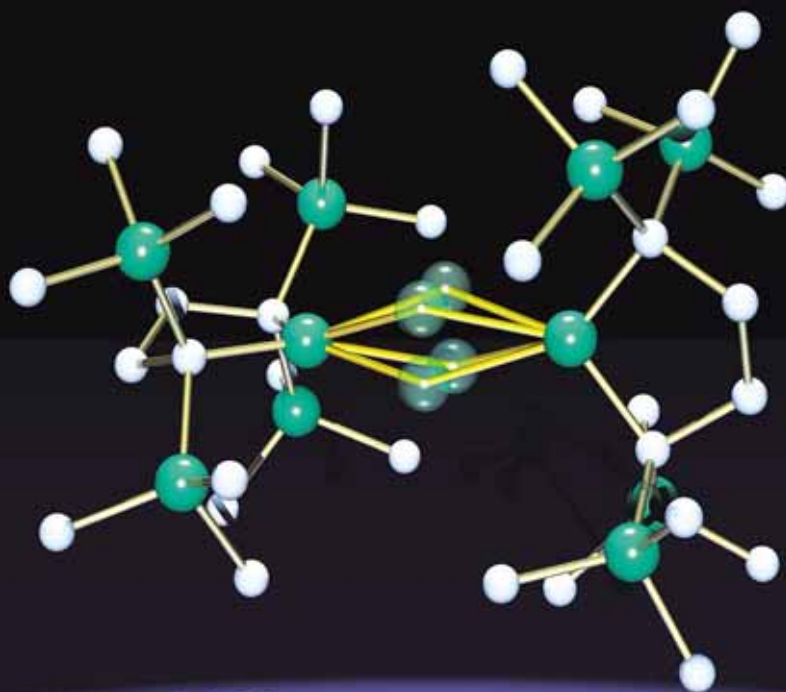
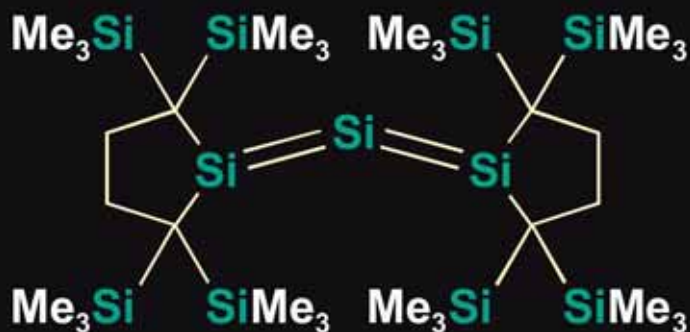




「ホオノキ」附属植物園提供



## 異常な結合様式をもつケイ素およびゲルマニウムのアレン

形式的なsp混成ケイ素をもつはじめての安定化合物として、トリシラアレン誘導体の合成に成功した。X線構造解析やNMRスペクトルなどによって明らかにされたトリシラアレンの構造は、きわめて特異なものである。剛直な直線構造をもつ炭素のアレンとは異なり、トリシラアレン骨格は折れ曲がっており、中心ケイ素原子はもはやsp混成ではない。その骨格は柔軟であり、中心のケイ素原子は固体中でも溶液中でも、両端の2つのケイ素原子を結ぶ軸の周りで回転している。

2005.3

# no.4

## 異常な結合様式を持つ 高周期14族元素アレンの創製



東北大学大学院理学研究科 化学専攻  
教授 吉良 満夫

炭素 - 炭素二重結合を含む物質が自然界にごく普通に見られるのとは対照的に、ケイ素 - ケイ素二重結合化合物（ジシレン）やケイ素 - 炭素二重結合化合物（シレン）は、一般には短寿命の不安定物質である。ケイ素やゲルマニウムなど高周期14族元素の二重結合は安定には合成できないものだという考え方が、30年ぐらい前までの常識であった。1981年に安定なジシレンとシレンの誘導体がはじめて合成されてから、高周期14族元素多重結合化合物の研究はにわかに活発になった。反応性に富む二重結合を分子中の嵩高い置換基で保護するという考え方（立体保護効果）を使って、多数の安定なジシレンやシレンの誘導体が合成された。しかし、これらはいずれもアルケンの $sp^2$ 炭素をケイ素に置き換えた化合物であり、アセチレン、二酸化炭素、ケテン、アレンなどの $sp$ 混成炭素をケイ素に置き換えた安

定な化合物はごく最近まで知られていなかった。われわれは、形式的な $sp$ 混成ケイ素をもつ初めての安定化合物として、トリシラアレン誘導体1を合成することに成功し、その後、同じ置換基をもつアレンとして、2 - 4の合成に成功した（図1）。これら一連の高周期14族元素のアレンは炭素骨格のアレンからは想像することのできない異常な結合様式をもつことが明らかになった。

アレン1 - 4はいずれも暗緑色固体であり、水や空気に不安定である。しかし、熱的には極めて安定であり、約200 の融点をもつ。トリシラアレン1は図1中式(1)に示すような方法で合成された。1の合成の鍵となった反応試剤は安定なケイ素二価化合物(シリレン)5である。シリレンはカルベンのケイ素

類縁体であり、本来不安定化合物であるが、数年前に、我々の研究室で、5を安定なジアルキルシリレンとしてはじめて合成することに成功した。シリレンが安定化合物として取り扱えるようになったので、上のような反応設計が可能になったわけである。

炭素のアレンの中央の炭素は $sp$ 混成であり、3つの炭素は一直線状にある。極めて剛直な骨格をもっている。両端の $sp^2$ 炭素と中央の $sp$ 炭素の間の2つの二重結合は完全に直交しており、この間に共役はない。しかし、X-線構造解析で明らかにされたトリシラアレン1の構造（表紙図）は、これとは全く異なっている。3つのケイ素からなるトリシラアレン1の骨格はかなり折れ曲がっており（Si-Si-Siの角度 $136^\circ$ ）中央のケイ素はもはや $sp$ 混成ではな

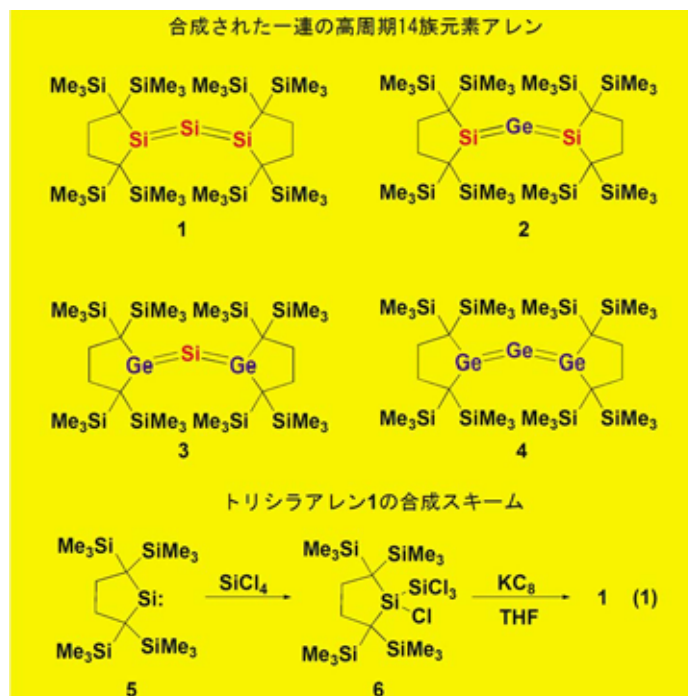


図1. トリシラアレンおよび関連する高周期14族元素のアレンとトリシラアレン合成法

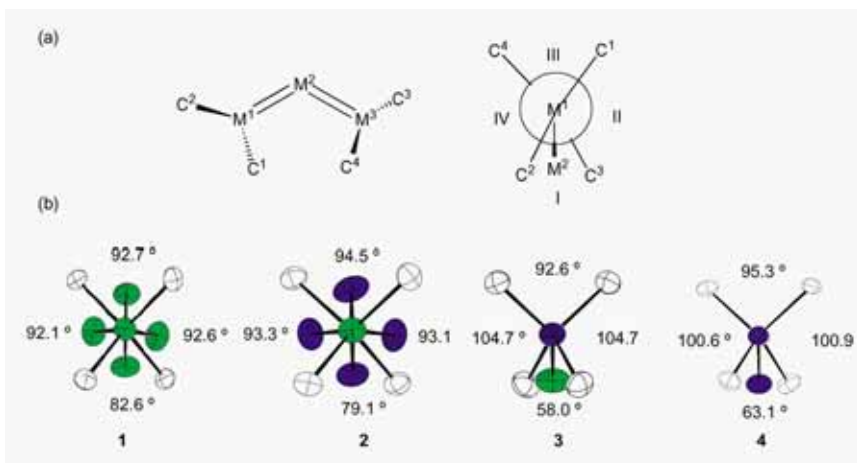


図2. (a) 高周期14族元素アレンの4つの象限I - IVの模式図  
(b) 高周期14族元素アレン1 - 4の両端原子が重なるようにして見たアレン骨格の図

い。折れ曲がっているばかりか、中央ケイ素の位置は一ヶ所に定まらない。図2(b)に示すように、中央のケイ素は、両端にある2つの五員環の面で区切られる4つの象限に分布して現れる。4つの象限の環境は互いに若干異なっているため、各象限の占有率は異なっている。占有率分布には可逆的な温度依存性が見られるので、この構造の乱れは静的なものではない。構造解析に用いる結晶を変えても一定温度では同じ占有率分布を示すので、分子固有の動的乱れである。トリシラアレン1の中央のケイ素は、固定された両端の2つのケイ素を通る軸の周りで回転もしくはスウィングしているものと想像される。このように、トリシラアレン1は結晶中で動的な分子骨格をもつことが明らかになった。興味深いことに、高周期14族元素アレン1 - 4のうち、1と2は動的乱れを示すが、3と4は示さない。この現象は以下のように説明される。すなわち、図2(a)に示すようにアレンの両端の原子が重なるようにしてアレン骨格を見たとき、C1-M1-C2面とC3-M3-C4面で区切られる4つの象限I - IVの環境に関して、3と4では象限IのC2-M1-M3-C4二面角は他の象限の対応する二面角より著しく小さい。一

方、1と2では4つの象限間にあまり大きな差はない。このため、アレン中央の原子は、1と2では4つの象限に分布することになるが、3と4では最も安定な象限Iにのみ現れるのであろう。この分布は可逆的な温度依存性を示し、4つの象限のエネルギー差は最大でも、1では1.2 kcal mol<sup>-1</sup>、2では2.3 kcal mol<sup>-1</sup>に過ぎない。象限間の障壁はまだ明らかではないが、おそらくは室温で容易に回転が起こる程度であろう。

アレン1 - 4の溶液の各種NMRスペクトルは単純で対称性がよく、8つのトリメチルシリル基や環のメチレンやメチンはすべて等価である。これらのスペクトルは - 80 °Cの低温でも変化しない。この結果だけからは、これらのアレンが結晶中と同じように、溶液中でも折れ曲がりアレン構造であって、中央のケイ素がSi1-Si3軸まわりで高速回転しているのか、溶液中では

直線状アレン構造をとるのか、区別できない。しかし、モデルトリシラアレンを用いて理論計算された骨格ケイ素の<sup>29</sup>Si-NMR化学シフトの結果や、溶液中の紫外可視吸収スペクトルから、前者であると結論される。アレン1 - 4の - \* 吸収帯は分裂し、弱いながらも、きわめて長波長に吸収極大が現れる。たとえば、トリシラアレン1の最長波長吸収帯は584 nm ( 700 ) に現れる。このことは、高周期14族元素アレンが溶液中で折れ曲がった骨格を持つために、二つの二重結合の間に強い相互作用があることを示している。

混成軌道を用いる結合の理論は有機化合物の構造の予見性に優れており、アレンの構造も見事に説明するが、トリシラアレンの異常な結合と構造は正しく記述することができない。きっとこの化合物の構造と反応性の研究を突き詰めてゆけば、高周期典型元素化合物の新しい結合・構造理論を構築することにつながり、それは炭素など第二周期元素の構造と反応の理論を包含した整然と美しいものになるだろう。そう考えると、夢は大きく広がる。また、炭素では実現できない特異な動的構造と電子状態をもつケイ素化合物が合成できたことで、ケイ素の電子材料として潜在的な能力が示されたように思われる。このようなケイ素化

合物の特異な電子状態を機能として引き出し、電子材料としての応用を図ることが今後の課題であろう。

<http://www.si.chem.tohoku.ac.jp>



図3. 共同研究者(岩本武明助教授・甲千寿子助手、巨大分子解析研究センター)と構造解析に活躍したX線回折装置

## 理学研究科長に就任して

橋本 治



大学の役割は、10年、20年さらに100年を経ても価値を持つ文化を創造し、その担い手を育てることが基本ではないでしょうか。科学技術文化の基盤をなす理学の学問としてのあり方からも、理学研究科は、数ある東北大学の部局で研究・教育活動において“大学らしさ”を中心的に担う部局の一つでありたいものです。

国立大学法人化は今まで以上に大学の真価が問われる歴史的事態ですが、理学研究科の基本的あり方そのものはますます大きな価値を持つと考えられます。むしろ法人化は「理学教育、理学研究」のあり方をさらに発展させる好機です。この機会に、研究科の持てる力を最大限に発揮することが可能な教育研究システムを整備し、理学の教育・研究の展開を図ることが求められます。幸い理学研究科は6専攻すべてが21世紀COE拠点となる機会に恵まれました。研究科が持つ総合力の高さを示しているといえます。

一方、理学研究科では、大規模研究や現に注目を浴びている研究だけでなく萌芽段階で苦闘している研究に至るまで、様々な条件下での多様な研究が多岐にわたる分野で実施されていま

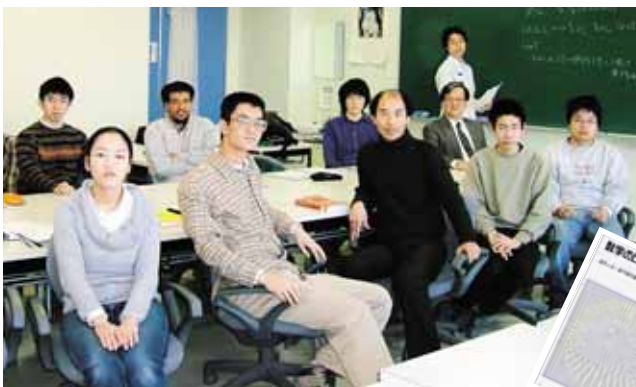
す。この多彩な研究活動が育って10年、20年後の研究科を形作っていきます。COEで示された研究科の水準をさらに高められるかどうかは私たちの努力にかかっているといえましょう。

法人化2年目に入る理学研究科の最大課題は、「教育」と「評価」であると考えています。研究活動と連携して行われる教育活動によって、社会の広い分野で活躍する卒業生をいかに輩出できるかどうかは、理学研究科のアクティビティを社会に示す大きな指標でもあります。今まで以上に教育の比重が大きくなっています。構成員が教育・研究に力を注げるよう中期目標・中期計画に対する評価に備える体制を確立することも直近の現実的課題です。

いずれにせよ、研究科の活力の源は個々の構成員です。学生にとっても教員にとっても、理学研究科の構成員となることで力一杯学び研究することができると思える魅力ある教育・研究の場を整備できるかどうかは、理学研究科の将来を左右します。キャンパスも少しずつ快適になってきています。ここ数年、研究科の新しい運営体制が整備され、様々な課題に機動的に対応することが可能となってきたことも貢献しています。そうした環境を生かして、さらに存在感のある理学の教育・研究一大国際拠点として理学研究科が発展できるよう努力したいと考えております。

## 研究室訪問

## 数学専攻 田中一之研究室



田中 一之教授

私たちの研究室では、数学の基礎を支える論理構造を解明することを中心課題とした研究を行っています。この分野は、伝統的には「数学基礎論」と呼ばれて第二次大戦前にはドイツとくにゲッチンゲンで栄え、戦後はアメリカのいく

つかの大学に拠点を移し、計算機科学の発展とあいまって「ロジック」という名で発展普及するようになりました。戦前の日本はドイツの数学基礎論をリアルタイムで取り入れていたようですが、戦後しばらく世界の動

きから遅れをとりました。そのため、私と同世代でこの分野の研究者になっている日本人は、アメリカで学位を取った人や、海外で長期間研究生活を送った人が大半で、この分野の研究室は日本にはまだ一握りしかありません。

珍しい分野をやっているということで、私たちの研究室には、あちこちの大学から大学院生が集まっています。留学生も2名在籍しており、数学の研究室としてはかなり異質なムードを作り上げています。数学の場合、研究室といっても実質はセミナーであり、研究発表を通じた相互研鑽の場です。そ

ここにバックグラウンドも母国語もまちまちの人の発問答弁が交叉するのですから、学生たちは否が応でも国際感覚が身につくと思います。

私たちがいま取り組んでいる主要なテーマは「逆数学」という研究プログラムで、これは数学の定理を証明するのにどれだけの論理的な前提（集合存在公理、数学的帰納法など）が必要かを系統的に調べるものです。どこまで細かいスケールで調べるかについてはいくつか立場があるのですが、私たちは計算機が扱えるレベルを基準として、それからどれくらい離れているか、つまりどれくらい抽象度の高い仮定を要するかで、数学の定理に論理的な強さの評価を与え、数学の世界に等高線を入れていきます。すると、異なる理論間の感覚的類似性や数学史的層が浮かび上がってくるのです。

学生たちは、自分の関心に応じて数学の重要定理を選択し、その



証明を徹底的に調べます。普通の証明がそのまま計算可能なレベルで実行できる場合もありますが、多くの場合には無駄な抽象性を取り除く作業が必要で、新しい証明技法を工夫することになります。さらに重要なことは、もうこれ以上公理の強さを下げられないことを保証するために、定理から公理を論理的に導出するような議論を

行うことで、それゆえに逆数学の名が付いています。

OBの就職先は、情報関連企業が一番多いのですが、大学・高校の教員、公務員、銀行、保険会社、シンクタンクから自衛隊まで様々です。ある有名な研究者が、ロジックで培った才能は most transferable であると言っていたことを思い出します。

## 研究室訪問



地学専攻地圏進化学講座では、現在および過去の気候・環境変動を総合的に解明し、地球表層環境システムを包括的に理解する研究を行っています。その研究の対象は、バイカル湖や青海湖をはじめ

とする湖沼の堆積物、サンゴなどの炭酸塩生物殻やサンゴ礁堆積物、深海底の珪質・石灰質堆積物を網羅しており、地圏における物質循環と大気・海洋・陸域の環境変動を解析できる非常にユニークな研

## 地学専攻 地圏進化学講座

究組織となっています（図を参照）。

箕浦幸治教授（専門分野 堆積学）の研究グループでは、日・米・露・EUが共同で行っている国際バイカル湖掘削計画（BICER）によって採取された堆積物の解析から、ユーラシア大陸の高緯度域における、過去千数百万年間の環境変動史を解明する研究を推進しています。近年は、モンゴルのフブスグル湖や中国の青海湖の掘削にも参加し、より高精度の古環境復元に挑んでいます。

炭酸塩生物殻やサンゴ礁堆積物から、過去の環境変動を読み解く研究を行っているのは、中森 亨

助教(サンゴ礁学) 井龍康文助教(炭酸塩堆積学) 山田 努助手(同位体地球化学)の研究グループです。この研究グループは、琉球列島やニューカレドニアなどのサンゴ礁をフィールドとして、サンゴ礁生態系における炭素循環、さまざまな時間スケールの気候変動に対するサンゴ礁の応答、現世・化石サンゴ骨格を用いた熱帯・亜熱帯浅海海域の海洋環境変化の復元に関する研究に取り組ん

でいます。

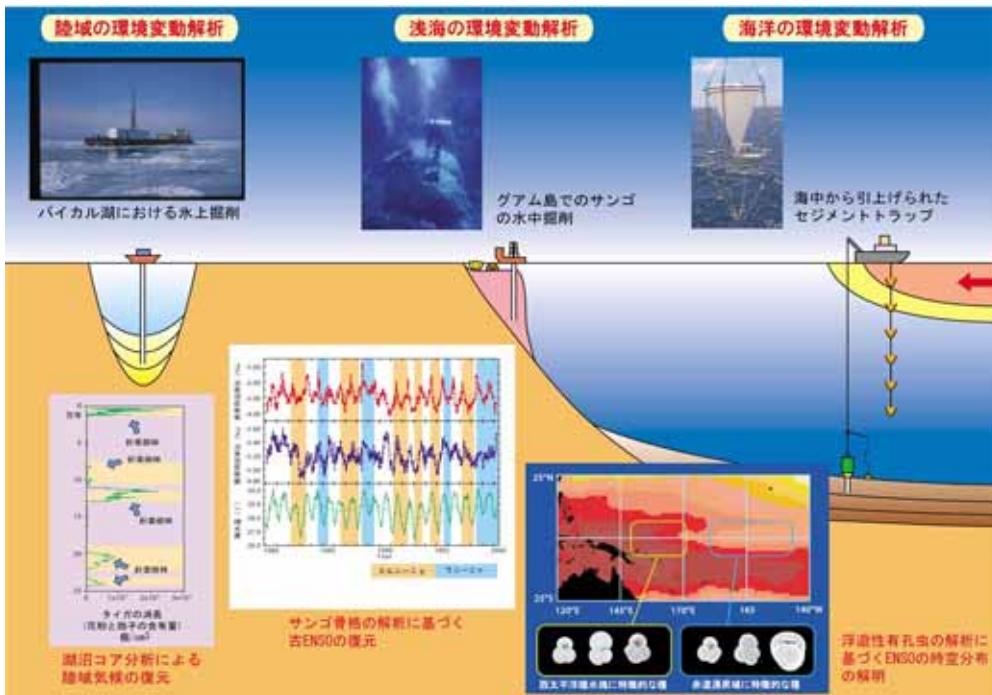
尾田太良教授(微生物学) 海保邦夫教授(古生物学) 鈴木紀毅助手(古生物学)の研究グループは、有孔虫や放散虫といった海生単細胞生物の化石を用いて過去の地球環境を解明する研究に取り組んでいます。尾田教授を中心とするグループは、赤道太平洋から日本周辺海域を調査域として、現在生きている浮遊性有孔虫の挙動と海水温・塩分などの変化との対応関係

を明らかにし、過去の現象を捉える基礎を創っています。海保教授は大量絶滅事変と生物回復過程に関する研究における世界の第一人者です。また、鈴木助手は放散虫の多様性と種の分化過程の解明を主要な研究テーマとしています。

地球科学の分野においては、過去の地球環境を復元する研究が年々活発化しており、多くの国際共同研究が行われています。中でも、国際統合深海掘削計画(IODP)

国際陸上科学掘削計画(ICDP) 国際バイカル湖掘削計画は、日・米・欧の主要国が参加する重要な科学計画であり、本講座の環境研究グループはこれらのプロジェクトに積極的に参加しています。その貢献は、科学面だけでなく、運営面にもおよび、国内外の委員会やパネルに人材を派遣し、国際的にもプロジェクトをリードする基幹大学として高い評価を得ています。

大陸・浅海・海洋をカバーする研究体制



## Topics

### 東北大学総合学術博物館

東北大学創立100周年記念事業の一環として現川内記念講堂を改修し、そこに「総合学術博物館」が開設されます。

#### 事業構想

##### 〈 知の継承 〉

開学以来、「研究第一主義」、「門

戸開放」、「実学尊重」の精神風土の下で生み出された「知的財産」を跡付け、継承します。

##### 〈 知の開放 〉

そのような「知的資源」を、学内の教育・研究や社会教育に活用するため、展示・インターネット

プログラム・公開講演会などで広く公開します。

「東北大学、未来へ」(100周年企画展)の開催

インターネットで研究成果をわかりやすく公開する「パーソナル・ミュージアム」システムの開発  
大学の研究成果等を教材化し、教育現場にとどけるための「デジタル共同工房」システムの開発  
対話のある博物館作りを目指した博物館ボランティアの育成

【知の演出】

知の探求にふさわしい雰囲気  
を演出します。

東北大学の精神的シンボルを演出  
する空間作り

青葉山や仙台城址と共生したユニ  
バーシティ・パークの充実

東北大学植物園、仙台市博物館、  
宮城県美術館、国際センターなど  
と連携した「広瀬川学術文化ゾ  
ーン」の形成



展示エリアのプラン

【理学部自然史標本館の紹介コーナー】

総合学術博物館では理学部自然  
史標本館を共用して、博物館開館  
に向けての紹介コーナーを設けて  
います。開館後に展示される予定  
の学術分野の標本紹介や博物館活  
動の紹介をしていますので、お楽  
しみください。

【総合学術博物館助言ワーキンググループ】

理学部教員の方々のご支援を受  
け、総合学術博物館開館に向けて、  
大学博物館の未来像についての懇  
談会を開催しています。大学博物  
館のあるべき姿、魅力的な活動内  
容など、大学博物館を充実するた  
めの斬新なアイデアを検討してい  
ます。大学博物館を活用し、これ  
までにない新しい手法によって研  
究成果や学術分野の展示紹介を  
実現するための企画案を作成します。



理学部自然史標本館の展示室内にある博物館紹介コーナー

大学博物館に関心のある方は遠慮  
なくお声がけください。

自然史標本館開館時間

午前10:00~午後4:00

休館日 月曜日(月曜日が祝日に  
当る場合には、その翌日) 年末・年始

TEL/FAX 022 - 795 - 6767

URL <http://www.museum.tohoku.ac.jp/>

E-mail [joho@museum.tohoku.ac.jp](mailto:joho@museum.tohoku.ac.jp)

Topics 全学教育における融合型理科実験の導入

物理学専攻 教授 須藤 彰三

平成16年度より、融合型理科実  
験「自然科学総合実験」が開講さ  
れ、理学部数学科を除く東北大学  
の全理科系学生1800名が受講し  
ている。従来の理科実験科目とは異  
なり、「自然に親しむこと」に加え  
て、「複雑な現象を単純化し、本質  
を見抜く力を養うこと」、「新しい  
現象を解明したいと思う心を養う  
こと」という自然科学における実  
験の位置づけを、入学後早い時期  
(1年次)に確立してほしいという  
意図に基づいて設計した。

そのために、主題として、「生命」、  
「地球・環境」、「物質」、「エネルギ  
ー」を設定し、おのおの3回の実験  
を、物理学、化学、生物学、地学  
の異なった切り口から行っている。

さらに、数学の言葉によって記述  
される自然科学の手法が、文化や  
経済の活動にまで有効な普遍的  
手法であるという提案を含み、「科  
学と文化」というテーマも加えた。  
「生命」では、DNAを中心に設定し、  
(1) DNAによる生物種の識別、(2)  
生きた細胞と染色したDNA(核)  
の観察、(3) DNAの物理的性質を  
実験する。「科学と文化」では音楽  
を題材とし、ギターの弦を用いて、  
弦の振動と自然発生的に成立して  
きた音階との関連について学ぶ。  
写真は、その実験風景を示す。

この実験は、1,2セメスターで  
各3クラスが開講されており、1ク  
ラス約300名の受講者がいる。ク  
ラス毎に、教員が14名、TAが30名指  
導に当たっている。きめ細かな指  
導を行うために、10台のコンピュ



ータから構成される「出席及び成  
績管理システム」を開発した。全  
学部が必修であることに着目し、  
欠席者、成績不良者に対して、学  
習指導も行っている。まだ始まっ  
たばかりで今後一層の改善の必要  
があるが、学生へのアンケート結  
果によると「幅広く自然科学を学  
習できた。」との意見が多い。

この実験は50名以上の教員、技  
術職員、事務職員の協力の下に、  
計画され、実施されている。厚く  
お礼を述べたい。その中で中心と  
なったワーキンググループ28名に、  
平成16年度総長教育賞と全学教育  
貢献賞が授与された。

## 授賞

優れた研究業績を挙げた大学院生5名に「青葉理学振興会賞」が授与されました 2005.3.10

小泉英介(数学専攻) 松井浩昭(物理学専攻)  
高村浩由(化学専攻) 川田祐介(地学専攻)  
土居秀幸(生命科学専攻)

優れた研究業績を挙げた博士課程女子学生3名に「黒田チ力賞」が授与されました 2005.3.10

笹倉由貴江(化学専攻) 大金薫(地学専攻)  
安村有子(生命科学専攻)

優秀な成績を修めた理学部学生10名に「青葉理学振興会奨励賞」が授与されました 2005.3.10

高津飛鳥(数学系) 甲斐崇(数学系)  
久保ちはる(物理系) 那須謙治(物理系)  
茅根裕司(物理系・天文) 梅川祐一郎(物理系・地物)  
熊谷忠浩(化学系) 志田貴宏(化学系)  
森本隼平(地球科学系) 清水雄一郎(生物系)

優れた修士論文を発表した数学専攻の学生2名に「川井賞」が授与されました

森井慶、渡辺正芳

## 行事予定

4月

6

7~8

入学式  
理学部新入生オリエンテーション  
(国立岩手山青年の家)

5月

24~27

テクネチウムに関する国際シンポジウム—科学と利用: International Symposium on Technetium — Science and Utilization (IST-2005) 大洗わくわく科学館 国内・国外100人

7月

18~27

日本数学会国際研究集会 "Asymptotic Analysis and Singularity" (漸近解析と特異性) 仙台国際センター

<http://www.math.tohoku.ac.jp/aas>  
21世紀COEプログラム『先端地球科学技術による地球の未来像創出』

国際シンポジウム  
『固体地球における時空間的ゆらぎ～地球の未来像創出をめざして～』

<http://aob-new.aob.geophys.tohoku.ac.jp/matzawa/21COE2005/>

28~29

理学部オープンキャンパス

9月

11~15

第12回ホウ素化学国際会議  
主催: IUPAC(国際純正応用化学連合)、東北大学化学系COE(仙台国際センター 国内 国外250人)



## 受賞

竹延大志(物理学専攻、金属材料研究所・助手)

本多記念会 第44回原田研究奨励賞「機能性ナノカーボン・分子複合材料の創製」 2004.7.12

牧野 渡(生命科学研究所・助手)

日本陸水学会 第6回学会賞(吉村賞) "Biological productivity of Lake Towada, a north temperate, oligotrophic, kokanee fishery lake." 2004.9.19

遠藤 基(物理学専攻・博士後期3年)

素粒子メダル奨励賞(学会講演部門) "New Constraint on Squark Flavor Mixing from <sup>199</sup>Hg Electric Dipole Moment" 2004.9.29

井上将行(化学専攻・助教授)

2004年 第一回Merck Banyu Lectureship Award「神経細胞に作用する天然有機化合物の全合成」 2004.11.4

岩佐義宏(物理学専攻、金属材料研究所・教授)

第18回日本 I B M 科学賞「ナノカーボン材料の開拓と物性機能の研究」 2004.11.24

岩佐義宏(物理学専攻、金属材料研究所・教授)

竹延大志(物理学専攻、金属材料研究所・助手)

Daiwa Anglo-Japanese Foundation, Daiwa Adrian Prize 2004「Nanocarbon Material Science」 2004.11.25

渡会祐子(国際交流推進室・教務補佐員)

伊東理子(国際交流推進室・教務補佐員)

東北大学総長教育賞「大学院教育における優れた教育支援」 2005.3.25

吉良満夫(化学専攻・教授)

日本化学会賞「特異な電子的性質をもつケイ素化合物の創製」 2005.3.27

山下正廣(化学専攻・教授)

日本化学会学術賞「強相関電子系ナノワイヤー金属錯体の創製と物性に関する研究」 2005.3.27

井上将行(化学専攻・助教授)

日本化学会進歩賞「神経細胞に特異的に作用する複雑な天然有機化合物の全合成」 2005.3.27

### 総長賞

学士: 横山滋子(化学科) 高橋就一(地圏環境科学科)

大瀧恵一(地球物質科学科) 修士: 大槻純也(物理学専攻)

岡崎良孝(地球物理学専攻) 博士: 榎本三四郎(物理学専攻)

高村浩由(化学専攻) 2005.3.25

### 【退職者】

次の8名の方々が本年度をもって定年退職されます。

教員(4名)

教授 工藤博司(化学専攻) 教授 長瀬賢三(化学専攻)

教授 吉藤正明(化学専攻) 助教授 斎藤和之(数学専攻)

事務職員・技術職員(4名)

技術専門員 武藤正勝(附属原子核理学研究施設)

技術専門職員 市原勝郎(機器開発・研修室)

技術専門職員 丸谷邦勝(機器開発・研修室)

図書系係長 森脇ちか(北青葉山分館)

980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号

東北大学大学院理学研究科

理学部広報編集委員会

TEL: 022-795-6347 FAX: 022-795-6363

URL: <http://www.sci.tohoku.ac.jp>