

Working Paper Series

IASS WP 2017-J003

東京都の建築物による一次エネルギー消費データベース
の作成

早稲田大学社会科学総合学院 鷺津 明由
労働政策研究・研修機構 中野 諭



*School of Social Sciences
Waseda University*

東京都の建築物による 一次エネルギー消費データベースの作成

鷲津 明由^{*}，中野 諭^{**}

2018年2月⁺

1. はじめに

大都市のようにエネルギーの消費密度の高い地域では、最適なエネルギーマネジメントシステム(EMS)の構築(それは、情報技術(IT)の進歩によるところが大きいのであるが)によって、エネルギー効率の大幅な改善が期待できるとされている。都市におけるこのようなEMS構築のために、都市地域のエネルギー消費マップ(建物別のエネルギー消費量をマッピングしたもの)を作成し、都市計画の一環としてEMSの高度化を考えていくという取り組みが諸外国にはある¹。経済活動と環境保全と技術の変革の調和の取れた進行を考察するために、ITを活用したEMSの効果を検証することは重要な研究課題である。

東京都では、ETS制度により、大型の非住宅建物を中心に、建物の省エネ化が加速したといわれており、今後制度の継続により、高度なEMS技術の導入による省エネ化が期待されている。そこで本研究では、制度の今後の見通しについて技術情報に基づく具体的な考察を加えるという将来の研究課題に必要なデータベースの整備を行った。具体的には、東京都都市計画地理情報システムデータ(GISデータ)における土地利用現況調査と日本サステナブル建築協会 非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)²を利用して、東京都全域の一次エネルギー消費MAPの作成を行った。なお、参考までに住宅建物の一次エネルギー消費量を、平成27年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)報告書³から導出した原単位を用いて推計した。これにより、東京都ETS制度の事後評価をするとともに、今後目指されるべき地域的エネルギーマネジメントシステムの構築の可能性について言及し、ETS制度のさらなる進化の方向性に対して提言するための基礎データが整備された。

^{*}早稲田大学社会科学総合学院(e-mail: washizu@waseda.jp)

^{**}労働政策研究・研修機構

¹ たとえば、Boston's Energy Ecosystem (by Boston Planning & Development Agency)
<http://www.bostonplans.org/news-calendar/news-updates/2015/08/28/boston%E2%80%99s-energy-ecosystem-microgrids-and-the-value>

² http://www.jsbc.or.jp/decc_download/

³ http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000032.pdf

2. 東京都都市計画地理情報システムデータ(GIS データ)における土地利用現況調査について

土地利用現況調査は、都市計画法に基づく都市計画に関する基礎調査の一つであり、おおむね 5 年ごとに、土地・建物の用途、建物構造・階数などの外観目視による現地調査がされている。

表 4 GIS データの建物用途分類と DECC データとの対応

No.	GIS 分類コード	GIS 分類項目	あてはめた 1 次エネルギー消費原単位のデータソース (分類ごとに 5 段階の規模別に原単位をあてはめた)	
1	111	0 官公庁施設	DECC	官公庁
2	112	1 教育施設	DECC	幼稚園・保育園、小中学校、高等学校、大学・専門学校、研究機関の平均値
3	112	2 文化施設	DECC	その他
4	112	3 宗教施設	DECC	その他
5	113	1 医療施設	DECC	病院
6	113	2 厚生施設	DECC	福祉施設
7	114	1 供給施設		今回対象外
8	114	2 処理施設		今回対象外
9	121	0 事務所建築物	DECC	事務所、電算・情報センターの平均値
10	122	1 商業施設	DECC	23 区・島しょ：デパート・スーパー、その他物販、コンビニ、展示施設、複合施設、家電量販店、一般小売の平均値 多摩：上記に郊外大型店舗を加えたものの平均値
11	122	2 公衆浴場等		今回対象外
12	123	0 住商併用建物	DECC	商用部分に事務所、その他物販、飲食店、一般小売の平均原単位をあてはめ、面積区分ごとに以下の比重で住宅の原単位との加重平均値を算出 面積階級 1 商:住=1:1 2 階建/1 階店舗 2 階住宅 面積階級 2 商:住=1:4 5 階建/1 階店舗 2-5 階集合住宅 面積階級 3 商:住=1:4 5 階建/1 階店舗 2-5 階集合住宅 面積階級 4 商:住=1:9 10 階建/1 階店舗 2-10 階集合住宅 面積階級 5 商:住=1:9 20 階建/1-2 階店舗 3-20 階集合住宅
13	124	1 宿泊施設	DECC	ホテル・旅館
14	124	2 遊興施設	DECC	その他
15	125	1 スポーツ施設	DECC	スポーツ施設
16	125	2 興行施設	DECC	劇場・ホール
17	131	0 独立住宅		平成 27 年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)報告書における家計調査に基づく戸建住宅のエネルギー消費データより推算
18	132	0 集合住宅		平成 27 年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)報告書における家計調査に基づく集合住宅エネルギー消費データより推算
19	141	0 専用工場		今回対象外
20	142	0 住居併用工場		今回対象外
21	143	1 運輸施設等		今回対象外
22	143	2 倉庫施設等		今回対象外
23	150	0 農林漁業施設		今回対象外

東京都に同データの貸出許可を申請し、東京都全域の建物に関して、以下のデータを取得した：①建物の図形面積(建築面積)、②地上および地下階数、③建物用途分類、④延べ床

面積換算係数，⑤5年前からの変化(変化なし/用途変更/新築)，⑥町丁目までの住所。このうち，①，②，④のデータを利用して，各建物の建物面積(延べ床面積)を推算した。その結果，東京都全域に存在する建物について，建物面積，建物用途分類(分類項目は表4の23分類)，建築年数5年超/未満，町丁目までの住所をまとめたデータベースが作成された。

3. 非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)と一次エネルギー消費原単位について

DECC (Data-base for Energy Consumption of Commercial buildings：非住宅建築物のエネルギー消費に係わるデータベース)とは，日本サステナブル建築協会に設置された「非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会」により調査・分析された，建築物のエネルギーや水使用量に関するデータベースである。

調査は全国を気候条件に基づく8地域(平成25年省エネルギー基準における地域区分)に区分し，各地域の拠点大学をコアとする産官学連携体制で，全国の非住宅建築物に対して，実施されている。2007年度から2012年度までの調査から作成された公開用データベース(個別情報)のうち，東京都が含まれる地域5と6について，調査された各建物に関する以下のデータを取得した：建物用途，面積区分，単位延床面積当たり年間電力消費量(kWh/(m²・年))，単位延床面積当たり年間1次エネルギー消費量(MJ/(m²・年))，建物用途。

取得したデータから，建物用途別(表5)，面積区分別(表6)に，単位延床面積当たり年間1次エネルギー消費量4(MJ/(m²・年))，単位延床面積当たり年間電力による1次エネルギー消費量(MJ/(m²・年))，単位延床面積当たり年間電力以外のエネルギーによる1次エネルギー消費量(MJ/(m²・年))の各原単位を集計した(表7)。

表5 DECC 建物用途分類

01 事務所，02 電算・情報センター，03 官公庁，04 デパート・スーパー，05 その他物販，06 コンビニ，07 飲食店，08 ホテル・旅館，09 病院，10 福祉施設，11 幼稚園・保育園，12 小学校・中学校，13 高等学校，14 大学・専門学校，15 研究機関，16 劇場・ホール，17 展示施設，18 スポーツ施設，20 複合施設，21 電量販店，22 郊外大型店舗，23 一般小売，24 理髪店・理容店，99 その他
--

表6 DECC 建物規模分類

1	300m ² 未満
2	300m ² 以上 2000m ² 未満
3	2000m ² 以上 10000m ² 未満
4	10000m ² 以上 30000m ² 未満
5	30000m ² 以上

4 1次エネルギー消費量とは，建築物で直接使用される電気，灯油，都市ガス等の2次エネルギーを，化石燃料や水力などの自然から直接得られる1次エネルギーの大きさに換算した値を言う。

表7 集計された DECC 原単位(建物面積当たり平均一次エネルギー消費量)

DECC 用途分類	規模階級	事業所数	平均一次エネルギー消費原単位 (MJ/m ² ・年)	平均電力消費原単位 (kWh/m ² ・年)	平均電力一次エネルギー消費原単位 (MJ/m ² ・年)	平均電力以外一次エネルギー消費原単位 (MJ/m ² ・年)	備考
事務所建築物	1	71	1,247	116	1,134	114	
	2	355	1,538	139	1,356	181	
	3	1,582	1,764	168	1,642	123	
	4	919	2,254	207	2,020	234	
	5	476	2,390	200	1,955	435	
官公庁	1	66	1,204	97	951	253	
	2	683	1,019	87	852	167	
	3	1,310	1,056	91	888	169	
	4	475	1,192	101	986	207	
	5	136	1,355	115	1,128	227	
商業施設 (郊外大店舗を含む) 多摩地域に適用	1	2,077	11,620	1,190	11,619	1	
	2	802	2,652	258	2,521	131	
	3	1,592	2,992	280	2,730	262	
	4	782	2,885	260	2,546	339	
	5	532	2,957	255	2,491	466	
商業施設 (郊外大型店舗を除く) 23区, 島嶼に適用	1	2,077	11,620	1,190	11,619	1	
	2	793	2,663	259	2,531	133	
	3	1,514	3,045	284	2,775	270	
	4	701	2,889	260	2,542	347	
	5	459	2,941	252	2,463	477	
住商併用施設	1	511	10,468	531	5,187	5,282	
	2	487	1,379	97	943	436	
	3	1,813	1,116	84	824	292	
	4	953	1,066	76	745	321	
	5	514	1,097	77	755	342	
ホテル・旅館	1	0	2,135	164	1,600	535	第2階級と同じ値
	2	108	2,135	164	1,600	535	
	3	532	2,567	172	1,670	897	
	4	376	2,830	193	1,875	956	
	5	216	2,940	191	1,855	1,085	
病院	1	16	1,168	83	805	363	
	2	125	1,856	161	1,567	289	
	3	998	2,227	159	1,552	675	
	4	1,029	2,559	171	1,669	890	
	5	510	3,064	191	1,859	1,204	
福祉施設	1	52	864	76	741	123	
	2	319	1,311	83	807	504	
	3	603	1,771	114	1,109	662	
	4	45	1,297	87	847	450	
	5	0	1,297	87	847	450	

教育施設	1	0	696	55	534	162	
	2	684	696	55	534	162	
	3	4,390	427	34	334	93	
	4	1,942	534	44	431	103	
	5	504	1,228	100	970	258	第4階級と同じ値
劇場・ホール	1	21	465	42	414	51	第2階級と同じ値
	2	369	906	73	714	192	
	3	592	1,091	87	850	241	
	4	217	1,362	106	1,033	329	
	5	31	1,913	138	1,348	564	
スポーツ施設	1	0	1,662	105	1,022	640	
	2	87	1,662	105	1,022	640	
	3	384	2,766	159	1,549	1,216	
	4	127	1,475	110	1,075	400	
	5	14	1,154	91	892	262	
その他	1	127	618	49	480	138	第2階級と同じ値
	2	359	1,301	112	1,091	210	
	3	380	1,503	124	1,208	295	
	4	139	1,534	127	1,232	301	
	5	57	2,121	185	1,805	316	

表8 戸建て住宅の一次エネルギー消費原単位(面積当たり一次エネルギー消費量)
(MJ/m²・年)

		合計	電気	電気以外の エネルギー
戸建住宅	300m ² 以下	888	605	282
	300m ² 以上	614	409	205
集合住宅		964	631	332

ただし、DECCには住宅用建築物に関する原単位データはない。そこで、住宅に関する原単位データは、平成27年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)報告書において、家計調査に基づいて推計された戸建住宅または集合住宅の、住宅の面積区分別エネルギー消費データを1次エネルギー消費量に換算して推算した。なお、集合住宅については、共用部分の単位延床面積当たり年間1次エネルギー消費量を、日本ビルエネルギー総合管理技術協会「建築物エネルギー消費量調査報告⁵⁾」より得て、専有部分面積95%、共用部分面積5%の仮定の下で、建物全体の面積あたり原単位を推算した。

4. 東京都の1次エネルギー消費MAPの作成

2節で説明したGISデータに基づく建物ごとの建物面積データ、3節で説明したDECC(住宅については他データ)に基づく建物用途別規模別建物面積当たり1次エネルギー消費原

⁵⁾ http://www.bema.or.jp/_src/10987/bema_digest39.pdf

単位を用いて、東京都の1次エネルギー消費MAPを図10のように作成した。図10は、GISデータにおける建物ごとの面積データに対して、その建物の用途分類に応じた、1次エネルギー消費原単位をあてはめて作成した。GISデータの建物用途分類とDECCの1次エネルギー消費原単位の対応は、表4のとおりである。

東京都「大規模事業所への温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度⁶」では、オフィスビル等に対し、第1計画期間(2010-2014年度)を「大幅削減に向けた転換始動期」と位置づけ8%の、第2計画期間(2015-2019年度)を「より大幅なCO₂削減を定着・展開する期間」と位置づけ17%のCO₂削減を義務づけている。そこで、図10を第1計画期間が終了する以前の「対策前」の状況と仮定し、そこから大規模事業所でETS制度におけるCO₂削減率と同率の8%、または17%の1次エネルギー消費量削減が実現した場合の状況を図示したのが、図11と12である。なお、「大規模事業所」をここでは、「30000m²の事務所⁷」に対して計算される一次エネルギー消費量(67,248,322 MJ)を上回る建物」と定義して計算している。図11では江東区、品川区、町田市で、図12では千代田区、新宿区、大田区、府中市、東久留米市、青梅市で、とりわけ地図上の色分けの濃度が薄くなり、一次エネルギー消費量が少ない階級に変化していることを確認できる。

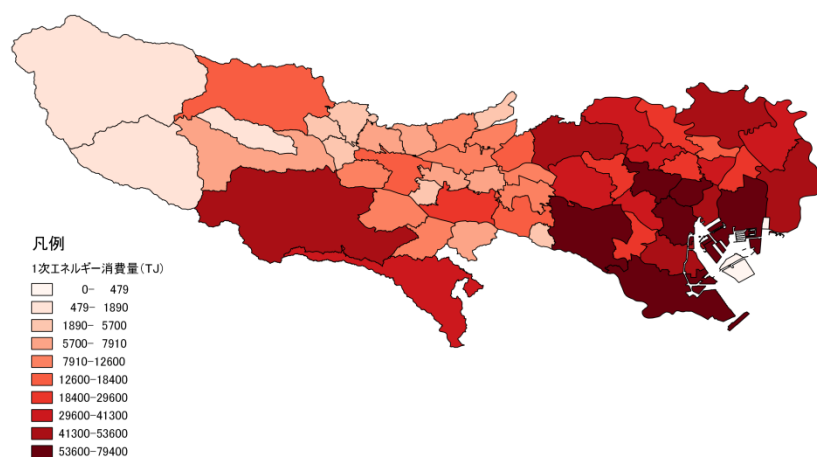


図10 東京都一次エネルギー消費量MAP : Base Case

6

https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/large_scale/attachement/seidogaiyou_201406.pdf

⁷東京都ETS制度の対象事業所は、「前年度の燃料、熱、電気の使用量が、原油換算で年間1,500 kL以上の事業所」とされているが、事務所の場合、一般的な目安として30000m²以上の事業所が対象になるとされている。

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/2017_gaiyou.pdf

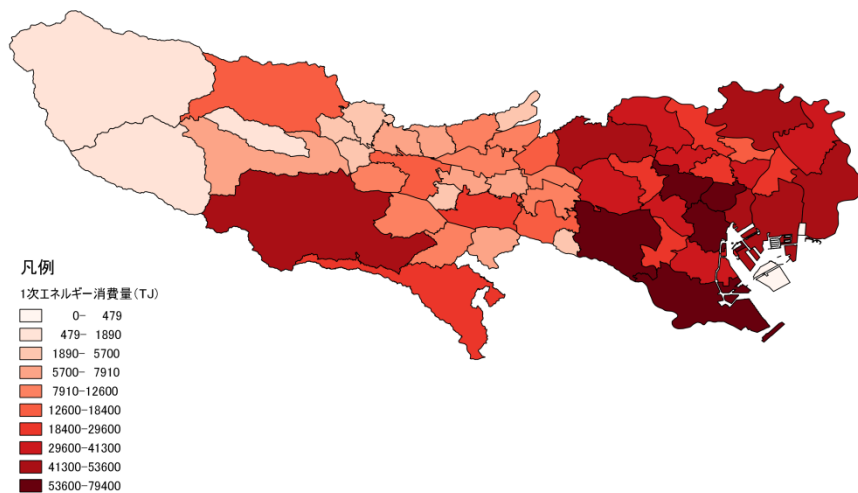


図 11 東京都一次エネルギー消費量 MAP：第一計画期間 8%削減

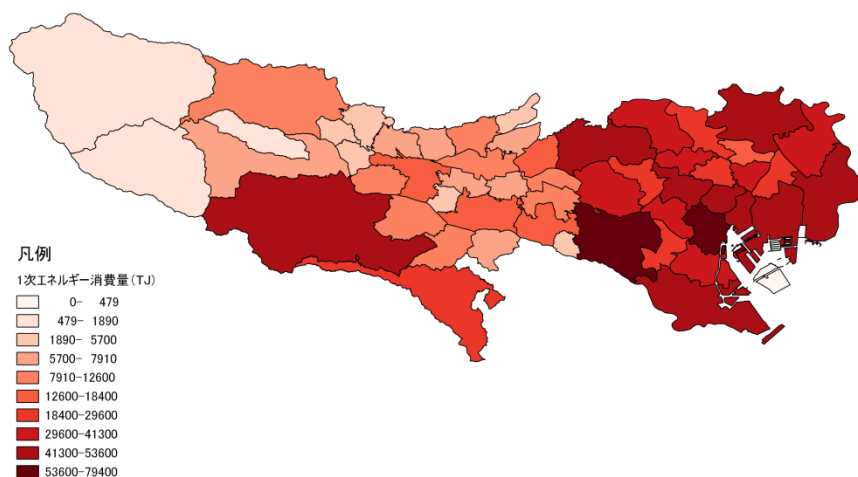


図 12 東京都一次エネルギー消費量 MAP：第二計画期間 17%削減

5. 東京都におけるビル建物の省エネルギー化の効果の推定

東京都都市計画地理情報システムデータ(GIS データ)における土地利用現況調査と、非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)の建物面積当たり 1 次エネルギー消費原単位と別途推算した住宅建物の建物面積当たり 1 次エネルギー消費原単位を用いて、東京都一次エネルギー消費量 MAP を試作した。

今後は大規模事業所向けアンケート調査を実施するなどして、図 10 の変化について詳しい検討を行う。ビルの省エネ化は大きく分けて、設備面と運用面の二つの側面からとらえられる。本節では、今後の研究への橋渡しとして、ビルの設備面と運用面の省エネ化の定量化方法について以下に考察する。

5.1 設備面から見たビル建物の省エネ化

ビル設備の性能の向上によるエネルギー削減効果の事例は、環境共創イニシアチブ(SII)が作成した「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル(ZEB)設計ガイドライン⁸」が参考になる。

表 9 ZEB 設計ガイドラインにおける中規模事務所の省エネ率の試算結果

設備の省エネ化の方法		省エネ率	アンケート調査によって確認する項目の例示	
空調(パッシブ)	高断熱・日射遮蔽	3%	ガラスの種類 外皮断熱の有無 建築年(の基準値)	
空調(アクティブ)	高効率熱源	6%	セントラル方式	COP or APF インバータの有無
			パッケージ方式	個別機器の COP or APF の平均値 不明の場合は機器の製造年(の平均 COP)
空調(アクティブ)	流量制御	7%	関連機器におけるインバータの採用率の程度 (0%/30%/50%/70%/100%)	
空調(アクティブ)	空調制御	14%		
換気	送風量制御	1%		
照明	高効率照明	3%	LED 照明の建物内採用率の程度 (0%/30%/50%/70%/100%)	
照明	照度適性化	8%	照度の適性化に対する努力度 (0%/30%/50%/70%/100%)	
照明	照明制御	5%		
換気	高効率電動機	1%	装置の有無	
給湯	省エネ給湯	1%	装置の有無	
昇降機	省エネ昇降機	1%	装置の有無	
	合計	50%		

ZEB とは、建築物における一次エネルギー消費量を、建築物・設備の省エネ性能の向上、エネルギーの面的利用、オン サイトでの再生可能エネルギーの活用等により削減し、年間の一次エネルギー消費量が正味(ネット)でゼロ 又は概ねゼロとなる建築物のことである⁹。同ガイドラインでは、たとえば、事務所ビルに対する、省エネ性の向上を表 9 のように試算している。

表 9 によれば、事務所建物の設備性能を向上させると、対策前のエネルギー消費を 50%

⁸ https://sii.or.jp/zeb/zeb_guideline.html

⁹ 経済産業省「ZEBの実現と展開に関する研究会」資料

www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g91224b08j.pdf

削減できるということである。この状況を到達可能な「最大値」と見なし、東京都に現存する建物が最大値の何割ほどの省エネを達成しているかを、アンケート調査結果に基づいて推算できればよいであろう。表 9 にはその推算に必要な情報を収集するためのアンケート調査項目を例示した。

5.1 運用面から見たビル建物の省エネ化

ビルの運用面の省エネ化は、きめ細かいエネルギー管理によって可能になる。そしてそのエネルギー管理をアシストすることが BEMS の役割である。

一般社団法人 電子情報技術産業協会 グリーン IT 委員会(JEITA)による報告書『IT 活用による省エネ効果に関する 調査研究報告書 ～ビル、店舗への BEMS 導入による省エネ効果～¹⁰』は、2030 年に向けての BEMS の普及効果を試算しているが、その際 BEMS による省エネ効果を表 10 のように想定している。

JEITA 報告書によれば、現状でも大規模ビル(10000m² 以上)のほぼすべてで、中央監視室は既設である。特に 30000m² 以上のビルでは現状で 50%施設が BEMS によってエネルギー消費の可視化・制御を行っており、その割合は 2030 年には 80%に増加すると見込んでいる。また、10000 以上 30000m² 未満のビルでは、現状では 27%の施設がエネルギー可視化・制御を行っており、2030 年には同様に 80%に増加すると見込んでいる。また、10000m² 未満の中小ビルでは、現時点の BEMS 導入率は 4%程度あるが、2030 年には 80%の導入を見込んでいる。ただし 2500m² 未満のビルでは、2030 年に約半分の施設で可視化のみの BEMS が導入されると見込んでいる。

表 10 JEITA による BEMS 導入効果の想定

大規模ビル(10000m ² 以上)			
	エネルギー消費割合	BEMS による削減率	BEMS 総合効果
空調(セントラル)	50%	10%	5.0%
照明	21%	10%	2.1%
コンセント	19%	15%	2.9%
給湯その他	10%	2%	0.2%
		Total	10.2%
中小ビル 10000m ² 未満(制御付き BEMS)			
空調(個別)	48%	10%	4.8%
照明	21%	10%	2.1%
コンセント	21%	15%	3.2%
給湯その他	10%	2%	0.2%
		Total	10.3%
中小ビル 10000m ² 未満(可視化のみの BEMS)			
建物全体			2%

¹⁰ <https://home.jeita.or.jp/greenit-pc/bems/pdf/bems2.pdf>

表 11 エネルギー管理による省エネ効果の試算方法

BEMS	ビルの規模	BEMS の機能	アンケート調査によって確認する内容の例示	運用による省エネ率の想定
無	10000m ² 以上	可視化に加え制御	運用状況に合わせて設備のチューニングをしていますか？(行っている程度：0%/30%/50%/70%/100%)	行っている程度×10%
	10000m ² 未満		運用状況に合わせて設備のチューニングをしていますか？(行っている程度：0%/30%/50%/70%/101%)	行っている程度×2%
有	10000m ² 以上		テナントとの協力体制はどの程度構築されていますか？(構築の程度：0%/30%/50%/70%/100%)	協力の程度×10%
	10000m ² 未満		テナントとの協力体制はどの程度構築されていますか？(構築の程度：0%/30%/50%/70%/101%)	協力の程度×10%
		可視化のみ		2%

表 10 によれば、事務所建物に BEMS を導入すると可視化のみの BEMS であっても、対策前のエネルギー消費を 2% 節約することができ、可視化に加え制御を行う BEMS を導入すれば、対策前のエネルギー消費をおよそ 10% 節約することができる。そこで、この状況を到達可能な「最大値」と見なし、東京都に現存する建物が最大値の何割ほどの省エネを達成しているかを、アンケート調査結果に基づいて推算できればよいであろう。表 11 にはその推算の方法と、推算に必要な情報を収集するためのアンケートの質問内容を例示した。

その他のビルの運用に関しては、ビルの運用時間、空室率が、エネルギー利用を効率化するための重要な変数となる。また最近では、ビルの自然エネルギーの利用も注目されている。太陽光による電力ばかりでなく、太陽熱、井戸水などの利用も普及し始めており、特に地方都市でそのような工夫のある事例が多いとのことであるので、アンケート調査を実施する際に、採用している自然エネルギー種類や、方法、年間の全エネルギー消費に占める割合等を調査できることが望ましい。

謝辞

本研究は、平成 27～30 年度科学研究費補助金(基盤研究(C))(15KT0121)、平成 28～30 年度科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究)(16K12663)、早稲田大学特定課題研究助成費(2017K-274)、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2-1707)の下で実施した。