

GISを利用した都市内エネルギー消費量及びマテリアルストックの推計

ESTIMATION OF ENERGY CONSUMPTION AND MATERIAL STOCKS IN BUILDINGS IN THE CITY BY USING GIS

白濱康弘*

谷川寛樹*

松本亨*

井村秀文*

Yasuhiko SHIRAHAMA* Hiroki TANIKAWA* Toru MATSUMOTO* Hidefumi IMURA*

ABSTRACT: In order to realize a zero emission society, it is necessary to have a quantitative estimate of the stock of material and energy in the city and the flows between its inside and outside. For this purpose, this paper presents a GIS-based method to analyze the energy consumption and material stock in the buildings of the city. Then this method is applied to Fukuoka City to analyze the relationship of the energy consumption and total material stocks with the land use data, such as land use, zone designation, and building size restriction.

KEYWORDS: environmental resource accounting, geographic information system (GIS), material flow and stock

1. はじめに

環境への負荷は、人間活動のために物質・エネルギーを利用する過程で発生する。環境への負荷を全く発生させない理想的なシステムとして提案されている概念がゼロ・エミッションであるが、それを実現するためには生産・消費・廃棄の各段階における技術、社会システムの大きな変革が必要である。都市は絶えず新陳代謝を繰り返している生物の体にたとえることが出来る。都市の建設、都市機能の維持・管理のためには絶えず大量の資材が投入され、その結果として大量の廃棄物が発生している。都市活動のゼロ・エミッション化を1つの理想的目標として、それを実現するための施策を考える上で、都市の内部に存在する物質・エネルギーのストックと、外部と内部との間の物質・エネルギーのフローを定量的に把握することがまず必要である。これは、ドイツのヴッパータール研究所が提案しているTMI (Total Material Input; 総物質投入) 及びTMC (Total Material Consumption; 総物質消費) の考え^{1), 2)}に共通するものである。ただし、ヴッパータール研究所等における具体的な研究の試みは現在のところ国レベルで、しかも物質に限られている。

ここで、上記のようなストックとフローの勘定体系が構築できれば、それは都市の環境資源勘定の構成要素としてのサテライト勘定³⁾として位置づけられるものになる。このような考えに基づき、著者らは、都市の物質・エネルギー収支勘定の定量化を試みてきたが、従前の分析手法は、対象とする都市全体を一まとめにした上での統計書等によるマクロ的分析であった。ここで、統計書等の経年データにはフロー量に関するものが多く、ストック量のデータは十分に整備されていないなど、マクロ的分析には限界がある。また、現実の都市では、地区によって土地利用形態が異なり、そこに存在する建築物や各種構造物の種類・形態・構造も異なる。したがって、現実の都市の物質・エネルギーのフローとストックを把握するには、都市内部の地区ごとの違いを考慮した積み上げ型の分析 (ボトムアップアプローチ) が必要である。すなわち、建築物や構造物の1つ1つの建設・維持のために消費される物質・エネルギーの量に関する情報を街区等のマイクロなレベルから積み上げて、ストックとフローの両面からその環境的意味を考えることが必

*九州大学工学部環境システム工学研究センター

*Institute of Environmental System, Faculty of Engineering, Kyusyu University

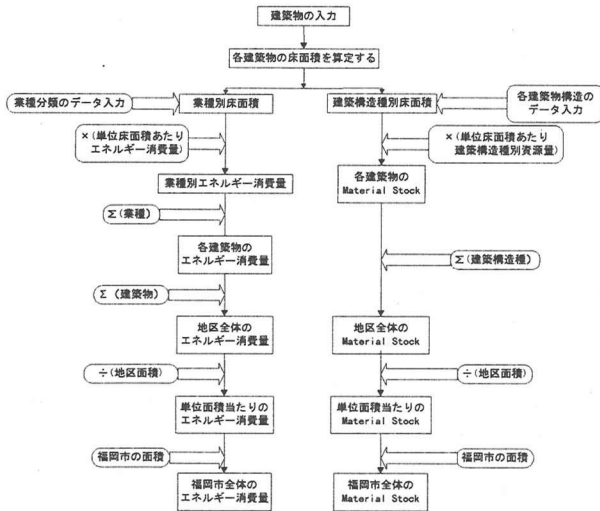


図1 解析の流れ



図2 地図入力地点(福岡市)

表1 容積率と用途地域による分類とサンプル地区番号の対応

サンプル地区番号	用途地域	容積率(%)	用途地域	容積率(%)	用途地域	容積率(%)
1	第一種住居地域	200	準工業地域	200	工業地域	200
	工業専用地域	200				
2	商業地域	400	商業地域	500	商業地域	600
	商業地域	700				
3	第一種中高層住居専用地域	150	第二種中高層住居専用地域	150	第一種住居地域	200
	第二種住居地域	200	商業地域	400		
4	第二種住居地域	300	商業地域	400		
5	第一種低層住居専用地域	80	第一種中高層住居専用地域	150	第一種住居地域	200
	第二種住居地域	200	近隣商業地域	200		
6	第一種住居地域	300	近隣商業地域	300		
7	第一種低層住居専用地域	60	第一種住居地域	200		
8	第一種住居地域	200	第二種住居地域	200	単住居地域	200
	準工業地域	200				
9	第一種中高層住居専用地域	100	第二種中高層住居専用地域	100		

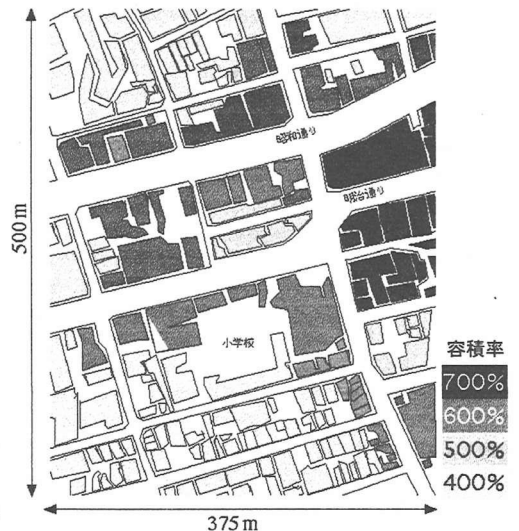


図3 サンプル地区の容積率分布表示例
(サンプル地区NO.2)

要とされる。このため、本論文では、地理情報システム(GIS)を利用して、都市内建築物の種類・形態(業種別床面積等)を考慮した解析を行う。ケーススタディ対象としては福岡市を選んだ。対象量は、年間エネルギー消費量(フロー)と、建築物の物質ストック量である。この両者について、容積率と用途地域による地区特性別に面積当たりの量を推計し、これによって市全体の値を推計する。

2. 解析方法

2.1 解析の流れ

本研究全体の解析の流れを図1に示す。

(1) サンプル地区の抽出

福岡市の市域を用途地域と容積率の2項目で分類して両者のクロスを行い、現実にあてはまる分類だけを抽出すると、計18区分に分類される。次いで、これらの区分を含むように、図2に示す9つのサンプル地区を選んだ。用途地域は大きく業務・商業地域、住宅地域、工業地域の3つに分類できるが、業務、商業地域については、福岡市の代表的地区である天神・博多地区から、工業地域については、福岡市にわずかに存在する工業集積地区を選定した。住宅地域については、福岡市全体に分布しているので、他のサンプルと近接しないことと、あまりに中心部から離れていないことの2点を考慮し選定した。1地区は、住宅地図⁴⁾1ページ分の区域(縦500m×横375m)に対応する。用途地域・容積率の区分とサンプル地区の対応関係を表1に示す。1つのサンプル地区に、用途地域・容積率の異なる地域が含まれている。サンプル地区の容積率を図3に示す。

(2) 用途地域・容積率別地上面積あたりエネルギー消費量の推計

住宅地図⁴⁾に記載されている建築物入居者データに基づき、各サンプル地区内のすべての建築物について、業種別床面積を推計する。次に、既存の業種別床面積当たりエネルギー消費原単位データ⁵⁾を乗ずることによって、その区域の地上面積当たりのエネルギー消費量を推計する。ここで、地上面積当たりの原単位を作成する意図は、用途地域別の地上面積については福岡市全域の面積が既知であり、床面積当たりの原単位を整備するよりも、福岡市全域への拡大が容易であることによる。

分類業種としては、エネルギー消費原単位データの整備状況に合わせて、事業所・デパート・一般小売店・飲食店・学校・ホテル・病院・診療所・スポーツ施設・文化施設・理美容店・遊技場・個人教授所・その他業務施設・住宅の15業種とした。当然のこととして、容積率の大きい地区ほど、また、飲食店のような床面積当たりエネルギー消費密度の大きい業種が多い地区（例えば、商業地区）ほど、地上面積当たりのエネルギー消費量は大きくなることが予想される。しかし、地上面積当たりで評価する場合には、建築物が建てられていない空地率によっても結果は影響されると考えられる。

(3) 用途地域・容積率別地上面積あたり物質ストックの推計

建築物を建設する場合の建築構造別資源消費量については、酒井・漆崎⁶⁾による原単位データを利用する。その前提として、既存建築物の構造種別が明らかにされなければならないが、このためにはサンプル地区内の建築物についての悉皆調査が必要であり、本研究では、そこまで実行することは出来なかった。そのため、一戸建住宅はすべて木造、その他はすべて鉄筋コンクリート造とみなすことにした。建築物の敷地面積と階数から床面積を計算し、これに床面積当たりの資源消費量（建築資材量）を乗じて、地区に存在する建築物の全物質ストックを推計した。

(4) 福岡市全域への拡大

以上の方法によって、各サンプル地区におけるエネルギー消費量と建築物の物質ストックを求めた後、このサンプル値を市域全体に当てはめることによって、市内の全エネルギー消費量及び建築物全体の物質ストックを推計する。ただし、この推計については、サンプリング方法についての問題点があらかじめ予想される。すなわち、実際の容積率が許容限度にほぼ等しくなっている都心部と、それほど容積率が高くなく、建築物が密集していない地区を同様に扱っていることである。このため、サンプリング数が少ない場合に得られた結果を都市全体に拡大すると、過大評価となることが予想される。この問題は、サンプリング数をさらに多くすることによって解決できるはずである。

2.2 GIS関連の作業手順

2.1で述べた解析のうち、GISに関連する作業部分を概説する。以下はエネルギー消費量を例に記述するが、マテリアルストック量の推計に関しても、GISに関連する作業は同じ手順による。

図1における解析手法のベースとなるのは、建築面積と用途地域・容積率別地上面積であり、その算定を実行する上で、地理情報システム(GIS)を利用した。図1におけるGIS関連の具体的作業の手順を以下にまとめる。

(1) GISへの建築物データの入力

まず、住宅地図から建築物の位置をトレースし、それをスキャナーによりデジタルデータとして、計算機(ワークステーション)に取り込む。この段階で建築物の境界線は黒い点の集まり(ラスターデータ)であるので、これを起点と線の長さのデータ(ベクトルデータ)に変換する。具体的には、スキャナーで読みこんだラスターデータを下絵として、点(node)、線(arc)、面(polygon)、地図の結合のための基準点

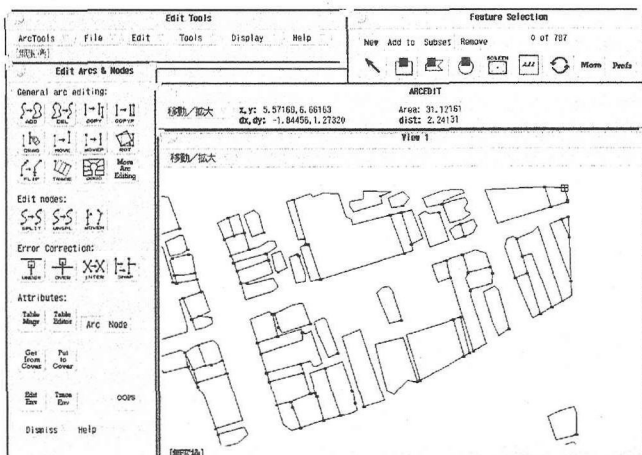


図4 Arc/Info編集画面例

(tic)をGISに入力する。GISのソフトウェアとしては、米国ESRI社が開発した汎用地理情報システムのArc/Infoを基本とし、ベクトルデータ変換にAdobe社のStream Lineを用いた。Arc/Info入力画面の例を図4に示す。図中の黒い点が node、線が arc、正方形の中に十字があるものが ticである。

(2) 建築面積の算定

ベクトルデータにした時点でオブジェクトが polygon になっているなら、つまり arc が閉じている場合、Arc/Info によって属性データとして、建築面積は自動的に計算される。ただし、トレースした地図の縮尺を考慮して補正を行う必要がある。

(3) 業種分類データの入力

次に、Arc/Info の地図と属性データが合わさったデータ (coverage) を、Arc/Info と同じ ESRI 社が開発した ArcView により処理を行う。この ArcView は、Arc/Info の機能の中でも、地図の表示と属性データの入力を PC 上で簡易的に扱えるという特徴を持つ。また Arc/Info とのデータの互換性もあるので、併用すると作業の簡素化が図れる。

この ArcView を用いて、2.1(2)で述べた 15 業種が建築物中の何階分を占めているのかを入居業種名から判断し、1/10 のオーダーまで入力する。

(4) 各建築物の業種別床面積の導出及び業種別エネルギー消費量の算出

前段階の作業で ArcView に入力した業種分類のデータを dBASE IV 形式のファイルを介することでスプレッドシート (Excel) に持ってくるので、その後はこの上で計算を行う。業種別床面積は、各業種階数に建築面積を乗ずることで求まる。

ここで算出した業種別床面積に、業種別単位床面積あたりエネルギー消費原単位⁵⁾を乗ずることで、各建築物の業種別エネルギー消費量を求める。さらに、各建築物ごとに入居する業種について積み上げること、各建築物のエネルギー消費量を求める。

(5) 用途地域・容積率別の総エネルギー消費量の算出

ArcView において、各建築物に容積率と用途地域の属性データを入力し、表 1 に示すサンプル地区地図上で、用途地域・容積率毎に分類を行う。分類に基づいて、先に求めた各建築物エネルギー消費量を総和することで、用途地域・容積率別の総エネルギー消費量を求める。

(6) 用途地区・容積率別の単位地上面積当たりエネルギー消費量の算出

建築物の入力と同じ要領で、容積率・用途地域によって分類した地区の境界を Arc/Info に入力し、用途地域・容積率別の面積を求める。その面積で用途地域・容積率別のエネルギー消費量を除することにより、用途地区・容積率別の単位地上面積当たりエネルギー消費量を求める。

3. エネルギー消費量の推計結果

上述のような解析手法のもとに算出した用途地域・容積率別の単位面積（地上面積）当たりエネルギー消費量の結果を表 2 に示す。なお、福岡市では、工業地域はあまり多くないこと、工業関係のエネルギー消費は民生関係（業務・家庭）とは特徴を異にすることから、それについての算出は行わなかった。

この結果は、地上面積当たりで記しているもので、その点を考慮して数字の意味を解釈する必要がある。全体的に容積率の大きな地区ほど、エネルギー消費量も大きくなっている。この理由としては、容積率の大きな地区ほど、当然建築物の階数が大きく床面積も大きいためである。しかし、商業地域で容積率が 700 % の地区の地上面積あたりの値が 1, 121Mcal/m² と、他の地域よりやや大きな値となっているが、これは対

表 2 用途地域・容積率別単位地上面積あたりエネルギー消費量 (Mcal/m²)

用途地域	60 (%)	80 (%)	100 (%)	150 (%)	200 (%)	300 (%)	400 (%)	500 (%)	600 (%)	700 (%)
第一種低層住居専用地域	27	59								
第一種中高層住居専用地域			171	85						
第二種中高層住居専用地域			132	46						
第一種住居地域					70	129				
第二種住居地域					74	113				
準住居地域					112					
近隣商業地域					122	248				
商業地域							235	343	513	1, 121

象地域として選んだ地区には幹線道路が含まれていない事が原因の1つと考えられる。幹線道路がないということは、それだけ対象地域内のオープンスペースの割合が小さくなるということを意味しており、オープンスペースが小さくなるとそれだけ地上面積あたりのエネルギー消費量も大きくなる。ここで、最もエネルギー消費密度の大きい商業地域と、逆に小さい第一種低層住居専用地域とを比較すると、235Mcal/m²（商業地域、容積率400%）と27Mcal/m²（第一種低層住居専用地域、容積率60%）と約8.7倍の差がある。

4. マテリアルストック量の推計結果

まず、建築資材ごとのストック量の集計結果を表3に、その合計を表4に示す。ここで表3における各建築資材の選定基準は次のとおりである。産業連関表の取引基本表と建設部門分析用産業連関表を基に、まず建設部門において、直接及び間接的に消費する原材料である砂利・石材、繊維製品、木材、紙製品、塗料、合成樹脂製品、ガラス、セメント、陶磁器類、鉄、銅、アルミニウム、その他の金属の13部門を対象とする。次いで、その中で特に、資源消費量の大きい砂利・石材、木材、セメント、陶磁器類、鉄の5項目を単独項目として取り出し、それ以外の項目をその他として1項目にまとめた。⁶⁾

また、容積率の異なる商業地域について、マテリアルストックを比較したものが図5である。マテリアルストック

表3 用途地域-容積率区分による単位面積あたり各マテリアルストック量(kg/m²)

1.砂利・石材		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		449	319	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	842	588	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	684	403	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	563	1,452	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	1,353	1,205	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	844	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	756	2,084	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	2,094	2,893	5,341	8,622
準工業地域		-	-	-	-	733	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	1,233	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	450	-	-	-	-	-

2.木材		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		67	48	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	30	34	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	32	21	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	49	82	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	96	60	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	34	89	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	73	83	154	248
準工業地域		-	-	-	-	22	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	44	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	13	-	-	-	-	-

3.セメント		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		47	33	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	105	71	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	84	49	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	65	176	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	160	147	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	105	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	93	258	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	262	366	675	1,090
準工業地域		-	-	-	-	93	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	154	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	57	-	-	-	-	-

4.陶磁器類		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		49	35	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	32	30	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	31	19	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	39	74	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	81	56	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	35	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	33	88	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	78	97	179	289
準工業地域		-	-	-	-	25	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	47	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	15	-	-	-	-	-

5.鉄		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		21	15	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	55	36	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	44	25	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	32	90	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	81	76	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	55	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	48	134	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	138	194	358	578
準工業地域		-	-	-	-	49	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	81	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	30	-	-	-	-	-

6.その他		容積率									
用途地域		60%	80%	100%	150%	200%	300%	400%	500%	600%	700%
第一種低層住居専用地域		10	7	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	13	10	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	11	7	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	11	24	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	24	19	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	13	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	12	33	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	32	43	79	127
準工業地域		-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	19	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	7	-	-	-	-	-

表4 単位面積あたりマテリアルストック合計(kg/m²)

用途地域	容積率	60(%)	80(%)	100(%)	150(%)	200(%)	300(%)	400(%)	500(%)	600(%)	700(%)
第一種低層住居専用地域		642	457	-	-	-	-	-	-	-	-
第一種中高層住居専用地域		-	-	1,078	769	-	-	-	-	-	-
第二種中高層住居専用地域		-	-	885	523	-	-	-	-	-	-
第一種住居地域		-	-	-	-	758	1,898	-	-	-	-
第二種住居地域		-	-	-	-	1,280	1,565	-	-	-	-
準住居地域		-	-	-	-	1,087	-	-	-	-	-
近隣商業地域		-	-	-	-	977	2,686	-	-	-	-
商業地域		-	-	-	-	-	-	2,677	3,676	6,786	10,953
準工業地域		-	-	-	-	933	-	-	-	-	-
工業地域		-	-	-	-	1,578	-	-	-	-	-
工業専用地域		-	-	-	-	571	-	-	-	-	-

量もエネルギー消費量と同様に、おおむね容積率の大きな地区ほど、物質ストックが大きいことがわかる。しかし、容積率が60～150%、用途地域が、第一種低層住居専用地域、及び第一・二種中高層住居専用地域の地区において容積率と単位面積あたり全マテリアルストックの相関が低くなっている。この理由としては、容積率の高い地区は、容積率の許容限度に近い建築物が密集しているが、容積率の低い地区は、建築物が密集しておらず、全く建築物がない地区もあり、同一の用途地域・容積率でも特性にばらつきがあることが挙げられる。

次に、この結果を福岡市全体に適用する。全体への適用方法は、エネルギー消費量の計算と同様の手法を用いる。このようにして福岡市全体の物質ストックを推計した結果を表5に示す。この結果より、福岡市のマテリアルストックの総計は約19,000万トン、福岡市の地上面積当たり平均マテリアルストック量は1,258kg/m²であることがわかる。

ここで、市レベルの統計書等から市全体のマテリアルストック量を推計する手法⁷⁾を用い、平成8年の福岡市全体のマテリアルストック量を推計し(表6)、本論による算定結果(表5)とを比較する。表6では、

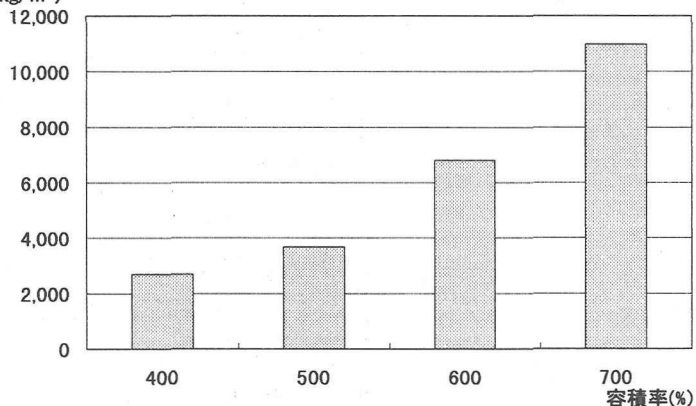
(kg/m²)

図5 商業地域における容積率別単位面積あたりマテリアルストック

表5 福岡市全体のマテリアルストック量

用途地域	単位面積あたり全マテリアルストック(kg/m ²)	福岡市全体の各用途地域面積(ha)	福岡市全体のマテリアルストック(1000t)
第一種低層住居専用地域	613	3,980	24,392
第一種中高層住居専用地域	961	2,052	19,712
第二種中高層住居専用地域	638	281	1,792
第一種住居地域	1,085	3,226	34,994
第二種住居地域	1,410	1,383	19,507
準住居地域	1,087	117	1,272
近隣商業地域	2,208	317	6,998
商業地域	3,933	1,423	55,961
準工業地域	933	1,685	15,716
工業地域	1,578	592	9,342
工業専用地域	571	41	234
合計	1,258	15,097	189,923

注1) 福岡市の面積の合計欄は、用途地域面積の合計であり、福岡市の総面積とは異なる。

注2) 単位面積あたり全マテリアルストックの合計欄は、福岡市全体における単位面積あたり全マテリアルストックである。

表6 マクロ的分析による福岡市マテリアルストック算定結果(1,000t)

	総計	木材	鉄骨、鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造	鉄骨造	コンクリートブロック造
総計	97,976	26,121	17,437	40,278	13,446	695
砂利・石材	73,525	17,877	13,500	31,704	9,929	514
木材	4,610	3,084	319	913	258	36
セメント	8,546	1,771	1,631	4,007	1,078	58
陶磁器類	4,632	2,208	527	1,062	797	37
鉄	5,301	742	1,234	2,125	1,161	39
その他	1,361	438	224	466	223	10

建築物中のストックの総計は約9,800万トンとなり、表5の総ストック量19,000万トンの約55%という結果となった。これは、2.1(4)で予想したとおり、サンプル地区から得られた結果を都市全体へ拡大した場合、過大評価になったためと考えられる。

5. まとめ

1つの都市に着目した場合、都市の外と内との物質・エネルギーの出入りとしては、生産活動、消費活動に関連するさまざまなものがあるが、量的に大きな割合を占めるのは、都市の物理的構造を形成する建築物、住宅、道路、その他の土木・建築構造物の新規建設や補修のために使用される鉄、セメント、砂利等の投入、これらが解体された結果発生する建設副産物・廃棄物の発生である。また、福岡市のような大都市の中心部では業務用ビルのエネルギー消費が大きい。このため、福岡市をケーススタディ対象として、用途地域と容積率の区分によって、単位地上面積（用途地域別容積率別）当たりのエネルギー消費量とマテリアルストック量を推計した。

本研究においては、住宅地図をベースにGISによって建築物面積や地区面積の解析等を行うことで、ボトムアップアプローチによる資源・エネルギー消費量の推計を行う方法を開発した。この手法を応用することにより、空間や基盤整備などの地区特性に応じた環境負荷量の分布特性を分析評価することができる。

市域全体のマクロな集計については、本来ならGISのデータを個々の建築物について詳細に整備することにより、ミクロなレベルからの積み上げを行うことが必要であるが、作業の煩雑さ・データ収集の難しさを考えると非現実的である。このため、本論文では数百メートル四方程度のサンプル地区を抽出して解析を行うセミマクロ的な手法を用いた。そのため、本研究の結果は、2.1(4)に記したような理由から表5のように過大評価になったが、今後サンプル数を増やすことによって、この問題は改善されると思われる。

なお、本研究の推計手法では、以下のような課題が残されている。

- ①エネルギー消費の解析においては、入居者名からその業種を推定したわけであるが、名前だけでは判別の難しいものも含まれており、このための誤認が考えられる。
- ②サンプル地区の特異性があり得るので、より多くのサンプルを抽出して作業する必要がある。ただし、各種の規制等のため、特定の地区にしかない地域区分もある（例：風致地区、緑地保全地区等）。
- ③空港敷地内や周辺地域には、容積率や用途地域が定められていない所があり、そのような所にも建築物が存在するが、その他の地区として他の地区と一くくりにすることは出来ない。

今後の研究ステップとしては、地区の構造とマテリアルの関係を把握することや、個々の建築物が何年で建て替えられているかなどを調査し、新設から運用、解体・廃棄までの建築物のライフサイクルについての資源・エネルギー収支を定量化することによって、都市の成長・発展とTMI、TMCの関係を分析することが考えられる。

【参考文献】

- 1) 森口祐一・中杉修身, 「評価の基本的枠組みと指標体系の構築」 人間活動による環境インパクトの定量化手法, 平成5年度～7年度 科学研究費補助金研究成果報告書, pp1-20, 1997
- 2) World Resources Institute, Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies, 1997
- 3) United Nations, Handbook of National Accounting : Integrated Environmental and Economic Accounting, New York, 1992
- 4) ゼンリン住宅地図, 福岡市中央区版・博多区版・早良区版, 1996
- 5) 住環境計画研究所, 業種別エネルギー消費原単位(負荷ベース), 1997
- 6) 酒井寛二・漆崎昇, 建設業の資源消費量解析と環境負荷の推定, 環境情報科学, Vol.21-2, pp130-135, 1992
- 7) 谷川寛樹・藤倉良・井村秀文, 都市の物質収支と環境資源勘定に関する研究: 建設用資材の投入と建設副産物, 環境システム研究, Vol.23, pp274-278, 1995