

图 4-16 德島市：工場排熱量（温水）

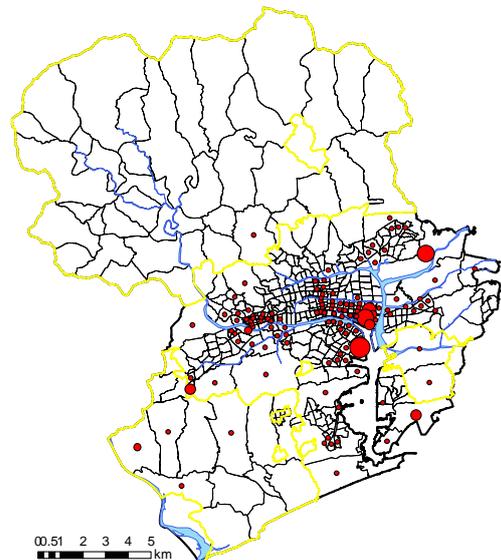


图 4-17 高知市：工場排熱量（温水）

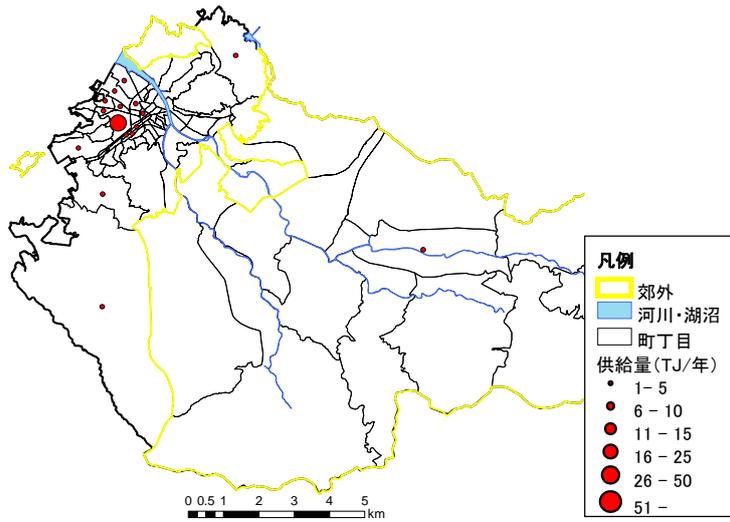


图 4-18 水俣市：工場排熱量（温水）

4-3 今後の検討が必要となる再生可能エネルギー

本年度新たに検討を加えた供給推計手法および、昨年までに検討が行われてきた供給推計手法の対象の一覧は下記の通りである。再生可能エネルギーについては、地域特性に応じた多様なオプションが考えられ、今後はさらに多くの再生可能エネルギーを対象としていくことが必要である。今後追加が求められるオプションの中でも、太陽熱、地中熱、雪氷熱についての計算の大まかな考え方について以下に記載する。

なお、ここで示した推計手法はあくまでも一例であり、今後、推計方法やデータの入手可能性等について詳細な検討が必要である。

表 4-6 供給推計手法の対象一覧

対象	熱/電気	
清掃工場排熱	熱	
工場排熱(蒸気・温水)	熱	
下水熱	熱	
河川熱	熱	
木質系バイオマス	熱	
食品系バイオマス	熱	電気
コージェネレーション機器	熱	電気
太陽光発電		電気

(1) 太陽熱

太陽熱利用システムは、集熱器によって太陽熱を集め温水や温風を作り、給湯や冷暖房に利用するシステムである。国内で最も普及しているのは、戸建住宅用太陽熱温水器であるが、ホテル、病院、福祉施設など業務用建物でも使用されている。



図 4-19 太陽熱利用システム³⁴

太陽熱利用システム利用(戸建住宅)により得られる熱量 H_s は次の方法で求められる。

³⁴ 出所：資源エネルギー庁 HP

【算定式】

$$H_s \text{ (MJ/y)} = AH \text{ (m}^2\text{/棟)} \times NH \text{ (棟)} \times D \text{ (kWh/m}^2 \cdot \text{d)} \\ \times 365 \text{ (d/y)} \times K \times 3.6 \text{ (MJ/kWh)}$$

AH：戸建住宅 1 戸あたりの標準導入規模 (=4 m²/棟^{※1})

NH：戸建住宅棟数

D：年間最適傾斜角の平均日射量

K：集熱効率

※1 戸建住宅 1 戸あたりの標準導入規模=4 m²/棟 (資源エネルギー庁「平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業 (太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能性に関する調査) 報告書」)

(2) 地中熱

地中熱とは、浅い地盤中に存在する低温の熱エネルギーのことであり、地中温度は地下 10～15m の深さになると、年間を通して温度が一定である。地中熱利用システムは、地中温度と外気温度との温度差を利用するシステムのことで、夏場は、外気温度よりも地中温度が低く、冬場は外気温度よりも地中温度が高いことから、この温度差を利用して効率的な冷暖房等を行う。

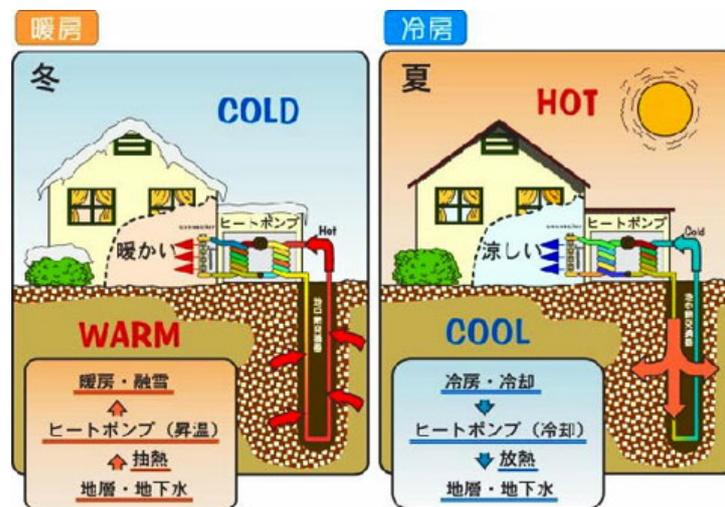


図 4-20 地中熱利用システム³⁵

地中熱利用システム利用により得られる熱量 H_e は次の方法で求められる。

³⁵ 出所：地中熱利用促進協会HP

【算定式】

$$H_e \text{ (MJ/y)} = S \text{ (m}^2\text{)} \times X \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{d)} \times 365 \text{ (d/y)} \times K$$

S : 熱利用面積
X : 単位面積あたりの日平均採熱量
K : 設備利用率

(3) 雪氷熱

雪氷熱利用システムは雪や氷の冷熱エネルギーを利用するシステムで、雪や氷の冷熱エネルギー冬の間に降った雪や、冷たい外気を使って凍らせた氷を保管し、冷熱が必要となる時期に使用する。寒冷地を中心に導入が期待されるシステムである。



図 4-21 雪氷熱利用システム³⁶

雪氷熱利用システム利用により得られる熱量 H_{si} は次の方法で求められる。

【算定式】

$$H_{si} \text{ (MJ/y)} = A_s \text{ (m/y)} \times S_a \text{ (m}^2\text{)} \times D \text{ (kg/m}^3\text{)} \times Q_c \text{ (MJ/kg)}$$

A_s : 年間降雪量
 S_a : 集雪面積
 D : 雪密度
 Q_c : 雪の融解熱量 (=0.335MJ/kg)

³⁶ 出所：新エネルギー財団HP

5. 熱需給マッチング手法の構築

5-1 概要

熱のマッチング範囲についてはステージ1では「市レベル」、ステージ2では「町丁目レベル」でマッチング計算を行う。

特に、熱については熱供給距離の制約が考えられるため、ステージ2において距離制約を考慮した熱需給マッチング手法の構築を行う。

5-2 需給マッチングの考え方

(1) 電気と熱の扱いについて

1) 電気

基本的には系統に流すこととなるので、距離制約を考慮したマッチング計算を行う必要性がない。ステージ1・2とも「市レベル」でマッチング計算を行う。

2) 熱

熱輸送を行う上での現実的な距離制約が存在するため、距離制約を考慮したマッチング計算を行う必要がある。

ステージ1では「市レベル」、ステージ2では「町丁目レベル」でマッチング計算を行う。ステージ2では、熱供給範囲として、「0.5km」（低温未利用熱の距離制約）、「2km」（高温未利用熱の距離制約）、「20km」（熱供給事例における蒸気最長輸送距離）の3ケースでマッチング計算を行う。

(2) 熱需給マッチングの基本方針³⁷

需要側が必要とする熱の温度レベル及び供給側が供給する熱の温度レベルについては、様々なケースが想定される。ここでは、供給側が供給する熱を高温熱と低温熱に分け、高温熱は高温熱需要が大きいと思われる産業部門へ、低温熱は業務・集合住宅部門に配分されるものとして、熱のマッチングを行う。

1) 供給側メニューの分類

供給側メニューについて、高温熱と低温熱に分類する³⁸。

高温熱については、清掃工場排熱、工場排熱（蒸気）、コージェネ（食品系 BM によるガス化コージェネも含む）を指すものとする。

低温熱については、下水、河川水、工場排熱（温水）を指すものとする。

³⁷ 産業部門を需要家とした熱のマッチングにおいては、供給される熱の温度や圧力を考慮しておらず、マッチング量が過大評価される可能性がある点に留意が必要である。過大評価なく、精緻な計算を行うためには、個別調査が必要である。

³⁸ 高温熱、低温熱の区分は昨年度報告書に従い、高温熱は概ね 80℃以上の熱、低温熱は概ね 80℃以下の熱とする。

2) 需要側の部門の分類

需要側の部門分類として、産業部門（需要グループA）と民生業務+集合住宅（需要グループB）とに分類する。

需要グループAについては、産業部門の熱需要³⁹を指すものとする。

需要グループBについては、業務部門の熱需要と家庭部門のうち集合住宅分⁴⁰の熱需要を指すものとする。

3) マッチングにおける供給と需要の対応関係

高温熱と需要グループA、低温熱と需要グループB（業務+集合住宅）をマッチングさせることとする。

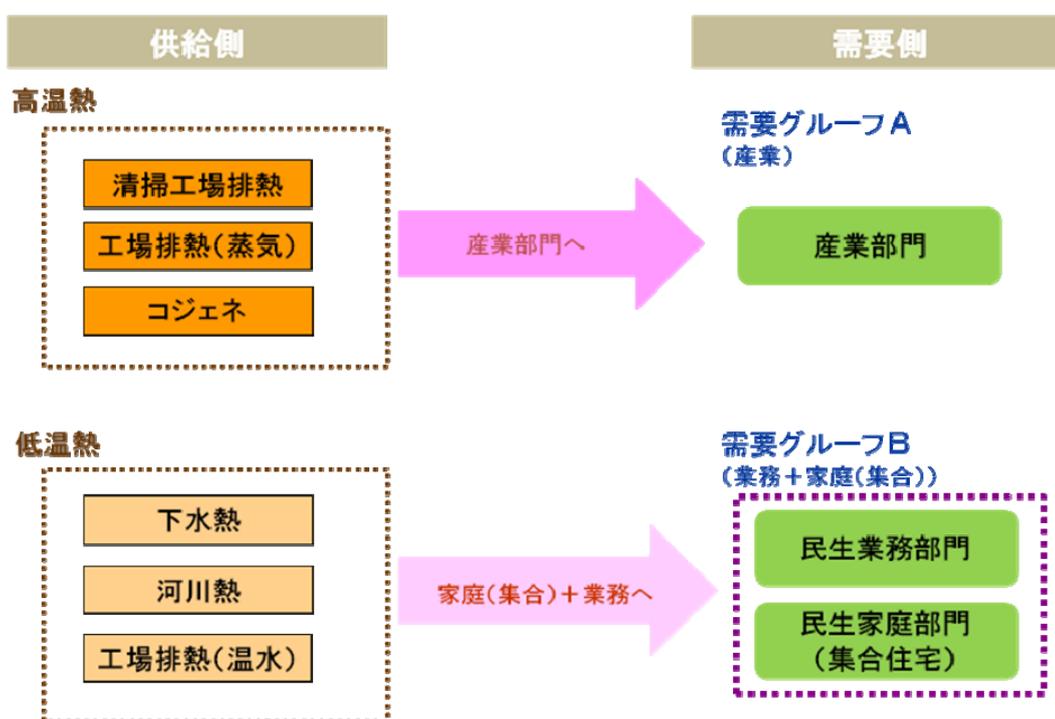


図 5-1 マッチングにおける供給と需要の対応関係

³⁹ 産業部門を需要家とした熱のマッチングにおいては、供給される熱の温度や圧力を考慮しておらず、マッチング量が過大評価される可能性がある点に留意が必要である。過大評価なく、精緻な計算を行うためには、個別調査が必要である。

⁴⁰ 民生家庭（戸建）は一般的に個別住宅に熱供給を行うことは現実的ではないため、熱需給マッチングの対象としない。

5-3 町丁目単位（ステージ2）における需給マッチング計算

(1) 数値計算アルゴリズム

1) 距離行列の作成

ゾーンを町丁目単位とし、各ゾーン重心間距離行列を作成する。

2) ランク行列の作成

ゾーン重心間距離行列の、行列の要素を昇順で並べた際のランク行列を作成する。

3) 熱の配分計算

ランク行列の値が小さいゾーンから優先して熱の配分を行う。なお、ゾーン熱需要量への熱供給配分を行う都度、熱源の供給余力を逐次更新し、未利用熱源から一定距離以内の全町丁目を対象とした配分計算を行う。

配分計算のSTEPは下図の通り。

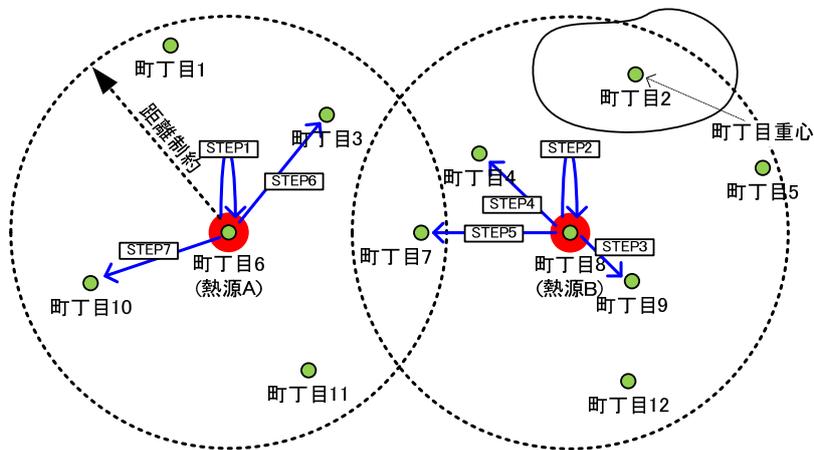


図 5-2 数値計算アルゴリズムのイメージ

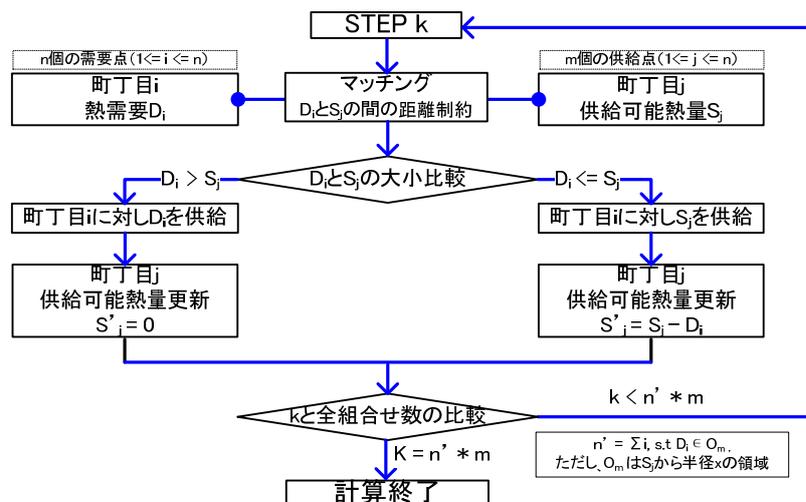


図 5-3 数値計算アルゴリズムのフロー

(2) マッチング計算ツール

1) 概要

需要情報（産業需要 sheet、家庭業務需要 sheet）、供給情報（高温熱供給 sheet、低温熱供給 sheet）においてデータ入力を行い、プログラムを実行し、熱輸送上限距離をパラメータとして任意に設定することでマッチング結果が出力される。

プログラムは Microsoft Excel VBA にて構築しており、Excel を利用できる環境であれば利用が可能である。



図 5-4 プログラムのインターフェース (Excel の入出力画面)

2) データの入力

需要情報（産業需要 sheet、家庭業務需要 sheet）、供給情報（高温熱供給 sheet、低温熱供給 sheet）において下表のようなフォーマットで情報を入力する。

KEYCODE という列は、GIS を使って町丁目ポリゴンにデータを結合する際に用いるものであり入力を省略することも可能である。この情報をもとに、ポリゴンデータとのテーブル結合を行うことで、熱需要、熱供給、熱需要カバー率などに関する主題図を作成することが可能となる。

KEYCODE、MOJI、X_CODE（経度）、Y_CODE（緯度）については、総務省統計局「地図でみる統計」において公開およびダウンロード可能な“国勢調査(小地域集計)”に収録されているものを利用する。

表 5-1 需要 sheet の例

KEYCODE_E	MOJI	X_CODE	Y_CODE	熱需要
39201001001	上町1丁目	133.526210	33.556220	xxxx TJ/年
39201001002	上町2丁目	133.524050	33.556160	xxxx TJ/年
39201001003	上町3丁目	133.521940	33.556310	xxxx TJ/年
39201001004	上町4丁目	133.519760	33.556320	xxxx TJ/年
39201001005	上町5丁目	133.517750	33.556570	xxxx TJ/年
392010020	本丁筋	133.516250	33.557290	xxxx TJ/年
392010030	水通町	133.516630	33.556610	xxxx TJ/年
392010040	通町	133.516680	33.555890	xxxx TJ/年
392010050	唐人町	133.541400	33.556140	xxxx TJ/年
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表 5-2 供給 sheet の例

KEYCODE_E	MOJI	X_CODE	Y_CODE	熱供給
39201150002	萩町2丁目	133.557560	33.544220	xxxx TJ/年
39201152200E1	仁井田(その1)	133.567960	33.521560	xxxx TJ/年
39201152201	仁井田(その2)	133.583590	33.516430	xxxx TJ/年
392011600	布師田	133.590130	33.581220	xxxx TJ/年
39201208000	長浜(その1)	133.545000	33.493790	xxxx TJ/年
392012170	大津甲	133.613330	33.574620	xxxx TJ/年
392012180	大津乙	133.594150	33.570420	xxxx TJ/年
392012690	弘岡上	133.450360	33.506180	xxxx TJ/年
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

6. 推計手法の適用

6-1 概要

構築した需要推計手法、供給推計手法、熱需給マッチング手法を、本年度対象である3都市に適用することで、推計手法の適用結果の分析を行う。

6-2 適用都市の選定

過年度までは都市部の地域が主であった。地球温暖化対策地方公共団体実行計画⁴¹は、地球温暖化対策の推進に関する法律において、都道府県、政令市、中核市及び特例市は、実行計画(区域施策編)の策定義務が課されているものであり、その他の市区町村については、実行計画(区域施策編)の策定は努力規定となっている。

しかし、今後、低炭素化社会を推進していく中において、その他の市区町村での計画策定についても期待される場所である。加えて、昨年度までは、神奈川県川崎市、福岡県北九州市といった大都市が対象であった。今後の低炭素化の促進等を鑑みると、昨年度までに対象とされていない、地方中核都市レベル、さらに地方中核都市レベル以下で企業城下町を有する地方都市についての推計手法を適用する意義が大きいと考えられる。

(1) 地方中核都市

バイオマス賦存量が期待され、エネルギー需要も存在する地方中核都市として、徳島市、高知市を選定する。両市は、土地利用・交通研究会での適用都市候補であり、将来的なコンパクトシティ施策との連動可能性を睨んだものである。

(2) 地方都市

企業城下町として発達した地方都市として水俣市を選定する。同市は環境首都として環境に対する取り組みを積極的に行っており、具体的な低炭素化事業についての取り組みが行われている

⁴¹ 地球温暖化対策地方公共団体実行計画(区域施策編)策定支援サイト
http://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/kuiki/index.html

6-3 地域特性の把握・評価

(1) 地域特性の把握・評価

1) 地域特性の把握・評価の目的

再生可能エネルギー対策・施策を講じる場所の選定論理および、特定した場所に優先して適用すべき対策・施策を決定するための論理および根拠を示すことを目的とし、地域（行政区域全体、特定の地区・街区等）特性の把握・評価を行う。

市域全体の民生家庭部門・業務部門を捉え、各自治体が低炭素化計画を策定する上での市の現状および特性の把握・評価を行うために利用する。

①対策・施策を講じる場所の選定根拠の担保

対策・施策を講じる場所の選定を行う上で、エネルギー消費量の多い地域や、エネルギー消費量の多さの原因を把握する必要がある。

エネルギー消費の原因となる家計や企業の立地、さらに家計や企業の立地の原因となる自然・地形および交通インフラの状況などの市街地形成メカニズムを踏まえて、地域特性の把握・評価を行うことで、例えば、コンパクトシティ化に適した地域の把握を行うことができる。

②特定の場所に優先して適用すべき対策・施策の決定における根拠の担保

特定の場所に優先して適用すべき対策・施策は、他の場所と比較した再生可能エネルギー利用の相対的な優位性に基づき決定される。

例えば、エネルギー消費量が同程度であっても、周囲に河川などの低温未利用熱源がある場合、周囲に工場排熱などの高温未利用熱源がある場合、もしくは、これらの熱源が無い場合（太陽光発電により補うなど）など、地域の特性に応じて、優先して適用すべき対策・施策が異なる。

市街地形成メカニズムを考慮した地域特性の把握・評価を行うことで、エネルギー消費と供給ポテンシャルの組み合わせに応じた対策・施策の決定を論理立てて行うことができる。

2) 地域特性の把握・評価手法の考え方

市街地形成メカニズムを考慮に入れることで、再生可能エネルギー対策・施策の対象となる地域（行政区域全体、特定の地区・街区等）の特性の把握・評価を行う。

①市街地形成メカニズムとエネルギー需要の関係の考慮

- ・人口密度が高いほど地価は高く、戸建住宅よりも集合住宅が建設される。
- ・人口密度が高い（低い）場所は自然・地形や交通利便性の影響を受け出現する。
- ・以上の市街地形成メカニズムがエネルギー消費と関係しており、世帯人員が同じであれば、戸建住宅よりも集合住宅の方が1人当たりエネルギー消費量は少ない。

②市街地形成メカニズム把握のための項目

- ・人口密度が高いほど地価は高く、戸建住宅よりも集合住宅が建設される。
- ・家庭部門については、住宅の建て方の分布や、世帯人員別世帯の立地状況。
- ・業務部門については、エネルギー消費量の多い産業の事業所数の立地状況。
- ・自然（河川など）や地形（平地 or 盆地）などの地勢。
- ・交通インフラ（鉄道・鉄道駅、道路など）の状況。

③産業の立地とエネルギー供給の関係の考慮

- ・産業部門である工場は、エネルギー供給源となる。
- ・企業城下町のような工場の集積地は熱需要密度が高く、熱供給源としても捉えられる。

3) 地域特性の把握・評価のための手順

住宅の建て方別の立地、産業別事業所の立地、自然・地形、交通インフラの市街地形成メカニズムの構成要素を図面として表現することで、分析を行う。

視覚的分析は経済活動特性とCO₂排出量との因果関係を踏まえて行う。因果関係の基本的な構図として、輸送費用や水力発電のための河川の存在など土地利用特性が、工場などの産業の立地選択に影響し、さらにこのことが事業所の立地選択に影響し（経済活動特性）、業務部門のCO₂排出量に影響すると考える。さらに、工場や事業所の立地（経済活動特性）が家計の立地選択に影響し、地域の人口特性が現れ、家計部門のCO₂排出量に影響すると考える。なお、建築物特性は人口特性と相互関係にあり、開発・更新スケジュールは将来の土地利用特性・経済活動特性に対して影響を及ぼし、間接的にCO₂排出量の要因となると考える。このようなメカニズムに基づき視覚的分析を行う。

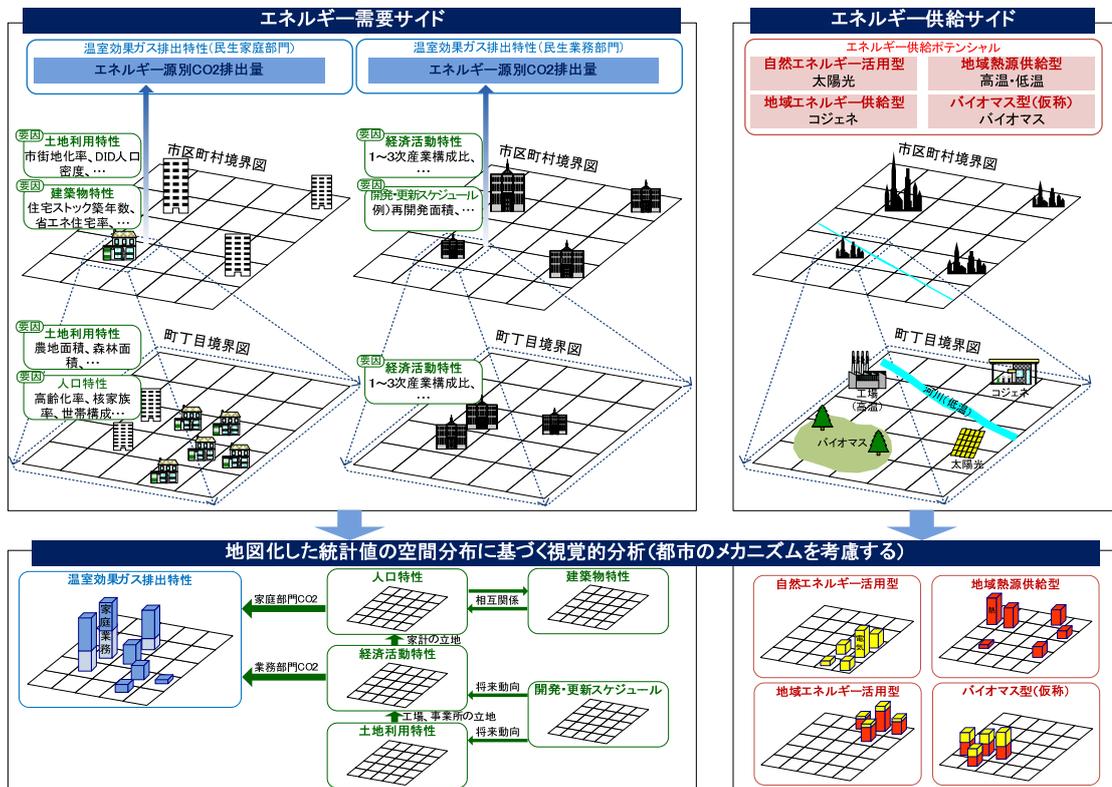


図 6-1 視覚的分析による地域特性の把握・評価イメージ

(2) 対象都市の地域特性

1) 対象都市の概略

推計手法を適用する、3都市の人口規模は、徳島市26万人、高知市34万人、水俣市2.6万人程度となっている。特に、高知市の製造品出荷額上位3業種の割合(2010年)において第3位となっている鉄鋼業については、製造工程からの排熱割合が大きい業種であり、産業部門からの排熱量の大きさがうかがえる。

表 6-1 対象都市の概略⁴²

		徳島市	高知市	水俣市	
都市構造	市域面積(2010年)	191.62 km ²	309.22 km ²	162.9 km ²	
	歴史	町の成立ち	城下町	城下町	
	交通	路面電車	なし	土佐電鉄 (伊野線、後免線、棧橋線)	なし
人口等	人口(2010年)	264,548人	343,393人	26,978人	
	世帯数(2010年)	111,434世帯	150,567世帯	10,864世帯	
産業	従業者数(2006年)	139,412人	160,190人	12,809人	
	従業者の産業 構成 (2006年)	農林漁業	0.20%	0.20%	0.50%
		鉱業	0.00%	0.10%	0.00%
		建設業	6.80%	7.50%	7.80%
		製造業	9.90%	6.10%	17.00%
		電気・ガス・熱供給	0.60%	0.50%	0.20%
		情報通信業	2.80%	2.40%	0.20%
		運輸業	3.30%	4.00%	3.90%
		卸売・小売業	22.10%	24.70%	20.00%
		金融・保険業	4.20%	3.70%	1.60%
		不動産業	1.90%	1.60%	1.50%
		飲食店・宿泊業	9.00%	9.40%	6.00%
		医療・福祉	12.20%	14.70%	20.60%
		教育・学習支援業	5.70%	5.30%	3.80%
		複合サービス事業	0.80%	1.30%	1.90%
		サービス業	16.50%	14.40%	12.00%
		公務	4.10%	3.90%	3.00%
製造品出荷額(2010年)		4,902億円	1,319億円	839億円	
製造品出荷 額上位3業種 の割合 (2010年)	製造品出荷額 第1位	化学工業: 73.8%	食料品製造業: 21.1%	化学工業: 81.2%	
	製造品出荷額 第2位	食料品製造業: 4.5%	輸送用機械器 具製造業: 18.4%	木材・木製品製 造業: 10.3%	
	製造品出荷額 第3位	飲料・たばこ・飼 料製造業: 4.0%	鉄鋼業: 13.8%	プラスチック製 品製造業: 4.7%	

⁴² 出所：平成22年国勢調査、平成18年事業所企業統計調査、平成22年工業統計表

2) 町丁目ゾーン⁴³

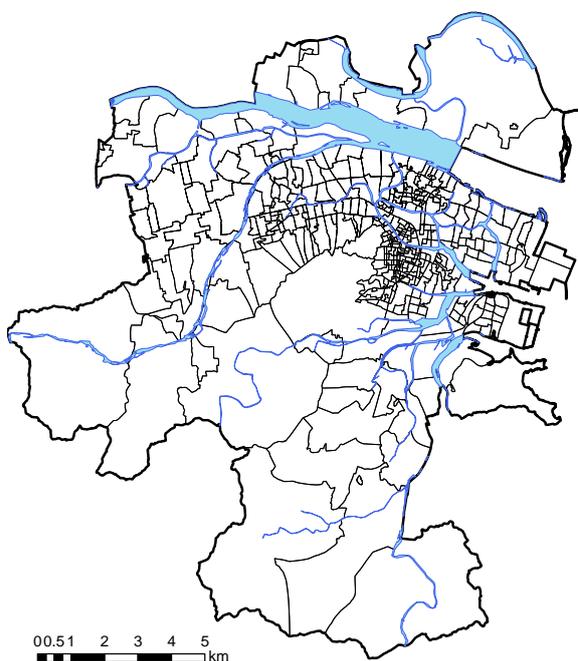


図 6-2 徳島市：町丁目ゾーン

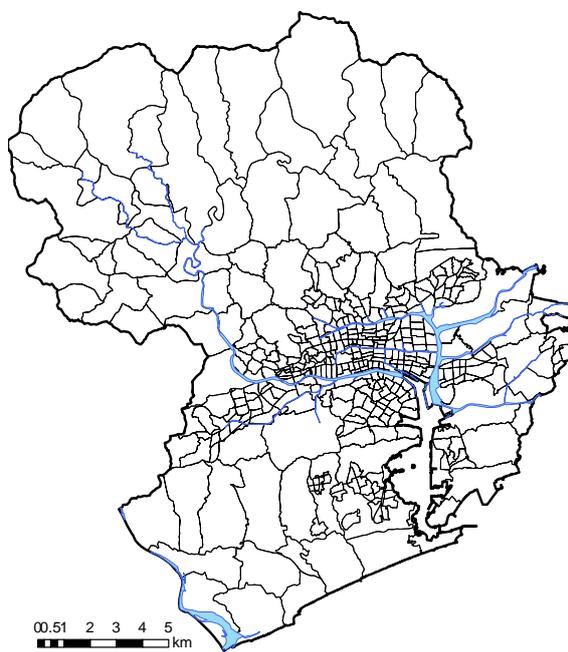


図 6-3 高知市：町丁目ゾーン

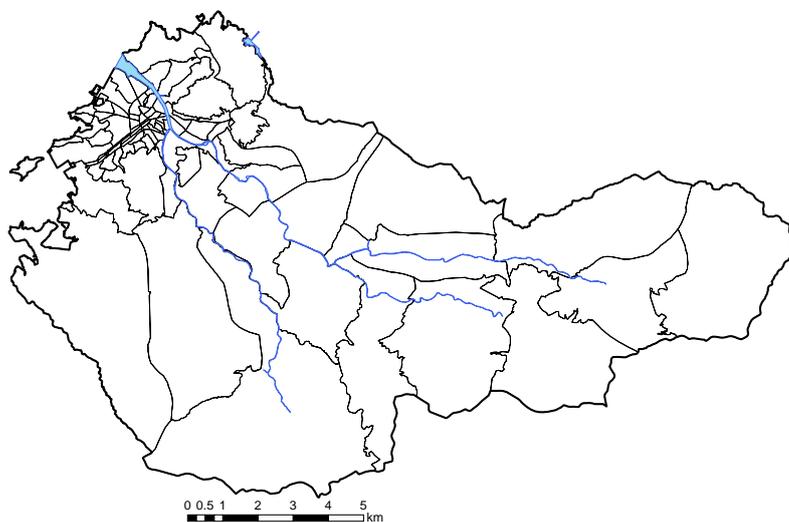


図 6-4 水俣市：町丁目ゾーン



⁴³ 出所：数値地図 25000、平成 22 年国勢調査

3) 市街地・郊外、鉄道ネットワーク⁴⁴

最寄鉄道駅まで3km以上かつ未利用地⁴⁵割合が7割以上の町丁目ゾーンを郊外（下図：黄色）それ以外の町丁目ゾーンを市街地とした（下図：白色）。

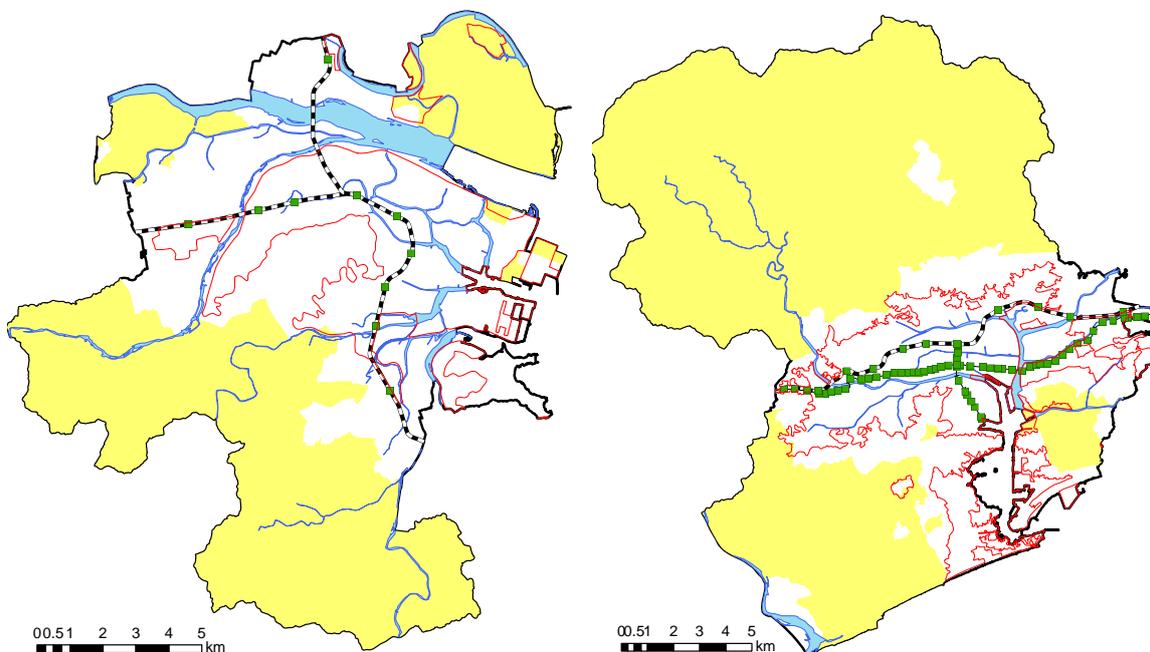


図 6-5 徳島市：市街地・郊外、鉄道ネットワーク 図 6-6 高知市：市街地・郊外、鉄道ネットワーク

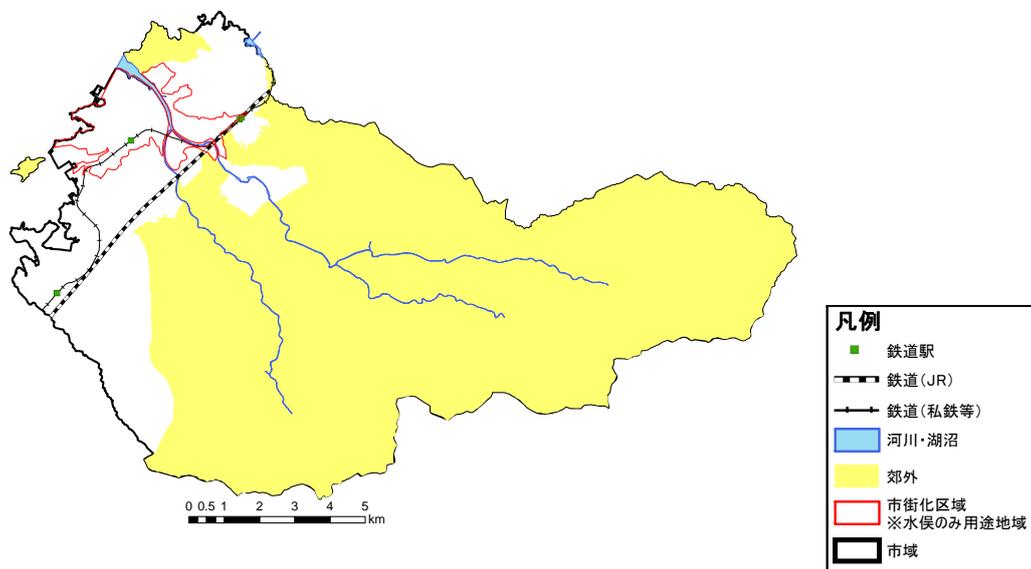


図 6-7 水俣市：市街地・郊外、鉄道ネットワーク

⁴⁴ 出所：数値地図 25000、平成 22 年国勢調査、国土数値情報

⁴⁵ 未利用地とは田・その他農用地（麦、陸稲、野菜、草地等）・建物用地・その他の用地のうち、宅地化されていない用地（≒空地）を指す。

4) 家計の立地

①概要

対象の3市ともに、市街地に90%程度の世帯が含まれる。郊外よりも市街地の方が、集合住宅割合が高く、単身世帯割合も高い。

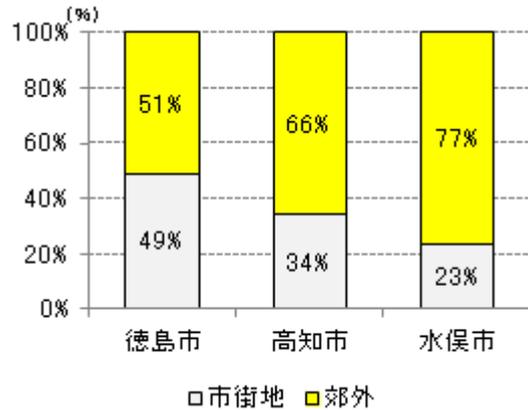
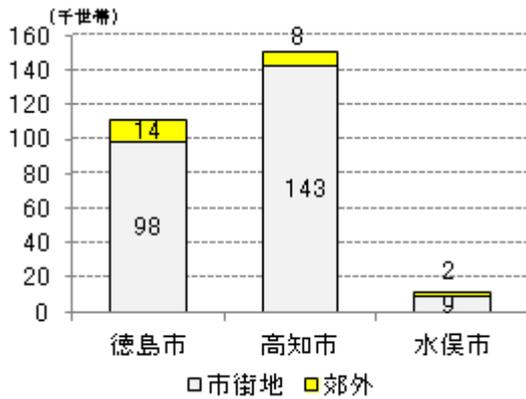


図 6-8 市街地と郊外の一般世帯数

図 6-9 市街地と郊外の面積割合

市街地と郊外の世帯人員別世帯割合は下図の通りである。

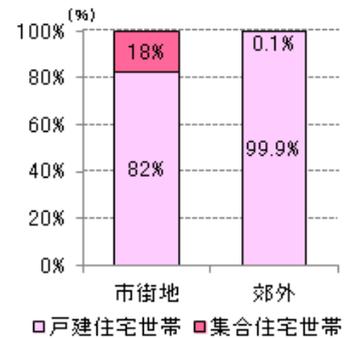
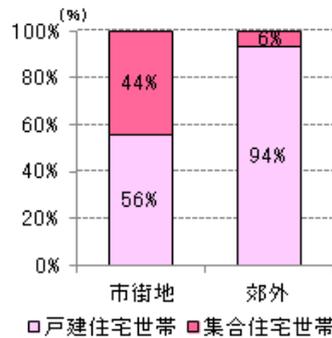
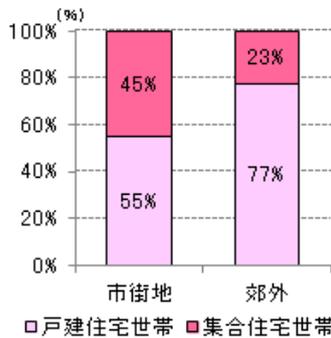


図 6-10 徳島市

図 6-11 高知市

図 6-12 水俣市

市街地と郊外の住宅の建て方 (戸建・集合) 別世帯割合は下図の通りである。

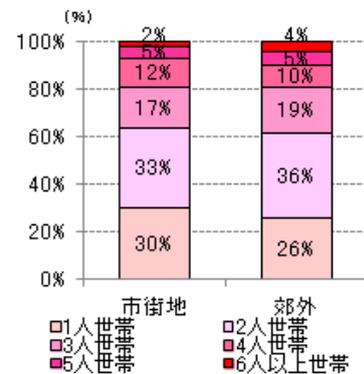
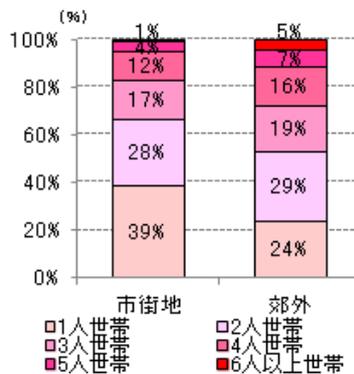
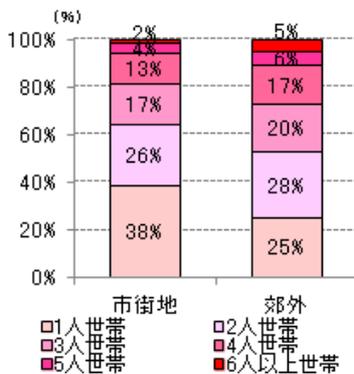


図 6-13 徳島市

図 6-14 高知市

図 6-15 水俣市

②世帯総数の分布⁴⁶

徳島市、高知市ともには郊外にも多くの世帯数がみられる。水俣市は中心から離れた市街地のゾーンに多数の世帯がみられる。

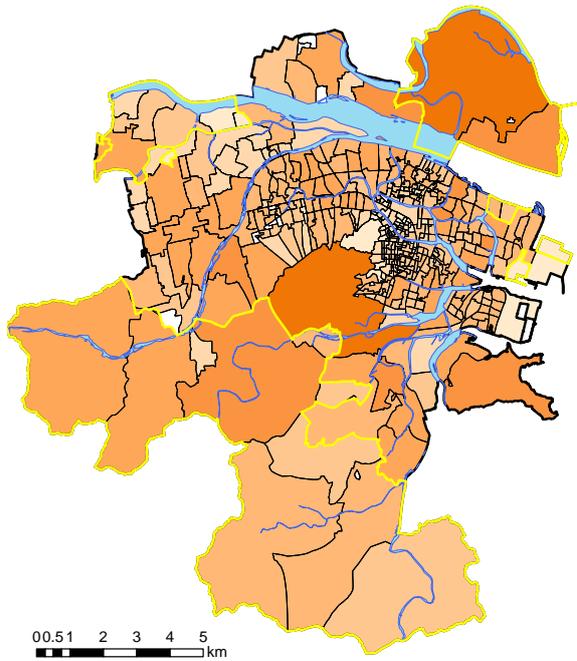


図 6-16 徳島市：世帯総数の分布

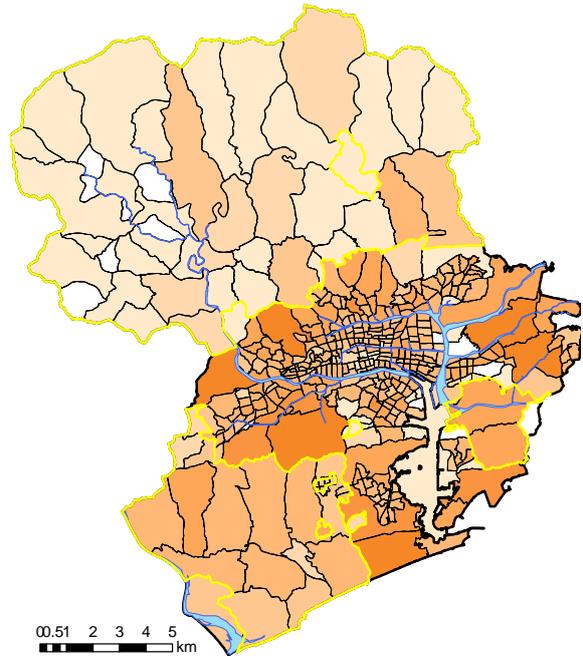


図 6-17 高知市：世帯総数の分布

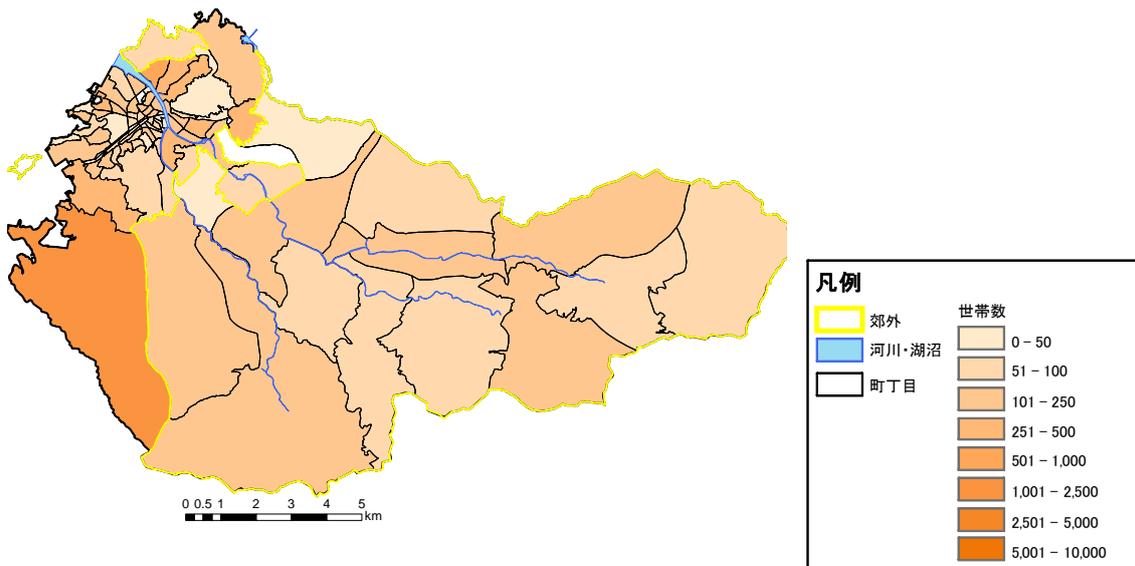


図 6-18 水俣市：世帯総数の分布

⁴⁶ 出所：国土数値情報、数値地図 25000、平成 22 年国勢調査

③共同住宅の分布（共同住宅世帯割合）⁴⁷

市街地において共同住宅世帯割合が著しく高く、郊外において同割合が低い。

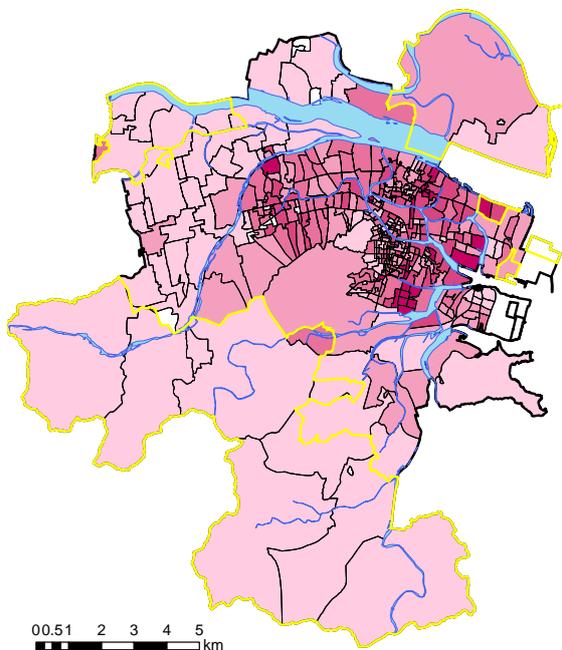


図 6-19 徳島市：共同住宅の分布

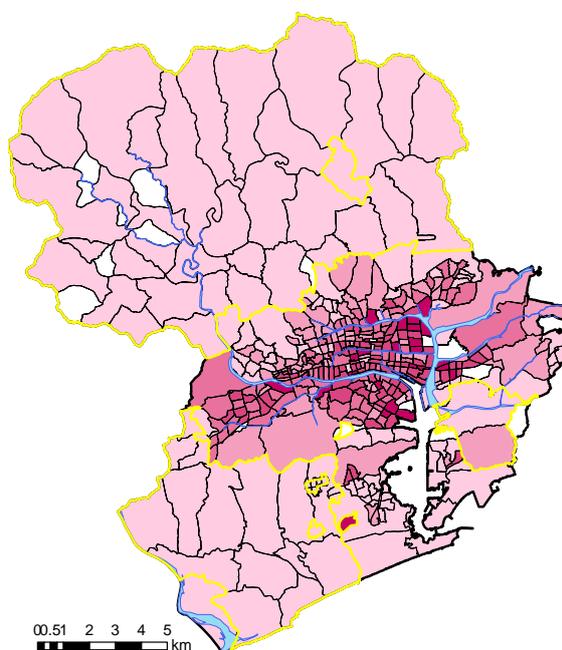


図 6-20 高知市：共同住宅の分布

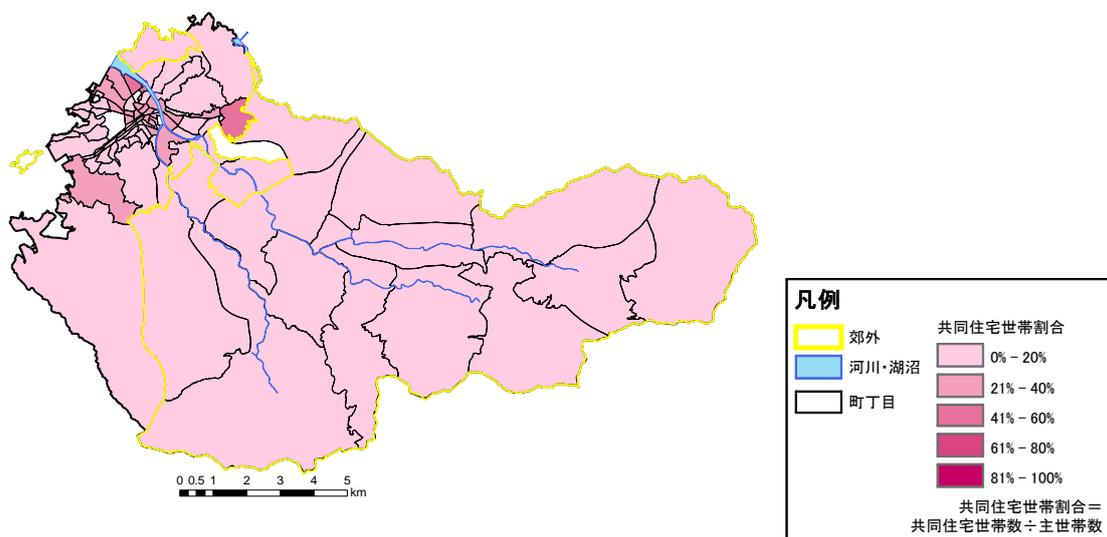


図 6-21 水俣市：共同住宅の分布

⁴⁷ 出所：国土数値情報、数値地図 25000、平成 22 年国勢調査

④世帯人員の分布（単身世帯割合）⁴⁸

単身世帯は、1人当たりエネルギー消費量が多い（世帯あたりエネルギー消費量が少ない）共同住宅世帯割合の高い市街地において単身世帯割合が高い傾向にある。

一方で、郊外においても単身世帯割合が高いゾーンがみられる

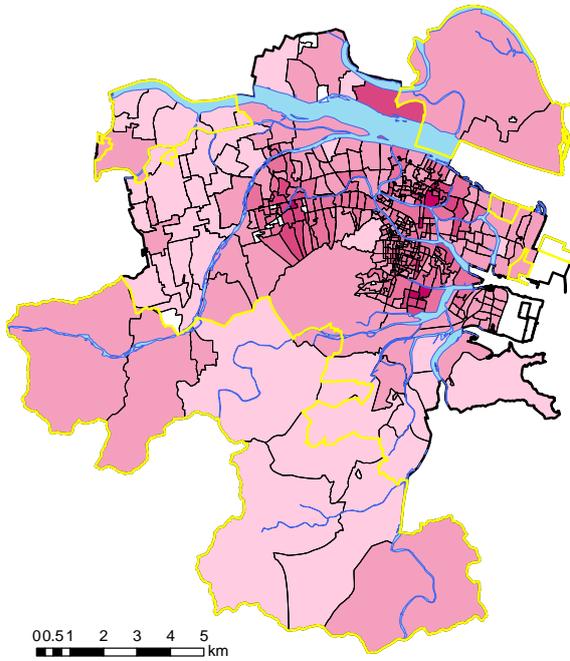


図 6-22 徳島市：世帯人員の分布

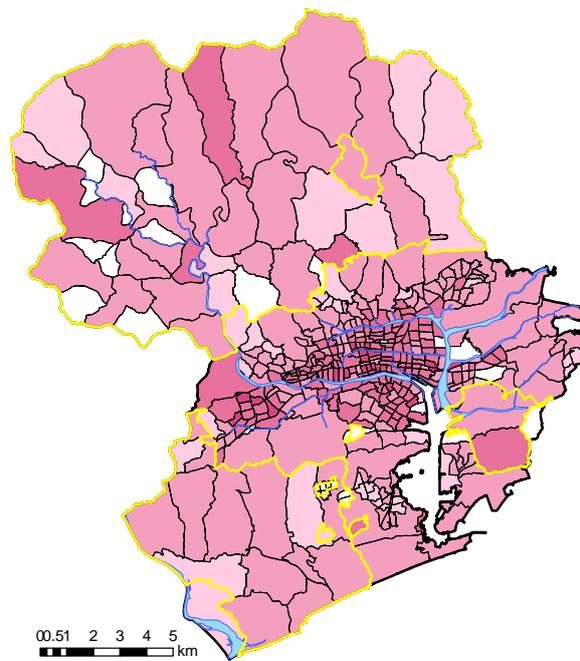


図 6-23 高知市：世帯人員の分布

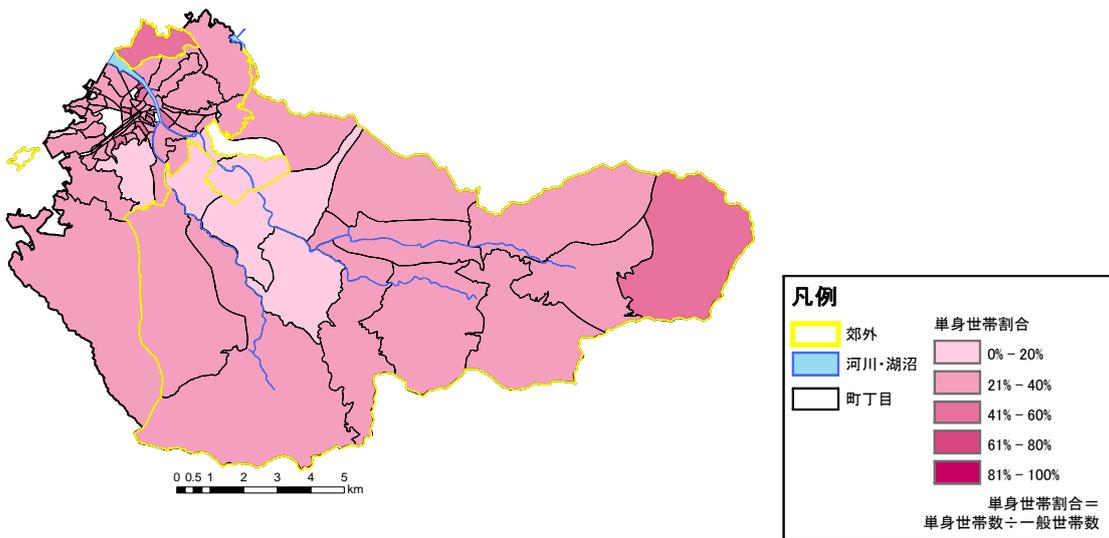


図 6-24 水俣市：世帯人員の分布

⁴⁸ 出所：国土数値情報、数値地図 25000、平成 22 年国勢調査

5) 企業の立地

①概要⁴⁹

対象の3市ともに、市街地に90%程度の世帯が含まれる。郊外よりも市街地の方が、集合住宅割合が高く、単身世帯割合も高い。

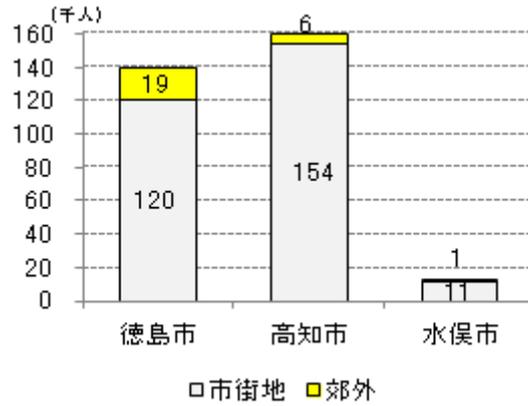


図 6-25 市街地と郊外の従業者総数

市街地と郊外の産業分類別従業者数は下図の通りである。

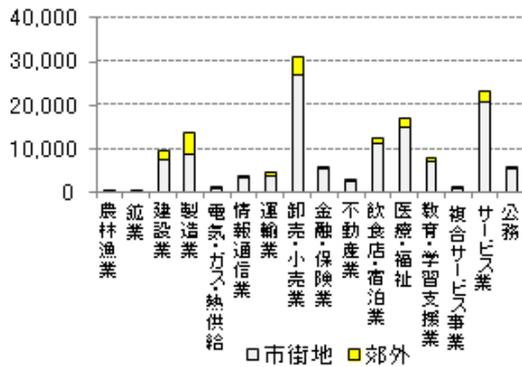


図 6-26 徳島市

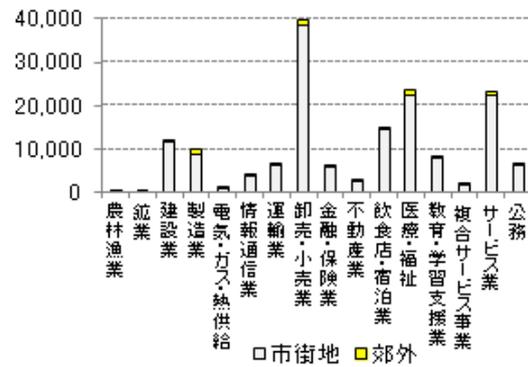


図 6-27 高知市

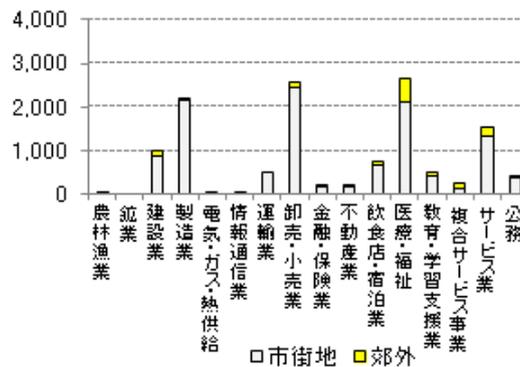


図 6-28 水俣市

⁴⁹ 出所：平成18年事業所企業統計調査

②従業員総数の分布⁵⁰

市街地において従業員数が多くみられる。徳島市については、郊外にも従業員の多いゾーンがみられる。

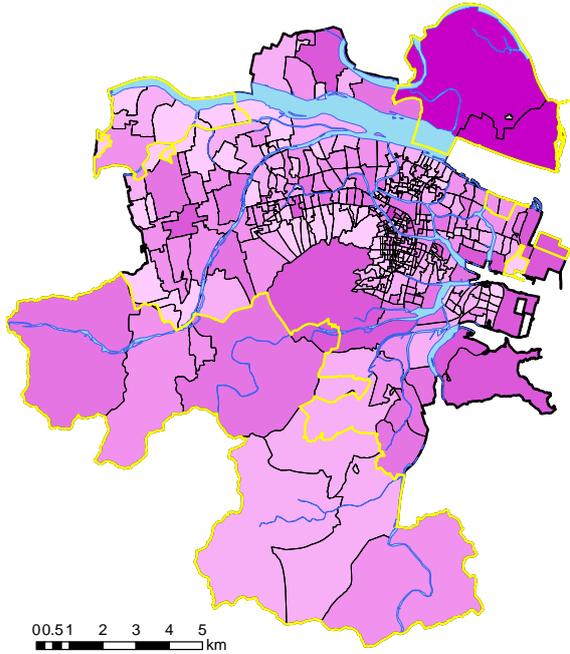


図 6-29 徳島市：従業員総数

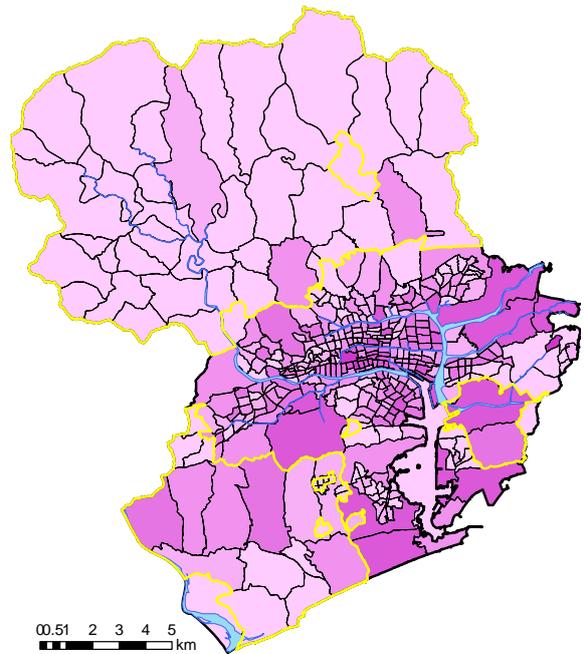


図 6-30 高知市：従業員総数

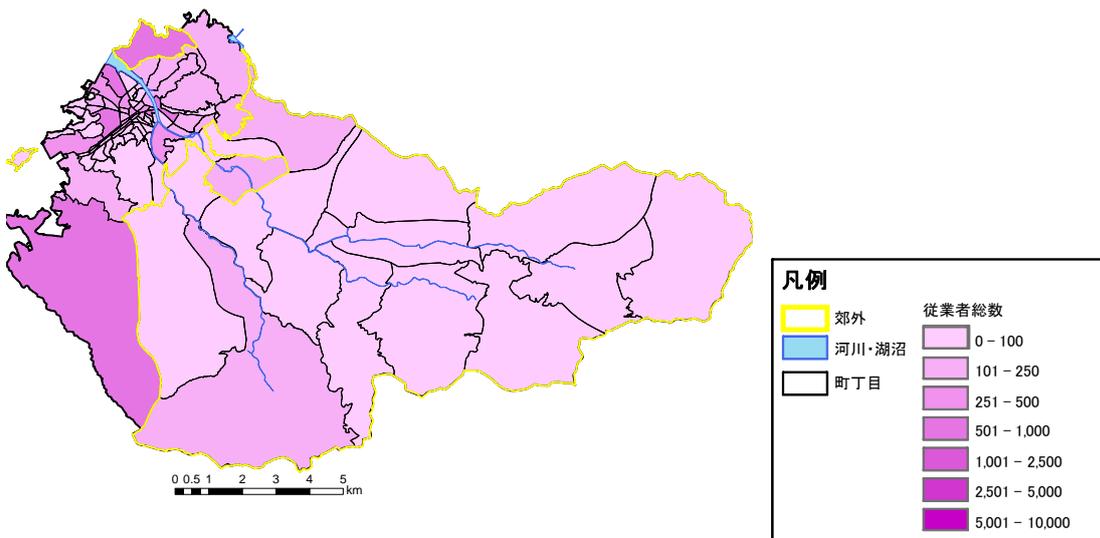


図 6-31 水俣市：従業員総数

⁵⁰ 出所：国土数値情報、数値地図 25000、平成 18 年事業所企業統計調査