

環境報告書2012

Environmental Report '12



独立行政法人

物質・材料研究機構

National Institute for Materials Science



Comment

みなさま、こんにちは。今年度も平成23年度の環境報告書を取りまとめました。どうぞご覧下さい。

東日本大震災が起こってから1年以上が経過し、その間に、環境・エネルギー問題をとりまく状況は急激に変化しています。とくに、再生可能エネルギーへの関心は格段に高まっていると言えるでしょう。私たちNIMSが、平成23年度より開始した第3期中期計画では、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの鍵をにぎる太陽エネルギー利用技術に注目し、それらを創出する基盤としての物質・材料研究を推進しています。その他にも、「地球環境・エネルギー問題を解決するテクノロジーのための材料」をキーワードに、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に関する研究も精力的に進めています。

このほど、環境・エネルギー技術に関する研究開発を集中的に行う新しい研究施設 NanoGREEN/WPI-MANA棟が平成24年3月に竣工しました。NanoGREEN/WPI-MANA棟は、最先端の研究設備を集中させ、さらに戦略的かつ異分野融合を積極的に進めることで、環境・エネルギー技術に関する研究開発を加速させることを目的としています。

また、NIMSの事業全体に関しても、環境対策への取り組みを一層進めて行く中で、NanoGREEN/WPI-MANA棟の設計・施工においても、最先端の環境配慮技術を多数取り入れています。

NanoGREEN/WPI-MANA棟に取り入れた環境配慮技術は多岐に渡ります。例えば、アトリウム の底と一体となっている太陽光発電パネルでの発電と非常用発電機及び蓄電池からなる複数電源を統合制御し、省エネルギー化を図る国内初の商用マイクログリッドシステムを導入しています。今後、このシステムをNIMS各地区の研究施設に展開していくことで、次

世代のスマートなエネルギーネットワークを構築し、更なる省エネルギー化を目指していきます。その他、LED照明器具・光触媒ガラス散水システム・日射調整ルーバー・自然換気システム・壁面緑化・屋上緑化などによる省エネルギー化を図っています。また、リサイクル環境保全の一環として、一部に再生木材とエコケーブルを使用しています。

このように多数の環境配慮技術を盛り込んだ最先端の研究施設がNanoGREEN/WPI-MANA棟です。NIMSの研究開発のアクティビティと共に、機会がございましたら、NIMSに関連する技術と総合的な環境配慮技術を活用したNanoGREEN/WPI-MANA棟も是非ご覧ください。

この報告書では、環境問題に積極的に取り組み、消費電力・ガスの抑制、リサイクルによる廃棄物削減・再資源化、グリーン調達、化学物質等の適正管理、緑地の保存について年度毎に目標/実施計画を立て、その取り組んだ内容について報告しております。全ての項目について目標通りとはいきませんが、平成23年度は、原子力発電所停止に伴う電力制限に向けて最大使用電力28%減を達成し、更に電力使用量を前年度比15%減まで節電しました。エネルギー使用量全体では12%減と大幅に削減しました。4年経過したESCO事業（Energy Service Companyの略）では、環境負荷低減と経費削減に大きく寄与しています。

NIMSは、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2012

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

23

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

37

- ・交流の実績

付 録

40

>>> 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24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、持続的发展が可能で、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。



●●桜地区からの筑波山

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24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24年度「環境目標と行動計画」においては、平成23年度から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。

平成24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)	◆環境目標 ・事業活動で消費するエネルギー使用量を平成22年度比2%以上削減する。 ・事業活動で排出する炭酸ガス排出量を平成22年度比2%以上削減する。 ◆行動計画 ・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。 ・太陽光発電設備及びマイクログリッド設備の運転を実施する。 ・照明の間引き運転を実施する。 ・冷却塔及びエレベーターを、インバータ制御に改修する。 ・水銀灯を、メタルハライドランプへ改修する。 ・蛍光灯を、人感センサー付LEDへ改修する。 ・冷暖房温度を適正に調整するとともに、運転時間を短縮する。	・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。 ・炭酸ガス排出量換算で5%以上削減する。
廃棄物の削減と再資源化	◆環境目標 ・廃棄物の再資源化を高める。 ・廃棄物の発生を着実に減少させる。 ◆行動計画 ・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。 ・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。 ・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。	廃棄物の再資源化を高め廃棄物発生の抑制を継続する。
グリーン調達	◆環境目標 ・グリーン調達は機構が調達した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。 ◆行動計画 ・グリーン調達の趣旨及びグリーン購入法適合商品の調達について職員及び納入業者へ周知徹底する。 ・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。	調達した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。
化学物質等の排出に関する適正管理	◆環境目標 ・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。 ・下水道への排出基準超過事故ゼロを継続して達成する。 ◆行動計画 ・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。 ・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。 ・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。	化学物質取扱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。
構内緑地の保存	◆環境目標 ・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。 ◆行動計画 ・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。	構内緑地帯の緑化率30%以上を継続する。

※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)

I

>>> 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及び基盤的研究開発
- ・研究開発成果の普及、及びその活用の促進
- ・機構の施設及び設備の共用
- ・研究者、技術者の養成、及びその資質の向上

>> 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(昭和31年)	7月	科学技術庁 金属材料技術研究所 設立
1966年(昭和41年)	4月	科学技術庁 無機材質研究所 設立
1972年(昭和47年)	3月	無機材質研究所が筑波研究学園都市に移転
1995年(平成7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(平成13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(平成18年)	4月	第2期 中期計画開始
2011年(平成23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我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。

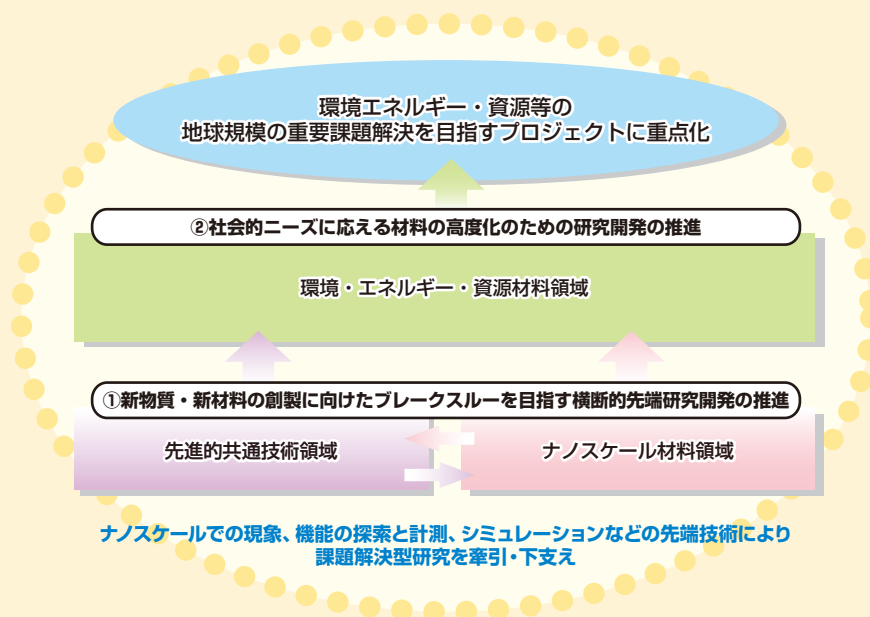
① 新物質・新材料の創製に向けたブレークスルーを目指す横断的先端研究開発の推進

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

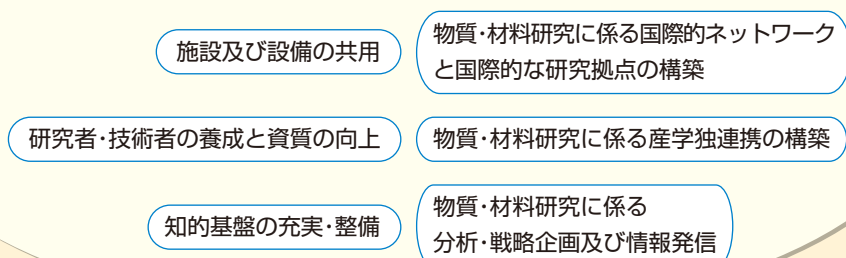
国家戦略に基づく社会的ニーズが変動する、もしくは新たに発生する可能性があり、これに柔軟に対応するため、プロジェクトを実施する過程において得られた、新たな現象の発見、当初想定していなかった用途の可能性、他分野との融合の見込み、社会が未だ認識していない潜在的ニーズなどを基に研究課題を戦略的に設定し、プロジェクト化に向けたフィジビリティ・スタディを行います。

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。

中核的機関としての活動



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
- アドバイザーボード

- 理事
- フェロー / 名誉フェロー
- NIMS顧問 / 名誉顧問 / 特別顧問
- 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
- NIMS-天津大学連携研究センター

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
- パ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
- TIAナノグリーンオープンイノベーション研究拠点
- 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
- 高輝度放射光ステーション
- 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
- 強磁場ステーション
- 材料分析ステーション

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

(平成24年4月末現在)

>> 総人員の内訳

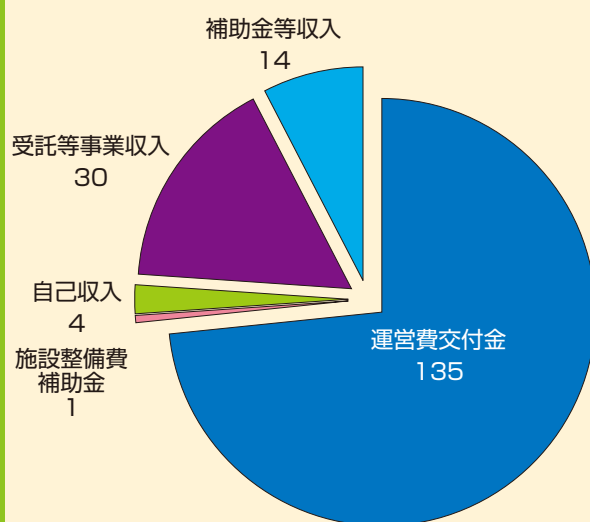
職 員		人 数	内 数	
			外国人	女 性
役 員		6	0	0
定年制職員	研究職員	382	28	25
	エンジニア職員	47	1	4
	事務職員	86	0	15
	小 計	515	29	44
キャリア形成 職員	研究職員	23	7	3
	エンジニア職員	0	0	0
	事務職員	4	0	2
	小 計	27	7	5
任期制職員		963	268	425
外部研究員	客員研究者等※	613	172	100
	リサーチアドバイザー	39	1	2
	小 計	652	173	102
合 計		2,163	477	576

※客員研究者、外来研究者、研修生

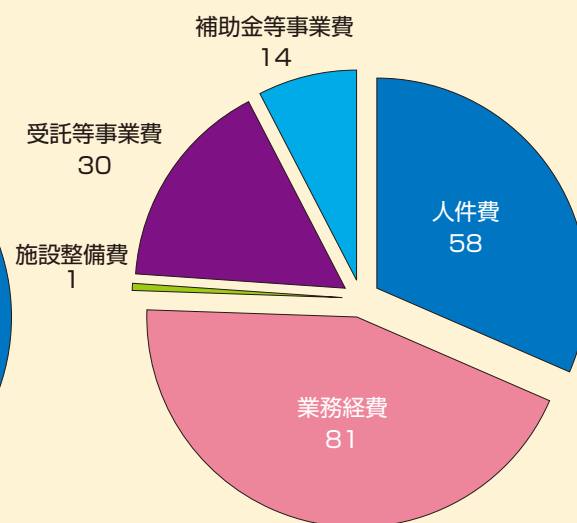
平成24年3月末現在

>> 予 算

平成24年度
(収入184億円)



平成24年度
(支出184億円)



>> 敷地・建物面積

地 区	敷地総面積/㎡	延床総面積/㎡	用途地域
千 現	149,839	65,350	第2種住居地域
並 木	152,791	58,574	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	149,354	

平成24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

廃熱から電気を生み出す粒子の簡便な製造法を開発～エネルギーの無駄を激減させる廃熱発電が低コストで実現～

電池材料ユニット エコエネルギーグループ
主任研究員 磯田 幸宏

概要

1. 自動車エンジン、工場の炉から排出される大量の熱を有効に利用して電気を作り出す廃熱発電。これをおこなう粒子を簡便で安価に製造する方法を開発した。この成果は独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝、以下NIMS）電池材料ユニット（ユニット長：高田 和典）の磯田 幸宏主任研究員と株式会社ミツバ（代表取締役社長：阿久戸 庸夫、以下ミツバ）研究部（研究部長：長島 慎一）の塩田 直樹研究員との共同研究により得られた。
2. 廃熱から電力を取り出す廃熱回収用熱電材料として注目されているのは、マグネシウムとシリコンからなる化合物（ Mg_2Si ）の粒子である。この粒子の製造法には従来2つの方法が一般的に用いられてきた。1つは原料を直接溶解して得られる化合物のインゴットを粉砕する「溶解合成法」。もう1つは、原料粉末と鋼製ボールをポットに入れ、高速で回転させて製造する「メカニカルアロイング法」である。しかし「溶解合成法」ではMgの沸点（1090℃）と Mg_2Si の融点（1085℃）が近いためにMgの蒸発による組成ずれ、粉砕工程での不純物の混入、酸化などが生じる問題があった。また「メカニカルアロイング法」では原料にMg粉末を使用するので粉塵爆発の危険があり、さらにポットやボールからの不純物の混入、得られる粒子径が小さいなどの問題があった。
3. 今回成功した製造法ではMg塊とSi粉末をカーボンボードに入れ、電気炉中でMgだけが溶ける温度で加熱するだけで Mg_2Si 化合物粒子を簡便に合成できる。大型設備を必要とせず、粉砕工程も必要ないために従来法での問題点をすべて解消でき、製造コストを大幅に下げることが出来る。また、合成する粒子の大きさも、原料のSi粉末粒径を変えるだけで、自在に調整できる。
4. Mg_2Si 化合物粒子を焼結して作った今回の粒子は、焼却炉や溶鉱炉、溶解炉などの工業炉や、自動車など、従来捨てられていた廃熱から電力を生み出す「廃熱発電」を可能にするが、この製造法により現行の3分の1以下の値段でこの粒子を供給できると考えられ、さらに量産化技術

の開発でそれ以上の低価格化を今後目指す予定である。

5. 本成果は、2011年12月19日から横浜で開催される第21回日本MRS学術シンポジウムのセッションTエネルギー材料・フロンティアで発表する。（発表日12月20日）

研究の背景

廃熱から電力を取り出す「ゼーベック効果」を持つ熱電発電材料として従来、鉛テルル化合物が知られていたが、毒性と資源量の点で問題があった。しかし、マグネシウム（Mg）とシリコン（Si）からなる Mg_2Si 化合物は、熱電変換性能が実用化の目安となる1.0を超える成果が得られ、また軽量で資源的に豊富、かつ毒性がないため、環境にやさしい廃熱回収用熱電材料として注目されている。また、軽量構造材であるMg合金への強化材や耐食性被覆材としても注目されている。

しかし Mg_2Si 化合物の合成は、Mgの沸点（1090℃）と Mg_2Si の融点（1085℃）が近いために非常に難しく、一般的な直接溶解法ではMgの蒸発を防ぐ対策が必要であった。また、 Mg_2Si 化合物粒子を得るためには直接溶解法で得られたインゴットをスタンプミルやボールミルを使用して粉砕する方法や原料粉末を鋼製ポットに鋼製ボールと共に投入して、高速で回転させて合成する方法（メカニカルアロイング法）があるが、組成ずれ、粉砕工程での不純物の混入、酸化、Mg粉末による粉塵爆発の危険など多くの課題を抱えていた。

本グループでは数年前からMg-Si系化合物を用いた熱電変換材料の高性能化研究を行ってきた。その結果、温度差500℃をMg-Si系化合物に与えると有効な最大出力が200W/mの電力を得られる世界トップクラスの材料の開発に成功した。一方で、熱電発電による廃熱からの電力回収の実用化を進める上では、熱電発電モジュールの製造単価を大幅に下げる必要性があり、 Mg_2Si 化合物の合成法と粒子の製造法の開発にも取り組んできた。

今回の研究成果

本研究では、Mg塊とSi粉末をカーボンボードに入れ、電気炉中でMgのみが溶ける温度領域（650℃から940℃）

で加熱処理するだけで、組成ずれ、不純物の混入や酸化もない均一組成を持つ Mg_2Si 化合物の粒子が簡単に得られることを見出した。この方法は、溶解法の様にMgとSiを高温（1090℃以上）で溶解して合成するのではなく、熔融したMgがSi粒子内に含浸することで Mg_2Si 合成を行う方法である。Mg粉末を使用しないので、Mg粉末による粉塵爆発の危険がない安全な方法である。さらに原料Siの粒径を調整することで、得られる Mg_2Si 化合物粒子の粒径も制御でき、希望粒径の生成率が高いもので約90%、一番低くても約30%である。廃熱回収用熱電材料として熱電性能を高めるためのドーパント（添加物）の添加を行っても同様の結果が得られており、廃熱回収用熱電材料製造において、大型設備が必要なく、製造工程の短縮によるコスト削減が期待できる。得られた Mg_2Si 化合物粒子には表面に金平糖のような突起があり表面積が大きいので、焼結性の向上や、マグネシウム合金の表面への食い込みが良く、表面被覆材としても非常に有効である。

この方法は他の無機化合物への応用も期待できる。

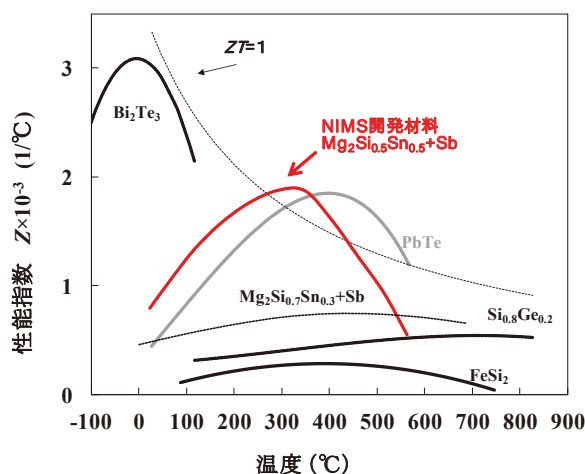


図1 NIMSの開発した Mg_2Si 化合物と現在使用されている熱電材料の性能指数

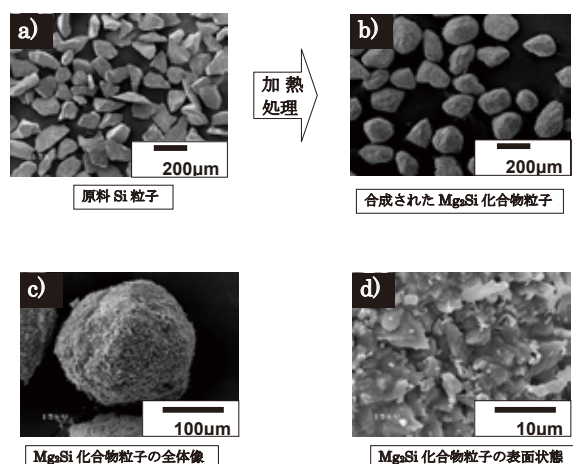


図2 原料Si粒子と合成された Mg_2Si 化合物粒子とその表面の走査型電子顕微鏡写真

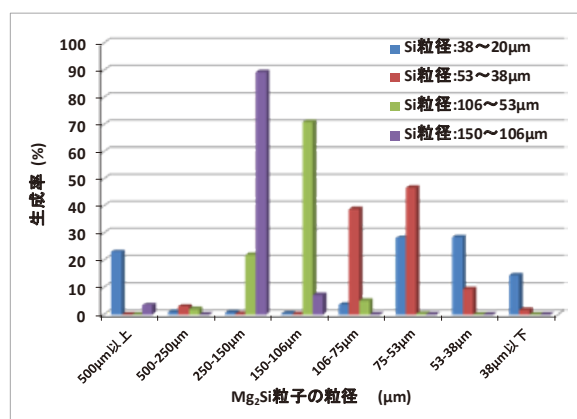


図3 原料Siの粒径の違いによる得られた Mg_2Si 化合物粒子の粒径ごとの生成率

社会への波及効果と今後の展開

この製造法は電気炉のみで化合物粒子を生成することが可能で、これまでにない簡便かつ実用的な製造法であり、用途にあわせた粒子サイズを提供できる。化合物粒子の製造価格は、大型設備が必要なく、製造工程の短縮による大幅なコスト削減が期待できるため、現行の3分の1以下に抑えることが可能である。さらに量産化によってそれ以上の低価格化を目指す。そのため低コストで環境に優しい廃熱回収用熱電モジュールが実現され、工業炉や自動車からの廃熱発電の応用が加速すると期待できる。また、マグネシウム合金への分散添加や表面被覆への利用も容易となり、強化型マグネシウム合金の値段も下がることと期待される。今後はこの製造法の量産化技術の開発と適応できる化合物の拡大を目指す。

用語解説

1) ゼーベック効果

物質に与えた温度差が電圧に直接変換される現象、この電圧を熱起電力と言う。1℃あたりの熱起電力をゼーベック係数という。

2) 熱電発電

ゼーベック効果を利用して温度差を電力に変換する発電方式

3) 熱電変換性能

ゼーベック係数の二乗を抵抗率と熱伝導率で割った値を性能指数(Z)、実用化にはこの値と絶対温度(T)を掛けたZTが1より大きいことが必須条件となる。

4) 有効な最大出力

得られる電力は試料の高さ、断面積によって大きく変わるため、試料に温度差を与えたときに得られる最大電力を比較するために、試料サイズをメートル単位あたりとした値。

高速充電デバイス キャパシターの大容量化に成功 ～航続距離の長い電気自動車、自然エネルギー利用に大いなる期待～

先端材料プロセスユニット 一次元ナノ材料グループ
グループリーダー 唐 捷

概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）先端材料プロセスユニット（ユニット長：目 義雄）の一次元ナノ材料グループ唐 捷（トウ ショウ）グループリーダーおよび程 騫（チェン チェン）NIMSジュニア研究員は、電気を蓄える役割をする「キャパシター」のエネルギー密度を飛躍的に向上することに成功した。これは、シート状のナノ物質であるグラフェンを層状に積み重ね、その間にカーボンナノチューブを挟み込む新しい電極を開発することで実現した。
2. 現在、電力利用の効率化と省エネ化、再生エネルギーの効率的利用のため、ニッケル水素電池などのバッテリー開発が推進されている。キャパシターはバッテリーに比べ、出力密度が大きく急速な充放電が可能で、例えば自動車のブレーキエネルギーの大半を回収することができ、充電も短時間で完了する。さらに、耐久性に優れ長期間にわたり繰り返しの充放電が可能で、安全でもある。しかしながら、キャパシターはエネルギー密度が低く、大容量化が困難だという欠点があった。
3. 唐らは、米国ノースカロライナ大学のグループと共同で、エネルギー密度を飛躍的に向上させるため、比表面積が $2630\text{m}^2/\text{g}$ と従来材料に比べ格段に大きいグラフェンをキャパシター電極のベース材料とし、併せて電解液イオンがグラフェン表面に多量に吸着できるように、カーボンナノチューブをスペーサーとして挿入したグラフェン積層を開発した。このグラフェン積層を電極に用いることにより、エネルギー密度（電極材料） 62.8Wh/kg 、出力密度 58.5kW/kg の高性能化を実現した。さらに電解液にイオン液体を用いることにより、 155.6Wh/kg とニッケル水素電池と同等のエネルギー密度を得ることに成功した。
4. 本研究で開発されたキャパシターは、エネルギー効率・省エネ効果の大きい電気自動車用キャパシター、エネルギー変動の大きい再生エネルギー利用に適しており、低コストで量産性にも優れるので、実用化が大いに期待される。
5. 本研究成果は、Physical Chemistry Chemical Physics誌に近日中に掲載される予定である。

研究の背景

ガソリン自動車のエネルギー効率は8.6%であるが、電気自動車では35%となる^{注1}。（注：「慶應義塾大学環境情報学部 清水 浩教授試算による。http://www.nrw.co.jp/file/seminare_jp/Shimizu_jp.pdf 石油に含まれるエネルギーを100%、電気自動車を動かす電気は全て石油から作ったと仮定し試算）

一方、ガソリン自動車のブレーキエネルギー等によるエネルギー損失は5.8%に達しているが、ハイブリッド自動車で使用されるバッテリーでは損失エネルギーの50%以下しか回収できない。

キャパシターは耐久性がよく、充放電寿命が10万回以上とニッケル水素電池の100倍以上ある上に、出力密度が大きいため充放電にかかる時間が極端に短い。そのためブレーキ時の損失エネルギーの90%以上回収できる利点もある。キャパシターは、出力変動の大きい電気自動車や再生エネルギーに最適な蓄電デバイスであるが、エネルギー密度が低い、電気自動車では航続距離が短くなるなどの欠点があった。表1にキャパシターとニッケル水素電池の特性比較を示している。

表1 キャパシターとニッケル水素電池の特性比較

	キャパシター	ニッケル水素電池
寿命（充放電回数）	2,000～500,000	500～1,000
充放電時間	1～60秒	1～12時間
使用温度	-40～125℃	-10～50℃
エネルギー密度（Wh/kg）	1～100	30～100

キャパシターのエネルギー密度を増大させるには、キャパシター電極の表面積を大きくする必要があり、出力密度を大きくするには高導電性とする必要がある。このような電極材料として炭素原子1個の厚さのグラフェンが出現した。グラフェンと、現在使用されている炭素粉末や研究途上のカーボンナノチューブとの比較を表2に示す。グラフェンは比表面積、導電性とも従来材料より格段に大きいことがわかる。このグラフェンの特性を効果的に活かした積層構造を作れば、従来の性能を大幅に超えるキャパシターが実現できるはずである。

表2 グラフェンの電極特性

電極素材	比表面積（ m^2/g ）	導電性（S/cm）
グラフェン	2630	10^6
活性炭素粉末	300-2200	300
カーボンナノチューブ	120-500	10^4 - 10^5

研究成果の内容

唐らは、米国ノースカロライナ大学のグループと共同で、化学的処理によりグラファイトからグラフェンを作製し、グラフェン同志の間にカーボンナノチューブをスペーサーとして挿入した積層構造を創製した。この積層グラフェンをキャパシター電極としたところ、従来にない高性能キャパシターを開発することに成功した。この研究成果はPhysical Chemistry Chemical Physicsに採択され、近日中に掲載される予定である。

(1) カーボンナノチューブスパーサーによるグラフェン積層構造化

電解液イオンを吸着するグラフェンシートを図1に示す。グラファイトから作製したグラフェンを分散させた水溶液に、カーボンナノチューブ分散水溶液を添加した。グラフェンとカーボンナノチューブの相互親和力により、グラフェン表面にカーボンナノチューブが接着した複合構造が得られた。濾過すると、カーボンナノチューブがグラフェン間のスパーサーとなり、また、グラフェン間を電氣的・機械的結合させた層状のグラフェンフィルムが得られた(図2)。この層状のフィルムは、カーボンナノチューブをスパーサーとしているため、1枚1枚のグラフェン表面に電解液が浸透し、多量の電解液イオンを吸着する。このことにより、グラフェンの表面積を最大限に利用でき、エネルギー密度を飛躍的に増大させることができる。また、カーボンナノチューブはグラフェンフィルムの電気導電性を高め、出力密度を増大させる。このような構造のグラフェンの作製は初めてであり、特許出願(唐ら:特願2010-269093)している。

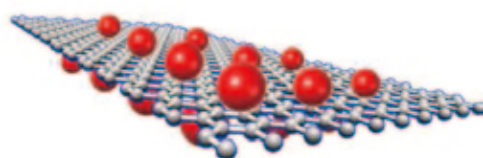


図1 電解液イオン(●)を吸着するグラフェンシート

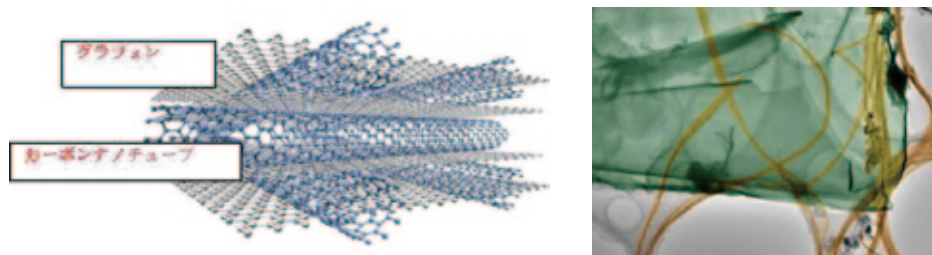


図2 左図:カーボンナノチューブがスパーサーとしてグラフェンの間隔を広げ電解液イオンを流入させるとともにグラフェンを電氣的・機械的に接合させる。右図:グラフェン表面に接着したカーボンナノチューブの透過型電子顕微鏡写真。

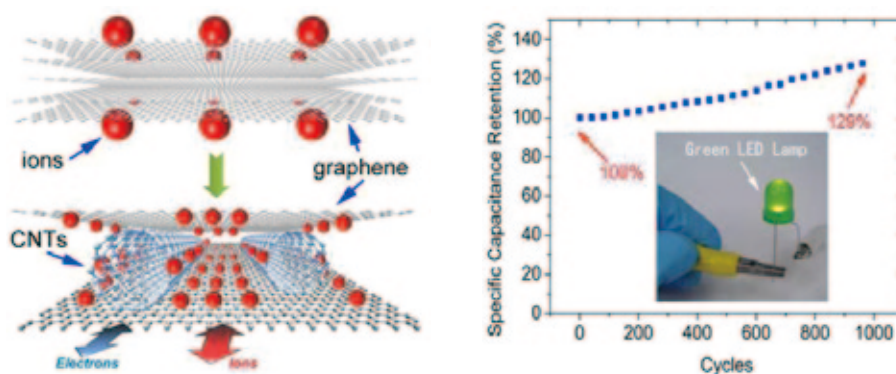


図3 左図:カーボンナノチューブのスパーサーにより電解液イオンがグラフェン表面に流入し、吸着されやすくなる。右図:電解液イオンの吸着量は繰り返し使用により次第に増加し、静電容量(Capacitance)は1000回の繰り返しにより20%増加した。このトレーニング効果の実験は図中のLEDランプの点滅により行った。

(2) 高エネルギー密度のグラフェン積層電極キャパシタの開発

グラフェン積層のフィルムを高純度チタンの集電極に接合させた電極を作製し、電解液を含浸させ、セパレーターを挟んだ2電極方式のキャパシターを試作してキャパシター特性を計測した。グラフェン積層電極は水性電解液では安定した電圧-電流特性を示し、有機電解液では電極材料のエネルギー密度62.8Wh/kg、出力密度58.5kW/kgの従来にない高性能のキャパシター特性が得られた。電解液にイオン液体を用いるとエネルギー密度はさらに増大し、155.6Wh/kgのエネルギー密度が得られた。これらの値は従来のキャパシター特性値を大幅に上回っている。これは現在用いられているニッケル水素電池に匹敵する。

(3) グラフェン積層電極キャパシターのトレーニング効果

キャパシターは耐久性に優れており10万回の充放電に耐えられるが、今回、開発したグラフェン積層構造電極は、繰り返し充放電により、性能がいささかも劣化することなく、逆に性能が少しずつ向上した(図3)。これは充放電の繰り返しにより、グラフェン積層間への電解液イオンの流入が容易となり、電解液の流入・出がより高速・多量となり、電解液イオンの吸着量が増加するためと考えられる。繰り返し使用により性能が上昇するキャパシターのトレーニング効果は、初めての発見である。

社会への波及効果と今後の展開

(1) 電気自動車普及、スマートグリッド構築の促進

グラフェン積層電極キャパシターはエネルギー密度がニッケル水素電池を大幅に上回り、出力密度は10倍以上である。そのため、発停車は多いが長距離の航続距離を必要としない都市型の電気自動車には最適である。充電時間はバッテリーの1/10以下であり、使い易く、故障が少ないため、電気自動車の普及に大いに貢献すると期待される。今、社会が必要としている自動車のエネルギー高効率化、省エネ化を推進するキャパシターである。

また、太陽光発電、風力発電等の再生エネルギーが期待されているが、これら変動の大きい分散型のエネルギー源を大幅に活用するには、エネルギー蓄積と平準化が必要であり、出力密度の大きい大容量のキャパシターが必要となる。グラフェン積層電極キャパシターは、分散型エネルギーを繋ぐキーデバイスになると期待される。

(2) 高性能、低コスト、量産性、耐久性と使い易さでキャパシターの市場性を高める

電極に用いるグラフェンはグラファイトの酸化還元処理によって得られ、カーボンナノチューブとの複合化も分散水溶液を混ぜ合わせるだけで作製される。原材料のグラファイトは多量に産出し、価格はリチウムの1/10以下である。作製プロセスも現在のキャパシター電極材料の活性炭粉末に比べると、極めてシンプルで量産性に優れ、低コストとなる。また、グラフェン積層電極キャパシターは短時間充電が可能で、電気自動車の場合、今後整備される道路上の充電機器やワイヤレス充電に十分対応できる便利さがある。耐久性もよく、長期間の繰り返し使用によっても些かも劣化しない。今後、広範に使用されることが期待されるキャパシターである。

(3) 今後の展開 ～グラフェン積層キャパシター性能を一層高める～

グラフェンを用いることにより、従来にない高性能のキャパシターを試作できたが、まだグラフェンの潜在する特性を出し切っていない。炭素原子1個の厚さによる特異な現象であるナノポアの利用や架橋を利用したグラフェン積層間隔の最適制御などにより、エネルギー密度はさらに倍以上に増大させることが可能と考えている。

用語の説明

1) キャパシター

蓄電装置の一つ。化学反応を利用する電池とは異なり、キャパシターは電気を電子のまま蓄える。そのため、急速な充放電が可能である。その原理に由来して、電気二重層キャパシターとも呼ばれる。

2) カーボンナノチューブ

炭素原子から成る六員環ネットワークを筒状にした細長い物質。直径は0.4 から数十nmであるが、長さは数μm以上、数mmに達することもある。構成元素が炭素であるにもかかわらず、よく知られるダイヤモンドや黒鉛とは全く異なる性質を持っており、様々な応用が期待される材料。

3) グラフェン

グラフェンは、1原子の厚さの共有結合の炭素原子シートで、炭素原子とその結合からできた蜂の巣のような六角形格子構造をとっている。グラフェンの炭素間結合距離は約0.142nm。グラフェンは炭素原子1個の厚さのため、不安定であり、そのことによる特異な現象を示す。また、カーボンナノチューブと同様な特性を示すが、特に、比表面積 (m^2/g) が大きく、キャパシター電極として最適である。

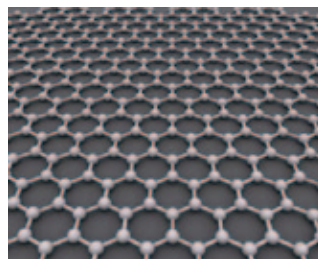


図 グラフェンの構造

4) エネルギー密度と出力密度

エネルギー密度はキャパシターが重量当たりあるいは体積当りに貯められるエネルギー量をいい、ここでは、Wh/kg で表す。出力密度はキャパシターが貯めたエネルギーを放電により発生するパワーで、ここではkW/kgで表す。

5) イオン液体

通常「塩」は食塩のように固体であるが、塩を構成するイオンをサイズの大きいある種の有機イオンに置換すると、融点が低くなり、室温でも液体状態となる。ここでは、イオン液体として、1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethane sulfone) imide (EMI-TFSI) を用いた。

6) 2電極方式キャパシター

最もシンプルな構造の電気二重層キャパシター(ここで開発しているタイプのキャパシターでスーパーキャパシターとも呼ばれる)で、その断面の構成は、集電極、電解液を含浸させた電極、セパレーター、電解液を含浸させた電極、集電極からなる。ここでは、集電極に純チタン、電解液はKCl水溶液、有機電解液及びイオン液体、セパレーターにはポリプロピレンを用いた。

フラーレンナノウィスカーの超伝導化に成功 ～軽量でフレキシブルな超伝導素材の誕生に大きく前進～

超伝導線材ユニット
ナノフロンティア材料グループ
グループリーダー 高野 義彦

超伝導線材ユニット
ナノフロンティア材料グループ
主席研究員 竹屋 浩幸

先端材料プロセスユニット
フラーレン工学グループ
グループリーダー 宮澤 薫一

概要

1. 独立行政法人 物質・材料研究機構（理事長：潮田資勝、以下NIMS）は、フラーレンナノウィスカーの超伝導化に成功した。フラーレンナノウィスカーは、ナノサイズのカーボン素材で、軽くて細長いファイバー形状をしている。従来の超伝導物質は、超伝導転移温度の比較的高いものは主として金属間化合物やセラミックスであり、それらは重量が大きく硬い材料が多かった。今回の研究により、糸状や布状の『しなやかで軽い超伝導体』という、超伝導の新たな素材開発が可能になる。

本研究成果は、ナノフロンティア材料グループの高野義彦グループリーダー、竹屋浩幸主席研究員、フラーレン工学グループの宮澤薫一グループリーダーらの共同研究によって得られた。

2. 超伝導は、電気のエネルギーをロス無く輸送できるため、環境エネルギー問題解決の切り札として期待されているが、これを軽量の炭素で実現させようと注目されているのがフラーレンである。フラーレン C_{60} とは、炭素原子がサッカーボール状に配列した炭素素材で1985年に発見された。カリウムを少量添加すると超伝導になることが発見され、炭素が材料であることから、『軽い超伝導体』として大いに期待されていた。しかし、これまで一般に用いられている反応法では、フラーレン原料のうち超伝導になる割合が1日の処理で1%以下ときわめて低いため、良質な超伝導体を得ることが難しかった。

3. 今回の研究では、フラーレンから合成できるナノサイズの糸状物質であるフラーレンナノウィスカーにカリウムを添加し、熱処理を施すことにより、超伝導を発現させることに世界で初めて成功した。超伝導化しても、細長いファイバー状の構造を保っている。しかも、1日の熱処理で試料のほぼ100%が超伝導になっていることが分かった。磁化測定結果より、超伝導転移温度は約17Kであり、さらに、臨界電流密度は磁場中においても $10^5 A/cm^2$ 以上と非常に高く、磁場の増加に伴い臨界電流密度の減少が少ない、優れた超伝導素材であることが明らかになった。

4. 高温超伝導体を始め MgB_2 など、超伝導転移温度の高い材料は硬くもろいものが多く、電線など線状に加工するためには高度な技術が必要だったが、今回得られたフラーレンナノウィスカー超伝導体は、最初から軽く細長いファイバー形状をしており、超伝導化した後も細長いファイバー形状を保っているため、束ねて糸状、さらには布状など、今後、多彩な形態の超伝導材料が生み出せるものと考えられ、軽くてフレキシブルな超伝導体の実現に大きく前進した。

5. 本研究成果は、文部科学省の科研費・特定領域研究（研究総括：谷垣勝己・東北大学教授）の研究課題「炭素系化合物の物質探索」（研究代表者：高野 義彦）及び「ノベルナノカーボンの開発と機能化」（サブテーマリーダー：宮澤 薫一）の一環として得られた。2012年1月5日から物質・材料研究機構で行われる、特定領域研究会議で発表する予定である。

研究の背景

フラーレン C_{60} は、1970年に大澤映二が存在の可能性を理論的に予言し、1985年ハロルド・クロトー、リチャード・スモーリー、ロバート・カールらによって発見された物質である。この発見により、3人は1996年度のノーベル化学賞を受賞した。1990年にクレッチマー、ハフマンが抵抗加熱法による大量合成法の開発と単離同定に成功して以降、炭素のみからなるサッカーボール状の面白い構造もあって化学的性質・物理的性質が盛んに研究されるようになった。

1991年にベル研究所の研究者らによって、カリウムなどの元素を少量添加することによって超伝導になることが発見され、超伝導体としての研究がはじまった。超伝導転移温度（ T_c ）は添加元素や量によって変化し、カリウム（K）添加フラーレン K_3C_{60} （ $T_c=19.0K$ ）、ルビジウム（Rb）セシウム（Cs）添加フラーレン $RbCs_2C_{60}$ （ $T_c=33K$ ）、セシウム（Cs）添加フラーレン Cs_3C_{60} （ $T_c=38K$ ・高圧力下）など一連のアルカリ金属添加フラーレン超伝導体が存在し、分子性結晶の T_c としては最も高い。また、炭素という軽元素物質であることから、新しい応用が可能な『軽い超伝導材料』が誕生するとして期待されてきた。

ところが、これまで一般に用いられているアルカリ金属の直接反応法では、フラーレン原料のうち超伝導になる体積分率が1日の熱処理で1%以下、3週間でも35%と超伝導相の収量が低く、その応用には至っていなかった。

成果の内容

フラーレンナノウィスカーは、フラーレンを原料にした糸状の結晶で、さまざまな長さのものが作製できる。（図1）

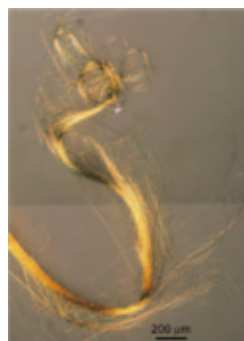


図1 糸状になったフラーレンナノウィスカーの光学顕微鏡像

今回使用したC₆₀物質は、宮澤グループリーダーらが、フラーレンの良溶媒飽和溶液にフラーレンの貧溶媒を重層する液-液界面析出法(LLIP法)により作成した糸状の結晶で、フラーレンナノウィスカーと呼ばれている[平均長さ4.4ミクロン、平均直径0.5ミクロン]。

まず、フラーレンナノウィスカーのC₆₀1当量に対して約3当量のカリウムを石英管に真空封入し、カリウムの蒸気を利用した添加実験を200℃で行った結果、約24時間の熱処理で、超伝導相の収量がほぼ100%になる試料が得られた。こうして作ったフラーレンナノウィスカー超伝導体の走査電子顕微鏡像を図2に示す。カリウムを添加しても結晶が崩れることは無く、細長いファイバー状の構造を保っている。磁化測定より求めた臨界電流密度は、5Tの磁場中においても10⁵A/cm²以上と非常に高く、磁場の増加に伴い減少が少ないことが明らかになった(図3参照)。

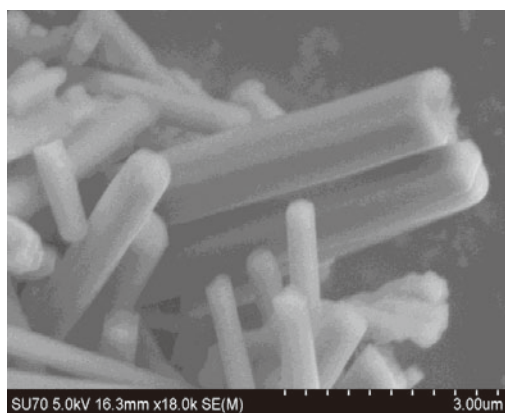


図2 フラーレンナノウィスカーの走査電子顕微鏡像(写真横幅で約6ミクロン)

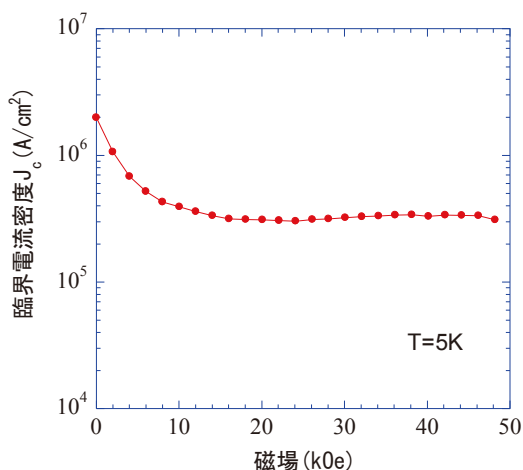


図3 フラーレンナノウィスカー超伝導体の臨界電流密度(5K)。磁場の強さが変化しても臨界電流密度は一定を保つ範囲が広く、優れた超伝導特性を有する。

本研究により、フラーレンナノウィスカーが超伝導になることが世界で初めて明らかになり、その超伝導転移温度はT_c=17Kであった。同時に同温度・同時間の実験を行った従来のフラーレンを用いたカリウム添加での超伝導相収量は1%に満たなかった。今回用いたフラーレンナノウィスカーに

よる超伝導相収量が格段に高い理由は、LLIP法による生成過程で内部に生じたナノサイズの間隙が、カリウムの拡散を促進し短時間で超伝導相が形成されたものと考えられる。また、ルビジウムやセシウムなどのアルカリ金属を用いることで、さらに超伝導転移温度の上昇が期待される。

波及効果と今後の展開

これまで、フラーレンは全体を超伝導体にすることが極めて難しく、バルク体超伝導材料としての応用が考えられていなかった。今回用いたLLIP法では、フラーレンナノウィスカーのみならず、それを束ねた糸状、布状など多様な形状の素材・材料が得られることが知られている。

高温超伝導体を始めMgB₂など、超伝導転移温度の高い材料は硬くもろいものが多いため、電線など線状に加工するためには高度な技術が必要だったが、今回得られたフラーレンナノウィスカー超伝導体は、最初から軽く細長いファイバー形状をしており、超伝導化した後も細長いファイバー形状を失っていない。超伝導の研究において、細長いファイバー状の原料を超伝導化できたことは世界でも初めての成果であり、しかも、ありふれた元素でできた軽くてしなやかな炭素材料が主原料である。このことは、今後、この超伝導体を束ねて糸状、さらには布状など、多様な形状に容易に加工することができることを意味している。

今回の研究により、従来の超伝導体の概念とは大きく異なる『軽くてフレキシブルな超伝導材料』という新たな超伝導素材の誕生に大きく前進した。今後、多彩な形態の超伝導材料が生み出せるものと考えられ、ファイバー状の軽い超伝導体の特徴を生かした応用研究に弾みがつくものと期待される。

用語解説

1) 超伝導転移温度T_c

超伝導体を超伝導転移温度T_c以下に冷却すると、ゼロ抵抗状態が出現する。ゼロ抵抗状態では、まったくロスなく電流を流し続けることが可能で、将来の環境エネルギー材料として注目されている。その他、将来の超伝導コンピューターに応用可能なジョセフソン効果やマイスナー効果なども、超伝導にのみ現れる特別な現象である。なお、臨界電流密度とは、ゼロ抵抗状態で流す事ができる最大の電流密度である。

2) K (ケルビン)

絶対零度 (-273.15℃) をゼロ度と定義した温度の単位。絶対零度より低い温度は存在しない。参考として、液体ヘリウム温度は約4.2K、液体窒素温度は約77K、室温は約300Kである。

電気抵抗ゼロの原子一層の物質を世界で初めて実証—超伝導素子の高性能化に貢献—

国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点 ナノ機能集積ユニット
ナノ機能集積グループ
MANA研究員 内橋 隆

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トゥクス研究拠点（拠点長：青野 正和）の内橋 隆MANA研究者と中山 知信主任研究者らの研究グループは、シリコン表面の金属原子一層の物質が電気抵抗ゼロとなる超伝導特性を発現することを発見した。
2. 現在主流の半導体素子を用いた集積回路は動作時に膨大な発熱を伴い、省エネルギー・環境保全の観点から大きな問題となっている。これを根本的に解決する有力な候補として、超伝導を利用した演算素子が注目されている。また一方で、完全な情報安全性を保证する通信手段として超伝導素子による単一光子検出器を用いた量子情報通信の研究が進んでいる。今後の実用化への課題としてそれぞれ高集積化や高効率化などを進める必要があり、そのためには超伝導材料を微細化・薄膜化することが有効であると考えられる。
3. 内橋らは、シリコン表面上に特殊な構造をもって配列したインジウム原子一層のみの物質に着目し、低温に冷やすことによって電気抵抗がゼロになり超伝導を示すことを世界で初めて観測した。さらにこの物質に流す電流を増やしていったところ、電流密度に換算して、最高で 6.1×10^9 A/m²という大きな電流を流すことができた。超伝導の原理から、固体表面という極度に狭かつ乱れの多い領域に超伝導電流（＝電気抵抗ゼロの電流）を流すのは難しいだろうと予想されていたが、この予測を覆すことができた。
4. 本研究によって、超伝導材料を原子レベルの極限まで薄くできることを明らかにした。これにより、超伝導演算素子のより一層の微細化・集積化や、超伝導検出器の高効率化・高速化を追求する研究が加速するものと考えられる。
5. 本研究成果は米国物理学会雑誌Physical Review LettersにEditor's Suggestion（注目論文）として近日中に掲載される予定である。

研究の背景

現在コンピューターの内部での情報処理は、半導体素子の集積回路によって行われている。集積回路の微細化・高速化に従って情報処理能力は1年半で2倍になるという驚異的なペースで増えており、一方インターネットやスマートフォンなどの普及によって情報通信量もそれを上回る猛烈なスピードで増大している。ここで問題となってくるのは、半導体素子では電流を流すことに伴う発熱があり、合計すると膨大なエネルギーを消費することによって、情報処理に必要な消費電力はすでに無視できない量になっている。（文部科学

省科学技術政策研究所、科学技術動向<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt063j/index.html>）このことは温暖化ガスである二酸化炭素の排出やエネルギー資源不足の問題にも深刻な影響を与えて始めている。とりわけ、原子力エネルギー政策の転換が検討され、自然エネルギーへの移行もすぐには期待できない中で、大幅な省エネルギー化は避けては通れない社会的な問題となっている。他方、現代の高度情報化社会において、盗聴などの危険を常にはらむインターネット上で安全に情報をやりとりすることもまた非常に重要な問題になっている。通信の安全性を保つために暗号システムが一般に用いられているが、これを解読するための情報処理能力も飛躍的に向上しており、今後も現在の暗号システムが安全であるという保証はない。そのため、より安全な情報通信技術の開発が求められている。

これらの課題を解決すると期待されているのが、超伝導¹⁾を利用した単一磁束量子素子²⁾であり、超伝導単一光子検出器³⁾を用いた量子暗号通信⁴⁾である。前者は超伝導のもつ電気抵抗ゼロの特性を活かし、演算速度を大幅に向上させながら同時にエネルギー消費量を半導体素子に比べて何桁も小さく押さえることができる。（超伝導Web21 http://www.istec.or.jp/web21/pdf/11_10/all.pdf）また、後者は微細な超伝導素子が極微弱な光によって大きな影響を受けることを利用して、量子暗号通信の基礎となる単一光子検出を実現している。（電子情報通信学会誌<http://www.ieice.org/jpn/books/kaishikiji/2007/200708.pdf>）

今後の実用化への課題としては、単一磁束量子素子については半導体素子に匹敵するレベルの微細化・集積化であり、超伝導単一光子検出器については高効率化・高速化である。いずれの場合も使用されている超伝導材料の薄膜化・微細化が重要であるが、超伝導は非常に多数の電子の協調現象であるため、一般に素子がある程度以下のサイズに微細化するのは難しいと考えられてきた。また、微細化に伴い、材料の欠陥の影響が顕著になってくる。たとえ原子一層まで超伝導体を薄くできたとしても、そこに実用的な大きさの超伝導電流を流すことはできないだろうと予測されていた。これは超伝導素子にとっての原理的な制約と考えられていた。

今回の研究成果

内橋らは究極的に薄い超伝導体を実現するために、半導体素子で使われるシリコンの表面にインジウム金属が一層だけ配列した特殊な物質（固体表面物質⁵⁾）に注目した。この物質を用いて昨年、中国のグループが低温で超伝導固有の性質を観測していたが、応用上最も重要な特性である電気抵抗を測定したわけではない。そのため、本当に電気抵抗がゼロになるのか、またそうならどの程度の大きさの電流を抵抗ゼロのまま流すことができるのかはわかっていなかった。今回、内橋らはこの固体表面物質に電極をとりつけて測定し、2.8K（約-270℃）の低温で電気抵抗がゼロになるこ

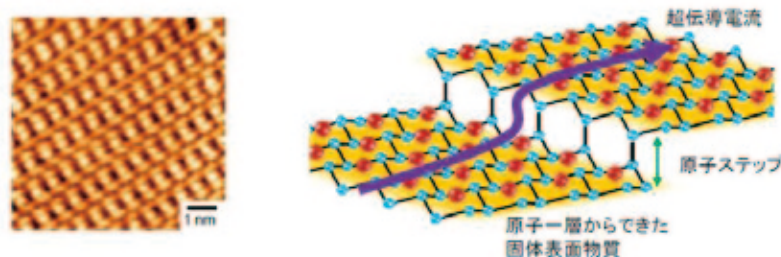


図1 (左図) シリコン表面にインジウム原子が一層だけ配列した固体表面物質の走査トンネル顕微鏡写真。(右図) 同じ物質の原子モデル。原子ステップを超えて、超伝導電流が流れる様子を模式的に示している。

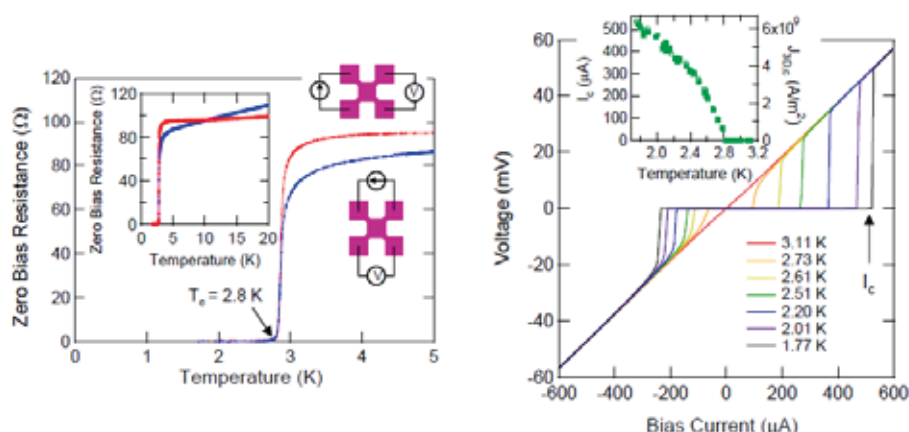


図2 (左図) インジウム原子一層からなる固体表面物質に電極を取り付けて測定した電気抵抗 (Zero Bias Resistance) の温度変化。挿入図はより広い温度領域での変化を示す。温度 (Temperature) が2.8 K で抵抗値がゼロに変化する。(右図) 温度を変えながら測定した電流 (Bias Current) - 電圧 (Voltage) 特性。電流が臨界電流値 (I_c) に達したときに、超伝導が破壊されて、通常の抵抗をもつ状態にスイッチする。挿入図は、 I_c とそれから求められた臨界電流密度 ($J_{3D,c}$) を温度の関数でプロットしたもの。

とを世界で初めて観測した。

またこの物質に流す電流値を増やしていき、どこで電気抵抗ゼロの超伝導性が破壊されるかを詳細に調べた。その結果、電流密度に換算して、最高で 6.1×10^9 A/m² という大きな電流を流すことができることがわかった。この値は、バルク材料でできた超伝導磁石における典型的な値の 10^{10} A/m² と同程度の大きさである。このような大きな超伝導電流がたった一層の原子層に流れることは、これまでの予想を覆すものである。また、流すことのできる超伝導電流の大きさは、固体表面上にある単原子高さの段差 (原子ステップ⁶⁾) で制限されていることが示唆された。原子ステップがない平坦な領域には、さらに大きな超伝導電流を流すことができると期待される。

今後の展開と波及効果

本研究によって、超伝導材料を原子レベルの極限まで薄くできることが実証された。これにより、超伝導演算素子を微細化・高集積化して半導体素子の置き換えを目指す研究が加速するものと考えられる。また、超伝導単一光子検出器の場合も、素子のサイズを小さくすることで検出を高効率化し、量子情報通信の速度を上げることが期待できる。どちらの場合でも、大きな超伝導電流を流すことができる点は、素

子の低ノイズ性、高信頼性、高速性を追求する上で大きな利点となる。また、本研究ではシリコンという半導体産業でこれまで最も使われてきた材料を基板に用いているため、従来のデバイス作製プロセスも援用できると期待される。今後は、この物質を保護化してさまざまなデバイス作製プロセスに耐えられるようにすること、よりデバイス動作を容易にするために超伝導転移温度を上げることが当面の課題となる。

掲載論文: Macroscopic Superconducting Current through a Silicon Surface Reconstruction with Indium Adatoms: Si (111) - ($\sqrt{7} \times \sqrt{3}$) - In

著者: Takashi Uchihashi, Puneet Mishra, Masakazu Aono, and Tomonobu Nakayama

掲載誌: 米国物理学会雑誌 Physical Review Letters (Editor's Suggestion (注目論文) として掲載予定)

用語解説

1) 超伝導

物質が低温で電気抵抗ゼロになった状態のことを指す。物質中に存在する電子が極めて多数のペアを作り、お互いに協調して運動することで電気抵抗を受けなくなることによって生じる。通常の物質中では、電子はまっすぐに進むことはで

きず、必ず電気抵抗を受ける。厳密には、完全に磁場を排除する性質なども含めて超伝導状態を定義する。超伝導電流は、電気抵抗ゼロのまま流れる電流のこと。

2) 単一磁束量子素子

超伝導体で作った素子の中に捕らえた磁束（磁場）の出し入れによって動作する演算素子の一種。従来の半導体素子に比べて非常に高速でしかも桁違いに低い消費電力で動作し、集積回路として動作することもすでに実証されているため、次世代のコンピューターチップとしての応用が期待されている。

3) 超伝導単一光子検出器

超伝導体をナノスケールに加工して作製した細線や薄膜では、光によってその超伝導の性質が破壊され、通常の電気抵抗のある状態に戻ることを利用した光検出器。非常に高い感度があり、光の粒子としての単位である光子の一個分を検出することが可能である。

4) 量子暗号通信

光のもつ量子力学的性質を利用して、暗号を送る情報通信技術。万が一盗聴されてもその痕跡が通信者に知られるため、盗聴されていない情報のみを送ることができる。このため原理的に完全な安全性を保って通信することが可能になる。量子暗号通信は個々の光子に情報を担わせるため、その実現には単一の光子を検出する技術が非常に重要になる。

5) 固体表面物質

半導体などの固体の表面に一層程度の金属原子などが配列してできた特殊な物質。通常のバルク材料に使われる物質とは全く異なる性質を示すことが多い。

6) 原子ステップ

固体の表面上に自然にできた原子程度の大きさの段差（ステップ）のこと。現実の固体表面には必ず存在し、化学反応や結晶成長などにおいて重要な役割を果たすと言われている。

色素増感太陽電池で世界最高効率を5年ぶりに更新

太陽光発電材料ユニット
ユニット長 韓 礼元

概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）（以下「NIMS」という）太陽光発電材料ユニット（ユニット長：韓 礼元）は、独立行政法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（CREST）研究領域「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」（研究総括：山口 真史 豊田工業大学 大学院工学研究科 主担当教授）、研究課題「色素増感太陽電池におけるデバイス物性に関する研究」において色素増感太陽電池の世界最高効率を更新しました。
2. 色素増感太陽電池の最高エネルギー変換効率¹⁾は2006年以降11.1%に留まっていたが、今回、電池の短絡電流密度²⁾と開放電圧³⁾をともに向上させることにより、変換効率11.4%まで向上することに成功しました。国際的な標準試験機関の公式データとして世界最高値です。
3. 今回の色素増感太陽電池における世界最高変換効率の更新は、色素の増感作用を十分に発揮できる新規材料（増感促進剤）を開発したことに起因します。本増感促進剤を色素増感太陽電池に適用することにより電池の可視光領域における外部量子効率⁴⁾が80%程度に向上し、大きな短絡電流密度を得ることができました。それと同時に、開放電圧も向上できました。従来と異なるこの増感促進剤を採用することにより、変換効率の記録更新が実現されました。
4. 今後は、増感促進剤がTiO₂における色素吸着状態や電池内部の電荷移動機構に与える影響を調べ、原理の解明を行います。それに基づき、より効果的な増感促進剤を開発することで、より高い変換効率を目指します。
5. 今回の研究成果は、2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会（8月29日）において発表される予定です。

研究の背景

地球規模での環境・エネルギー問題に加え、今年3月に起きた東日本大震災に伴う原発事故をきっかけに、クリーンかつ再生可能なエネルギーのひとつである太陽光発電が注目を集めています。シリコン太陽電池は既に商品化されていますが、従来型のエネルギー源（石油・石炭などを用いた火力発電）と比較して、製造工程において高温や高真空装置を必要とするため、その発電コストが高いという課題があります。太陽電池の飛躍的な普及拡大を実現していくためには、新材料を用いた低コスト次世代太陽電池の開発が必要不可欠です。

色素増感太陽電池は、導電性透明電極（TCO電極）、光を吸収する役割を担う色素が吸着した酸化チタン（TiO₂）などの多孔質半導体層、ヨウ素系電解質、対極から構成されています（図1）。色素増感太陽電池は、TiO₂、色素、ヨウ素系電解質など、資源的な制約が少ない廉価な材料を利用し、また、高温・高真空プロセスを必要とせず、スクリーン印刷で大量生産が可能であることから、発電コストを大幅に下げる可能性があります。

色素増感太陽電池がスイスローザンヌ工科大学（EPFL）で1991年に提案されて以降、色素開発や光閉じ込め効果が向上したことにより、公認効率は、1997年EPFLによる変換効率10.4%、2006年シャープによる11.1%と推移してきました（図2）。NIMSでは、3年前から色素増感太陽電池の研究をスタートし、太陽電池のセル構造や色素、多孔質半導体、電解質などの構成材料を変えながら、TiO₂表面に吸着した色素の電子状態・配列状態などの原子・分子レベルの「表面科学」から、電流や電圧などの電気的挙動を含むダイオード特性、半導体物性などの「デバイス物理」に至るまでの動作原理を解明しています。さらに、その原理解明に基づいた材料開発による色素増感太陽電池の高効率化研究を行っています。

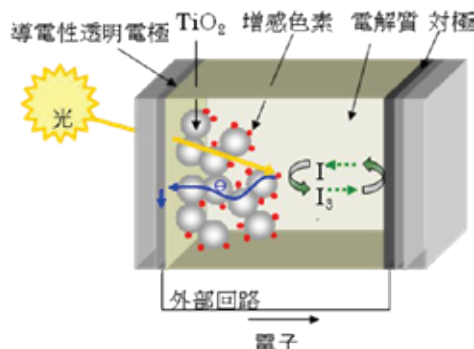


図1 色素増感太陽電池の模式図

色素増感太陽電池の動作原理

色素が光を吸収することで発生した電子が、TiO₂層に注入され、TCO電極から外部回路を通して対極に移動します。電解質中のI₃⁻が対極の表面で電子を受け取りI⁻になり、I⁻が色素表面に移動して電子を色素に戻します。動作原理からわかりますように色素が光吸収と電子の生成に重要な役割を果たしています。

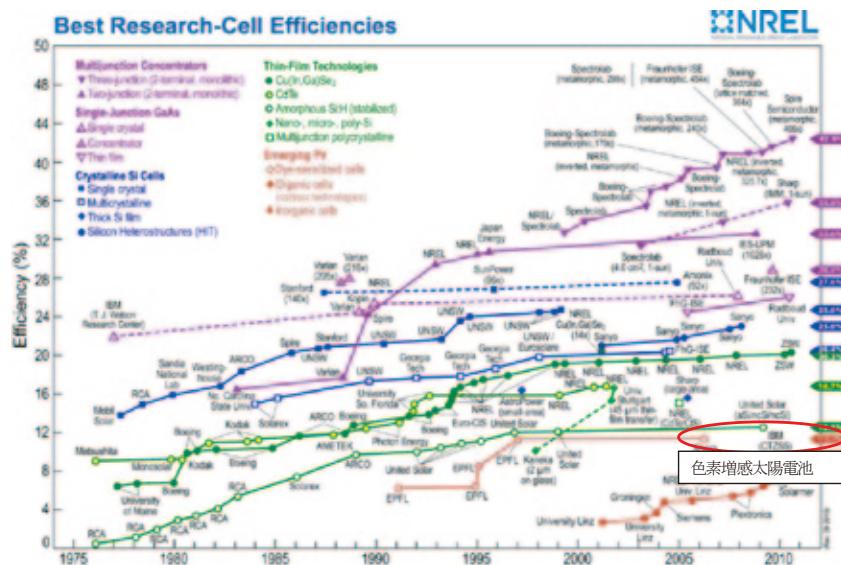


図2 各種太陽電池の変換効率の推移

今回の研究成果

当ユニットにおいて、色素増感太陽電池において国際的な標準試験機関の公式データとして11.4%の世界最高効率を達成しました(図3)。色素増感太陽電池では5年ぶりの記録更新です。

当ユニットでは、 TiO_2 表面上における色素の吸着状態をシミュレーションすることにより、より良く吸着できる状態にするための新たな増感促進剤を開発しました。その増感促進剤を用いることで400nmから800nmまでの可視光領域の外部量子収率を向上させることに成功し、短絡電流密度を向上させることができました。さらに、本増感促進剤によって開放電圧が向上することが分かりました。

新規増感促進剤を用いた太陽電池について疑似太陽光AM 1.5G (100 mW cm^{-2}) の照射下で、短絡電流密度 21.34 mA cm^{-2} 、開放電圧 0.743 V 、フィルファクター 0.722 を実測し、変換効率 (η) 11.4% を確認しました。

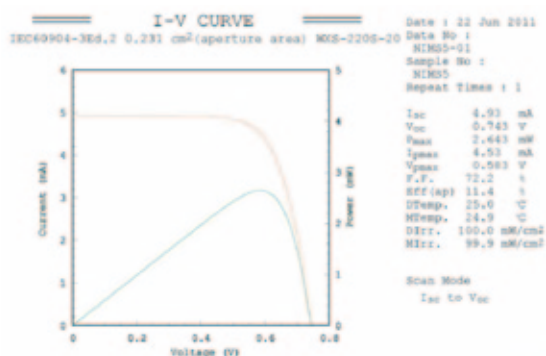


図3 独立行政法人産業技術総合研究所 (AIST) 太陽光発電工学研究センター 評価・標準チームによって計測された色素増感太陽電池の電流-電圧特性

今後の展開と波及効果

今回開発した増感促進剤による短絡電流密度と開放電圧が同時に向上することで、色素増感太陽電池の研究に新たな光が見出され、高効率化研究がより加速されと考えられます。また、増感促進剤が TiO_2 /色素/電解液の界面の構造や電荷移動に何らかの影響を与えることで、短絡電流密度と開放電圧が大幅に向上したと考えられます。今後、増感促進剤の役割をより明らかにし、この増感促進剤の改良を行うことによって、 TiO_2 表面での色素吸着状態や界面電荷移動を制御していきます。そして変換効率15%の達成を目指します。さらにこれらの成果を民間企業との共同で実用化研究を積極的に推進することにより、火力発電並みのコスト (7円/kWh) を実現するとともに、太陽電池の普及に貢献します。

用語解説

1) エネルギー変換効率

太陽電池のエネルギー変換効率は、入力となる太陽輻射光のエネルギーと、太陽電池の端子から出てくる電気出力エネルギーの比をパーセントで表したものです。

2) 短絡電流密度

光照射時において、電池の端子が短絡した時の電流を短絡電流と呼ぶ。また短絡電流を有効受光面積で割ったものを短絡電流密度と呼ぶ。

3) 開放電圧

光照射時において、電池の端子を開放した時の出力電圧を開放電圧と呼ぶ。

4) 外部量子効率

入射光子数に対する流れた電流の電子数の割合と定義されています。

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。

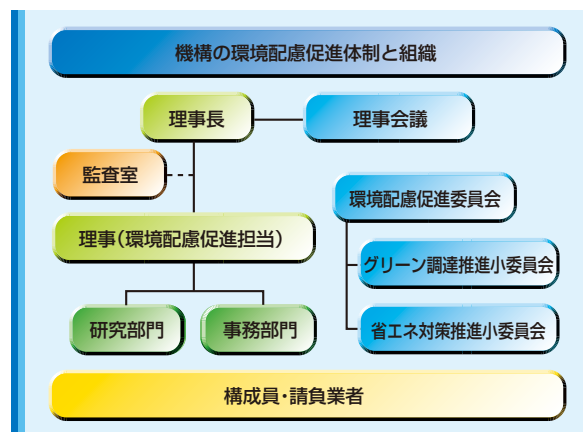
b.省エネ対策推進小委員会

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関して、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。

NIMSの環境配慮に関する組織体制は下図のとおりです。



○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。

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も繋がりますので、継続して取り組んでいます。

NIMSの安全衛生は、理事長、理事によるガバナンスの元、安全管理室がNIMS全体を見るときともに、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維持管理とを行うという体制になっています。産業医、衛生管理者、安全衛生委員等による安全巡視も定期的に行っており、不備事項の早期発見、迅速改善に努めています。

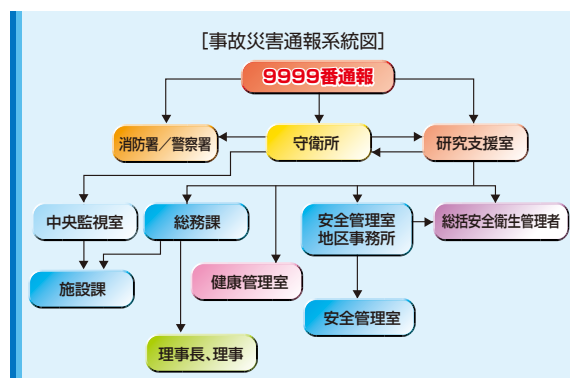
また、防災活動として防火・防災総合訓練を地区毎に毎年実施しています。平成23年度は12月に実施しました。この防火・防災総合訓練は、地震及びそれに伴う火災発生を想定した内容としており、職員による避難訓練、自衛消防隊による初期消火訓練、通報連絡訓練、負傷者の救護訓練等を組み合わせた総合訓練として行っています。

これらの巡視や訓練と合わせて、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。

NIMS内の事故・災害など緊急時の通報体制は「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なされるようになっています。

中央監視室は、受電設備、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に、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。



設備管理業務（千現）



設備管理業務（並木）



警備業務（桜）



一般廃棄物搬出業務（千現）

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。

I

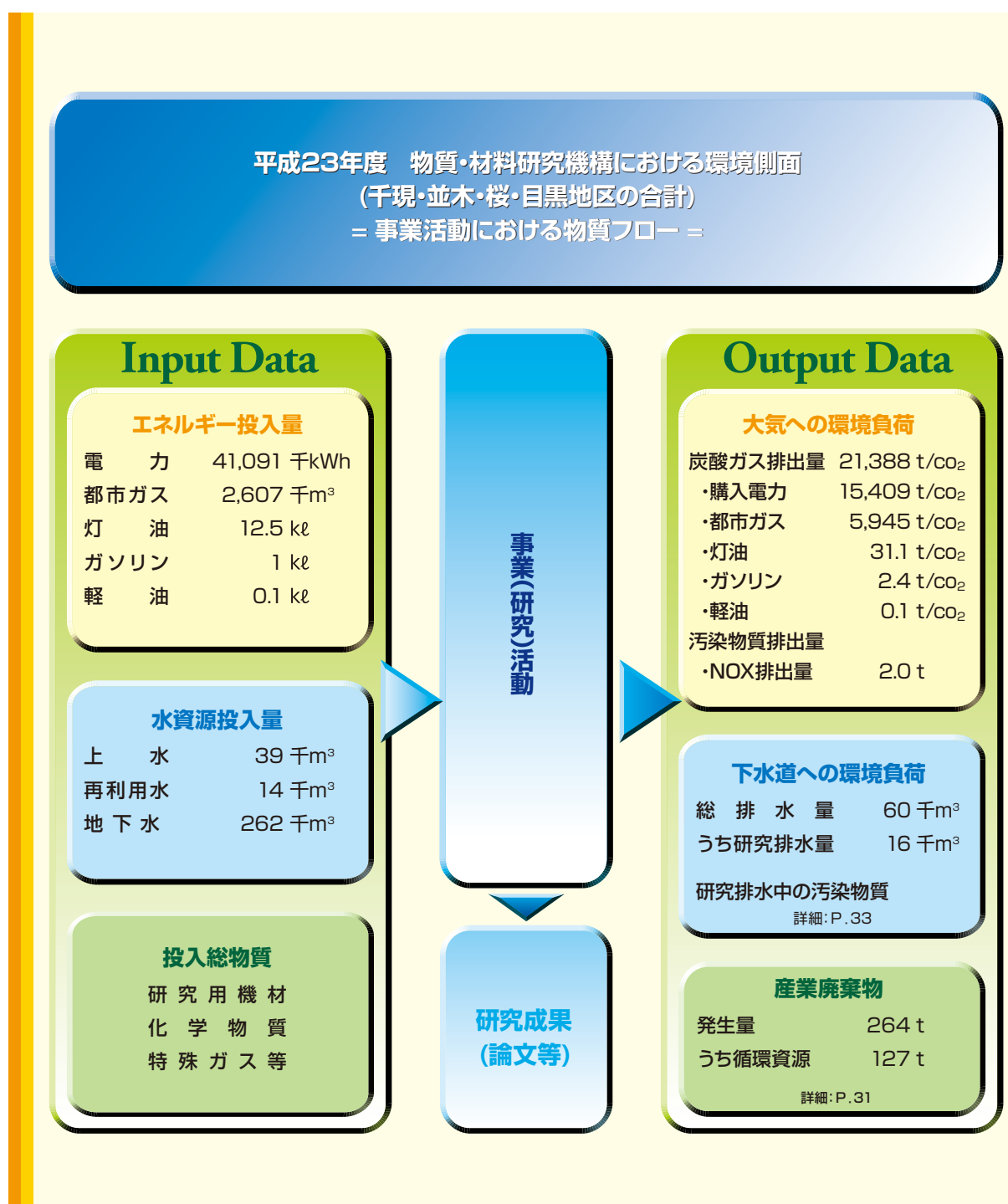
>>> 環境配慮の成果

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23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)	◆環境目標 ・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。 ・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。 ◆行動計画 ・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。 ・機器の更新に際して、省エネ効果の高い機器を選定する。 ・照明の点灯数を減らす。 ・冷暖房温度を適正に調整する。 ・冷暖房スイッチは、こまめに切る。 ・太陽光発電の導入を進める。 ・人感センサー付LEDを導入する。	エネルギー使用量は、前年度比12%減 炭酸ガス排出量は、前年度比13%減 目標達成 (詳細は、別掲)
廃棄物の削減と 再 資 源 化	◆環境目標 ・廃棄物の再資源化率を前年度比1%以上増やす。 ・廃棄物の最終排出量を削減する。 ◆行動計画 ・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。 ・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。 ・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。	再資源化率は、前年度比31%減 廃棄物の最終処分量は、57%増 目標未達成 (詳細は、別掲)
グリーン調達	◆環境目標 ・グリーン調達は機構が調達した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。 ◆行動計画 ・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。 ・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。	調達した環境物品のうち95%以上の調達率を達成した品目は69.2% 目標未達成 (詳細は、別掲)
化学物質等の 適 正 管 理	◆環境目標 ・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。 ・下水道への排出基準超過事故ゼロを継続して達成する。 ◆行動計画 ・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。 ・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。 ・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。	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 目標達成
構内緑地の保存	◆環境目標 ・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。 ◆行動計画 ・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。	緑化率 千現 43% 並木 55% 桜 41% 目標達成

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514千GJとなり、前年度より73千GJ削減され、それと同時に排出される炭酸ガス排出量も13%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あつたものですが、それ以外に、平成23年度の特徴として、震災による施設設備及び実験装置の稼働停止が影響しており、特に電力に関しては、電気事業法第27条に基づく電力の使用制限が行われた関係で、各地区軒並み電力使用量が減となったことが影響して、炭酸ガス排出量の削減に大きく貢献しました。なかでも、大電力を消費する実験設備が設置されている桜地区では、エネルギー使用量及び炭酸ガス排出量がそれぞれ36%及び38%という大幅な削減を実現しており、地区移転と重なった目黒地区では、移転に伴う施設設備及び実験設備の停止により、エネルギー使用量及び炭酸ガス排出量がそれぞれ78%

及び80%減っています。一方千現地区では、エネルギー使用量及び炭酸ガス排出量共に3%減となり、並木地区では、エネルギー使用量及び炭酸ガス排出量がそれぞれに5%及び7%減となりましたが、夏期の冷房を吸収式冷凍機で行った千現地区では、都市ガスの使用量が増加しています。

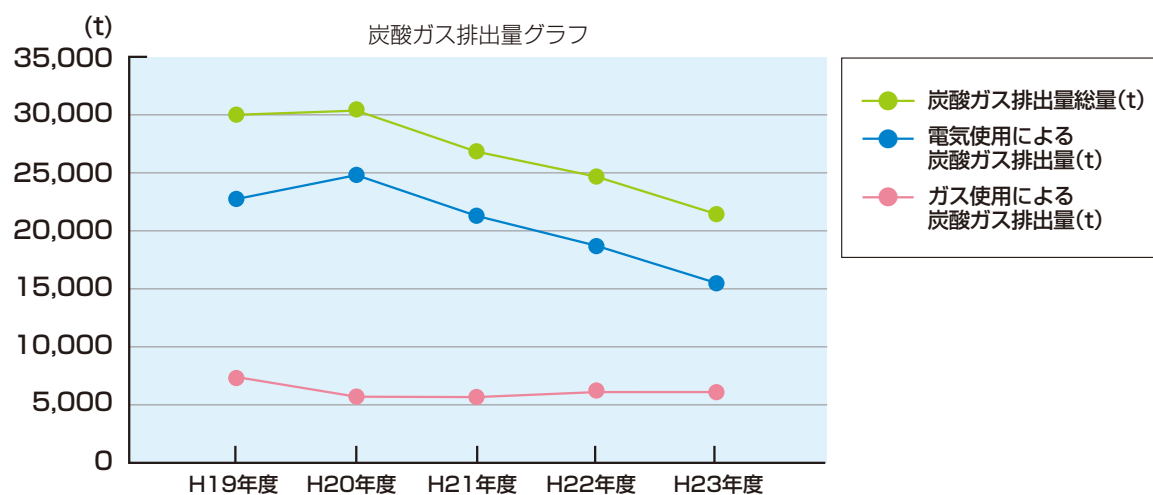
NIMSにおける主な消費エネルギーの炭酸ガス排出量の推移(4地区合計)

エネルギーの種類	H19年度		H20年度		H21年度		H22年度		H23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)	57,582,843	22,678	54,162,038	24,756	50,782,215	21,227	48,534,278	18,637	41,091,482	15,409
ガス(m ³)	3,182,875	7,247	2,430,283	5,541	2,415,436	5,507	2,605,639	5,941	2,607,450	5,945
灯油(ℓ)	4,376	11	1,405	3	1,000	2.5	4,500	11.2	12,500	31.1
A重油(ℓ)	47,735	48	17,000	46	20,000	54	12,400	34	0	0
ガソリン(ℓ)	—	—	—	—	1,080	2.5	1,180	2.7	1,040	2.4
軽油(ℓ)	—	—	—	—	—	—	240	0.5	55	0.1
炭酸ガス排出量合計(t) (対前年度比)	29,984 (93%)		30,346 (101%)		26,793 (88%)		24,626 (92%)		21,388 (87%)	

※炭酸ガス(CO₂)排出係数

	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度
電気 (kgCO ₂ /kWh)	0.339 (千現、桜、目黒)	0.425 (千現、桜、目黒)	0.418 (4地区)	0.384 (4地区)	0.375 (4地区)
電気 (kgCO ₂ /kWh)	0.555 (並木)	0.550 (並木)			
都市ガス(kgCO ₂ /m ³)	2.277	2.280	2.280	2.280	2.280
灯油(kgCO ₂ /ℓ)	2.489	2.490	2.490	2.490	2.490
A重油(kgCO ₂ /ℓ)	2.710	2.710	2.710	2.710	2.710
ガソリン(kgCO ₂ /ℓ)	—	—	2.320	2.320	2.320
軽油(kgCO ₂ /ℓ)	—	—	—	2.620	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。



その他、温室効果ガスとして研究用に使用されているもので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でした。

b.電力

NIMSの4地区を合計した平成23年度の電力使用量は、前年度比15% (7,443kWh) の減となりました。

その内訳は、千現地区で10% (2,287kWh) 減、並木地区で5% (719kWh) 減、桜地区で30% (2,071kWh) 減、目黒地区で79% (2,367kWh) 減でした。このような大幅な削減が実現したのは、各地区共に行った電気及び熱源機器の効率



変電設備 (並木)

的な運転もさることながら、震災の影響で発令された電気事業法第27条に基づく電力の使用制限に対応するため、施設課管理の設備を中心にして、最大使用電力値を最大28%減らすことができた結果です。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。

c. 都市ガス

平成23年度の都市ガス使用量は、4地区合計で前年度比0.1%増加しました。その内訳は、並木地区で7% (69千 m^3) 減、桜地区で81% (157千 m^3) 減、目黒地区で80% (56千 m^3) 減を達成するなかで、唯一千現地区のみが22% (284千 m^3) 増えています。千現地区で使用量が増加したのは、電力使用量を削減するために、夏期に電気式冷凍機を停止し、ガス式冷凍機を主として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。

d. 上水

平成23年度の4地区合計の上水使用量は、前年度比31%減になりました。

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、上水使用量の減の要因は、各地区における空調用冷却水としての使用量が、節電の影響で減ったことによるものです。



力率改善用進相コンデンサー(千現)



直焚き蒸気吸収式冷温水機(千現)



蒸気吸収式冷凍機(千現)

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23年度にNIMSが購入した主な化学物質は、プロパノール12,494kg、アセトン11,635kg、エタノール8,593kg、消毒用アルコール4,913kg、ジクロロメタン3,597kg (千現地区1,850kg、並木地区1,747kg) 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は、六フッ化硫黄ガス195.6kg、メタンガス10.4kg、四フッ化炭素ガス5.9kg、トリフルオロメタンガス5.0kg、六フッ化エタンガス4.9kgでした。



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 以上あれば特定事業者として指定されることになり、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りません。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。平成22年度に法改正された省エネルギー法が平成24年度に求めるのは、その前年度(平成23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23年度の結果を見てみると、平成23年度は、都市ガス使用量は若干増加したものの電力使用量が大幅な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12%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、二酸化炭素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。

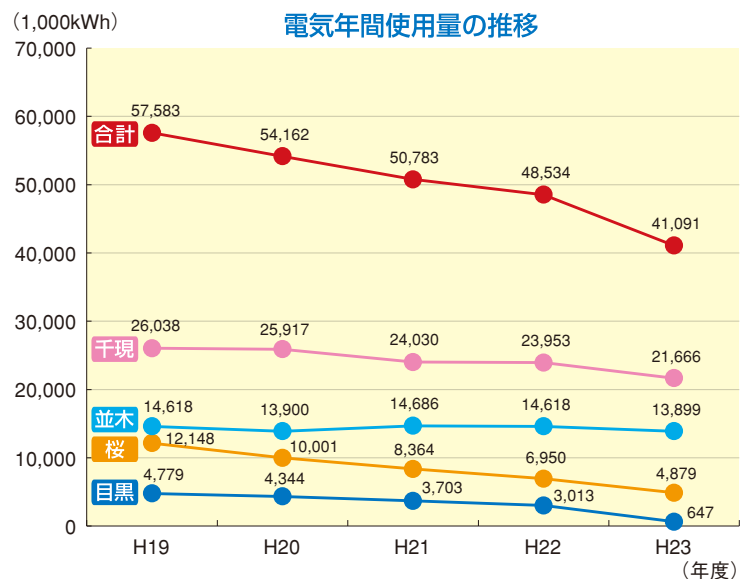
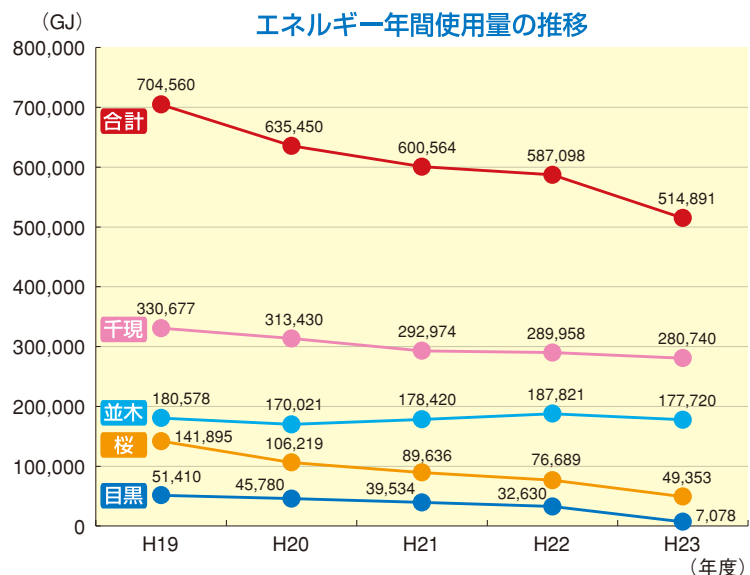
電気使用量及びその低減対策

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を得られています。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23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23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

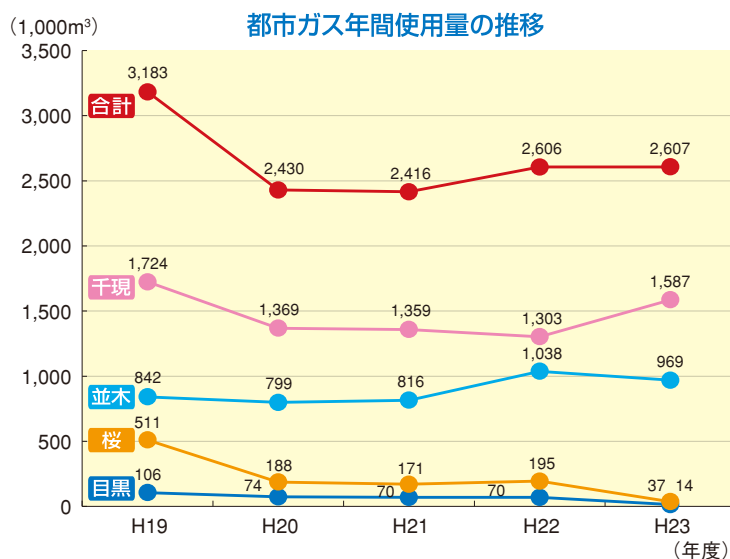
千現地区	①ESCO設備による省エネ運転の実施 ②その他の省エネ対策 ● 空調設備において、省エネ効果の高い機器を選定し、更新を実施 ● 共用スペースにおける照明器具を人感センサー型LEDに交換、窓ガラス断熱フィルム貼り ● 熱源機器の運転時間の短縮及び照明機器の点灯数の削減 ● 室温調整の徹底
並木地区	①ESCO設備による省エネ運転の実施 ②その他の省エネ対策 ● 熱源機器の運転効率向上のためのメンテナンス実施 ● 共用スペースにおける照明器具を人感センサー型に交換 ● 窓ガラス断熱フィルム貼り ● 室温調整の徹底 ● マイクログリッド設備の導入 ● 太陽光発電設備の導入
桜地区	①ESCO設備による省エネ運転の実施 ②その他の省エネ対策 ● 高効率小型ボイラーの運転の実施 ● ヒートポンプ温水器の運転の実施 ● 照明器具のLED化 ● 室温調整の徹底
目黒地区	①蓄熱槽を活用した効率的冷凍機の調整運転 ②室温調整の徹底



ガス使用量及びその低減対策

都市ガスは、空調設備における熱源機器の燃料、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ができ、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。

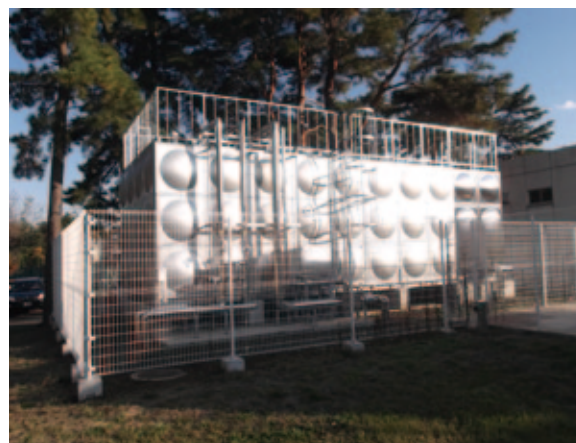
平成23年度は、千現及び並木地区に設置された地下水ろ過膜システムの運転を行うことによって取水した地下水を利用し、上水使用量を大幅に削減しています。今後も、上水と地下水の低減対策を併せて検討していくことにしており、その対策の一環として、千現地区と桜地区では、節水対策として実験廃水を浄化し実験冷却水の補給用として再利用を行っております。なお、地下水取水は、「茨城県地下水採取の適正化に関する条例」に基づき、許可を得て実施しています。

平成23年度 水使用状況

地 区	上水使用量 m³		地下水使用量 m³		再利用水量 m³		合 計 m³	
	H22	H23	H22	H23	H22	H23	H22	H23
千 現 地 区	25,228	17,772	103,914	90,554	21,024	13,653	150,166	121,979
並 木 地 区	9,862	7,756	193,386	171,195	0	0	203,248	178,951
桜 地 区	15,895	11,872	0	0	120	158	16,015	12,030
目 黒 地 区	5,852	1,994	0	0	0	0	5,852	1,994
合 計	56,837	39,394	297,300	261,749	21,144	13,811	375,281	314,954



地下水取水設備 (千現)



受水槽 (並木)

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の推進に努めています。

グリーン調達の実績の概要（平成23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104品目中64品目（全体では60.6%）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、104品目中73品目（全体では69.2%）でした。（平成22年度は102品目中64品目（全体では62.7%）で調達目標を達成し、80品目（全体では78.4%）において適合品の調達が95%以上）。

公表

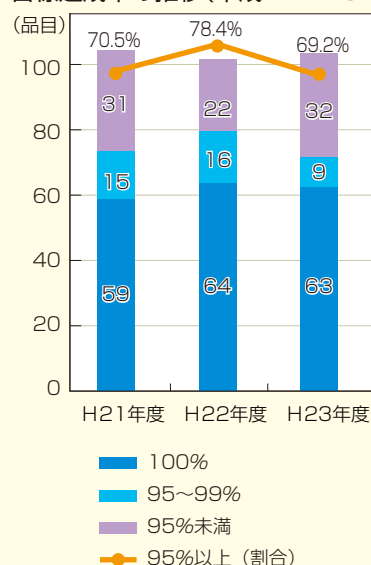
グリーン購入法の規程により、「環境物品等の調達方針・調達実績」は物質・材料研究機構公式ホームページ上（<http://www.nims.go.jp/nims/procurement/green.html>）で公表しています。

特定調達品目等調達実績（平成23年度）

調達分野	目標値	調達品目	目標達成率
紙類	100%	7品目	5品目 100% 2品目 95%未満
文具類	100%	65品目	33品目 100% 7品目 95～99% 25品目 95%未満
オフィス家具等	100%	7品目	6品目 100% 1品目 95%未満
OA機器	100%	14品目	10品目 100% 2品目 95～99% 2品目 95%未満
家電製品	100%	1品目	1品目 100%
エアコンデショナー等	100%	1品目	1品目 100%
照明	100%	4品目	3品目 100% 1品目 95%未満
制服・作業服	100%	1品目	1品目 100%
インテリア・寝装寝具	100%	1品目	1品目 100%
作業手袋	100%	1品目	1品目 100%
防災備蓄用品	100%	2品目	2品目 100%

※平成23年度に調達が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21～23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23年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19年度～平成23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23年度は、廃棄物の最終排出量が前年度比57%増、再資源化率が前年度比31%減となりました。

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、管理票に基づいて金属くず・廃プラスチック類として集計されています。

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23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38t、空き缶、空き瓶、ペットボトルの回収総量は約10t、食堂から排出される生ゴミの自家処理量は、約5tでした。

研究廃棄物は、総排出量が約131tで前年度より約158t減りました。また、研究廃棄物から循環資源として回収された量は、約73tであり、研究廃棄物の再資源化率は、重量比で約56%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・堆肥化しています。



一般ゴミ置場（並木）



産業廃棄物置場（並木）

廃棄物の種類別排出量の推移

		廃棄物の種類	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	備 考		
産業廃棄物・研究系廃棄物	実験廃液	廃アルカリ	1,244kg	2,284kg	931kg	1,279kg	2,297kg		58t	73t 56%
		廃酸	6,119kg	6,302kg	1,717kg	1,628kg	5,802kg			
			0kg	0kg	8kg	0kg	0kg	循環資源量		
		廃油	6,374kg	4,742kg	5,907kg	6,416kg	25,270kg			
	0kg		0kg	500kg	0kg	0kg	循環資源量			
	固形廃棄物	ガラス・陶磁器くず	5,203kg	1,473kg	646kg	662kg	1,048kg			
			4,392kg	4,649kg	946kg	20,673kg	1,059kg	循環資源量		
		金属くず・廃プラスチック類	91,077kg	7,799kg	1,906kg	1,914kg	15,922kg			
			24,364kg	86,901kg	94,707kg	252,755kg	71,195kg	循環資源量		
		木くず	3,320kg	0kg	0kg	0kg	0kg			
			200kg	8,250kg	1,010kg	1,870kg	1,150kg	循環資源量		
		汚泥	5,052kg	16,552kg	4,048kg	1,402kg	7,076kg			
			0kg	0kg	114kg	0kg	57kg	循環資源量		
	感染性廃棄物		271kg	138kg	2kg	2kg	111kg			
一般廃棄物・生活系廃棄物	廃棄物(可燃物)		81,307kg	80,100kg	72,811kg	74,184kg	80,100kg			
	循環資源	生ゴミ	6,951kg	2,267kg	5,721kg	5,029kg	4,638kg	自家処理		
		空き缶	4,315kg	3,700kg	3,895kg	3,830kg	3,855kg			
		空き瓶	2,660kg	3,255kg	2,580kg	2,990kg	2,865kg			
		ペットボトル	2,610kg	2,850kg	2,720kg	3,220kg	3,720kg			
		新聞	9,480kg	15,210kg	6,770kg	6,180kg	3,490kg			
		雑誌	28,590kg	23,890kg	24,150kg	26,160kg	26,460kg			
		段ボール	11,410kg	10,190kg	11,240kg	11,560kg	8,210kg			

58t

73t

56%

廃棄物の最終排出量と循環資源量の推移

		H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	対前年度比
廃棄物の内訳	最終排出量 (循環不可廃棄物)	199,967kg	119,390kg	87,968kg	87,487kg	137,626kg	57%(増)
	循環資源量	94,972kg	161,162kg	154,361kg	334,267kg	126,699kg	62%(減)
	合 計(発生量)	294,939kg	280,552kg	242,329kg	421,754kg	264,325kg	
	再資源化率	32%	57%	64%	79%	48%	31%(減)

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 (並木)

地区別ドラフトチャンバー設置数

千現地区	93台	排ガスは排ガス洗浄装置を通して大気へ放出
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23年度は、ジクロロメタンが千現地区及び並木地区で年間取扱量1tを超えました。

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
ジクロロメタン	1,800kg	19kg	0	化学物質の溶剤として使用
(並木地区)	廃棄処理	大気排出	下水排出	
ジクロロメタン	1,700kg	0	0	

(平成23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23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、何れも適切な作業環境であったとの測定結果がでました。

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越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。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23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23年度の排水量の内訳は下表のとおりです。

平成23年度排水量の内訳

地 区	廃水処理施設流量(m³)①	研究廃水放流量(m³)②	生活排水量(m³)③	総排水量(m³)②+③
千現地区	21,539	7,357	9,211	16,568
並木地区	8,690	8,658	28,826	37,484
桜 地 区	158	0	4,623	4,623
目黒地区	0	0	1,546	1,546
合 計	30,387	16,015	44,206	60,221

廃水処理施設内は、処理水を使用して洗浄し、汚れた水は再度処理工程へ送っています。

公共下水道への放流は、研究廃水と生活排水が合流して放流されます。



廃水処理施設（桜）

平成23年度 水質測定結果

測定地区	pH		BOD		鉍油含有量		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	7.4	<600	<0.55	<5	検出限界以下	<380	<1.0	<0.01	<0.01
並木地区	5.0～9.0	7.3	<600	<8.0	<5	検出限界以下	<380	<1.3	<0.01	<0.01
桜地区	5.0～9.0	7.4	<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ています。23年度は、目黒地区変電室にて使用されていたPCB含有蛍光灯用安定器を千現地区へ移動したため千現地区の保管量が増えました。また、並木地区においてもPCB含有蛍光灯用安定器、コンデンサが新たに出てきたため保管数量が増えています。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、処理処分の施設等が整備されるまでは、事業者の責任において保管することになっています。



PCB廃棄物の保管庫 (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地区の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23年度の各地区の窒素酸化物排出量は、千現地区1,039kg/年、並木地区833kg/年、桜地区15kg/年、目黒地区120kg/年となり、千現地区を除く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ことによるものです。一方千現地区では、夏期に電力使用量削減対策を実行するにあたり、電気式冷凍機に代わりガス式冷凍機を運転し冷房を行ったため、窒素酸化物排出量が増加しました。これらの数値は、定期に実施しているばい煙濃度測定の結果から算出したものです。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、硫黄酸化物を微量排出していますが、いずれの施設も硫黄酸化物の排出量が10Nm³/h未満であり、ばい煙中の硫黄酸化物の量の測定を要しない施設として指定されているため、測定は行っていません。

平成23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/m³N)	実測値 (g/m³N)
千現	1,039	150	17~25	0.1	<0.01
並木	833	150	35~77	0.1	<0.01
桜	15	150	26~36	0.1	<0.01
目黒	120	45/90	21	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24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24年2月27日

地区	規制基準値 (dB)	計量結果 (dB)	測定時刻
千現	45 (夜間)	39	21:00~21:41
並木	45 (夜間)	40	21:00~21:33
桜	55 (夜間)	37	21:46~22:18

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



騒音測定中

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 ²	64,485m ²	43%
並木地区	152,791m ²	84,473m ²	55%
桜地区	44,031m ²	18,091m ²	41%

構内緑地の保全・整備



薬剤散布による害虫駆除作業（千現）



植栽地除草作業（千現）



除草収集作業（並木）



雑草等運搬作業（並木）



植栽地刈込作業（桜）



芝地除草作業（桜）



>>> 近隣地域との交流

・交流の実績

つくば科学フェスティバル

平成23年11月12日、13日につくば科学フェスティバルが開催されました。NIMSはキーホルダーづくりや金属名前当てクイズ、最新の研究成果紹介ポスターなどを出展し、NIMSブースには2日間で約500名の来場者がありました。



サマー・サイエンスキャンプ

平成23年7月26日から7月28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。この事業は科学技術振興機構が主催する、高校生・高等専門学校生を対象に最先端の科学技術を体験学習する2泊3日のプログラムです。NIMSでは「いろいろな物質・材料に触れてみよう」をテーマに全国から18名の生徒を受け入れ、構造材料やナノテクノロジーなどの先端科学の研究体験を行いました。



つくばびっ子博士

平成23年8月24日につくばびっ子博士を実施しました。NIMSは「形状記憶合金について学ぼう!」「金属の不思議」「とても冷たい世界のできごと:超伝導のはなし」の3コースを実施し、88名のお子さんとそのご父母の方々が参加しました。



つくばサイエンスキャスティング

平成23年8月11日に、つくば国際会議場などが主催する「つくばサイエンスキャスティング」を行いました。これは茨城県と周辺地域から応募した科学技術に興味を持つ高校生が、先端研究の体験と発表を行うもので、NIMSでは電気抵抗の精密測定、金属物性、低温脆性の3コースに12名が参加しました。



未来★夢教室（宮城県山元町）

平成23年9月11日、東日本大震災で被災した宮城県山元町において、被災後6ヵ月となる当日に復興イベントである当該事業が行われ、NIMSは金属の名前当てクイズやフラーレン結晶のペーパークラフトなどを出展した。



科学・技術フェスタin京都 2011

平成23年12月17日、18日に京都国際会館において内閣府、NIMSらが主催する「科学・技術フェスタin京都2011」が開催され、NIMSは主催機関の一つとして、環境・エネルギー材料研究の紹介とともにキーホルダーづくりや「磁性材料」「低温実験」「温度・熱と材料」などに関する実験教室を行いました。またNIMS本体と別に世界トップレベル研究拠点 (WPI) のひとつとして国際ナノアーキテククス研究拠点 (MANA) が出展しました。



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



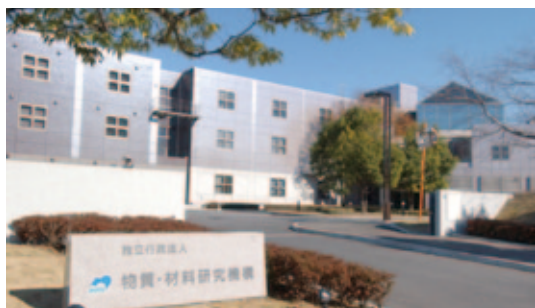
■並木地区

〒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



■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

Nano GREEN / WPI-MANA棟完成

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

2011年4月～2012年3月

一部に2012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(2012年版)(環境省)

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

2013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 施設課

〒305-0047 茨城県つくば市千現一丁目2番地1

電話:029-859-2072

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

リサイクル適性 **Ⓐ**

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。