大阪市立大学大学院　都市系専攻
修士論文梗概集　2004年３月

都市更新に伴う二酸化炭素排出量と都市計画としての応答に関する研究
―大阪市を事例として―

環境都市計画分野　　石井 伸幸

１　論文の概要

1997年に採択された「京都議定書」において、わが国は2008～2012年の５年間の温室効果ガス排出量を1990年に比べて６％削減することを約束したが、2001年時点では逆に5.2％増加している。温室効果ガスの中で最も影響度の高い二酸化炭素(CO_2)に着目すると、全排出量のうち建築関連で36％を占めており、建築界の対応が求められている。これに対し日本建築学会は学会声明を発表し、「建築物の生涯二酸化炭素排出量を30％削減し、耐用年数は３倍延伸(100年)を目指すべき」であると宣言した。これに呼応して伊香賀[1)]は、わが国の「建築関連CO_2」排出量を2050年まで推計(以下、Ｉ推計)し、2010年まで無対策であれば1990年比で15％増加、学会声明に即した建築活動が行われれば６％減少[注1)]すると見込んでいる。しかし、わが国の短命な建物寿命実態と照合すると、技術的には達成可能であっても社会的には達成困難な水準である。つまり、社会システムの構築まで含めた応答が求められる。

社会システムの一端である都市計画は、公害対策中心の時代に、土地利用規制により「住み分け」を実施するなど環境対策に大きく貢献してきた。新しい「地球温暖化問題」に対しても「Think Globaly, Act Localy」の理念に基づき「地域」として行動を起こすことが大切であり、この観点から都市計画としての応答を試みることには重要な意義がある。しかし、現状ではその応答策は明確にされておらず、都市計画としてのCO_2排出量コントロール手法の確立が必要である。

本研究では建築物のライフサイクルのうち建物運用段階を除いて、「新規建築時及び改修時における、従前建物解体工事及び建築工事に伴うCO_2排出量」を「都市更新[注2)]に伴うCO_2排出量（以下、都市更新CO_2）」と定義する。その上で、「都市更新のコントロールこそが都市計画として応答すべき課題である」と認識し、都市更新CO_2の推計方法、及びその推計値に基づく誘導のあり方等に関する都市計画としての応答フレームを提示することを目的とする。

この目的を達成するためには、将来に渡って都市更新CO_2を推計し、目標設定を行いながら都市更新をコントロールすることが重要なテーマとなる。本研究では、図1のフローに従って都市更新CO_2の将来推計を行う。

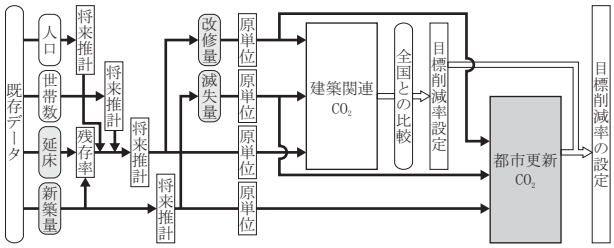

図１．都市更新 CO_2 算定のフローチャート

２　都市更新の動向と将来推計

本研究では大阪市を事例都市として都市更新CO_2の算定を行うが、その前段として建物床面積をベースに都市更新の動向の把握、及び将来推計を行う。

2.1　都市更新の動向と建物寿命実態の把握

建築物の総延床面積データには公的統計データが存在しないことから、固定資産概要調書・公共施設状況調に基づいて推計し、毎年度の用途別構造別新築床面積は大阪市統計書の建築物着工状況を用いた。

これらの数値を用いて建物の残存量を求めるが、様々な既往研究により建物寿命は図2①のような曲線で表されることが判明している。具体の推計式については、大阪市の事業効果検討[2)]に用いられている以下の推計式（式１、２）を採用した（図２②）。

【式１】　$S(t) = \exp(-A \times t^2)$　…図3①
（t:経過年、S(t):t年後の残存率、A:パラメータ）

【式２】　$E(0)=\sum_{i=0}^{t}\{N(i)\times S(i)\}+E(t)\times S(x)/S(x-t)$
（E(t):t年前の延床面積、E(0):最新年の延床面積、N(t):t年前の着工床面積、x:仮定建築年）

本研究においては1969年を最古、2001年を最新のデータとして用い、1969年時点のストックの仮定建築年をx=45として算定を行った。

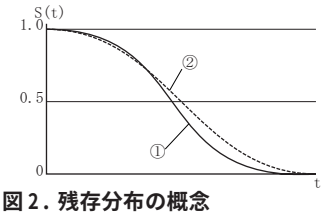

図２．残存分布の概念

表１．大阪市の建物平均寿命

構造・用途	平均寿命
木造住宅	44.9年
非木造住宅	31.6年
木造非住宅	30.7年
非木造非住宅	35.0年
総建築物	36.3年

2.2　大阪市における建物床面積の将来推計

建物床面積と人口・世帯数の関係を見ると、1世帯あたりの総延床面積が139㎡に、１人あたりの非住宅延床面積が30㎡にそれぞれ収束しつつあることがわかる（図3）。このことから、2025年までにこれらの値に安定化するものと仮定し、人口・世帯数の将来推計によ

り総延床面積、非住宅延床面積、及びそれらの差をとって住宅延床面積の将来推計を行った。

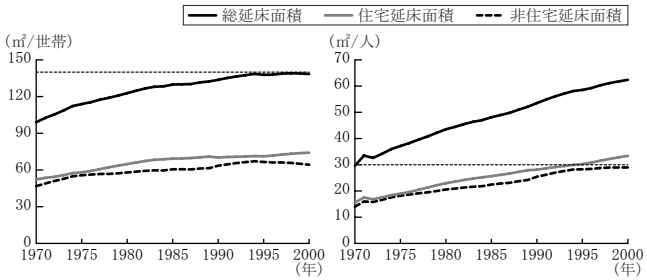

図3．大阪市の延床面積と(左)人口の関係、(右)世帯数の関係

①人口の将来推計

1995年、2000年の国勢調査を基礎データとした「小地域簡易人口推計システム」[3)]を用いて、大阪市の2050年までの人口の将来推計を行った。初年の合計特殊出生率は実績値(1.23)に設定し、最終年については、全国の人口中位推計[3)]との格差が2050年までに3分の2に縮まるものと仮定して、1.30に設定した。2003年までに関しては、実績値と比較して修正を行った。

②世帯数の将来推計

全国[3)]と大阪市の平均世帯人員数を比較すると、その格差は1970～1985年にかけて広がり、それ以降は5年間で約0.02ずつ縮小している。この傾向が今後も続き、大阪市の平均世帯人員数が増加傾向に転ずる2025年以降は安定化すると仮定して将来推計を行い、先に求めた将来推計人口を平均世帯人員数の将来推計値で除することにより、世帯数の将来推計を行った。

③建物床面積（延床、着工、滅失、改修）の将来推計

先の仮定により、人口・世帯数の将来推計から建物延床面積の将来推計を行った。ただし、この時点では用途別延床面積の将来推計のみであるため、新規着工建物の着工床面積及び着工床面積の木造率の将来推計により、構造別・用途別延床面積の推計を行う。

2001年度までの各年度における着工床面積が、2.1で求めた残存率に従って一律に減少していくものと仮定し、将来の各年の延床面積とそれまでに着工された建物の残存床面積の差をとって、着工床面積の将来推計を行った。また、2001年までの用途別着工床面積の木造率を求め、これらの相乗平均（住宅：0.1301、非住宅：0.0076)を将来の着工床面積における木造率として設定した（図4、図5)。

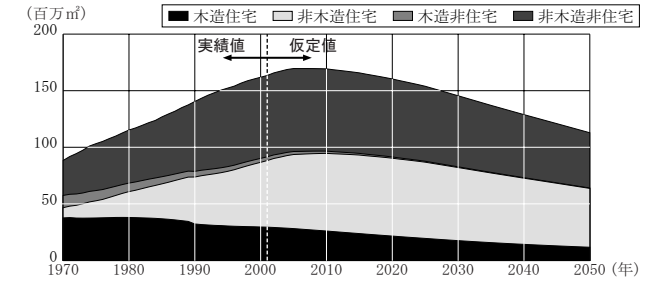

図4．大阪市における延床面積の将来推計

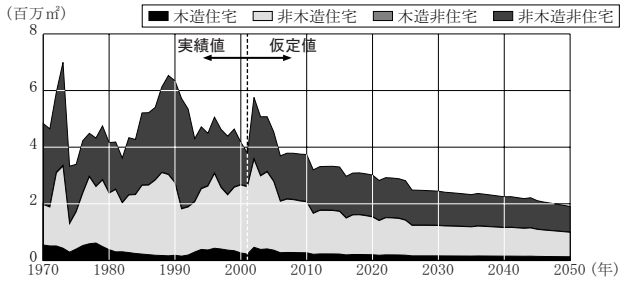

図5．大阪市における着工床面積の将来推計

これらのデータをもとに毎年度の滅失床面積及び改修床面積を求める。ある年度における滅失床面積は、前年の延床面積に当該年度の着工床面積を加えたものから、当該年度の延床面積を差引くことで求めた。改修面積についてはⅠ推計と同じく、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分の推計を行った。

3　都市更新CO2の将来推計

求めた建物床面積にⅠ推計で用いたCO_2原単位を乗ずることで都市更新CO_2を求めるが、建物の解体廃棄に伴うCO_2原単位は示されていないため、以下の3.1で設定したうえで、都市更新CO_2の計算を行う。

3.1　解体廃棄に伴うCO_2原単位の設定

建築物の解体廃棄時のCO_2排出量予測については研究があまり進んでおらず、原単位が確立されていない。建設副産物の最終処分・再資源化等に関しては、今後リサイクル等の進展度の仮定によって原単位が大きく変動する可能性があるため本研究の対象には含めず、建設廃材の運搬までを計上した。

まず、推計延床面積を固定資産概要調書記載の棟数で除して1棟あたりの平均延床面積（1970～2001年までの値の相乗平均）を求め、これに橋本[4)]の廃棄物発生量原単位を乗ずることで発生廃棄物量を求めた。廃棄物の内訳は平成13年度版大阪府産業廃棄物処理実態調査報告書の記載に準ずるものとし、廃棄物重量を容積に変換[5)]して必要トラック台数を求めた。往復距離は20kmと仮定し、使用するトラックは4tダンプ（積載要領6m³）として、1台あたりのCO_2原単位0.472kg-CO_2/km[6)]を乗ずることで解体廃棄時の原単位を得た。本研究で用いる原単位を表2に示す。

表2．各段階におけるCO_2排出量原単位

(kg-CO_2/㎡)

	新築工事	改修工事	運用	解体廃棄
木造住宅	300	60	37.2	1.957
非木造住宅	599	120		2.598
木造非住宅	237	41	40.6	1.966
非木造非住宅	540	108		2.547

3.2　建築関連CO_2の将来推計と目標削減率の設定

Ⅰ推計に倣って大阪市における建築関連CO_2（新築、運用、改修）を算出した（図6)。1990年に建設のピークがあったことなどから、今後無対策のままでも3.5

％減少する。しかし、I推計によるとわが国全体では15％増加するため、これを6％減少させるためには、大阪市では21％削減する必要がある（図7）。

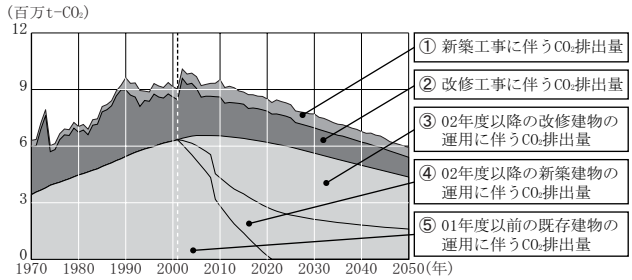

図6．大阪市における建築関連 CO_2 の将来推計

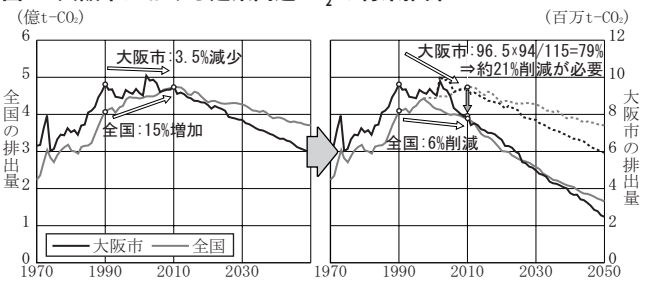

図7．大阪市における建築関連 CO_2 の目標削減率の設定

3.3　都市更新CO_2の将来推計と目標削減率の設定

都市更新CO_2は建築関連CO_2の一部(図 7①、②)であり、建築関連CO_2を21％削減するためには都市更新CO_2は46％の削減を引き受ける必要がある（図8）。なお、解体廃棄の原単位（表2）は十分小さいため、目標削減率の設定の際には無視した。

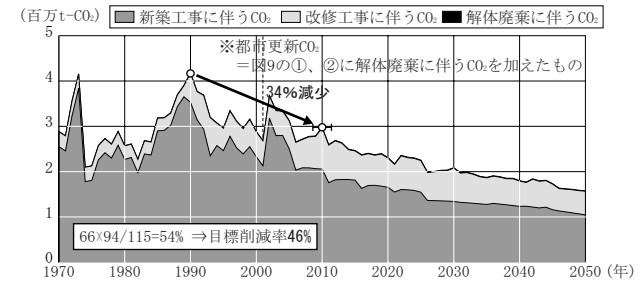

図8．大阪市における都市更新 CO_2 の将来推計

4　CO2排出量削減シミュレーション

都市更新CO2の削減手法には、長寿命化、建物構造・用途の変更、リサイクル率の向上等、様々な方法が考えられる。しかし、著しい長寿命化を一気に推し進める等、特定の手法に依存することは現実的に難しいことから、個別の方法を組み合わせてコントロールすることが現実的である。そこで、本研究では大阪の地域特性として、高い割合を示す木造住宅に着目して以下のようなシミュレーションを行った。

4.1　寿命延伸による都市更新CO_2削減効果

2002年度以降の全建築物の平均寿命を延伸させ、その削減効果を検証した。平均寿命を一律に45年に設定することで目標削減率に達することがわかる（図9）。これは現在の大阪市内の木造住宅と同じ寿命水準（表1参照）であり、達成可能な水準である。

4.2　木造建物増加による都市更新CO_2削減効果

建設資材としての木材は、製造時のCO_2排出量が小さいことから、2002年度以降の着工建築物の木造率を増加（住宅のみ）させ、その削減効果を検証した。木造率を100％にしてやっと目標削減率に達するため、これのみで達成させることは現実的ではないが、ある程度の削減効果が期待できることがわかる（図10）。

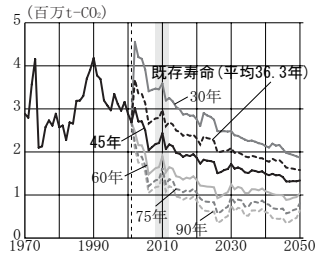

図9．寿命延伸による効果

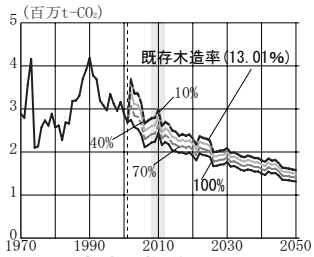

図10．木造建物増加による効果

5　地球温暖化に対する都市計画としての応答

都市更新CO_2の目標削減率を達成させるためには、建築物の長寿命化を図ることが効果的であるとわかったが、多くの建物が機能的・社会的寿命により滅失していることから、築45年に満たない建物を解体せずに使い続ける社会システムの構築が必要となる。

5.1　環境政策としての対応

2002年施行の「建設リサイクル法」は、解体廃棄物の最終処分に係るCO_2排出量の削減への貢献を求めている。法に基づく基本方針はリサイクルに先立って「リデュース」、「リユース」を行うべきとしている。しかし、現状ではこれらを義務付けた法律は存在しない。また、名古屋市や東京都は「建築物環境配慮指針」を策定しているが、アセスメントの実施義務は大規模建築の着工時に限定されているなど十分ではない。建築物を改修等により「使い続ける」ことは本来一番の「リデュース」であり、また「リユース」でもあるため、環境政策としては、規模によらず全建築物に対してこれらの義務付けを求める施策展開を図るべきである。

5.2　大阪市における都市づくり政策としての応答

現在、大阪市は住宅政策の立場から「老朽住宅」の定義を木造等は20年、RC造等は35年とし、補助制度を設けて短命での建替えを誘導している。しかし都市づくりにおいては、環境政策の要求を受け、都市基本計画の中に建物の長寿命化を図ることを位置付けるなどして応答すべきである。現に、国土交通省は「長寿命木造住宅整備指針」を策定して応答(注3)を求めている。大阪市としては木造に限定しない「長寿命住宅推進計画」等を策定することで、住まい手への啓発・補助、中古住宅の流通促進等に努めることが求められる。

5.3　地区レベルでの応答（事例：阪南町周辺地区）

都市づくりは一般に最終的には地区レベルで締めくくられるべきであり、本研究テーマにおいてもこれを

受けて、特定の地区レベルでの事例研究を行った。メッシュデータにより今後木造住宅の激減が見込まれる区域を選定し、その中から阿倍野区「阪南町周辺地区」を事例に挙げた（図11）。

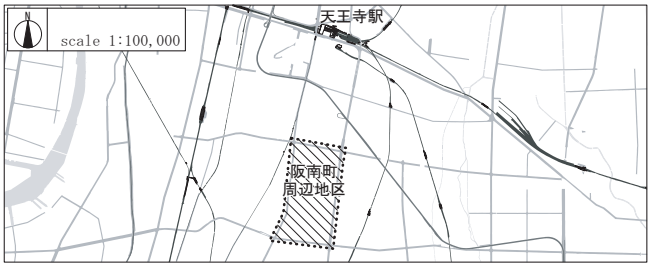

図11．阪南町周辺地区位置図

当地区の更新動向（1991～2003年）を把握するため、現地調査と空中写真比較(1991年、1999年)により新築建物を特定し、建物構造、用途、階数を目視により把握した（表3）。また、GISでの図上計測によりこれらの延床面積（＝投影面積×階数）を概算した。

表3．阪南町周辺地区の更新動向

（単位：㎡）

	新築床面積	滅失床面積	改修床面積
木造住宅	72,372	81,727	27,449
非木造住宅	150,144	30,221	5,143
木造非住宅	3,874	19,850	1,704
非木造非住宅	31,367	31,329	3,464
合計	257,757	163,126	37,760

注）改修床面積は市での推計と同様、20年周期で発生すると仮定した。

これらにCO_2原単位を乗ずることで1991年以降の都市更新CO_2を求めた。ただし、改修工事については仮定値であり場所が特定できないため、図12に示す分布図は改修工事に伴う排出量を除いたものである。

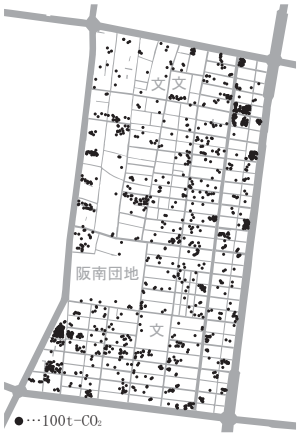

図12．CO2排出量分布図

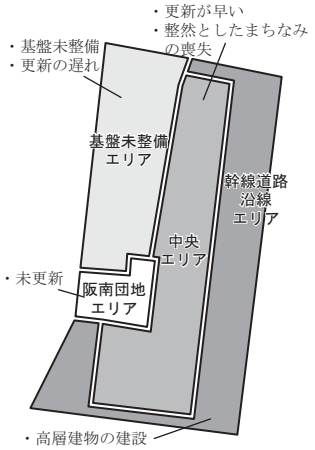

図13．エリア区分図

更新動向の特徴からエリア分けを行った（図13）。当地区は大阪市の「防災性向上重点地区」に指定されており建替え促進が図られているが、地区の大半で区画整理が完了しており、比較的建替えが起こりやすい。特に幹線道路沿線エリアでは建物の高層化が進み、また2003年の建蔽率緩和により、一層建替えが進行すると考えられる。中央エリアでは個別建替えが多く、3階建て住宅が乱立し、昭和前期に作られた2階建ての整然とした町並みは崩れつつある。一方で、最も防災上危険性のある基盤未整備エリアではミニ開発等により局部的に更新が見られるが全体的には進んでおらず、地区内でも都市更新CO_2の偏りが大きいことがわかった。

当地区で都市更新CO_2のコントロールを行う際には、地区全域に「建替え制限」を行う必要があるが、これだけでは防災性向上の観点から矛盾が生じる。「人命優先」の考えのもと、基盤未整備エリアについてはより一層建替え・不燃化を促進させ、他のエリアで基盤未整備エリアでの排出量増加分を補う必要がある。このように、地区内での、あるいは地区外とのいわゆる「排出権取引」の考え方の導入によって初めて、地球温暖化問題以外の諸問題への対応も可能となるのである。

6　結論　―都市計画としての応答フレーム―

本研究では環境政策の目標である「6％削減」を、都市更新CO_2の将来推計を行うことにより、都市づくりに反映できる基本的具体目標「建物平均寿命45年」に変換した。これに対する都市計画としての応答フレームを提示すると、まず全建築物に対する「建替え制限」が必要であり、その施策を都市計画区域や市町村ごとのマスタープランに組み込み、更に「長寿命住宅推進計画」を立てて中古住宅の流通促進等を図る。しかし、最終的には地区レベルで応答する必要があり、事例で見られたように、地球温暖化問題以外にも多く存在する地区固有の問題に対して相互調整を行い、両立しなければならない。そのため、全市一律的な制限だけでは地区の将来像を描けないことから、国レベルあるいは都市レベルで「建替え規制」を行う際には、地区の実情に合わせて柔軟に施策が図られなければならない。

本研究では都市計画の応答として一端は示せたが、今回取り扱っていない側面も多く、更なる深度化を目指さなくてはならない。今後の課題の一例として、地区の実情により目標寿命の達成の容易さに格差があることから、地区レベルだけでなく都市計画においても、あらかじめ大きな区域区分を行い、区分したエリアごとで目標寿命に差を設けておく必要がある。

［補注］

（注1）電力のCO2原単位が20％削減されるものと期待して得られた数値である。（注2）用途変更等の機能的更新は含まず、建替え等の物理的更新に限定する。（注3）三重県ではこれに応答し、「三重県長寿命木造住宅推進計画」を策定している。

［参考・引用文献］

1）伊香賀俊治／他(2000)、「我が国の建築関連CO2排出量の2050年までの予測―建築・都市の環境負荷評価に関する研究―」、日本建築学会計画系論文集第535号、pp.53-58
2）大阪市(2000)、「土地区画整理事業の事業効果調査」
3）国立社会保障・人口問題研究所ホームページより
4）橋本征二／他（2000）、「建築物解体廃棄物の発生予測」、廃棄物学会論文誌vol.11、No.5、pp.271-279
5）社団法人建築業協会（2002）、「建築系解体廃棄物の組成及び原単位調査報告書」
6）社団法人プラスチック処理促進協会（1993）、「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書」