

論 説

サステナブルコミュニティと建築産業

Sustainable Communities and Building Industries

伊香賀 俊 治*・村 上 周 三*

Toshiharu IKAGA and Shuzo MURAKAMI

1. はじめに

住宅および業務ビル用の資材製造・建設・改修・運用までのいわゆる建築関連のCO₂排出量は、我が国全体の3分の1を占めると推計される¹⁾。サステナブルなコミュニティを実現する上で、その主要な構成要素である建築のサステナビリティを高めることが不可欠といえる。

本論では、我が国の将来人口予測値、欧米水準並みまで増大するとした国民1人当たりの建築延床面積、建物の寿命実態などに基づき建築関連のCO₂排出量を2050年度まで予測し、京都議定書の温室効果ガス削減目標を達成し、サステナブルコミュニティに近づくための取り組むべき課題と建築産業の将来像を考察する。

2. 建築産業の未来像の推計方法

2.1 毎年の新築・改修工事床面積の推計方法

建築産業の未来を予測するために、将来推計人口データが出発点となる。このデータには、図1に示すように2010年度頃をピークに減少するとした厚生省の中位推計を引用した。建築物の総延床面積データには、総合化された公的統計データが存在しないことから、1995年度以前のデータについては、固定資産価格等の概要調書、公共施設状況調、日本エネルギー経済研究所データ等に基づいて推計した。また、将来予測値については、2010年度頃に欧州水準（フランス、イギリス、ドイツの住宅面積は37～38m²/人）に安定化するとした図2のように仮定した。ちなみに1995年度の国民1人あたりの住宅床面積は33m²/人であり、25年前の2倍に増え、もはや、うさぎ小屋と揶揄される時代は終わった。

1995年度以前の毎年度の建築用途別・構造別新築床面積を建設省建築着工統計の工事着工予定面積、工事実施率、平均工期に基づいて竣工ベースで推計した。また、将来予

測値については毎年度の竣工建築物が図3に示す残存率曲線²⁾に従って減少するとして、図1と図2を乗じて得た毎年度の建築総延床面積を満足するために新たに建設しなければならない面積として、竣工ベースで推計した。

改修工事面積については、建物竣工後20年周期で何らかの改修工事が行われるものとして、対象となる建物全部

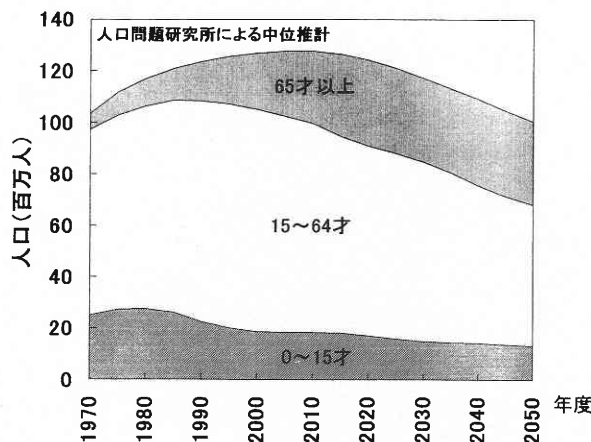


図1 将来推計人口（厚生省中位推計）

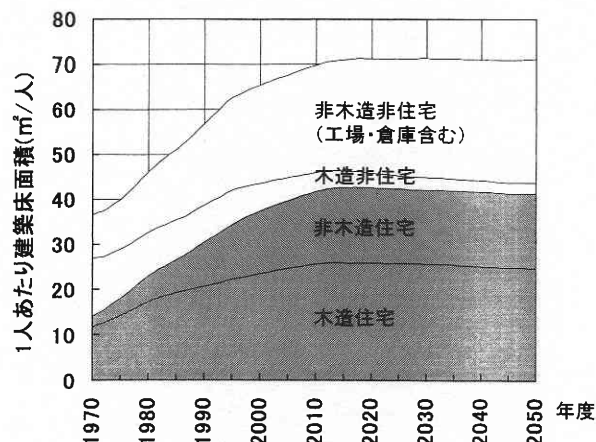


図2 国民1人あたりの建築延床面積

*東京大学生産技術研究所 第5部

分の床面積を推計した。

2.2 CO₂原単位の設定

2.2.1 新築工事及び改修工事のCO₂原単位

建築資材の製造から流通、工事に伴って国内の全産業に波及して排出されるCO₂までを含む新築工事のCO₂原単位を、1990年産業連関表を利用して算出し、表1に示すように設定した。なお、この原単位は、海外への波及効果を含まず、固定資本形成成分を含むものである。また、電力のCO₂原単位の経年変化に伴う新築工事のCO₂原単位の変化を推計結果に反映させるため、産業連関表を用いて、究極的な電力産業への波及分のCO₂原単位を算出した。その値を表1の()内に内数で示す。

改修工事のCO₂原単位については、新築工事のCO₂原単位全体に占める仕上工事と設備工事の割合を、産業連関表を利用して算出した。

2.2.2 住宅および非住宅の運用に伴うCO₂原単位

1994年度以前の住宅および非住宅の運用に伴うCO₂排出総量は、他のCO₂排出量推計との整合性を考慮し、環境庁が推計した民生部門の値を引用した。これは民生部門の燃料消費に伴う直接CO₂排出量と電力使用に伴うエネルギー転換部門でのCO₂排出量の合計値である。将来推計値については、1994年度時点のCO₂排出量をその時点の住宅及び非住宅の床面積で除して、表1の右端に示す床面積あたりのCO₂原単位とした。住宅および非住宅の床面積あたりエネルギー消費原単位の経年変化は少ないことから、この原単位を各年度の住宅及び非住宅床面積を乗じて、1995年度以降のCO₂排出量を推計することとした。また、電力のCO₂原単位の経年変化による住宅および非住宅の運用エネルギー消費に伴うCO₂原単位の変化を推計結果に反映させるため、電力起源の割合を1994年度の総合エネルギー統計データを用いて分析して求めた電力起

源のCO₂排出原単位を()内に内数で示す。

2.2.3 建築界の対策シナリオ

建築界の対策シナリオとして、表2に示すように、シナリオ1(無対策)から徹底的な対策シナリオ5までの5段階を設定した。

シナリオ5とは、1998年度以降、建物運用に伴う床面積あたりのエネルギー消費量を、全ての新築工事で30%削減し、全ての改修工事で15%削減し、新築建物では耐用年数を現状の3倍(約100年)に伸ばし、資材製造時のCO₂排出量が少ないエコマテリアルを徹底的に採用すると想定したものである。これは、日本の経済力が残っている今のうちに、未来世代に受け継ぐに相応しい安全で安心できる良好な社会資産を築いてゆこうというシナリオであり、1997年12月の日本建築学会声明(今後の新築建築物ではLCCO₂の30%削減、耐用年数3倍延伸を目指すべき)⁵⁾に対応するものである。この対策は既報¹⁾に示した通り、現状の汎用技術で経済的にも十分に達成可能な対策であり、筆者が設計を担当したいくつかの建築物の運用実績で検証している^{1),8)}。

このような徹底的なシナリオのほかに、シナリオ2からシナリオ4までの緩やかな対策を想定した。

省エネルギー化を図るためには、建設地の気候・風土に適した建築デザイン、外壁・窓の断熱性能の向上、庇などによる日射遮蔽性能の向上、エネルギー高効率利用・自然エネルギー利用を図る設備システムの採用が必要となり、一般的に新築工事、改修工事のCO₂原単位が増大する。また、数十年の間に遭遇するであろう震災で主要構造体に甚大な被害を受けない構造強度を確保すること、階高、床の積載荷重、設備スペースなどにゆとりをもたせて建築物

表1 新築工事・改修工事・建物運用のCO₂原単位

構造・用途	新築工事 (kg-CO ₂ /m ²)	改修工事 (kg-CO ₂ /m ²)	建物運用 (kg-CO ₂ /年m ²)
木造住宅	300 (78)	60 (16)	37.2 (22.3)
非木造住宅	599 (144)	120 (29)	
木造非住宅	237 (62)	41 (12)	40.6 (23.5)
非木造非住宅	540 (135)	108 (27)	

注1: 資本形成成分を含む国内排出分のCO₂原単位

注2: () 内の数値は電力起源のCO₂原単位の内訳

表2 新築工事・改修工事・建物運用のCO₂原単位の調整係数

建築界の対策シナリオ	新築 工事	改修 工事	建物運用	
			新築	改修
1. 無対策	1.00	1.00	1.00	1.00
2. 新築20%・改修10%省エネ	1.05	1.10	0.80	0.90
3. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用	0.95	0.90		
4. 新築30%・改修15%省エネ	1.10	1.20	0.70	0.85
5. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用	1.00	0.95		

注1: 表1で設定したCO₂原単位に乗ずる調整係数(-)

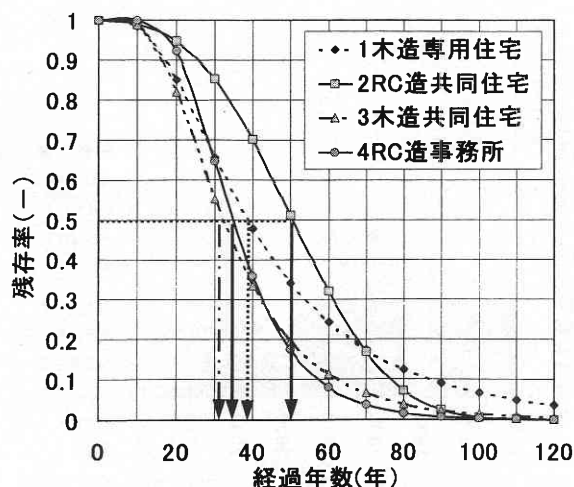


図3 建築物の寿命実態(野城ほか)²⁾

の機能変化に合わせた改修工事を容易化すること、また、都市景観の一部を形成し、次世代に残したいと皆から思われるような建築物であること、などによって、建築物が短寿命で取り壊される可能性を少なくできると考えられる。そのためには一般的に建築資材量が増え、新築工事、改修工事のCO₂原単位が増大する。一方、製造・流通時のCO₂排出量が少ないエコマテリアルを採用することによって、新築工事、改修工事のCO₂原単位を減らすことができる。

以上のような想定に基づき、対策シナリオに応じて、表1に示す新築工事、改修工事のCO₂原単位に乗ずる調整係数を表4に示すように設定した。

また、対策開始年度を1997年に開催された京都会議の翌年度からとするシナリオのほかに、2001年度、2006年度からとするシナリオについても推計した。

2.2.4 電力のCO₂原単位削減シナリオ

電力のCO₂原単位(kg-CO₂/kWh)の削減など、電力産業およびその他の産業におけるCO₂削減努力は、新築工事、改修工事、建物運用のCO₂原単位に影響する。本論では、全産業への波及効果の大きい電力のCO₂原単位の削減対策のみを扱うこととし、表3に示す3種類のシナリオを設定した。電力のCO₂原単位が2010年度時点で1990年度の20%削減となるシナリオは、電気事業連合会の目標数値⁶⁾を引用したものである。また、目標達成率が半分、すなわち10%削減のシナリオも設定した。なお、2010年度以降の数値は、著者が仮定したものである。

3. 毎年度の新築・改修工事面積の推計結果

3.1 建築物の耐用年数が現状と変わらない場合

今後新築される建築物も現状と同様に、図3に示す残存率曲線に従って取り壊されると仮定した場合における毎年度の新築工事床面積を図4に示す。1990年度に全国で2.7

億m²/年あった新築工事が、2020年度以降は1.3億m²/年程度に半減する結果となった。これは我が国の人口が、図1に示すように2010年頃をピークに減少に向かい、さらに国民1人あたりの建築床面積も図2に示すように2010年頃には欧州水準に追いついた後、横這いになると仮定しているため、新築すべき建築物が減るためである。

一方、外装、内装、設備の改修工事が行われる建築物の床面積は1990年度が2.5億m²/年であるのに対し、その後、過去の新築工事床面積の変動を反映して山谷があるものの増大し、2050年度には3.5億m²/年となっている。

3.2 建築物の耐用年数が3倍に延びた場合

1998年度以降に新築される全ての建築物の耐用年数が現状の3倍に延びる(図3の残存率曲線を年数方向に3倍に拡大)対策が講じられた場合における毎年度の新築工事床面積の推計結果を図5に示す。毎年度の新築床面積は着実に減少し、2050年度頃には微量で、改修工事ばかりになるものと予測される。耐用年数3倍延伸対策は、産業廃

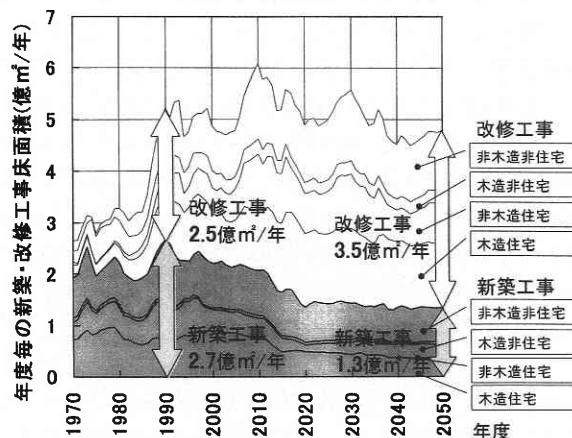


図4 毎年度の新築・改修工事床面積(耐用年数が現状と同じ場合)

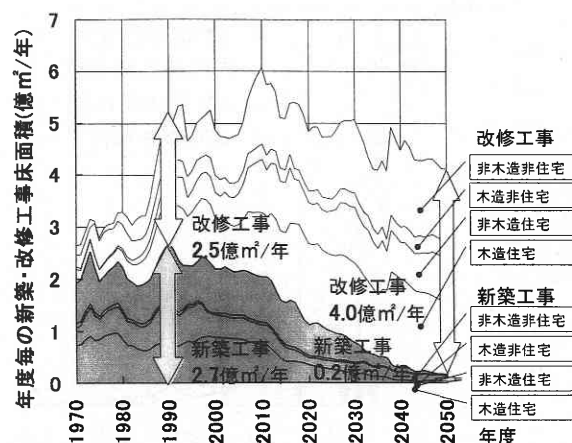


図5 毎年度の新築及び改修工事床面積(耐用年数3倍延伸の場合)

表3 電力のCO₂原単位削減シナリオ

電力のCO ₂ 原単位削減シナリオ	1990年度	2000年度	2010年度	2030年度	2050年度
a. 90年比0%削減	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b. 90年比10%削減	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7
c. 90年比20%削減	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4

注1: 1990年度の電力CO₂原単位を1.0とする相対値(-)

表4 我が国の温室効果ガス削減目標の内訳(政府発表)

1. エネルギー起源のCO ₂	-0.0%
2. CH ₄ 、N ₂ O	-0.5%
3. 革新的技術開発・国民各層のさらなる努力	-2.0%
4. HFC、PFC、SF ₆	+2.0%
5. 森林のCO ₂ 吸収分	-3.7%
6. 共同実施・クリーン開発メカニズム・排出権取引	-1.8%
合計	-6.0%

棄物処分場の逼迫と建設廃棄物の不法投棄問題からも要請される対策といえる。

これまで新築工事を主眼としてきた実務側も、人材を供給する教育・研究側もこの現実を認識し、速やかに自らの組織を見直す必要があろう。欧米並みの豊かな建築資産を形成するために、設計者・施工者を大量に必要とした時代は終わろうとしている。建築産業は今後、新築工事を中心としたものづくり産業から既存建築資産のマネジメントを中心としたソフト型産業へと移行せざるを得ないことが容易に想像できる。改修工事の設計演習、建築資産マネジメント、環境マネジメント教育の充実など、建築学科のカリキュラムの大改革も必要になろう。

この結果は当然、建築産業に資材、機器を供給する他の産業界にも波及する。これまで右肩上がり成長を続けてきた日本社会がサステナブルコミュニティに移行する際に、避けて通れない状況といえる。

4. 建築関連 CO₂ 排出量の推計結果

4.1 現状のまま何も対策が実施されない場合

建築界で何も対策が実施されず（シナリオ 1）、電力の CO₂ 原単位も 1990 年レベルのまま（シナリオ a）の場合における建築関連 CO₂ 排出量を図 6 に示す。2008～2012 年度の 5 年間平均値は 4.7 億 t-CO₂/年であり、1990 年度の 4.1 億 t-CO₂/年よりも 6 千万 t-CO₂/年増大、比率にして 15% 増大する結果となった。現状のままでは、京都会議の温室効果ガス削減目標を到底達成できないことを示している。

また、我が国の人口が 2010 年をピークに減少に転じ、国民 1 人あたりの建築床面積も欧州水準に追いついて、建築物の総延べ床面積も徐々に減少するため、2050 年度の建築関連 CO₂ 排出量は、1990 年度に比べて 10% 削減される。これでは、全世界の CO₂ 排出量を 2100 年までに 1990 年に比べて 33%（3分の 1）にすべきとする気候変動に関

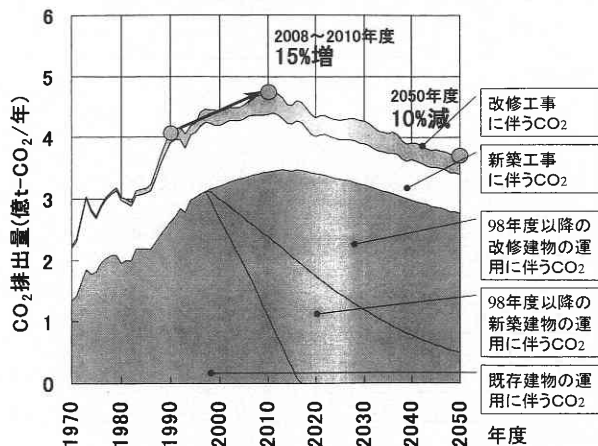


図6 建築関連 CO₂ 排出量の将来推計（シナリオ 1-a の場合）

する政府間パネル（IPCC）の長期目標も達成不可能な事態となる。

4.2 建築界と電力産業で徹底的な対策が実施された場合

建築界で徹底的な対策（シナリオ 5）が実施され、かつ、電力の CO₂ 原単位も目標通り削減された場合（シナリオ c）における建築関連 CO₂ 排出量の推計結果を図 7 に示す。建築関連 CO₂ 排出量は、2008 から 2012 年度の 5 年間平均値は 3.9 億 t-CO₂/年であり、1990 年度よりも 2 千万 t-CO₂/年削減、比率にして 6% 削減される結果となった。

京都会議で合意した我が国の温室効果ガス全体の削減目標は、2008～2012 年の期間で、1990 年に比べて 6% 削減であるが、政府が示したその内訳は、表 4 に示すようなものであり、CO₂ の削減率としては ±0% となっている。しかし、革新的技術開発と国民各層のさらなる努力分の -2% だけでなく、森林の CO₂ 吸収分の -3.7% も不透明な部分が多い。図 7 の結果は、仮にこれらの合計 -5.7% もエネルギー起源の CO₂ 排出削減分として期待しなければならなかったとしても、京都会議の目標を達成し得るシナリオになっている。

また、2050 年度の建築関連 CO₂ 排出量は、1990 年度の 40% レベルにまで削減されている。現状の日本人 1 人あたりの CO₂ 排出量は世界平均の 2 倍であり、より一層の削減努力が求められることを勧告しても、全世界の CO₂ 排出量を 2100 年までに 1990 年に比べて 33%（3分の 1）にすべきとする気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の目標を達成できるシナリオが描き得る。

4.3 建築界の対策実施が遅れた場合

建築界の対策実施が遅れた場合における建築関連 CO₂ 排出量の 1990 年度に対する相対値を表 5 に示す。表 5 は、電力の CO₂ 原単位削減シナリオ c（2010 年時点で 90 年比 20% 削減）の場合についての推計結果を示したものである。建築界で徹底的な対策（シナリオ 5-a）を京都会議直後の 1998 年度から実施した場合（表 5 の最下欄左側）に

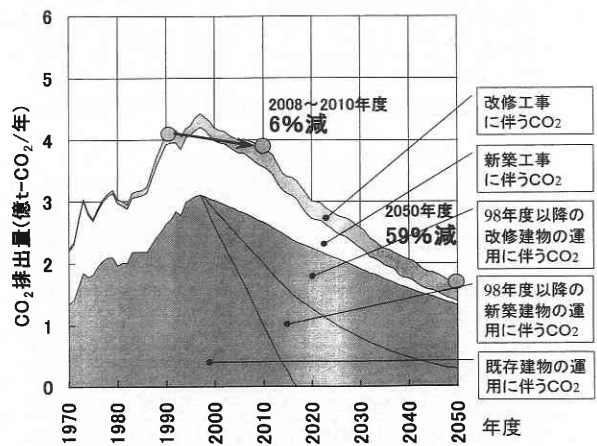


図7 建築関連 CO₂ 排出量の将来推計（シナリオ 5-c の場合）

は、2010年度の建築関連CO₂排出量が1990年度の0.94(6%削減)であるのに対し、2001年度から実施した場合には0.97(3%削減)、2006年度から実施した場合には1.01(1%増大)となる。当然のことながら対策の開始が遅れるほど京都会議の目標達成が困難になる。

4.4 電力のCO₂原単位の削減目標が達成できなかった場合

電力のCO₂原単位の削減目標が達成できなかった場合における建築関連のCO₂排出量の1990年度に対する相対値を表5～7に示す。建築界で徹底的な対策を1998年度から講じた場合に注目すると、2010年度の建築関連CO₂排出量の相対値は、電力のCO₂原単位が20%削減される場合(表5の最下欄左側)には、0.94(6%削減)であるのに対し、電力のCO₂原単位が10%削減に留まった場合(表6の左下欄)には、0.99(1%削減)に目減りする。さらに、電力のCO₂原単位が1990年と同レベルであった場合(表7の左下欄)には、1.02(2%増大)という結果と

なる。このように、京都会議で削減目標を達成するためには、建築界だけでなく、電力産業の努力が不可欠であることを示している。

6. お わ り に

人口推計、欧州水準並みまで増大するとした国民1人当たりの建築延床面積、建物の寿命実態、毎年度の着工床面積、改修工事周期、建物運用時CO₂原単位、産業連関分析に基づく建設時CO₂原単位等により、建築関連CO₂排出量を2050年度まで予測した。現状のままでは2008～2012年度のCO₂排出量は1990年度に比べて15%増大するとの推計結果を得、京都議定書の温室効果ガス削減目標、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が提唱するCO₂長期削減目標を達成するための各種の対策シナリオを示し、サステナブルコミュニティに近づくために建築産業が取り組むべき課題を考察した。

表5 2010年度・2050年度における建築関連CO₂排出量の1990年度比(電力のCO₂原単位削減シナリオcの場合)

建築界の対策シナリオ	1998年度対策開始		2001年度対策開始		2006年度対策開始	
	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度
1-c. 無対策	1.06	0.64	1.06	0.64	1.06	0.64
2-c. 新築20%+改修10%省エネルギー対策	1.01	0.57	1.02	0.57	1.05	0.58
3-c. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	0.97	0.45	0.99	0.46	1.01	0.48
4-c. 新築30%+改修15%省エネルギー対策	0.99	0.54	1.01	0.55	1.05	0.55
5-c. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	0.94	0.41	0.97	0.42	1.01	0.45

注1: 1990年度の建築関連CO₂排出量(4.1億t・CO₂/年)を1.0とする相対値(-)

注2: 2010年度の値は、2008～2012年度の5年間平均値

表6 2010年度・2050年度における建築関連CO₂排出量の1990年度比(電力のCO₂原単位削減シナリオbの場合)

建築界の対策シナリオ	1998年度対策開始		2001年度対策開始		2006年度対策開始	
	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度
1-b. 無対策	1.12	0.78	1.12	0.78	1.12	0.78
2-b. 新築20%+改修10%省エネルギー対策	1.06	0.69	1.08	0.70	1.11	0.70
3-b. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	1.02	0.56	1.04	0.57	1.07	0.59
4-b. 新築30%+改修15%省エネルギー対策	1.04	0.66	1.07	0.66	1.11	0.66
5-b. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	0.99	0.51	1.02	0.52	1.07	0.55

注1: 1990年度の建築関連CO₂排出量(4.1億t・CO₂/年)を1.0とする相対値(-)

注2: 2010年度の値は、2008～2012年度の5年間平均値

表7 2010年度・2050年度における建築関連CO₂排出量の1990年度比(電力のCO₂原単位削減シナリオaの場合)

建築界の対策シナリオ	1998年度対策開始		2001年度対策開始		2006年度対策開始	
	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度	2010年度	2050年度
1-a. 無対策	1.15	0.90	1.15	0.90	1.15	0.90
2-a. 新築20%+改修10%省エネルギー対策	1.09	0.80	1.11	0.80	1.14	0.80
3-a. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	1.05	0.65	1.07	0.66	1.10	0.69
4-a. 新築30%+改修15%省エネルギー対策	1.07	0.75	1.10	0.75	1.14	0.76
5-a. 同上+寿命3倍+エコマテリアル採用対策	1.02	0.59	1.05	0.61	1.10	0.64

注1: 1990年度の建築関連CO₂排出量(4.1億t・CO₂/年)を1.0とする相対値(-)

注2: 2010年度の値は、2008～2012年度の5年間平均値

謝 辞

本研究は、日本学術振興会の未来開拓学術研究推進事業「環境負荷の影響評価と軽減」研究推進委員会（鈴木基之委員長）傘下の研究プロジェクト「高温多湿気候に適應する環境負荷低減型高密度居住区モデルの開発」(研究代表者：村上周三)の一環として行ったものである。本研究を遂行するにあたり、同プロジェクト中心に多くの先生方に甚大な御協力と御助言を頂いた。記して謝意を表する。

(2000年3月2日受理)

参 考 文 献

- 1) 伊香賀俊治：建築物のライフサイクルとサステイナブルデザイン, 生産研究第50巻第12号, pp. 27-32, 東京大学生産技術研究所所報, 1998年12月.
- 2) 野城智也, 加藤裕久, 吉田倬郎, 小松幸夫：東京都中央区における事務所建築の寿命実態, 日本建築学会計画系論文報告集第413号, 1990年7月.
- 3) 伊香賀俊治, 村上周三, 加藤信介, 白石靖幸：建築・都市の環境負荷評価に関する研究 我が国の建築関連 CO₂ の2050年までの予測, 日本建築学会大会学術講演論文集, pp.995-996, 1999年9月.
- 4) 日本建築学会：建物の LCA 指針 (案) CD-ROM 付, 日本建築学会, 1999年11月.
- 5) 秋山 宏・伊香賀俊治・木俣信行：地球環境問題への建築学会の取り組みと展望, 建築雑誌 Vol. 114, No. 1445, 日本建築学会, 1999年10月.
- 6) 電気事業連合会：電気事業における環境行動計画, 1999年9月.
- 7) 住宅経済データ集, 建設省住宅局住宅政策課監修, 住宅産業新聞社発行, 1999年10月.
- 8) 伊香賀俊治：環境に配慮した学校施設の計画手法, 建築設備士第32巻・第3号, 建築設備技術者協会, 2000年3月.