

筑波大学環境報告書

2007年



目次

- 編集方針 ■ 報告期間・対象範囲 ■ 問い合わせ先
- 学長挨拶 ■ 筑波大学環境方針……………1

筑波大学概要 2～7

環境負荷低減の取り組み 8～25

- ▼ 化学物質等排出量
- ▼ 廃棄物等排出量及び低減対策
- ▼ 光熱水量
- ▼ 温室効果ガス排出量・エネルギー消費量
- ▼ 中央機械室高温水ボイラ更新による環境負荷の軽減
- ▼ アスベスト対策
- ▼ バイオマスエネルギー
- ▼ グリーン購入・調達状況

研究・教育活動と社会貢献 26～47

- ▼ バイオディーゼル燃料生産による循環型社会の形成
- ▼ 筑波大学プラスチック廃棄物リサイクル
- ▼ 身近な環境問題に正面から向き合う学生達
- ▼ 環境教育ができる人材の育成
～自然学類開講の教職科目「総合演習」～
- ▼ 地球温暖化 ～南米・バタゴニア氷原からの警告～
- ▼ 下田臨海実験センターにおける社会貢献活動

表紙のことば

この地球環境に生まれ発展した
生命の持つリズムを表現した。

(人間総合科学研究科・准教授 木村 浩)

編集方針

「環境配慮促進法」に準拠し、環境省「環境報告書ガイドライン2003年版」を参考に、筑波大学らしさを表現する報告書を目指します。

毎年主たるテーマを変え、数年分の環境報告書で筑波大学の全体像が解るようにまとめます。

今回の環境報告書はバイオディーゼルとリサイクルに焦点をあてました。

報告期間 平成18年度
2006年4月1日から2007年3月31日

報告書の対象範囲
筑波キャンパス(春日地区を除く)

作成部署・お問い合わせ先
筑波大学組織・人事部環境安全管理室
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
Tel 029-853-2106 Fax 029-853-2129
E-mail sj.kaksitu@sec.tsukuba.ac.jp

この環境報告書はホームページでも公表しています。
HPアドレス <http://www.tsukuba.ac.jp>



学長挨拶

筑波大学は、従来の制度にとらわれない新しい構想に基づく大学として1973年10月に創設され、筑波研究学園都市の中央部に位置し、豊かな自然環境に恵まれた広大なキャンパスを有しています。

筑波研究学園都市は、人と自然が調和した快適な都市の創造を目指して作られた街であり、本学のキャンパスも、自然環境とバランスのとれた空間構成や良好な自然環境の長期的な保全をコンセプトにデザインされています。

本学は多様な学問分野を持つ総合大学であり、既存の分野にとらわれない学際的な教育研究が特色となっています。なかでも1977年に環境科学研究科を設置し、いち早く環境問題に積極的に取り組んでまいりました。

筑波大学長 岩崎 洋一



筑波大学では、これまでも良好なキャンパス環境の維持や環境負荷の低減に努めてまいりましたが、今後も、更なる取り組みを進めていきたいと思っております。

筑波大学環境方針

基本理念

1977年に環境科学研究科を設置するなど、いち早く自然と文明の調和に取り組む、多様な学問分野を持つ、総合大学である本学はその「建学の理念」に謳われている、『国内外の教育・研究機関及び社会との自由、かつ、緊密なる交流連携を深め、学際的な協力の実をあげながら、教育・研究を行い、もって創造的な知性と豊かな人間性を備えた人材を育成する』という内容を踏まえつつ、地球環境との調和と共生を図り、環境負荷の低減に努めます。

基本方針

1. 教育・研究活動を通じ、環境に配慮する心をもった人材を育成します。さらに、その教育・研究成果の普及啓発を図ることにより、広く社会一般の環境保全・改善に対する取り組みに貢献します。
2. 環境マネジメントシステムを構築し、継続的改善を図ることにより、環境に配慮したキャンパスを実現し、環境負荷の低減と、環境汚染の予防に努めます。
3. 化学物質の安全管理、省エネルギー、省資源、リサイクル、グリーン購入等を含めた環境目的及び環境目標を設定し、これらの達成に努めます。
4. 環境関連法規、条例、協定を遵守するとともに、自主的な環境保全活動に努めます。

この基本方針は文書化し、本学の教職員・学生および、本学にかかわる人々に周知するとともに、文書やインターネットのホームページを用いて一般の人にも開示します。

筑波大学概要

1. 建学の理念

筑波大学は、基礎及び応用諸科学について、国内外の教育・研究機関及び社会との自由、かつ、緊密なる交流関係を深め、学際的な協力の実をあげながら、教育・研究を行い、もって創造的な知性と豊かな人間性を備えた人材を育成するとともに、学術文化の進展に寄与することを目的としています。従来の大学は、ややもすれば狭い専門領域に閉じこもり、教育・研究の両面にわたって停滞し、固定化を招き、現実の社会からも遊離しがちでした。本学は、この点を反省し、あらゆる意味において、国内的にも国際的にも開かれた大学であることを基本的性格としています。そのために本学は、変動する現代社会に不断に対応しつつ、国際性豊かにして、かつ、多様性と柔軟性を持った新しい教育・研究の機能及び運営の組織を開発しています。更に、これらの諸活動を実施する責任ある管理体制を確立することとしています。



筑波山と
筑波キャンパス

2. 沿革

本学は、東京教育大学の移転を契機に、そのよき伝統と特色を生かしながらも、大学に対する内外からのいろいろな要請にこたえるため、わが国ではじめて抜本的な大学改革を行い、昭和48年10月に「開かれた大学」「教育と研究の新しい仕組み」「新しい大学自治」を特色とした総合大学として発足しました。本学は大学改革の先導的役割を果たしつつ、教育研究の高度化、大学の個性化、大学運営の活性化など、活力に富み、国際競争力のある大学づくりを推進しています。

1886年 高等師範学校

1929年 東京文理科大学

1949年 東京教育大学

1973年 筑波大学

2002年 図書館情報大学と統合(10月)

2004年 国立大学法人筑波大学

3. 教育研究組織

(1) 大学院

大学院には修士課程、博士課程及び専門職学位課程があります。修士課程では、高度専門職業人の養成又は社会人の再教育を目的として、通常の専門分野の区分にとられない学際的な教育を行い、博士課程では、専門的分野における研究者の養成又は研究型高度専門職業人の養成を目的として、幅広い知識を基盤とした高い専門性を涵養する高度な教育を行い、専門職学位課程では、高度専門的な職業能力を有する人材の養成に特化した実践的な教育を行っています。

博士課程には、前期及び後期の区分を設けず、5年一貫教育を行う研究科、前期及び後期の課程に区分する研究科があり、さらに後期の課程のみの専攻を併せ持つ研究科があります。

また、本学では、社会人再教育のための夜間大学院・昼夜開講制の実施、短期在学コース・長期履修学生制度など標準修業年限の弾力化、筑波研究学園都市等の研究機関の施設・設備や人的資源を活用して行う連携大学院方式の実施など教育方法・形態の多様化を図っています。



総合研究棟B

7研究科	人文社会科学(5年一貫制77)、ビジネス科学(修士60、博士23、専門職学位70)、 数理物質科学(修士240、博士101)、システム情報工学(修士361、博士106)、 生命環境科学(修士155、博士107、5年一貫制42)、 人間総合科学(修士50、博士(医学)62、博士13、5年一貫制103)、 図書館情報メディア(修士37、博士21)
5独立研究科	地域研究(修士50)、教育(修士181)、環境科学(修士102)、体育(修士144)、芸術(修士65)

研究科の()は入学定員(単位:人)

(2)学群・学類

本学では、急激に進展しつつある学問研究や複雑化している社会の要請に敏速に対応するため、教育と研究を組織的に分離しています。学部段階の学生の教育を行う組織として「学群・学類」を置き、学群は中心的な専門領域を基礎としつつ、広い視野のもとに幾つかの学問分野を総合した形で構成し、教育上の視点から、将来の発展の基礎を培うことができるよう配慮しています。



人文学類授業「先史学実習」風景

7学群	第一学群(400)、第二学群(440)、第三学群(530)、医学専門学群(202)、 体育専門学群(240)、芸術専門学群(100)、図書館情報専門学群(150)
-----	--

()は入学定員(単位:人)

平成19年度から、次のとおり新たな学群・学類に編制となっています。

9学群	人文・文化学群(240)、社会・国際学群(160)、人間学群(120)、生命環境学群(250)、 理工学群(520)、情報学群(230)、医学群(202)、体育専門学群(240)、芸術専門学群(100)
-----	--

■学生数(平成18年5月1日現在)

学群学生	入学定員：2,062人 在学生：10,171人(うち外国人留学生 135人)(平成18年度)
大学院学生	入学定員：2,170人(修士1,445人、博士655人、専門職学位課程70人) 在学生：5,810人(うち外国人留学生 786人)(平成18年度)

■役員・職員数(平成18年5月1日現在)

	学長	理事	監事	専任の 部局長 等	教授	助教授	講師	助手	附属 学校 教員	研究員 等	その他	計	事務職員 等	合計
合計	1	8	2	9	575	522	489	91	531	38	9	2,275	1,786	4,061



中央広場



総合交流会館

(3) 学系

学系は、専門的な学問分野を同じくする教員で構成され、大学の教育研究の高度化、活性化に向けて、博士課程研究科等の部局の要請に応じ専門的な立場からの組織評価・企画提言を行うなどの機能を果たす組織です。

【28学系】

4. 共同教育研究施設

全国共同利用施設では、全国規模で人的交流、情報交換及び共同研究を行い、関係分野における全国の研究者に対し研究拠点機能を提供しています。

また、大学院教育についても、関連研究機関との協力体制により、専門的知識・技能を有する研究者・高度職業人の育成の一翼を担っています。一方、学内共同教育研究施設では、教育・研究活動に必要な大型ないし特殊な施設・設備の共同利用、あるいは教職員、学生等に対する各種の教育・研究上のサービスの提供などを効率的に推進するための機能を提供しています。



農林技術センター

■ 全国共同利用施設

【2施設：計算科学研究センター、プラズマ研究センター】

■ 学内共同教育研究施設 【平成18年度：24施設】

5. 国際交流

本学では、あらゆる分野における国際的な学術交流によって、学術研究水準の向上を図るとともに、教育面での充実発展と国際的視野を持つ人材の育成を目指しています。例えば、外国人研究員等の受け入れ、外国の大学との交流協定による学生や教員の海外派遣、単位互換制度などを行っています。また、外国人留学生の受け入れも積極的に進めています。

【平成18年度：協定校等：39カ国 129機関】



エジプトでのカルタによる交流

6. 社会貢献

本学では、有為な人材の育成や研究成果の創出などを通じて社会に貢献することに加え、社会との連携を進め、そのニーズを取り入れるとともに、知的成果を積極的に社会へ還元することを目指しています。特に、地元自治体との連携・協力体制を構築するため、平成15年9月に



公開講座スポーツ教室「カヌー体験学習」

つくば市と、平成17年2月に茨城県とそれぞれ包括的な連携協定を締結し、多彩な人材を活かした様々な分野の連携事業の充実を図っています。

社会貢献プロジェクト: 社会貢献プロジェクトは、本学の人的・物的資源を総合的に活用し、社会と多彩な形で行われる連携活動を支援することを目的に、すべての職員を対象とした公募型のプロジェクトとして、平成16年度に新たに創設しました。

【平成18年度：新規課題11件、継続課題5件を採択】

公開講座: 本学では、「開かれた大学」の実現を期して、教育や研究の成果を広く社会に還元し、地域社会との交流を図るため、スポーツ、芸術、教養といった一般向け公開講座のほか、教職員及び職業人・指導者等の専門家向けの現職教育講座などの公開活動を積極的に行っています。

【平成18年度開設講座：58講座、2,942名受講】

7. 附属図書館

筑波大学附属図書館は、開かれた大学図書館として地域社会及び国内外の研究・教育機関と連携し、学術



附属中央図書館

情報の中核拠点として機能することを目標に活動を続けています。附属図書館は、中央図書館と体育・芸術、医学、図書館情報学、大塚図書館の4つの専門図書館とが一元的な管理体制のもとに運営され、資料の集中管理と全面開架方式を採用し、土・日・祝日の開館、充実したレファレンスサービスをはじめ様々なサービスを行っています。今後も充実した資料の収集とサービスの拡充に努め「来館したくなる図書館」、「頼られる図書館」を目指して継続的なサービス改善を図っていきたいと考えています。

また、広く学外の利用者にも開放し、館内利用や図書の貸出などを行っています。受験生やPTA等の見学にも随時対応しています。さらに、図書館ボランティアを導入し、総合案内、対面朗読、外国語による案内なども行うとともに、企画展示を開催し、貴重書を地域に公開しています。

【蔵書数：約246万冊】

8. 附属病院

「患者さまの権利の尊重、プライバシーの保護など患者さま中心の診療に努めるとともに、地域に開かれた大学附属病院としての役割を十分に認識し、最高水準の医療を提供すること、さらに、先進的な臨床教育と研究の場を提供することにより社会的使命を果たすことを目指します。」を筑波大学附属病院の理念として掲げ、患者さまの希望に合った医療サービスの提供に取り組むと共に、特定機能病院として高度医療の提供、高度医療に関する開発・評価及び研修を行っています。また、卒後初期の幅広い研修を基にして、すぐれた臨床能力を備えた医師を養成することを目標に、定員制・6年間有期限のレジデント制を導入しており、専任教員のもと、体系的な質の高い研修環境を提供しています。

【36診療グループ、病床数：800】



附属病院

筑波大学概要
環境負荷低減の
取り組み
研究・教育活動と
社会貢献

9. 附属学校教育局・附属学校

附属学校教育局は、幼児、児童、生徒の教育・保育に関する実際的な研究のほか、計11校の附属学校の運営に関する総括、管理を行っています。附属学校は、明治初期に開設された師範学校以来の長い伝統と歴史を持っており、東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県にあります。

附属小学校、附属中学校、附属駒場中学校、附属高等学校、附属駒場高等学校、附属坂戸高等学校、附属盲学校、附属聾学校、附属大塚養護学校、附属桐が丘養護学校、附属久里浜養護学校 【合計11校】



附属駒場中学校
「校門前の『ケルネル田圃』での田植え」

10. 学生宿舎

学生宿舎は、学生に良好な勉学の環境を提供し、自律的な市民生活を体験させることを目的として設置されています。宿舎の各居室には、ベッド、机、イス、洗面台、宿舎電話などが備え付けられています。宿舎各棟には、そ



宿舎祭（やどかり祭）の様子

れぞれの共同利用の談話室、洗濯室、補食室、トイレなどが併設されています。宿舎の各地区（春日地区を除く）の共用棟には、管理事務室、食堂、浴場、売店、理・美容室など日常生活に必要な施設が設けられています。

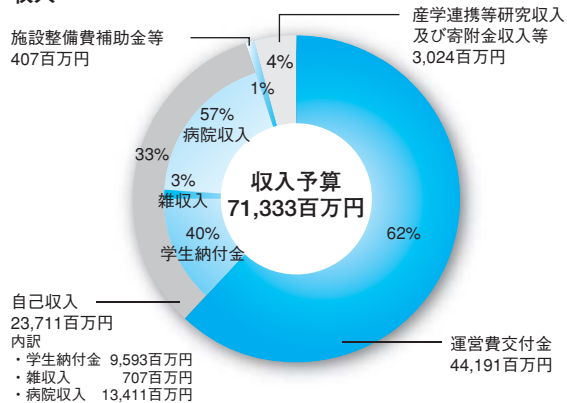
【入居者数：3,252人；個室3,414室、2人部屋266室、世帯室247室】（平成18年5月1日現在）

11. 主要キャンパス

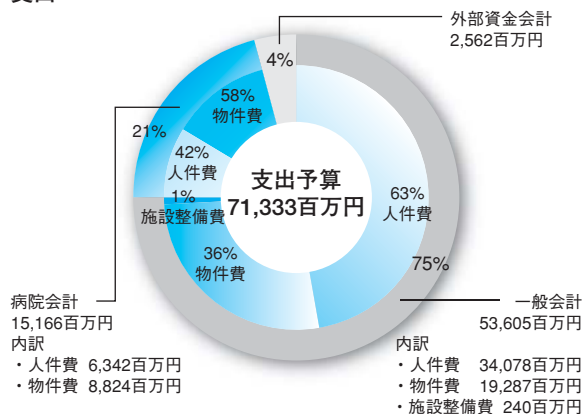
筑波キャンパス
本部、各研究科、各学群、附属図書館、附属病院など
約 258 ha
東京キャンパス及び附属学校
附属学校教育局、ビジネス科学研究科をはじめとする 大学院夜間課程、大学研究センター、附属学校など
約 30 ha

12. 平成18年度の収支予算

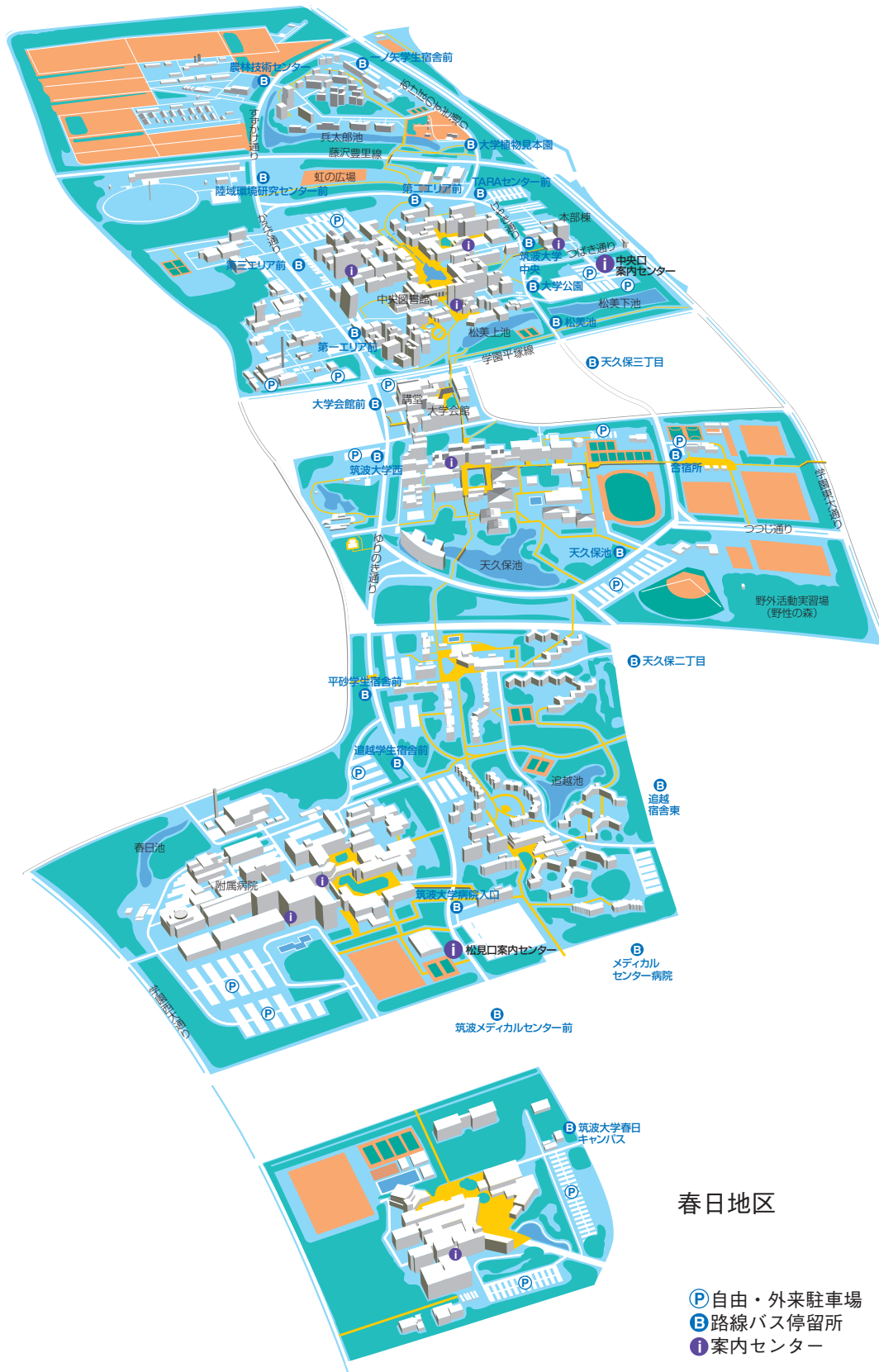
収入



支出



筑波大学キャンパス配置図



筑波大学概要

環境負荷低減の
取り組み

研究・教育活動と
社会貢献

春日地区

- Ⓟ 自由・外来駐車場
- Ⓛ 路線バス停留所
- Ⓜ 案内センター

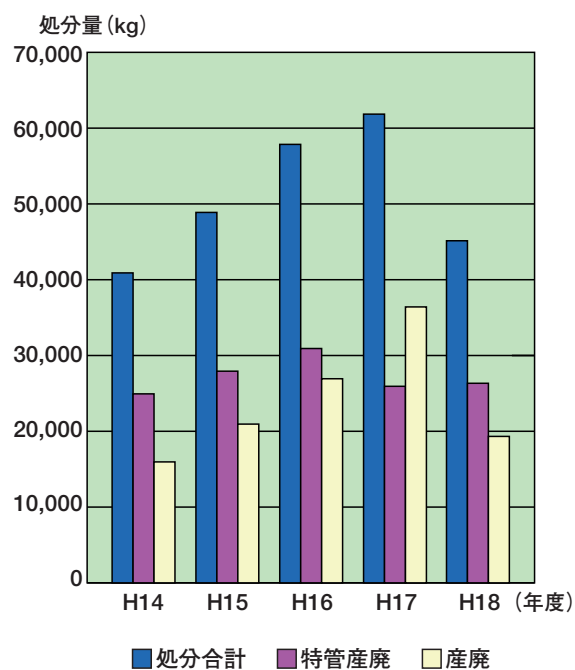
環境負荷低減の取り組み

化学物質等排出量

1. 実験廃棄物の処分状況

実験室等において発生する固体状及び液体状の有害化学廃棄物、生物学的危険性廃棄物、動物実験系廃棄物などの実験廃棄物は、筑波キャンパス内に設置している実験廃棄物処理施設に収集されています。これらの年間の処分状況（一般廃棄物の動物実験系は除く）を、廃棄物の処理及び清掃に関する法律で規定している特別管理産業廃棄物、産業廃棄物に分けて下図に示しました。

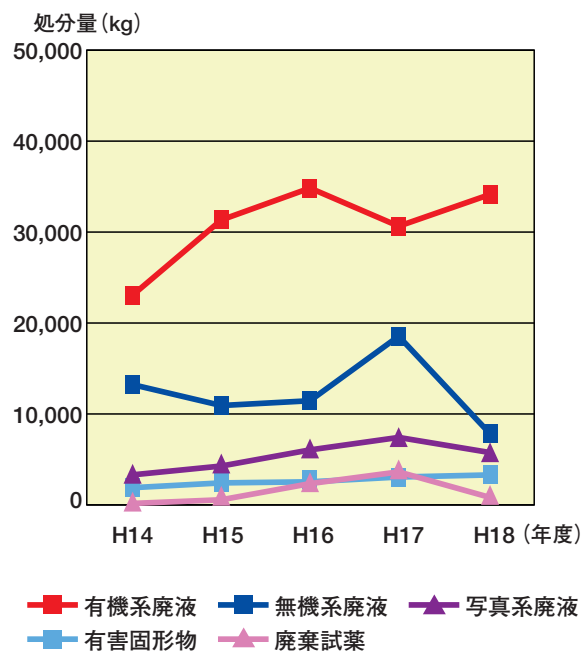
実験廃棄物年間処分状況



実験廃棄物の種類別の処分状況

実験廃棄物の種類別の処分状況を下図に示しました。平成18年度は無機系廃液、廃棄試薬の処分量が前年度より減少しました。有機系廃液は、研究の活発化により増加しました。

実験廃棄物の種類別の年変動



実験系廃棄物の学内での処理

これらの実験廃棄物のうち無機系廃液のみが、筑波キャンパスに設置の鉄粉法廃液処理設備(写真上左)で処理されます。

実験系廃棄物の学外での委託処理

有機系廃液、写真系廃液、有害固形廃棄物、廃棄試薬は、各々、特別管理産業廃棄物収集運搬／処分の許可業者に処分を委託しています。写真下は、平成18年度に実施した有害固形廃棄物の収集運搬作業の状況を示しています。

産業廃棄物処理委託先の現場確認

平成18年度には、有機系廃液の焼却処分の委託先の特別管理産業廃棄物収集運搬・処分業者の処理現場(神奈川県)の確認を特別管理産業廃棄物管理責任者等の担当職員が実施しました。写真上右は、委託先の焼却施設を示しています。



鉄粉法廃液処理設備



有機系廃液の処理委託先の焼却炉

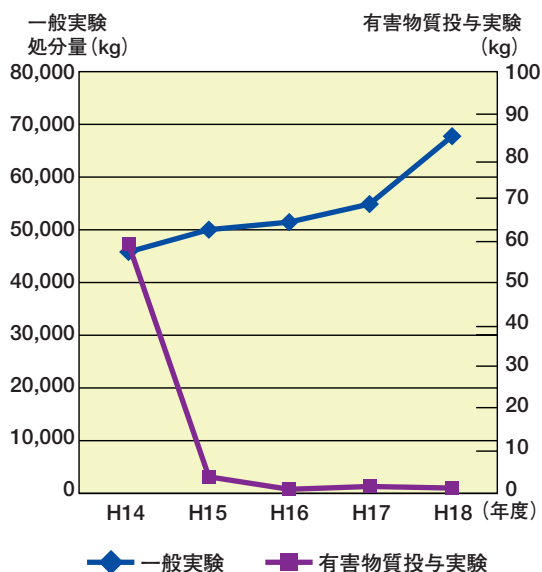


特別管理産業廃棄物処理業者による有害固形廃棄物収集(平成18年度)

動物実験系廃棄物対策

動物実験から排出する動物死体、汚物・床敷は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に規定する一般廃棄物に該当し、一般廃棄物収集運搬・処分業者により委託焼却処理を行っています。有害物質投与廃棄物は、発生量が少ないので、当面凍結保管しています。下図に最近の処分状況を示しました。

動物実験系廃棄物処分の状況



PCB廃棄物の管理

PCB廃棄物については、「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法(平成13年6月22日法律第65号)」により、平成28年までに処分完了することがPCB廃棄物保管事業者に義務づけられています。平成18年度には、菅平高原実験センター、八ヶ岳演習林等に分散していたPCB使用の照明安定器を筑波キャンパスに搬送して一括管理を行いました。保管中のPCB廃棄物は低濃度のものですが、筑波キャンパス、東京キャンパス、下田臨海実験センターで厳重に保管されています。また、使用変圧器等についても、平成16年度から微量PCB含有調査を順次行っています。微量PCBが検出された変圧器等は、使用廃止の時には他のPCB廃棄物と同様に厳重に保管しています。



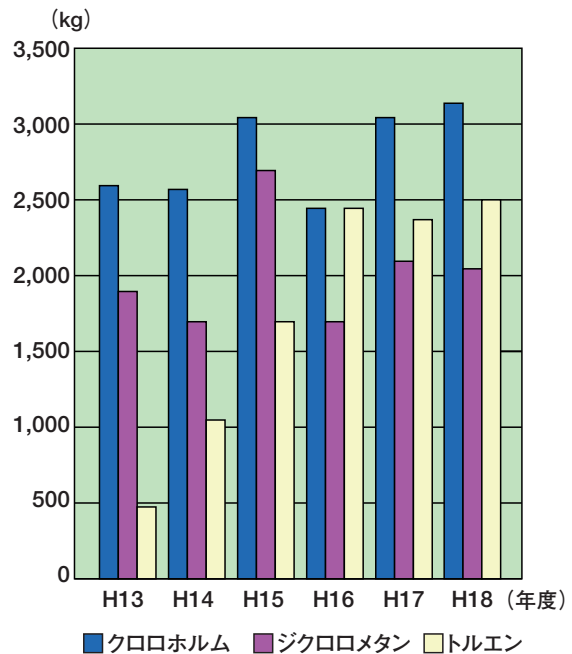
PCB廃棄物保管状況

2. 化学物質の適正管理

PRTR法及び茨城県条例への対応

「特定化学物質の環境への排出量の把握等および管理の改善に関する法律」(化学物質管理促進法、PRTR法、平成11年7月13日法律第86号、平成13年4月1日施行)が制定され、大学等にも適用となりました。このことにより平成13年度から第一種指定化学物質の排出量及び移動量の実績届出が義務化されました。また、平成17年には茨城県公害防止条例の全面改正により、「茨城県生活環境の保全等に関する条例(平成17年3月24日茨城県条例第9号)」が制定されました。この茨城県条例に基づき、更に、PRTR法の第一種指定化学物質(354物質)と茨城県知事の定める化学物質(48物質)で、年間取扱量が100kg以上のものについては排出量・移動量の把握に努めることとなりました。平成18年度において年間取扱量が100kg以上の化学物質は下表及び次ページの表に示したように計10物質でした。右上図のように、PRTR法の届出指定化学物質のクロロホルム、ジクロロメタン、トルエンの3物質の年間取扱量は、前年度とほぼ同じでした。しかし、下表のように、これらの大気への排出量が前年度に比べて増加しました。今後とも、大学の社会的責任として化学物質の取扱実態を正確に把握し、自主的な公表に努め、また対象物質の削減の推進と化学物質の適正管理の徹底に取り組んでいきます。

PRTR法届出化学物質の年間取扱量



PRTR法の届出化学物質の排出量・移動量

(単位: kg)

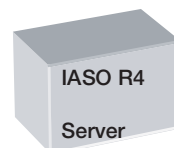
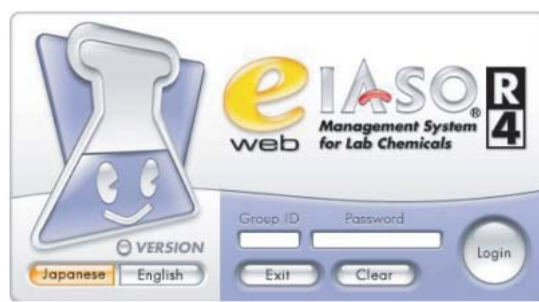
	平成17年度			平成18年度		
	クロロホルム	ジクロロメタン	トルエン	クロロホルム	ジクロロメタン	トルエン
大気への排出量	87.9	99.8	47.5	271	125	234
公共用水域への排出量	0	0	0	0	0	0
当該事業場における 土壌への排出量	0	0	0	0	0	0
当該事業場における 土壌への埋立処分量	0	0	0	0	0	0
下水道への移動量	2.3	0	0.1	0.4	0	0
廃棄物への移動量	3047	2032	2329	2942	1933	2264

■平成18年度の茨城県条例に基づく指定化学物質の排出量・移動量（年間取扱量 100kg 以上）

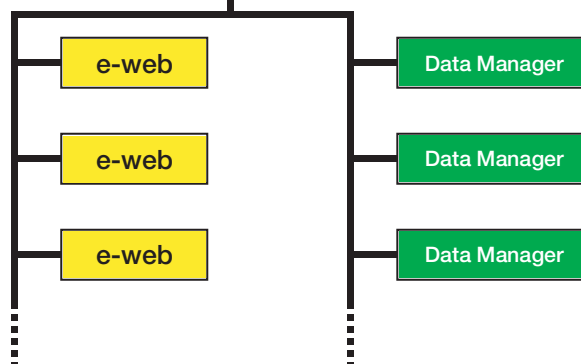
茨城県指定化学物質	アセトニトリル	キシレン	アセトン	塩化水素	酢酸エチル	ヘキサン	メタノール
大気への排出量	38.3	21.5	334.4	5.39	24.6	124.7	281.2
公共用水域への排出量	0	0	0	0	0	0	0
当該事業場における 土壌への排出量	0	0	0	0	0	0	0
当該事業場における 土壌への埋立処分量	0	0	0	0	0	0	0
下水道への移動量	0	0	0	66.3	0	0	0
廃棄物への移動量	335.2	181.5	4618	74.0	887	1705	3739

試薬管理システムの活用

化学物質の管理は、従来から、毒物及び劇物取締法に基づく使用量・保管量の厳格な管理、水質汚濁防止法、大気汚染防止法などの公害防止法規に基づいた環境への排出濃度などの規制的方法による化学物質管理が行われています。しかし、最近の化学物質管理の国及び自治体の手法は、PRTR法および茨城県条例のように、化学物質の残留性、蓄積性などの潜在的危険性に対する予防原則の立場から事業者に広く自主的な化学物質管理の取り組みの促進を図ることを規定しています。具体的には、事業者が化学物質の取扱量・排出量等を常に把握し、化学物質管理の状況を、一定要件をみたすものについては、公開することを定める情報的手法の規制が取り入れられています。従って、大学において化学物質を取り扱う者一人一人に、自主的な化学物質管理のポリシー、意識が共有されなければなりません。そこで、平成16年度からホームページ(学内限定)上に試薬管理システム(IASO R4)を導入し、すべての化学物質の量的把握がホームページ上で自主的に可能となっています。



e-web	薬品使用登録
Data Base	薬品データベース
Data Manager	薬品集計アプリケーション



3. 実験系洗浄排水の再利用（中水）

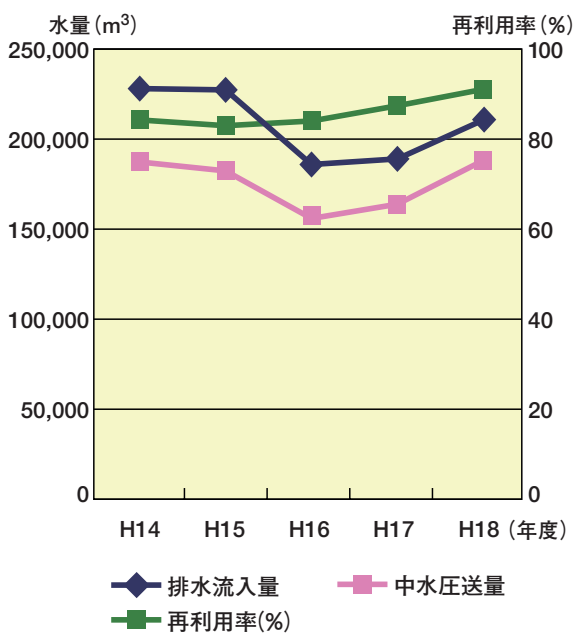
水の循環的使用量(中水使用量)

筑波キャンパスからの排水系統は、雨水系路、生活汚水系路と実験系希釈洗浄排水系路の三つに分けられています。雨水は、学内の調整池(松見池)を経て花室川に排水され、霞が浦に流入します。生活系污水は、学内5箇所の放流点で汚水量を計量後に、霞が浦常南流域下水道に放流されます。実験系洗浄排水は、学内に設置の洗浄排水処理施設に流入し、水の循環的使用のために中水化処理(凝集沈殿-砂ろ過-活性炭吸着処理)されて、再利用します。下図に実験系洗浄排水の再利用の状況を示します。平成18年度の再利用率は90.6%、再利用水量は約19万2千トンでした。

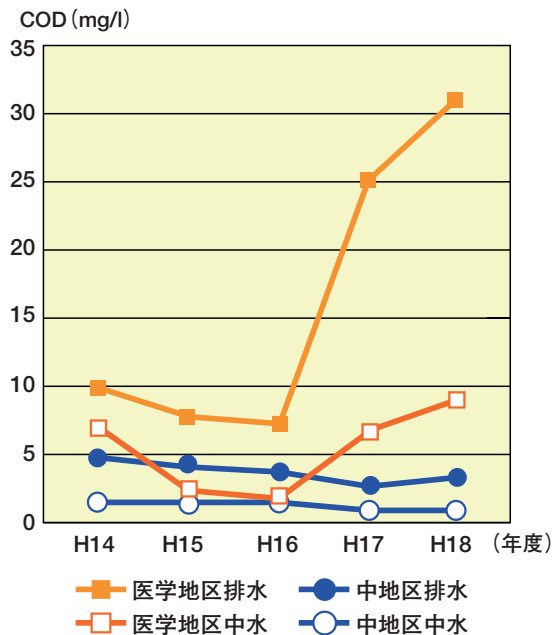
実験系洗浄排水の水質

実験系洗浄排水とその処理水のCOD(化学的酸素要求量)の年平均値の状況を示しました。平成18年度の中地区洗浄排水のCODは、前年度とほぼ同じであり、雑用水として再利用するのに良好でした。しかし医学地区における洗浄排水のCODは高く、水質改善は認められませんでした。中水化処理にもかかわらずCODは9.3 mg/lであり、雑用水として再利用できませんでした。周辺環境及び処理作業の安全、水資源の有効活用のためにも水質の改善が急務といえます。

実験系洗浄排水の再利用状況



実験系洗浄排水・中水のCOD変化



4. 規制の遵守状況

筑波大学の排水pHモニター槽

筑波大学キャンパスの排水系統は、雨水系統、生活系汚水系統、実験系希釈洗浄排水系統(実験室からの洗浄排水)の3系統に独立した排水管路に分けられています。実験に使った化学薬品を含む濃厚な廃液及び化学薬品の入っていた器具の二回目までの洗浄排水は廃液容器に貯留し、流しに捨てることは国立大学法人筑波大学廃棄物管理規則により禁じられています。

実験室のある建物ごと(学系棟、学群棟、共同研究棟、センター棟など)に56箇所の実験系希釈洗浄排水pHモニタリング槽が設置されて、24時間のモニタリングを実施しています。平成18年度には、延べ14回のpH異常の警報が発生しました。その都度に注意喚起し、また特定の項目について化学分析も行って、環境汚染の未然防止に役立っています。

排水の水質測定状況

各実験室等からの排水は、中地区、医学地区に設置の実験系希釈洗浄排水処理施設貯留槽に流入後に化学分析法による水質測定を実施しています。法令遵守の観点から水質測定は実験系希釈洗浄排水とその処理水にあたる中水の両方で実施し、大学からの排水が右表の水質基準内であることを確認しています。平成18年度の排水と中水の水質測定結果を次ページに示しました。今後も化学物質の取り扱いの人為的ミス、事故などによる化学物質の流出の未然防止のために水質監視を継続していきます。

■下水道放流基準値

項目	基準値
温度	45℃未満
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素	380 mg/l
水素イオン濃度 (pH)	5を超え9未満
生物化学的酸素要求量	600 mg/l未満
浮遊物質	600 mg/l未満
ヘキサン抽出物質含有量(鉱油類)	5 mg/l以下
ヘキサン抽出物質含有量(動植物油類)	30 mg/l以下
ヨウ素消費量	220 mg/l以下
カドミウム及びその化合物	0.01 mg/l以下
シアン化合物	検出されないこと
有機燐化合物	検出されないこと
鉛及び化合物	0.05 mg/l以下
六価クロム化合物	0.05 mg/l以下
ヒ素及びその化合物	0.01 mg/l以下
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.0005 mg/l以下
アルキル水銀化合物	検出されないこと
ポリ塩化ビフェニル	検出されないこと
トリクロロチレン	0.03 mg/l以下
テトラクロロエチレン	0.01 mg/l以下
ジクロロメタン	0.02 mg/l以下
四塩化炭素	0.002 mg/l以下
1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/l以下
1,1-ジクロロエチレン	0.02 mg/l以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/l以下
1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/l以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/l以下
1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/l以下
チウラム	0.006 mg/l以下
シマジン	0.003 mg/l以下
チオベンカルブ	0.02 mg/l以下
ベンゼン	0.01 mg/l以下
セレン及びその化合物	0.01 mg/l以下
ホウ素及びその化合物	10 mg/l以下
フッ素及びその化合物	8 mg/l以下
フェノール類	0.5 mg/l以下
銅及びその化合物	3 mg/l以下
亜鉛及びその化合物	5 mg/l以下
鉄及びその化合物	10 mg/l以下
マンガン及びその化合物	1 mg/l以下
クロム及びその化合物	1 mg/l以下

■平成18年度の水質測定結果（最大値～最小値）

（単位：mg/l）

項目	中地区洗浄排水	中地区処理水(中水)	医学地区洗浄排水	医学地区処理水(中水)
透視度	>50～35 cm	>50 cm	45～16 cm	>50～16 cm
温度	25.0～13.3℃	25.5～14.2℃	25.5～13.5℃	25.0～13.5℃
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素	2.1～不検出	1.1～0.57	1.2～不検出	2.6～不検出
水素イオン濃度(pH)	7.2～7.0	7.2～6.9	7.7～6.8	7.3～6.7
生物化学的酸素要求量(BOD)	2.8～不検出	3.2～不検出	140～47	120～1.2
化学的酸素要求量(COD)	4.0～2.3	1.4～不検出	71～12	15～2.7
浮遊物質	不検出	不検出	7～不検出	13～不検出
ヘキサン抽出物質含有量	不検出	不検出	1～不検出	不検出
ヨウ素消費量	不検出	不検出	10～不検出	0.024～不検出
カドミウム及びその化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
シアン化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
有機燐化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
鉛及び化合物	0.01～不検出	不検出	0.01～不検出	不検出
六価クロム化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
ヒ素及びその化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
アルキル水銀化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
ポリ塩化ビフェニル	不検出	不検出	不検出	不検出
トリクロロエチレン	不検出	0.001～不検出	不検出	不検出
テトラクロロエチレン	不検出	不検出	不検出	不検出
ジクロロメタン	0.256～不検出	不検出	0.007～不検出	0.004～不検出
四塩化炭素	不検出	不検出	不検出	不検出
1,2-ジクロロエタン	不検出	不検出	不検出	不検出
1,1-ジクロロエチレン	不検出	不検出	0.002～不検出	不検出
シス-1,2-ジクロロエチレン	不検出	不検出	不検出	不検出
1,1,1-トリクロロエタン	不検出	不検出	不検出	不検出
1,1,2-トリクロロエタン	不検出	0.003～不検出	0.001～不検出	0.001～不検出
1,3-ジクロロプロペン	不検出	不検出	不検出	不検出
チウラム	不検出	不検出	不検出	不検出
シマジン	不検出	不検出	不検出	不検出
チオベンカルブ	不検出	不検出	不検出	不検出
ベンゼン	不検出	不検出	不検出	不検出
セレン及びその化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
ホウ素及びその化合物	0.2～不検出	不検出	1.1～不検出	不検出
フッ素及びその化合物	0.4～0.2	0.3～0.1	0.2～0.1	0.1～不検出
フェノール類	不検出	不検出	0.043～不検出	0.024～不検出
銅及びその化合物	0.1～不検出	不検出	不検出	不検出
亜鉛及びその化合物	0.1～不検出	不検出	0.3～不検出	不検出
鉄及びその化合物(全鉄)	0.5～0.2	不検出	1.1～0.3	0.7～0.1
マンガン及びその化合物	0.1	不検出	不検出	不検出
クロム及びその化合物	不検出	不検出	不検出	不検出
トランス-1,2-ジクロロエチレン	不検出	不検出	不検出	不検出
クロロホルム	0.010～0.001	0.011～0.002	0.206～不検出	0.046～0.001
1,2-ジクロロプロペン	不検出	不検出	不検出	不検出
トルエン	不検出	不検出	0.004～不検出	不検出
m-キシレン、p-キシレン	不検出	不検出	0.009～不検出	不検出
o-キシレン	0.001～不検出	不検出	0.010～不検出	不検出

廃棄物等排出量及び低減対策

1. 廃棄物の発生抑制、低減対策等

筑波大学では、紙の削減計画の一環として両面コピーの推進や縮小コピー等を奨励し、教員・職員・研究生など全構成員の個々人のコスト意識の向上により節減された経費を教育研究の充実に役立てるべく努めています。

ゴミの排出量は、つくば市に占める割合が1割程度ありゴミ抑制方策、リサイクルの推進やゴミの分別収集など積極的に取り組むことが重要となっております。本学の取り組みとしては平成17年8月からはペットボトルを平成18年12月からは缶、ビンの分別回収を始めました。

2. 廃棄物総排出量と処理経費

平成16年度からの3年間の一般廃棄物に関する処分量と処分に要した経費は下表のとおりです。つくば市の一般廃棄物収集方式の変更などでデータの比較は単純に出来ませんが、筑波大学では常に適正な処理に努めています。



室内でのゴミ分別



屋外のゴミ集積所

■表1 年度別一般廃棄物処分量及び経費

種 類	平成16年度	平成17年度	平成18年度
可燃物	3,143,742	3,525,594	3,493,136
不燃物	320,550	300,050	275,890
粗大ゴミ	124,620	19,900	16,380
ペットボトル		3,900	9,150
缶			10,410
ビン			5,030
処分量合計 (kg)	3,588,912	3,849,444	3,809,996
処分費用 (千円)	81,040	97,629	84,305

■表2 年度別産業廃棄物処分量及び経費

種 類	平成16年度	平成17年度	平成18年度
プラスチック、金属類	194,100	262,338	267,495
木屑	1,920	7,810	12,620
タイヤ類	4,060	1,550	—
コンクリートくず	1,710	1,200	2,820
岩石	—	—	4,000
自転車、バイク	26,630	27,070	18,390
乾電池	1,540	2,100	1,253
蛍光灯	5,346	6,730	5,487
ガラスくず、陶磁器	1,920	2,840	15,268
廃油、廃液	512	10,404	34,682
実験動物	550	500	—
感染症廃棄物	—	160,251	168,600
廃試薬	—	3,137	—
汚泥	—	54,500	30,060
がれき類	—	1,780	—
廃酸	—	—	3,644
廃アルカリ	—	—	2,830
廃石綿等	—	—	50
処分量合計 (kg)	387,255	542,210	567,199
処分費用 (千円)	37,660	73,220	57,683

3. リサイクルされた資源量

リサイクル資源ゴミは、リサイクル処理業者へ委託することにより、環境への負担を低減しています。表3に「年度別のリサイクル資源ゴミ売払量及び売払収入」を示します。

4. 学内での資源リサイクル

大学調度品に関しては、学内広報システム(ウェブオフィス)に再利用可能物品等一覧を設け、構成員からの要望によるリサイクルの推進を図っています。

学生の取り組みとしては、学生の環境サークル(エコレンジャー)が生活センターに牛乳パック等の回収箱を設置し、リサイクル活動を行っています。(年間約1,000 kg)

■表3 年度別リサイクル資源ゴミ売払量及び売払収入

種 類	平成16年度	平成17年度	平成18年度
鉄屑類(鉄、銅、アルミ、ステンレス等)	103,330	107,870	589,470
古紙類(新聞、雑誌、段ボール、コピー紙等)	67,910	67,910	91,960
X線使用済みフィルム	3,520	4,863	4,660
売払量合計 (kg)	174,760	198,373	686,090
売払収入 (円)	1,799,825	1,745,236	20,358,520

光熱水量

電気・ガス・水道及び冷暖房のエネルギーは、中央機械室および医学中央機械室の2ヶ所のエネルギーセンターから各建物に供給しています。

北、中、南地区の冷暖房用エネルギーは、中央機械室の高温水ボイラを熱源として、建物の機械室(サブセンター)の熱交換器、吸収式冷凍機により、冷暖房を行っています。

病院を中心とした西地区の冷暖房用エネルギーは、医学中央機械室の蒸気ボイラ(ガス焚き)および吸収式・ターボ冷凍機から蒸気、冷水を供給して冷暖房を行っています。

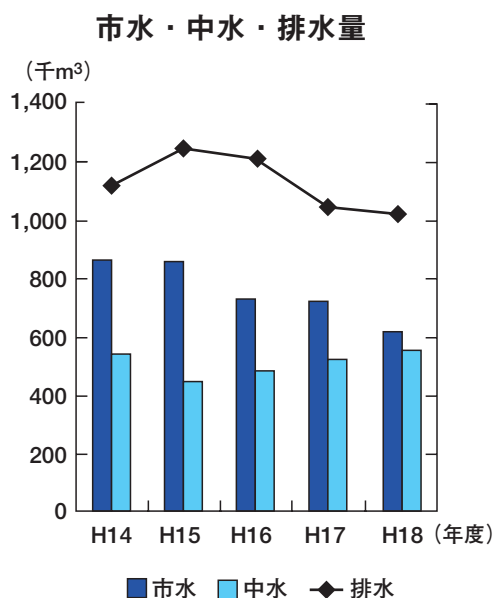
1. 市水・中水・排水

給水は市水、中水の2系統で各建物に供給されています。

市水は上水道として飲料用に供給されています。中水は、実験排水を処理した再利用水で、非飲料系として、便所の洗浄水や、冷暖房設備等に使用されています。中水のバックアップ用として井戸水を併用しています。

排水は汚水・雑排水系統と雨水系統とを分けており、汚水・雑排水系統は公共下水道に排水しています。

全学的な省エネ活動の推進や節水機器の採用、空調設備の水冷式から空冷式への更新などの取り組みにより、平成15年度を境に使用量が減少傾向にあります。



2. 電気

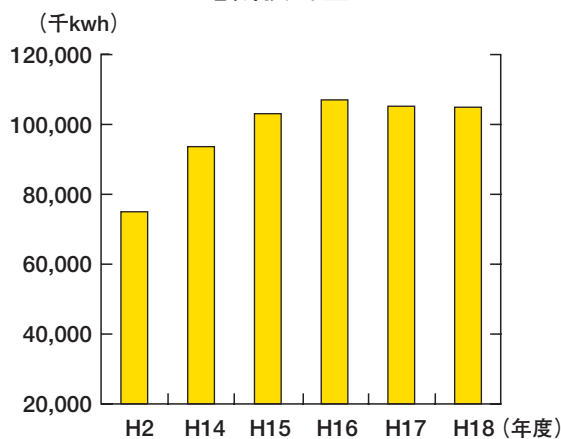
電気は学生宿舍群の高圧受電(6.6 kV)以外は全て中央機械室1ヶ所で特別高圧(66 kV)受電しています。各建物89ヶ所の電気室には中央機械室から高圧(6.6 kV)で送電しています。

最近の5年間に建物面積が4.5万m²増えています。全学的な省エネ活動の取り組みとともに、新しい建物や改修する建物には省エネタイプの照明器具や、人感センサー等の採用、高効率機器の採用などを行っています。

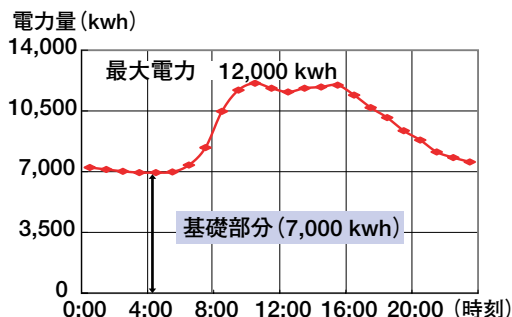
また、中央機械室の高温水ボイラの更新を行い、ボイラ容量の見直しにより、容量を70%削減しました。これらの取り組みにより、電気使用量は平成16年を境に減少傾向にあります。

平成18年度のエネルギー消費量は電気が75%を占めています。特に基礎部分の消費電力(深夜から朝にかけての最も電力需要の少ない時の消費電力相当分)が大きいため、この基礎部分の削減を進める必要があります。

電気使用量



一日の電力使用量



年間で最も電力量が少ない平日
(平成18年4月4日)

3. 都市ガス及びA重油

都市ガスおよびA重油は冷暖房及び給湯用として、蒸気ボイラ、高温水ボイラの燃料に使用されています。

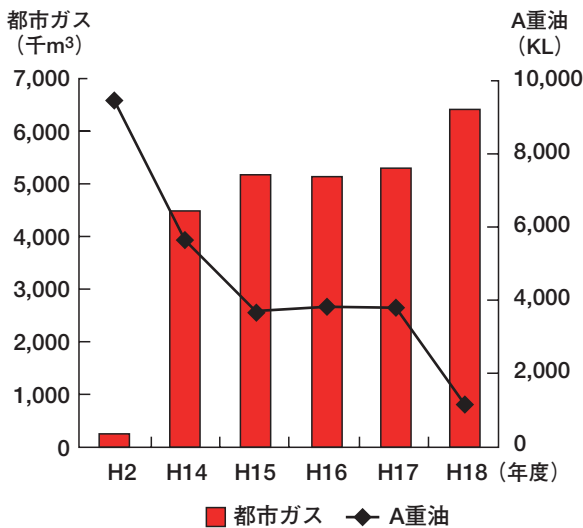
北、中、南地区の冷暖房用エネルギーは、中央機械室の高温水ボイラを熱源としています。平成18年度の高温水ボイラの更新時に、ボイラの燃料はA重油から環境負荷のより少ない都市ガスに変更しました。

病院を中心とした西地区の冷暖房用エネルギーは、医学中央機械室の蒸気ボイラ及び吸気式・ターボ冷凍機から蒸気、冷水を供給して冷暖房を行っています。平成12年度からの蒸気ボイラの更新時に、ボイラの燃料はA重油から環境負荷のより少ない都市ガスに変更しました。

また、都市ガスの契約はガス大口契約を締結し、コスト削減を行っています。

このため、燃料使用量はA重油が大幅に減少し、反比例して都市ガスが増加する傾向にあります。

都市ガス・A重油使用量



4. 省エネルギーへの取り組み

本学は省エネルギーに積極的に取り組んでおり、様々な対策を行っています。筑波キャンパスは、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)に基づく第一種エネルギー管理指定工場となっています。

省エネ法に基づく管理標準を定め、適切な運転管理に努めているほか、エネルギーの使用状況を学内に公表し光熱水量及び、二酸化炭素排出量削減のため実施要領を決め、夏と冬の省エネルギーキャンペーンを実施しています。

省エネルギーキャンペーンには、大学の構成員はもとより、学生が積極的に参加し、学生独自のポスターを作成するとともに、講義室、トイレ等の消灯点検など、学生が出来る取り組みを実施しています。



夏の省エネルギーキャンペーン



学生制作ポスター

温室効果ガス排出量・エネルギー消費量

地球温暖化防止のため、平成17年2月6日「京都議定書」が発効されました。我が国も、温室効果ガス排出量を1990年基準で6%削減することを国際公約しています。このため、省エネルギー対策に加え、二酸化炭素(CO₂)排出原単位の低い燃料への転換等も課題になっています。

本学では、平成12年度から医学中央機械室の蒸気ボイラの更新と、平成18年度に中央機械室の高温水ボイラを更新しました。更新において、燃料及び設備容量の見直しを行い、燃料を環境負荷の少ない、A重油から都市ガスに変更するとともに、適正な設備容量に変更しました。特に高温水ボイラは容量を70%削減しました。また、平成15～17年度に医学中央機械室の冷凍機を高効率の機器に更新しました。

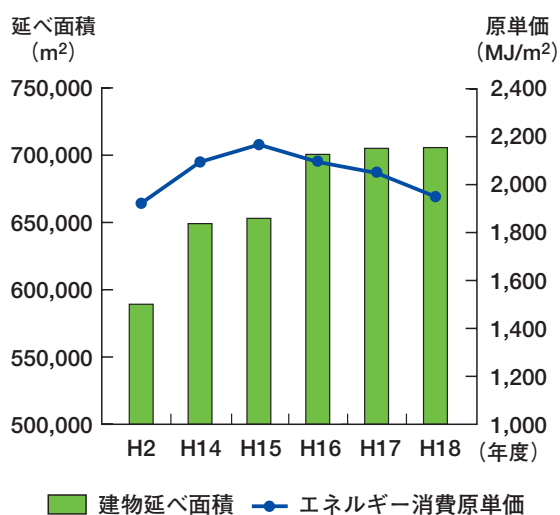
これらの取り組みと、エネルギー消費に関するデータを可視化し、全学的な省エネルギー対策を推進していることにより、エネルギー消費量、CO₂排出量ともに平成16年度から減少傾向にあります。

平成18年度は平成17年度に比べて、エネルギー消費量を3.9%、CO₂排出量を6.6%削減することができました。

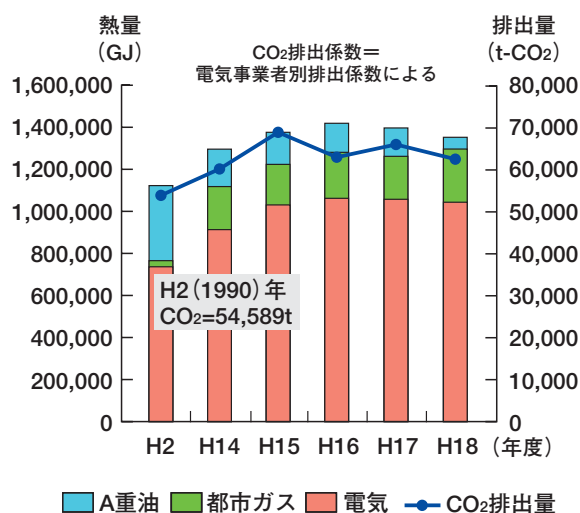
CO₂排出量の算定に使用する排出係数について、平成18年度の環境報告書では、環境省令によるデフォルト値(0.555kg-CO₂/kwh)により算定していましたが、平成19年度から環境省が公表する電気事業者別の排出係数を使用できることとなりました。

本報告書においては、より実態が反映された数値を採用することとし、東京電力(株)(0.368kg-CO₂/kwh)、(株)エネット(0.424kg-CO₂/kwh)の排出係数による算定としています。

建物面積とエネルギー消費原単価



エネルギー消費量とCO₂排出量



中央機械室高温水ボイラ更新による環境負荷の軽減

筑波大学の冷暖房は、北地区、中地区及び南地区(約40万 m^2)に点在する教育・研究施設を中央機械室1ヶ所から各建物に高温水を供給する大規模集中方式により行われています。(実験室等の個別空調を除く)

この方式は中央機械室に熱源を集中することにより、ボイラ等の容量がスケールメリットにより最小限に抑えられ、また設備の保守においても教育・研究に支障を及ぼすことが少なく運用できるシステムですが、運転開始から27～31年を経過し、老朽化による種々の故障が発生し、部品の製造中止により復旧まで長時間を要するようになってきました。

このため、平成18年度に他大学の休止中のボイラ3基を譲り受け、新設の2基と合わせて5基の高温水ボイラに更新しました。この工事費の一部には(社)日本ガス協会から「平成18年度エネルギー多消費型設備天然ガス化推進補助金」の交付を受けました。

ボイラ更新に当たっては燃料及び設備容量の見直しを行い、燃料をA重油から環境負荷のより少ない都市ガスに変更し、ボイラ容量を70%削減し、燃料の大幅な削減ができました。

また、高温水ポンプの容量も低減することができ、搬送動力の削減ができました。



旧ボイラ 18 Gcal/H × 3基 (A重油焚き)



新ボイラ 2.69 Gcal/H × 3基 (ガス焚き)
3.88 Gcal/H × 2基 (ガス焚き)

アスベスト対策

1. アスベスト問題の取り組み

アスベスト問題については従来より積極的に取り組み、必要な対策を講じてきました。

平成17年6月には事業場でのアスベスト被害が社会問題化してきました。このことを受け、文部科学省からは、平成17年7月に吹き付けアスベスト等による調査報告を求められました。対象は平成8年度以前に完成した建物に使用されている吹き付け石綿3種類（「吹き付けアスベスト」、「吹き付けロックルール」、「吹き付けひる石」）で、含有する石綿の重量が当該製品の重量の1%を超えるものと「折板裏打ち石綿断熱材」の4種類であり、これらについて調査を行うこととなりました。

2. アスベスト使用実態調査

調査は平成8年以前に建設された建物について行いました。対象建物数729棟、延べ面積約890,000m²について、①設計図書の確認、②施工材料の確認、③現地調査、④含有分析調査を行いました。この結果、建物数92棟、延べ面積約85,000m²、2,500室に1%を超えてアスベストの含有が認められ、教育研究に多大な影響が懸念されました。

また、使用実態調査と平行して吹き付けアスベストを使用している部屋について室内の粉塵濃度測定を行い、大気汚染防止法による基準値を大きく下回る値を確認しました。本学ではアスベスト問題について、総合的に検討を行い、適切な対応と円滑な実施を図るため、平成17年9月に全学的な組織として「筑波大学アスベスト対策連絡会」を設置しました。アスベスト対策に係る対応状況及び対策工事の説明会を約30回開催し、全学的な理解と協力を得て、様々な対策を行いました。また、施設部や保健管理センターには建築物のアスベスト問題や健康に関する相談窓口を設けました。



全学説明会



学生宿舎入居者説明会

3. アスベスト対策工事

工事は室内に露出したものを対象に、建物数92棟、延べ面積約82,400m²、2,500室について吹き付けアスベストの除去工事を実施しました。工事は平成18年6月に開始し、実験室等は教育・研究への影響が最小限になるよう配慮し、学生宿舎は数棟を入寮制限し、ローテーションを組み工事を行いました。アスベスト対策工事と併せて高効率の照明器具に更新し、省エネと照度の改善を行いました。工事は平成19年3月末に完了しました。

また、吹き付けアスベストが「封じ込め」や「囲い込み」により既に措置状態にあるものについても今後、大規模改修に併せてアスベスト対策工事を行うこととしています。



工事現場見学会

4. 法改正による規制強化への対応

「労働安全衛生法施行令」及び「石綿障害予防規則」が一部改正され、平成18年9月から施行されました。この改正により、石綿をその重量の「1%を超えて含有するもの」から「0.1%を超えて含有するもの」に適用範囲が拡大されました。文部科学省からは、平成18年10月に吹き付けアスベスト等による補足調査報告を求められました。

このことを受け、該当する建物の再調査を行った結果、建物数9棟、延べ面積約2,660m²について0.1%を超えてアスベストの含有が認められました。このうち4棟、約1,000m²については平成19年3月末に除去工事が完了しました。残りの建物についても平成19年度以降順次対策工事を行うこととしています。



アスベスト除去中

バイオマスエネルギー

1. 取り組み

本学は開校から30年以上が経ち、施設や設備の老朽化・狭隘化への対応が喫緊の課題となっています。このため、筑波キャンパスの熱源設備を中心とした設備改修を目指すため、平成17年度に施設計画室に基幹設備の整備計画WG(スマートキャンパス研究会)を立ち上げ、検討を続けてきました。

平成18年には本学における新たな熱源供給の実証モデルの調査研究のため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)から、平成18年度民生部門等地球温暖化対策実証モデル評価事業による「産官学連携による天然ガスコージェネレーションとバイオマスエネルギー等を活用した大学における面的エネルギー供給の実証モデル評価事業」(FS事業)に採択され、調査研究を行いました。

2. 調査研究

本学では、中央機械室から各施設に高温水を送る集中熱源方式を採用していますが、熱源設備や配管の老朽化などで、維持管理や修繕費が莫大な金額となっています。この事業では熱源設備老朽化への対応、環境負荷の低減を目指し、従来の大規模集中熱源方式から、天然ガスコージェネレーションとバイオマスエネルギー等を活用した大学における面的エネルギー供給方式の構築

について、産官学連携による事業化可能性の検討評価を行いました。つくば市では平成13年度に地域新エネルギービジョンを策定しており、その基本方針の中で天然ガスコージェネレーションの公共施設や研究機関への積極的な導入、木質バイオマスの資源化があげられています。

事業概要としては、①一の矢地区の大規模集中熱源方式からの分離 ②天然ガスコージェネレーションの導入検討 ③熱源設備の燃料転換(A重油から都市ガスへ) ④木質バイオマス資源の活用検討 ⑤コージェネレーションの排ガス中のCO₂を農作物への施肥検討 ⑥大学構内全域の短・中・長期の熱源システム整備の方向性検討などについて実施しました。

3. これからの取り組み

経済産業省の補助金によるモデル評価事業の調査研究により筑波キャンパスにおける熱源設備再構築の方向性が整理されました。大規模集中方式からブロック別集中方式(8ブロック)と個別空調方式の組み合わせによる方式への転換を進めることとしています。また、一の矢地区には木質バイオガスコージェネレーションシステムの導入を検討しています。このシステムの特徴は木質ガス化のガスと都市ガスとの混合で行う混焼バイオコージェネレーションであります。このシステムは他にほとんど例が無く、産学による共同研究としても意義があります。

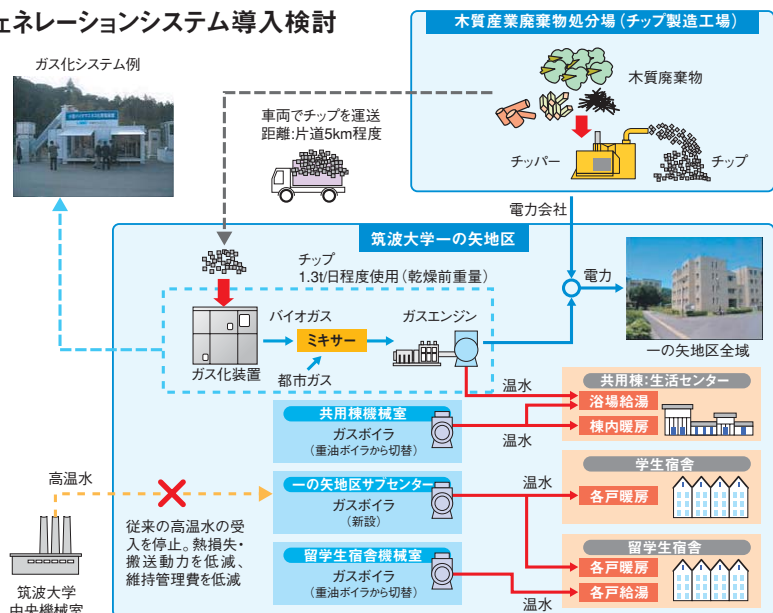
一の矢地区における木質バイオガスコージェネレーションシステム導入検討

(1) 一の矢地区における木質バイオガスコージェネレーションシステム導入の位置づけ

- 今後、構内熱源システムは、現状の大規模集中方式から、ブロック別集中方式と個別空調方式の併用システムへと転換していく方向である。
- 今回、一の矢地区で検討したシステムはこの先駆けとなるシステムであり、中央機械室とは切り離し、一の矢地区単独で熱源をもつシステムである。

(2) システム概要

- 大学周辺に位置する木質産業廃棄物処分場で製造している木質チップを購入し、ガス化システムでバイオガスに変換し、ガスエンジンの燃料として利用する(構内の剪定枝についてもチップ化し利用)。
- 電力は一の矢地区受変電室に供給し、排熱は共用棟浴場の給湯に利用。
- ガスエンジンの燃料はバイオガスだけでなく、都市ガスとの混焼も可能なシステムとし、木質チップが確保しにくい場合も、安定的に電力と熱を供給できるものとする。



グリーン購入・調達状況

1. 購入・調達の方針、目標、計画

(1) 購入・調達の方針

筑波大学は、「国等による環境物品の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)を厳守し、可能な限り環境への負荷の少ない物品の調達に努めるため、「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を策定し、公表しています。(環境省へ毎年報告)

(2) 目標、計画

特定調達品目については、その調達目標を100%と定め、環境負荷低減に努めています。また、特定調達以外

の調達に関してもエコマーク製品の調達やOA機器、家電製品など、より消費電力が少なく、かつ、再生材料を多く活用しているものを選択するなど環境に配慮しています。

さらに、公共工事の厚生要素である資材・建設機械等の使用に際し、コスト等に留意し、環境負荷に配慮した公共工事を積極的に推進しています。

2. グリーン購入・調達の状況

筑波大学における「年度別調達品目調達状況」を表に示します。調達達成率は、紙類のうちコピー用紙が達成できていませんが、その他は100%達成です。

■年度別特定調達品目達成状況

分野	平成17年度			平成18年度		
	総調達量	単位	品目数	総調達量	単位	品目数
紙類	461,327	kg	8	424,541	kg	8
文具類	646,351	件	73	549,329	件	77
機器類	4,523	件	10	5,930	件	10
OA機器	2,504	台	11	2,227	台	11
関連用品	—	—	—	7,802	個	2
家電製品	39	台	4	54	台	4
エアコンディショナー	55	台	2	45	台	2
温水器等	19	台	4	80	台	3
照明	14,200	件	2	11,796	件	3
自動車等	2	台	1	1	台	1
自動車	2	台	1	1	台	1
関連用品	1	件	1	18	件	4
消火器	9	本	1	628	本	1
制服・作業服	200	着	1	100	着	1
インテリア・寝装寝具						
カーテン等	258	枚	4	193	枚	3
じゅうたん等	100	m ³	1	344	m ³	2
作業手袋	25,606	組	1	3,291	組	1
その他の繊維製品	2	件	1	1	件	1
役務	672	件	2	961	件	3

研究・教育活動と社会貢献

バイオディーゼル燃料生産による循環型社会の形成

生命環境科学研究科・講師 野村 名可男

化石燃料枯渇の危機が長く叫ばれている中、近年、世界的な燃料の需要が増加し、また燃料産出量における国家間での極端なアンバランスなどから、再生産が可能なバイオマスを用いたエネルギー生産が広く世界で盛んに行われるようになってきました。現在大きな期待を集めている三大バイオマスエネルギーは、有機系廃棄物を嫌気発酵することにより得られるバイオガス、サトウキビ廃糖蜜などからアルコール発酵によって生産されるバイオエタノール、そして主に植物油を用い物理化学的なプロセスで変換して得られるバイオディーゼルがあげられます。バイオガスは畜産廃棄物等を用いた生産が大型酪農場などを中心に行われてきましたが、より小さな規模での採算性の検討や、一般下水処理プロセスから排出される余剰汚泥、生ゴミなど他の有機系廃棄物を用いたプロセス開発が盛んに行われています。バイオエタノールは、サトウキビの主要生産国であるブラジルで早くから実用化されており、ガソリンと混合した燃料はガソホールとしてブラジル国内のほとんどのガソリンスタンドで供給されており、アジアではタイですでに同じ試みが実用化されています。

1. バイオディーゼルとは？

広義のバイオディーゼルとは、'バイオマス資源を用いた代替軽油燃料'ですが、現在多く用いられているのは、より限定した、'油脂を原料にエステル化して得られるモノアルキル軽油燃料'です。図1に示すように、動植物から得られる油の主成分であるトリグリセリドにアルコールを混合し反応させると、トリグリセリドはアルキルエステルとグリセリンに変換されます。反応性が高く処理後の回収にかかるエネルギーが少ないメタノールがアルコールとして通常使用され、さらに反応速度を加速させるための手段として一般的に水酸化ナトリウムなどのアルカリ触媒がよく用いられます。原料を植物油と特定していないのは、バイオ

Chemical Reaction: Transesterification

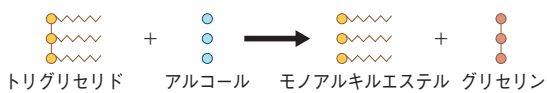


図1 植物油を用いてバイオディーゼルの生産する反応(エステル化反応)

ディーゼルは植物油だけではなく動物油脂・微細藻類が生産する油脂などからも生産可能であるためです。しかしながら、現段階で実生産レベルで用いられているバイオディーゼルのほとんどは植物油を原料としています。

現在使用されている化石燃料は限りがあるだけでなく、燃料中の炭素は、油を生産する植物が成長する過程で主に大気中の炭酸ガスを固定化して得られたものであり、環境への負荷が少ない持続再生産可能なエネルギーとして期待されています。また、化石燃料に比べ植物油には硫黄含量が非常に少ないため、排ガス中の硫黄酸化物物質(SO_x)成分が少ないことも環境への負担が少ないこととして挙げられます。硫黄酸化物物質は、酸性雨の原因物質とされ、一般の軽油のディーゼル燃料を燃焼したときに出る排ガスに含まれる物質の中で最も深刻な環境汚染物質のひとつです。このため、軽油の化学成分に関する基準の中には硫黄含量があり、日本政府は大気環境への配慮からこれを段階的に下げる方針を打ち出しています。年々厳しくなる硫黄規制に対処するために、大手石油供給会社は、原油から硫黄を取り除く施設(脱硫装置)にさらなる多大な投資をせまられています。

2. バイオディーゼルを使用している国々と日本

バイオディーゼルは、多くの国ですでに実用化・販売されており、ディーゼル車の割合が多いヨーロッパ諸国での普及が盛んです。ヨーロッパでは、多くの国が国策としてバイオディーゼル燃料普及を推進しており、市販価格も通常の軽油とほぼ同等になるよう調整されています。ヨーロッパで実用化されているバイオディーゼルのほとんどは菜種油から生産されています。油を生産する植物、いわゆる油糧植物の中で油の生産性が高いのは、パーム(油ヤシ)、ココナッツ(ココヤシ)です。また、パーム油・ココナッツ油には炭素鎖に二重結合がなく融点の高い飽和脂肪酸が主成分です。冬季の温度が飽和脂肪酸の融点以下になるヨーロッパや日本では、融点の高い飽和脂肪酸を多く含むパーム油やココナッツ油は低温で自動車の燃料供給系や燃料燃焼系のトラブルの原因となるため、使用されていません。近年、バイオディーゼル事業を積極的に進めよう

としているフィリピン・マレーシア・タイでは、パーム油・ココナツ油を主成分としたバイオディーゼルを生産しています。フィリピンでは2007年5月からディーゼル燃料にココナツ油から生産されたバイオディーゼル燃料を混合して販売することを決定しています。

3. バイオディーゼル実用化への課題

ディーゼル機関を最初に発明したルドルフ・ディーゼルが、ピーナツ油を使用しディーゼルエンジンの雑食性を示したことや、第二次大戦中に天然資源の不足していた帝國空軍が松の木から採取される油で戦闘機を飛ばそうとしていたことから、植物油を処理して燃料に変換する手法そのものはかなり古くから知られています。それが長いこと実用化から遠のいていた原因は、限りあるといわれながら原油から精製される燃料がまだ手の届く範囲で調達できたこと、さらにバイオディーゼル事業化における採算性の問題、いわゆる高い生産コストの問題です。実は、利点が多く環境への負荷も少ないバイオディーゼルですが、実用化において一番大きな問題となるのが採算性の問題です。食用として市販されている植物油そのものの価格と比べても明確なように、燃料としての価格とは大きな開きがあります。本研究室では、主な研究課題として次に挙げるバイオディーゼル実用化へ向けた問題の抽出またそれに関する技術開発を行っています(コラム)。そこで、以下に実用化に向けた今後の課題を挙げてみます。

1) 燃料生産プロセスにおけるコスト削減

先にも説明したように、バイオディーゼルとはトリグリセリドをエステル化して得られるアルキルエステルです(図1)。この変換プロセスは物理化学的な反応によって起こりますが、温度・混合特性・触媒の種類などさまざまな因子によって反応効率や収率が変化します。また、生産物精製、廃液の分離・処理のプロセスなども反応条件によってかなり異なります。コスト削減に向けて、さまざま

な因子の影響を相互に解析し、より高率なプロセス構築を目指した試みが行われています。エステル反応ではアルカリ触媒を用い、さらに植物油には遊離の脂肪酸成分が含まれますので反応物生成物には石鹸が含まれます。この石鹸を除去するために反応後にバイオディーゼル成分(アルキルエステル成分)の洗浄・アルコールの回収工程が必要となります。触媒やアルコールを大量に使用すればこの工程にかかるコストは大きくなります。最近の研究では、触媒を用いずに油を直接アルキルエステルにするためのプロセス開発や、アルコールに別の溶媒を添加することにより、混合特性を飛躍的に向上させ反応効率を高める研究などが報告されています。

2) 最終生産物の高付加価値化

バイオディーゼルはその名前からもわかるように、現段階ではディーゼル機関への応用が期待されていますが、原料の特性から、さらに高価な燃料の代替燃料としての可能性も持っています。バイオディーゼルの主な原料となる植物油の中には、炭素鎖に二重結合を含むものがあり、この二重結合を物理化学的な手法により開裂し、より炭素鎖の短い生産物を得ることができれば、ディーゼル燃料だけではなく、より価格の高いジェット燃料・灯油・ガソリンとして変換できる可能性があります。

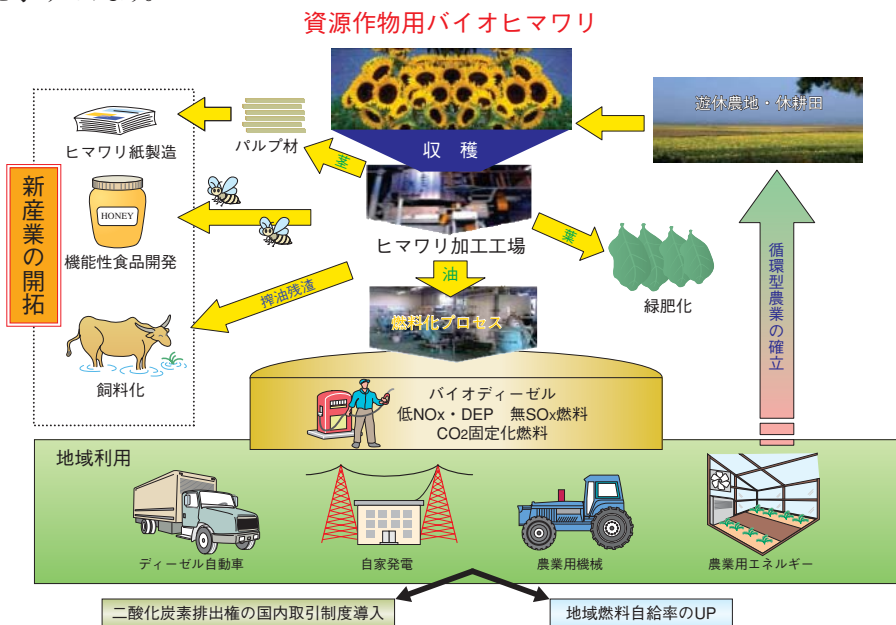


図2 バイオディーゼル生産による循環型社会の形成

3) プロセスから排出される副産物の高付加価値化

バイオディーゼル燃料の主な原料として期待されている植物油の生産工程では、さまざまな副産物が排出されます。ヒマワリの例をあげてみると、油が取れるのは種からそれ以外の部分は全てが副産物となります(図2)。これを全て産業廃棄物として処理すれば膨大な費用がかかることは言うまでもありませんが、この中で、花・茎・葉はそれぞれ化粧品・紙パルプ・緑肥としての加工が可能です。また、種も油分は30~40%でそれ以外の搾粕は副産物となります。この搾粕には、良質のタンパク・ビタミン・ミネラルが豊富に含まれているため飼料・食料への加工が期待されています。食用に加工する際の重要な点としては、搾粕に含まれる油と繊維分の低減、遊離アミノ酸含量の増加です。現在、固体発酵法を用いた変換プロセスでの食品への転換手法の開発が試みられています。また、植物油はエステル化されるとアルキルエステルとともにグリセリンが反応副産物として生じます(図1)。グリセリンは化粧品・医薬品原料として工業的に用途はさまざまです。また、ある種の微生物は、グリセリンの2番目の炭素に結合した水酸基を水素に置換した1,3-プロパンジオールを効率的に生産することが知られています。1,3-プロパンジオールは生分解性があり、プラスチックの原料となることから、生分解性プラスチック材料として注目されており、化学薬品としての価値はグリセリンの約100~150倍とされています。しかしながら、先にも述べたように、通常のバイオディーゼル生産工程ではアルカリ触媒を使用しさらに植物油には遊離脂肪酸が含まれていることから、微生物発酵

の基質としてはそのまま使用できません。そこで、さまざまな方法でグリセリンに前処理を施し効率的な1,3-プロパンジオール生産プロセスの開発を目的とした研究を行っています。(図3)

4. 食糧供給への影響とバイオディーゼル

バイオマス燃料の普及が進むにつれて、問題となってきたのが、食糧問題との競合です。バイオマス燃料、特にバイオエタノールやバイオディーゼルの原料が食糧と同じものが多いため、その需要の急速な増加により食糧価格が上昇しています。具体的には、バイオエタノールの原料としてサトウキビ由来のバイオマス資源の需要が増加しているため、砂糖の価格が上昇し、砂糖を使った食料・食材の値段が高騰しています。また、バイオディーゼルの主原料が植物油なので、植物油を用いた、魚類缶詰・ドレッシングなどの価格上昇が懸念されています。この問題に対して現在、さまざまな国で食料に用いる植物油と競合しない、いわゆる非食用植物油を用いたバイオディーゼル生産に関するプロジェクトが盛んに進められています。その中でも最も期待されているのが、Jatropha(タイワンアブラギリの一種)です。しかしながら、非食用油生産植物は植物体から取れる副産物も食用に適さない場合が多く、コスト削減に関する項で述べた様な、副産物の高付加価値化が現段階では困難であり、新たな技術の導入による問題点の解決が期待されています。

5. おわりに

近年、原油価格の高騰からバイオマスエネルギーは大きな注目を集めています。今後も地球温暖化進行に対する懸念の増大からさらに注目を集めていくことが予想されます。バイオマスエネルギー生産を持続的に行っていくためには、本稿で挙げた問題点を念頭に置いた技術開発、政策立案が不可欠です。また、バイオディーゼル実用化には大学での研究を地方自治体、政府さらには民間企業へ広げていく必要があります。これを好機として、産・官・学がより一層有機的な連携をとっていくことが望まれます。

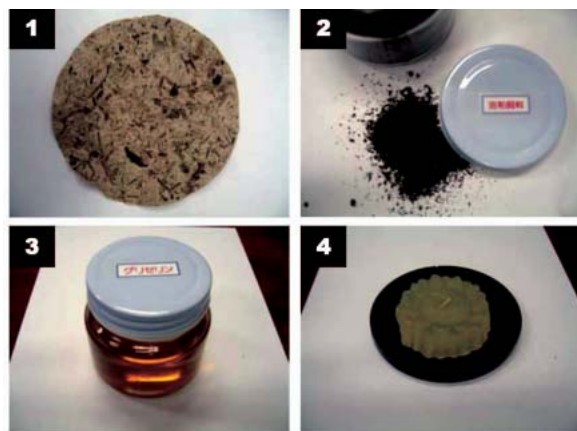


図3 ヒマワリバイオディーゼルから得られる副産物
1. ヒマワリ厚紙(原料:ヒマワリの茎) 2. 動物飼料(ヒマワリ油搾粕)
3. グリセリン(エステル化反応副産物) 4. グリセリン石鹸(グリセリン)



コラム

バイオディーゼルの研究開発による地域連携

バイオディーゼルに関わる研究開発は分野が多岐にわたるため、その事業化には産官学の連携だけではなく、さまざまな面からのサポートが必要です。日本政府内の当該組織を見ても、バイオディーゼル開発に関わる主な省庁は、エネルギーおよび天然資源の管理・利用を統括する経済産業省、油糧植物栽培を含む農林業一般を統括する農林水産省、地球温暖化問題および大気汚染を担当する環境省、大学および国公立研究機関における研究開発を統括する文部科学省と非常に多い。筑波大学生物プロセス工学研究室では、松村正利名誉教授を中心として約10年以上前からヒマワリ油を原

料としたバイオディーゼルに関する研究開発を行っています。そこからは、学術論文・特許取得にとどまらず島根県斐川町、西日本鉄道等との連携事業、大学発ベンチャー、サンケアフェュエルズ(株)の設立、さらに茨城県土浦市と共同で農林水産省のバイオディーゼル普及協議会の構築といった成果が得られています。また、バイオディーゼルの原料となるヒマワリ油を大量生産するため、フィリピン・タンザニア・タイでヒマワリの試験栽培を行い、タンザニア・フィリピンからは原料の安定的な供給体制が確立されています。



土浦市木田余のサンケアフェュエルズのバイオディーゼル研究所(左)とサンケアフェュエルズ社製バイオディーゼルによる土浦市バス(キララバス)試乗会の様子(右)



タンザニア(左)・フィリピン(右)におけるヒマワリ試験栽培場

筑波大学プラスチック廃棄物リサイクル

生命環境科学研究科・教授 杉浦 則夫

2007年6月6日～8日まで、ドイツのハイリンゲンダムで行われた主要国首脳会議(G8)で地球温暖化対策のための二酸化炭素の削減目標を2050年までに半減することに合意したことでわかるように、温暖化により地球全体の構造的な環境生態が大きく変化しはじめ人類が総力を挙げて取り組まなければならない時代に突入しました。まさに発信源である地域では二酸化炭素抑制のための取り組みが早急に迫られています。

当然、日本の先端研究技術開発の中心であるつくば研究学園都市内の研究所、大学などにおいては範として廃棄物削減を実施するため積極的に環境負荷の低減を意識し研究活動に取り組むことが必要とされます。

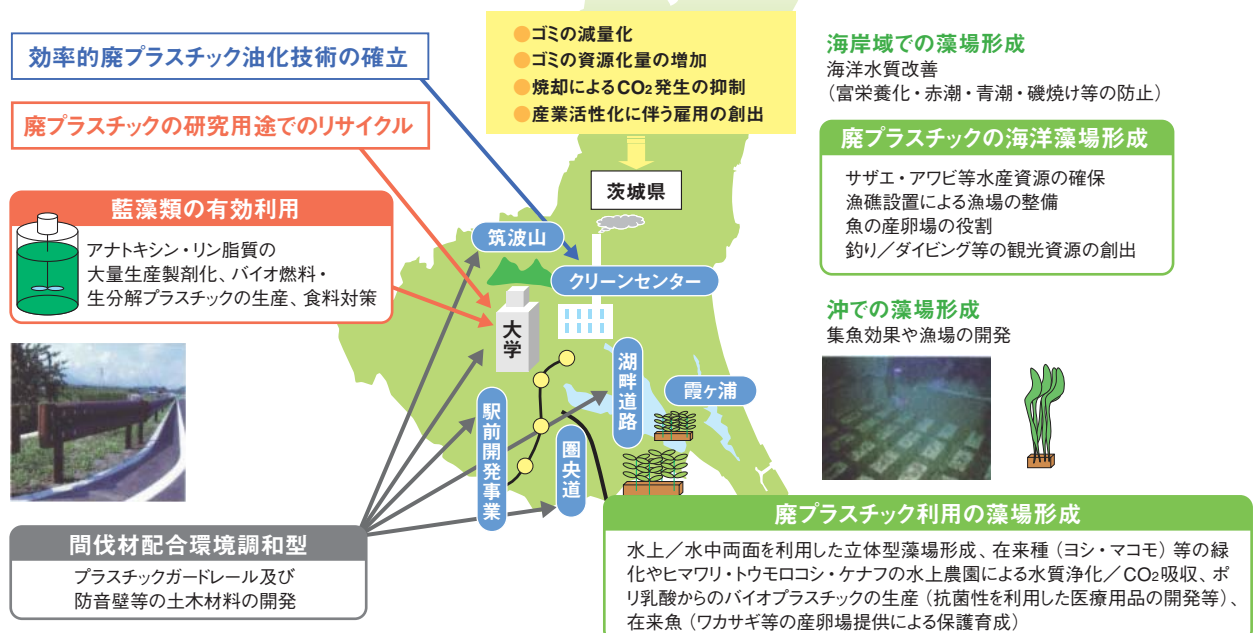
実際につくば市のゴミ事情としてペットボトル以外のプラスチック類は可燃物としてつくば市クリーンセンターで焼却処理され、大量のCO₂が発生していますが、プラスチック類の資源有効利用が現在まったく行われていません。筑波大学では、年間約800トンもの研究用プラスチック類を廃棄し、約2500tものCO₂を発生させています(つくば市のエネルギー由来のCO₂発生量年間約40万5千トンと比較

して0.6%相当)。つくば研究学園都市の地域特性により全ての研究機関でCO₂抑制実施は可能であり、削減プログラムを実施すれば相当量のCO₂の発生削減が達成され、新たな地域社会循環の基盤の形成に繋がります。

そこで大学では平成18年度より最初の取組課題として、研究活動により日々大量に消費される廃棄プラスチック器具類に着目し、リサイクル活動に取り組み、焼却処理に伴う温室効果ガス発生抑制に寄与しようとしています。現在、生命環境科学研究科内を中心に実験・研究で利用したプラスチック製のピペット、チップ、試験管、ペトリ皿、その他容器、器具類などの分別回収を実施しはじめました。回収した廃棄プラスチック類は、産・学・官協力による処理加工事業センターで粉碎・ペレット化し用途別に利用しようとしています。

今後、具体的数値目標を設定し、全学内から発生するプラスチック廃棄物の発生量を段階的に削減することを目指します。また、つくば市内には大学同様に多くの最先端技術を研究する各省庁管轄の研究所及び民間の研究所が多数存在し、多くのプラスチック廃棄物を発生させ

茨城県環境調和型地域循環形成事業構想図



ています。筑波大学発の廃棄プラスチック類循環システムの構築により産学官と積極的に連携を行い、環境負荷を与えない研究活動を共通認識とし、廃プラスチックを利用した新たな産業の創出をも目指しています。

1. 廃プラスチック類循環リサイクル実施計画

廃プラスチック循環社会形成を達成するためステップを3段階に分別し順次遂行し最終的には研究用等への循環リサイクルを目指します。実施計画は、処理加工事業センター内で実施します。具体的な実施方法は以下の通りですが是非、全学での取り組みを実施したいので皆さんの協力をお願いします。

ステップ1 石油代替燃料化(固形燃料化)への転用(サーマルリサイクル)

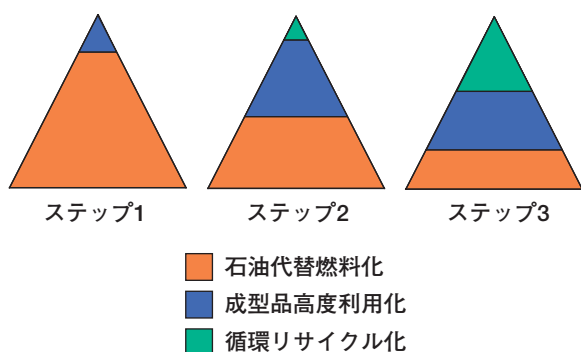
取組課題: 分別の徹底化、各種材料化法の確立、各種成型法の検討

ステップ2 土木材料等への成型品への高度利用化(マテリアルリサイクル)

取組課題: 高品質原材料化高度利用材料化への検討

ステップ3 研究用途への循環リサイクルの構築(マテリアルリサイクル)

取組課題: プラスチック油化によるケミカルリサイクルの検討



2. 画期的な事項(システム遂行効果)

- ・大学と地域の自治体、産業界の連携による地球温暖化抑制のアクティブプランの仕組を構築
- ・プログラム方式による総合的なリサイクルシステムの構築
- ・焼却処理を伴わない廃プラスチックリサイクル
- ・プログラム方式による総合的な廃プラスチックリサイクルシステムの構築
- ・生態系利用環境修復と融合した廃プラスチックの高度利用リサイクル
- ・日本のゴミ最終処分場の残余年数は13.2年とされ、ゴミの減量化が急務であることから地域連携によるゴミの減量化による埋立地の延命
- ・研究学園都市の地域特性より発生する廃プラスチックの高度再利用化による経済コスト削減
- ・プラスチック器具の大量消費を行う研究用機器にグリーン購入法対象商品の新規マーケットの開発(環境に優しい研究機器の開発)

身近な環境問題に正面から向き合う学生達 —環境サークルエコレンジャー—

生物資源学類 竹田 千尋

1. 環境サークルエコレンジャーとは

環境サークルエコレンジャー(以下エコレン)は、環境問題に関心のある学生が集い、自分の問題意識に沿って、その問題の改善に向け自分たちの出来ることをやってみる、というサークルです。今年で発足から10年を迎えました。

活動形態は「プロジェクト制」というものをとっています。メンバーは、複数存在するプロジェクトの中から、自分の興味のあるものに参加・活動しています。いくつかのプロジェクトに参加する人や、新たにプロジェクトを立ち上げる人など様々で、自由な雰囲気の中、活動しています。

2. プロジェクトの紹介

2007年度の活動をプロジェクト単位でいくつかご紹介したいと思います。

(1) 3R+1 EcoCycle プロジェクト

引越しの際に出る、卒業生・在学生のまだ使えるけれど不要になってしまった生活用品を、新生活を始めるにあたって新規に用意する必要のある新入生に引き継いで使い続けてもらおうというプロジェクトで、従来の「リサイクル市」という取り組みをリニューアルさせた新たな試みでした。

卒業生・在学生から不要になった生活用品を引き取り、それらの写真やサイズなどの情報をネットで公開、新入生からの希望をメールで募集し、応募者へ宿舍入居日に受け渡すという方法をとりました。(希望者が多かった

場合は抽選を行いました)

学生の代表者組織である全代会(全学学類・専門学群代表者会議)との共催で、大学側からも全面的な協力をいただきつつ実行にこぎつけたという点も新たな要素でした。

このプロジェクトを通して品物を受け取った新入生が、無料で手に入って得をしたと思うだけで終わってしまっは本来の目的は達成されません。先輩から提供された大切な思い出の品々を、長く大事に使い続けてもらうために、品物に提供者からのメッセージカードを添えることとしました。先輩からの、入学を祝う言葉や提供品への想いのこもったメッセージを受け取ることで、新入生にその品物を大切にしようという「リスペクト」の心が芽生えていけば、と思っています。

ものを繰り返し使用する「リユース」を前面に打ち出したこの取り組みですが、家電製品のエネルギー効率は技術発展により年々向上していますので、古いものを捨てずに使い続けることが必ずしも環境によいとは限りません。エネルギー効率のよい新製品を使ったほうが、長期的には環境にやさしい場合もあるということも、考慮する必要があります。プロジェクトを実行に移したというだけで満足せず、真に効果的なリユースの形を模索していきたいと思っています。

(2) 筑波大に生きる!プロジェクト

筑波大に生きる一員として、筑波大において「できる」



平砂生活センター前の受け渡しイベント



自転車の受け渡し

「すべき」環境改善は何かを調査・分析し、実践しようというコンセプトの基に活動してきたのがこの筑波大に生きる！プロジェクトです。

2005年度には、筑波大学内のゴミがどのように処理されているのかを調査し、2006年度はそれを基に大学内の環境問題について考え、改善に向け自分たちに何かできることはないか検討し、学生宿舎のゴミ問題に焦点を当てました。

学生宿舎のゴミの集積場付近はゴミがあふれかえっており、景観・衛生面ともに問題であり、きちんと分別して捨てられているとはとても思えません。このような現状から、分別率を上げ、ゴミの減量を図るには①集積所の分別の表示と仕切りを今より分かりやすくすれば良い、②宿舎内の各フロアに分別して捨てられるゴミ箱を新設すれば良い、という2つの仮説を立て、その効果を実証するため実験を行いました。(以下、仮説①に基づいた実験の実施場所を試験区①、仮説②のそれを試験区②、と呼びます)

学生宿舎の中から一ヶ所ずつ実験実施場所を選び、

試験区①では集積所を改良、試験区②では宿舎内のフロアに分別用ゴミ箱を新設し、それによりどのくらいゴミの分別率が変わるのかを、非実験実施場所(試験区③と呼びます)を含めた合計3ヶ所の試験区で排出されたゴミの組成分析をすることで検証しました。

もっとも分別率のよかったのは試験区②で、次いで試験区①、最も悪かったのが試験区③でした。仮説②に基づくゴミ捨て場の改良は有効であるといえますが、ただし、各宿舎棟の各フロアに設置するとなれば回収の労力が今まで以上に必要になるなど課題は多いので、その問題について考慮しなければなりません。

今回の実験で目を引いたのは雑誌等の古紙の排出量の多さでした。しかし現時点では、古紙は燃やせるゴミとして処理されてしまっています。大学側としてはその回収ルートを確認するとともに、契約も同時に行いしっかりとリサイクルができる仕組みをつくるのが、重要であるといえるでしょう。

また、燃やせるゴミにペットボトルや紙パック(※)の混入



試験区①全体図



資源ゴミ捨て場 内部



試験区②全体図



古紙・古布分別用ゴミ箱

筑波大学概要
環境負荷低減の
取り組み
研究・教育活動と
社会貢献

が目立ちました。本プロジェクトはこの実験結果を大学側に提出後、終了となりましたが、今回の実験で新たに浮き彫りになった問題等を今後の活動に生かしていこうと思います。

※エコレンの別のプロジェクトでは牛乳パックの回収・再生紙化を行っています。

(3) Naゴミプロジェクト

祭りの裏側には飲食物の容器等、大量のゴミが発生します。特に、遠方からの来場者が多い祭りでは、地域による分別の違いがネックになりゴミのリサイクルがしづらいという問題があります。

そこでエコレンジャーでは、8月26・27日に行われたつくば市主催のお祭り「まつりつくば2006」にて、来場者にゴミの分別を呼びかけ、分別を徹底することで資源ゴミをリサイクルし、廃棄量を減らすという活動を主催者であるつくば市観光物産課の協力のもと行いました。この活動を通して主催者、出店者、来場者に環境問題を身近なものとして感じてもらうことも目的のひとつです。

ゴミの分別は基本的にはつくば市の分別に則って行いましたが、それに木製割り箸の回収を加えました。つくば市内に廃木材を粉碎、チップ化し、家具材などに利用されるパーティクルボードにリサイクルするという事業を行っている企業があるので、祭りで廃棄される大量の割り箸を特別に受け入れていただきました。こちらの意図が伝わらなく、割り箸を燃やせるゴミに混ぜてしまう出店者や、木質材料ではない竹製の割り箸・竹串と混同する来場者が

いましたが、それでも最終的には80 kgもの割り箸が回収、リサイクルされました。

また、当日作業をするスタッフを筑波大学生だけでなく、市民からも募集したこともこのプロジェクトの特徴です。同じ市民が活動する姿を見て、来場者側の市民の環境問題に対する意識が向上すれば、という思いから募集をし、小学生から社会人まで多くの方が参加、分別を呼びかけてくれました。多くの方からのご協力のかいあって、排出されたゴミのうち、20.3%をリサイクルすることができました。注1)

注1) $2,050 \text{ kg (再資源化量)} / 10,100 \text{ kg (総ゴミ量)} = 0.203 \rightarrow \text{リサイクル率} 20.3\%$ (昨年度、21.4%)

※資源化量は資源ゴミ(割り箸を含む)の総量です。



集積所での作業



ゴミ分別を呼びかけるスタッフ



祭り終了後

環境教育ができる人材の育成

～自然学類開講の教職科目「総合演習」～ 数理工学物質科学研究科・准教授 野本 信也

1. はじめに

大学が担う教育上の課題は数多くあります。中等教育機関において環境教育を行うことのできる人材を育成することは、大学による社会貢献の中でも基本的で重要な課題の一つと言えます。将来中学校や高等学校などの教員になることを目指す大学生は教員免許証を取得しなければなりません。「総合演習」は、そのための必修科目として、筑波大学の各専門学群・学類で開講されている教職科目です。

2. 自然学類の「総合演習」の教育目標

自然学類が平成14年より開講している教職科目「総合演習」は、毎年100人から140人の学生が受講します。1・2学期通して開講されますが、筆者が担当する1学期の講義の内容を説明します。ここでは、学生が環境問題を理解することとその内容を教育できる能力を習得することを主な教育目標にしています。具体的には次のことを目指しています。

- ①環境問題の理解およびその解決・防止のための知識、技能、態度、意欲、実行力の獲得
- ②中学校や高等学校での「総合的な学習の時間」の指導を行える技術の習得
- ③情報処理およびプレゼンテーションの技術の習得

3. 「総合的な学習の時間」とは

中等教育での「総合的な学習の時間」とは、横断的・総合的な課題などについて、自然体験や社会体験、観察・実験、見学・調査などの体験的な学習、問題解決的な学習を行う授業です。これを通して、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てることを目標としています。最終的には、学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすることが教育目的です。

この内容をグラフィカルに表すと図1のように実践部分と目標・目的の部分がはっきりと示されていることが分かります。

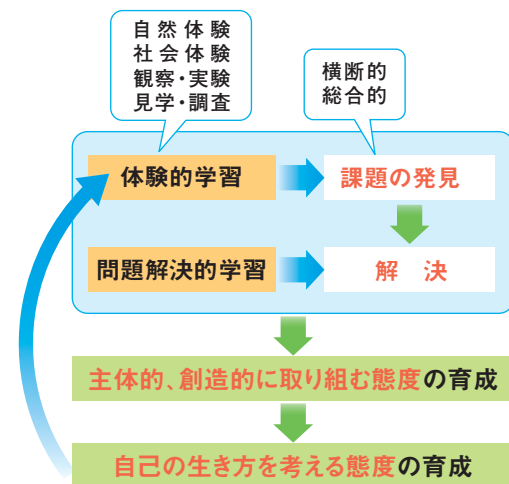


図1 総合的な学習の時間



写真1 グループ活動の様子



写真2 サテライト室でのグループ活動

す。つまり、他の授業と異なり、体験的学習と問題解決的学習を行うことで、自己実現の態度を涵養することを狙っています。このような大きな課題の授業を担当して教育を行ってゆく教員には、様々な能力が要求されます。

4. 「総合演習」の授業内容

受講生が多い為、10のグループに分けて次のような順序で「総合的な学習の時間」の1年分の教育指導案を作成してもらいます。

①教育テーマと教育方針を決定する。

環境問題は広い領域の課題ですから、どのようなアプローチの教育方針をとってもかまいません。科学技術、文化、経済などのどれかに焦点を絞って教育テーマを決めてもらいます。

②教育指導案を作成する。

これには様々な作業があります。テーマとする環境問題の調査・理解、教材作成、体験的学習の企画、生徒を問題発見・解決に導く指導の方法の考案、年間指導計画の作成などです。グループ長がコーディネーターになってグループ内にさらに班を形成して、分担してこれらの作業に取り組んでもらいます。調査や教材作製などのパソコンを必要とする作業のために自然学類サテライト室を予約しておきいつでも使える態勢を取っています(写真1と2)。

③提案する体験的学習の企画を試行する。

体験的な学習を生徒に行わせることは「総合的な学習の時間」の大きなポイントの一つです。「総合演習」でもこれを重視して、必ず一つ以上の環境問題に関する体験的学習を提案して試行することで、高校生に実行可能かどうか検証してもらいます。観察、実験、見学など内容は問いません。実験をしたいグループがあれば学生実験

室と薬品・実験機材などを提供します(写真3～5)。

④指導計画を中間発表する。

グループ活動を2～3週間行った後、作成した指導計画を構想発表会で発表してもらいます。発表はプロジェクターを使用してパワーポイントで行います。この時、教育テーマ・指導案・体験的学習案などの妥当性と共にプレゼンテーション技術も評価します(写真6)。

⑤年間指導計画を最終発表する。

中間発表の後さらにグループ活動を3～4週間行って指導計画が完成したら、中間発表と同様にして発表してもらいます。その内容には、必ず画像、映像、アニメーションなどを取り入れてプレゼンテーション技術を磨いてもらいます。その為に、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなどを貸し出し、また画像や映像の編集技術を指導します。発表の後には受講生全員で討論して批評します。また最後に、各受講生がこの講義にどのように取り組んだか、この講義でどんな知識や技術が身についたかなどを自己評価票に記入して提出してもらいます。

5. 受講生の取り組み

これまでに合計50グループが取り組んだテーマの一部を以下に紹介します。

- 霞ヶ浦と私たちの生活
- ごみ問題に対する取り組みー私たちがやるべきこと
- 水が与える家庭への環境問題
- 学校生活と自然環境の関わり
- 身近な環境保全行動ー温暖化問題を例にとつて
- 大気汚染と自動車
- エコカー
- 酸性雨



写真3 体験学習班の作業の様子 (大気汚染の調査)

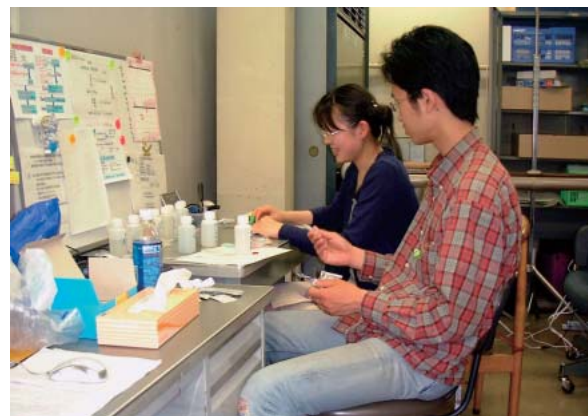


写真4 体験学習班の作業の様子 (水質汚濁の調査)

- 企業活動(流通)と自然環境の関わり
 - 地方自治体と自然環境の関わり
 - 環境保全を支える科学技術について
 - 代替エネルギー
 - 環境問題の歴史-科学技術の発展の歴史との比較
- 受講生が見学や取材した組織などは次のように多様でした。意欲的に取り組んだことが伺えます。
- カスミストア、コンビニエンスストア数社、アサヒビール茨城工場、日本通運、千葉県印旛沼下水道事務所、茨城日産筑波学園店、愛知万博、日本原子力発電(株)東海テラパーク、ENEOS技術研究所、波崎風力発電所、霞ヶ浦浄水場、つくば市クリーンセンター、エコストリームつくば、つくばリサイクル広場、霞ヶ浦環境科学センター、産業技術総合研究所、環境研究所、竹園高校、筑波大学生命環境研究科・松村研究室、つくば市内ごみ集積所、松美池、霞ヶ浦。

いくつかのグループは以下の実験を行いました。

大気汚染の調査、水質汚濁の調査、温暖化モデル実験、池・湖の透明度調査、廃油からセッケン作り、生分解性プラスチックの作成。

6. 受講生への教育効果

受講生はこの「総合演習」を通して多くのことを学びました。初めに述べた教育目標の各項目ばかりでなく、協調性、行動力、企画力、発想力などが培われました。以下に受講生のこの講義への感想を紹介します。

環境について

- 新聞やテレビで普段から環境に関する情報に気を配る



写真5 体験学習班の実験(地球温暖化モデルの実験)

- うと思った。
- 少し学び、考えることで環境に対していくらでもできることがあると感じた。
- 教える立場になることで簡単な行動でできる保全が多いことに気づきました。
- 情報を集めるうちに環境に対する興味ももてた。
- 何気なくしていることにも環境に何らかの悪影響を及ぼしていることに驚きました。
- 自分の生活を見直す良いきっかけになりました。
- 入浴という活動について見るだけで環境への影響が次々と明らかになった。
- 身近な環境のことに気を使うようになった。
- 自分がいかに無関心であったか思い知らされた。
- ごみを減らす工夫を積極的にするようになった。
- 節水・節電・リサイクルをするようになった。
- ISO14001取得企業を意識するようになった。
- 環境白書という存在をはじめて知った。

教育技術について

- ひとつの授業を行うためには時間をかけて十分な準備、計画が必要なことが分かった。
- 人に伝える資料を作ることの難しさが分かった。
- 伝えたいことをうまく簡潔にたくさん表現していくことは非常に難しいと思った。

この講義では、環境問題というテーマについて中学生や高校生に教え行動させることができるレベルでの理解を必要とします。これらの感想から分かるように、ここで用いている教育法による「総合演習」は教職科目としてばかりではなく、環境教育科目としても有効な一つの手段と言えます。



写真6 発表会の様子

地球温暖化

～南米・パタゴニア氷原からの警告～

生命環境科学研究科・教授 安仁屋 政武

1. 氷河は語る

2007年ドイツで開かれたG8サミットの最重要課題として「地球温暖化」が取り上げられたことは記憶に新しいことです。この背景の一つに、2007年の第4次IPCC(気候変動に関する政府間パネル)が、世界の雪氷面積(氷河、海氷、永久凍土、積雪域など)が減少している原因は人為の影響(二酸化炭素の排出)による地球温暖化だ、と報告したことがあります。これにより日本でも関心が高まり、政府を始めとして一層「温暖化対策」が叫ばれるようになりました。しかし、「温暖化」といっても日本ではなかなか目に見える形で実感するのは難しいのが現実です。それでは目に見えて誰もが実感し納得するような現象はなんですか。その一つに氷河の融解と後退があります。

氷河の生成・消長は降水(雪)量と気温の関係で決まるので、氷河の動態はまさに気候変動の鏡です。積もる雪の量が融ける量より多いと年々堆積され、圧密によって雪が氷へと変化していきます。そしてある程度厚くなると重みによって動き出します。これが氷河です。そして、上から流れてくる水の量と融ける量がつり合ったところが氷河の先端(末端)になります。気候が同じであれば、この末端の位置もほぼ同じですが(停滞)、例えば気候が変化して寒くなったり降る雪の量が多くなったりすると積もる雪の量

が増え氷の生成が増え、融ける量が減少します。その結果、氷河の末端は下流へ伸びていきます。これが氷河の前進です。逆に、気温が暖かくなったり降る雪の量が減ったりすると、氷の生成が減少する上に融解も増えます。そして氷河の末端は上流へ向かって縮んでいきます。これが氷河の後退です。このように氷河の末端が前進するか後退するかは気候変動の結果なので、氷河の変動(前進、後退、停滞)を調べることでどのような気候変化が起きているのか推測できるのです。

氷河と言えはすぐに南極とかグリーンランドを思い浮かべる人が多いことでしょう。南極の氷が融けると東京、ニューヨーク、ロンドンといった世界の大都市のほとんどが水没する、という話は昔よく聞きました。しかし、日本から見て地球の裏側にあたる南米の南端には、世界でもまだよく知られていないパタゴニア氷原という大きな氷体があります。これは世界でも5指に入る大きな氷河域です。この氷河でなにが起きているかを、過去24年間の研究成果からお話して、地球温暖化について考えたいと思います。

2. パタゴニア氷原

南米の南端にチリとアルゼンチンにまたがるパタゴニアと呼ばれる広大な地域(日本の2倍強)があります(写真1)。

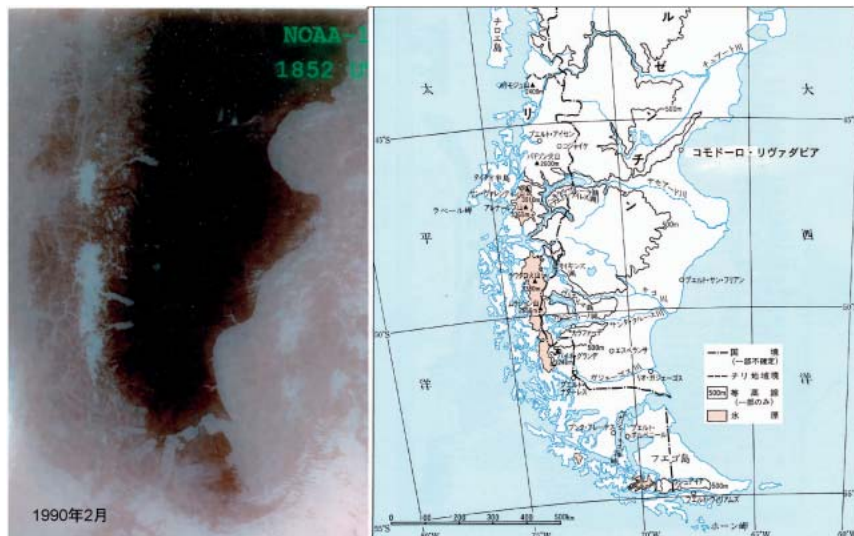


写真1 南米・パタゴニア地域(南緯39～42度以南からマゼラン海峡まで)の衛星画像と地図
左側は高度36,000kmの静止衛星から撮った画像です。白く写っているのが氷原で、北と南に分れているのがよく分かります。黒っぽく写っているのは乾燥している地域です。右側の地図と比べてください。

大部分は草がまばらな乾燥～半乾燥した地域ですが、チリの太平洋岸はアンデス山脈が伸びてきて標高1500～3000mの山岳地域となり、太平洋から吹く湿った偏西風を遮っています。従って、天気が常に悪く、山岳域には降水量6,000～10,000mmと推定されている大量の雨・雪が降ります。この結果、緯度は樺太と変わらずに標高もそれほど高くないのに、世界でも有数の大規模なパタゴニア氷原が発達しているのです。因みにパタゴニアという地域名は、マゼランが世界一周の途中、1520年に大西洋岸のプエルト・サン・フリアン(写真1)に上陸した時、巨大(という印象を受けた)な現地人の大きな足を見て、「パタゴン」と言ったのが語源とされています。

パタゴニア氷原は、ほぼ西経73度30分に沿って南緯46度30分から51度30分に伸びている氷河域です。現在はフィヨルドで北と南に分かれています(写真2と3)、南北合わせて約17,200km²の面積は、南極大陸を除くと南半球最大です。また、南氷原には面積1,265km²で南米最

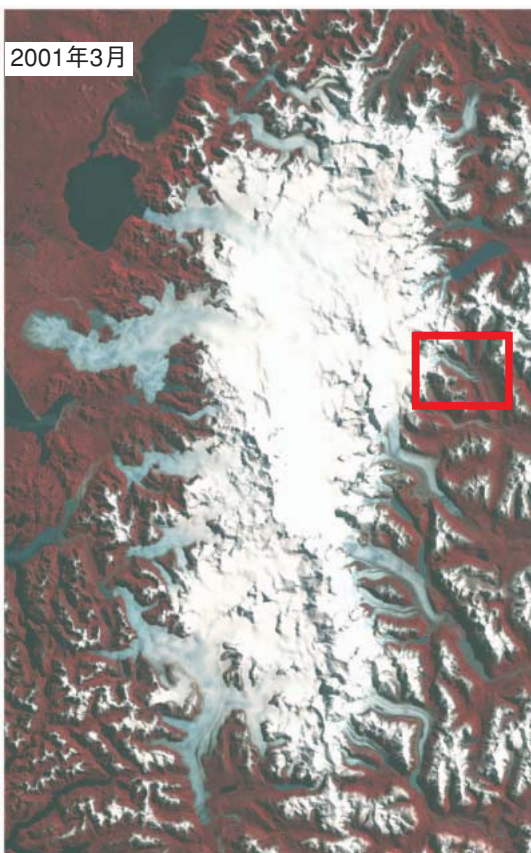


写真2 アメリカのランドサット衛星から撮った北パタゴニア氷原のモザイク画像(2枚の画像を繋ぎ合わせたもの)
長さは約100km、幅は約40kmで、面積は約4,200km²です。真っ白いところが雪で、少し青みがかったところが雪に覆われていない裸氷です。濃い赤は植生です。衛星画像の色は自由につけたり変えたりできるので、自然の色と異なる場合があります。四角で囲ったのは詳しく調査している後述のソレル氷河です。

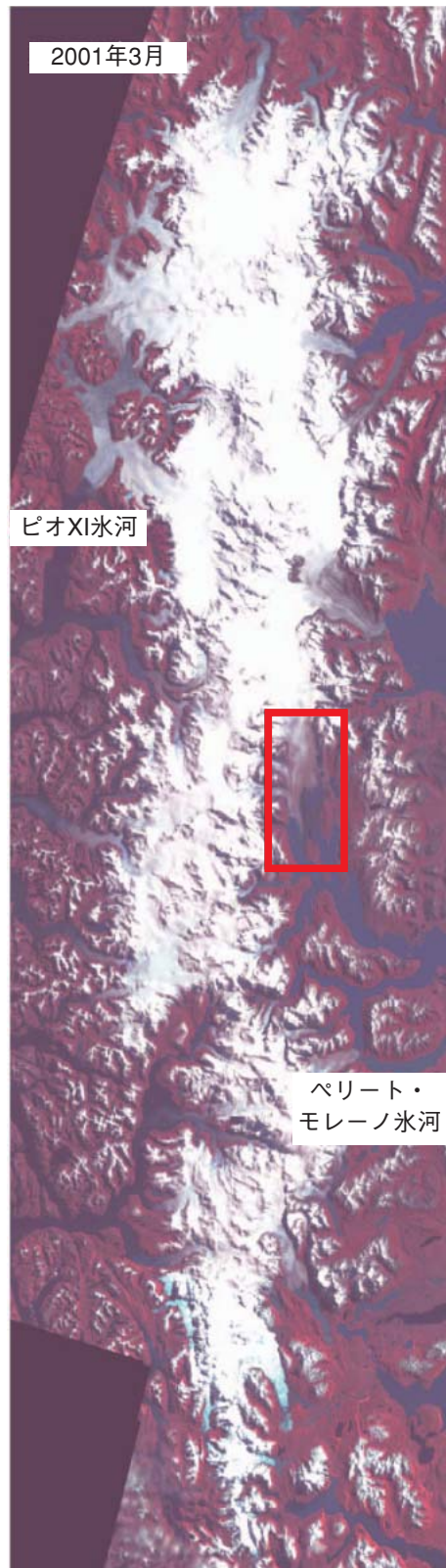


写真3 南パタゴニア氷原のモザイク画像(2枚と1/4枚を繋ぎ合わせたもの)
長さは約350km、幅は30km程度で、面積は約13,000km²です。白いところが氷原、赤いところが植生、濃青のところは西側が海、東側は湖です。四角で囲ったのは詳しく調査した後述のウブサラ氷河です。後退していない2つの氷河、ピオXI氷河とペリート・モレーノ氷河の位置も示しています。

大の氷河ピオXI(オンセと発音する)を始めとして、面積500km²以上の大氷河が6つもあります。このような地域を対象として筆者は1983年から、現地での観察・観測、そして航空機や衛星さらに空撮によるリモート・センシング・データによって、氷河変動(1945年以降)を研究してきました。その結果、パタゴニアの氷河は全般的に融けており、特に最近の融解が激しくなっていることが明らかになりました。しかし、南北併せて70余ある氷河のうち、例外的な氷河が2つあります。それは、南氷原にあるピオXI氷河とペリート・モレーノ氷河です(写真3)。過去60年で前者は前進し、後者は停滞しています。この理由は今でも分かっていません。ここではいくつかの興味深い例で氷河後退の実態を示し、温暖化に対する警鐘を鳴らします。

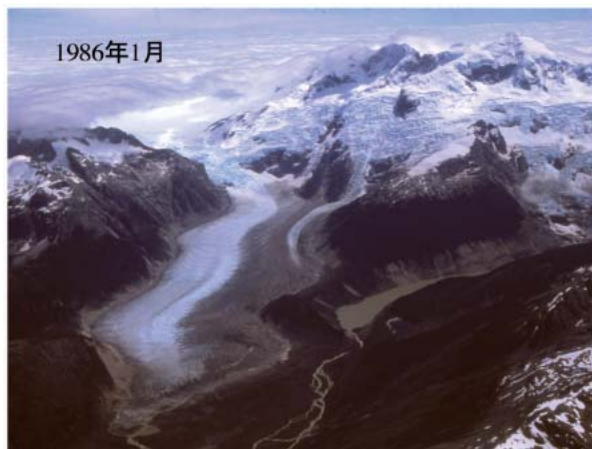
(1) ソレール氷河

最初に紹介するのは、1983年から継続的に調査を続けている北パタゴニア氷原の溢流水河(氷原から谷へ流れ出している氷河)、ソレール氷河です(写真2)。これは流域面積が約50km²の小規模な氷河で、長さ約7kmの谷となっている溢流部分は、標高1500m前後の氷原から氷瀑を通して来る白い氷と、標高3087mのヒャーデス山の山腹からの氷ナグレによって氷が供給される土石で覆われた黒い部分からなっています(写真4)。写真4は1986年と2007年の空撮写真を並べたもので、20年間で氷河がどのように後退したかを示しています。2枚の写真を比べることにより氷河が後退し、前面に湖が形成されている顕著な変化が見て取れます。湖が形成されたのは、氷河

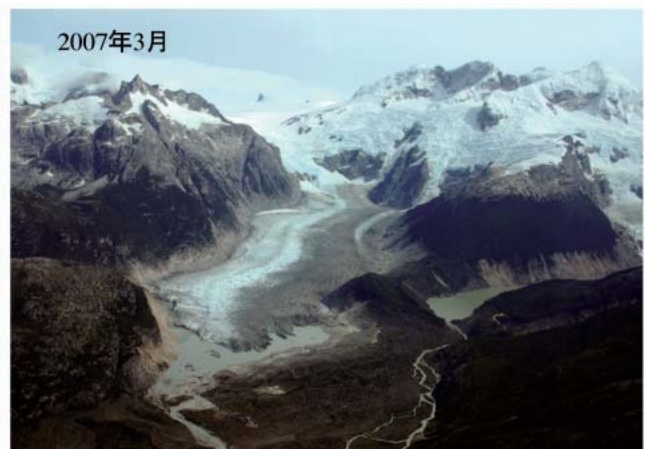
の前面に、氷河が運んできた土石が堆積してできたモレインと呼ばれる土塁のような高まり(地形)があり、排水を妨げているからです。1998年までは氷河の一部がかろうじてモレインと繋がっており、直接氷河にとりついて調査ができましたが、このように湖が形成されている現在はボートで行くか、左岸を遠回り(片道2~3時間)して上流へ行かなければ氷河へとりつけなくなりました。このような変化によりただでさえ危険の伴う氷河の現地調査がひときわ大変になりました。因みに、パタゴニアの氷河調査では氷河へ近づく手段は馬か(写真5)徒歩ですが、この氷河へ来るには途中で大きくて深い川と水温0.2℃で流れの速い川を渡るので、馬がなければ事実上不可能です。雨で増水した時は、乗っている馬が泳いで渡るような川です。

氷河はこのように後退する前に普通は表面が融けて薄くなります。すなわち表面高度が低くなります。たとえば、1983~85年の現地観測で約10m薄くなったことが分かりました。年換算に直すと約5mとなります。最近実測していないので厳密ではありませんが、これを単純に外挿すると、2007年までに約120m薄くなったこととなります。写真6は薄くなった様子を氷河の前面から撮った写真で示しています。手前の木を目印に同じアングルから撮っています。1983年では威圧的に盛り上がりが見えていた氷河が、1995年には一部しか見えなくなり、そして2001年には完全に見えなくなっているのが分かります。昔の立派な氷河を知っている人間には実に寂しい光景です(もっとも、1983年以前はもっと立派なはずでしたが)。

この氷河は、1990年代、最寄りの町にとって氷河へ馬



1986年1月



2007年3月

写真4 北パタゴニア氷原、ソレール氷河の空撮写真

左：氷原は厚い雲でべったりと覆われています。右の山がヒャーデス山(標高3087m)です。氷河の左半分(上流から下流を見て)が黒いのは土石に覆われているため、白い氷は氷原から、土石に覆われた氷はヒャーデス山から供給されています。右：20年後。氷河の前面には湖が形成されています。湖は1990年頃に形成が始まり、拡大し続けています。

で行き氷河上を歩くツアーの重要な観光資源でした。1990年代ようやくその自然の素晴らしさが世界の一部の人間に知られるようになり、主に北アメリカ、ヨーロッパの国々からバックパッカーが来るようになりました。ですから、氷河後退によって氷河に渡るのが困難となったことは、盛んになりつつあるチリ・パタゴニア北部の観光産業にとって大きな打撃でしょう。



写真5 南氷原の氷河調査へ向かう筆者(1990年12月)

カメラなど重要な調査道具をいれたザック(10kg前後)を背負い、いっぴしのガウチョ(パタゴニアのカウボーイ)気分で馬を引く。パタゴニアで馬に乗るときは、馬の手綱をこのように片手で持ち半身になることが多いのが特徴です。約7時間の行程でした。因みに本物のガウチョは背中に荷を背負いません。



写真6 ソレル氷河を末端前面から見た写真手前の木が同じ撮影点を同定する手がかりでした(標高約350m)。上：1983年当時、氷河は盛り上がっていてモレイン(土石が堆積した高まり)の向こうに聳えていました。中：12年後には融解によって表面高度が下がり、一部を除いてモレインに隠れて見えなくなっています。しかし、モレインの向かって左側には白い氷が認められます。下：2001年には氷河はモレインに隠れて全く見えなくなりました。18年間で100m前後薄くなったと見積られています。

(2)ウプサラ氷河

この氷河は南パタゴニア氷原の東側中頃に位置している、面積約870km²で南米第3位の規模を持つ大氷河です(写真3)。氷河の末端は湖の中にあり、盛んに氷山を生産しています(写真7)。このように末端が海や湖にある氷河のことをカービング氷河と呼びます。氷河の末端は高さ50～70mの垂直の崖となり、夏には約3.5～4.4m/日の速さで動いています。冬にはスピードが遅くなるので、年間では約700m流れます。これはパタゴニアの他の氷河と比べても1.5～2倍の非常に速いスピードです。湖の水深は深く場所によっては600mを超えるところもあります。したがって氷河の厚さも700m近くあることになります。

この氷河ではアルゼンチンの研究者と共同で1990年と1993年に大々的な現地調査を行いました。氷河の表面がどれぐらいの早さで低下していくかを調べ、その原因を探ることです(写真8)。その結果3年間で33m以上も低下したことが分かりました。年間約11mという低下量はパタゴニアの他の氷河と比べても非常に大きく、世界でも類を見ない低下量でした。氷河の後退・表面低下の原因にはいろいろありますが、このような異常な低下は湖の中で氷河が伸びたため薄くなったと解釈されました。それによって後述の末端大崩壊が起きました。温暖化による降雪量(涵養量)の減少と気温上昇による加速された融解

(消耗)も大きな要因です。

その後は主に衛星から撮った画像データを使って変動を追跡しています。写真9は1986年と2001年のランドサット衛星画像を並べたものです。15年間の後退量は、末端の幅が3km以上あるので一様ではないのですが、最大で約2.8kmです。ウプサラ氷河は1970年代に一時400m程度前進しましたが、1980年代始めに末端大崩壊が起きて、あっという間に約2km後退しました。このような後退はカービング氷河独特のもので、写真7に見られるように大量の氷山を生産します。その後は年200mというスピードで1990年まで後退を続けました。また、1992年、1994年、1997年にも大崩壊が起きて短期間でそれぞれ左岸側と右岸側で最大1000～2000m後退しました。2001年以降も年約100mのペースで後退を続けています。このようにウプサラ氷河はパタゴニアでも指折りの速さで後退しているので、「不都合な真実」(アル・ゴア著)でも取り上げられ、1928年と2004年の写真が比べられています。

アルゼンチン・パタゴニアにカラファーテという町があります(写真1)。今はパタゴニア氷河観光の大拠点となっていて、ウプサラ氷河観光と世界遺産のペリート・モレーノ氷河観光(写真3)で北アメリカ・ヨーロッパから多くの観光客、リゾート滞在者を集めています。日本からも最近は行くようになりました。1990年には飛行便はなくバスでしか行けな



写真7 南パタゴニア氷原、ウプサラ氷河(南米第3位の規模)の空撮写真
1994年12月にアルゼンチンの共同研究者ペドロ・スクワルチャ氏が撮影しました。幅は約3kmで、湖面の海拔高度は約175mです。湖の中にある氷河末端の崖の高さは50～70mです。末端大崩壊の後なので、湖にはこのように無数の大小の氷山が浮いています。大きいもので、4～5階建てのビルぐらいです。このような時には観光船は危険なので氷河に全く近寄れません。右手前の岩が露出しているところは、1940年ぐらいまで氷河に覆われていたところ。氷河左側斜面にはラテラル・モレイン(側堆石・植生に覆われていないところ—赤い線で表示)が見られます。湖からの高さは200m以上あります。16～17世紀の小氷期の時代にはここまで氷河がつまっていました。2006年4月の末端を黒い線で示しています。約3km程度の後退です。

かったのが、現在はジャンボジェットがヨーロッパから直行で飛んで来ます。ウブサラ氷河観光はこの近くにある港から船で行き、目の前で高さ数十メートルの氷河末端の崖が豪快に崩れるのを見物するのですが、末端が大崩壊して湖が氷山で埋まった時は氷河に近づけません。また、最近の後退スピードでは末端が湖から離れるのは時間の問題です。末端が湖のなかで崩れなくなったら、観光への影響は避けられないと思います。

3. 氷河が融けたらどうなるの？

このように氷河が融けると、私たちの生活に具体的にどのような影響がでるのでしょうか。地球規模で見ただけでは海面上昇があります。パタゴニア氷原は1945年以降、海面上昇に年約0.038mm寄与してきていますが、最近では約0.1mmに加速しています。第4次IPCCによると1993年以降南極が年0.21mm(±0.35mm)、グリーンランドが同0.21mm(±0.07mm)ですから、パタゴニア氷原はかなり寄与しているのが分かります。世界で海拔1m以下に10億人が住んでいると言われるので、地球温暖化による海面上昇は当然大きな関心となります。しかし、氷河周辺地域でもっと身近で深刻な問題は、水資源の枯渇と観光資源の消滅です。例えば、非常に乾燥しているアンデス山脈地域では、都市の飲料水を始め農業の灌漑用水や水力発電用水などは氷河の融水に依存しているところが多

く、氷河の縮小は町・村の存続を左右するくらい深刻な問題となっています。中国の西域のオアシスが周りの高山に降る雪とそれによって作られる氷河の融け水で形成・維持されているのは有名です。また、インドやパキスタンの北部の乾燥地域も同様です。

また、氷河とそれが作り出した山岳景観は非常に魅力的なので、世界自然遺産や国立公園になっている地域もたくさんあります。このような所は観光地・リゾート地となっているので、氷河は地域の経済に大きな貢献をしていることになります。パタゴニアではアルゼンチンの「氷河国立公園」(カラファータが中心の町)、チリの「パイン国立公園」(世界最南端の都市プンタ・アレナスから行く、写真1)が氷河と氷河地形で世界遺産になっています。ヨーロッパ・北アメリカ・ニュージーランドなどにはそのような有名観光地・リゾート地がたくさんありますが、他にもあります。例えば、アフリカです。標高5199mのケニヤ山は赤道直下の氷河が大きな売りですが、近年急速に氷河が後退し消滅寸前となっています。同じくアフリカの最高峰キリマンジャロ(5895m)でも同様の現象が起きていて、前述の「不都合な真実」でも大々的に取り上げられています。因みに両地域とも世界遺産に登録されています。これらの地域では、登山客や観光客が宿泊その他で現地に落とす金に加えて、登山のガイドとポーターが現地人にとって非常に重要な収入源となっています。他に取って代るたいした



写真8 ウブサラ氷河での現地測定(1990年11月)の様子
氷河表面の低下量を出すために氷河の表面高度を測っているところです。このように大きなクレヴァス(氷河の裂け目)が多いところでは調査地点へ行くのに非常に危険が伴います。3年後に同じ場所を測ったら高度が約33m低下していました。ここは1990年代の半ばには融けて湖になっていました。

資源もない現地では、氷河がなくなって山の魅力が減少し登山・観光客が減り経済が落ち込むことをいろいろと心配しています。けれども、自分達の力ではどうすることもできないもどかしさを感じていることと思います。

4. 美しく病んでいない地球を子孫に渡そう

このように氷河のある地域では、住民は日常生活において温暖化の効果をひしひしと感じています。一方、日本(あるいは氷河がないところ、海面上昇の影響がおよばないところ)では「平均気温が高かった」とか「真夏日が増えた」とか、「都会でゲリラ的な集中豪雨が増えた」など、気象現象で「温暖化」を論じることが多く、「そうか」「なるほど」と思う・納得するだけで、なかなかピンと来ないのが実情ではないでしょうか。しかし、氷河地域で暮らす人々が持っている危機感を全ての地球人が自分のこととして捉え、日常生活でエネルギーの節約や「もったいない」という気持ちを持って皆が努力して「温暖化対策」に協力していかなければ、未来の子供たちへ私たちが享受してきた美しい地球を渡せないのではないのでしょうか。

参考文献:

安仁屋政武(1997)「パタゴニア:氷河・氷河地形・旅・町・人」古今書院。

アル・ゴア(2007)「不都合な真実」ランダムハウス講談社、枝廣淳子訳。

Aniya, M. (1999) Recent glacier variations of the Hielos Patagonicos, South America, and their contribution to sea-level change. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, **31**: 144-152.

Rignot, E., Rivera, A. and Casassa, G. (2003) Contribution of the Patagonia Icefields of South America to sea-level rise. *Science*, **302**: 434-437.

The 4th IPCC: http://www.ipcc.ch/SPM2feb07_new.pdf(2007年3月に閲覧)

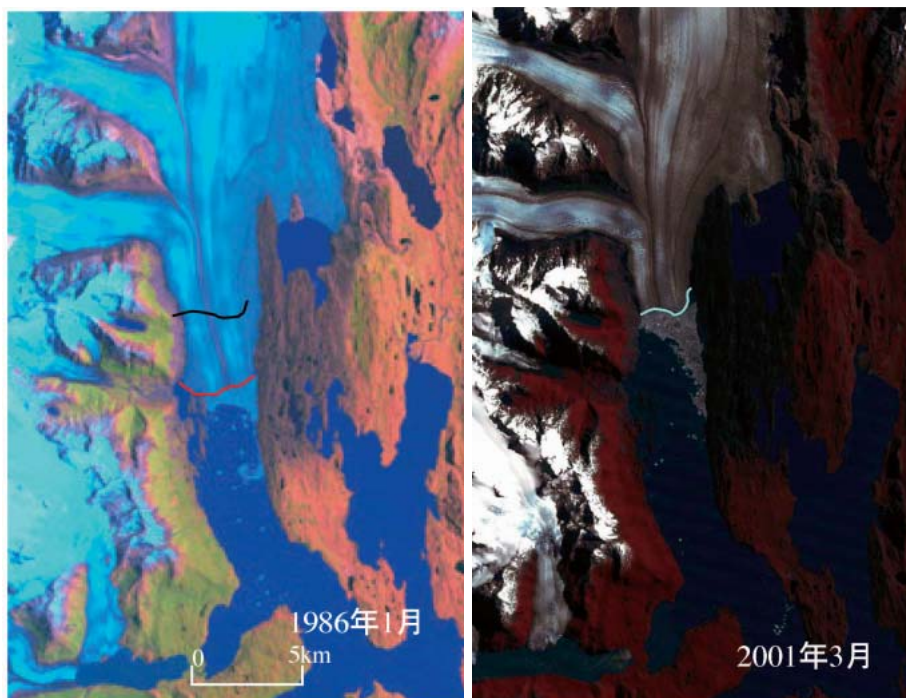


写真9 ウブサラ氷河の1986～2001年の変動

アメリカの衛星ランドサット画像で比べています。左:1986年の画像。薄青いのが氷河(末端位置を赤で示しています)、濃い青が湖(アレヘンティノ湖)、ピンクは裸地・まばらな草地、薄緑は木が生えているところです。2001年の末端の位置を黒い線で書き入れてあります。右:2001年の画像。白～薄茶が氷河(末端位置を薄青で示しています)、濃い青が湖、濃い赤・茶が植生です。湖の中にある氷河と同じ色のものは氷山です。15年間で約2800m後退しました。氷河の幅が狭くなったのは表面低下(100m近い)の結果です。ウブサラ氷河の後退量はパタゴニアでも有数です。

下田臨海実験センターにおける社会貢献活動

生命環境科学研究科・講師 青木 優和

1. はじめに

下田臨海実験センターは、伊豆半島南東端に位置する筑波大学の海の研究施設です。筑波のメインキャンパスから離れて静岡県下田市に島のよう存在するため、研究や教育の全ての面において、常に地域との連絡を緊密に保つことが必要になります。例えば、採集や野外調査のひとつひとつにおいても地域の漁業者や漁協との連絡を欠かせません。下田市の行政や教育機関、企業および一般市民との交流を通じて大学施設としての活動を認知されるにつれ、地域からは『海洋生物の研究教育拠点』としての期待が寄せられるようになりました。下田臨海実験センターには、地域との交流によって育まれてきた通り一遍ではない社会貢献活動が存在します。その具体的な事例について、以下に紹介します。

2. 学童対象の自然教育活動

下田臨海実験センターが下田市民と下田市教育委員会に協力して2000年度から『電脳下田黒船学校』が始まりました。これは下田市周辺の小中学生を対象に自然体験講座を実施し、その成果をホームページで紹介する活動です。下田臨海実験センターをベースとして磯採集、プランクトン採集、ウニの発生観察、動植物の実験室での観察や標本作製などを行いました。現在は助成金の獲得ができないためにホームページは閉じていますが、サメの解剖体験講座などを毎年実施しており、毎回参加定員を上回る応募者があります。電脳下田黒船学校の他にも中学校の選択理科授業を担当して深海魚の観察やウニの発生実習などを行ったり、地域の高校のサイエンス・パートナーシップ・プログラム(SPP)に協力して講義や実習も行ったりしてきました。下田市が開催したマリニフェスタでは、特設会場で公開講座を行い、タッチプールを出展したこともあります。また、下田周辺の4つの臨海研究施設(下田臨海実験センター・日本大学下田臨海実験所・南伊豆栽培漁業センター・静岡県水産試験場伊豆分場)が連携して市民対象の公開講座と研究発表会を行ったこともあります。



写真1 研究調査船「つくば」に乗船して小学生がプランクトン調査の体験学習を行う

海に隣接する下田市周辺の学校でも、学習に海の生物の観察が取り入れられることは従来ほとんどなかったようで、我々が実施してきたこれらの活動は早い学童期からの海の環境に対する意識の向上や生物体験、そして地域の理科教育に大きく貢献してきたものと思います。近年、下田市の高校から理系大学や筑波大学への進学者が増えています。因果関係を知ることはできませんが、我々の活動がそれらに貢献している可能性もあるかもしれません。

3. 自然観察指導員の養成と観光行政への協力

2004年には、静岡県および下田市と提携して『伊豆海洋自然塾』を旗揚げしました。これは、海の自然教育活動を地域の人々が自力で実施できるように、自然観察指導員を養成することを目的とした一般社会人対象の活動で、2006年度は筑波大学社会貢献プロジェクトとしての助成も受けることができました。月例会議、自然観察講座、およびスノーケリング技術や応急処置や救急救命などのスキルアップ講座を定期活動として、1年に1回実施される合宿制の指導員養成講座で新規の指導員候補を募っています。2006年度は千葉県や神奈川県で海の自然観察活動を行っているNPO団体に学ぶ視察研修も行いました。これらを通じて経験を積んだ指導員は夏期に実践活動を行います。観光客および地域住民を対象として早朝



写真2 下田臨海実験センターで子供たちが顕微鏡観察を行う

磯観察会、スノーケリング体験講座、夜間ウミホタル観察会が定期的に行われるのです。指導員の活動の場は他にもあります。近年、県外の小中学校の修学旅行が下田に誘致されることが多くなり、その際の自然観察体験の指導員を求められる機会が増えており、それらにも活躍の場が広がっているのです。

この他に、30年以上活動が続いている『海藻おしば教室』があります。単なる標本作製の域を超えてアートとして海藻標本作りを行う活動は、地域の主婦や観光施設に支持されてきました。海藻の標本作りは海の自然環境への興味と理解にもつながります。

これら長きにわたり幅広く行って来た自然教育活動は、地域において広く認知されるに至っており、伊豆海洋自然塾の活動や海藻おしば講座は下田市における観光行政にも大きく貢献するようになってきました。活動には地域の観光関係者や宿泊施設の関係者も参加するようになり、旅行会社とタイアップした活動も展開しています。

4. 地域との調査研究

下田臨海実験センターでは、地域の環境保全のためのモニタリング調査も行っています。2004年度から下田市の要請で下田市外浦海岸のアマモ場調査を開始しました。海水浴場において急速に面積が拡大しつつあるアマモ場について、その原因究明を目的として調査を行っています。1年に2回の調査を長期間続けることによって、この海岸周辺の長期的な変化を記録してゆく予定です。

一方で、地元企業とは開発研究も行ってきました。沿岸藻場の衰退現象に対する対策としての藻場造成を行



写真3 夏の小学生スノーケリング体験教室

うため、2003年度から地域の企業との共同研究で、海中林を形成する褐藻類であるカジメの着生基盤の開発研究を進めてきました。水深10mに設置されたコンクリートブロック基盤の海底圃場では、海中林造成実験を行ってきました。現在は他企業も参入して、海中林造成と食用貝類の育成場を組み合わせた『海洋牧場』の開発研究が進んでいます。

5. おわりに

地方において、これまでの観光行政を見直そうという動きが著しく活発になってきています。ハード重視よりもソフトの充実が求められる傾向があり、その中で体験型の自然活動の重要性が広く認知されつつあります。そこに求められるようになってきているのは、通常の観光旅行に飽いた一般社会人の知的な欲求を満たすことのできる濃い内容です。

学校教育においては、早期学童には易しい内容を教えればよいように考えられる傾向があるように思います。しかし、実際には児童の理解力はしばしば私達の予想をはるかに超えることがあり、早い時期から大学教員が研究現場の『本物』を子供たちに見せることは決して無駄ではないと思います。例えば、サメの解剖には小学生がメスを握って真剣に取り組み、プランクトンを観察すれば巧みなスケッチを行います。多くの小中学校の理科室に常備されている顕微鏡はしばしば大変に簡素なものです。私達が小学生を大学の施設に誘い、臨海実習用顕微鏡での観察の機会を与えてあげれば、パソコンやテレビでは味わえない深い感動を与えることもできます。

「伊豆を海から元気になりたい」

来月から「海洋自然塾」



マイスター養成の3期生募集

下田市の自然体験活動推進協

磯観察やシュノーケリング体験など

伊豆を海から元気になりたい。下田市自然体験活動推進協会は、十月に開講する海洋自然教育マイスター養成講座「伊豆海洋自然塾」第三期生を募集している。伊豆海洋自然塾は伊豆の海の素晴らしさ、楽しさ、不思議さを多くの人に体験してもらうため、「ウミホテル観察会」「磯（いそ）の生き物観察会」「シュノーケリング体験」など、海辺の自然体験活動を実施している。年間を通して海や海の生き物に関する学習やシュノーケリング講習、救急救命など各種講習を、自身のスキルアップとして伊豆海洋自然塾スタッフが案内する「磯の生き物観察会」

学んでいる。これまでの受講者は四十五人。本年度の筑波大学社会学部プロジェクトの支援を得て同講座を開講し、海辺の自然体験活動を行う。海洋自然教育マイスターを養成する。海の素晴らしさ、不思議さを「もっと知りたい」「もっと多くの人に知ってほしい」という人たちの応募を呼び掛けている。同講座は十月二十一、二十二日の二日間（泊二日）同天下田臨海実験センターで開く（実技は網田海岸、指導者としてのシュノーケリング技術や知識を学ぶ。講師はシュノーケリングが今村直樹さん（オーシャンフアミリー）、海洋生物講座が青木優和さん（同センター）講師、理学博士、救急救命講習が渡辺玉枝さん（日本ライフセイ

ンク協会）。応募条件は十八歳以上の男女で二十五以上、泳げる人。伊豆海洋自然塾が行う海辺の自然体験活動に参加できる人。募集定員は二十人（定員を上回る場合は抽選）。受講料は八千円（保険料、教材費、宿泊費、用具代、食事代含む）。申し込みは十月五日までに所定の参加申込書（道の駅「開国下田みなと」事務所、市役所観光交流センター）を持参するかファクス、郵送する。申し込み・問い合わせは415-0015、下田市外分岡一ノ二、道の駅開国下田みなと事務所へイ・ステーション下田X電話0538(26)3500、ファクス同(25)3501へ。

伊豆新聞提供

写真4 地元紙に報じられる伊豆海洋自然塾の活動（2006年9月20日の朝刊）

地域の中で、行政面や教育面においても環境保全活動においても大学教員の貢献できる機会は限りなくたくさんあります。一方、大学教員は自身の教育研究のみでも手一杯なのが現実です。しかし、週末ボランティアとして研究成果を地域の人々に公開することはできます。また、自身が全ての活動に関与しなくとも、指導員の養成システムを作ってそれを機能させてゆくような工夫もできるものです。

私は、下田臨海実験センターで行われてきたこれまでの社会貢献活動の実践を振り返りつつ、より効果的な活動のあり方を地域の人々と共に探ってゆきたいと思っています。

〈環境報告書2007年作成委員会メンバー〉

石井 哲郎(委員長)	人間総合科学研究科、環境安全管理室
渡邊 和男(副委員長)	生命環境科学研究科
泉 紳一郎	理事、副学長
佐藤 俊	生命環境科学研究科
野本 信也	数理物質科学研究科、環境安全管理室
佐藤 正	総務・企画部
後藤 寛	財務部
澤本 清史	施設部
飯村 茂	総務・企画部広報課
平島 恒雄	環境安全管理室
佐藤 壽美	財務部契約課
神 幸雄	施設部施設環境課
柏木 保人	環境安全管理室

〈文章作成者〉

安仁屋 政武	生命環境科学研究科
杉浦 則夫	生命環境科学研究科
野本 信也	数理物質科学研究科
野村 名可男	生命環境科学研究科
青木 優和	生命環境科学研究科
飯村 茂	総務・企画部広報課
佐藤 壽美	財務部契約課
神 幸雄	施設部施設環境課
柏木 保人	環境安全管理室
竹田 千尋	学生(環境サークルエコレンジャー代表) (生物資源学類)

〈表紙デザイン者〉

木村 浩	人間総合科学研究科
------	-----------



www.tsukuba.ac.jp

筑波大学環境報告書 2007 年

編集・発行 筑波大学環境報告書作成委員会
発行日 2007 年 9 月
担当部署 筑波大学人事部環境安全管理室
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1
Tel : 029-853-2106
Fax : 029-853-2129
表紙デザイン 木村浩