国立大学の改修プロジェクトにおける省エネ化推進に関する研究

STUDY ON PROMOTING ENERGY SAVING RENOVATION PROJECTS
IN THE NATIONAL UNIVERSITIES

藤村達雄*, 横尾昇剛**

Tatsuo FUJIMURA and Noriyoshi YOKOO

Today, most of national universities have introduced thermal insulation, double-glazing and high efficiency equipment in the renovation projects. It needs to specify issues to enhance energy saving. Following survey and analysis are conducted:

1. Current energy saving strategies are summarized based on the organization of facility planning in the national universities.
2. A questionnaire survey was conducted to the facility planning departments and actual condition were clarified or shown?
3. The hearing regarding energy saving measures to the universities that promoting energy saving measures, specified devised points and problems, and clarified obstructive factors and requirement of energy saving promotion.

Keywords : National university corporation, Energy-saving measures, Design process, Repair project, Design guideline in the study

国立大学法人, 省エネ対策, 設計プロセス, 改修プロジェクト, 学内設計指針

1. はじめに

1-1 研究の背景と目的

地球環境問題は、建築分野においても、環境に配慮した取り組みが急務となっている。個々の建築物においては、建築のライフサイクルを通し低炭素社会の実現に向けた取組の推進が、建築主・設計者の社会的な責任として求められている。

しかし、国立大学法人では企画から基本設計までが短期間でまとめられ、十分な検討がなされないまま実施設計に着手する傾向があるとともに、関係者の役割分担が明確になされていない状況があるなど設計プロセスの改善が求められている¹⁾。

国立大学法人全体のエネルギー使用量は約4,100万GJ/年で、1㎡あたりエネルギー使用量は、文科系が531～887MJ/㎡・年、理・農学系1,242～1,968MJ/㎡・年、工学系1,102～1,739MJ/㎡・年、医学系1,447～2,223MJ/㎡・年、附属病院3,707～4,876MJ/㎡・年と、文科系を1とした場合、1㎡あたりエネルギー使用量は、1:2:2:2.5:6の比率である²⁾。学問系統^{注1)}による開きは約6倍ある。これまでの大学ではエネルギー使用量の占める割合の高い建築設備の省エネ対策を進めてきたが、実験装置の運用改善を含めた省エネ対策に取り組むことも課題となっている³⁾。

また、国立大学等^{注2)}施設は平成27年5月時点で、2,812万㎡保有し、25年以上経過し大規模改修整備が必要な老朽施設は846万㎡(全保有面積の約3割)⁴⁾あり、今後、毎年約60万㎡づつ、この面積は増え続ける状況である。

これらの状況から、国立大学法人が今後進める既存施設の改修整

備(以下「改修プロジェクト」)においては、運用改善を考慮した省エネルギー化のための設計プロセスが求められる。本研究では、施設整備の仕組みと省エネ化に向けた設計プロセスについての実態把握と省エネ化のための推進方策を明らかにすることを目的とする。

なお、本研究では、次のように用語を定義する。

・省エネ対策：運用段階における一次エネルギー消費量を削減するために方針等を示し、企画から運用までのライフサイクルに亘り、ハードだけでなくソフト(組織・運営)を含めた継続的な対策。

・設計プロセス：各設計過程に必要な設計行為、設計情報、設計体制を明確にし、体系化すること。

・推進方策：省エネ対策を取り入れた改修プロジェクト(以下「省エネ改修プロジェクト」)における施設の質の向上と施設整備業務の効率化・合理化を図るための工夫や知見。

・学内設計指針：「省エネ対策」と「設計プロセス」に基づき、学内事情を反映した「推進方策」を整理し、各大学が策定する基準。

1-2 既往の研究

大学の省エネルギー化については、河野ら⁵⁾が、大学のエネルギー消費実態、設備導入・稼働実態から学内指針を策定することで、大学全体の方針を統一することができ、環境負荷低減のマネジメント論の発展に寄与できる一つの手法を示している。李ら⁶⁾は、九州大学の移転事業のための環境・省エネルギー計画の基礎的検討の一つとして、既存キャンパスのエネルギー消費構造、モデル建物による外皮計画のシミュレーション等から省エネルギー指針案の知見を示している。大橋ら⁷⁾は、運用改善がもたらす省エネルギー効果の定量化には、照明・空調・換気・コンセントその他の4つのエネル

* 宇都宮大学大学院工学研究科 博士後期課程

** 宇都宮大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ.

Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ., Ph.D.

ギー消費内訳把握が重要であることを示した。

大学キャンパスの設計プロセスについては、北尾ら⁸⁾が、建築物とその外部環境を混在させる集合形態の生成に果たすマスターアーキテクトの役割方法を明らかにできたので、今後の類似した事例の分析をできるとしている。事業用建物の設計プロセスについては、水川ら⁹⁾が、発注者業務構造モデルの一形式として、「事業スキームの計画」「事業スキーム確証化」「事業スキームの資料化」「事業スキームのコスト化」という4つの段階に構造化できることが明らかになったとしているが、汎用的構造モデルと判断するのは早計であるとしている。

しかしながら、大学の省エネルギー化を設計プロセスの視点から研究したものと、国立大学法人の施設整備の仕組みや執行組織を設計プロセスや省エネルギー化の視点から分析したものはほとんどない状況である。

2. 国立大学法人の施設整備の仕組みと執行組織の概況

2-1 国の方針：国立大学法人等施設整備5か年計画

文部科学省（以下「文科省」という）は、平成13年度から4次にくわたり、科学技術基本計画を受けた国立大学法人等施設整備5か年計画を策定し、計画的・重点的に施設整備を推進している。今期5か年計画（平成28年度～32年度）¹⁰⁾では、進捗が遅れている施設の老朽対策を踏まえた「安全・安心な教育研究環境の基盤の整備」、これにあわせた「国立大学等の機能強化等変化への対応」^{注3)}と、省エネルギーや環境負荷の低減に一層貢献できる「サステナブル・キャンパスの形成」の3つの課題に取り組む必要があるとしている。これらの進捗状況を把握するために、各大学には重要業績評価指標（以下「KPI」という）を設けることを求めている。

なお、前期5か年計画（平成23年度～27年度）では、基本的考え方に「Sustainability～地球環境に配慮した教育研究環境の実現～」を掲げ、省エネルギー等の推進を個別目標とし、高効率照明・空調設備の導入や断熱材などを含む老朽改善整備事業を平成27年9月現在882事業実施している¹¹⁾。

2-2 キャンパスマスタープラン

文科省は、国立大学法人が教育研究活動と密接不可分の関係にあるキャンパスを整備・活用し、持続的発展を図るためキャンパス環境全体の基本的な計画である「キャンパスマスタープラン」（以下「CMP」という）を策定することを奨励している。文科省の手引き¹²⁾では、①キャンパス像に関する長期的ビジョンを確立する、②キャンパス環境の質の向上を図る、③あるべき姿を示し、変化の必要性の周知、④施設の配置とデザイン決定の理論を確立するなどをCMPの目的としている。また、この手引きでは、省エネルギーを法人の責務として位置づけている。国立大学等のCMPの策定率は平成27年9月現在、95.6%である¹¹⁾。

2-3 施設整備の財源

国立大学の施設整備は、国が措置する施設整備費補助金を基本的財源としながらも、運営費交付金、目的積立金、寄付金、間接経費等の多様な財源を活用し実施されている。老朽改善のための改修プロジェクトは、大部分が施設整備費補助金を財源としている。この施設整備費補助金は、毎年各国立大学法人から要望される約4,000億円強に対して、国からは500億円程度が配賦される状況である。

また、施設整備の財源における省エネ化対応については、環境対策加算として、従来から認められている断熱材打込、照明制御等に加え、近年、複層ガラス、壁面緑化、風力発電、地中熱利用、集中検針装置等が認められるようになっている¹³⁾。

2-4 施設部署の法人化による変化

国立大学法人の施設部署は、平成16年度の法人化を契機に、それまでの施設整備主体の業務形態から、総合的・長期的な視点に立った「施設マネジメント」^{注4)}への対応のため¹⁴⁾、「業務の拡大」が求められ、施設の管理・運営を取り込む組織に見直すところが出てきた。それは、従前の建築・電気設備・機械設備の専門毎の組織形態から、企画・整備・維持保全の業務プロセスの組織形態に改めるものである。また、スムーズな施設の整備や管理運営とキャンパスでの実証実験等のために、施設部署が教員との協働関係を築く必要から、「教職協働」がより求められるようになった。

国立大学法人は法人化後「業務量の増加」というアンケート結果がある¹⁵⁾。施設部署においても、労安法対応業務、省エネ法に基づくエネルギー管理業務、中期目標・評価制度への対応業務等が増えた。また、今後、インフラ長寿命化対応業務が増えてくることが見込まれている。

2-5 本部と部局

国立大学法人は、学部、附属病院、研究組織等の部局と、学長を支援する本部とからなる。本部には、総務・財務・学務等の事務組織のなかに、施設関係業務を所掌する部署が、大学の規模に応じて部や課として設置されている。部局には、大きな大学の場合には独自に、同一キャンパス内のいくつかの部局をまとめる場合に共同して、施設担当者を設置していることもある。本部の施設部署は、施設担当者のいない部局の維持保全業務等を含めて進めている。

なお、改修プロジェクトにおいて運用改善を取込み、反映した省エネ対策を進めるには、当該部局の管理部署と教員の協力が欠かせないが、「伝統的に学部や学科といった組織単位での構成員自治が強い」¹⁶⁾ことから、組織の縦割り意識に阻まれる場合もある。

2-6 技術的基準等

国立大学法人では、施設整備に関する基準類は「統一基準」^{注5)}を原則として使用することになっている。しかし、統一基準に馴染まないものは、文科省で作成している¹⁷⁾。この中には、設計関連のものとして、建築構造設計指針、国立大学等施設設計指針¹⁸⁾がある。省エネルギー関係の設計関連のものは、統一基準の「官庁施設の環境保全性基準」¹⁹⁾のみである。技術的基準として明確な位置付けがないが、平成8年に作成された電気設備工事設計資料、機械設備工事設計資料は、現在も実施設計を委託する際に適用基準として使われている。これらの設計資料は、近年のクールビズ／ウォームビズや、東日本大震災による意識変化等の社会情勢を踏まえた改訂が待たれるところである。「官庁施設の環境保全性基準」は、実施設計委託の際の適用基準とはされていない。これらのことから、国立大学法人においては、省エネに係る技術的基準が不明確であるといえる。

また、文科省では、エネルギーの使用の合理化に関する法律第6条に基づく指導・助言の一環として、大学等における省エネルギー対策の基本的な考え方や推進方策等を、手引き・事例集としてまとめている²⁰⁾。この中には、実験等に伴うエネルギー消費が、大学全

体の3割以上を占める例もあることから、実験装置等の運用改善に言及し省エネ対策の必要性などを解説した事例集²¹⁾もある。

2-7 施設整備プロジェクトの流れ

一般的な流れ（企画・基本計画・基本設計・実施設計・施工）と並行に、国立大学法人が行うCMP等の大学方針の策定、概算要求書提出、実施計画案調書、運営支援等を図示した（図1）。

各大学から提出された概算要求書は、文科省に設置された「国立大学法人等施設整備に関する検討会」（以下「施設検討会」）において事業評価され、この結果を勘案して文科省が予算の状況を考慮の上、事業選定を行う。この事業選定に基づき、財務省に提出されたものが予算案として作成され、国会の議決を経て成立する。予算案が決定され内示を受けた大学は、実施計画案調書を文科省に提出する。これとは別に、補助金交付に係る手続きを経て、交付が決定され、各大学での具体的な事業が進められることになる。

施設検討会は、平成13年から事業評価・事業選定の透明性・客観性を確保する観点から学識経験者等の参加により開催されている²²⁾。事業評価は、平成28年度に大きく見直され、今期5か年計画の課題「サステナブルキャンパスの形成」については、満点17点のうち3点が配分されている。その評価項目は、環境対策工事項目数あるいは、CO₂削減量が満点2点、先導的モデルの取組が満点1点、この2つである²³⁾。各大学は、これを受け概算要求の際に、断熱材、複層ガラス、高効率設備の導入等の環境対策工事項目数あるいはそれらによるCO₂排出削減量等や、ZEB化のための取組等、先導モデルの計画を示すものを評価資料として提出している。

3. 大学の実態調査等

3-1 調査概要

国立大学法人の改修プロジェクトにおける省エネ対策の現状を明らかにするために、表1のとおりアンケート調査を実施した。

3-2 環境配慮に対する取組

環境配慮に対する取組については、既存文献^{1) 5) 18) 24) 25) 26)}に基づき、選択肢①～⑨^{註6)}を掲げ実施しているもの全ての回答を求め、図2の結果を得た。なお、自由記述欄に、⑥の基準の内容や運用状況、⑨その他の取り組み内容の回答を得た。①の割合は62%、②が22%、③と④が0%、省エネ目標の設定が十分になされていない状況である。⑥の基準は、26%（17校）で策定しているが、省エネの仕様・留意事項を提示したものが主で、作成者の異動などにより、十分に活用されていないと回答を得ている。⑨の17校には、CO₂削減を目指す専門組織の設置や、コミッショニングの実施、管理一体型ESCO^{註7)}等、環境配慮に係る活動において他大学に比べ進んだ取組内容が記載されている。

3-3 施設部署の組織形態

2-4 に記述した国立大学法人後の施設部署に求められる「業務の拡大」「教職協働」に対応するために組織形態等がどのようになっているかを確認するためにアンケートした。「業務の拡大」への対応状況は施設部署を4つのタイプに分け、「教職協働」は教員支援タイプを5つに分け、その回答を、財務規模等による8分類^{註8)}に従い整理した（表2、図3、4）。

施設部署のタイプは、回答機関65校のうち、従来型の専門分担組織が58%（38校）、プロセス分担組織は大規模大学・中規模病院有・中規模病院無の比較的大きな大学のみに見られ20%（13校）であった。その他組織14%（9校）のうち、8校には維持保全担当組織が設置され、複合組織8%（5校）と合わせて回答機関全体の40%（26校）に維持保全担当部署が設置されている。

図1 施設整備プロジェクトの流れ

表1 アンケート調査の概要

対象者	国立大学法人 86 機関の施設部署	
時 期	H25年10月電話及び電子メールで依頼、提出12月	
内 容	全体に関わる内容	個別プロジェクトに関わる内容
	・環境配慮に対する取組 ・施設部署の組織形態	・対象改修プロジェクトの概要 ・設計の検討状況 ・空調システムの選定状況
回答数	65 校（回収率 75.6%）	57 校（回収率 66.3%）
回答法	・原則、選択回答 ・個別プロジェクトの面積、工事費（㎡あたり千円）、年間エネルギー消費量は直接入力 ・補足で、自由記述を併用

- ① CMPに環境保全についての基本方針を設定している
- ② CMPにキャンパス全体の省エネ目標を設定している
- ③ CMPに建物毎の省エネ目標を設定している
- ④ CMPに空調や照明等、用途毎の省エネ目標を設定している
- ⑤ CO₂やエネルギーの削減に対してペナルティ・インセンティブに係る制度を設定している
- ⑥ 建築物の環境性・省エネ性の向上に係る計画・設計の基準を策定している
- ⑦ 施設部署内実施の設計レビューにおいて建築物の環境性・省エネ性をレビュー項目にしている
- ⑧ 環境保全に係る職員のスキルアップを行うために、定期的に学内外の研修会等への参加を促している
- ⑨ その他

図2 環境配慮に対する取組（複数回答）

教員支援タイプは、キャンパス計画室が大規模大学のみ、アドバイザー教員が中規模病院有・中規模病院無に見られた。これらは、組織的にある程度余裕があることに起因していると考えられる。

3-4 対象改修プロジェクトの概要

対象改修プロジェクトは、概ね 3,000 m²以上の校舎とし、面積、工事費、年間エネルギー消費量、設計外注の分離一括の別の回答を求め、表3のとおり回答を得た。なお、校舎は、講義・研究・実験の単独と組合せを選択させた。また、サンプルが揃わないので、他用途、小規模なものも含めた。設計外注は、7割強が建築と設備に事務所を分けていた。当該施設の年間エネルギー消費量を把握できるようにしている大学は、9校（16%）であった。

3-5 設計時における省エネに関する検討状況

表2 施設部署と教員支援のタイプ

区分	概要
施設部署の組織形態	<div>プロセス分担組織</div> 「企画」「整備（設計・工事）」「維持保全」毎に、それぞれの業務担当組織を設置するタイプ <div>企画＋専門分担組織</div> 「企画」と「建築」「電気設備」「機械設備」毎に、それぞれの業務担当組織を設置するタイプ <div>複合組織</div> プロセス分担と専門分担の複合で、「企画」と「建築」「設備（電気設備と機械設備を包含）」「維持保全」の業務担当組織を設置するタイプ <div>その他組織</div>
教員支援	<div>キャンパス計画室</div> 選任の教員が配置されているタイプ（サステナブル計画室などを含む） <div>アドバイザー教員</div> 大学として、施設マネジメントを支援する教員を任命しているタイプ <div>施設委員会</div> 施設マネジメント等の審議組織を設置しているタイプ <div>個別プロジェクト対応組織なし</div> 大型プロジェクト等において個別に教員を任命するタイプ <div>施設マネジメントを支援する教員組織や制度がないタイプ</div>

表3 対象改修プロジェクトの概要

用途		数	面積 (平均)	工事費 (㎡あたり千円)			
				建築	電気	機械	計
校舎	講義	4	3,300	77.9	14.8	34.4	127.1
	研究	4	3,347	67.7	26.8	33.6	128.1
	講義＋研究	4	5,002	95.8	30.5	34.3	160.6
	講義＋実験	2	3,428	56.9	18.8	40.0	115.7
	実験＋研究	15	4,323	86.4	33.7	61.9	182.0
	講義＋実験＋研究	22	4,251	67.4	20.1	32.5	120.0
その他	病院	1	29,790	89.7	34.1	69.9	193.7
	事務局棟	2	1,807	42.5	29.5	28.0	100.0
	福利施設	2	2,769	85.5	40.0	44.0	169.5
	医学系図書館	1	3,242	128.0	16.0	19.0	163.0
	計	57	4,456	78.2	26.9	42.8	147.9
設計外注			・ 建築と設備の事務所を別になっている 40校 ・ 建築と設備の事務所を一緒にしている 12校 ・ 未記入 5校				
年間エネルギー消費量			記載大学 9校（内3校は、完成後一年未満） 647.9～3,220.2MJ/㎡・年（6校） ※ kWh表記の大学3校については、一次エネルギー熱量換算係数 9,970kJ/kWhにより算出した。

図3 施設部署の組織形態

図4 教員支援体制

設計に係るコンセプト、施設計画等の概略検討と詳細検討を、部局要望・概算要求・実施計画案・実施設計のどの段階で実施しているかを選択方式で回答を求め、図5の結果を得た。事業や環境のコンセプトの概略検討は、多くの大学で概算要求と早い段階から行われているが、具体的な検討を行う詳細検討は、ほとんどが実施設計になって行われている。なお、文献²⁷⁾では、コンセプトワークの作業を4段階に分けており、この研究ではこの文献に示す前2つの作業を概略検討、あと2つの作業を詳細検討と想定した。他の施設計画、運営管理、コストスタディなどの詳細検討も、ほとんどが実施設計になって行われている。設計プロセス初期段階における各種の詳細な検討が実施設計に入っていることが確認できた。また、コストスタディの詳細検討は、半数程度しか実施されていない状況である。

省エネ KPI の検討をしなかった理由は、6つの選択肢〔全学で設定・必要ない・検討が間に合わない・検討方法が分からない・スキルのある職員がいない・職員が不足〕から、それぞれ7校、3校、6校、5校、2校、3校の回答があった。また、自由記述に、計画手法の改善提案が4校からあり、実験室等においては過剰な設備を導入しない、実験装置の省エネ対策の教員との協働体制の構築、空調設備の選定におけるエネルギー量や運用状況の把握があげられた。

3-6 空調システムの選定状況

3-6-1 空調システムに係った者の優先順位

空調システムの選定に係った者を、①運営管理者、②施設部署、③設計事務所、④その他から選択し、各国立大学法人の施設部署が優先した順位の回答を求めた。優先順位1位は、施設部署、運営管理者、その他（利用者）の順で、その割合は81%、17%、2%であ

図5 設計時における省エネに関する検討状況

図6 空調システムに係った者の優先順位

った（図6）。運営管理者が選定に関わっていない割合が 61％という状況であった。

3－6－2 空調システムの選定に用いた情報

空調システムの選定に用いた判断情報を、表4から選択し、その入手時期を概算要求・実施計画案調書・実施設計の各段階から回答を求め、図7の結果を得た。この判断情報は、文献²⁸⁾に示されている熱源方式の比較検討の項目（経済性、運転性能、信頼性、省エネルギー、地球環境負荷低減、建築計画への影響）に基づき、国立大学法人の施設担当部課長へのヒアリングから、抽出した。

概算要求段階で用いた情報は、⑩利用エネルギー、①イニシャルコスト、⑥運転管理、②ランニングコストの順で、回答割合は順に44％、34％、24％、22％であった。全体を通しては、①イニシャルコスト、②ランニングコスト、③利用エネルギー、④建築的対応性の順で、92％、86％、80％、76％であった。早い段階に検討しなければならない、⑩利用エネルギーは、44％が概算要求段階に入手しているが、2割が検討していない。運用時のCO₂排出量を概算要求段階に入手しているのは19％と、ライフサイクルCO₂と比べて割合が高いのは、各大学が概算要求の事業評価の資料として提出していることから推測される。

3－6－3 空調システムの選定に必要な情報

空調システムの選定において、省エネ性を更に推進するために必要と思うものを表4に示す判断情報から3項目を選択することを求め、図8の結果を得た。②ランニングコスト（56％）、④エネルギー効率（52％）、⑩利用エネルギー（32％）の順であった。3－6－2と比較すると、④建築的対応性（0％）、⑤快適性（5％）、⑥運転管理（5％）についての回答割合が大幅に減っており、①イニシャルコスト、③維持保全コスト（18％）、⑧保全性（13％）⑨耐用年数（8％）についての回答割合が半減となっている。

3－7 空調システム選定のための要件整理

前節で、空調システムの選定情報を整理したが、半数（7つ）の情報について、用いられているものと、必要と思うものに大きな開きがあることから、情報の整理が必要と判断し、省エネルギー計画の手順から省エネ手法を整理した文献²⁹⁾を参考に、表5のとおりに整理した。この表には、技術的基準である国立大学等施設設計指針¹⁸⁾、官庁施設の環境保全性基準¹⁹⁾の省エネ手法を示した。また、電気設備に関わることも記載した。現在、改修プロジェクトにおいては、断熱材、複層ガラス、高効率照明が、大部分採用されている。これに、あわせて更に省エネルギー化を進めるには、表5に記載した「①室内環境条件の適正化」、「③自然エネルギーの活用」、「⑥省エネルギー管理の徹底」に係る検討を確実に実施する必要がある。

3－8 課題と検討項目

本章のアンケートの実態調査により明らかになった課題から、省エネ改修プロジェクトを推進するための検討項目を整理した(表6)。

4. 大学への聞き取り調査

4－1 聞き取り大学の選定

省エネ対策を他大学に比べて推進している大学を3章の実態調査から、表7のとおりに選定し、平成26年12月に聞き取り調査をした。

4－2 工夫点と問題点の抽出

聞き取りを表6の検討項目に従い、工夫点を129項目、問題点を

図7 空調システムの選定に用いた判断情報

図8 空調システムの選定に必要な情報

表4 空調システム選定の判断情報

項目名	項目名
①イニシャルコスト	⑧保全性（点検・清掃・交換）
②ランニングコスト	⑨耐用年数
③維持保全コスト	⑩利用エネルギー（電気・ガス・自然）
④エネルギー効率	⑪運用時のCO ₂ 排出量
⑤快適性	⑫ライフサイクルCO ₂
⑥運転管理	⑬ライフサイクルエネルギー
⑦制御方法（BEMS等の活用）	⑭建築的対応性

表5 省エネ手法の整理

要件	省エネ手法		
	参考文献 24)	参考文献 18)	参考文献 19)
①室内環境条件の適正化	・室内温湿度の緩和	－	－
②負荷の抑制	・外部負荷の抑制 ・内部負荷の抑制 ・外気負荷の抑制	・外壁の窓等の高断熱化 ・屋外環境をコントロールすることによる熱負荷の低減	・外壁を通した熱負荷低減 ・躯体を通した熱負荷低減 ・空調・換気量の低減
③自然エネルギーの活用	・自然通風 ・外気冷房 ・太陽エネルギー利用	・太陽光発電設備等の再生エネルギーの利用	・自然光の活用 ・自然通風の活用 ・外気冷房
④エネルギーの有効活用	・熱回収 ・動力回収 ・コージェネレーション	－	・電力負荷の低減と平準化 ・搬送エネルギーの最小化
⑤高効率設備の採用	・高効率システム・機器の採用	・照明・空調設備の高効率化	・効率的な設備システム ・高効率照明器具
⑥省エネルギー管理の徹底	・BEMS ・過冷・加熱の防止 ・除湿再熱の防止 ・過剰外気導入の防止	・BEMS導入等による効率的なエネルギー管理 ・エネルギー使用料の見える化	・運転管理システム ・施設部位に応じた点灯方式

表6 課題と検討項目

検討項目	課題
現状把握	・アンケートでは、年間エネルギー消費量を把握している改修プロジェクトが、12%、省エネのモニタリングの施設毎の体制・制度の設定が23%と、現状把握が十分でないことが分かった。このことは、参考文献24)にも「設備機器・エネルギー使用量等の実態把握」として掲げてあり、設計と条件の整理のために、検討項目の一つとした。
目標設定	・アンケートでは、建物毎や用途毎の省エネ目標を設定している大学が皆無、省エネのKPIの設定が30%と、目標設定が十分でないことが分かった。このことは、参考文献24)にも具体的な目標値の明確化として掲げてあり、PDCAの確実な実施のために、検討項目の一つとした。
省エネ手法	・アンケートから上記「3－7 空調システム選定のための要件整理」で明らかにしたように、省エネ手法は、表5の要件を踏まえた検討が必要であることが分かった。このことを、省エネの品質向上のために、検討項目の一つとした。
運用改善	・アンケートでは、空調システムの選定に運営管理者が関わっていない割合が61%と、運用管理者の関わり方が十分でないことが分かった。このことは、参考文献24)が掲げる「設備運用の改善」「施設利用の改善」等の運用改善を改修プロジェクトにおいて実施することの課題であり、検討項目の一つとした。
プロセス	・アンケートでは、省エネに係る設計行為の詳細検討が実施設計段階に持ち込まれている割合が非常に高い。省エネの設計基準が仕様・留意点で主で、参考文献1)が指摘する「初期段階での十分な検討」がされていないことが分かった。この文献でも掲げる「設計プロセスの改善」を検討項目の一つとした。
コストスタディ	・アンケートでは、ランニングコストの検討が50%、それらの初期段階の検討が20%と、コストスタディが十分でないことが分かった。このことは、参考文献24)が掲げる「投資効果の検証・分析」を進める上でも課題であり、検討項目の一つとした。
性能検証	・アンケートでは、7割強の大学のモニタリングが十分でないが、コミッションing(性能検証)を実施している大学もあることが分かった。このことは、参考文献26)が掲げる「大断省エネ目標値を設定しそれを確実に実現」するために必要なことであり、課題として取り上げ、検討項目の一つとした。
体制	・アンケートでは、プロセス分担組織が20%、空調システムの選定に係った運営管理者の割合が39%、省エネのモニタリングの施設毎の体制・制度の設定に係る検討が23%と、省エネ化を進める体制が十分でないことが分かった。このことは、参考文献24)に掲げる「実務管理者の役割」を全うするための組織づくりと参考文献1)に掲げる「プロジェクトチームの構築」に必要なことであり、課題として取り上げ、検討項目の一つとした。

表7 インタビュー大学の選定

記号	規模	所在地	特色	対象者
A	中規模病院無大学	南関東	様々な省エネ手法を実現させた改修事例の大学	機械設備係長
B	中規模病院有大学	西北陸	管理一休型ESCOの実施大学	施設課長他
C	中規模病院有大学	東北陸	体系的な計画設計基準の策定大学	施設部長他
D	大規模大学	東海	コミッションingの実施大学	施設課長補佐
E	大規模大学	南関東	CO2削減を目指す専門組織設置大学	係長他

173 項目抽出した（表 8）。(1)現状把握の「室内環境把握」、(2)目標設定の「具体的な目標設定」、(4)運用改善の「実験装置の運用改善」、(5)プロセスの「合意形成」、「企画書」、(6)コストスタディの「コスト比較」、「財源確保」、(8)体制の「トップマネジメント」、「役割・責任」、「モチベーション」は、二律背反の関係にある項目である。これは実施できている大規模大学と、これを問題と捉えている、大規模以外の大学における違いからである。大規模大学は、施設部署に組織的に余裕があるからだと考えられる。運用改善は、参考文献²¹⁾に掲載された事例を確認できたが、設計どおり運用されていない例や、実験装置の集中化・共有化は共同機器センターのような組織のもとでないと進まないというコメントがあった。集中化・共有化は組織内で正式な了承を得る場づくりが欠かせないということである。概算要求時に提出する CO₂ 排出削減量等は、実績データの収集分析によるものでなく想定した運転時間とカタログ性能等による理論値であるので、運用段階において活用できないと課題を指摘された。設計外注は、省エネ対策をするには、建築と設備を分ける方が良いとコメントがあった。

また、大学内に、施設整備事業の企画・計画・設計の各々の段階

表 8 工夫点と問題点の抽出

区分	工夫点		問題点	
(1) 現状把握	・エネルギー消費分析 ・室内環境の把握 ・教育研究への施設対応状況の把握 ・省エネ手法採用のための既存調査 ・利用者意識の把握	2 1 1 1 1	・計測データの未活用 ・室内環境把握が困難 ・施設対応把握が困難 ・運用・運転状況把握が困難 ・保有機器データベースの不整備	1 1 1 2 1
(2) 目標設定	・省エネ意識の醸成 ・具体的な目標設定 ・目標管理の徹底	4 2 2	・CO ₂ 削減の使命感の不足 ・目標設定が困難 ・目標管理が必要 ・目標設定スキル不足	2 5 3 8
(3) 省エネ手法	・各種省エネ対策の採用 ・個別空調の設計基準 ・照明の省エネ基準 ・部屋別省エネ基準 ・省エネ手法選定シミュレーション ・モデル建物	20 19 4 4 2 1	・機種選定が不明瞭（手順、検証等） ・省エネ基準未整備 ・空調の最大負荷原単位を決めるべき ・設計基準のためにデータ蓄積が必要 ・省エネ選定シミュレーション未整備 ・地域対応基準未整備 ・省エネ管理仕掛け未整備 ・学内スキル未活用 ・モデル建物不在	27 19 19 5 5 5 3 2 1
(4) 運用改善	・実験装置の運用改善 ・サーバールームの省エネ設計	9 2	・教員との協働体制が不十分 ・共同利用のルールづくり困難	1 1
(5) プロセス	・合意形成の工夫 ・企画書作成 ・設計事務所指示書	24 1 5	・合意形成プロセスが不明瞭 ・企画書・基本設計書が未作成 ・初期段階での検討不足 ・設計プロセスが不明瞭 ・運用段階への引継ぎ不足	3 3 6 6 5
(6) コスト スタディ	・コスト比較ツールの活用 ・財源確保の多様化 ・コストメリットの共有化 ・コスト情報の共有化	4 1 1 2	・エネルギーコストの想定が困難 ・省エネ推定予算の不足 ・省エネ水準と整備費の想定困難	2 5 5 11
(7) 性能検証	・初期段階性能検証 ^{※1} ・建築設備コミッションing ^{※2} ・機検証を含めたコミッションing ^{※3}	4 5 1	・コミッションing実施者が少ない ・実施方法が不明瞭 ・性能の数値化は困難 ・管理を部局に任せ放し	3 3 2 1
(8) 体制	・トップマネジメント体制 ・役割・責任の明確化 ・スタッフのモチベーション向上	3 2 1	・組織の縦割り構造 ・役割・責任が不明確 ・モチベーション向上が必要 ・日常業務の軽減	3 3 1 4

※ 1：初期段階の性能検証は、目標達成のために作成した仕様確認書を、設計、施工、運用の段階で検証する。なお、ここでは、仕様確認書は、省エネ目標の根拠、実施設計、工事監理・運用の各段階における性能確認方法を記載したものを想定している。
※ 2：NPO法人建築設備コミッションing協会が提唱するコミッションingを想定している。
※ 3：インタビュー大学Dが推奨しているコミッションingを想定している。

表 9 学内設計指針としての取組状況

大学名	取組状況
A 大学	・担当者レベルの引き継ぎメモに、設計に係る留意事項を記載している。 ・学内設計指針は組織的余裕がなく策定ができなとコメントがあった。
B 大学	・163 項目からなる「実施設計標準仕様書」を策定し、省エネに関わるコンセプト、目標設定、設計計画留意事項、仕様等、63 項目が記載されている。 ・企画・計画段階における基準の策定が望まれるが、部局の管理部署や教員を取り込んだ指針は難しい。
C 大学	・「施設の基本性能に係る指針」(39 頁)、「施設設計基準」(33 頁)、「施設設計マニュアル」(新営工事編 24 頁、改修工事編 31 頁)を策定し、省エネに係る性能水準、性能確保のための検討項目、設計留意事項、仕様等が記載されている。 ・これらの学内設計指針には、空調の寒冷地におけるデフロスト運転や低負荷運転への対策等、具体的な手順・判断方法等が記述されていない。
D 大学	・C 大学と同様な体系的な設計指針に見直し中の回答であった。
E 大学	・サステイナブル・キャンパスに向けた 2012 年と 2030 年の目標を掲げ、計画・設計段階における遵守事項、運用段階における遵守事項と、更新対策 13 項目、運用対策 5 項目の詳細基準を定めている。しかし、事業量が多く、十分な検討ができなとコメントがあった。 ・基準策定部署と、改修プロジェクト実施部署が異なることから十分に適用されていない。

ごとに関係者間の合意形成をし、プロセスを踏まえ内容の深化を図るという認識が稀薄であることが分かった。これは、平面プランにおいて、スペースの再配分と、機能強化等への対応検討が遅れ、予算配賦がされても、部局や利用教員の中に合意形成や意思決定をしようという意識が働かず、設備計画・設計が進められないことなどの設計プロセスに係る課題である。

4-3 学内設計指針としての取組

聞き取り大学における学内設計指針としての取組等を整理した（表 9）。中規模病院無の A 大学では、余裕がなく学内設計指針策定が難しいこと、他の大学では、学内設計指針が省エネ設計への意識づけになり省エネ対策が進められていることが確認できた。また、一部の大学では学内設計指針の運用が的確にされていないことが指摘され、学内設計指針を運用するための仕組みが必要なことが分かった。

4-4 聞き取り調査のまとめ

聞き取りから抽出した「工夫点と問題点」と、「学内設計指針としての取組」から、省エネ改修プロジェクトの推進を妨げる阻害要因と、それを解決するための推進要件を整理した（表 10）。

5. まとめ（結論）

本研究では、国立大学法人の改修プロジェクトにおける省エネ対策について、その実態と今後の省エネを進めるための課題が、下記のとおり明らかになった。

（1）国立大学法人の施設整備の仕組みにおいて、省エネに係る技術的基準類が不明確であることが分かった。

（2）国立大学における改修プロジェクトでは、省エネの目標設定とモニタリング、設計プロセス初期段階での検討、設計への運営管

表 10 阻害要因と推進要件

阻害要因	分析結果	推進要件
・現状がつかめない	・聞き取り調査では、計測データの未活用、室内環境把握が困難、運用・運転把握が困難等、学内設計指針には、現状把握についての明確な記載がないことが分かった。このことは、アンケート調査により明らかになった課題「現状把握」に係ることで、さらに充実させる必要があり、阻害要因の一つとした。	・省エネ手法と運用改善の検討に必要な設計情報（現状）の把握
・意識が希薄	・聞き取り調査では、経営者層等に CO ₂ 削減の使命感が不足し、大学関係者の省エネルギー意識が希薄であることが分かった。このことは、参考文献 30) に、省エネルギーバリアの一つとして掲げられており、国立大学においても阻害要因の一つとした。	・意思決定、合意形成、達成状況・KPI の公表の明確化
・手法が分からない	・聞き取り調査では、目標設定スキル不足と、機種選定が不明瞭、省エネ基準未整備など省エネ手法に係ることや、運用改善に係るルールづくり困難があげられ、省エネ推進の手法について情報が不足していることが分かった。この情報不足は、参考文献 30) に、省エネルギーバリアの一つとして掲げられており、アンケート調査により明らかになった課題である。「目標設定」、「省エネ手法」、「運用改善」の手法に係ることで、阻害要因の一つとした。	・目標設定の具体化 ・省エネ手法の明確化 ・技術的基準等の体系化 ・運用改善手法の明確化 ・人材育成
・プロセスがわからない	・聞き取り調査では、初期段階での検討不足、設計プロセスが不明瞭、合意形成プロセスの不明瞭等があげられ、学内設計指針には、プロセスが明確にされていないことが分かった。このことは、アンケート調査により明らかになった課題、「プロセス」に係ることで、さらに充実させる必要があり、阻害要因の一つとした。	・設計プロセスの明確化 ・設計プロセスの共有化
・効果把握が困難	・聞き取り調査では、省エネ水準と整備費の想定困難、エネルギーコストの想定が困難、性能の数値化は困難があげられ、効果把握が十分にできていないことが分かった。このことは、アンケート調査により明らかになった課題、「コストスタディ」、「性能検証」に係ることで、さらに充実させる必要があり、阻害要因の一つとした。	・コストスタディの明確化 ・性能検証の明確化
・組織体制がない	・聞き取り調査では、日常業務の軽減、組織の縦割り構造、学内スキル未使用、があげられ、組織体制が十分でないことが分かった。このことは、参考文献 30) に、省エネルギーバリアの一つとして掲げられており、アンケート調査により明らかになった課題、「体制」に係ることで、阻害要因の一つとした。	・設計業務の効率化・合理化 ・縦割り構造の払拭 ・役割・責任の明確化 ・実験装置等の運用改善のための場づくり

理者の参加，省エネ手法の検討などが十分でないことが分かった。

（３）国立大学法人の施設部署は，法人化後，施設計画・整備・管理を一元的に担当する体制が求められているが，維持保全担当部署を設置している大学が４割，省エネに係るモニタリングの詳細検討をしている大学が３割弱であった。管理業務について，多くの大学で十分に実施されていないことが分かった。

（４）省エネ対策を積極的に推進している大学への聞取りの整理から，省エネ改修プロジェクトの推進のための，検討項目，阻害要因，推進要件をあきらかにできた。更に，国立大学法人の改修プロジェクトにおいて省エネ対策を確実に推進するには，学内設計指針が必要なことが分かった。

今後は，省エネを推進する設計プロセスをマネジメントしてゆくために，学内設計指針の具体的な内容と，これの的確な運用を担保する仕組みの検討をすすめてゆく。

謝辞

本研究においては，宇都宮大学工学研究科修了者の田代翼氏，寺島徹氏や，花島輝文氏に多大な協力を頂いたことと，各国立大学施設部署の職員をはじめ関係各位にアンケートやインタビューに快く応じて頂いたことに，深く感謝の意をここに示す。

注

- 注１）参考文献２）では，部局等の名称から判断し「文科系」「理・農学系」「工学系」「医学系」「附属病院」の５つの系統別に区分したものを「学問系統」と称している。
- 注２）国立大学等は，国立大学法人，大学共同利用機関法人，独立行政法人国立高等専門学校機構を指す。本研究の対象は国立大学法人である。
- 注３）参考文献１０）では，教育研究の活性化を引き起こすため，施設計画・設計上の工夫を行って，新たな施設機能の創出を図る創造的な改修を「リノベーション」と呼称して，その実施が重要であるとしている。
- 注４）参考文献１４）では，戦略的な施設マネジメントの方策に，省エネルギー対策の積極的な推進も掲げ，これらの管理体制の構築を求めている。
- 注５）統一基準とは，国家機関による営繕事務の一層の合理化・効率化のため，各府省庁の使用する基準類を統一化したもの。この統一基準は，各府省庁及び統一基準決定後に各府省庁から公社・独立行政法人等に移行した組織においても使用することになっている。
- 注６）環境配慮に対する取組についての各選択肢は，以下のように想定した。
- ・選択肢①～④については，参考文献２４）の「トップマネジメントによる明確な方針・目標を策定」「省エネルギー対策の必要性を学内の共通認識として位置づけ」や参考文献１８）の「省エネルギーの推進のために，施設の用途を考慮しつつ環境性能の目標を設定」から，ＣＭＰに方針・目標を設定することを想定した。
 - ・選択肢⑤については，参考文献２５）の「省エネルギーのインセンティブを与える仕組みの構築」から，想定した。
 - ・選択肢⑥については，参考文献５）では，「大学施設において独自に学内基準を定めること」で「環境負荷削減に向けた計画・設計が可能となる」としていることから，想定した。
 - ・選択肢⑦については，参考文献２６）では，性能検証の一環として「設計レビュー」を位置づけていることから，想定した。
 - ・選択肢⑧については，参考文献１）では，国立大学等に求められる取組として人材育成のために，定期的な研修会等の開催が必要としていることから，想定した。
- 注７）管理一体型ＥＳＣＯは，既存施設の管理を含めたＥＳＣＯ事業の呼称。
- 注８）この８分類は，国立大学法人評価委員会国立大学法人分科会業務及び財務等審議専門部会が平成１７年６月２２日示した国立大学法人の類型化（資料２-３）に，その後の大学の統廃合を反映させたもの。
- 注９）財政構造の類型は，国立大学法人評価委員会国立大学法人分科会業務及び財務等審議専門部会が，財務規模，収支構造への影響と，これらの組み合わせにより８つに分類したもの。

参考文献

- １）文部科学省（国立大学等施設の設計に関する検討会）：国立大学等施設の設計に関する検討会報告書，２０１４．３
- ２）文部科学省（国立大学法人等のエネルギーベンチマーキング手法検討会）：大学のエネルギーベンチマーキング手法，２０１１．３
- ３）文部科学省大臣官房文教施設企画部：大学等における実験・研究に関する省エネルギー実証事業報告書，２０１３．３
- ４）文部科学省：国立大学法人等施設実態報告書平成２７年度，２０１５．８
- ５）河野 匡志，柳原 隆司，花木 啓祐，磯部 雅彦，坂本 雄三：国立大学施設における環境負荷低減手法に関する研究，日本建築学会環境系論文集，第 76 巻，第 666 号，pp. 727-734，2011. 8
- ６）李 演生，赤司 泰義，渡辺 俊行 他，福田 健一，江島 伊佐朗：省エネルギー手法による空調用エネルギー消費原単位の削減効果と P A L ・ C E C / A C 評価，日本建築学会計画論文集，第 564 号，pp. 55-62，2003. 2
- ７）大橋巧，下田吉之；理科系研究施設におけるエネルギー消費内訳の推計，日本建築学会環境系論文集，第 79 巻，第 699 号，pp. 443-450，2014. 5
- ８）北尾 靖雅，宗本 順三：マスターアーキテクト方式による建築物の集合形態生成の研究，日本建築学会計画系論文集，第 522 号，pp. 215-221，1999. 08
- ９）水川 尚彦，古坂 秀三，金多 隆 他，藤本 真一：事業用建物の発注者業務に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 605 号，pp. 167-173，2006. 07
- 10）第４次国立大学法人等施設整備５か年計画，文部科学大臣決定，2016. 3. 29
- 11）第３次国立大学法人等施設整備５か年計画（平成 23 年度～27 年度）フォローアップ〔平成 26 年度版〕（参照 2015. 9. 10），http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/kokuritu/_icsFiles/afieldfile/2015/09/15/1326731_4.pdf
- 12）文科省大臣官房文教施設部計画課整備計画室：戦略的なキャンパスマスタープランづくりの手引き，2010
- 13）文科省大臣官房文教施設企画部：平成 2 9 年度国立大学法人等施設整備費等要求書・同関係資料作成要領，2016
- 14）今後の国立大学等の施設管理に関する調査研究協力者会議：「知の拠点」を目指した大学の施設マネジメントー国立大学法人（仮称）における施設マネジメントの在り方について，文科省大臣官房文教施設部，2002
- 15）東京大学大学院教育学研究科 大学経営・政策研究センター：大学事務組織の現状と将来 全国大学事務職員調査 報告書，2010
- 16）中央教育審議会大学分科会：大学のガバナンス改革の推進について（審議まとめ），2014. 2. 12
- 17）文部科学省の技術的基準一覧：設計関連（参照 2016. 5. 13）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/eizen/04032202.htm
- 18）文科省大臣官房文教施設企画部：国立大学等施設設計指針，2014
- 19）国土交通省大臣官房官庁営繕部：官庁施設の環境保全性基準，2014
- 20）文部科学省大臣官房文教施設企画部：大学等における省エネルギー対策の手引き及び事例集（参照 2016. 5. 13）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/green/1292005.htm
- 21）文部科学省大臣官房文教施設企画部：大学等における省エネルギー対策事例集 業務用機器（実験装置）編，2012
- 22）国立大学法人等施設整備に関する検討会について：平成 13 年 8 月 22 日文教施設部長決定（参照 2016. 5. 13），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/037/gaiyou/1358117.htm
- 23）国立大学法人等施設整備に関する検討会：平成 29 年度国立大学法人等施設整備の方向性，（参照 2016. 5. 13），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/037/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/05/25/1358121_01.pdf
- 24）文部科学省大臣官房文教施設企画部：大学等における省エネルギー対策の手引きー経営層，実務管理者に向けてー，2010. 3
- 25）文部科学省大臣官房文教施設企画部：大学等における実験・研究に関する省エネルギー実証事業報告書，2013. 3
- 26）萱野 貴大，太幡 英亮，中原 信生，谷口 元，恒川 和久：ライフサイクルビルコミッションングの大学施設での実践，その 2ー建築計画の視点から，建築コミッションングの実践，日本建築学会大会学術梗概集，建築社会システム，pp. 151-152，2012. 9
- 27）日本建築学会編：建築企画事典，彰国社 2000. 11
- 28）建築環境技術研究会：建築環境エンジニアリング 4 空調・衛生設備計画，鹿島出版会 2000. 7
- 29）井上 宇市：空気調和ハンドブック，丸善，2008
- 30）省エネ行動とエネルギー管理に関する研究会：省エネ行動とエネルギー管理に関する研究会取りまとめ，2011. 8

STUDY ON PROMOTING ENERGY SAVING RENOVATION PROJECTS IN THE NATIONAL UNIVERSITIES

Tatsuo FUJIMURA * and *Noriyoshi YOKOO* **

* Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ.

** Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ., Ph.D.

The national university is requested to implement the measures to realize a low carbon society through life cycle of buildings.

The design period of planning and preliminary design is short, and the detailed design work start without sufficient consideration on energy saving measures. It is expected to improve design process and energy saving measures, which take into account the operation phase, for the facility users do not perceive that the experimental equipment are energy saving objects.

The national universities hold 8,460,000 m² buildings that passed more than 25 years and being needed to implement renovation, and it increases by 600,000 m² a year. The purpose of this study is that grasp the actual design process and to clarify the promoting measures for carrying out energy saving in the national universities.

The study covers following contents;

- (1) Clarify current condition of energy saving measures by investigating the organization of facility planning in the national university.
- (2) Clarify current condition of renovation project by conducting a questionnaire survey on the facility planning department in the national universities.
- (3) The hearing regarding energy saving measures to the universities that promoting energy saving measures, specified devised points and problems, and clarified obstructive factors and requirement of energy saving promotion.

This study concludes followings;

- (1) It is not taken into account following issues; target setting, monitoring, consideration on energy saving at early design stage, participation of facility operators and consideration of energy saving measures.
- (2) The ratio of establishment of maintenance division is 40%, implementation of energy monitoring is 30%. It shows that establishment of the management work is not enough in the national universities after turned into national university corporation.
- (3) Creating a design guideline regarding to energy saving is one of the factor enhancing energy saving measures at the renovation projects in the national universities based on clarifying consideration items, obstructive factors and requirement of energy saving promotion.

The further study is being intended and it will cover that detailed content of design guideline and a management system which apply the design guideline in the design process appropriately.

(2016 年 4 月 9 日原稿受理, 2016 年 9 月 14 日採用決定)