

大学施設における環境負荷低減手法に関する研究
その 14 TSCP2012 の達成に向けたこれまでの取り組み
A Study of Environmental Load Reduction Technique for University Facilities
Part14 Past action for the achievement of TSCP2012

正会員 ○迫田 一昭（東京大学） 正会員 岡本 泰英（東京大学）
技術フェロー 柳原 隆司（東京電機大学） 特別会員 坂本 雄三（建築研究所）

Kazuaki SAKODA *¹ Yasuhide OKAMOTO*¹

Ryuji YANAGIHARA *² Yuzo SAKAMOTO*³

*¹ The University of Tokyo *² Tokyo Denki University *³ Building Research Institute

In the University of Tokyo, TSCP has implemented energy saving and the measure against CO2 reduction for environmental impact reduction as the present priority aiming at realization of a sustainable campus. In this paper, in order to achieve that TSCP2012 listed as the target of its own, we report efforts specific content which has been conducted so far.

はじめに

東京大学（以下、本学）では、2008年に発足したTSCP室が主体となって、サステイナブルキャンパスの実現を目指しており、環境負荷削減を当面の優先課題として独自の取組を進めている¹⁾。本報では、2012年度末をターゲットにした自主目標達成に向けたこれまでの取組について報告する。

1. TSCPの基本コンセプトとアクションプラン

TSCPの遂行にあたり、“エネルギー需給に関する自律分散協調（見える化）”、“省エネルギー・創エネルギーによる低炭素化”、“持続型社会建設に向けた社会連携”という3つのコンセプトを効率的・効果的に同時進行する“共進化システム”として先導的に活動を行ってきた。

TSCPのアクションプランとして、TSCP2012とTSCP2030という二つの目標を掲げている（図1）。TSCP2012では、見える化（ソフト対策）と投資回収効果の高い高効率機器の導入（ハード対策）により、2012年度末に非実験系のCO2排出量を2006年度比15%削減する。2006年度のCO2排出量は143,300[ton-CO2]であったため、総量で14,200[ton-CO2]の削減となる。

さらにTSCP2030では、継続的な高効率機器の導入の他、新技術の導入、創エネルギーの本格導入などにより、大学全体で2006年度比50%削減する。

2. これまでの取組

2.1 推進体制の構築

TSCPを全学的に推進するにあたり、TSCP室を総長直轄

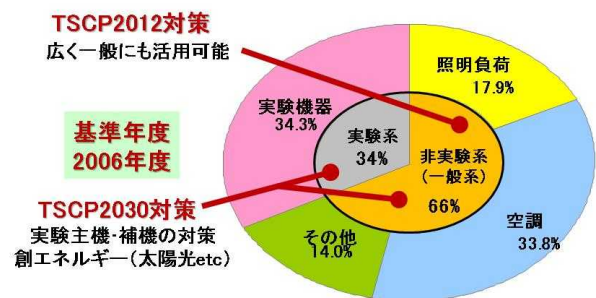


図1 エネルギー消費内訳 (概略推計) と自主目標

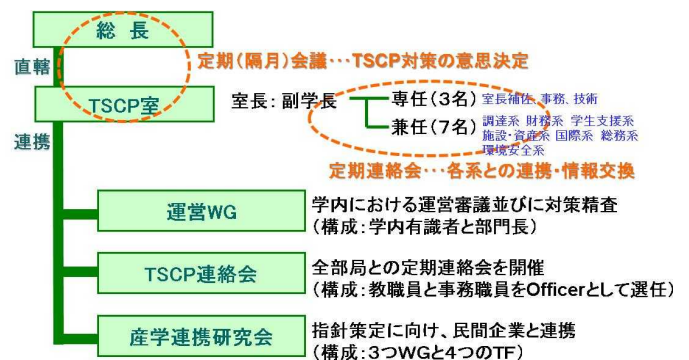


図2 TSCPの推進体制

の専属組織として発足させ、定期（隔月）会議により環境経営に関する方針決定・対策の実行等トップダウンによる早期意思決定を図る体制とした（図2）。連携組織として、各種対策の検討・精査を行う“運営WG”、TSCP-officerとして選任した教員・職員と各建物特性に応じた環境啓発活動の推進を行う“TSCP連絡会”、最新技術に関する情報交換ならびに試行実験等を行う“産学

連携研究会”を位置づけている。このように TSCP 室を中心として、実効ある対策の企画・立案・実施・検証を行う PDCA 体制を確立している。

対策を実施する際に必要となる資金は、各部署の光熱水費から 4%相当分を徴収し、TSCP 促進費として運用することとした。投資回収年数が 4 年を超過した分の費用に充当することで、部局の負担を軽減している。

2.2 実態調査

本学は、全国に約 1,180 棟の建物を有し、延床面積は約 1,665,000 m²にも及ぶ国内最大の大学である。その大半は主要 5 キャンパス（本郷、駒場Ⅰ、駒場Ⅱ、白金台、柏）に集中しており、ここで消費されるエネルギーは全学の約 95%を占めている。基準年度（2006 年度）におけるエネルギー由来の CO₂ 排出量を表 1 に示す。医学研究所がある白金台で都市ガス比率が高いものの、全体では、電力 79%、都市ガス 19%、重油 2%となっている。床面積あたりの CO₂ 排出量については、キャンパス間のバラツキはあるが、全体で 0.1 [ton-CO₂/m²] で都内の事務所ビルと同水準であった。用途別の一次エネルギー消費量原単位では、最も小さな人文・社会科学系と最も大きな保健系では約 5 倍の差があった（図 3）。

また、各種機器の導入量調査を行い、導入容量・年度・種類などを調査分析した（表 2）。導入量調査から各機器毎の費用対効果ならびに CO₂ 削減効果について事前評価できたことにより、優先順位を判断することができた。

2.3 データに基づいた運用改善・機器更新の実施

図 1 に示した概略推計、表 2 の導入量調査から非実験系のエネルギー消費量の大半を占める照明・空調部門の運用改善ならびに高効率化対策を中心に実施してきた。

空調改修の対象建物選定においては、建物毎に一次エネルギー消費量原単位、CO₂ 排出量、機器設置状況（経過年数・既存機器効率）を総合的に評価し（図 4）、省 CO₂ 効果ならびに費用対効果の高い建物での改修を優先して実施することとした。選定した建物で、中央熱源設備が導入されている場合、まずは BEMS データもしくは短期計測（冷房・暖房期間）による運用実態把握を必須としている。分析の結果、既設運用における問題点（過大容量に起因する低負荷での非効率運転、ポンプの無駄な稼働など）を抽出し、運用面での改善が可能なものは即実施し、実負荷に応じた容量適正化による高効率機器への更新を実施した。一方、個別分散熱源の場合は、大学独自に作成したベンチマーク（原則として室内機容量を非実験系 200 [W/m²] 以下、実験系 250 [W/m²] 以下とし、内部発熱が大きい設備を有する場合は個別検討を行う）に基づいた機器容量選定を行うこととした。

TSCP 室発足以降に実施してきた対策一覧を表 3 に示す。これまでの対策による CO₂ 削減効果は、合計で 11,880 [ton-CO₂/年]（試算値）である。大半が熱源機器

表 1 主要 5 キャンパスのエネルギー消費量と CO₂ 排出量（2006 年度）

	エネルギー別消費量			CO ₂ 排出量 [t-CO ₂]	CO ₂ 排出量燃料別構成[%]			床面積あたり CO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /m ²]
	電力 [kWh]	都市ガス [m ³]	重油 [kL]		電力	都市ガス	重油	
本郷	193,675,751	7,409,497	843	90,662	79	19	3	0.10
駒場Ⅰ	18,507,920	559,147	0	8,102	84	16	0	0.06
駒場Ⅱ	23,088,480	31,419	0	8,569	99	1	0	0.07
白金台	26,944,080	2,579,292	159	16,301	61	37	3	0.19
柏	30,945,600	311,300	0	12,107	94	6	0	0.10
合計	293,161,831	10,890,655	1,002	135,740	79	19	2	0.10

注: CO₂ 排出原単位は、電力 0.368g-CO₂/kWh、都市ガス 2.31g-CO₂/m³、重油 2.71g-CO₂/L

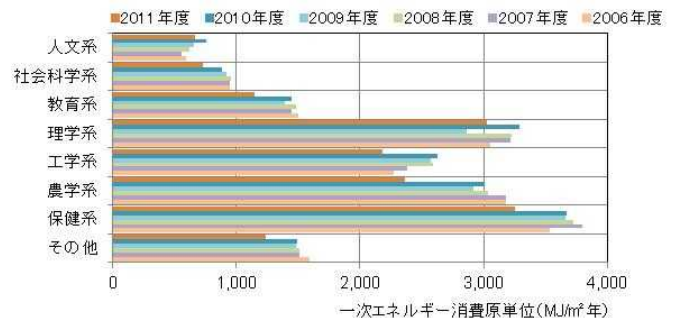


図 3 建物用途別一次エネルギー消費量原単位

表 2 各種機器の導入量調査結果

機器名称	仕様	合計(台数・容量)
大型熱源設備	ターボ冷凍機	2,640RT
	水冷チラー	1,497RT
	空冷 HP チラー	2,631RT
	吸収式冷凍機	1,000RT
	吸収式冷温水発生機	5,719RT
ボイラ設備	蒸気・温水	87,335kW
	パッケージ型	43,435kW
個別分散熱源設備	ビルマルチ型	52,698kW
		96,133kW
家庭用エアコン	12~8.0kW	1,626 台
家庭用冷蔵庫	実験用以外のもの	4,159 台
	ディープフリーザー	860 台
実験用冷凍冷蔵庫	フリーザー	1,408 台
	冷蔵庫・薬用保冷庫	1,152 台
施設用照明器具	FLR 器具のみ	38,807 台
誘導灯器具	従来型のみ	5,265 台

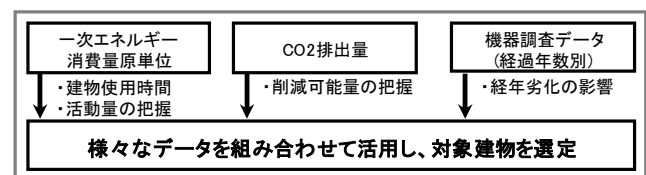
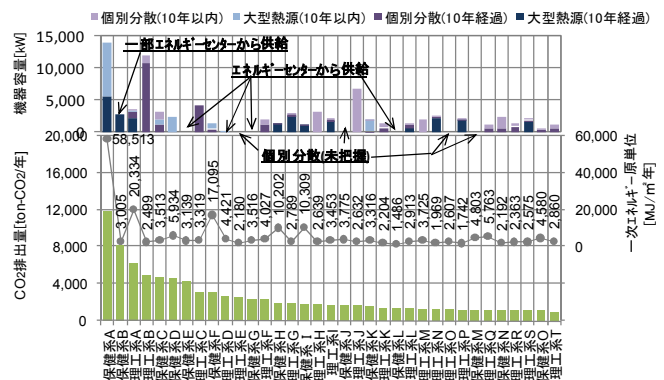


図 4 設備改修建物選定方法

(中央・個別分散)の更新による効果となっており、各対策の具体事例については既発表論文^{2)~5)}にて報告済みのため、そちらを参照されたい。熱源機器以外では全学的な取組として照明ならびに家庭用冷蔵庫の更新を実施した。各種対策によるCO2削減量と投資回収年数について図5に示す。最も費用対効果が高い対策は、中央熱源で、冷蔵庫、照明、個別分散の順であった。中央熱源の費用対効果が高かったのは、ボイラーの運用停止だけで1,108[ton-CO2/年]の削減効果がある等、元々無駄な運転が多かったとも言える。照明の改修では、本郷、駒場Ⅰ、駒場Ⅱ、白金台キャンパスに設置されていた計38,807台の蛍光灯(FLR)を高効率なHf蛍光灯に更新して1,800[ton-CO2/年]削減した。一括発注によるコスト低減効果もあり、投資回収年数を5.7年と低く抑えることができた。家庭用冷蔵庫は、全学で4,000台を超える台数が導入されているが、大半が非効率な小容量タイプ(100L前後)であった。「省エネ性能カタログ」(経済産業省資源エネルギー庁)によると、庫内容量が大きくなるほど運転効率が向上するため、法定耐用年数(6年)を超える機器を対象に小容量の冷蔵庫を集約して大容量化する統廃合更新により高効率化を図った。照明と同様に一括発注によるコスト削減効果から投資回収年数を低く抑えつつ、約200t-CO2の削減を達成することができた。

対策項目の削減実績については、対策前後における当該設備の個別計量ができているため、建物全体での比較を行った。中央熱源改修による削減実績は、保健系施設で4,117[ton-CO2/年]の見込みに対して、2012年度の実績では4,200[ton-CO2/年]、同じく農学系施設では302[ton-CO2/年]の見込みに対して346[ton-CO2/年]、工学系施設では371[ton-CO2/年]の見込みに対して550[ton-CO2/年]と期待通りの効果が確認できた。また、個別分散熱源改修による削減実績についても、人文系施設で135[ton-CO2/年]の見込みに対して82[ton-CO2/年]と若干少ないものの効果は確認できた。

図6に部局別CO2削減割合と対策投資割合を示す。投資額はエネルギー使用密度が高い部局(保健系、工学系、理学系)を中心に配分された。中央熱源での運用改善ならびに設備更新を行った保健系(病院)が対策投資に対して大幅なCO2削減を達成していた。

2.4 エネルギーの見える化

膨大な施設を有する本学では、これまでエネルギー使用実態を把握することができていなかった。そこで、2009年から建物毎にエネルギー(電力・ガス・油)の月別しゅう状況ならびにCO2排出状況を整理し、連絡会を通じてTSCP-Officerに通知することにした。前年同月比との差分などを示すことで、エネルギー消費動向を把握し、増減の原因分析ならびに運用改善へと展開させることができた。また、東日本大震災以降、電力需給逼迫が懸念

表3 TSCP 対策一覧

対策項目	実施年	CO2削減効果 [ton-CO2/年]
【本郷】保健系 暖房汽室運用改善	2008年	-30
【本郷、駒場Ⅰ、駒場Ⅱ、白金台】施設照明器具改修		-1,803
【本郷】保健系 設備管理棟熱源設備(中央方式)改修	2008年・2009年	-3,011
【本郷】保健系 暖房汽室運用停止	2009年	-1,076
【本郷】農学系 熱源設備(個別分散方式)改修	2010年	-302
【本郷】人文系 熱源設備(個別分散方式)改修		-135
【駒場Ⅰ】教育学系 熱源設備(個別分散方式)改修		-200
【本郷】工学系 熱源設備(中央方式)他改修	2011年	-371
【白金台】保健系 熱源設備(中央方式)改修		-1,200
【本郷】保健系 設備管理棟熱源設備(中央方式)改修	2012年	-923
【本郷】工学系他 熱源設備(中央方式)改修		-972
【本郷】保健系他 熱源設備(個別分散方式)改修		-438
【柏】理学系他 熱源設備(個別分散方式)改修		-982
【全学】非実験用冷蔵庫 統廃合改修		-197
【駒場Ⅰ】教育学系他 熱源設備(個別分散方式)改修		-240
合計		



図5 各種対策によるCO2削減量と投資回収年数

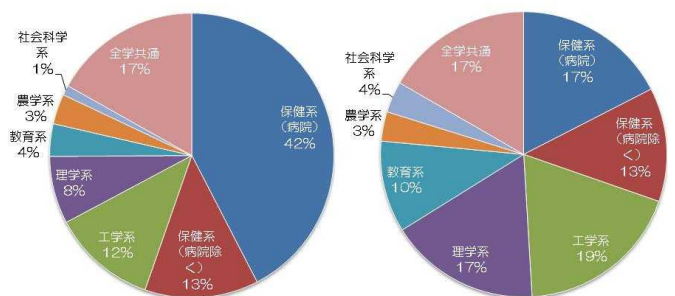


図6 部局別CO2削減割合(左)と対策投資割合(右)



図7 TSCP2012目標値

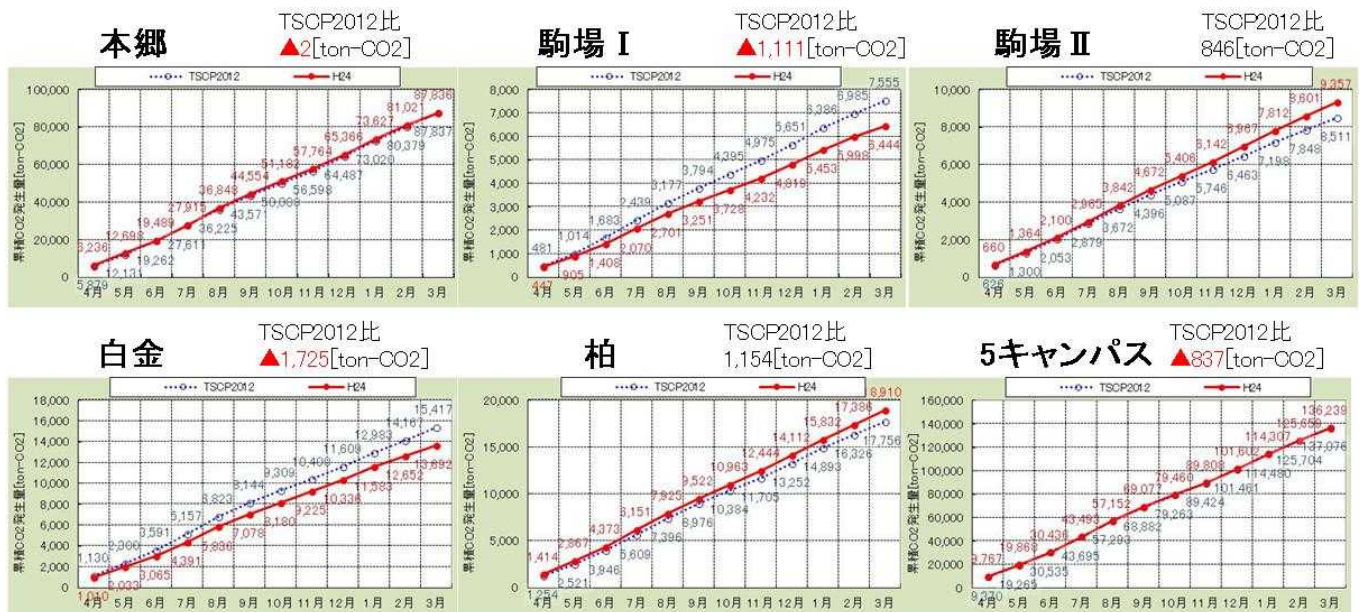


図8 TSCP2012 目標値と実績値 (主要5キャンパス)

される中、教育研究の質を維持しつつ節電要請に対応することが求められた。そのため、日常心掛ける節電対策メニューを全学に周知するとともに、リアルタイムで電力使用状況がわかるよう学内ポータルサイト上で発信する等により前年度に比べ30%の電力需要抑制を行った⁶⁾。

3. まとめ

TSCP2012 目標値について図7に示す。2006年度の大学全体のCO₂排出量は143,300[ton-CO₂/年]であり、図1より非実験系が占める割合は約66%(94,578[ton-CO₂/年])であるため、その15%に相当する14,200[ton-CO₂/年]を削減した80,378[ton-CO₂/年]が非実験系における排出総量の目標値となる。実際には建物の新增設や実験設備の追加などによる活動量の増加分についても考慮するため、目標達成に必要なCO₂削減量は23,700[ton-CO₂/年](23%削減)に膨らんでいた。これに対し、これまでに紹介した機器高効率化や運用改善により11,880[t-CO₂/年]の削減効果が見込まれ、さらに震災以降の節電運用やエネルギーの「見える化」によるフィードバック効果もあり主要5キャンパスのCO₂排出量は、目標値に対し837[t-CO₂/年]減を達成することができた

(図8)。表4に2012年度のエネルギー由来のCO₂排出量を示す。表1と比較すると活動量が増えているにもかかわらずCO₂排出量はほぼ同じ程度に抑えることができています。燃料別構成では、燃焼式(都市ガス・重油)の割合が減り、電力の比率が高まった。主に熱源改修で高効率なヒートポンプへの更新を行ったことが起因している。

今後は、非実験系に特化した省エネ対策を実験系(先端の実験設備を除く)にまで拡大し、試行的な対策を交えつつ低炭素キャンパスに向けた取組を進化させていく。

表4 主要5キャンパスのエネルギー消費量とCO₂排出量(2012年度)

	エネルギー源別消費量			CO ₂ 排出量 [t-CO ₂]	CO ₂ 排出量燃料別構成 [%]			床面積あたり CO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /m ²]
	電力 [kW]	都市ガス [m ³]	重油 [L]		電力	都市ガス	重油	
本郷	199,679,094	6,109,041	89	87,836	84	16	0	0.09
駒場 I	14,929,832	411,342	0	6,444	85	15	0	0.04
駒場 II	25,062,144	58,022	0	9,357	99	1	0	0.08
白金台	24,826,000	1,972,248	0	13,692	67	33	0	0.16
柏	49,744,800	261,519	0	18,910	97	3	0	0.12
合計	314,241,870	8,812,172	89	136,239	85	15	0	0.09

謝辞

本報は、TSCP 室発足以降実施してきた内容を含んでいる。TSCP 室長として長年にわたりご指導頂いた磯部雅彦先生、発足当初より TSCP 室員として多大なご尽力を頂いた河野匡志氏、その他 TSCP 室運営に関わって下さった皆様に記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 迫田他: 東京大学におけるサステナブルキャンパス活動, 日本建築学会技術報告集 第30号, pp. 611~614(2009.6)
- 2) 河野他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その1 附属病院におけるエネルギー消費実態把握と熱回収ターボ冷凍機の導入効果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1727~1730(2009.9)
- 3) 柳原他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その2 中央式空調設備システムのエネルギー消費調査と省エネ化提案の事例, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1731~1734(2009.9)
- 4) 矢島他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その7 実建物における空調エネルギーの消費実態と室内環境及び改善提案, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1303~1306(2011.9)
- 5) 河野他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その8 個別分散熱源に関する更新対策と効果検証, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1307~1310(2011.9)
- 6) 迫田他: 大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その9 東京大学における電力需給対策に向けた取組, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 1295~1298(2012.9)