



筑波大学  
環境報告書  
2008年



施設名称	施設名称
北地区 1 厨舎	西地区 71 平砂生活センター
2 農林技術センター	72 非常勤講師等宿泊施設
3 一の矢学生宿舎	73 平砂学生宿舎
4 一の矢生活センター	74 医学地区中央機械室
中地区 5 陸域環境研究センター	75 4B棟
6 ERATO動物飼育施設	76 生命科学動物資源センター
7 先端学際領域研究センター	77 共同利用棟B
8 産学リエゾン共同研究センター	78 人間総合科学研究科AI施設
9 遺伝子実験センター	79 医学系学系
10 生命環境科学研究科AI施設	80 4D棟
11 バイオシステム研究科	81 4C棟
12 第三体育館	82 附属病院
13 生物・農林学系	83 4A棟
14 第一体育館	84 医科学修士
15 本部棟	85 追越学生宿舎
16 総合研究棟A	86 追越生活センター
17 2A~2H棟	87 医学図書館・臨床講堂
18 3A~3D, 3K, 3L棟	88 医学福利厚生施設
19 工学系学系	89 第二体育館
20 文科系修士	90 客員研究員等宿泊施設
21 人間系学系	91 外国人教師等宿泊施設
22 理科系修士	92 西地区実験廃水処理施設
23 ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー	93 陽子線医学利用研究センター
24 人文・社会学系	春日地区 94 7A棟
25 中央図書館	95 春日学生宿舎
26 共同研究棟A	96 図書館情報専門学群講堂
27 共同利用棟A	97 図書館研究管理棟
28 総合研究棟B	98 図書館情報学図書館
29 1A~1H棟	99 図書館情報学系(研究棟)
30 文化系サークル館	100 第四体育館
31 自然系学系	101 弓道場
32 計算科学研究センター	102 情報メディアユニオン・知的コミュニティ基盤研究センター
33 中地区実験廃水処理施設	103 春日学生宿舎(留学生)
34 プラズマ研究センター	104 非常勤講師等宿泊施設
35 研究基盤総合センター(工作部門)	105 福利厚生施設
36 研究基盤総合センター(低温部門)	
37 研究基盤総合センター(応用加速器部門)	
38 共同研究棟C	
39 研究基盤総合センター(分析部門)	
40 アイソトープ総合センター	
41 中央機械室・施設部	
42 環境安全管理室・実験廃水処理施設等	
南地区 43 講堂	
44 留学生センター	
45 学生会館	
46 総合交流会館	
47 学術情報メディアセンター	
48 外国語・学術情報メディアセンター	
49 保健管理センター	
50 芸術学系	
51 5C棟	
52 共同研究棟B	
53 体育科学系	
54 体育総合実験棟	
55 弓道場	
56 体育合宿所	
57 6A・6B棟	
58 工房(芸術学系)	
59 体育・芸術図書館	
60 体育センター・体育系サークル館	
61 体芸福利厚生施設	
62 総合体育館	
63 屋内プール	
64 武道館	
65 球技体育館	
66 開学記念館	
67 総合研究棟D	
68 クラブハウス	
69 課外活動練習施設	
70 野外活動実習管理棟	

施設名称	施設名称
西地区 71 平砂生活センター	春日地区 94 7A棟
72 非常勤講師等宿泊施設	95 春日学生宿舎
73 平砂学生宿舎	96 図書館情報専門学群講堂
74 医学地区中央機械室	97 図書館研究管理棟
75 4B棟	98 図書館情報学図書館
76 生命科学動物資源センター	99 図書館情報学系(研究棟)
77 共同利用棟B	100 第四体育館
78 人間総合科学研究科AI施設	101 弓道場
79 医学系学系	102 情報メディアユニオン・知的コミュニティ基盤研究センター
80 4D棟	103 春日学生宿舎(留学生)
81 4C棟	104 非常勤講師等宿泊施設
82 附属病院	105 福利厚生施設
83 4A棟	
84 医科学修士	
85 追越学生宿舎	
86 追越生活センター	
87 医学図書館・臨床講堂	
88 医学福利厚生施設	
89 第二体育館	
90 客員研究員等宿泊施設	
91 外国人教師等宿泊施設	
92 西地区実験廃水処理施設	
93 陽子線医学利用研究センター	

建物	ベデストリアン
運動施設・農場	緑地
路線バス停留所	自由・外来駐車場
コンビニエンス・ストア	案内センター

学長挨拶	筑波大学環境方針	2
<b>筑波大学概要</b>		
環境保全と安全衛生の取組体制		9
<b>環境負荷低減の取り組み</b>		
化学物質等排出量		10
廃棄物等排出量及び低減対策		18
光熱水量		20
温室効果ガス排出量削減対策		22
アスベスト対策		24
グリーン購入・調達の状況		25
<b>研究・教育活動と社会貢献</b>		
筑波山の自然環境を知ろう!		26
筑波山気象観測ステーション		26
コラム TXつくば駅総合案内所での山頂データの利用		30
水質から考える筑波山の水環境		31
環境教育の現場—斜面温暖帯の観察—		34
つくば3Eフォーラムと筑波大学の役割		37
地球温暖化問題と今後の対応について		40
地球温暖化による健康への影響		43
中国内モンゴル自治区での慢性ヒ素汚染の実態と改善		45
学生の活動—環境サークル「エコレンジャー」—		47

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わかるようにまとめます。

今回の環境報告書は、筑波山の自然環境、地球温暖化対策、及び温暖化と健康に焦点をあてました。

報告期間

平成19年度：  
2007年4月1日から2008年3月31日

報告書の対象範囲

筑波キャンパス



### 筑波大学長 岩崎 洋一

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年に設置した環境科学研究科(修士課程)を、現在は生命環境科学研究科(博士課程)に改組するなど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、平成16年3月に「環境報告書ガイドライン(2003年版)」が、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くこととされています。

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)が平成19年12月に開催され、そこで提唱された「つくば3E宣言2007」が「つくば」を環境モデル都市とする「つくばエコシテイ構想」に発展するなど地域を挙げての取り組みも推進されています。さらに、同フォーラムは平成20年5・6月に第2回を開催し、「つくば3E宣言2008」をとりまとめ、「つくば3E宣言2007」の目標達成にむけた具体的なアクションプラン構築のための活動を推進することとしています。

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ひます。

## 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A

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278、博士138、5年一貫制21)、人間総合科学(修士140、博士(医学)62、博士23、5年一貫制93)、図書館情報メディア(修士37、博士21)
3独立研究科	地域研究(修士50)、教育(修士181)、体育(修士144)

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。



生物資源生産科学実習

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19年5月1日現在)

学群学生	入学定員：2,062人 在学生：10,154人(うち外国人留学生 159人)
大学院学生	入学定員：2,226人(修士1,491人、博士665人、専門職学位課程70人) 在学生：6,087人(うち外国人留学生 819人)

### ■ 役員・職員数(平成19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	569	519	500	60	2	525	43	14	2,252	1,786	4,038



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。



計算科学研究センター「PACS-CS」



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19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19年度：協定校等：39カ国 131機関】



留学生懇談会

### 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



つくば市との連携事業「環境マイスタープログラム」

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19年度：新規課題8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19年度開設講座：61講座、2,843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、学術情報の中核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248万冊】

### 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・保育に関する実際の研究のほか、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】



附属学校教育局新任教員交流会

### 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

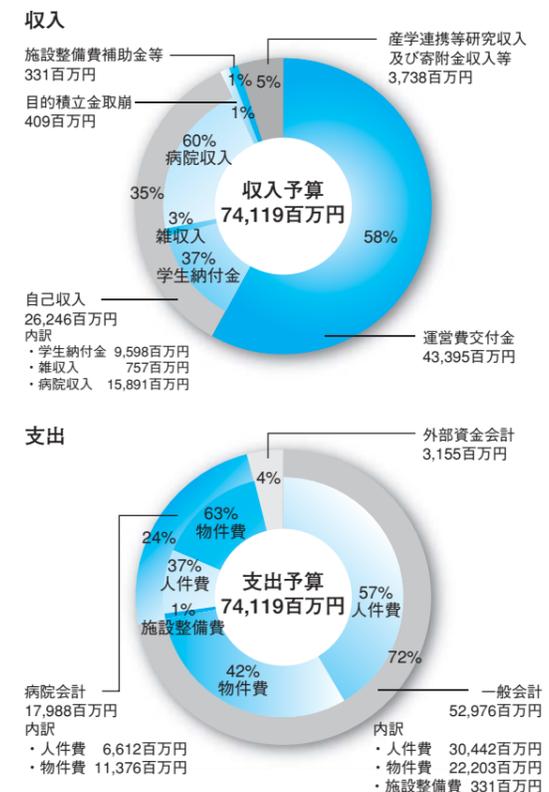
れぞれの共同利用の洗濯室、補食室、トイレなどが併設されています。宿舎の各地区(春日地区を除く)の共用棟には、管理事務室、食堂、浴場、売店、理・美容室など日常生活に必要な施設が設けられています。

【入居者数:3,484人;個室3,472室、2人部屋269室、世帯室186室】(平成19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19年度の収支予算



## 環境保全と安全衛生の取組体制

### 1. 環境配慮の取組

トップマネジメント
学長 環境方針の表明
副学長 つくば市研究機関との連携、 つくばエコシティ構想の推進
推進事務組織
●総務部環境安全管理課 ●施設部施設環境課 ●財務部契約課 ●広報室
委員会等
●地球温暖化対策に関する計画策定委員会 ●環境報告書作成委員会
その他
●研究・教育活動 ●学生サークル活動

### 2. 安全衛生の取組

トップマネジメント
副学長 総括責任者
推進組織等
●環境安全管理室 関連委員会の連携、試薬廃液の管理、 実験廃液の管理、環境測定、安全講習会 ●施設部
委員会等
●環境・安全衛生管理委員会 ●各事業場安全衛生委員会 ●安全管理連絡会 ●各研究組織安全管理委員会 ●アスベスト対策連絡会
関連委員会
●遺伝子組換え実験安全委員会 ●動物実験委員会 ●バイオセーフティ委員会 ●交通安全対策委員会 ●放射線管理委員会

筑波大学概要  
環境負荷低減の  
取組  
研究・教育活動と  
社会貢献

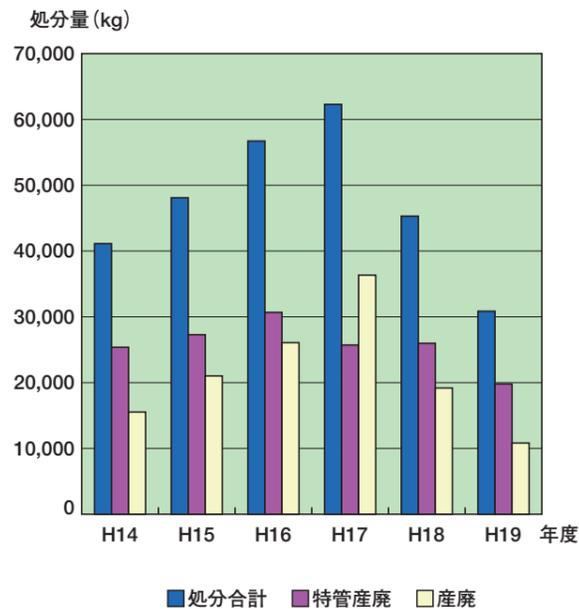
# 環境負荷低減の取り組み

## 化学物質等排出量

### 1. 実験廃棄物の処分状況

化学物質等を使用する教育・研究活動の結果として、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りません。また、水質汚濁防止法、下水道法、大気汚染防止法、毒物劇物取締法、消防法、労働安全衛生法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りません。筑波キャンパスにおける、実験廃棄物の平成19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下図に示しました。

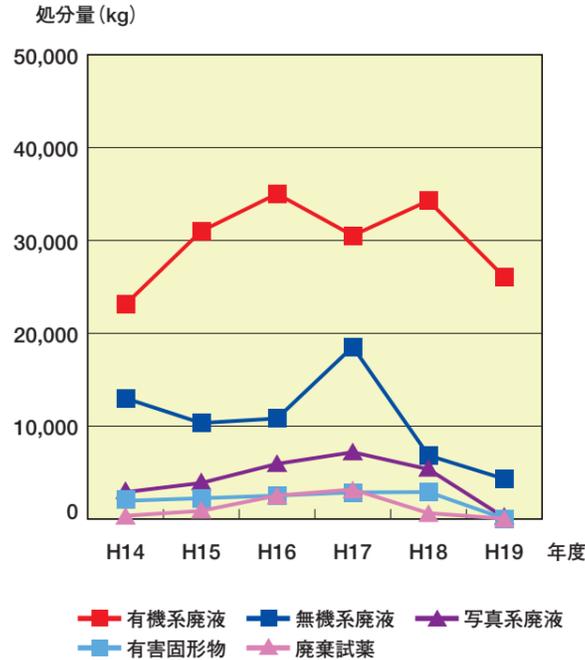
実験廃棄物年間処分状況



### 2. 実験廃棄物の種類別処分状況

平成19年度の実験廃棄物の種類別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。ただし、平成19年度は写真系廃液については、現像廃液1336L、定着廃液1219Lを分別収集したが、委託処分は行いませんでした。有害固形廃棄物についても、シリカゲルなどの無機汚泥、注射針等1064kgを分別収集したが、委託処分を行いませんでした。

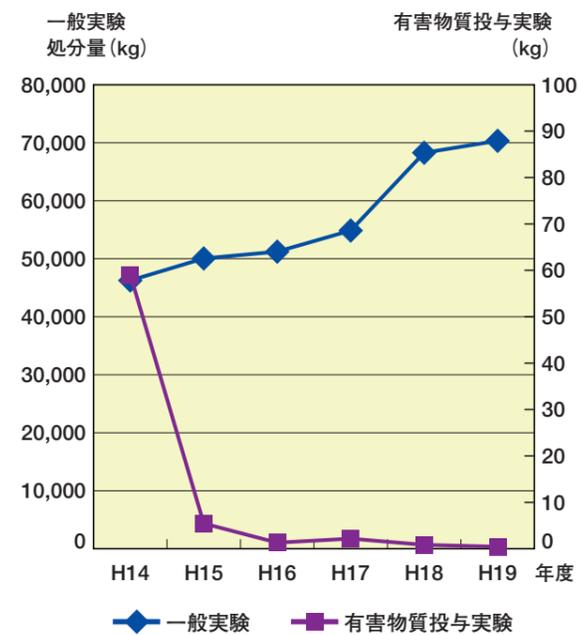
実験廃棄物の種類別年変動



### 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19年度の処分状況を最近の状況と比較して図に示しました。有害物質投与廃棄物の分別収集実績と処分実績はありませんでした。

動物実験系廃棄物処分の状況



平成19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	廃棄トランス	3台 (550kg)	茨城県知事
	蛍光灯安定器	123個 (434kg)	
	使用中トランス	71台	
附属桐ヶ丘特別支援学校	蛍光灯安定器	224個 (897kg)	東京都知事
附属小学校	蛍光灯安定器	213個 (958kg)	
附属中学校	蛍光灯安定器	166個 (582kg)	
附属大塚特別支援学校	蛍光灯安定器	38個 (154kg)	
附属視覚特別支援学校	蛍光灯安定器	69個 (255kg)	
附属聴覚特別支援学校	蛍光灯安定器	856個 (3424kg)	千葉県知事
附属坂戸高等学校	蛍光灯安定器	803個 (3614kg)	埼玉県知事
下田臨海実験センター	蛍光灯安定器	93個 (367kg)	静岡県知事

### 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より義務づけられています。平成19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廃棄物と同様に適切に保管しています。

### 5. 化学物質の適正管理

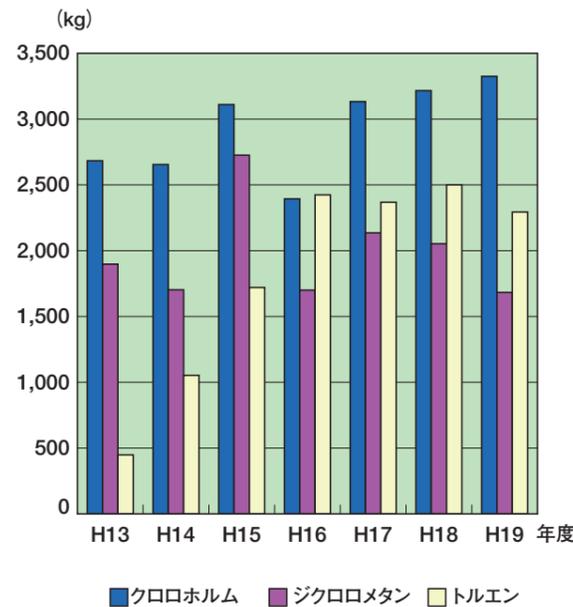
#### PRTR法及び茨城県条例への対応

「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)であって、年間取扱量が100kg以上のものにあつては排出量・移動量の把握に努めることになりました。

平成19年度において年間取扱量が100kg以上となった化学物質は、下表及び次ページ表に示したように前年度の10物質から13物質に増えました。平成19年度のPRTR法の届出指定化学物質は、クロロホルム、ジクロロメタン、トルエンであり、これら3物質の平成19年度の年間取扱量を、最近の取扱量と比べて図に示しました。

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、試薬管理システムの活用、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18年度			平成19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	271	125	234	226	145	186
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	0.4	0	0	0.8	0	0
廃棄物への移動量	2942	1933	2264	3105	1538	2113

平成19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)

(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	ホルムアデヒド	アセトン	塩化水素	酢酸エチル	ヘキサン	メタノール	硫酸
大気への排出量	65	4.2	19.7	30	411	14	113	220	366	2
公共用水域への排出量	0	0	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	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	0	0
下水道への移動量	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0.5
廃棄物への移動量	479	174	156	77	3961	77	1486	2028	3952	138

### 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、15頁に示したように、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19年度の再利用率は94.5%、再利用水量は約19万トンでした。

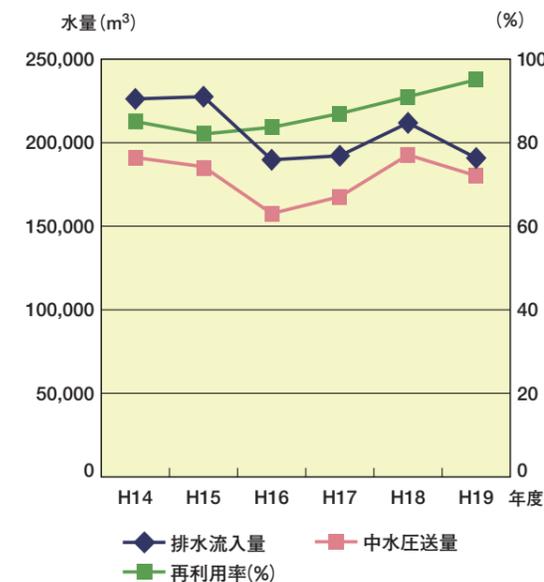
#### 実験系洗浄排水の水質

平成19年度の実験系洗浄排水の水質測定の結果、

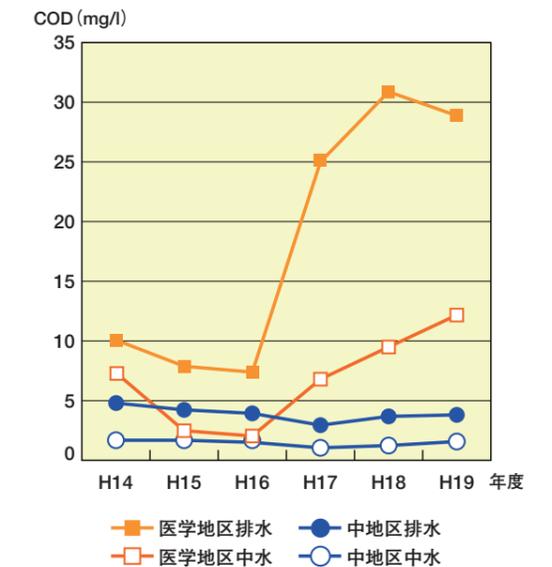
水質異常が検出されたのはジクロロメタンの1件のみで、これを処理した処理水(中水)の水質は基準をクリアできました。今後も水質異常が発生しないように継続的な水質監視を行います。

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19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12mg/lであり、前年度の9.3mg/lより悪化傾向を示し、雑用水として再利用できませんでした。

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

### 水質関係環境対策

#### —濃厚廃液処理と洗浄排水処理—

実験等のあらゆる研究・教育活動に伴って発生する多種多様な濃厚廃液を適切に処理・処分し、大学内のみならず周辺地域社会の環境保全の確保に努めることは我々に課せられた重要な使命です。筑波大学においても、つくば下水道条例により厳しい法的規制下におかれ、少しの違反も認められません。そこで、実験室等において使用後の濃厚廃液とその容器の一回目と二回目洗浄水(液)は、9区分の無機系廃液、6区分の有機系廃液の各々の廃液貯留容器に分別回収しています。無機系廃液は下の写真で紹介した無機系廃液処理施設で学内において処理されています。有機廃液は産業廃棄物(特別管理産業廃棄物)処理業者において委託焼却処理しています。

水質汚濁防止法施行令に定める特定施設の洗浄施設にあたる「実験室流し」へは濃厚廃液を用いた器具等の三回目以降の洗浄水のみを流すことが許可されます。各実験室等に設置の「実験流し」からの排水は、各建物ごとに設置しているモニター槽においてpHや特定の項目についての水質監視を経て、中地区、医学地区に設置の実験系洗浄排水処理施設貯留槽に流入し、さらに機器分析・化学分析による法定の水質測定を実施し、雑用水として再利用するために次ページの写真等で紹介した処理フローにより処理されると共に、水質環境対策に役立っています。

### 筑波大学における水質関係環境対策の現状(無機系廃液処理)



### 筑波大学における水質関係環境対策(洗浄排水処理)

各建物の実験系洗浄排水モニター槽

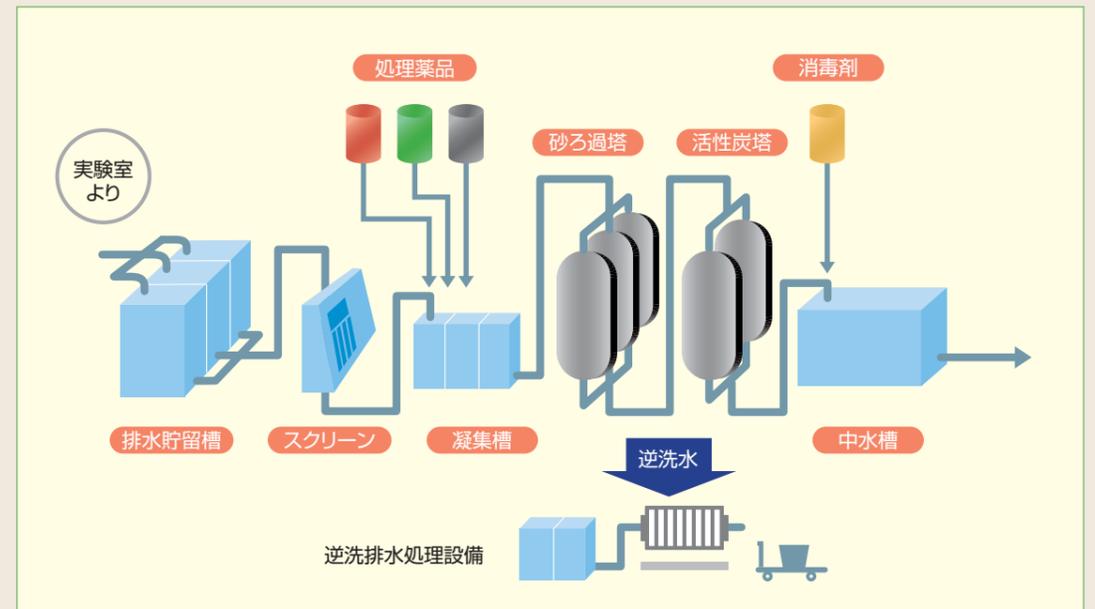


中地区実験系洗浄排水処理施設



洗浄排水流入

■筑波大学中地区希薄洗浄排水処理施設



各建物のトイレ等の雑用水として再利用

水質関係環境対策

—排水の水質測定状況—

実験系希釈洗浄系排水の下水道放流については、つくば市下水道条例に基づく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は右表のようになっています。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について実施しています。また、写真に示す分析機器を用いて法定頻度以上の水質測定を実施しています。



原子吸光度計



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

■平成19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	>50~43cm	>50cm	>50~14cm	>50~17cm
温度	25.0~12.0°C	25.2~12.7°C	25.5~11.5°C	24.5~12.0°C
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素	2.4~0.3	1.1~0.3	1.2~不検出	1.1~不検出
水素イオン濃度 (pH)	7.4~7.1	7.3~7.0	7.4~6.8	7.1~6.6
生物化学的酸素要求量 (BOD)	3.4~1.1	5.9~不検出	100~14	190~1.1
化学的酸素要求量 (COD)	3.9~2.2	1.7~1.0	55~11	34~3.8
浮遊物質	8~不検出	2.6~不検出	24~不検出	26~不検出
ヘキサン抽出物質含有量	不検出	1.2~不検出	1~不検出	1.6~不検出
ヨウ素消費量	不検出	0.013~不検出	15~不検出	0.068~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
有機リン化合物	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	0.03~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	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	0.05~不検出	不検出	0.007~不検出	0.008~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	0.001~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	0.001~不検出	不検出	0.002~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	不検出	不検出	不検出	不検出
フッ素及びその化合物	0.6~0.1	0.2~不検出	0.3~0.1	0.12~不検出
フェノール類	不検出	0.013~不検出	0.22~不検出	0.068~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	0.1~不検出	不検出
鉄及びその化合物 (全鉄)	0.6~0.2	不検出	0.9~0.2	0.9~0.2
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	0.041~0.001	0.011~0.006	0.068~不検出	0.036~0.001
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	0.012~不検出	0.001~不検出
m-キシレン、p-キシレン	0.008~不検出	不検出	0.014~不検出	0.001~不検出
o-キシレン	0.008~不検出	不検出	0.013~不検出	0.002~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

本学では、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・学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。平成19年度の実績のとおり、これら分別の効果が見えてきています。



室内でのゴミ分別



屋外のゴミ集積所

### 2. 廃棄物総排出量と処理経費

平成17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。

■表1 年度別一般廃棄物処分量及び経費

種類	平成17年度	平成18年度	平成19年度
可燃物	3,525,594	3,493,136	3,344,699
不燃物	300,050	275,890	62,530
粗大ゴミ	19,900	16,380	32,660
ペットボトル	3,900	9,150	36,730
缶		10,410	42,970
ビン		5,030	23,240
処分量合計(kg)	3,849,444	3,809,996	3,542,829
処分費用(千円)	97,629	84,305	77,580

■表2 年度別産業廃棄物処分量及び経費

種類	平成17年度	平成18年度	平成19年度
プラスチック、金属類	262,338	267,495	207,594
木屑	7,810	12,620	14,440
タイヤ類	1,550	0	660
コンクリートくず	1,200	2,820	0
岩石	—	4,000	0
自転車、バイク	27,070	18,390	17,470
乾電池	2,100	1,253	1,970
蛍光灯	6,730	5,487	0
ガラスくず、陶磁器	2,840	15,268	17,062
廃油、廃液	10,404	34,682	23,584
動物実験用死体	500	0	70,619
感染症廃棄物	160,251	168,600	194,271
廃試薬	3,137	0	10
汚泥	54,500	30,060	35,496
がれき類	1,780	0	56
廃酸	—	3,644	11
廃アルカリ	—	2,830	1,500
廃石綿等	—	50	0
処分量合計(kg)	542,210	567,199	584,743
処分費用(千円)	73,220	57,683	64,490

### 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17年度	平成18年度	平成19年度
鉄屑類(鉄、銅、アルミ、ステンレス等)	107,870	589,470	207,940
古紙類(新聞、雑誌、段ボール、コピー紙等)	67,910	91,960	98,140
X線使用済みフィルム	4,863	4,660	4,318
売払量合計(kg)	198,373	686,090	310,398
売払収入(千円)	1,746	20,359	19,371

### 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1,000kg)

## 光熱水量

電気・ガス・市水及び冷暖房のエネルギーは、中央機械室及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(ガス焼き)及び吸収式・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。

平成18年度より実施されている校舎改修工事に合わせ、冷暖房方式も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進めています。

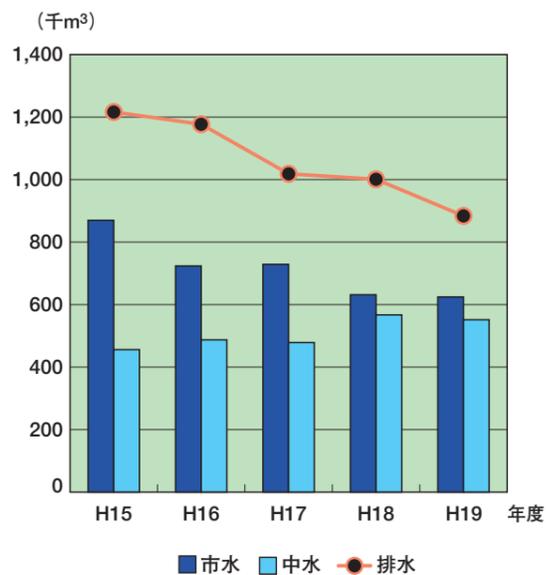
### 1. 市水・中水・排水

給水は市水、中水の2系統で各建物に供給されています。

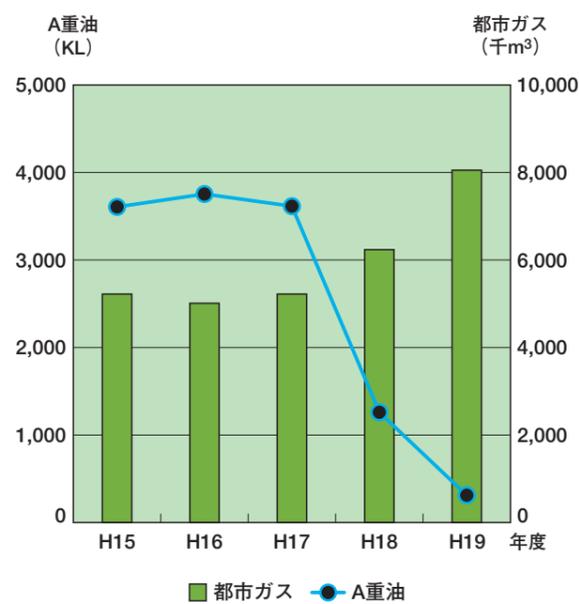
市水は上水道として飲料用に供給されています。中水は、3次洗浄水以降の実験排水を処理した再利用水で、非飲料系として、便所の洗浄水や、冷暖房設備等に使用されています。中水のバックアップ用として井戸水を併用しています。

排水は汚水・雑排水系統と雨水系統との分離方式で、汚水・雑排水系統は公共下水道に排水しています。

市水・中水・排水量



都市ガス・A重油使用量



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、給排水量は平成15年度を境に使用量が減少傾向にあります。

### 2. 都市ガス及びA重油

都市ガス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。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。このため、A重油は農場温室、学生宿舎給湯、屋内プール用など一部のボイラに使用されています。

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。

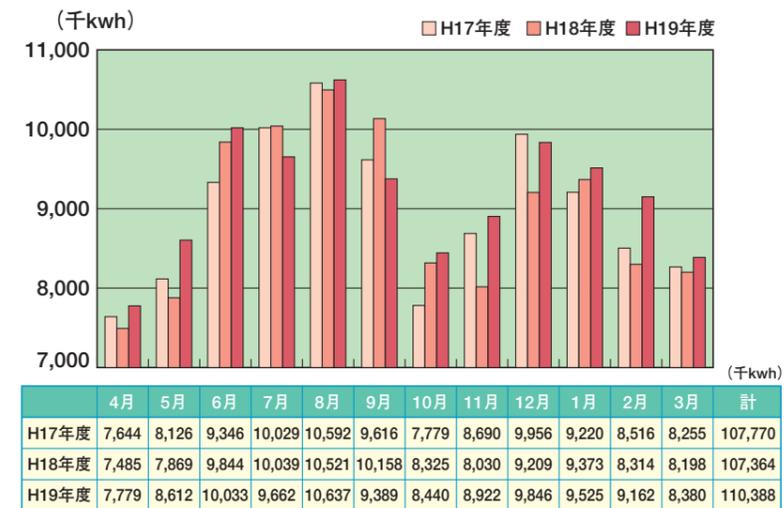
### 3. 電気

電気は学生宿舎(一の矢、平砂、追越)の高圧受電(6.6kv)以外は全て中央機械室1カ所で特別高圧(66kv)受電しています。中央機械室から高圧(6.6kv)で89ヶ所の電気室(サブ変)に送電し、サブ変で低圧(100V、200V等)にして各建物に送電しています。

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トップランナー機種(蛍光灯、変圧器、蛍光灯等)の導入や高効率の機器を積極的に採用しています。

平成19年度の電気使用量は省エネの取り組みにもかかわらず、空調負荷の増加などにより前年度より2.7%増加しました。また、平成19年度のエネルギー消費熱量は電気が74%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



学生制作ポスター&団扇

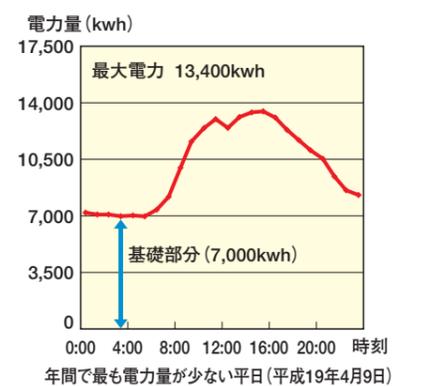
### 4. 省エネルギーへの取り組み

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省エネルギーのための実施要領を決め、冷暖房シーズンに合わせ、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、学生によるステッカーや団扇を作成するとともに、講義室、トイレ等の消灯点検など、学生ができる取り組みを実施しています。

1日の電力使用量



年間でも電力消費が少ない平日(平成19年4月9日)



夏の省エネルギーキャンペーン

## 温室効果ガス排出量削減対策

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、平成20年度から第一約束期間がスタートしました。このため、従来にも増して、省エネルギー対策に加え、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量削減に向けて積極的な取り組みが必要となっています。

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、平成18年度に中央機械室の高温水ボイラを更新し、設備容量の見直しを行うとともに、燃料を環境負荷の少ない、A重油から都市ガスに変更しました。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。

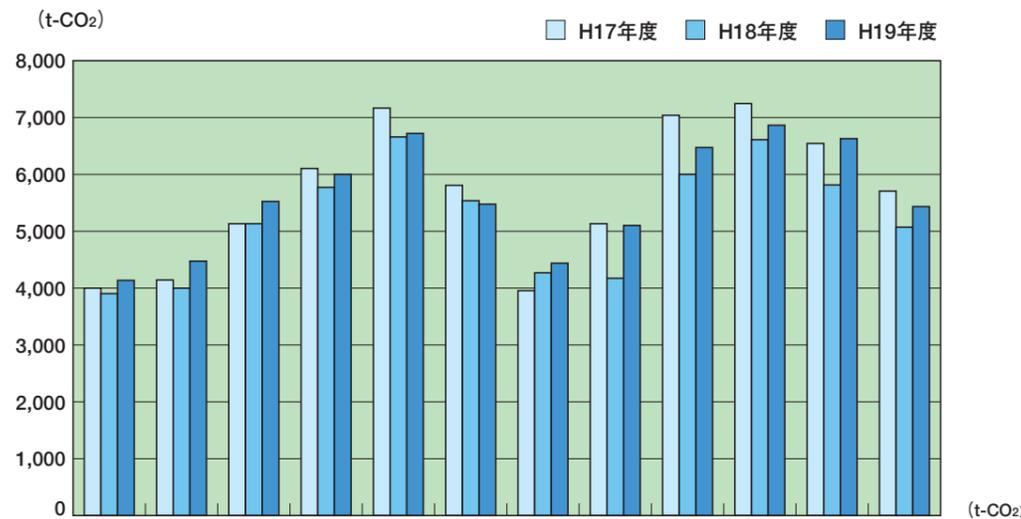
また、平成18年度より実施している校舎改修工事に合

わせ、冷暖房方式も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進め、エネルギーの有効利用と冷暖房の効率的な運用を進めています。

全学的な取り組みとして、夏冬の省エネルギーキャンペーンの実施やエネルギー消費に関するデータの可視化の実施などにも関わらず、平成19年度のCO<sub>2</sub>排出量は冷暖房運転期間の増加などにより、対前年度比で6.6%増加しました。

これは、平成19年度が夏暑く、冬寒い気象上の影響が大きかったことと大型研究設備等の電気使用量が増えたことなどによるものです。平成20年度はこれらの増加要因を上回るような削減対策を講じたいと思います。

CO<sub>2</sub>排出量



		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H17年度	A重油	144	79	331	840	1,325	628	50	656	1,567	1,765	1,656	1,072	10,110
	都市ガス	643	690	899	1,055	1,423	1,138	668	860	1,327	1,607	1,324	1,183	12,820
	電気	3,200	3,402	3,917	4,207	4,442	4,029	3,254	3,637	4,167	3,853	3,561	3,458	45,130
	計	3,986	4,171	5,147	6,102	7,190	5,795	3,972	5,152	7,061	7,225	6,540	5,713	68,100
H18年度	A重油	80	41	256	599	1,024	315	52	95	270	308	286	233	3,560
	都市ガス	728	674	741	952	1,222	957	736	715	1,912	2,381	2,041	1,404	14,460
	電気	3,137	3,299	4,135	4,216	4,419	4,267	3,492	3,365	3,859	3,927	3,484	3,438	45,040
	計	3,945	4,014	5,132	5,768	6,665	5,539	4,280	4,175	6,041	6,616	5,810	5,075	63,100
H19年度	A重油	77	39	33	19	17	19	44	105	180	193	169	119	1,010
	都市ガス	710	699	1,128	1,795	2,116	1,410	757	1,146	2,058	2,567	2,529	1,689	18,600
	電気	3,361	3,727	4,349	4,186	4,605	4,057	3,649	3,853	4,250	4,102	3,948	3,621	47,710
	計	4,149	4,465	5,510	6,000	6,737	5,487	4,450	5,104	6,488	6,863	6,647	5,429	67,300

### 1. 温室効果ガス排出抑制等の計画

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※2することとしました。取り組みの進捗状況や温室効果ガスの排出量の状況などを踏まえ、一層の削減が可能である場合は適切に見直すこととしています。

また、長期的な温室効果ガスの排出削減については、政府の取り組みや筑波研究学園都市の研究機関やつくば市等と連携しつつ、超長期的な期間を見据えて行われる共同研究・共同事業を踏まえ、温室効果ガスの削減に不断の努力を傾注することとしています。

※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 2%削減 (1,400ton-CO<sub>2</sub>/年相当)

### 2. 基幹設備(空調設備)の改修

本学の冷暖房は、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。

このため、基幹設備である空調設備の更新は新たな整備計画により行うこととしました。基本テーマとして、安全性・信頼性が高いシステムであること。各施設の利用形態及び運営管理に即し、エネルギーロスの少ない計画であること。地球環境配慮型の計画であること。これらを基本とし、「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18年度からの校舎改修工事に合わせて、ブロック別集中方式の空調設備を導入し、エネルギーの有効利用と、CO<sub>2</sub>削減に取り組んでいます。



改修前(吸収式冷凍機)



改修後(冷水発生器)

## 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82,400m<sup>2</sup>、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2,660m<sup>2</sup>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7棟、約1,560m<sup>2</sup>については平成20年3月末迄に除去工事が完了しました。

更に、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 tremolite 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、本学では新たに分析調査が必要となった建物数176棟、約83,000m<sup>2</sup>について再調査を実施し、適切に対策工事等を実施することとしています。



アスベスト除去中(階段)



完成

## 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、古紙パルプ配合率の問題があったコピー用紙を除き、100%達成しています。

なお、このコピー用紙の取り扱いについては、経済産業省の調査・検討結果を踏まえ対処しています。

■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		
	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
文具類	549,329	件	77	651,636	件	76
機器類	5,930	件	10	5,321	件	10
OA機器	2,227	台	11	5,809	台	9
関連用品	7,802	個	2	46,039	個	5
家電製品	54	台	4	72	台	3
エアコンディショナー	45	台	2	62	台	2
温水器等	80	台	3	93	台	3
照明	11,796	件	3	993	件	3
自動車等	1	台	1	2	台	2
関連用品	18	件	4	15	件	2
消火器	628	本	1	64	本	1
制服・作業服	100	着	1	1,130	着	2
インテリア・寝装寝具				107		2
カーテン等	193	枚	3	264	枚	2
じゅうたん等	344	m <sup>2</sup>	2	103	m <sup>2</sup>	3
作業手袋	3,291	組	1	782	組	1
その他の繊維製品	1	件	1	0	件	0
役務	961	件	3	996	件	5

# 研究・教育活動と社会貢献

筑波山の自然環境を知ろう！

## 筑波山気象観測ステーション

生命環境科学研究科 教授 林 陽生  
海洋研究開発機構 川瀬 宏明(平成18年度博士課程修了)

### 1. まえがき

筑波山(877m)は関東平野の北西に位置し、この周辺では最も標高が高いため、気象観測に絶好の地理的条件を備えている。こうした特徴は早くから注目され、1902年になると、男体山の山頂に山階宮筑波山観測所が設置された。これに先立つ1893年には、当時の中央気象台が冬季観測を実施しているため、観測の歴史はそこまで遡ることができる。その後山階宮筑波山観測所は、1909年に国に寄贈されて中央気象台附属筑波山測候所となった。これが、日本における山岳気象観測の始まりである。

現在、山頂(男体山)には、約80年前に建築した建物が残され、筑波山神社が管理している(写真1)。筑波大学が開設した筑波山気象観測ステーションは、2005年1月1日以降、この建物の一室を借用してデータ収録・送信を行っている。それまでの4年間は気象観測が行われておらず、データの継続性の点で大変残念だが、今後は以前にも増して詳細な観測が行われており、データの公開がますます進むことを考えると、過去100年に及ぶ気象現象の解析や環境教育の現場として筑波山気象観測ステーションが活躍する場面は多いと考えられる。



写真1 筑波山(男体山)山頂にある旧筑波山測候所の建物

### 2. 気象観測ステーションの開設

山頂観測の経緯については「筑波山測候所・筑波山通信所のあゆみ」(筑波山通信所東京基地事務所)に詳しく書かれている。図1に現在に至る山頂気象観測の歴史を整理した。気象データは陸軍において非常に重要な情報だったため、太平洋戦争が終結した年には30名の気象観測要員が常駐していたが、これには驚かされる。1970年代に入ると自動化が進み、夜間観測が無人化となり、同年代後半にはアメダス観測点として完全に無人化された。その後、リモートセンシングによる計測技術の高度化などに伴い2001年12月に筑波山山頂におけるアメダス観測は廃止された。

こうした観測史を背景として、2005年に筑波大学学内プロジェクト研究(S)「筑波山における気象・水文環境の多要素モニタリングによる大気・水循環場の解明」(以降、筑波山プロジェクトと呼ぶ)がスタートした。

2005年12月下旬に機材を運び上げて観測システムを組み立てた(写真2・3)。この作業には、生命環境科学研究科の大気分野に所属する学生が多数参加した。



図1 筑波山頂における気象観測の歴史



写真2 ケーブルカー臨時便による山頂への機材の荷揚げ風景



写真3 気象観測ステーション敷地内における測定機器の設置状況

翌2006年1月1日からルーチン観測を開始した。気象観測ステーションの観測装置の概観を図2に、観測項目を表1に示す。

データ公開などの構想のとりまとめと準備期間を経て、2006年8月に筑波山プロジェクトのホームページを開設した(<http://mtsukuba.suiri.tsukuba.ac.jp/>)。ホームページには次の役割を持たせた。すなわち、身近な気象要素について時々刻々変わる数値をリアルタイムで表示すること、希望者が自由にデータをダウンロードできることである。すべての情報は、インターネットを利用して研究室でデータ回収を行うことができる。こうして、2006年1月1日からルーチン観測が始まった。

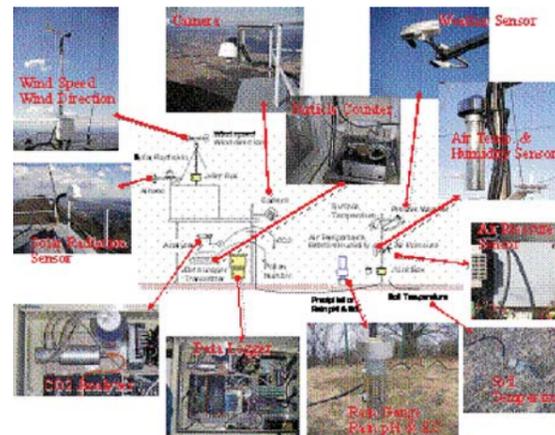


図2 筑波山気象観測ステーションの概観(側面図とセンサーの取り付け場所)

筑波山気象観測ステーションは、通常では分からない関東平野上空の気象状況を、リアルタイムで測定することができる。この上空の気象状況は、一般にはあまりなじみがないが、天気予報において非常に重要な情報である。天気予報の現場では、気象予報士が中心となって、気象庁の資料をもとに時々刻々と変化する気象データを参考にしながら天気予報を作っている。山頂のデータは予報精度の向上に役立っている。

観測項目	センサー高度
風向 / 風速	屋上床面上3m*
気温	地上1.5m
相対湿度	地上1.5m
地温	地下1cm
地表面放射温度	地上2.4m
日射量	屋上床面上1.55m*
下向き短波放射量	屋上床面上1.4m*
気圧	地上1.45m
降水量	地上1.1m
雨水pH	地上1.1m
雨水電気伝導度	地上1.1m
二酸化炭素濃度	地上3.1m
飛散花粉量	地上1.9m
現在天気	地上2.4m
カメラ(フェノロジー観察用)	地上8.5m

表1 気象観測ステーションの観測項目

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

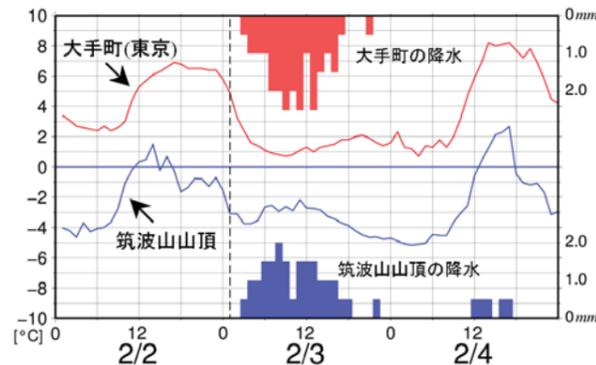


図3 2008年2月2日から2月4日にかけての気温(実線、目盛りは左軸)と降水(棒グラフ、目盛りは右軸)の変化。青色が筑波山山頂、赤色が東京の大手町。点線は3日午前1時。



写真4 2月4日の午前8時のライブカメラの画像。雪化粧した山頂と麓。

### 3. 天気予報における活用例

#### 1. 冬季の南岸低気圧に伴う関東平野の雨雪判別

筑波山気象観測ステーションの活用法として最も期待されるのが、関東平野の雨雪判別である。冬季、関東平野では乾燥した晴天となることが多いが、年に数回雪が降ることがある。普段雪に慣れていない首都圏では、数cmの積雪であっても人々の日常生活に大きな影響を与える。その雪をもたらすのが日本の南岸を通過する低気圧(南岸低気圧)である。一般に南岸低気圧によって首都圏で雨になるか雪になるかの判断は、非常に難しいとされる。

天気予報の現場では、気象庁の予報資料や高層気象観測のデータをもとに、地上から少し上の大気(500mから1500m)の気温を参考に雨雪判別を行っている。ただし、気象庁の観測で上空の気象状態を知ることができるのは、1日2回の高層気象観測だけである。筑波山気象観測ステーションは標高887mに設置されているため、まさに雨雪判別の目安となる高度の気温や湿度、風を知ることができる。標準的な気象観測のほか、天気計やカメラ画像も、山頂が雨か雪かを知ることができる貴重な情報である。

2008年2月3日、関東の平野部では5cm~10cmの積雪を観測したが、そのときの筑波山山頂の気温と地上の気温の変化を見てみよう(図3)。雪が降り出す前の3日午前1時、東京の気温は5度近くあった。しかし、早朝か

ら雪が降り出し、それとともに気温も1℃台まで一気に低下した。一方、筑波山の山頂では、3日午前1時にはすでに気温が-3度まで下がっており、上空はすでに冷えていたことが分かる。また、2月3日は昼間も山頂の気温はほとんど上がらず、東京や横浜、千葉などの関東南部ではほぼ一日雪となった。(写真4)

最初、首都圏で雨の予報が出ていても、筑波山山頂で観測された気温が予想以上に下がり始めたら、雪に変わる恐れがある。逆に、山頂の気温の上昇は雨に変わるシグナルとなる。インターネット経由で筑波山山頂のデータを常時監視することで、最新の天気予報にすぐに対応することができる。

#### 2. 北東気流による関東平野の曇りや雨

春から夏にかけて、関東地方ではどんよりと雲に覆われて肌寒く弱い雨が降ることがある。これは関東の東の太平洋から、冷たく湿った北東の風(北東気流)が吹くために起こる。北東気流は高気圧が北に偏って日本を覆ったときに吹きやすい。北東気流の時の天気は予報が難しく、晴れの予報の日が曇りや雨になったり、逆に曇りの予報にもかかわらず晴れたりすることがある。また気温の予想も難しく、この気流の影響を受けるかどうかで10度近く変わる。

筑波山気象観測ステーションは沿岸からも近いため、北東気流を捉えるのに適している。風の変化は地上より

も、障害のない上空のほうが敏感に反応するため、筑波山の風を監視することで、北東気流の影響を見積もることができる。また、観測ステーションに設置されているライブカメラも、この北東気流時の天気予報には役立つ。さらに上空の風を観測する気象庁のwindプロファイラのデータと複合的に用いることで利用価値が上がる。

2008年5月4日の例を見てみよう。この日、朝の予報では晴天が予想されていたが、筑波山山頂では朝から強い北東の風が観測されていた。また、カメラ画像は、朝方関東平野の上空に広がる雲海を写しており、下層が湿っている様子が分かる(写真5)。その後、昼頃には山頂付近も雲に覆われた。結局、関東平野では午後から霧雨となり、この日はあいにくの日曜日となった。朝から筑波山のデータを見ていた気象キャスターは、この風の様子とカメラ画像の写真から、関東平野の晴天はないと判断したという。

#### 3. そのほかの活用例

この他にも筑波山山頂のデータには天気予報でのさまざまな活用法がある。筑波山は関東南部近郊の身近な山であり、関東では知名度が高い。筑波山から富士山を見えたことを伝える、もしくは写真を見せることで、関東平野の大気が澄んで晴れていることを実感してもらうことができる。また関東平野東部は霧が出やすい地域であり、筑波山のカメラ画像や観測データを見ることで、地表付近に霧が出ている様子を直接見ることができる。



写真5 筑波山山頂からみた関東平野の雲海(2008年5月4日午前8時)北東気流で下層が湿っていたため、非常に低い高度に雲が発生している。

### 4. あとがき

すでに述べたとおり、筑波山気象観測ステーションのある建物は約80歳の年齢である。建物自体は非常に頑丈であるが、内装は改修する必要がある。我々が借用している一室は圃場に面し、比較的条件的よい部屋である。建物の入口の明り取りに美しいステンドグラスがはめ込んである(写真6)。絵柄は筑波山を背景とした霞ヶ浦と帆引き船だ。帆引き漁は、もう見ることのできない懐かしい風景である。このステンドグラスは、筑波山における長い気象観測の歴史とともに存在したことを想像すると、ひとしお感慨が湧いてくる。100年に及ぶ気象観測データとともに、建築物も遺産として保存する価値が高い。考えられる方策で、後世へ引き継ぐことはできないだろうか。

ところで、筑波山と筑波大学の関わりは、筑波山プロジェクトが取り組む以前から行われていた。なかでも、本学の名誉教授である吉野正敏先生ほかによって多くの研究が行われてきた。私たちは、今後とも研究、環境教育、社会貢献など多様な面で、「筑波山」に関わって行くことができれば幸いである。最後になったが、筑波山プロジェクトは、山頂の土地と建物を管理する筑波山神社の協力がなければ実施できなかった。



写真6 ステンドグラス(筑波山を背景に霞ヶ浦の帆引き船が描かれている)

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

コラム

TXつくば駅総合案内所での山頂データの利用

**国** 立大学法人への移行に伴い、大学が果たすべき役割が多様化し、地域社会への貢献も極めて重要になった。社会貢献について積極的に取り組むことにより、本来教育機関が備えている情報を有効に活用することが求められている。筑波山プロジェクトでは、環境変動のモニタリング拠点の形成としてだけでなく、取得した情報を環境教育および社会貢献の面にも役立てることを念頭においている。

平成19年度の社会貢献活動の一つとして、つくば市の協力を得て、つくば駅構内の総合案内所に山頂の気象をリアルタイムで表示するシステムを設置した(写真1)。つくばエクスプレスが開通したため、土日ともなると、大勢の観光客がつくば市を訪れる。観光客の多くは筑波山頂まで向かう。こうした観光客に、山頂の気象状況を直接確認してもらおうのが、システムを設置した目的である。山頂の天候はつくば市内とは異なるため、服装の点検や雨具の準備に役立ててほしい。例えば、山頂が雨の場合には足元の注意が欠かせないため、あらかじめ雨が降っているかの情報は有効である。



写真1 つくばエクスプレス構内の総合案内所内に設置した気象表示システム



写真2 筑波山頂のリアルタイム気象情報の表示パネル

表示している気象要素は、風向、風速、気温、相対湿度、気圧、雨量、当日の最高気温と最低気温、天候、ライブカメラ画像である(写真2)。表示用のモニターはタッチパネル式になっており、1~2分前の観測値が表示されるほか、任意時刻の山頂周辺の画像を見ることができる。

このシステムの導入は、つくば市の窓口と詳細な打ち合わせを行い協力して実施した。備品類は筑波大学の学内プロジェクトで購入し、ランニングコストはつくば市の経費によるものである。最近、総合案内所の係員に利用状況を聞いたところ、山頂の気温や天候を確認する人が多いことがわかった。また、今後改良すべき点については、天候表示の方法について改良する余地があることがわかった。

筑波山プロジェクトのホームページ(<http://mtsukuba.suiri.tsukuba.ac.jp/>)には、総合案内所で表示している内容の元になる情報がやはりリアルタイムで見ることができる。是非、こちらも参考にさせていただきたい。

筑波山の自然環境を知ろう！

水質から考える筑波山の水環境

生命環境科学研究科 准教授 辻村 真貴

1. なぜ筑波山か？

筑波山の斜面や山麓には、多くの湧水や溪流、井戸があり、登山客や地元の人々ののどを潤し、酒造りに使われ、また神聖な水として大切にされているものもあります。このように、自然の水を育む筑波山には、どの程度の水が貯留されているのでしょうか。またその水は、どの程度の時間を経て地上に顔を出すのでしょうか。こうした疑問は、水資源を保全するための基本的な情報につながるものであると同時に、地球上の水循環を研究する学問である水文科学の、基本的な研究課題でもあります。しかし、基本的であるにもかかわらず、それを明らかにすることは意外に難しく、水の貯留量や地下水の移動時間(滞留時間と言います)が正確にわかっている山は、多くはありません。筑波山は、図1に

示されるように、山頂付近には、はんれい岩という割れ目の多い岩石が、また山麓部には花崗岩という硬い岩石が分布し、その上に、山頂付近から運ばれてきた土砂などが堆積するという、少し珍しい地質条件から構成されていますが、このような場所の水環境を正確に見積もった研究は多くはありません。

また、本学が立地するつくば地域のシンボルである筑波山と、その周辺の水環境を明らかにすることは、基本的に重要であると言えます。このような観点から、私は同僚や学生達とともに、筑波山周辺の湧水、渓流水、地下水の水質を測定してきました。ここでは、その成果の一端をご紹介しますとともに、水質からどのようなことが考えられるのかをお話します。

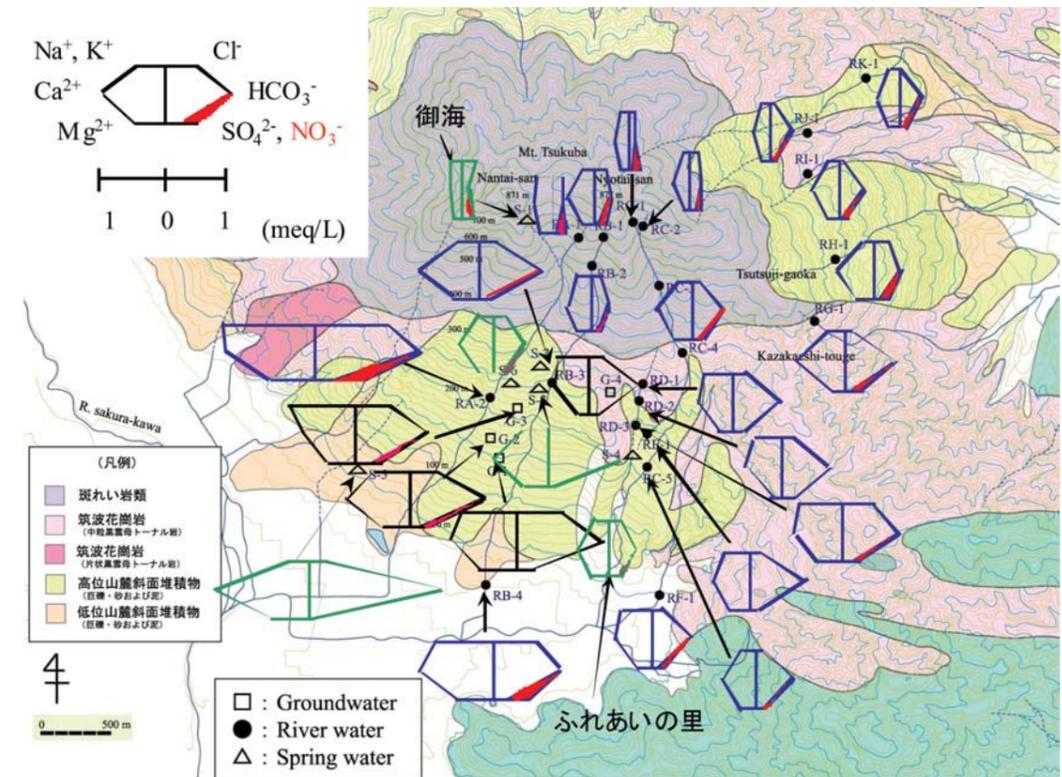


図1 筑波山周辺の地形・地質図と、水質の空間分布を示したヘキサダイアグラム(数崎ほか, 2007)

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

## 2. 水質の空間分布

我々は、よく「水質の空間分布」ということを言います。これは、湧水や渓流水、地下水などの水質の場所による違いから、湧水の起源、地下水の流れ、滞留時間を考察できるからです。水質には、その水がそれまでに経てきた履歴が反映されています。たとえば、湧水や地下水の水質は、どの場所で地下に浸透した水が、どのような地質条件の中を、どのくらいの時間をかけて流れてきたかということや、人間活動の影響をどの程度受けているのかといった情報を提供してくれます。もちろん、水質だけから以上のすべての情報が一義的に判明するわけではなく、湧水量、地下水位など他の情報と組み合わせた上で判断します。

そこで使われるのが、図1に示されたグラフです。図1は、筑波山周辺の地形図と大まかな地質図の上に、水の中に含まれる溶存イオン濃度を示したものです。六角形の形は、ヘキサダイアグラムとよばれ、中心線から各頂点までの長さが、 $\text{Na}^+$  (ナトリウム)、 $\text{K}^+$  (カリウム)、 $\text{Ca}^{2+}$  (カルシウム)、 $\text{Mg}^{2+}$  (マグネシウム)、 $\text{Cl}^-$  (塩素)、 $\text{HCO}_3^-$  (重炭酸)、 $\text{SO}_4^{2-}$  (硫酸)の各イオン濃度を示しています。また、硫酸と重炭酸イオンに重ねて赤で示されているのは、

$\text{NO}_3^-$  (硝酸)イオンの濃度です。ダイアグラムが大きいことは、溶存成分が多く含まれており、また地中を相対的に長い時間かけて流動して来たことを示唆します。そのように考えてグラフをみると、山頂に近いところに比べ、標高の低いところの方が、渓流水、湧水のいずれもヘキサダイアグラムが大きく示されており、標高が低い山麓部の水が、相対的に長い時間をかけて地中を流動してきたことが示唆されます。たとえば、男体山頂の南下にある御海の湧水(写真1)と、南山麓にあるふれあいの里湧水(写真2)のダイアグラムを比較すると、後者の方が多くの溶存成分を含んでいることが明瞭です。

また、ダイアグラムの形を比較してみましょう。ふれあいの里湧水は、横にふくらんだそろばん型を示すのに対し、御海の湧水はやや頭でっかちの形状です。一般的に、降水の水質は、ナトリウムイオンや塩素イオンが相対的に多く、上の部分が大きなダイアグラムを示すのに対し、地下水や湧水では、地中の流動過程で岩石や土壌からカルシウムイオンや重炭酸イオンが付加されるので、そろばん型のダイアグラムになります。御海の湧水は、地中での滞留時間が短く、降水の水質特性をまだ残していますが、ふれあいの里湧水では、ある程度の時間地中を流動し

てきたため、一般的な湧水の水質特性になっています。

さて、ヘキサダイアグラムの色に注目すると、かなり標高の高い湧水や渓流水でも、赤い色、すなわち硝酸イオンが含まれていることに気づかれるでしょうか。一般に地中の窒素は、植物によって吸収されますので、雨が降っていないときの湧水や渓流水に、硝酸イオンはそれほど多くは含まれません。このように、明瞭に硝酸が含まれるということは、人為起源の硝酸付加を考える必要があります。硝酸イオンは、化学肥料や未処理のし尿によって、地下水に付加されます。すなわち、筑波山頂付近のトイレの問題が、湧水や渓流水の水質に現れていると言うことができます。

## 3. おわりに

このように、湧水や溪流、地下水の水質の空間分布を調べることは、対象地域の水環境を診断することになります。水の滞留時間というのは、言い換えると入れ替え時間と言えますので、一度水が汚染された場合、浄化にどの程度の時間を要するのか、そのための重要な情報になります。また、硝酸イオン濃度は、人為による汚染の一つの指標になります。こうした種々の情報を蓄積することが、その地域の本来の水環境の姿や、現状の問題点を浮き上がらせてくれます。こうしたアプローチには、地道な現地調査と詳細な化学分析を継続して行うことが必要です。私は、水の診断を通じて、地域における水環境のホームドクターになることを標榜しています。これからも、持っている技術を駆使し、様々な地域で水環境に対峙していきたいと思っています。

引用文献:

藪崎志穂・田瀬則雄・辻村真貴・林 陽生(2007):名水を訪ねて(77)筑波山の名水. 地下水学会誌, 第49巻2号,153-168.



写真1 御海の湧水(写真提供: 田瀬則雄教授)



写真2 ふれあいの里の湧水(写真提供: 田瀬則雄教授)

筑波山の自然環境を知ろう！

環境教育の現場 — 斜面温暖帯の観察 —

生命環境科学研究科 講師 植田 宏昭

1. 斜面温暖帯とは

筑波山の西側斜面では、古来より在来種のフクレ(福来)みかんが自生し、昭和30年代からは観光を主目的とした温州みかんの栽培が行われています(写真1)。一般にミカンの栽培条件は、年平均気温が15℃以上であること、さらに最寒月の最低気温が氷点下1℃以上であるとされています。そのため、四国や東海地方など、暖流が日本列島を洗う太平洋沿岸はみかんの一大産地になっています。ではなぜ、筑波山でみかんを栽培できるのでしょうか。その鍵は、冬季に発達する逆転層、山岳上を流れる冷気流、そして上空から降りてくる下降気流にあります。その様子について模式図を使って説明したいと思います(図1)。



写真1 一般的な温州みかん(上)とフクレみかん(下)

一般に気温は上方ほど低くなり、100mにつき約1℃近く温度が下がります。これを気温減率といいます。ところが、夜間から早朝にかけてよく晴れた場合、言い換えると雲がない場合には、地表の熱が宇宙空間に放熱され、地表付近の気温は低下します(放射冷却)。結果として地表から上空に行くに従って気温が上昇する

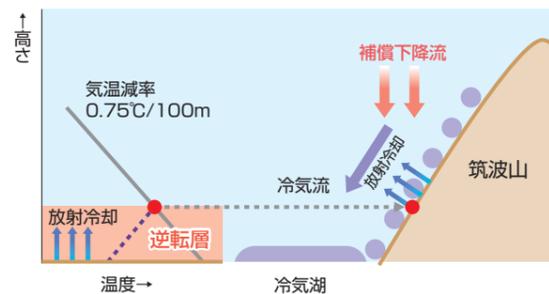


図1 斜面温暖帯の概念図。左側は気温減率と逆転層の説明、右側は山の斜面が逆転層内にあった場合の気象状態を模式的に示している。

大気層が出現します。通常に比べて気温減率の傾きが反対になっているので、この大気層のことを逆転層と呼んでいます。逆転層内は相対的に冷たく重い空気の上に暖かく軽い空気が乗っている状態ですので、大気は上下方向にかき混ぜりにくく安定になります。つまり鉛直方向の循環が弱くなります。そのため、逆転層内で放出された大気汚染物質などは逆転層内に閉じ込められています(写真2)。

次に逆転層が関東平野一帯に発達し、そこに筑波山があった場合について考えてみましょう。再び図1をご覧ください。みかん園のある山の中腹は逆転層の頂部にあたるため、気温が麓に比べて暖かくなることは容易に想像されます。しかしよく考えてみると、山の斜面は宇宙空間から見れば地表です。つまり放射冷却によって斜面上の気温は本来であれば低くなるはずですが、ではどうして斜面上の気温が下がらないのでしょうか。山の地表付近に形成された冷たく重い空気は、地面が傾いているので重力に従って斜面上を麓へと流れ出します。この斜面上の気流のことを冷気流と呼び、平野部では冷気流が溜まった冷気湖が形成されます。筑波山の西側斜面は段差などの大きな障害物がなく、なだらかな山容であるため冷気流が発生し易いと考えられています。つまり、地形的にも斜面温暖帯の形成に有利な条件を備えているわけです。



写真2 12月の早朝6時頃撮影。野焼きの煙が逆転層の最上部を水平方向にたなびいている。

最後に下降流の効果について紹介しておきたいと思っています。冷気流が発生すれば、どこからか流れ出た空気を補う必要があります。山からは空気は湧いてきませんので、残りは上空からということになります。この補償流が生じると、空気が圧縮されるため気温が上昇します。専門的には断熱圧縮現象と呼ばれていますが、鉛直流の観測が困難なことから、現段階では仮説の域を出ていないことを付記しておきます。

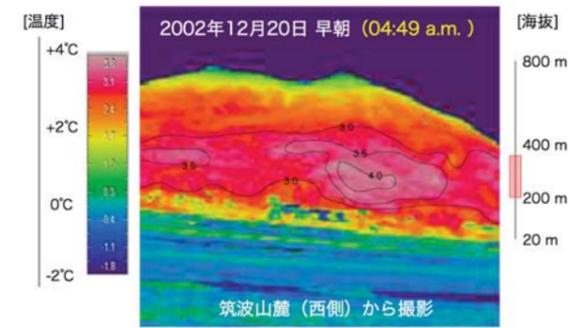


図2 2002年12月20日午前4時49分に撮影された筑波山の熱映像写真(真壁から筑波山の西側斜面をとらえたもの)。

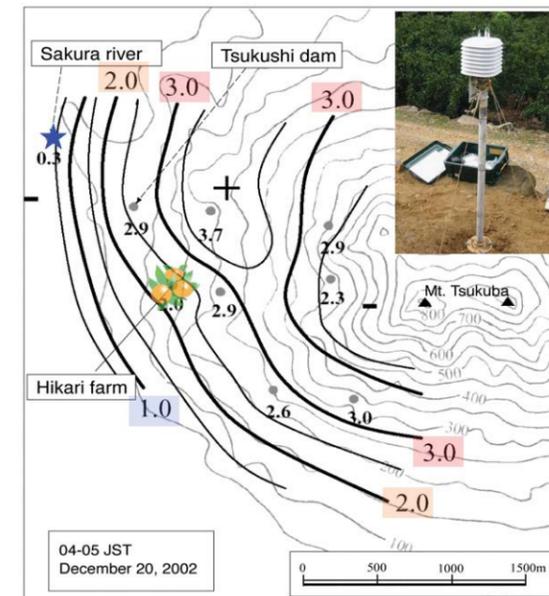


図3 筑波山の西側斜面に展開した温度記録計による2002年12月20日午前4-5時の気温分布。観測点はドットで示す。等値線は1℃間隔。Hikari farmと記されたみかん園を中心とする高度の気温が他の高度に比べて相対的に高くなっている。

2. 観測結果

自然学類開設授業「気候学・気象学野外実験」の一環で2002年の冬に斜面温暖帯の集中観測を行いました。図2は、良く晴れて風が静穏であった2002年12月20日の早朝4時49分の熱映像写真(サーモグラフィ)です。旧真壁町の桜川沿いの水田から筑波山の西側斜面を撮影しています。麓の平野部では放射冷却と冷気湖の形成により、氷点下2℃近くまで気温が下がっています。一方、みかん園のある高度200~300mの気温は4℃前後になっています。麓に比べて5~6℃気温が高い領域が帯状に見られ、典型的な斜面温暖帯が発現していることが一目でわかるかと思えます。

図3は同日の早朝4時から5時における、斜面上1.5mの気温分布を等値線で表したものです。みかん園のある標高200~300mを中心に気温が3℃前後になっていて、そこから山頂および山麓に向かって温度が下がっています。この結果は熱映像写真の解析と一致しています。集中観測時には、気温の鉛直構造についてヘリウムを充填した気球の先に温度計を付けて1時間間隔で観測していました。図4は、午前7時の桜川(5m)、つくし湖(20m)、みかん園(150m)での高さ35m付近までの気温の鉛直プロファイルを示しています。桜川(△)では気

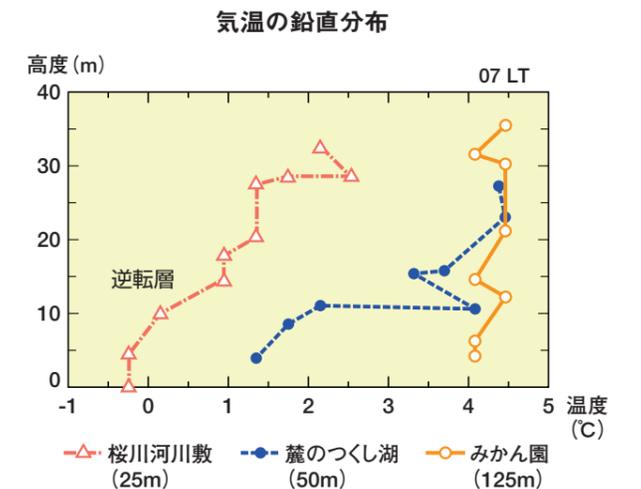


図4 繫留気球による筑波山の西側斜面における上空の気温分布。麓では逆転層が発達しているが、みかん園のある山腹付近は、地表から上空40m付近まで4℃以上の暖かい空気塊に覆われていることがわかる。

温が上方ほど下がっており、逆転層が発達していることがわかります。一方、みかん園のある山の中腹(○)では、地表付近から上空まで気温が4℃以上になっていて、斜面上は暖かい空気に厚く覆われていることが明らかになりました。

### 3. 環境教育と社会貢献

最近インターネットを使って気象観測データを入手するのがあたりまえになりました。しかしながら観察対象はあくまでも地球ですので、フィールドワークの重要性は変わりません。むしろ、多くの大学教育や研究が計算機至上主義に走る中、その重要性はますます増していると言っても過言ではないでしょう。このような背景を鑑み、気候学・気象学分野では、学生が自ら観測したデータを解析・研究することを重視し、バランスの取れた自然科学者の育成を心がけています。東京教育大学がつくばに移転した当初は、筑波山での気象観測が盛んに行なわれていました。爾来30年、気象観測測器の目覚ましい進歩により新たな観測ができる状況となりました。

前章でご紹介しました2002年冬の集中観測を契機に、斜面温暖帯に興味を持つ学生が現れるなど、教育効果が少しずつ現れ始めました。実際には卒業研究のテーマとして取り組むことになり、2003年から2004年にかけて、2名の学生が中心となって通年での斜面温暖帯の観測を行いました。途中、温度記録計(ロガー)の紛失や、台風や雪などによる欠測など、様々なアクシデントがありましたが、なんとか研究に耐えうる基礎データを取ることができました。これらのデータを基に斜面温暖帯の月別の発生頻度を算出したところ、地点によって若干の違いはあるものの、11月から1月にかけて平均して2日に1回の割合で斜面温暖帯が発現していることがわかりました。

2002年の筑波大学着任当初は、地元の方々のお付き合いから観測計画の立案など、初めてのことに戸惑うばかりでした。また40人以上の学生を引き連れての徹夜観測や毎月の登山を通して、観測の難しさも身をもって体験しました。しかしながら、学生と一丸となって地道にデータを取り、研究成果を論文という形で世に発表して

いく経験をしたことで、忘れていた地球科学研究の面白さを再発見できたと思っています。また、このような取り組みが広く社会に認知されたことに関連し、筑波山頂で廃止されたアメダス気象観測施設の代替設備を、本学を中心に復活させることができました。詳細に関しては、平成19年12月につくば国際会議場にて開催された「筑波大学社会貢献プロジェクト ―筑波山を知ろう―」にて、成果発表させていただいたところです。

最後になりましたが、2008年の6月から「筑波山ぐるっ一周観測」と題して通年の観測を予定しています。どのような結果が得られるか楽しみです。

[補足]

観光みかん園は10月中旬から12月中旬まで開園しています。入園料300円で食べ放題です。またもぎ取ったみかんは1キロ300円で持ち帰ることも可能です。筑波山の紅葉狩りの季節にぜひ足を運んでみてはいかがでしょうか。

## つくば3Eフォーラムと筑波大学の役割

生命環境科学研究科 教授 井上 勲

本稿では「つくば3E(環境、エネルギー、経済)フォーラム」について、活動の経緯を紹介し、併せて若干の考えを述べたいと思います。

### 1. 第三期科学技術基本計画の衝撃

筆者は藻の基礎研究が専門で、開発研究からほど遠い世界の住人です。温暖化やエネルギー問題については、門前の小僧でいろいろ勉強しましたが、どうあがいても素人で、一知半解の誹りは免れません。そんな筆者が、つくば3Eフォーラムで、2030年までにつくば市のCO<sub>2</sub>排出量を50%削減すると宣言し、活動しています。我ながら慣れないことをやっていますが、これは以下の経緯によります。生命環境科学研究科長を務めていた一昨年、研究科の将来について活発な議論がありました。そこで話題に上ったのが、第三期科学技術基本計画において、筑波研究学園都市の、1)大学、研究機関の連携、融合の推進、2)国際化、そして、3)老朽化対策が謳われていたことです。基本計画に明文化されたことは、筑波研究学園都市が大きな課題を負ったということです。大学と研究機関はそのことを認識すべきとの議論が起きました。そこで、執行部において、内閣府から科学技術政策担当大臣と3名の総合科学技術会議議員をお招きして、講演会「科学の発展と絶えざるイノベーションの創出」を開催しました。これを機に、つくばに連携を進める気運が生まれました。第三期科学技術基本計画は、つくばが変わる起爆剤でした。

### 2. 学園都市における筑波大学の役割

研究科長の任期終了後、岩崎学長から、泉副学長を補佐して学園都市の研究機関との連携を担当するよう指示がありました。それまでは、研究科長として大学院専攻を研究機関に設置することを目指していました。しかし、ある機関から、連携には具体的なしかも学園都市を作り替えるぐらいの研究課題が必要と言われ、多くの研究機関が関わることのできる課題を筑波大学から提示する必要が生じました。さまざまな機関との対話を通じて

分かったことは、大学には研究機関や研究分野を横断的につなぐ役割があるということでした。大学の自由な研究者は、課題対応型の研究機関をつなぐ役割を担えるのです。しかも、本学は多くの研究分野をもつ総合大学です。しくみさえ構築できれば、多くの課題について、学園都市の連携に貢献できるはずでした。

### 3. つくばエコシティー構想と3Eフォーラム

昨年の2月に気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次報告書が発表され、人間活動によって地球温暖化が進行していることがほぼ断定されました。個人的には遅きに失したという思いを抱きながらも、世界がこの問題に取り組むことを歓迎しました。そして、この状況に何らかの方策を示すことが、筑波研究学園都市の責務であり、学園都市が連携して取り組む対象は、地球環境問題において他にないと考えるようになりました。つくばで温室効果ガス排出削減の研究開発を進め、健康で文化的な社会を実現すると同時に、つくば市を本来あるべき国際的なサイエンスシティーに変貌させることができないか?都市づくりには、理工農だけでなく、人文社会、医学、体育、芸術など、筑波大学の多くの分野の参加が必須で、全学的な取り組みになります。それを「つくばエコシティー構想」(図1)にまとめ、研究機関、つくば市、茨城県に提示しました。その間、安倍前首相がG8ハイリゲンダム サミットで「Cool Earth 50」を提案するなど、わが国の方針が示されたことで、筑波研究学園都市の役割はさらに明確になりました。そして、紆余曲折はありましたが複数の研究機関と行政の賛同を得て、昨年10月末エネルギー問題と温室効果ガス削減に関わる部分に先行的に取り組むとして、つくば3Eフォーラム実行委員会を発足しました。そして、12月15、16日に第1回つくば3Eフォーラム会議を開催し、筑波研究学園都市の意志を「つくば3E宣言2007」として発信しました。筑波大学と関連研究機関、つくば市と茨城県は、手を携えてルビコン川を渡ったこととなります。学長はじめ各機関のトップの

方々の高邁な決断がなければ、3Eフォーラムが日の目を見ることはなかったでしょう。

#### 4. 機会としての温暖化、環境問題

温暖化対策については、何年も前から多くの議論が進められてきましたが、ついに社会の大きな動きになりつつあります。しかし、真の意味での取り組みはこれからです。必要な取り組みは、科学技術の改善や革新的技術開発にとどまりません。ライフスタイルのあり方や、産業革命以来の変革の中で、新たな価値観や世界観を育む思想や哲学の創出も必要です。「環境」は、あらゆる学問分野が結集して取り組むべき対象です。縦割りの弊害で、連携や融合はほとんど進みませんでした。今、それが求められています。困難が予想されますが、環境問題への取り組みは、大きな機会と認識することが大切だと思います。現在は文明の転換点にあります。新

なパラダイムのなかで、科学技術から健康や教育まで、統合的なイノベーションが生まれてくるはず。筑波研究学園都市がこのパラダイムシフトを進めるしくみを構築できるかどうかにかかっています。筑波大学はそのために自らの役割を正しく認識して、活動しなければなりません。

#### 5. つくばエコシティー推進グループ

今年2月、学内に「つくば・地域連携推進室」が設置され、その中に「つくばエコシティー推進グループ」ができました。大学のさまざまな分野の若手の教員に参加してもらい、文理を融合して、環境都市構築に関わるさまざまな課題に取り組んでいきます。今後、つくばで具体的な活動が始まると思われませんが、筑波大学として対応する体制が構築されつつあります。

#### 6. 筑波研究学園都市の潜在力

3Eフォーラムを通じて、つくばには大きな潜在力があることを感じています。学生が主体的に3Eカフェを立ち上げ、活動を始めました。市民団体の活動も活発で、意識の高さに驚かされます。3Eフォーラムのタスクフォースには多くの分野の研究者が集います。環境モデル都市立候補にあたってつくば市が設置した環境都市推進委員会には、産業界を含むさまざまな団体が参加して、議論を繰り広げました。これだけの多様な人材が意志を持って集まることのできる都市を他に知りません。タスクフォースで、ある参加者が「これだけ多くの機関の研究者が一堂に会している。それが前進だ」と発言されました。それぞれ機関の都合があると思いますが、それでも、共通の目的で同じテーブルにつけるようになりました。これまでは、3Eフォーラムという不安定な組織で連携の道を探ってきました。これから具体的な取り組みが始まろうとしています。潜在力を引き出し連携を推進する、より公的なしくみが求められています。

#### 7. これから

第2回3Eフォーラム会議が5月31日と6月1日に開催されました。第1回会議が情報の共有だったとすれば、今回は、何ができるか、何をすべきかを議論する会議でした。第3回は、つくばで進行する具体的な取り組みを国際的な尺度で評価する会議になるでしょう。筑波研究学園都市、そして筑波大学の意志と力量が問われています。

### つくばエコシティー・イニシアティブ (つくばエコシティー構想)

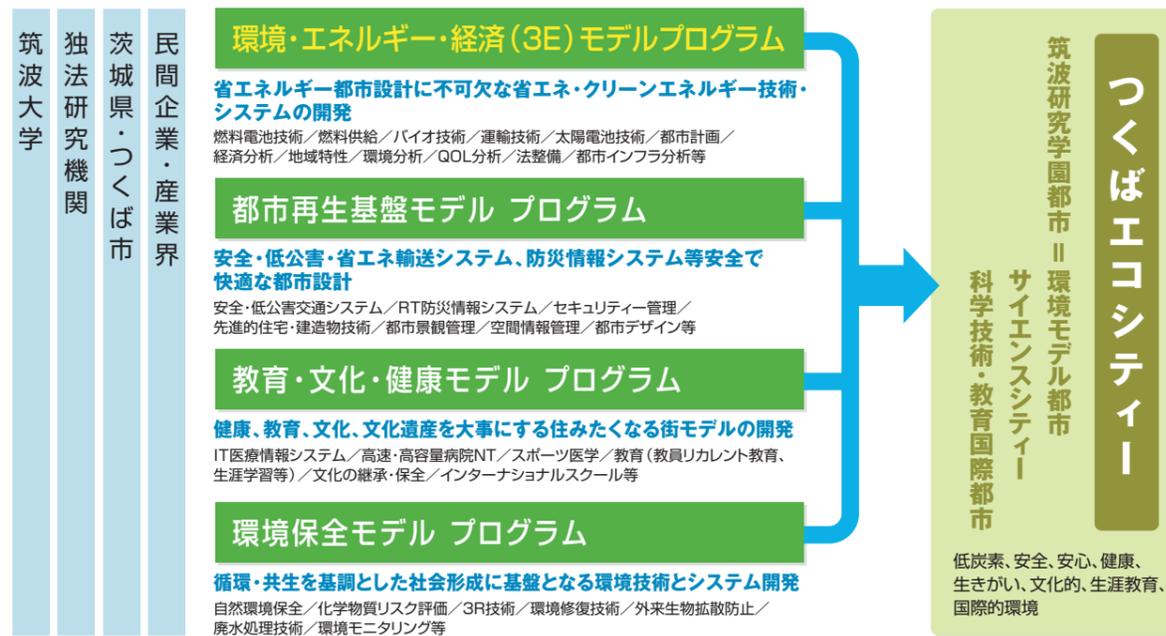


図1 つくばエコシティー構想

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

## 地球温暖化問題と今後の対応について

システム情報工学研究科 教授 内山 洋司

地球温暖化の原因については、これまで長い論争が繰り返されてきた。温暖化は人々の経済活動によって排出される二酸化炭素やメタンなど人為的な温室効果ガスが原因であると唱える「人為説」と、太陽活動と地球公転の周期的な変化によって1,500年周期で大きな変化が、短期的には数十年で繰り返し起きる現象だと主張する「太陽周期説」の2つの考え方である。地球の気温と二酸化炭素濃度の関係は「鶏と卵」の論争でもある。すなわち、気温上昇は大气中の二酸化炭素濃度の上昇によるという主張と、そうではなく太陽活動の変化によって気温が上昇し海水中の二酸化炭素が放出されるという逆の主張であった。

私がエネルギー問題を研究し始めた約30年前は、まだ太陽周期説が主流であった。しかし、1972年にスウェーデン、ストックホルムで開催された国連人間環境会議をきっかけにして、地球規模の環境問題に対する世界の関心が高まり、1973年に「国連環境計画 (UNEP)」が設立され、1977年に「国連砂漠化防止会議」が開催され、その後、1979年の「長距離越境大気汚染条約」、1982年の「国連海洋法条約」、1985年の「ウィーン条約」、1986年の「モントリオール議定書」など環境問題に関する国際条約が次々と締結された。地球温暖化についても、人為説を支持する科学者の数が次第に増え始め、1988年には国際的な専門家をつくる、地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間機構である「気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)」が国際連合環境計画と国際連合の専門機関である世界気象機関によって設立された。

IPCCは、気候変化に関する科学的な判断基準の提供を目的としており、地球温暖化に関する最新の科学的知見の集約と評価を行い、数年おきに地球温暖化に関する「評価報告書」(Assessment Report)を発行するほか、特定のテーマについて特別報告 (Special Report)、技術報告書 (Technical Paper)、方法論報告書 (Methodology Report)などを発行している。第

一次評価報告書 (FAR)は1990年、第二次評価報告書 (SAR)は1995年、第三次評価報告書 (TAR)が2001年に発表され、そして第四次評価報告 (AR4)が2007年のIPCC第27回総会で承認された。

最新の第四次評価報告書は、3つの作業部会とそれらを支えるタスクフォースによって作成された。作業部会は、気候システム及び気候変動に関する科学的知見を評価する「第一作業部会 (WGI)」、気候変動に対する社会経済システムや生態系の脆弱性、気候変動の影響及び適応策を評価する「第二作業部会 (WGII)」、それに温室効果ガスの排出抑制及び気候変動の緩和策を評価する「第三作業部会 (WGIII)」で、それぞれの作業部会に対して日本からは気象庁、環境省、地球産業文化研究所が支援した。報告書は、約700名のリード・オナー (日本からは30名が参加)と呼ばれる人達によって執筆された。

最新の科学的知見が集約したAR4は、結果的には地球温暖化が人為的に放出されている温室効果ガスによるものであるとほぼ断定し「人為説」を支持している報告書となっている。また、その影響を回避するためには早急かつ大規模な緩和策が必要になるなど、TARと比べて一歩踏み込んだ内容である。

①「我々を取り巻く気候システムの温暖化は決定的に明確であり、人類の活動が直接的に関与している。(WGI)」:TARでは“可能性が高い”という表現であったが、AR4では気候システムに温暖化が起こっていると断定しているとともに、その原因が人為起源の温室効果ガスによるものであると、より踏み込んだ記述となっている。温暖化の影響を定量的に評価する指標である「放射強制力 ( $W/m^2$ )」は、人為起源の温室効果ガスの値が0.6~2.4 ( $W/m^2$ )、それに対して自然起源の値が0.06~0.30 ( $W/m^2$ )となっており、両者の間には約10倍の違いがある。

②「気候変化はあらゆる場所において、発展に対する深刻な脅威である。(WGII)」:TARでは、「最近の地域的な気温変化が、既に多くの物理・生物システムに対

して識別可能な影響を及ぼしていることについての確信度は高い」という表記に対して、観測された温暖化と影響に関して、気温や水温の変化や水資源、生態系などへの影響のほか、人間の社会に及ぼす被害など、より広範かつより確信度の高い評価を可能にしている。

③「地球温暖化の動きを遅らせ、さらには逆転させることは、我々の世代のみが可能な挑戦である。(WGIII)」:気候変動の緩和策の効果、経済的実現性と温室効果ガスの濃度別に必要な緩和策の規模や被害等の分類などを評価している。緩和策の評価は、トップダウン方式であるマクロ経済・エネルギーモデルと、ボトムアップ方式である部門・技術別の個別緩和策の積み上げの、2つの方法によって実施された。

ボトムアップ方式の緩和策は7部門から成っており、それぞれについての緩和技術と効果が期待される政策を示すと表ようになる。報告書には、それぞれの対策が実施されると2030年までに、どれだけの削減効果があるかを定量的に推計している。私はSARとTARでは専門家 (expert)として参加し、AR4ではWGIII「気候変動の緩和」のリード・オナーとして第4章「エネルギー供給」の執筆作業に加わった。ゼロ次ドラフトから一次・二次・最終ドラフトまで、毎回、異なるセクションを任せられ執筆や数百に及ぶレビューへの返事を担当した。報告書は、査読付きあるいはそれに準ずる公表文献をもとにして作成されなければならない。しかし、執筆期間中に原油など燃料価格の高騰や、原子力発電への理解が回復し始めるなどエネルギー情勢が大きく変化した。しかし、論文が公表されるまでに1年から2年は最低かかるために、それらの変化に対応した論文を見つけることができず苦労した。最終的には、2030年におけるエネルギー供給の緩和策として、天然ガスへの燃料転換、省エネルギー技術、再生可能エネルギー、二酸化炭素回収貯留技術、それに原子力発電などの削減ポテンシャルを先進国と途上国で定量的に評価することになった。その評価は、最後の会合で案が提出され、執筆者全員が合意する時間もなく取りまとめられたために、結果については自信を持ってない部分もある。今後の課題としては、国や地域のエネル

ギー事情や政策を考慮して評価の精度を高めていくことが必要になる。

温暖化問題については、2007年末に「不都合な真実」を著したアメリカのアル・ゴア元副大統領とIPCCのノーベル平和賞の受賞によって、人々の関心がわかにかまってきた。しかし、最近の過熱振りをみると、それが政治的に利用されていることは否めない。特にEUはヨーロッパ統合の重要政策課題として環境問題に取り組んでおり、中でも温暖化対策については国別排出枠、環境税、排出権取引など、環境面から国際社会をリードしていこうとする意図が伺える。日本もこういったヨーロッパ諸国の動きに対応して、G8洞爺湖サミットで温暖化問題を最重要課題として取り上げ、国際社会において主導権を確保しようとしている。

地球の温暖化は進んではいるが、その原因については、「太陽周期説」を唱える科学者の反論があって、どこまでが人為的かは科学的にまだ完全に明らかにされたわけではない。この問題は、人類の持続可能でない発展に対する警告の一つと理解すべきである。地球規模で進んでいる大量の資源消費と大規模な環境破壊を改める時期に来ており、そのためには天然資源の大量消費に依存して発展する産業活動や人々のライフスタイルのあり方を変革していかなければならない。それは、世界規模で長期的に取り組まなければならない課題である。課題を克服していくためにはそれぞれの国や地域で、一時的に人々に過大な負担を強いることのないように、長期的な視点から持続可能な社会を創出する必要がある。また、一部の人の投機的な行動によって国際社会が混乱に陥らないよう注意しなければならない。炭素の排出権取引に群がる投資家によるマネーゲーム、バイオ燃料の大量生産による生態系破壊や食糧価格の高騰、資源の新たな争奪戦など、国内外において環境問題を悪用する行動への監視が大切になる。

## 地球温暖化による健康への影響

人間総合科学研究科 教授 本田 靖

■表 部門別の主要な緩和技術および実施方法

部門	現在商用化されている 主要な緩和技術および実施方法	環境効果が現れた政策、措置と手法
エネルギー供給	供給および流通効率の改善、 石炭からガスへの燃料転換、原子力発電、 再生可能熱と電力、コージェネレーション、 二酸化炭素隔離技術 (CCS) の早期適用	<ul style="list-style-type: none"> <li>化石燃料への助成金削減</li> <li>化石燃料への環境税または炭素税</li> <li>再生可能エネルギー技術の導入義務と固定買取り制度</li> <li>生産者への助成金</li> </ul>
運輸	低燃費の車、ハイブリッド車、 クリーンなディーゼル車、バイオ燃料、 道路から鉄道と公共交通システムへのモーダル シフト、自転車・徒歩、土地利用と交通計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路輸送への強制的な燃費基準</li> <li>バイオ燃料の混合およびCO<sub>2</sub>基準</li> <li>車の購入、登録、利用、燃料への課税。 道路通行料、駐車料金</li> <li>土地利用規制、モビリティコントロール重視の インフラ整備</li> <li>公共交通機関の利用とモーダルシフト</li> </ul>
建築	高効率照明および太陽光の取り入れ、 高効率電化製品・冷暖房設備、 高効率調理器具、断熱性の改善、 パッシブ・アクティブなソーラーデザイン、 代替冷媒、フロンガスの回収と再利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気器具の基準強化とラベル表示</li> <li>建築基準および認可</li> <li>需要側管理プログラム</li> <li>公共部門主導のプログラム</li> <li>エネルギーサービス企業へのインセンティブ</li> </ul>
産業	高効率電力設備、熱及び電力の回収、 材料のリサイクル、CO <sub>2</sub> 以外のガス排出量の制御、 プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準についての情報提供</li> <li>性能基準の強化</li> <li>助成金、税控除</li> <li>排出権取引</li> <li>自主協定</li> </ul>
農業	土壌炭素貯留量増加のための作物耕作と放牧 用の土地の管理方法の改善、栽培ビート土壌と 劣化土壌の回復、CH <sub>4</sub> 排出量削減のための家 畜と堆肥の管理方法の改善および稲作技法の 改善、N <sub>2</sub> O排出量削減のための窒素肥料の利 用法改善、バイオエネルギー用林業製品の使用、 エネルギー効率改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地管理の改善、土壌の炭素含有量保持、 灌漑の効率的な運用と肥料の効率的な利用 への資金援助</li> </ul>
林業・森林	新規植林、再植林、森林管理、 森林減少の削減、伐採木材製品の管理、 バイオエネルギーへの林業製品の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>森林の拡大、森林減少の削減、森林の保持 と管理へ向けた資金インセンティブ</li> <li>土地利用の規制と施行</li> </ul>
廃棄物管理	埋立地メタンの回収、 エネルギー回収を伴う廃棄物焼却、 有機廃棄物の堆肥化、制御された廃水処理、 リサイクルおよび廃棄物量の最小化	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物や廃水管理方法の改善への資金イン センティブ</li> <li>再生可能エネルギー導入へのインセンティブ あるいは義務</li> <li>廃棄物管理の規制</li> </ul>

### 1. はじめに

#### エピソード

「地球は本当に温暖化しているのかい？」

と、友人は聞きました。

「うーん、まあそういう人もいるし、10年ほど前は寒冷化に向かうと言っている人もいたみたいだし、よくわからないんじゃないかな。」

1980年代の終わり、私はアメリカ合衆国のアラバマ州に留学しており、友人宅で食事を御馳走になりながら、こんな会話を交わしていました。まさにこのころ、危機感をつのらせていた国連環境計画と世界気象機関が、「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)を設立したのです。

その頃は、よもやIPCCに関わることになろうとは全く思ってもみませんでした。しかし、数年後、日本に帰国して国立環境研究所に移り、地球温暖化の健康影響について、環境研究所の先輩方と研究を続けているうちに、IPCCの第4次報告書執筆に関わることになりました。報告書には何百人もの研究者が携わり、2004年のウィーンでの会合を皮切りに、作り上げた原稿を世界の国々の研究者や政府の人などに批判してもらい(私の参加した章だけでも、批判の数は1,000項目近くにのぼりました)、すべての批判に答える形で原稿を仕上げ、最後に参加国の承認を経て、2007年秋、ようやく報告書が出版されました。

#### IPCC第4次報告書

これまでの報告書は、第1次1990年、第2次1995年、第3次2001年と、約5年ごとに出版されました。特に、第2次報告書は京都議定書の採択に重要な役割を果たしてきました。そして第4次報告書では、地球温暖化が人為的な要因で起こっていることをほぼ確実であると報告し、その功績から、IPCCはアメリカ合衆国の元副大統領、アル・ゴア氏とともに2007年のノーベル平和賞を受賞したのです。

なお、IPCCの報告書は3つの作業部会(第1作業部会は自然科学的根拠、第2作業部会は影響・適応、第3作業部会は緩和策を扱う)からなっています。私は第2作業部会のうち、アジアの章を担当し、健康の章を担当する

研究者とも連絡をとりながら、アジアでの健康影響について執筆しました。

### 2. 地球温暖化の健康影響

#### 世界の影響

WHO(世界保健機関)は、1961-1990年を基準とした時の2000年における温暖化の影響を推測しました(McMichael他、2004年)。その報告では、低栄養や下痢性の疾患が世界的には主要な問題で、特に、東南アジアやアフリカが大きな影響を受けていました。

最近のニュースでも、オーストラリアの干ばつ、ロシアなどの穀物輸出制限、農作物のバイオ燃料へのシフトなどから食料が不足し、暴動が起こっている国もあります。温暖化によって農作物がとれなくなってくるのは赤道に近い発展途上国と考えられていますから、温暖化の進行に伴って、暴動なども頻発することが予想されます。

#### 日本の影響

一方で、経済的に恵まれ、公衆衛生の制度や設備も整っている日本の影響は、直接的な影響としての、熱ストレスによる熱中症や超過死亡の増加が中心になります。そうはいっても、先進国に間接的な影響がないわけではありません。一例を紹介しましょう。オーストラリアでは、干ばつによる農民の自殺、精神的問題(鬱病の増加)が問題になり始めています。そのこと自体もオーストラリアの健康問題ですし、食料輸出国が輸入国に転じたり、中国・インドなどで人口が増えることで必要な食料が増加したりすると、食糧自給率の低い日本でも、食糧不足の問題が起こるかもしれません。このような間接影響は、様々な分野の研究者が共同で研究する必要があり、まだまだ十分に研究されているとは言えません。

ここからは、私たちが研究した、熱ストレスによる死亡影響について説明します。

図1は、北海道での日最高気温と死亡率の関連を示しています。一日ごとの関連をまず点で表し、1972年から1995年までの24年間の点から日々の偶然変動を除いて

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

## 中国内モンゴル自治区での慢性ヒ素汚染の実態と改善

人間総合科学研究科 教授 熊谷 嘉人

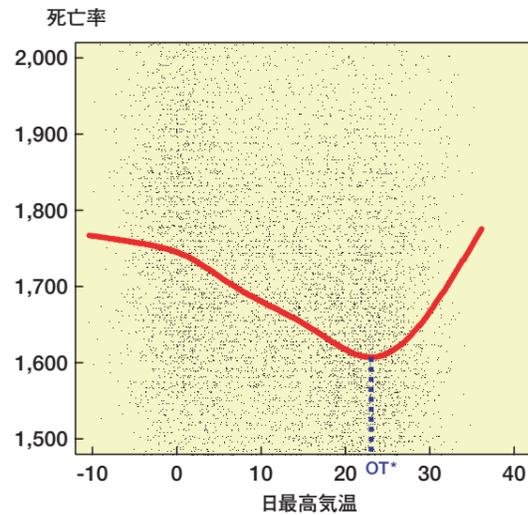


図1 日最高気温と死亡率の関連(北海道、1972-1995年)  
\* OT (=optimum temperature、至適気温)は死亡率が最低になる気温。  
注:死亡率は便宜上1億倍してある。

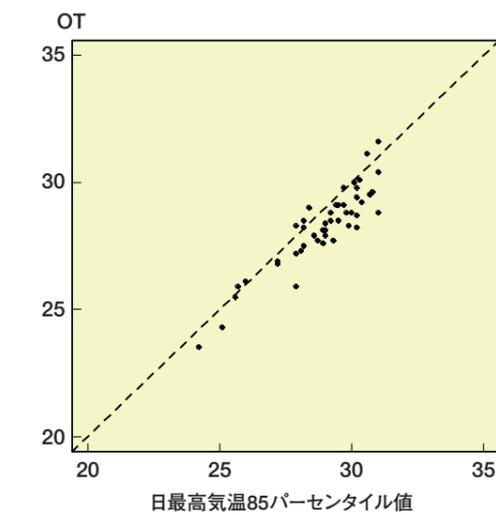


図2 日最高気温85パーセンタイル値とOTの関連  
(点線は、OT=日最高気温85パーセンタイル値となる直線を表しています。)

てやると、赤で示した滑らかな回帰曲線が得られます。このように、ある気温、OT (=optimum temperature、至適気温)で死亡率は最低を示し、それより気温が高くて低くても死亡率は高くなります。「気温30°Cで死亡するなんて」と思われるかもしれませんが。しかし、体力の衰えた人や、もともと心臓や肺に病気を持つ人たちにとっては、30°Cでも体調を崩し、死亡する可能性があるのです。

図1で見たOTは、気候によって異なります。北海道のように涼しい地域では低く、九州、沖縄県のような暖かいところでは高くなるのです。私たちの研究で、47都道府県のOTが、日最高気温の85パーセンタイル値と近いことがわかりました(図2)。この場合ですと85パーセンタイル値というのは、1972年から1995年の毎日の日最高気温全体のうち、その値以下の気温が85パーセントを占める値のことです。私たちは、図2の関連を用いて、日本が温暖化した時の影響を予測しました。また韓国、中国、英国などの研究者と共同で、この関連がもっと広い地域でも成り立つのかどうかを確認しています。

### 3. 今後の対策

既に発展途上国の温室効果ガス排出量が50%を越えていることから、先進国だけが排出量をゼロに抑えても50%削減は不可能という状況にありますし、影響も特に途上国で大きいことが考えられますから、途上国も含んだ世界全体での取り組みが必要になります。発展途上国は、地球温暖化に関わりなく、既に環境問題を含む様々な問題を抱えています。ですから、上に述べたような暴動などが起こらないようにすることはもちろん、持続可能な発展をとげられるような援助が必要になると考えられます。

また、IPCCは、どれほど努力して温室効果ガス排出を減少させても、温暖化はここ10年程度は続くと報告しています。ですから、温室効果ガスを減らす努力だけでなく、温暖化の進行にどう対応するかについても、十分に検討する必要があります。

#### 参考文献:

McMichael AJ, et al. (2004) Chapter 20 Climate Change. In Ezzati, M., A. Lopez, A. Rodgers and C. Murray, Eds., Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease due to Selected Major Risk Factors, Vols. 1 and 2. World Health Organization, Geneva.

ヒ素は自然界に広範に存在する半金属(メタロイド)で、その汚染は地球規模で見られている。アジアではバングラディッシュ、インド西部ベンガル地方、中国、タイ、ミャンマーなどが慢性ヒ素汚染地域として知られている。中国の慢性ヒ素汚染は主に飲料水を介する中毒、ヒ素を高濃度含んだ石炭燃焼からの吸入曝露と乾燥食物に付着したヒ素の経口摂取による中毒、および職場環境中での吸入曝露に由来する中毒の3つに分類することができる。特に中国における地下水の飲用による地域性ヒ素中毒は深刻で、1990年初めには重点的な予防・治療対象の地方病のひとつとして指定されている。これまでの報告によると、中国の地域性ヒ素多発地域でのヒ素曝露人口は200万人以上、そのうち数万人のヒ素中毒患者が発生していると推定されている。地域性ヒ素中毒のうち、内モンゴル自治区、山西省、新疆ウイグル自治区や台湾では井戸水の飲用に起因するヒ素中毒が多い。

一般にヒトが慢性的にヒ素に曝露されると、色素沈着、色素脱落、手のひらおよび足の裏の角質変性のような皮膚疾患、レイノー症候群のような末梢血管障害、台湾に代表される重度の動脈硬化症である烏脚病や高血圧症等の循環器疾患や種々の癌が生じる。しかし、これらの中毒症状の発症機序は明らかにされていない。

中国の慢性ヒ素中毒の発症は、鄧小平らによる文化大革命の開放政策に深く関係している。無機ヒ素は自然環境中では硫黄や鉄と安定な複合体を形成して地殻に存在しているが、鉱物の風化作用や温泉などの自然現象を介して地下水中に混入する機会が多い。したがって、文化大革命の解放後に感染症防止や農業用水の確保を目的として、各家庭で井戸を掘ることが可能になったことが、慢性ヒ素中毒の発症に係わるヒ素曝露の開始時期(1970年代後半)と考えられている。

一方、バングラディッシュでは、独立などの影響による急激な人口流入に伴う水需要の増加がヒ素汚染の原因とみなされている。すなわち、バングラディッシュでは以前は1毛作であったが、農民の生活向上を鑑みた2毛作あるいは3毛作の推奨の結果、多量の地下水を汲み上げ

る必要性が生じた。

以上より、東アジアの慢性ヒ素汚染地域ではヒ素を多量に含む岩盤が多いことに加えて、そこで生じた自然現象が本環境汚染の主因と言えよう。ヒ素の慢性中毒は、生活を豊かにしようとする反面、思いもしない環境負荷を一方では受けている皮肉な話である。わが国では上水道の普及率は極めて高く、井戸水を介した慢性ヒ素中毒の事例は殆どない。

筑波大学、旭川医科大学、聖マリアンナ医科大学、岡山大学、東海大学および中国医科大学からなる共同研究グループは、中国内モンゴル自治区五原県住人に対してインフォームドコンセントを行い、慢性ヒ素曝露患者として33名(男性21名、女性12名)および対照として10名(男女5名)を抽出した。慢性ヒ素曝露患者は什巴/銀定図に在住の11家族からのボランティアからなり、年齢は13~73歳(平均年齢42歳)であった。世界保健機構(WHO)のヒ素の飲料水基準値は0.01 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であるのに対して、飲水型慢性ヒ素汚染が深刻な中国での当該基準値は0.05 $\mu\text{g}/\text{ml}$ に設定されている。我々が調査した住民が使用している井戸水のヒ素濃度は0.41 $\pm$ 0.11 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であり、その大部分が5価の無機ヒ素であった。対照群は什巴/銀定図から35km離れた沙河在住の5家族からのボランティアからなる。年齢は23~68歳(平均年齢37歳)で、彼らが使用している井戸水のヒ素濃度は0.02 $\pm$ 0.01 $\mu\text{g}/\text{ml}$ と中国の飲料水基準値を下回っていた。両群はおよそ15m程度の深さの井戸を使用し、食を含めた生活環境は共に似ており、対象者はいずれも出稼ぎ等により村を離れることのない人々であった。井戸の使用期間は平均18年程度。ヒ素曝露群の住民において、色素沈着、色素脱落、手足の角質変性、末梢血管障害等の症状が認められたが、対照群ではこれらの症状を示す住民は全くいなかった。

慢性ヒ素曝露群の血液中ヒ素濃度の平均値は対照群のその約6倍高い値を示した。生体内で産生される一酸化窒素(NO)は血管圧調節を担うガス状物質であることから、NO産生量の低下は循環器疾患のひとつ

## 学生の活動 —環境サークル「エコレンジャー」—

社会学類 志字 剛太



写真1 環境基準値以下のヒ素を含む井戸

の指標として捉えることができる。驚くことに、ヒ素曝露群の血清中一酸化窒素(NO)代謝物濃度は対照群のその約半分まで低下しており、血清中NO代謝物濃度は血中ヒ素濃度に逆相関した。一方、ヒ素曝露群の血清中LPO量(酸化ストレスの指標)は対照群のそれより有意に高かった。以上より、ヒトが慢性的にヒ素に曝露されると、酸化ストレスが生じているだけでなく、生体内NO産生が低下するという興味ある事実が明らかとなった。これらの現象は、ウサギを代替とした慢性ヒ素曝露による動物実験でも観察された。

さらに我々は、慢性的に高濃度のヒ素を含んだ井戸水

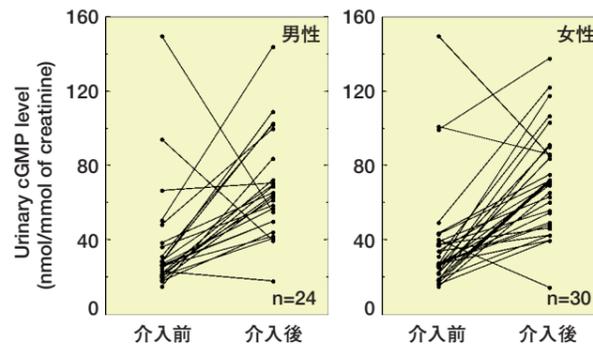


図1 井戸水の改水による慢性ヒ素中毒患者の生体内NO産生低下の改善

を飲水した住民に対して、一定期間環境基準値以下の井戸水に改水することで慢性ヒ素中毒が改善するか否かを調べる介入研究を行った。内モンゴル自治区衛生局の協力により、ヒ素濃度が0.037 $\mu$ g/mlの井戸を見出し(写真1)、1年間慢性ヒ素中毒患者に供給した。その結果、数名の例外を除いて、慢性ヒ素曝露により低下した生体内NO産生(この場合は尿中cGMP量を指標)は増加した(図1)。また、末梢血管障害の軽減だけでなく、手のひらの角質変性も改善された(写真2)。これらの介入研究の成果は、慢性ヒ素汚染地域での中毒症状の改善と予防対策に貢献できることを示唆している。



写真2 井戸水の改水による慢性ヒ素中毒症状(手のひらの角化症)の軽減



写真1 まつりつくばでゴミ分別を呼びかけるスタッフ

環境サークルエコレンジャー(以下エコレン)は、環境問題に関心を持つ学生が自分達にできる事は何かを考え、行動するサークルです。生物資源学類の学生が立ち上げて11年が経ち、現在では生命環境学群をはじめ人間、社会・国際、理工、情報学群など、様々な視野を持った学生が活躍しています。

主な活動形態として「プロジェクト制」をとっています。メンバーは目的ごとに立てられたプロジェクトの中から自分の興味のあるものに参加し、活動を行うことができます。

### 1. プロジェクト紹介

2008年度のプロジェクト活動について、その一部をご紹介します。

#### Naごみ(なごみ)プロジェクト

A SEED JAPANの展開する“ごみゼロナビゲーション”のような活動がつくばでもできないかと、つくば市主催の「つくばフェスティバル2007」「まつりつくば2007」において、市役所の職員の方々や地域のボランティアの方々の協力の下、来場者のゴミ分別収集をサポートする活動を行いました。(写真1)

このプロジェクトは来場者や出展者にゴミの分別を呼

びかけ、分別を徹底することでリサイクル効率を高めることが目的です。さらに、この活動を通じて来場者にゴミ問題を実感し、環境に対する意識を高めてもらうことも狙いとしていました。

分別はつくば市の基準に則り、それ加えて木製割り箸の回収も行いました。廃木材をチップ化し家具材などにリサイクルする事業を行う企業の協力を得て、祭で集められた割り箸を受け入れて頂きました。(写真2)

#### 学園祭環境対策

大学の一大行事である学園祭(雙峰祭)ですが、この華やかなイベントの裏でも大量のゴミが廃棄されています。(写真3)そこで、学園祭の企画段階から環境対策に働きかけるのがこのプロジェクトです。特に飲食部門においては、各出店者に環境にやさしい素材の容器を選択できるよう提示し、採用した団体には目印となる看板を掲げてもらいました。これにより、来場者は環境に配慮した出店を選択することができます。加えて、各所に分別用ゴミ箱(割り箸の分別も含む)を設置しました。

エコレンでは関東の大学を中心とする「ECO学園祭ネットワーク」にも参加し、これからも更なる環境型学園祭を目指していきます。



写真2 まつりつくば終了後のゴミ分別



写真3 学園祭で出される廃棄物

### ペねっとプロジェクト

今年卒業したメンバーが行っていた学内ごみ問題対策プロジェクト「筑波大に生きる!」の流れを引き継いで誕生しました。「行動につながるような意識改革に向けた環境づくり」をコンセプトに、主に宿舎のごみ問題にアプローチしていきます。一人暮らしが始まったばかりの宿舎生活では、環境への関心が薄れがちです。そこでこのプロジェクトは押し付けではなく、まずは身近な生活の中で環境意識が浸透する(=penetrate)ことを目指して誕生しました。大学にも協力を願ひし、宿舎トイレに分別の知識を連載するポスターを貼っています。



写真4 学園祭での出店

また他のプロジェクトでは、宿舎周辺のごみ拾いや、共用棟における牛乳パックの回収活動も行っています。

### 2. プロジェクト以外の活動

エコレンの活動はプロジェクトのみにとどまりません。毎週のミーティングでは、ディスカッションや情報の共有を積極的に行っています。他にもメンバー有志により、様々なNPOや団体を通じて活動に取り組みました。

#### つくばエコライフレンズ

つくば市の市民と学生による、新しい市民組織です。エコレンも学生として、つくば市民として参加しています。2008年度は、レジ袋やエコバッグの環境効果について考えるフォーラムを開催しました。

#### 学園祭出店

「フードマイレージ」をテーマとした喫茶店を出店しました。フードマイレージとは、「生産地から食卓までの距離が短い食料を使用すれば、輸送に伴う環境への負荷が少ないはず」という考えに基づいたもので、最近では地産地消の効果を数値的に裏付けるものとして注目されています。エコレンではこのフードマイレージの発想を多くの人に知ってもらえるよう、地元産の野菜や果物を使ったケーキ等を提供しました。(写真4)

#### 〈環境報告書2008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
林 陽生(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	数理解物質科学研究科、環境安全管理室
川崎 幸一	総務部
前田 広	財務部
矢部 輝雄	施設部
飯田 恭一	広報室
飯村 茂	総務部環境安全管理課
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	総務部環境安全管理課

#### 〈執筆者〉

林 陽生	生命環境科学研究科
辻村 真貴	生命環境科学研究科
植田 宏昭	生命環境科学研究科
井上 勲	生命環境科学研究科
内山 洋司	システム情報工学研究科
本田 靖	人間総合科学研究科
熊谷 嘉人	人間総合科学研究科
飯田 恭一	広報室
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	総務部環境安全管理課
志字 剛太	学生(環境サークルエコレンジャー代表)

#### 〈編集後記〉

2008年度の環境報告書は身近な筑波山の自然環境について特集しました。気象観測や水質調査の問題やミカンのとれる北限の秘密についての記事を掲載しました。また、2007年は「人為的な地球温暖化の認知を高めた」活動でアル・ゴア氏とIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の代表がノーベル平和賞に選ばれました。IPCCの第4次評価報告書の作成に貢献した内山教授と本田教授の記事も掲載しました。さらに「つくば3Eフォーラム」の結成は地域連携の視点からも特記すべきことです。いよいよ温室効果ガス削減計画もできて実施に向けた取り組みも始まります。そんな動きを感じ取って頂ければ幸いです。

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

■表紙のこぼ■  
豊かな森林の保全を願ってデザインしました。

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 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>

## 筑波大学環境報告書2008年

編集・発行 筑波大学環境報告書作成委員会  
発行日 2008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