

## H-8 持続可能なコンパクト・シティの在り方と実現方策に関する研究

### (2) 産業転換による持続可能なコンパクト・シティの総合評価と実現方策に関する研究

#### ①コンパクト・シティに関する総合評価に関する研究

独立行政法人 国立環境研究所

社会環境システム研究領域 環境計画研究室 原沢英夫・肱岡靖明

地球環境研究センター

一ノ瀬俊明

平成13～15年度合計予算額 10,197千円

(うち、平成15年度予算額 3,117千円)

※上記の予算額には、間接経費 2,353千円を含む

[要旨] 多様な機能を兼ね備える都市は経済発展の原動力となってきたが、人口、交通、エネルギー利用の集中により、大気汚染、交通渋滞、ヒートアイランド現象など都市環境の悪化をもたらした。エネルギーの集中利用から排出される二酸化炭素は温暖化を促進する原因物質であり、都市は温暖化促進の原因も作りだしている。本研究では、持続可能なコンパクト・シティを念頭において、都市の環境面も考慮した総合評価の枠組みを提示するために、現段階で入手可能な都市データを収集してデータベースを構築し、コンパクト・シティ創造の一要素である人口密度に注目した都市環境の予備的評価を行った。結果、コンパクト・シティ実現には、一定の経済力とある程度までの高密度化が必要である事が示された。しかしながら、大気環境や交通事情、食料消費やエネルギー使用量、ゴミ排出量など様々な観点から、過度な集中は、負荷の増大を導く可能性が示唆され、コンパクト・シティ実現には適切な空間的コンパクト性が求められることが明らかとなった。

[キーワード] 持続可能な都市、コンパクト・シティ、環境負荷、都市データベース、統合評価

#### 1. はじめに

本研究は、サブテーマ2「産業転換による持続可能なコンパクト・シティの総合評価と実現方策に関する研究」の一環として、都市総合評価を行うための全体的な枠組みを構築するために、都市の環境保全やエネルギー利用、汚濁負荷排出量に着目した評価方法を考案して、持続可能な都市の一つとしてコンパクト・シティの有効性を裏付けるための基礎的検討を行う。具体的には、都市の環境面も考慮した総合評価の枠組みを提示するために、現段階で入手可能な都市データを収集してデータベースを構築し、コンパクト・シティ創造の一要素である人口密度に注目した都市環境の評価を行う。

#### 2. 研究の目的

本研究の目的は以下のとおりである。

- ①人口や人間活動が集中する都市の持続可能な発展のあり方について既存の知見をレビューするとともに、都市評価の視点を明らかにする。
- ②途上国と先進国の都市の有する特性を都市変遷の視点から整理し、持続可能な都市へ導くための発展経路について検討する。

③環境面も考慮した都市の総合評価の枠組みを構築し、環境指標によるマクロな視点と持続可能性の視点とで、コンパクト・シティの特徴、利点、実現可能性を検討する。具体的には、環境、社会、経済、密度（人口密度）の関係を総合的に解析して、密度の効用を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### 3. 1 先進国および途上国における都市問題

都市の環境面を重視した評価については、古くはOECDの都市環境指標に代表される解析が行われてきた<sup>1)</sup>。これらの調査研究をもとに、現在の先進国および途上国の都市の抱える問題点について経済・社会・環境面から整理した（表1）。

#### 3. 2 都市総合評価の歴史

都市の評価については従来多くの調査研究がなされてきた<sup>2)</sup>。また、Pressure – State – Response (PSR) という指標体系が国際的な指標構築の方法論として提案されてから<sup>3)</sup>、この流れに沿った指標作りも盛んに行われている<sup>4)</sup>。さらに、地球環境問題の深刻化に伴い、持続可能な発展を目指した指標や経済と環境を両方考慮した指標の提案など、現在、指標に関する知見は多い<sup>5)</sup>。これらの中から、都市の総合評価の枠組みを構築するのに有用な考え方を整理し表2に示す。従来の評価枠組み（経済・社会・環境）に加え、コンパクト性の検討も一部行われている。例えば、超々高層ビルのフイージビリティスタディや高層ビルの上下水、廃棄物も含めた効率性の検討などが行われている<sup>6)</sup>。また、都市の環境問題が深刻になるにつれ、都市空間の快適性（アメニティ）についての検討も行われてきた<sup>7)</sup>。ここで述べるアメニティとは心地よさという意味から転じて、快適な生活環境・空間を表す人間的な住みやすさの概念である。

表1 都市問題（経済，社会，環境面）

視点	先進国	途上国
経済	情報，金融機能の集中	絶対的貧困
社会	人口の安定化，高齢化，少子化 ドーナツ化現象（都市の空洞化），都心回帰 都市渋滞（モータリゼーション） 一人当たりの公園面積の減少 犯罪の多様化	人口増加 都市への人口移動，スラムの発生 交通インフラの欠如，慢性的な渋滞 水不足，衛生設備の欠如 凶悪犯罪の多発
環境	大気汚染（NO <sub>x</sub> , SPM, 光化学スモッグ） 都市内緑地減少，水路の暗渠化 ヒートアイランド，温暖化の促進 CO <sub>2</sub> 排出量の増加，エネルギー使用量の増加 都市内浸水の増加	大気汚染（SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , SPM, 光化学スモッグ） 緑と自然環境の喪失 大気・土壌・水質汚染，騒音 上水，下水インフラの欠如 海面上昇，洪水の増加

表2 都市総合評価の指標（群）

名称	主体	評価	指標
都市環境指標 <sup>8)</sup>	OECD	住居、サービス・雇用、環境・汚染、社会・文化	生活の質を計る広義の環境指標
世界都市指標プログラム <sup>9)</sup>	国連人間居住センター(HABITAT)	都市の持続可能性の評価	30の定量的指標と9の定性的指標
都市監査 <sup>10)</sup>	欧州連合(EU)	都市の持続可能な発展の進捗度を計測	5分野33指標
都市フットプリント <sup>11), 12)</sup>	York, Liverpool	エネルギー、水、食糧、資源、都市土地利用を必要な土地面積に換算し合計	都市を環境と経済の視点から総合評価する指標
環境持続可能性指標 <sup>13)</sup>	世界経済フォーラム	環境政策の進捗状況を相互比較(国)	22のコア指標(67変数から構成)
世界の大都市2000 <sup>14)</sup>	東京都(30都市)	都市活動、都市経営の多面的評価	都市の社会、経済、経営、財政等に関わる指標

### 3.3 コンパクト性を考慮した都市評価

本研究では、従来の都市の評価に関わる調査及び研究で示される評価軸である①経済的機能、②社会的機能、③環境的機能を取り上げるとともに、④都市のコンパクト性との関連を考慮した統合的都市評価の枠組みを提案し解析を進める(図1)。

経済については、例えば、GRP (Gross Regional Product)、居住者の収入、都市財政(歳入、歳出)などの項目により代表される。社会については、上下水道をはじめとした衛生施設・交通インフラ・教育や犯罪の発生率などの項目で表すことができる。環境については、電力・エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量、水質汚染、大気汚染、ゴミ発生量などが項目として挙げられる。これらの3つの側面が相互に機能し活気ある都市を構成していると同時に、都市問題をも引きおこしている。そこで、経済、社会、環境面において、人口密度、交通密度などの活動密度を軸に都市のコンパクト性を総合的に評価する仕組みが、本研究で提示する都市総合評価の基本的な枠組みである。

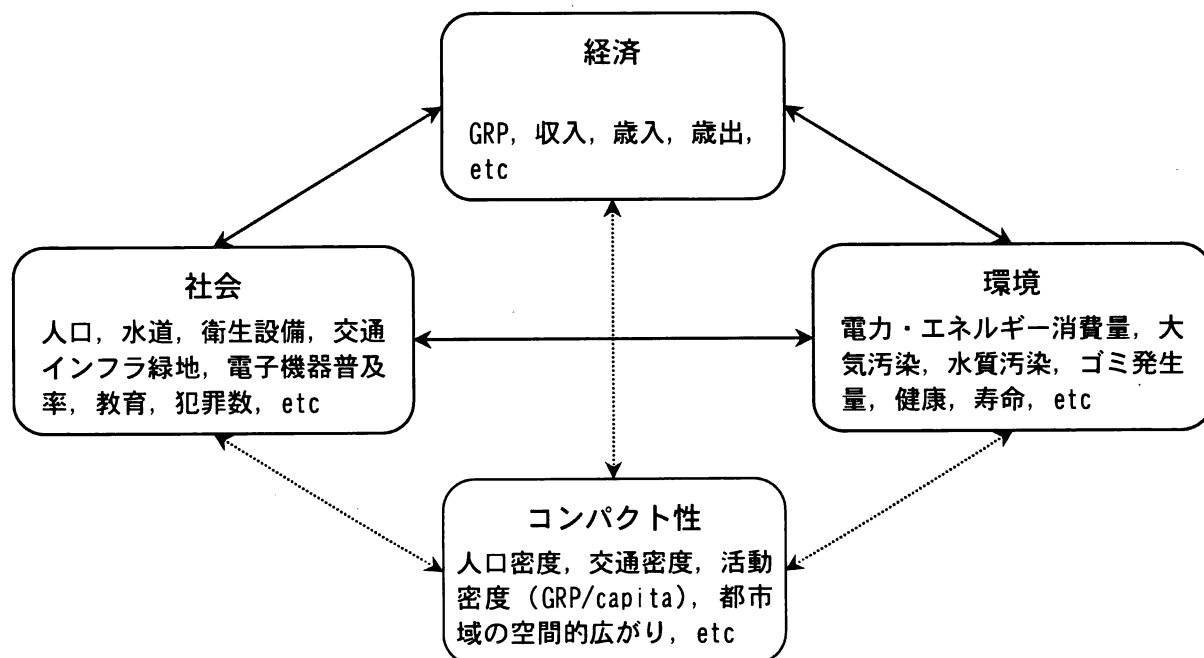


図1 都市の総合評価の枠組み

表3 都市データベース構築のデータ情報源情報例

Data Source	Data periods or Published date	URL
World Resources 2002-2004	1950-2050	<a href="http://pubs.wri.org/pubs_description.cfm?PubID=3764">http://pubs.wri.org/pubs_description.cfm?PubID=3764</a>
World Development Indicators 2003	1960-2001	<a href="http://www.worldbank.org/data/wdi2003/index.htm">http://www.worldbank.org/data/wdi2003/index.htm</a>
Global Urban Indicators Database (GUID1)	1996	
Global Urban Indicators Database (GUID2)	1993, 1998	<a href="http://www.unchs.org/guo/gui/index.html">http://www.unchs.org/guo/gui/index.html</a>
The UNCHS-CitiBase	1997	<a href="http://www.unchs.org/habrdd/citbasdl.htm">http://www.unchs.org/habrdd/citbasdl.htm</a>
Human Settlements Statistics Database (HSDB)	1996	<a href="http://www.unchs.org/habrdd/hsdb4dl.htm">http://www.unchs.org/habrdd/hsdb4dl.htm</a>
World Cities Population Database	1987	<a href="http://www.grid.unep.ch/data/grid/gnv29.php">http://www.grid.unep.ch/data/grid/gnv29.php</a>
United Nations Statistics Division, Demographic Yearbook(1995, Table8): Capital cities and cities of 100,000 and more inhabitants	1995	<a href="http://www.un.org/Depts/unsd/demog/index.html">http://www.un.org/Depts/unsd/demog/index.html</a>
ESRI-WORLD-CITIES	1994	<a href="http://tdr.tug-libraries.on.ca/GIS_SITE/ESRI/esri_worldcit.htm">http://tdr.tug-libraries.on.ca/GIS_SITE/ESRI/esri_worldcit.htm</a>
World Population Prospects: The 2000 Revision	1950-2050	<a href="http://esa.un.org/unpp/">http://esa.un.org/unpp/</a>
World Urbanization Prospects: The 1999 Revision	1950-2015	<a href="http://www.un.org/esa/population/publications/wup1999/">http://www.un.org/esa/population/publications/wup1999/</a>
Women's Indicators and Statistics Database	1970-1997	<a href="http://www.un.org/Pubs/whatsnew/e00013.htm">http://www.un.org/Pubs/whatsnew/e00013.htm</a>
Statistical Yearbook (Vol. 45)	1980-2000	<a href="http://www.un.org/Pubs">http://www.un.org/Pubs</a>
OECD Statistical Compendium 2001	1960-1999	<a href="http://www.statistischesdaten.de/_flyer/oecd0203.pdf">http://www.statistischesdaten.de/_flyer/oecd0203.pdf</a>
The Urban Audit	2000	<a href="http://europa.eu.int/comm/regional_policy/urban2/urban/audit/index.html">http://europa.eu.int/comm/regional_policy/urban2/urban/audit/index.html</a>
Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries 2001, Volume 32	1980-2000	<a href="http://www.adb.org/Documents/Books/Key_Indicators/2001/default.asp">http://www.adb.org/Documents/Books/Key_Indicators/2001/default.asp</a>
Cities Data Book: Urban Indicators for Managing Cities	1998	<a href="http://www.citiesdatabook.org/">http://www.citiesdatabook.org/</a>
International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990	1960-1990	
Asian Development Outlook 2001	1998-2002	<a href="http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2001/default.asp">http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2001/default.asp</a>
World City Profiles 2000	2000	

### 3. 4 都市および国別データベースの構築

前述の都市総合評価の枠組みに基づいて、国内外の都市を評価するために収集した都市・国別データの一覧を表-3に示す。都市データは国別データに比べると非常に少なく、一つのデータベースに含まれている都市数もデータ項目も少ない。さらに時系列データを入手することも困難なため、多数の都市を対象として時間的変遷を考慮した比較検討を行うことは非常に難しい。本研究では、世界の都市を対象とした解析を行うにあたり、社会・経済データに HABITAT<sup>9)</sup>、大気汚染データに World Development Indicators 2002<sup>15)</sup>、交通に関するデータに International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990<sup>16)</sup> (以下、ISADC) を主に利用して解析を行った。

## 4. 結果・考察

### 4. 1 指標による都市環境評価

#### (1) 都市の規模拡大による環境影響評価

各都市の上水道普及率、下水道普及率、5歳児以下死亡率、平均寿命、電力消費量、ゴミ排出量、交通関係指標(通勤距離、通勤時間)と人口、GRPとの関係を図2に示す。上水道普及率、下水道普及率、5歳児以下死亡率・平均寿命に関しては、都市人口増加に比べ、経済力(GRP)が増すことで、より明らかな改善効果が見られる。具体的には、GRPが15億US\$/年を越えると、上水道・下水道共に普及率が約8割を越える。同様に、5歳児以下死亡率もGRPが10億US\$/年を越えると、Ankara(0.042)、Rio de Janeiro(0.040)、Bangkok(0.033)を除き、約0.02以下に収束している。平均寿命は、GRPが15億US\$/年以下では大きな幅があるものの(男性:約50~80歳、女性:約50~85歳)、GRPが15

億 US\$以上では男女ともに安定した値（男性：約 62～75 歳、女性：約 73～83 歳）を示している。平均寿命は、生活環境、自然環境、食生活、文化など様々な要素が影響しているが、経済力が増すことにより、衛生・医療設備の充実、栄養状態の改善など、生活の質が向上し、平均寿命の伸びと安定に影響していると推察される。

電力消費量は、都市人口増加に正比例する傾向を示す。しかしながら、約 750 万人を超える New York や Tokyo では、同等の人口を持つ都市と比べて電力消費量が約 2～4 倍と非常に大きな値となっている。ゴミ排出量もややばらつきがあるものの電力消費量と同様の傾向を示している。電力消費量やゴミの量は社会・生活水準によって異なることから、GRP との関係を詳しく見ると、同等の経済状態である New York とベルリンでは、電力消費量が約 3.2 倍、ゴミの量が約 3.5 倍と New York がベルリンに比べ大きな値となっている。New York の人口はベルリンに比べ約 2.2 倍であることを考慮しても、経済水準が同等であることから、生活スタイルのみならず、都市形態・都市構造が、電力消費量・ゴミ排出量に影響を与えていると推察される。この結果より、ある一定人口を超える巨大都市が持続可能な都市でありえるためには、省エネルギー・省資源消費を成り立たせる生活スタイルや都市形態・都市構造が必要である可能性が示唆された。一方、通勤距離・通勤時間と人口、GRP との関係に着目すると、いずれも大きなばらつきがあり、人口や GRP の増加に伴う特徴的な傾向は見られない。これは、交通環境は都市の規模だけではなく都市構造や都市密度に強い影響を受けるからである。

以上の分析より、快適な生活環境の実現には、一定の経済力が必要であるが、持続可能な都市を創造するためには、省エネルギー・省資源消費を成り立たせる生活スタイルや都市形態・都市構造が必要であり、そのためには都市の規模だけではなくその構造や密度も考慮する必要性が示された。

## （2）都市コンパクト性と環境との関係

図 2 の結果より、都市の環境特性を評価するには、その規模（人口、GRP）だけでは不十分であることが示された。そこで、都市のコンパクト性（人口密度、活動密度、交通密度）が環境影響を評価する上で重要な因子であると仮定し、さらなる比較検討を行った。

まず、通勤距離・通勤時間と都市密度との関係について検討した（図 3）。通勤時間、通勤距離と人口密度の関係に着目すると、人口密度が約 200 人/ha 以下では、人口密度の増加に伴い通勤距離は短くなる傾向があるが、通勤時間は逆に増加する。人口密度が約 200 人/ha を越えると、通勤距離、通勤時間ともに増加する傾向を示す。通勤時間の増加は、通勤距離の拡大と公共交通利用の増加に伴う平均時速の低下で説明されるが、人口密度が約 200 人/ha を越えると通勤距離もなだらかに増加する傾向は、人口密度増加に伴う土地価格の沸騰や居住施設の不足により、都市郊外への居住地移動（都市の拡大）などが原因と考えられる。

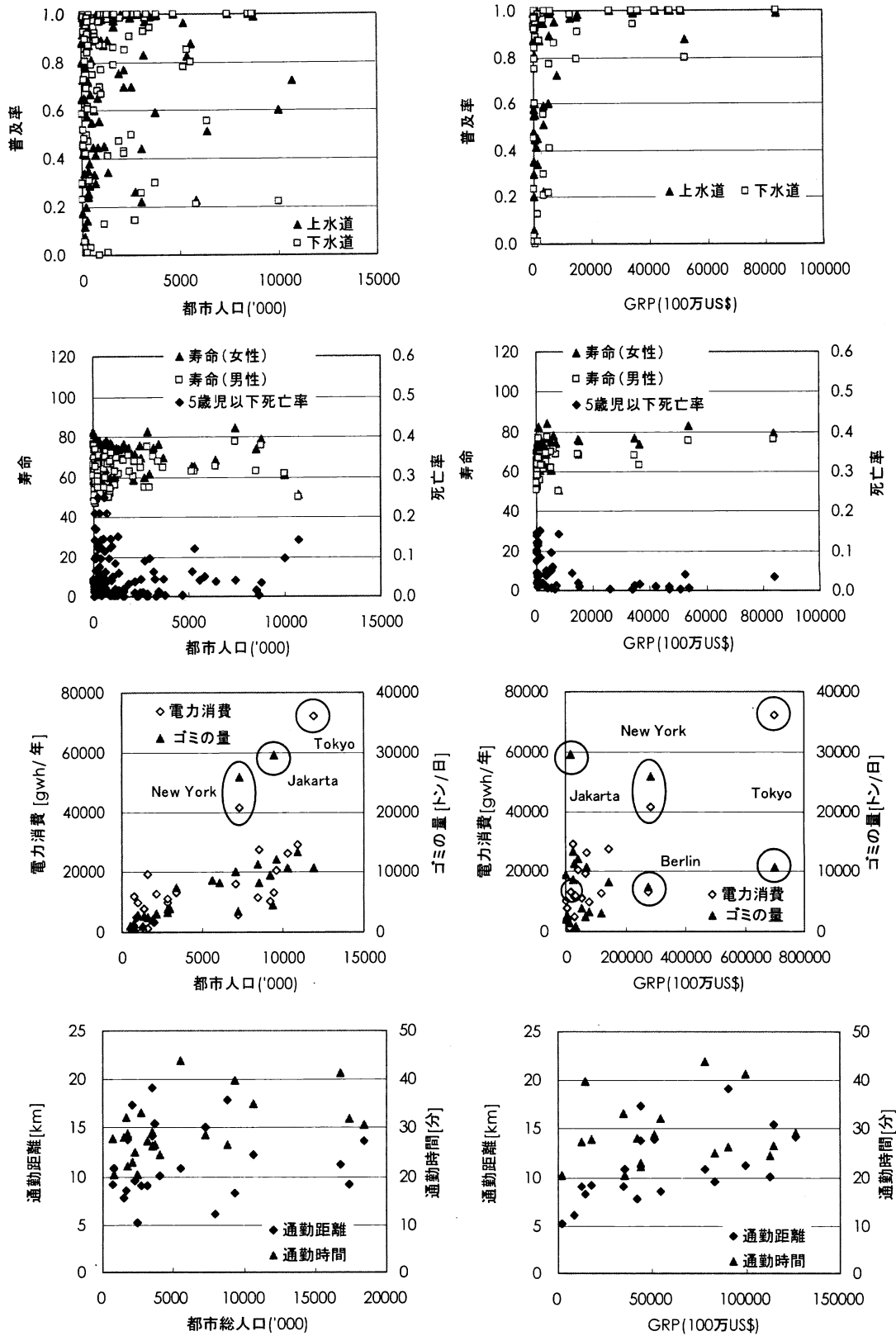


図2 都市規模と社会・環境項目との関係

(HABITAT: 上水道普及率、下水道普及率、5歳児以下死亡率、平均寿命、世界の大都市 2000: 電力消費量、ゴミ排出量, ISADC: 通勤距離, 通勤時間)

さらに、交通に関連する排出ガス量と都市密度との関係も検討した。GRP/人、人口密度とCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、COの排出量との関係を図4に示す。CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>は約3万US\$/人付近にピークとなり、その後低減の傾向が見られる。NO<sub>x</sub>、COはCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>ほど明確ではないが、GRP/人が2.5万US\$/人付近にピークとなり、その後改善の傾向が見られる。これは、都市が経済的に発展し成熟することで環境面の負荷を低減できる可能を示唆している。しかしながら、経済発展に必要と考えられる都市の高密度化にも限度がある。人口密度と交通由来の汚染物質排出量をみると、100人/haの密度までは、汚染物質排出量は減少傾向にあるが、100人/haを超えると徐々にではあるが排出量が増加傾向を示している。図3、4の結果より、快適な大気環境や交通事情の実現には、ある程度の経済発展と高密度化が必要とされるが、過度の集中は負荷の増大を導く可能性が示唆された。

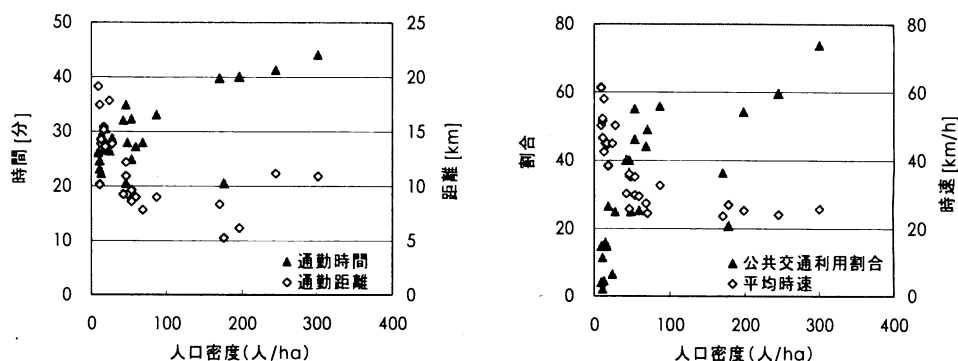


図3 通勤時間、通勤距離、自動車交通割合、平均時速と人口密度との関係

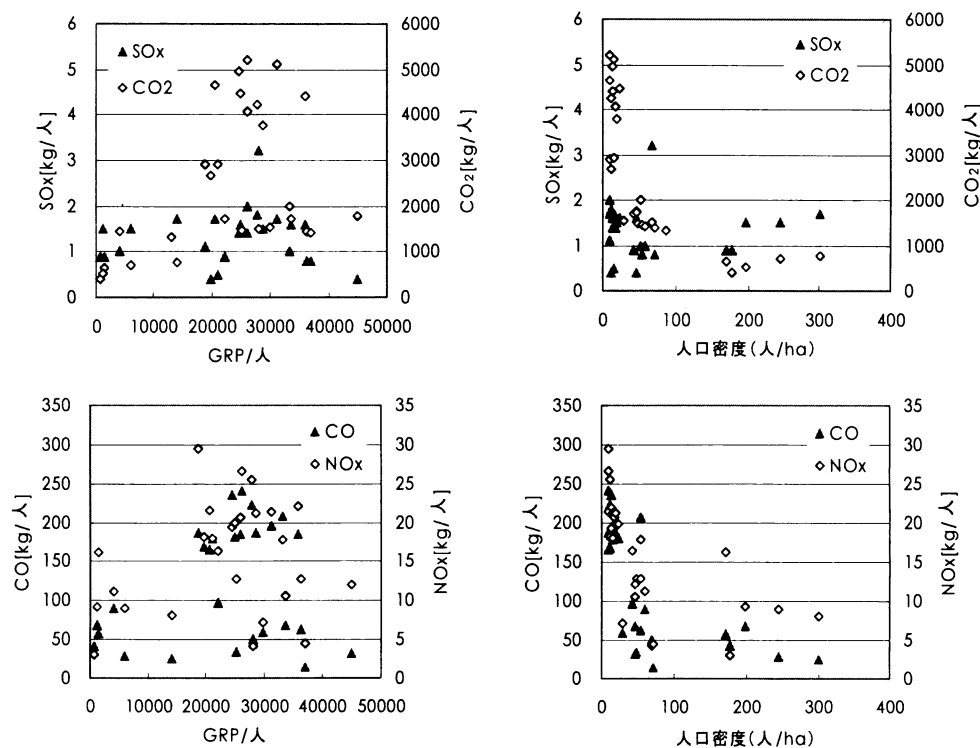


図4 交通由来の汚濁物質排出量と都市密度との関係

#### 4. 2 都市形態および人口密度の空間的変遷の評価

人口等の都市集中の実態およびその歴史的変遷を把握することは、持続可能なコンパクト・シティ実現にとって重要である。日本では国勢調査において人口集中地区(DID:Densely Inhabited District)を判定し、それに基づく人口を集計している。本研究では、途上国から先進国へと、都市形態とその密度の変遷を検討するために、ISADCの都市構造:Outer City(Outer Areaの境界域を境にした都市域全体、Inner CityおよびCBDを含む)、Inner City(Inner Areaの境界域を境にした都市中心部、CBDを含む)、Center Business District(CBD:都市活動の中心部)を用いて、各都市域の面積を円と仮定した場合の直径で表し、合わせて人口密度をプロットすることにより表現した(図6)。オーストラリアの各都市はOuter Cityが年々広がり、1990年では人口密度がOuter City:10~20人/ha、Inner City:19~39人/ha、CBD:10~21人/ha程度と、先進国に多く見られる自動車指向の都市の典型であ

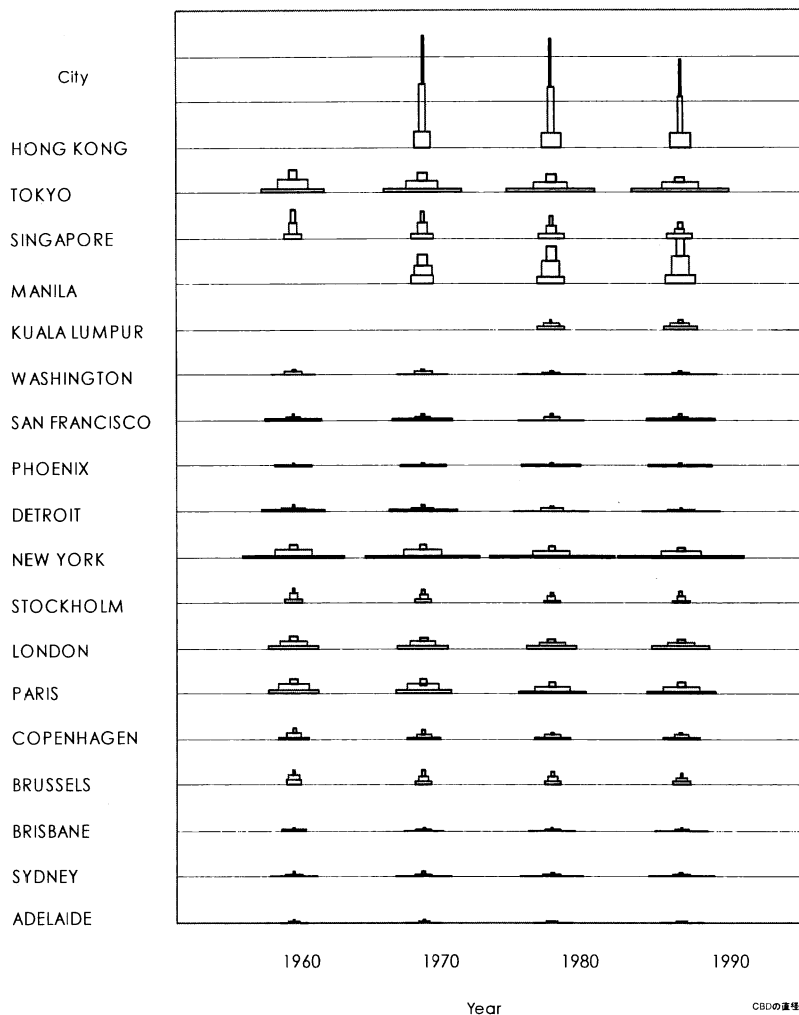
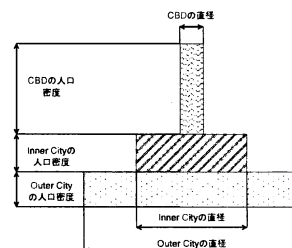


図5 都市形態および人口密度の空間的変遷





る。この傾向は、巨大都市 New York や San Francisco を除くアメリカでも同様に見られる。ヨーロッパでは、年と共に人口密度は低下しているものの、1990 年の人口密度は Outer City : 29~75 人/ha、Inner City : 54~97 人/ha、CBD : 50~180 人/ha 程度と、オーストラリアやアメリカと比べ、高い人口密度を保っている。また、Outer City の広がり度合いがオーストラリアやアメリカと比べ小さく、都市の規模や人口の急激な変化がない。一方、アジアでは、発展途上都市である Kuala Lumpur と Manila が拡大成長を示している。先進都市である Singapore、Tokyo、Hong Kong は非常に高い人口密度を示しながらも、次第にその密度が減少する傾向を示している。このように、対象とした都市群は、年代ごとに形態、人口密度が明らかに遷移しており、コンパクトな都市創造のためには計画的発展が必要であることがわかる。

#### 4. 3 エコロジカル・フットプリントを活用した総合評価の開発

図 2~5 で示したように様々な環境指標を用いて都市をマクロ的視点から評価した。しかしながら、異なる指標による評価はそれぞれの重要度や単位が異なるため、同軸に並べて検討することが難しい。さらに、すべての都市に同じデータが整備されているとは限らないため、都市の相互比較が難しいという問題が挙げられる。そこで、都市の持続可能性を相互に比較評価し、コンパクト・シティの有効性を検討するために、エコロジカル・フットプリント指標（以下、EF）を日本の市区町村に適用し、様々な地域を対象とした解析を行った。EF とは、経済活動による生態系への様々な負荷を「面積」という単位で一元化して表す指標である<sup>17)</sup>。WWF (World Wide Fund for Nature) では、国毎の EF (耕作地 EF、牧草地 EF、森林 EF、漁場 EF、エネルギー EF、生産能力阻害地 EF) を算定している。日本は 1996 年において 5.9ha/人 (耕作地 EF : 0.8ha/人、牧草地 EF : 0.4ha/人、森林 EF : 0.6 ha/人、漁場 EF : 0.2ha/人、エネルギー EF : 3.7ha/人、生産能力阻害地 EF : 0.2ha/人) と報告されており、世界第 23 位と上位に位置している<sup>18)</sup>。

EF の算定を行うためには、品目すべての国内外生産量および原材料のデータ、社会・経済活動に必要なエネルギーの詳細なデータが必要となる。このようなデータの入手には莫大な時間と労力、費用を必要とするため、本研究では、WWF が報告している日本の EF 値をもとに、都市密度と食料・エネルギーの地域的集中を検討するための第一歩として、下記の仮定に基づき地域別 EF 値を推定した。

- ① 食料に関する EF (耕作地 EF、牧草地 EF、漁場 EF) : 所得に比例
- ② 森林 EF : 消費者支出 (木製品関連) と所得に比例
- ③ エネルギー EF : 総生産額と歳入額に比例
- ④ 生産能力阻害地 EF : 道路面積と宅地面積に比例

地域別 EF 値推定に用いたデータ (所得、消費者支出 (木製品関連)、総生産額、歳入、道路面積、宅地面積) は総務省統計局<sup>19)</sup>と経済産業省統計局<sup>20)</sup>のデータを利用した。

コンパクト・シティの有効性を検討するために、総人口別 (10~50 万人、50 万人以上) の人口密度と EF 値との関係を検討した (図 6)。一人あたりの EF 値は総人口にかかわらず、食料、エネルギー共に人口密度の増加に伴いなだらかな上昇傾向を示すが、食料 EF はおよそ人口密度 100 人/ha を超えると急激な増加傾向を示し、エネルギー EF 値もおおよそ人口密度 100 人/ha を境に一人あたりの EF 値が高いグループ (100 人/ha 以上) と低いグループ (100 人/ha 以下) に分類される。

さらに、EF 合計値と人口規模との関係を、人口密度 (50 人/ha 以下、50~100 人/ha、100 人/ha 以上) も考慮して検討した (図 7)。総人口 50 万人以上の場合、人口密度が 100 人/ha 以上の都市では、

同程度の低密度の都市と比べ、エネルギーEF 値および食料 EF 値が共に大きくなっていることがわかる。一方、総人口 50 万人以下の場合、人口増加に伴う EF 値の増加率が、人口密度 100 人以上と 50 人/ha 以下とで約 2 倍程度差があることがわかる。人口密度 50~100 人/ha では、EF 値の低いグループ（人口密度 50 人/ha 以下と同等）と高いグループ（人口密度 100 人/ha 以上と同等）に二分される傾向が特にエネルギーEF で見られる。

以上の結果より、過度に高密度な都市は、食料消費やエネルギー使用量の観点から評価すると過大な資源消費を導く可能性が示され、適切な都市コンパクト性を維持する必要性が導かれた。

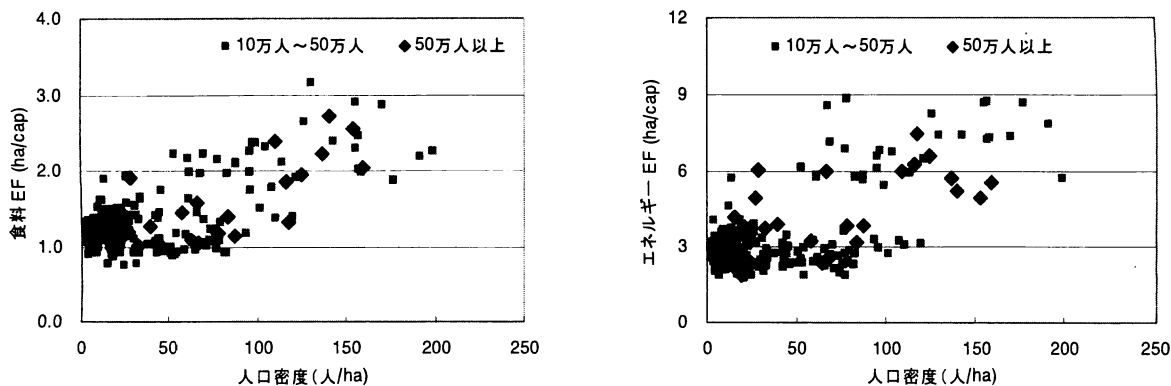


図6 都市規模と社会・環境項目との関係

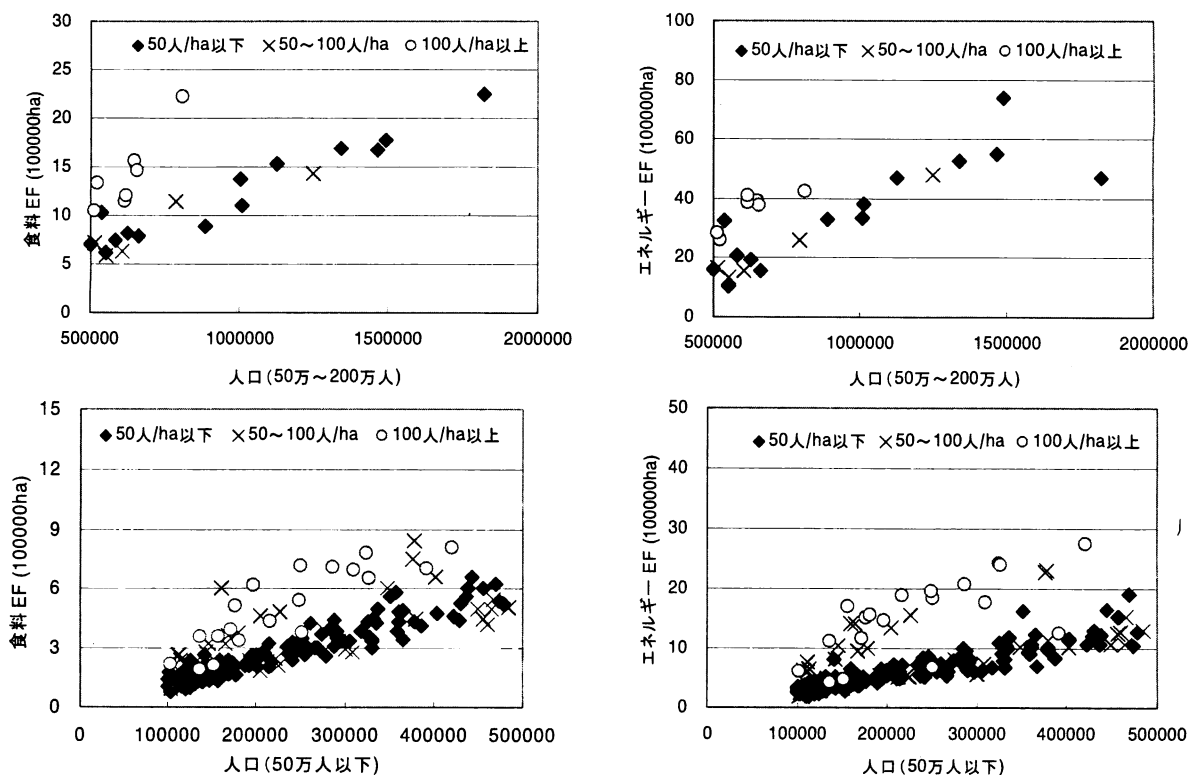


図7 EF・人口規模・人口密度の関係

#### 4. 4 日本の都市を対象とした社会的コンパクト性の評価

##### (1) アウトカム指標の体系化

コンパクト・シティの在り方を検討する場合、機能や効率を追求して環境負荷の少ない都市形態だけを議論するのではなく、そこに住む人々の暮らしの在り方についても検討する必要がある。つまり、単に機能的な都市を構築しても、そこに住む人々が安全・安心を感じ、物質的・精神的充足を得ることができなければ、本研究で定義するコンパクト・シティ“アメニティ最大、環境負荷最小”を実現することはできない。そこで、コンパクト・シティを具現化するための手がかりとなるアウトカム指標を、主に都市機能の側面から抽出して体系化した（表5）。

##### (2) 対象都市の選定

表5で整理したアウトカム指標を用いて、全国の自治体（3,236市町村：平成8年調査時点）が有する都市機能を評価・分析する。具体的には、国土庁計画・調整局報告の「満足度から見た社会資本（平成8年）」<sup>21)</sup>をもとに、社会資本整備水準（4区分）で構成される都市分類（表6）を用いて対象都市を選定した。本研究では、ある一定以上の社会資本および生活水準が整備された日本の標準的な都市を対象として、都市のコンパクト性が持続可能な環境共生都市実現に有効であるかについて検討する。そこで、表6に示す都市分類のうち「スタンダード都市群」は日本の標準都市を多く含み、各種社会資本がバランスよく整備されていることから主な分析対象に選定した。この時、全国672“市”の約90%が「スタンダード都市群」に含まれており、スタンダード都市群に含まれる“町村”については、都市機能が一定水準に至っていない割合が非常に高いことから、本研究では全国の3236市町村から2864“町村”を除き、全国672“市”を解析対象都市に選定した。

##### (3) 社会的コンパクト性指標の設定

本研究では、コンパクト・シティが有する一つの機能として“歩いて暮らせるまち”を設定し、多様なアウトカム指標の中でも特に“歩いて暮らせるまち”を評価可能な指標として“社会的コンパクト性”と定義し、各都市が有する機能を定量的に評価する。具体的には、全国672市それぞれに対して、「平成10年／住宅・土地統計調査報告（総務庁統計局）」<sup>22)</sup>のデータを用いて、最寄りの公共公益系施設（表7）との距離が1km未満の範囲に立地している住宅戸数の総数と全住宅戸数との割合を算出した。ここでは、最寄りの公共公益系施設まで1km未満の距離は成人健常者が無理なく歩ける範囲として仮定している。

さらに、表7で示す8つの項目を統合した社会的コンパクト性を表す指標を以下に示す。本来、社会的コンパクト性を表すためには、様々な項目が含まれていなければならないが、項目別に異なる重み付けを考える必要もある。しかしながら、本研究では入手可能な指標のみを用いていることから、4つの都市への基本的欲求が同等の価値を持つと仮定し、一つの欲求が複数の指標を持つ場合には、それぞれの指標が同等の価値を持つと設定している。

$$(\text{社会的コンパクト性}) = A_1 + 1/2 * (B_1 + B_2) + 1/4 * (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) + D_1$$

表5 コンパクト・シティを具現化するためのアウトカム指標群

基本的欲求	都市政策指標 (例)		アウトカム指標 (例)
安全	防災・防犯	<ul style="list-style-type: none"> <li>○自然災害からの被害を防ぐ社会資本整備</li> <li>○災害緊急時における危機管理の充実</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物火災出火件数/世帯数</li> <li>最寄りの緊急避難所までの距離</li> <li>刑法犯認知件数/人口総数</li> <li>公害苦情件数/人口総数</li> </ul>
	生活環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>○公害のない安全な生活環境の創出</li> <li>○地球環境に負荷をかけない社会資本整備</li> </ul>	交通事故発生件数/人口総数
	交通安全	○誰もが安全に利用できる交通環境の整備	
安心	保健衛生	<ul style="list-style-type: none"> <li>○衛生的で健康に暮らせる生活基盤の整備</li> <li>○公共下水道の整備推進(普及100%)</li> <li>○ゴミの分別・リサイクルの推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみ処理人口、し尿処理人口/人口総数</li> <li>河川水質の変化、水生生物の個体数の変化</li> <li>ごみ衛生処理量/ごみ年間総収集量</li> </ul>
	住宅	<ul style="list-style-type: none"> <li>○バリアフリー住宅ストックの確保</li> <li>○バリアフリー住宅ストックの維持・更新</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>世帯数/総面積</li> <li>着工新設住宅/総面積</li> </ul>
	医療・福祉	<ul style="list-style-type: none"> <li>○医療・福祉施設サービスの更なる充実</li> <li>○人にやさしいまちづくりの推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一施設当たりの平均待機者数</li> <li>最寄りの医療機関までの距離</li> <li>最寄りの老人デイサービスセンターまでの距離</li> </ul>
	教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>○安心して子育てができる環境づくり</li> <li>○学校教育の充実</li> <li>○生涯学習の場や機会の充実</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保育所数・幼稚園数/人口総数</li> <li>小・中・高等学校数/人口総数</li> <li>生涯学習講座のメニュー数/一人当たり</li> </ul>
	産業振興	○地域経済を支える産業基盤の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業粗生産額、工業出荷額、年間販売額/一人当たり</li> <li>市民一人当たりの平均所得の変化(当該自治体)</li> </ul>
	都市施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>○各種公共施設の整備・充実</li> <li>○都市計画道路の整備・充実</li> <li>○生活道路・コミュニティ道路の整備・充実</li> <li>○各種公益系施設の適正配置の促進</li> <li>○都心再生・中心市街地の活性化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公民館数、図書館数、郵便局数/一人当たり</li> <li>最寄りの公民館・集会所までの距離</li> <li>最寄りの郵便局・銀行までの距離</li> <li>最寄りのコンビニエンスストアまでの距離</li> <li>道路利用者、沿道地域住民の満足度の向上</li> </ul>
便利・快適	交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>○広域幹線道路の整備・充実</li> <li>○モーダルシフトの促進(各種TDM施策)</li> <li>○公共交通機関の利便性向上の促進</li> <li>○自転車ネットワーク道路の形成</li> <li>○ITSの普及促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する市町村役場までのアクセス時間の変化</li> <li>自動車保有台数/一人当たり</li> <li>バリアフリー対応可能な駅舎数/一自治体当たり</li> <li>最寄りの公共交通機関(鉄道駅)までの距離</li> </ul>
	自然・都市環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>○緑豊かな潤いある生活環境づくり</li> <li>○都市公園・緑陰歩道の整備</li> <li>○身近な緑の保全</li> <li>○ヒートアイランド対策の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該自治体における緑比率の変化</li> <li>都市公園面積/一人当たり</li> <li>地先管理に関するボランティア団体数の変化</li> <li>最寄りの公園までの距離</li> <li>当該自治体の役所屋上の日中の温度の変化</li> </ul>
美しさ・ゆとり	歴史・文化	<ul style="list-style-type: none"> <li>○歴史・文化資源の保全・継承</li> <li>○美しい都市景観の形成</li> <li>○市民参画型のまちづくりの推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該自治体における景観関連表彰・助成件数の変化</li> <li>当該自治体への観光入りこみ客数の変化</li> <li>当該自治体における電線の地中化率</li> <li>まちづくり組織によるワークショップ開催延べ数の変化</li> </ul>

#### (4) 社会的コンパクト性評価

歩いて暮らせるまちにおける社会的コンパクト性と空間的コンパクト性(人口密度)との関係性を評価するために、表7に示す8指標と人口密度との関係を比較検討した(図8)。最寄りの医療機関、コンビニエンスストアおよび郵便局・銀行まで1km未満の割合は人口密度の増加と強い正の相関があり、人口密度が約50人/haを超えると、最寄りの医療機関およびコンビニエンスストアまで1km未満の割合は約80%、郵便局・銀行まで1km未満の割合は約70%を超える高い値を示している。最寄りの公園・公民館、集会所および緊急避難場所まで1km未満の割合は、前述の3項目に比べてばらつきがあるものの、人口密度増加に伴い、その割合は明らかな増加傾向を示している。一方、最寄りの交通機関(駅)まで1km未満の割合は、人口密度の増加に伴いならかな増加傾向を示すものの、非常にばらつきが大きい。これは、都市によってその地形や政策を反映した異なる交通機関が発達しているためと考えられる。最寄りの老人デイサービスセンターまで1km未満の割合は、人口密度の増加に伴うその割合の増加傾向がほとんど見られない。この理由として、老人デイサービスセンターへの訪問は限られた居住者にとって必要な行為であり、都市居住者全員の日常生活に組み込まれているわけではないことから、すべての居住者にとって最適な配置となっていない可能性が考えられる。

以上の結果より、対象とした社会的コンパクト性のほとんどは人口密度と正の相関があり、社会的コンパクト性の向上には空間的高密度化が必要であることが示された。しかしながら、最寄りの交通機関（駅）や老人デイサービスセンターといった空間的コンパクト性に影響されない項目もあり、コンパクト・シティ実現のためには、都市機能の計画的な配置や普及の必要性もあることが示された。

表6 都市分類

社会資本整備水準（4区分） 全国の自治体を量的インフラの整備基準と施設インフラの整備バランスの関係から分類	スタンダード都市群	約2000の市町村が分類され日本の標準的な都市群。社会資本の整備段階としては最終段階に位置する
	都市面積ゆとり都市群	“一人あたり公園面積”や“公営住宅等比率”への特化傾向が強い
	施設特化型都市群	道路舗装率、ゴミ収集率、下水道普及率など、段階的に行われる施設は未成熟であるが、非段階的に整備が進展する公民館、博物館、特別養護老人ホームなどの施設の整備率には特化傾向が強い
	衛生未達成型都市群	道路舗装率、ゴミ収集率、下水道普及率など特に衛生関連施設の整備率が低い

表7 “歩いて暮らせるまち”の視点から捉えた社会的コンパクト性の評価指標

都市への基本的欲求	最寄りの公共公益系施設群
安全	緊急避難場所（A <sub>1</sub> ）
安心	医療施設（B <sub>1</sub> ）、老人デイサービスセンター（B <sub>2</sub> ）
利便・快適	公民館・集会所（C <sub>1</sub> ）、郵便局・銀行（C <sub>2</sub> ）、コンビニエンスストア（C <sub>3</sub> ）、交通機関（駅）（C <sub>4</sub> ）
美しさ・ゆとり	公園（D <sub>1</sub> ）

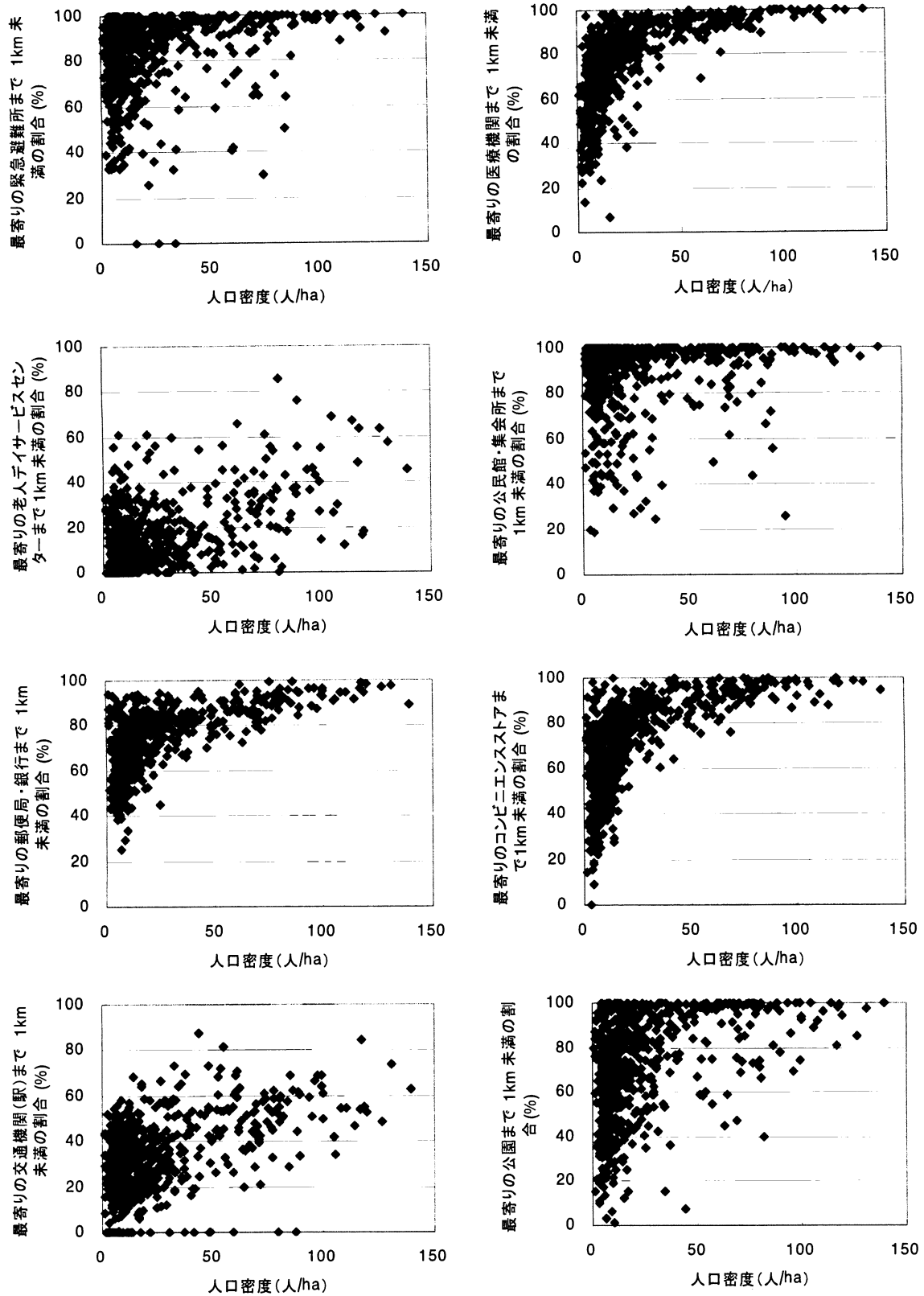


図8 人口密度と社会的コンパクト性の関係

### (5) 複数指標による評価

人口密度と経済・環境の関係を検討した。図9に経済（一人あたりの課税対象所得額、以後、所得額）、環境（一人あたりのゴミ排出量、以後、ゴミ排出量）の関係を示す。まず、所得額とゴミ排出量の関係に着目すると、所得額が約180万円/年を超えると、ゴミ排出量が0.2~0.5t/人/年に収束する傾向が見られるが、所得額の増加に伴いゴミ排出量が単調減少するわけではなく、所得額が200万円/年を超えると、ゴミ排出量も増加傾向を示し、約0.4t/年に達している。ある一定の所得額まではゴミ排出量が減少し、その後なだらかに増加する傾向は、経済発展に伴い都市が高度化され資源利用も効率化されるが、経済発展に伴う生活の質向上により資源消費量も増加するためと考えられる。この時、人口密度別にゴミ排出量および所得額との関係を検討すると、人口密度が50人/ha以下の都市では、所得額は72~214万円/年で低い値に集中し、ゴミ排出量も0.19~0.94t/年とばらつきが大きく、0.6t/年を超える都市は21都市となっている。人口密度が50~100人/haの都市では、所得は約200万円/年と高い値に集中し、ゴミ排出量は0.24~0.54t/年とばらつきが小さく、0.4t/年程度に集中している。人口密度が100人/ha以上の都市は、人口密度が50~100人/haの都市とほとんど変わらない性状を示している。

以上の結果より、人口密度はある一定段階まで経済成長と共に増加し、同時にゴミ排出量は低減する傾向が示されたが、経済状態や人口密度がある一定レベルに達すると、逆にゴミ排出量が増加する傾向も示され、空間的コンパクト性向上の効用にも限界があることが示唆された。

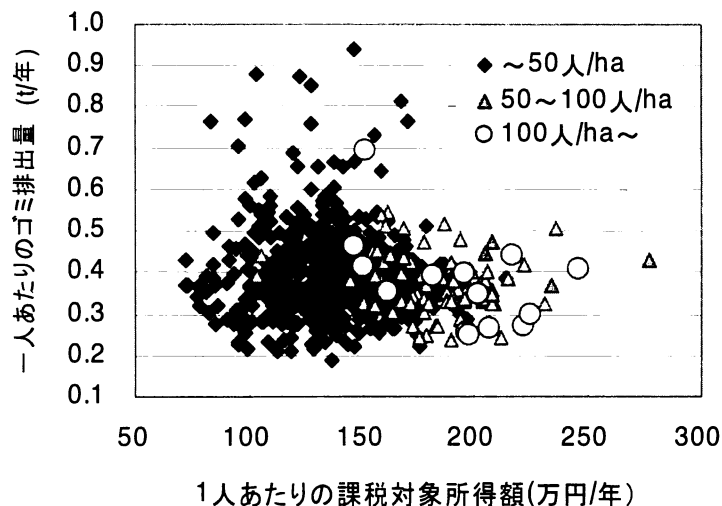


図9 人口密度と経済・環境の関係

### (6) グループ化による評価

空間的コンパクト性と経済、環境、社会の関係について検討を行った。対象とする672都市すべてにおいて、複数指標を同時に比較検討することは非常に困難なため、人口密度を6区分し（G1：25人/ha以下、G2：25~50人/ha、G3：50~75人/ha、G4：75~100人/ha、G5：100~110人/ha、G6：110人/ha以上）、所得額、ゴミ排出量、社会的コンパクト性の傾向を比較検討した（図10）。ここで示

す社会的コンパクト性は、表7で示す8つの項目を統合した指標である。

人口密度が低いG1、G2は所得額が低く、ゴミ排出量はその値が低い都市もあるものの、最大値はそれぞれ0.94、0.85t/年に達しており、社会的コンパクト性もばらつきはあるものの低い値を示している。G1と比べG2は所得額が高く、ゴミ排出量は低減され、社会的コンパクト性も向上しているものの、G3～G6と比べると、所得額および社会的コンパクト性が特に低くなっており発展途上の都市群である。G3～G6を比較すると、浦添市（103万円/年）、那覇市（106万円/年）、芦屋市（277万円/年）を除き、所得額に関してはほぼ同等の値を示している。ゴミ排出量に関しては、G5の最大値が最も低く（0.39t/年）、最も人口密度の高いG6では、非常に高い値を示している大阪市（0.69t/年）を除いても、G5よりゴミ排出量が増加している傾向がみられる。社会的コンパクト性に関しては、最大値を比べるとG3～G6はすべて90%を超えており、G5とG6のばらつきはほぼ同様の値となっており、ゴミ排出量と同様に空間的コンパクト性向上による効用の限界が示された。

以上の結果より、人口密度50人/ha以上の都市群は、本研究で定義するコンパクト・シティ「空間的、機能的に高密度化し、環境負荷が最小でアメニティが最大となるような都市」実現の可能性があるが、過度の経済発展や人口の集中はかえって妨げとなる可能性が示唆された。

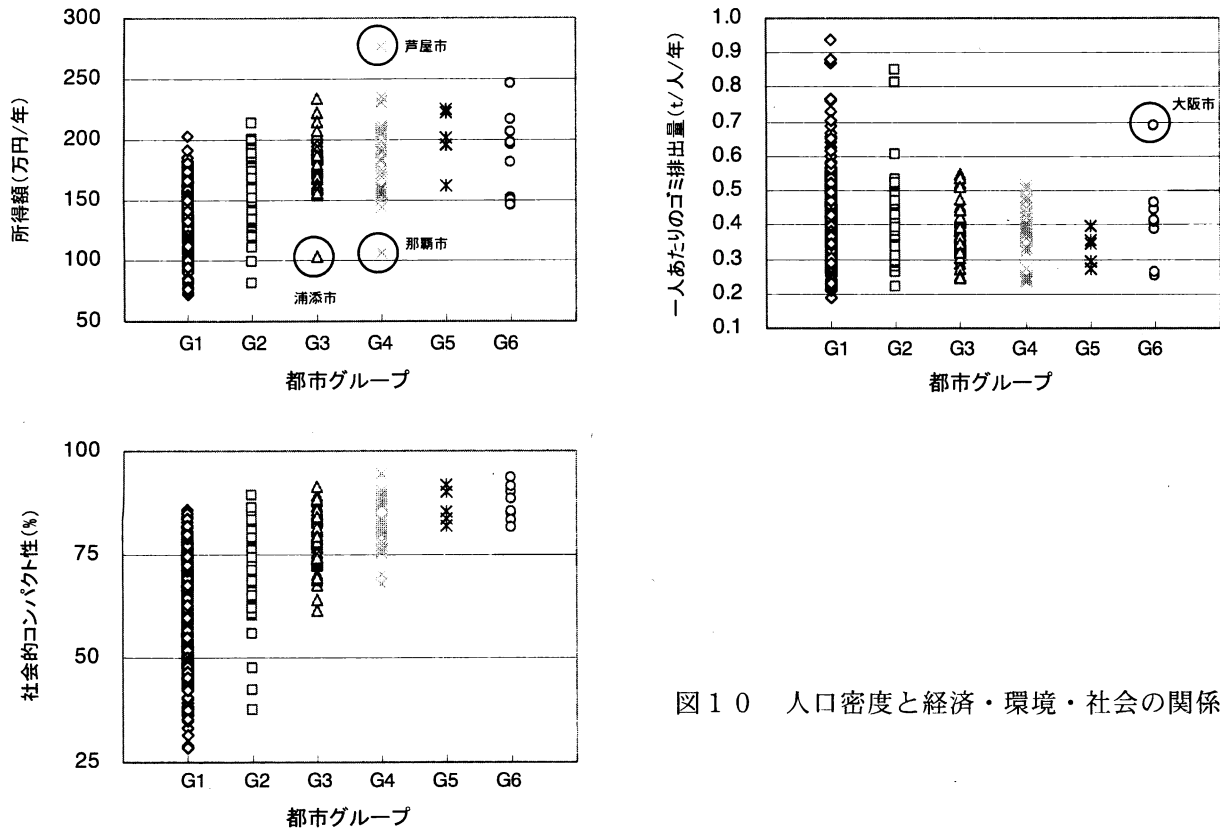


図10 人口密度と経済・環境・社会の関係



## 5. 本研究で得られた成果

本研究では、持続可能な都市の在り方を検討するために、環境、社会、経済、コンパクト性を考慮した都市総合評価の枠組みを提案した。都市データベースを活用し、人口密度に着目して様々な視点から都市環境評価を行った。得られた成果を以下に記す。

- 1) マクロな視点から様々な指標を用いて都市環境評価を行った結果、快適な生活環境の実現には、ある一定の経済力や人口密度が必要であることが示された。しかしながら、人口密度が 200 人/ha を超えると通勤時間・距離が増加する傾向が示された。また、交通に関連する排出ガス量は人口密度が 100 人/ha までは減少傾向を示すが、100 人/ha を超えると徐々に増加する傾向を示した。この結果、過度な高密度化は負荷の増大を示す可能性が示唆された。
- 2) 都市形態と人口密度の関係を、途上国から先進国への発展の観点から調査した結果、都市形態は年代毎に形態、人口密度が明らかに変化しており、コンパクトな都市想像には計画的な発展が必要であることが示された。
- 3) エコロジカル・フットプリントを活用した都市総合評価の結果、過度に高密度な都市は、食料消費やエネルギー使用量の観点から評価すると、過大な資源消費を導く可能性が示唆され、適切な人口密度を維持する必要性が示された。
- 4) 人口密度、経済、環境、社会的コンパクト性を考慮した統合評価を行った結果、人口密度はある一定段階まで経済成長と共に増加し、ゴミ排出量は減少する傾向が示されたが、経済状態や人口密度がある一定レベルに達すると、逆にゴミ排出量が増加し、空間的コンパクト性向上の効用にも限界があることが示された。

## 6. 引用文献

- 1) OECD (1978): Urban Environmental Indicators, OECD, Paris.
- 2) ICLEI (2000): Measuring Progress CITIES 21 PILOT PROJECT FINAL REPORT, ICLEI, Toronto.
- 3) OECD (1993): OECD core set of indicators for environmental performance reviews, OECD Environment Monographs No. 83, OECD, Paris.
- 4) Haan C., Steinfeld H. and Blackburn H. (1998): Livestock & the Environment FINDING A BALANCE, FAO, USAID, World Bank.
- 5) Segnestam L. (2002): Indicators of Environment and Sustainable Development Theories and Practical Experience, World Bank, Washington, D. C.
- 6) 日本建築学会・超々高層特別研究委員会 (2000): 特別研究 19 超々高層のフィージビリティ II. 343pp.
- 7) New Zealand Ministry for the Environment (2000): Technical Paper No. 64 □ Key Urban Amenity Approaches, prepared for the Ministry for the Environment by Glasson Potts Group Ltd.
- 8) OECD (2002): OECD Environmental Indicators: Towards Sustainable Development 2001, OECD.
- 9) United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) (2002): GLOBAL URBAN INDICATORS DATABASE, Global Urban Observatory, United Nations Publication.
- 10) European Communities (2000): The Urban Audit Towards the Benchmarking of Quality of Life in 58 European Cities, Volume III: The Urban Audit Manual, Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.

- 11) Barrett J. and Scott A. (2001) : An Ecological Footprint of Liverpool: Developing Sustainable Scenarios, Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- 12) Barrett J., Vallack H., Jones A. and Haq G. (2002) : A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York, Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- 13) World Economic Forum (2002), 2002 Environmental Sustainability Index, An Initiative of the Global Leaders for Tomorrow Environment Task Force, Yale Center for Environmental Law and Policy, <http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI>.
- 14) Secretariat of the Summit Conference of Major Cities of the World (2000) : Major Cities of the World 2000, Tokyo Metropolis, Tokyo.
- 15) World Bank (2002) : The 2002 World Development Indicators CD-ROM, World Bank, Washington, D. C.
- 16) Jeffrey R. K. and Felix B. L. (1999) : An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990, the University Press of Colorado.
- 17) Wackernagel M. and Rees W. (1996) Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers, Gabriola Island.
- 18) World Wide Fund for Nature (2002) : Living Planet Report 2002, WWF-International, Gland.
- 19) 総務省統計局 (2002) : 統計でみる市区町村のすがた 2002, <http://www.stat.go.jp/data/ssds/5b.htm>.
- 20) 経済産業省統計局 (1995) : 平成7年地域間産業連関表.
- 21) National Land Agency' s Planning and Coordination Bureau (1996) : Social Capital as Viewed from the Satisfaction Level, Ministry of Finance' s Printing Bureau, Tokyo.
- 22) Statistics Bureau of the Management and Coordination Agency (1998) : 1998 Residential and Statistical Survey, <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/1998/8.htm>. (in Japanese)

## 7. 国際共同研究等の状況

なし

## 8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

- ① Hijioka, Y., H. Harasawa, S. Kawai, Y. Mitsuoka and R. Nakao : Journal of Global Environment Engineering, 10.

“A Comprehensive Urban Evaluation Method for the Realization of Sustainable Compact Cities” (印刷中)

<学術誌 (査読なし)>

- ① 脇岡靖明, 原沢英夫, 川合史郎, 三岡裕介, 中尾理恵子 : 第31回環境システム研究論文発表会講演集, 485-490 (2003)

「持続可能なコンパクトシティ実現のための都市総合評価手法の検討」

<書籍>

なし

<報告書類>

なし

(2) 口頭発表

- ① 原沢英夫、肱岡靖明、川合史朗、三岡裕介、中島理恵子：日本計画行政学会大会第25回全国大会研究報告要旨集、237（2002）  
「コンパクト・シティ総合評価のための都市データベース」
- ② 肱岡靖明、原沢英夫、川合史朗、三岡裕介、中尾理恵子：第11回地球環境シンポジウム講演論文集、35-40（2003）  
「持続可能なコンパクトシティ実現のための都市総合評価手法の検討」
- ③ 肱岡靖明、原沢英夫、川合史朗、三岡裕介、中尾理恵子：日本計画行政学会大会第26回全国大会研究報告要旨集、330（2003）  
「持続可能なコンパクトシティ評価のための都市データベースの構築とその応用」
- ④ 肱岡靖明、原沢英夫、川合史朗、三岡裕介、中尾理恵子：日本計画行政学会大会第26回全国大会研究報告要旨集、330（2003）  
「持続可能なコンパクトシティ評価のための都市データベースの構築とその応用」
- ⑤ 肱岡靖明、原沢英夫、川合史朗、三岡裕介、中尾理恵子：第6回日本環境共生学会学術大会、（2003）  
「総合指標による都市コンパクト性評価」
- ⑥ Hijioka, Y., H. Harasawa, S. Kawai, Y. Mitsuoka and R. Nakao : The 2003 Open Meeting Human Dimensions of Global Environmental Change, Montreal, Canada, 16-18 October (2003)  
"Comprehensive framework for city evaluation on sustainable compact city development"

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

今後、関連学会での発表や学術誌への投稿を通じて、成果の広報・普及に努める。