

エネルギー・ライフラインについて

- 自立分散型拠点の構築と連携 -

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院

佐土原 聡

1

3. 11 東日本大震災の発生



大規模システム、エネルギー大量消費社会の見直し

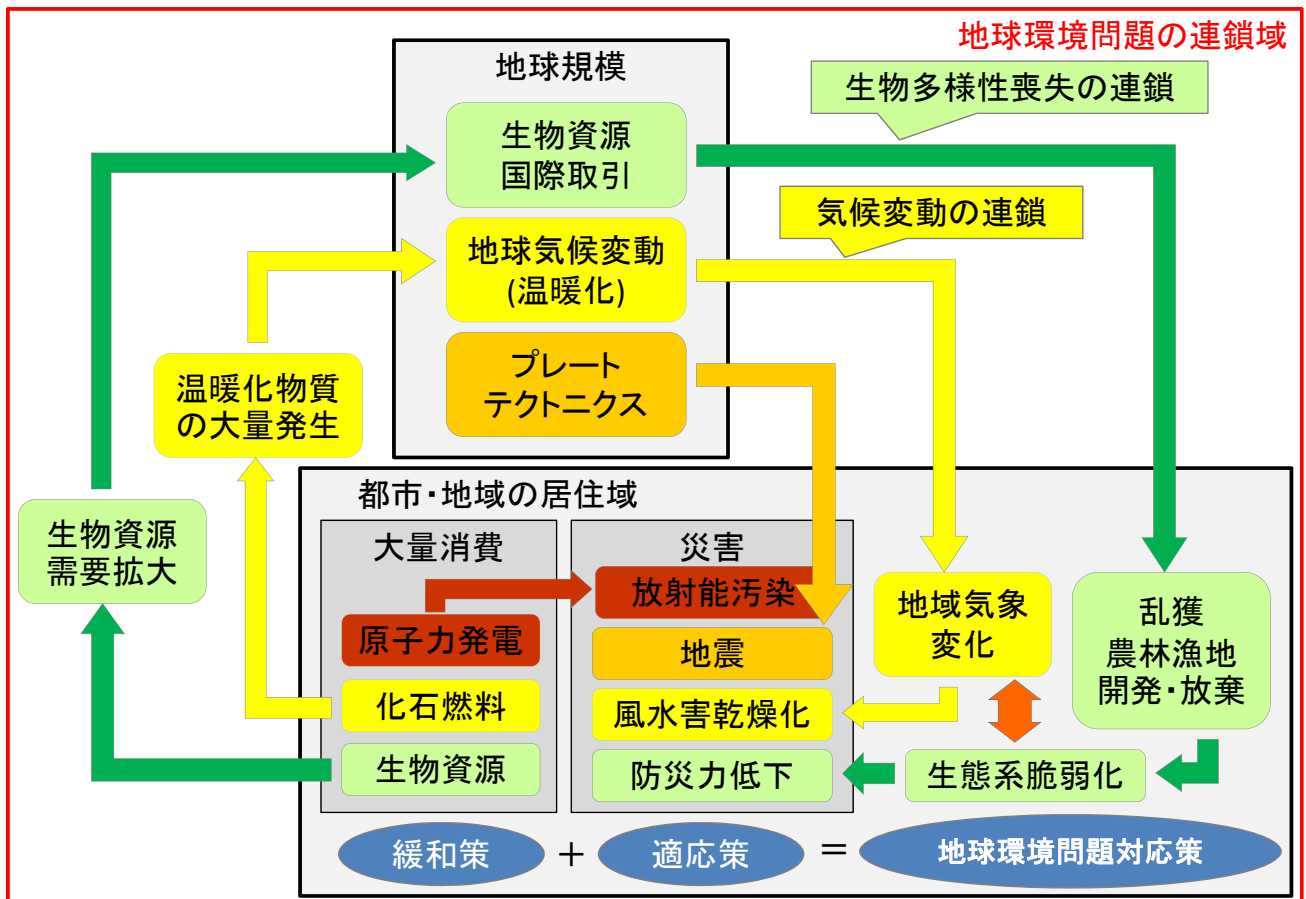


東京圏周辺の発電所および送電幹線網

出典) 佐土原・中嶋: エネルギー政策、東日本大震災からの日本再生、中央公論社、2011

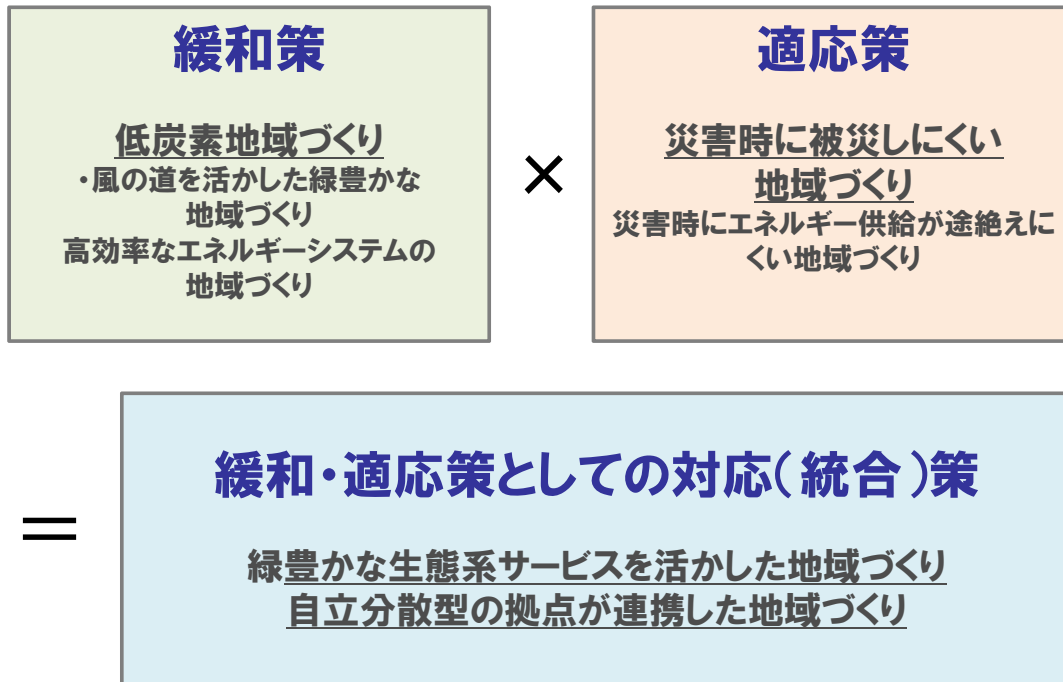
2011夏の豪雨

地球環境問題・災害の関係とその対応の概念図(概要)



エネルギーが駆動する都市・技術文明の転機

～地域エネルギーシステムに関わる緩和・適応策を融合したデザイン～



気候変動の緩和策(日常の省エネ・省CO₂)の3段階

(1) 負荷を減らす:

風の道、水の循環などの自然環境を活かす、ライフスタイルの変革など

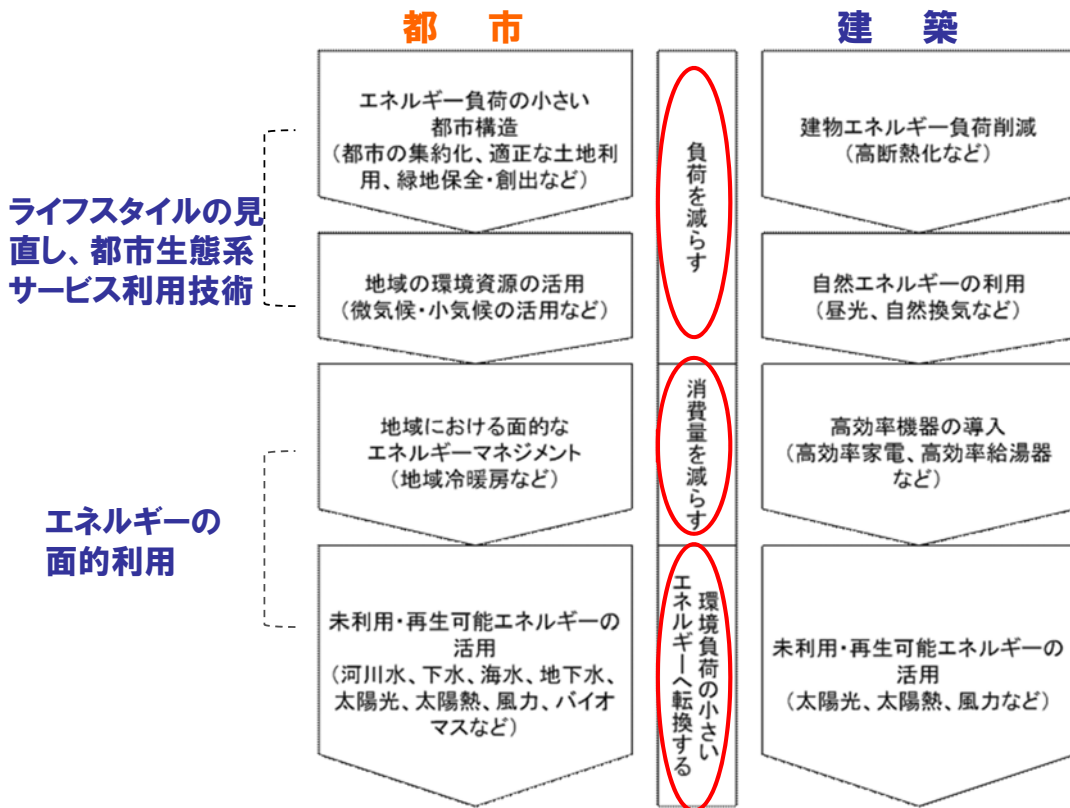
(2) 消費量を減らす(高効率化):

地域冷暖房・コージェネレーションなどの面的な広がりをもつ分散型エネルギーシステムの導入とマネジメント

(3) 環境負荷の小さいエネルギー源へ転換する:

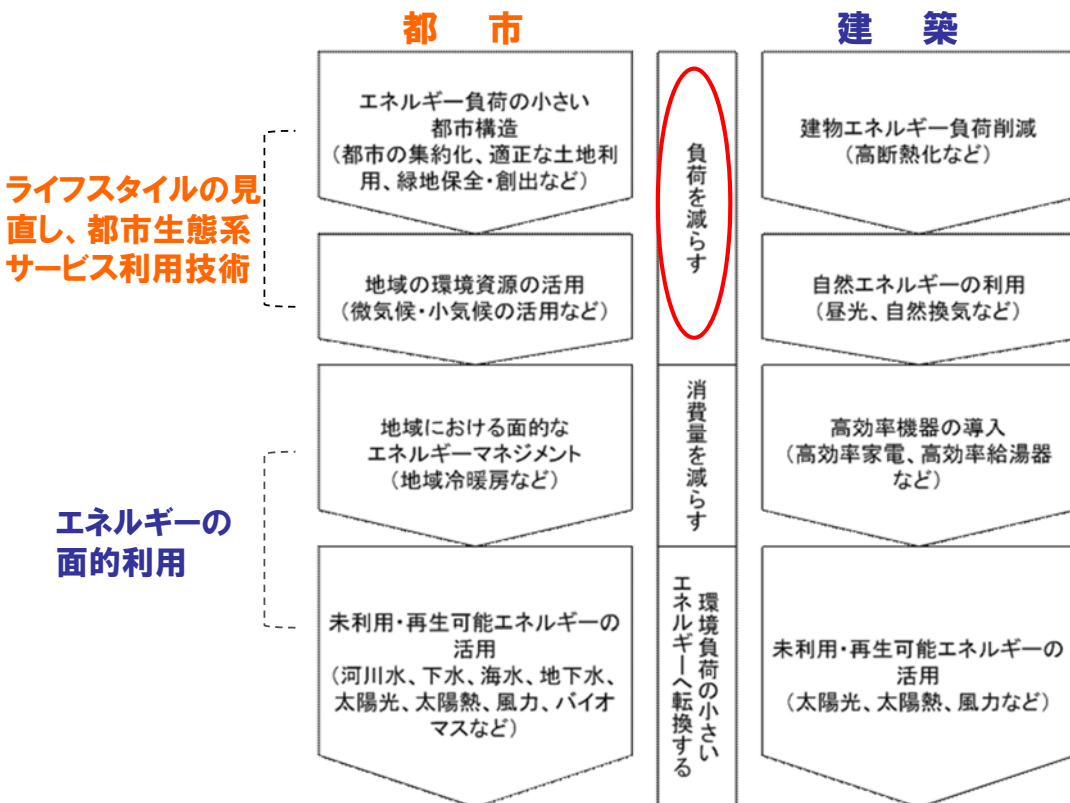
未利用エネルギーや 再生可能エネルギーなどの利用

気候変動の緩和策(日常の省エネ・省CO₂)の3段階



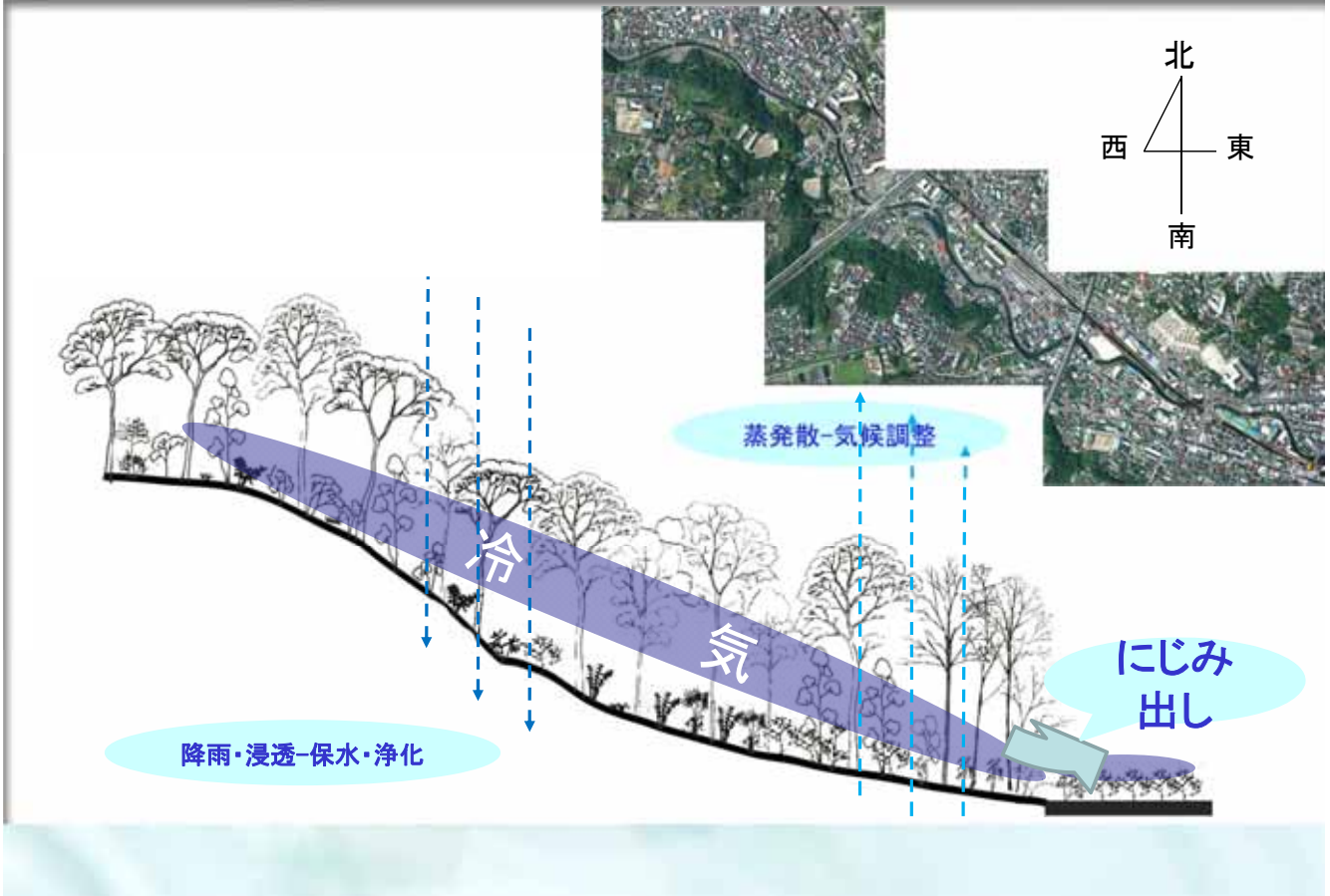
出典: 吉田聡

気候変動の緩和策(日常の省エネ・省CO₂)の3段階

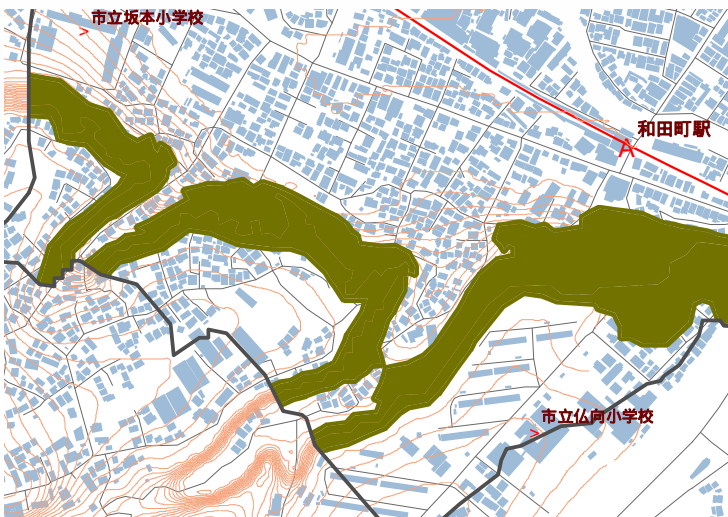


出典: 吉田聡

横浜の斜面緑地 気候緩和効果 (生態系調整サービス)



生物多様性保全と生態系サービスの多面的な利用



生物生息空間の拠点・ネットワーク

水源緑地、斜面緑地、豊かな土壌によって清流をとりもどす湧水を利用した水環境のビオトープをネットワーク化

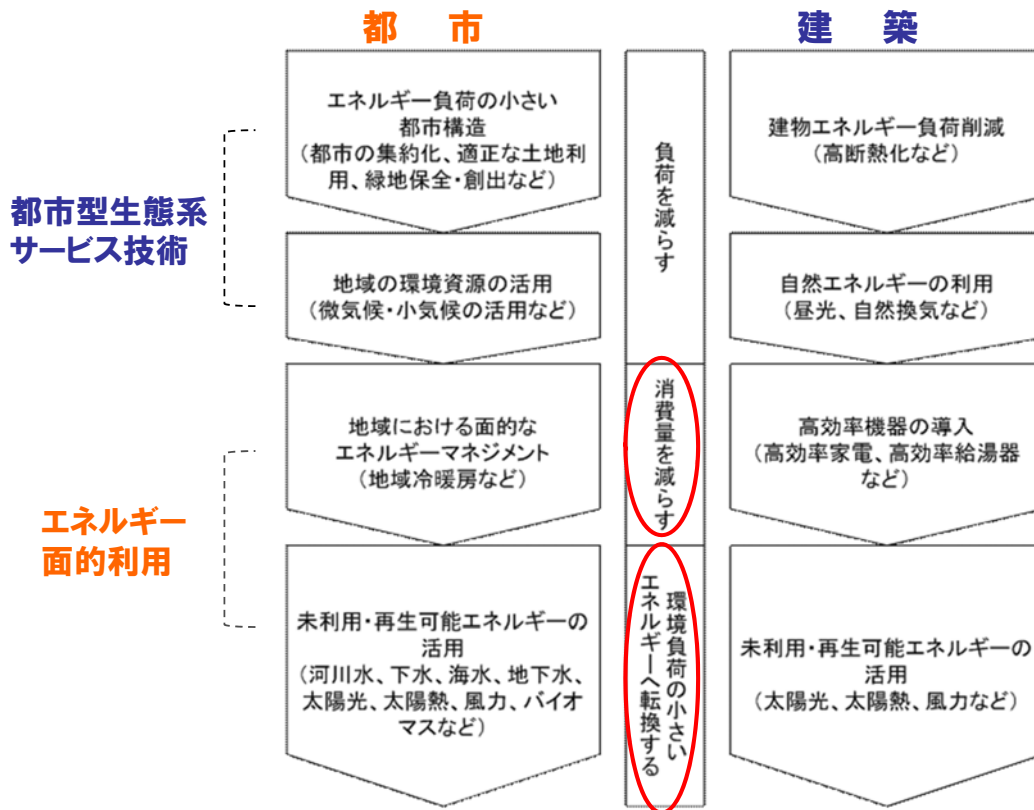
斜面緑地による市街地の延焼防止

市街地が緑地によって分断されることで、区域全体の延焼危険が低減される。

斜面緑地によるがけ崩れ防止

自然斜面を保全しながらがけ崩れを防止するために、緑地が重要な役割をはたすと考えられる。

気候変動の緩和策としての省エネ・省CO₂型エネルギーシステムへの3段階

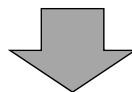


出典: 吉田聡

大都市のエネルギー供給システムのあり方への東日本大震災の教訓

(1) 大都市における電力供給システムに関して

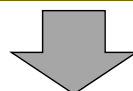
- ・被災時にも途絶しないシステム、電力負荷の低減



信頼性の高い、電力依存の小さいエネルギーシステムの実現が必要

(2) (原子力)発電所に関して

- ・今後、できる限り都市圏外にリスクを負わせないシステムの実現が必要である。
- ・原子力発電への依存を小さくすることで、日本の国土の原子力発電所数を減らし、リスクを低減する必要がある。



エネルギー供給にともなうリスク、外部依存が小さいシステム

以上の要求を満たすエネルギー供給システムの具体像

(1) 「電力依存の小さい」、「信頼性の高い」、「消費量を減らす」システム

- ・電力依存の小さい熱源システム
- ・電力・ガスに加え、熱供給網の整備によるエネルギー供給の多重化
- ・コージェネレーションのような分散型電力自立機能の確保
- ・それらが相互に連携した信頼性の高いシステムの構築
- ・エネルギー貯蔵機能(蓄熱・蓄電)の整備

(2) エネルギー供給にともなうリスク・外部依存が小さいシステム、環境負荷の小さいエネルギー源

- ・地産地消の未利用エネルギー、再生可能エネルギー源の利用
- エネルギー面的利用の導入とマネジメント
 - 災害時重要拠点を中心に導入
 - 平常時(環境性)・非常時(防災性)ともに有効に機能する

「エネルギーの面的利用」



①熱供給事業型(新規)

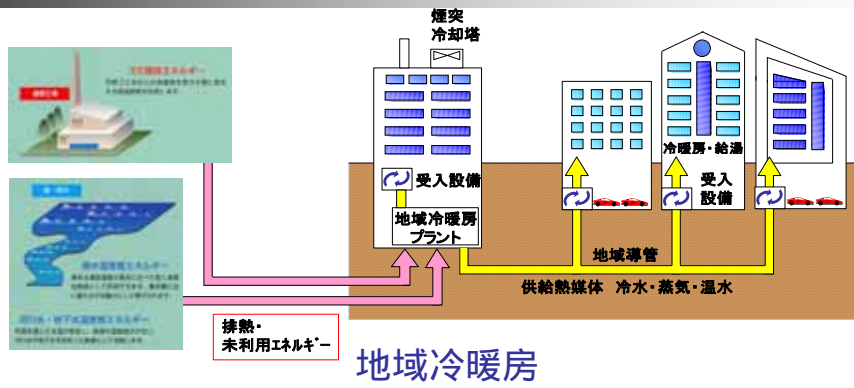


②集中プラント型(新規)

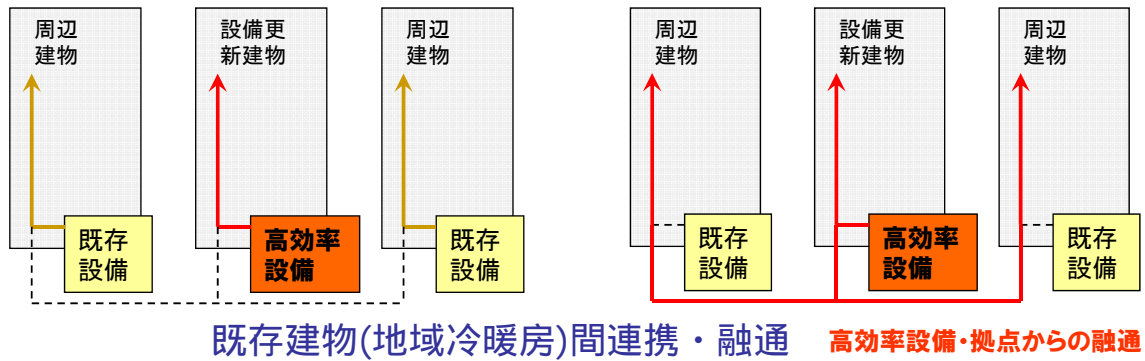


③建物間融通型(既存)

地域冷暖房と既存建物(地域冷暖房)間融通



【ピーク期間:各建物(拠点)の設備を利用】 【オフピーク:高効率設備の能力を建物(拠点)間で融通】



エネルギーの面的利用の類型(対象地域・システム)

		熱源システム			
		高温系システム	低温系システム	再生可能エネルギー等	
対象地域	都心地域	既存建物間熱融通 地域冷暖房未導入の既成市街地	更新時の高効率化、コジェネ導入・連携	更新時の高効率化・連携、低温未利用の導入	都心型バイオマス利用システム
		従来の地域冷暖房再開発地域等	高温未利用システム	低温未利用システム	
		地域冷暖房間連携	更新時の高効率化、コジェネ導入・連携	更新時の低温未利用エネルギーの導入・連携	
		広域ネットワーク	未利用エネルギー供給幹線	都市排熱処理システム(海水、下水利用)	
	臨海部排熱利用 臨海部	工場排熱利用システム	-	-	
	ニュータウン	さまざまな再生可能エネルギー等の導入、モデル住区			
	地方都市中心部	中心市街地のコンパクト化・再生可能エネルギーシステム等の導入			

実例：新横浜地区3施設

＜公共施設間を熱導管で連結して冷温熱を融通する事例＞

- 地点名：新横浜地区3施設
- 事業主体：熱供給專業企業、他(ESCO事業)
- 供給開始：2006年4月
- 【おもな省エネ改修の内容】
 - ・融通エネルギー：電力、冷水、温水
 - ・排熱投入型吸収冷温水機の導入
 - ・天然ガスコージェネレーションシステムの導入等

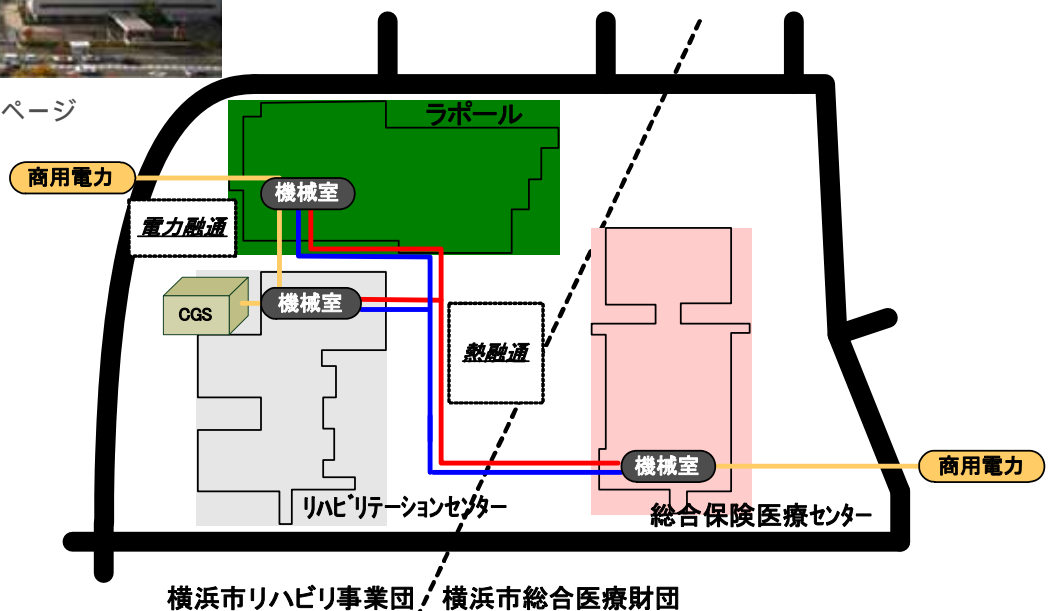


項目		ラポール	リハビリ	医療	3施設合計
用途		障害者・スポーツ施設	リハビリ施設	介護老人保健施設	-
利用者数 (人/日)	平日	939	200	203	1342
	休日	1334	30	73	1437
延べ床面積(m ³)		14,421	12,523	14,025	40,969
竣工年月		1991(築13年)	1986(築18年)	1992(築12年)	-
エネルギー使用量合計	GJ/年	38,467	27,895	42,493	108,855
CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	1,589	1,166	1,796	4,551

実例：新横浜地区3施設(建物間エネルギー融通)

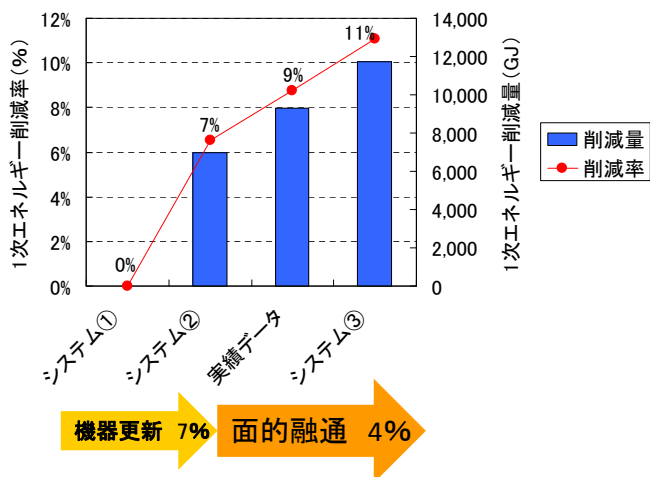


出典：横浜市ホームページ

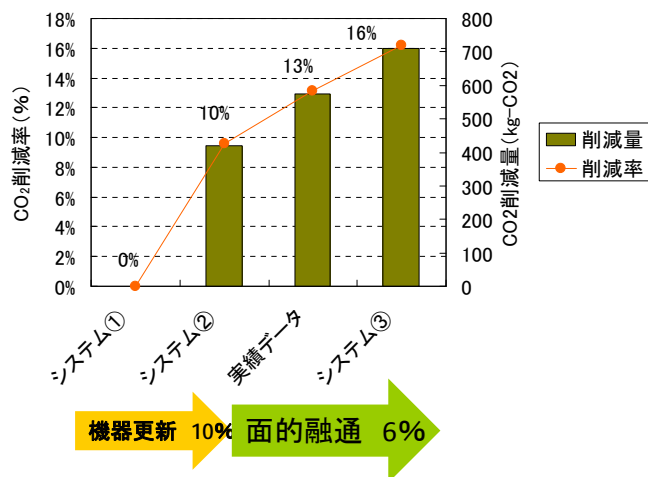


年間一次エネルギー削減量・CO₂削減量

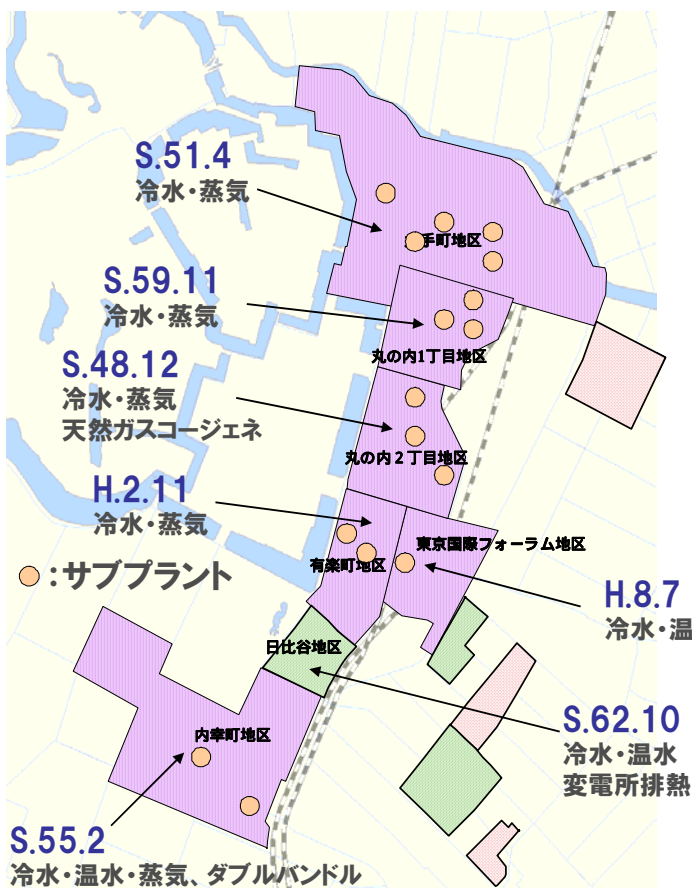
1次エネルギー削減量



CO₂削減量



地域冷暖房間の連携の重要性(大丸有地区の例)



- 大丸有地域では、サブプラントが増えてきている。
- それらを連結して、オフピーク期間には、より高効率な設備を優先的に運転するきめ細かいマネジメントを行う。
- サブプラントの設備更新時期を、技術の変化に対応できる柔軟性を備えた計画とする
- サブプラント同士のバックアップにより、地域の災害時継続性を備えたエネルギー供給を実現
- 未利用エネルギーの導入を促進する
 - －下水熱利用
 - －湧水の利用
 - －コージェネレーションの導入による熱利用
 - －ゴミ排熱の利用
 - －バイオマスの利用

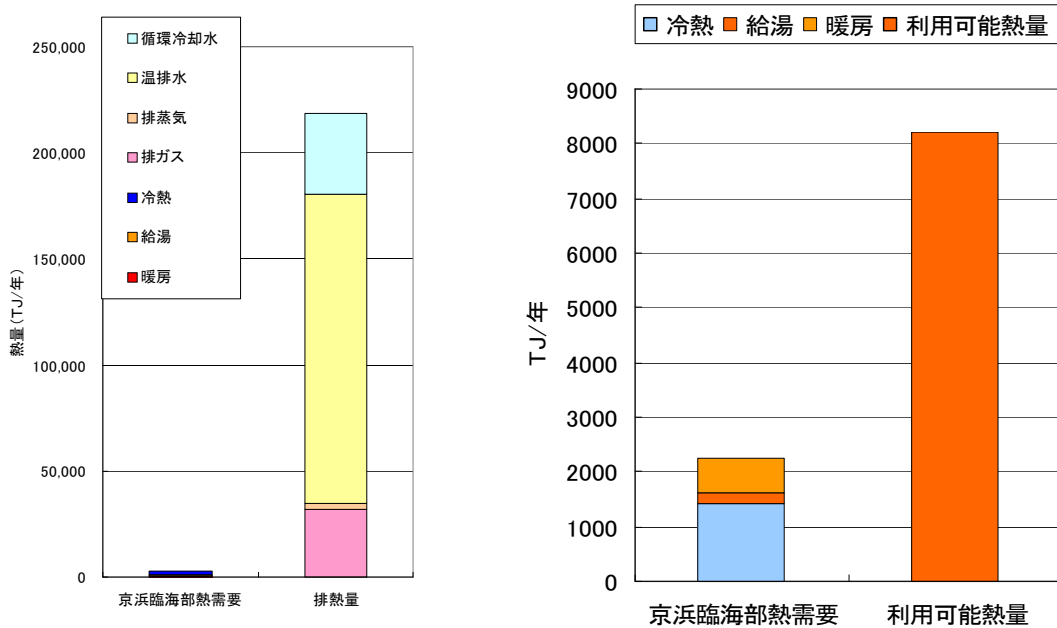
工場排熱利用システム(京浜臨海部)



京浜臨海部の排熱源の位置と熱需要地

出典)小山・佐土原他:京浜臨海部における産業排熱活用システムの構築に関する研究(その1、その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、2005年9月

京浜臨海部 熱需給バランス

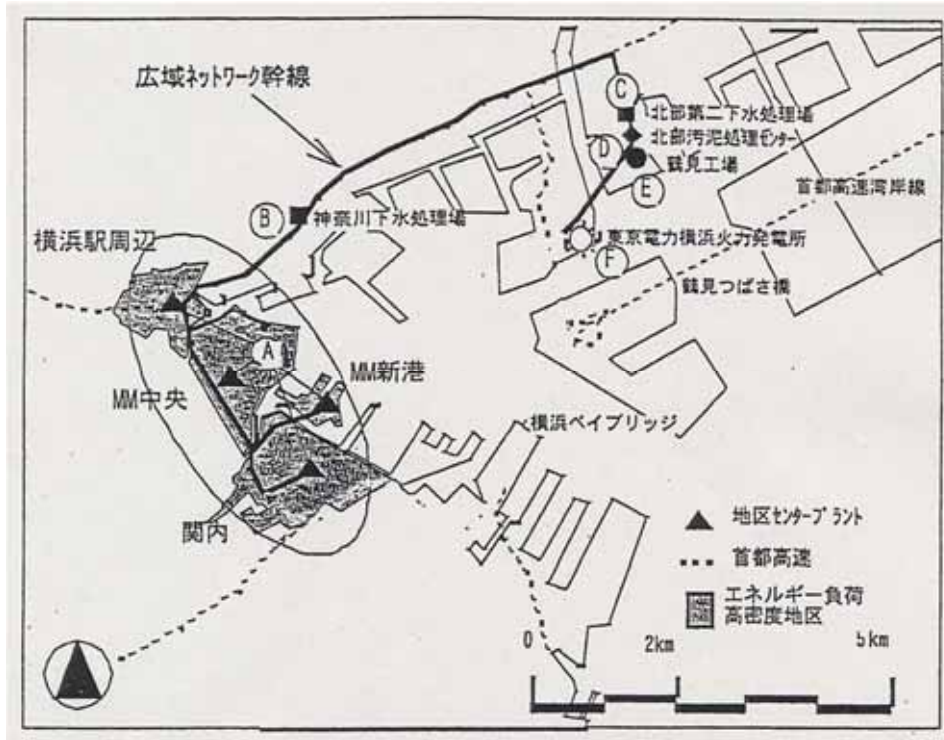


賦存排熱量は需要の約100倍、利用可能熱量は京浜臨海部需要の3.9倍

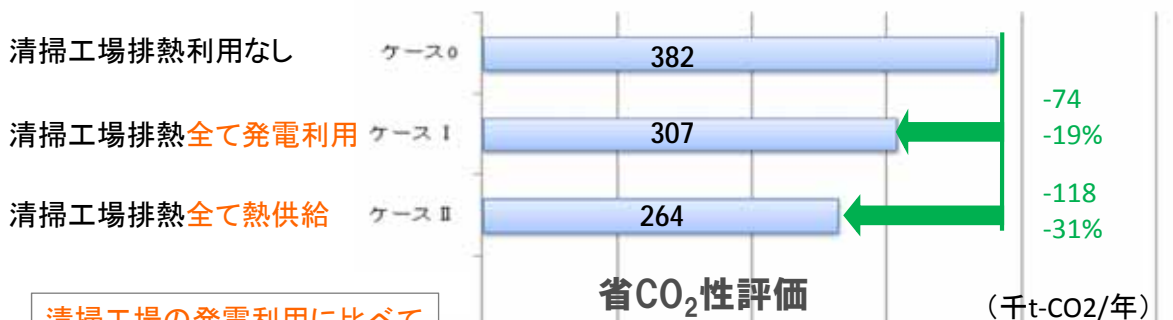
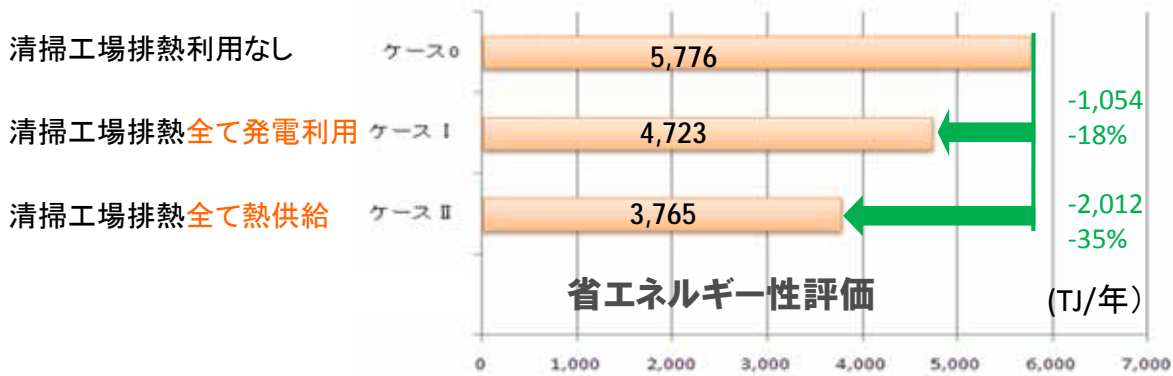
出典)小山・佐土原他:京浜臨海部における産業排熱活用システムの構築に関する研究(その1、その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、2005年9月 を一部修正

横浜臨海部 未利用エネルギーネットワーク(鶴見清掃工場～横浜都心部)

- ・現在の地域冷暖房供給対象地域に今後建つ建物も含めて、**ほぼ100%、鶴見清掃工場の排熱でまかなうことができる(別紙参照)。**

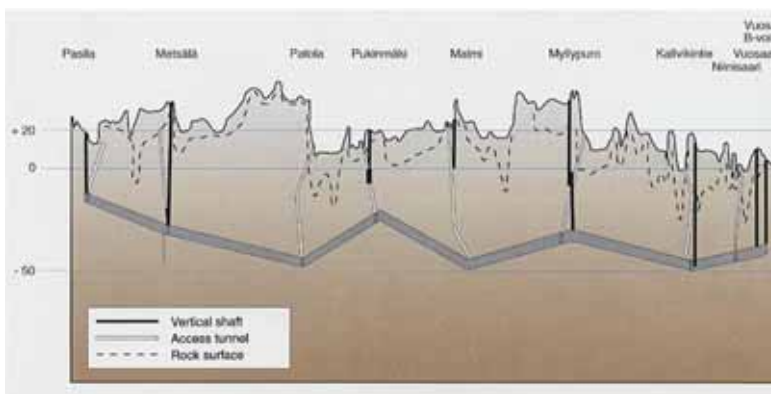
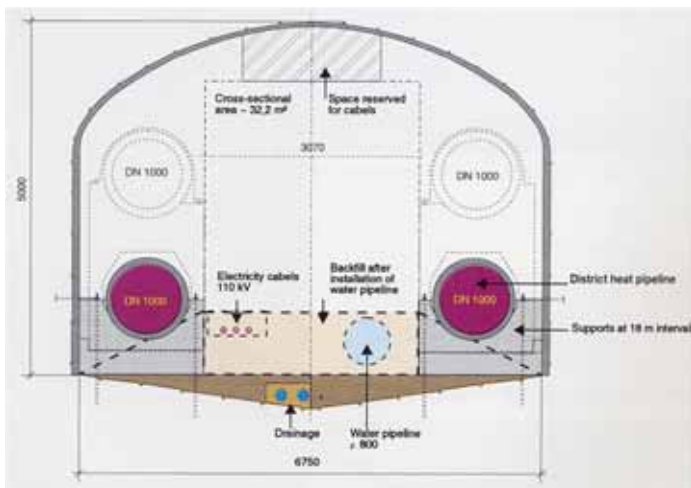


横浜臨海部 未利用エネルギーネットワーク(鶴見清掃工場～横浜都心部)



清掃工場の発電利用に比べて、958TJ/年の省エネルギー、4.3万t/年のCO₂削減

出典：山本哲史ほか：横浜市都心地区における高温系未利用エネルギーネットワークの構築に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2010年9月



海外の都市熱源ネットワークの例：ヘルシンキの大深度地下ユーティリティ・トンネル

出典：City of Helsinki, Helsinki Utility Tunnels

防災面からの検討 ●区庁舎アンケート調査

①地域防災計画で区災害本部が設置されるなど地域の中核と位置づけられている区庁舎の現状調査および分析

- 調査対象施設：首都圏内の区庁舎
(東京都23区, 千葉市6区, さいたま市10区, 横浜市18区, 川崎市7区)
- 調査期間：平成20年4月～5月
- 調査方法：電話にて担当部署に依頼後、電子メールまたはFAXにて配布・回収

アンケート回収率

東京都	川崎市	さいたま市	千葉市	横浜市	合計
82.6%	100.0%	50.0%	66.7%	100.0%	82.8%

- 調査項目：(1) 建物概要, (2) 建物エネルギー設備, (3) 自家発電設備
(4) 非常時のエネルギー供給, (5) 環境負荷低減システム
水槽の貯水率, 庁舎で業務に従事する職員数についても調査

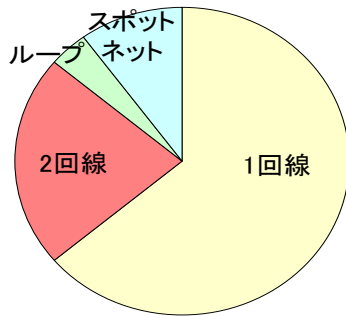
区庁舎アンケート結果

電気・ガス・給水設備のアンケートの結果から、災害時のライフラインの供給信頼性に関わる項目について示した。

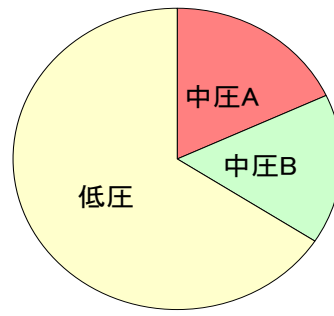
電気: 6割以上の区庁舎は1回線受電となっている。

ガス: 7割近くの区庁舎は、低圧となっている。

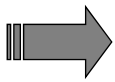
給水: 給水方式は、高置水槽方式を約9割の区庁舎で採用されている。



受電方式

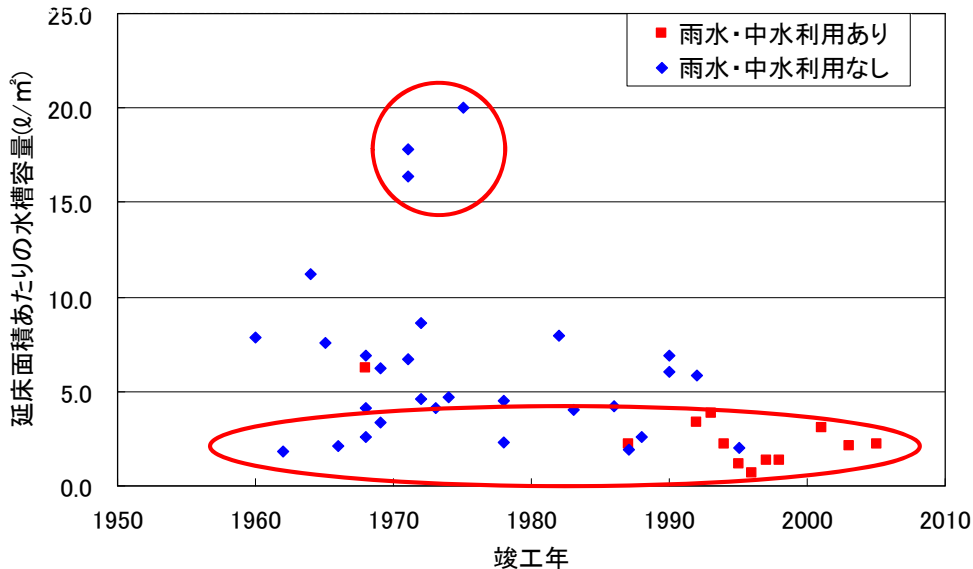


ガス管の設置状況

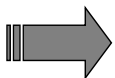


各区庁舎の設備は、**ライフライン被害を受ける可能性が低いとはいえない状況にある。**

水供給設備に関する分析



延床面積あたりの水槽容量と竣工年の関係



- ・東京都の区役所や公会堂等と併設された総合庁舎などの延床面積が大きい庁舎では、低い値になっている。
- ・延床面積が小さく、設置されている水槽容量が他庁舎に比べて大きい庁舎では、高い値になっている。
- ・近年、竣工した区役所では、**雨水や中水利用がなされている。**

水供給に関する分析

庁舎建物にある高置水槽, 受水槽および蓄熱槽(設置されている場合)により, 給水可能な期間を「給水可能日数」とし次式を用いて算定。

$$\text{給水可能日数} = \frac{(\text{高置水槽容量} + \text{受水槽容量}) \times \text{貯水率} + \text{蓄熱槽容量}}{\text{1日1人当たり必要水量} \times \text{参集職員数}}$$

貯水率 0.6~0.8(ヒアリング調査より)

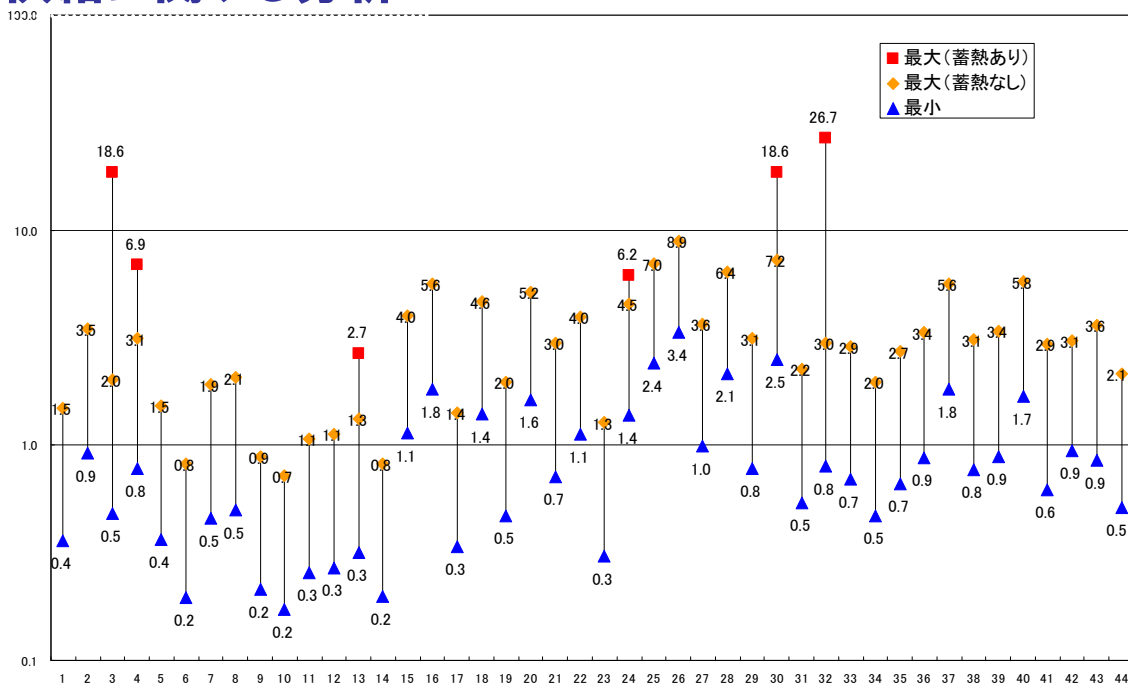
1人当りの必要水量/日 ①横浜市の目標給水量 ②127L(通常の庁舎建物における水供給)

参集職員数 参集職員数 = 平常時庁舎で業務に従事している職員数 × 参集率
 参集率 : ①国土交通省業務継続計画 ②常時100%

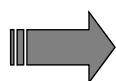
「給水可能日」検討パターン

使用水量		貯水率	参集率	蓄熱槽水
目標給水量	■ 最大(蓄熱槽あり)	80%	国交省BCP	利用する
	◆ 最大(蓄熱槽なし)	80%	国交省BCP	利用しない
	▲ 最小	60%	100%	利用しない
通常の使用水量 (127L/人・日)	■ 最大(蓄熱槽あり)	80%	国交省BCP	利用する
	◆ 最大(蓄熱槽なし)	80%	国交省BCP	利用しない
	▲ 最小	60%	100%	利用しない

水供給に関する分析

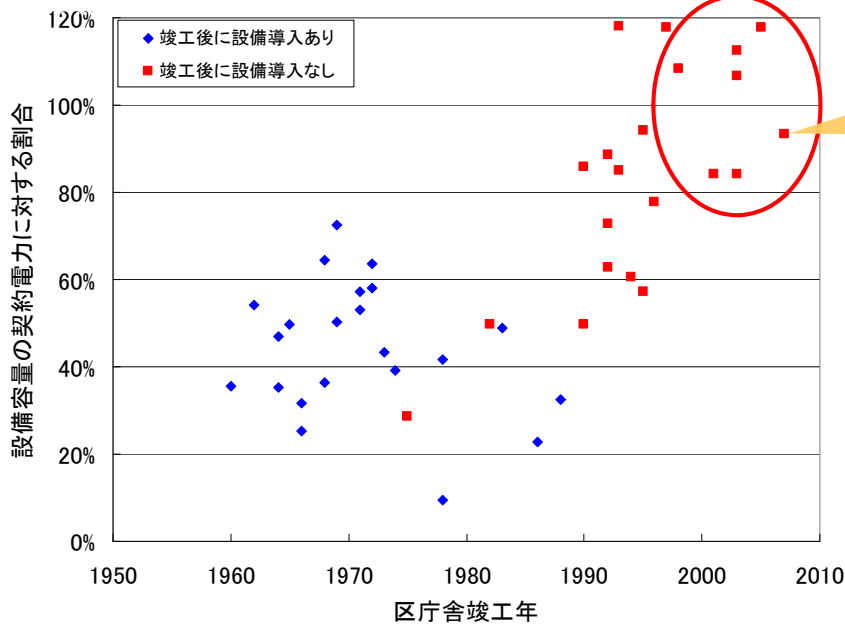


平常時と同様の使用水量の場合の給水可能日数



水槽の貯水率によっては、1~3日しか給水できない。
 蓄熱槽水利用によって、給水可能日数は伸びる。

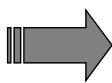
電力供給設備に関する分析



千代田区:
高度な耐震安全性
を備えた防災拠点と
して整備

災害時の電力需要の
目安として、対契約電力
100%を目標値

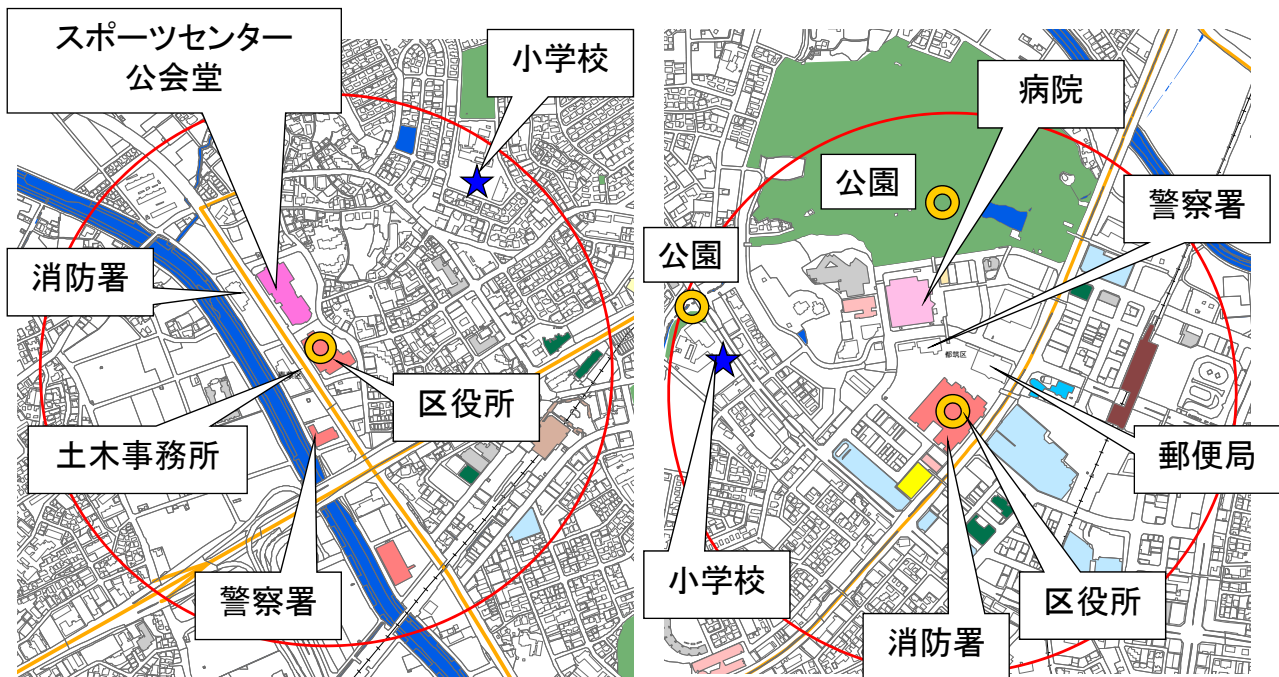
自家発電設備の導入時期と自家発電設備容量の契約電力に対する割合および竣工年との関係



- ・庁舎竣工後、設備更新を行った庁舎でも、現在の設計基準は満たせていないことが予想される。
- ・導入年の異なる複数台の設備を有する庁舎が多く、一度に全ての設備を入れ替える庁舎は少ないことがわかった。

拠点施設の周辺整理

— 区役所を中心とした500m圏 —



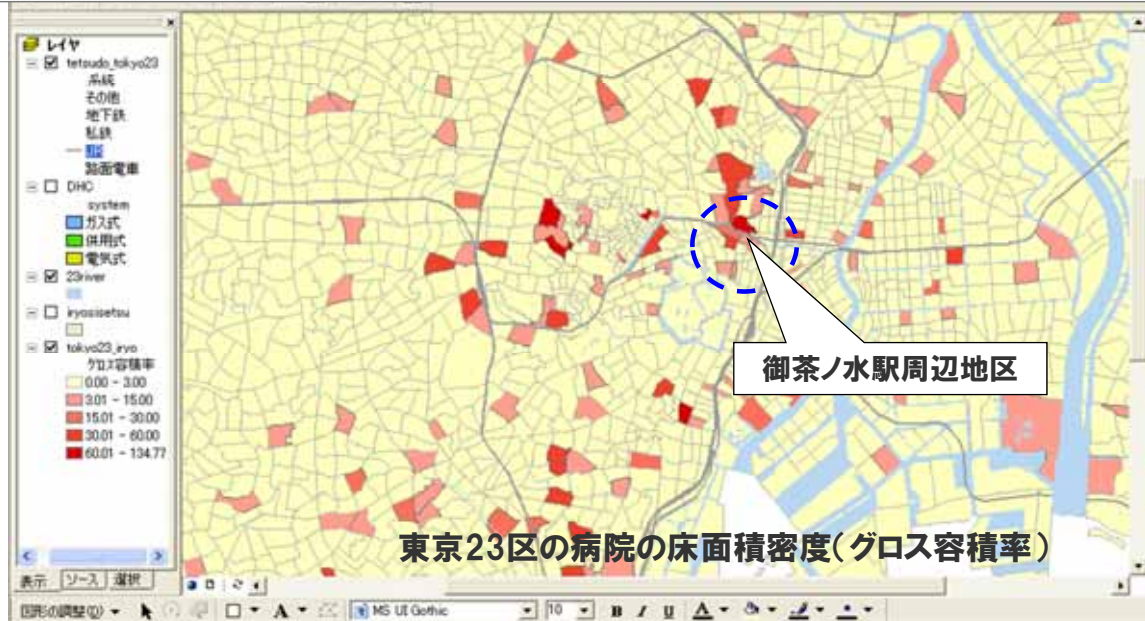
★ 災害用地下給水タンク

○ 緊急給水栓設置場所

『御茶ノ水駅周辺地区DCP構想』

出典:(財)都市防災研究所、資料業務地区DCP施設連携構想検討業務最終報告書、平成23年3月

- ・ 医療機関、教育機関が集中し、発災時の医療機能継続の必要性が特に高い**御茶ノ水駅周辺地区**を選定
- ・ **移動市民への対応も、必要とされる地区**



御茶ノ水駅周辺の病院及び大学

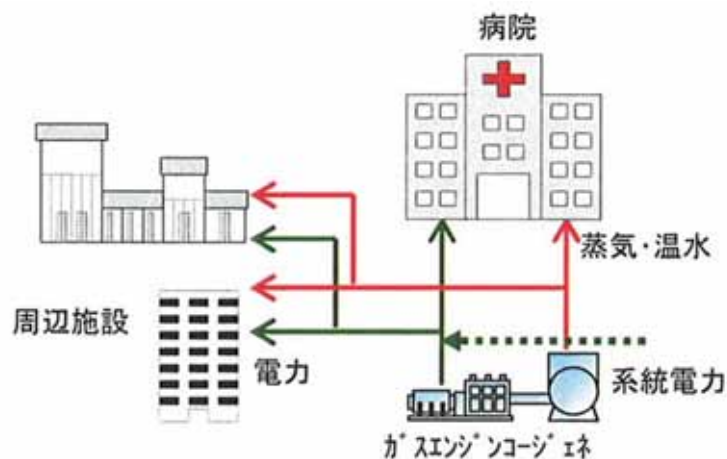


出典:(財)都市防災研究所、資料業務地区DCP施設連携構想検討業務最終報告書、平成23年3月

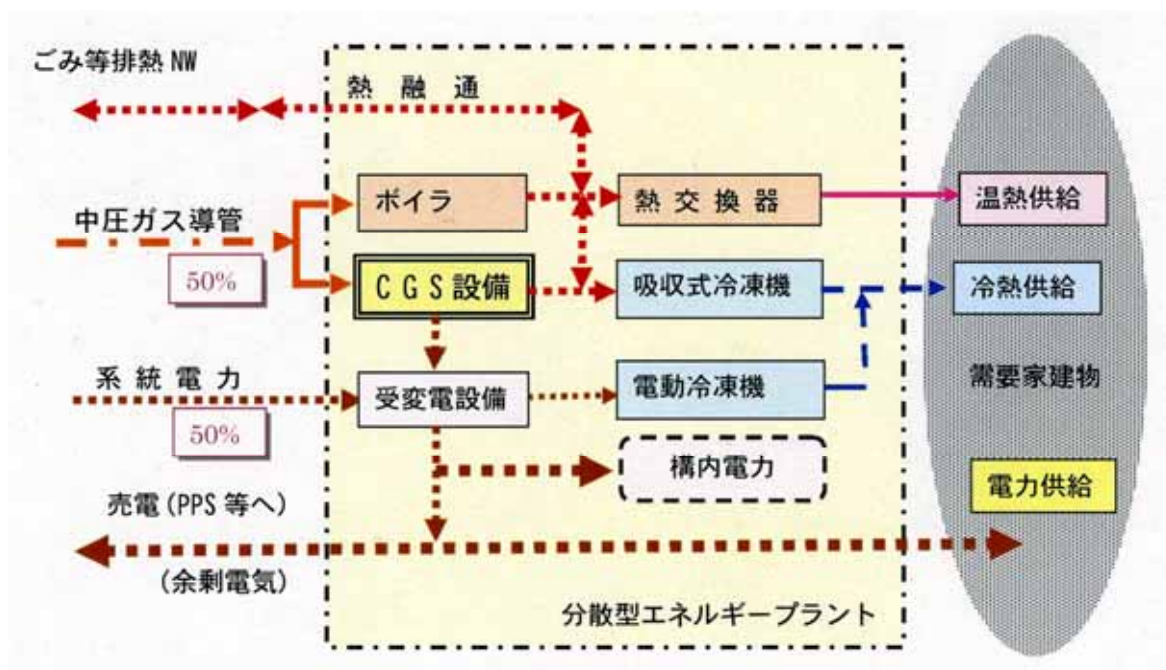
エネルギーネットワークの段階的整備

STEP1

各病院に**高効率ガスエンジンコージェネレーション**を導入し、病院だけでなく、**隣接する建物**など地域の防災電源として**電力・蒸気・温水**を送る。



出典:(財)都市防災研究所、資料業務地区DCP施設連携構想検討業務最終報告書、平成23年3月



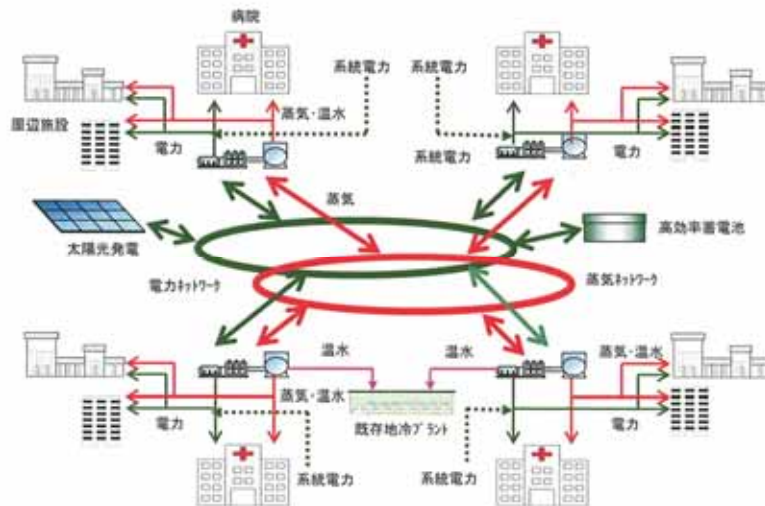
自立・分散型エネルギーシステム概念図 (CGS:非常用兼用常用発電機)

出典) 佐土原・中嶋:エネルギー政策、東日本大震災からの日本再生、中央公論社、2011

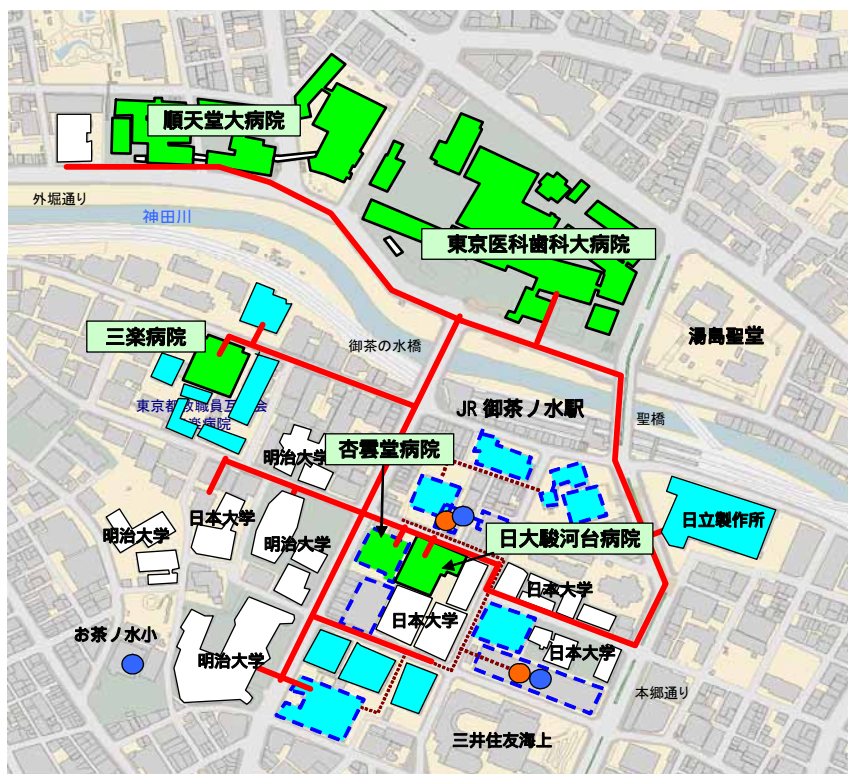
エネルギーネットワークの段階的整備

STEP2

防災性と省エネ性の向上のために、**病院間を電力と蒸気でネットワーク化し、太陽光発電**など再生可能エネルギーも組み合わせた**防災マイクログリッド**(スマート・エネルギーネットワーク)を形成するとともに、地域の**貯水資源を整備**し、ライフラインの強化を目指す。



出典: (財)都市防災研究所、資料業務地区DCP施設連携構想検討業務最終報告書、平成23年3月



- 拠点病院(コージェネ設置)
- 周辺電力・熱供給施設・エリア(想定)
- 既存地冷熱供給施設(冷水・温水供給)
- 既存地域冷暖房地域導管
- 既存地域冷暖房プラント
- 電力供給線・地域蒸気配管(電力・蒸気ネットワーク)
- 貯水槽・蓄熱槽

出典: (財)都市防災研究所、資料業務地区DCP施設連携構想検討業務最終報告書、平成23年3月

求められる電力品質

表2 電力供給品質分類

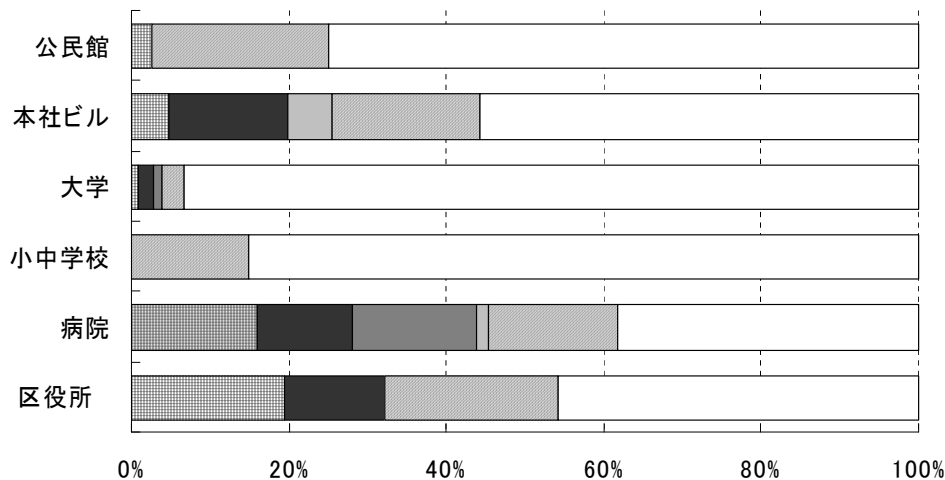
	高品質A	高品質B			高品質C	標準品質
		B1	B2	B3		
品質特徴	無瞬断であり、電力波形レベルでの保障	瞬断時間が15msec以下			停電時間が1分程度	現状の電力系統
瞬停補償	○	○	○	○	×	×
停電補償	○	○	△	×	△	×
バックアップ時間	安全にシャットダウンできる時間以上	200msec以上			停電時間1分程度に制限	×

(○:補償を行う △:制限付きの補償を行う ×:補償の対象とはしない)

「平常時の建物全体の電力需要を 100 とした場合の割合を凡そで記入されたものである」

(JECA 1032 (社) 日本電設工業協会「防災設備の電源と配線に関する指針」²⁾, 2004)

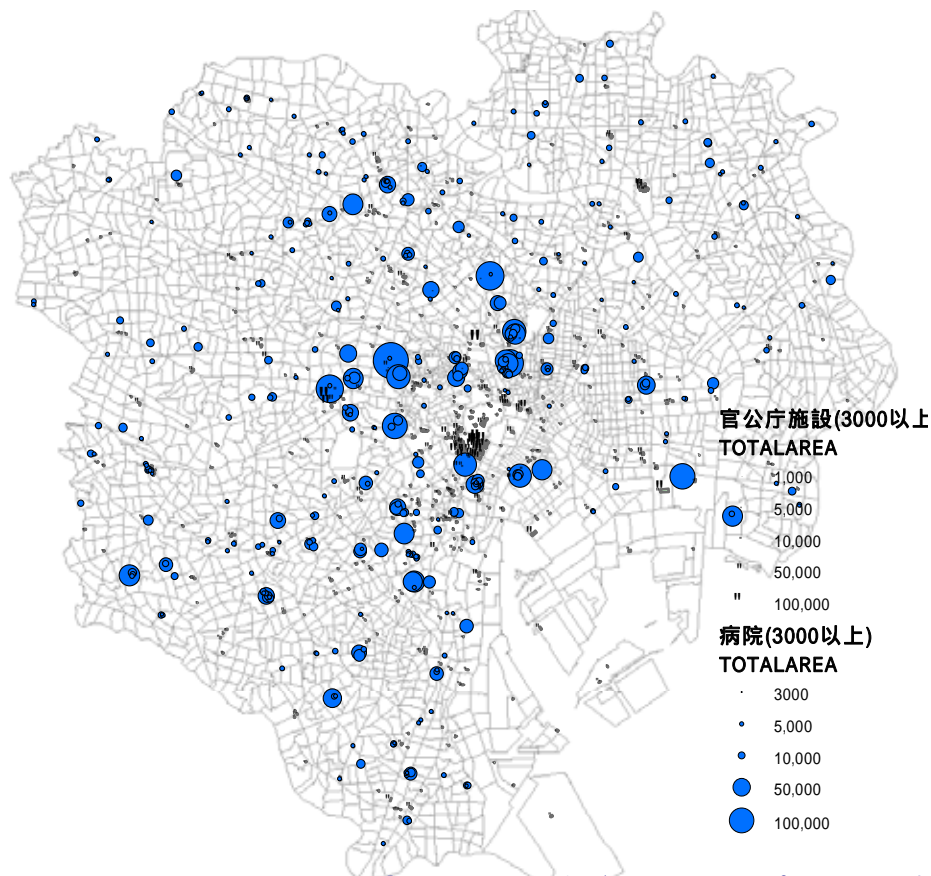
出典:元アンナほか:各種建築物のエネルギー設備の現状・ニーズに関する調査に基づく分析供給信頼性を考慮した地域エネルギーシステムの構築に関する基礎的研究、地域安全学会論文集No.8,2006年11月



	区役所 n=6	病院 n=11	小中学校 n=3	大学 n=4	本社ビル n=12	公民館 n=1
標準品質	46	38	85	93	56	75
高品質C	22	16	15	3	19	23
高品質B3	0	1	0	0	6	0
高品質B2	0	16	0	1	0	0
高品質B1	13	12	0	2	15	0
高品質A	19	16	0	1	5	3

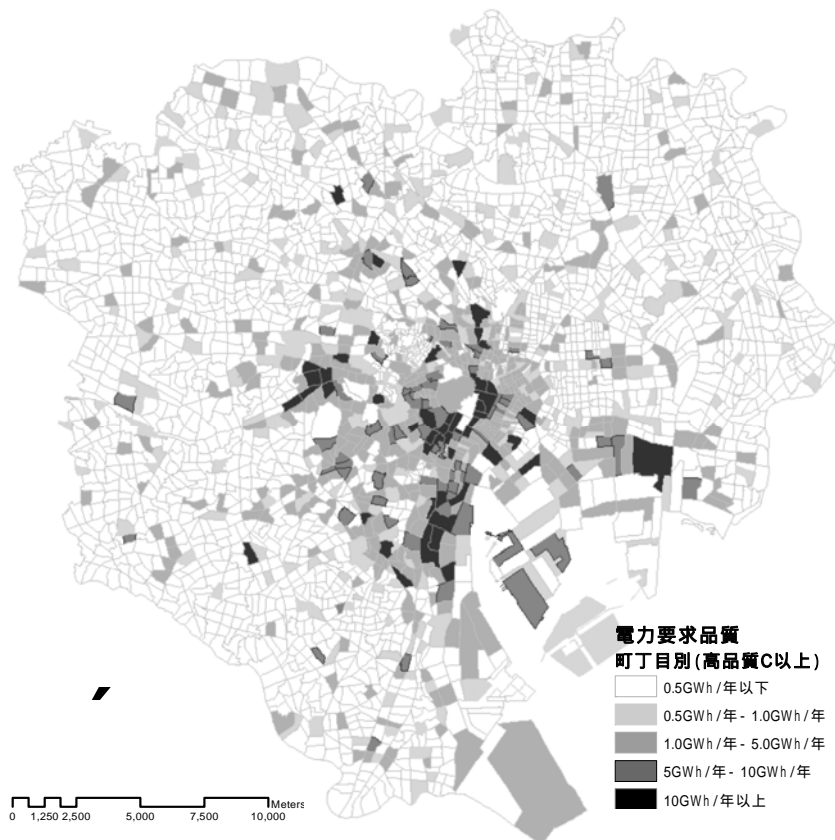
建物用途と求められる電力品質 [%]

出典:元アンナほか:各種建築物のエネルギー設備の現状・ニーズに関する調査に基づく分析供給信頼性を考慮した地域エネルギーシステムの構築に関する基礎的研究、地域安全学会論文集No.8,2006年11月



東京都区部の官公庁および医療施設の分布 (各3000 m²以上用途延床)

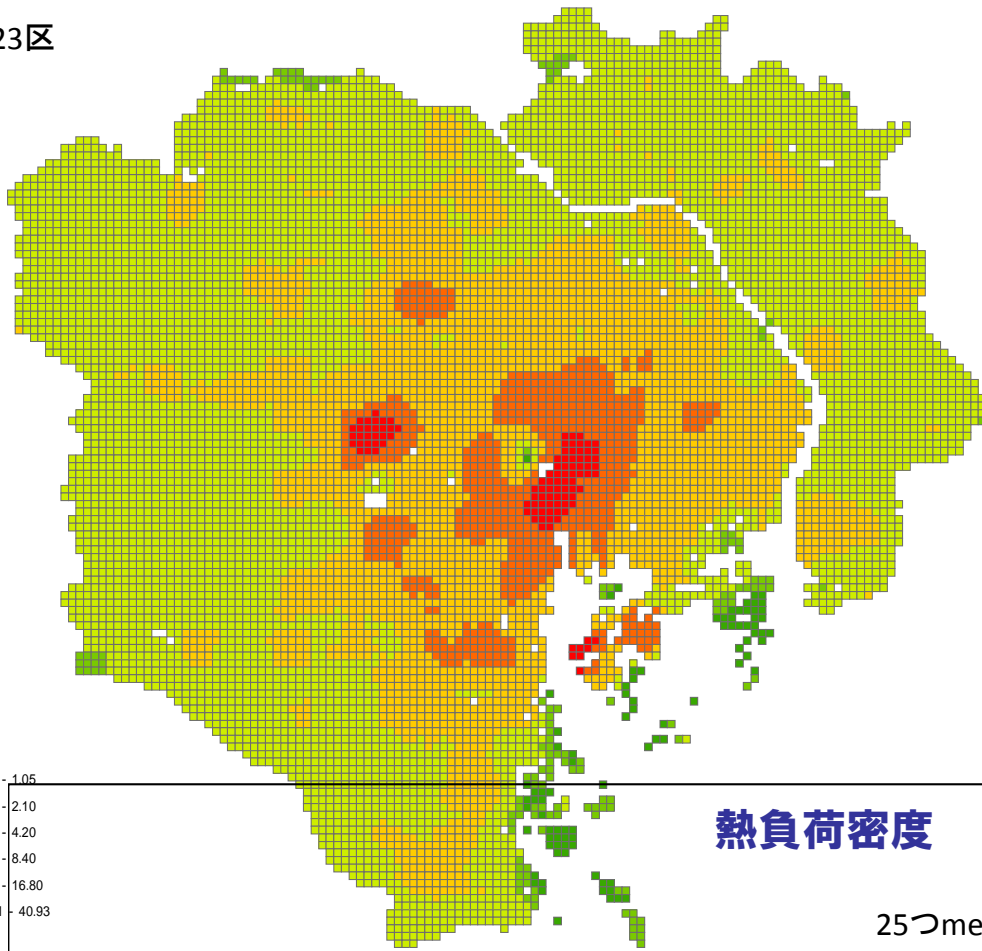
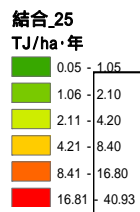
出典: 元アンナほか: 各種建築物のエネルギー設備の現状・ニーズに関する調査に基づく分析供給信頼性を考慮した地域エネルギーシステムの構築に関する基礎的研究、地域安全学会論文集No.8,2006年11月



東京都区部の高品質C以上の電力要求密度分布 (各3000 m²以上用途延床)

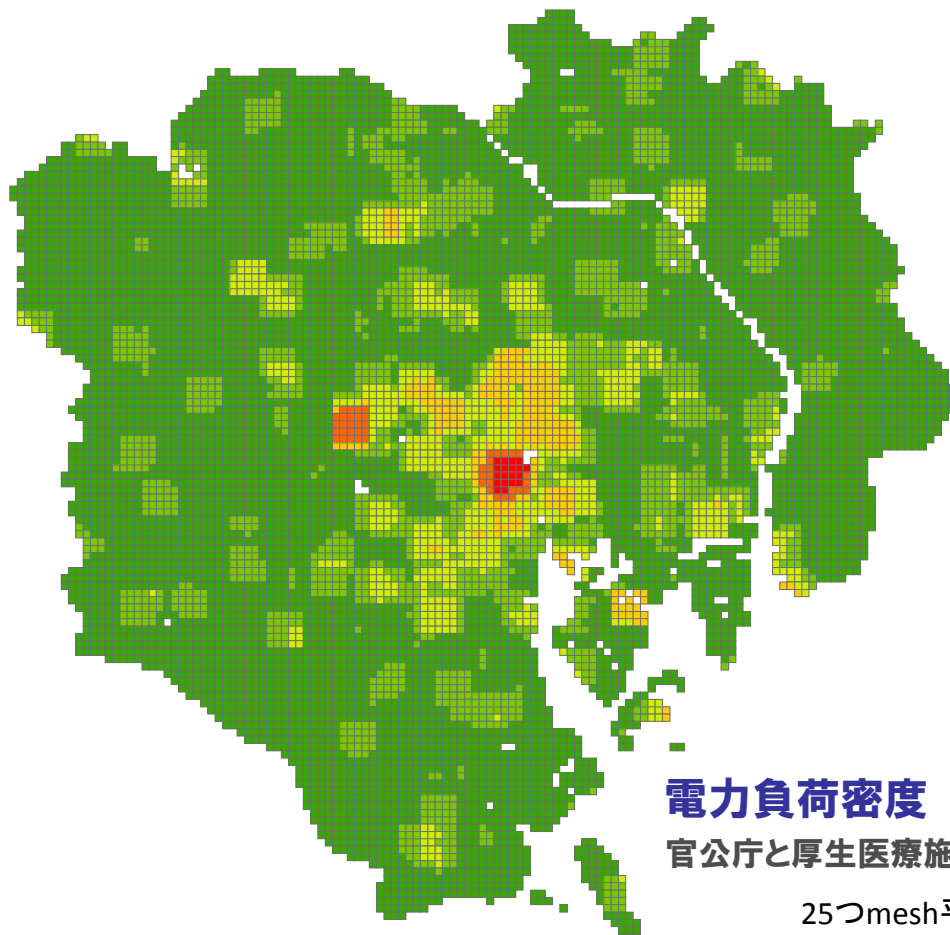
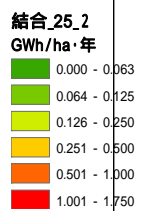
出典: 元アンナほか: 各種建築物のエネルギー設備の現状・ニーズに関する調査に基づく分析供給信頼性を考慮した地域エネルギーシステムの構築に関する基礎的研究、地域安全学会論文集No.8,2006年11月

東京都23区



熱負荷密度

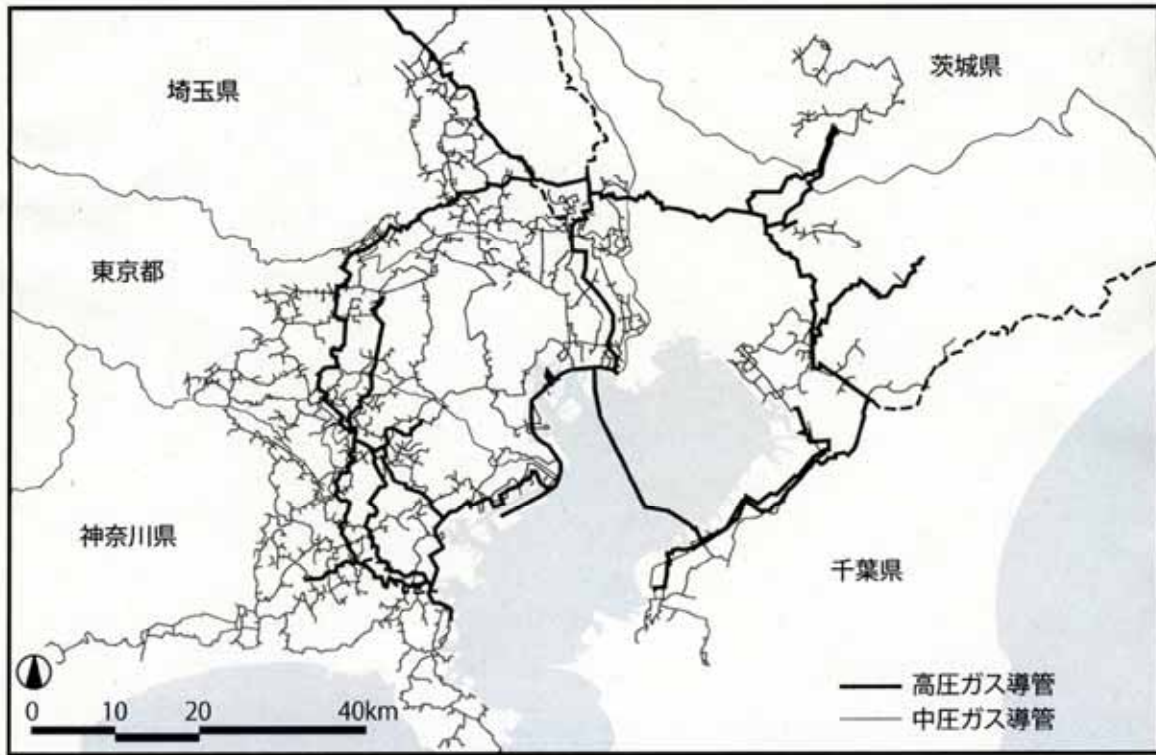
25mesh平均



電力負荷密度

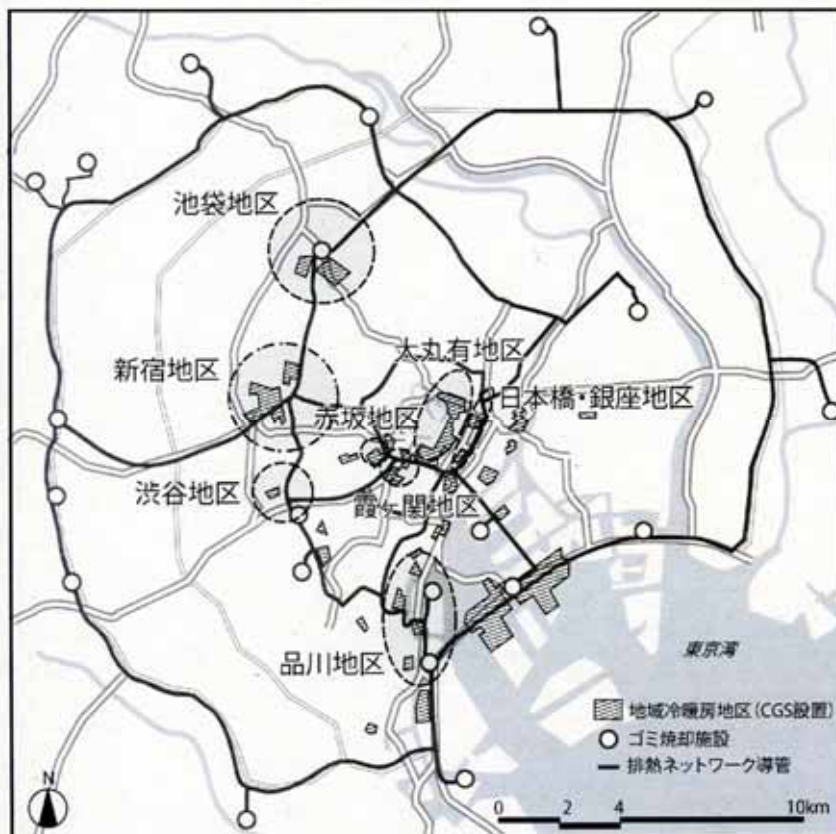
官公庁と厚生医療施設

25mesh平均



東京圏における天然ガス高圧・中圧導管網

出典) 佐土原・中嶋:エネルギー政策、東日本大震災からの日本再生、中央公論社、2011



安全街区形成・BCPが不可欠

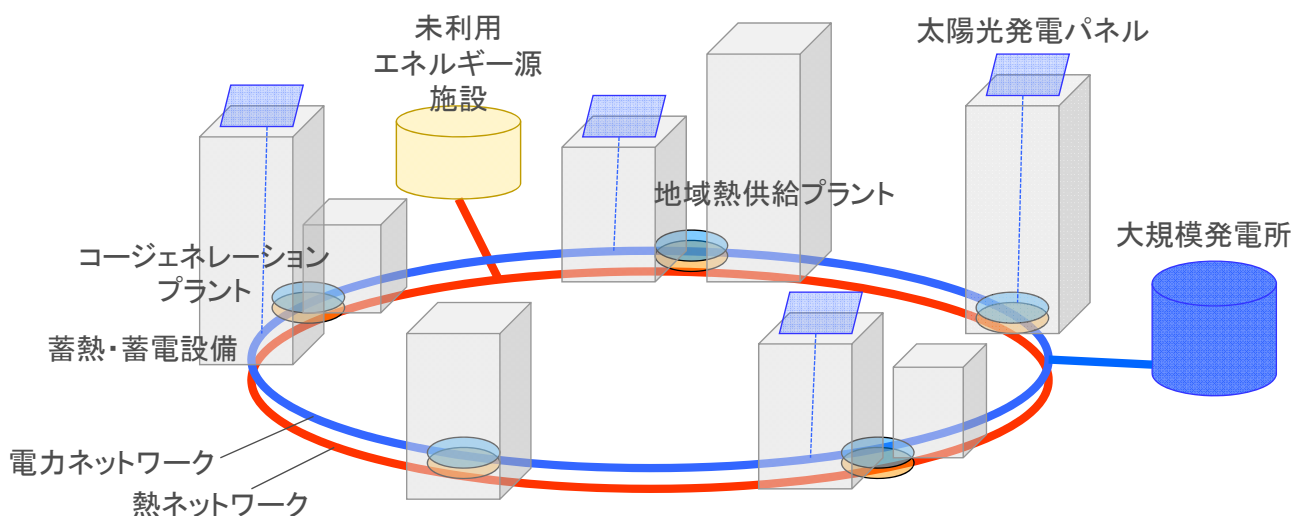
- ・中圧ガス導管を活用した3~10万kWクラスの分散型エネルギーシステムの導入
- ・8ヶ所のゴミ焼却施設からの排熱蒸気等のネットワークへの組み込み
- ・8地区合計で80万kW相当のCGS、ゴミの排熱利用も含めて100万t-CO₂の削減、環状8号線沿いもネットワーク化することで、200万t-CO₂の削減

出典) 早稲田大学尾島研究室

東京のCGS、ゴミ焼却排熱ネットワーク構想

出典) 佐土原・中嶋:エネルギー政策、東日本大震災からの日本再生、中央公論社、2011

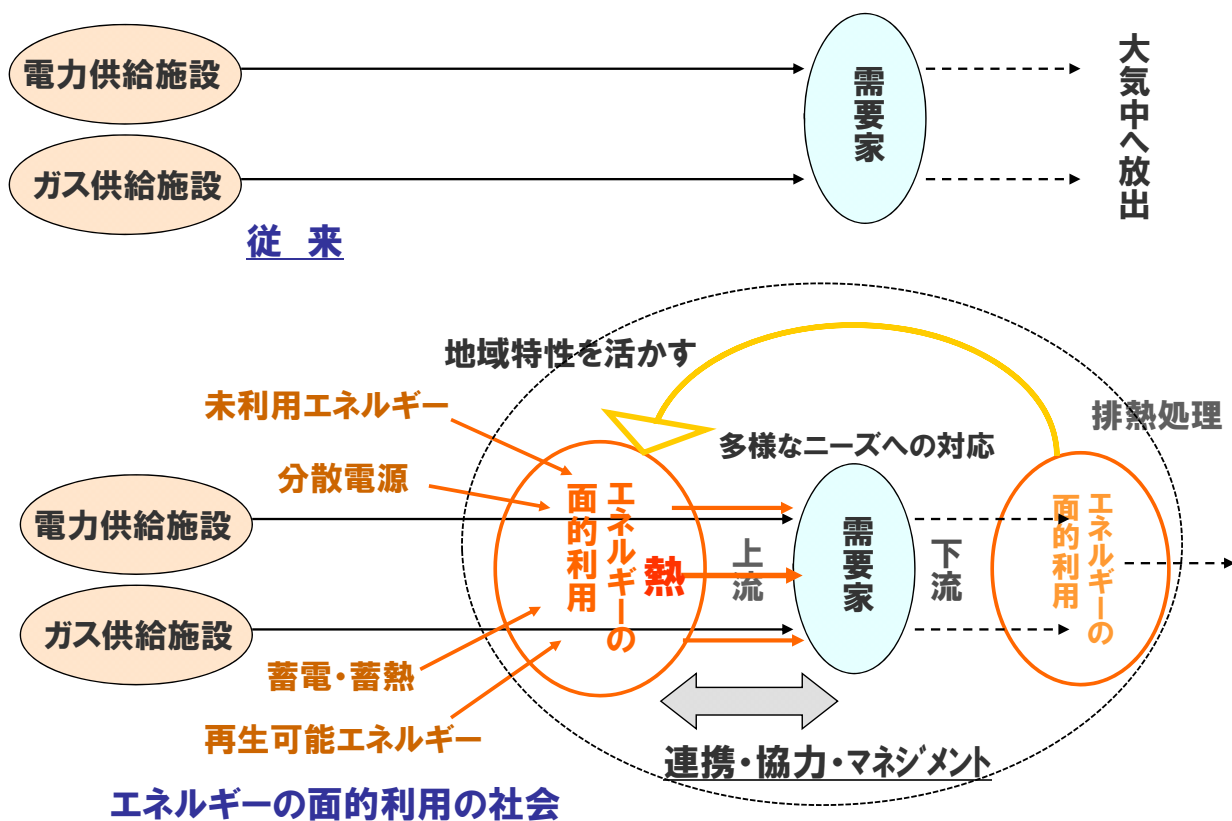
さまざまなマネジメントが可能な分散型エネルギーシステムが、大規模システムと併存



● 電力・熱のスマート・ネットワークにより、自立分散拠点を連携

- 電力と熱の需給の柔軟なマネジメントが可能となり、省エネ・省CO2性が向上
- 相互バックアップにより、災害時にも高い供給信頼性の確保
- 各分散拠点の漸次更新により、常に最新技術を取り込む

エネルギー面的利用の社会



まとめ

●気候変動の緩和策(平常時の低炭素化)、地震・風水害などの災害への適応策(非常時の防災性)、電力負荷低減を同時に満たす、都市のエネルギー供給システムが求められている。

●その具体像として、熱供給網を基盤として、電力・熱を製造する自立分散型エネルギー拠点を構築し、それらを相互に連携して、未利用エネルギー・再生可能エネルギー、蓄電・蓄熱システムも導入した、地域エネルギーのマネジメントが可能なシステムが、大規模発電所からの供給システムと併存することが考えられる。

●大都市では、熱需要密度が高く、災害時の重要拠点施設が集中している地域に、今後、自立分散型エネルギー拠点の構築を優先的に行うことが重要である。