

大学活動のサステナビリティ評価の枠組み

花木 啓祐¹・入谷 和範²・荒巻 俊也³

¹正会員 東京大学教授 工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: hanaki@env.t.u-tokyo.ac.jp

²東京大学大学院工学系研究科 元学生, 現在 トヨタ自動車(株)

³正会員 東洋大学教授 国際地域学部 (〒112-0001 東京都文京区白山2-36-5)

E-mail: aramaki@toyonet.toyo.ac.jp

大学のサステナブルキャンパス活動の一環としてサステナビリティの評価の枠組みを検討した。環境側面においては、通常の計測される環境負荷に加えて国内外の出張に伴うCO₂を東京大学の全出張に対して評価したところ、キャンパス内においてエネルギー由来で排出されるCO₂の17~20%にも相当する量であることがわかった。社会的な側面に着目するため、東京大学の教職員および学生に対して意識、充足度、大学の取り組みの認知度と評価を問う調査を実施した。その結果に基づいて因子分析を行うことによって意識構造の解析を行い、また意識と満足度、行動との関係を推定した。

Key Words : campus, sustainability, carbon dioxide, aviation, index

1. はじめに

サステナブルな将来の社会を形成するための社会実験として大学キャンパスの場を用いることによって、環境負荷の低減と共に教育効果を得ようとする試みが世界的に急速に拡大している。

筆者らはアメリカの大学における活動について先に紹介した¹⁾が、ヨーロッパ諸国、オーストラリア、アジアにおいてもその動きは活発化しており、国際的なサステナブルキャンパスのネットワーク(International Sustainable Campus Network, ISCN)も形成されている²⁾。

東京大学においても、東大サステナブルキャンパスプロジェクト(TSCP)を開始し^{3,4)}、二酸化炭素排出削減を当面の優先課題としている。2008年4月には、全学の二酸化炭素排出総量の削減目標を掲げ、その具体的なアクションプランとして、2006年度を基準年とし、2012年には非実験系を対象に15%の削減達成を目標とする「TSCP2012」、2030年には50%削減を目指す「TSCP2030」を公表した。

今日の気候変動問題の重要性とまた排出削減に対する現実的な必要性から、多くのサステナブルキャンパス活動では温室効果ガスを対象に活動を行っている。

本来のサステナブルキャンパスの意味ははるかに広く、温室効果ガス以外の環境の側面のみでなく、社会的な側面をも含む。しかしながら、社会的な側面に着目し

ている大学は少なく、また着目していても、項目を挙げるととどまっているのが実態である⁵⁾。

そこで本研究では、大学キャンパスにおけるサステナビリティの評価について、定量的に評価できる環境側面については既存の環境報告書では通常評価されていない排出源も含めて考慮するとともに、大学の構成員を対象にした調査により社会面の評価を行うことを試みた。これらの試みを元にして、キャンパスのサステナビリティ評価の方向について議論を行う。

2. 持続可能性指標のレビュー

サステナビリティの評価手法については、多くの国・機関で研究されているものの、いかなる項目をもってサステナビリティを評価するかについては共通の結論が得られていない。これはサステナビリティの概念自体が非常に複雑かつ多様であり、世界的に一つにまとまるものではないという理由が大きい。

サステナビリティ指標として、可能な限り物量単位で客観的かつ定量的に表現する指標が選定されることが多い⁶⁾。しかし、持続可能性には、量的発展から質的発展への転換や生活の質の向上などがその概念に含まれ、主観的、または精神的な要素も盛り込まないと指標が表現できる内容に限界があると考えられる。物的側面から

みだ量的単位の指標でもある程度は質的側面を測ることは可能であると考えられるが、質的側面を量的単位のみで測ることはできない。

例えば、環境分野の指標は、地球温暖化への影響を考慮した二酸化炭素排出量や、公害に該当する大気汚染や水質汚染といった生存基盤としての環境もしくは資源としての環境に着目したものがほとんどであり、「アメニティ」で表現される主観的、精神的な面を適切に捉えた指標は見出されなかった。レビューのなかでは、「幸福 (Well-being)」、「満足感 (Satisfaction)」といった用語を含む指標が主に社会分野の指標として採用されているが、社会が成熟していくにつれて、このような主観的な意識や精神面を加味した指標の重要性が増していくものと考えられる。

また、多くのサステナビリティ指標は国を対象にして作成されており、キャンパスのサステナビリティを表現するには不適切なものも含まれる。例えば、失業率、平均所得、年齢構成などは、キャンパスのみを取り上げて評価を行うことは不適である。

3. 東京大学における環境負荷

(1) CO₂排出負荷の概要

東京大学における環境負荷はエネルギー消費量、CO₂排出量、水資源使用量、一般廃棄物排出量と感染性廃棄物排出量など東京大学が発行している環境報告書⁹⁾にその概要が記載されている。その中でCO₂排出量に着目すると、エネルギー由来のCO₂が161千t・CO₂であるのに対して広大な面積を北海道などに持つ演習林等における樹木による吸収が75千t・CO₂である(2007年度)。

CO₂についての更に詳細な解析³⁾によれば、同学の最も大きいキャンパスである本郷キャンパスでは床面積あたりのCO₂排出量が0.10t・CO₂/m²・年であり、東京都の大規模業務建物の平均とほぼ同程度である。しかしながら、この排出量は建物の使用用途によって異なる。理科系の学部と文科系の学部の建物の床面積あたり電力消費量を比較すると前者は後者の3倍程度に達すると推定された。また、大学固有の機能としては実験に伴うエネルギー消費がある。用途別にCO₂排出量を分類すると、おおむね空調30%、照明20%、その他機器20%強、実験機器30%であった。

通常大学におけるCO₂排出量はキャンパス内で発生したもの(電力含む)のみを計上する。しかし、大学の活動が原因となって排出されるCO₂はそれだけではない。一つは紙などの物資の消費、あるいは建物の建設に伴って排出されるCO₂であり、もう一つは通勤・通学・出張のように大学の活動に伴ってキャンパス外において発生

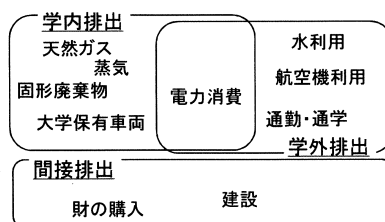


図-1 大学における温室効果ガス排出源

するCO₂である(図-1)。

前者はLCAを行うことによって評価できるが、研究を含む多様な活動を行う大学における購入物品のすべてを把握することは非常に困難である。ただし、水道水については東京都の地球温暖化対策計画書制度においてはライフサイクル的なCO₂排出量として計上することになっており、その原単位は上水分と下水分がそれぞれ0.190kg CO₂/m³、0.511kg CO₂/m³である。2008年度の東京大学本郷キャンパスの場合、エネルギー由来のCO₂に比較して上下水道のCO₂排出量は0.64%であり、大きくない。

キャンパス外で排出されるCO₂のうち、業務出張に伴うものは少なくないと予想されたため、今回新たに評価を行った。

(2) 出張に伴うCO₂排出量評価

出張に伴うCO₂排出とは、教員、職員、学生など大学の構成員の学会発表や会議参加等の公的な目的での出張における航空機利用および鉄道利用によるCO₂排出である。解析の元となるデータとして、東京大学本部調達グループ旅費チームの旅費システムのうち電子データ化されている2004-2006年度の3年分の全データを用いた。たとえば2005年度の場合、国内の航空機出張が約8,700件、海外の航空機出張が約10,700件であった。なお、自動車による出張はほとんど存在しないため無視した。

IPCC温室効果ガス算定ガイドライン⁷⁾では、高度3,000ftと地上間における着陸から離陸まで(LTO (Landing and Take-Off) サイクル)と飛行時を分けてCO₂排出を算出する手法が報告されている。これはLTOサイクルにおけるジェット燃料の消費量が大きいためである。

そのため、全体の行程のうちLTOサイクルが占める割合が大きい短距離飛行の燃料効率率は長距離飛行と比較して劣ることが示唆されている。一方、Jardineの報告⁸⁾では短距離飛行と長距離飛行では使用する機材が異なり、また長距離飛行では燃料積載によって機体重量が増して効率が低下することから、短距離飛行と長距離飛行で有意な差は見られない。

そのため、本研究では航空輸送統計年報のジェット燃料消費量を旅客人・キロのデータで除して、航空機利用によるCO₂排出原単位を一律の値とした。すなわち、旅

客輸送当たり CO₂排出量を 0.129 kg-CO₂/人 km と仮定した。なお、厳密には座席占有率によって一人当たりの温室効果ガス排出量は異なるが、各便において乗船率を仮定する必要性はないため、乗船率および乗車率は一定であると仮定した。

出張先の地域は表-1 のようにそれぞれ国外 15 地域、国内 8 地域に分類した。なお、それぞれの飛行距離については航空輸送統計年報⁹⁾を参照している。国外航空は、日本を出発地もしくは到着地とするもの。国内航空は東京を発着するものに限定した。

鉄道を利用した出張については距離のデータが出張毎に存在するため、距離データをもとに算出した。この場合、CO₂排出源単位として 0.022 kg-CO₂/人 km を用いた。

表-1 地域ごとの飛行距離

国内外	地域	代表都市	距離(km)
国外	ヨーロッパ	パリ	9,703
	北米	ニューヨーク	10,824
	中米	メキシコ	11,440
	南米	ブラジル	18,533
	ロシア	モスクワ	7,502
	韓国	韓国	1,226
	中国・台湾・モンゴル	北京	2,134
	東南アジア	バンコク	4,642
	南アジア	デリー	5,903
	中央アジア	ウズベキスタン	6,043
	西アジア	イスタンブール	8,990
	アフリカ	アフリカ	9,595
	オーストラリア	シドニー	7,826
	ハワイ・メラネシア・ポリネシア	ハワイ	6,389
	グアム・サイパン・ミクロネシア	グアム	2,515
国内	北海道	旭川	930
	東北	青森	582
	北陸	富山	630
	中部	名古屋	317
	近畿	関空	432
	中国・四国	高知	602
	九州	福岡	880
	沖縄	那覇	1,552

表-2 年度別出張由来 CO₂排出量 (t/year)

交通手段		2004年度	2005年度	2006年度
航空機	国際線	20,113	21,399	22,496
	国内線	1,602	1,775	1,840
	計	21,715	23,174	24,336
鉄道		678	723	746
東京大学全CO ₂ 排出量		135,000	133,000	128,000
全CO ₂ 排出量に対する出張由来CO ₂ の比率(%)		16.6	18.0	19.6

注: 全CO₂排出量とは、電力をも含むエネルギー由来のものを表し、出張のCO₂は含まない。

表-3 海外出張の地域別比率 (2005年度)

地域	出張回数(%)	CO ₂ 排出量(%)
北アメリカ	31	43
ヨーロッパ	26	33
中国	12	3
東南アジア	10	6
その他	21	15

表-2 に各交通手段別の CO₂排出量を示す。各年度の航空機利用による CO₂排出量は 20,000t を超え、鉄道利用による CO₂排出量の 700t 程度をはるかに上回っている。この出張由来の CO₂排出量は、エネルギー由来の東京大学のエネルギー由来の全 CO₂排出量の 16.6 - 19.6% にも達している。

また、多量排出源となっている海外への航空機利用の比率を見てみると(表-3)、長距離飛行である北アメリカとヨーロッパへの出張が排出量の 76% を占めている。

海外の大学においても出張に起因する CO₂の削減は課題となっており、とりわけエネルギー由来の CO₂の削減が進んでいる大学ではその比重は大きい。例えばスイス連邦工科大学の場合¹⁰⁾、購入している電力が水力と再生可能エネルギーで生産されている。そのため、キャンパス内のエネルギー消費由来の CO₂は都市ガスなどの化石燃料の使用に起因するもののみとなり、結果として出張の CO₂の方がエネルギー由来の CO₂よりも大きい結果となっている。

4. サステナビリティの社会面評価

(1) 背景と目的

社会面のサステナビリティ評価方法としては、日本のような先進国においては量的評価よりも質的評価が重要になると考えられる。サステナブルキャンパスの取り組みは社会に向けた先進的な取り組みである以上、先進国を対象とした社会のモデルとなることが期待される。そのため、本研究では質的評価に重点をおき、アンケート調査結果によってサステナビリティの質的評価を行った。さらに質的評価について単純集計のみで評価を行うのではなく、因子分析、共分散構造分析を用い、各要素群の関係をモデル化し、大学における現状を分析したうえで、意識の構造化を行い、サステナブルキャンパス形成の課題についてより普遍的な知見を得ることを目的とした。

(2) アンケート調査の概要

アンケート調査は被験者がウェブページにアクセスして回答する方式とした。同時に、ウェブページの URL を周知するために学内便で葉書を郵送する方法を用いた。この葉書では、受領者自身の回答のみならず、研究室にウェブページアドレスを周知してもらうことを依頼した。東京大学内の標本の抽出に関しては、2007年度の大学職員名簿からランダムに 500 人の回答者を選定し、学内便を利用して、2008年12月18日に葉書を発送した。

教職員からの回答数は 111 件であり、大学全体では 197 件の回答を得た。

表-4 サステイナブルキャンパスに関するアンケートの単純集計結果

A. 環境意識に関する設問 (1: 非常にある, 2:ある, 3:あまりない, 4:全くない, の4段階から選択. 右欄にスコアの平均値を示す) .	平均値
Q1 地球温暖化問題に関心がありますか?	1.71
Q2 あなたの街のゴミ処理に関心がありますか?	1.96
Q3 製品の購買の際に環境配慮をした製品を意識していますか?	2.52
Q4 食品の購買の際に地産地消を意識していますか?	2.67
Q5 自宅において電気をこまめに消すなど省エネルギーへの取り組みを行っていますか?	1.90
Q6 自宅においてゴミの分別を行っていますか?	1.57
Q7 自宅において節水を心掛けていますか?	2.05
Q8 あなたの居住している地域は環境負荷の削減に対して何か実施していますか?	3.25
Q9 学内で省エネルギーを意識した行動をとっていますか?	2.32
Q10 学内でのゴミの分別を行っていますか?	1.56
Q11 学内で節水を行っていますか?	2.34
Q12 通勤, 通学の交通手段の選択の際に環境負荷の意識を持っていますか?	2.81
Q13 研究以外の業務で環境負荷削減の意識をしていますか?	2.52
Q14 研究を行う際に省エネルギーや節水, ゴミの削減などを意識していますか?	3.01
Q15 出張における交通手段の選択の際に環境負荷の意識を持っていますか?	3.45
Q16 あなたの所属している研究室, グループは環境負荷の削減に対してどの程度関心があると思いますか?	2.53
B. 社会参加意識に関する設問 (1: 積極的参加, 2:参加したことがある, 3:あまりない, 4:全くない, の4段階から選択. 右欄にスコアの平均値を示す) .	平均値
Q17 大学の授業, 研究, 業務に積極的な意欲を持って取り組んでいますか?	1.64
Q18 課外活動 (地域の取り組みを含む) に積極的に参加したことがありますか?	2.63
Q19 ボランティア活動に参加したことがありますか?	2.92
Q20 インターンシップや在外業務など, 学外での活動への機会に積極的に参加していますか?	2.71
Q21 環境に関する講演会またはセミナーに参加したことがありますか?	2.89
C. 充足度に関する設問 (1: 非常に満足, 2: 満足, 3:不満, 4:非常に不満, の4段階から選択. 右欄にスコアの平均値を示す) .	平均値
Q22 研究・教育・業務環境 -満足度	2.02
Q23 課外活動 (クラブ, サークル, その他地域のものなど) -満足度	2.16
Q24 大学のアメニティ (快適性) - 満足度	2.28
Q25 福利厚生 - 満足度	2.36
Q26 情報のアクセシビリティ - 満足	2.08
D. 大学の取り組みへの認知度 (1: よく知っている, 2:ある程度知っている, 3:あまり知らない, 4:全く知らない, の4段階から選択. 右欄にスコアの平均値を示す) .	平均値
Q29 サステイナビリティという言葉をご存知でしたか?	1.90
Q30 サステイナブルキャンパスという取り組みについてご存知でしたか?	2.55
Q31 あなたの大学の環境報告書についてご存知ですか?	2.61
Q32 二酸化炭素排出量削減の取り組みを知っていますか?	2.03
Q33 ゴミ分別・処理の仕組みを知っていますか?	1.78
Q34 大学における節水の仕組みを知っていますか?	2.92
Q35 大学が市民向けの講座を行っていることを知っていますか?	2.39
Q36 大学が行っている男女共同参画の取り組みを知っていますか?	2.27
Q37 大学が行っている身障者に配慮した取り組みを知っていますか?	2.21
Q38 大学の危機・安全管理について知っていますか?	2.18
Q39 大学の国際連携について知っていますか?	2.23
Q40 産学連携の取り組みを知っていますか?	2.01
Q41 大学と地域社会が連携した取り組みについて知っていますか?	2.76
E. 大学の取り組みへの評価 (1: 非常にそう思う, 2:そう思う, 3:あまり思わない, 4:全く思わない, の4段階から選択. 右欄にスコアの平均値を示す) .	平均値
Q42 学内からの二酸化炭素排出量削減の取り組みは十分になされていると思いますか?	2.87
Q43 ゴミ分別・処理の仕組みは十分に整備されていると思いますか?	2.23
Q44 節水の取り組みは十分になされていると思いますか?	2.89
Q45 環境教育は十分になされていると思いますか?	2.85
Q46 大学が発信している環境関連情報の内容 (二酸化炭素, エネルギーなど) は十分だと思いますか?	2.78
Q47 大学の環境関連情報の発信方法 (Web, 掲示板等)は十分だと思いますか?	2.84
Q48 キャンパス内の緑地は十分であると思いますか?	2.23
Q49 大学は広く一般社会に開かれた場であると思いますか?	2.28
Q50 大学における研究は社会に対して貢献していると思いますか?	2.01
Q51 大学における教育は社会に対して貢献していると思いますか?	2.11
Q52 男女ともに平等な待遇を受けていると思いますか?	2.31
Q53 身障者に配慮されている場であると思いますか?	2.53
Q54 危機・安全管理は十分であると思いますか?	2.64
Q55 国際交流の場としての機能を果たしていると思いますか?	2.27
Q56 産学連携をさらに推進すべきであると思いますか?	2.06
Q57 大学と地域社会の連携は十分になされていると思いますか?	2.86
Q58 あなたの大学は社会のサステイナビリティの向上に取り組んでいると思いますか?	2.30
Q59 あなたの大学はサステイナブルな社会のモデルになっていると思いますか?	2.76

注：記述式の設問の回答はこの表に含めていない。対象は東京大学の教職員・学生 197 名。

アンケート調査票は、説明篇と質問篇から構成した。説明篇ではまず、アンケートに関する諸注意を記した。諸注意ではアンケート調査の目的、アンケート回答にかかる所要時間、アンケート回答形式、それぞれの項目ごとの設問数についての説明を加えるとともに、サステイナビリティの意味について概略を説明し、次いでサステイナブルキャンパスの取り組みについて概説した。また、説明篇において過剰な説明を加えることにより、回答への影響が出ることが考えられたためサステイナビリティおよびサステイナブルキャンパスの取り組みの説明については必要最小限の情報に留めた。

質問篇は5項目 68問から構成された。最初に、環境意識を問う16問、社会参加意識を問う設問が5問、充足度を問う設問が6問、大学活動への認知度に関する設問が13問、大学活動への評価に関する設問が18問、個人属性に関する設問が6問となっている(表-4)。

解析には SPSS 社のソフトウェアである SPSS 15.0 と Amos7.0 を利用した。因子分析を用いることによって、サステイナブルキャンパスに関する意識の影響因子を抽出し、共分散構造分析を用い、サステイナブルキャンパスに関する意識の構造化を試みた。

(3) 単純集計結果

表-4に、択一回答式の設問の回答結果を示す。

(4) 因子分析結果

アンケート調査の結果からプロマックス回転による因子分析¹⁰⁾を用いて調査項目のグループ化を行った。教職員(研究員を含む)と学生ではそれぞれが持つ共通因子が異なることが予想されるため、教職員と学生はそれぞれ別に因子分析を行った。分析の結果、因子負荷量0.5以上の指標を取り出した。結果を表-5及び表-6に示す。

教職員の因子分析において第1因子は出張環境負荷意識や学内省エネ意識のウェイトが高い因子であり「環境意識因子」、第2因子はボランティア参加意識や学外社会参加意識のウェイトが高い因子であるため「社会参加因子」、第3因子は大学アメニティ満足度のウェイトが高い因子であるため「満足度因子」、第4因子はゴミ分別の意識のウェイトが高い因子であるため「廃棄物因子」、第5因子は自宅における省エネ、節水意識のウェイトが高い因子であるため「自宅行動因子」、第6因子は大学への積極的な参加意欲のみの因子であるため「大学参加因子」と言える。

学生の因子分析において、第1因子は大学アメニティ満足度のウェイトが高い因子であるため「満足度因子」、第2因子は出張環境負荷意識や学内省エネ意識のウェイトが高い因子であるため「研究・教育環境意識因子」、第3

表-5 教職員因子分析結果

	因子					
	1	2	3	4	5	6
出張環境負荷意識	0.75	-0.02	0.07	-0.18	0.03	-0.08
学内省エネ	0.69	-0.09	0.08	-0.01	0.21	0.14
業務環境意識	0.65	-0.01	0.11	0.08	-0.02	0.14
通勤、通学環境意識	0.61	0.13	-0.08	-0.04	0.18	0.15
グリーン購入意識	0.57	0.00	0.01	0.20	-0.11	-0.13
研究環境負荷意識	0.56	-0.01	-0.19	-0.15	0.03	0.03
ボランティア参加	-0.15	0.81	0.01	0.00	0.18	-0.10
学外社会参加	-0.09	0.75	-0.03	0.03	-0.06	0.31
環境参加	0.12	0.72	-0.03	-0.19	-0.11	0.09
課外活動参加	0.11	0.59	0.07	0.10	0.06	0.00
大学アメニティ満足	0.07	0.03	0.77	-0.08	0.00	-0.08
福利厚生満足	-0.09	-0.06	0.75	0.02	0.06	-0.13
研究・教育・業務環境満足	-0.02	0.03	0.59	0.03	0.07	0.03
自宅ゴミ分別	-0.19	-0.05	-0.05	0.83	0.16	0.17
学内ゴミ分別	0.14	-0.04	0.18	0.53	-0.05	0.11
自宅省エネルギー	0.20	0.00	0.09	-0.13	0.65	0.09
自宅節水	-0.01	0.05	-0.07	0.26	0.63	-0.12
大学参加意欲	0.03	0.31	0.05	0.19	-0.03	0.56
課外活動満足	-0.02	0.19	0.40	-0.11	-0.07	-0.45
学内節水	0.47	-0.05	-0.01	0.24	0.15	-0.20
地産地消意識	0.36	0.14	-0.24	0.07	-0.11	-0.26
情報のアクセシビリティ満足	0.05	-0.07	0.47	0.23	-0.12	0.16
地域環境関心	0.31	0.03	-0.06	0.46	-0.22	0.02

表-6 学生因子分析結果

	因子							
	1	2	3	4	5	6	7	8
情報のアクセシビリティ満足	0.83	-0.06	-0.10	-0.16	0.09	0.09	-0.13	0.23
大学アメニティ満足	0.78	-0.13	0.00	0.07	-0.08	-0.14	0.36	-0.04
福利厚生満足	0.62	0.01	0.14	-0.04	-0.03	0.00	0.22	-0.16
出張環境負荷意識	-0.15	1.03	-0.09	-0.15	0.12	-0.04	0.04	-0.03
研究環境負荷意識	0.14	0.74	0.02	-0.09	-0.10	0.14	0.00	-0.02
グリーン購入意識	0.02	0.03	0.76	-0.09	-0.08	0.14	0.08	-0.02
学外社会参加	-0.09	-0.15	0.74	0.08	0.08	0.04	0.01	0.04
環境参加	0.08	0.08	0.66	-0.12	0.19	-0.11	-0.01	0.06
自宅節水	-0.18	-0.11	-0.22	0.86	0.09	0.19	0.09	0.09
自宅省エネルギー	-0.07	-0.15	0.16	0.67	-0.09	-0.04	0.10	0.01
学内節水	0.35	0.16	-0.20	0.60	0.09	0.03	0.01	-0.15
課外活動参加	0.10	-0.08	0.16	-0.03	0.85	0.04	-0.01	-0.05
ボランティア参加	-0.10	0.18	-0.02	0.03	0.65	-0.05	0.08	0.07
自宅ゴミ分別	-0.05	-0.10	0.02	0.09	-0.02	0.75	-0.10	0.05
学内ゴミ分別	0.23	0.19	0.00	-0.03	-0.01	0.54	0.01	-0.06
研究・教育・業務環境満足	0.17	0.18	-0.04	-0.01	-0.08	0.01	0.64	0.29
大学参加意欲	0.04	-0.04	0.08	0.07	0.01	0.00	0.19	0.78
通勤、通学環境意識	-0.07	0.41	0.16	0.38	-0.05	-0.21	-0.16	0.03
地産地消意識	-0.20	0.38	0.07	0.18	0.04	-0.05	0.23	0.01
業務環境意識	0.07	0.15	0.41	0.37	-0.10	0.07	-0.22	0.04
学内省エネ	0.24	0.18	0.09	0.32	0.01	-0.02	-0.07	0.06
地域環境関心	-0.13	0.06	0.17	0.07	0.06	0.45	0.25	-0.05
課外活動満足	0.18	-0.11	0.06	0.13	0.14	-0.04	0.47	-0.02

因子はグリーン購入意識や環境学習への参加のウェイトが高い因子であるため「環境学習因子」、第4因子は自宅における省エネ、節水意識のウェイトが高い因子であるため「自宅行動因子」、第5因子はボランティア参加意識や課外活動参加意識のウェイトが高い因子であるため「社会参加因子」、第6因子はゴミ分別の意識のウェイトが高い因子であるため「廃棄物因子」、第7因子は研究・教育環境満足度のみの因子であるため「研究・教育環境満足度」、第8因子は大学への積極的な参加意欲のみの因子であるため「大学参加因子」と言える。

(5) 共分散構造分析結果

因子分析の結果をもとに共分散構造分析を行った。

図-2に示すのは学生の回答から作成したモデルである。GFI, AGFI, CFIが0.9以上かつRMSEA0.1以下であれば当てはまりのよいモデルであるといえる¹¹⁾が、図-2のモデル

は

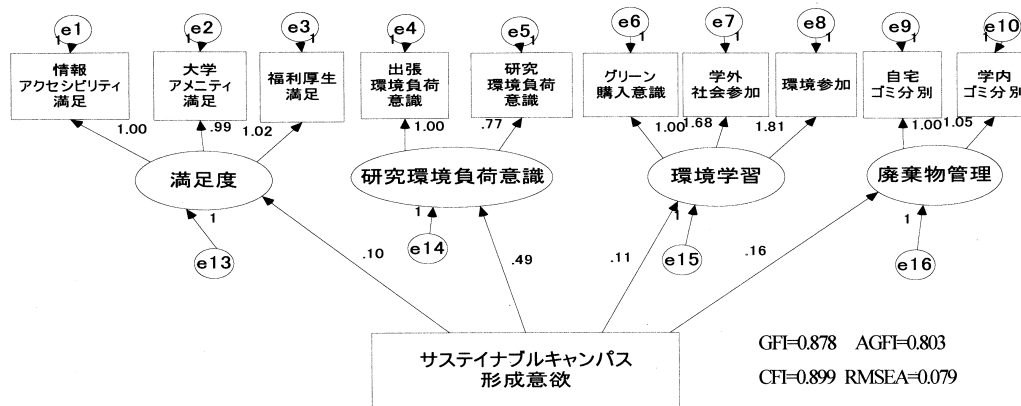


図-2 共分散構造モデル (対象:学生)

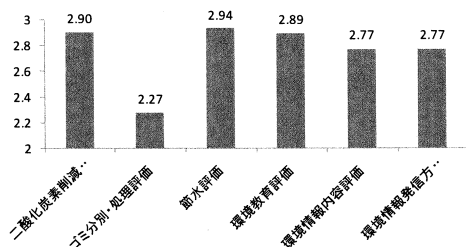


図-3 大学構成員による環境評価 (数値が低いほど評価が高い)

一部それを満たしていない。RMSEA0.05以上であれば要検討とあるので、不完全なモデルであるといえるが構造の一端を示すものである。

サステイナブルキャンパスを形成しようという意欲が満足度、研究活動における環境負荷に関する意識、環境学習、廃棄物管理につながり、それらが個別の行動や意識につながっていく

(6) 環境面に対する構成員の評価

アンケート調査の大学の環境に関する活動評価の部分(図-3)について、一元配置分散分析によって、それぞれの平均に有意差が認められるかどうかの検定を行った。検定を行った結果、CO₂排出削減、節水、環境教育、環境情報の内容、環境情報の発信方法のそれぞれの取り組みについての評価間には有意差が認められなかった。一方、CO₂排出削減の取り組みとゴミ分別・処理の取り組みの評価には1%水準で有意差が認められた。

以上から、東京大学においてはゴミ分別・処理の取り組みについてはある程度十分であると評価されているが、CO₂排出削減の取り組みなどについては不十分であると大学構成員は評価を下しているといえる。このような構

成員の評価は、社会として求められている活動や水準と比較して大学の取り組みが目に見えて積極的であるか否かの相対的な関係によって影響されると考えられる。また、ごみの分別のように、構成員自身がかかわる行動は評価が高くなるという面もあるであろう。

5. 大学キャンパスにおけるサステナビリティ評価の方向

サステナビリティを形成する要素のうち、環境面については物量に基づく定量的な評価を比較的行いやすい。これらについては、本研究で行ったようにキャンパス外で生じる環境負荷も含めて評価をしていくことが必要である。

世界各大学で行われているサステナブルキャンパス活動の一環として、各大学の環境側面を比較する試みもなされている。そのような場合、エネルギー消費量、CO₂排出量、水消費量などがとりあげられる。それらを休暇期間を補正した構成人数あるいは床面積で除した原単位の比較を行うことができるが、各大学の間で条件が大きく異なるために、単純比較は適切でない。CO₂排出量を例に挙げると、大学に実験系の理系学部を持つか、病院を持つか、寮を持つか、という大学の活動内容の相違、気候条件の相違、供給される電力の炭素原単位の相違などが大きく数値に影響する。

一方社会・経済的な面での大学キャンパスのサステナビリティ評価については、国家レベルでのサステナビリティ評価と異なり、社会・経済的な数値指標が使えないという弱点がある一方で、対象が限られているためより詳細に構成員の行動を評価することが可能であるという利点がある。今回の調査のように、アンケート調査

を行うことによって、国家レベルでは把握することが困難な主観的な意識や精神面を加味した評価を行うことができる。

これらのことから、大学キャンパスのサステイナビリティを評価していく場合には物量による定量的な環境面の評価と、質的な社会的な要素の評価を併せて行う必要があると考えられる。

これらの環境要素、社会的な要素の評価に関しては、大学間の比較を行うというよりは、それぞれの大学におけるPDCAサイクルの中で自らのパフォーマンスを認識し、また改善の方向性を探るために用いることがより適切な方向であろう。

6. 結論

大学キャンパスのサステイナビリティ評価のための試みを行った。環境面の量的評価についてはこれまでに捉えられていなかった、出張に伴うCO₂排出量を評価したところ、東京大学の場合にはエネルギー由来のCO₂排出量の17-20%にも達することがわかった。

サステイナビリティの環境側面については物量に基づく評価を、社会面については質的な評価を行った。後者については、大学を構成する教員、職員、学生に対してアンケート調査を行った。サステイナブルキャンパスに必要な構成員の意識、あるいは行動がいかなる要因の影響を受けるのか、意識を構造モデルとして解明することを試みた。

今後はこれらの試みを継続的に実施、発展させ、キャンパスのサステイナビリティの向上に反映していくことが求められる。

参考文献

- 1) 入谷 和範, 荒巻 俊也, 花木 啓祐: アメリカの大学におけるサステイナブルキャンパス活動内容の実態調査, 第 35 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 1-6, 2007.
- 2) International Sustainable Campus Network (ISCN): <http://www.international-sustainable-campus-network.org/>
- 3) 迫田一昭, 河野匡志, 花木啓祐, 野城智也, 磯部雅彦: 東京大学におけるサステイナブルキャンパス活動ー東大サステイナブルキャンパスプロジェクトー, 日本建築学会技術報告集, Vol. 15, No. 30, 611-614, 2009.
- 4) 迫田一昭, 河野匡志, 花木啓祐, 野城智也, 磯部雅彦: 大学キャンパスにおける二酸化炭素排出削減策の立案・実行ー東京大学サステイナブルキャンパスプロジェクトー, エネルギー・資源, Vol. 30, No. 4, 240-243, 2009.
- 5) United Nations, the Commission on Sustainable Development: Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies, 2001.
- 6) 国立大学法人東京大学: 東京大学環境報告書, 2008.
- 7) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Chapter 3, 2006.
- 8) Christian N. Jardine, Calculating the Environmental Impact of Aviation Emission, 2005.
- 9) 国土交通省 航空輸送統計年報, 2004.
- 10) ETH Zurich, Environmental Report, http://www.umwelt.ethz.ch/docs/Umweltbericht_2008_eng_lisch, 2008.
- 11) 小野谷孝義, 山本嘉一郎編: SPSS 事典 BASE 編, ナカニシヤ出版, 2004.
- 12) 豊田秀樹: 共分散構造分析[Amos 編]構造方程式モデリング, 東京図書, 2007.

FRAMEWORK OF EVALUATION OF SUSTAINABILITY IN A UNIVERSITY

Keisuke HANAKI, Kazunori IRITANI and Toshiya ARAMAKI

Framework of evaluation of sustainability was examined as a part of sustainable campus activity of the university. CO₂ emission from aviation of official trip was evaluated base on all official trip data. The emission was equivalent to 17 to 20% of fossil-derived CO₂ of the whole university. Questionnaire survey was conducted for staff, faculty and students to evaluate social aspect of campus sustainability. Consciousness and satisfaction as well as recognition and evaluation of the effort by the university were asked. Based on the results factor analysis was conducted to analyze the structure of the consciousness, and the relationships among consciousness, satisfaction and behavior.