蓄電池や燃料電池の電極材料、水素貯蔵材料、高性能伝熱材料、微小電気機械素子 (MEMS) 材料、といったさまざまな分野での応用が期待されている。

筆者の研究室では、グラフェンを溶媒に可溶化し、溶液塗布により導電性のグラフェン薄膜を作製する手法の開発を進めている。

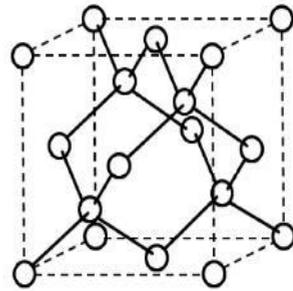
「ありふれた」物質であったグラファイトから得たグラフェンを用いることで、今後どのような新しい物性が発見され、応用へとつながっていくのか、ぜひ注目していただきたい。

《11年11月16日 埼玉新聞掲載》

目次へ



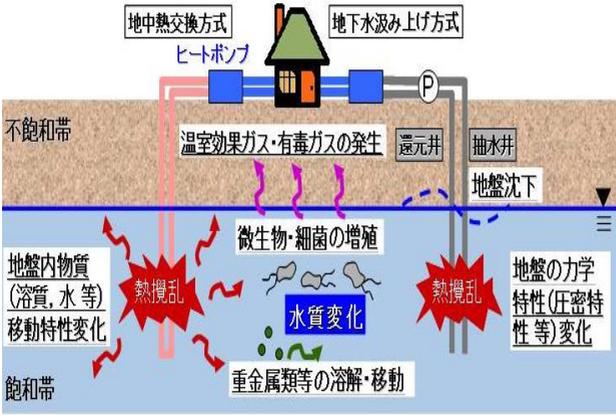
グラファイト
(黒鉛)の構造



ダイヤモンドの
構造

地圏熱かく乱と地下水保全

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 小松 登志子 教授



地下熱かく乱より予想される地下水・地盤環境変化

■ 地下温暖化

「地下温暖化」とは聞き慣れない言葉だが、ヒートアイランドや地球温暖化によって特に大都市で地下温暖化が起こっているという報告があり、地下水の温度が上昇しているというデータが観測されている。

一方、省エネルギー、ヒートアイランド対策に有効といわれる地中熱利用ヒートポンプシステムの普及が進んでいる。このシステムは簡単に言えば、冷たい地下水を冷房に利用し、暖かくなった地下水を地下に返すというもので、この方式が普及すれば地下水の温度が上昇することが予想され、さらに地下温暖化が進む恐れがある。

そこで私たちが着目したのは図に示すように、地下水の温度上昇が重金属類の地下水への溶解や微生物活動の変化など、地下水汚染や微生物生態系のかく乱をひき起こす可能性があるのではないかということである。しかしながらこのような温度変化が地圏環境に与え

る影響はこれまで明らかにされていない。

■ 地中熱利用ヒートポンプ

地中熱利用ヒートポンプは地下水を利用して冷暖房を行うもので、大気と熱交換する従来の空気熱源の空調機と異なり、地下水を採熱・放熱の場として利用する。実際には夏の冷房時には地下水(地中)の温度上昇、冬の暖房時には温度低下が起こることが予想される。

地中熱利用ヒートポンプは欧米ではすでに普及が進んでいるが、日本でも東日本大震災による原子力発電所事故の影響で再生可能エネルギーが見直される中、地中熱利用ヒートポンプに注目が集まっており、今後普及が進むものと考えられる。

■ 研究プロジェクト

貴重な水資源である地下水を保全するため、このような地圏環境の温度変化が地下水に与える影響を調べる研究プロジェクトが埼玉大学環境科学研究センターで進められている。

この研究は科学技術振興機構の「戦略的創造研究推進事業(CREST)」に採択されたもので、研究課題名は「地圏熱エネルギー利用を考慮した地下水管理手法の開発」(代表:小松)、研究期間は2010年10月～16年3月である。

この研究では、地中熱利用ヒートポンプによる温度変

化が地圏環境における微生物、物質・熱循環などに及ぼす影響を明らかにし、これらの影響を最小限にするための地下水利用・管理手法の提案を行うことを目的としている。

現在、埼玉大学の2グループと日本大学、東京農工大学の計4グループで研究を進めており、それぞれの大学構内に設けたボーリングサイトに地中熱利用ヒートポンプシステムを導入して地下水の温度や水質などの観測を行なっている。

≪11年11月23日 埼玉新聞掲載≫



埼玉大学キャンパス内の実験サイト。深さ50mのボーリング孔が5本あり、中央のヒートポンプ用Uチューブ(赤いコーン)と観測井4本となっている。

水草のさまざまな働き

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 浅枝 隆 教授



小川に揺れる水草は心を和ませ、郷愁をかりたてる光景でもある。ところがこの水草、景観だけでなく、様々な働きがある。

■ すみか

川底には、様々な水生昆虫や貝類などの小動物が、捕食者から逃れるために、川底の石の間や水草の中を棲みかにして生活し、繁殖している。こうした小動物の多くは、川の中の藻や有機物を餌にし、また、彼らも一部は魚などのより大きな動物の餌になっている。水草の群落はこうした小動物の棲みかを提供している。

■ 水質浄化

汚水として流入した有機物の中には、流れ下る過程で沈降し川底に堆積するものも多い。ゆっくりした流れの中ではより大量に堆積する。

川底が水草で覆われていると、川の中を流れ下る有機物や微細な粒子は、川底の水草群落の中に入った途

端、急速に沈降する。これらは洪水時には流れ出すが、通常は、水中の有機物や微細な土砂が沈降することで、透明度は上昇し水質は向上している。

水草は養分の一部は葉や茎から吸収するものの多くは根から取り込んでいる。有機物や微細な土砂でできる柔らかい土壌中では水草は根を伸ばしやすく、また、養分も吸収しやすい。水草自身が自分に適した環境をつくりだしている。

川底に生える植物には、根の表面から土壌の中に酸素を送り込む性質もある。一方で、川底の土壌中にはほとんど酸素がない。こうした酸素の少ない場所に酸素の多い薄い層があると、バクテリアによって、土壌中のアンモニア分が窒素ガスとして大気中に放出される。

家庭や家畜小屋からだされて水底に堆積していたアンモニア分を取り除く効果的な仕組みである。このように、川底に生える水草には高い水質浄化作用が存在する。

■ 生態指標

ところが、埼玉の小川には、水草が極めて少ない。

近年、小川の川底や側岸をコンクリートにすることの問題が叫ばれている。しかし、埼玉の小川の多くは、岸が崩れたり、川の中の植物が抵抗になって豪雨時に川が溢れるのを防ぐ目的で、未だに側岸がコンクリートで固められている。しかし、川底や側岸がコンクリートで覆われると水草は生えにくい。

田畑で用いられる除草剤も問題だ。これが小川に流れ込むと水草の種は発芽し難く、それまでであった水草も短期間に枯れてしまう。また、小川に多いアメリカザリガニは水草が大好物だ。

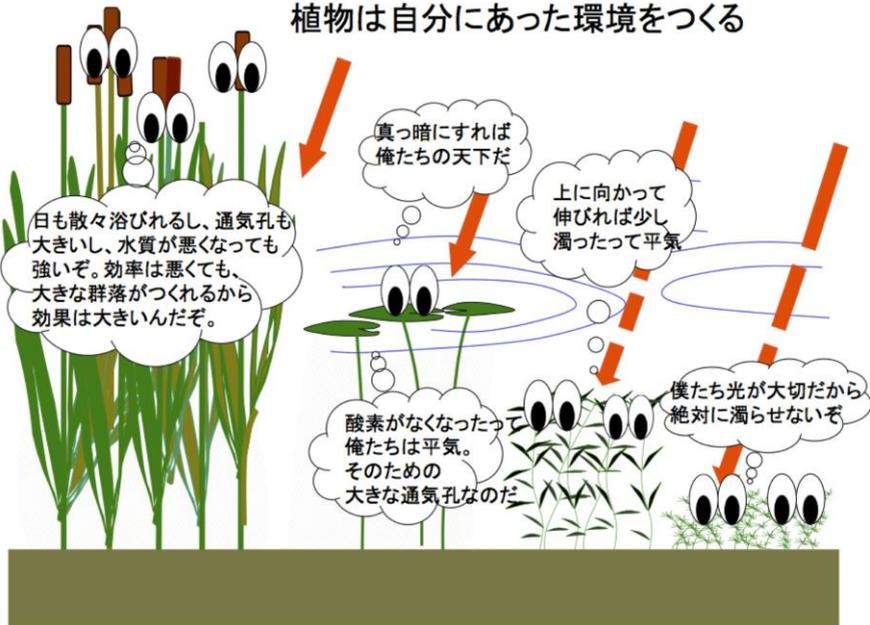
この水草、一旦消滅するとなかなか再生させるのが難しい。川底の土壌を乾燥させると、土壌中の種が発芽することも多いが、川を干上げるのは難しい。湧水が流れ込む場所には水草は生えやすいが、最近では湧水自体が少なくなってきた。

埼玉の小川に水草をなびかせるには、まだまだ時間がかかりそうだ。

《11年11月30日 埼玉新聞掲載》

目次へ

植物は自分にあつた環境をつくる



トポロジジーが生む新物質

物質科学部門 物理学コース 今井 剛樹 助教



■ 穴の数で分類

山手線の経路を実際の航空写真などで確認すると歪んだ楕円形になっていますが、駅にある路線図はしばしば完全な円に近い形で描かれます。それぞれの形は異なりますが、行き先を確認する際には、私たちは実質的に両者を等価なものとして扱っています。

またドーナツを連続的に変形していくと、マグカップにすることができず「図. そのでは“穴を唯一つ持つ””という両者に共通の性質を反映しています。

このように連続的に変形させた場合の不変な性質を扱う数学がトポロジジー（位相幾何学）であり、ここでは穴の数という「トポロジカル数」によって対象を分類することが出来ます。

■ 新奇的現象

物理学におけるトポロジジーの影響はこれまであまり注目されてきませんでした。

しかしながら最近の研究から、ピスマスを含む化合物などで通常の金属や絶縁体といった振る舞いとは異なり、トポロジカル数で特徴づけられる「トポロジカル絶縁体」という新奇的現象が出現することが分かってきました。

このトポロジカル絶縁体は結晶内部では電気を流さない一方で、表面や端では金属状態になって電流を流すことが出来ます。ここでは有効質量ゼロの粒子が出現し、電子の自転（スピン）をそろえて動き回る、という特殊な状況が実現されます。

通常の電気伝導とは異なり結晶構造の欠陥や不純物の影響を受けにくく、電子が高速で移動できるようになります。そのため省エネ効果が高く、消費電力の低い電子デバイスや超高速コンピュータなどへの応用に向けた期待が高まっています。

■ 新しい超伝導現象

トポロジカル絶縁体の超伝導版である「トポロジカル超

伝導体も同様に研究が進んでいます。その代表的な遷移金属酸化物の一つルテニウム酸化物「 Sr_2RuO_4 」がありますが、この物質の表面で、電子は、粒子と反粒子の区別がつけられない中性粒子である「マヨラナ粒子」として振る舞う、など興味深い現象が予測されています。

Sr_2RuO_4 では伝導電子の間に働く強いクーロン相互作用が物質の性質に様々な影響を及ぼしており、現在トポロジックと磁性、電気伝導などの関わり合いについて、ミクロな観点からの研究を進めています。

このようにトポロジックの物質に及ぼす影響について解明が進むことにより、デバイス開発などの工業的な応用に向けた明確な指針を与えることが期待されています。

《11年12月7日 埼玉新聞掲載》



?



材料の安全な使用のために

人間支援 生産科学部門 機械工学コース 荒木 稚子 准教授



■ 変形

千歳飴は、硬い材料でしょうか、柔らかい材料でしょうか。プラスチック材料の強さについて話すときには、よく千歳飴を例に挙げて話をします。

千歳飴は、常温では硬いため曲げることは難しいですが、温めると柔らかくなり簡単に曲げることができず。あるいは、常温において一瞬で曲げることは難しいですが、時間をかけてゆつくりと力を加えれば、曲げることは可能でしょう。また、常温では床などに叩きつけて叩き割ることができますが、温めた場合には引っぱりによって引き千切ることができず。

ちょうど千歳飴と同じように、プラスチック材料の特性は、温度や変形させる際の速度に応じて変化します。（例は千歳飴である必要はないのですが、ちょうど実験に使う材料の大きさに近いのと、筆者が飴好きなので。）

■ 異なる特性

また、多くのプラスチック材料は、温度を上げるにしたがつて、柔らかくなると同時に、粘りっぽくなります。すなわち、容易に曲げることができるようになる一方で、粘り強くなるために、壊すためにより大きなエネルギー（仕事）が必要になることがあります。

また、材料に傷や亀裂があった場合には、低い温度では簡単に亀裂が進み、パリんと脆く割れやすいのに対し、高い温度では割れにくくなります。

もちろん、プラスチック材料に限らず、常温付近では安定に思われる金属やセラミック材料でも、500℃、1000℃と温度を上げれば、常温とは大きく異なる特性を示します。

■ 事故を未然に防ぐ

さらに、材料の強さは、破壊の方向によっても異なります。割り箸を例に破壊現象を考えてみましょう。割り箸を二つに割る際に、両端を持って広げるようにして二つに割る場合と、二本を逆方向にスライドさせるように二つに割る場合では、それぞれ割るために必要なエネルギーは異なってくるでしょう。つまり、破壊の進む方向と力のかかる方向の関係によって、破壊現象は異なってきます。

一言に、材料の強さや破壊、といっても、材料の種類はもちろん、温度や変形速度、破壊の進む方向などによつて、現象は様々です。

私たちの身の周りには、材料が曲がったり壊れたりするために生じる問題や事故が常に発生しており、さらに、日々新しい材料が開発され、材料の新しい利用法が拡大しています。

このような中で、材料を力学的に安全に使用し、破壊事故を未然に防ぐためには、どのようにすればよいかということについて、大学では教育・研究を行っています。

《11年12月14日 埼玉新聞掲載》

目次へ

炭化ケイ素半導体と育む低炭素社会

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 土方 泰斗 准教授



■ 損失60%削減

炭化ケイ素(SiC)半導体は、現在最も多く用いられているSi半導体と比べ、パワーデバイス材料としての優れた物性を有しています。さらに、Si半導体と同様に熱酸化によって良質な絶縁膜である二酸化ケイ素(SiO₂)膜が表面に成長できる、大変ユニークな化学的性質も持っています。

現在、電気・ハイブリッド自動車、鉄道、各種インバータ家電等の広い応用分野において、約1kV耐圧のSi製絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ(IGBT)が数多く用いられていますが、Siの物性値から来る限界によってこれ以上の低損失化は期待できません。

しかし、これをSiC製の金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)に置き換えると、SiC素子の損失低減化(約200分の1)や小型化(体積約10分の1)の恩恵により、電力制御機器全体の電力損失を

60%以上も削減できます。

■ 新発見

ところが、実際試作されたSiC半導体のMOSFETは、SiCの物性値から予測される損失抵抗よりも数桁高くなっており、これは半導体/酸化膜界面の大量の電子トラップが原因と考えられています。さらにSiC熱酸化膜の長期信頼性は、Siのそれと比べてまだ十分とは言えません。

われわれのグループは、SiCの酸化メカニズムを明らかにすることでこれらの問題を解決しようと呼び組んでいます。「酸化過程その場観察装置」と呼ばれる酸化炉と分光偏光解析装置を合体させた装置を開発し、SiCの酸化過程を長時間観察することに成功しました。

観察データの分析結果から、SiCの酸化のしくみ初期には酸化速度が急激に減少する過程があることを世界で初めて明らかにしました。

この実験結果を基に、SiCの酸化反応過程の見直しを行いました。従来SiCの酸化反応は、二つのSiC分子と二つの酸素分子が反応し、SiO₂分子とCO分子がそれぞれ二つずつ生成する(2SiC+3O₂→2SiO₂+2CO)と考えられていましたが、実は、酸化反応には直接関与しないSi原子とC原子のSiO₂膜への放出過程があることを突き止めました。

酸化膜に放出されたSiやC原子の数は酸化されたSiC分子の数と比べ僅か数%であるため、実時間観察等の詳しい調査が無ければこの発見は難しかったと考えられます。

■ 画期的プロセス

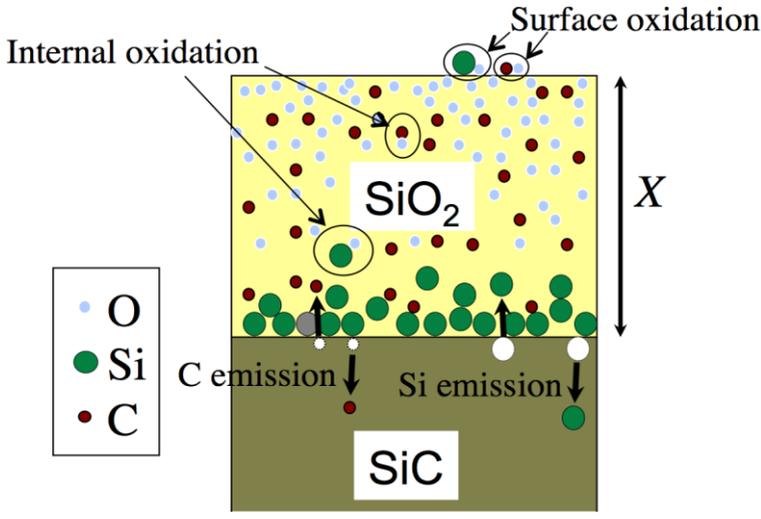
一方、SiC基板には完全除去の難しいC原子の抜け(C空孔欠陥)がおよそ原子十億個に一個の割合で含まれています。このような少数にもかかわらず、この欠陥はバイポーラトランジスタ等の高耐圧素子の大幅な性能低下を導きます。

ところが、ごく最近、SiCの熱酸化によってこの欠陥を除去できるという画期的なプロセスを京都大学木本恒暢教授らのグループによって考案されました。

このプロセスの発明と土方らがSiおよびC原子放出現象を発見したのがほぼ同時期(2009年初頭)であり、欠陥除去の物理的仕組みが円滑に説明されたのは

大変興味深いことです。

≪11年12月21日 埼玉新聞掲載≫



SiC 酸化過程における Si および C 原子の放出現象(新発見)

日常に隠れている数学的理論

数理電子情報部門 数学コース 江頭信二 助教



■ 力学系

力学系では何をどう研究するのか、いつも次のような例えを用いて、説明しています。ゴミをゴミ捨て場に捨てたとする。次の日、このゴミは回収され、ゴミ収集場に運ばれる。その後、このゴミは夢の島に運ばれ、そこでゴミは埋め立てられ、以降その場所を動くことはない。あるいは、ゴミを海に捨てたとする。そのゴミは海流に乗って、海を漂流する。場合によっては、どこかの海岸に次第に近づき、漂着するであろう。しかし、現代社会に生きる者としては、ゴミの行き先に無神経であってはならない。

数学では、このような事象を理想化して考えます。地表を球面とみなし、1日経過によるゴミの移動を球面からそれ自身への写像とみなします。ゴミの行き先は、球面上の点をその写像によって繰り返し写していくことに対応します。

力学系とは、ある集合からそれ自身への写像のことで、ここでは点を繰り返し写すことを考えます。そして、点を繰り返し写していったときの軌道の様子を調べることが重要なテーマとなります。

■ カオス

先述の夢の島のように、写像で動かない点を不動点と呼びます。ゴミが海岸に漂着する場合は、点の前方軌道が(漂着する)点に集積するといいます。では、点の軌道を考えるとき、それ以外にどのようなものがあるのでしょうか？

実は複雑な軌道をもつ力学系がいくつでもあります。例えば馬蹄形写像と呼ばれる写像は、集合内にフラクタルな集合(自己相似性を持つ分数次元の集合)が現われ、その中を稠密に動き回る軌道がある、さらに、その集合上で攪拌される性質があります。これをカオスの出現といい、フラクタルな集合をカオス的な不変集合

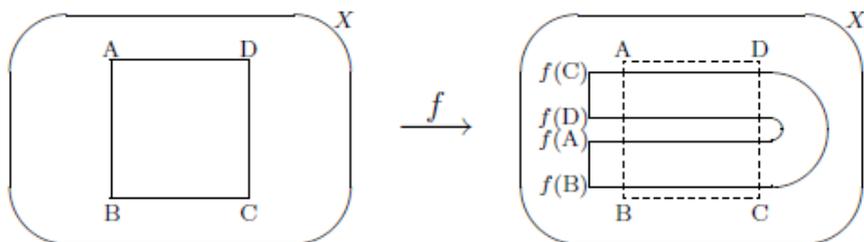
といいます。

重要なのは、このようなカオス的な不変集合を持つ力学系は、日常の中で案外起こっていることなのです。皆さんがパン生地（あるいは粘土）をこねるとき、生地を伸ばして、Uの字に折り曲げて元の形に戻す操作を繰り返しましょう。経験的に行われているこの操作を繰り返すとき、カオス的な不変集合が現われ、生地の攪拌がもたらされているのです。

■ 確認

数学は日常生活の何に役立つているのかという質問をよく受けます。これには次のように考えてみてください。しょう。普段何気なく行っている行動の中に、実は数学的な理論が隠されていて、知らず知らずのうちにそれを利用していただということです。そして、その行動が適切であるということが、どこかで数学的に確かめられているということです。

《12年 1月11日 埼玉新聞掲載》



馬蹄形写像 $f: X \rightarrow X$ (正方形 $ABCD$ は、横向きになったU字型の図形に写される)

重なりのない展開図

数理電子情報部門 情報システム工学コース 堀山 貴史 准教授



展開図というと、小学校の算数の時間に、立方体や直方体の箱を切り開いたのを思い出される方が多いと思います。展開図は、単に頭の体操というだけでなく、私達の身の回りの様々な場面に現れます。

ケーキやお菓子の箱は、その一例です。また、携帯電話を買うと、箱に付属品と一緒に詰めてありますが、その間仕切りを分解してみると、ボール紙を器用に折り畳んであることが分かります。また、板金加工で機械部品を作るのも、展開図から立体を作る作業と言えます。楽しいところでは、1枚の紙から複雑な立体を作る折り紙、紙の部品を組み合わせて作るペーパークラフトもあります。

■ 未解決問題

展開図の歴史は、16世紀に画家であり数学者であるデューラーの著書『測定法教則』にまで遡れます。それ

以来、その実用的な側面だけでなく、学術的にも興味の対象となっています。

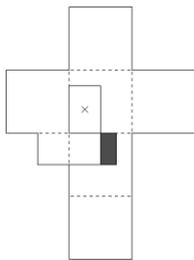
展開図に関する最大の未解決問題は、「任意の凸多面体は、必ず展開図を作れるのか？」より正確に言うと、「任意の凸多面体は、自己交差の無い多角形に辺展開することができるだろうか？」という問いです。

凸多面体とは、直感的には、くぼんだ所の無い多面体です。辺展開は、多面体をその辺に沿って切り開いたもので、小学校で習った展開図と同じです。わざわざ辺展開と言っているのは、辺のみでなく多面体の面を切ってもよいとした一般展開と区別するためです。

自己交差は、多面体を切り開いて平面上に広げた時に、その一部が重なることを指します。例えば、小学校で習った立方体の展開図に自己交差はありませんが、変な切り方をすると、自己交差のある一般展開が出来る

てしまいます。Ⅱ図。(×印部は切り抜く。グレー部が交差。)

自己交差の有る展開図は、1枚の紙から元の多面体を作ることができず、2枚以上のパーツを貼り合わすしかありませんから、工数などの実用観点から見て、展開図として問題アリということになります。



ですので、未解決問題は、どんな凸多面体に対しても、重なりが無い(まともな)辺展開を少なくとも1つは見つけられると保証したい、という意味を持ちます。

■視点を変えると

世の中の展開図は何とかして作られていますし、立方体の一般展開での自己交差の図も無理に交差させてあるように見えますので、重なりが無いのが自然なようにも思いますが、この未解決問題は複雑です。

少し問題を変化させて考察した研究を紹介します。まず、凸多面体ではなく、くぼみのある凹多面体も許すとしています。この時には、どのように辺展開をしても重なりを持つ、困った凹多面体があります。

では、凸多面体の辺展開ではなく、一般展開を許すとしています。この時には、絶対に重なりが無いようになら

く切り開くアルゴリズムがあります。ちょうど、みかんを星形に剥くようなイメージで展開します。

■際どいバランス

問題をもう少し変えて、正多面体の辺展開とします。正多面体は、各面が同じ正多角形からなる立体で、正4面体、正6面体、正8面体、正12面体、正20面体の5種類しかありません。この場合には、少し強いことが言えて、どのように辺展開しても重なりません。

絶対に重なりが無いと計算機を使って証明したのですが、その時に求めた正多面体の展開図カタログは、<http://www.alics.saitama-u.ac.jp/horiyama/research/unfolding/catalog/>で閲覧いただけます。正4面体は2種類、正6面体と正8面体は11種類、正12面体と正20面体は4万3380種類あります。

なお、正多面体の辺展開ではなく、一般展開を許すと、先の図のように重なることがあり得ます。また、5角形と6角形の面を持つサッカーボールに代表されるような半正多面体の辺展開にも、重なりがあり得ます。それを考えると、正多面体の辺展開が絶対に重ならないというのは、かなり際どいバランスで成り立っていると言えます。

《12年 1月18日 埼玉新聞掲載》

セラミックスの隠れた才能

物質科学部門 応用化学コース 柳瀬 郁夫 准教授



■ 結合力

セラミックスは固い物質である。有機高分子や金属と違ってセラミックスは固いのである。

この“固さ”は結晶を形成している原子同士の結合力の影響を強く受けているが、結合力は熱膨張という現象にも関係している。熱が伝わると原子間距離の熱振動が活発になり、その振動中心が原子間距離の広がる方向にずれて熱膨張する。そのため結合が弱いと、熱によつて大きく膨張する。

一般的にセラミックスの熱膨張は有機高分子や金属に比べて小さいが、中には大きいものがある。

しかし、“柔軟な発想”で接すると、既存のものを凌駕できる隠れた才能を引き出せることがある。

セラミックスの特性は、多くの原子が複雑に組み合わせられて作られた結晶構造に強く依存している。結晶構造を精密に理解して、不都合なところを適切に処方す

るのである。“柔軟な発想”は相手を理解することから始まる。

■ ゼロ熱膨張

開発例を図に示す。温度が上がると膨張したり、収縮したりと変わった性質をもつ“暴れん坊”にとつて不都合なところが、原子同士の結合角度にあることに気づく。

化学組成を少し変えて“背筋を伸ばす”と特性が劇的に変化し、これまで見向きもされなかったゼロ熱膨張物質の開発の分野で注目される“優等生”に近づけるのである。

ゼロ熱膨張は光学精密部品の精度等に関わる重要な性質の一つである。

熱による色変化も興味深い。生活環境の温度域において示温顔料などの熱応答物質は有機化合物や金属錯体の独壇場といつてよいが、耐環境性という点で不自

由さが残る。セラミックスは環境に対して丈夫なものが多いが、熱膨張に起因する色変化は地味である。

“柔軟な発想”で結晶構造や熱膨張を制御しながら、“固く閉ざされた領域”に挑戦中である。

■解決の糸口

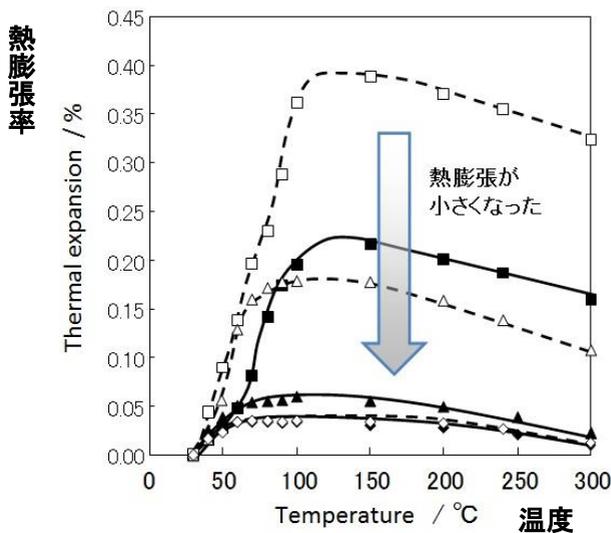
また、温暖化問題に関連したCO₂分離セラミックスの開発も多方面からの支援を頂きながら積極的に進めている。

しかし、食糧危機、水不足、環境汚染、エネルギー資源、難病治療、核燃料廃棄など、人類が直面している深刻な問題はいくつもある。これまで以上に多くの研究分野の知恵や技術がこれらに集中されれば、思わぬ解決の糸口が見出される機会が増えるのではないかと期待してやまない。

特に、何十年にも渡ってブレイクスルーが起こらない、成人病を含む難病の治療法の開発では、化学、物理学、工学等との共同開発が不十分に思えてならない。副作用的に強い処方だけが治療法ではなからう。

ナノテクノロジーを駆使した、病原をピンポイントで叩く治療法等の“柔軟な研究開発”がもっと注目されてよい。これは科学技術の総力を挙げて早急に解決すべき課題である！

≪12年1月25日 埼玉新聞掲載≫



液胞の形成メカニズム探る

生命科学部門 生体制御学コース 森安 裕二 教授



■ 植物の戦略

私たち動物の体は細胞からできています。植物の体も同じですが、一般に、植物の細胞は動物の細胞よりも大きくつくられています。これは、植物細胞が水分含量の高い「液胞」という構造を発達させ、細胞の充填材として利用していることに因ると考えられます。酵母などのカビの細胞にも液胞は存在しますが、大きくはなく、液胞が細胞の体積の9割以上を占める植物細胞とは状況が異なります。液胞内のタンパク質濃度は細胞質基質の約1/100と低く、液胞を用いた細胞成長は植物にとって経済的であると考えられます。植物は、液胞を発達させ細胞を大きくすることで、個体としても大きく成長するという戦略をとって進化してきたと考えられます。

■ オートファジー

植物の体の中では、茎や根の先端付近で新しい細胞

が作られています。新しくできた細胞はまだ小さく液胞がありませんが、次第に小さな液胞が作られ、それが大きくなり、細胞も大きく成長していきます。実は、植物細胞において、液胞がどのように形成されるかに関しても、いまだ十分に理解されていません。いくつかの説があり、その中に、オートファジーと呼ばれる細胞質分解経路を通して液胞が形成されるという説があります。

オートファジーとは、細胞質の一部が隔離された構造が細胞の中でまず出来上がり、その後、隔離された細胞質が液胞（動物ではリソソーム）に運ばれて、最後は液胞（動物ではリソソーム）内のタンパク質分解酵素の働きで分解されるという現象です。

私たちはこれまで、植物細胞におけるオートファジーのメカニズムとその生理的意義を調べてきました。その過程で、オートファジーが液胞の形成と密接に関連してい

ることを再発見しました。

例えば、タバコの培養細胞《写真上》を手術して液胞のない細胞(ミニプロトプラストと呼ばれる《写真下》)を作製することができます。このミニプロトプラストは液胞がなくなっても生きており、1〜2日間培養すると液胞が再形成されて、最終的には元の細胞の形に戻ります。タンパク質分解を阻害する薬剤でミニプロトプラストを処理しておく、形成された液胞の中に細胞質の未分解物が蓄積してきます。このことは、新しく形成される液胞は細胞質を取り込んで分解していることを明確に示しています。すなわち、液胞はオートファジーを行い細胞質を消化しながら大きくなっていると考えられます。

■ 普遍的な現象の利用

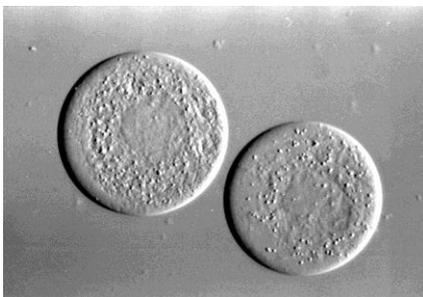
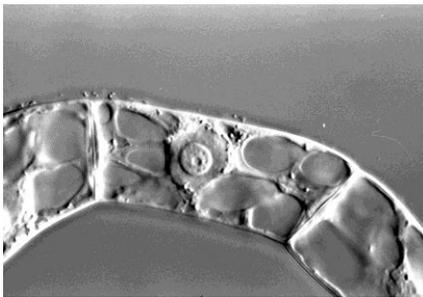
しかし、いろいろと不明な点も出てきました。一つはオートファジーの種類の問題です。オートファジーにはいろいろな様式があるようで、液胞形成に伴うオートファジーは一体どのようなように進行するのが全くわかっていません。

本研究では、今から30年以上前に提唱された「植物の液胞がオートファジーによって形成される」という仮説を今日のオートファジーの知識を使って解析・検証しているわけですが、現在は、「液胞の形成」過程を「液胞

が新規に作られる」過程と「小さな液胞が拡大する」過程の2つに分けて、それぞれの過程とオートファジーの関わりを明らかにしようとしています。

オートファジーという現象は動物や植物に普遍的な現象です。私たちは、植物がこの普遍的な現象を、液胞という植物に特有の構造の形成・拡大のために利用しているという植物の生き様を明らかにできると信じて、研究を続けています。

《12年2月1日 埼玉新聞掲載》



身近な元素から新しい磁石

物質科学部門 機能材料工学コース 本多 善太郎 准教授



■ 浮かぶカエル

カエルに強い磁場をかけると磁場に反発して浮上することを「存じだろろうか。この実験は物理学者のアンドレ・ガイムらによって行われ、イグノーベル賞がおくられている。

カエルのような生体は主に炭素、水素、酸素、窒素などの軽元素から構成されているが、生体に係わらず軽元素から構成されている身の回りの物質のほとんどは磁石にわずかに反発する性質を示す。

一方、磁石に引き寄せられ、自らも周囲に磁場を作り出す永久磁石は鉄、コバルト、ニッケルや希土類などの重金属元素から出来ている。

最近、永久磁石は電気自動車のモーターに多量に使われることから需要が増えているが、原料となる重金属元素の存在量が少なく、産地に偏りがあるため供給が

不安定になっていることは報道されている通りである。このように我々が身の回りで使用する電気自動車などの製品には、身の回りに存在しない希少な重金属元素が使われているという問題が存在する。

■ 新材料の創製

そこで埼玉大学工学部では「身の回りで使われる製品は身近な元素で」をキャッチフレーズに、重金属元素を軽元素で置き換えた新材料の創製を目指している。

その一環として、フタロシアンという身近な青色顔料を永久磁石に変えた研究を紹介しよう。

フタロシアンは鮮やかな青色をしており、東海道新幹線のブルーライン塗装に使われていることで有名である。フタロシアンの分子には永久磁石のもとになる「スピリン」が隠されていることが知られているが、残念ながら青色顔料のフタロシアンは永久磁石ではない。

永久磁石内部では「スピン」がすべて同じ向きに揃うことによつて強い磁力を発揮しているが、青色フタロシアンには物質内部の「スピン」を揃える作用が不足しているためである。

私たちはこの作用がフタロシアニンの分子を分子レヴェルでつなげる「重合」によつて強めることができると考え、試行錯誤の末、フタロシアン分子同士がつながった重合フタロシアンを作り出すことに成功した。

■物質工学の成果

写真は我々が合成した重合フタロシアンであるが、予想通り磁石に強く引き寄せられる性質を持つ。重合フタロシアンを構成する元素のほとんどはカルテルなどの生体とおなじ炭素、窒素、水素であり、身近な軽元素で作られた新しいタイプの磁石といえる。

このように人間が物質に原子レヴェルで手を加え、その性質を人間社会にとつて有用なものに変える学問分野を物質工学と呼んでいる。

フタロシアン磁石は埼玉大学で研究されている物質工学の一つの成果なのである。

≪12年2月8日 埼玉新聞掲載≫



重合フタロシアンが容器天井の磁石につく

細胞膜の脂質と役割の解明

生命科学部門 分子生物学コース 松本 幸次 教授



■ 生理機能

細胞を外界から仕切っている細胞膜の基本構造は脂質がつくる2重層構造である。簡単に実験室でも再現できることから単純な構造のようにも考えられる。しかし、細胞膜にはたいへん多くの種類の脂質があり、植物、動物、バクテリアはそれぞれ独自の脂質を持っている。何故多くの種類の脂質があり、それぞれの脂質はどのような役割をもつのかは殆んど分かっていない。この問題に対するひとつの答えは、細胞膜には特定の脂質のみが集まってくるドメイン(領域)が存在し、それが細胞のもつ生理機能にとつて重要な役割を担っている、という考えである。

動物細胞ではカルジオリピンはミトコンドリアの膜に局在し、呼吸や細胞死に重要な役割を果たしていると考えられているが、この脂質の生理機能は現在のところ殆んど分かっていない。カルジオリピンは、バクテリアから動

物まで広く保持されている脂質であり、生物に共通の機能を研究するうえで、恰好の研究材料である。

■ 合成酵素

私たちは、分子遺伝学的解析がすすんでいるモデル生物である枯草菌(納豆菌の類縁菌)と大腸菌を研究材料として用い、カルジオリピンが、細胞の両極と細胞分裂時に形成される隔壁の細胞膜、また、胞子形成時の前胞子膜に局在することを、カルジオリピンに結合する蛍光試薬をもちいて細胞膜を染色することにより見出した(右図)。このように、特定のリン脂質がドメインを形成するためには、特定のリン脂質合成酵素が隔壁の細胞膜に局在すること(左図)が関与していることを示してきた。最近の研究により、細胞分裂の位置を決めるタンパク質MreBは、細胞の両極の細胞膜にあるカルジオリピンドメインに結合することで、細胞分裂の位置を正確に決定する働きを実現できることが判っている。

■ 感染症治療薬

一方、各生物にみられる独自の脂質が、どのように生体内で合成され、どのようなドメイン構造をつくり、また更に、どのような機能を担うのかも明らかにすべき重要な課題である。このため、研究室では、それぞれの脂質のみに特異的に結合する試薬を探索・開発する仕事をすすめている。

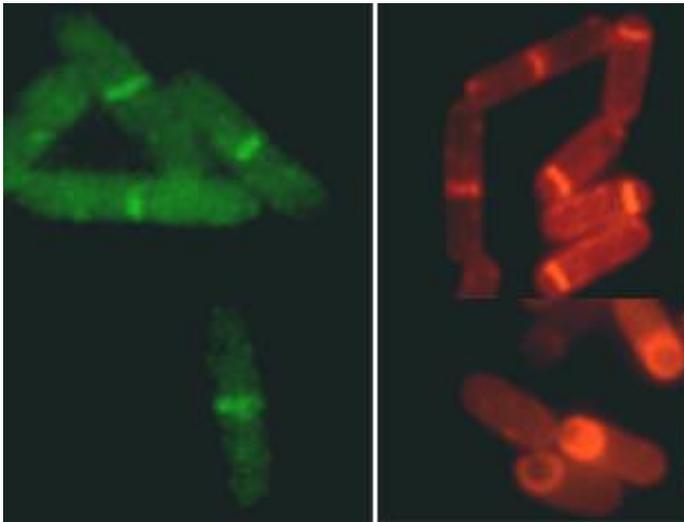
ゲノムの分析からは、生物に広く共通に存在する脂質でも、それを合成する酵素(その遺伝子)が生物によってそれぞれ独自のものであつて、全く異なる経路により合成される場合があることも明らかになっている。

即ち、多くのバクテリアでは、ヒトなどの動物には見られない材料と酵素をもちいて、ヒトと共通の主要な脂質であるホスファチジン酸を合成することが判った。病原性バクテリアの多くにも、この酵素による合成経路があることから、このような酵素を選択的に阻害する物質をターゲットとした新規な感染症治療薬の探索研究も行なわれている。

目に見えない細胞膜の脂質ドメインの構造と、その役割を解明するために、研究室では卒業研究や大学院の学生達が、日夜議論し、実験に奮闘している。

《12年2月15日 埼玉新聞掲載》

目次へ



(左図) カルジオリピン合成酵素-緑色蛍光タンパク質 GFP 融合体の枯草菌細胞における分裂隔壁への局在
(右図) カルジオリピンの枯草菌細胞分裂隔壁と前孢子膜への局在

より安全なインフラ構築

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 牧剛史 准教授



昨年3月の東日本大震災からもうすぐ一年が経過しようとしています。今回の震災で多くの方々が犠牲あるいは被害を受けられたことに心を痛めるとともに、人々の生活を支える道路や鉄道などの社会基盤施設（インフラ）整備に携わる一員としての責任を痛感し、自然災害の脅威およびそれに対する様々な対策・備えの重要性を再認識させられた一年でした。

■耐震

遡ること17年前、95年の阪神大震災では、インフラを支える橋や高架橋など（構造物と総称します）が甚大な被害を受けましたが、その後、構造物の耐震設計基準が大きく改定されました。

耐震設計の目的は、国民の安全を大前提として、社会・経済活動を維持することにあります。そのため基礎技術として、例えばコンクリート製構造物の耐震設計基準では、地震によって構造物がどの

程度の損傷（無損傷を含む）を受けるとかを予測するとともに、損傷した場合にはそれを如何にして早期に修復し、インフラの機能を迅速に復旧させるかが重要であり、先人の努力によってそれが実現されてきています。

■解析

工場で大量生産される機械製品などと異なり、インフラを支える構造物は非常に巨大な個別生産物であり、抜き取り検査や縮小模型実験によって設計の妥当性を直接的に立証するには限界がありますので、計算（解析）を併用して実現象を予測することが必要です。

近年では、コンピュータの性能も急速に進化しており、地震時の構造物の複雑な揺れや損傷を、高度な計算手法によって精度よく予測・再現することが、以前にも増して可能となってきています。

このような背景から、解析によるコンクリート構造物の地震時挙動の予測技術の向上を一つのテーマとして研究を行っています。

■ 修復

東日本大震災で損傷した新幹線高架橋は、余震が続く中で修復工事が進められ、4月末には全線開通にこぎつきました。このように、インフラを地震後に迅速に復旧するには、損傷した構造物を早期に修復する技術が重要です。

阪神大震災以降、構造物の修復技術は飛躍的に進化したのですが、修復された構造物が今後、再度大地震に襲われる可能性もゼロとは言えません。

そこで、各種修復工法によって修復したコンクリート構造物の力学的な挙動のより定量的な評価を目的とした研究も進めています。

以上はコンクリート構造物の耐震性を向上させるための研究のごく一部ですが、これらの研究を通じて、十分な安全性を持つインフラを限られた財源の中で少しでも合理的に構築できるような、技術的な見地から貢献できればと思っています。

≪12年 2月22日 埼玉新聞掲載≫

途上国の衛生支援ツール

環境科学・社会基盤部門 環境システムコース 河村 清史 教授



■ トイレなし26億人

2011年10月末に世界人口が70億人に達したとされるが、60億人に達したのは1999年であった。人口の急増は主にアフリカやアジアで見られている。また、国連の報告では、2008年時点で約26億人が基本的な衛生施設（トイレ施設）を利用できず、約19億人がアジアに、約5.7億人がアフリカに暮らしているという。

世界の下水道利用人口を推計したところ、2006年の世界人口約65.9億人のうちの推計対象人口約56.7億人について、一次処理（沈殿による汚濁物質除去）以上の人口が約11.3億人、二次処理（その後微生物による汚濁物質除去）以上の人口が約7.9億人であった。下水道はもとより、トイレ施設すら利用できない人口が急増していることが分かる。

■ 技術・システムの選定

このような背景の下、国内外の機関と共同して、アジ

アの国や地域を対象として、その自然的・社会的制約条件下で適用可能なし尿処理・処分のための技術・システムを選定するための研究を進めている。以下に、基本的な考え方を紹介する。

一方で、対象とする複数地域の自然的・社会的制約条件から技術・システムの選定に際しての共通質問事項、たとえばトイレ用に水を使えるか、地中貯留した汚水を土壌浸透できるかなどを抽出する。他方で、世界の様々な技術・システムを類型化し、各類型について詳細なデータベースを作成する。その後、質問事項への回答から、関係者による議論の対象とする複数候補を選定するツールである選定アルゴリズムを作成する。

■ 120通り

選定アルゴリズムについては、エクセルのオートフィルター機能の利用を想定し、便器の種類、オンサイトでの貯留・処理法、貯留物や汚水の収集・運搬法、運搬後の集

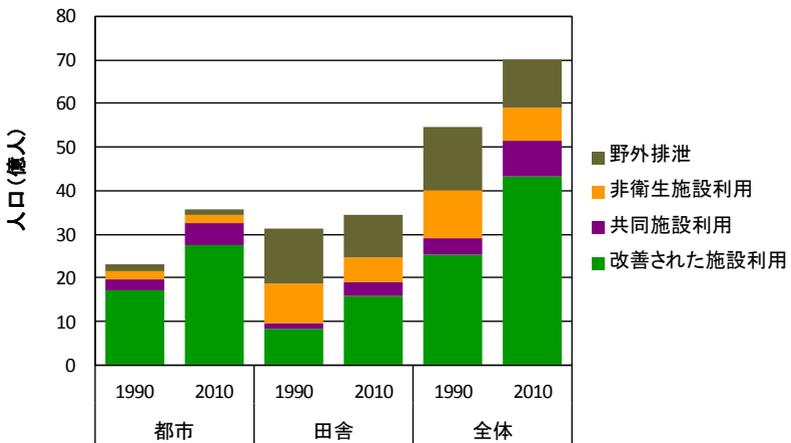
中処理法、処理物の利用・処分法等から見た技術・システムの全フローを一定の書式でエクセルの1行に書き込むつぎに、先の質問事項に対応する情報、たとえば水が必要とか、土壌浸透型でないとかをデータベースから拾い出して同じ行に技術・システムの制約条件として追加する。対象の技術・システムは、水が不要なものが20通り弱、水が必要なものが、類型、必要水量、収集・運搬法の組み合わせだけでも100通りを超える。

自然的・社会的制約条件については、海外の共同研究機関で行われたブレインストーミングを基にグループ化した、自然、人口動態、衛生施設、慣習・文化等9つの大分類の下に中・小分類を設けて、海外の共同研究機関から情報を得ている。

≪12年2月29日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

1990年と2010年における世界の衛生施設利用人口(WHO/UNICEF)



結晶の中の分子を見る

物質科学部門 基礎化学コース 齋藤 英樹 講師



多くの物質は凝固点以下で、結晶になります。結晶とは原子や分子が三次元に周期的に積み重なったもので、周期性の最小単位は10億分の1m程の大きさとなり、仮想的な箱(単位格子)を入れ物として考えます。箱中に原子はきちんと決まった位置関係で配置しそれを結晶構造といいます。物質の結晶構造は実験で調べます。その一つ、X線回折現象を使った実験法であるX線結晶構造解析について述べます。

■ 構造と性質

物質はそれぞれ固有の結晶構造をもちます。物質が結晶となったときそれを構成する原子や分子がどのような集まり方をしているかを我々は知りたくありません。なぜ結晶構造を調べる必要があるのでしょうか。物質の構成分子が分かっているにもかかわらず、なぜ結晶構造が分かっているのか、完全には予測することは出来ないからです。そして結晶の性質はその構造と密接に関係

があるので、物性等の研究をしていくときに構造が基礎的知見として必要となるからです。

この実験法は、平均構造としてですが、単位格子中の原子位置を決定するので結晶構造を見ていることと大体同じです。熱振動する原子の中心位置をかなり高い精度で求めることができます。解析結果から原子の位置と共に各原子の熱振動の様子も分かります。左側の図では各原子(□ 原子を除く)の熱振動の様子(大きさと方向)を楕円体で表しています。

■ 水素結合の見え方

結晶中に2種以上の分子が分子間引力で集合した物質もあります。単に分子が置き換えられ混ぜたものではなく、決まった組成比で固有の結晶構造をもつ純物質としての多成分結晶を共結晶と呼びます。結晶構造解析の一例を示します。図はナフタレン・2,6-ジオールとピラジンという分子の共結晶の構造ですが、分子間の原

子接触(距離)からこの結晶は水素結合で構造が組み立てられていることが分かりました。左の図の細線は

$O-H\cdots N$ 水素結合で、点線の $C-H\cdots O$ の弱い水素結合もあることが確認できます。原子の大きさを使得て構造を画くと右側の図になり、 $O-H\cdots N$ の距離が分子間としては特異に短いことが良く見て取れます。

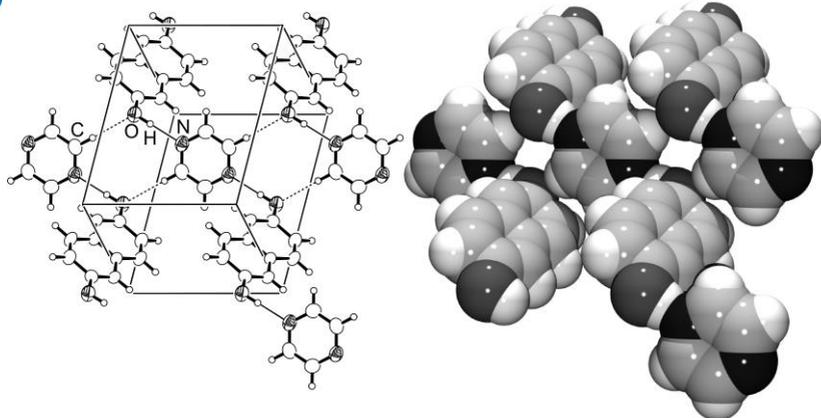
■ 興味深い研究対象

結晶中で分子はじつと固まっているわけではありませぬ。分子振動や格子振動があり、場合によっては分子配向等が乱れた状態も見つかります。温度を変えると結晶中の分子の位置や形などの特徴が変わる構造相転移現象などは興味深い研究対象です。また、少し工夫した測定・解析を行えば、結晶構造を電子密度の分布として表すことも可能です。X線回折は元来電子密度分布を観測しているものなので。

われわれの研究室では主に分子結晶の興味深い構造や固体物性に関する結晶学的研究に取り組んでいます。また、分子結晶のX線電子密度解析の研究や結晶の構造予測への貢献も目指していきたいと考えています。

《12年3月7日 埼玉新聞掲載》

目次へ



ナフタレン-2,6-ジオールとピラジンという分子の共結晶の構造

安全なものづくりのために

人間支援・生産科学部門 機械工学コース 内山 豊美 助教授



■ 応力集中

孔(あな)の開いた板と孔のない板に力をかけた時、どちらが壊れやすいでしょうか。言うまでもなく、孔の開いた板のほうが壊れやすいことは、日常の経験から、すぐに分かります。

では、どのくらい壊れやすくなるのでしょうか。例えば、小さな丸い孔が開いている板を引っ張るときは孔の開いていない板を引っ張るときよりも3倍壊れやすくなります。逆に言えば、板の強さは3分の1になってしまうのです。

板を引張るとき、板の内部にはその引張力に抗して壊れないようにしようとする力が生じます。これを「応力」と言い、普通、単位面積当たりの力(「力」÷「力が作用している面積」)で表します。孔の開いていない板を引っ張るときは、この応力が均一になるのですが、孔が開いていると均一ではなくなり、孔の縁では3倍になってしま

います。これが、板の強さが3分の1になってしまう原因なのです。この現象を、応力が特定の場所に集まったように見えることから、「応力集中」と言います。

■ 理論解析

板の強さ、つまり応力集中の度合は、孔の形や大きさによって変わりますから、使おうとしている板(や他の部品)に、応力集中がどの程度生じているかを知っておくことは、機械や構造物を壊れないよう安全に作るうとする際に、大変重要なことです。

筆者の属する研究室では、この応力集中現象を理論的に解析することを研究対象の一つとしています。理論解析は、偏微分方程式をある境界条件のもとで解くという、紙と鉛筆に頼った作業であり、高度な数学的知識が必要となります。また、数式で表せない形の物体は、解析がとても困難となるなど、制約が大きい面もありますが、得られた結果は、誤差のない信頼性の非常に高

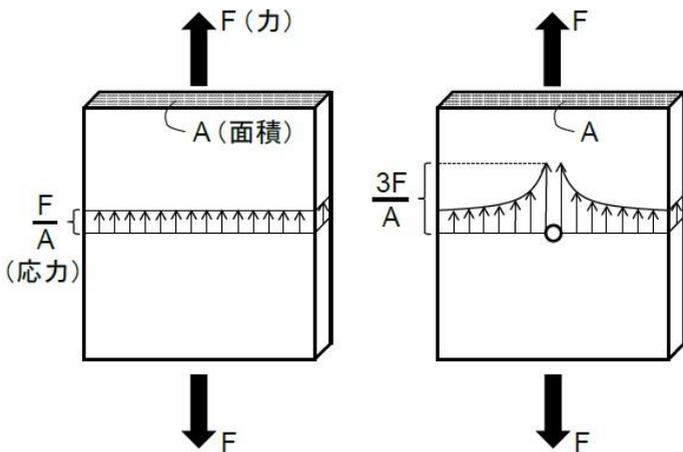
いものです。

最近では、応力集中問題も有限要素法や境界要素法といったコンピュータを使った解析が中心になってきています。しかし、こうした手法は、一度経験してみるとわかりますが、コンピュータへのデータの与え方次第で結果が大きく異なることがしばしば起こり、どの結果を信じてよいか、途方に暮れることもあります。理論解析は、時として、このようなコンピュータがはじき出した結果への信頼性を保証するものとして、重要な役割を演じてきましたし、これからもその重要性はいささかも減じるものではないと考えています。

■ 異物と温度差

応力集中は、力をかけたときばかりでなく、例えば、材料に異物が混入してしまったときや、部品の温度が一樣でないときなどにも生じます。条件が異なれば、正確な応力集中の状況を知るために、また改めて理論解析をし直す必要があります。機械や構造物のすべての部品について、こうした理論解析ができればいいのですが、ごく限られた問題しか解析できていないのが実情です。基礎的で地味な仕事ですが、これからも、こつこつと解析を重ね、安全なものづくりのための資料を提供していければ、と念じています。

目次へ



小さな丸い孔の開いた板は応力が3倍になり、それだけ壊れやすくなる。

〈12年3月14日 埼玉新聞掲載〉

反発し合う電子の物理

物質科学部門 物理学コース 佐宗 哲郎 教授



理論物理学というと、素粒子論や宇宙論を思い浮かべる方が多いと思うが、物理学の研究の現場では、私の専門の物性物理学の方が圧倒的に多く、8割くらいを占める。

■ 物質を見つめる視点

物性物理学、特に、理論は、小難しいもののように思われるかもしれないが、金属や半導体、磁性体は、若者の間ではやっつけている(中年の私も持っている)ケータイ電話や、携帯音楽プレーヤーなどの中に入っているデバイスの材料であり、物性物理学はそれらの原理を説明し、また、そのために役に立つ新しい物質を見つめるための指針を与えるための学問である。

したがって、現代社会は物性物理学なしには1秒たりとも成り立たないといえるであろう。それと同時に、これらの物質の性質を理解するには、量子力学という、難解な学問を理解する必要がある。

量子力学の基礎方程式は、今のところ、完璧に正しいと考えられているが、なぜそのような方程式に従わなければならないのか、ということは、私自身も含めて、誰もわかっていない。

量子力学は、哲学における「存在論」にも問題を投げかけている。物質の存在とはどういうことなのか。量子力学の発見から100年たった今でも、わかっていない。物理と哲学における「認識論」、「存在論」の探求は、私の趣味でもある。

■ 強相関電子系

物質の性質は、主に物質中の電子で決まるが、電子は負電荷を帯びていて、お互いにクーロン力で反発し合いつながりながら動き回っている。ナトリウムなどの単純金属では、電子は実質的に自由勝手に動き回っているのだが、周期律表の下の方の元素になると、原子核に引つ張られて動きにくくなるとともに、電子同士のクーロン反発

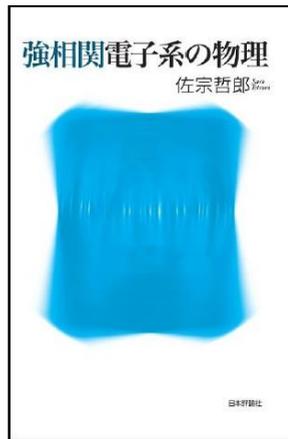
力が強く効くようになる。これを強相関電子系という。これが私の専門分野である。

2年前に、日本評論社から、「強相関電子系の物理」という大学院生向けの教科書を出版した。また、その基礎となる、「統計力学」の教科書を2010年春に丸善から出版した。統計力学とは、たくさん粒子からなる系の振る舞いを研究する学問であるが、それを量子力学から出発してまともに論じた教科書はこれまでほとんどなかったもので、自分で書いたものである。ここでも、こつこつと、私の哲学趣味を滑り込ませてある。現在、英語版の出版を準備中である。

■ 熱電効果デバイス

「統計力学」「強相関電子系の物理」というと、いかにも難しそうであるが、後者は、1986年に発見されて翌年すぐにノーベル物理学賞が与えられた「高温超伝導体」と同じ範疇のものであるし、エコな発電や冷却装置として知られている熱電効果デバイスにも関係している。これらの基礎に、「量子力学」、「量子統計力学」があつて、基礎と応用は結び合っているのである。

《12年3月28日 埼玉新聞掲載》



目次へ

大規模化するLSIの設計

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 伊藤 和人 准教授



■ 1億の部品

LSI(大規模集積回路)は、百万個から多いものでは1億個以上の部品からなる電子回路を10mm角程度の半導体チップ上に作成したものです。パソコンの主要部品であるマイクロプロセッサやDRAMなどもLSIの一種です。LSIは、用途や目的によって機能に違いはありますが、データ処理、数値計算、記録、制御を行います。

身の回りでは、携帯電話、テレビ、ゲーム機、ディジカメ、音楽プレーヤーなど、「デジタル」「情報」に関する機器には必ずLSIが用いられているといっても過言ではありません。自動車にもエンジン制御などに多数のLSI(マイコン)が用いられています。東日本大震災ではLSI工場が被災してLSIの供給が滞り、自動車の生産に影響を与えました。LSIは、見えないところで多数用いられ、私たちの便利で快適な生活を支えています。

■ 性能向上と問題

LSI製造技術は進歩し続けており、現在のLSI上の最小部品サイズはおよそ5万分の1mmです。部品が微細化したことで大規模な回路が集積できるので、複数の回路が並んで同時実行する高性能LSIが作れます。LSIを用いるとソフトウェア処理に比べて桁違いの高速処理を低消費電力で実現することも可能です。

しかし、膨大な数の部品を組み合わせるLSIの設計は難しくなっており、コンピュータを利用した設計自動化が不可欠です。私たちの研究室では、正しく動作し、無駄な部分がなく、高性能なLSIを短時間で設計するにはどうすればよいか、LSI設計自動化のアルゴリズムを考え、コンピュータプログラムを作製し、その結果を評価する、という研究を行っています。

微細化と大規模化による性能向上の一方で、LSI内信号伝達遅延時間、もれ電流による消費電力、発熱、

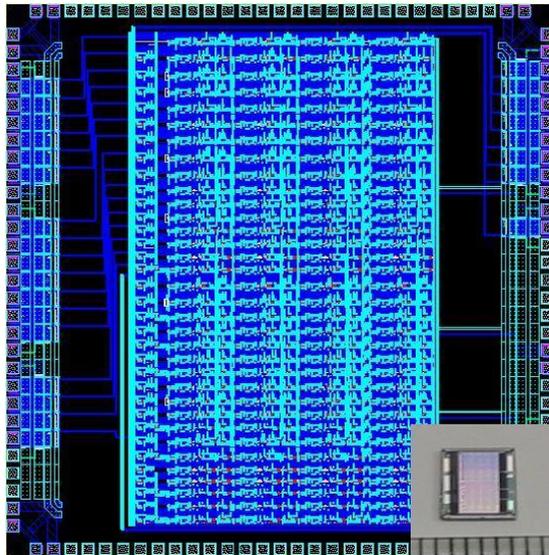
信頼性など、従来は重視されなかった問題が顕在化してきました。LSIが行う処理の特徴を分析し、前述の問題を踏まえて高速で高効率なLSI向け処理方式を考案してLSIを設計することが重要です。図は時間とともに処理内容を変更することで信号伝達遅延時間の影響を軽減する動的再構成型LSIの設計データと試作チップ(右下隅)です。

■ 自動化技術の開発

LSIを微細化すると小型化により製品価格が下がります。しかし、せっかくの微細技術が価格を下げるだけに使われるのはもったいない。微細化によって潤沢になった部品を活用して、高機能、低消費電力、信頼性などの性能を高めた付加価値のあるLSIを設計すること、ならびに、そのための設計自動化技術の開発がこれからの課題です。

《12年 4月 4日埼玉新聞掲載》

目次へ



動的再構成型LSIの設計データと試作チップ

コンピュータ・ビジョンの発展

数理電子情報部門 情報システム工学コース 前川 仁 教授



コンピュータで物を見ること、及びそれに関する研究分野を、「視覚」という言葉を使って「コンピュータ・ビジョン」といいます。扱う対象は、人工知能やロボットの眼から画像による各種計測に至るまで広範囲に及んでいます。

■ 認識

ハードウェア的側面では、コンピュータ・ビジョンの実現にはコンピュータだけでなく、センサーとしてのカメラの発展が必要ですが、1970年代初頭に Intel 社のワンチップ CPU の発表以降急速に発展したコンピュータの後を追いかけるように、センサーの技術革新が進んでいます。

1987年頃に筆者が製作した装置を写真に示します。これは博士学位論文のために構想した「アクティブ・カメラ」で、当時市場に出始めたセンサー(100x100画素の CCD)をフィルムの代わりに小型カメラ内に組み込

んだもので、ミニコンピュータの指令でカメラの視線やズームをモーター制御し、広いスクリーンにランダムに貼り付けたジグソーパズル図形を見回してピースの形を認識することができました。コンピュータにカメラを繋ぎ、外界の像を取り込んだだけでは、カメラで被写体を写したことで同じで、まだ何かを「見た」とは言えません。この装置は図形の輪郭形状を判断するという点で「見る」機能の一部を実現した訳です。

■ 進化

画像の取込み(撮像)に話を限ると、当時、家庭用の冷蔵庫ほどの大きさだったコンピュータで小型カメラを制御していたものが、今ではスマートフォンのように手の中に納まるモバイル機器にまとめられています。センサー性能で重要な画素数は上記の80倍以上に達しており、遥かに高性能・低価格で実現されている訳です。

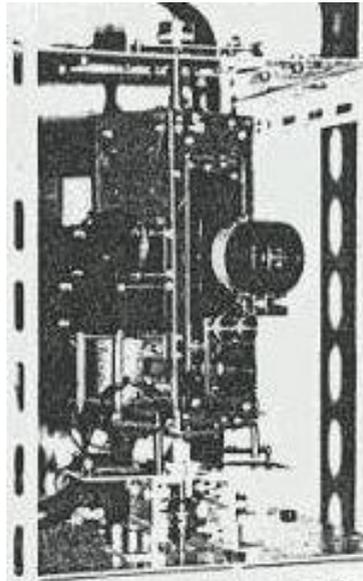
さらに、最近のデジタルカメラ(デジカメ)には、写そ

うとするシーン中に人の顔らしきものを見つけてピントを合せる機能が搭載されるようになりました。これもコンピュータ・ビジョンの成果によるもので、研究と技術革新が相互に影響しあいながら発展を続けていることが分かります。

■ 動画

ところで、ロボットとは環境内を知的に動き回れる装置を意味します。従って、ロボットの眼は、環境内のモノや人、それらの動きを認識する必要があります。一方、映画やTVが動いて見えるのは、アニメーションのように、少しずつ変化している多数の静止像を連続して表示しているからです。このような「動画像処理」もコンピュータ・ビジョンの重要なテーマであり、我々の研究室ではスポーツシーンや楽器演奏における人の動作認識についても研究を進めています。

≪12年 4月11日 埼玉新聞掲載≫



「アクティブカメラ」1987年

測地線が閉じた多様体の探求

数理電子情報部門 数学コース 阪本 邦夫 教授



現代の数学者が研究する幾何学は、微分幾何学と位相幾何学の二分野に大別される。筆者の専門は前者である。微分幾何学とは簡単に述べると、滑らかな曲面を抽象化した可微分多様体と呼ばれるものの上に、長さを測れる計量など何らかの構造を導入し、微分や積分を用いて多様体の形や性質を研究する学問である。

計量が導入された多様体をリーマン多様体という。リーマン多様体上には測地線と呼ばれる特殊な曲線がある。これは、ユークリッド幾何学では直線に相当するものであり、2点間の最短線である。例えば、地球を球面と見なせば東京とニューヨークを結ぶ最短線は、東京とニューヨークと地球の中心が定める平面と地球の表面との交線の一円弧である。

もう一つの例として円柱面を考えて見よう。円柱面上の2点間の最短線は何であるか。円柱面を縦に缺で

切つて平らに広げ2点間を線分で結び、元の円柱面に丸めて戻してみる。螺旋状に描かれた曲線が最短線である。

2点間の測地線を両側に延長していくと、球面の場合のように閉じてしまうことがある。すべての測地線が閉曲線で一周の長さがすべて同じLであるリーマン多様体をCL多様体と呼ぶ。2次元の場合は再会曲面と呼ばれ洒落た名前が付けられている。

球面以外に多くのCL多様体が存在することが知られているが、3次元以上の場合にはコンパクト階数1の対称空間と2次元の例からの類似物のみが知られている。一般次元CL多様体の体系的な研究は、現在のところ、めぼしいものが無いといつてよいと思う。

CL多様体は難しいのもう少し条件を強めたものが

ブラシユケ多様体である。この多様体についてはかなりのことが研究されているが、ブラシユケ多様体はコンパクト階数1の対称空間であろうという予想は未だ解決されていない難問である。

そこでもう少し条件を強めたものが強調和多様体である。強調和多様体とは熱核が二点間の距離のみに依存する関数になっているようなリーマン多様体のことである。リヒネロビッチは調和多様体が階数1の対称空間であろうということを予想した。この多様体は測地線を外から見ると螺旋状に見えるようにユークリッド空間に埋め込めるといふ大変よい性質を持っている。この性質を用いてサボーは1990年にリヒネロビッチ予想を強調和多様体について肯定的に解決したが、これには筆者も多少は貢献したつもりである。ブラシユケ予想が解決されるのはいつのことになるのだろうか。

《12年 4月18日 埼玉新聞掲載》

分子の“利き手”見分ける

物質科学部門 応用化学コース 小玉 康一 助教



■ 鏡像異性体

人間には利き手があるので、市販のはさみにも右利き用と左利き用があります。これらは良く似ています。が、ひっくり返しても決して重ね合わせることはいけません。即ち、同じものではありません。不思議なことに自然界には左右で対をなすものがたくさんあり、数十億分の1mの分子の世界にも、右利き(+)と左利き(-)の対が存在します。鏡に映したこれらの分子の関係を鏡像異性体と呼びます。

■ ノーベル化学賞

この鏡像異性体は全国一の医薬品製造高を誇る埼玉県にも深く関係しています。というのも、市販されている医薬品の実に3分の1が(+)体と(-)体のどちらか一方の鏡像異性体です。例えば、かぜ薬に含まれるイブプロフェンは(+)体にかほとんど効き目がありません。これはヒトの体を構成するタンパク質などの生体

物質が一方の鏡像異性体だけから成り立っているからです。左利きの人には左利き用のはさみしか使えないのと同じ理屈です。

しかし通常の方法で作った医薬品は(+)体と(-)体の1:1混合物になります。(+)体と(-)体は基本的な性質がよく似ているので、一方の鏡像異性体だけを得ることは容易なことではありません。2001年に一方の鏡像異性体だけを作り分ける研究で野依良治氏がノーベル化学賞を受賞されました。このように、分子の利き手を分けることは世界的に見ても重要なテーマであると言えます。

■ 医薬品への貢献

筆者はこの左右の分子を分離する方法についての研究を行っています。分離する方法には様々ありますが、ここではホスト-ゲスト錯体と呼ばれるものを利用していきます。これは、ホスト分子と呼ばれる鏡像異性体の結

晶中にうまく空間を作り、分離したいゲスト分子の一方の鏡像異性体だけをその空間の中に閉じ込めてしまう方法です。例えるなら、ホスト分子というブロックで作る建物内にうまく形の決まった「隙間」を作るようなものです。隙間を作るには一工夫必要であり、この分子の建物を設計するために化学の力が必要になります。

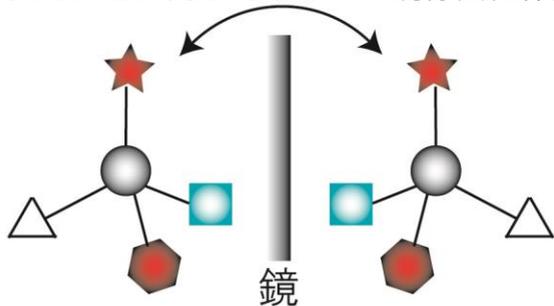
最近特に注力しているのは、2種類の分子を組み合わせてホスト分子として用いることです。1種類ではなく、2種類のブロックを組み合わせて使うと、より多様な形の隙間を簡単に実現できるようになります。

ただし、2種のブロックが集合してできる建物を自在に設計することは難しく、まだまだ思い通りにならぬことも多いのが現状です。分子の利き手を見分けることのできるホスト分子を合理的に設計できるようにになれば、医薬品や農薬などを安価に提供できるようになると期待して研究に取り組んでいます。

≪12年 4月25日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

似ているが同じではない「鏡像異性体」



左手型の分子



右手型の分子



ウニの変態調節機構を探る

生命科学部門 生体制御学コース 末光 隆志 教授



■ 変身

卵巣や精巣を食用にする刺だらけのウニの形と高校生物の教科書で見ることが出来るウニのプルテウス幼生の姿との間には、とても同じ生物であると思えないほどの大きな違いがあります。ほとんどの海産無脊椎動物が幼生から成体になる時に変態しますが、ウニもまた成体になるときに、その姿を大きく変えるのです。

一般的なウニの卵は卵自身に含まれている栄養でプルテウス幼生まで発生します。この時に口が形成され、その後、植物プランクトンを食べて成長しつづけます。成長したプルテウス幼生の体内には稚ウニのもとになるウニ原基が形成され、受精後、およそ1ヶ月で稚ウニに変態します(間接発生型と呼ぶ)。私は、このウニ原基の成長やウニの変態がどのように調節されているかを調べています。

■ 甲状腺ホルモン

小さなウニ原基を持っているプルテウス幼生にカエルの変態ホルモンであるチロキシン(T₄)やトリヨードチロニン(T₃)とともに甲状腺ホルモンを投与しますとウニ原基が大きく成長します。カエルの変態についてはT₃が活性ホルモンでT₄が前駆体と考えられています。ウニ原基の成長についてはT₄の方がはるかに強い活性を持っていました。さらに、ウニ幼生がT₄やT₃を保持していることも確認しました。このことから、甲状腺ホルモンがウニ原基の発達に生理的に作用している可能性が高いと考えられます。

一方、ウニ幼生が食べている植物性プランクトンを調べますと、これもまた、T₄やT₃を保持していました。ウニ幼生が持っているT₄やT₃の大部分は植物性プランクトンに由来することになります。しかし、甲状腺ホルモン合成阻害剤の実験から、ウニ幼生が持っている甲状腺ホ

ルモンの一部はウニ自身が合成しているのではないかと考えられました。

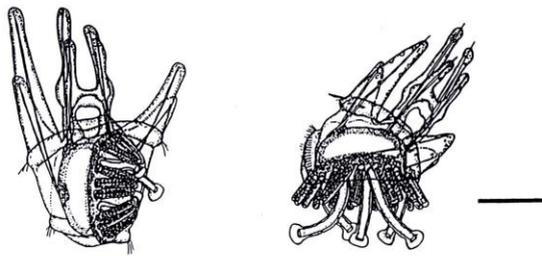
■自家合成

ところで、ヨツアナカシパンのようなウニでは、幼生に口が形成されずに、植物プランクトンを食べることなく自分自身が持っている栄養を利用して、数日で稚ウニに変態します(直接発生型と呼ぶ)。ヨツアナカシパンの胚に甲状腺ホルモンを投与すると、稚ウニに変態するまでの時間が短くなりました。また、甲状腺ホルモンの存在量を調べますと、確かに、ヨツアナカシパン胚には甲状腺ホルモンが含まれており、しかも、その量は発生の進行に従って増加しておりました。ヨツアナカシパンは何も食べない訳ですから、このことは幼生が甲状腺ホルモンを自分で合成していることを示しています。

一般的に、甲状腺ホルモンが働くためには、核内受容体と結合する必要があります。ウニ幼生からも甲状腺ホルモンの核内受容体が得られましたので、現在は、それを中心に研究しております。

《12年5月9日 埼玉新聞掲載》

目次へ



バフンウニの変態

(左図) 変態直前期の8腕プルテウス幼生 (右図) 変態期
バーは0.2mmの長さを示す。

水素とレアアースで新たな社会

物質科学部門 機能材料工学コース 酒井 政道 教授



水素(H)は、酸素(O)と結合して水(H_2O)をもたらずだけでなく、炭素(C)と共に生物を構成する主要な元素である。原子番号1、周期律先頭の元素で、地球上の至る所に存在する。一方、レアアースと呼ばれる元素群が地中に埋まっている。ランタノイド系列元素にスカンジウム(Sc)とイットリウム(Y)を含め図元素を

希土類元素(レアアース)という。実は、埋蔵量でいえば、金(Au)などの貴金属よりは多いのであり、それほど“レア”ではない。

水素は、酸素の次ぐらいにこのレアアースと反応しやすく、 $H_2\Phi$ や $H_3\Phi$ という化合物をつくり安定化する。形式上、 H_2O における酸素(O)がレアアース(Φ)に置き換わったと思えばよい。もし、地球上に酸素が無かったならば、全ての水素は、レアアースと結合し、 $H_2\Phi$ や $H_3\Phi$ は天然に存在していたかもしれない。筆者は、この $H_2\Phi$ や $H_3\Phi$ を人工的に作製する研究と、その使い道

(機能材料化)を研究している。このような水素吸蔵体に着目する理由には、主に二つである。

■異なる性質

第1の理由は、彼らは、元々のレアアースとは全く異なる性質を示すからである。レアアースは非常に導電性が高い金属であるが、 $H_2\Phi$ は半導体(電気を程々に通すが、可視光を通さない結晶)もしくは絶縁体(電気を全く通さないが、可視光を通す結晶)である。また、ガドリニウム(Gd)というレアアースは磁石に吸い付く強磁性体であるけれども、 H_2Gd は非磁性体である。水素と結合することにより、電気的、光学的、および磁気的性質が次々と変わってゆく。この性質を上手に利用すれば、他の材料では真似の出来ないことを達成できるのではないか、ひいては、水素とレアアースを使って、あらゆる特性をもった材料を作り出せるという期待をもつのはおこがましいだろうか。

■ 資源有効活用

第2の理由は、元素循環による資源有効活用という観点にある。これらの水素吸蔵体を加熱し、あるいは水素雰囲気中で減圧、あるいは電解液中で電圧を加えるというシンプルなものとして、おそらくコストのかからない工程によって、全ての水素が脱離してくる。つまり、水素とレアアースを分離回収可能し、次の用途として待機させることができる。水素エネルギーを安全に蓄えるという観点ならば、もちろん、レアアースに水素を吸蔵させたままでもよいだろう。

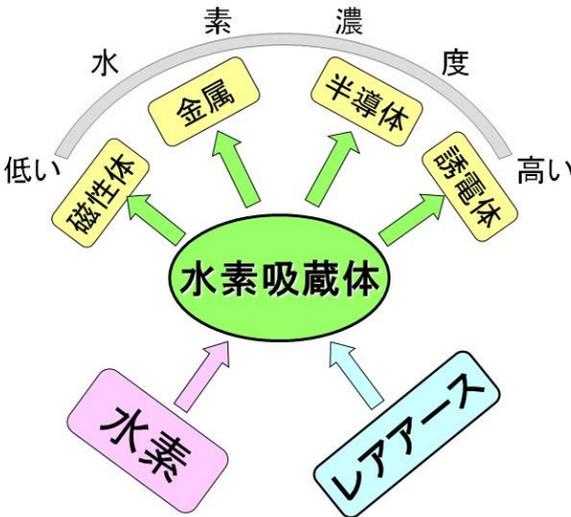
■ 第一弾の取り組み

これらの理由を意識した筆者の第一弾の取り組みが、 $H_2\Phi$ を利用したスピンの発生技術である。スピン流というのは、電荷の流れを伴わない、スピン角運動量の流れであり、スピンという磁気的な量子エネルギー・情報を転送する新しい物質移動形態である。

エネルギー源における脱炭素化と共に進む水素利用の流れは、エネルギー効率の観点から必然とも言えるし、水素利用による排出ガスが水蒸気だけという点では地球環境の観点から必須とも考えられる。水素エネルギー・ウェブ構想という、文明評論家ジェレミー・リフキン（2003年）が描いたような「水素」を中心としたエネルギー体制・社会が到来するころには、 $H_2\Phi$ や $H_3\Phi$ が多

くの分野で利用されるように、今の研究をさらに進めたい。

≪12年5月16日 埼玉新聞掲載≫



木造家屋の常時微動計測

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 茂木 秀則 准教授

■ 常時微動って？

地震でも起きない限り地面は動かないものと思われる方もいらつしやると思いますが、実際には自動車が発生させる衝撃や風などの力によって常に揺れています。また、この揺れは地面に建つ家屋や橋などの構造物にも伝わりまます。

このような、振幅の小さい、いつも振動している揺れを常時微動と呼び、高感度の振動計を用いて計測することができます。常時微動は振幅が小さいとは言え、それが計測された地面や構造物の振動の特徴を反映しているため、地震時の挙動を推し量る上で有用な情報となります。

■ 古民家で計測

研究室では、木造家屋の構造と振動計測の演習として3年生のゼミで家屋の常時微動計測を行っています。昨年度は富士見市立難波田城公園に移築復原されて



写真 富士見市立難波田城公園旧金子家住宅にて

家屋で、正面に向かって左半分が土間、右半分が床を張った居住エリアになっています（1間はほぼ畳の長辺の

いる古民家（旧金子家住宅・明治4年竣工・市指定文化財）の計測をさせていただきました。なお、移築に際してコンクリートスラブの基礎など現代の工法も用いられており、明治初期の家屋そのままのものというわけではありません。

この民家は大きかには5間×9間（45坪）くらいの長方形の

長さ)。計測は土間部分の軒桁の上2方所と土間の中央部の計3カ所で行いました。土間の中央部は地面の振動を計測するためのもので、この振動に対する軒桁の振動を観察することで家屋そのものの変形による振動の特徴を調べました。

■ 振動の特徴

計測結果の一例として、波形とスペクトルを図に示します。波形は細線が土間(地面)、太線が建物の北側の軒桁上のもので、波形のプラス・マイナスのタイミングはお互いにほぼ一致していますが、土間の振動の振幅に対して軒桁の振動の振幅がかなり大きいことがわかります。この結果から、地面の振幅が建物に伝わり、それに応答して建物が振動しますが、その際により大きな振幅で振動することがわかります。このような応答の様子をより詳しく調べるときにはスペクトル解析が威力を発揮します。スペクトル解析とは、たとえば図のような不規則な波形を様々な振動数のサイン波に分解するもので、スペクトルは分解されたそれぞれの振動数のサイン波の振幅を、振動数を横軸にとつて図にしたものです。図には建物の南側と北側の軒桁上の振動と土間上の振動のスペクトルを示しています(スペクトル値は南側軒桁での最大値で正規化してあります)。この結果から、土間(地面)の振動は振動数に対する変化が小さく平坦な

形を示すのに対して、軒桁上では2〜3 Hzの振幅が大きく、この振動数でこの建物に変形しやすいことがわかります。また、この建物では開口部の大きい南側の軒桁の方が壁の多い北側の軒桁よりも大きく揺れていることがわかります。

■ 将来に向けて

このように比較的簡単に建物の振動の様子を調べることができる常時微動計測ですが、設置に手間がかかるなど実施しにくい点もあります。今後はより簡単に計測できるように計測機器や設置方法の工夫をして、地震後の応急危険度判定のような目的に活用できればと考えています。

《12年5月23日 埼玉新聞掲載》

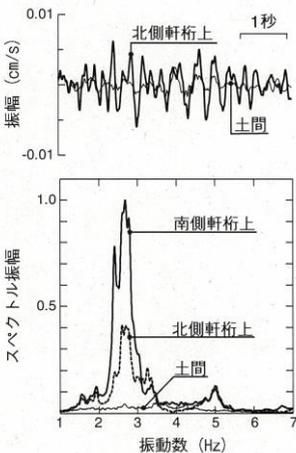
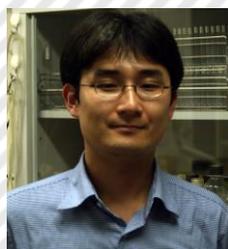


図 計測波形とスペクトル

細菌の膜脂質と細胞形態

生命科学部門 分子生物学コース 松岡 聡 助教



■ 形の決まり方

細菌は普段目にするのができませんが、顕微鏡を覗いてみると様々な形をした細菌をみる事ができます。大腸菌や枯草菌は桿状、黄色ブドウ球菌は球状、他にもらせん状や不定形などユニークな形をした細菌が多く存在します。これら細菌の形はどのように決められているのでしょうか？

桿菌である大腸菌を例にあげると、細胞の形はペプチドグリカン、MrBタンパク質、RodZタンパク質の3つが関わっていることが分かっています。細菌細胞の表層にはペプチドグリカンから成る細胞壁があります。ペプチドグリカンは堅い殻のようなもので細胞膜の外側から形を決めています。また細胞の中にはMrBと呼ばれるアクチン様の骨格タンパク質によって裏打ちされ短軸の長さの規定されています。長軸の長さはRodZと呼ばれる骨格タンパク質によって決まっています。このように細菌は

一見すると真核細胞に比べて単純な構造のように見えますが、電子顕微鏡や蛍光顕微鏡でないと確認できないような微細な構造を持っており、実は非常に複雑です。

■ 糖脂質

私は細菌の細胞表層の構造・機能に興味を持って研究を進めていて、枯草菌(納豆菌の類縁菌)を材料のひとつとして細菌の脂質について研究しています。枯草菌の細胞膜は大腸菌よりも多くの種類の脂質から構成されています。枯草菌膜脂質のひとつである糖脂質を合成する酵素をコードする遺伝子を破壊したところ写真右に示すような太く歪曲した形になりました。そこで細胞膜を構成する脂質と細胞の形の間にはどのような関連があるのか解析したところ、糖脂質欠損枯草菌では、細胞骨格タンパク質 MrB の局在が異常になっていることを突き止めました。

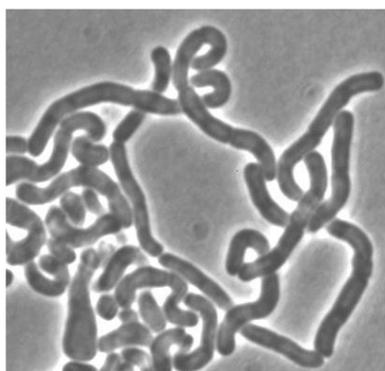
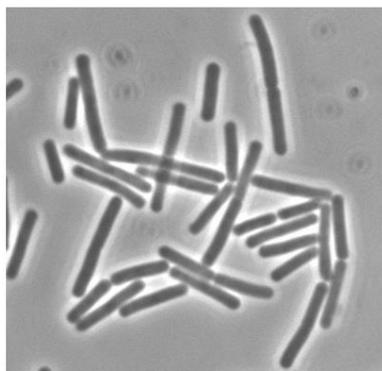
■ 正常に機能

最近の研究で、MreB とペプチドグリカン合成酵素が共局在して機能している、つまりペプチドグリカン層の形は MreB によって規定されているというモデルが提唱されています。枯草菌では、糖脂質が細胞膜の構成成分として働いているだけでなく、MreB とペプチドグリカン合成酵素が正常に機能するために重要であると考えて、現在それを証明するための研究をしています。

今回の研究では、細菌細胞膜脂質の機能解析から始まって細胞形態へとたどり着きました。枯草菌のほかに糖脂質を持つ細菌がいますが、分子構造が枯草菌のものとは少し異なります。これらの細菌においても、枯草菌と同様に糖脂質が細胞形態の維持に関与するのに興味深いです。

《12年5月30日 埼玉新聞掲載》

目次へ



枯草菌野生株(左)と糖脂質欠損株(右)の顕微鏡写真

超精密光技術を環境計測へ

環境科学・社会基盤部門 環境制御システムコース 門野 博史 教授



■ 光干渉法

埼玉県には多くの精密機器メーカーがありますが、レンズのような精密部品を作るには加工技術もさることながら密な計測技術が要求されます。特に非接触かつ非破壊で超精密な計測を可能とするのは光干渉法と言われる技術です。干渉とは2つの波を重ね合わせた際、波の山と山が重なり合うと強め合い、波長の半分だけずれて、山と谷が重なり合うと互いに弱め合う現象です。これは干渉縞として観測されます（写真左）。片方の波を基準（参照波）としてもう片方の波を計りたい物体からの波として重ねると、物体の変位、変形、振動、屈折率変化などにより干渉縞が変化し、これらの量を計測することができます。ではなぜ高精度な計測が可能となるのでしょうか。それは光の波長が平均で0.5ミクロンと非常に短いからです。現在では、干渉縞をさらに数百分

の1程度にまで詳しく解析することができるとのことです。このように光干渉法は先端の精密加工技術にとっては不可欠な技術ですが、欠点もあります。従来の干渉法は鏡のような表面のなめらかな物体にしか適用できないと言ふことです。これは大変大きな制約です、なぜなら身の回りのほとんどの物体は表面が粗いからです。粗い表面をレーザ光で照明するととたんに綺麗な干渉縞は消え失せ、スペckルパターン（写真右）と呼ばれる全くランダムな模様が生じてしまい、確定波面を基準とする従来法は役に立たなくなりまふ。これはレーザ発明以来技術者を悩ませてきた現象です。

■ 逆転の発想

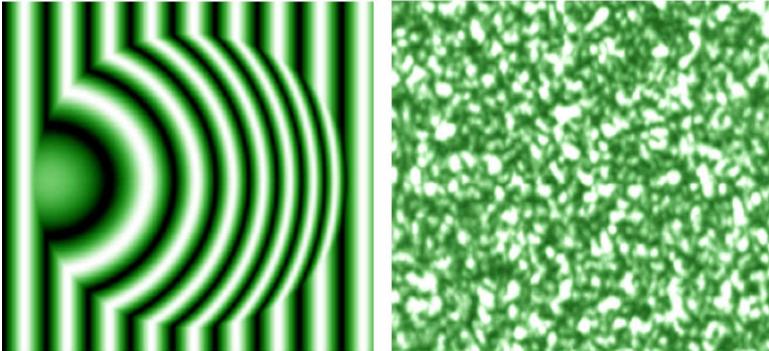
この問題に対して筆者は、ランダムさそのものを基準にしてはどうかと考えました。つまり、計りたい物体の計測量が正確に導かれた際は、同時に得られるスペckル

ル現象を表す変数もまた完全にランダムになるよう拘束条件を与えた方程式を導いたのです。この新しい計測原理は大変うまく働きました。統計干渉法と名付けたこの方法は、表面の粗い物体に対しても光の波長の千分の一の精度を容易に達成することができました。

■ 生物試料への応用から環境評価へ

表面の粗い物体に対して適用可能という本方法の特色を生かして植物の成長計測を試みました。感度が非常に高いため、秒スケールで植物の成長の様子を捉えることができました。結果は全く予想外でした。ゆっくりと一様に成長しているように見える植物は、実は数十秒周期で激しく伸縮を繰り返しながら成長していたのです！この植物の“身震い”を我々は成長のナノメータ揺らぎと呼んでいます。大変興味深いことにこの揺らぎが例えば光化学オキシダント（さいたま市では夏になると頻繁に注意報が発令されます）などの環境条件に応じて大きく変動することを発見しました。このように極短時間の植物の成長挙動を正確に知ることにより逆に環境評価ができるのではないかと夢を膨らませています。

〈12年 6月 6日 埼玉新聞掲載〉



教科書を書き換える基礎研究

物質科学部門 基礎化学コース 齋藤 雅一 教授

■芳香族性とは

ベンゼン(C₆H₆)は、1825年に「ロウソクの科学」や電磁誘導の法則で有名なイギリスのファラデーによってその組成が明らかにされ、1865年にドイツのケクレによりその構造が明らかにされた(図1)、科学全般において重要な化合物の一つである。この六角形の構造は身の回りにある様々な天然物や製品(例えば、必須アミノ酸であるフェニルアラニンや解熱鎮痛剤であるアスピリンなど)を構成する分子の中に存在する。その構造式では、炭素-炭素単結合と二重結合が交互に配置されているが、実際にはいずれの炭素-炭素結合長も等しく、一般の単結合と二重結合の間の長さになっている。この奇妙な性質は、ベンゼンに代表される、ある一定の構造をもつ化合物に特有の性質で、この性質を芳香族性という。実は、芳香族性とは、この性質を含めたベンゼンのような化合物にみられるいくつかの特徴的な性質の総称

であるが、ここでは、結合の長さだけで定義した。

■芳香族性をもつ化合物ー芳香族化合物ー

これまでに芳香族性をもつことが知られていた化合物として、ベンゼンのほかにピリジン、チオフェンやシクロペンタジエンリチウム(図2)などが挙げられるが、このような骨格を構成する元素は、一部の例外を除くとそのほとんどが第2周期の元素であった。一方、元素の周期表を学ぶとき、同族元素は似た性質をもつと習う。そこで、1990年代半ばから、芳香族化合物の骨格を構成する炭素を同族で高周期の元素に置き換えると、どのような変化があるのかに興味を持たれ出した。

1990年代半ばから2000年にかけて、アメリカや日本の研究者によって、芳香族化合物の骨格炭素をケイ素やゲルマニウムに置き換えても、ベンゼンと同じような性質が発現することが明らかにされた(図3)。これは芳香族性が高周期元素の世界にも当てはまることを示



した、基礎化学の研究の世界の中での快挙であった。

我々は、さらに高周期の元素を組み込んで芳香族性が発現するのかどうかを調べる研究を始め、2005年にはスズを、2010年には鉛を骨格に組み込んで芳香族性が発現することを世界で初めて明らかにした(図4)。芳香族性が鉛の世界にまで広がるかどうか、という誰も確かめようとしなかったことを筆者らは世界で初めて明らかにしたので、その基礎化学的な知見が高く評価され、米科学誌サイエンスに論文が掲載された。また、国内外のメディアに取り上げていただいた。

■芳香族性拡張のその後

我々が合成した化合物は、これまで誰も合成したことがない、しかも学術的に重要な化合物であるので、その物性や反応性は可能性の宝庫であろう。電池の材料や触媒として機能することが考えられるので、そのような性質を明らかにすべく、日夜努力している。これまでに注目されていない元素を用いた新しい化合物の合成は、真に新しい基礎概念や技術の誕生に寄与する重要な基礎研究である。

≪12年6月13日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

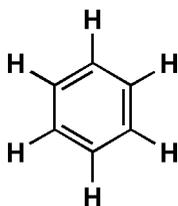


図1
ベンゼン

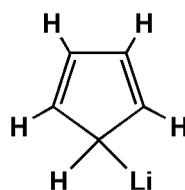
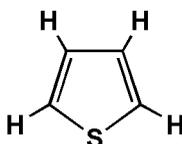
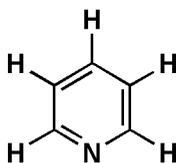


図2

ピリジン、チオフェン、シクロペンタジエニルリチウム

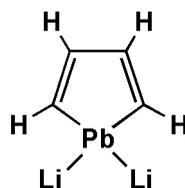
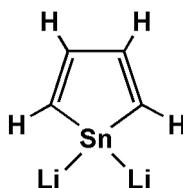
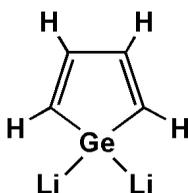
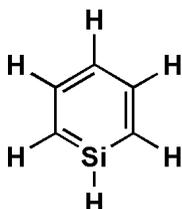


図3 ケイ素やゲルマニウムを骨格にもつ芳香族化合物

図4 スズや鉛を骨格にもつ芳香族化合物

人間共存型ロボットの安全

人間支援・生産科学部門 メカノロボット工学コース 琴坂 信哉 准教授



■ 人間共存型ロボットの安全

現在、介護や生産の現場で人間といっしょに働くロボットの実現が話題になっています。そのためには、もちろん、高い性能のロボットを作ることが必要ですが、それ以上に安全なロボットを作ることの方が大事なことだと思います。ところが、全く新しいロボットを作ろうとすると、これまで実際に使った経験がないため、そのロボットがどの程度安全なのかを予想することができません。その結果、安全を保障することができません。もちろん、実際にロボットを使ってみて、事故が起こった回数を調べれば正確に分かるのですが、それは倫理的に許されることではありません。これでは、卵を作るために、卵を作るために鶏が必要で、鶏を作るためには卵が必要でと堂々巡りになってしまいます。

■ 新しい機械安全の考え方

ロボットに限らず機械全般は、リスクアセスメントとそれに続く一連の手続を実施して安全を担保することが

求められています。リスクアセスメントでは、どのような危険源が存在し、それがどの程度の頻度で危害を発生するのか、発生した時の危害の大きさの見積りを行います。この情報を元に、そもそも危害が発生しないように設計改良を行う、防護装置を付ける、使用者に注意を促す等の方策で安全を実現します。（ちなみに、ここで求められる安全とは、「受け入れ不可能なリスクが存在しないこと」と定義されます。受け入れ不可能かどうかは、その時の社会事情や考え方によって異なります）

■ 人間の動作計測による危害への暴露頻度評価

リスクアセスメントの際に必要なことの一つとして、危害の発生頻度の評価が必要です。しかし、先に述べたように、これから作る新しいロボットは使用した実績がありませんから、どの程度の発生頻度を持っているのかを評価する方法がありません。そこで、私の研究では、高頻度に発達したロボットは人間とほぼ同等の大きさや形

状を持ち、同様の方法で作業を行うと仮定することに
よって、人間の動作Ⅱ動作計測結果の図Ⅱを計測する
ことよって危害の発生頻度を評価する方法を提案し
ています。もちろん、本当の危害の発生頻度を与えてく
れる方法ではありませんが、上述の鶏と卵の問題を打
ち破ることのできる方法であると期待しています。これ
が、将来の人間といっしょに働くロボットの実現に役立
たと考えています。

現在の所、日本は生産台数、稼働台数で世界一のロ
ボット大国です。しかし、そこにあぐらをかいては、
即座に追い抜かれます。新しい技術を生み出すための
努力を続けていきたいと思えます。

《12年6月20日 埼玉新聞掲載》

目次へ

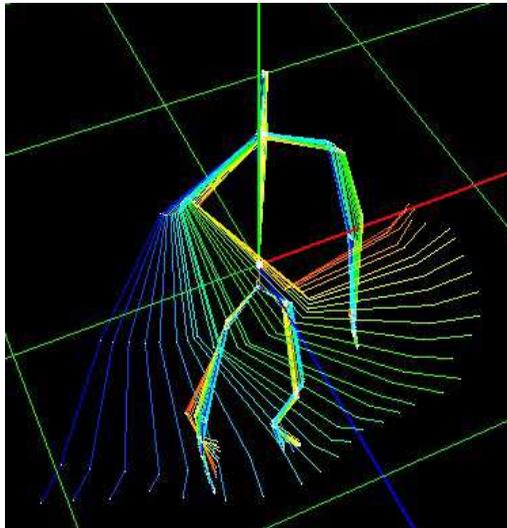


図 人間の動作計測結果(移動速度に応じて色が変化しています)

力の計測で運動療法を向上

数理電子情報部門 電気電子システム工学コース 辻 俊明 准教授



■ リハビリ

高齢化に伴う運動機能障害者の増加によりリハビリテーション、特に運動療法の需要が高まっており、理学療法、作業療法は今後ますます重要になると予想されます。そのため理学療法士(PT)や作業療法士(OT)の負担軽減を目的としたリハビリ支援ロボットの研究開発が盛んです。しかし、現場ではCPMと呼ばれる屈伸運動で関節の可動域を広げる訓練装置以外にロボット技術を用いたりハビリはあまり普及していません。

■ ロボットの特長生かす

ロボットは精密な繰り返し運動を得意としますが、人の状態を観察しながら安全性とリハビリの効果を両立した運動を行う能力は、PTやOTにはるか劣ると言わざるを得ません。したがって、ロボットでPTやOTの労働そのものを代替するという考え方ではなく、ロボットの特長を有効利用してPTやOTの技術を支援し、リハビ

リの質を向上するための機器が必要だと考えられます。ロボットはセンサ情報を精緻に計測・記録できますので、この特長に着目しうまく利用すればロボット技術で運動療法の質が向上される可能性があります。例えば力と関節角度を記録し、履歴として残す機能をCPMに付加することで、PTが定量的なデータに基づく経過診断を行えるようになります。また、様々な施設で利用されるこれらの機器のデータを一カ所に集約すればPTやOTがこれを共有し有効利用できると考えられます。

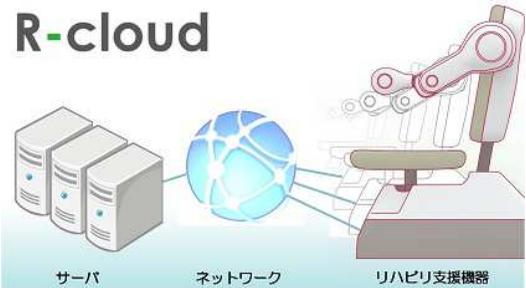
■ 動作の数値化

そこで本研究室では、近年広く普及が進むインターネットにリハビリ支援機器を接続し、運動の応答値をサーバーに記録するシステム「R-Cloud」を開発しています。

本システムでは、腕にロボットアームを装着し、アームを患者が操作しながら画面に映された仮想空間の中で

訓練を行います。その際の力や関節角度の情報を記録し、ネットワークを介した先のサーバにデータベースとして保存します。収集された膨大なデータに基づいてリハビリ動作の効果とリスクを数値化することで、個々の症例に合ったプログラムの選択や統計に基づく精緻な評価が可能となります。運動療法の回数を重ねることに関節可動域がどのように広がっているかを可視化して表示したり、訓練時の筋の張力を推定してどの程度負荷を増やす余力が残っているかを過去の統計に基づいて算出したり、支援ツールとしてロボットを応用できることがわかってきました。今後は医工連携を進めて現場で実際にPTやOTを支援できるものへと発展させる予定です。

R-cloud



≪12年6月27日 埼玉新聞掲載≫

目次へ



低温物理学と超伝導現象の解明

物質科学部門 物理学コース 佐藤 一彦 教授



■ 物質の個性

水は日常では液体ですが、 100°C 以上では気体となり、 0°C 以下では固体となります。温度を下げていくと気体が液体・固体と変化する性質は空気においても同様ですが、例えば窒素の場合、液化する温度はマイナス 196°C であり、固化はマイナス 210°C と水に比べますとずいぶん低温になります。通常の気体は種類にかかわらず（理想）気体の状態方程式と呼ばれる同じ物理法則にほぼ従います。その理由は、気体の運動が熱エネルギーにより支配されており、その熱運動により物質本来の性質が乱され、個性が覆い隠されてしまうからです。物質が本来持つ個性をあらわにするためには熱エネルギーを奪うこと、すなわち温度を下げる必要があります。かなと研究する学問分野が低温物理学と呼ばれています。

■ 電気抵抗ゼロ

低温物理学が対象とする研究分野は多岐にわたりますが、その一つに超伝導という現象があります。金属に電流を流す際に電流の担い手である電子の運動を邪魔する機構が存在し、電気抵抗と呼ばれています。この電気抵抗がある温度を境として突如ゼロとなる現象が超伝導です。超伝導が発見されたのは1911年のことで、絶対零度近傍の温度が実現できたことにより初めて発見された現象です。発見当初は絶対零度近傍でしか超伝導現象は見つかりませんでした。その後研究が進み現在ではマイナス 110°C で超伝導になる物質も見つかっています。電気抵抗がゼロになりますと発熱によるエネルギー損失が無くなるため、莫大な省エネも期待できますが、現在のところ実現できる温度が低温に限られるためさらなる研究が望まれます。

■世界で唯一成功

最近、我々の研究室では素粒子の一つであるミュオンを用いたミュオンスピン回転緩和法(μ SRと略記)という実験手法を用いて、主として有機物の低温物性研究を行っています。ミュオンはミクロな磁石としての性質を持ち、物質中で磁石の向きの変化を調べることにより、物質の局所的な内部磁場に関する知見を得る実験手法ですが、極めて微弱な物質内部磁場も検出可能であるという特徴を持っています。最近我々は特に圧力下での物性変化に注目しており、圧力下 μ SR実験を中心に研究を行っています。図に我々が製作した μ SR用圧力容器の写真を示します。構造は注射器みたいなものですが、最大1万気圧程度の高圧を発生できます。研究対象としている有機物質は柔らかいために圧力を加えますと性質が劇的に変化し、電気を通さない絶縁磁性体が超伝導体に変化する物質もあり、通常の超伝導体とは異なるふるまいに興味を持っています。現在のところ圧力下で有機物質の μ SR実験に成功しているグループは世界でも我々のみであり、独自の実験手法により有機物質の超伝導現象の解明を試みています。

《12年7月4日 埼玉新聞掲載》



IoTの正しい動作と設定

数理電子情報部門 情報システム工学コース 吉浦 紀晃 准教授



■ 利点と欠点

昔の家電製品には設定というものはほとんど必要なかった。しかし、最近の家電製品、例えば液晶テレビには、画質、データ放送、スリープ時間、自動予約等に関する数多くの設定項目がある。液晶テレビのリモコンのボタンの数も昔に比べて多い。持ち主の好みに合わせてテレビを調整できる一方で、設定項目が多すぎて廃棄するまでに一度も利用しないボタンもある。好みに合わせて調整できる一方で、調整しなければいけないという欠点もある。

■ 四角いタイヤ

インターネットがちゃんと動くためには非常に多くのIoT機器が正しく動作する必要がある。このIoT機器はシステム管理者やネットワークオペレータと呼ばれるIoT技術者によって正しく動作するように正しく設定されている。

しかし、正しい設定をしなくても正しそうな動作することが他分野の機器に比べてIoT機器では格段に多く、誤った設定でも正しそうな動作する。例えば、自動車は4つの丸いタイヤがないと動かないが、IoT機器は丸いタイヤが1つで残りが四角いタイヤでも動く自動車のようなものである。なまじ動いてしまうので、3つのタイヤが四角いことに気づかない。つまり、IoT機器では設定に誤りがあっても正しように動作し、設定の誤りに気づきにくいのである。

このことは問題を引き起こす。その1つはIoT機器の動作だけではIoT技術者の能力を見分けられず、IoT技術者の能力不足が分からないといった問題である。これは、高額な費用を支払っても満足できるIoTシステムが作れない一因となる。また、IoT機器を正しように動作させることはできるが正しく設定を行うことができない能力不足のIoT技術者を多くしてしまう原因となっている。

る。

■ 過度に信用しない

IT機器の動作と設定の問題はソフトウェアについても当てはまる。ソフトウェアが正しく動くこととその中身(設定)が正しいかは別のことなのである。見掛け上正しく動くが、ひどいことをするソフトウェアもある。スマートフォンやタブレットが個人情報やデータを外部に漏洩させるというのもその一例である。また、正しく動作すればそれで十分という見方もあるが、ソフトウェアの中身がひどくて使い物にならないということがよくあるのである。

設定や中身の善し悪しをどうやって調べるか、そして、設定や中身が良いITシステムをどのように作るかはソフトウェア研究の目標であり、質の高いIT社会を作る上で実は非常に欠かせないものである。実は僕自身はITシステムというものを信用していない。皆さんも過度な信用はしない方がいい。少なくとも、研究が進んで中身が正しいかどうか確認ができるようになるまでは。

≪12年7月11日 埼玉新聞掲載≫

目次へ

代数幾何が広く応用される時代

数理電子情報部門 数学コース 酒井 文雄 教授



最近、「平面代数曲線」という本を共立出版から出版しました。「代数幾何」という私の研究分野の源流でもあり、初めて学ぶときの素材に相応しいのが平面代数曲線です。1637年に、デカルトが方法序説という本の付録の「幾何学」で、ほぼ現代の代数記号を用いて、座標による幾何学を創始しました。例えば、多項式の変数に x 、 y 、 z などの文字を用い、 x の2乗や3乗などの指数記号も用いています。皆さんも、座標軸（図左）と円や直線を表す方程式を思い出されるのではないのでしょうか。

■ いろいろな曲線

もちろん、古代人も直線や円を知っていました。紀元前3世紀頃に書かれたユークリッドの原論には直線と円の幾何学が展開されています。放物線、楕円、双曲線は円錐の切り口として研究され、円錐曲線と呼ばれていました。

座標幾何では円錐曲線は2次曲線として理解されます。さらに、接線の問題から、微分積分学のきっかけの一つにもなりました。デカルトの著作を熟読したと伝えられるニュートンは1676年頃に3次曲線の分類を実行しています。その後、いろいろな曲線が発見され、研究の対象になりました。

私の本では、興味深い曲線として、パスカルのカタツムリ曲線、ベルヌーイのレムニスケート曲線（図右）、ベジエ曲線などを紹介しています。

■ 代数曲線論の発展

19世紀になり、代数曲線は大きく飛躍しました。複素数が定着し、複素関数論が誕生したこと、遠近画法から射影幾何が発達し、曲線も射影曲線として考察するようになったこと、行列式などの代数学が進歩したことなどが時代背景です。

特に、リーマンにより双有理幾何の重要性が発見さ

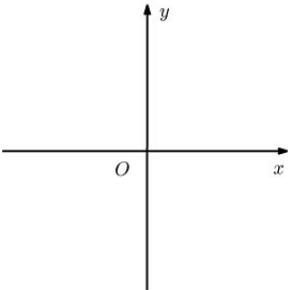
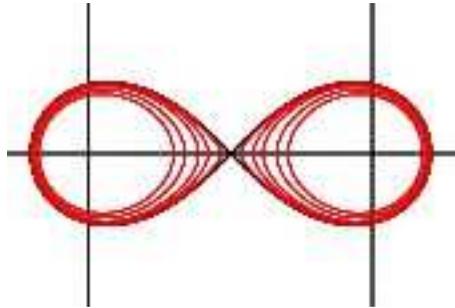
れ、クレプシユやマックス・ネーターにより、その基礎付けがなされました。種数と呼ばれる数が代数曲線を統制しているということが分かったのです。種数の計算には特異点の解析が必要になり、特異点の解消というテクニックも開発されました。

その後、代数曲面など高次元の代数多様体の研究が始まりました。一方、代数曲線も興味深い研究対象であり続け、現在も活発に研究されています。

■ グレブナ基底

20世紀後半に、計算機による数式処理が実用的になりました。基礎になる考え方は、割り算原理を多変数の多項式の場合に工夫するグレブナ基底理論です。現在では、パソコンでも、多項式イデアルの基底などが具体的に計算できるのです。代数幾何が広く応用されるという時代になってきたようです。

《12年 7月18日 埼玉新聞掲載》



目次へ

工学の化学としての化学工学

物質科学部門 応用化学コース 古閑 二郎 教授



■ 発展

化学工場は、蒸留塔、ガス吸収塔、熱交換器、蒸発缶、調湿塔、反応器等のたくさんの装置類が無数のパイプで結ばれています。物質は物理化学的な方法で分離、精製され、化学反応は生産規模で行なわれています。化学工学(プロセス工学とも呼ばれる)は化学変化を伴うプロセスを対象に、その開発、設計、運転を行なうための学問領域として発展してきました。その基礎は、ガスや液体の流れとそこで起こる化学反応の解析です。化学工学は有機、無機、生化学のいずれのプロセスも適用できるため、環境・エネルギー分野、材料分野、生物分野等のプロセスの開発、設計に広く用いられています。

■ 解析

化学工学が生まれた20世紀の初めの頃は、熱や物質の移動現象や化学反応を厳密に解析することは困難でしたが、ここ30年の計算機の発達は、複雑な現象の数値

解析や数値シミュレーションを可能にしました。最近では、数値シミュレーションがいろいろな分野で使われています。工学では、物理や物理化学の法則から得られる方程式を直接解くことよって複雑な現象を模擬し、それらの情報から現実の問題解決の糸口を見だし、プロセス設計に利用しています。私どもの研究室では、高分子、ゲル、ゴム、コロイド、界面活性剤、液晶等のソフトマターと呼ばれる物質についてその流体としての性質を解析しています。これらは高分子であり有機化合物です。勿論、水溶液のような低分子の流体の解析も行っています。

■ 高分子

学園祭でよく見かけるスライムを思い出してください。高分子溶液や高分子熔融体は粘性と弾性を示します。高分子に関しては、高分子熔融体の流動特性を記述する構成方程式の定式化およびレオロジー特性の再現から流動の数値解析まで行っています。絡み合った高分子

のブラウン運動のモデル化、ゲルやゴムでの弾性の定式化では、高分子物理化学の知識、統計物理の方法や数学の応用が必要です。流動解析では、有限要素を用いて、粘弾性流体の挙動を調べ、プラスチック成形加工の現場での応用を検討しています。二重ノズルからのマイクロカプセル生成の解析や熱回収を目的に凝縮により生成する液膜の挙動に関する直接数値シミュレーションも行っています。

平成22年度から複合材料の物性の推算と合理的な構造設計の研究を始めました。このテーマは化学と数学の学際的な研究として今後発展すると期待できます。

≪12年7月25日 埼玉新聞掲載≫

試験管内での分子進化

物質科学部門 機能材料工学コース 根本 直人 准教授



■ 巡り会い

「人に役立たないことを研究したい」。まだ高校生ぐ
らいのときの妙な願望であった。昨年度の原子力発電所
ではないが、そこには役に立つことを直接志向すると
（人間の浅はかさのため）必ず人類に災いを及ぼすので
はないかという若者なりの科学至上主義に対する密か
な抵抗があったように思う。大学では物理学を勉強し
たが物質がなぜ高次の生命のような機能・構造体をも
発的に形成しうるかがしだいに一つの魅力的な分野に
思えてきた。平たく言えば生命の起源である。しかし、
どのようにアプローチすべきか。皆目見当がつかない。一
旦卒業して就職したもののこの問題はいつも頭の片隅に
あった。ようやく仕事に慣れた頃一冊の本に出会った。
プリゴジン著『混沌からの秩序』。訳者は当時埼玉大学
工学部教授で日本における進化分子工学のパイオニア
である伏見譲先生であった。

■ 開発成功

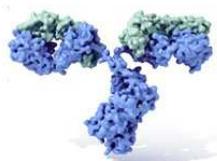
私は仕事を辞め、混沌から何かを作りたい一心で伏
見先生の下で博士課程を始めた。そして、まさに暗中
摸索の中、私の夢は試験管内で分子を進化させるとい
うより具体的な目標に変わっていった。今、再び教員と
して埼玉大学に戻り、ペプチドやタンパク質を試験管の中
で進化させる研究をしている。特異的に病気の原因分
子のみを攻撃する「抗体」は抗体医薬という最先端の医
薬品候補となっている。最近、私たちはこの抗体と同等
の効果を示す40分の1の大きさの「ペプチドアプタマ
ー」を開発することに成功した。抗体の作製には時間と
コストがかかり抗体医薬を高価なものにしている。ペプチ
ドアプタマーは試験管内で短時間に安価に取得でき、
抗体では作製できない抗原までも標的とすることがで
きる。

■ 人に役立つ研究

私たちの体内の免疫システムを試験管内で模倣することで生物にはできない機能分子を創造することも夢ではなくなった。進化の基本原理であるダーウィン進化は簡単に言えば淘汰と変異というプロセスの繰り返しであり、この単純な原理により生物は様々な構造と機能を獲得した。免疫システムもダーウィン進化を利用して。さて、これを試験管の中で実現するにはどうしたらよいであろうか？進化分子工学はこの問いかけへの工学的な解答である。現在、進化分子工学は医薬品や診断薬だけでなく無機物や有機物との融合によりバイオミメティクスという新規バイオ素材の分野まで応用されている。バイオ素材はそもそも環境適応性が高く地球に負荷をかけない。この特性を生かし生物の進化に学びながら「人に役立つ研究をしたい」と現在は考えている。

≪12年 8月 1日 埼玉新聞掲載≫

目次へ



抗体

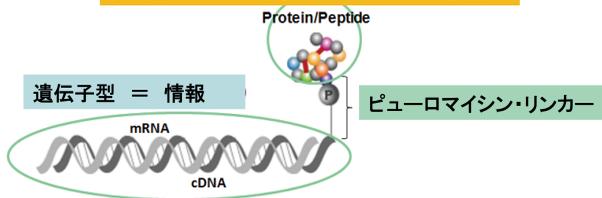
分子量 150 kDa



ペプチドアプタマー

3.5 kDa

表現型 (タンパク質またはペプチド) = 機能



分子が進化するためには遺伝子型と表現型が連結していることが必要条件。ピューロマイシン・リンカーは試験管内でこれらを連結する役割をしている。(当研究室では世界に先駆けてこのピューロマイシン・リンカーを開発してきた)この連結された分子を用いて地球上では1億年かけなくては生じない変異と淘汰を試験管の中で数日で実現する。

行動の効率化の学習

生命科学部門 生体制御学コース 古館 宏之 助教



行動を効率化するには、目的に対して必要な行動を促進し、不必要な行動を抑制することが重要です。例えば、運動会の徒競走を考えてみます。スタートの合図で全力疾走を行い、ゴールを切ったら全力疾走をしないでしょう。スタートからゴールまでの全力疾走は必要な行動で、ゴール後の全力疾走は不必要な行動と考えることができます。

私たちの研究グループでは、側坐核とよばれる脳の領域がどのように行動を制御しているか調べています。その結果、側坐核はゴール後の不必要な行動を抑制すること、さらにそのことが、必要な行動の促進と関係することがわかってきました。

私たちの研究グループは、ネズミを用いて研究しています。八方迷路とよばれる装置を用いて、課題をどのように解くかを、ビデオカメラで観察し解析しています。八方迷路の全アームの先端にエサとして小さな砂糖を置いていきます(図を参照)。全てのエサを獲得するとゴール

です。この課題で、行動の効率化を観察することができます。最初、ネズミは新規の環境なので、警戒しながらゆっくりと装置内を探索し、時間がかかりますが全てのエサを獲得します。このトレーニングを繰り返すと、エサを取るための行動が速やかになり、全てのエサを取るまでに要する時間も短縮されます。言い換えれば、学習によってエサを取るための行動、すなわち必要な行動が促進されていきます。一方で、エサを全て取り終えた後、すなわちゴールした後の行動は、最初、行動量が多いのですが、トレーニングを繰り返すとゴール後の行動量が減少していきます。言い換えると学習によって不必要な行動が抑制されるのです。

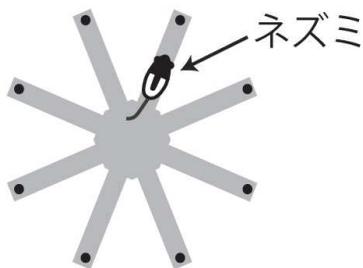
薬品を使用することで、脳の一部を破壊することができます。ネズミの側坐核に薬品を注入することで側坐核を破壊し、行動の観察を行いました。課題のトレーニングした後に側坐核を破壊すると、ゴール後の行動量が下がりにません。すなわちゴール後の不必要な行動を

抑制できなくなるのです。側坐核はゴール後の不要な行動を抑制する機能があることが予想されます。

ところがトレーニング前に側坐核を破壊するとゴール後の不要な行動を抑制できなくなるだけでなく、エサを取るための行動が促進されることがわかりました。このことは、ゴールが具体的に明確でないと、必要な行動の促進できないことを示しているかもしれません。このように、脳は目的達成した後も含めて、適切な行動をデザインするよう計算しているようです。今後、このようなシステムを応用したロボット等の装置が開発されるかもしれません。

≪12年8月8日 埼玉新聞掲載≫

目次へ



八方迷路の概略
黒丸がエサ



八方迷路の写真

ハイテク橋梁を目指して

環境科学・社会基盤部門 環境社会基盤国際コース 陸好 宏史 教授



■ 鉄とコンクリート

我々が生活をするためには、道路、鉄道、電力などの社会基盤施設が必要不可欠です。これらの社会基盤施設の多くは鉄とコンクリートで造られています。鉄とコンクリートは安価で強度も強いことがよく用いられる理由です。しかし、鉄は錆びるので塗装をするなど維持管理をしっかりと行うことが必要です。また、コンクリートは圧縮力には強いのですが引張力に弱く、ひび割れがよく発生するとともに、強度の割には重いことが問題です。このようなことから、高強度、腐食しない、軽量、安価な建設材料の開発が必要とされています。

■ ハイブリッドFRPの開発

FRP(Fiber Reinforced Plastic : 繊維強化プラスチック)は炭素、アラミド、ガラス繊維を樹脂で固めた構造材料で、テニスのラケット、ゴルフクラブのシ

ヤフト等我々の周りにも多く使われています。また、最近就航したジェット旅客機(B-787)には半分以上がこのようなFRPが使われています。FRPは鉄やコンクリートに比べて、強い、軽い、錆びないなどの長所を有する反面、価格が高いという短所も持っています。しかし、海岸などの厳しい環境下や急速施工が必要な場合にはFRPを橋梁に適用することが求められています。本学建設工学科建設材料研究室では、高価ではあるが高強度である炭素繊維と、強度的には劣るが安価なガラス繊維を組み合わせたハイブリッドFRP部材を開発しました。ハイブリッドFRPは図1に示すように、上下端面に炭素繊維をその他にはガラス繊維を用いた、力学的および経済的に合理的な構造材料です。

■ ハイブリッドFRP橋の建設

開発したハイブリッドFRPを単に研究だけで終わ

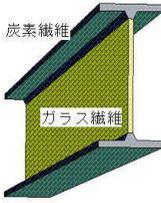


図-1 ハイブリッド FRP

らせるのでは無く、実際の橋梁に適用しました。場所は広島県呉市にある漁港で、環境条件は非常に厳しい所です。図-2は昨年完成した歩道橋で、長さ12m、幅0.75mのハイブリッドFRP橋で、鉄やコンクリートは一切使っていません。今年度はFRPと超高強度繊維補強コンクリート (UFC:Ultra high strength Fiber reinforced Concrete)を組み合わせた合成桁を開発し(図-3)、東日本大震災による被災地に橋梁を建設しました。図-4は宮城県女川町出島の寺間漁港に架設した世界で初めてのFRP+UFC合成桁の渡橋です。

≪12年8月22日 埼玉新聞掲載≫



図-2 ハイブリッド FRP 橋(呉市)

目次へ



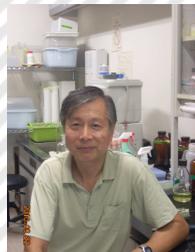
図-3 FRPとUFC 合成桁



図-4 架設した FRP+UFC 合成桁(渡橋)

土壌微生物と作物の収量

生命科学部門 分子生物学コース 大西 純一 教授



畑や水田の土の重量の数パーセントは有機物であるが、さらにそれらを栄養源とする微生物が1gあたり1から10億も住み着いて、炭素はもちろん、窒素・リン・イオウなどの循環に関わっている。土が痩せている、肥えているという違いは、もしかしたらこの微生物集団の具合との関係が大きいのではないかと考え、環境微生物の研究を始めた。具体的には、以下のようなことを行っている。(一部は企業との共同研究として)

【1 水田土壌の細菌】

大学内の小さな実験水田で、粘土質を主成分とする土壌改良材を入れた区画と対照区画を設定し、イネの生育、お米の収量を数年間比較してきた。土壌改良材を入れた区画では、初期成育がよく、分けつが促進され、穂の数の増加とほぼ対応して収量も増加した。イネ植物体の勢いも全く異なり、秋口にも

遅くまで青々としている。そして、微生物叢もはっきり異なった。改良材を入れると、特に硫酸還元菌が少なく、メタン細菌の種類が異なってくるようだ。この変化と生産性向上との因果関係を証明することは難しいが、少なくとも微生物の集団が異なることは分かっていた。最近では、農家の方と協力して、その改良材が実際の水田の微生物に与える変化を見ようとしている。

【2 生ゴミの堆肥化で働く微生物(細菌・真菌)】

土壌微生物が、そこで生育した植物の遺骸を分解する、これとほぼ同じことを濃縮集中して行っているのが生ゴミの堆肥化と言える。基本的には同じような微生物集団が行っていると思われるが、堆肥化ではかなり高温になるのが特徴と言える。食品工場などの廃棄物や日切れ弁当などを大量に堆肥化して

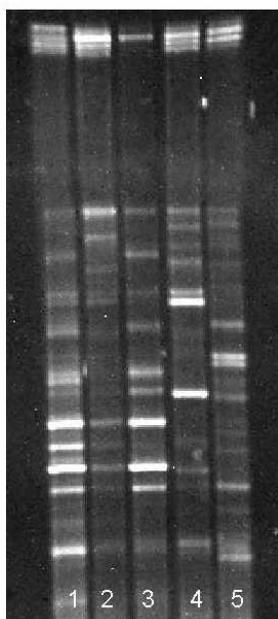
いる工場と協力して、そのプロセスを安定化すべく、そこで働いている微生物にどんなものがあるかを調べる研究を始めた。図は堆肥サンプルの細菌集団の違いを表すDNAの電気泳動写真である。(1)堆肥最終製品、(2)不良発酵、(3)良好発酵、(4)原材料のコーヒーカーブ、(5)刈草である。上下方向に分離された各一つのバンドが1種類の微生物を表している。3のように、良好発酵の場合に特徴的な微生物のパターンが見つかった。どんな条件を与えれば良いパターンになるか、あるいは、良いパターンで多い微生物を外から加えてやるなどして条件改善が可能か、などの実験を始めようとしている。

【3 地下土壌の微生物】

スペースの関連で十分説明できないが、地中や地下水を冷暖房の熱源として利用することで省エネルギーが図れるし、ヒートアイランド現象も緩和できる。(二酸化炭素排出量で30から50%の削減!) スカイツリー付随の商業施設もこれを使っている。しかし、地下の温度が上がってしまうと、環境に悪い影響があるかもしれない。どれくらいまで冷房の熱を地中に捨てても環境に影響を与えないか、その目安・ガイドラインを確立するプロジェクトの微生物担当として、首都圏三大学のキャンパス(さいたま

市、日大世田谷区、農工大府中市)で、地下50m程度までの土壌をボーリングで掘り出し、そこにどんな微生物(主に細菌)がいて、温度が数度上がるとどんな影響を受けるかを調べる研究を開始した。また、実際に地下に熱を注入して、数年後に再度ボーリングを行って、その影響を実地で調べる予定である。

≪12年8月29日 埼玉新聞掲載≫



悪影響と有益な役割と

物質科学部門 物理学コース 井上直也 教授

■種類と利用

福島での原子力発電所事故以来、放射線が人間・環境に及ぼす悪影響について、いまだ多くの皆さんが不安を抱いている。

一方で放射線は医療・工業分野、先端科学研究などで有益な役割も果たしてきている。

放射線とは「電離性(原子や分子が持つ電子をはじき飛ばしイオン化させる作用)を持つ粒子や電磁波」と定義されており、その代表的な粒子としては、アルファ線、ベータ線、陽子線、また電磁波としてはエックス線やガンマ線がある。

エックス線とガンマ線は私たちがよく知る「光」の仲間であり、可視光に比べて短い波長を持ち、それらの強い物質透過性は医療面・非破壊検査などに活用されている。

一方、アルファ線はヘリウムの原子核であり、その透過

力は薄紙一枚で遮蔽できるほど小さい。またベータ線は電子のことであり、ミクロの世界ではなじみ深い粒子である。陽子線は、最近ではがん治療に利用されるとともに、物理学においては高エネルギー加速器実験による素粒子・原子核の研究に欠くことができない粒子である。

■自然放射線

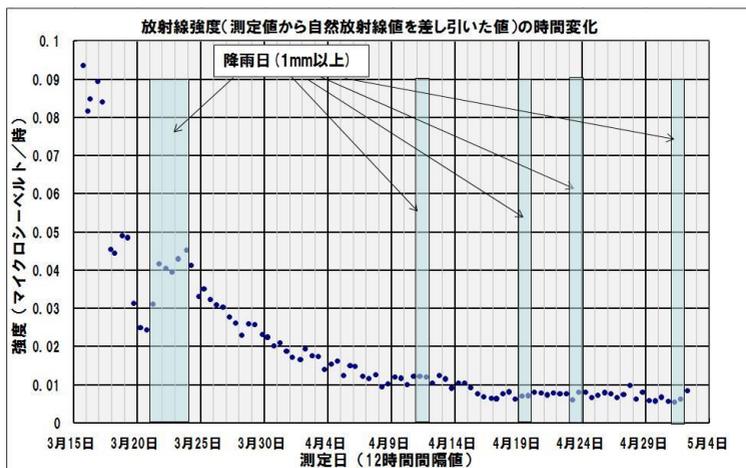
さて、原子力発電所から放出した、放射性ヨウ素とセシウムは空气中を飛来し、土壌に蓄積し、それらが崩壊して放射線(ベータ線とガンマ線)を出している。現在測定されている放射線量は、自然放射線に加えて、事故に伴う放射線が加算されたものである。

宇宙からやってくる低エネルギーの放射線(宇宙線はこの自然放射線量の中で約60%を占めており、目に見えない存在だが毎秒約300個もの宇宙線が定常的に私たちの身体を通過している)。



自然放射線には、加えて空気中・土壌に含まれるラドンなどからの放射線も含まれており、人間は住んでいる地域の高度・地質に応じて、総計で年間0.6〜2 mSv（埼玉大学での空間線量測定値からは年間1.05 mSv）もの自然放射線を外部被爆として受けてきている。

また、吸い込んだラドンや体内に含まれる ^{60}Co や炭素14から年間1.5 mSv程度の内



部被曝を受けている。

■ 1.8%

今回の事故に伴う、放射線量の時間変化を見るために、3月15日以降に埼玉大学内で測定した放射線量から自然放射線相当量を差し引いた値を図に示してある。

3月14、15日の水素爆発(もしくはベント)による放射性物質の放出以降、放射線量は減少傾向にあり、その減少率はヨウ素の半減期8日をおおむね反映している。また降雨に伴って放射線量が増加する傾向も見られる。

現在は平常時の自然放射線量に対して、わずかに高い値を示しているが、その原因は、そのときの放射性物質蓄積の名残と考えられ、3月15日から現在までの積算放射線量を求めると19 μSv になる。これは自然放射線の年間積算量である1.05 mSvに対して約1.8%程度にすぎない。

このように現在までに測定されている放射線量には不安はないが、未だ原子炉の冷却・放射線飛散抑止を完全に制御できていない現状からは、今後もしばらく空气中、ならびに土壌中での放射線量の推移を見守っていく必要がある。

正しい知識で冷静に対応

物質科学部門 基礎化学コース 永澤 明 教授



■放射能

放射能と放射線はよく混同して使われる。放射能とは放射線を出す能力または、その能力をもつ物質をさす。前者は物質のこと、後者は飛び出してくる微粒子のことである。最近では新聞などでも区別して物質の場合「放射性物質」という言葉を使っている。

放射性物質は放射線を出したあとに別の物質に変化する。つまり、放射性物質は壊れる原子を含む物質である。

物質をつくっている原子は、中心の原子核と周辺にいる電子からなる。その原子核には陽子(ようし)という粒子と、そのほぼ同数程度の中性子(ちゆうせいし)とが含まれているが、原子の名前は陽子数で決まる。つまり原子には中性子の数が違う兄弟がいる。これを同位体(どういたい)と呼ぶ。

しかし同位体にはいつまでも変わらない安定同位体

と、粒子を放出して変化する放射性同位体とがある。この放射性同位体を含むのが放射性物質である。

■半減期

放射性物質には半減期がある。最初の原子数が半分になるのに要する時間で、その原子に特有のものである。放射線を毎秒何個出して壊れるかを壊変率という。単位はベクレル(電波のような波の数のヘルツと同じである。粒子のときにはこう呼ぶ)。半減期が短いものほど、原子の個数当たりの壊変率は高い。壊れるのが速く、その同位体はすぐ別の元素に変わる。

■ヨウ素

震災で有名になったヨウ素は、天然には安定同位体ヨウ素129が存在して、チリが世界一の採掘国であるが、2位は千葉県である。天然ガス田から出てくる鹹水(かんすい)塩分を大量に含む水)から生産されている。このような形で生産では世界一である。われわれの体で

は甲状腺のホルモンに含まれる重要な元素の一つである。

原子力発電所では、ウラン235が2つに分裂してヨウ素131ができる。つまり天然にないヨウ素131が観測されたということは、核燃料棒(ウラン238とウラン235の酸化物を入れたジルコニウム合金の缶詰)の内部の物質が出てきているということである。

ご存じの通り、ヨウ素131の半減期は8日である。8日経つごとに1/2、1/4、1/8と減るから、1ヶ月後には1/16になり、原子はキセノンの安定同位体キセノン131に変わる。

■セシウムとストロンチウム

セシウム137やストロンチウム90も天然にない同位体で、原子炉から出てきていると考えられる。これらは半減期が年単位であり、少しづつしか放射線を出さないが、いつまでも出す。しかし、セシウムはわれわれが体内に取り込んでも体外に出ていく。その半減期(生物学的半減期)は100日程度であるといわれている。

ストロンチウムはカルシウムと同じように骨などにたまるとされているが、排出を促進するには適当な薬剤を投与し、十分なカルシウムを与えて置きかえる方法がとられる。

■身近な放射性物質

われわれが毎日接していて食糧として食べている有機物質や石灰岩などに必ず含まれる炭素の同位体である炭素14は放射性である。また、カリウム40や水素3なども放射性である。したがって、地域によって自然にわれわれが浴びる放射線量は大きく異なる。その岩石や土壌、さらに地下から出る水などに放射性物質が含まれているからである。医学的には臓器や骨などを検査する放射性診断薬が多く使われている。

放射性物質についての正しい知識を持って冷静に的確に対応したいものである。

《11年5月11日 埼玉新聞掲載》

放射線の生物に対する影響

生命科学部門 分子生物学コース 大西 純一 教授

■ 発がん

一般に細胞に放射線が当たると、高レベルの被曝であれば細胞が死滅してしまう。しかし、そうならない程度の放射線の場合でも、直接DNAなどの生物機能に重要な分子を傷つけるだけでなく、反応性の高いラジカル（活性酸素）が作られて、これも同様にDNAに傷をつける場合がある。

生物は進化の過程で身につけてきたDNAを修復する機構を持っているので、これらDNAの傷のほとんどは修復されるが、その修復の過程で、DNAの傷が突然変異として固定されたり、誤って染色体の構造が大きく変わってしまうことがある。そのような変化が複数起こった上で、がん細胞に変化する。

■ 無視レベル

人間は自然放射線として、世界平均で、年間0.9ミリシーベルト（以下mSv）の外部被曝と、1.5 mSvの内部被曝

を受けている。世界には、特に自然放射線レベルが高い地域、中国南部の陽江、インドのケララ地方などがあり、これらの地域では、一年間に総計で10 mSvを超える人もいる。

この場合、近隣の住民と比べて、放射線のみを原因とするタイプの染色体異常（その細胞は分裂増殖できないので、人体に影響しないタイプ）は年齢に比例して蓄積し、放射線は、低レベルでも細胞や染色体に影響を与える。しかし、他方でがんを導くような異常は、最初に述べた修復機構や、異常な細胞の細胞死によってその危険は十分抑えられている。

したがって、自然放射線の年間2 mSvから10 mSv程度までの被曝は、がんを有意に増やすことはなく、無害、あるいはわずかな害はあっても、タバコなど日常生活の中の発がん物質の影響と比べて無視できるレベルと考えられる。



■ ICRP

原爆やチェルノブイリの被曝者の研究、さらには比較的最近の東海村JCO臨界事故などの研究から、人体の急性反応として、500 mSv以上で白内障や白血球の減少、脱毛を起し、3 Svでは50%致死となることが分かっている。

さらに、広島・長崎の被爆者を追跡した調査(放射線影響研究所)などから、200 mSv以上被曝すると、その後白血病やがん、心臓病なども増加することが分かってきた。

1 Svの被曝で、がんの生涯確率が1.5倍に増加する。ところがかなり確かなので、一般には効果が被曝線量に比例すると考えて、200 mSvでは、がんの確率が1.1倍に増加し、10 mSvでは1.005倍の危険(1万人に10から20人ほどが余計にがんになる可能性)があると想定する。こととなる。これが世界標準のICRP (International Commission of Radiological Protection)による放射線防護の考え方である。

■ 規制値引き上げ

今回の原発事故に伴って、上記の国際的考え方に基づき、通常時の一般公衆の被曝制限(1 mSv/年)を、職業人の規制値と同じ20 mSvへと大幅に引き上げている。さらに、ヨウ素131やセシウム-137による飲料水や食品

の放射能レベルを検討し、安全面からの暫定規制値(飲料水の場合、1リットルあたりヨウ素300ベクレル、セシウム200ベクレル以下)が設定された。その根拠は、線量当量係数(摂取放射能Bqを内部被曝量Svに変換する係数)と想定摂取量を用いて内部被曝線量を計算し、食品群を合計した値(すべての食品が汚染されたとして)が、各核種について上限5 mSvを超えないというものである。(その後、被曝制限の規制値は元に戻され、食品の規制値もより厳しくなっている。)

■ 日本の義務

この値は全く無害と言い切れるレベルではなく、がんなどの長期的影響が検出できるかどうか、これまでの研究では不明なレベルである。また、内部被曝の効果の見積がICRPの提唱するシステムで良いかどうか、世界的にも論議がある。

今後とも一般公衆が口にする食品・水の放射線量を長期的にモニターし、被曝量の見積もりと、国民の長期的な健康状態の変化とを照らし合わせていく必要があるだろう。

これは、大量の放射性物質を環境に放出して、世界中の人々に迷惑をかけてしまった日本人としての義務ではないだろうか。

《11年5月14日 埼玉新聞掲載》

本冊子は、埼玉新聞経済面に毎週水曜日に連載中の「サイ・テクこらむ知と技の発信」～埼玉大学・理工学研究の現場～を収録したものです。本収録用に、記事原稿に一部、語句修正・図(写真)の追加したコラムがあります。(収録コラムは2010年10月27日から2012年8月29日までの分です)

埼玉新聞社・埼玉大学大学院理工学研究科

書籍編集:埼玉大学大学院理工学研究科・理学部・工学部 広報委員会

電子書籍制作:埼玉大学総合技術支援センター 全学広報支援プロジェクト

〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255

発行:2012年11月15日

表紙デザイン:相上弘和(コスモプリント株式会社)

印刷・製本:コスモプリント株式会社