

# 環境報告書2011

*Environmental Report '11*



独立行政法人

物質・材料研究機構

National Institute for Materials Science



### Comment

2011年3月11日に起こりました東日本大震災で被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。

この震災により、私たちはエネルギーをどのように生み出し、使えばよいのか、深く考えなければならない事態に直面しています。これまでそうでしたが、とくに本年度は、本書による報告を、私たちNIMSの活動を改めて見つめ直す機会にしたいと思えます。

折しも、総合的な温室効果ガス対策への取り組みを国として推進しているなか、震災は起こりました。その取組は、国連気候変動首脳会合において総理大臣自ら「1990年比で25%の二酸化炭素排出量削減を目指す」ことを世界に向けて意思表示したことに端を発しています。それを実現するために「新成長戦略(基本方針)(2009年12月閣議決定)」が定められ、科学技術の分野では、「グリーン・イノベーション」を高く掲げて、新しい科学技術基本計画をまさにスタートさせようというところでした。

このような背景のもと、NIMSにとって本年度は、新しい5カ年計画を開始する節目の年となります。新たな計画では、地球環境・エネルギー

問題を解決するテクノロジーを創出する源としての物質・材料研究に、これまで以上に注力します。未曾有の大震災がもたらしたエネルギー危機に立ち向かう未来の礎となるべく、二次電池、燃料電池、光触媒、超耐熱材料、新構造材料、超伝導材料、熱電材料、太陽光発電材料などの研究をはじめとして、NIMSは全力でこの分野の研究を推進してゆきます。

もちろん、本書で報告いたします事業全体における環境保全への取組も、これまで以上に推進させてゆきます。本年度はとくに、震災の影響により省エネルギーへの取組が全国民でなされているところであり、ESCO事業などをはじめとする、これまでのNIMSの経験を活かしつつ、更なる省エネを目指します。

NIMSは、より一層重みを増した自らの責任を自覚しながら、全力でその役割を全うする所存です。本報告書を通じて、私たちの活動へのご理解を賜ることができれば幸いです。

独立行政法人物質・材料研究機構

理事長 潮田資勝





## 環境報告書2011 CONTENTS

### I. 環境配慮の方針 3

1. 環境配慮の基本方針
2. 環境目標と行動計画

### II. NIMS紹介 5

1. 事業概要
2. 組織、職員、予算と敷地・建物

### III. 環境配慮への取組 9

1. 環境研究のトピックス
2. 環境配慮の体制

### IV. 環境配慮の成果 21

1. 環境負荷の全体像
2. 省エネの推進
3. グリーン調達
4. 廃棄物の削減と再資源化
5. 化学物質等の適正管理
6. 構内緑地の保存

### V. 近隣地域との交流 35

- ・交流の実績

### 付 録 37

## >>> 環境配慮の方針

物質・材料研究機構 (National Institute for Materials Science (NIMS)) は、平成17年7月に「環境配慮の基本方針」を定めました。全職員及びNIMS関係者がこの基本方針を共有し、持続可能な循環型社会の実現を目指して行動します。活動における環境配慮は自らの責務であると認識し、環境配慮の取り組みとして「平成23年度 環境目標と行動計画」を策定しました。

### 1. 環境配慮の基本方針

「環境配慮の基本方針」は、機構の事業活動を遂行していくにあたって、全ての職員が環境に対する共通の認識を持って、環境に配慮した事業活動を促進するために定めたものです。

#### 環境配慮の基本方針

平成17年7月7日  
物質・材料研究機構

##### >> 基本理念

物質・材料研究機構は、物質・材料科学技術に関する研究開発等の業務を総合的に行うことにより、持続的発展が可能で、安心・安全で快適な生活ができ資源循環可能な社会の実現を目指します。

また、事業活動における環境配慮は自らの責務であると認識し、地球環境の保全と健全な生活環境作りに向けた行動を継続的かつ計画的に推進します。

##### >> 行動指針

1. より良い環境と安全な社会を目指して、持続可能な循環型社会に適合する物質・材料の研究を行います。
2. 国・地方自治体の環境に関する法令及び規制並びに我が国が国際的に締結した関係条約を遵守し、環境保全活動に継続的に取り組みます。
3. 省エネルギー・省資源並びに廃棄物の削減と適正処理に継続的に取り組みます。また、取引業者等の関係者に対し、環境配慮の取り組みに対して理解と協力を求めます。
4. 環境配慮型製品を優先的に調達する「グリーン調達」の取り組みを促進します。
5. 環境配慮に関する情報を広く適切に開示し、地域社会との良好な信頼関係を築くように努めます。



●●新棟建設現場から見た筑波山方面(並木)



## 2. 環境目標と行動計画

「環境目標と行動計画」は、「環境配慮の基本方針」に沿って、平成23年度の事業活動に係る環境配慮の目標とその目標を達成するために行う取り組みを定めた計画です。

平成23年度「環境目標と行動計画」においては、5年間でエネルギー使用量および炭酸ガス排出量を平成22年度比5%以上削減する目標を設定しました。また、廃棄物の排出量を抑制するため、平成23年度から5年間で、再資源化率を平成22年度比5%以上増やす目標を設定しました。

### 平成23年度 環境目標と行動計画

重点施策	環境目標と行動計画	中期目標
省エネの推進 (地球温暖化防止)	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業活動で消費するエネルギー使用量を前年度比1%以上削減する。</li> <li>・事業活動で排出する炭酸ガス排出量を前年度比1%以上削減する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ESCO設備と既存設備の合理的な総合運転を実施し、所定の省エネを達成する。</li> <li>・機器の更新に際して、省エネ効果の高い機器を選定する。</li> <li>・照明の点灯数を減らす。</li> <li>・冷暖房温度を適正に調整する。</li> <li>・冷暖房スイッチは、こまめに切る。</li> <li>・太陽光発電の導入を進める。</li> <li>・人感センサー付LEDを導入する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー使用量を平成23年度からの5年間で平成22年度比5%以上削減する。</li> <li>・炭酸ガス排出量換算で5%以上削減する。</li> </ul>
廃棄物の削減と再資源化	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物の再資源化率を前年度比1%以上増やす。</li> <li>・廃棄物の最終排出量を削減する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般ゴミの分別を徹底し、古紙、ダンボール等を売払う等で再資源化率を高める。</li> <li>・研究廃棄物の分別を徹底し、金属くず、廃プラ類の再資源化率を高める。</li> <li>・構内の落葉、食堂生ゴミの堆肥化を進め、生ゴミ排出量を削減する。</li> </ul>	<p>廃棄物の再資源化率を平成23年度からの5年間で平成22年度比5%以上増やす。</p>
グリーン調達	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーン調達は機構が調達する環境物品の品目のうち、8割以上の品目で95%以上の調達目標を達成する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーン調達の趣旨を職員及び納入業者へ周知徹底する。</li> <li>・役務作業及び工事は、国のグリーン調達基本方針に沿って、可能な限り調達事項を実施する。</li> </ul>	<p>調達する環境物品の品目のうち8割以上の品目で95%以上の調達目標を達成する。</p>
化学物質等の排出に関する適正管理	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質取扱いによる環境への影響事故ゼロを継続して達成する。</li> <li>・下水道への排出基準超過事故ゼロを継続して達成する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドラフトチャンバー、排ガス洗浄装置の機能を適正に維持し、化学物質取扱者の作業安全を保持する。</li> <li>・化学物質の使用量、保有量を把握し、法令に基づき適正に管理する。</li> <li>・大気、下水に排出される化学物質の濃度が法令に基づく基準を超えない管理を行う。</li> </ul>	<p>化学物質取扱いによる環境への影響事故及び下水道への排出基準超過事故ゼロをそれぞれ継続する。</p>
構内緑地の保存	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構内緑地帯の保全として、緑化率30%以上を継続して維持する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地境界の緑地を維持管理するとともに、構内緑地帯の保全を継続して維持し、地域の緑化促進に貢献する。</li> </ul>	<p>構内緑地帯の緑化率30%以上を継続する。</p>

※ESCO (Energy Service Company) とは、工場やビルの省エネルギーに関する包括的なサービスを提供し、それまでの環境を損なうことなく省エネルギーを実現し、その結果得られる省エネルギー効果を保証する事業。(経済産業省資源エネルギー庁ホームページより)

## >>> NIMS紹介

NIMSは、物質と材料の科学技術に関する基礎研究および基盤的研究開発を総合的に行う独立行政法人です。物質・材料科学技術に関する研究開発を通して、持続的発展が可能で、安心・安全で快適な生活ができる資源循環可能な社会の実現に貢献します。

### 1.事業概要

NIMSは、物質・材料研究を専門にするわが国唯一の独立行政法人として、物質・材料科学技術の水準の向上を図ります。

#### >> ミッション

- ・物質・材料科学技術に関する基礎研究および基盤的研究開発
- ・研究開発成果の普及とその活用の促進
- ・機構の施設および設備の共用
- ・研究者、技術者の養成、およびその資質の向上

#### >> 沿革

NIMSは、2001年4月に旧科学技術庁の金属材料技術研究所と無機材質研究所が統合し、発足しました。

- 1956年 7月 科学技術庁 金属材料技術研究所 設立
- 1966年 4月 科学技術庁 無機材質研究所 設立
- 1972年 3月 無機材質研究所が筑波研究学園都市に移転
- 1995年 7月 金属材料技術研究所が筑波研究学園都市に移転
- 2001年 4月 両研究所を統合し、独立行政法人物質・材料研究機構が発足  
第1期 中期計画開始
- 2006年 4月 第2期 中期計画開始
- 2011年 4月 第3期 中期計画開始

#### >> 物質・材料科学技術

物質・材料科学技術は、新物質・新材料の発見、発明により新時代の科学技術、社会、経済の飛躍的な発展を先導するとともに、情報通信、環境、エネルギー、ライフサイエンス等国民の生活・社会に関わる広範な分野の開拓の礎となる基礎基盤的科学技術です。

また、あらゆる科学技術のブレークスルーの源泉でもあります。  
NIMSでは、時代が要求する技術力と新しい材料に対応するため、研究を推進しています。

#### >> 重点研究開発

機構は、物質・材料科学技術に関する基礎研究及び基盤的研究開発等の業務を総合的に行うわが国唯一の研究開発機関として、国民に対するサービス等の質の向上に向けて事業を実施します。具体的には、世界を先導する技術革新を目指し、次の2つの重点研究開発すべき領域を設定しました。

##### ① 新物質・新材料の創製に向けたブレークスルーを目指す横断的先端研究開発の推進

最先端の科学技術の創出の土台となる基盤的な科学技術の発展のため、計測技術、シミュレーション技術、材料の設計手法や新規な作製プロセスの開拓、物質の無機、有機の垣根を越えた、ナノスケール特有の現象・機能の探索など、新物質・新材料の創製に向けたブレークスルーを目指す物質・材料の基礎研究及び基盤的研究開発を行います。

##### ② 社会的ニーズに応える材料の高度化のための研究開発の推進

グリーンイノベーションによる成長とそれを支える資源確保に不可欠な研究開発を明確に指向し、環境・エネルギー・資源等、地球規模の重要課題の解決へ貢献するため、課題解決に必要な技術の原理、メカニズムを徹底的に理解し、課題設定の段階から実用化側機関との緊密な協働の下に研究開発を進めます。

①新物質・新材料の創製に向けたブレークスルーを目指す横断的先端研究開発の推進



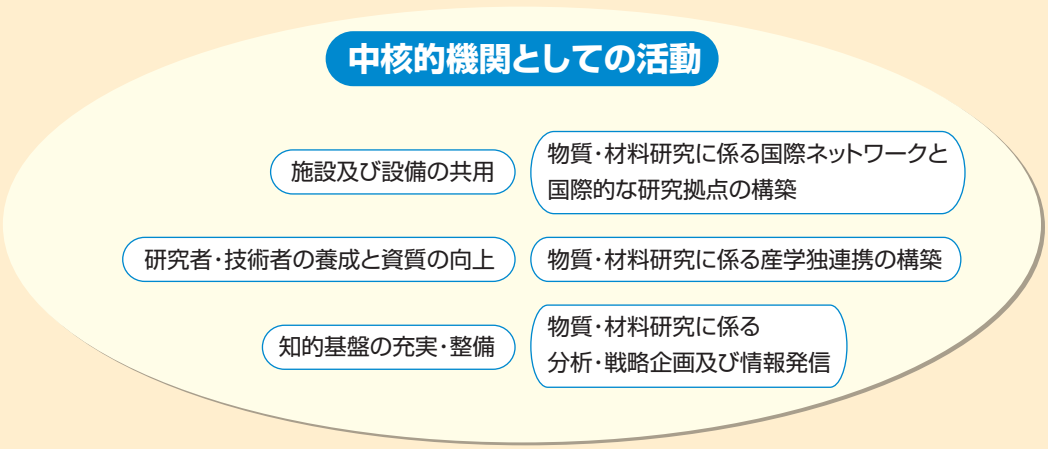
②社会的ニーズに応える材料の高度化のための研究開発の推進

>> シーズ育成研究の推進

国家戦略に基づく社会的ニーズが変動する、もしくは新たに発生する可能性があり、これに柔軟に対応するため、プロジェクトを実施する過程において得られた、新たな現象の発見、当初想定していなかった用途の可能性、他分野との融合の見込み、社会が未だ認識していない潜在的ニーズなどを基に研究課題を戦略的に設定し、プロジェクト化に向けたフィジビリティ・スタディを行います。  
また、将来のプロジェクトの重要なシーズとなり得る先導的で挑戦的な研究を積極的に行います。

>> 中核的機関としての活動

機構は、物質・材料研究の中核的機関として、政府の施策等に積極的に参画するとともに、先端研究基盤の整備・運営、グローバルに活躍できる人材育成等の活動を計画的かつ着実に進めます。



## 2.組織、職員、予算と敷地・建物

### >> 組織図

### 組織連携図

#### 理事長

- 監事
- アドバイザリーボード

- 理事
- フェロー / 名誉フェロー
- NIMS顧問 / 特別顧問 / 名誉顧問
- 審議役
- 秘書室
- 監査室
- 調査分析室
- コンプライアンス室
- TIA推進室

#### 企画部門

- 戦略室
- 企画調整室
- 評価室
- 広報室
- 人材開発室
- 科学情報室

#### 総務部門

- 総務部
- 並木地区管理室
- IT室
- 安全管理室
- 男女共同参画デザイン室
- 環境技術研究開発センター等建設室

#### 外部連携部門

- 研究連携室
- 学術連携室
- NIMS-トヨタ次世代自動車材料研究センター
- NIMS-サンゴバン先端材料研究センター
- 筑波大学物質・材料工学専攻事務室

#### 環境・エネルギー材料部門

- 環境再生材料ユニット
- 超伝導線材ユニット
- 水素利用材料ユニット
- 材料信頼性評価ユニット
- ハイブリッド材料ユニット
- サイアロンユニット
- 超伝導物性ユニット
- 電池材料ユニット
- 太陽光発電材料ユニット
- 先進高温材料ユニット
- 光・電子材料ユニット
- 磁性材料ユニット

#### ナノスケール材料部門

(国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA))

##### ナノマテリアル分野

- ソフト化学ユニット
- 無機ナノ構造ユニット
- ナノチューブユニット
- 超分子ユニット
- ナノエレクトロニクス材料ユニット

##### ナノグリーン分野

- ナノ界面ユニット
- サステナビリティ材料ユニット
- ソフトイオニクスユニット
- ナノ光触媒ユニット
- ネットワーク錯体ユニット

##### ナノシステム分野

- ナノシステム構築ユニット
- ナノ機能集積ユニット
- 原子エレクトロニクスユニット
- ナノ物性理論ユニット
- バイ電子エレクトロニクスユニット

##### ナノバイオ分野

- 生体機能材料ユニット
- 生体組織再生材料ユニット

#### MANAファウンドリ

- バイオマテリアル  
メディカルイノベーションラボ

#### 先端的共通技術部門

- 極限計測ユニット
- 量子ビームユニット
- 先端フォトリソ材料ユニット
- 高分子材料ユニット
- 表界面構造・物性ユニット
- 理論計算科学ユニット
- 先端材料プロセスユニット

#### 元素戦略材料センター

- 構造材料ユニット

#### 若手国際研究センター

#### 中核機能部門

- ナノ材料科学環境拠点
- 国際ナノテクノロジーネットワーク拠点
- 低炭素化材料設計・創製ハブ拠点

- 材料情報ステーション
- 電子顕微鏡ステーション
- 共用ビームステーション
- ナノテクノロジー融合ステーション
- 材料創製・加工ステーション
- 強磁場共用ステーション
- 分析支援ステーション

- NIMS-Leica バイオイメージングラボ
- NIMS-EMPA 海外業務拠点

(平成23年6月30日現在)



## >> 総人員の内訳

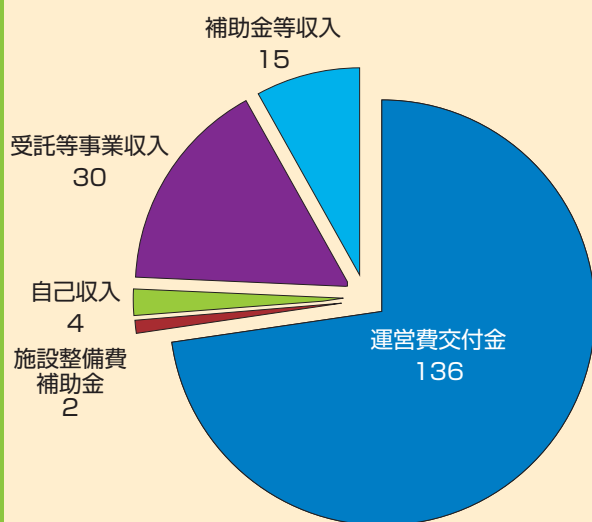
職 員		人 数	内 数	
			外国人	女 性
役 員		6	0	0
定年制職員	研究職員	393	30	26
	エンジニア職員	48	1	3
	事務職員	87	0	16
	小 計	528	31	45
キャリア形成 職員	研究職員	19	7	3
	エンジニア職員	3	0	0
	事務職員	1	0	1
	小 計	23	7	4
任期制職員		985	292	424
外部研究員	客員研究者等※	518	73	129
	リサーチアドバイザー	129	2	8
	小 計	647	75	137
合 計		2,189	405	610

※客員研究者、外来研究者、研修生

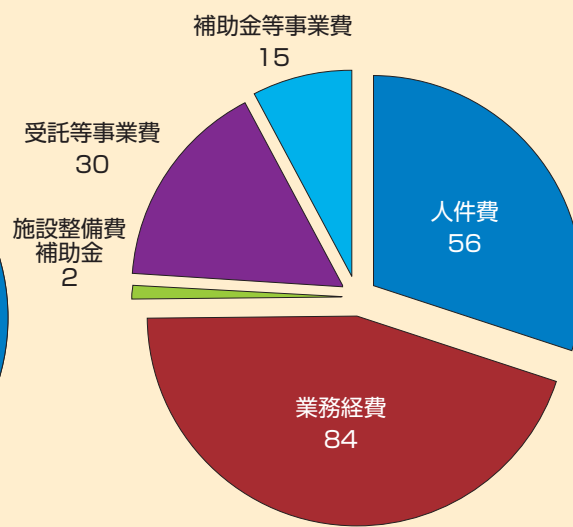
平成23年3月末現在

## >> 予 算

平成23年度  
(収入187億円)



平成23年度  
(支出187億円)



## >> 敷地・建物面積

地 区	敷地総面積/m <sup>2</sup>	延床総面積/m <sup>2</sup>	用途地域
千 現	149,839	65,287	第2種住居地域
並 木	152,791	43,804	第2種住居地域
桜	44,031	17,722	工業地域／一部第2種住居地域
目 黒	5,102	7,708	第2種中高層住居専用地域
合 計	351,763	134,521	

平成23年3月末現在

## >>> 環境配慮への取組

より良い環境と安全な社会を目指して、資源循環型社会に適合する物質・材料の研究に取り組んでいます。そして、事業活動に伴う環境負荷の低減に取り組んでいます。そのために、職員と協力会社が一体となって環境問題を考えています。

### 1. 環境研究のトピックス

#### 人工光合成の実現に大きく一歩前進 高活性光触媒材料を発見 -可視光での量子収率およそ90%、リン酸銀の画期的な酸化特性を発見-

光触媒材料センター 葉 金花

#### 概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構(理事長:潮田資勝)光触媒材料センター(センター長:葉金花)は、リン酸銀( $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ )が可視光照射下で極めて高い酸化力を発揮する光触媒材料であることを発見した。
2. 光触媒材料センターは、リン酸銀の画期的な酸化特性を、水分解による酸素発生試験とメチレンブルーの分解試験により見いだした。  
酸素発生試験では、他の可視光応答型光触媒の効率を遙かに凌ぎ、しかも、可視光照射下での量子収率は、およそ90%と驚異的な値を示した。同様に、メチレンブルー分解試験においても、光酸化性能が極めて高かった。
3. 光触媒は水の光分解から水素を生成するため、化石燃料に代わるクリーンエネルギーの製造技術として注目されている。また、太陽光のみを利用した有害物質の分解・除去も可能だ。その機能は植物の光合成に類似していることから、人工光合成技術とも呼ばれている。
4. 現在の代表的な光触媒である二酸化チタンは、紫外線反応のみで効率が悪いため、紫外線から可視光までを利用できる、光触媒材料(可視光応答型光触媒)の研究開発が盛んに行われてきた。
5. このリン酸銀を、有害化学物質の分解・除去に利用できるのだけでなく、光電極システムの薄膜電極材として利用したり、あるいは適切な還元材料と組み合わせて利用したりすることで、水分解による水素製造や二酸化炭素の還元による燃料・資源の合成などへの応用も可能となる。人工光合成システムの実現に向けたターニングポイントとなることが期待される。
6. 今回の研究成果は、日本時間6月7日(月)午前2時(ロンドン現地時間6月6日18時)に、ネイチャー姉妹誌のNature Materials誌電子版に先行掲載される。

#### 研究の背景

地球規模での持続可能な社会の構築には、化石エネルギーに代わるクリーンエネルギー水素の製造技術の確立とその実用化や、汚染した大気・水の浄化、有害化学物質の分解などに貢献できる

環境浄化技術の確立が求められている。

常温で太陽光エネルギーのみを利用して起こり、環境への新たな負荷も少ない光触媒技術は、太陽エネルギー=水素エネルギー変換技術や環境問題解決の切り札として大変注目されている。しかしながら、現在、幅広く研究されている二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )は、太陽光の4%程度を占める紫外線でしか光触媒反応を起こさない。

光触媒技術を有効に活用するには、太陽光の約43%を占める可視光を効果的に利用できる高い可視光活性を持った光触媒材料の開発と、それを用いたシステムの構築が必要である。この可視光応答型光触媒材料を用い、環境低負荷型技術を駆使したシステム構築は、その市場規模が現在の数十倍になると予想されることから、その研究は基礎・応用を問わず国内外で活発に行われてきた。

その一環として二酸化チタンの改良研究と、二酸化チタン以外の可視光応答型光触媒材料の研究が行われている。

二酸化チタンの改良研究では、1980年代以降、紫外線も可視光も吸収する第二世代の素材として(1)ある種の色素を可視光吸収体として利用する色素増感法の研究や(2)遷移金属イオンや窒素、炭素、硫黄などの非金属イオンを二酸化チタンに添加し、電子構造を変えて可視光吸収能を最適化する元素添加法の研究、などが行われている。しかしながら、いずれも十分な性能は得られていないのが現状である。

二酸化チタンとは全く異なる新しい可視光活性型の光触媒の開発には多くの努力が注がれ、多数の可視光型光触媒も見出されているが、これらは可視光を利用しているとはいえ、その量子収率は概ね数%程度で、実用化を図るには性能が不十分であった。

#### 今回の研究成果

これまで、二酸化チタン以外の光触媒としては、単純な金属酸化物にpブロック元素やアルカリ金属元素もしくはアルカリ土類元素を組み合わせることで、優れた光触媒特性を示す材料の出現の可能性が考えられていた。(pブロック元素であるビスマスBiを含む複合酸化物のなかで光触媒特性がみられるいくつかの酸化物が報告されている)

しかし、これまで、同じpブロック元素のリン(P)を含む複合酸化物では有意な光触媒特性が見出されていなかった。

光触媒材料センターではこれまで、新しい可視光による光触媒特性をもつ材料を研究してきた中で、既存の酸化物であるリン酸銀( $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ )に着目した。

リン酸銀の光触媒反応をみるために、まず可視光照射下での水( $\text{H}_2\text{O}$ )

分解による酸素(O<sub>2</sub>)発生試験を行った。その結果、図1に示されるように、これまで有望とされていた可視光型光触媒であるバナジウム酸ビスマスBiVO<sub>4</sub>や酸化タングステンWO<sub>3</sub>を凌駕する結果となり、水を光酸化する性能が極めて高いことが明らかとなった。

次に、リン酸銀の強い光酸化性能をより明らかにするために青色染料であるメチレンブルー(MB)の分解実験を行った。(図2)

挿入図の色変化からも明らかのように、リン酸銀ではわずか4分後に、ほぼ完全にメチレンブルーの色が消失した。比較のため、可視光型光触媒と認められている酸化チタンTiO<sub>2-x</sub>N<sub>x</sub>及びバナジウム酸ビスマスBiVO<sub>4</sub>を用いた実験を同じ図に示してあるが、他の触媒では脱色に120分近くかかっている。

これによって、リン酸銀の光酸化性能が、比較した光触媒の数倍以上であることがわかる。

また、メチレンブルーの分解実験前後で全有機炭素量(TOC)の測定を行ったところ、僅か5分間で40%近くまで低下し、強い酸化反応が起こっていることを示す結果が得られた。

さらに、リン酸銀の酸素の発生反応について量子収率を測定し、定量的な評価を試みた。その結果、従来の研究報告では全く例を見ない、極めて高い値となった。

即ち、図3に示されるように、420nmではほぼ90%、480nmの可視光でも、80%余もの「見掛けの量子収率」(真の量子収率より低く見積もられた値)を示した。

また、その量子収率の波長依存性は、図3に示されているリン酸銀の光吸収能の変化と対応しているため、酸素発生はリン酸銀の光励起により引き起こされた光触媒反応であることが伺える。

光触媒反応は、光励起した電子やホールが移動し、触媒物質の表面を介して酸化・還元反応を起こすことがその本質である。100%に近い量子収率は、光励起したホール・電子が、ほぼ全て反応に寄与することを示している。多くの光触媒材料では、特にホールの拡散移動が起こり難いため、反応に寄与することなく触媒内部で消滅する。そのため酸素発生も難しい。これを踏まえると、90%近くの量子収率は画期的なことである。

自然が創り出した植物の光合成においても量子効率率は93%前後であると言われ、無機材料においてこれほどの高い量子収率が得られたことは人類の夢である人工光合成の実現に大きく一歩前進したことを意味する。

### 今後の展開と波及効果

この材料がなぜこれほどの高い量子収率を示すかについて、さらなる解明が必要であり、光触媒材料センターでは引き続き研究を行っている。

例えば、リン酸銀Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>のバルク電子構造について第一原理計算を行ったところ、電子とホールの移動度を定める伝導帯の底および価電子帯のトップの両方が非常に分散の強い電子状態となることが分かった。これは、リン酸銀では他の酸化物と比べ電子とホールの拡散移動がより容易であることを示唆し、これが高い量子収率をもたらしている要因の一つと考えられる。

今回見出したリン酸銀は、伝導帯の位置が若干低いため、水を直接水素に還元することはできない。そのため今後は酸化力と還元力の両方に秀でる材料の開発を目指していく予定である。また、視点を変え、薄膜電極材に加工した光電極システムを構築することによってこの課題の克服も可能であると考えている。

さらに、適切な還元力を有する材料とハイブリッド化することにより、水分解による水素製造、二酸化炭素の還元・資源化などの人工

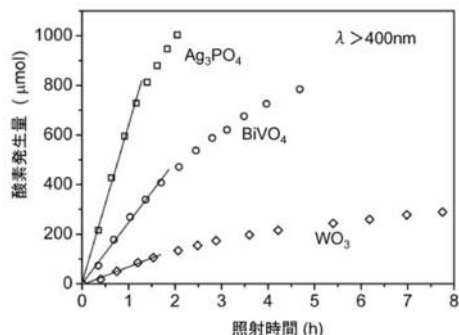


図1 可視光照射下での光触媒反応による硝酸銀水溶液からの酸素発生試験の結果。Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>での酸素発生量は、他と比べて著しく多い。

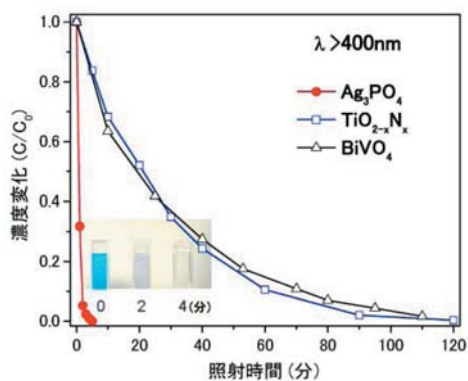


図2 可視光照射下でのMB色素の分解実験。挿入図は、Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>を用いた場合のMB溶液の色の変化。4分でほぼ完全に脱色。

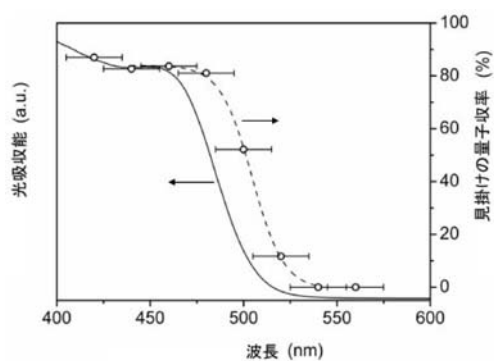


図3 Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>の光吸収能(左軸)と酸素発生試験での見掛けの量子収率(右軸)の波長依存性。



リン酸銀Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



光合成システムの実現も夢ではない。

このように、同センターが見いだしたリン酸銀の基本的な光触媒特性は、有害化学物質の分解・除去をはじめとする地球環境の再生・保護およびエネルギー製造分野でのさまざまな応用研究が考えられる。

なお、本研究は、(独)物質・材料研究機構で行われたが、一部の補完的な研究に関して南京大学(中国)及びオーストラリア国立大学(豪・キャンベラ)の研究者の協力を頂いた。

最後に、今回のリン(P)を含む酸化物での画期的な光触媒特性の発見は、リン酸銀に関する世界で初めての報告であり、今後の新たな物質探索に関して新しい視点を拓くものと確信している。また、今後の実用化研究を効率的に推進するために、民間企業との共同研究・共同開発も望んでいる。

※なお、このリン酸銀については、物質基本特許として既に出願済みである。(発明名称:光触媒、出願番号:2007-248294、出願日:2007年9月26日)

## 用語解説

### (1) 酸化物半導体とバンドギャップ

半導体はバンド構造によって特徴づけられる。半導体では電子によって完全に占有されている価電子帯(価電子バンド)と電子が全く占有していない伝導帯(伝導バンド)とがバンドギャップによって隔られている。通常、光照射や温度上昇によって、価電子帯の電子はそのバンドギャップを越えて伝導帯に励起され、価電子帯には正孔が生成される。その度合いはバンドギャップの大きさによって決まる。

### (2) 光触媒材料

バンドギャップが3eV(エレクトロンボルト)前後の半導体。酸化物が一般的。300~600nm位の光照射によって、半導体の価電子帯から伝導帯に励起した電子と価電子帯に現れる正孔が持つ非常に強い酸化・還元力を利用した材料。有害物質の分解除去、殺菌、防汚などの他、水分解によって水素ガスの製造も可能。近紫外線領域から可視光領域の光をエネルギー源として反応を起こす。そのため、環境に優しい環境材料&エネルギー材料として期待されている。

### (3) 可視光活性な光触媒

可視光と言われている光は、三角プリズムで分かれた太陽光の7色に相当する光で人間の眼で認識できる光のことであり、その波長範囲は約400nm~700nmで太陽光の半分近い割合を占める。太陽光には、それ以外の光成分も当然含まれ、それらは紫外線とか赤外線、遠赤外線などと呼ばれている。光のエネルギーは波長の逆数に比例し、紫外線のエネルギーは約3.2eV以上で波長では400nm以下となる。光触媒として一般になじみの深い二酸化チタンのバンドギャップは、約3.2eVと言われ、紫外線領域の光を照射して始めて光触媒反応を起こす。

しかし、紫外線は太陽光の4%以下であり、その上、屋内光には殆ど含まれないために、全体としての効率は十分ではなく、その用途も限定されている。これが、太陽光のおおよそ半分、人工照明ではほぼ全量近くの光を有効に利用でき、効率も大幅に改善される可視光活性な光触媒が待ち望まれる所以である。

### (4) pブロック元素

リンやホウ素など、第13~18族に属する元素。ブロック名は、p軌道という原子軌道の名前に由来する。原子軌道とは原子核の周りに存在する一つの電子の状態を記述する波動関数。

### (5) 染料の脱色(MB分解実験)

水や大気の大気環境汚染をもたらすものの多くは有機物である。有機物である染料もその分子構造によって決まる光学的な特性によって色が決まっている。光触媒での酸化によって、その分子構造が壊され、脱色化される。

### (6) 全有機炭素量(TOC)

試験対象液体に含まれる化合物中の全炭素量から、CO<sub>2</sub>など完全に酸化された炭素量を差し引いた炭素量。染料の光触媒反応による脱色過程では、化合物の構造の一部が壊され、光吸収特性が変わり脱色や色変化が期待されるが、これは、即、TOCでの減少を意味しない。結合状態が完全に壊れ、完全に酸化されて初めて、TOCが減少する。

### (7) 第一原理電子状態計算

実験データや経験則に頼る事なく、量子力学の原理のみに従って物質の特性を評価する計算科学的手法。光触媒の研究では主にバンド構造などの電子状態を理解するために用いられる。価電子帯や伝導帯(用語説明1参照)が何元素に起因する特徴を有しているのかを特定することができるため、光触媒特性の向上に不可欠な元素を割り出す事ができる。また、バンドの曲率から電子やホールの有効質量を見積もることも可能である。このように、光触媒材料を設計する上で有用な情報が得られることから、解析手段として欠かせない存在になりつつある。

### (8) 量子収率

光触媒では、光子の吸収によって、価電子帯には正孔が、伝導帯には電子が励起される。その励起生成された全ての正孔と電子が酸化・還元反応するならば、量子収率は100%となる。しかし、実際は、励起電子と正孔の大部分は再結合で消費してしまうため、量子収率は極めて低くなる。また、測定では、触媒が吸収する光子数を正確に求めることが難しく、照射された光子がすべて触媒の電子励起に反応する前提で評価されるため「見掛けの量子収率」と言われており、一般的に真の量子収率より低く見積もられている。

### (9) アルカリ金属元素

アルカリ金属元素は、周期表の第1族のうち、水素以外の元素金属。比較的融点が低く、軟らかくて軽いという共通した性質を持つ。また、1個の電子(-)を放出すれば、安定した電子配置になるため陽イオン化(+)しやすく、酸化反応性が非常に高い。そのため、水に入れると発火を伴う激しい酸化反応を経て水素を発生する。

### (10) アルカリ土類元素

アルカリ土類元素(アルカリ土類金属)は、周期表の第2族のうち、性質が似通ったカルシウム・ストロンチウム・バリウム・ラジウムを指した呼称。密度の低さおよび反応性の高さは、アルカリ金属に次ぐ。アルカリ金属元素よりも原子間の結合が強く、単体の融点はアルカリ金属よりも高い。

# 重希土類元素ジスプロシウムを使わない高保磁力ネオジム磁石

磁性材料センター長 宝野 和博

## 概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）磁性材料センター（センター長：宝野 和博）はハイブリッド車の駆動モータに使われるネオジム磁石の高保磁力化に必須の重希土類元素（重レアアース）であるジスプロシウム（Dysprosium、以下Dy）を用いずに、原料粉の保磁力を高める方法を開発した。  
本研究では、水素化・不均化・脱水素・再結合（HDDR）法で製造されるネオジム磁石粉にネオジム銅合金を拡散させ、粉のなかにある無数の微細結晶の界面組成を制御することによって、ジスプロシウムなどの資源的に希少な重レアアースを使わなくても、保磁力を高めることができることを実証した。
2. 通常のネオジム磁石（ネオジム・鉄・硼素の3元素からなる）は温度上昇に伴い、「保磁力」とよばれる磁石特性が低下する。そのため、駆動モータの動作により、磁石の温度が200℃程度になるハイブリッド車の駆動部には、そのままでは使えない。  
そのため、ハイブリッド車の駆動モータでは、ネオジムの40%を重レアアースであるジスプロシウムで置き換えたジスプロシウム含有ネオジム磁石が使われている。
3. ジスプロシウムは地球上の存在比がネオジムの10%程度であり、しかも90%以上が中国で産出されている。そのため、大量供給の必要のある磁石はジスプロシウム量を少なくともレアアースの10%以下に削減することが求められている。
4. 従来のジスプロシウム量を削減する有効な方法としては、磁石の表面からジスプロシウムを結晶と結晶の界面（結晶粒界）に沿って拡散させる方法がある。結晶粒界部分のネオジムだけをジスプロシウムで置換することにより、必要なジスプロシウム量を大幅に減らすことができる。この拡散法では結晶粒界部分にジスプロシウムなどの重レアアースを使う必要があると考えられていた。
5. 本研究では、結晶粒間の磁気的な結合を切ることで、保磁力を強化できるという発想から、融点の低いネオジム銅合金を結晶粒界に沿って拡散させ、結晶粒界のネオジム組成を改善する方法を提案した。それにより、ジスプロシウムを全く使わずに保磁力を高めることが可能であることを見出した。  
本研究は焼結磁石よりも約一桁微細な結晶粒径を持つHDDR法による磁粉に適用され、微細結晶粒の磁気的孤立化による高保磁力の発現を実証したものである。
6. 本研究結果は9月6日につくば市で開催される日本磁気学会学術講演会にて発表される。また材料系速報誌である

Scripta Materialに受理されている。なお、本研究は文部科学省元素戦略プロジェクト「低希土類元素組成高性能異方性ナノコンポジット磁石の開発」の一環として行われた。

## 研究の背景

磁石材料には酸化物系のフェライト磁石や合金系のアルニコ磁石など、さまざまな種類があるが、ハイブリッド車（HV）、電気自動車（EV）やハードディスクドライブ（HDD）のモータでは高価でも高性能なネオジム磁石を使う必要がある。特にハイブリッド車や電気自動車は希土類金属（レアアース）を大量に使用するが、90%以上のレアアースが中国で生産され、輸出量が制限されているために、レアアースの安定供給が懸念されはじめています。ハイブリッド車ではモータの動作により磁石の温度が200℃程度になるので、ネオジム（Neodymium、以下Nd）、鉄（Fe）、硼素（B）の3元素からできるNd-Fe-B系磁石では「保磁力」とよばれる磁石特性が温度の上昇とともに低下してハイブリッド車の駆動モータに使えない。このためNdの40%をジスプロシウム（Dy）で置き換えた、Dy含有Nd-Fe-B系磁石が使われている。ところがDyは地球上の存在比がNdの10%程度であり、90%以上が中国で産出されている。このような事情から大量供給の必要のある磁石ではDy量を少なくとも10%以下に削減することが求められている。

Dy量を削減する方法として有効なのが、磁石の表面からDyやテルビウム（Terbium、以下Tb）を結晶と結晶の界面（結晶粒界）に沿って拡散させて、結晶粒界の保磁力を強化する拡散法がある。これによって、Nd-Fe-B系磁石全体のNdをDyで置換するのではなく、結晶粒界部分のNdだけをDyやTbで置換して、焼結磁石の保磁力を向上させるのに必要なDy量を削減することができる。しかし、このような拡散法では、依然としてDyやTbなどの重レアアース元素を使うことが必要である。

## 成果の内容

本センターの最近の系統的な3次元アトムプローブによる原子レベル解析の結果から、ネオジム磁石の保磁力は結晶粒間の磁気的な結合を切ることで強化できることが分かっていた。そこで本研究ではNdと合金化することにより融点が大きく低下するNd-Cu合金粉を拡散法に応用することを提案した。水素化・不均化・脱水素・再結合（HDDR）法で製造されるネオジム磁石粉は焼結磁石より約一桁微細な結晶粒を有し、それらの磁気的孤立化を促進すればDyやTbを使用しなくても20kOe以上の高保磁力が発現できると期待された。そこで、HDDR法で作製した磁粉にNd-Cu拡散法を適用した。磁粉とNd-Cu合金粉を混ぜ合わせ、それを加熱することによりNd-Cuが溶ける。その結果、Ndが磁石粉中に無数に存在する結晶粒界に沿って拡散し、結晶粒界のNd組成を高めると同時に粒界層も

2nm程度に厚くなる(図1,2)。それによって、Dyを全く使わずに16kOeの保磁力を19.6kOeにまで高めることに成功した。この保磁力はHDDR粉としては最も高い保磁力であり、今後この磁粉を配向させて密度の高い焼結体を製造することにより、250nm程度の超微細結晶からなる高保磁力ネオジウム磁石を製造できると期待される。今回の研究はHDDR法によるナノ結晶を含む磁粉に適応されたが、同様の手法は焼結磁石にも応用できるものと期待される。

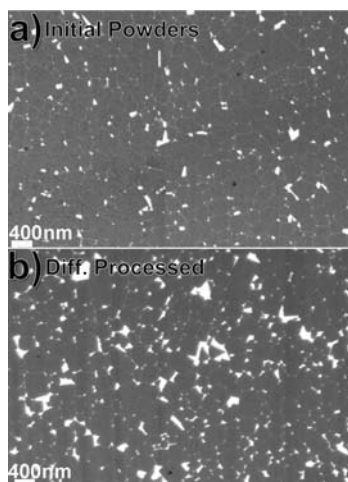


図1 250nmの微結晶から構成されるNd-Fe-B系HDDR磁粉の走査電子顕微鏡像。(a)は拡散処理前の保磁力16kOeの磁石、(b)はNd-Cu合金の拡散処理後の保磁力19.6kOeの磁石の組織。(b)では暗く観察されている磁石の結晶が明るく観察されるNdの濃化した相により分断されている。

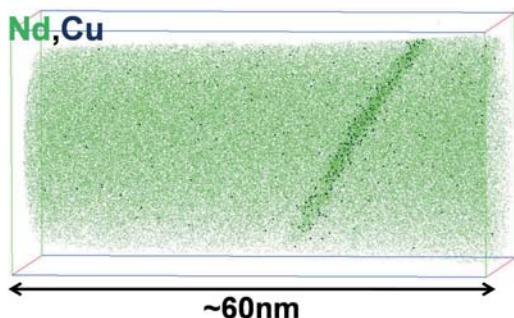


図2 Nd-Cu合金の拡散処理後の磁石の3次元アトムプローブによる元素分布。結晶粒界のところNd濃度とCu濃度が高くなっている。この2nm程度のNd濃化層の存在により、結晶間の磁気的な結合が弱くなり、保磁力が向上する。

## 波及効果と今後の展開

今回の研究は微結晶組織から構成されるHDDR磁粉の結晶粒界の組成を制御すると、Dyなしで保磁力を大幅に高めることができることを示した。今後ハイブリッド車・電気自動車用の高性能磁石として使用するためには、この原料粉の結晶方位を配向させて、高い密度で固化する必要がある。この指針にそって実用に耐えうる緻密焼結体磁石の実現を目指す

## 用語解説

### 1) ネオジウム磁石

ネオジウム(Nd)、鉄(Fe)、ホウ素(B)を主成分とする希土類磁石で、主相がNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B化合物でこの組成よりも若干Nd濃度が高い組成の合金の粉体を焼結して作製される。1982年に住友特殊金属の佐川らによって発明され、磁石の性能指数である最大エネルギー積が最も高い永久磁石。Ndの資源が比較的豊富なことから高性能が要求される用途で広く使われている。弱点はキュリー温度が低いことで、高温での応用に向かない。

### 2) 焼結磁石

粉末を焼き固めることにより製造される磁石で、マイクロサイズの結晶の方位を磁場中で一方向にそろえた磁石を製造できるために、高いエネルギー積が必要な高性能磁石は焼結法で作られる。

### 3) ボンド磁石

方位のそろっていない多数の結晶からなる粉末を樹脂でかためた磁石で、結晶の方位がそろっていないために高いエネルギー積はえられない。一般家庭用マグネットなど、安価な低・中特性磁石の多くはボンド磁石。

### 4) HDDR磁石

主相がNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>BのNd-Fe-B系合金粉末に水素を吸蔵させると、水素化合物、鉄、硼化鉄で構成されるナノ組織が形成される(不均化反応)。これを脱水素するとこれらの化合物が再結合し、主相がNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相のナノ結晶組織が形成される。これらのナノ結晶の方向は最初の粗大なNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bの結晶と同じ方向に配列する。これによって、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bのナノ結晶を含む粉末を作ることができ、高い保磁力が得られる。また磁界中で配向させると異方性のボンド磁石を作ることができる。最近では、超微結晶異方性焼結磁石製造の原料粉としても注目されている。

### 5) 保磁力

磁界をかけて一方向に磁化した磁性材料に反対方向の磁界場をかけて磁化が反転し、磁化がゼロになるときの磁場の値。保磁力が高いと、一旦磁化すると容易に磁化を消去することが困難。保磁力は一般に温度の上昇とともに小さくなり、ハイブリッド車に使われるDy含有ネオジウム磁石では、室温の保磁力として30kOe程度のもが使われている。またDyを含まないネオジウム磁石の保磁力は12kOe程度。

### 6) 3次元アトムプローブ

先鋭な針の先端に高電界をかけて、その先端から平板の検出器に放射状に飛行するイオンの飛行時間を測定して原子種を同定し、検出器上の座標から原子位置を測定する方法で、原子を見て、かつ個々の原子を同定することができる。この方法を使うと3次元実空間で数100万個の原子から構成される原子トモグラフィーを得ることができ、しかもその情報からナノ領域の元素の組成も決定することができるので、究極的なナノ分析法。焼結磁石の結晶粒界の解析に成功しているのは世界でNIMSのみ。



# 小型固体電解質型燃料電池開発のための新素材の開発

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 ナノグリーン分野ナノ燃料電池材料グループ  
グループリーダー TRAVERSA Enrico (トラベルサ エンリコ)

## 要約

1. 独立行政法人 物質・材料研究機構 (理事長: 潮田資勝) 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (拠点長: 青野正和) の TRAVERSA Enrico グループリーダー、PERGOLESI Daniele、FABBRI Emiliana らの研究グループは、ローマ大学トルヴェルガータ校と共同で、結晶粒界のないイットリウム添加ジルコン酸バリウム ( $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-x}$ 、BZY) 薄膜の作製に成功した。この薄膜は  $350^\circ\text{C}$  におけるプロトン伝導率として、これまでに報告されている酸化物材料の中では、最も高い伝導率を達成した。さらに、得られた伝導率は、同温度領域にて安定な酸素イオン伝導体をもつ最高性能の伝導率と比べ極めて大きい。
2. パルスレーザー堆積法を用い、結晶粒界のない高品質の BZY 薄膜を作製した。電気化学的測定の結果では、作動温度  $500^\circ\text{C}$  で伝導率  $0.11 \text{ S/cm}$  を実現し、また燃料電池の実用化に必要な最小伝導率である  $0.01 \text{ S/cm}$  については  $350^\circ\text{C}$  の低温でこれを実証した。この値は、これまで BZY において報告されているプロトン伝導率中で最大である (図 1 参照)。本研究は、 $300^\circ\text{C}$  を超える温度領域での優れた BZY バルク伝導率を初めて実験的に検証したものであり、今回用いた高配向結晶の BZY 薄膜では、ブロック効果を持つ結晶粒界が存在しないと予想される。

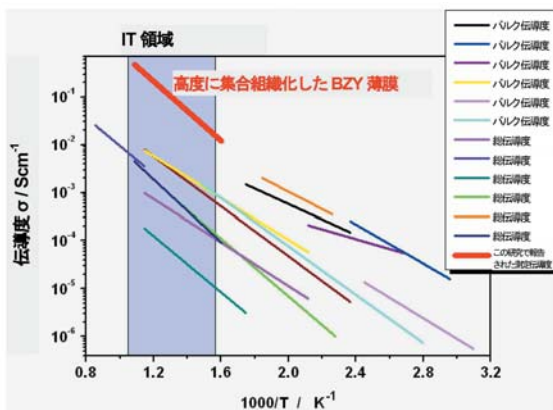


図 1 湿質環境下において得られた BZY 薄膜と BZY 焼結ペレット (文献値) のプロトン伝導率: 文献値は Fabbri E., Pergolesi D., Traversa E., Chemical Society Reviews, 2010, DOI: 10.1039/b902343g より引用

3. 固体酸化物燃料電池 (SOFC) は、環境に優しく、かつ、効率的にエネルギーを生産するデバイスである。BZY のような高温プロトン伝導体は、電荷輸送のための活性化エネルギーが低いために低温で高伝導率を実現できるという利点があり、従来 SOFC に用いられてきた酸素イオン伝導体 (固体電解質) の代替材料として期待されている。さらに、高温プロトン伝導体を用いることにより、反応生成物であ

る水は陰極側に生じるため、陽極側にある燃料が生成物により希釈されて反応効率が低下するのを防ぐことが出来る。SOFC を広く実用化するには、作動温度を  $700^\circ\text{C}$  以下にする必要があり、小型電子機器 (ノート型パソコン、携帯電話など) の携帯電源用小型 SOFC の開発には、 $450^\circ\text{C}$  以下の作動温度が要求される。

4. BZY は、優れた化学安定性を有するにもかかわらず、これまでは有効利用されてこなかった。それは多結晶材料として焼結性が悪く、ブロック効果を持つ結晶粒界のためにプロトン伝導率が低かったことによる。そのため、本研究では、パルスレーザー堆積法を用いることにより、これらの問題を回避して、結晶粒界のない高配向の BZY 薄膜が得ることに成功し、これまでに開発された SOFC 用電解質の中で最高性能を有する固体電解質の 1 つであることを実証した。
5. SOFC は、燃料と空気を供給するもので充放電サイクルを必要とせず、またリチウムバッテリーよりもエネルギー密度が大きい。本研究の電解質の発見は、 $350^\circ\text{C}$  という低い温度で作動する燃料電池を可能にし、リチウムバッテリーに代わる小型 SOFC の開発に新たな展望を切り拓く可能性を持つ。
6. 本研究成果は、日本時間 9 月 20 日 (月曜日) AM2:00 (ロンドンの現地時間 9 月 19 日 PM18:00) に、Nature 誌の姉妹誌である Nature Materials のオンライン版で発表される予定である。

## 研究の背景

この数十年の間、大幅なコスト削減や寿命向上、さらに中間温度領域 ( $350\sim 600^\circ\text{C}$ ) での固体酸化物燃料電池 (SOFC) に適した材料特定のために、さまざまな取り組みがなされてきた。セラミック電解質中のイオン伝導は熱活性化過程であるため、この温度領域における電解質の抵抗率の増大は伝導の大きな妨げになる。実用化されている SOFC の最新電解質にはイットリウム安定化ジルコニア (YSZ) があり、その伝導性は  $1000^\circ\text{C}$  で SOFC 作動を可能にする。電解質の抵抗は、電解質の厚さを薄くするか、または、中間温度領域において優れた電気伝導率を持つ材料に替えることで低減できる。SOFC に用いられる代表的な酸素イオン伝導体に対して、水素または水を含む雰囲気への暴露によってプロトン伝導性を示す化合物は、電荷輸送のため活性化エネルギーが低い。そのため、低温でより高い伝導率を可能にするという利点をもつ。この化合物を用いることにより、陰極側で水が反応生成するため、陽極側にある燃料が生成した水によって希釈され反応効率が低下することを回避できる。1980 年代初めの H. Iwahara の先駆的な取り組みにより、ペロブスカイト型酸

化物構造を持つ高温プロトン伝導体 (HTPC) の研究は飛躍的な進歩を遂げた。だがこの種の化合物において、イットリア添加ジルコン酸バリウム ( $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ , BZY) は、最近でこそ優れた化学安定性が見直され、注目を集めるようになったが、当初はその低いプロトン伝導率のために向きもされなかった。なぜなら、BZY焼結ペレットは焼結性が悪く、その伝導率は燃料電池の電解質として十分な出力を確保できなかったからである。さらに、粒径が比較的小さく、そのため結晶粒界の比率が大きい。結晶粒界はプロトン伝導性を阻害するため、総電気伝導率が低くなる (作動温度  $500^\circ\text{C}$  で総電気伝導率  $10^{-3}\text{S/cm}$ )。しかしながら BZY のバルクプロトン伝導率が非常に高いことは 10 年前に報告されている。この報告では、BZY 焼結ペレットについて、BZY バルク伝導率の寄与を結晶粒界の伝導率から分離するために電気化学インピーダンススペクトロスコピー (EIS) を用いた。測定温度は  $200^\circ\text{C}$  以下であり、中間温度領域作動 SOFC の作動温度領域の伝導率については、推定値のみの報告がされていたが、BZY のバルク伝導率は、 $700^\circ\text{C}$  以下で最良の酸素イオン伝導体の伝導率を超えることが示唆されており、これらの報告は、BZY の焼結性向上の研究に拍車をかけた。

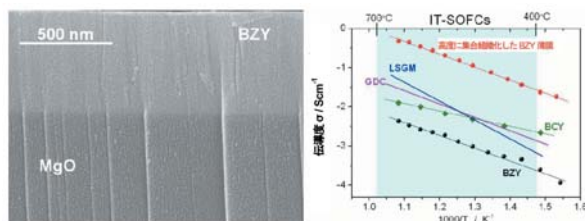


図2 (100) 配向 MgO 基板上的 BZY 薄膜の FE-SEM 断面写真 (左図) 及び中間温度領域での MgO 基板上に成長した BZY 薄膜の電気伝導率 (右図): BZY 焼結ペレット及び  $\text{BaCe}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$  (BCY)、最高性能を有する酸素イオン伝導体の  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_3$  (LSGM)、 $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9-\delta}$  (GDC)

## 研究成果の内容

本研究は、中間温度作動型 SOFC の作動温度領域における、高配向化したイットリア添加ジルコン酸バリウム ( $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ , BZY) 薄膜の過去最高のプロトン伝導特性を初めて報告するものである。これらの結果はパルスレーザー堆積 (PLD) 法により作製された、エピタキシャル配向を有し、比較的厚い、結晶粒界のない BZY 薄膜において実現できた。

PLD 法は、さまざまな材料を用いることができ、堆積膜の結晶構造や組織を多様に制御できる。PLD 法により、MgO 単結晶基板 (100) 面に上に厚さ約  $1\mu\text{m}$  の BZY 薄膜を堆積させた。BZY 薄膜は MgO 基板上で (100) エピタキシャル成長する。XPS 分析により、この薄膜は正確な化学量論的組成を有することが明らかになった。

また、電気化学的測定により、MgO 基板上で成長した BZY 薄膜のプロトン伝導率は、同じ素材の焼結ペレットの伝導率に比べて約 2 桁高く、 $350^\circ\text{C}$  で  $0.01\text{S/cm}$ 、 $650^\circ\text{C}$  で  $5 \times 10^{-1}\text{S/cm}$  であった。この効果は、伝導性が悪い結晶

粒界の大幅な削減と BZY 薄膜の緻密さによるものである。

MgO 基板上に高配向化した BZY 薄膜で測定された伝導率は、これまで BZY において報告された中で最大の値であるだけでなく、酸素イオン伝導体の伝導率と比べても、SOFC の中間温度作動領域において報告されている最高性能の伝導率よりも極めて大きな値を示すことが明らかになった。

## 波及効果と今後の開発

通常、燃料電池電解質として使用するには、伝導率  $0.01\text{S/cm}$  が必要とされる。本 BZY 薄膜では、伝導率  $0.01\text{S/cm}$  を作動温度  $350^\circ\text{C}$  の低温で得ることができた。この結果により、低温作動小型 SOFC の開発が期待される。この機器は単位体積当たりあるいは単位重量当たりのエネルギーが、リチウムバッテリーより大きいことが期待できるため、極めて魅力的な材料と考えられる。さらに、燃料と酸化剤の供給により連続作動が可能という利点があり、充放電サイクルを除くことが出来る。作動温度  $350^\circ\text{C}$  で優れた特性を有する電解質の開発は、携帯用電子機器 (コンピュータ、携帯電話、mp3 リーダーなど) のような、低電力用途の携帯電源用マイクロ SOFC の実用化を促進すると考えられる。化学的安定性をもつ BZY は、極めて大きいプロトン伝導率を有し、ブロック効果を生じる結晶粒界を持たないため、これまでに開発された燃料電池用電解質の中で最高の性能を示すことが実証された。この BZY 薄膜の極めて大きなプロトン伝導率は、結晶粒界を最小化する結晶配向組織に依存するため、電解質の結晶組織を綿密に制御することが極めて重要である。

## 用語解説

### 1) プロトン伝導率

水素原子から電子  $e^-$  が取れた水素イオン  $\text{H}^+$  がプロトンであり、その伝導率のこと

### 2) パルスレーザー堆積法

ターゲットとなる材料にレーザーをパルスで当ててプラズマを発生させ、放出された原子、分子あるいは微粒子を基板上に沈積させる薄膜作製技術

### 3) ブロック効果

電気伝導を遮り、プロトン伝導率を下げる効果

### 4) 電気化学インピーダンススペクトロスコピー

局所の電気的抵抗率を測定すること。交流インピーダンスの実数部・虚数部の周波数応答を調べることで異なる部位の局所的な電気特性を算出できる

## 100万分の1の消費電力で、演算も記憶も行う新しいトランジスタを開発 ー起動時間ゼロのPCの開発にも道一

国際ナノアーキテクニクス研究拠点  
ナノシステム分野原子エレクトロニクスグループ  
グループリーダー 長谷川 剛

科学技術振興機構  
大阪大学  
東京大学

### 概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）国際ナノアーキテクニクス研究拠点（拠点長：青野 正和）の長谷川剛主任研究者らのグループは、大阪大学大学院理学研究科の小川 琢治教授、ならびに東京大学大学院工学系研究科の山口周教授らの研究グループと共同で、従来の100万分の1の消費電力で、演算も記憶も行うことが可能な新しいトランジスタ「アトムトランジスタ」の開発に成功した。状態を保持できる（記憶する）演算素子は、起動時間ゼロのPC（パーソナルコンピューター）などの開発に不可欠であり、このたびの開発により、その実現がさらに早まることが期待される。
2. このたび開発した「アトムトランジスタ」は、従来のトランジスタが半導体中における電子の移動を制御しているのに対して、わずかな金属原子を絶縁体中で移動させることにより動作する。半導体よりも抵抗の高い絶縁体を母材に用いたこと、その内部をわずかな量の金属原子が移動してオン/オフ状態を実現することから、極めて低い消費電力で、従来の半導体トランジスタと同等の高いオン/オフ比を示す。さらに、動作電圧の制御によって状態を保持する記憶素子としても動作することがわかった。
3. 演算結果に応じて回路が再構成される不揮発ロジック回路は、電源を切っても状態を保つことが可能なことから、起動時間ゼロのPCなどを実現する新しいコンピューター回路として期待されている。従来、演算素子（トランジスタ）と記憶素子（メモリ）を組み合わせることで、ひとつの「記憶する演算素子」を形成していた。しかしながら、従来素子では記憶に要する消費電力が極めて高く、実用化にはその大幅な低消費電力化が必要となっていた。このたび開発した「アトムトランジスタ」は、この記憶に要する消費電力を従来素子の100万分の1にした。さらに、演算と記憶の双方の機能を併せ持つことから、人間の脳のような、より柔軟なコンピューター回路の実現に寄与することが期待される。
4. この成果は、JST戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）「次世代エレクトロニクスデバイスの創出に資する革新材料・プロセス研究」研究領域（研究総括：渡辺 久恒 株式会社 半導体先端テクノロジーズ 代表取締役社長）における研究課題「3端子型原子移動不揮発性デバイス「アトムトランジスター」の開発」（研究代表者：長谷川 剛）の一環として行われ、12月24日に科学雑誌「Applied Physics Express (APEX)」のオンライン速報版で公開される。

### 研究の背景

コンピューターの基本構成要素である演算素子（半導体トランジスタ）と記憶素子（メモリ）双方の微細化と高性能化は、iPadを始めとする多様な携帯型情報端末機器の開発を可能としてきた。しかしながら、演算回路と記憶回路が独立したノイマン型と呼ば

れる現在のコンピューターでは、演算回路と記憶回路間の信号伝達がボトルネックとなり、演算素子や記憶素子の高性能化をはかっても、コンピューターとしての高性能化をはかれないという状況になりつつある。これを打開する方法として、演算と記憶を同一回路内で行う新しいコンピューター回路（不揮発ロジック回路）が提案・研究開発されている。演算途中の状態の保持や、演算結果による回路の再構成が可能な不揮発ロジック回路は、起動時間ゼロのPCなどを実現する回路として期待されている。

不揮発ロジック回路の研究では、従来、演算素子として半導体トランジスタを、記憶素子として磁気メモリ（注1）を用いて、それらを組み合わせることで「記憶する演算素子」を実現していた。しかしながら、記憶に要する消費電力が極めて高く、実用化にはその消費電力の大幅な低減が必要となっていた。

### 成果の内容

本研究グループでは、以前から進めていた原子の移動を制御したデバイス「原子スイッチ」の研究開発において、極めて少ない原子の移動によってオン/オフ動作を実現できることを見いだした。絶縁体中を数少ない原子が移動するだけなら消費電力は限りなくゼロに近くなり、原子として金属を用いれば、演算素子に要求される高いオン/オフ比も実現できる。このアイデアを実現すべく研究を進めていたところ、電圧の大きさによって、演算素子に要求される揮発性動作（注2）と記憶素子に要求される不揮発性動作（注3）をひとつの素子で選択的に実現できることがわかった。（図1）

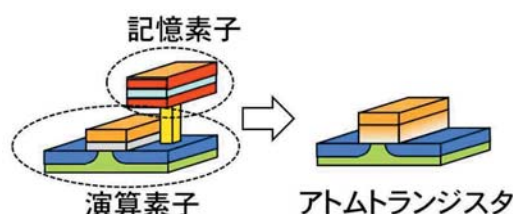


図1 半導体トランジスタと磁気メモリを組み合わせせた従来の「記憶する演算素子」と演算と記憶の両方をひとつでこなす「アトムトランジスタ」の模式図

このたび開発した「アトムトランジスタ」（図2）は、以下の特長を有している。

- (1) 用いる電圧領域によって、ひとつのアトムトランジスタがオンオフを繰り返す演算素子としても、状態を保持する記憶素子としても動作する。演算素子動作と記憶素子動作の電圧比は、およそ1:2。（図3）
- (2) 記憶素子動作時の消費電力は従来素子の100万分の1（注4）。演算素子動作時の消費電力も、半導体トランジスタの100分の1に低減（注5）。



- (3) 記憶素子動作時のオン/オフ比が8桁と極めて大きい。  
(従来素子は、たかだか1桁)。演算素子動作時のオン/オフ比は、半導体トランジスタと同等の6桁。
- (4) 構造が簡単であり、現在の半導体素子製造と互換性のある材料、ならびにプロセスで作製可能。

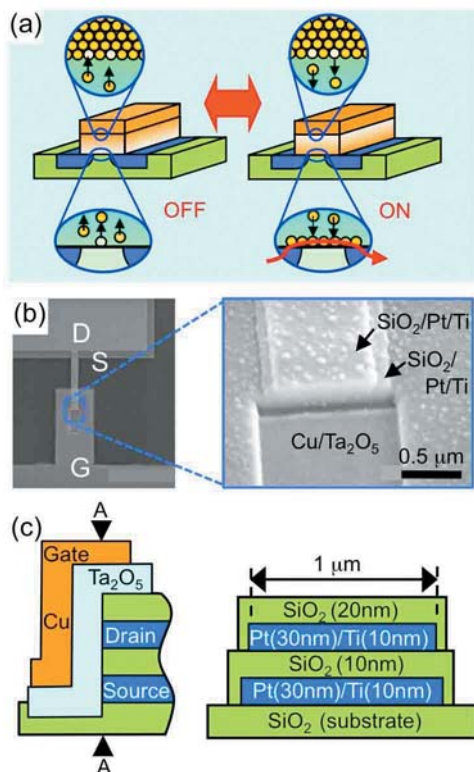


図2 アトムトランジスタの模式図とその電子顕微鏡写真  
(a) ゲート電極(上部)からソース・ドレイン電極(下側の青い部分)側に金属原子を供給したり、呼び戻したりすることでオン/オフ動作する。  
(b) 試作したアトムトランジスタの電子顕微鏡写真(S:ソース電極、D:ドレイン電極、G:ゲート電極)  
(c) 試作したアトムトランジスタの構造模式図。左側:断面図。右側:A-A断面を左側からみた場合の構造(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層とCu層を省略)

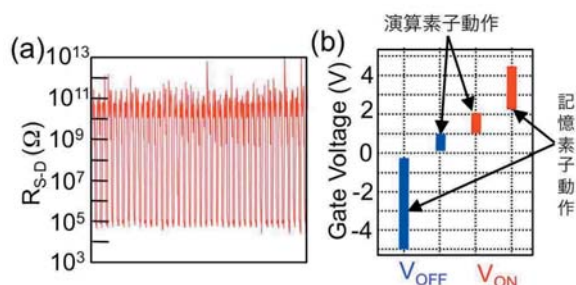


図3 アトムトランジスタの動作結果  
(a) 演算素子として連続動作している時のソース・ドレイン電極間に流れる電流。  
(b) 演算素子として動作する電圧領域と記憶素子として動作する電圧領域。赤:スイッチオン動作に要した電圧。青:スイッチオフに要した電圧。

なお、このたびの開発は、以下の発見に基づいている。

- (1) 絶縁体中における金属原子の濃度が臨界点を超えると、絶縁体から金属状態に変化する。
- (2) 金属状態には、電圧オフで絶縁体に戻る揮発的な状態と、電圧をオフにしても金属状態を保持する不揮発的な状態の2種類がある。
- (3) 揮発的な状態は、金属原子が均一に分布している状態であり、不揮発的な状態は、原子がナノスケールの塊を形成している状態である。
- (4) ゲート電圧によって、電流経路となるソース・ドレイン電極近傍でのみ上記現象を実現できる。(図4に、これら現象に基づく動作原理を模式的に示す。)

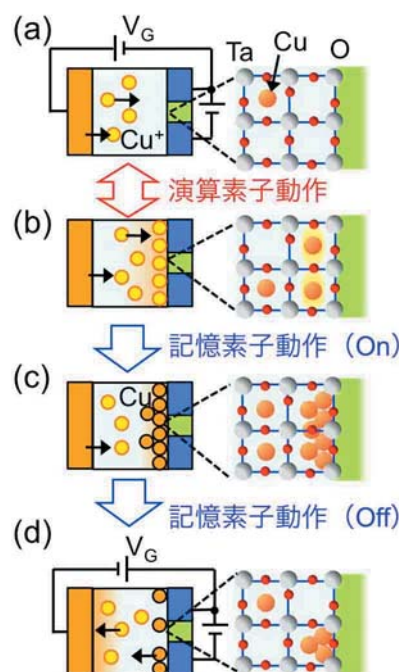


図4 演算素子動作と記憶素子動作の原理

- (a) 正の電圧をゲート電極に加えると、ゲート電極から金属原子が絶縁体中に供給される。
- (b) ソース・ドレイン電極近傍で金属原子の濃度が臨界値を超えると、絶縁体から金属的な状態へと変化する。
- (c) さらに高い電圧を加えると、金属原子が塊を形成する。
- (d) 塊をほぐすには、負のゲート電圧を加える必要がある。今回の動作実証では、絶縁体として酸化タンタル(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)を、絶縁体中を移動する金属として銅(Cu)ないし銀(Ag)を用いた。これらの材料は、現在の半導体素子製造と互換性のある材料である。

不揮発ロジック回路では、演算結果に応じて回路の再構成が実行される必要がある。このたび開発したアトムトランジスタは、演算素子動作と記憶素子動作の電圧比が約1:2と明確な動作切り分けが可能である(誤動作が起こらない)。高いオン/オフ比を示すことから演算回路の中核の変更にも対応できる。これらの特長を用いることで、より柔軟で高度なコンピューター回路の構築が可能になる。

## 波及効果と今後の展開

演算素子や記憶素子の低消費電力化は、従来の電子情報機器の低消費電力化に貢献するだけでなく、不揮発ロジック回路やその延長にある脳型回路など、新しいコンピューター回路の開発を可能にする。従来の不揮発ロジック回路の研究では、記憶素子の高い消費電力と低いオン/オフ比のために、「メモリ・イン・ロジック」(注6)などの初歩的な機能の実現を目指していた。このたび開発したアトムトランジスタは、極めて低い消費電力と高いオン/オフ比を備えており、不揮発ロジック回路が本来有する機能を最大限に引き出すことが可能になると期待される。単一の小規模回路で複数の機能を実行することが可能になり、たとえば、腕時計のサイズで、PCや携帯電話などの日常生活に必要な機能の全てを実現できる可能性もある。

本研究グループでは、原子の移動を制御する素子として、2端子型の「原子スイッチ」の研究を進めてきた。企業等との共同研究の結果、「原子スイッチ」は技術的には既に実用化の域にある。このたび試作したアトムトランジスタも、既に1万回の連続動作などに成功しており、「原子スイッチ」同様、早期の実用化が期待される。本研究成果についても、今後、企業との共同研究などを含めて、実用化に向けた研究開発をさらに進める予定である。

### <APEX発表論文>

論文題目: Volatile/Nonvolatile Dual-Functional Atom Transistor

著者名: 長谷川剛、伊藤弥生美、田中啓文、日野貴美、  
鶴岡徹、寺部一弥、宮崎久生、塚越一仁、小川琢治、  
山口周、青野正和

## 用語解説

### (1) 磁気メモリ

積層した磁性体薄膜を流れる電流の大きさが、磁化の向きによって変化することを利用したメモリ素子。磁化の反転に要する電流がマイクロアンペア以上必要であり、その低消費電力化が課題となっている。(マイクロは、100万分の1)

### (2) 揮発性動作

電圧を加えている間だけオン状態を保ち、電圧ゼロでオフ状態に戻る動作。半導体トランジスタの動作がこれに該当する。

### (3) 不揮発性動作

オン状態になったあと電圧をゼロにしても、オン状態を保持する動作。オフ状態に戻すためには、逆極性の電圧を加える必要がある。

### (4) 記憶素子動作時の消費電力は従来素子の100万分の1

アトムトランジスタの動作に必要な電流はピコアンペアであり、磁気メモリのそれと比較した場合の消費電力は、100万分の1となる。(ピコは、マイクロの100万分の1)

### (5) 演算素子動作時の消費電力も、半導体トランジスタの100分の1に低減

半導体トランジスタの消費電力は、おもに待機電力と呼ばれる漏れ電流で決まる。現在の半導体トランジスタのそれは、1平方センチメートルあたり、ミリアンペア程度である。それに対して、アトムトランジスタの漏れ電流は、1平方センチメートルあたり10マイクロアンペアと、半導体トランジスタの100分の1である。

### (6) 「メモリ・イン・ロジック」

演算回路と記憶回路間の信号伝達に要する時間を節約するために、演算回路内に記憶機能の一部を配置したコンピューター回路。回路構造自身は変化しない。

## 2.環境配慮の体制

NIMSの環境配慮は、「環境目標と行動計画」に基づいて事務部門や研究部門がそれぞれに取り組み、その結果や新たな環境目標を環境配慮促進委員会において審議しています。

そして、これらの成果を環境報告書として公表しています。また、新たに策定された「環境目標と行動計画」は、構内ホームページで公表し、職員の環境意識の共有を図っています。

新人研修においても事業活動による環境負荷低減の取り組みについて、NIMSの方針を説明し、理解を求めています。

### 環境配慮の組織

#### ○環境配慮促進委員会

環境配慮の取り組みに関する方針・行動計画及び環境負荷の低減に向けた取り組み等を審議・検討します。この下に次の小委員会を設けています。

##### a.グリーン調達推進小委員会

環境物品等の調達の推進を図るため、調達方針の作成及び調達目標の設定等を検討します。

##### b.省エネ対策推進小委員会

各地区のエネルギー使用状況と推移を調査し、今後の合理的省エネ対策案を検討します。

##### c.管理者等の選任

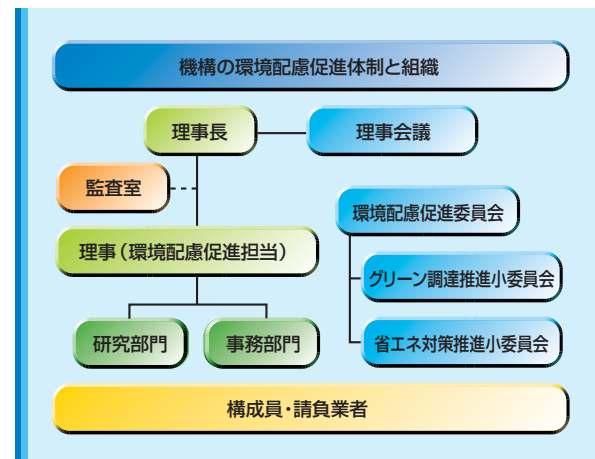
エネルギー等の管理、廃棄物の処理及び公害防止に關して、それぞれ管理者等を定めて、法令等の遵守に努めています。

#### ○環境リスク管理体制

NIMSは、研究活動に伴う環境汚染等を未然に防止するため、排水、排ガスの定期的な測定や施設設備の点検、管理責任者の設置、化学物質の適正な保管管理等に努めています。

また、平成18年につくば市と交わした公害防止確認書に基づき作成された「公害防止計画」により、騒音、振動、悪臭についても近隣地域に影響していないか、定期的に測定しています。

NIMSの環境配慮に関する組織体制は下図のとおりです。



### 安全衛生・防災の取り組み

安全衛生活動は、職員の安全と健康を保持するとともに、地域の安全と環境汚染を未然に防止することに繋がっており、今後も継続して取り組んでいきます。

NIMSの安全衛生は、理事長、理事によるガバナンスの下、安全管理室がNIMS全体を見るとともに、各地区に置かれた安全管理事務所および安全衛生委員会が地区毎の安全管理を行うという体制になっています。産業医、衛生管理者の巡視活動も定期的に行われており、不備事項の早期発見、迅速改善の提言に努めています。

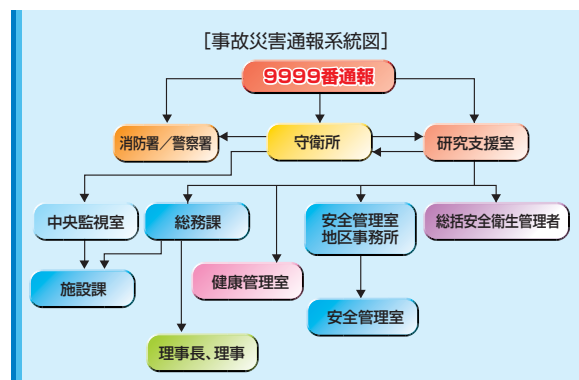
また、防災活動として防火・防災総合訓練を地区毎に毎年実施しています。平成22年度は12月に実施しました。この防火・防災総合訓練は、地震による火災発生を想定した内容としており、消火訓練、避難訓練、通報訓練等を組み合わせた総合訓練として行っています。

このような訓練と合わせて、NIMSでは各種の教育、講習を行い、職員の安全意識の高揚と安全な作業・行動の徹底を図っています。新規雇用者に対する安全衛生教育、高圧ガス取り扱い教育、放射線障害防止教育などです。

平成23年3月に起きた、東日本大震災によりNIMSも研究機器などに大きな物的被害を受けましたが、幸いにも人的被害はありませんでした。

NIMS内の事故災害時の通報体制は「事故災害通報系統図」の通りです。通報は、NIMS内だけでなく、関係する外部の機関にも担当部署から連絡がされるようになっています。

中央監視室は、受変電設備、空調設備等の運転監視の他、防災センターとしての機能を有しており、火災や特殊ガス漏洩等を24時間体制で監視し、施設の安全を保っています。守衛所も火災警報を受信すると、中央監視室と連携して24時間体制で対応することになっています。





また、緊急時には、電力会社からの受電電力も停止する可能性がありますので、非常用照明、消防設備等の駆動用電力の確保が重要です。NIMSでは、非常時の電力確保のため、自家用発電機及び蓄電池設備を装備しています。

## 協力会社との連携

NIMSでは、電気、機械設備及び実験排水処理施設の維持管理、建物内外の清掃、緑化維持、食堂、警備の各種業務は請負契約により行っているため、請負契約会社のような協力会社の社員がたくさん働いています。環境配慮の取り組みには、このような外部の人々との協力関係が不可欠です。設備機器の省エネルギー運転や室内温度の調整、一般廃棄物の分別回収、その他、食堂から出る生ゴミの減量化や研究廃水処理の法令遵守、緊急時の連絡等について、それぞれの請負契約会社がNIMSの方針をよく理解し、環境に配慮した業務を行っています。

また、環境配慮は、現場を熟知する協力会社の人々の提案を取り入れた日常的な取り組みが重要と考えています。



警備業務(千現)



設備管理業務(並木)



清掃業務(桜)



設備管理業務(目黒)

## つくば市との協定

平成22年にNIMSとつくば市は、環境配慮に関連した相互協力を促進するため、2つの協定を取り交わしました。

### ○独立行政法人物質・材料研究機構とつくば市の相互協力の促進に関する協定

〈要旨〉

NIMSとつくば市は、NIMSの研究開発成果とつくば市の融合を図り、市民の良好な生活環境が確保された持続的な発展を目指して、基本協定を締結します。

〈概要〉

1. 独立行政法人物質・材料研究機構(理事長:潮田資勝)とつくば市(市長:市原健一)は、物質・材料研究機構の研究成果とつくば市の施策との融合を図るとともに、市民の安全・安心を確保することにより、市民の良好な生活環境が確保された地域社会の持続的な発展を目指して、基本協定を締結します。
2. 本協定の下、物質・材料研究機構とつくば市は、(1)互いの情報、資源及び研究成果等の活用、(2)市民の安全・安心に係る情報の共有、(3)災害防止及び環境保全、(4)科学技術及び産業の振興、(5)学校教育及び社会教育の増進、(6)つくば市内の大学や研究機関との連携を促進していきます。

### ○独立行政法人物質・材料研究機構とつくば市との携帯電話などの小型家電製品の回収と金属再生に関する協力等の協定

〈要旨〉

NIMSとつくば市は、小型家電製品の回収と金属再生事業について効果的な取り組みを行うことを目的として、基本協定を締結します。

〈概要〉

独立行政法人物質・材料研究機構(理事長:潮田資勝)とつくば市(市長:市原健一)は、双方の協力体制を確立し、密接な連携を図ることに加え、小型家電製品の回収と金属再生事業について効果的な取り組みを行うことを目的として、基本協定を締結します。

本協定の下、物質・材料研究機構とつくば市が相互に協力し、小型家電製品の回収や選別、金属再生の促進等に関し、技術的助言等のアドバイスや、市民啓発活動への助言、専門家の派遣など連携して事業を促進していきます。

物質・材料研究機構の技術を活用し、日本で初めて携帯電話に含まれるタングステンの回収が可能となり、また、自治体が回収したレアメタルを現在、国が行っている補助事業とは別に、民間企業との技術提携を図りながら金属再生事業の効果的な体制を確立します。

# V

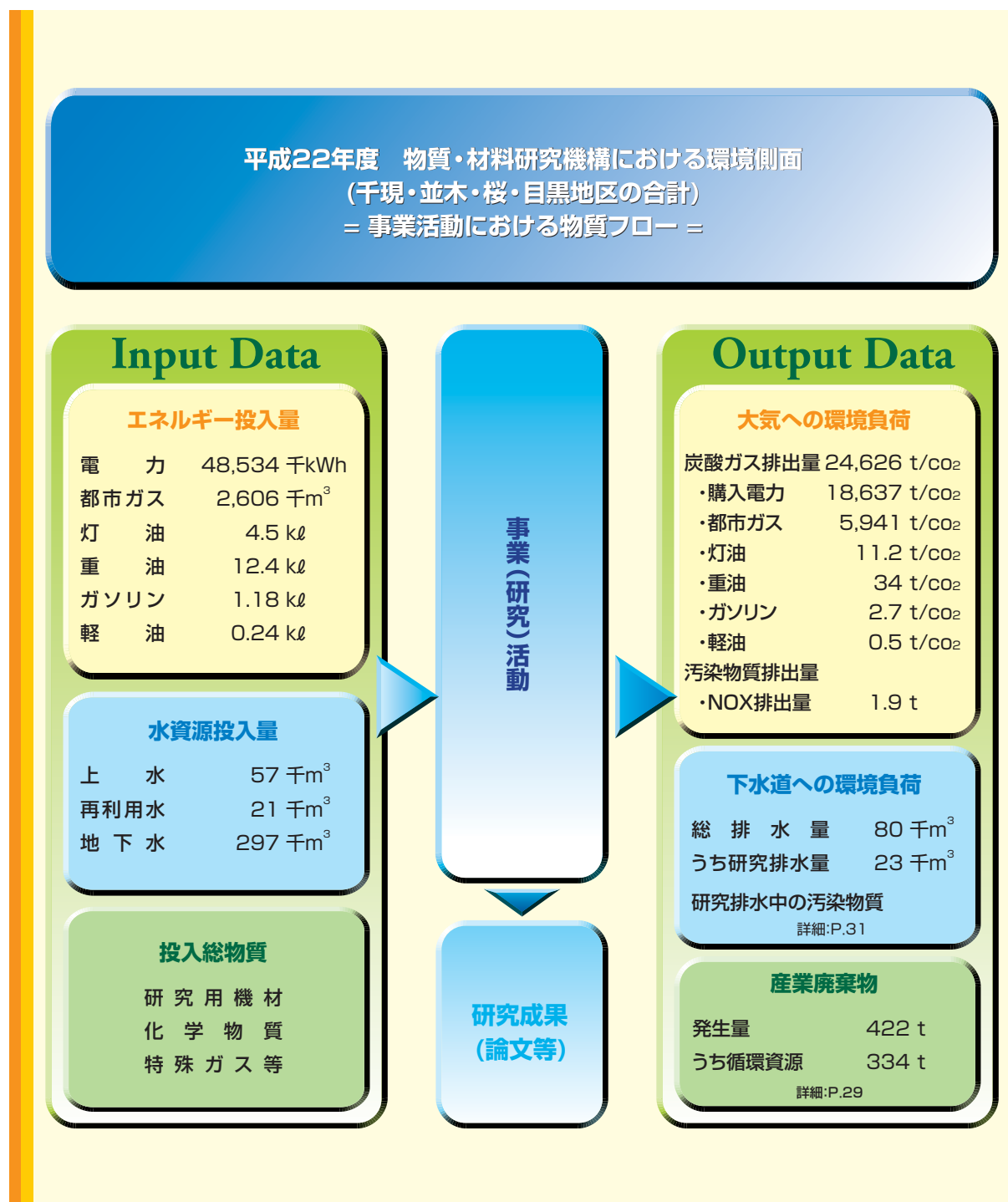
## >>> 環境配慮の成果

NIMSは、研究業務を推進するために電気・ガス等のエネルギーや様々な研究資材を使用しています。それらは温室効果ガスや廃棄物になって環境に負荷を与えています。

環境に配慮しつつ研究業務を推進し、更に環境負荷の低減を図っていくためには、研究業務によって生じる環境負荷の状況を継続して把握していくことが必要です。

### 1. 環境負荷の全体像

NIMSの事業活動に係るエネルギー等の投入量と環境負荷の排出状況は下図のとおりです。



## 平成22年度 環境配慮の成果について

重点施策	環境目標と行動計画	成 果
省エネの推進 (地球温暖化防止)	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業活動で消費するエネルギー使用量を前年度比1%以上削減する。</li> <li>・事業活動で排出する炭酸ガス排出量を前年度比1%以上削減する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ESCO設備と既存設備の合理的な総合運転を実施し、所定の省エネを達成する。</li> <li>・実験冷却施設の検討及び上水の節水を図る。</li> <li>・機器の更新に際して、省エネ効果の高い機器を選定する。</li> <li>・照明の人感センサー、窓断熱フィルム貼り等を計画どおり実施する。</li> <li>・冷暖房温度を適正に調整する。</li> <li>・使用していない部屋の照明、冷暖房スイッチは、こまめに切る。</li> </ul>	<p>エネルギー使用量は、前年度比2%減 炭酸ガス排出量は、前年度比2%減 (詳細は、別掲)</p>
廃棄物の削減と再資源化	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物の再資源化率を、前年度比1%以上増やす。</li> <li>・廃棄物の最終処分量を、前年度比1%以上削減する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般ゴミの分別回収を徹底し、古紙、段ボール等の再資源化率を高める。</li> <li>・研究廃棄物の分別を徹底し、金属くず、廃プラ類の再資源化率を高める。</li> <li>・構内の落葉、食堂生ゴミの堆肥化を進め、生ゴミ排出量を削減する。</li> <li>・工事に伴い発生する廃棄物等について、工事業者が行う廃棄物の適正処分の確認を行う。</li> </ul>	<p>再資源化率は、前年度比15%増 廃棄物の最終処分量は、前年度比0.55%減 (詳細は、別掲)</p>
グリーン調達	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーン調達の目標を100%達成する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリーン調達の趣旨を職員及び納入業者へ、周知徹底する。</li> <li>・役務作業及び工事は、国のグリーン調達基本方針に沿って、可能な限り調達事項を実施する。</li> </ul>	<p>調達目標対象の102品目中、64品目でグリーン調達100%を達成し、一部の品目で下回った。 (詳細は、別掲)</p>
化学物質等の適正管理	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質等の排出に係る各種の法規制を遵守する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドラフトチャンバー、廃ガス洗浄装置の機能を適正に維持し、化学物質取扱者の作業安全を保持する。</li> <li>・化学物質の使用量、保有量を把握し、法令に基づき適正に管理する。</li> <li>・大気、下水に排出される化学物質の濃度が、法令に基づく基準を超えない管理を行う。</li> </ul>	<p>化学物質取り扱いによる環境への影響事故0 下水道への排出基準超過事故0</p>
構内緑地の保存	<p>◆環境目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地境界の緑地帯を地域社会と共存する財産として維持する。</li> </ul> <p>◆行動計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地境界の緑地帯を維持管理するとともに、敷地周辺を自主的に清掃し、地域のきれいな町づくりに参加する。</li> </ul>	<p>緑地帯は適正に管理された。</p>

### 総エネルギー投入量と温室効果ガス排出量

#### a. 温室効果ガス排出量

電気と熱を合わせた総エネルギー投入量は、4地区合計で587千GJとなり、前年度より13千GJ削減され、それと同時に排出される炭酸ガス排出量も8%減少しました。これは、ESCO設備が順調に稼働したことに加え、各地区で実施したエネルギーの縮減に係る取り組みの効果が影響しており、それ以外に、目黒地区では平成22年度の特徴として、クリープ試験機の稼働停止により、エネルギー使用量及び炭酸ガス排出量がそれぞれ17%及び23%減っています。一方並木地区では、炭酸ガス排出量の増減はありませんでしたが、エネルギー使用量は5%増えており、夏期の冷房に使用したガス使用量の増加が顕著にあらわれています。また、千現地区は、総エネルギー投入量が1%減に対し炭酸ガス排出量は7%減になり、桜地区では、総エネルギー投入量が14%減に対し炭酸ガス排出量は20%減となりました。



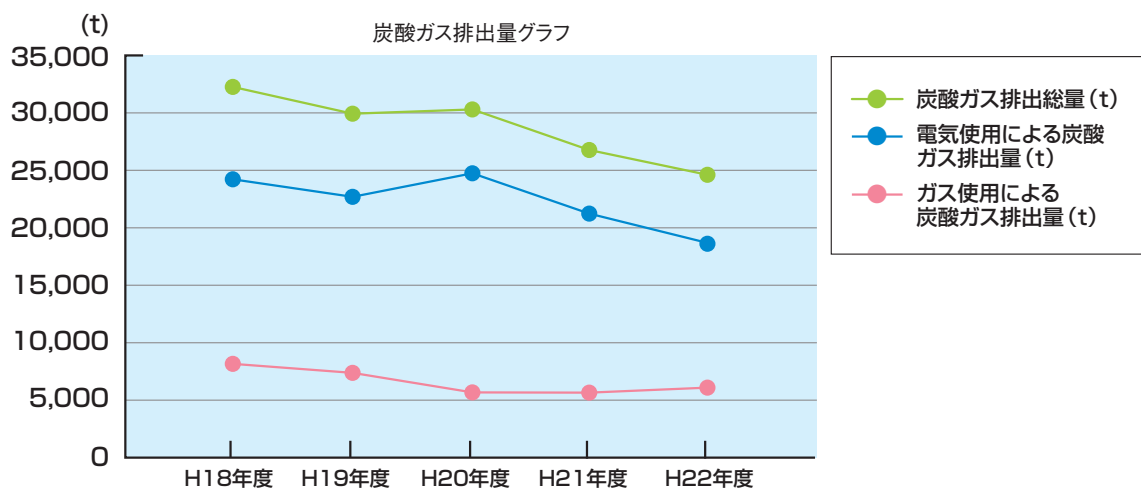
## NIMSにおける主な消費エネルギーの炭酸ガス排出量の推移(4地区合計)

エネルギーの種類	H18年度		H19年度		H20年度		H21年度		H22年度	
	使用量	炭酸ガス排出量(t)	使用量	炭酸ガス排出量(t)	使用量	炭酸ガス排出量(t)	使用量	炭酸ガス排出量(t)	使用量	炭酸ガス排出量(t)
電気(kWh)	55,939,430	24,236	57,582,843	22,678	54,162,038	24,756	50,782,215	21,227	48,534,278	18,637
ガス(m <sup>3</sup> )	3,531,985	8,042	3,182,875	7,247	2,430,283	5,541	2,415,436	5,507	2,605,639	5,941
灯油(ℓ)	4,581	11	4,376	11	1,405	3	1,000	2.5	4,500	11.2
A重油(ℓ)	18,444	50	17,735	48	17,000	46	20,000	54	12,400	34
ガソリン(ℓ)	—	—	—	—	—	—	1,080	2.5	1,180	2.7
軽油(ℓ)	—	—	—	—	—	—	—	—	240	0.5
炭酸ガス排出量合計(t) (対前年度比)	32,339 (1.045)		29,984 (0.93)		30,346 (1.01)		26,793 (0.88)		24,626 (0.92)	

### ※炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)排出係数

	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度
電気(kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0.368 (千現、桜)	0.339 (千現、桜、目黒)	0.425 (千現、桜、目黒)	0.418 (4地区)	0.384 (4地区)
電気(kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0.555 (並木、目黒)	0.555 (並木)	0.550 (並木)		
都市ガス(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	2.277	2.277	2.280	2.280	2.280
灯油(kgCO <sub>2</sub> /ℓ)	2.489	2.489	2.490	2.490	2.490
A重油(kgCO <sub>2</sub> /ℓ)	2.710	2.710	2.710	2.710	2.710
ガソリン(kgCO <sub>2</sub> /ℓ)	—	—	—	2.320	2.320
軽油(kgCO <sub>2</sub> /ℓ)	—	—	—	—	2.620

※炭酸ガス排出係数は、平成18年度分から第1種エネルギー-管理工場として省エネ法第15条に基づく定期報告をする場合の換算係数で算出しています。



京都議定書(平成14年(2002年)6月批准)により削減が求められている温室効果ガスは、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)の6種類です。

### b.電力

NIMSの4地区を合計した平成22年度の電力使用量は、前年度比4%(2,248千kWh)の減となりました。

その内訳は、千現地区で0.3%(77千kWh)減、並木地区で0.5%(67千kWh)減、桜地区で17%(1,414千kWh)減、目黒地区で19%(690千kWh)減でした。各地区共に、電気及び熱源機器の効率的な運転により、猛暑だったにもかかわらず、軒並み電力使用量の削減を実現しました。

また、自前の受電設備を所有している地区では、力率が電力損失を左右する大きな要素となっており、力率改善用のコンデンサーを所有し、独自で力率を改善することによって、送電線でのジュール熱損失による無駄な電力消費を抑えています。



変電設備(千現)

### c.都市ガス

平成22年度の都市ガス使用量は、4地区合計で前年度比8%増加しました。その内訳は、並木地区で27% (222千 $m^3$ ) 増、桜地区で14% (24千 $m^3$ ) 増、目黒地区で0.8% (0.5千 $m^3$ ) 増となるなかで、唯一千現地区のみが4% (56千 $m^3$ ) 減となっています。千現地区で減となった要因は、都市ガスの計画使用量に基づく熱源機器の運転を心掛けたことと、電気式冷凍機を中心に、ガス式冷凍機を補助的に運転するというスタイルをとったことが大きく影響しています。



直焚き蒸気吸収式冷温水機 (千現)

### d.上水・地下水

平成22年度の4地区合計の上水使用量は、前年度比39%増になりました。

上水は、実験器具の洗浄、実験機器冷却水、空調冷却水、生活用水などに使用されていますが、上水使用量の大幅増の要因は、特に千現地区における空調用冷却水としての使用量が、猛暑の影響で増えたことによるものです。

## 総物資投入の量 (化学物質、特殊ガス等)

### a.化学物質使用状況

NIMSは、実験・研究用として多様な化学物質を使用していますが、平成22年度に購入した主な化学物質は、アセトン4,010kg、エタノール3,614kg、ジクロロメタン3,421kg (千現地区1,832kg、並木地区1,589kg)、クロロホルム3,187kg (千現地区1,276kg、並木地区1,911kg) ヘキサン1,590kgでした。

### b.特殊ガス使用状況

NIMSは、実験・研究用として多様な特殊ガスを使用しています。最も多く使用している特殊ガスは、液体窒素、液体ヘリウムで、実験機器等の冷却に用いています。その他、アルゴンガス、酸素ガス、窒素ガスなども多く使用しています。これらのガスは大気に放出されても無害であり、環境への負荷はありません。なお、温室効果ガスとして購入量の多かったものは、炭酸ガス1,075kg、メタンガス70.1kg、フロンガス47.0kg等となっております。



液化窒素貯槽 (並木)

## 2.省エネの推進

平成22年度から省エネルギー法が改正され、これまでの工場又は事業所 (千現地区、並木地区、桜地区) 単位のエネルギー管理から、事業者 (NIMS) 単位でのエネルギー管理に規制体系が変わりました。これにより、事業所全体 (NIMSでは、目黒地区も含め4地区) の1年間のエネルギー使用量 (原油換算値) が4地区合計で1,500k $l$ 以上であれば特定事業者として指定されることになり、NIMSは、事業所全体 (4地区) の1年間のエネルギー使用量 (原油換算値) が合計で1,500k $l$ 以上であることから、平成22年度に、特定事業者として指定されました。これを受けると、中長期的に、年平均1%以上のエネルギー使用量の削減に努めなければなりません。平成22年度に法改正された省エネルギー法が平成23年度に求めるのは、その前年度 (平成22年度) のデータであることから、本報告書で報告するデータが、法改正後のNIMSにとっては重要な意味を持つことになります。このような事情を念頭に置き平成22年度の結果を見ますと、平成22年度は、電気及び都市ガス使用量共に軒並み削減に成功しており、電気及び都市ガスがその大半を占めるエネルギー使用量は、全体で2%削減されました。これにより、中長期的に年平均1%以上のエネルギー使用量の削減に努めなければならないという目標は達成されたわけですが、これを継続的に毎年達成していくためには、室温調整の徹底だけでは限界にきており、もっと本質的な方法が求められています。その一つの手段として、熱源機器の高効率型への更新、人感センサーを用いたLED照明機器への変更等を計画しています。また、炭酸ガス及び窒素酸化物排出量の削減も同時に行う必要があり、そのために昨年までは、都市ガス型熱源機器を電気式熱源機器へ更新する等、都市ガスから電気への移行も考慮する必要がありましたが、原子力発電所が停止し、火力を中心とした発電に切り替わると仮定した場合、電力の供給が十分ではない上、炭酸ガスの排出量も増えるため、熱源機器をガス式へ更新することも視野に入れて、今後の電力供給事情の方向を見極めた上で、省エネをどのように推進するかを判断する必要があります。

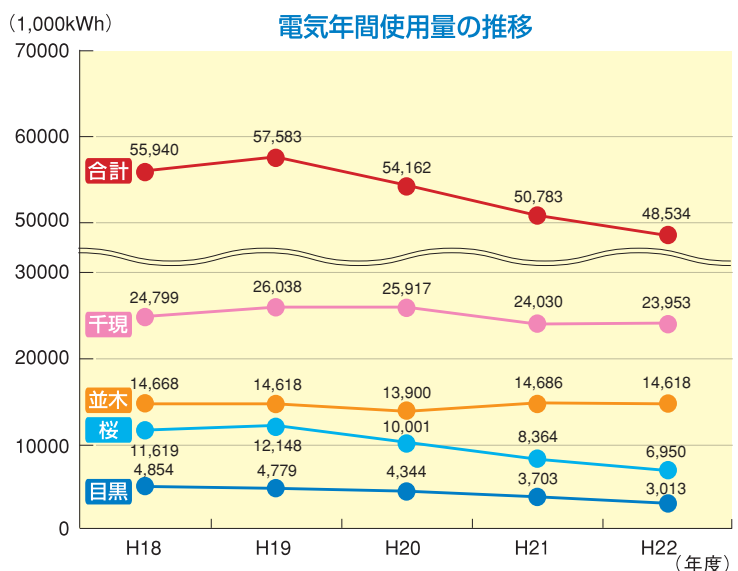
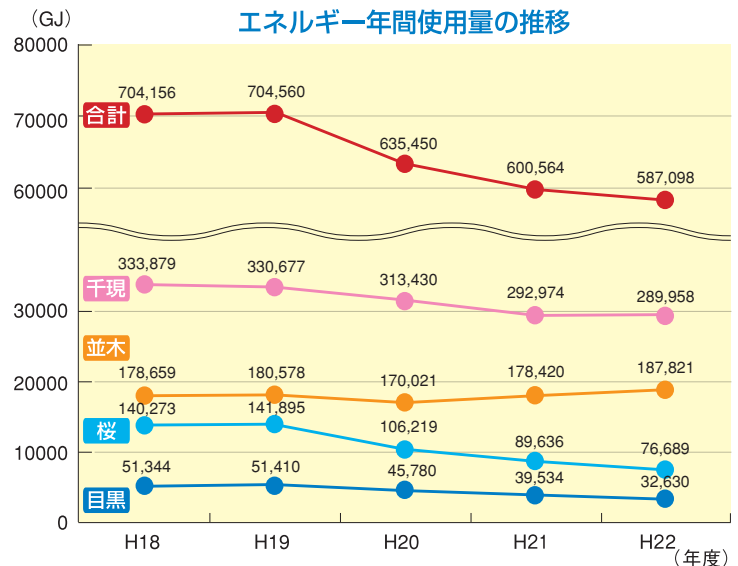
## 電気使用量及びその低減対策

NIMSで使用する電力は、実験用、空調用、照明用が主な用途です。なかでも空調用の使用量が大きな部分を占めており、使用電力の50%を超えている実験棟も少なくありません。このため、過度にならない室温調整は、大きな省エネになり、空調機間欠運転制御や給排気ファン間欠運転制御等のESCO設備省エネ運転の実施により大きな効果が得られています。研究居室や事務室の室温は、各地区とも夏季28℃、冬季20℃を目途に調整しています。また、照明設備は、各地区とも使用頻度の高いところから順次、省エネ型(LED等)に改修または更新を行い、廊下、階段及びトイレ等の共用部分の照明設備に人感センサーを設置し、電力消費を低減する対策を行いました。今後も、引き続き省エネ化を進める計画です。

各地区で、平成22年度に実施した電力等低減対策は、下表のとおりです。

### 平成22年度エネルギーの縮減に係る 具体的な取り組みのまとめ

千現地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>①ESCO設備による省エネ運転の実施</li> <li>②その他の省エネ対策                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 熱源機器の運転効率向上のための機器更新工事実施</li> <li>● 熱源機器及びポンプにおける運転効率向上のためのオーバーホール実施</li> <li>● 実験冷却水冷却効率向上のための実験冷却水用冷却塔の更新工事実施</li> <li>● 共用スペースにおける照明器具を人感センサー型LEDに交換</li> <li>● 熱源機器の運転時間の短縮及び照明機器の点灯数の削減</li> <li>● 室温調整の徹底</li> </ul> </li> </ul>
並木地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>①ESCO設備による省エネ運転の実施</li> <li>②その他の省エネ対策                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 熱源機器の運転効率向上のためのメンテナンス実施</li> <li>● 照明器具への人感センサーの取り付け</li> <li>● 窓ガラス熱遮光フィルム貼り付け</li> <li>● 室温調整の徹底</li> </ul> </li> </ul>
桜地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>①ESCO設備による省エネ運転の実施</li> <li>②その他の省エネ対策                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 高効率小型ボイラーの導入、運転の実施</li> <li>● ヒートポンプ温水器の導入、運転の実施</li> <li>● 照明器具のLED化</li> <li>● 窓ガラス断熱フィルム貼り</li> <li>● 室温調整の徹底</li> </ul> </li> </ul>
目黒地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>①蓄熱槽を活用した効率的冷凍機の調整運転</li> <li>②室温調整の徹底</li> </ul>

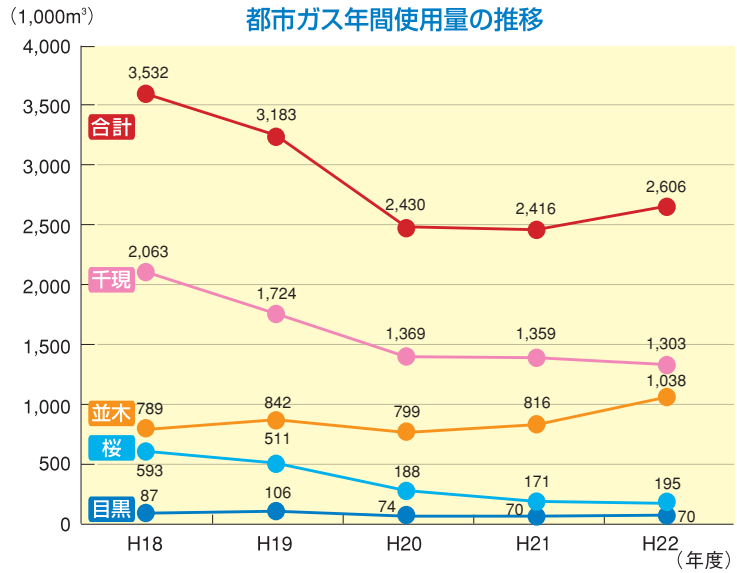




## ガス使用量及びその低減対策

都市ガスは、空調設備の熱源機器の燃料、給湯器や実験用が主な用途です。なかでも熱源機器の燃料として多くを消費しており、夏場のガス吸収式冷凍機による冷熱源、冬場のボイラー等による温熱源の供給により、実験室・居室の空調冷暖房を行っています。

これにより、夏冬で都市ガスによる熱源を利用することにより、電力消費量を抑えることが可能な設備になっています。したがって、都市ガス消費量を抑えるためには、熱源機器の運転効率向上のため、オーバーホールの実施、ドライミストシステムの運転による室温上昇の抑制、室温調整の徹底を地道に行っていく必要があります。



## 上水使用量及びその低減対策

上水は、実験用、空調用、生活用として使用されていますが、空調用としての使用量が最も多く、上水使用量の50%を超えています。

平成22年度は、千現及び並木地区に設置した地下水ろ過膜システムの運転により地下水を利用により、上水使用量を大幅に削減しています。地下水取水は、「茨城県地下水採取の適正化に関する条例」に基づき、許可を得て実施しています。

今後も、上水と地下水の低減対策を併せて検討していくことにしています。千現地区と桜地区では、節水対策として実験廃水を浄化し実験冷却水の補給用として再利用を行っています。

### 平成22年度 水使用状況

地区	上水使用量 m <sup>3</sup>		地下水使用量 m <sup>3</sup>		再利用水量 m <sup>3</sup>		合計 m <sup>3</sup>	
	H21	H22	H21	H22	H21	H22	H21	H22
千現地区	12,090	25,228	109,720	103,914	18,024	21,024	139,834	150,166
並木地区	5,986	9,862	181,391	193,386	0	0	187,377	203,248
桜地区	16,872	15,895	0	0	136	120	17,008	16,015
目黒地区	5,973	5,852	0	0	0	0	5,973	5,852
合計	40,921	56,837	291,111	297,300	18,160	21,144	350,192	375,281



上水供給設備 (並木)



地下水取水設備 (千現)

### 3.グリーン調達

#### グリーン調達への取り組み

NIMSは、グリーン購入法（※1）及び基本方針（※2）に基づき、平成13年度より環境物品の調達を推進するため特定調達品の調達目標値について「環境物品等の調達の推進を図るための方針（調達方針）」を毎年度定め、環境物品等の調達を積極的に進めています。

- ※1 グリーン購入法とは、平成12年に制定された「国等による環境物品等の調達の推進に関する法律」の略称です。
- ※2 基本方針とは、「環境物品等の調達に関する基本方針」が正式名称で、グリーン購入法に基づき国が定めています。

#### グリーン調達方針の概要

##### (1) 特定調達品目調達の目標

特定調達品目の調達は、基本方針に定める判断の基準を満たす物品の購入に努めます。インターネット調達システム上でグリーン購入法適合商品の優先的な購入について周知し、調達目標達成に努めています。

##### (2) 特定調達品目以外の環境物品等の調達の目標

- ・特定調達品目以外の環境物品等は、エコマーク等の公的環境マークの認定を受けている製品またはこれと同等の環境に配慮した物品を調達するように努めます。
- ・OA機器、家電製品の調達に際しては、より消費電力が小さく、かつ再生材料を多く使用しているものを選択します。

##### (3) NIMS内にグリーン調達推進小委員会を設けてグリーン調達を推進しています。

#### グリーン調達の実績の概要（平成22年度）

特定調達品目の調達において調達総数に対する基準を満足する物品などの調達数量の割合により目標設定を行う品目については全て100%を調達目標としていたところ、調達のあった102品目中64品目（全体では62.7%）で調達目標を達成しました。環境省が目標達成の目安としている95%以上の高い割合で適合品を調達できた品目は、102品目中80品目（全体では78.4%）でした。（平成21年度は105品目中59品目（全体では56.2%）で調達目標を達成し、74品目（全体では70.5%）において適合品の調達が95%以上）

#### 公表

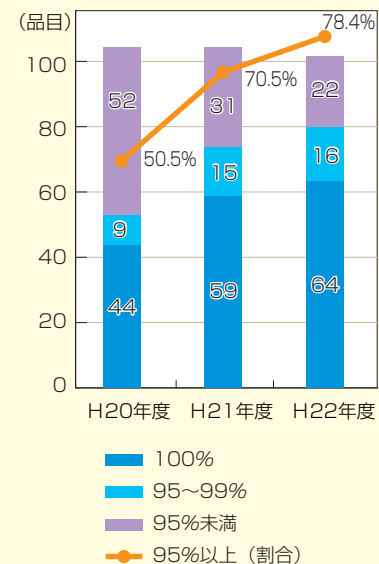
グリーン購入法の規程により、「環境物品等の調達方針・調達実績」は物質・材料研究機構公式ホームページ上（<http://www.nims.go.jp/nims/procurement/green.html>）で公表しています。

特定調達品目等調達実績（平成22年度）

調達分野	目標値	調達品目	目標達成率
紙類	100%	6品目	3品目 100%
			3品目 95%未満
文具類	100%	63品目	32品目 100%
			14品目 95~99%
			17品目 95%未満
オフィス家具等	100%	7品目	7品目 100%
OA機器	100%	14品目	11品目 100%
			2品目 95~99%
			1品目 95%未満
携帯電話	100%	1品目	1品目 100%
家電製品	100%	2品目	2品目 100%
照明	100%	2品目	1品目 100%
			1品目 95%未満
制服・作業服	100%	2品目	2品目 100%
インテリア・寝装寝具	100%	2品目	2品目 100%
作業手袋	100%	1品目	1品目 100%
その他繊維製品	100%	2品目	2品目 100%

※平成22年度に調達のあった分野のみを掲載しています。

目標達成率の推移（平成20~22年度）



## 4. 廃棄物の削減と再資源化

### 廃棄物総排出量及び低減対策

事業所から排出される全ての廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づき自ら適正に処分しなければなりません。NIMSでは、家庭用ゴミに準じてつくば市が受け入れる種類の生活系ゴミを一般廃棄物とし、実験室から排出されるゴミで廃棄物ごとに法的基準に基づいて処分するものを研究廃棄物として分別処理しています。

一般廃棄物は、可燃・不燃ゴミと循環資源に分類し、分別回収を徹底して廃棄物の再資源化を推進しています。不燃ゴミについては、研究廃棄物の廃プラと同様に処分しましたので、一般ゴミとしては計量されていません。

研究廃棄物は、形状的に実験廃液、固形廃棄物等に大きく分類し、それらを更に細分化して分別回収をしています。研究廃棄物については、平成19年度から、循環資源として処理される数量を把握してきましたが、平成22度も昨年度に引き続き、金属くず・廃プラスチック類等固形廃棄物の大幅な循環資源化量を確認することが出来ました。

今後も、研究廃棄物の処理実態を把握し、循環資源として再利用される量が増えるよう分別回収を徹底していきます。

次頁の表は、平成18年度～平成22年度に処分した廃棄物を管理票（マニフェスト）から分類集計したものです。

平成22年度は、廃棄物の最終処分量が前年度比0.55%減、再資源化率が前年度比15%増となり、当初の目標を達成しました。

研究廃棄物で毎年最も多く排出されるのは、老朽化し使用されなくなった不用実験機器類で、管理票に基づいて廃プラスチック類として集計されていますが、廃機器類の循環資源率は大幅にアップしました。

その他、試料等を洗浄した廃薬品液や機器の潤滑廃油等の実験廃液は、例年どおりポリタンクに保管し処分を専門業者に依頼しました。また、試薬の空き瓶や金属の削り屑等は有害物の付着を取り除き、同様に処分を依頼しました。これらの研究廃棄物の一時保管場所（NIMS構内）は、処分業者に引渡すまでの間、鍵を掛けて保管しています。

### 循環資源の回収

循環資源として、平成22年度に回収した新聞紙、雑誌類、ダンボール紙などの古紙類の回収総量は約44t、空き缶、空き瓶、ペットボトルの回収総量は約10tで、前年度並みでした。食堂から排出される生ゴミの自家処理量については、処理量を約5.0tまで回収することが出来ました。

研究廃棄物は、総排出量が約289tで前年度より約176t増えました。また、研究廃棄物から循環資源として回収された量は、約275tであり、研究廃棄物の再資源化率は、重量比で約95%になりました。

その他、構内清掃により回収した落ち葉、枯れ枝等は、落ち葉集積場等に集積・堆肥化する等して、廃棄物処分をしないようにし、自家処理した食堂生ゴミとともに構内の緑の保全に利用しています。



産業廃棄物置場（並木）



研究本館居室棟リサイクル室（千現）



廃棄物の種類別排出量の推移

廃棄物の種類		H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	備考		
産業廃棄物・研究系廃棄物	実験廃液	廃アルカリ	1,803kg	1,244kg	2,284kg	931kg	1,279kg		
		廃酸	4,114kg	6,119kg	6,302kg	1,717kg	1,628kg		
	廃油		0kg	0kg	0kg	8kg	0kg	循環資源量	
			2,723kg	6,374kg	4,742kg	5,907kg	6,416kg		
	固形廃棄物	ガラス・陶磁器くず		0kg	0kg	0kg	0kg	循環資源量	
				18,842kg	5,203kg	1,473kg	646kg	662kg	
		金属屑・廃プラスチック類		0kg	0kg	0kg	0kg	0kg	循環資源量
				96,295kg	91,077kg	7,799kg	1,906kg	1,914kg	
		木くず		0kg	0kg	0kg	0kg	0kg	循環資源量
				0kg	3,320kg	0kg	0kg	0kg	
	汚泥		0kg	0kg	0kg	0kg	0kg	循環資源量	
			2,085kg	5,052kg	16,552kg	4,048kg	1,402kg		
	感染性廃棄物		260kg	271kg	138kg	2kg	2kg		
	一般廃棄物・生活系廃棄物	廃棄物	可燃物	89,960kg	81,307kg	80,100kg	72,811kg	74,184kg	
不燃物			290kg	-	-	-	-		
循環資源		生ゴミ	4,594kg	6,951kg	2,267kg	5,721kg	5,029kg	自家処理	
		空き缶	4,470kg	4,315kg	3,700kg	3,895kg	3,830kg		
		空き瓶	2,990kg	2,660kg	3,255kg	2,580kg	2,990kg		
		ペットボトル	9,690kg	2,610kg	2,850kg	2,720kg	3,220kg		
		新聞	10,770kg	9,480kg	15,210kg	6,770kg	6,180kg		
		雑誌	39,160kg	28,590kg	23,890kg	24,150kg	26,160kg		
段ボール	11,760kg	11,410kg	10,190kg	11,240kg	11,560kg				

275t  
95%

廃棄物の最終処分量と循環資源量の推移

		H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	対前年度比
廃棄物の内訳	最終処分量 (循環不可廃棄物)	216,372kg	199,967kg	119,390kg	87,968kg	87,487kg	0.55% (減)
	循環資源量	83,434kg	94,972kg	161,162kg	154,361kg	334,267kg	117% (増)
	合計 (発生量)	299,806kg	294,939kg	280,552kg	242,329kg	421,754kg	
再資源化率		28%	32%	57%	64%	79%	15% (増)

## 5.化学物質等の適正管理

### 化学物質の使用状況

NIMSでは研究活動に欠かせない資材の一つとして様々な種類の化学物質を使用しています。化学物質は、取り扱いを誤れば職員等の健康被害だけでなく、環境汚染を発生させることにもなります。化学物質安全データシート(MSDS)をよく読み、その性質をよく理解すること、また、化学物質を使用する際にはドラフトチャンバーを設置している化学系実験室で行うこと等を記した安全・防災マニュアルを職員に配布し、化学物質の取り扱い等についての安全衛生教育を行い、事故防止に努めています。

ドラフトチャンバーから排出される汚染排ガスは、全て排ガス洗浄装置(スクラバー)で洗浄されて大気に放出しています。



化学実験室のドラフトチャンバー(千現)

#### 地区別ドラフトチャンバー設置数

千現地区	70台	排ガスは排ガス洗浄装置を通して大気へ放出 (前年度から10台増加)
並木地区	97台	
桜地区	8台	
合計	175台	

また、NIMS内で使用する化学物質の種類、量などを正確に把握するため、平成18年度から薬品管理システムの運用を開始し、化学物質の購入量、使用量をデータ化しています。

年間取扱量が1tを超える化学物質は、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(PRTR法)」に基づき、県への報告が義務付けられています。平成22年度は、クロロホルム及びジクロロメタンが千現地区、並木地区で年間取扱量1tを超えました。クロロホルムは、有機溶剤であり使用中に若干大気中へ蒸発しましたが、使用後は、廃棄物として適正に処分しました。

#### PRTR法に基づき届出を要する化学物質

(千現地区)	廃棄処理	大気排出	下水排出	主な用途
クロロホルム	1,300kg	13kg	0	
ジクロロメタン	1,800kg	18kg	0	
(並木地区)	廃棄処理	大気排出	下水排出	化学物質の溶剤として使用
クロロホルム	1,900kg	0	0	
ジクロロメタン	1,600kg	0	0	

(平成22年度に1t以上使用した特定化学物質)

### 作業環境測定

NIMSは、職員等が化学物質により健康障害を発生することがないように、化学物質を使用する実験室において、定期的に年2回作業環境測定を実施しています。

平成22年度は43の実験室で12物質の測定を実施しました。一部、改善の努力を要する実験室がありましたが、どれも適切な作業環境であったとの測定結果ができました。

## 研究排水の水質管理

NIMSが下水道へ放流する排水は、生活排水と研究排水です。研究排水とは、実験室の流しから排出される手洗い水や器具洗浄水で、これらの排水を研究廃水処理施設に集めて下水道に放流する前に水質測定を行っています。

生活排水系と研究排水系は、使用区域とその排水管系統が明確に区分されており、水質測定されないままの研究排水が下水道へ放流されることはありません。

研究排水を下水道に放流する場合は、下水道法により40以上の物質について水質基準値を超えないことが定められています。

NIMSのつくば3地区の研究廃水処理施設では、研究排水を貯留槽に集めて水質確認を行い、必要な処理を行った後に別の貯留槽に送って水質検査を行い、水質基準を超えていないと確認した後に下水道に放流しています。これまで水質基準を超えた排水を放流したことはありません。また、水質基準を維持するうえで、排水施設の性能の維持管理が重要です。平成22年度には、研究排水をろ過するためのろ材を交換し、常に良好な状態に設備を維持しております。

目黒地区は、化学物質を取り扱う研究を行っていないため、汚染物質が公共下水道へ放流されることはありません。

平成22年度におけるつくば3地区の研究廃水の水質は、未処理状態の貯留槽で水質基準を超えませんでした。施設内の廃水処理工程を通してよりきれいな廃水にして放流しています。公共下水道への放流状況は、3ヶ月ごとにつくば市へ除外施設維持管理報告書として報告しています。

平成22年度の排水量の内訳は下表のとおりです。

### 平成22年度排水量の内訳

地区	廃水処理施設流入量(m <sup>3</sup> )	研究廃水放流量(m <sup>3</sup> )	総排水量(m <sup>3</sup> )
千現地区	34,604	12,595	27,451
並木地区	10,949	10,610	46,220
桜地区	171	0	4,248
目黒地区	0	0	2,501
合計	45,724	23,205	80,420

公共下水道への放流は、生活排水と研究排水が合流して放流されます。

千現地区の場合、総排水量が27,451m<sup>3</sup>、研究廃水放流量が12,595m<sup>3</sup>ですから、その差14,856m<sup>3</sup>が生活廃水になります。廃水処理施設内は、処理水を使用して清掃し、汚れた水は再度処理工程へ送っています。



研究排水設備(千現)



## 平成22年度 水質測定結果

測定地区	pH		BOD		鉱油含有量		窒素		カドミウム	
	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値
千現地区	5.0~9.0	7.5	<600	<0.5	<5	検出限界以下	<380	<1.0	<0.01	<0.01
並木地区	5.0~9.0	7.6	<600	<6.7	<5	検出限界以下	<380	<1.0	<0.01	<0.01
桜地区	5.0~9.0	7.3	<600	<0.5	<5	検出限界以下	<380	<1.0	<0.01	<0.01

測定地区	鉛		総クロム		有機リン		総水銀		鉄	
	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値	規制値	実測値
千現地区	<0.05	<0.05	<1.0	<0.05	検出されないこと	検出限界以下	<0.0005	検出限界以下	<10	<1.0
並木地区	<0.05	<0.05	<1.0	<0.05	検出されないこと	検出限界以下	<0.0005	検出限界以下	<10	<1.0
桜地区	<0.05	<0.05	<1.0	<0.05	検出されないこと	検出限界以下	<0.0005	検出限界以下	<10	<1.0

表中の数値は毎月の平均値を取り単位はmg/lで、(pHは除く) 研究などに使用された廃水を下水道に放流する時にサンプリング検査(法的義務)をした分析結果です。

## PCB廃棄物の保管

NIMSは、ポリ塩化ビフェニル(PCB)を含有する施設設備は使用していませんが、過去に電気設備に使用されていたPCB含有絶縁油、PCB含有蛍光灯用安定器、高圧コンデンサ等を廃棄物として保管しています。これらは、漏えいや紛失がないよう適正に保管しています。保管状況等について、PCB特別措置法に基づき毎年茨城県へ保管状況を届け出しています。今後、国の計画する処理施設にて処分が行われる予定となっています。

廃ポリ塩化ビフェニル(PCB)等は、人の健康や生活環境に係る被害を生じるおそれがある物質です。廃棄物の処理及び清掃に関する法律は、廃PCB等を特別管理産業廃棄物のなかで特定有害廃棄物に指定しており、処理処分の施設から処分連絡があるまでは、事業者の責任において保管することになっています。



PCB廃棄物(並木)

## 大気汚染物質

ボイラー等の空調熱源機器から排出されるばい煙には、窒素酸化物等の大気汚染物質が含まれています。NIMSのつくば3地区におけるばい煙を発生するボイラー等熱源機器の燃料は都市ガスを使用しており、目黒地区は暖房用としてA重油を使用しています。

平成22年度の各地区の窒素酸化物排出量は、千現地区0.58t/年、並木地区0.85t/年、桜地区0.33t/年、目黒地区0.13t/年となり、目黒地区を除く3地区で減少傾向にあります。その主な原因は、ここ数年で冷凍機器を従来の蒸気吸収式から電気式へ変更しており、それに伴い、蒸気吸収式冷凍機を動作させるために必要なボイラーの稼働時間が短くなり、その結果、ボイラーから排出される窒素酸化物の排出量が削減できたものです。この数値は、定期に実施しているばい煙濃度測定の結果から算出しました。なお、測定結果は、すべて大気汚染防止法で定められた規制値以下でした。その他、全地区のボイラー等熱源機器は、硫酸酸化物を微量排出していますが、いずれの施設も硫酸酸化物の排出量が10Nm<sup>3</sup>/h未満であり、ばい煙中の硫酸酸化物の量の測定を要しない施設として測定は行っていません。

### 平成22年度窒素酸化物排出量とボイラー等のばい煙測定結果

地区	窒素酸化物 排出量 (kg)	NOX排出 基準 (ppm)	実測値 (ppm)	ばいじん排出 基準 (g/m <sup>3</sup> N)	実測値 (g/m <sup>3</sup> N)
千現	585	150	20~23	0.1	<0.01
並木	847	150	30~71	0.1	<0.01
桜	334	150	28~69	0.1	<0.01
目黒	126	45/90	24~61	0.05/0.15	<0.001/<0.003

※目黒地区ばいじんについては法改正により1回/5年測定となります。  
 ※目黒地区のNOX排出基準は東京都環境確保条例による。  
 ※実測値は、各地区とも複数施設の最小値から最大値を表示

### 騒音・振動・悪臭

NIMSは、騒音規制法、振動規制法の対象となる空調用の設備を設置しています。また、悪臭防止法の対象となる化学物質を使用しています。これらの騒音、振動、悪臭の測定を平成23年の2月に実施しました。騒音は、夜間において基準値の45dB以下、振動も、夜間において基準値の55dBを下回る30dB以下、悪臭は、アンモニア、トルエン、キシレン、酢酸エチルについて、基準値を下回る0.1ppm以下でした。

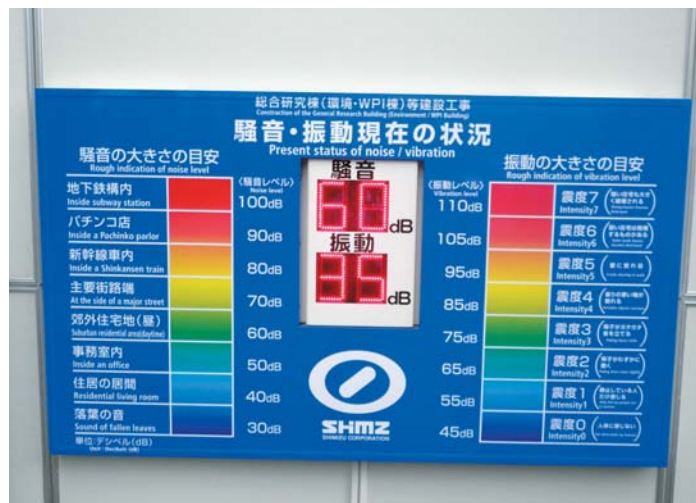
下表は、最も騒音が大きいと予想される測定場所及び規制基準値の厳しい時刻の測定値を記載しています。基準値を超える測定値はありませんでした。

〈騒音測定結果〉

測定日:平成23年2月2日

地区	規制基準値 (dB)	計量結果 (dB)	測定時刻
千現	45 (夜間)	39	21:00~21:51
並木	45 (夜間)	41	21:00~21:30
桜	55 (夜間)	37	21:43~22:06

騒音規制値:千現・並木地区(第2種区域 敷地境界):朝50dB 昼55dB 夕50dB 夜45dB  
 桜地区(第4種区域 敷地境界):朝 65dB 昼 70dB 夕 65dB 夜 55dB



新棟建設工事現場における騒音測定状況(並木)

## 6. 構内緑地の保存

NIMS構内には、多くの種類の木々があります。木々の緑は、目に優しく心が和むと誰もが感じるのではないのでしょうか。緑の効果として、夏の太陽を遮る等物理的な効果以外に、人に安らぎを与えて健康に寄与して、更には病を治す効果の研究もされているようです。

NIMSでは、近隣の方々と共に緑を楽しめるよう、敷地周辺の緑地は、特に気をつけて徒長枝の剪定や落ち葉の清掃を行っています。また、歩道や側溝のゴミも定期的に清掃しています。つくば3地区の緑地状況は以下のとおりです。

地区名	敷地面積	緑地面積	緑地割合
千現地区	149,839m <sup>2</sup>	64,485m <sup>2</sup>	43%
並木地区	152,791m <sup>2</sup>	92,203m <sup>2</sup>	60%
桜地区	44,031m <sup>2</sup>	18,091m <sup>2</sup>	41%



千現地区正門



千現地区構内

### 構内緑地の保全・整備



環境整備（並木）



## >>> 近隣地域との交流

### ・交流の実績

#### 平成22年度科学技術週間行事

平成22年4月15、18日に物質・材料研究機構の一般公開が開催され、1,707名の方が来場されました。また、4月18日に千現地区で実施された特別企画では、1,216名の方が来場されました。



## サマー・サイエンスキャンプ開催

平成22年7月28日から7月30日までNIMSにおいてサマー・サイエンスキャンプが開催されました。サマー・サイエンスキャンプとは、高校生・高等専門学校生を対象に、最先端の科学技術体験学習ができる2泊3日のプログラムです。

今年もNIMSでは、「色々な物質・材料に触れてみよう」をテーマに全国から来た20名の皆さんがNIMSの研究員と共に様々な実験を行い、また、参加者同士での親交を深めました。



## つくばちびっ子博士

平成22年8月24日につくばちびっ子博士を実施しました。当機構は ①形状記憶合金について学ぼう! ②金属の不思議 ③とても冷たい世界のできごと—超伝導のはなし—の3つのコースを実施し、58名のお子さんとその親御さんが参加しました。



## つくば科学フェスティバル2010

平成22年10月30、31日につくば市のつくばカピオにてつくば科学フェスティバル2010が行われ、NIMSも出展いたしました。当機構が実施した「キーホルダー作り」、「材料の名前当てクイズ」には長蛇の列ができ、大盛況の内に終了いたしました。





## 付 録

### つくばエリア



■千現地区(本部)  
〒305-0047  
茨城県つくば市千現一丁目2番地1  
電話:029-859-2000(大代表)  
FAX:029-859-2029



■桜地区  
〒305-0003  
茨城県つくば市桜三丁目13番地  
電話:029-863-5570(代表)  
FAX:029-863-5571



■並木地区  
〒305-0044  
茨城県つくば市並木一丁目1番地  
電話:029-860-4610(代表)  
FAX:029-852-7449



並木地区新棟建設風景  
総合研究棟(環境・WPI棟)

### 東京エリア



■目黒地区  
〒153-0061  
東京都目黒区中目黒二丁目2番地54  
電話:03-3719-2727(代表)  
FAX:03-3719-2177

### 兵庫エリア



■西播磨地区  
〒679-5148  
兵庫県佐用郡佐用町光都一丁目1番地1  
電話:0791-58-0223  
FAX:0791-58-0223



## 編集方針

NIMS環境報告書は事業年度ごとに作成し、事業年度終了後6ヶ月以内に公表します。  
分かりやすく読みやすく正確な環境報告書の発行を目指しています。



編集作業

### ■ 報告対象範囲

つくば市千現地区、並木地区及び桜地区並びに東京都目黒地区

### ■ 報告対象期間

2010年4月～2011年3月

一部に2011年4月以降の活動の見通しを含んでいます。

### ■ 報告対象分野

報告対象範囲における環境配慮活動を対象とします。

### ■ 数値の端数処理

表示桁未満を四捨五入しています。

### ■ 参考にしたガイドラインなど

環境報告ガイドライン～持続可能な社会を目指して～(2007年度版)(環境省)

環境報告書の記載事項等の手引き(平成17年12月)(環境省)

### ■ 次回発行予定

2012年9月

### ■ 作成部署及び連絡先

独立行政法人 物質・材料研究機構 総務部門総務部

〒305-0047 茨城県つくば市千現一丁目2番地1

電話:029-859-2502

FAX:029-859-2089

本報告書に関するご意見、ご質問は上記までお願いします。

### 自己評価結果

本報告書は、発行にあたり記載内容及びデータの信頼性を確保するため、内部審査を実施した結果、問題は認められませんでした。



環境にやさしい  
大豆油インキで印刷しています



この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。