

## 27 大学等教育研究機関の環境負荷とその削減に向けた取り組み

京都大学 藤本成彬 浅利美鈴 酒井伸一

Benchmarking environment load of Universities for the reduction

Kyoto Univ. Nariaki FUJIMOTO, Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI

### 1. はじめに

大学では、多くの教職員及び学生が教育・研究及び社会貢献（医療を含む）活動に携わっているが、その一方で、その活動自身が地球や地域の環境に対し、様々な側面で負荷を与えている。教育・研究・社会貢献活動を本務とする大学機関にとって、正の環境側面ともいえる持続性研究や環境研究に強く光を当てて推進しつつ、負の環境側面を制御するための環境管理システムを構築していかなければならない。大学における環境側面のうち、どの大学においても、重要なものの一つがCO<sub>2</sub>の排出量削減である。

大学等におけるCO<sub>2</sub>排出の現状分析や削減策立案に向けては、環境報告書に掲載された環境パフォーマンスデータ活用が有用と考えられる。しかし、環境報告書では、大学によってエネルギー使用量の単位やCO<sub>2</sub>排出量の計算が異なるため、数値を抽出し単純に比較することができないという問題点がある。そこで、大学間のエネルギー使用量やCO<sub>2</sub>排出量を比較できるように、国立大学法人の環境パフォーマンスデータのデータベース化・整理を行う。そして、大学におけるCO<sub>2</sub>排出量削減への優良な削減策を特定したり、自己分析したりするベンチマーキングのための基礎情報を得ることを目的とした。

### 2. 日本の大学の環境パフォーマンスデータベース化及び分析

#### 2.1 データベース化・分析の対象及び方法

ここでは環境配慮促進法で定める60の国立大学法人（以降、対象60大学と表記）を対象に、エネルギー使用量及びCO<sub>2</sub>排出量に関してデータベース化を行った。ここでは粘性のエネルギー消費に伴うCO<sub>2</sub>排出量のみを対象とした。

##### (1) 大学の基礎データ及び環境パフォーマンスデータの抽出

情報収集は環境配慮促進法が施行されてから現在まで、2006～2009年度に公表された（基本的に2005～2008年度の実績を報告）環境報告書を元に行った。基礎データとしては、大学の環境パフォーマンスデータ（総エネルギー使用量、購入電力量、A重油、灯油、ガソリン、軽油、都市ガス、プロパンガス使用量、再生可能エネルギー使用量、CO<sub>2</sub>排出量、熱量換算係数、CO<sub>2</sub>排出係数）と関係が深いと考えられる大学の構成員数（学生数及び教職員数）、面積、設置学部構成等を抽出した。

##### (2) 環境パフォーマンスデータの単位・係数の確認及び統一・再計算

大学ごとに様々な形でエネルギー使用量を報告しており、また大学によって熱量やCO<sub>2</sub>排出量への換算係数が異なっていた。ベンチマーキングのためには、まず単位が統一され、さらには計算方法が把握（統一）されている必要がある。そこでまず、単位への統一を行った。

表1 熱量及びCO<sub>2</sub>換算係数（統一係数）

特にエネルギー使用量を、熱量やCO<sub>2</sub>排出量に変換する作業で注意が必要なものとして購入電力と都市ガスからの換算係数がある。これらには大きく2種類あり、以下のように呼び、違いを整理した。

|                        | 単位               | 排出係数<br>(kg-C/MJ) | 発熱量<br>(MJ/単位量) | CO <sub>2</sub> 排出係数<br>(kg-CO <sub>2</sub> /単位量) |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
| 購入電気（昼間） <sup>1)</sup> | 1 kWh            | 0.0152            | 9.97            | 0.555                                             |
| A重油 <sup>1)</sup>      | 1 L              | 0.0189            | 39.1            | 2.71                                              |
| 原油 <sup>1)</sup>       | 1 L              | 0.0187            | 38.2            | 2.62                                              |
| 都市ガス <sup>1)</sup>     | 1 m <sup>3</sup> | 0.0138            | 41.1            | 2.08                                              |
| プロパンガス <sup>1)</sup>   | 1 kg             | 0.0163            | 50.2            | 3.00                                              |

- 統一係数：法律によって定められたデフォルト（規定）値（表1）
- 地域係数：エネルギー供給会社の違いによって生じる地域差のある係数

### (3) 指標設定・データの算出

続いて、データベース化と考察のための指標設定を行った。総エネルギー使用量（使用熱量ベース）は、大学の活動量を、エネルギー種別に関係ない合計熱量で表す指標と考えた。CO<sub>2</sub> 排出量については、地域差や年度差なく、比較に用いやすいよう、熱量に統一係数をかけた規定値ベースの値と、CO<sub>2</sub> 排出の実態を表す地域値ベースの値の両方が重要と考えた。

## 2.2 結果

60 大学のエネルギー使用量及び CO<sub>2</sub> 排出量の推移を図 1 に示す。増減傾向は同じで、2006 年度に一旦、減少しているが、2008 年度、2009 年度は増加している。この一原因として各大学の省エネ対策が進んでいることが考えられるが、他に、気候に関する要因も考えられる。気象庁の 2006 年度の冬の日本の平均気温は統計開始以来、第 1 位に並ぶ高温であったとの報道発表もあり、2006 年の冬の平均気温が高く、冬期の空調エネルギー使用量が減ったことが一要因として考えられる。いずれにしても、取り組みによる効果やそれ以外の外的要因による影響の切り分けを、中長期的な傾向分析とあわせて進めることが重要と考えられる。60 大学の原単位の平均は 93.7 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>・年となる。

エネルギー使用量 1 GJ あたりの CO<sub>2</sub> 排出量を表 2 に示す。エネルギー 1 GJ を得る際の CO<sub>2</sub> 排出量は 2005 年度から継続して減少しており、いくつかの大学で CO<sub>2</sub> 削減に向けたエネルギー源の改善を行っていることが伺える。特に、環境報告書によると熱源を A 重油から都市ガスに転換している大学が多く確認されている。このエネルギー源の転換は、60 大学の総エネルギー使用量の構成率の推移からも確認できる（表 3）。電力が熱量ベースで 75%ほどを占めており、電力への削減が必要である。

CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向けて、利用が期待される再生可能エネルギーは 2008 年度に太陽光発電 18 大学、風力発電 4 大学で使用が確認され 5,800 GJ/年の使用量であった。これは 60 大学の総エネルギー使用量の 0.015%にあたる。2007 度の環境報告書の記載と合わせ、34 大学で再生可能エネルギーが利用されていると考えられる。

各大学で 2008 年度の総量と原単位の比較を行ったものを図 3 に示す。総量を見ると、3,800 ～ 200,000 t-CO<sub>2</sub>/年と 60 大学の中でも 2 桁ほど異なっており、上位 20 大学が突出していることが分かる。面積あたりの CO<sub>2</sub> 排出量は、医学系大学が 150～190 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>・年と高い傾向にあり、逆に、教育系大学が低く 30 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>・年程度であった。なお、病院については 160 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>・年、小中高校については 33 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>・年という報告値<sup>3)</sup>があり、それぞれ比較可能な値であることがわかる。医学系や文系大学など、大学概略で負荷の大小を確認することができた。今後、部局別に検証するなど、負荷の傾向を分析し対策に結びつけることが必要と考えられる。

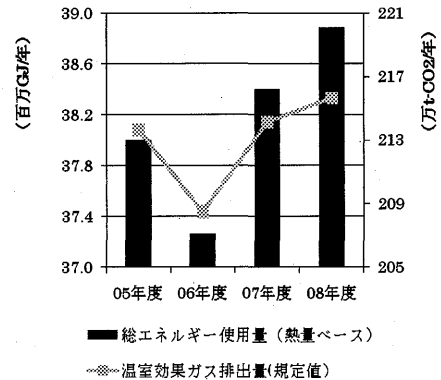


図 1 60 大学のエネルギー使用量と温室効果ガス排出量

表 2 エネルギー使用量 1 GJ あたりの CO<sub>2</sub> 排出量 (単位: kg-CO<sub>2</sub>/GJ)

| 05 年度 | 06 年度 | 07 年度 | 08 年度 |
|-------|-------|-------|-------|
| 56.2  | 55.9  | 55.8  | 55.5  |

表 3 60 大学の総エネルギー消費の構成率の推移 (熱量ベース)

|       | 電力    | 都市ガス  | A 重油 | その他  |
|-------|-------|-------|------|------|
| 05 年度 | 74.0% | 15.8% | 9.4% | 0.7% |
| 06 年度 | 76.1% | 15.8% | 7.3% | 0.8% |
| 07 年度 | 75.7% | 17.0% | 6.4% | 0.8% |
| 08 年度 | 75.8% | 18.6% | 4.9% | 0.7% |

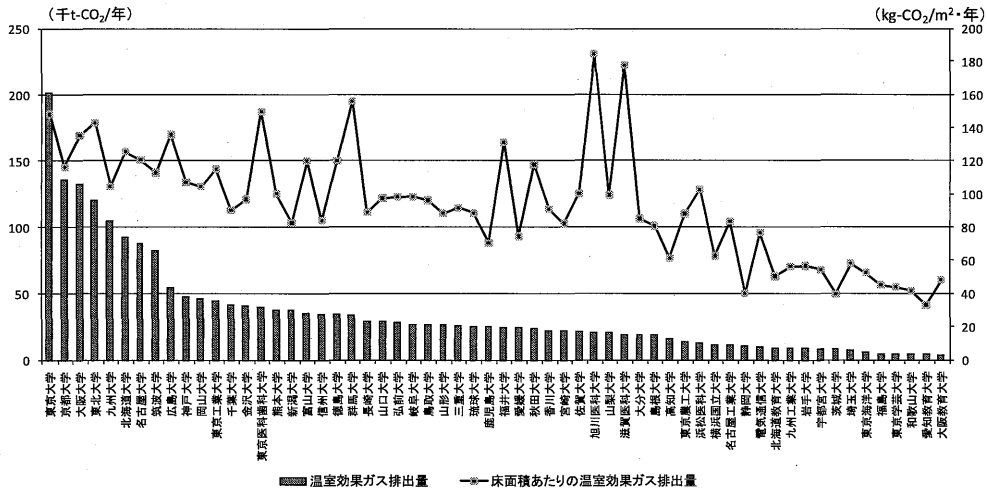


図2 2008年度CO<sub>2</sub>排出量および面積当たりCO<sub>2</sub>排出量

2005年度を基準とすると2008年度において40大学で下回っている。また3年連続、総量で削減している大学が7大学あり、うち2大学は3年連続で前年比1%以上の削減結果を残している。これらの大学では、ESCO事業や改修工事に際し外壁の高断熱化等の対策を行っている。CO<sub>2</sub>排出量を削減する手段として機器更新・建物改修等のタイミングも考慮してエネルギー源を選択することも重要であると考えられる。またハード面だけでなく、独自にEMSを構築し、ソフト面からの対策などを行っている大学も見受けられ、ハード面とソフト面の両輪の対策が重要と考えられる。環境報告書からも対策を抽出することは可能であるが、十分と言えず更なる大学間の情報交換が必要である。また、効果検証そのものが十分になされていないケースも多いと考えられ、これらの情報蓄積も必要であると考えられる。海外の大学及に目を向けるとYale大学は増床傾向<sup>2)</sup>にあるものの、CO<sub>2</sub>排出総量は減少傾向にあるなど、削減努力と実績の見られる大学があり、海外の動向に目を向けたいところである。

2.3 京都大学との比較分析

京都大学と比較分析を行う(表4)。京都大学においては、CO<sub>2</sub>排出量は全国平均より3.63～3.80倍、大きい。増減傾向は京都大学の総エネルギー使用量と同様の傾向を示し、京都大学のCO<sub>2</sub>排出量は年々増加傾向にある。60大学では一旦、2006年度に減少しているが、京都大学では、それとは異なる傾向を示している。この要因には、増床による影響が一因と考えられるが、更なる分析が必要である。地域係数を用いたCO<sub>2</sub>排出量(地域値)を参考として示す。2006年度に一旦減少しているが、2007年度に増加、2008年度には微減となっている。この増減は関西電力の排出係数と同じ傾向であり、その影響による。

面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量は60大学の平均の1.25～1.35

表4 京都大学の各種データ

|                                 | 単位                                   | 05年度  | 06年度  | 07年度  | 08年度  |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| エネルギー使用量                        | 百万GJ                                 | 237   | 242   | 244   | 249   |
| CO <sub>2</sub> 排出量(規定値)        | 千t-CO <sub>2</sub> /年                | 129.3 | 131.8 | 132.9 | 136.0 |
| CO <sub>2</sub> 排出量(地域値)        | 千t-CO <sub>2</sub> /年                | 94.5  | 91.9  | 98.0  | 97.8  |
| 面積あたりCO <sub>2</sub> 排出量        | t-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ・年 | 130   | 127   | 128   | 117   |
| エネルギー使用量あたりのCO <sub>2</sub> 排出量 | t-CO <sub>2</sub> /GJ                | 54.5  | 54.6  | 54.5  | 54.6  |

表5 京都大学の総エネルギー消費の構成率の推移(熱量ベース)

|      | 電力    | 都市ガス  | A重油  | その他  |
|------|-------|-------|------|------|
| 05年度 | 74.8% | 24.4% | 0.6% | 0.2% |
| 06年度 | 76.3% | 23.1% | 0.4% | 0.2% |
| 07年度 | 76.0% | 23.6% | 0.2% | 0.2% |
| 08年度 | 76.8% | 22.6% | 0.2% | 0.4% |

倍と大きい。増減傾向については、面積が増加したため2008年度に削減している。今後の予測をするためには可能な限り、過去のデータを含め、中長期スパンで分析することが望ましいと考えられる。

エネルギー使用量あたりのCO<sub>2</sub>排出量については4年間の平均で54.5 kg-CO<sub>2</sub>/GJと全国平均以下である。京都大学は電力がおおよそ4分の3を占める点は60大学全体と同じであるが、特に都市ガスが2割を超えるようなエネルギー構成になっている点によるものと考えられる(表5)。京都大学は、CO<sub>2</sub>排出量のより少ないエネルギー源を選択しているが、面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量の全国平均の1.3倍ほどであり、また総量も大きく且つ増加傾向にある。面積あたりや総量での削減に向けた取り組みが必要である。

京都大学は延べ面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量で施設・設備改善などのハード面の対策により1%、構成員の啓発活動などのソフト面の対策により1%、合計で前年度比2%削減することを目標としている。ハード面の対策として、環境付加金制度を活用し省エネルギー設備の導入やESCO事業を行っている。ソフト面での対策としては、800名以上が参加をしているWebを用いた「エコ宣言」<sup>3)</sup>を行っている。

今回、エネルギー使用とそれに伴うCO<sub>2</sub>排出量に着目したが、総量や原単位(床面積、構成員)などを目的に応じて見る必要があると考えられる。特に、大学では研究活動も行われており研究活動の活発さに伴い、CO<sub>2</sub>排出量は増加している側面もあると推測される。研究活動と関係が深いと考えられる大学院生数や研究費に代表される活動量もCO<sub>2</sub>排出量は相関があると思われ、指標検討や整理は今後の課題と考えられる。また今後、通勤や移動に起因する排出を考慮することも求められると考えられる。

### 3. 結論

本研究では大学の環境報告書を対象にベンチマーキングを行った。その結果、得られた知見を以下に記す。

1. 60大学全体の温室効果ガス排出量は、2008年度で215.6 万t-CO<sub>2</sub>/年であり、2007年度、2008年度と増加傾向にある。
2. 主たるエネルギー源は電力であり、60大学全体で総エネルギー使用量の75.8%を占める。60大学全体のエネルギー使用量1GJあたりCO<sub>2</sub>排出量は年々改善傾向にあり、2008年度は55.5 kg-CO<sub>2</sub>/GJである。
3. 電力使用量への対策が重要であると同時に、再生可能エネルギーを含め、より温室効果の小さなエネルギー源へのシフトが重要である。CO<sub>2</sub>排出量は総量で増加しており総量で削減することが重要である。
4. 大学ごとに見ると、2005年度を基準で2008年度に40大学が総量を削減している。また3年連続、総量で削減している大学が7大学ある。削減策や効果検証の更なる情報交換が必要であると考えられる。
5. ベンチマーキングにより自己分析が可能である。しかし、更なる指標の検討・整理や対象範囲の拡張が求められる。

**謝辞** 本研究は、大学等環境安全協議会のプロジェクト「環境報告書ベンチマーキングと環境管理システムに関する研究」の成果の一部でありプロジェクトメンバーと協力を頂いた大学関係者に謝意を表します。

### 参考文献

- 1)環境省、温室効果ガス算定排出量の報告等に関する命令、2006
- 2)環境省、民生(業務)分野における温暖化対策技術導入マニュアル、2004
- 3)Yale university、Yale University Greenhouse Gas Emissions Inventory、2009
- 4)京都大学 環境web宣言 <http://www.eco.kyoto-u.ac.jp/>

キーワード：大学、CO<sub>2</sub>排出量、消費エネルギー、原単位、環境管理

**Key Words** : College & University, greenhouse emission, consumption energy, basic unit, environment management