

2013 年度インターゼミ [社会工学研究]

多摩大学 スマートユニバーシティ構想

～フィールドワークによる先行事例研究を踏まえて～

〈 指導教官 〉

萩野 博司

長田 貴仁

〈執筆メンバー〉

社会工学研究会 エネルギー・環境班

多摩大学 経営情報学部

豆生田 泰樹

鈴木 舜

岡本 唯

村木一美

〈大学院修了生〉

新部 均

目 次

目 次	160
第1章 2013年のエネルギー情勢	165
第1節 原子力発電の限界	165
第1項 経済活性化とリスク	165
第2項 核廃棄物処理問題	165
第2節 エネルギー動向	166
第1項 米国・中国での石炭エネルギー	166
第2項 米国でのシェールガス・オイルの台頭	167
第3項 ロシアの天然ガス政策	168
第3節 再生可能エネルギーの展望	169
第1項 洋上風力発電	169
第2項 大規模太陽光発電	170
第2章 問題意識	172
第1節 社会情勢への参画のジレンマ	172
第2節 学生目線でのエネルギー問題への取組み	172
第3節 多摩大のポジション	172
第3章 取り組むべきテーマ	174
第1節 多摩大での環境対応の可能性	174
第2節 多摩大の価値向上	175
第3節 明確なコンセプト	175
第4章 仮説	176
第1節 スマートユニバーシティとは	176
第2節 スマートユニバーシティの定義	176
第5章 調査	177
第1節 スマートキャンパス事例調査	177
第1項 東京工業大学	177
第2項 三重大学	183
第3項 東京大学	187
第4項 恵泉女学園大学	191
第5項 フェリス女学院大学	194
第2節 唐木田ゴミ焼却施設視察	197
第3節 研修会・セミナー参加	198
第4節 企業での実施例	199
第1項 富士ゼロックス「富士ゼロックス R&D スクエア」	199

第2項 多摩大への導入可能性.....	206
第5節 外部コンテスト	206
第6章 分析	208
第1節 学内意識調査.....	208
第2節 大学別比較・分析.....	211
第1項 国立理系.....	211
第2項 私立大学 文系女子大、情報系	212
第3節 多摩大スマートキャンパス構想への示唆.....	212
第7章 結果・検証	213
第1節 大学別比較分析結果から.....	213
第2節 スマートユニバーシティの可能性.....	213
第3節 多摩大スマートキャンパス化概要.....	213
第1項 施設面	213
第2項 意識面	214
第3項 管理面	214
第4項 教育面	214
第4節 地域との連携.....	214
第8章 まとめ・今後の展望	216
第9章 謝辞.....	217
第10章 参考文献	218

はじめに

エネルギー・環境に関する問題は現代社会を生きる上で避けては通れない。人類の経済的、文化的成長には安定したエネルギー源が不可欠であるが、その消費と比例して地球環境は様々な面で破壊され続けてきた。19世紀の産業革命以降、石炭に続いて石油（その副産物である天然ガス）の消費量が急激に増加し、二酸化炭素（以下、CO₂）の排出量を増やす結果を招いた。同時に欧米諸国だけでなく、日本も石油の多くを中東に依存していたことから、政治的リスクを回避するためにも、脱石油が大きな課題になりつつあった。

こうした状況下で注目されたのが、産業革命から100年ほどで実用化の段階を迎えた原子力発電（以下、原発）だった。オイルショックが契機となり、石油不要のこの新しい大規模集約型発電技術は、次世代エネルギーの希望と目され、先進諸国に相次いで普及していった。

原子力が持つ危険性は登場時より認識されており、現実的に事故も何度か起こっていた。しかし、1970年代から徐々に問題視され始めたCO₂排出による地球温暖化は、原発の推進論を後押しした。世界唯一の原爆被爆国である日本においても、経済発展のために原発の安全性を強調し、国内への導入を積極的に進めてきた。2010年時点で、日本は米・仏に次いで、原子力による発電量は世界第3位の原発大国になった。そこで起こったのが東日本大震災だ。原発は全機の稼働を一時停止し、将来的な日本のエネルギー政策を厳しい目で再検証し、議論しなければならない状況となった。

現在も、我々が学ぶ多摩大学の学長である寺島実郎氏をはじめ、多くのエキスパートが、政府や研究機関、学会などの主要会議で、日本のエネルギー・環境問題について話し合っている。しかし、一朝一夕には結論を出せない大テーマゆえ、未だにベストの解は出ていない。

では、一大学生に何ができるのだろうか。指導教官のアドバイスをいただき、チームのメンバーで議論するなかで、エネルギー・環境の専門家と同じような内容を調査、分析し論文にしても単なる先行研究の引用、羅列にとどまり、独自性に欠けるということに気づいた。そうであれば、我々の足元を見つめることにより、多摩大生らしい研究を深めようと試みた。

近年、太陽光発電や燃料電池、大容量蓄電池などの個別発電・蓄電技術だけでなく、ICT技術も取り入れ、地域ごと、街ごと創エネ、省エネしようとする動きがみられる。いわゆる「スマートシティ」である。この概念を多摩大学という範囲、そして地域という概念で導入してはどうだろうかと考え、表題にある「スマートユニバーシティ（略称・スマ大）構想」を提言することにした。

本研究を始めるに当たり、まず次のような素朴な疑問が生じた。

「はたして、我々の大学は、エネルギー・環境問題にどこまで取り組んでいるのだろうか」

太陽光パネル設置や風力発電装置など、ハードウェア面だけの問題と捉えられるかもし

れないが、その領域はソフト面から教職員や学生の意識面にも広がる。大学側にヒアリングした結果、創エネ、省エネについて、画期的なアイデアがあるわけではない。本年、創立25周年という節目を迎えようとしているが、エネルギー面での新たな取り組みについては模索段階であることが分かった。多摩大は、経営情報を看板にし、情報やコミュニケーション技術（ICT）を柱の一つにしている。ならばICTを駆使した省エネプランなど具体的な内容を提示できないか。スマートシティではICTがエネルギー・環境対策の核になっているが、大学側の説明は「業者に聞いた結果、採算面のメリットは乏しい」といったものにとどまっている。

ハコ物（新建築物）に関しては単に設計の問題という側面もあるが、我々の問題提起はそこで終わらない。大学である以上、教育という観点からもエネルギー・環境問題に貢献できないか。そこで、この分野に力を入れている大学を実地調査するとともに、多摩大生にアンケート調査を実施し、どれほど関心を払い、問題意識を持っているかを探った。これらを含めて、研究の方法としては、事例研究による定性分析とアンケート調査による定量分析の両方を用いた。

以上が、本研究の動機と方法である。

本稿の具体的構成は次のとおりである。

まず、第1章で世界規模でのエネルギー情勢を概観し、原発の問題点と課題、再生可能エネルギーの展望についても論じる。マクロ的視座からエネルギー・環境問題を俯瞰した上で、第2章では、ミクロ的視座から多摩大のエネルギー・環境問題を直視し、問題意識を明確にした。第3章でエネルギー・環境問題という大きな看板を中心に据え、「知られざる大学」からの脱皮を提言する。第4章では、それをスマートユニバーシティ構想として打ち出した。第5章で、前述の他大学の事例研究に加え、唐木田ゴミ処理施設や大学連携スマートキャンパスシンポジウムなどでの知見を報告する。第6章では、学内アンケートに基づき分析するとともに、大学別比較も行った。そして、最後の第7、8章において提言とまとめを記した。

エネルギー・環境問題をいえば、とかく大上段から構えた天下国家論が中心になっているが、発電が大規模集中から事業所、さらには各家庭単位になろうとしている今、意識面でも、一人ひとりが真剣に取り組むことが求められているのではないか。その意味でも、社会に出る直前のステージにいる大学生の意識が高まることは、将来の日本、世界を変えるうえで、きわめて重要だろう。その教育拠点となる大学が、ハード（設備）を改善することとどまらず、ソフト（教育）も拡充すれば、学生だけでなく地域住民のエネルギー・環境意識をも高めることになるだろう。

これこそが、行政の会議に参画することはなく、技術の知識も乏しい経営情報学部の大學生が、現段階で発信できる最大限の提言である。インターゼミの後輩らが、この論文を

踏まえ、さらに新たな発想から研究を継続、進化させてくれると確信する。
これが本研究のもう一つの目的でもある。

第1章 2013年のエネルギー情勢

第1節 原子力発電の限界

第1項 経済活性化とリスク

原発なしで国家レベルの電力をまかなえるかどうか。現状を見る限り、太陽光発電のような代替技術が本格的に実用化するまでは、政治判断のみで原発稼働をストップすることは極めて難しいと思われる。全面的な脱原発は技術的には問題ないとしても、火力、水力ではランニングコストが高すぎる。火力発電は輸入でしか手に入らない石油や天然ガスを大量に消費する。これらに電力需要の大部分を頼ることになれば、化石燃料の大量消費、それに伴う電気料金単価の大幅な値上げ、CO₂の大量放出は避けて通れない。

とはいえ、東日本大震災にともなう深刻な原発事故を体験したいま、これまでのように安易に原発に頼ることは許されない。いま日本のエネルギー政策は大きな岐路に立っているというほかない。

原発が持つ潜在的なリスクは十分にコントロールできるという安全神話が語られていた。東京電力福島原子力発電所国会事故調査委員会の報告書¹によると、福島原発事故も、海外の知見を活かして事前の対策を備えていれば、防げた可能性があるという。また、1990年代から導入された第3世代や第3世代プラスの原子炉は、それ以前の福島第一原発のような第2世代の原子炉と比べて、事故のリスクは低く抑えられるとされる。

第2項 核廃棄物処理問題

そもそも、使用済燃料という処分が困難な放射性廃棄物を排出するという問題を抱える。高レベル放射性廃棄物として地層処分（直接処分）する場合は、その毒性が天然ウランと同じ水準まで低減するのに百万年を要する。一方、使用済燃料から毒性の強いプルトニウムとウランを分離した後に排出される高レベル放射性廃液をガラス状に固めたもの（ガラス固化体）を処分する場合でも、数万年もかかる。さらに、再処理により抽出したプルトニウムからつくるMOX燃料を軽水炉で利用（プルサーマル）すると、通常の使用済燃料よりも半減期の長い核種を多く含む使用済MOX燃料が発生し、その処理処分が問題となる。

高レベル放射性廃液から、さらに半減期の長い超ウラン元素を分離したうえで処分すれば、天然ウランの毒性レベル以下に要する期間を数百年に短縮できる。しかし、分離した超ウラン元素を高速炉や加速器で短寿命核種や安定した核種に変換する核変換技術の研究はまだ基礎的な段階にとどまる。

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」²に基づき電力会社などの拠出で設立された原子力発電環境整備機構（NUMO）は、ガラス固化体の最終処分場の選定に向けて、

¹ あわせて国立国会図書館「エネルギー政策と原発再稼働をめぐる問題」調査と情報 787号（2013/4/30）参照 http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8201577_po_0787.pdf?contentNo=1

² （平成12年法律第117号）

2002年から第1段階の文献調査を行う候補地を公募しているが、各地で反対に遭い、行き詰まっている。すぐに地層処分するのではなく、責任ある対処方法を検討し決定する時間を確保するために、回収可能性を備えた形で、数十年から数百年程度、暫定保管することや、総量を管理(総量の上限確定や増分抑制)することを推奨する意見もある。

高レベル放射性廃棄物以外にも、原発の運転や解体に伴い、大量の低レベル放射性廃棄物が発生するという問題が残る。高レベル放射性廃棄物に比べて、処分に要する期間は短く、必要な処分場の面積も小さいが、解体廃棄物の処分場はまだ確保されていない。

第2節 エネルギー動向

第1項 米国・中国での石炭エネルギー

中国は2009年に急激に石炭の輸入量を増加させ、2011年には日本を抜いて世界第1位の輸入国となった。2012年もさらに輸入量を増加させており、輸入総量は2億9,000万トン近くに達している。2009年以降特に輸入量が増えているのは一般炭である。また、最近になって、品質が劣る褐炭の輸入統計も発表されるようになった。褐炭の輸入量を入れると2010年の時点で日本を上回っている。

近年、中国国内の一般炭の価格は豪州・インドネシア炭のそれよりも高い状況が続いて、価格の変動も小さい。2012年の中国国内のエネルギー消費は全体でも3.9%の伸びに止まり、更に石炭需要はわずか2.5%の伸びにとどまった。需要が弱く、その結果国内の石炭価格は下落(10~20%)したものの、海外炭は更に市況が低迷したため、国内価格の方が高い状況が続き、引き続き輸入拡大の趨勢が続いたといえる。この2012年の状況を踏まえれば、中国の石炭輸入量の拡大は、国内の需要増による調整弁の機能を果たしたというよりは、内外価格差により決まったといえる。

2012年上半期は中国国内の石炭販売量が落ち込み、港が在庫で溢れかえっているという報道もなされたが、輸入量自体は順調に増加した。要はこの時期に海外炭価格は急落しており、中国国内の石炭調達業者は、高い国内炭よりも安い海外炭を選択したということになる。中国企業の石炭調達は基本的にスポット調達であり、市場価格により柔軟に調達先を変えている模様である。2011年から2012年にかけて火力発電所の発電量および発電所における石炭消費量はほぼ横ばいで推移しているが、石炭輸入量は飛躍的に伸びていることが分かる。中国においては国内炭の価格が高位で推移する一方、電力販売価格は政府により低く据え置かれており、経営が悪化した電力会社が安い海外炭の調達を増加させた。

米国の原料炭は価格上昇に伴い輸出量が増加する傾向がみられるが、一般炭については必ずしもそうとはいえない。一般炭の輸出は2010年以降増加傾向にあるが、価格自体は横ばいである。輸出量が増加した理由は、価格水準ではなく、米国において石炭需要が低下しているため、外国市場に活路を見出したことにある。

石炭需要が低下している理由は大きく分けて3つある³。

まず、シェールガスの登場である。近年、シェールガスが採算面で採掘可能になり、生産量が急激に伸びた。そして、従来の天然ガスに比較して極めて安い価格で取引されている。その結果、発電用燃料として安価であることが強みであった石炭が、シェールガスに取って代わられつつある。

第二に環境規制である。米国環境保護局（EPA）は近年、従来の大気汚染法をさらに強化しようとする動きを見せている。2011年12月には水銀等大気有害物質基準（Mercury and Air Toxics Standard; MATS）を発表し、翌年4月に施行された。米国における水銀排出量の50%、酸性ガスの75%、有害金属の20%以上が発電所からの排出といわれており、対策が不十分である既存石炭・石油火力発電所が全体の4割にも上ることが政府の規制強化につながった。さらに、EPAは発電所を対象にした温室効果ガス削減規制案も発表している。この案によると、新規建設発電所からの温室効果ガス排出量は1MWあたり1,000ポンド（約454kg）に制限される。石炭火力発電所の場合、CO₂を地中深くに埋めるCCS技術の導入などの対応が不可欠となり、新設の大きな壁となる。

三つ目は、既存石炭火力発電所の老朽化である。現在の米国内石炭火力発電所は約1,400基あるが、その多くの稼働年数は40年を超えており、米エネルギー省（DOE）は2020年までに多くの石炭火力発電所が閉鎖されることになるという見通しを示している。中でも、2012～16年の5年間は、石炭火力発電所が約150基減少するとみられている。

以上のような背景から、米国の総発電量に占める石炭の割合は2009年の44%から2012年には37%に低下した。ちなみにガスの割合は同時期で23%から30%に増加している。石炭消費量も当然減っており、米国内において石炭供給が過剰になっている。この石炭が輸出に回されていることになる。

第2項 米国でのシェールガス・オイルの台頭

シェールガスの推定埋蔵量は中国が36兆m³でトップを誇り、米国が24兆m³が続いている。そして、アルゼンチン、オーストラリア、カナダと多くの国にシェールガスは埋蔵されている。しかし、中国を筆頭に米国以外での開発は殆ど手付かずの状態である。2020年頃までを睨んでもシェールガスで台頭するのは米国であることは明白だ。その開発には技術力と資金力、大量の水、数年単位の時間が不可欠である。従って、2020年頃までを展望すると、米国が資源大国として復活することが考えられる。

一方で、在来型原油生産のイニシアチブを握っていた石油輸出国機構（OPEC）諸国や在来型天然ガスのロシアは守勢に立たされ、価格決定の主導権を徐々に失っていくことは避けられない。つまり、今後はオイルショックや中東の油田をにらんだ大国間での駆

³ 平成24年度石炭供給安定化調査事業における石炭産業構造調査
<http://www.jcoal.or.jp/news/h24sekitansangyou.pdf>

け引きは影を潜める可能性がある。また、ロシアはエネルギー戦略そのものを、根底から練り直す必要に迫られている。

米国のシェールガス革命により、世界のエネルギー市場で天然ガスの供給の玉突き現象が起こっている⁴。まず、米国でシェールガス生産量が増加するにつれて、当然のことながら天然ガスの輸入量は激減。遅くとも2013年中には、米国がロシアを抜き世界最大の天然ガス産出国になり、2016年頃には純輸出国になると見られている。

そこで、米国で消費されてきた中東カタールの天然ガスは、現在、欧州に向かっている。そして、値崩れしたカタール産天然ガスが供給されることで、欧州市場を独占していたロシア産の天然ガスが行き場を失うこととなった。困ったロシアは中国を目指すが、今のところ、中国が積極的に輸入する動きは見られない。そこで、現在ロシアは、世界の主要国では最も割高な価格で天然ガスを買っている日本や韓国などアジア諸国を狙っている。

しかし、日本には既に長期契約のカタール産と豪州産の天然ガスが供給されており、2016年頃からは米国産シェールガスが供給される見込みである。従って、今後、中東産やロシア産の天然ガスは供給過剰に陥る可能性があるといえる。そして、このようなエネルギーの勢力地図の変化は、国際政治のバランスに微妙な影響を与えていく。少なくとも米国が、イラク戦争のような犠牲を払ってまで、中東でのプレゼンスを維持する必要は無くなると考えられる⁵。世界のエネルギー戦略のパラダイムの変化が、世界の安全保障体制にも大きな変化を与えていくこととなる。

第3項 ロシアの天然ガス政策

2011年のロシアの天然ガス生産量は6,070億m³、前年比3.1%増で米国の6,513億m³に次いで世界第2位となっている⁶。原油の場合と同様に、ロシアの主要な天然ガスの生産地は西シベリアにある。そして、そこで生産された天然ガスの全体量の約2割を欧州向けに輸出している。残りの約6割がロシア国内向け、約1割が旧ソ連諸国向けとなっている。なお、2011年実績でロシアは日本に980億m³（725万トン）、韓国に390億m³（289万トン）、台湾に30億m³（22万トン）のLNG（液化天然ガス）を輸出した。これらはサハリン2プロジェクトからのLNG輸出である。

将来的には西シベリアでの天然ガス生産量の減少が見込まれるため、東シベリアおよび極東といった地域での新規ガス田の開発・生産が重要な課題である。そのためには北東アジア地域にガスの販路を確保しなくてはならない。2009年以降、ロシアは日本、韓国、台湾にも輸出しているが、パイプラインを新設して中国にガスを輸出する開発構想

⁴ 変わる世界のエネルギー勢力図学べる「シェールガス」<http://www.e-shalegas.net/seiryokuzu/>・

⁵ 寺島実郎 インターゼミ講義より

⁶ ロシアのエネルギー政策

http://www2.jiia.or.jp/pdf/resarch/H24_Russia/7_komori.pdf#search='%E3%83%AD%E3%82%B7%E3%82%A2%E3%81%AE%E5%A4%A9%E7%84%B6%E3%82%AC%E3%82%B9%E6%94%BF%E7%AD%96'・

にはこれまでのところ大きな進展は見られない。

ロシアは自国産天然ガスの新規輸出先として北東アジア市場を必要としている。しかし、日本・韓国・中国にとって、ロシアの東シベリア・極東産天然ガスが唯一の選択肢ではない。ロシアは今後、北東アジア市場を巡って他のガス産出国と競争を展開することになる。カタールのような中東の新興「産ガス国」や米国の動向もロシアにとって脅威である。また、ロシアがカタール、イラン等と音頭を取って設立した「ガス輸出国フォーラム (Gas Exporting Countries' Forum: GECF)」⁷を、国益のためにどう活用していくかも注目すべき点である。

第3節 再生可能エネルギーの展望

第1項 洋上風力発電

洋上では陸上に比べてより大きな風力が得られるため、風力発電所を洋上に建造した場合、より大きな電力が供給できると考えられている。洋上 (OFFSHORE) とはいっても必ずしも海洋上を意味するのではなく、湖、フィヨルド、港湾内などに設置されたものも含めることに注意する必要がある。また発電機の形態に関しても、通常の風力発電と同様に基礎が地面に固定されたものもあれば、海底に基礎を設置できない深海部でも利用可能なように浮体式⁸の基礎を用いたものがある。2011年現在、洋上風力発電が普及しているのはほぼ欧州に限られるため、本稿では欧州における状況を中心に述べる。



図 1 洋上風力発電

⁷ 2001年設立。イランやロシアといったガス生産国13ヶ国と、オランダやノルウェーなどのオブザーバー4ヶ国で構成され、加盟国で世界のガス生産の80%を占める。2013年7月1日にモスクワで開催された会合では、米国がシェールガスの生産量を増大させ、ガス価格を引き下げていることに対抗する姿勢をみせた。

⁸ 浮体式洋上風力発電と呼ばれ、実用化を目指して研究が進んでいる。

洋上風力発電を行う際、タービンはアクセスしづらい海洋上などの場所に設置されるため、通常の陸上風力発電に比べて信頼性が重視される。船やヘリコプターを用いた定期的なアクセス手段の確保が不可欠で、ギアボックスの交換などの大掛かりな作業のためにはジャッキアップ・リグ⁹などの設備も必要とされる。設備の修理と維持をするためには、専門の管理チームや彼らの居住スペースが必要となる。

洋上風力発電の先進地域である欧州においても、風力発電所の設計および建設許可を得る際には 1,000 万ドルの出費と 5 年から 7 年の歳月がかかるが、思ったような結果が出ないリスクもある。ゼネコン各社は行政手続きを改善するように政府に要求している。洋上風力発電第 2 位のデンマークでは当局によって手続きが簡素化され、ハードルがかなり下がった模様である。

洋上風力発電の推進派の多くは、温室効果ガスを減らそうという世界的な潮流のために 2009 年から電力価格は上がると見る。風力発電には追い風となる。洋上風力発電が火力発電のシェアを食うことによって石油、天然ガスの輸入を減らし、大気汚染や温室効果ガスも削減できる。さらには新時代の発電のスタンダードになることによって、新たな雇用やビジネスチャンスを生むと期待されている。

第 2 項 大規模太陽光発電

出力 1MW 以上の大規模な太陽光発電である。建設には広大な用地を必要とするが、再生可能エネルギーの基幹電源として期待されている。経済産業省によると、2012 年 3 月現在で計画・建設中を含み全国に約 80 カ所存在している。2009 年 11 月、太陽光発電の余剰電力買い取り制度が始まり、一般住宅で太陽光発電の導入が進んだ。更に、2011 年 3 月の福島第一原発事故によって、安全な代替電源へのシフトが加速し、2012 年 7 月から「再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度」(FIT: feed-in tariff) が始まった。



図 2 大規模太陽光発電

⁹ 移動式海洋掘削装置

これによって、「再生可能エネルギー」（太陽光、風力、中小水力、地熱、バイオマス）で発電された電力を、電力会社が一定の金額で買い取ることが義務付けられた。なかでも、太陽光発電の買い取り金額は1kW当たり42円と高めに設定され（風力は約20円、地熱は約26円）、買い取り期間も20年間と長期に保証されている。

この結果、最大の障壁だった採算面の不安が少なくなり、電力会社だけでなく、IT企業、電機メーカー、ガス会社、商社など、異業種からの本格参入が加速している。また、自治体が民間企業と提携し、遊休地を利用してメガソーラー事業を展開するという動きも見られる。ただし、買い取りにかかる費用（賦課金）は消費者が負担する。ひと月の電気代は、標準家庭（約7,000円）で平均87円値上がりする計算だ。2010年度の再生可能エネルギー（水力を除く）の発電量は総発電量の約1.2%に過ぎないため、今のところさほどの負担感はないが、発電が軌道に乗るとともに転嫁されるコストは膨らむことになる。

経済産業省は2012年度を「再生可能エネルギー元年」と位置付け、同年度内の新たな導入発電量が大型原発2基分に相当する約250万kW、このうち太陽光は約200万kWに達すると見込んでいる。

第2章 問題意識

第1節 社会情勢への参画のジレンマ

現代社会におけるエネルギー・環境が抱える問題は第1章で述べた通りであるが、我々大学生が現実的にこれらの問題のなかで具体的に取り組める領域は極めて限られている。学生の持つ社会的影響力がエネルギー・環境の専門家に比べて劣るのはいうまでもない。また社会人と比較した場合にも、一般に学生の実行できる範囲は狭い。しかし、無関心でいることが許されないのが環境問題である。では、我々はこの問題の軽減や解決に向けてどのような貢献ができるだろうか。

第2節 学生目線でのエネルギー問題への取り組み

エネルギー・環境問題に取り組む方法を考えるにあたり、学生という存在そのものについて今一度考えたい。学生は人生の大きな分岐点に立っており、その先の人生において社会に参画していく土台を築く時期にある。学生時代にエネルギー・環境に対して強い問題意識を抱けば、将来も環境への高い関心を持ち続けるだろう。逆に環境問題について深く考えることもなく学生時代を終えれば、先の東日本大震災のような大きな自然災害にでも直面しない限り、生活のあり方そのものを考え直すような機会はほぼ皆無だろう。将来、環境改善の担い手となる大学生を、高い環境リテラシーを持つように教育することは、大学に課された大きな使命である。

学生の社会的影響力が小さいとはいえ、自身が所属する大学に変革を促すことは可能である。その一つが本稿で提言するスマートユニバーシティ構想である。我々の声を反映し、多摩大が環境意識を高める教育機関になれば、社会に対して多大なる貢献ができるだろう。

第3節 多摩大のポジション

現在の多摩大は環境教育においても、実質的な省エネ取り組みについても存在感はきわめて薄い。後述の第5章で紹介する環境への取り組みに積極的な大学と、多摩大の現状、そして将来的に目指すべきポジションを 図3 多摩大のポジション案 に表した。横軸を省エネ性、縦軸を環境教育の取り組み、円の大きさは施設の持つ発電量の規模を表したものである。(定量的なものではない。現実的には東京工業大学、三重大学の発電量割合はさらに大きい。あくまでも省エネ性、教育面を実地調査した上で作成したポジショニングイメージである)

現在の多摩大は発電設備などほぼ何も有しておらず、省エネに関する取り組みも他の大学と比較した場合、積極的とはいえない。教育面についても一部エネルギーに関する講義や、外部組織との連携による小規模な環境教育は行われているが、全学的に取り組

まれているものは無い。

将来の多摩大は省エネ性の高い設備導入、学生や教職員自身の意識啓発を徹底し、再生可能エネルギーを最大限利用するとともに、全学的に環境教育を行う大学になるべきと考える。

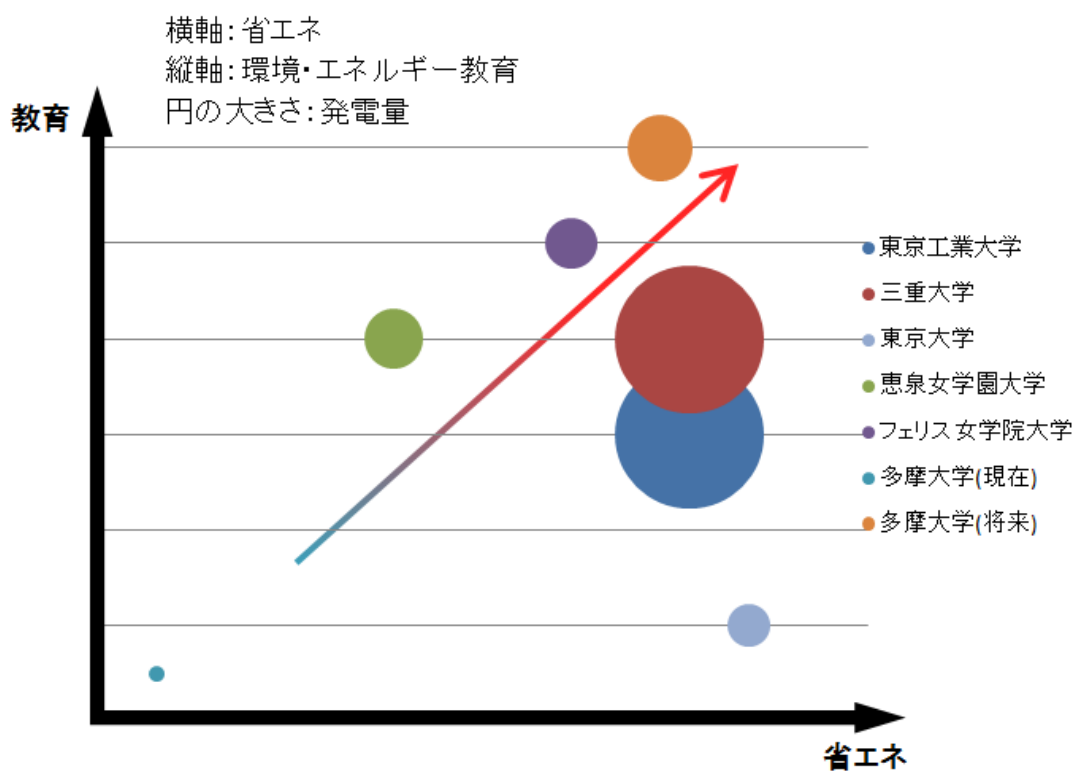


図3 多摩大のポジション案

第3章 取り組むべきテーマ

第1節 多摩大での環境対応の可能性

現状の多摩大にも環境問題への積極的な取り組みの兆しは見られる。図4では2008年～2012年における多摩キャンパスの電力使用量を示した。このデータで着目したいのが2010年から2011年の推移と、さらに翌年の使用量である。2011年は震災による電力不足から電力使用制限令が発令され、夏の電力使用の15%削減を義務付けられたが、年間を通して2010年比で18%の削減に成功している。さらに翌年についても、法的制限はかからなかったが、2011年よりもさらに電力使用量を抑えられている。照明を消費電力の小さいLEDに変更、間引きを行い、さらに大講義室の空調設備を大量に電気を消費するエアコンからガスヒーポンに変える等の取り組みが行われ、このような成果が得られた。

ただ、太陽光発電、燃料電池や人感センサー等、とりわけ省エネ性を高める先端設備は導入されていない。この条件下においてもこれだけの消費電力削減が可能だということ既に多摩大は実証している。多摩大が先端設備を導入した場合、省エネ性の高い大学に変わることが期待できる。

さらに多摩大の環境対応の可能性を考えるうえでの圧倒的な強みは、マンモス大学でないことである。このため、教職員と学生の距離が近く、良好なコミュニケーションが保てる。ゼミや少人数教育には定評があり、環境教育においても一人ひとりに問題意識を浸透させることが可能だろう。すなわち、環境に積極的に取り組めば高いレベルでの環境意識の構築が望める。また、具体的にキャンパスを見た場合、豊かな風量と日照に恵まれ、建物の屋根には空きが多く、他大学での取り組みにもあるような風力発電や太陽光パネルなどの導入も可能ではないかと考えられる。

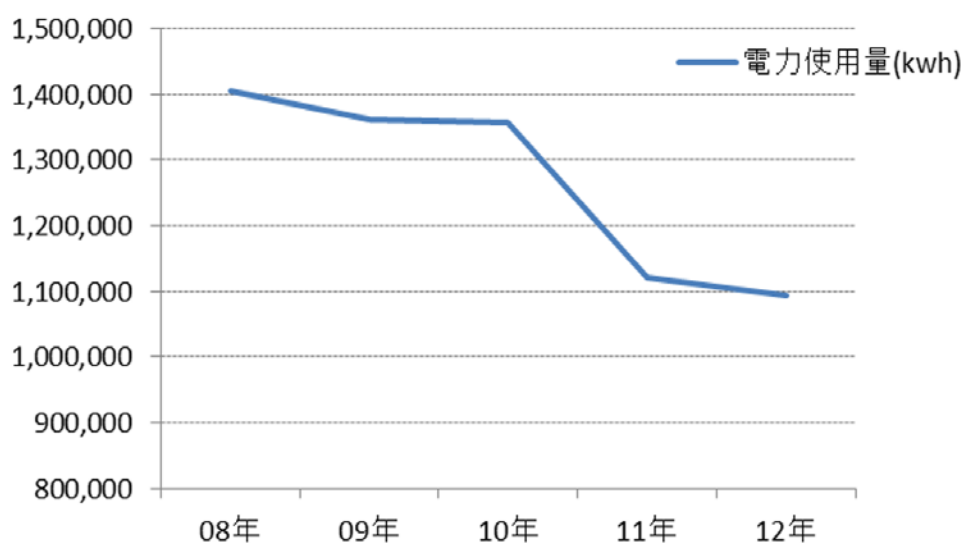


図4 多摩大学電力使用量の推移

第2節 多摩大の価値向上

多摩大生として生活していると、しばしば勘違いに当惑させられることがある。大学を聞かれた際に「タマダイです」と答えると、「多摩美ですか」、「玉川大ですか」と返ってくる。創立当初、シラバスの本格導入や授業評価アンケートなど先進的な数々の取り組みに挑戦し、注目を集めた時期もある。2014年には創立25周年を迎えるが、現時点において、対外的には今ひとつ強い印象、存在感を与えられていないのではないだろうか。

大学が力を入れているという分野でさえ存在感は薄い。ICT教育を大きな柱の一つに据えているが、これを環境対策に活用している節は見られない。スマートシティでは創エネ、省エネのために、ICTが当たり前のように活用されているが、こと環境に関していえば、多摩大ではその緒についたという段階でしかない。「ICT先進大学」として、学内外に向けて「ビッグデータ時代に対応」とアピールするのであれば、環境との融合を急ぐべきだと考える。多摩大がスマートユニバーシティに変革を遂げることは、ブランディングという点でも大きな役割を果たしてくれるだろう。名実ともに、「スマ大の多摩大です」といえるようにするためには、設備だけでなく、教育・研究面でも環境に対応した施策を徹底的に具現化すべきである。

第3節 明確なコンセプト

スマートユニバーシティ構想は学内に対する環境教育に留まらず、地域社会に対しても働きかけるものである。多摩大のキャンパス規模における理想的なエネルギー利用や身近な環境対応の取り組みを、率先して実施することで地域社会に対して提案する。多摩大は学びの柱をICTの他にグローバル、そして地域としており、地域社会への貢献はまさに目指すべき方向の先にある。

第4章 仮説

第1節 スマートユニバーシティとは

スマートユニバーシティはエネルギー・環境問題の解決を教育機関としての使命と考え、現在の問題解決にとどまることなく、将来の世代にも配慮した人材の育成などに力を入れている大学を指すと考える。ともすれば設備面に目を奪われがちな「スマートキャンパス」にとどまらず、節電など環境への意識も重んじた教育を実践する大学が我々の理想像である。それは、市民自らが豊かな環境を創り出す「スマートシティ」の理念にも通ずる。多摩大学はこうした領域の最先端に位置する大学となりうるとの仮説をもとに、その実現可能性を検証する。

第2節 スマートユニバーシティの定義

仮説を論証するにあたって、スマートユニバーシティを定義する。以下の4条件のすべてを満たす大学をスマートユニバーシティとする。

- ① 電力消費を抑える「省エネ」：日常的に使用する空調、照明などを、効率性が高く消費電力の小さい設備に変更する
- ② 電力を作り出す「創エネ」：太陽光発電や風力発電といった手元での発電に努める
- ③ 電力を賢く扱う「操エネ」：ビル管理システムである BEMS (Building Energy Management System) の導入など電力の使用状況を把握し、効率的な電力利用状況を作る
- ④ 学生に対する環境教育の「教エネ」：一人ひとりが小さなことでも環境貢献できる人間を形成する

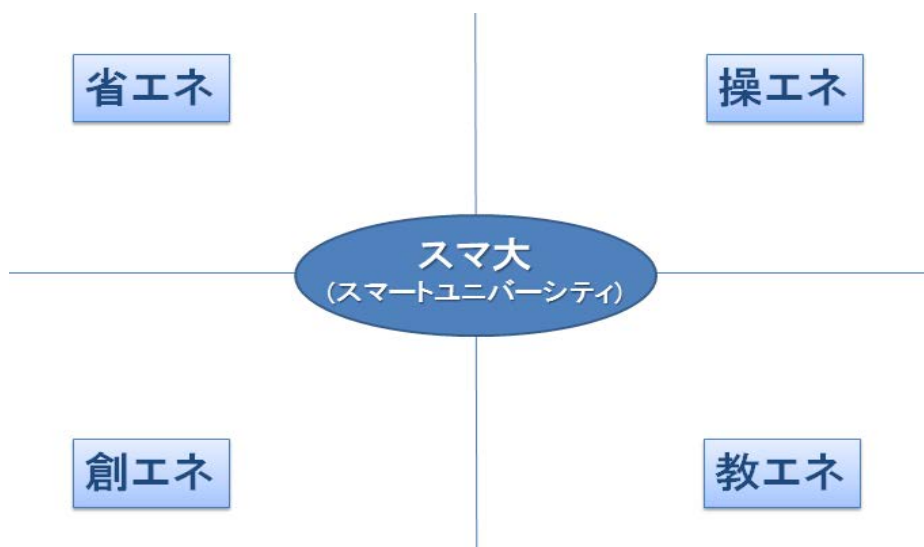


図4 「スマ大」基本コンセプト

第5章 調査

第1節 スマートキャンパス事例調査

第1項 東京工業大学

1. 着目した理由

東京工業大学（以下、東工大）は、環境に非常に力を入れている。大学のハンドブックの表紙はグリーンヒルズ 1 号館（正式名称・環境エネルギーイノベーション棟）となっており、環境への意識を前面に出している。この研究棟は、「ソーラーアワード 2012」¹⁰で「最も輝いた自然エネルギー大賞（ビルディング部門）」を受賞した。規模、財政力の両面において代表格となる教育施設といえよう。

2. 大学の概要

2.1 建学理念

・ 建学理念

「世界最高の理工系総合大学の実現」という長期目標を掲げ、「国際的リーダーシップを発揮する創造性豊かな人材の育成」「進化する創造性教育」などを目的としている。

・ 基本理念

世界最高の理工系総合大学を目指し、環境問題を地域社会のみならず、すべての人類、生命の存亡に係わる地球規模の重要な課題であると強く認識し、未来世代とともに地球環境を共有するために、持続型社会の創生に貢献し、研究教育機関としての使命役割を果たす。

・ 環境に関する基本方針

「未来世代とともに地球環境を共有する」という基本理念に基づき、地球と人類が共存する 21 世紀型文明を創生するために、以下の方針のもと、環境に関する諸問題に対処する。

1. 研究活動：持続型社会の創生に資する科学技術研究をより一層促進する
2. 人材育成：持続型社会の創生に向けて、環境に対する意識が高く豊富な知識を有し、各界のリーダーとなるうる人材を育成する
3. 社会貢献：1 及び 2 に掲げる研究活動、人材育成を通じ、我が国のみならず世界に貢献する
4. 環境負荷の低減：自らが及ぼす環境への負荷を最小限に留めるため、環境目標とこれに基づいた計画を策定し、実行する
5. 環境マネジメントシステム：世界をリードする理工系総合大学にふさわしい、より先進的な環境マネジメントシステムを構築し、効果的運用を行うとともに、継

¹⁰ SOLAR JOURNAL 編集部選定

続的改善に努める

6. 環境意識の高揚：すべての役職員及び学生に環境教育・啓発活動を実施し、大学構成員全員の環境方針等に対する理解と環境に関する意識の高揚を図る

2.2 現状

1881年に東京職工学校として誕生し、関東大震災の6年後に当たる1929年に東工大へと昇格。現在、大岡山、すずかけ台、田町の三つのキャンパスを有する。理工学部、工学部、生命理工学部の3学部23学科を設け、学部生4,788人、大学院生5,101人(2013年5月現在)。大岡山キャンパスの敷地面積は24万4,643m²で、大学内に東急線が通っている。



図 5 大岡山キャンパス本館

3. 環境への取り組み (省エネ、創エネ、操エネ、教エネ)

3.1 活動内容

「教エネ」

- ・環境安全サポーター

学部1年生から大学院生までを対象に、環境方針及び安全衛生方針に則り、環境や安全衛生問題の対策について、学生が調査支援活動などに参画する「環境安全サポーター」制度を設けている。学生自身が活動内容を考えて積極的に取り組み、学内外に環境保全をアピールできる活動となることを目指す。謝金として、1時間につき1,000円、提案書提出1件毎に3,000円(審査有)を支給するほか、旅費も支払われる。

- ・学生調査

教育改善や施設・整備・学内サービスの向上といった大学の事業に学生の声を取り入れる全学的アンケート調査である。学生の意見を生かし、講義室の改修、コンビニの出店、リフレッシュルームの拡充などが実現した。この調査をもとにした意見交換等によ

り、教職員の意識改革も進みつつあり、教職員と学生のすれ違いや不満を解消する役割を果たしている。

また、このアンケート内容を集約・分析し、大学に提言する作業は、すべて学生が行っている。それにより、アンケートに答える学生、結果をまとめて提言する学生スタッフの双方にとって、未来の大学の在り方を考える貴重な機会のひとつになっている。また、大学のさまざまな部署に学生が話を聞きに行くことで、教職員も環境に対する関心、知識を深めることになる。

・社会貢献活動

公開講演会、小中学生を対象とした「夏休みサイエンスクラブ」、工大祭・すずかけ祭での環境に関する講座やイベント、東日本大震災で被災した写真の洗浄プロジェクト、構内美化活動、スクールパートナー活動、コミュニティーガーデン造り、大岡山さくら祭りへの参加など幅広い。

・生活協同組合の環境保全活動

使い捨てペットボトルの使用削減のため、純水の自販機を設置し、マイボトル持参を呼びかける「マイボトル・マイカップキャンペーン」を行い、その一環として飲料タンブラーを学生に無料配布している。タンブラーの底にはICチップが付いており、ICリーダーにタッチすることで、そのタンブラーを登校の際に持参したかどうか記録が取れる。この実験で集められたデータは、次の環境活動に活用される。

・意識改革

全学で省エネに対しての呼びかけを行っており、昇りは2階まで、下りは3階まではエレベーターを使わない「2up3down」を推奨するほか、省エネサポーターとして、学生アルバイトを雇っている。しかし、現段階では意識改革は思い通りに進んでおらず、ハードのみ前面に出ている印象がある。

「操エネ」

・スマートグリッド管理システム“Ene-Swallow”

「グリーンヒルズ構想」と呼ぶキャンパス構想を策定している。大岡山、すずかけ台、田町各キャンパス内に各種の高効率分散発電機、蓄電池を増やした。大岡山のグリーンヒルズ1号館が中心拠点となった中央監視システムが学内の詳細な電力需要を把握・監視し制御することで、キャンパス内で「スマートグリッド」を構築する。また、それらのエネルギーに関するリアルタイムの生データは、学術研究や講義などの教育に生かす。外部送電が停止する災害時には、グリーンヒルズ1号館で蓄電池と連携しながら各種の分散型発電機を自立運転させる。この電力をメールサーバーに優先的に配電し、通信手段を確保するほか、トイレなどに必要な電力、水を供給する。これにより地域の防災拠点を目指す。そのターゲットは「安全安心な低炭素社会」におけるひとつの都市モデルを提示することにある。

この構想の一環として、2012年度に独自のスマートグリッド管理システム「エネスワロー」を開発し、運用を始めた。つまり「見える化」を実施している。エネスワローにアクセスすることで、各部屋の電気使用量が分かる。学内専用になっており、iPadやPCからも見る事ができる。あらかじめ設定された最大使用量を超した場合は、一斉メールで知らせる。このほか、電気使用量の表示パネルもあるが、省エネのため、現在は起動していない。教職員や学生、さらには出入りする学外者へのPR効果を期待して設置されたが、その効果と消費電力を考え合わせるとアイデア倒れの面があったようだ。

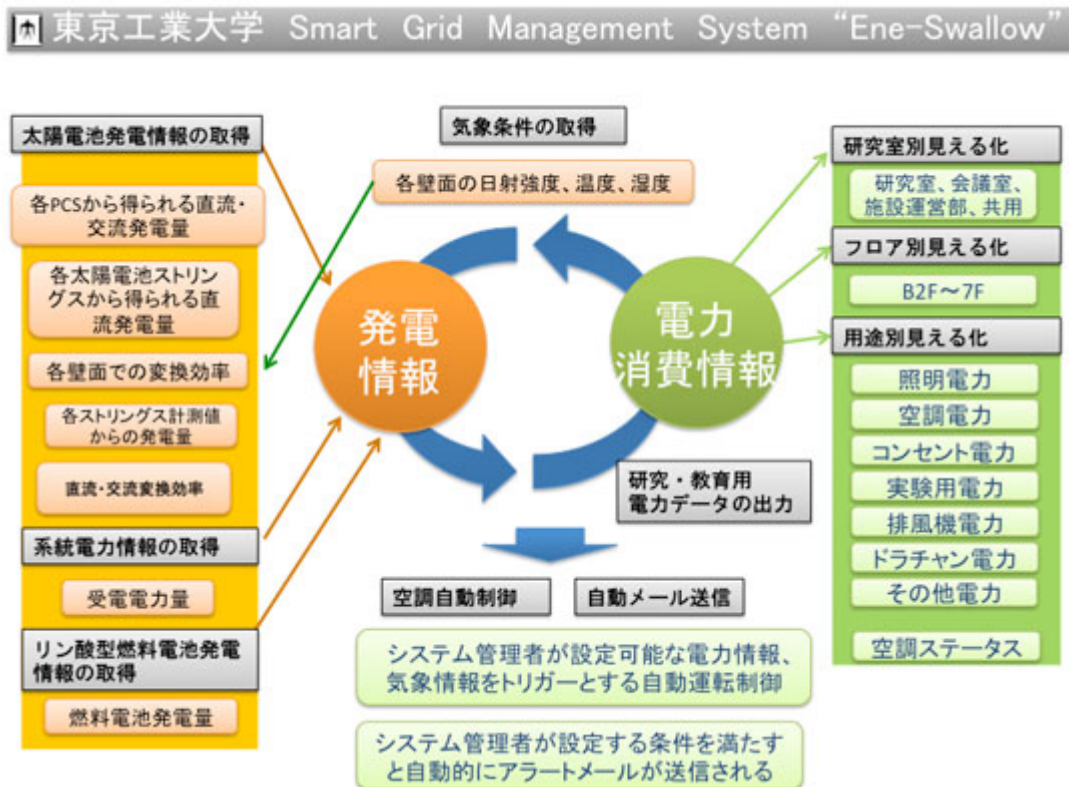


図 6 東工大スマートグリッドマネジメント概要 (東工大資料より)

3.2 設備

「省エネ」

- エレベーターのインバーター制御

エレベーターの消費電力を低減するとともに、快適性を向上させるため、トランジスタ等の半導体を使って、電気の無駄を少なくし滑らかに動かす技術を採用している。

「創エネ」

・グリーンヒルズ1号館

周囲を太陽光パネルで覆われたグリーンヒルズ1号館は、CO₂の排出を60%以上削減し、しかも棟内で消費する電力をほぼ自給自足できるエネルギーシステムを持つビルとして設計された、世界でも類を見ない研究棟である。

CO₂排出量を削減し、電力を自給自足できる主なポイントは二つある。一つは、高効率な設備の導入とその効率的運用による徹底した省エネルギー化、もう一つは南面、西面、屋上全ての壁面への太陽電池パネルの高密度設置と、その不足分を補う燃料電池を組み合わせた再生可能エネルギー・化石エネルギー複合型の高効率分散型発電システムである。

全面をパネル張りにしたことで、地震の被害が心配されるが、本研究棟は地震エネルギー吸収ブレースを外周に配している。いわば揺れに対して粘り強く耐えられる「籠」で覆ったことで、将来の首都圏における直下型大地震にも対応できる高い耐震性能を確認した設計となっている。震度5までは揺れることはないと言われる。

また、これら先進的機能を大岡山の都心空間に調和させた一体感のある建築も特長である。従来のように屋根や壁にパネルを設置するのではなく、建物から切り離しパネル自体が自立したものとなっている(図8)。外側にもう一枚皮がついているイメージだ。農村の稲架けに見立てて設計され、わざとパネルの間に隙間をつくることで柔らかい印象を与える。パネルを自立させたことで、通風が確保され温度上昇を防ぎ、熱が逃げやすくなっている。その上、壁面から切り離したことで壁に日光や雨があたり、汚れが溜まるのも防いでいる。パネルは一枚一枚取り付けており、取替えが容易だ。

各層が実験・研究室フロア、教員室フロアと交互に配置されている。部屋の中にしきりや壁はなく、教職員や学生が自由に意見交換しやすい配置だ。また生徒と教員の共有スペースもあり、「大部屋」が基本コンセプトとなっている。エネルギー管理室は2階にあり、データ吸い上げは全てそこで行う。パソコンで管理しているため、人は常駐していない。

設計における基本構想は以下の6点である。

1. CO₂排出量の削減が設計における最大のプライオリティ
2. 可能な限り将来の技術的進展を考慮した設備設計
3. 世界の環境エネルギー研究の拠点となるべき研究環境
4. 環境エネルギーにおける異分野融合研究を促進する壁のない研究室空間
5. 将来の大地震に備えた高い耐震性
6. 「機能美」を追求し先進設備と都市景観とを調和させた意匠性



図 7 グリーンヒルズ1号館



図 8 グリーンヒルズ1号館側面

4. 多摩大との比較

多摩大に比べてキャンパス面積など多くの点ではるかに規模が大きく、財政面も充実している。ハード面に関しては、多摩大に直接導入することは難しい。しかし、社会貢献活動や環境保全活動は参考にできる。

エネスワローの考え方は多摩大にも取り入れうる。電気使用量を「見える化」し、意識向上をはかる。これにより環境に力を入れている大学としてアピールできる。タンブ

ラーの底に IC チップを入れ、記録を残す仕組みも注目される。多摩大の学生証にも IC チップは組み込まれており、出席を取ることが可能となっている。学生証をエコ活動に利用できないだろうか。

東工大の社会貢献活動を参考に地域との交流を深めたい。設立予定の学生会館を利用し、環境を通して地域の方々との交流を深めることが望ましい。

学生調査のように、学生ひとりひとりの意見を取り入れることで、学生の大学運営に対する参加意識が高まり、より身近な問題として捉えることができる。また、大学としても学生の新鮮な視点を活かすことができ、学校と学生の距離が縮まる。多摩大はとくに小規模大学であるため、大きな効果が期待できる。

第 2 項 三重大学

1. 着目した理由

三重大学（以下、三重大）は 10 年以内に 1990 年比で 30%の CO₂ 削減を目標に、環境活動を行っており、第 2 回エコ大学ランキング¹¹では、堂々の第 1 位であった。教育や学生との連携を心がける大学であり、他大学と比較したところ学生の意識が高く、活動内容も充実している。スマートキャンパスを目指す三重大の取り組みは、多摩大でも参考になるところが多い。

2. 大学の概要

2.1 建学理念

「人類福祉の増進」「自然の中での人類の共生」「地域社会の発展」に貢献できる「人材の育成と研究の創成」を理念として掲げている。

2.2 現状

1949 年に設立され、人文学部、教育学部、医学部、工学部、生物資源学部の 5 学部、研究科に加えて 2009 年より地域イノベーション学研究科を新設。附属病院、附属学校園、農場、演習林、水産実験所などを持つ。学部生 6,171 名、大学院生 1,225 名（2013 年 5 月現在）。

2.3 教育

持続可能な社会の実現に向けて、地球規模で環境を学んで地域に立脚し実行できるよう、鋭い観察力、強靱な思考力、的確な判断力を養うための環境教育プログラムを開発し、先進的な環境知識と行動力、環境マインドを兼ね備えた学生を社会に輩出しようと

¹¹ 2008 年に全国青年環境連盟（エコ・リーグ）を中心に、大学の環境改善活動に関心のある複数の大学の環境サークルなどが制定。大学の環境対策に学生として参加、各大学の温室効果ガス削減の現状を把握し、その結果を点数化しランキングを作成している。多摩大は第 2、4 回に参加。13 年度の参加は 166 校。

努めている。

2.4 方針

地域の企業・行政・研究機関との協同による環境科学技術研究を重点的に推進する。大学キャンパスや施設を活用し、地球温暖化防止、自然共生、資源・エネルギー利用等の革新技术の実現化を推進している。

3. 環境への取り組み (省エネ、創エネ、操エネ、教エネ)

3.1 自然教育

里山・里海を守るため、積極的に海洋に関する研究や教育が行われ、陸の里山に相当する里海の近くに学舎を作り、海に関わる活動や海の生き物の保護や観察、自然体験を通して、山から川そして海、それが雨となり、また山や森に戻る大自然の循環を理解する教育を推し進めている。多摩大と同じく、大学周辺では里山も消失しつつあり、本来共存すべき人と自然が衝突している。動植物の生息に欠かせない里山の復活が急務とされている。この点でも、教職員全員が学長のリーダーシップのもと一丸となって対策プロジェクトを強力に推し進めている。

3.2 エネルギー目標

「エネルギーを創る」「エネルギーを活かす」「エネルギーを操る」を目標に掲げ、これらをマネジメントするシステムモデル、スマートキャンパスの実現を目標に活動している。

国からの補助金を活用して大学の財政的負担を最小限に抑え、地域のエネルギーを有効に活用しながら、学内から排出されるCO₂を削減する。2014年度末の削減目標は2010年度比24%。災害時には、発電設備を自立で運転し電力を供給する機能を持たせる。

3.3 社会責任

「地域から学び、世界に誇れる」特色ある教育・研究を一層推進するとともに、「世界一の環境先進大学」として地球環境に調和した社会実現に向け、地球温暖化防止のための科学技術や社会システムの教育・研究を推進している。学内外の3R(Reduce, Reuse, Recycle)活動や低炭素活動に積極的に取り組むことで「三重大学ブランドの環境人財」を育成し、大学の社会的責任(University Social Responsibility; USR)を果たそうとしている。

具体的には、5学部6研究科が同一キャンパスに集まる特徴を活かして、特色ある独自性豊かな教育を進め、「グローバル環境人財」を育てる。そのためにキャンパスや施設を活用して学内外の研究力を結集し、環境の評価・負荷軽減・改善等の基礎および実証研究を積極的に展開するとともに、教育・研究をはじめ諸活動に関わる環境認識を明

確にする。環境に関する法令を守ることで汚染の未然防止に努め、環境マネジメントシステムを継続的に改善している。また、地域社会や地球規模の環境問題を直視して行動し、自らの教育・研究・社会貢献・業務運営の能力を活かして、自然環境が美しく調和し循環する持続可能社会の構築に貢献している。

スマートキャンパス事業計画として

1. キャンパスで再生可能エネルギーを活用し需要を制御するキャンパスコミュニティマネジメント
2. 学生・教職員による環境活動
3. 大学内コミュニティ別の CO₂ 削減施策モデルの作成

などを掲げている。

3.4 機器の導入

太陽光や風力などを使った再生可能エネルギーの発電施設を導入している。発電時に CO₂ を発生しないクリーンなエネルギーシステムとして、地球温暖化の抑制に貢献する。

① 風力発電設備（300kW）

風力発電設備の発電量は、一般家庭の約 90 世帯分の使用電力量に相当する（予測年間発電量：33 万 kWh）。風速が毎秒約 3m になると発電を始め、毎秒約 15m の風が吹いた場合、300kW の電気を作ることができる。2012 年 12 月末より稼働を始めた。概ね計画値以上の発電が実現している。



図 9 300 kW 風車

② 太陽光発電設備（60kW）

注目したのはこの太陽光発電設備である（図 10）。学内の限られた土地を有効活用するため、正門横駐車場にカーポート型の架台を設けて太陽光パネルを設置し、2012 年 11 月中旬より稼働している。概ね計画通りあるいはそれ以上に発電している。



図 10 カーポート型太陽光発電設備

3.5 CO₂削減目標

スマートキャンパス構想実現のため新規導入する施設・設備を本格稼働させる。そして、を次の2点を目標にしている。

- ① 2020年までにCO₂排出量を1990年比で30%削減
- ② 2015年までにCO₂排出量を1990年比で15%削減

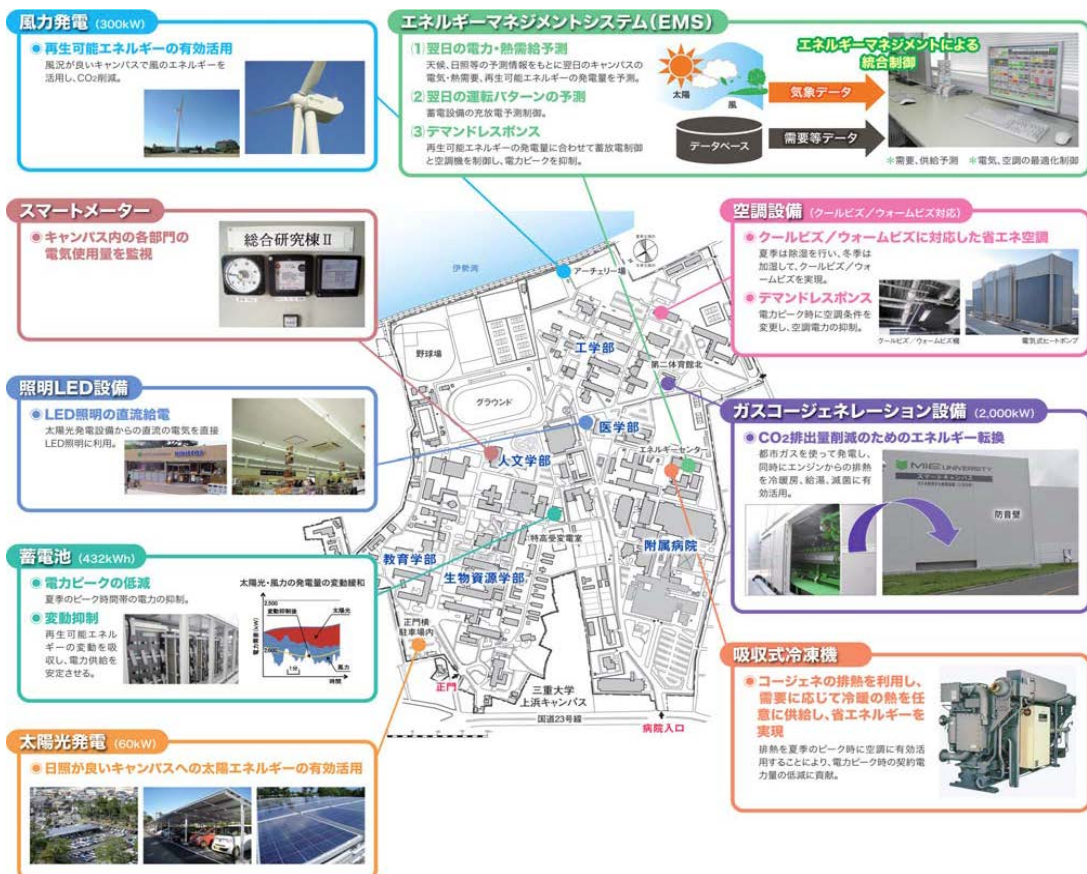


図 11 キャンパス内主要設備の配置

三重大の環境プロジェクトは、経済産業省の補助金対象事業である「次世代エネルギー技術実証事業」の一つとして、2011年度に採択されたのをきっかけに始められた。地域の特徴を踏まえ、再生可能エネルギー（太陽光・風力発電）を有効に活用しながら、キャンパスから排出されるCO₂を削減している。

また、災害時には大学にある発電設備を運転し、電力を自前で供給できること、同プロジェクトで得られた成果をもとに、国内の他大学や自治体へ適用する場合の指針を構築することも目的にしている。

4. 多摩大との比較

スマートキャンパスを目指すという点で、我々の提言と方向性が重なる。スマート大学4条件（省エネ、創エネ、操エネ、教エネ）と、三重大が掲げる3条件（エネルギーを創る、エネルギーを活かす、エネルギーを操る）に創と操という共通した用語が使われていることから分かるように、三重大の取り組みから学ぶものは多いと考えた。

たしかに三重大は多摩大と違ってキャンパスが広く、機器導入の実例をそのまま参考にするには限りがある。しかし、多摩大も、すでに導入されているLED照明や街灯用太陽光パネルにとどまらず、風通しが非常に良いという特性を生かし、風力発電の導入も実現可能ではないかと考えられる。

第3項 東京大学

1. 着目した理由

東京大学（以下、東大）は、第4回エコ大学ランキングでは総合第3位の好成績に輝いた。サーバ・コンピュータの電力削減や、電子機器を通しての「見える化」システムの導入により学生の意識向上や空調・電力の節電対策など進めており、多摩大が参考にできる点が多々あると考えた。

2. 大学の概要

2.1 建学理念

1877年に創立された我が国最初の国立大学として、国内外の様々な分野で指導的役割を果たしうる「世界的視野をもった市民的エリート」（東京大学憲章）を育成することが社会から負託された自らの使命であると考えている。このような理念のもとで目指すのは、自国の歴史や文化に深い理解を示すとともに、国際的な広い視野を持ち、高度な専門知識を基盤に問題を発見し、解決する意欲と能力を備え、さらに市民としての公共的な責任を引き受けながら強靱な開拓者精神を発揮し、自ら考えて行動できる人材の育成である。

2.2 現状

10 学部に学部生 14,013 名、大学院生 13,878 名が在籍（2013 年 5 月現在）。本郷、駒場、柏、白金、中野の 5 キャンパスのほか、全国に農場、演習林などの研究施設を持つ。

2.3 教育

たとえば、環境システム研究室では、技術と人、社会とのかかわりを念頭に置いた工学研究を進めている。

2.4 方針

人類と自然の共存、安全な環境の創造、諸地域の均衡のとれた持続的な発展、科学・技術の進歩、および文化の批判的継承と創造に、その教育・研究を通じて貢献するとともに、これを踏まえて環境に関する具体的取り組みを進めている。

2.5 環境基本理念

21 世紀に入り、社会はこれまでの大量生産、大量消費、大量廃棄による資源浪費型から持続的に発展可能な循環型へ変革することが一層強く求められている。この大きな流れと東大憲章をふまえ、世界をリードする大学として、蓄積された知と世界的視野を持ち社会からの要請に応え得る人材を育成するとともに、学外との積極的な連携により循環型社会の形成に貢献することによって、国民と社会から付託された資源による教育・研究成果を社会に還元する。

東大は自らの環境保全活動や環境改善研究活動の全容を公開し、環境配慮型キャンパスの構築を目指す。さらに「開かれた大学」として社会の評価にさらすことで積極的に自らを変革し、世界における環境改善に関する学術、知識及び文化の創造や交流、そして社会の持続的な発展に貢献することを惜しまず、追究する。これらの実現のために東大環境基本方針に沿った活動を継続的に行う。

2.5 工学部の取り組み

なかでも環境対策に主導的な役割を果たしている工学部は、豊かな教養、国際性、科学技術に対する体系的な知識を身につけ、研究、開発、設計、生産、計画、経営、政策提案等において、工学的手法を活用して人類社会の持続と発展に貢献できる指導的人材を養成することを目的とする。

3. 環境への取り組み（省エネ、創エネ、操エネ、教エネ）

3.1 「見える化」

学生や教職員の意識の向上を図るため、PC やスマートフォン、タブレットの画面で

の「見える化」システムの導入を進めている。しかし、東大の担当者からのヒアリングでは、顕著な成果が上がっているとまではいえない。画面上では確かにエネルギーの使用状態などが見えているものの、実感する機会には乏しいため、PC画面上の情報にとどまっているのが大きいのではない。

見て終わりで節電への協力は消極的だった学生たちだが、さきの担当者によれば、電力料金の値上がりで、自分たちの研究費が逼迫することが分かってからは協力的になった。つまり、自分たちに何かしらのメリットがなければ、どんなに「見える化」を行っても、それだけでは意欲は高まらないということがわかる。以下に、東大工学部の資料より具体的な事例を示す。



図 12 LED 照明導入事例

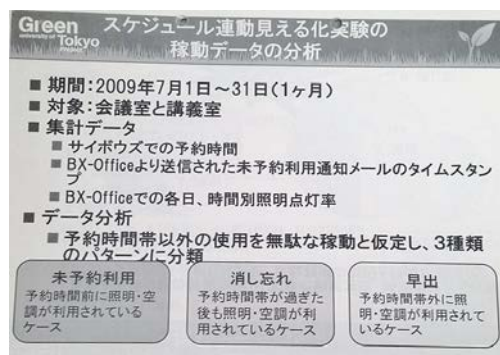


図 13 見える化実験

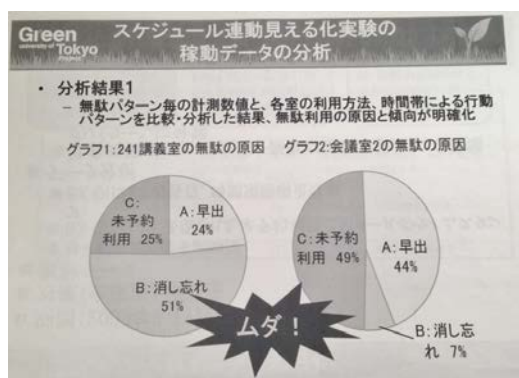


図 14 見える化 (分析)

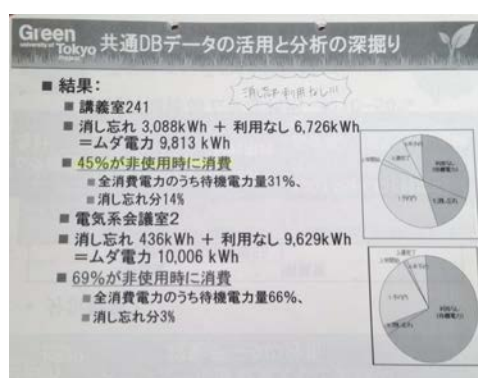


図 15 見える化 (結果)

3.2 機器の効率化

古いコンピュータ（5年以上使用）の見直しを行い、必要なサーバ（ウェブ、メール等）の効率化や、停止することが難しい機器の外部移設を行っている。東大生産技術研究所と株式会社ローソンとの共同研究により、ユーザーが無理せず、継続的に省エネに

取り組める設備の学外組織への開放を行った。

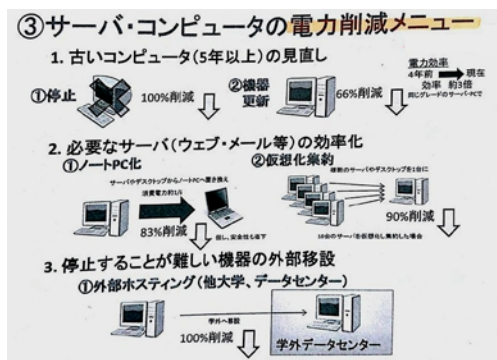


図 16 サーバ・コンピュータ見直し

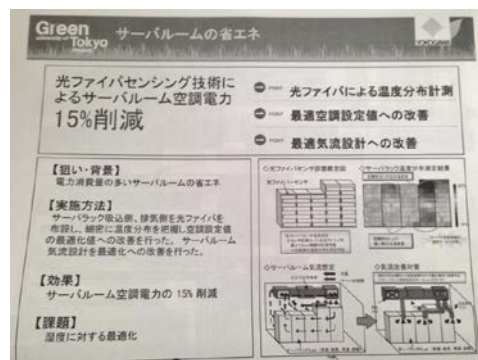


図 17 サーバ室の省エネ

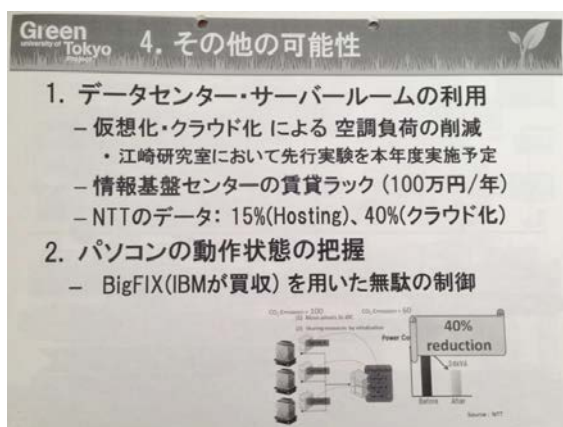


図 18 その他の可能性

4. 多摩大との比較

多摩大に比べてキャンパス面積など多くの点ではるかに規模が大きく、財政面も充実している。ハード面に関しては、多摩大に直接導入することは難しい。しかし、「見える化」の現状は非常に参考になる。

我々が日々接する T-NEXT 上に見える化システムを導入し、サイトを開くと常に大学内の節電状況が分かるように工夫することも一つの手段だと考えられる。しかし、単に見せるだけでは、学生の意識は向上しないことが東大の例を見てもわかる。協力する側にもメリットがあることが望ましい。

たとえば、多摩大の大教室などに ID カードキーを設置し、学生証をかざすことにより電気のオンオフができるようにし、消すごとにポイントが付き、そのポイントが貯まることで「環境貢献賞」を与える方法などが考えられよう。

第4項 恵泉女学園大学

1. 着目した理由

恵泉女学園大学（以下、恵泉）は多摩市内にキャンパスを構える。学生数は1,600人強と多摩大ほぼ同じ規模の文系私立大学であることから比較対象として着目した。

2. 大学の概要

2.1 沿革

1929年に東京都新宿区神楽坂に創立し、1950年恵泉女学園短期大学（英文科・園芸科）として世田谷区に開学。1987年多摩市に大学を設立した。

2.2 建学の理念

- ・ 「自立した女性を育てる」
- ・ 「考える大学」：学問の出発は、考えること、疑問を持つこと、批判することにあるとして、真剣に自分で考え活発に討議しあう、考える大学でありたい
- ・ 「平和をめざす女性の大学」：平和と共存を担うものとして、社会で活躍する女性を育てる大学でありたい
- ・ 「地球大学」：地球規模でものを考え、欧米やアジアに焦点をあわせた文化・語学を学べる大学でありたい

学園創立当初から、他の学校では見られない「聖書」「国際」「園芸」を正課に取り入れている。「自己を尊重し、人種や階級に関わりなく他人を尊重すること」「日本女性が世界を知り、偏見をなくし、それに対峙すること」「自然を慈しみ、生命を尊び、人間の基本的なあり方を学ぶこと」という創立者河井道の言葉に基づくものだ。これは80年以上経った現在でも受け継がれている。

また、大学の設立に合わせて設立者の遺志を受け継いだ三つの理念「考える大学」「平和をめざす女性の大学」「地球大学」理念を掲げた。

2.3 現状

多摩キャンパスに人文学部、人間社会学部を持つ。学生数1,669名（2013年5月現在）で、敷地面積は校地面積30,412㎡、校舎面積19,861㎡。

3. 環境への取り組み（省エネ、創エネ、操エネ、教エネ）

3.1 環境活動

建学の理念でも触れたが、恵泉は園芸を必修科目として取り入れている。学生は実際に土を触り、畑を耕すことで、環境を直接的に考えることができる。栽培された野菜は地元多摩地域で販売されている。

3.2 機器の導入

小規模ではあるが太陽光パネルを設置し、計 60kW の発電力を有する。内 30kW は多摩電力合同会社という市民発電の電力会社の所有物で、屋根を有償で貸している。収益は売電価格の 5%に設定されている。



図 19 多摩電力合同会社保有の太陽光発電システム

この多摩電力の太陽光発電システムは非常時に直接コンセントを挿して電力の使用が可能になる。

図 20 のような制御装置と併設で、通常時の「連系運転」と非常時用の「自立運転」の切替えができる専用ブレーカ（図 21）を設置している。このブレーカのスイッチを自立運転に切替えるとその場にあるコンセント挿入口（図 22）から直接電源が取れるようになる。ただし、本来多摩電力の売電用設備であるため、現在これと連動する蓄電池は設置されておらず、非常時の電源利用も日中の稼働時に限られる。



図 20 パワーコンディショナーと専用ブレーカ、コンセント挿入口



図 21 専用ブレーカ



図 22 コンセント挿入口

4. 多摩大との比較

建学の精神から来る園芸教育は本学にはないものだ。しかし、同じ多摩地域の同規模の大学として参考にすべき点が多い。

多摩大は太陽光パネルの設置に踏み出さないが、恵泉に設置されている多摩電力の太陽光パネルは設置費用の負担は大学側に無く、かつ月々屋根の賃料が得られる。

発電した電力の学内での消費はできない契約だが、非常時に限っては電源として手元で使えるように設定されている。できることから手を付ける恵泉と手を付けない多摩大。この差は大きい。

第5項 フェリス女学院大学

1. 着目した理由

フェリス女学院大学（以下、フェリス）は、エネルギー・環境の問題に積極的に取り組み、多摩大と同規模の文系大学でありながらエコ大学ランキングの上位に入るなどの実績を残しているため、多摩大の環境への取り組みについて参考になると考えた。

2. 大学の概要

2.1 建学理念

キリスト教を教育の基本方針に据えた学問研究及び教育の機関として、女子に高度の教育を授ける。真理と平和を愛し、人類の福祉に寄与する人物を養成することを目的とする。

2.2 教育理念

フェリスでは、「For Others」の教育理念を掲げている。これは自分中心ではなく、他者のために奉仕するという意味である。愛や配慮を、自分や近い人、自国だけではなく、見知らぬ人や文化の異なる他国にも向け、共存していかなければならないということを教えている。

2.3 人材養成目的（三つのポリシー）

人材養成目的

「キリスト教を教育の基本方針となし、学問研究及び教育の機関として、女子に高度の教育を授け、専門の学問を教授研究し、もって真理と平和を愛し、人類の福祉に寄与する人物を養成する」

以下は、基本となる三つのポリシーである。

- ・ ディプロマ・ポリシー（学位授与の方針）：体系的な専門知識を修得するとともに幅広い教養を身に付け、キリスト教を基盤とした『For Others』の精神のもとに、さまざまな課題に立ち向かい、社会に貢献できる能力をもつ者に学士の学位を授与する
- ・ カリキュラム・ポリシー（教育課程編成・実施の方針）：『For Others』の教育理念のもとに、自主性と対話を重視した少人数教育を行う。学生の多様な関心と学習意欲に応えるために十分な授業科目を用意し、専門分野に関する体系的な知識を得させるとともに、専門分野を越えた幅広い教養を修得させる
- ・ アドミッション・ポリシー（入学者受入の方針）：本学の教育理念を理解し、入学を志願する者が、個性と得意分野を活かして受験できるよう多様な入試制度を設けて選抜を行い、基礎的能力と学習意欲をもつ者を受け入れる

2.4 現状

学部生 2,614 人、大学院生 64 人の計 2,678 人が在籍（2013 年 5 月 1 日現在）。緑園キャンパス（2,412 人、校地面積 67,815 m²、校舎面積 26,159 m²）、山手キャンパス（202 人、校地面積 14,717 m²、校舎面積 13,254 m²）を持つ。

2.5 エコキャンパス

環境問題では社会的な弱者にしわ寄せがいく事例が数多く見られるが、教育方針である「For Others」に基づき、他社の立場に立って考え、行動できる女性の育成を目指すため、環境問題に積極的に取り組んでいる。そのため、学内の様々な場所で環境保全に取り組んでおり、全体が「エコキャンパス」となっている。

2.6 エコキャンパス研究会

女性の健康が次世代の子供に大きな影響を及ぼすことから、女子大学として、女性の健康を大切にするべく環境教育を重視している。その一環としてエコキャンパス活動を進めており、その活動の中心となっているのがエコキャンパス研究会である。

3. 環境への取り組み（省エネ、創エネ、操エネ、教エネ）

3.1 活動

以下の通り、実績が評価され多くの賞を受けている。

2005 年には、高等教育の促進のために文部科学省が優れたプロジェクトに財政支援を行う「現代 GP (Good Project)」に、フェリスの「地球温暖化抑制に向けた環境教育拠点の形成—地域に開かれたエコキャンパスと環境情報発信による地域連携—」が選ばれたほか、「かながわ新エネルギー賞」、「横浜環境保全活動賞」を受賞した。

2006 年には「新エネルギー財団会長賞」を受賞。その他にも横浜市環境創造局「壁面緑化コンテスト」で普及啓発賞も受賞している。また、2009 年の第 1 回エコ大学ランキングでは私立大学部門 1 位に選ばれた。

2010 年には「生物多様性保全につながる企業のみどり 100 選」で、ビオトープが選ばれるとともに、「第 12 回グリーン購入大賞」にて審査員奨励賞。2012 年には第 4 回エコ大学ランキングで総合第 2 位に選ばれた。

具体的な活動には以下のようなものがある。

- ・エコ通信：大学および地域に向け、環境活動を紹介するとともに実績を報告する
- ・夏休み親子向け環境講座：ペットボトル製ミニ風力発電機、太陽熱調理器作り、自然観察会などを行い、エネルギー・環境の大切さを発信している
- ・マイボトル普及キャンペーン：マイボトルを学生に配ることで浄水器の利用率を上

げ、ペットボトルのゴミを減らした

- ・南太平洋諸国への支援活動：地球温暖化による海面上昇で沈みつつある南太平洋諸国に対し、国際支援を行っている

3.2 設備

① ハイブリッド街灯路

道路沿いに三つあり、来訪者の目印となっている。小さな風車と太陽光とのハイブリッド発電により街路灯をつけている。羽根は赤色で、尾翼はフェリス・カラーの3色に塗られている

② 風力発電

2005年に設置。フェリスの愛称「赤い風車のフェリス」を再現している。緑園都市駅からも見えるため、大学のシンボルになっている

③ エコ・ビジョン

環境教育と研究に生かすために、新エネルギーの発電量、環境要因、体育館の屋根や壁面の温度環境などをリアルタイムに計測、表示する「見える化」システムを導入している

④ 省エネ建築

図書館では直射日光を遮る庇、廃材を利用した外装タイル、自然光を利用するエレベーターシャフトや省エネ蛍光灯などを導入することによって省エネ効果を高めている

⑤ 雨水利用

屋上に降った雨水を集め殺菌などを行い、トイレ用水や屋上緑化の灌水に利用して無駄な水の利用を減らしている

⑥ クール（ヒート）チューブ

地中の温度が年間を通してほぼ一定であることを利用して、吸気口から入った空気が夏は冷やされ、冬は暖められるので、それを体育館の空調に使い省エネを実現している

⑦ 壁面緑化

日が強く当たる壁面を緑化することで直射日光を遮り、空調の負荷を減らしている

⑧ ビオトープ

生物の生きやすい環境を作ることで、生物の多様性を守る

⑨ 太陽熱温水器

真空貯湯型の太陽熱温水器を4基取り付け、体育館のシャワーなどに利用している

⑩ 太陽光発電機

太陽光発電機を設置し、電気を利用している

⑪ 屋根散水

夏場に屋根に散水し、気化熱によって屋根の熱を奪う

⑫ 屋上緑化

屋上を緑化することで、断熱性能の向上と日射の軽減を実現するとともに、鳥や学生たちにとっての憩いの場となっている

⑬ コンポスト

食堂から出る生ゴミを乾燥させて、消臭効果のある堆肥の原料を作る

4. 多摩大学との比較

フェリスは多摩大と同規模の私立文系大学だが、比較にならないほどエネルギー・環境に積極的に取り組んでいる。そして、多摩大がフェリスを参考にすべきなのは、エネルギーを専門とした人材を大学に常勤講師として招くこと、エネルギー・環境活動を外部に評価してもらうことである。エネルギー・環境活動が外部から認められるように大学自体も積極的に支援する態勢に変わっていくことが望ましい。

第2節 唐木田ゴミ焼却施設視察

日時

2013年7月31日

所在地

多摩ニュータウン環境組合多摩清掃工場＝東京都多摩市唐木田二丁目1番地1

ヒアリング先

総務課 総務係 三浦正弘係長

概要

1968年11月に東京都から、主に多摩ニュータウン区域のゴミ処理を目的として、多摩清掃工場の建設計画が発表された。しかし、その後建設予定地の唐木田地区や隣接地域の住民から建設反対の申し入れがあり、都および多摩町（当時）と地元落合ごみ焼却場反対連合協議会（後の落合ごみ焼却場対策協議会）との度重なる話し合いを経て、1969年6月に3者の間で地元の要望を取り入れた覚書が締結され、多摩清掃工場の建設が正式に決まり、1973年4月に完成し運転を開始した。

多摩ニュータウンの開発が進み、人口の増加と経済発展に伴い、ごみの量も増加の一途をたどる。多摩ニュータウン区域とその隣接する地域で排出されるごみをそれぞれの市で処理するのが困難になったため、1993年4月に八王子市、町田市、多摩市の三市でごみを広域的に共同処理することを目的に、多摩ニュータウン環境組合を設立した。

しかし、高度経済成長のもと多摩ニュータウン地区周辺では年々人口が増加し、ごみの排出量もさらに増加することが予想された。20年以上経過し老朽化した焼却施設では急増するごみの処理が追いつかなくなったため、焼却施設の建て替えと増設が必要とな

り、落合ごみ焼却場対策協議会を始めとする近隣自治会との協議を重ねた結果、同対策協議会が長年に渡り要望していた「市民の健康と福祉の向上を願う地元還元施設」について、多摩市が隣接地に総合福祉センターとして新たに建設することになった。また温水プールを建設する際には、健康増進施設など地元還元施設を併設することが、同対策協議会、近隣自治会、東京都、多摩ニュータウン環境組合の間で確認された。

こうして、1994年7月に現在の多摩清掃工場の建設工事が開始し、2002年3月に焼却施設、不燃粗大ごみ処理施設、管理棟などのほか、新たにリサイクルセンターを備えた多摩ニュータウン環境組合多摩清掃工場が完成した。

学んだ点

この多摩環境組合多摩清掃工場はとても環境にやさしい施設であり、特に注目すべき点が三つある。第一にごみを燃やすのに一切燃料を使っていない。この施設ではごみを燃やすのに電気による熱を利用している。第二にごみを焼却することにより発電を行っている。この施設で使われている電気は基本的には自家発電でまかなわれており、さらに余った分の売電も行っている。

最後に、ごみをほとんど無駄にしていない。可燃ごみは焼却して灰にした後、エコセメントの資源として利用され、不燃ごみなどは可能な限り分解し、再利用可能な資源へと戻している。このように、多摩清掃工場は果たすべき役割であるごみ処理を行ううえで、資源やエネルギーの無駄を減らすように積極的に取り組んでいる。これは、立場や方法は違うにしても多摩大にも大いに参考になる。環境教育を進めるうえで格好の教材が、大学のすぐ近くにあることを再確認した。

第3節 研修会・セミナー参加

会議名

「大学連携スマートキャンパスシンポジウム」新たな時代の地域づくりと大学の役割

日時

2013年11月26日(火) 14:20～18:20

会場所在地

東工大・大岡山キャンパス くらまえホール

共催

東工大、東大、信州大、名古屋大、三重大、京都大、大阪大

後援

文部科学省、環境省

協賛

東工大環境エネルギー機構・先進エネルギー国際研究センター

内容

特別講演 辰巳 敬 東工大理事・副学長

東工大岡山キャンパス・防災拠点としてのスマート化と地域づくり

特別講演 野城智也 東大副学長・生産技術研究所教授

東大サステナブル・キャンパス・プロジェクトにおける取組みについて

パネル討議 スマートキャンパスの意義と実現への道筋

江崎 浩 東大大学院情報理工学研究科教授

橋本佳男 信州大工学部電気電子工学科教授

奥宮正哉 名古屋大大学院環境学研究科教授

坂内正明 三重大地域イノベーション研究科教授

まとめ 柏木孝夫 東工大特命教授・AES センター長

学んだ点

地域単位でエネルギー管理を行う分散型エネルギーシステムを構築することで、省エネ・節電のほか、再生可能エネルギーの効率的な利用を図る「スマートコミュニティ」実現に向けた動きが全国的に加速している。エネルギーや水資源を多く消費している大学についても例外ではない。

「大学連携スマートキャンパスシンポジウム」は、さまざまな大学から環境問題の専門家が初めて一堂に会し、地域と連携しながら学内のスマート化を推進するための関連技術開発や課題等を議論し、今後の大学の役割について共有・展望する新しい取り組みだった。さらに、スマートキャンパスに関する継続的な活動ができる仕組みづくりについても議論し、多摩大のスマートユニバーシティ構想にも大きな示唆が得られた。

第4節 企業での実施例

スマートユニバーシティ構想の節電など環境への意識を重んじた取組みを実践する実施例を、企業における最先端の実例から有益なヒントを探るべく、以下の企業（事業所）を調査した。

第1項 富士ゼロックス「R&D スクエア」

概要

横浜のみなとみらい地区にある、富士ゼロックスの研究開発拠点「富士ゼロックス R&D スクエア」ビル。地上 20 階地下 1 階、延べ床面積約 13 万 5,000 m²で、約 4,000 名の技術者が働くこの拠点で、2011 年の夏から全従業員で節電に取り組んだ¹²。

自社で開発した「自立分析型エネルギー使用量見える化システム (EneEyes)」を活用してビル全体の省エネに全員で取り組んだ結果、勤務体系のシフトや発電機の導入など

¹² 富士ゼロックス R&D スクエアにおける節電への取り組み
<https://www.fujixerox.co.jp/support/xdirect/magazine/rp1206/12061a.html#index1>

の大型投資を行うことなく、2011年の夏の電力使用量の基準をクリアするとともに、年間で約30%の省エネ効果を得ることができた。

EneEyes

当初はこのビルでも、他のビルでも見かけるようなビルの電力使用量等を見せるディスプレイをビルの入り口や社員食堂に設置し、従業員の省エネに対する意識を高めよう、という話もあった。しかし一方的にデータをグラフ化して展示するだけでは、デモンストレーションとしての意味以上の効果が期待できず、社員が自発的に省エネ行動を起こすのは困難と考えられていた。

どういった情報があれば、社員の自分たちで行動を起こすのか、を考えた結果、

- ▶ 目標と現状との乖離状態がわかること
- ▶ 目標と現状のギャップを埋めるために取るべき行動を示すこと
- ▶ その結果としてどのような効果が見込まれるかを示すこと
- ▶ 実施した効果が認識できること

といった情報が必要であり、さらに、「従業員が自分たちでデータの分析を行えること」が重要だと考えた。

そこで、これらの機能を備え、実際に省エネ行動につながるよう、エネルギーの使用量やCO₂の排出量、その他の環境に関する情報をさまざまな形で見える化し、当事者が全エネルギー消費データを自由にアクセスし分析できる自立分析型の見える化システム「EneEyes」を開発した。「無理のない省エネ/節電を実現した自立分析型エネルギー使用量見える化システム」である。

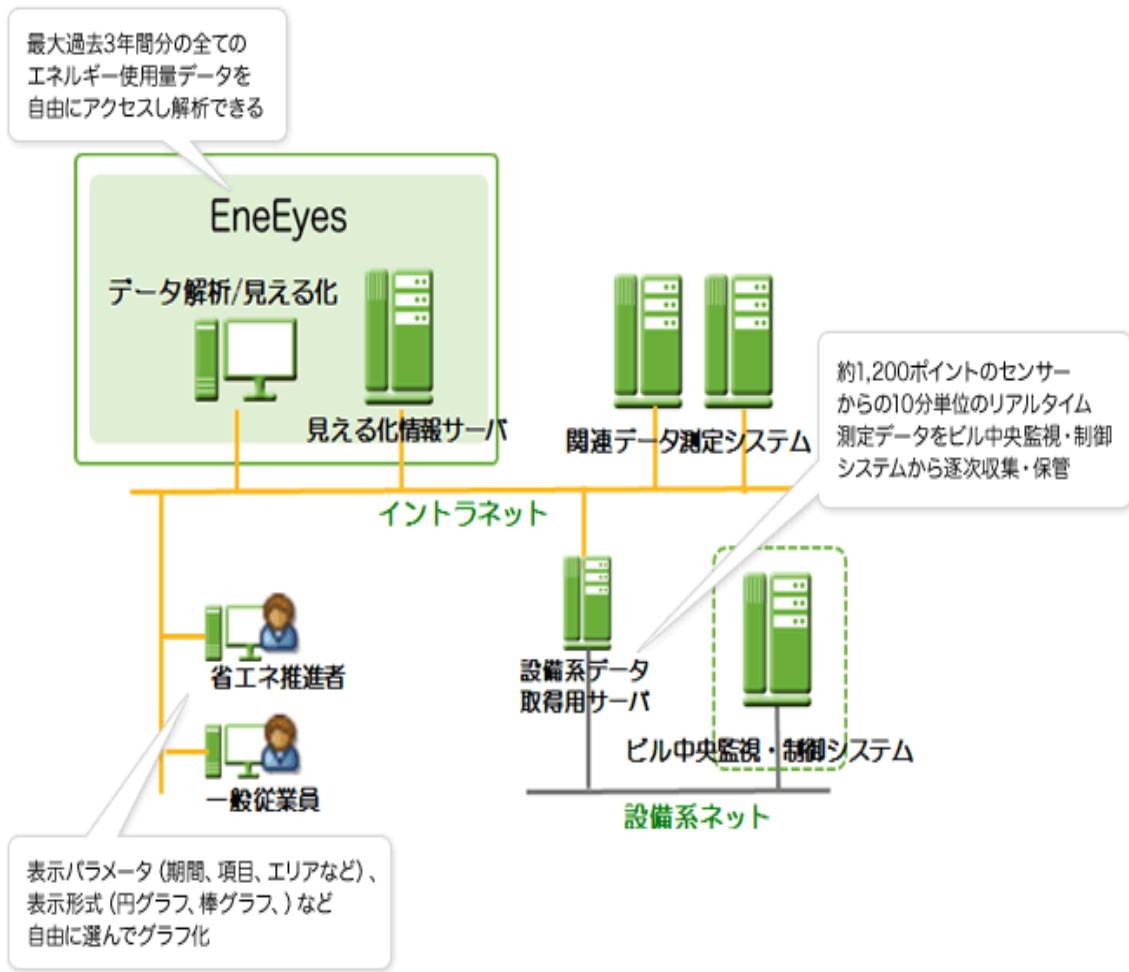


図 239 EneEyes システム構成図

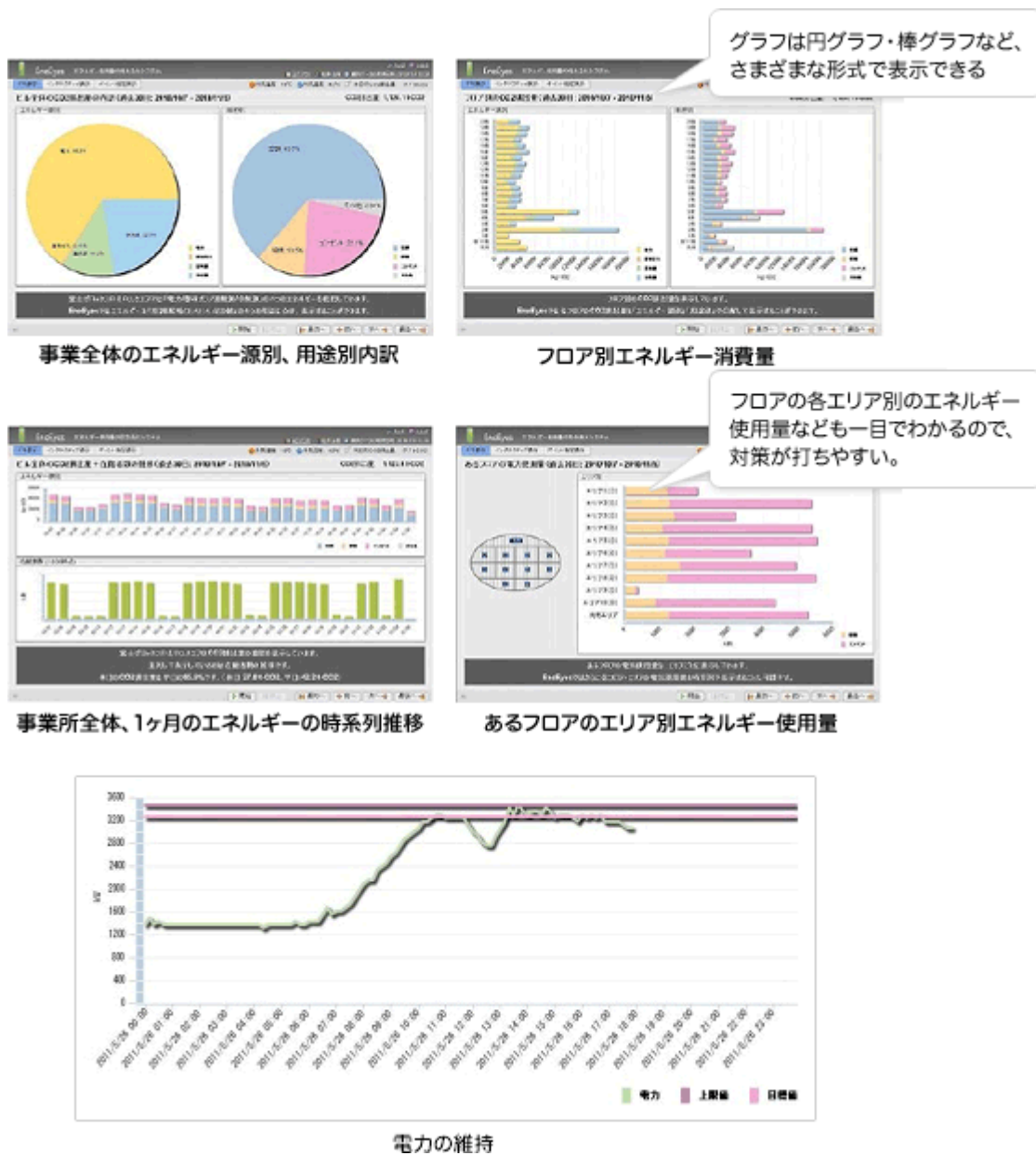


図 24 グラフサンプルのイメージ

この EneEyes によって、現状の見える化をはじめ、問題点・原因を把握し対策を立案することができ、さらにそれぞれの施策はどれくらい効果があるのか、シミュレーションによる効果予測や目標値との比較も「見える化」することで、対策の効果も確認できるようになった。

ただ、EneEyes という仕組みを導入したことだけで電力使用量の大幅な削減ができたとは断定できない。「R&D スクエア」ビルでの取り組みは、各フロア・組織ごとに合計・約 100 人の担当者を設け、過去の電力消費量の実績を元に、ビル全体の目標値とフロアごとの目標値を設定、各フロア・組織毎に自分たちで目標達成のメニュー出しを実施、

その後各フロアのトライアルを経て、どの施策はどのくらい効果があるのかを確認し導入する施策を決定した、このプロセスが最大の特徴である。EneEyes を導入したから削減できたのではなく「自分たちで」「働き方を考えながら」を基本とした各人の取り組みの成果といえる。

活動の経緯

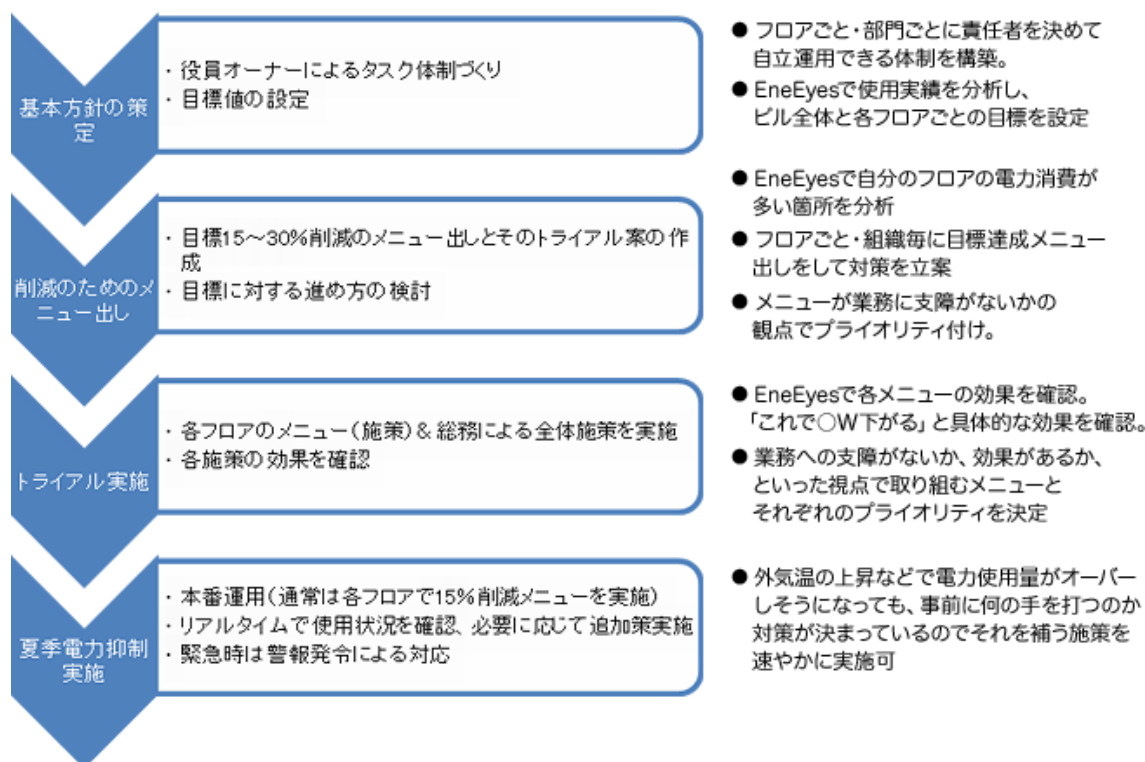


図 25 経緯

2011年夏の節電において、多くの企業が各職場や職種に応じた適切な施策を検討する時間的余裕がなく、トップダウンの節電施策を一律に全社展開した結果、業務の効率や従業員の快適性を犠牲にし、かえって生産性が落ちてしまったケースも少なくないと考えられる。

これに対して「R&D スクエア」ビルでの取り組みは、従業員が EneEyes を活用しながらそれぞれの業務に合った施策を主体的に検討し決定することで、従業員の高い参画意識を維持したまま、生産性と環境負荷低減の両立にチャレンジしたものである。各施策は自ら考え、さらに事前にトライアルを実施し効果がわかっているの「これをやって効果はあるの」という疑問にとらわれることなく納得してもらえる。また、自分たちで働き方を考えながらプライオリティをつけた順に施策を実施するため業務への影響も少なく、大きな効果を上げることができた。

節電の施策

ビル全体での主な共通施策

- 照明の間引き
- 人感センサー動作時間の短縮
- エレベーターの一部停止
- 自販機・家電（ポット等）の停止・間引き運転
- 空調の停止・間引き

各部門の施策例

それぞれの働き方にあった省エネ施策を導入することによって、無理なく継続して取り組むことができ、効果を上げることができた。働き方に合わせて自分たちで施策を考える、そのためのツールが EneEyes だった、といえる。

納得できる節電対策

富士ゼロックスでは地球温暖化防止に向け「新しい働き方を通して社会システム変革に貢献し、2020 年度までに顧客先における CO₂ 排出量年間 700 万トン削減を目指す」取り組みをしている。

富士ゼロックスの従来からの基盤事業である複合機やプリンターなどのエネルギー消費量はオフィス全体の 2%程度にしかすぎないため、より大きな効果を上げるために、顧客のオフィス内の IT 機器全般の使用方法の最適化による CO₂ 排出量削減を目指しており、「R&D スクエア」ビルでの EneEyes を使ったこの取り組みは、実証実験として位置づけられていた。

そして、もともとは 2011 年 4 月以降に EneEyes を用いた省エネ策の展開を 3 年かけて段階的に行う計画であったが、東日本大震災後の夏の節電対応への必要性から、急遽前倒しで省エネ活動を進めることになり、この活動が始まった。

そして 2011 年の夏の節電対応では、詳細な電力使用量の解析やシミュレーション、各フロアへの電力使用量目標の設定、監視、アラーム発信などを行うことで、新たな設備投資などを行うことなく節電目標をクリアした。7~8 月の 2 ヶ月間を見ても、R&D スクエアビルの消費電力量を 2010 年の同時期に比べて約 30%削減することができた。

また、年間エネルギー使用量も 2010 年度に対し 2011 年度は約 30%の削減効果があり、当初 3 年計画で予定していた省エネ目標も、1 年目で達成することができた。

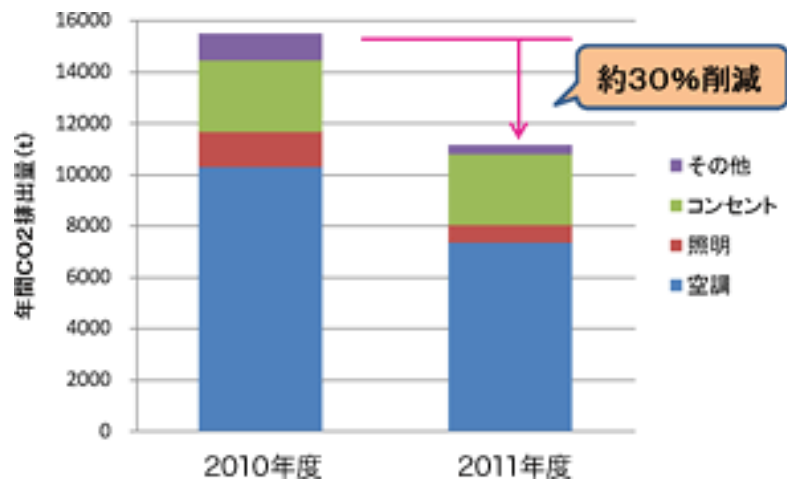


図 26 省エネ効果 年間 CO₂ 排出量削減効果

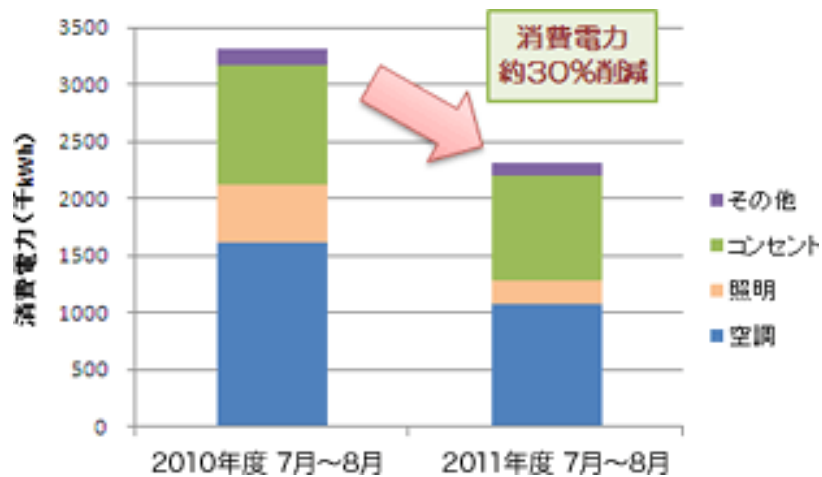


図 27 省エネ効果 2011 年夏の節電効果

現場の業務の実情に合った節電施策を従業員が主体的に決め、全従業員で取り組むことで、特別な施策や投資を行うことなく、年間で 30%近い省エネ効果を見込んでいることが高く評価され、グリーン IT 推進協議会が主催する「グリーン IT アワード 2011 審査員特別賞」やフジサンケイグループが主催する「第 21 回地球環境大賞フジサンケイグループ賞」を受賞することができた。

昨年夏の EneEyes へのアクセス数は、1 日 300 件を超えており、R&D スクエア内での省エネに向けた分析に積極的に活用されたことが確認できている。今年の夏の節電も、

昨年各部門で考えたメニューをベースにしながら、新たな仕組みや投資なしに、今までと同様に全従業員で取り組んでいく。

また、今後は EneEyes を富士ゼロックスの他事業所や海外拠点などに展開すると同時に、今回のノウハウや経験をベースに、顧客に同様のソリューションや新しい働き方を提案し、グローバルに顧客の環境改善に寄与していく予定。さらに最終的には働き方の変革を通じて顧客先における CO₂ 排出量を 2020 年度までに年間 700 万トン削減したいと考えている。

第 2 項 多摩大への導入可能性

全従業員が積極的に取り組んだことで消費電力量の 30%削減を実現した富士ゼロックス R&D スクエアは、ハード面だけに頼らず、意識面での取り組みが大きな成果を挙げた事例として、多摩大にも大きな示唆を与えるものといえる。

具体的には、以下の点に注目した。

・情報の共有と「見える化」

目標を掲げるだけでなく、現状との乖離状態がわかることで、その落差を埋めるための行動に取り組む動機付けが行われる。そのうえで、実施したことによる効果が目に見える形で示されることで、参加意識や達成感が得られることになる。多摩大の学生と教職員が一体となって目標を達成すれば、それがもたらす効用は単なるエネルギー消費の削減にとどまらないだろう。

・身近な取り組みの徹底

具体的な行動、取り組みは膨大なコストがかかるものでなく、ちょっとした気配りや我慢で実現できるものが中心となっている。身近な照明の間引き、人感センサー動作時間の短縮、エレベーターの一部停止、自販機・家電機器の停止・間引き運転などは、いずれも多摩大で導入できることだろう。ちなみに、こうした取り組みは、日立製作所、東芝などの事業所でも実施されている。

・キャンパス規模での実践

「富士ゼロックス R&D スクエア」という事業所単位での実践例であり、巨大な設備投資などをせずに実績を上げた。多摩大のキャンパス規模からも、予算面の制約からも参考にすべき面は少なくない。

第 5 節 外部コンテスト

大学の環境活動を評価する第三者機関もある。エコ大学ランキングを実施する「特定非営利活動法人 エコ・リーグ」の組織概要を紹介する。

名称：特定非営利活動法人 エコ・リーグ

英語名：Japan Youth Ecology League

設立年：1994年8月(2012年2月法人格取得)

目的：

- ① 地球規模から地域までの環境問題の解決を目指す青年の活動か連携し、互いに発展、活性化しあう共通の場を創ることを通して地球環境問題の解決を目指す
- ② 環境問題解決の実践活動を通して青少年か社会に主体的に参加する喜びを学び、また広く市民かこれらの活動の場に参加できる機会を提供する
- ③ 各々の活動を通して、我々とさらに将来の世代にわたる新しい時代の在り方を模索し、かつこれを実現する方法を見出す

会員数：約 200 名

スタッフ：東北事業部（約 10 名）、関東事業部（約 10 名）、関西事業部（約 10 名）、事務局（約 10 名）

エコ・リーグは毎年、全国大学環境対策一斉調査を実施しており、各大学のエネルギーの使用状況および削減状況、省エネなどの各種環境対策の取り組み状況を把握する。2009 年から開始し、これまでに約 300 大学が調査に回答している。この調査結果に基づき、各大学の現状を評価するのが、「エコ大学ランキング」である。

本章で紹介した東工大、三重大、東大、フェリスはこのランキングの上位常連校である。多摩大もスマートユニバーシティ構想の達成度を測る目安が必要である。持続的な意識啓発のためにも、今後エコ・リーグの調査に積極的に取り組み、ランキング上位校を目指したい。

第6章 分析

第1節 学内意識調査

多摩大スマートユニバーシティ構想を組み立てるにあたり、これから多摩大で多くの時間を過ごし、学びを得る1、2年生を対象を絞ったうえ、エネルギー・環境に対する意識調査を実施した。

1. アンケート内容

アンケートは以下の6項目である。

- ①多摩大は環境意識が高いと思いますか
(はい、いいえ)
- ②エネルギー・環境に興味がありますか
(はい、いいえ)
- ③あなたはエコに貢献しようと意識していますか
(はい、いいえ)
- ④多摩大の基本理念「国際性」、「学際性」、「実際性」であることを知っていましたか
(はい、いいえ)
- ⑤エネルギー・環境を専門としたホームゼミを作るべきだと思いますか
(はい、いいえ、どちらでも良い)
- ⑥多摩大に個性は感じられますか
(はい、いいえ)

2. アンケート結果

項目ごとの結果は以下の通りである。

- ① 多摩大は環境意識が高いと思いますか

	度数	パーセント
はい	107	32.3
いいえ	224	67.7
合計	331	100.0

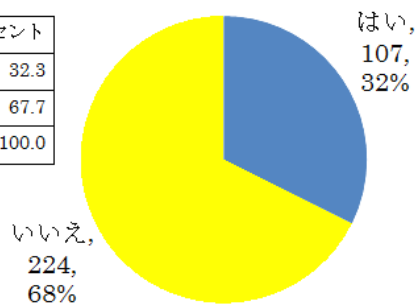


図 28 環境意識

②エネルギー・環境に興味がありますか

	度数	パーセント
はい	178	53.9
いいえ	152	46.1
合計	330	100.0

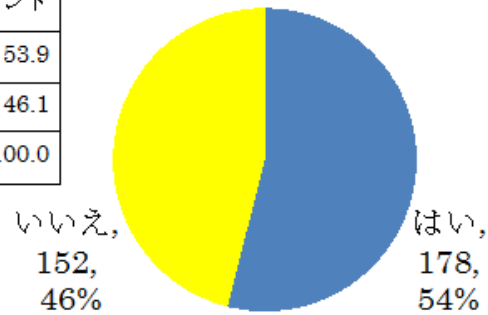


図 29 興味

③あなたはエコに貢献しようと意識していますか

	度数	パーセント
はい	230	70.3
いいえ	97	29.7
合計	327	100.0

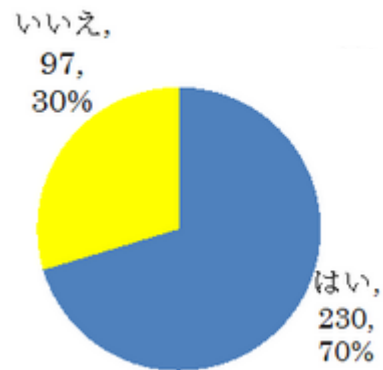


図 30 エコ貢献

④多摩大の基本理念が「国際性」「学際性」「実際性」であることを知っていましたか

	度数	パーセント
はい	124	37.8
いいえ	204	62.2
合計	328	100.0

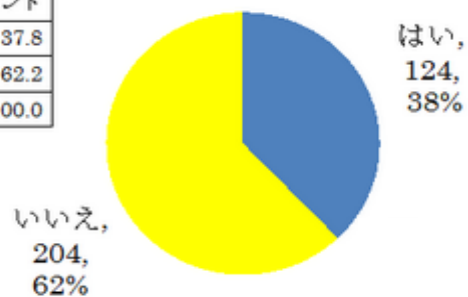


図 31 基本理念

⑤エネルギー・環境を専門としたホームゼミを作るべきだと思いますか

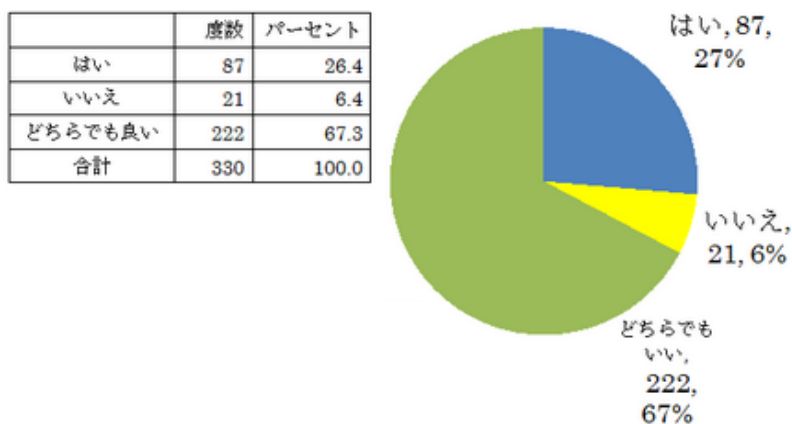


図 32 ゼミ

⑥多摩大に個性を感じられますか

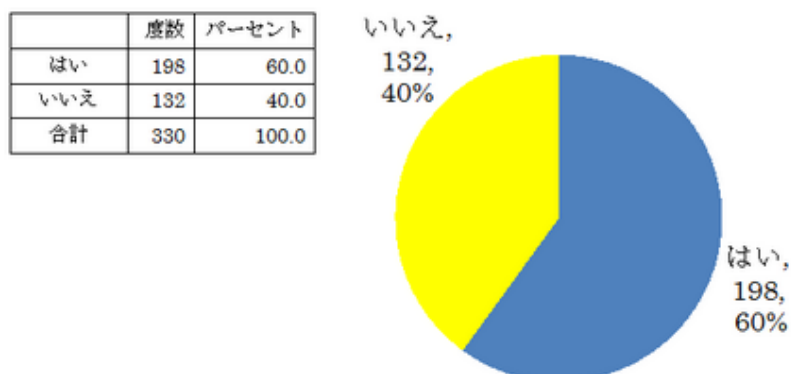


図 33 個性

3. アンケート分析

3.1 大学生の意識と大学への認識

アンケート②、③よりエネルギー・環境に対する意識が高い学生が多いといえる。しかし、①の結果から大学の環境への取り組みが大学生に評価されていないことが分かる。つまり、学生の環境への意識の高さに比して、大学側の環境への取り組みやその情報発信は不足している。

3.2 学生の大学への理解

アンケート④より、多摩大の学生の6割は基本理念を知らないことが明らかになっ

た。これは、多摩大の存在意義を学外にアピールするうえでは由々しき問題である。学生に多摩大の理解を促し、教育効果を上げるためにも基本理念をはっきりと体現した教育を実施しなくてはならない。

3.3 基本理念と大学の個性

多摩大の基本理念を知っていることと多摩大に個性を感じるかが関係するかどうかを確かめるためにカイ 2 乗検定を行った。

検定の結果 pearson のカイ 2 乗値は 2.768、有意確率 0.096 となり、5%水準で有意との結果は得られなかった。ゆえに、多摩大の基本理念を知っていることと、多摩大に個性を感じることに関係は認められなかった。

3.4 基本理念とエネルギー・環境教育

多摩大学の基本理念を知っていることと、エネルギー・環境を専門としたホームゼミを作るべきかが関係するかどうかを確かめるため、カイ 2 乗検定を行った。

検定の結果 pearson のカイ 2 乗値は 6.037、有意確率 0.049 となり、5%水準で有意であることが認められた。ゆえに、多摩大の基本理念を知っていることとエネルギー・環境を専門としたホームゼミを作るべきとの考え方には関連があることが確かめられた。つまり、多摩大の基本理念を知っている学生がエネルギー・環境を専門としたゼミを作るべきであると考えているといえる

3.5 考察

3.3 の分析結果より、基本理念自体が大学の個性として受け止められるような教育が望まれる。3.4 の分析結果からは、多摩大生は環境教育が基本理念に沿ったものであると感じていると考えられる。

こうした結果を踏まえれば、個性を実感できるように基本理念に沿った環境教育を充実すべきである。

第 2 節 大学別比較・分析

調査した大学の特徴は以下の通りとなる。ただし、一部は文献調査にとどまり、実地調査を行っていない。

第 1 項 国立理系

東京工業大学…自立防災型スマートコミュニティ

三重大学…全学で CO₂ 削減

東京大学…「見える化」を通じた省エネ

名古屋大学…学生から生協まで全員参加
信州大学…キャンパス内の展開、積雪対応
大阪大学…省エネ活動を文科系部局などにも波及
京都大学…サステイナブル・キャンパス

第2項 私立大学 文系女子大、情報系

フェリス女学院大学…小さなできることの集積
恵泉女学園大学…園芸を通じた環境教育、市民発電の活用

諏訪東京理科大学…同じ経営情報学部を持ち、環境マネジメントシステムの講座がある

第3節 多摩大スマートキャンパス構想への示唆

調査したスマートキャンパスの事例より、国立理系、私立文系それぞれの特性を分類した。これは多摩大として導入可能な施設、取組みの参考とするための作業である。

国立理系（大規模）

地域規模のエネルギーベストミックスを探る実験場
エネルギー先端技術の研究機関
エネルギー・環境の専門家育成機関

私立文系（小規模、多摩大と同規模）

環境に関する情報の地域への発信
環境に思慮深い人材の育成
オリジナリティのある環境への取り組み
身近な「できること」の積極導入
建学の理念に沿ったエネルギー・環境活動

第7章 結果・検証

第1節 大学別比較分析結果から

代表的な5大学について、四つの側面から比較をした。

表 1 四つの大学の評価

	省エネ	創エネ	操エネ	教エネ
東京工業大学	◎	◎	◎	○
三重大学	◎	◎	◎	○
東京大学	○	△	◎	△
恵泉女学園大学	○	○	△	◎
フェリス女学院大学	◎	○	○	◎

◎：とくに優れている

○：優れている

△：一般的水準にとどまる

第2節 スマートユニバーシティの可能性

多摩大では環境問題に関する講義が少なく、ゼミも存在しない。独学で環境問題に取り組もうとする学生以外には、無縁のテーマである。また、現時点では大学が行っている省エネなどの環境対策を知る機会もほとんどない。インターゼミに入って、初めて知ったぐらいだ。今回、他大学の現状を調査したことで、多摩大の現状を再認識した。学生側からどんどん建設的提言をしていくことが重要であると考えた。

第3節 多摩大スマートキャンパス化概要

多摩大は私立文系大学であり、また、規模も決して大規模であるとはいえない。そういった、外的、内的の制約条件の下、多摩大が「スマ大化」するために取り組むべき具体的な方策として、以下の四つの面から提案する。

第1項 施設面

- ・ 新しい発電設備、省エネ効果の高い施設、設備などを実現可能な範囲で導入する
 - ① 太陽光発電：屋上、壁面の活用
 - ② 小型風力発電：ループウィング型の導入
 - ③ 蓄電池：自然エネルギー、深夜電力の活用
 - ④ 燃料電池：温暖化対策の深化

- ⑤ グリーンカーテン：断熱効果の向上
- ⑥ ビオトープ：環境教育への活用
- ⑦ 屋上緑化：断熱効果の向上

第2項 意識面

- ・ 地域との連携を考慮する
- ・ エネルギー・環境についての情報を発信する
- ・ 省エネ活動の提案制度を設ける
- ・ エコ大学ランキングへの参加など、学外からの評価を得る活動に全学的に取り組む
- ・ 大学トップが学内の環境への取り組みを奨励する「寺島環境貢献賞（仮称）」を創設する

第3項 管理面

- ・ 導入した設備、省エネ活動の効果が認識できる省エネモニターを設置する
- ・ 努力した学生、チームのモチベーションを持続的に向上させる仕組みを整備する

第4項 教育面

- ・ 大学、学部の方針に基づく専門的なエネルギー・環境教育を実施する。とくに経営情報学に沿ったエネルギー教育を強化する
- ・ エネルギー・環境に関する一般教養の授業を必修科目として取り入れる
- ・ 環境を専門としたホームゼミを設置する
- ・ エネルギー・環境に関わるセミナーを企画する
- ・ 新しいエネルギー・環境の研究を行う
- ・ 唐木田ゴミ焼却施設と提携し、環境教育の実践の場として利用させてもらう。単なる施設見学にとどまらず、出張ゼミの開催、作業体験ボランティアの派遣など多角的な連携を図る

第4節 地域との連携

2014年秋に学生会館が完成予定である。さらに館内にはコンビニ最大手のセブンイレブンが入り、一般にも開放される。地域コミュニティの交流拠点となることが期待される。この学生会館に、多摩大の環境への取り組み、学生の学びが掲示され、利用者の目にさらされるようになれば、学生や教職員の環境への意識は高まるだろう。また、来校者の環境意識向上にも繋がるのが期待できる。

非常災害時にライフラインの最低限の対応が取れる設備も整えるべきである。太陽光発電、蓄電システムなどを導入することにより、非常時電源として直接利用することも

可能となる。環境対応の果たす役割は大きい。やはり多摩の名前を冠する大学として、多摩地域のコミュニティに参画、貢献する大学であるべきだ。

多摩大スマートキャンパス構想の概念図を次に示す。

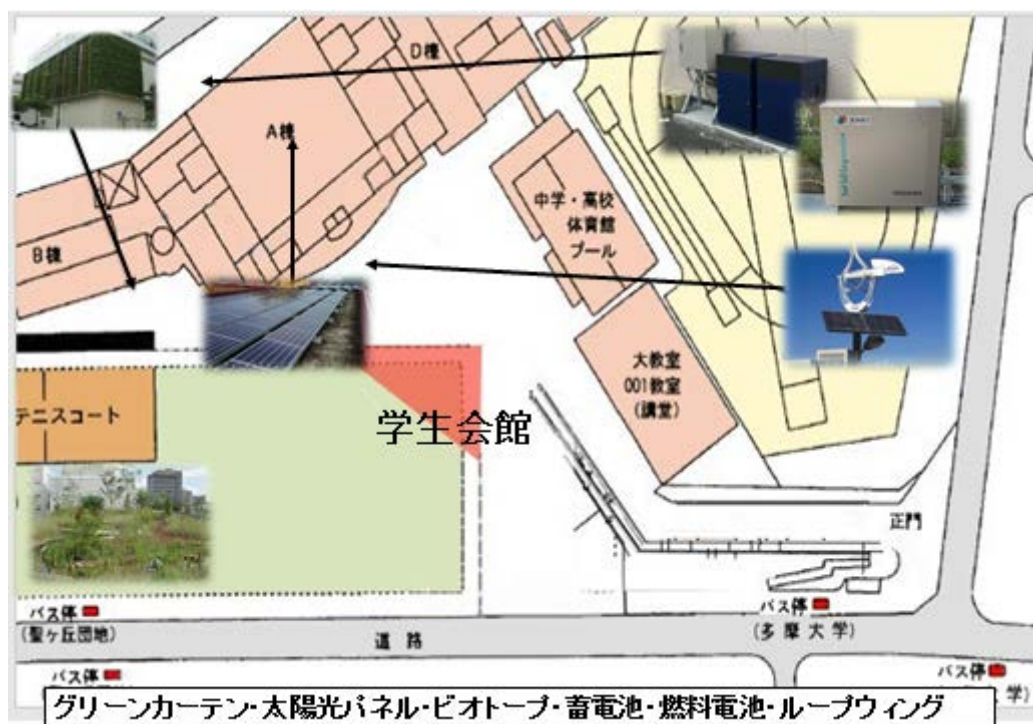


図 34 多摩大スマートキャンパス構想

第8章 まとめ・今後の展望

総合資源エネルギー調査会の要職を務められ、日本の進むべき方向性について活発な提言を続ける寺島実郎学長の下、この1年間、学生としての視点で、何ができるかを模索し、まずは自らの大学という範囲での可能性を追求してきた。

研究分析方法として、多摩大の強み、弱み、機会、脅威の切り口からのSWOT分析、共通のテーマを持った多くの大学を調査するベンチマーキング手法、目指すべき姿を教育面と省エネ達成度の軸から割り出したポジショニング手法など、経営学的な分析方法を多々取り入れた。

現在の段階では、「多摩大のスマ大化」の構想をまとめるに留まっている。

今後はこの構想の内容をより具体的にした上で、他大学の先行事例を参照しながら、実現可能性を検証し、持続可能な施設面、意識面の改革を実行に移すことを求めたい。我々が望むのは「小さくてもキラリと光るスマートユニバーシティ」の実現である。一日も早く胸を張って「スマ大の多摩大です」といえる時が来るのを期待している。

第9章 謝辞

本研究を進めるにあたり、寺島実郎学長より、エネルギー・環境問題に対する諸大国の戦略、日本の進路、外交の方向性など幅広い分野で長期的な視座からのご助言をいただきました。それが、このチームの研究を推進する強いエネルギーとなりました。さらに、中間発表において新たな指針を示していただいたことで、本論文を書き上げられたことに感謝します。とくに、1年間、何かにこだわって、深く研究することが一生の糧になることを実体験いたしました。

フィールドワークで、我々の調査に快く協力、ご支援下さった、東京工業大学、三重大学、東京大学、恵泉女学園大学、フェリス女学院大学、多摩ニュータウン環境組合の担当者の皆様に心より御礼申し上げます。

また、インターゼミという他の大学では見られないメンバー構成での研究の機会を与えて下さった多摩大、親身な指導にあたってくださった荻野博司、長田貴仁両先生、新部均先輩、中間発表などの場で懇切な指摘をいただいたインターゼミ担当の先生方、そしてOBのお立場から私たちの拙い研究活動を支えて下さった学長室事務課の高野智課長に心から感謝いたします。

第 10 章 参考文献

※書籍

- 経済産業省『平成 24 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2013）』
環境省『平成 24 年版環境白書』
NPO 法人エコ・リーグ『全国エコ大学白書 2012』
経済産業省『電力需要の概要 2010 年』
日本エネルギー経済研究所『エネルギー・経済統計要覧 2011 年』
柏木孝夫『エネルギー革命』（日経 BP 社，2012 年）
柏木孝夫『スマート革命』（日経 BP 社，2010 年）
岡村久和『スマートシティ』（アスキー，2011 年）
寺島実郎・飯田哲也『グリーン・ニューディール』（NHK 出版，2009 年）
環境エネルギー政策研究所『自然エネルギー白書 2013』（七つ森書館，2013 年）
東京電力福島原子力発電所国会事故調査委員会報告書（2012 年）

※論文

- 「スマートシティ環境モデル都市とエコライフ」法政大学・白井信雄
「アジアスマートグリッドの構想から実現へ」自然エネルギー財団・孫正義

※参考ホームページ

- 経済産業省 総合資源エネルギー調査会
http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/1.html（参照日：2013/10/1）
ダイヤモンド・オンライン 米国シェール解禁で始まる LNG 価格正常化への挑戦
<http://diamond.jp/articles/-/36516>（2013/11/1）
東京工業大学 「研究 TOPICS」
<http://www.titech.ac.jp/research/stories/>（2013/07/23）
三重大学 「環境管理推進センター」
<http://www.ceme.mie-u.ac.jp/>（2013/08/08）
東京大学 「環境システム研究室/東京大学」
<http://www.esys.t.u-tokyo.ac.jp/esys.html>（2013/10/18）
恵泉女学園大学／大学の概要
<http://www.keisen.ac.jp/about/summary/>（2013/09/14）
フェリス女学院大学「フェリス女学院大学 | 教育の理念」
<http://www.ferris.ac.jp/information/summary/spirit.html>（2013/11/15）
フェリス女学院大学「フェリス女学院大学 | 環境への取組」
www.ferris.ac.jp/information/summary/eco.html（2013/11/09）

フェリス女学院大学「フェリス女学院大学 | データで見るフェリス」

<http://www.ferris.ac.jp/information/disclosure/ferris-data.html> (2013/12/07)

フェリス女学院大学「フェリス女学院大学 | アクセスガイド」

<http://www.ferris.ac.jp/access.html#01> (2013/12/07)

フェリス女学院大学「フェリス女学院大学 | データで見るフェリス」

<http://www.ferris.ac.jp/information/disclosure/schoolsites.html> (2013/12/07)

地域環境研究ルーム「エコ通信 01 号」(2006/03/15 付) : フェリス女学院大学

<http://www.ferris.ac.jp/kankyo/pdf/20060311.pdf> (2013/12/07)

多摩ニュータウン環境組合「多摩ニュータウン環境組合多摩清掃工場の由来」

<http://www.tama-seisokojo.or.jp/yurai.html> (2014/01/20)

多摩ニュータウン環境組合「ごみのゆくえ」

<http://www.tama-seisokojo.or.jp/yukue.html> (2014/01/25)

原発の賛成派・反対派の意見—みんなの自然エネルギー

<http://ore30.com/ikuene/nuclear/iken.html> (2013/09/14)