

リノベーションされる都市のエネルギー消費量を可視化する ～都市構造を踏まえた面的な未利用エネルギー活用の試み～ Visualization of Energy Consumption developed by Urban Renovation －Area Utilization of Unutilized Energy based on Urban Structure－

株式会社日建設計総合研究所
Nikken Sekkei Research Institute
川除 隆広
Takahiro Kawayoke

キーワード：分散型エネルギーシステム (Decentralized Energy System)、未利用エネルギー活用 (Utilization of Unutilized Energy)、環境エネルギーマップ (Environment Energy Map)、都市再生 (Urban Renovation)、都市情報可視化 (Visualization of Urban Information)

1. はじめに

都市のリノベーションを機に展開される面的なまちづくりの中で、分散型エネルギーシステムや面的な未利用エネルギーの活用が必要とされてきている。多くの都市にはごみ焼却場や下水処理場の存在とともに、市内に河川が流れており、まちづくりの中ではそれを自然や景観などの貴重な都市軸ととらえている。一方、その豊かな資源は、温度差を利用して都市の貴重なエネルギーとして活用する試みが、大阪の中之島などで進められている。今後未利用エネルギーの面的活用エリアの展開を考える場合、そのポテンシャルを最大限に活用するためには、エネルギー需要とのマッチングが重要な課題となる。本報では、都市のコンパクト化とともにリノベーションされる都市部の都市エネルギーのあり方検討に有効な手法と考えられる未利用エネルギーとエネルギー消費量について、エネルギー消費量と未利用エネルギー量のマッチングを可視化し、都市構造を踏まえた面的な未利用エネルギーの活用のあり方について考え方を提示する。

2. 大阪市を例とした未利用エネルギー面的活用の可能性検討

大阪市域には、中之島地区の河川水利用や咲洲コスモスクエア地区の海水利用等、未利用エネルギーを面的に活用した事例が比較的多く実現している。中之島地区においては、効果実績の定量的な評価も報告されている^{1) 2)}。一方、未利用エネルギーの面的活用エリアの展開を考える場合、そのポテンシャルを最大限に活用するためには、エネルギー需要とのマッチングが必要な課題となる。ここでは、未利用エネルギー面的活用マップ作成検討の基本的な考え方として、経済産業省資源エネルギー庁「未利用エネルギーの面的活用熱供給導入促進ガイド」³⁾（以下、「促進ガイド」と称する。）の考え方を援用した考え方を提示する。

2. 1 未利用エネルギー源と利用圏域の設定

検討対象とした未利用エネルギー源と想定利用圏域を表 2.1 に示す。未利用エネルギー源としては、低温温度差エネルギーを対象とし、清掃工場排熱等は対象外とした。利用圏域は、「促進ガイド」および既往の知見等を勘案して設定した。検討対象地域としては大阪市域全体を設定した。検討対象地域の未利用エネルギー源の位置と利用圏域をマッピングしたものを図 2.1 に示す。

2. 2 検討対象地域の用途別建築物延床面積

検討対象地域の用途別建築物延床面積は、用途別建築物床面積のメッシュデータ「大阪市 250m メッシュ建物床面積調査 (H18)」⁴⁾を活用して算定した。本報における検討対象用途は、地域熱供給施設の供給対象になり得る主要な用途施設に限定した。図 2.2 に、共同住宅、店舗・百貨店、事務所、

遊興・娯楽、宿泊および医療厚生施設のマッピング例を示す。メッシュあたりの延床面積が大きい高密度地区は、新大阪駅周辺から難波周辺に至る御堂筋沿線に分布していることがわかる。高密度地区と未利用エネルギー利用圏域が重なっているところが、未利用エネルギー活用のポテンシャルが高い地域と考えることができる。

表 2.1 対象未利用エネルギー源と想定利用圏域

未利用エネルギー源	想定利用圏域
海水・河川水	護岸、海岸から 300m 以内
下水処理場・汚泥処理場	処理場から 1km 以内

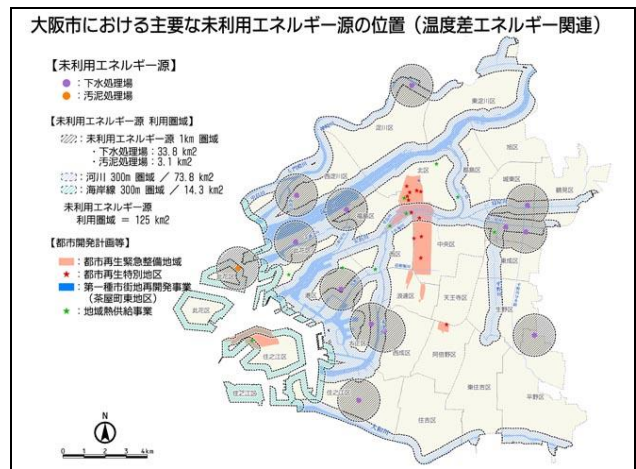


図 2.1 検討対象未利用エネルギー源と利用圏域

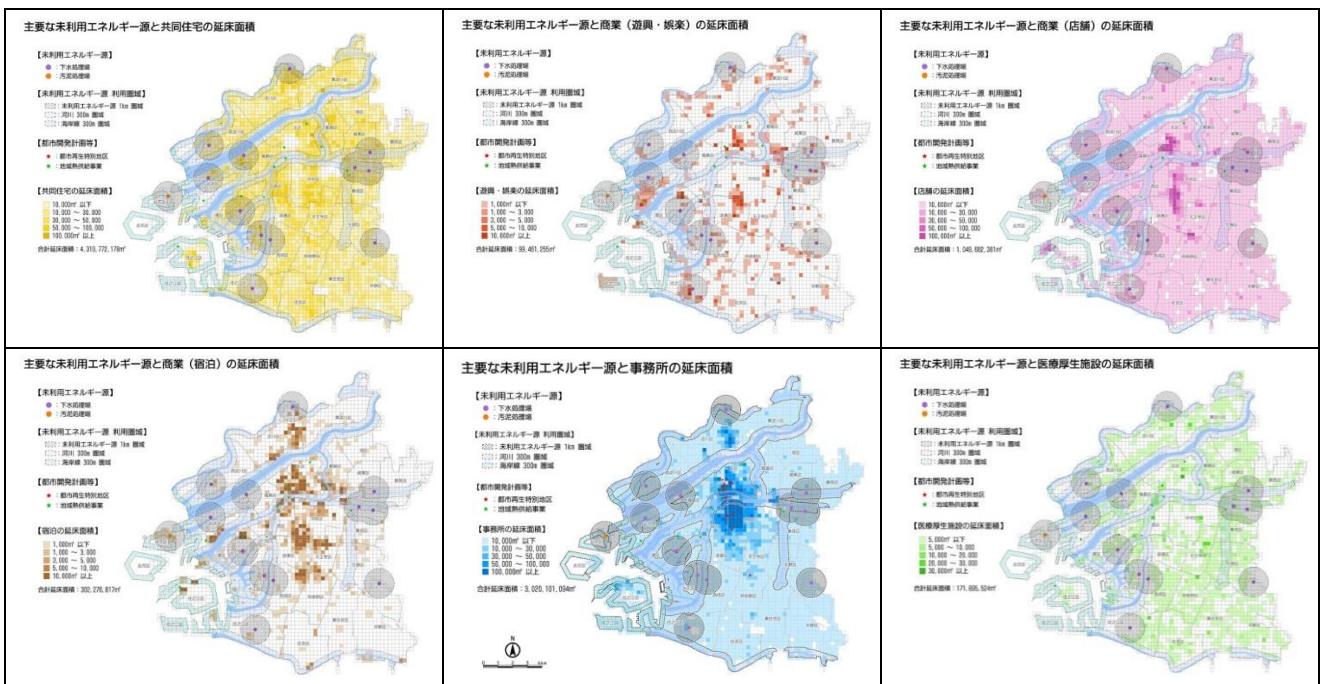


図 2.2 検討対象地域の建物整備状況

2.3 建築物一次エネルギー使用量の算定

① 建物用途別一次エネルギー消費量原単位

建築物一次エネルギー使用量の算定に用いた建物用途別一次エネルギー消費原単位を表 2.2 に示す。非住宅用途は、「非住宅建築物の環境関連データベース (DECC)」⁵⁾ の類似用途の原単位 (関西地域) を準用して設定した。共同住宅については、「2009 年版家庭用エネルギーハンド

ブック、住環境計画研究所」⁶⁾ より推計した。

表 2.2 建物用途別一次エネルギー消費原単位の設定

事務所	1,912MJ/年㎡	店舗・百貨店	2,942MJ/年㎡
娯楽施設	1,210MJ/年㎡	宿泊施設	2,728MJ/年㎡
医療施設	2,631MJ/年㎡	共同住宅	889MJ/年㎡

②対象用途の一次エネルギー使用量の算定

上記の用途別建築物延床面積と用途別一次エネルギー消費原単位からメッシュごとに算定した対象用途の一次エネルギー使用総量マップを図 2.3 に示す。大阪市の基軸である御堂筋沿線（北は新大阪地区～梅田・本町・心斎橋～南は難波地区周辺）が卓越して多いことが確認できる。

2. 4 未利用エネルギー利用圏域内一次エネルギー使用量

上記の算定結果を基に未利用エネルギー源（河川と海水）の利用圏域内の一次エネルギー使用量の集計を行った。集計化に際しては、未利用エネルギー源の状況が個別に把握できるよう、河川は河口から概ね 1 km ピッチを 1 ブロックと設定し、海水は、建物集積状況が疎密であることから、一定の連続区間を 1 ブロックと設定した。河川・海水のブロック設定を図 2.4 に示す。ブロック毎の集計マップを図 2.5 に示す。

河川は、大川・寝屋川の合流付近から堂島川・土佐堀川を経て木津川分派までのブロックのエネルギー使用量が多く、海水は、咲洲ブロックの使用量が多いことが確認できる。これらブロックは、河川水、海水の未利用エネルギー活用適性地と考えられる。

利用圏域内一次エネルギー使用量の用途別内訳を図 2.6 に示す。河川は上位 15 ブロックを対象とした。特徴的傾向として、上位ブロックは各ブロックとも全量に対し事務用途のシェアが過半を占めている。店舗・宿泊も一定のシェアを占めている。海水ブロックは、河川ブロックと比べると全体量は小さい（海岸上位の咲洲ブロックで、河川 6 番手ブロック程度）が、用途別内訳では河川と比べ、事務所のシェアが大きく下がり、代わりに、店舗・宿泊のシェアが際立っている等、建物用途が多様である。河川部と海岸部の容積率や用途構成比率の差異が特徴として現れている。

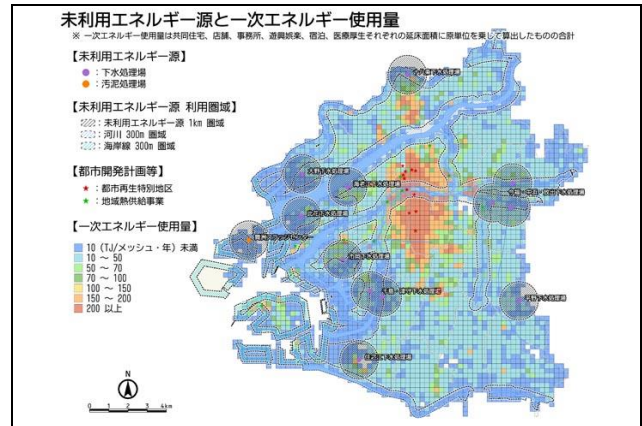


図 2.3 対象用途一次エネルギー使用総量マップ



図 2.4 未利用エネルギー利用圏域内の集計範囲設定



図 2.5 未利用エネルギー利用圏域一次エネルギー集計マップ

＜河川：上位 15 ブロック＞	＜海岸：全ブロック＞
-----------------	------------

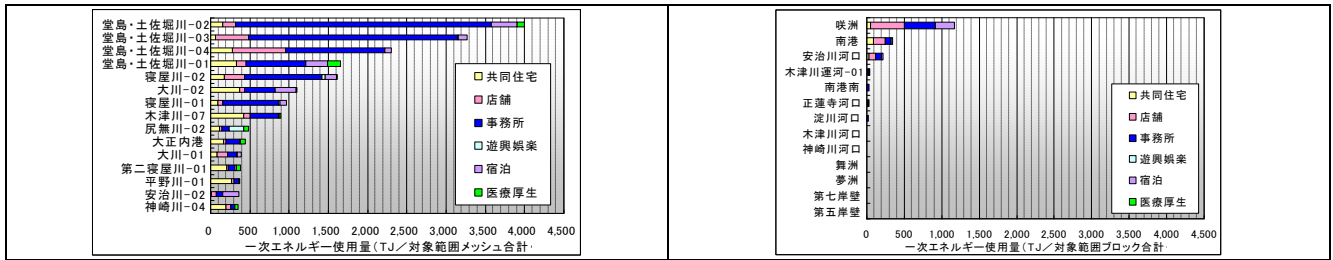


図 2.6 一次エネルギー使用量の建物用途別内訳

2. 5 未利用エネルギー賦存量の算定

次に、供給側の観点から、未利用エネルギー源（河川）の賦存量を算定する。（海水は、供給量無限と判断されることから賦存量推計は不要と判断する。）

① 河川水温エネルギー貯存量の推計

既往統計書等から確認可能であった検討対象地域内の河川流量をもとに、河川水の未利用エネルギー貯存量として、水温度差エネルギーの貯存量を求める。ここでは、利用可能な温度差を $\Delta 5^{\circ}\text{C}$ と設定している。河川水温エネルギー貯存量は以下の式から求める。

$$\text{河川水温エネルギー貯存量}[\text{kcal}/\text{年}] = \frac{\text{河川別の流量}[\text{m}^3/\text{年}] \times \text{比重}[\text{kg}/\text{m}^3] \times \text{定圧比熱}[\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}] \times \text{利用温度差}[^{\circ}\text{C}] \times (4.19)[\text{kcal}/\text{年}]}{1}$$

* 比重は「1000」、定圧比熱は「1」として推計を行う。

市内河川の多くは感潮河川であり、かつ得られた流量データも年度等ばらつきがあるものの、一定の傾向を把握する目的から、上記式より可能な範囲で未利用エネルギー（河川）賦存量を推計した。結果を表 2.3 に示す。

② 一次エネルギー消費量と未利用エネルギー（河川）賦存量の比較

表 2.3 の推計結果と図 2.6 の河川上位 15 ブロック集計結果と比較を行う。河川水の複数地点利用や賦存量推計の不備等もあるが、概ねの傾向として主要ブロックにおける利用可能性を「倍率＝河川賦存量／一次エネルギー使用量」で評価を行った。結果を表 2.4 に示す。将来的な未利用エネルギーの面的活用のポテンシャルとしては、「堂島川・土佐堀川-02」「堂島川・土佐堀川-01」「大川-02」「寝屋川-01」「木津川-07」ブロック等が、需給バランス的に可能性が高い地域と判断される。（堂島川・土佐堀川-03 と 04 ブロックは、評価が高いと推論されるが、データ不備のため、考察対象外とした。）

表 2.3 未利用エネルギー（河川）賦存量の推計結果

水域名	河川名	測定地点名	[TJ/年]	備考
淀川水域	淀川	放方大橋流心	179.54	2010年度流量データより
	神崎川	神崎橋	46.62	2010年度流量データより
神崎川水域	左門殿川	辰巳橋	57.29	2010年度流量データより
	寝屋川	住蓮大橋	3.83	2010年度流量データより
寝屋川水域	寝屋川	放出大橋	10.48	2002年度流量データより
	寝屋川	坂橋	81.98	2003年度流量データより
	庄川	三ツ島大橋	9.55	2002年度流量データより
	恩智川	住蓮新橋	4.17	2010年度流量データより
	第二寝屋川	新金吾部橋	13.69	2010年度流量データより
	長瀬川	第二寝屋川合流直前	8.32	推定不可
	菅野川分水路	矢野田大橋（矢野田橋）	90.0	推定不可
大坂市内河川水	菅野川	廣竹新橋	90.0	2010年度
	大川（旧東川）	桜宮橋	143.71	維持流量（自平均60m ³ /s）より算定
	堂島川	渡辺橋と田養橋の平均値	195.47	中之島二・三丁目地区地域冷暖房事業の平均流量より
	土佐堀川	肥後橋と筑前橋の平均値	171.94	中之島二・三丁目地区地域冷暖房事業の平均流量より
	福徳川	大塚橋	-	-
	正蓮寺川	北港大橋下流700m	-	-
	穴軒家川	樋ヶ崎橋（きかさばし）	34.28	2003年度流量データより
	安治川（旧渡川）	三丁目遊	296.58	2003年度流量データより
	尻無川	善兵衛橋	-	-
	木津川	大湊橋（おわたりばし）	223.03	2003年度流量データより
	木津川渡河	船町遊	-	-
	住吉川	住之江大橋下流1100m	-	-
	東横堀川	本町橋	-	-
大和川水域	大和川	遠里小野橋	15.92	2010年度流量データより

表 2.4 河川ブロックと未利用エネルギー賦存量比較

河川ブロック名	①一次エネルギー使用量 (TJ/メッシュ・年)	②河川賦存量 (TJ/年)	倍率 ②/①	備考
堂島・土佐堀川-02	3,997	367,419	91.9	渡辺橋と田養橋の平均値
堂島・土佐堀川-03	3,270	-	-	肥後橋と筑前橋の平均値
堂島・土佐堀川-04	2,304	-	-	比較不可(合流分派あり)
堂島・土佐堀川-01	1,656	367,419	221.8	渡辺橋と田養橋の平均値
寝屋川-02	1,608	10,486	6.5	放出大橋
大川-02	1,100	143,710	130.7	桜宮橋
寝屋川-01	970	81,981	84.5	坂橋
木津川-07	889	223,031	250.8	大湊橋（おわたりばし）
尻無川-02	480	-	-	比較不可(流量データなし)
大正内港	439	-	-	比較不可(河口部)
大川-01	390	143,710	368.4	桜宮橋
第二寝屋川-01	381	13,692	35.9	新金吾部橋
平野川-01	374	-	-	比較不可(分派・合流等あり)
安治川-02	363	-	-	比較不可(河口部)
神崎川-04	351	46,623	132.8	神崎橋

③ 下水処理水、汚泥処理水利用圏域内の集計マップ

図 2.7 に、下水処理水、汚泥処理水利用圏域内の一次エネルギー使用量の集計マップを示す。

いずれの活用圏域もエネルギー使用量はあまり大きくないが、東部に比較的使用量の大きいエリアが存在する。また、いずれの活用圏域も共同住宅のエネルギー使用量が占める比率が高く、

住宅への活用方法が、未利用エネルギー有効活用が鍵になると考えられる。

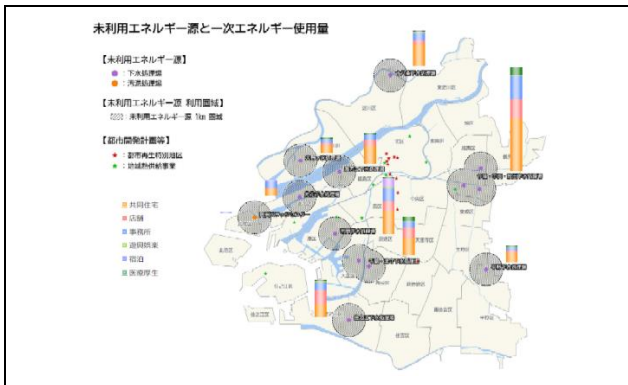


図 2.7 下水処理・汚泥処理水の一次エネルギー消費量マップ

④一次エネルギー使用量削減ポテンシャルの試算

図 2.8 に、未利用エネルギー利用圏域の全域で未利用エネルギーを活用すると仮定した場合の、大阪市全域の対象用途の一次エネルギー使用量削減ポテンシャルを示す。河川水・海水利用は 1.1%、下水処理・汚泥処理水利用は 0.4% 程度である。ただし、河川水・海水の利用圏域と下水処理・汚泥処理水の利用圏域は一部で重複するため、これらを合算することはできない。なおここでは、未利用エネルギー活用による一次エネルギー量の低減率は、文献¹⁾の実績値等を参考に一律 5% と設定した。

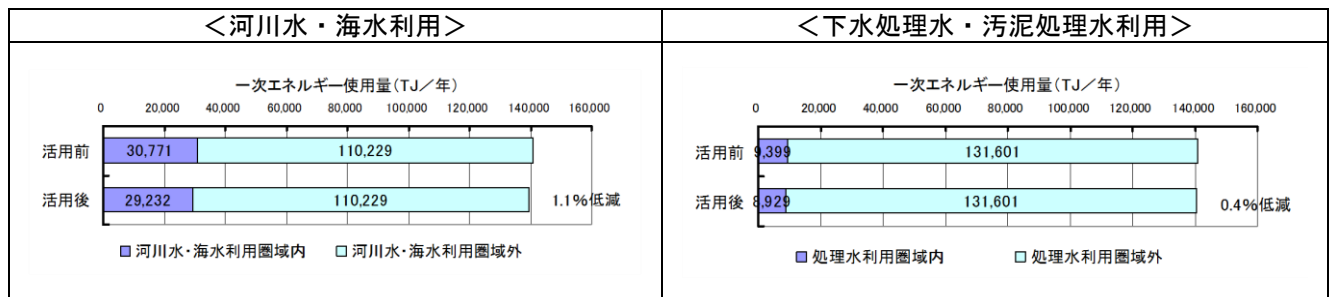


図 2.8 対象用途の一次エネルギー削減ポテンシャルの試算

3. 環境エネルギーマップ（一般化）

上述 2. で作成した環境エネルギーマップの最大の制約は、都市情報として都道府県が実施する都市計画基礎調査の建物用途別面積調査結果が必要なことである。そのため、全国均質的な環境エネルギーマップの作成を意図して、ゼンリンの建物ポイントデータ（住宅地図を基軸とした建物情報）の活用を図った。また、24 時間の一次エネルギー消費量の変動を見ることを意図して、文献⁷⁾の時刻別変動値を採用した。

以上をもとに、環境エネルギーマップの一般化として、東京都全域を対象とした都市のエネルギー消費量の可視化を行った。結果を図 3.1 および図 3.2 に示す。

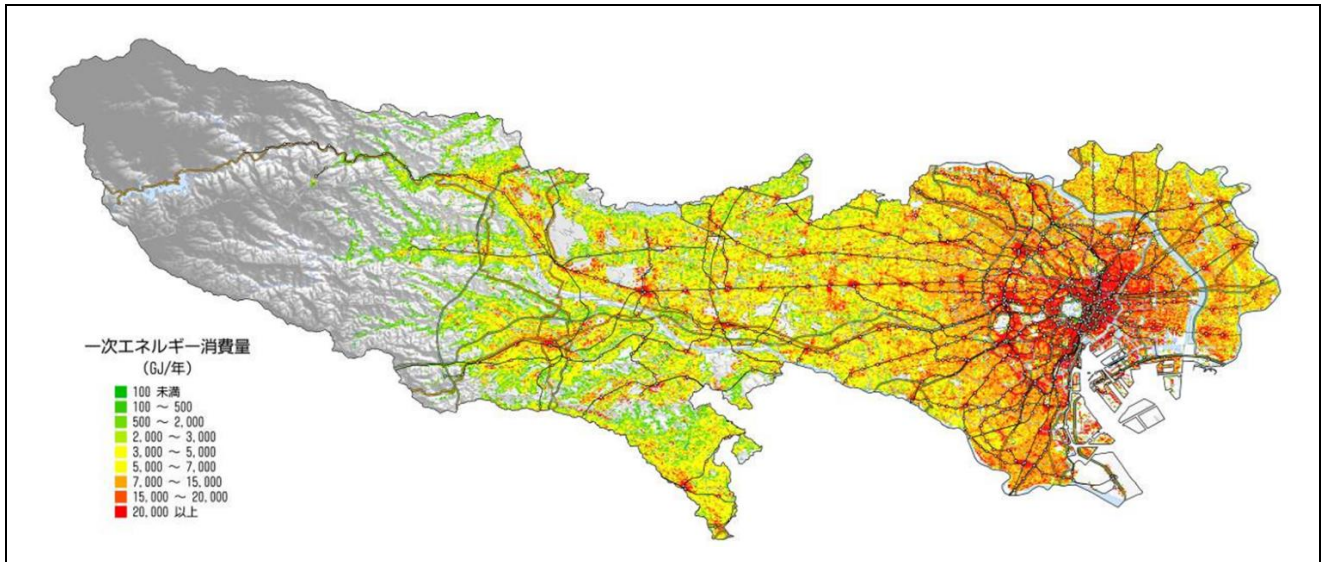


図 3.1 年間の一次エネルギー消費量推計値（東京：民生部門建物起因）

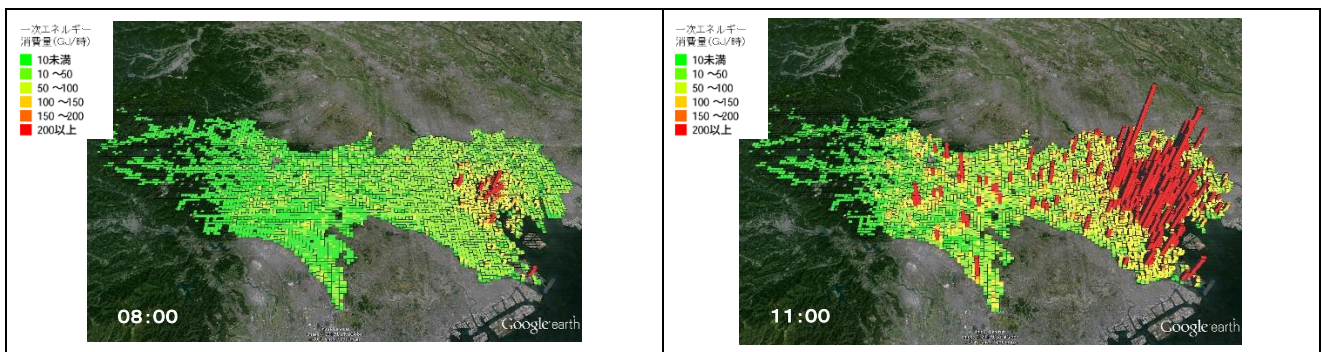


図 3.2 時刻別の一次エネルギー消費量推計値（東京 8 月代表日：民生部門建物起因）（1 / 2）

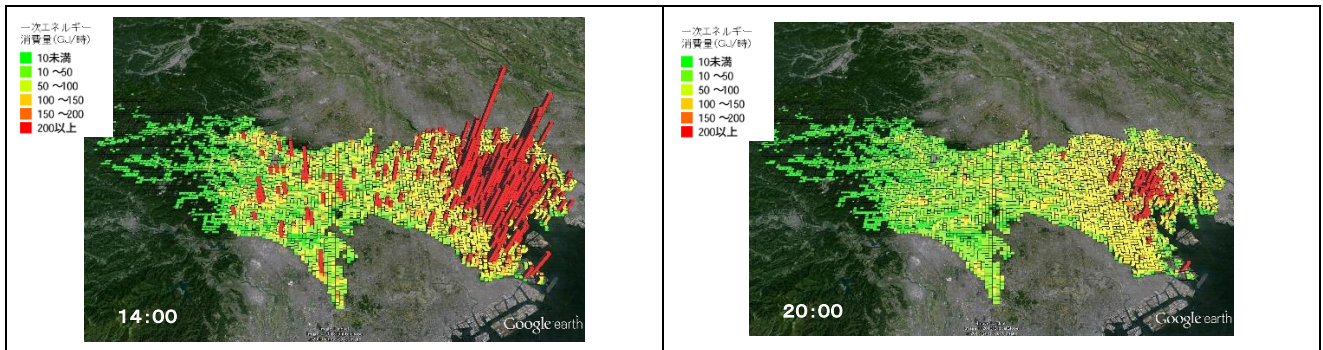


図 3.2 時刻別の一次エネルギー消費量推計値（東京 8 月代表日：民生部門建物起因）（2 / 2）

4. 都市・環境エネルギーパッケージツール化の試行

近年、海外・国内において、持続可能都市並びに低炭素型都市等の実現に向けたスマートシティ・スマートコミュニティ構想等が推進されている。また、東日本大震災以後、都市のエネルギー自立の観点から、分散型電源・再生可能エネルギー活用等の取組も強化されている。一方、これら都市環境施策検討に際し、客観的かつ空間横断的に現状把握や適地選定並びに施策効果等を体系的に検討し得る都市情報・分析ツールは存在しない。さらに、スマートシティ・スマートコミュニティ構想に関し、我が国の技術優位性が発揮できる、防災・減災面に着眼した取組も有効と判断される。

ここでは前出の環境エネルギーマップ（一般化）の発展的検討として、都市エネルギーシミュレータモデルとの融合を行い、スマートコミュニティ等の「都市環境施策の効果」並びに「防災・減災効果」を空間的に評価し得るツール開発試行の状況を紹介する。

4. 1 検討方針

都市・環境エネルギーパッケージツールの全体像を図 4.1 に示す。

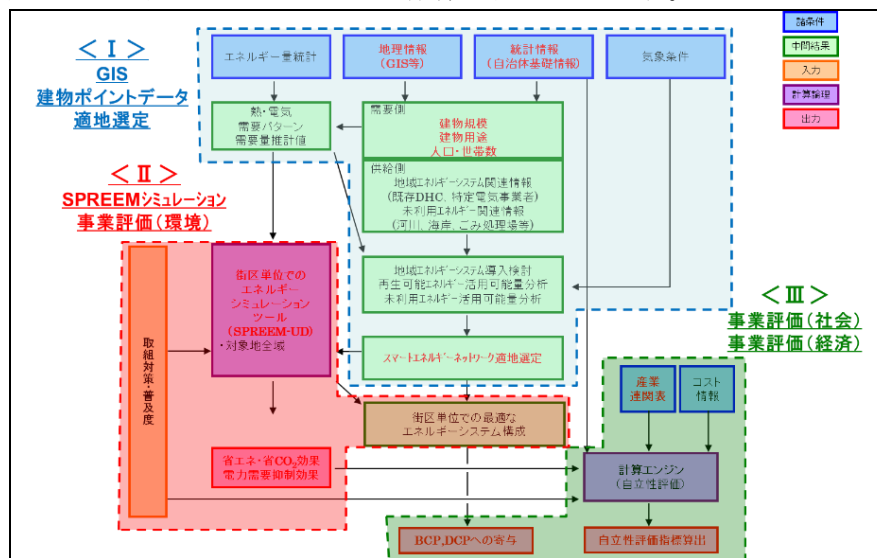


図 4.1 パッケージツールの全体像

都市・環境エネルギーパッケージツールの試行は、次の a)-e)のステップで検討を進めている。

- a) 環境エネルギーマップを用いた面的活用の適地選定 (敷地面積当りのエネルギー需要密度)
 - エネルギーの面的利用が可能となるエネルギー需要密度を満たしているエリアを抽出
- b) 未利用エネルギーの導入検討 (河川水、清掃工場、水再生センター等)
 - 抽出エリアの内、未利用エネルギーが利用可能なエリアをさらに抽出。エネルギー面的利用+未利用エネルギー活用で更なる高効率運用となる。災害時、電力やガスの供給が逼迫した際にもメリットがある。
- c) 再生可能エネルギーの導入検討 (太陽光発電、太陽熱利用等)
 - 利用可能エリアは、概ねどこでも利用可能であるが、供給量の予測は、隣の建物の影響等も考慮する必要がある。供給量は少ないが、災害時も利用可能なエネルギーとしてメリットがある。
- d) スマートエネルギーシステムの導入効果検討 (地域冷暖房システム、分散電源システム)
 - 平常時は効率のよいエネルギー供給を行い、非常時は必要なエネルギーの供給を行う。
- e) 防災・減災効果の評価
 - 上記導入による防災・減災効果を試算し可視化する。省エネだけではなく、BCD(Business Continuity District) として、BCP, DCP にも寄与する。(本報では未掲載。別途報告予定。)

4. 2 検討結果

ここでは、検討対象地点として東京 23 区を対象とした結果について紹介する。

① 東京 23 区のエネルギー消費量

敷地面積当りのエネルギー需要密度の把握を目的として、エネルギーの面的利用が可能となるエネルギー需要密度を満たすエリアを抽出する。そのため、まず、東京 23 区を対象とした環境エネルギーマップを作成し、エネルギー消費量(需要)を確認する。結果を図 4.2 に示す。結果からは、都心部および鉄道沿線でのエネルギー消費量が多いことが確認される。

② スマートエネルギーシステムの適地選定

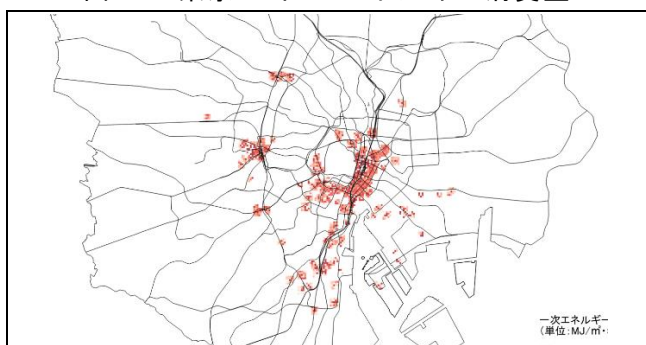
上記エリアのうち、上述の考え方を援用し、未利用/再生可能エネルギーが利用可能なエリアを抽出する。まず、DHC 可能エリアとして、東京都既存 DHC 供給実績を援用することで「平均供給エネルギー密度 2,200(MJ/m²・年)以上かつ供給区域(土地)10 万 m²相当以上」を満たすエリアを選定した(図 4.3)。次に、未利用/再生可能エネルギーとのマッチングを行い、適地として図 4.4 に示すエリアを選定した。結果として、神田川・日本橋周辺エリア、目黒川周辺エリアが有望となっている。

③スマートエネルギーシステムの導入効果検討

ここでは、ケーススタディとして神田川・日本橋周辺エリアを取上げ、その中でも業務集積地域となる秋葉原駅周辺を対象として、図 4.1 に示す検討枠組みに従い、スマートエネルギーシステムの導入効果を試算した。本報では、環境面からの試算結果を示す。結果を図 4.5 に示す。結果として、対象街区全体において、ピーク時間帯では一次エネルギー消費量の 19%削減、並びに、年間で一次エネルギー消費量の 18%削減のポテンシャルが確認されている。



図 4.2 東京 23 区のエネルギー消費量



5. おわりに

本報では、都市のリノベーションを機に展開される面的なまちづくり（都市再生）の中で、分散型エネルギーシステムや面的な未利用エネルギーの活用を同時に組込むことが重要であると認識のもと、その効果・必要性等をエネルギー・環境分野の専門家のみならず、都市計画担当者、その他の行政担当者、需要家、住民、金融機関、投資家等の多様なステークホルダーに理解されやすい枠組み構築（都市・エネルギーパッケージ化、都市情報の可視化等）の試行状況を紹介したものである。

本事業における財務性や社会的便益の検討も進めているが、特に、防災・減災効果の評価を当枠組みに加えることを検討しており、その成果については、今後、公表していくことを予定している。

参考文献

- 1) 国松・吉成・中澤・丹羽他：河川水を利用した地域熱供給システムの計画と運転実績評価（第 1 報～第 10 報），日本建築学会大会学術講演会梗概集，2006.9～2011.9
- 2) 丹羽：駅舎における河川水利用氷蓄熱システムの計画と運転性能の評価 システムの計画概要と 2009 年夏季運転性能の評価，日本建築学会大会学術講演会梗概集，2010.9
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁，未利用エネルギーの面的活用熱供給導入促進ガイド，平成 19 年 3 月
- 4) 大阪市計画調整局，「建物床面積調査」＜メッシュデータ＞
- 5) 一般社団法人日本サステナブル建築協会，非住宅建築物の環境関連データベース (DECC)，2010.12

図 4.3 DHC または面的利用の候補地

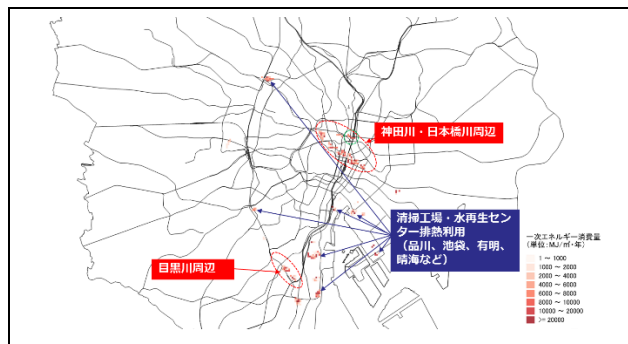


図 4.4 適地選定結果

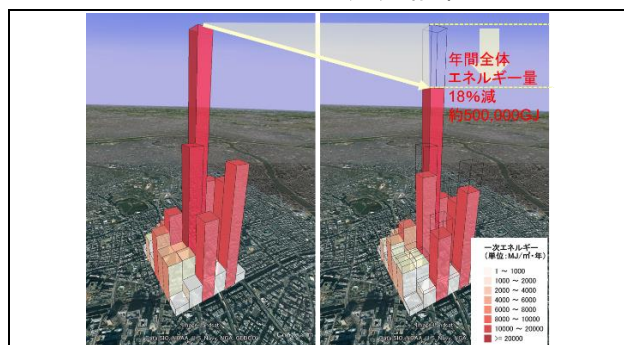


図 4.5 スマートエネルギーシステムの導入効果

6) 2009年版家庭用エネルギーハンドブック, 住環境計画研究所, 2009. 2

7) 空気調和・衛生工学会「都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価」、日本工業出版 日
本エネルギー学会編「天然ガスコージェネレーション 計画・設計マニュアル2002」