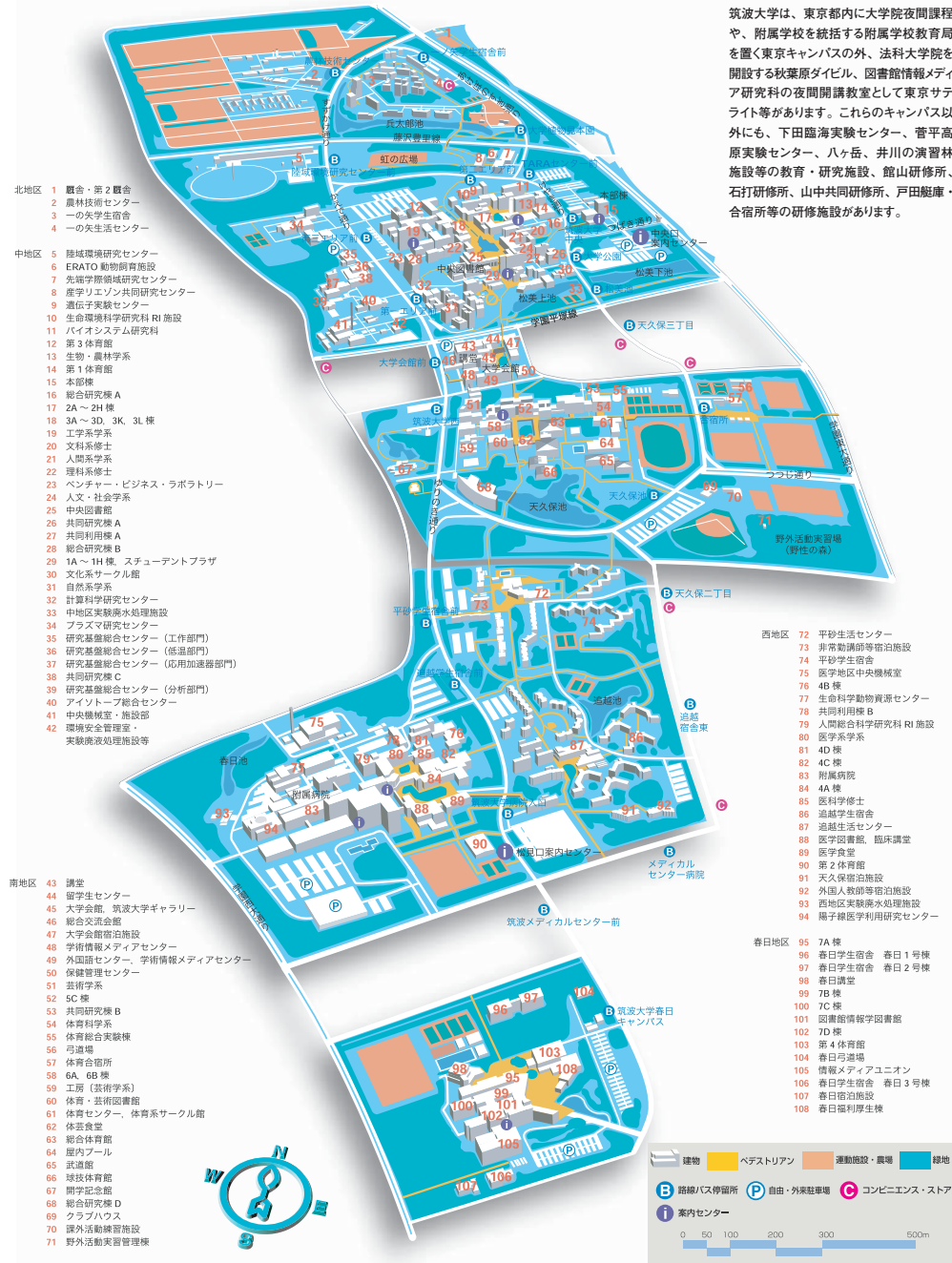


筑波大学 環境報告書 2009年

筑波大学環境報告書2009年

編集・発行 筑波大学環境報告書作成委員会
発行日 2009年9月
担当部署 筑波大学総務部環境安全管理課
〒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



筑波大学は、東京都内に大学院夜間課程や、附属学校を統括する附属学校教育局を置く東京キャンパスの外、法科大学院を開設する秋葉原ダイビル、図書館情報メディア研究科の夜間開講教室として東京サテライト等があります。これらのキャンパス以外にも、下田臨海実験センター、菅平高原実験センター、ハケ岳、井川の演習林施設等の教育・研究施設、館山研修所、石打研修所、山中共同研修所、戸田艇庫・合宿所等の研修施設があります。

■ 学長挨拶	■ 筑波大学環境方針	2
--------	------------	---

筑波大学概要	4
--------	---

▼ 環境保全と安全衛生の取組体制	9
------------------	---

研究・教育活動と社会貢献	10
--------------	----

▼ 藻からバイオ燃料を作る	10
---------------	----

▼ 霞ヶ浦の水質汚濁と対策	15
---------------	----

▼ 霞ヶ浦とその流域の変化	20
---------------	----

▼ 持続環境学専攻博士課程の特色	24
------------------	----

▼ 第1回日中大学院フォーラム Water for Life and the Environmentについて	26
---	----

▼ 第5回国際会議 Interfaces Against Pollution開催に携わって	28
--	----

▼ 食と緑の地域連携プログラムについて	31
---------------------	----

▼ 教職員・学生の環境意識の向上に向けて	34
----------------------	----

▼ 3Eカフェプロジェクトチームの活動	35
---------------------	----

▼ エコアクションの活動報告	38
----------------	----

環境負荷低減の取り組み	40
-------------	----

▼ 化学物質等排出量	40
------------	----

▼ 廃棄物等排出量及び低減対策	48
-----------------	----

▼ 光熱水量	51
--------	----

▼ 温室効果ガス排出量削減対策	53
-----------------	----

▼ アスベスト対策	55
-----------	----

▼ グリーン購入・調達の状況	56
----------------	----

編集方針

「環境配慮促進法」に準拠し、環境省「環境報告ガイドライン2007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。

今回の環境報告書研究活動は、バイオ燃料と霞ヶ浦の環境問題について特集しました。

報告期間

平成20年度：
2008年4月1日から2009年3月31日

この環境報告書は再生紙を使用しています。



筑波大学長 山田 信博

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、都市の中央部に位置する本学も自然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、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。

本学は、前身校である東京教育大学の移転を機に、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月に創設された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、いち早く1977年に環境科学研究科（修士課程）を創設し、2007年には生命環境科学研究科に改組し後期課程（博士課程）持続環境学専攻を加え環境問題に積極的に取り組んできました。

今日、地球温暖化問題をはじめ、エネルギー資源、水資源、天然資源の枯渇や生物多様性の喪失等さまざまな地球環境問題が深刻化しています。また地球規模での人口増加や経済規模の

拡大と人間活動の一層のグローバル化が進む中で、人類の生存基盤に関する課題が生じており、人間社会の持続性にも大きな影響が及ぶ可能性が指摘されています。（環境報告ガイドライン（2007年版）平成19年6月環境省より。）

このような中、平成18年4月に閣議決定された「第三次環境基本計画」に、今後の環境政策の方向性が示され、また、平成19年6月に環境報告ガイドライン（2007年版）が策定されるなど、環境報告書の普及促進が図られてきました。

本学も、平成18年9月の「2006年9月筑波大学環境報告書」の発行から、毎年環境報告書を作成、公表し、本学の環境問題に関する取り組みを社会に発信しております。同報告書の作成を機として、「筑波大学環境方針」を定め、また、平成20年3月には、京都市議定書の第1約束期間の初年度を迎え、「筑波大学における温室効果ガス排出抑制等のための実施計画」及び「筑波大学温室効果ガス削減計画」を策定し、温室効果ガスの排出削減のための諸施策を講じているところです。

一方、筑波研究学園都市においては、本学、筑波研究学園都市交流協議会、内閣府、隣接する研究機関、つくば市などが連携して、「つくば3Eフォーラム」（つくば環境、エネルギー、経済フォーラム）の第2回が平成20年5月に開催され、そこで提唱された「つくば3E宣言2008」では、地球温暖化、環境問題に先進的に取り組んでいる海外都市との国際連携を推進することが、低炭素化に向けた活動や施策の定着に極めて効果的であるとの認識を深めました。

本学は、本報告書に記した取り組み以外にも、数多くの環境に関する教育、研究、社会活動等に取り組んでいます。紙面の都合で一部しか紹介できませんが、本報告書をはじめ、機会あるごとに本学の取り組みを社会に紹介していきます。また、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み、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・学生及び、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。

1872年 師範学校
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わ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。



体育総合実験棟 (SPEC)

7研究科 (博士課程)	人文社会科学(修士86、博士37、5年一貫制38)、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278、博士138、5年一貫制21)、人間総合科学(修士398、博士(医学)62、博士114)、図書館情報メディア(修士37、博士21)
1研究科 (修士課程)	教育(修士125)

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迅速に対応するため、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。



氷河を調べる海外野外実習

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)
-----	--

()は入学定員(単位:人)

■学生数(平成20年5月1日現在)

学群学生	入学定員：2,062人 在学生：10,211人(うち外国人留学生 155人)
大学院学生	入学定員：2,316人(修士1,585人、博士661人、専門職学位課程70人) 在学生：6,373人(うち外国人留学生 925人)

■役員・職員数(平成20年5月1日現在)

	学長	理事	監事	専任の 部局長 等	教授	准教授	講師	助教	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	589	515	452	94	1	531	50	20	2,272	1,857	4,129



ギャラリー

(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。



陽子線医学利用研究センター



筑波山気象観測ステーション

■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20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20年度：協定校等：46カ国 160協定】



留学生文化研修

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



公開講座スポーツ教室「カヌー体験学習」

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月につば市と、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20年度：新規課題9件、継続課題6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20年度開設講座：64講座、2,848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、学術情報の中枢拠点として機能することを目標に活動を続け



住吉物語絵巻

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くと考えています。

また、広く学外の利用者にも開放し、館内利用や図書の出納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249万冊】

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
研究・教育活動と
社会貢献
環境負荷低減の
取り組み

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、附属視覚特別支援学校、附属聴覚特別支援学校、附属大塚特別支援学校、附属桐が丘特別支援学校、附属久里浜特別支援学校 【合計11校】



附属聴覚特別支援学校高等部専攻科造形芸術科「油絵の授業」

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



一の矢学生宿舎と兵太郎池

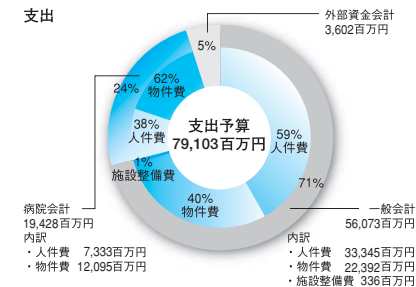
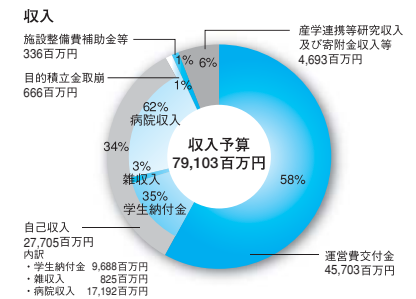
れぞれの共同利用の洗濯室、補食室、トイレなどが併設されています。宿舎の各地区(春日地区を除く)の共用棟には、管理事務室、食堂、浴場、売店、理・美容室など日常生活に必要な施設が設けられています。

【入居者数:3,756人;個室3,472室、2人部屋269室、世帯室186室】(平成20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 ヘクタール
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 ヘクタール

12. 平成20年度の収支予算



環境保全と安全衛生の取組体制



研究・教育活動と社会貢献

藻からバイオ燃料を作る

1. はじめに

世界経済は、その根幹となるエネルギー供給の殆どを石油等の化石資源に依存して来ている。これらは地球進化の過程で生物由来の資源として蓄積されたもので、人類社会の発展を支える土台となった。しかし、化石資源の継続的使用は、地球温暖化や環境汚染に象徴されるような深刻な問題の要因となり、さらに急激かつグローバルな産業の拡大は化石資源の枯渇という人類社会発展の土台をゆるがす危機をもたらしている。これらの問題の深刻さは世界的に認識されており、その解決のために多くの行動計画がたてられている。このような中、バイオマス資源は、それが有する再生可能性とカーボンニュートラル(CO₂の増減に影響を与えない)の2つの性質により、地球温暖化の防止、循環型社会の形成、あらたな産業の育成をもたらす現世資源として注目されており、その利用が世界的に促進される方向にある。

ここに紹介する藻類バイオ燃料研究は、人類が局面する深刻な問題の解決に当たって、化石資源利用から現世藻類資源利用へシフトすることの重要性を認識して実施しているものであり、その目標は後述する新しいバイオ技術体系である藻類テクノロジーに基づいて、石油等化石資源に変わるエネルギー・化学製品を開発し提供することである。

2. エネルギー資源としての微細藻類の潜在力

植物と同様、微細藻類は太陽光を利用し、二酸化炭素を固定し、炭水化物を合成する光合成を営み、その副産物としてオイルを生産する。表1は、主要なオイル産生植物とともに微細藻類のオイル産生能の潜在力を算定したものである(Chisti 2007)。表1の2列目はオイル産生量、3列目は米国で使用されている輸送用燃料の年間消費量5.3億 m³の半分をオイルでまかなうと仮定した場合に必要な土地面積で、4列目は、算定された土地面積が全米の耕作面積の何%に値するかを示したものである。たとえば、トウモロコシの場合は年間ヘクタール当たり0.17トンのオイルが生産されるが、これで米国での輸送用燃料の半分をまかなうとしたら、全米の耕

生命環境科学研究所 教授 渡邊 信

作面積の846%(すなわち8.46倍)に当たる1,540メガヘクタール(Mha)の土地が必要となる。同様にオイル含有率の高いパームでは、5.95トンのオイルが生産されるが、これで米国での輸送用燃料の半分をまかなうとしたら、全米の耕作面積の24%に当たる45 Mhaの土地が必要となる。これに対して微細藻類の場合は、年間ヘクタール当たり58.7~136.50トンのオイルが生産され、これで米国での輸送用燃料の半分をまかなうとしたら、全米の耕作面積の1.1~2.2%程度の土地面積が必要となるだけである。このように微細藻類のオイル生産の潜在力はきわめて高いことがわかる。このような高い潜在力をもつ微細藻類を、今人類が直面しているエネルギー資源の枯渇と地球温暖化の解決に活用しない手はない。

このような藻類のエネルギー資源としての高いポテンシャルに着目した藻類バイオ燃料研究は、今にはじまったことではなく、すでに1970年代後半~1990年代にかけてなされている。しかし、これらの研究開発は、大規模な石油生成プラントの実現までにはいたっていない。その理由は;

- 1) 対象となったほとんどの藻類の生育環境はpHの中性付近であり、この環境では他の藻類の混在や繁殖を防げることができないことから、大規模な屋外環境下での単独の石油生成藻類の繁殖が行えず、むしろ、高コストでエネルギー消費型のバイ

作物・藻類	オイル産生量 (t/ha)	必要な面積 (Mha)	米国の既存耕作面積 (%)
トウモロコシ	0.17	1,540	846
大豆	0.45	594	326
カノーラ	1.19	223	122
ヤトロファ	1.89	140	77
ココナッツ	2.67	99	54
パーム	5.95	45	24
微細藻類(1)	136.90	2	1.1
微細藻類(2)	58.70	4.5	2.5

注意：①必要面積は、米国の全輸送用燃料の50%を満たす量
②微細藻類(1)はバイオマス(乾燥重量)の70%がオイルの種あるいは培養株
③微細藻類(2)はバイオマス(乾燥重量)の30%がオイルの種あるいは培養株

表1 各種作物・微細藻類のオイル産生能の比較(Chisti 2007、一部改変)

リアクター製作へ行ったことで、オイル産生藻の屋外大規模化は経済的にはほとんど成立しなくなったこと、

- 2) ある程度の細胞濃度になると細胞同士での自己遮蔽により、光制限となることから、光条件が変動する野外では、室内実験結果から期待される増殖量が得られないこと、
 - 3) 得られるオイルの純度が低く、そのまま利用することができないことから精製にエネルギーとコストがかかること、
- などがあげられる。

3. 炭水素産生緑藻類ボトリオコッカス (*Botryococcus*) の一般的特徴

ボトリオコッカス・ブラウニ(*Botryococcus braunii*): 以下ボトリオコッカスと記述は、緑藻類に属し、淡水~汽水域に生息する藻類である。10~20 μmの大きさの細胞が集合し、30~500 μmの大きさのコロニーを形成する。光合成を行い、二酸化炭素を吸収し、炭水化物を合成するが、副産物として炭水素を合成する。合成された炭水素は細胞外に分泌され、コロニー内及び周辺に蓄えられる(図1)。ボトリオコッカスは乾燥重量バイオマス当たりで生産するオイルが16~75%で培養株により大きく異なるが、産生されるオイルの殆どが炭水素であること、その90%以上が細胞外に分泌されることで他の藻類にはない特徴をもっている(Banerjee et al. 2002)。一般にオイル含有量が高い培養株は増殖が遅く、その含有量が少ない培養株は増殖が早いという傾向が見られる(Banerjee et al. 2002; Metzger and Largeau, 2005)。したがって、実用化を目指す開発研究においてはオイル含有量と増殖のバランスがよい培養株を確保することが重要である。ボトリオ

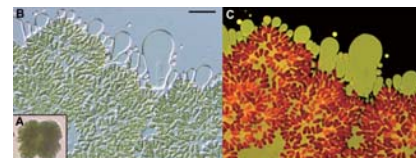


図1 ボトリオコッカスの顕微鏡写真
A: ボトリオコッカスの群生。B、C: カバーガラスで群生を押しつぶした顕微鏡像でBが光学顕微鏡、Cがナイルレッド染色したものを蛍光顕微鏡で観察した像。黄色の部分オイル。

図1 ボトリオコッカスの顕微鏡写真

コッカスは2億年以上前から出現したという化石の記録があり、その堆積物や化石はオイルシェール(oil-shale)または含油頁岩(けつがん)として知られ、燃料資源として注目されている(Banerjee et al. 2002)。現在でもボトリオコッカスは湖沼で大発生してブルームを形成することが知られており(Baldwin et al. 2003)、そのメカニズムを解明することは野外での開放系大量培養技術を確立するために重要な研究課題である。

4. 研究開発対象となるボトリオコッカス

これまで得られている知見をもとに、ボトリオコッカスを活用したバイオマスエネルギー技術開発を検討する場合に、少なくとも下記の4点をクリアする必要がある。

1) オイル生産と増殖のバランスがよく、高pHで良好な増殖を示すかどうか。

ボトリオコッカスは培養株によりそのオイル産生能がことなること、増殖とオイル産生量は相反の関係にあることから、オイル生産と増殖のバランスのとれた培養株を確保することが必要である。これまで研究開発材料とされた多数のボトリオコッカスの培養株があるが、日本の研究者がよく使っていた培養株は、増殖は悪くはないがオイル産生量は乾燥重量当たり16%~20%程度の株やオイル産生量は乾燥重量当たり70%程度あるが、増殖が極めて悪い株であった。また、二酸化炭素を培地に通気するため、二酸化炭素が溶けやすいアルカリ側で良好な増殖を示す培養株が必要である。以上の条件を満たす培養株を確保するため、日本各地の湖沼及び国外のいくつかの湖沼から144株を分離培養し、その増殖、オイル産生能およびpH特性を調べ、増殖とオイル産生のバランスがよく、アルカリ側で良好な増殖を示す数株の培養株を確保することができている。

2) 産生されるオイルの純度は高いかどうか。

日本の各地の湖沼・貯水池から分離培養されたボトリオコッカスが産生する炭水素は、エポキシド、ケトン、トリテルペンの3種類にわけることができる(図2)。これまでに分離培養した144株を調べた限りでは、エポキシドとトリテルペンを産生する株、ケトンとトリテルペンを産生する株、ほとんどトリテルペンのみ(90%以上の純度)を産生する株の3つにわけられ、エポキシドとケトンを産生する株はなかった。どの培養株も純度の高

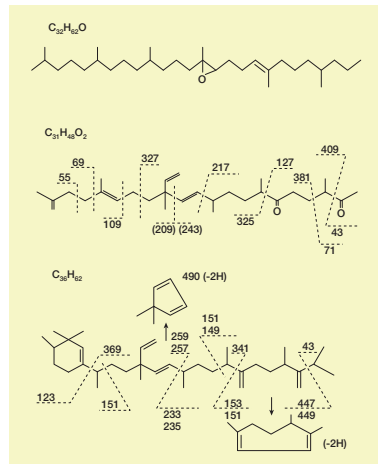


図2 日本産ボトリオコッカスの培養株が生産する炭化水素。上よりエポキシド、ケトン、トリテルペン

い炭化水素を産生し、特に、トリテルペンのみを合成する株はその純度が94%に達するものがあり、精製・加工が容易であるといえる(渡邊, 2007)。

3) 弱光下で増殖が可能かどうか。

増殖には呼吸量を上回る光合成量をもたらす光量が必須であることはいまでもないが、これが逆に大きな障害としてたちはだかる。すなわち、まだ細胞密度が低いうちは、光が培養槽の中心まで十分にとどくために光合成が活発におこなわれ、良好な増殖が得られるが、細胞がある密度に達すると、光が表面しかとどかなくなるため、細胞が受ける平均光量が減少し、最終的に光合成量が呼吸量を下回り、増殖がとまってしまうこととなる。野外において単位面積当たりの収量を上げるためには、最適増殖が得られる深さのパラメーターを上げることが最も重要である。ボトリオコッカスの有機排水の利用性について検討した結果、無機塩類から構成されるChu培地では乾燥重2.3 g/Lになると増殖は止まるが、Chu培地に有機排水を10%となるように与えると、増殖は飛躍的に高くなり乾燥重量で5 g/Lを超えた(図3)(渡邊, 2007)。全くの暗黒下でグルコース等の有機物を与えてもこれほど良好な増殖はえられなかったことから、ボトリオコッカスは弱光下で有機排水を利用して炭化水素を合成する光従属栄養性の特徴を持つことが判明し

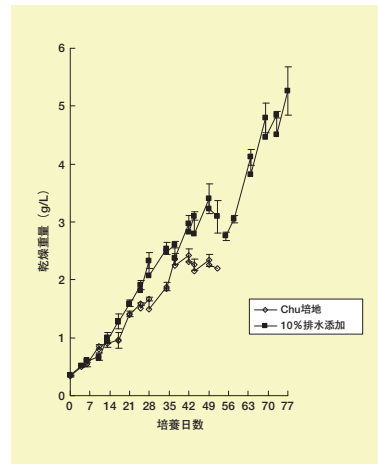


図3 有機排水添加培養条件下におけるボトリオコッカスの増殖。実験下での光量は一日当たりの積算放射照度の屋外平均値(6~7 MJ/m²)の半分程度の3 MJ/m²

た。したがって、ボトリオコッカスは、光合成ではガス状で排出される二酸化炭素を吸収し、光従属栄養性では将来の温室効果ガスとなる有機炭素源を利用して炭化水素を生産することができる藻類である。

4) 野外に大型の培養プラントを設置した場合に、培地作成～培養～収穫～燃焼～焼却灰処分に至る全行程でのエネルギー収支、コスト収支において実用化に資する結果が得られるのか。

上記に示したボトリオコッカスが二酸化炭素削減や新エネルギー資源として実用化するに相応しいものであるかどうか、シミュレーションで調べてみる必要がある。また、研究が趣味的なところに発散することを避け、実用化にむかってどんな技術開発がポイントとなるか探る上でも重要である。以下のような制約条件下でボトリオコッカスを大量に生産し、エネルギーとして利用した場合のエネルギー収支、二酸化炭素収支、コスト収支を計算した。

- ① 19ヘクタールで深さ30 cmのプール(以下大プールと記述)を液化天然ガス(LNG)火力発電所の近くに設置する。
- ② 室内での試験管培養、フラスコ培養、野外での小プール培養、中プール培養を経て、大プール培養へと段階を経た培養システムとする(図4)。

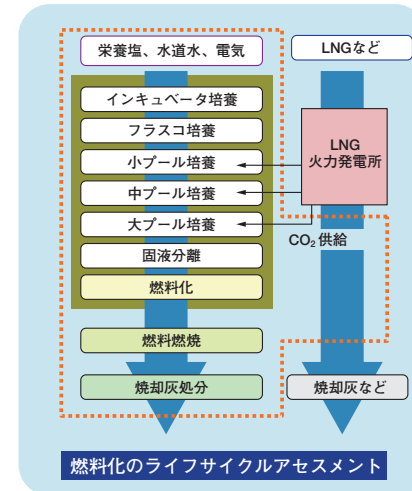


図4 屋外開放系培養での大規模エネルギー生産システムのフロー

- ③ 以上のシステムで、培地作成(水道水に必要な栄養分を添加、移動、固液分離(収穫)、乾燥、炭化水素抽出・精製、燃焼、焼却灰処分までの全過程でのライフサイクルアセスメント(LCA)を評価する(図4)。
- ④ 藻類の増殖量は1.5 g/L~10 g/Lの間に設定する。
- ⑤ 3.5 g/Lとなったときに次のレベルの培養へと移動し、その移動量は0.07とする。
- ⑥ 大プールで藻類バイオマスが3.5 g/Lとなったときに、0.07/日の流量で収穫し、収穫した分の量の培地を加える、いわゆる連続培養システムを採用する。
- ⑦ 培地には有機物が添加され弱光条件下でも十分な増殖を示すことから、晴れ・曇り・雨等の天候に左右されないとし、稼働率を365日とする。
- ⑧ 光合成に必要な二酸化炭素や晩秋から初春にかけて25度以上に培養温度を保つために必要な熱源はLNG火力発電所からの排出源を利用するため、これらについてはLCAから除外する。
- ⑨ オイルの価格は原油価格とし、44.5円/Lとする。
シミュレーションの結果、エネルギー獲得量は年間19ヘクタール当たり10.3 × 10⁷ MJ、投入量は3.48 × 10⁷ MJ、CO₂吸収量は7.45 × 10⁶ kgCO₂、排出量は2.49 × 10⁶ kgCO₂となり、いずれも3倍程度多いことがわかる。

ただし、コストについては獲得コストが約1億円だったのに対し、消費コストが約3億7千万円と、2億7千万円程度の赤字となり、オイルの価格は1L当たり155円となる。しかし、人件費の安いタイやインドネシアで実施する消費コストがそれぞれ7千3百万円、6千万円で済み、黒字に転化する。コストの問題はハードルは高いけれども、将来の技術開発で解消できる範囲にあると判断している。また、今回おこなったLCAの結果、ボトリオコッカスのオイル生産力は年間ヘクタール当たり約120トンとなり、微細藻類の中でも高いオイル生産力を有していることがわかる。

5. エネルギー転換効率について

藻類や陸上植物の光合成において、太陽エネルギーは最初に電子伝達に使われ、それによってATPが合成され、そのATPのエネルギーによって二酸化炭素から糖が作られる。一般に、藻類や植物のエネルギー転換効率は糖までの変換効率で評価されるが、各ステップでエネルギーロスが起ころなければ30%程度のエネルギー変換効率となると算定されているが、実際は各ステップである程度のロスがあり、変換効率は1~2%、多いものでも4~5%程度のものが多い。これゆえに藻類や陸上植物のエネルギー転換効率は低く、それを高めなければ実用化は難しいとの印象を与えてしまっている。

ここでこれまでと違った視点で、単位面積当たりふりそぐ太陽エネルギーと単位面積当たりボトリオコッカスにより生産される炭化水素の転移熱量を計算することで、ボトリオコッカスのエネルギー変換効率を算定してみる。即ち、ボトリオコッカスは年間120 t/haの炭化水素(炭素数が30程度なので重油相当とする)を生産することから、炭化水素燃料の低位発熱量は、C重油相当の40 MJ/kgとして、120 × 1,000 × 40 MJ/ha/Y = 4,800 GJ/ha/Yとなる。一方、日本での太陽エネルギーの積算放射照度は、おおよそ6.5 MJ/m²/day = 6.5 MJ × 10,000/ha × 365/Y = 23,725 GJ/ha/Yなので、エネルギー変換効率は、4,800/23,725 × 100% = 20.2%となる。設定したプールの30 cmという深さが面積当たりの生産量に上乘されているが、非常に優れた変換効率であるといえる。

CREST「二酸化炭素抑制に資する革新技術の創出」
 オイル産生緑藻類 *Botryococcus* (ボトリオコッカス) 高アルカリ性の高度利用技術

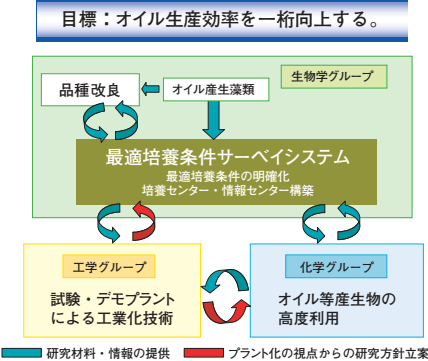


図5 (独)科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(CREST)における藻類エネルギー研究プロジェクト体制

6. おわりに

藻類は陸上植物と比べて高いオイル生産能力をもっていること、エネルギー変換効率は従来のような糖生産までの効率で算定せず、産物としてできる炭化水素の低位発熱量でもって算定すると非常に高い変換効率を示すことがわかる。この高い潜在力をもつ藻類を市場において原油と太刀打ちできるようにするための根幹となる技術は「ヘクタール当たりの生産力の一桁向上」を実現する技術である。

これを目標とした藻類エネルギー開発について、2008年の10月から2013年度までの5年間半の大型プロジェクトが科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(CREST)(代表 渡邊信)ではじまった(<http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/ryoiki/bunya06-1.html>)。本プロジェクトの体制は、生物学グループ、化学グループ、工学グループからなり、それぞれ最適培養条件の把握と品種改良、オイル等産生物の高度利用、試験・デモプラントによる工業化技術開発を行っている。特に工学グループの役割は大きく、生物学・化学グループがボトリオコッカス及びその産物の生物学的、化学的なユニークさについて目をつまみ、肝心の実用化技術につながる知見の取得がおざなりにならないよう、プラント研究の視点から生物学・化学グループに研究方針を立案していくこととしている。

化石燃料の代表的な石油は、かつて海域に大繁殖していた古代の藻類プランクトンが地殻変動で死亡し、海底に蓄積し、変性してできたものとする説が広く受け入れられており、現有のオイル産生藻類においてもそれらのオイル生産効率は47~140トン/ヘクタール/年と算定され、他のオイル産生陸上植物資源と比較して10~700倍も高いオイル生産ポテンシャルを有する。さらに、藻類は食糧とも競合せず、必要量のオイル生産のために占有する土地面積もせまくてすむという利点がある。また、藻類は多種多様な機能物質を産生する能力があり、既存の主要産業への適用や新産業の創出が期待される。このため、藻類は次世代型の石油代替資源として世界的に注目されている。これまで、藻類の産業利用は多価不飽和脂肪酸、カロチノイドや機能性食品のような高価値の物質生産に限定されていた。しかし、藻類が燃料等低価値の物質生産の供給資源となるためには、藻類資源生産コストを一桁減少させる必要があり、そのための基礎的知見の集積と革新的技術の開発ならびに各種物質生産プロセスの統合化が必要とされる。

参考文献：

Baldwin, D.S., Whittington, J. and Oliver, R. Temporal variability of dissolved P speciation in a eutrophic reservoir-implications for predicating algal growth. *Water Research* 37, 4595-4598, 2003

Banerjee, A., Sharma, R., Chisti, Y. and Banerjee, U.C. *Botryococcus braunii*: A renewable source of hydrocarbons and other chemicals. *Critical Reviews in Biotechnology* 22, 245-279, 2002

Chisti, Y. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25, 294-306, 2007

Metzger, P. and Largeau, C. *Botryococcus braunii*: a rich source for hydrocarbons and related ether lipids. *Appl Microbiol Biotechnol* 66, 486-496, 2005

渡邊 信 藻類バイオマスエネルギー技術の展望 第1回つくばEフォーラム報告書 160-167, 2007

参考

ヒマワリを用いたバイオディーゼルの研究については2007年の環境報告書で紹介しました。

霞ヶ浦の水質汚濁と対策

生命環境科学研究科 教授 杉浦 則夫

1. はじめに

霞ヶ浦は、本学の皆さんが毎日利用している生活用水としての水道水の水源であることは周知の通りであるが、茨城県の産業経済の発展に不可欠であるとともに今後も、首都圏など近県からの水利用の要請もあり貴重な水資源である。しかし、近年、流域人口の増加、工業、農業への利用の増大、生活様式の変化などによる水需要の増大に伴い流入排水による水質汚濁が進行し、いわゆるアオコ(植物プランクトン、とくに藍藻類などが水面上に集塊を形成し、青い粉を撒いた様相を呈することが異常発生し、水環境生態系を始め水利用の上でさまざまな障害を及ぼし大きな社会問題となっている(写真1集塊状のアオコ)。

さて霞ヶ浦は、もともと約12万年前、関東平野周辺の地域と同様に古東京湾の海底にあり7万年以上も前の最終間氷河期の時代に隆起してできた海跡湖であり、現在、湖面積は約220 km²、周囲252 km、総貯水量8.5億 m³で最大水深約7 m、平均水深約4 mと非常に浅い湖である。農業への水利用が盛んであったが1950年頃とくに農作物への塩害が顕著になり、1960年頃には流域周辺の農作物への被害が拡大した。また霞ヶ浦開発事業の広域化、首都圏への長期的水需要を目的

とした水ガメ化に拍車がかかり一層の淡水化が進んだ。このような状況下で水の出入りが殆どなくなった。霞ヶ浦は、家庭雑排水をはじめ、農業、工業、漁業などの排水に加えて面源からの流入排水が追い打ちをかけ、有機物、窒素、リンの増大により汚濁が一層進行した。結果として富栄養化が進行し、アオコの異常発生、異臭味とくにかび臭の発生が頻繁に認められるようになり、漁業、農業用水、水道・工業用水は大打撃を受けた。霞ヶ浦の汚濁の様子は、COD(化学的酸素要求量：一般に有機物が増大すると増加し、汚濁の指標としている)で評価しているが、図1に示したように1965年以降著しく増加した。1973年にはCOD増大の主因となるアオコの大発生で水中の溶存酸素がほとんどなくなり養殖イ、

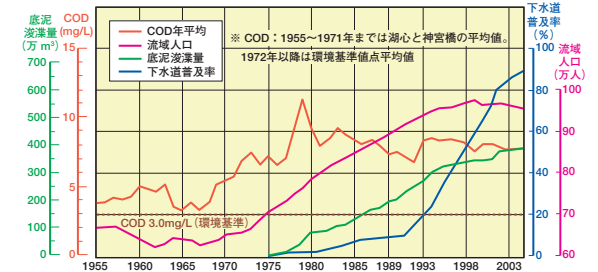


図1 霞ヶ浦の汚濁、流域人口、底泥濁濁(しゅんせつ)、下水道普及率の状況

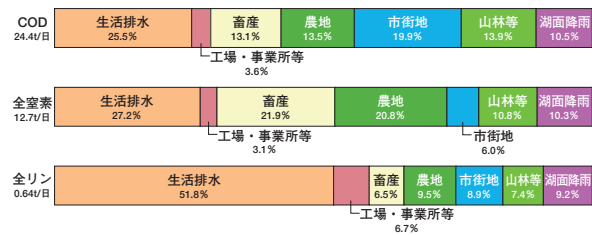


写真1 集塊状のアオコ

その他の魚介類が大量に死んだ。その後もCODは増加し1979年には最大11 mg/L以上にもなり、環境基準3 mg/Lの3倍以上に達した。その後、一時的に減少はしたものの7 mg/L以上と依然高い数値を推移している。この間、流域人口は60万人台から増加の一途をたどり33年を経過した1998年には95万人台に跳ね上がった。

2. 汚濁の原因

汚濁の主な指標となるCOD、窒素、リンは、図2に示したようにいずれも生活系排水が大きな割合を占めCODでは25%以上、リンは52%となっている。次いで



出典：第5期 霞ヶ浦に係わる湖沼水質保全計画資料

図2 霞ヶ浦における平成17年度排出負荷量 (COD, 全窒素, 全リン)

畜産、農地からの由来が大きい。工場排水は水質汚濁防止法など法規制の強化で10%にも達していない。霞ヶ浦のCODの主因であるアオコは、1980年頃までは、写真2に示したように葡萄の房状のラン藻類(ミクロキステス属)が主であったがそれ以降、糸状藍藻類(オシラトリア属)に変わっている。しかし依然としてミクロキステス属は毎年夏季になると霞ヶ浦で見られるが、近年では北浦で大量に発生するようになった(写真3)。さてこのアオコで厄介な問題が注目されてきたのは猛毒物質

を生産するアオコの発生である。

3. 有毒アオコの発生

(1) 有毒アオコと毒性物質濃度の分布

近年、世界各地で猛毒物質を生産するアオコが霞ヶ浦でも頻繁に観察されてきた。一般的に世界中で広く分布し、問題となっているのはミクロキステス属(写真2)が生産するミクロキスチン(ミクロシスチンとも呼ぶ)(図3)と言う青酸カリウムの60倍もの強力な毒性物質であり、人畜を死亡させ大きな問題となった。そこで世界保健機構(WHO)では1μg/Lの暫定基準を設定した。ミクロキスチンの化学構造は、本学の渡邊信教授、彼谷邦光教授らによって明らかにされた。図4は、われわれが調査した1998年当時のアジアの主な湖沼のミクロキスチン濃度であるが中国太湖(写真4)、日本の霞ヶ浦、諏訪湖など、基準を大幅に上回る数値であった。最近の霞ヶ浦のミクロキスチン濃度は、ここ数年間、ミクロキステスの発生量が少ないため非常に低いがそれでも土浦市周辺

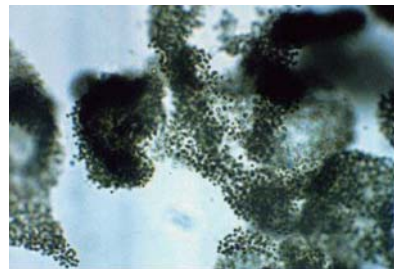


写真2 ミクロキステス属の顕微鏡写真



写真3 北浦で発生したアオコ (2008)

microcystinの化学構造

	R ₁	R ₂
microcystin-RR	arginine	arginine
microcystin-YR	tyrosine	arginine
microcystin-LR	leucine	arginine

マウスに対する毒性の比較

半数が死亡する投与量 LD₅₀ (μg/kg)

microcystin-LR	80
microcystin-YR	100
microcystin-RR	600
ダイオキシン	20
青酸カリ	5000

WHOのガイドライン値

microcystin-LR=1 μg・ℓ⁻¹

図3 ミクロキステス属が生産するミクロキスチン

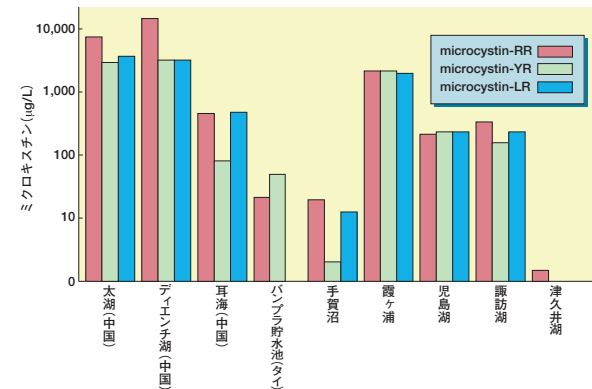


図4 アジア各国のミクロキスチン濃度



写真4 中国太湖アオコ大発生の様子

の水が淀んだ水域では200μg/L~800μg/L程になる。しかし、アオコの消滅と同時にこの毒性物質は短期間に分解してしまうことが調査でわかった。では、何故このような現象が起こるのか?調査と研究を開始した。

(2) 毒性物質ミクロキスチン生産・消滅の機構

毒性物質はいつどのようにつくられるか?ミクロキスチンがアオコの生涯すなわち1細胞個体が発生し、成長、死滅していく段階のどの時期に生産され、消滅するのかについて図5に示すように細胞内で各種器官が合成される段階(S期からG2期)で、合成酵素によって

多量に生産されることがわかった。そして毒性物質は、蓄積し、細胞内で分解されるが細胞が老化するとそれが弱った細胞外壁から溶出して分解菌によって連鎖的に分解されることがわかってきた。では、毒性物質の合成と水環境中のどのような因子が関係しているのか調べたところ窒素が欠乏するとミクロキステスの細胞内でミクロキスチンが急激に減少することがわかった。つまり霞ヶ浦では、窒素の流入負荷量が多いのでこれを削減することで効果が出るかと推定できた。ここでも窒素削減対策の重要性が理解できる。さて、霞ヶ浦のもうひとつの水質障害としてカビ臭問題が挙げられる。

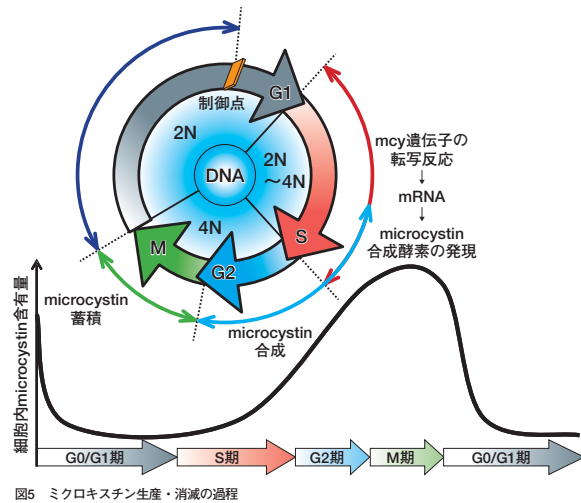


図5 ミクロキスチン生産・消滅の過程

4. 水道水のかび臭騒動

霞ヶ浦を水源とする水道水で1960年後半から度々カビ臭が発生し、土浦市を中心に当時は水が腐敗したとして深刻な問題に発展した。周辺の飲食街では、水が臭くて飲めない、調理に使えない、ワカサギ、コイなどの魚がカビ臭くて売れず倒産する店まで出た。この時期には全国的にもダム、湖沼などを水源とする水道水でカビ臭が発生し、その原因究明に大学、研究機関などがこぞって研究を開始した。日本では、京都大学の菊池徹先生らのチームによって琵琶湖で発生したカビ臭発生の原因が藍藻類や放線菌によって生産される物質、2-メチルイソボルネオールとジェオスミンであることが初めて確認された。

(1) 霞ヶ浦のかび臭発生原因

霞ヶ浦のかび臭発生は、これまで春季～初夏、秋季によく起こる。また最近では冬季にも発生することがある。カビ臭発生のパターンは3通りあり、浮遊性の糸状藍藻類と水生植物や護岸堤防の浸漬した礫・石、底泥に付着した藍藻類、放線菌であることがわかった。とくに夏季の後半から晩秋にかけては放線菌に由来することが多い。

(2) カビ臭発生のメカニズム

カビ臭発生の原因は、主に糸状の藍藻類や放線菌が生産する二次代謝物質でテルペン類の一種、2-メチルイソボルネオールとジェオスミンであることがわかった。藍藻類に起因する場合は、顕微鏡観察ですぐに確認できるようになったから一瞬安堵した。ところが原因藍藻類が全く存在しないのにカビ臭がいたるところで発生するようになった。その原因が放線菌だった。放線菌の場合、顕微鏡では観察が困難であり、いつでもどのような条件で増殖し、カビ臭を発生するか皆目見当がつかなかったから全国の水道関係者もその対策に苦労した。1990年には2000万人以上もの苦情が殺到して水道界では深刻な問題として対策に苦慮した。そこで我々は、霞ヶ浦を中心に、カビ臭を発生する微生物の特定はもとより放線菌がどうしてカビ臭を発生し、水道水に着臭するのかその解明に取り組んだ。一般的に放線菌は水中にはきわめて少なく、底泥表層部に多いことがわかっていて霞ヶ浦では、底泥中の放線菌の数がアオコの大発生したあと秋口にとくに多いことに注目した。そこでアオコの発生と放線菌の間で何らかの関係があると考え、底泥中から分離した放線菌にアオコを炭素源として加え培養したところ、著しい増殖を示し、カビ臭物質を生産することを突き止めた。しかしアオコが存在しても必ずしも

放線菌はカビ臭物質を生産しないことがある。これはアオコと共存する他の細菌(グラム陽性菌)が一定量以上になると放線菌はアオコを利用できないことがわかった。つまり霞ヶ浦では秋口に底泥に十分なアオコと酸素が行き渡り、共存細菌(グラム陽性菌)数が減少すると放線菌がアオコを利用してカビ臭物質を生産することがわかった。従って事前に底泥中の放線菌数、炭素源の量とくに藻類由来の糖類炭素源の量、共存するグラム陽性菌数、酸素量を調べておけばカビ臭発生の察しがつくと考え、事前に浄水場では活性炭あるいはオゾンなど脱臭対策を講ずればよいと判断した。

5. その他水道の障害

その他、アオコの大発生では、水道水や工業用排水を造る上で汚濁物質を凝集する薬品の増加、ろ過池の閉塞、塩素殺菌強化による発がん性物質(トリハロメタンなど有機塩素化合物)の増加など、水環境生態系の崩壊はもとより浄水過程でさまざまな影響があり枚挙にいとまがない。とは言ってもこの貴重な水資源を子々孫々に継承する使命があり、浄化対策は喫緊の課題であると同時に効果的な手法を今すぐにも実施していかないと取り返しがつかなくなる。次に現在の霞ヶ浦の主な浄化対策とその戦略を紹介する。

6. 浄化対策

霞ヶ浦の浄化の目標は、水質環境基準(COD 3 mg/L)を達成することだ。しかし数10年の期間内での達成は困難であり、当面、茨城県では1960年前半のCOD 5 mg/Lを目安にし、強力で改善を推進するため各種水質保全事業、汚濁発生源の規制、水質保全対策を効果的、総合的かつ計画的に実施展開することにした。具体的には以下のとおりだ。

(1) 生活排水対策

下水道整備はもとより排水処理設備整備でとくにCOD、窒素、リン同時除去型の高効率併用浄化槽設備を強化推進する。

(2) 湖内流入河川直接浄化対策

アオコ処理、底泥の浚渫(1975年から2006年の32年間で700万トン浚渫)を継続的に実施する。

(3) 生態系自然浄化機能による浄化対策

沿岸流域周辺を利用し水生植物帯を造成し、流入汚濁物質を削減しようとするものである。

(4) 工場・事業所排水対策

水質規制指導の強化として水質汚濁防止法、生活環境保全に関する条例、霞ヶ浦富栄養化防止条例に基づく条例・規則の強化推進を引き続き図る。

(5) 面源負荷対策

家畜糞尿など堆肥化、負荷削減施設の整備、環境にやさしい農業指導推進、市街地、農耕地、森林などの整備・適正管理の一層の推進を図る。

(6) 調査研究・浄化技術の開発

霞ヶ浦環境科学センターを拠点として浄化に係る指導、研究機能の向上・充実を図る。地域住民をはじめ県民への情報提供、学習・各種浄化・保全に関連するイベントの場として啓蒙・実践活動の拠点として一層の利活用を図る。

自治体、国、地域住民は、霞ヶ浦の浄化に向けて英知を結集してその対策を立案計画するとともにさまざまな浄化活動・事業を展開してきたが霞ヶ浦は、水の1回の出入り(滞留日数)でも180日以上かかり、構造的に一度汚染が進むとなかなか取り返すのが困難な状況にある。しかも流域人口90万人という数からみてもわかるように人為活動が活発であるという条件を背負っている。遠い未来までもこの貴重な水資源を継承していくためには、ほぼ大小60もの流入河川からの汚濁物質を回避する抜本的な手立て、とくに大量の下水道処理排水の流入回避、水循環の促進、勿論、流域圏都市計画の見直しを含め、生態系の保全と同時に管理・整備などに関し大きなパラダイムシフトを図らなければならない。筑波大学の教職員の方々、学生諸君が日々の生活に欠くことのできない水道水、味が悪い、臭い、飲めないで果たしてよいのだろうか? ペットボトルの飲料水ですみますか? 霞ヶ浦の恩恵を受けている以上対岸の火事では済まされない。

霞ヶ浦とその流域の変化

1. はじめに

霞ヶ浦(西浦、北浦、常陸利根川の合計)は平均水深が4 mと浅いものの、面積は220 km²と日本第2の大きさの湖沼です。流域は2157 km²と茨城県の約35%を占めていて、流域には約100万人が住んでいます。淡水利用が本格化し、常陸川水門を閉鎖した1973年以降、大量



写真1 1980年代の霞ヶ浦 (田淵俊雄氏提供)

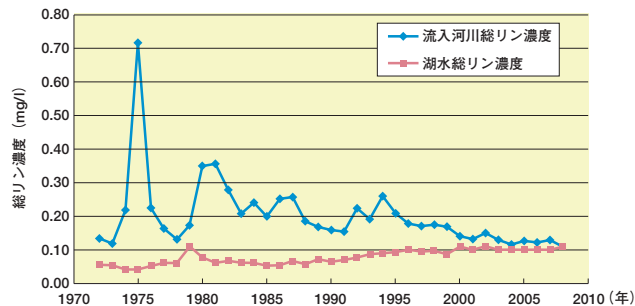


図1 霞ヶ浦(全水域平均値)と流入河川のリン濃度の経年変化

生命環境科学研究科 教授 福島 武彦

のアオコが発生し(写真1)、養殖コイの大量斃死、水道の異臭味、吹き寄せられたアオコの腐敗などが生じ社会問題化しました。

私は、1977年に国立環境研究所(当時国立公害研究所)に入所し、研究所の一大プロジェクトであった霞ヶ浦研究に投入されました。その後も湖沼研究に関与し、30年以上が経過しました。その間、霞ヶ浦の水質浄化はある程度進んだものの、依然として望ましい水環境とはかなり隔たった状態にあります。

図1には、湖水と流入河川水中のリン濃度の経年変化を示しました。リンは湖沼の富栄養化の原因物質であり、水質浄化のために流域と湖内での削減が求められている物質です。この図から、1970年と1980年代に高かった流入河川中のリン濃度は、下水道の普及、工場の排水規制などにより、1995年以降、減少傾向にあることがわかります。一方、湖水のリン濃度はほぼ一定して上昇傾向にあるようです。図は省略しますが、湖沼の環境基準項目であるCODも、流入河川では減少傾向にあるものの、湖内ではあまり変化していないようです。欧米の湖沼では流入栄養塩削減が見事に成果を発揮し、富栄養化の反対である貧栄養化が進んでいる湖沼が多く見られるのは大きな違いとなっています。以下には、霞ヶ浦などの湖沼を対象とした我々の研究グループ(松下文経講師、卒業生や在学生として尾山洋一、関智弥、神谷航一、楊帆君)の成果をご紹介します。

2. 流域の変化

流域の土地被覆・利用は大きく変化し、中でも森林の減少、ゴルフ場、造成地の増加がこの30年の特徴となっています。また、植生、土壌、不浸透域では各バンドの反射率が違うことを利用して、Landsat衛星などの画像をもとに、流域での不浸透域を明らかにすることも可能です。図2にはそうした解析により得られた1987、2000、2007年における不浸透率の変化を示します。年を追うごとに、流域西部、つまりつくば市、土浦市周辺や流域南部、つまり竜ヶ崎市周辺で不浸透率の増加がはっきりと観察されます。また、流域北部での不浸透率の増加はビニールハウスの建設によるものではないかと考えています。

不浸透域とは、道路、駐車場、建物、ビニールハウスなどで、雨が降っても浸みこまず、こうした不浸透域の増加により河川に直接流出する割合が増えると考えられています。また、地表面に堆積した有機物、栄養塩負荷の流出割合が多くなることが予想されています。アメリカでは不浸透域が流域の25%を超えると、その流域の水循環に悪影響を及ぼしているとして、流域の管理目標値として使われています。霞ヶ浦流域では22河川中、8河川で25%を超え、20~25%の範囲の河川も6河川と多くなっています。こうした不浸透域からの負荷は降雨時に発生し、無降雨時には発生しません。図1に示しました流入河川水質は基本的には降雨時を除外しているので、不浸透域の増加に伴う流出負荷増加が反映されていない可能性が指摘されます。

また、霞ヶ浦のランドスケープ(景観特性)を統計解析した結果、一つ一つの要素であるパッチの平均面積が減少傾向にあり、フラグメンテーション(碎片化)が生じていることがわかりました。こうした傾向が続くと、動物・植物の生息地の減少や質に悪影響を及ぼすことが心配と考えられています。

3. 湖沼水質と底質

霞ヶ浦の水質、生態系は10年ごらの時間スケールで変化しています。1985年ごろまではアオコ中心の生態系であったものが、1980年代後半には冬季の透明度が2 mを超えるほど、増加しました。その後、糸状性の藻類が卓越し、1990年代後半からは濁度が増加し、植物プランクトンの現存量が抑えられました。

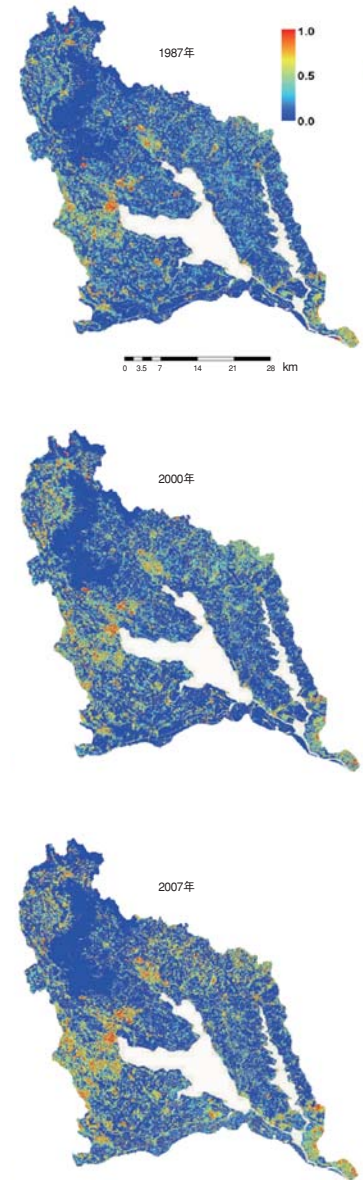


図2 霞ヶ浦流域での不浸透率の経年変化

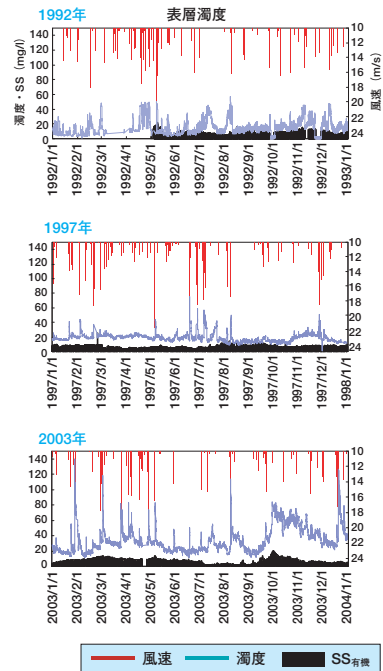


図3 霞ヶ浦湖心での風速、濁度、植物プランクトン由来の濁質(SS_{有機})の変化。1992、1997、2003年それぞれ1年間の比較

図3には1992、1997、2003年を例に、霞ヶ浦湖心観測所(国土交通省霞ヶ浦河川事務所管轄)での1時間ごとの風速と濁度変化を示しました。風速が12 m/sを超えると濁度が高くなるのがわかりますが、同じ程度の風が吹いた時の濁度上昇量が近年ほど高くなっているようです。濁度の上昇は底泥の巻き上げと考えられていますが、それが近年ほど高くなってきた原因に関しては、様々な説があります。我々は、底泥特性が段々と変化し、同じ力が働いても巻き上がりやすい底泥に変わってきたのではないかと考えていますが検証されてはいません。なお、図中にあるSS_{有機}とは、濁度の中でも植物プランクトンのような有機物で構成されているもので、ここでは連続測定されているクロロフィルa濃度をもとに推定しています。こちらの濃度は1992、1997、2003年とあまり変化していないことがわかります。

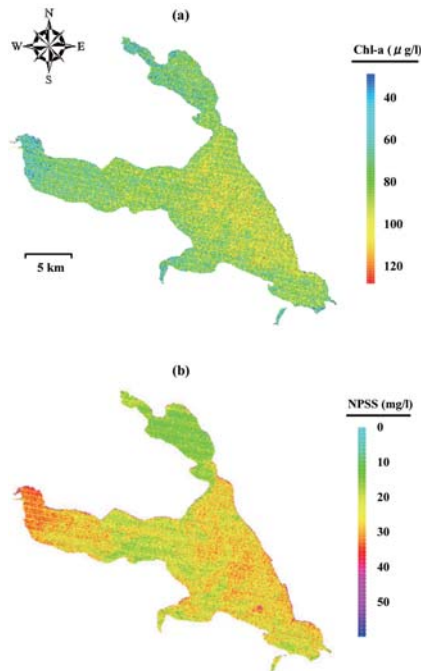


図4 衛星画像をもとに推定したクロロフィルa濃度(a)と非生物態濁度(NPSS: b)

以上述べたように、霞ヶ浦の水にはクロロフィルaなどで表現される植物プランクトンとそれ以外の無機濁度が混合していることがわかります。後者は水中の光環境に影響を及ぼし、その結果、クロロフィルa濃度、有機物濃度にも影響が出ることが予想されます。両者の空間的分布を調べる手段として、衛星画像の解析があります。図4には2006年2月18日のLandsat衛星画像をSDA(Spectral Decomposition Algorithm)法という手法で解析し、両者の分布を推定した結果です。フィールド調査結果ともかなりよく一致することから、霞ヶ浦のような植物プランクトンと無機濁質が混合



写真2 採泥コアサンプル

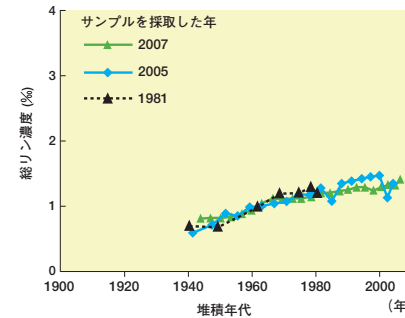


図5 霞ヶ浦湖心の底泥コアサンプル中のリン濃度

した水域の水質解析に適用できるのではないかと考えています。なお、Landsat衛星は回帰日数が16日と長く、水質変化をモニターするにはあまり適当ではないため、もっと回帰日数が短い衛星の画像を利用する方法を現在、開発しています。

浅い湖では水質と底質が相互に影響し合っていることが分かっています。基本的には、底質の上層は新しい、下層は古い堆積物が存在しています。放射性核種の濃度を測定するとその堆積年代を推定できることから、底泥コアを採取し(写真2)、放射性核種濃度と各種底質を分析し、堆積環境の変化と堆積後の底質変化を推測しました。図5には、様々な時代に測定された底泥コアのリン濃度を同じ図で表現したのですが、放射性核種濃度から推定した堆積年代を横軸にとっています。この図から、1981年と2005、2007年のリン濃度変化はあまり大きくないことがわかります。しかし、この差から推定される速度は底泥から水中に溶出するリン濃度を意味していて、他の方法で推測された溶出速度とはほぼ同じ程度の値であることがわかりました。また、図1の水質リン濃度と図5の底質リン濃度の時代的な変化を比較するとよく対応しているようにも見えます。水質変化の記憶が底質に残されているようです。

4. おわりに

霞ヶ浦水環境の長期的変化を解析した研究例を紹介しました。ここでは紹介しませんでした。近年では水草帯の消滅、溶存有機物濃度の上昇、外来魚の増加、コイヘルペスウイルスによる養殖コイの斃死など

の現象もかなりの注目を集めています。

霞ヶ浦では1986年より五カ年の水質保全計画が策定されるようになり、現在、5期目に入っています。1986年以降、水質浄化に向けて下水道敷設などを含めると流域、湖内で1兆円近い資金が投資されています。また、昨年度から始まった森林湖沼環境税として、茨城県民は一人年間1,000円が課税されていて、その内約半分が湖沼環境保全のために使われています。このように、水質保全のために膨大なお金が使われていますが、今後、それぞれの施策の効果を評価するとともに、霞ヶ浦とっと身近に触れ合えるような環境作りが期待されています。

参考文献

- 関智弥、福島武彦、今井章雄、松重一夫：霞ヶ浦の濁度上昇と底泥巻き上げ現象、土木学会論文集、No. 811、149-161、2006。
- B. Matsushita, M. Xu and T. Fukushima: Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset. Landscape and Urban Planning, 78, 241-250, 2006.
- T. Fukushima, M. Takahashi, B. Matsushita and Y. Okanishi: Land use/cover change and its drivers: A case in the watershed of Lake Kasumigaura, Japan. Landscape and Ecological Engineering, 3, 21-31, 2007.
- T. Fukushima, B. Matsushita, T. Kokaki and Y. Okanishi: Land use/cover change and its influence on water runoff in the watershed of Lake Kasumigaura, Japan. Verh. Internat. Verein. Limnol., 30-4, 555-559, 2008.
- Y. Oyama, B. Matsushita, T. Fukushima, K. Matsushige and A. Imai: Application of spectral decomposition algorithm for mapping water quality in a turbid lake (Lake Kasumigaura, Japan) from Landsat/TM data. ISPRS J. Photogrammetry Remote Sensing, 64, 73-85, 2009.

持続環境学専攻博士課程の特色

生命環境科学研究科 教授 佐藤 俊

1. 設置の趣旨

21世紀は環境の時代とみなされ、前世紀の文明的病を癒し、持続可能な環境を構築することが人類史の流れとして求められています。その一つとして、地球環境問題と開発問題は、持続可能性という理念の下で解決すべき課題とされています。また、国際社会においても地球環境問題を解決するための地球ガバナンス(管理システム)の構築が模索されています。

しかし、その究極的な解決策として、当該地域住民の環境配慮と生き方との整合性を図らないかぎり、地域環境と地球環境の制御の安定を実現することはできません。そのために、人間環境に関する地球レベルと地域レベルにおける連環的相互作用の動態とそこにひそむ持続可能性のメカニズムを解明し、新たに持続環境学として持続可能な人間環境を体系化する学究型研究者が求められています。さらに、持続可能で良好な生活質をそなえた地域環境を実現し、究極的には地球環境の制御の安定を目指す実務型研究者も求められています。

このような人材を養成するために、持続環境学専攻が、2007年度に生命環境科学研究科の博士課程として新設されました。

2. 研究指導の兼担制による学際教育の実質化

本専攻が教育目標としている学際融合を実現するために、専任教員(22名)のほかに、大学院(システム情報工学研究科、人間総合科学研究科、数理物質科学研究科、人文社会科学研究科)の組織間での兼担連携ならびに国立環境研究所との連携大学院方式を積極的に活用しています。

兼担連携の兼担教員(18名)と連携大学院方式の兼任教員(5名)は、既存の教育組織や研究機関に所属しながら、持続環境学専攻で講義科目のみならず博士論文の研究指導も行なっています。

また、この連携によって、本専攻の教員が中心となり、他の研究科の教員と共同して様々な環境系プロジェクトを実施しやすくなっています。したがって、学生は教員とともにこれらのプロジェクトに参加して学際研究を深めることができます。

3. 実践実習による環境コミュニケーション網の充実

さらに、学内での教育だけでなく、実践実習も重視しているため、国の内外を問わず、環境系の大学機関、国際機関、行政、企業、市民団体(NGO、NPO等)、研究機関などとの交流をはかり、環境コミュニケーション網を充実させています。

2008年度には、インドネシアのボゴール農科大学環境研究センターや中国の雲南大学生命科学院と共同して、それぞれ約10日間の海外環境実習をおこない、本専攻からそれぞれ6名と7名の学生が参加して優れた英文報告書を作成しています。

4. カリキュラムの特色

(1) 文理融合知とフィールド科学の実践知の統合

持続環境学という実践的学問の作法を習得するために、3つの方針が設定されています。

第1に、自然科学の解析総合による説明知と人文社会学の超域的な主体知から構成される文理融合知を深めます。

第2に、現場を見据えて問題解決を図るフィールド科学の実践知を深めます。

第3に、これらの文理融合知と実践知をふまえた臨床方法(症状、診断、治療)によって、地域環境を創成、評価、保全し、その持続的かつ良好な環境質を実現し、究極的には地球環境の制御の安定を実現します。

(2) 個別研究の学際深化の拠点としての3領域制

持続環境学専攻では、高度な研究指導と幅が広くかつ深みのある学際深化の教育研究を中心的に行う拠点として持続循環環境学、持続環境共生学、人間環境持続創成学領域の3領域を設定しています。

これらの3領域は、それぞれ独自の特別演習とフォーラムを開設して教育研究の指導をおこなっています。

(3) 複数指導教員制とフォーラムによる学際深化

学生は、主指導教員と副指導教員(2人)による学際指導を受けるだけでなく、各領域が提供する持続環境学フォーラムを複数履修し、そこでの発表と討議をおし

て個別研究を深化させます。

また、環境学実践実習は、実務型研究者を指向する者が指導教員と相談して必要に応じて履修する指定科目として、現場の実務力や社交力を身につけるために用意されています。

(4) 英語力の強化

地球レベルや地域レベルの環境問題を解決するためには、国際連携が必要とされます。その一環として、ICEP(国際連携環境プログラム:International Collaborative Environmental Program)を実施して、全科目と博士論文を英語によって履修・修了できるようにしています。

(5) 博士論文審査委員会による課程教育の実質化

本専攻では、課程教育の実質化をはかるために、論文博士論文は受理せず、課程博士論文だけを受理します。博士論文審査委員会は、学生が複数指導教員のもとで作成した研究計画、中間評価論文、ならびに学位論文提出資格論文を、指導教員とは別に、独自に

公開審査します。こうして、個々の論文に関して、新たな知見、執筆表現力、発表討議力、課題探求力などの点で、高度化をはかります。

学生は、これらの審査に合格したあとに、博士論文を提出し、論文審査専門委員会(3人で構成)の公开发表と口述試験を経て、最後に論文審査委員会による審査に合格すると、博士(環境学)が授与されます。

博士論文として合格する基準は、持続環境学の分野において新たな知見を付け加えて、実践力のある研究者として自立できる能力を有する者と規定されています。

5. 過去3年間の教育実績

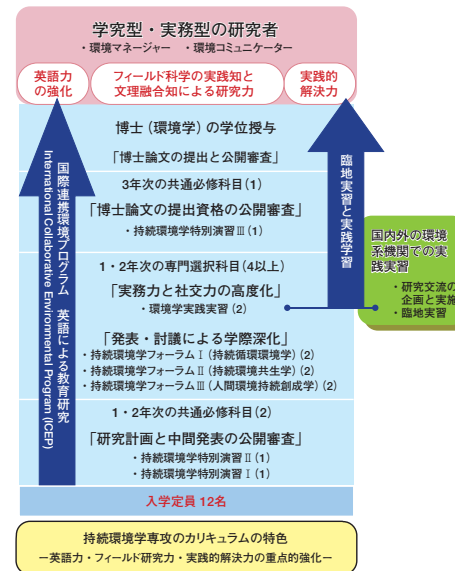
本専攻は、今年度で3年目になります。この間の入試実績(下表)をみると、定員12名に対する充足率は133~308%と高だけでなく、入学生のうち留学生が37~50%、また社会人が13~42%を占めていて、ニーズと多様性が飛びぬけて高くなっています。さらに、2008年度には2名の早期修了生を生み出しています。

このような優れた実績を今後も持続させることが、本専攻の責務となっています。

入試年度	定員 (人)	志願者 (人)	受験生 (人)	合格者 (人)	入学者 (人)	定員 充足率
H19年度	12	24	21	19	19(7)[8]	158%
H20年度	12	42	41	38	37(18)[8]	308%
H21年度	12	17	17	17	16(8)[2]	133%

() : 留学生内数、[] : 社会人内数

持続環境学専攻の入試統計



カリキュラムの特色

環境学専攻
研究・教育活動と
社会貢献
環境負荷低減の
取り組み

第1回日中大学院フォーラム Water for Life and the Environmentについて

生命環境科学研究科 馬場 将人

1. 筑波大学にて、日中大学院学生フォーラムが初開催される

2008年10月23～24日、筑波大学において第1回日中大学院学生フォーラム「Water for Life and the Environment」(以下、日中フォーラム)が開催されました。筑波大学と中国6大学・1研究所(北京師範大学、中国農業大学、中国地質大学、中国科学院研究生院、中国科学院地理科学・資源研究所、北京大学、清華大学)が参加する日中フォーラムは、生命環境科学研究科における初の国際交流事業となりました。当日参加も歓迎した第1回日中フォーラムの参加者総数は約180名にも(のぼり、大盛況のうちに閉幕しました。

2. 日中フォーラムの目的

日中フォーラムは日本・中国の大学院生に、アジア共通の環境問題に関する学術的な交流を直に行う機会を提供することを目的とする国際交流活動です。また同時に、学生の国際的なコミュニケーション能力や、企画・運営を通じたマネジメント能力の向上を目的とする学生教育活動でもあります。日本での開催となった今回は、筑波大学大学院生命環境科学研究科から学生委員が選出され、実質的な交流を目指した学生目線の企画・運営が試みられました。なお日中フォーラムでは、英語を公式言語として用いています。

3. 第1回日中フォーラムの様子

第1回日中フォーラムでは近年問題が深刻化している「水資源」がテーマとされ、基調講演に始まり、日中学生が率直に討議する分科会セッションや、より専門的なポスターセッションが行われました。広い分野に跨った議論が学術的になされるかは第1回日中フォーラムにおける課題のひとつでしたが、良質な発表と聴衆の高い意識に支えられ、高度な国際・学際的議論が数多く交わされました。最後には、各分科会の座長による報告と馬場将人学生実行委員長による総括「つくば宣言」を通して、日中両国にとっての水問題の現状と今後の課題が全体に共有されました。また、国際環境問題に対し議論を行う場としての日中フォーラムの重要性が再確認され、日中フォーラム継続が合意されました。第2回日中フォーラムは、中国地質大学(中国北京市)での開催が既に決定しています。

4. 今後の展望

現在、ほとんどの環境問題が国際問題としての側面を有すると言われています。まずアジアの環境問題を考える際に、隣国である中国との協力関係が重要であることは間違いありません。今後、第1回日中フォーラムの主催校であり、唯一の日本側参加校でもある筑波大学が日本を代表する大学として日中学術交流を牽引していくことが期待されます。同時に、日中フォーラム参加者間で培われる生身の信頼関係が、日中間の強い絆となることが切に願われます。



第1回日中大学院フォーラム Water for Life and the Environment 集合写真



分科会セッションの様子



ポスターセッションの様子

第5回国際会議 Interfaces Against Pollution開催に携わって

生命環境科学研究科 日下 靖之

1. はじめに

2008年6月1日から4日まで京都大学時計台記念館において世界22ヶ国から240名の参加者が集まり、第5回国際会議Interfaces Against Pollution(邦題:環境汚染におけるコロイド界面現象と界面科学の取り組み)を開催しました。本会議はIAP2008国内委員会が主催し、本学と東京理科大学の2大学と民間企業や学会など、計24団体からの共催・協賛を得て開催されたもので、本学の足立泰久准教授が副議長を務めました。また、本会議のポスターと要旨集カバーは本学芸術専門学群の山本美希さんによって制作されました。



参加者の集合写真

バイオフィルム形成、細孔構造を高度利用した環境触媒などが挙げられます。このような事実に基づき、本会議は、環境汚染対策や資源・エネルギー分野における技術的基盤としてのコロイド界面科学をキーワードに、環境対策への応用が可能な学術融合分野の創成を目指すことを目的に据えました。この目的を達成するためには、各学術分野が独立に研究発展し技術の蓄積が進み、がちな現状からブレークスルーする必要がある、従来の学問領域にとらわれない学術交流を行うことで相乗的に今後の環境技術の展望を拓いていくことが不可欠です。開催地として京都が選ばれたのも、本会議の融合の精神のもと多分野の研究者が議論を交わす場として、日本伝統文化と自然環境が調和した京都が最もふさわしいと考えたからです。

3. 運営にあたって

本会議のように独自の視点から新規性の高い会議を企画する場合、著名な研究者や若くても挑戦的課題の解決を目指す研究者に本会議の意義を知ってもらい、実際に参加してもらうことが何より大切です。インパクトのある講演を取り揃え、参加するなかで新しい研究構想が浮かんだり、いま取り組んでいる研究テーマに対するヒントが得られたりすれば、これは素晴らしい会議だということになります。そこで開催の1年半ほど前から計8回のプレセミナーを開き、本会議を周知するとともに本会議の主旨に賛同していただける方々に積極的に

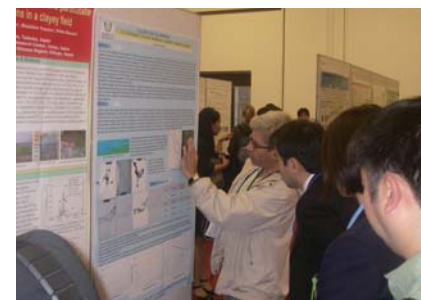
声かけしていきました。これら全てのセミナーで「環境」に主眼が置かれたわけではありませんが、微生物-界面相互作用や触媒、ソフトマター、界面動電現象などの専門性の高いテーマを議論していくうちに環境技術展開の方向性が明確になっていき、会議で打ち出されるべきビジョンがより鮮明になったように思います。また発足から5回目を迎えた本会議はヨーロッパ圏外で初めて開催されたもので、ヨーロッパなど海外からの参加者の減少も特に懸念されました。海外の研究者が本会議に魅力を感じるよう、各分野で国際的に活躍されている日本の研究者には積極的に参加をお願いし、またドメスティックボードや実行委員会に入ってくださいなどの形で助言をいただきました。

参加申し込みなど会議に関する告知は、ホームページを設置して発信しました。会議への参加に際しては国によって日本入国にビザが必要な場合もありますので、要求に応じて必要書類を用意する仕事も行いました。なかには会議への参加は建前で、実際は不法滞在が目的の申請もありますので注意が必要でした。関連団体に問い合わせても十分にプロフィール出来ない場合は参加を拒否する方針をとりました。

プログラムの編成にあたっては、前述した目的に沿うように、事前に投稿された発表要旨にとらめこし、各セッションにテーマを与えて講演の順序が最適になるように細心の注意を払いました。具体的には現地調査に基づく事例研究から、一見複雑な実現象を説明する要素メカニズムの解明を目的とした基礎的研究とそのモデリング、さらには環境制御を主目的に据えた環境技術への展開と会全体に大きな流れができるように意識しま



レセプションの様子

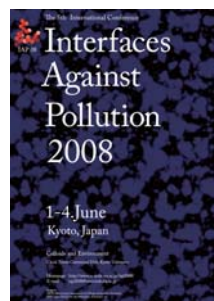


ポスターセッションの様子

した。特に歴史の浅い会議では、リピーターをいかに獲得できるかが会議の発展を左右しますので、これは非常に重要な仕事でした。会議では、環境アセスメントや修復技術から、燃料電池、微生物制御まで様々な研究対象がコロイド界面科学的視点から整理され、これらに共通する基礎メカニズムが理解されました。さらに今後探求されるべき課題や発展されるべき手法などが浮き彫りになり、示唆に富んだプログラムになったと考えています。

私個人としては、会期中は受付のマネジメント、バンケット会場の設営や参加者のリクエスト対応を担当しました。応対したことがきっかけで、数名の研究者と相互の研究についてディスカッションすることもありましたが、このような役得に頼らなくても会期中に参加者同士が十分に交流をはかれるようにアレンジしなければなりません。たとえば、ポスター発表は口頭発表に比べて聴衆が少なく議論が十分深められないなど、問題点が指摘されることも多いですが、本会議では多数の参加者が会場に訪れるようにポスター会場に軽食を用意しました。軽食を食べながら夜遅くまで熱心に意見を交わす光景が見受けられましたので、この試みは一定の成功を取れたと考えています。会期中の昼食会やエクスカッションにおいても人的交流が促されるように配慮しました。

本会議終了後は、関係する研究者が中心となってテーマを絞ったポストセミナーが本学をはじめ全国各地で計4件開催されました。各セミナーでは共同研究の可能性なども含めて活発に議論が展開されたようです。本会議で発表された研究のうち投稿のあった論文は査読のう



IAPポスター
(本学芸術専門学群 山本美希さんによる)

本会議の運営にあたっては実行委員会の方針として、早期からさまざまな学術活動に関わることで実務的能力や幅広い視野が身につけられるよう、関係する学生が積極的に会議の運営に参画できる体制がとられました。通常の学術研究では数あるテーマからひとつ選んでそれを深化するスタンスがとられますが、運営に参加することで、実社会における環境問題および最新環境技術動向に具体的かつ能動的に関与し、そのダイナミクスを学生が体験できるように意図されました。足立泰久研究室に所属する私も一員として運営に携わりましたので、ここでは、学生として運営に関わった経験を中心に報告します。

2. 会議の目的

会議の名前にあるように、環境汚染・環境技術を考えるにあたっては「Interface=界面」が非常に重要になります。界面がメインフィールドになっている問題は多岐にわたり数えきれないほどですが、例としては重金属や難溶性有機物質による土壌汚染とその修復技術、膜ろ過や凝集分離プロセスなどの水処理、微生物による

国際学術誌「Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects」の特集号に掲載される予定です。また本会議の目的と精神は継承され、今回は2010年に中国で開催されることが決定しています。

4. 会議の今後の展望

環境破壊への懸念が叫ばれてから長く環境汚染の影響評価とその修復技術が目下の課題となってきました。当時の時代の要請に応えるべく1997年にInterfaces Against Pollutionが発足して以来、成功裏に発展してきましたが、現在では持続可能な発展をスローガンに「対症療法」から「予防」へとシフトしつつあり、今後は、製造、消費から廃棄物処理までトータルとしての環境コストの削減と実際の対処策がますます重要になってくると考えられます。本会議では、これらの背景を踏まえ有望視される環境技術が多数紹介され、そして界面科学がこれらの主要な工学的基礎となることが認識されましたが、次期会議では、環境技術を支える学術ニーズ、そして未来の環境技術のシーズとしての界面科学が更に発展されることが期待されます。

5. 最後に

最後に、国際会議の運営に携わった個人的な感想を簡単に述べたいと思います。

学会に参加する側ではなく運営する側の立場に身を置き、実務面で勉強できたこともたくさんありましたが、最も印象的だったことは運営の中心となった先生方の会議にかける熱い思いでした。学問の深化に対する熱心さに心打たれ、今後の環境問題の解決を担う一員としての意識と責任を自覚するに至りました。会議初日に、カスピ海の深刻な環境汚染について参加者に関心を持ってもらいたいとカザフスタンの研究者から特別に口頭発表の場を設けてほしいと打診があったことも印象的です。公平の観点からは問題もありましたが、カザフスタンの社会経済状況を考えれば、大変な思いと使命をもって参加されていることは容易に想像がつかます。この出来事は、環境問題を克服しようとする一歩を踏み出す瞬間に立ち会えた貴重な経験となり、私自身も初心に立ち返って環境問題解決の一助になれるよう一層の努力と研鑽を積もうと決意を新たにしました。

このように、運営を通して得た経験から環境問題に対

するより知識を養うことができました。研究のみならず教育機関の任を負う大学においては、高度な専門知識を有する人材育成が要請されていますが、この観点からも、学生に環境関連の国際会議運営に積極的に参画させる本取り組みは、多彩な環境活動のひとつと捉えることができます。

食と緑の地域連携プログラムについて

生命環境科学研究科 教授 餅田 治之

1. 「食と緑のマイスター育成講座」と「食と緑のインターンシップ」

生物資源学類では、平成18年度および19年度の2年間、文部科学省現代的教育ニーズ取組支援プログラム(現代GP)として「食と緑のマイスター育成講座」と「食と緑のインターンシップ」を実施しました。この文科省助成事業の現代GPが終了してからも、生物資源学類では、名称を「現代GP」から「食と緑の地域連携プログラム」に改編し、20年度・21年度と、実質上継続してプロジェクトを実施しています。

「食と緑のマイスター育成講座」は、地域社会で自律的に行動する市民の育成を目的として、生物資源学類がつくば市と連携して実施する社会貢献プロジェクトです。つくば市を暮らしやすい「まち」にするためには、市民が積極的に参加する「まちづくり」が望まれます。こうした「まちづくり」に必要なのは、生活・産業・環境等の分野で正しい知識と専門的な技術を身につけ、それらを主体的に地域社会に活かせる人材の育成です。生物資源学類ではこうした市民を育成することを目的に、つくば市やNPOなどの市民団体とも協力して、市民向けの食および環境分野の講座を開設しました。これが「食と緑のマイスター育成講座」です。受講生(市民)はほぼ1年間にわたって、① 講義、② 実習、③ 課題別学習を受講・学習することで、食や環境に関する専門的知識や技能を習得し、市民活動におけるリーダー的能力を身につけることを目的としています。対象はつくば市民とつく

ば市に勤務されている方を中心に、つくば市外の方にも受講していただいています。受講料は無料です。

一方「食と緑のインターンシップ」は学生を対象としたプログラムです。学生は市民が受講するマイスター育成講座の企画・実行に運営スタッフとして参加し、マイスター育成講座を受講する市民に対してチューターとしての役割を担います。具体的にいうと、学生は担当する市民が「課題別学習」を円滑に進められるように、文献情報の検索や整理に関して指導するほか、受講する市民が行う調査・研究など様々な学習活動を支援します。そうした市民の学習活動を支援するという形で社会人と直接にふれあうことによって、学生の社会性を培ったり、視野を広げたりする効果を期待しています。

2. 4つのコース

現在「食と緑のマイスター育成講座」には、① 雑穀、② フューチャー・ダイニング、③ 森のはたらくと木づかい、④ 自然観察指導の基本と自然環境の保全、の4つのコースが設けられています。

雑穀コースは、初等教育や社会教育における食育に雑穀を活用することを想定して、雑穀を栽培して食べるまでの過程を学習し、食育の展開方向を模索しながら、雑穀を用いた食育を実践できる人を育成することを目的としています。

フューチャーダイニングコースは、食の安全・安心を主要な課題としたコースです。ここでは、「食」に関する



食と緑のマイスター育成講座開講式



小学校での雑穀を利用した育成講座(雑穀コース)

素材・流通・加工を体験・実習しながら、食の安全性や衛生管理についての科学的理解を深めるとともに、近年急速な発展を遂げるIT情報システムを活用した食のリスク分析能力を涵養し、安全で安心な未来型食生活を築ける人を育成します。

森のはたらくと木づかいコースは、森林が持つ自然としての機能、社会的な意義などについて、林業や環境といった様々な観点から森林を捉えることができる人材と同時に、特に「木」を取り上げ、日本における木材利用の歴史や、木材の持つ優れた性質、最先端の木材加工技術について学び、木材の性質を最大限に活かし、木製品を無駄なく、幅広く、永く使うための「木づかい」の素養を身につけた人を育成します。

自然観察コースでは、自然観察の基本を習得します。本コースではすでに自分の自然観察フィールドを持っている人を対象とし、日頃から自然観察を実践している現場での実習から、自然観察の指導者を育成します。

平成21年度はこの4つのコースを開設しますが、2年前の現代GPのプログラムとして行っていたときは、これら4つのコースに加えて、つくば市にチーズ作りを普及することを目的としたチーズ作りコース、公園やその他の緑を維持管理するボランティアを育成するためのガーデニングコースがありました。

3. これまでの活動の成果

このコースを受講した市民の数は、平成18年が6コースを開設し受講生数40名、19年も同数、20年は3コースしか開設しなかったのですが16名、21年4コース21名で



自然観察コースの実習風景

した。このプログラムは、食と環境の分野に関する町づくりを推進する市民ボランティアを育成することが目的なので、受講生はコース修了後、それぞれ地域で食と環境に関係する何らかの住民活動を進めてくれることを私たちは期待しています。現在修了生のうち46名がOB会である「つくば食と緑のマイスタークラブ」に参加されており、個人としてあるいはOB会として様々な活動を行っています。たとえば平成20年度のOB会がどんなことを行ったか、活動報告書から見てみます。

(1) 雑穀コースのOB会

平成20年11月、筑波大学井川演習林をベースに、「焼き畑・雑穀のふるさと、井川の雑穀文化を学ぶ」という合宿研究会を開催しました(写真参照)。また雑穀コースの1期生は、平成20年度のOB会の活動報告書に、「雑穀1期生としては、自給率アップを念頭に「雑穀栽培を市民農園で」という夢があります。しかし雑穀栽培の収穫以降の脱穀・精白など簡単手軽な処理方法が未だ解決できません。そこで21年度は自給率アップの方に焦点をあわせ、栽培のやさしいジャガイモの新しい食感を試し披露することに専念しました」と書いており、コース終了後も雑穀作りに工夫を凝らしている様子が伺えます。



静岡市井川の雑穀文化を学ぶ(雑穀コース)

(2) 森林コースOB会・自然観察コースOB会

高崎自然の森での里山林業講座(下草刈り・枝打ち実習など)、学園都市地区の公園内の植栽樹木調査(2回実施)、紅葉ウォークinつくば、つくばの宝篋山(ほうきょうさん)の古道の復元および森林の手入れなどの活動を行いました。



宝篋山での森林の手入れボランティア(森林コース)



宝篋山の古道の復元(森林コース)



課題別学習の成果発表会

(3) ガーデニングコースOB会

① 筑波大学農林技術センターボランティア活動(毎週月曜日)、② 「園芸を愉しむ会」延べ活動回数25回(つくば市高野台公園の整備・清掃・花壇等管理全般つくば市の高齢による耕作放棄地を利用した野菜作り)、③ 「わくわく園芸同好会」延べ活動回数27回(那珂市の耕作放棄地を利用した野菜作りと施設への野菜提供)、④ 松見公園「いやしの庭」での活動(園芸セラピー勉強会としてセンサリーガーデン再施工)、⑤ 子供達とのキッズガーデン作りと植物園見学、等の活動をしています。

(4) チーズコースOB会

つくば市内の公民館を利用して、チーズコースのOBが講師となって一般の市民に対してチーズ作り講習会(モッツアレラチーズ)を開催した。その他OB会メンバー自身も何度か勉強会を開催し、チーズ作りの技術の向上につとめました。

以上のように、市民受講生のなかにはもともと地域におけるボランティア活動をしていた人もいますが、「食と緑のマイスター育成講座」を受講したことがきっかけとなって地域の活動に入っていった人も少なくありません。また、受講生がOB会を作ることによって、組織的に地域活動が行われるようになってきたという側面も無視できません。こうした動きはこのプログラムの目的に沿った動きであり、このプログラムに関わっている教員としては頼もしく感じています。そして、今後はプログラムの修了生が新たな受講生を指導したり、OB会が地域活動により積極的に関わるようになっていったらいいと考えています。

また、学生の受講生の方は、平成18年34名、19年32名、20年10名、21年18名でした。受講した学生の反応はおおむね好意的で、プログラムに対してはプラス評価をしている人がほとんどでした。とりわけ大学での授業や筑波での生活では、話をしたり一緒に考えたりする機会のない市民と接点を持つことができたことは、受講した学生に多くの印象を残し、彼らにとって有益な経験であったと感じているようです。

教職員・学生の環境意識の向上に向けて

生命環境科学研究科 教授 井上 勲

本学では、つくば市など地域社会との連携協力を進める「つくば・地域連携推進室」の下に「つくばエコシティ推進グループ」を置き、環境都市構築のための諸課題や学内の環境改善に取り組んでいます。

同グループでは、その活動の一環として、省エネなど環境負荷低減に関する取組や提案を教職員・学生から広く募集し、優れたアイデアに対して表彰を行う「つくばエコシティ推進グループ賞」を創設しました。募集初年度となる平成20年度には、学群学生・大学院学生・教職員から多様な応募が寄せられ、最優秀賞1件、優秀賞1件、奨励賞2件、グリーン賞8件が選出されました。受賞者には間伐材を利用した特製の「桶賞状」が送られ、さらに最優秀賞、優秀賞及び奨励賞受賞者には、副賞として平成21年度の活動費が支援されることとなりました。受賞取組の概要は次のとおりです。

○最優秀賞

【3Eカフェ：環境・経済・エネルギーに関する交流の場の企画提案等】

学生を中心としたメンバーで、環境というテーマへの理解を深め、語り合うカフェイベントの開催を軸として活動。情報を一方的に得るのではなく、交流の場を作ることで情報交換を促す。その他にも、環境課題に対する解決策の提言、独自のエコシティつくばのビジョン作成、Webページやメールマガジンを用いた情報発信などの取組を展開。

○優秀賞

【ペットボトルキャップ回収活動】

自主的な活動グループ「CAPCAP298（キャップキャップツクバ）」として大学内外で「ペットボトルキャップ回収活動」を実施。ペットボトルキャップ回収は、キャップを有用資源として売却しその利益で途上国支援を行うものとして知られているが、単にキャップを集めるだけでなく、環境配慮・意識と行動の啓発など多面的な効果を追求しつつ活動を展開。

○奨励賞(2件)

【3R+1EcoCycle08-09】

学生有志により、学内を中心に利用可能な家電や収納用具を回収し、新生活を始める新入生に提供することで、筑波大学に循環型社会を構築するための第一歩を目指す活動。「3R+1」は、Reduce(消費の減少)、Reuse(再

利用)、Recycle(再循環)、そしてRespect(ものを尊重する心)の4つの考えを表す。

【つくばアパートマップ及び居住地選択動機付け冊子配付によるCO₂削減】

学生にバス停近くへの居住を促し、環境によりよい交通行動を実践してもらうために、つくばアパートマップと動機付け冊子を配付。つくばアパートマップは、通常の住宅情報誌にバスの便利なアパートにマークを付したものであり、動機付け冊子は、居住地選択時にバス停までの距離を考慮する必要性等を掲載した冊子。

○グリーン賞(8件)

【1人1鉢運動】：植物を活用したCO₂削減を目指し、1人1鉢の植物を机の上に置くことを提案

【研究室内ゴミ分別による意識改善】：各種資源を回収する学内リサイクルステーションの設置を提案

【「カーシェアリング」実証実験】：学内カーシェアリングシステムの実現可能性とCO₂削減効果等を把握するための実証実験を提案

【インセンティブ付与による省エネと二酸化炭素排出量削減効果】：省エネによって効率化された経費分を還元するインセンティブの仕組みを提案

【伐採木を利用したベンチ整備】：学内の林産資源をベンチ等学内設備の整備に有効活用することを提案

【「リターナブルエコバック」システム】：エコバックのレンタル等によるレジ袋削減システムを提案

【「レジピンボン」によるCO₂削減の視覚化】：CO₂削減効果を視覚化しレジ袋不要の意思表示を明確にできる「ピンボン」の開発

【エコサイズ「カンフー摩擦」の普及】：乾布摩擦を楽しむ習慣的に行えるようエクササイズ化

3月23日に行われた表彰式では、最優秀賞・優秀賞・奨励賞の取組が発表され、受賞者同士や参加者との意見交換も活発に行われました。つくば・エコシティ推進グループでは、平成21年度も同賞の募集を行うほか、学内環境リーダーの育成、地域における環境教育の支援、エコドライブの普及促進、駐車場緑化など、多様な環境活動を展開していく予定です。

3Eカフェプロジェクトチームの活動

生命環境科学研究科 熊谷 現

1. はじめに

2009年6月、麻生首相によって日本の温室効果ガス排出量の中期目標が発表されました。それによると、日本は2020年までにCO₂排出量を15%削減する(05年比)方針です。

一方つくば市は、2007年末に「2030年までにCO₂排出量を50%削減する」という目標を発表しています。これは、筑波大学の井上勲教授が中心となって設立した会議「つくば3E(環境・経済・エネルギー)フォーラム」の働きかけによって、市が決定したものです。

しかしよく考えてみると、これは一筋縄ではいかない目標です。今から約20年かけて排出量を半減させるためには、基準年のCO₂排出量の2.5%分を毎年削減していかななくてはなりません。ちなみに2005年を基準とした場合、もし今すぐ全日本人が1人1日1kg CO₂排出量を削減できれば、日本全体で約3.4%^(注)の削減になります。日本とつくばを完全に同一視することはできませんが、直感的には、それと同等近い効果がある施策をほぼ毎年、20年間新しく実行し続ける必要があるわけです。

筑波大学は、本気になって市に働きかけをして、このような挑戦的な目標に向かって進み始めました。その熱意を間近で感じた学生が、「自分たちもその機運を盛り上げよう」と考えて発足したのが、私たち「3Eカフェプロ

ジェクトチーム」です。メンバーは学生が中心ですが、社会人の方にもご協力いただきながら活動をしています。

2. 3Eカフェプロジェクトチームの活動

つくばが「エコシティ」となるのを促進するために、私たちは主に2つの活動を行っています。

(1) 3Eカフェの開催

① 概要

「各主体間の連携・行動を促進するために、人の交流・情報交換の機会をつくる」ことを目的として、3Eカフェという研究者・学生・市民の相互交流イベントを実施しています。2009年6月現在まで、3Eカフェは計6回開催し、延べ参加者数は400名を超えています。(下表参照)

② 特徴

研究学園都市であるつくばには、筑波大学をはじめ、多くの「知」が集結しています。また、活動的な市民や学生もたくさんいます。行政も本気になっています。ただ、それぞれの主体が個別に努力するだけでは十分ではありません。その上に、各主体がお互いの情報を共有し連携を深めていくことで、より効果的に対策が進むのではないかと私たちは考えています。3Eカフェで

開催時期	概要	参加者数
第1回3Eカフェ 2008年2月	テーマ：低炭素社会に向けた挑戦 ゲスト：藤野純一氏(国立環境研究所 主任研究員)	130名
第2回3Eカフェ 2008年6月	テーマ：つくば3E宣言2008を評価する ゲスト：なし(第2回つくば3Eフォーラムの最後のプログラムとして実施)	90名
第3回3Eカフェ 2008年11月	テーマ：市民、学生、先生の考える「環境問題」って？ ゲスト：増田美砂氏(筑波大学 生命環境科学研究科 教授) 内海真生氏(筑波大学 生命環境科学研究科 講師) ※当時 宮澤伸一氏(NPO法人 エコ・ストリームつくば代表)	35名
第4回3Eカフェ 2008年12月	テーマ：「環境」って、ビジネスチャンス！ ゲスト：川廷昌弘氏(博報堂DYメディアパートナーズ 環境コミュニケーションマネージャー) 杉浦正吾氏(筑波大学 社会人大学院生、環境CSRコミュニケーションプロデューサー)	75名
第5回3Eカフェ 2009年4月	テーマ：未来志向&ポジティブになれる「環境」の話をしよう ゲスト：藤野純一氏(国立環境研究所 主任研究員)	30名
第6回3Eカフェ 2009年6月	テーマ：環境教育—自然と人間が共生する環境へ— ゲスト：阿部治氏(立教大学 教授、ESD研究センター長)	49名

過去に開催した3Eカフェ一覧



講演の様子(第4回3Eカフェ)

は、そのような人的・知的な「横のつながり」の構築を目的としています。

毎回の3Eカフェではまず、ある分野でプロフェッショナルとして活躍されている方から、話題提供として講演をしていただいています。その後、質疑応答や参加者同士のテーブルトークを実施します。交流の際にはお菓子やコーヒーを用意し、気軽に会話を楽しめる雰囲気づくりに心を砕いています。(写真上)

同じ講演を聞いた参加者同士でも、それぞれ感じることは千差万別です。また、環境問題に対して信念を持っている方や、実際に活動をされている方も多く参加されています。そのような方たちと膝をつきあわせて直接意見交換をすることで、通常の講演会以上の成果が期待されます。

③ 評価

ゲストの方の講演はもちろんですが、その後の交流企画の評価も高いのが、私たちのイベントの特徴です。中でも第3回3Eカフェでは交流会が盛り上がり、そこからイバライガーRというローカルヒーロー誕生のきっかけが作られました。第3回3Eカフェは、人々の環境意識の裾野を広げる必要性についての話題が多く出た集会でした。その中で出てきた「子供たちの意識を環境へ向けるには、環境意識を広めるヒーローのような存在がいると良いのでは」とのアイデアを、参加していた筑波大学OBのスタントマンが聞きつけたのです。その後彼らは茨城のご当地ヒーロー「イバライガー」の復活に乗り出し、環境を守る「イバライガーR」が誕生しました。イバライガーRは県内の様々なイベントで活躍しており、新聞・テレビなどにも紹介されています(コラム参照)。



交流会の様子(第3回3Eカフェ)

(2) 各種提言活動

学生の立場から、可能な限り提言活動を行っています。今年度は、2030年のつくばの理想像を描いたポスター発表と、筑波大学における環境を扱った授業案の作成を実施しました。

ポスターは、第1回3Eカフェにて参加者から集めた意見を基に、メンバーで議論を重ねて作成しました。そのポスターは2008年5月に行われた第2回つくば3Eフォーラムにて発表し、ポスター賞を頂くことができました。また、筑波大学の学園祭や学外のイベントでも発表を行いました。(写真下)

大学の授業案の策定は大学教員の方と連携して行ない、先日草案を提出しました。現在は、大学側での検討が進んでいるところです。



つくばの理想像ポスター発表の様子

3. 今後に向けて

私たちの活動は、何より継続して行くことが重要だと考えています。まだ活動を始めて2年に満たない団体ですが、今後も定期的にイベントを開催していく予定です。また、今までは学内を中心にイベントを開催していましたが、今後は学外にも積極的に出て行きたいと考えています。

(注)

2005年の日本の温室効果ガス排出量：CO₂換算で約13億6000万t
(日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2009年4月版より)

2008年12月の日本の総人口：約1億2800万人(総務省 人口推計月報より)

よって、1人1日1 kg削減により、年間約4700万 tのCO₂が減ることになるので、対2005年比で約3.4%削減となります。

コラム

茨城の環境を守るイバライガーRの誕生

茨城のローカルヒーロー「時空戦士イバライガー」を制作してきた委員会が2008年11月に解散した後、イバライガーの復活を望む声が多く上がりました。3Eカフェの交流会の中から、環境意識を広めるヒーローのような存在が必要だという意見が上がり、筑波大学OBなどを含む地域の若者が中心となってイバライガーの新運営団体「イバラキ・ヒーロー・プロジェクト」を設立し、イバライガーRとして新たな活動を始めました。茨城の子供たちに夢と希望を与え、地域と連携し、環境問題などの啓蒙活動を行うことを目的としています。イバライガーRは人の心と環境が破壊された未来から、時空を超えて現代にやってきた時空戦士です。人の心と環境の破壊か

ら茨城県を守り、未来を変えるために戦います。興味のある人はホームページ (<http://ibaliger.com/>) をご覧ください。



エコアクションの活動報告

教育学類 長谷川 遼

環境サークルエコレンジャー(以下エコレンジャー)は、環境問題に関してアクションを起こしたい学生が集まって様々な活動を行っている団体です。自分たちの問題意識に従って、その問題の改善に向けて自分たちができることを実行しています。発足から10年以上がたち、学内外での知名度も徐々に浸透してきました。

昨年度の活動を「地域に密着」というテーマで紹介したいと思います。

1. まつりつくば

毎年8月下旬に開催される「まつりつくば」はつくば市最大のイベントであり、2日間で40万人もの来場者が訪れると言われてます。大きなイベントになるほどごみの問題は深刻であり、「まつりつくば」においても毎年10トンものごみが排出されます。エコレンジャーは来場者から出るごみを、会場内に設置した6か所の分別ステーションでナビゲーションすることによって7分別に分類し、イベントのクリーン化を目指しています。ナビゲーションといってもその場限りでの分別指導ではなく、来場者一人一人が自分たちの場所、家庭、職場、学校などに戻ってからも自発的に分別してくれることを目標に、ナビゲーションを行っています。重要なことは、エコレンジャーが代わりに分別するのではなく、分別するのはあくまでも来場者の方だということです。ごみを分



来場者のごみの分別をナビゲートするエコレンジャー

別することによって再資源化を目指すのはもちろん、来場者の分別への意識付けも達成すべき目標です。最近では、エコレンジャーから声をかけなくても積極的に分別に取り組んでくれる来場者が増えており、確実に思いは浸透していると感じています。反面、出店者由来のごみが問題となっており、エコレンジャーが夜遅くまで分別作業をするという年が続いています。これは早急に解決されなくてはならない問題であると感じています。

また、「まつりつくば」は私たちの想いを伝える絶好の機会であると捉えています。昨年度はスタンプラリーという形で、ごみの処理経路、リサイクル過程を来場者に学んでもらいました。家族連れを巻き込んで参加型のイベントを行うことによって、楽しみながら環境問題について学んでもらうことができたと感じます。このようなことができるのもイベントの主催者との信頼関係が築けているかであり、これからも続けていきたいです。

2. つくば科学フェスティバル

2008年11月に開催されたつくば市内の学校や研究機関等による展示・発表で、青少年達に科学技術に対する夢や希望、必要性などの関心を与える科学イベントです。エコレンジャーは「廃油キャンドルを作ろう」という企画で参加させていただきました。筑波大学の学生食堂から出た廃油を貰い、市販の揚げ物油用の凝固剤で固



廃油キャンドルの作り方を教えるエコレンジャー

めてキャンドルを参加者と一緒に作りました。クレヨンで着色もでき、世界に一つだけのオリジナルキャンドルが出来上がりました。家族で身近なところからエコに触れることができたと思います。

3. 幼稚園での環境教育

エコレンジャーと聞くと何か思い浮かべることはありませんか? そう、レンジャーものです。2009年1月、つくば市内の幼稚園で、エコレンジャー史上初(?)のレンジャーショーによる環境教育を行いました。環境問題という、どこか小難しく専門的な知識が必要なものが、幼稚園生でも楽しめるように、ユーモアでコミカルな内容に仕上げました。普段あまり接する機会のない子供たち相手に、できるだけ分かりやすい表現を用いるなどして、子どもたちのことを第一に考えた内容にしました。環境問題は大人だけの問題ではなく、子どもにも密接に関係したものであると伝えることができました。

その他にも、学生宿舎でのごみ拾い、畑での農作業、学園祭での環境に配慮した料理を扱った店の出店、など様々な活動を展開しています。今回は一部の紹介で終わってしまいましたが、これからも学生らしくパワー溢れる活動を展開していきたいと思っています。よろしくお祈りします。



エコレンジャーショーにて

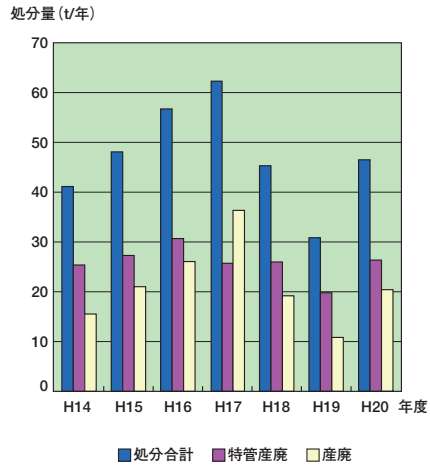
環境負荷低減の取り組み

化学物質等排出量

1. 実験系廃棄物の処分状況

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などの実験廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づき排出事業者の責任で適正に処理されなければならない。また、水質汚濁防止法、下水道法、大気汚染防止法、毒物及び劇物取締法、消防法、労働安全衛生法、地方自治体条例などの種々の化学物質関連法の規定を遵守するためにも、適正に取り扱われて廃棄されねばならない。筑波キャンパスにおける、実験廃棄物の平成20年度の処分状況（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最近の処分状況の変化ぶりと比較できるように図に示しました。

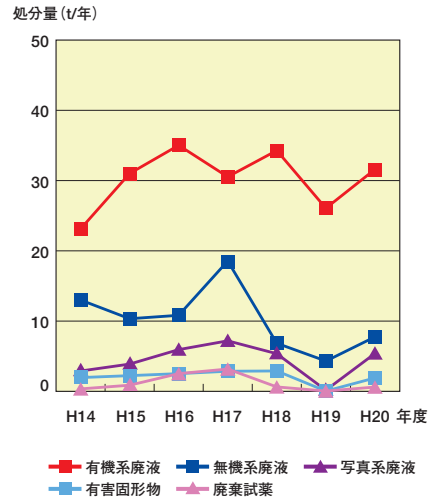
実験系廃棄物年間処分状況



2. 実験廃棄物の分別回収・処分状況

平成20年度の実験廃棄物の種類別の処分状況を最近の状況と比較しながら下図に示しました。

実験廃棄物の種類別年変動



実験廃棄物の適正な処分は、各種別ごとの回収日の光景を写真に示したように、実験室等において適正な分別貯留を行ってから回収日に集積場所に搬入する教職員・大学院生・学類学生による一連の積極的な環境安全活動により始まり、学内設置の無機系廃液処理施設、外部の特別管理産業廃棄物処分業者による焼却等の無害化処理が行われています。



廃液回収日の搬入作業



水銀系固形廃棄物の回収

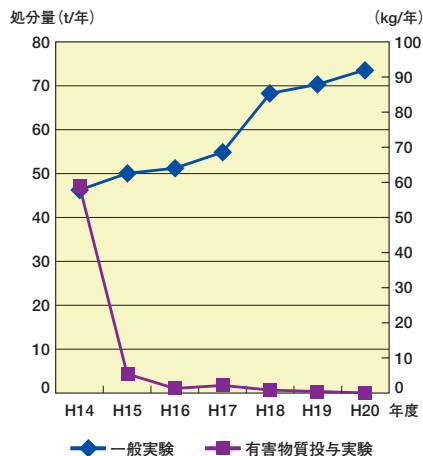


注射針等（疑似感染性廃棄物）の回収

3. 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。平成20年度の処分状況を最近の状況と比較して図に示した。有害物質投与廃棄物の処分実績はなかった。

動物実験系廃棄物処分の状況



4. 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20年度には筑波キャンパスほか9団地にPCB廃棄物及び微量PCB含有トランス類が保管されています。これらの状況を表に示しました。また、電気室等での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おり、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。



微量PCB含有廃棄トランスの保管

■平成20年度のPCB廃棄物等の保管状況

保管場所	PCB廃棄物の種類	保管量	保管届出先
筑波キャンパス	PCBを含む油(微量)	18 kg	茨城県知事
	廃棄トランス(微量)	49台	
	蛍光灯安定器	123個(434 kg)	
	使用中トランス(微量)	57台	
附属桐ヶ丘特別支援学校 附属小学校 附属中学校 附属大塚特別支援学校 附属視覚特別支援学校 附属聴覚特別支援学校 附属坂戸高等学校 下田臨海実験センター 山中共同研習所	蛍光灯安定器	224個(897 kg)	東京都知事
	蛍光灯安定器	213個(958 kg)	
	蛍光灯安定器	166個(582 kg)	
	蛍光灯安定器	38個(154 kg)	
	蛍光灯安定器	69個(255 kg)	
	蛍光灯安定器	856個(3424 kg)	
	蛍光灯安定器	803個(3614 kg)	
	蛍光灯安定器	89個(349 kg)	
	高圧コンデンサ	1台(15 kg)	

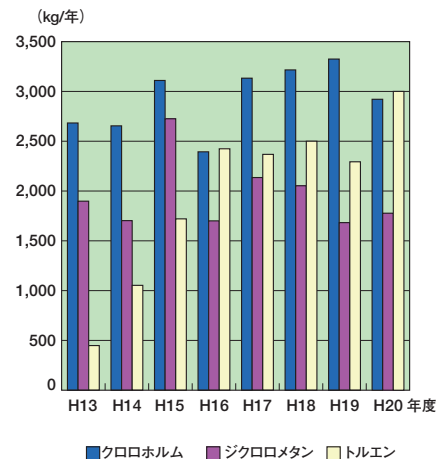
5. 化学物質の適正管理

PRTR法及び茨城県条例への対応

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)及び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)に基づき、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)であって、平成20年度の年間取扱量が100 kg以上のものについて排出量・移動量を把握しました。平成20年度において年間取扱量が100 kg以上となった化学物質は平成19年度の13物質から11物質に減りました。これら11物質のうち、PRTR法の届出指定化学物質となったものは前年度と同様にクロロホルム、ジクロロメタン、トルエンの3物質でした。これらの年間取扱量は、トルエンが約30%増加し、他は前年度とほぼ同じでした。大気への排出量は、次ページの表のように、クロロホルム、ジクロロメタンが前年度に比べて増加しました。大学所在地におけるPRTR物質の大気濃度が政府のPRTR法に基づく集計結果として独立行政法人製品評価技術基盤機構のホームページに公表されており、教育研究に多用されるクロロホルム、ジクロロメタンについては、大気濃度公表値(前者： 2.82×10^{-2} 後者： $2.34 \times 10^{-1} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$)に本学が大きく寄与していると推定される。これらの濃度は極めて低いリスクレベルであるが、今後ともに大学の社会的

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19年度			平成20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	226	145	186	404	173	121
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	0.8	0	0	0.6	0	0
廃棄物への移動量	3,105	1,538	2,113	2,493	1,304	2,899

■平成20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100 kg以上)

(単位：kg)

茨城県指定化学物質	アセト ニトリル	ベンゼン	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	6.8	34.3	325	6.7	108	203	208
公共用水域への排出量	0	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	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	0
下水道への移動量	0	0	0	0	0	0	0	0
廃棄物への移動量	386	185	150	5,076	156	1,278	2,224	3,804

6. 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)

実験系洗浄排水は、先に示しましたように、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。一回の再利用であります、これにより上水料金と下水料金の合計した金額の水経費の節約となります。

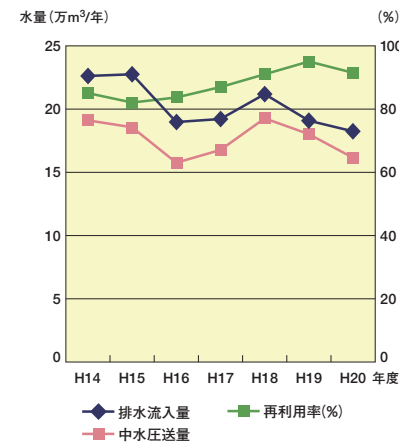
下図に実験系洗浄排水の再利用の状況を示しました。平成20年度の再利用率は91.3%、再利用水量は約17万トンでした。

実験系洗浄排水の水質

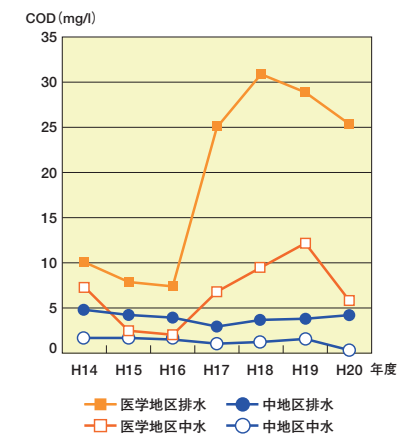
平成20年度の実験系洗浄排水の水質測定の結果、水質異常が検出されたのはジクロロメタン(健康項目)、クロロホルム(要監視項目)の2件のみで、これを処理した処理水(中水)の水質は基準をクリアできました。今後も水質異常が発生しないように継続的な水質監視を行います。

洗浄排水とその処理水の汚濁の指標となる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20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。医学地区における洗浄排水のCODは前年に比べて下がり水質改善の傾向が認められた。中水中CODも昨年12 mg/lから6.4 mg/lになり水質改善の傾向が求められた。しかし、短時間に高COD排水の流入があったりし、雑用水として再利用はできませんでした。

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



7. 規制の遵守状況

排水の水質測定状況

つくば市下水道条例に基づき、特定事業場である本学の実験室流し等から排出する排水(実験系希釈洗浄系排水)については水質測定の義務があります。排水の水質測定項目ごとの下水道放流基準値を右表に示します。とりわけ、健康項目については上乗せ規制により水質環境基準値の厳しい水質規制が実施されています。

法令遵守の観点から水質測定は排水と排水の処理水にあたる中水の両方で実施しています。また、各建物ごとに設置しているモニター槽においても特定の項目について水質監視を実施しています。また、年間取扱量の多いPRTR法の届出物質についても同時に排水分析を行って指定化学物質排出量の集計に活用しています。



原子吸光光度計



ヘッドスペース/ガスクロマトグラフ質量分析計

■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
浮遊物質量	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
トリクロロエチレン	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	2 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20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	>50~28 cm	>50 cm	>50~19 cm	>50~21 cm
温度	24.5~12.8℃	24.3~13.2℃	24.5~12.2℃	21.0~11.3℃
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素	4.4~0.4	2.2~0.9	2.9~0.3	2.9~0.2
水素イオン濃度 (pH)	7.2~6.9	7.2~6.8	7.4~6.5	7.2~6.7
生物化学的酸素要求量 (BOD)	2.8~1.7	2.3~不検出	58~3.7	280~不検出
化学的酸素要求量 (COD)	6.8~2.3	1.4~0.7	732~7.7	30~2.1
浮遊物質量	10~不検出	不検出	11~6	6.8~不検出
ヘキサン抽出物質含有量	不検出	不検出	1~不検出	2.3~不検出
ヨウ素消費量	不検出	0.13~不検出	8~不検出	0.031~不検出
カドミウム及びその化合物	不検出	不検出	0.003~不検出	0.001~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	1.2~不検出	不検出
鉛及び化合物	0.01~不検出	不検出	不検出	0.01~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	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	0.001~不検出	不検出	0.054*~不検出	0.010~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	0.001~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	不検出	0.002~不検出	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	不検出	不検出	不検出	不検出
フッ素及びその化合物	0.5~0.2	0.15~不検出	0.4~0.2	0.15~不検出
フェノール類	不検出	0.19~不検出	0.047~不検出	0.031~不検出
銅及びその化合物	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	0.6~不検出	0.1~不検出
鉄及びその化合物(全鉄)	0.7~0.4	不検出	1.1~0.2	1.3~0.1
マンガン及びその化合物	0.2~0.1	不検出	0.1~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	0.025~0.001	0.011~0.002	0.047~不検出	0.036~不検出
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	0.001~不検出	不検出	0.050~不検出	0.001~不検出
m-キシレン、p-キシレン	0.003~不検出	不検出	0.010~不検出	0.001~不検出
o-キシレン	0.008~不検出	不検出	0.016~不検出	0.002~不検出

(*)処理水は0.01 mg/l以下であることを確認した。

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2UP印刷等を奨励し、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います。

本学の取り組みとしては、平成17年度からペットボトル、平成18年度からは缶、ビンの分別回収をはじめました。平成20年度からは温室効果ガス削減対策の一環として、機密書類等の焼却処理を止め製紙工場での溶解処理を導入しています。

2. 廃棄物総排出量と処理経費

平成18年度からの3年間の一般廃棄物に関する排出量と処分に要した経費は右表のとおりです。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できませんが、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

(単位: kg)

種 類	処 分 量			対前年度増△減 (H20 - H19)	
	平成18年度	平成19年度	平成20年度		
可燃物	大学構内	2,254,890	2,016,130	1,879,250	△136,880
	学生宿舎	466,600	534,440	※ -	△534,440
	病院地区	747,820	770,110	741,870	△28,240
	附属学校教育局	23,826	24,019	22,944	△1,075
	計	3,493,136	3,344,699	2,644,064	△700,635
不燃物	大学構内	182,000	48,920	47,160	△1,760
	学生宿舎	55,430	13,610	※ -	△13,610
	病院地区	38,460	可燃物に含む	12,380	12,380
	計	275,890	62,530	59,540	△2,990
粗大ゴミ	大学構内	15,880	32,660	39,660	7,000
	病院地区	500	0	1,180	1,180
	附属学校教育局	0	0	2,000	2,000
計	16,380	32,660	42,840	10,180	
ペットボトル	大学構内	9,150	27,860	20,930	△6,930
	病院地区	0	8,870	18,810	9,940
	計	9,150	36,730	39,740	3,010
缶	大学構内	10,410	32,050	23,300	△8,750
	病院地区	0	10,920	23,010	12,090
	計	10,410	42,970	46,310	3,340
ビン	大学構内	5,030	19,740	7,430	△12,310
	病院地区	0	3,500	6,690	3,190
	計	5,030	23,240	14,120	△9,120
処分量合計		3,809,996	3,542,829	2,846,614	△696,215
処分費用(千円)		84,305	77,580	23,391	△54,189

※平成20年度の学生宿舎の可燃物及び不燃物は、家庭系ごみとしての取扱いになりましたので本学の一般廃棄物の対象外となりました。

■表2 年度別産業廃棄物処分量及び経費

(単位: kg)

種 類	処 分 量			対前年度増△減 (H20-H19)
	平成18年度	平成19年度	平成20年度	
廃プラスチック・金属類	267,495	207,594	211,995	4,401
木くず	12,620	14,440	3,390	△11,050
廃タイヤ	0	660	0	△660
コンクリートくず	2,820	0	0	0
岩石	4,000	0	0	0
廃自転車・廃バイク	18,390	17,470	0	△17,470
廃乾電池	1,253	1,970	1,960	△10
廃蛍光灯	5,487	0	0	0
ガラスくず・陶磁器くず	15,268	17,062	24,695	7,633
廃油・廃液	34,682	23,584	28,107	4,523
動物の死体	0	70,619	73,539	2,920
感染症廃棄物	168,600	194,271	252,976	58,705
廃試薬	0	10	0	△10
汚泥	30,060	35,496	25,660	△9,836
がれき類	0	56	330	274
廃酸	3,644	11	2,479	2,468
廃アルカリ	2,830	1,500	2,688	1,188
廃石綿等	50	0	0	0
処分量合計	567,199	584,743	627,819	43,076
処分費用(千円)	57,683	64,490	72,919	8,429

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。

■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18年度	平成19年度	平成20年度
鉄屑類(鉄、銅、アルミ、ステンレス等)	589,470	207,940	588,552
古紙類(新聞、雑誌、段ボール、コピー紙等)	91,960	98,140	133,390
X線使用済みフィルム	4,660	4,318	5,045
売払量合計(kg)	686,090	310,398	726,987
売払収入(千円)	20,359	19,371	47,686

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600 kg)

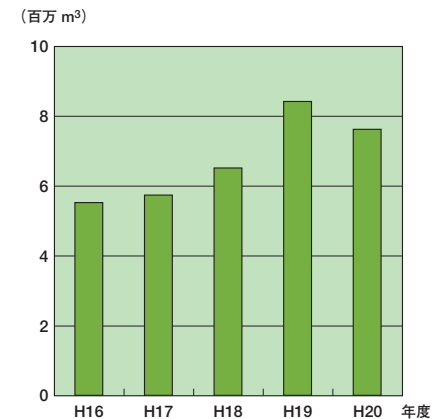
光熱水量

1. 電気・都市ガス・A重油

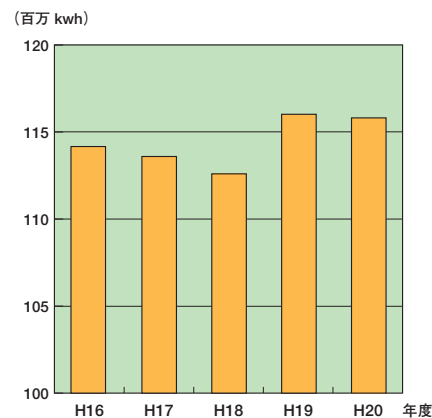
平成20年度の電気、都市ガス、A重油の使用量は、平成19年度よりいずれも減少しました。減少率は電気が2%、都市ガスが9.5%、A重油が7.7%です。これは、全学的な省エネの取組が浸透したのと、例年より暖冬であったことが影響しているものと思われます。

本学では、平成18年度に筑波キャンパスの中央機械室高温水ボイラ更新に際し、重油焼きからガス焼きに燃料転換しました。A重油の消費量が平成18年度以降に大幅減少し、逆に都市ガスの使用量が増加したのはこれに起因するものです。電気については一月毎に各建物群別の使用量をホームページに掲載し、増加した場合は各部局の省エネ担当推進委員が原因の分析に当たるなど継続的な削減の努力をしています。

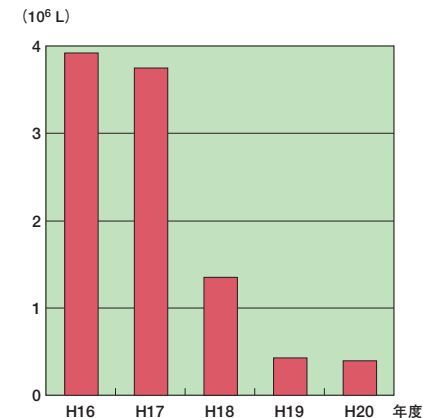
都市ガス使用量



電気使用量



A重油使用量

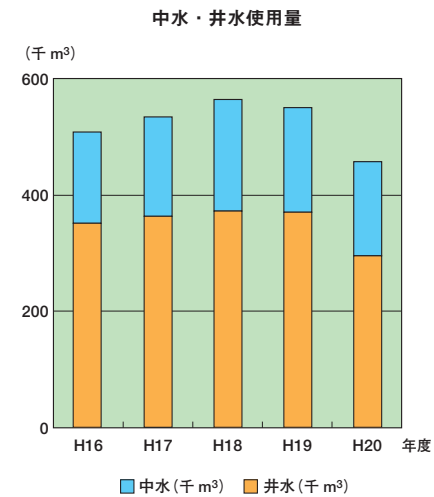
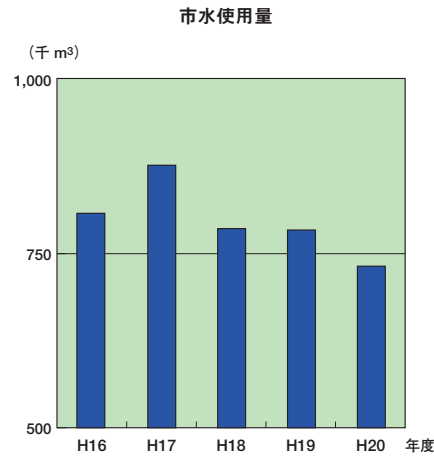


2. 市水・中水

市水は主に上水道として飲料用に供給しています。市水の使用量は、節水の啓発活動や便所改修などで自動水栓への更新を積極的に実施しているため、年々減少傾向にあります。平成20年度は平成19年度より6.6%減少しています。

筑波キャンパスでは、実験排水のうち3次洗浄水以降の排水を実験廃水処理施設に集めて浄化し、便所の洗浄水や、冷暖房設備等の補給水など非飲料系中水として再利用しています。これら中水の不足分は井戸水で補われています。実験廃水処理施設への流入水の水質分析は、月1回下水道法上の全項目についておこなわれ、水銀、鉛については週2回、シアンについては週1回水質分析がおこなわれています。浄化後の水質分析も月1回全項目についておこなわれています。平成20年度は浄化後の水質分析で基準値を超えたものはありません。中水の使用量は年度により増減がありますが、中央広場の池の水の補給水や散水用としても使われていますので、その年の気候に影響されるものと思われます。

排水は雨水系統と汚水・雑排水系統に分かれて、汚水・雑排水系統は公共下水道に排水しています。



温室効果ガス排出量削減対策

1. 温室効果ガス排出削減計画

全学を対象とした温室効果ガス排出抑制等の対策として、平成19年9月に「地球温暖化対策に関する計画」策定委員会及び策定WGを設置し、温室効果ガス削減対策の検討を開始し、平成20年3月に「筑波大学における温室効果ガス排出抑制等実施計画」と「削減計画」を策定しました。

本計画では二酸化炭素排出量の削減目標として「平成20年度から二酸化炭素排出原単位※1を毎年少なくとも2%削減する」こととしています。

平成20年5月にはこの実施計画に基づき「地球温暖化対策に関する計画」策定委員会を発展的に改組再編し、温室効果ガス削減対策推進委員会を設置し、削減に向けて取り組んでいます。

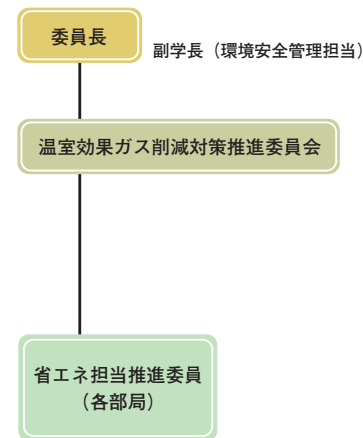
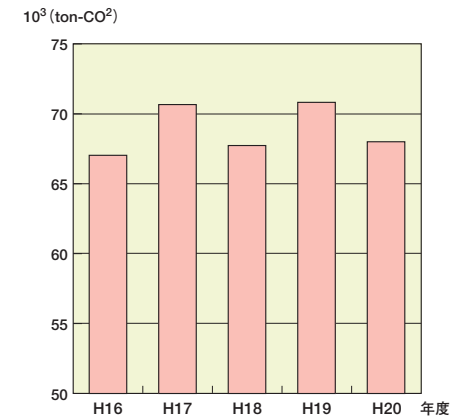
※1 二酸化炭素排出原単位＝二酸化炭素排出量÷建物延べ面積

2. 地球温暖化ガス排出量

平成20年度の温室効果ガスの総排出量は、平成19年度に比べて、二酸化炭素排出原単位で3.9%減少し、年度削減目標である2%削減を達成しました。本学の温室効果ガス排出量削減は、筑波キャンパスで平成18年度のボイラ燃料の都市ガスへの転換や、平成19年度の電気受給契約相手変更による換算係数変動※2などで、取組の効果が見えにくくなっていますが、今後は使用エネルギーの熱量換算による比較などもおこなっていきたくと考えています。

※2 換算係数変動：0.424→0.441 (tCO₂/千 kWh)

温室効果ガス排出量



温室効果ガス削減対策組織図

3. 省エネルギーへの取組

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になっています。省エネ法に基づく管理標準や、省エネルギーのための実施要領を定め、機器の適切な運転管理に努めています。また、平成20年度も省エネルギーキャンペーンを実施しました。学生によるキャンペーンポスターの作成、講義室、トイレ等の消灯点検など、学生が身近にできる取組もおこなわれています。



省エネルギーキャンペーンポスター

4. 熱源機器の更新

本学では、筑波キャンパスにおいて、平成12年度から平成13年度にかけて医学中央機械室の蒸気ボイラを更新し、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。いずれも設備容量の見直しにより能力を小さくするとともに、燃料をこれまでのA重油から都市ガスに変更し、温室効果ガスの低減を図ってきました。

筑波キャンパスの冷暖房は、北地区、中地区及び南地区に点在する教育・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)

この方式は熱源を集中することによるボイラ容量が抑えられるスケールメリットや保守の容易性等がありますが、冷暖房運転時間の変更に柔軟に対応することが困難であることや、建物全体の運転となり、個別の部屋単位での運転ができないため、エネルギーの有効利用が図られないなどのデメリットがあります。

これらを検討した結果、今後の熱源機器の設備更新は「大規模集中方式からブロック別集中方式及び個別方

式への転換」を推進することとしました。

平成20年度もこの方針に従い、第二エリアにガス焚きの冷温水発生器、体育科学系棟にガスヒートポンプエアコンをそれぞれ設置し、中央の大規模集中方式から分離しました。

個別空調機器の更新では、水冷式のパッケージ型空調機を、電気ヒーターを用いない効率の良い空冷式に更新するなどの取組をおこなっています。



冷温水発生器



ガスヒートポンプエアコン

アスベスト対策

本学における建築物のアスベスト(石綿)の対応は、平成17年に実施した「学校等における吹き付けアスベスト等使用実態調査」に基づき、含有する石綿の重量が当該製品の重量の1%を超えるものを対象に、建物数92棟、延べ面積約82,400 m²、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。

また、平成18年9月から施行された「労働安全衛生法施行令」及び「石綿障害予防規則」の一部改正により、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。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2,660 m²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8棟、約2,370 m²については平成20年9月末迄に除去工事が完了しました。



アスベスト除去作業

残りの1棟については、電気室であり飛散のおそれがないことが確認されていますので、大規模改修時に撤去することとしています。

更に、平成20年2月に新たなアスベスト対策として、国内で使用されていないとされていたトレモライトなどの3種類の石綿が、吹き付け材から検出されことを受け、文部科学省より石綿6種類の分析調査の徹底についての通知があり、本学も新たに分析調査が必要となった建物176棟、約83,000 m²について再調査を実施、15棟約6,800 m²に含有が認められました。

含有が認められた建物については全室飛散していないかの目視調査、学内での説明会を実施し、本年度中にアスベスト除去工事を実施することとしています。



搬出状況

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

本学は、「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

本学における「年度別調達品目調達状況」を表に示します。調達達成率は、コピー用紙が99%で、その他は100%です。

■年度別特定調達品目達成状況

分野	平成18年度			平成19年度			平成20年度		
	総調達量	単位	品目数	総調達量	単位	品目数	総調達量	単位	品目数
紙類	424,541	kg	8	520,047	kg	8	369,312	kg	8
文具類	549,329	件	77	651,636	件	76	477,949	件	75
オフィス家具等	5,930	台	10	5,321	台	10	4,486	台	10
OA機器	2,227	台	11	5,809	台	9	4,202	台	13
関連用品	7,802	個	2	46,039	個	5	64,292	個	5
家電製品	54	台	4	72	台	3	180	台	2
エアコンディショナー等	45	台	2	62	台	2	69	台	3
温水器等	80	台	3	93	台	3	37	台	3
照明	11,796	件	3	993	件	3	354	件	4
自動車等	1	台	1	2	台	2	2	台	1
関連用品	18	件	4	15	件	2	8	件	1
消火器	628	本	1	64	本	1	7	本	1
制服・作業服	100	着	1	1,130	着	2	1,410	着	2
インテリア・寝装寝具									
カーテン等	193	枚	3	264	枚	2	188	枚	2
じゅうたん等	344	m ²	2	103	m ²	3	704	m ²	2
寝具類等	0	枚		107	枚	2	156	枚	3
作業手袋	3,291	組	1	782	組	1	2,112	組	1
その他の繊維製品	1	枚	1	0	枚	0	8	枚	1
役務	961	件	3	996	件	5	1,143	件	6

〈環境報告書2009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
 杉浦 則夫(副委員長) 生命環境科学研究科
 田中 敏 理事、副学長
 野本 信也 数理工学物質科学研究科、環境安全管理室
 出澤 忠 総務部
 前田 広 財務部
 矢部 輝雄 施設部
 飯村 茂 総務部環境安全管理課
 橋野 正美 広報室
 齊藤 忠男 財務部契約課
 前島 謙 施設部施設環境課
 柏木 保人 総務部環境安全管理課

〈文章作成者〉

杉浦 則夫 生命環境科学研究科
 福島 武彦 生命環境科学研究科
 渡邊 信 生命環境科学研究科
 佐藤 俊 生命環境科学研究科
 馬場 将人 学生(生命環境科学研究科)
 日下 靖人 学生(生命環境科学研究科)
 餅田 治之 生命環境科学研究科
 熊谷 現 学生(生命環境科学研究科)
 井上 勲 生命環境科学研究科
 長谷川 遼 学生(環境サークルエコロンジャー代表)(教育学類)
 橋野 正美 広報室
 齊藤 忠男 財務部契約課
 前島 謙 施設部施設環境課
 柏木 保人 総務部環境安全管理課

〈編集後記〉

2009年度の環境報告書の研究紹介では、藻からバイオ燃料を作る研究と身近な霞ヶ浦の環境問題と浄化の取り組みを紹介しました。また、持続環境学専攻(博士課程)でめざす環境教育や大学院生が主体的に取り組む種々の環境活動についても報告していただきました。ユニークな社会的な実践活動としてこれまで数年間の実績が有る食と緑のマイスター講座を取り上げました。いよいよ温室効果ガス削減計画も一年ごとに評価検討することになりました。幸い、初年度は2%削減の目標を達成できました。本年度の表紙は雲が主題になりました。異常気象や温暖化を気にかけてながら環境問題への真摯な取り組みが広がっていることを感じます。

環境報告書作成委員会
 委員長 石井 哲郎

〈表紙デザイン〉

木村 浩 人間総合科学研究科

作成部署・お問い合わせ先

筑波大学総務部環境安全管理課
 〒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 sjkaksitu@sect.sukuba.ac.jp

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