

平成20年度 第1回成果発表会

相互に関連したライフラインの復旧最適化に関する研究【山崎チーム】

# 自律分散型拠点構築による地域防災力向上

横浜国立大学大学院環境情報研究院  
横浜国立大学大学院環境情報研究院

教授  
特別研究教員

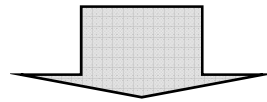
佐土原 聡  
稲垣 景子

# ■ 発表内容

- 1. 研究の概要・自律分散型拠点のイメージ**
- 2. 区庁舎の実態調査(エネルギー供給系、水供給処理系)**
  - －水供給に関する調査・分析
  - －電力供給に関する調査・分析
- 3. 拠点構築の可能性に関する検討・ケーススタディ**
- 4. まとめ**

## ●研究内容(業務計画書より)

自律分散型拠点の対象となる施設、その集積地区のライフラインの実態、BCP、そのために必要なライフライン機能に関する需要を実態調査等により把握し、課題・計画要件を整理する。



被害波及モデルを用いたシミュレーションにより、「広域連携」とのベストミックスとしての「自律分散型拠点」が備えるべきライフライン機能を明らかにする

## ●研究スケジュール

第1～2年度： 自律分散型拠点施設・地区のライフラインの現状調査

第3～4年度： 自律分散型拠点構築の計画と評価

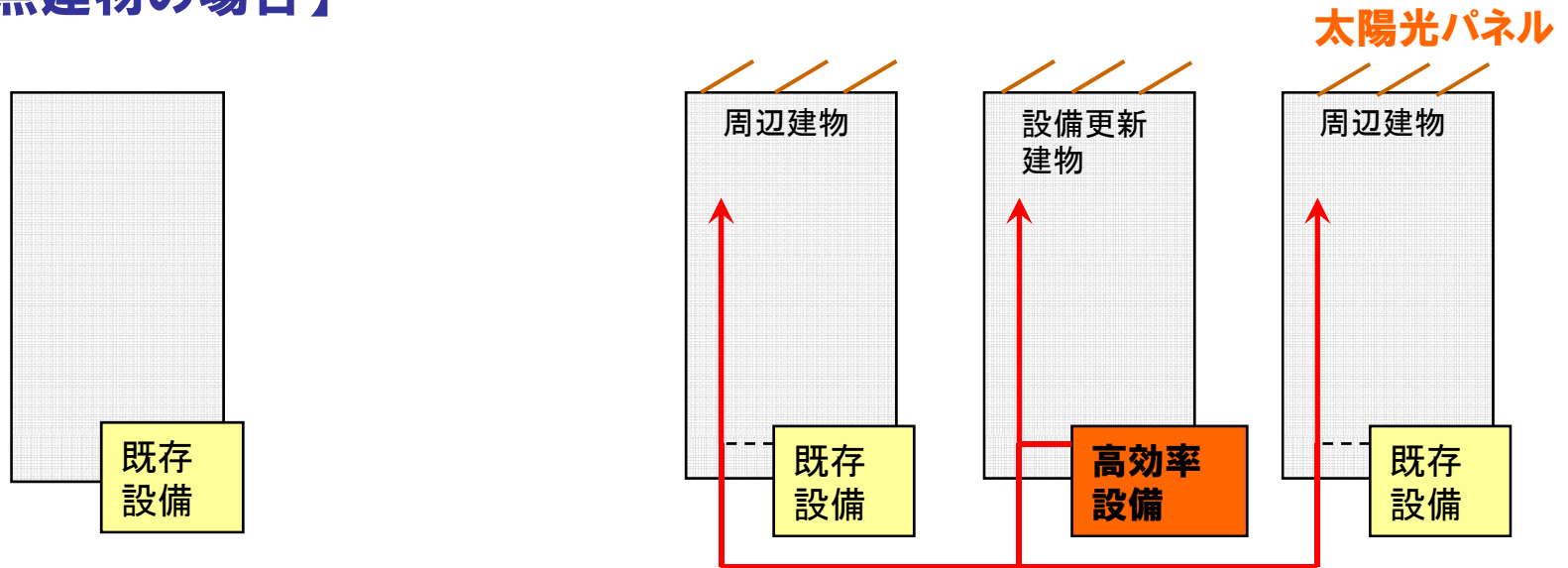
第5年度： シミュレーションによる自律分散型拠点の最適方策の提案

# ●自律分散型拠点のイメージ:ライフラインの自立性

## 【拠点街区の場合】

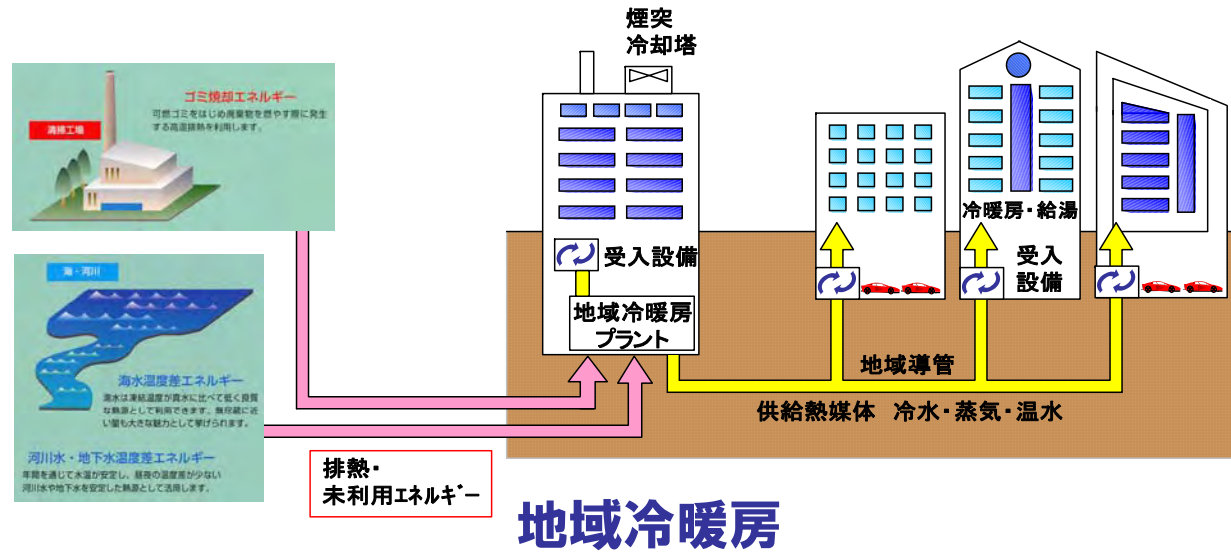
オフピーク時:高効率設備の能力を**建物間で融通**  
→ 省エネルギー、供給信頼性向上

## 【拠点建物の場合】



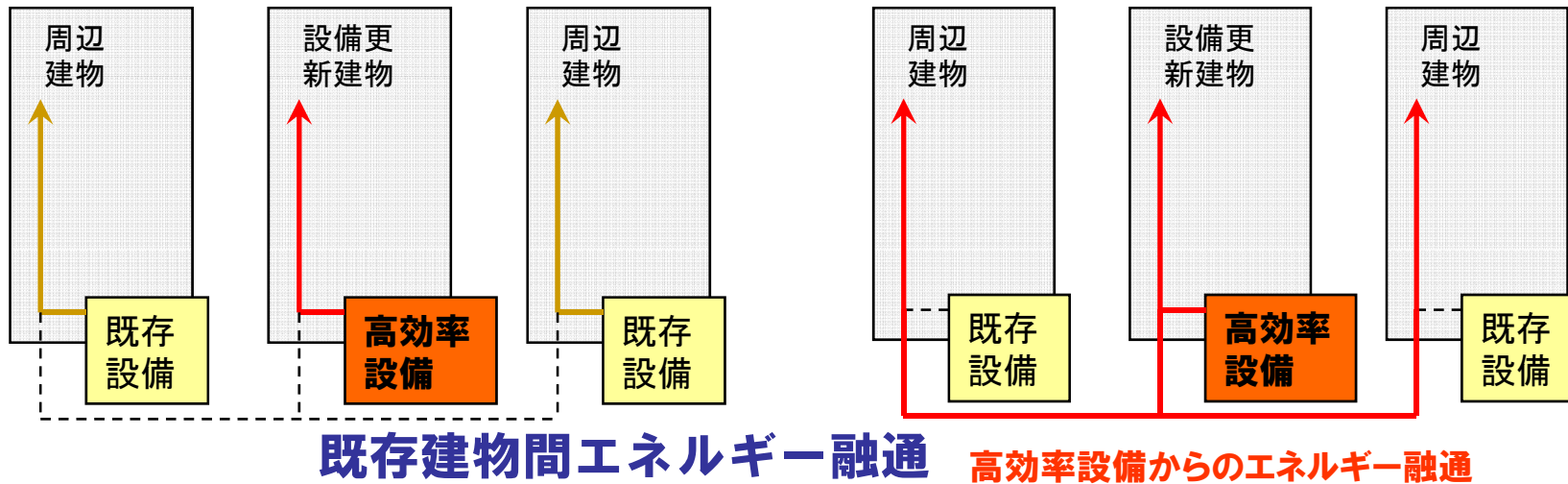
- 非常用自家発電 → **常用コージェネレーション**:省エネルギー、供給信頼性向上
- 再生可能エネルギー(**太陽光発電**など)の利用
- 水の確保、トイレ → **蓄熱槽**の水も活用、地下水利用など

# 地域冷暖房と既存建物間エネルギー融通



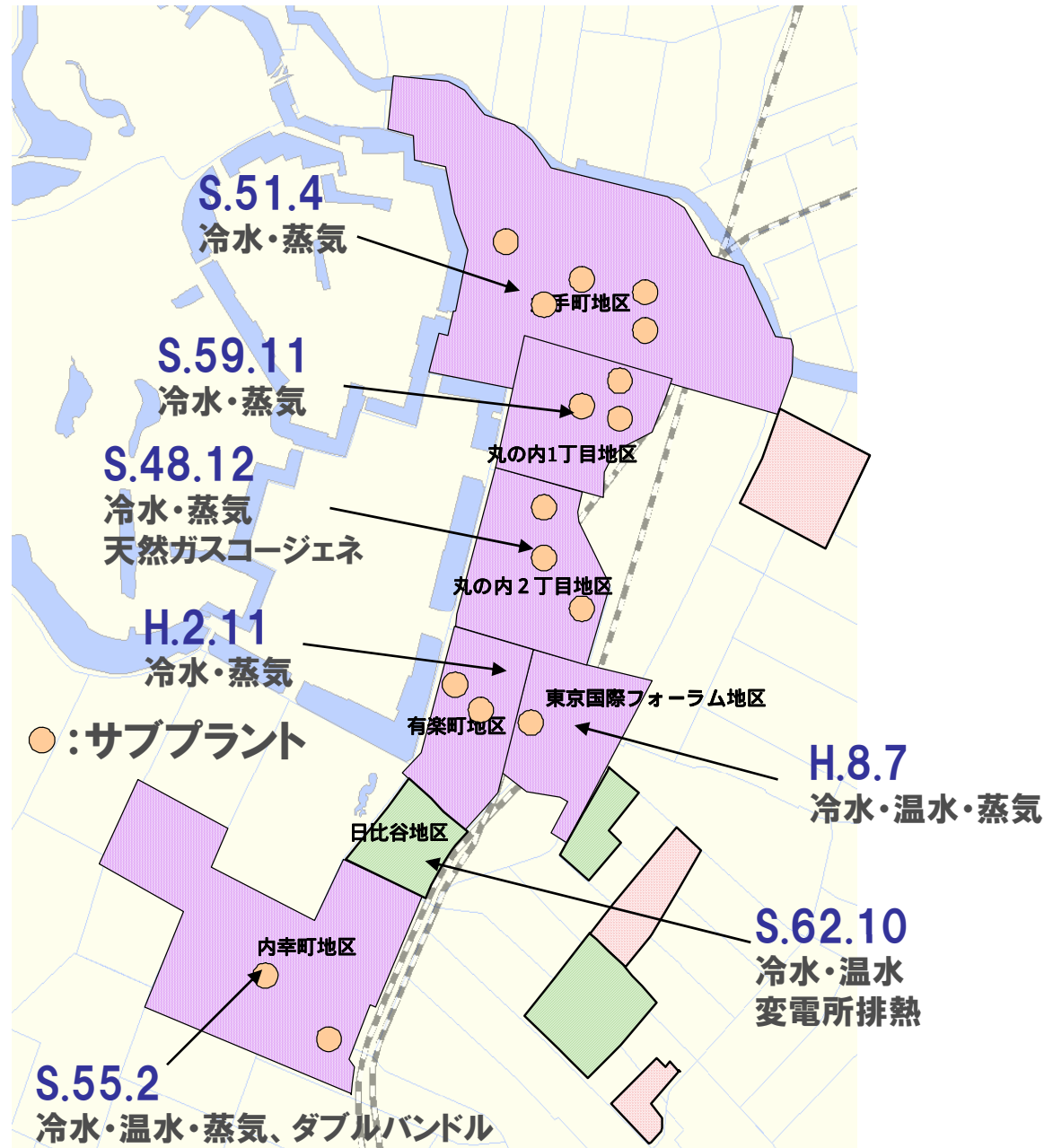
【ピーク期間：各建物の設備を利用】

【オフピーク：高効率設備の能力を建物間で融通】



## ●大丸有地区の例:

地域冷暖房のプラント  
が分散型になってきて  
いる





# ●平成19～20年度の計画：現状調査

## ○自律分散拠点としての調査対象施設

- ・8都県市の役所
- ・東京都・横浜市等の区役所

## ○調査内容

- ・エネルギー供給系、水供給処理系ライフラインに関する設備の実態、非常時の負荷など計画要件の調査
- ・ライフライン・BCP等の計画の考え方、実態の概要のヒアリング
- ・周辺の連携可能施設の有無等に関する調査

# 官庁施設の基本的性能基準（国土交通省官庁営繕・平成18年度版）

## ○分類Ⅰ：災害対策基本法に規程する指定行政機関など

・商用電力途絶時などでも電力供給機能が確保されている  
「商用電源の復旧に要する時間などの想定が困難な場合は、**連続運転可能時間を1週間程度、燃料備蓄量を72時間分程度とする。冷却方式は補給水不要で信頼性の高いものとする。**」

・上水道の途絶時においても給水機能が確保されている  
「飲料水と雑用水系統に分け、雑用水系統には**井戸水、雨水利用、排水再利用**」、「受水タンクは**給水車からの直接受入が可能**」、「非常用ポンプ等の**電源確保**」

## ○分類Ⅱ：分類Ⅰに該当しない施設

・商用電力、上水道などの回復に伴い、速やかに復旧できる。



# ■ 発表内容

1. 研究の概要・自律分散型拠点のイメージ

**2. 区庁舎の実態調査(エネルギー供給系、水供給処理系)**

－水供給に関する調査・分析

－電力供給に関する調査・分析

3. 拠点構築の可能性に関する検討・ケーススタディ

4. まとめ

## ●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

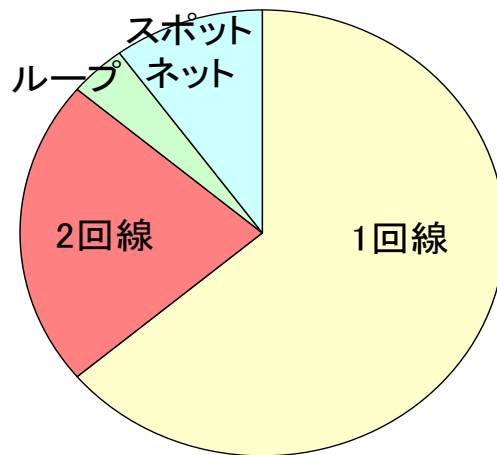
# 区庁舎アンケート結果

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。

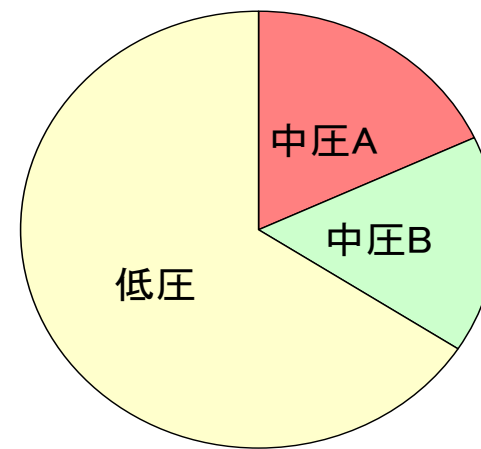
電気：6割以上の区庁舎は1回線受電となっている。

ガス：7割近くの区庁舎は、低圧となっている。

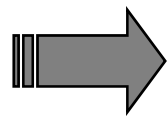
給水：給水方式は、高置水槽方式を約9割の区庁舎で採用されている。



受電方式

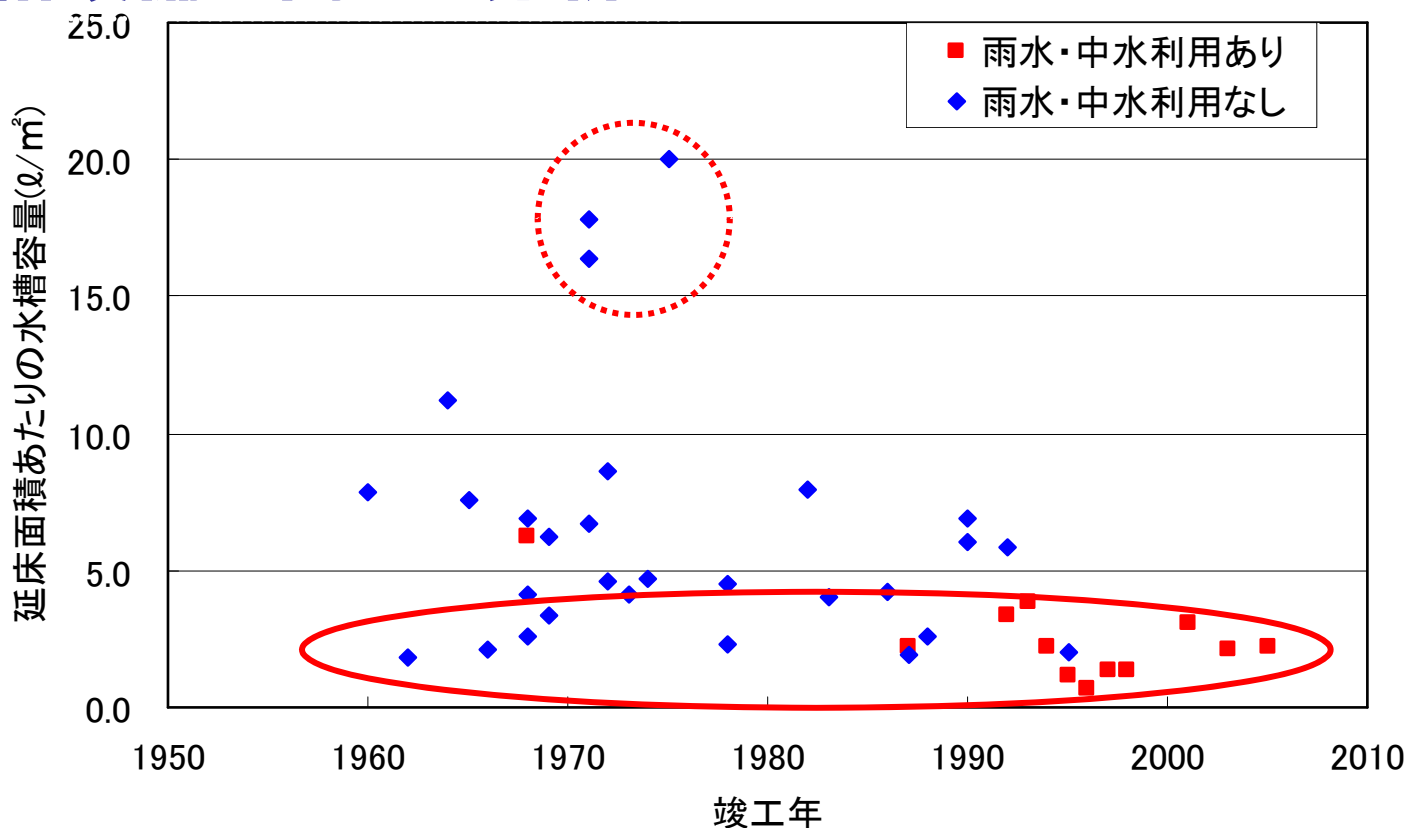


ガス管の設置状況

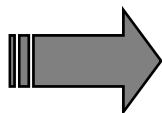


各区庁舎の設備は、**ライフライン被害を受ける可能性が低いとはいえない状況にある。**

# 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)

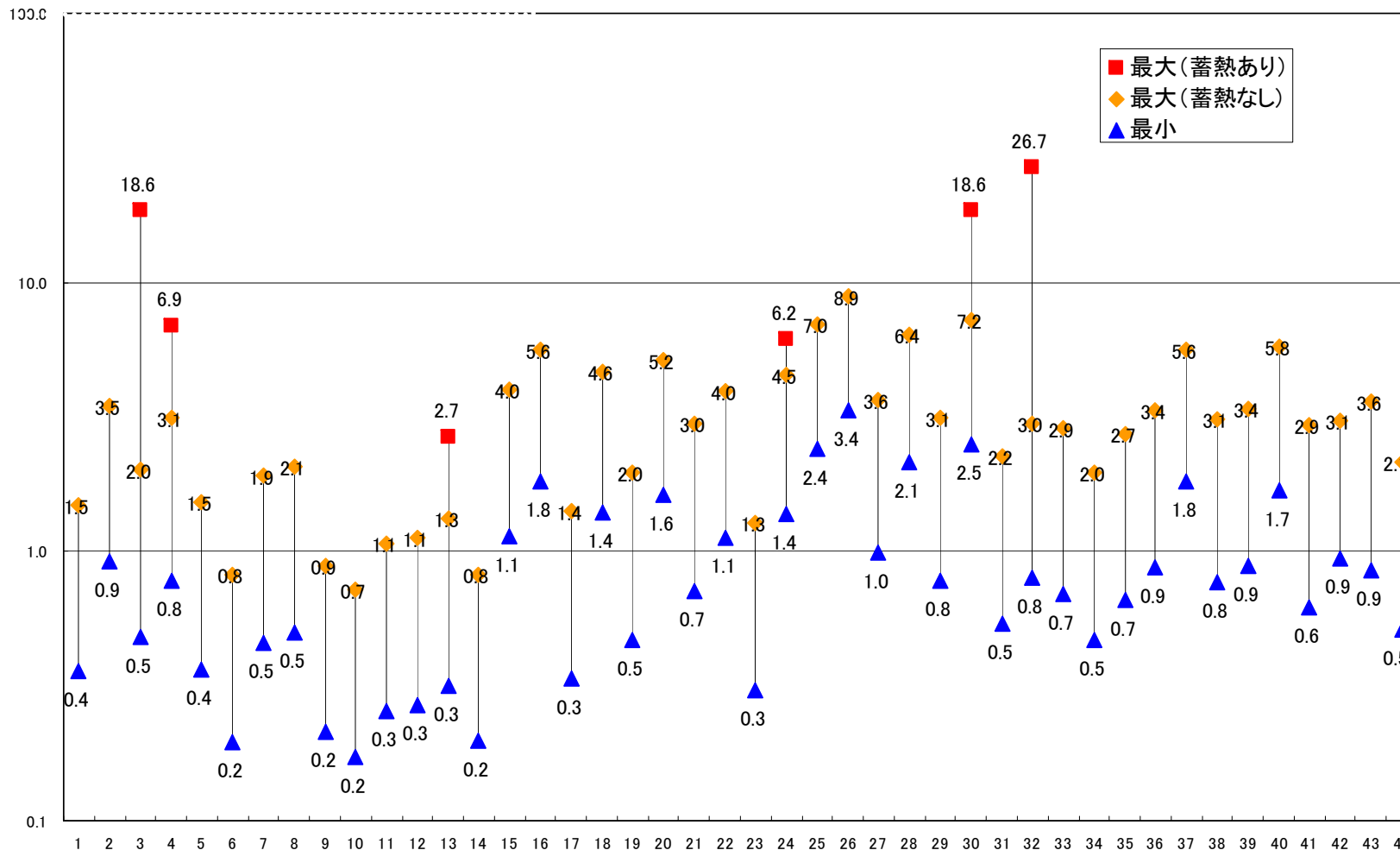
**1人当りの必要水量/日** ①横浜市の目標給水量 ②127L(通常の庁舎建物における水供給)

**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%

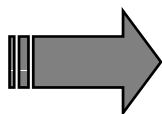
## 「給水可能日」検討パターン

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



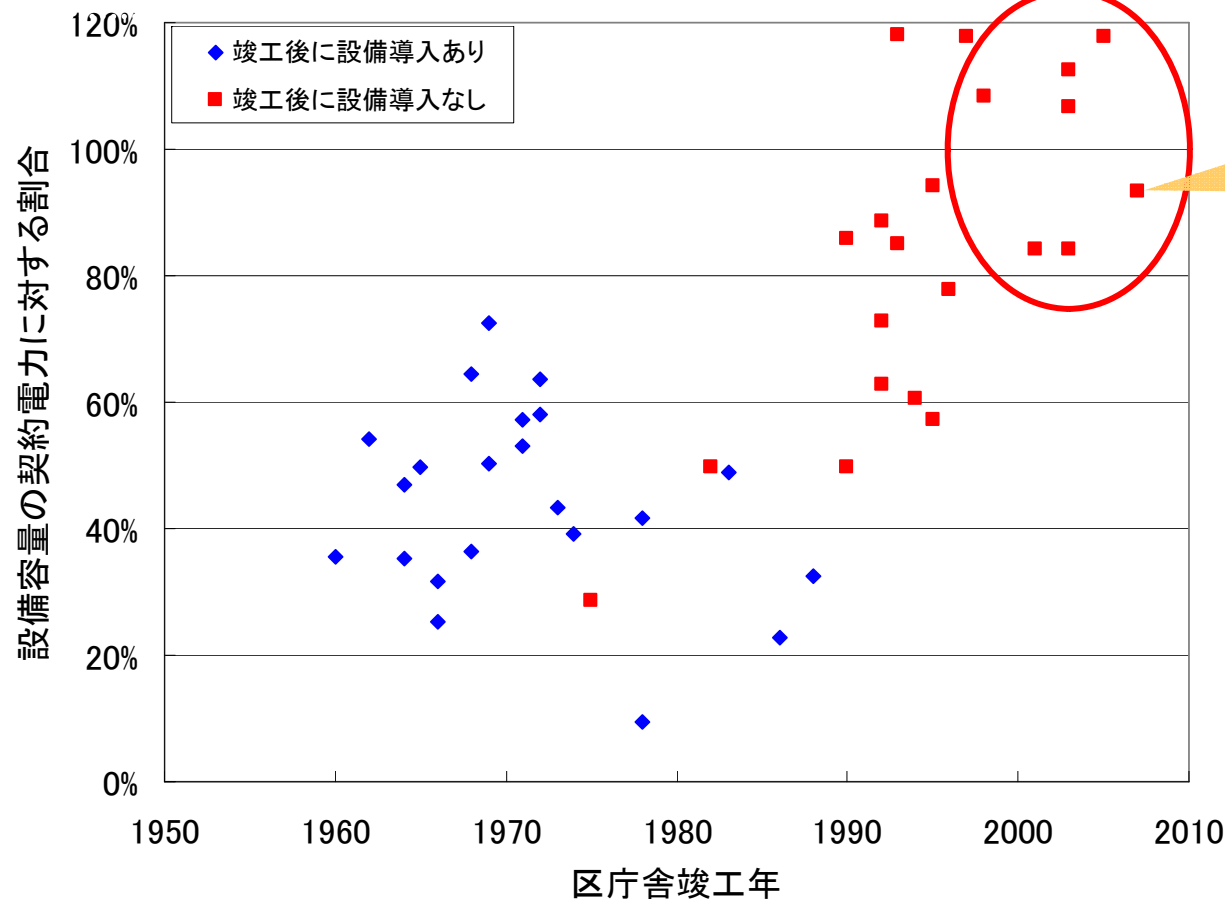
平常時と同様の使用水量の場合の給水可能日数



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

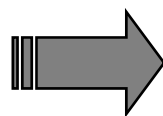


99.7%

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



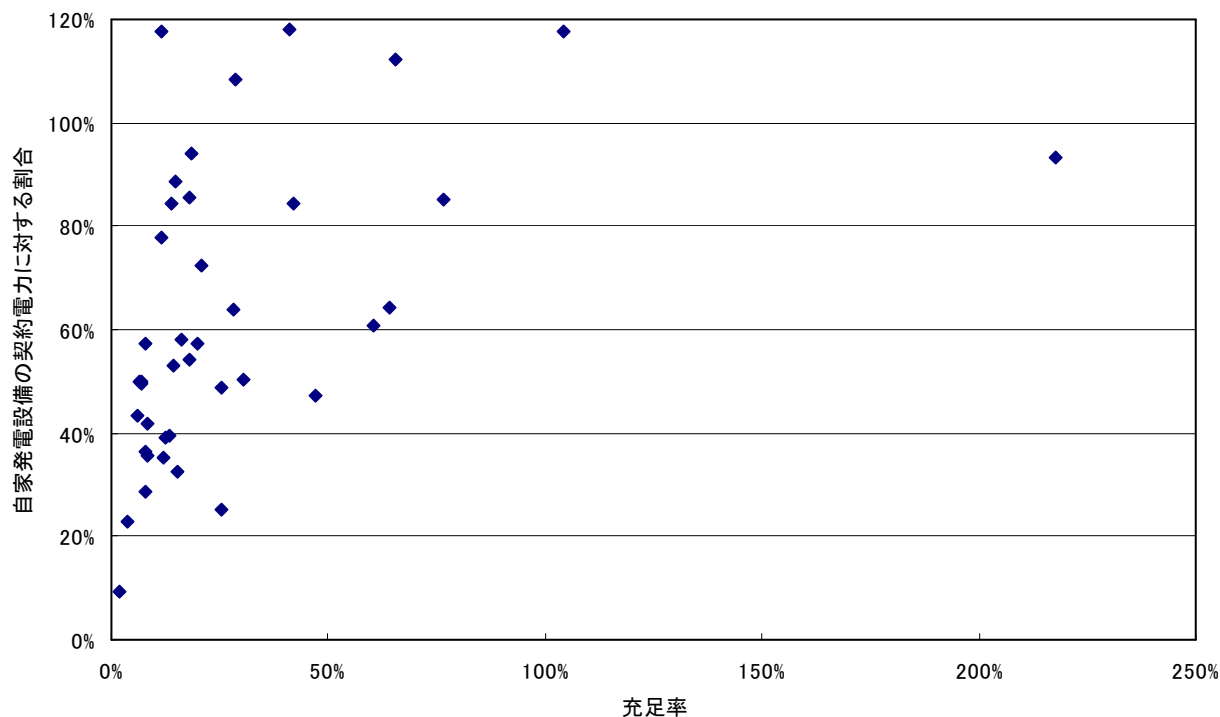
- ・庁舎竣工後、設備更新を行った庁舎でも、現在の設計基準は満たせていないことが予想される。
- ・導入年の異なる複数台の設備を有する庁舎が多く、一度に全ての設備を入れ替える庁舎は少ないことがわかった。

# 電力供給に関する分析

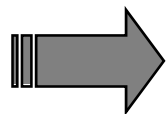
備蓄燃料の確保について

必要な電力量 = 契約電力(kw) × 100% × 72(時間)

自家発電容量と備蓄燃料から求めた現状設備の充足率 を求めた。



自家発電設備の契約電力に対する割合と充足率の関係



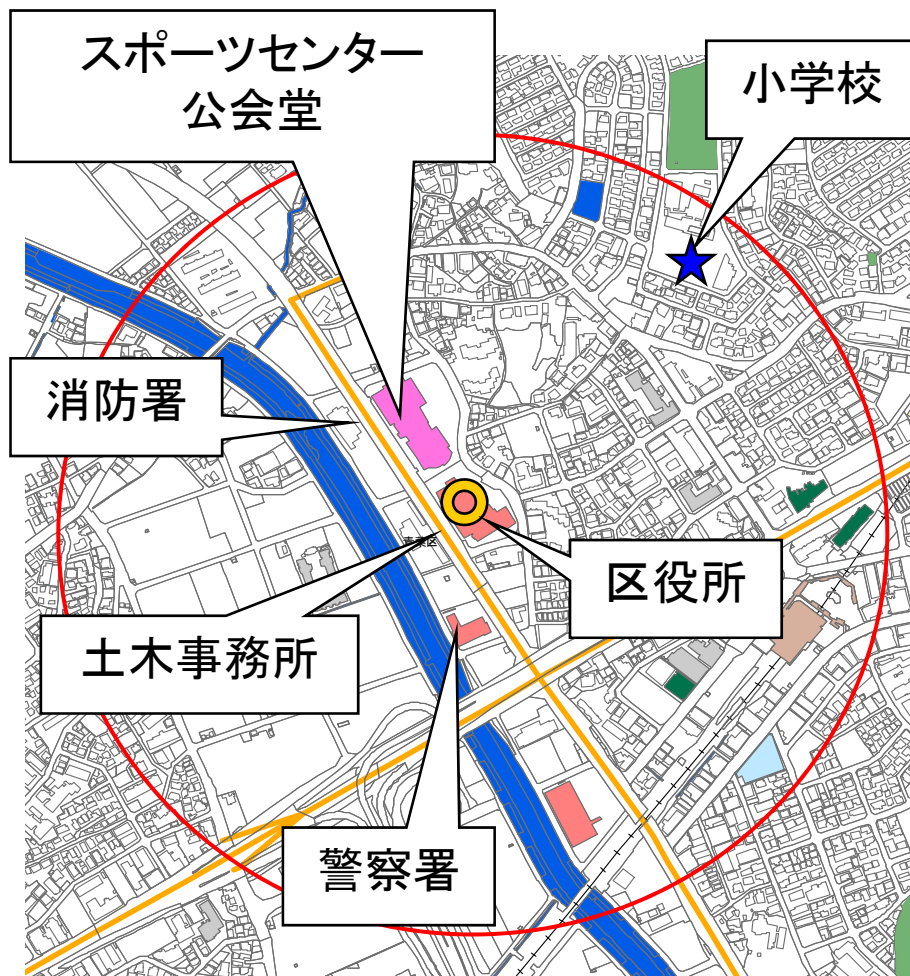
十分に自家発電容量が確保されている庁舎においても、備蓄燃料の少なさが影響し、充足率が低くなっている庁舎がみられる。

## ■ 発表内容

1. 研究の概要・自律分散型拠点のイメージ
2. 区庁舎の実態調査(エネルギー供給系、水供給処理系)
  - －水供給に関する調査・分析
  - －電力供給に関する調査・分析
- 3. 拠点構築の可能性に関する検討・ケーススタディ**
4. まとめ

# 拠点施設の周辺整理 (横浜市を対象に)

— 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

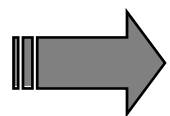
# 拠点構築に関する可能性の検討

## ②区庁舎の周辺公共施設や環境を整理

区庁舎 (竣工年)	A (86)	B (71)	C (65)	D (83)	E (72)	F (95)	G (71)	H (96)	I (01)	J (64)	K (71)	L (78)	M (95)	N (88)	O (69)	P (72)	Q (74)	R (69)
消防署	○	○				○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
警察署	○					○					○		○	○	○			○
公会堂	○	○				○	○	○	○		○	○	○			○	○	○
学校	○		○	△	○	△		△		△	△			△	△	△	○	○
河川	○		○			○	○	○						○	○			
公園等		○			○					○			○					
緊急 輸送路	○		○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○

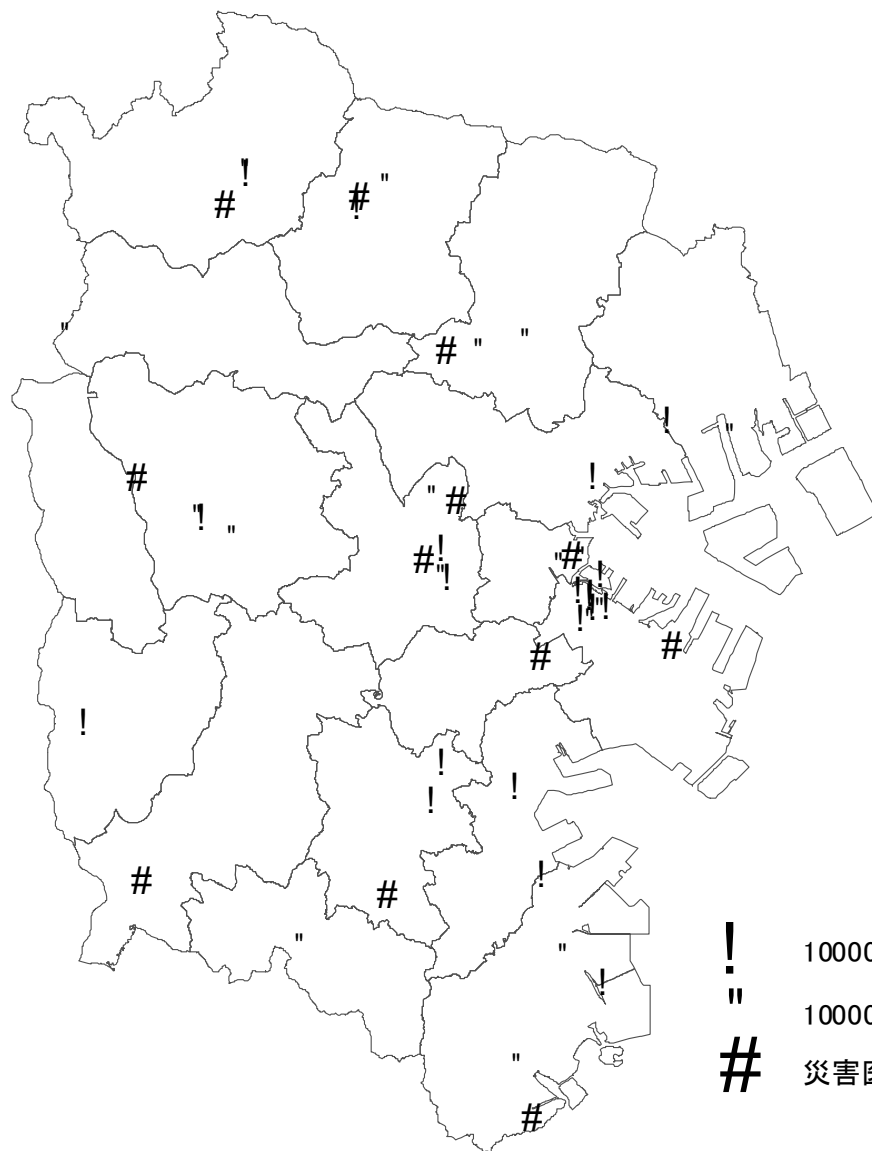
○: 拠点施設立地街区および隣接街区に施設あり, △: 500m以内に施設あり

延床面積: 10000㎡以上の施設



災害対応に携わる施設, 室内空間を利用できる施設, 避難所等になり得る施設が多く立地している。

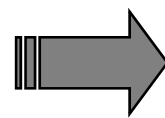
# 拠点構築に関する可能性の検討



近隣の建物間でエネルギーを融通することで、災害時だけでなく平常時の省エネルギー性向上にも寄与できる。



建物間のエネルギー融通に有効とされる建物規模(延床面積10000m<sup>2</sup>以上)の公共施設を抽出



設備共用の可能性の検討：  
Fエリアをスタディエリアとして、選定

- ! 10000行政施設
- " 10000文教厚生施設(公共)
- # 災害医療拠点病院



# ケーススタディ

## ③区域内での連携可能性を検討

### 設備概要

施設名		竣工年	延床面積 (㎡)	水槽総容量 (㎡)	契約電力 (kw)	自家発電総容量 (kw)
区総合庁舎	区役所	1995	15387	46	1050	600
	スポーツセンター・公会堂		7218			
消防署		1993	2427	3	120	40
土木事務所		1995	1037	水道管に直結	従量電灯C	
警察署		1988	3887	37.5	202	

### スタディエリアにおいて、エネルギー供給に関する設備共用の評価

災害時の供給信頼性を向上させるため、非常用設備から常用設備への更新

→ どれくらいの容量の常用設備を導入するのが日常の環境面からも効果的か。  
(環境面からの有用性を明らかにし、導入の可能性を高める。)

### 機器効率

熱源機器		機器効率
ガスタービン	発電	0.25
	排熱	0.4
冷温水発生器	冷熱	1.2
	温熱	0.8
吸収式冷凍機		1.2
熱交換器		1
受電端効率		0.366

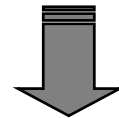
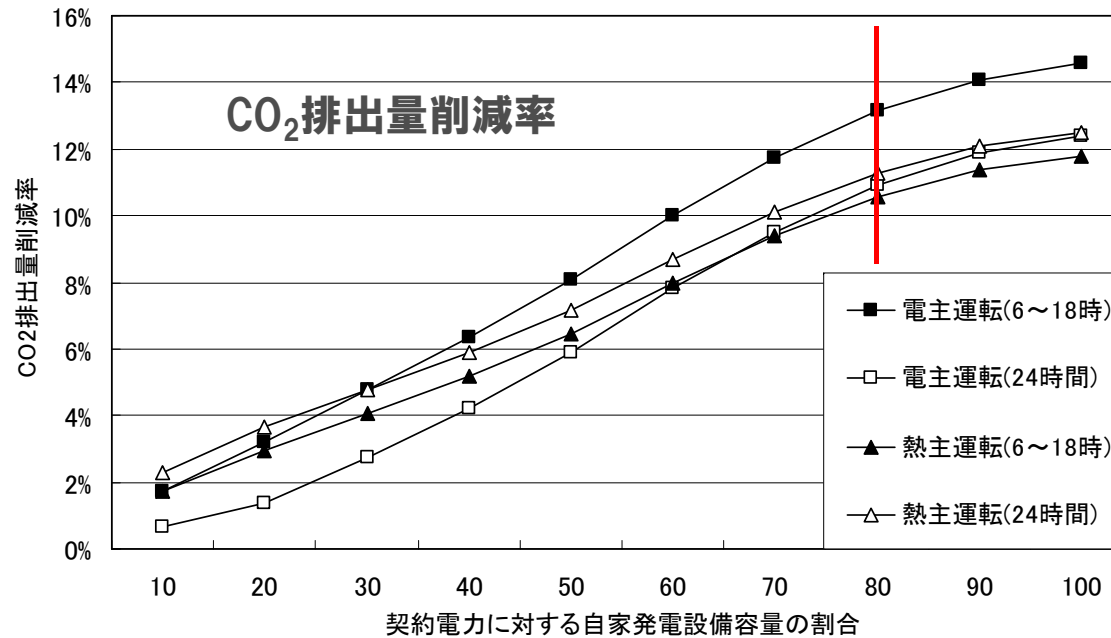
運転条件 ①平日の6~18時運転, 休日は運転せず

②平日24時間運転, 休日は運転せず

CO<sub>2</sub>排出原単位

都市ガス	0.0138 × 44/12 (kg-CO <sub>2</sub> /MJ)
電力	0.555 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)

## ケーススタディ（区庁舎の非常用設備を常用設備に更新した場合）



容量を上げると、省エネルギー効果は高まる。  
80%を超えると、削減率が、あまり伸びなくなることがわかった。

区庁舎の現状の非常用設備を800kw容量の常用設備に更新した場合の削減率の算定を行った。

# ケーススタディ

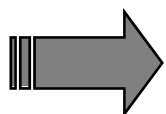
区総合庁舎の非常用設備を800kw容量の**常用設備に更新し**、**連携しない場合**、**連携した場合**の2つのケース

一次エネルギー消費量とCO2排出量の年間削減率  
(区庁舎と消防署が**連携しない場合**)

運転パターン	電主6-18	電主24	熱主6-18	熱主24
一次エネルギー削減率	9.24%	6.49%	7.11%	7.44%
CO2削減率	13.67%	11.91%	10.99%	11.69%

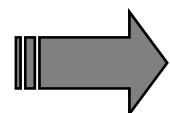
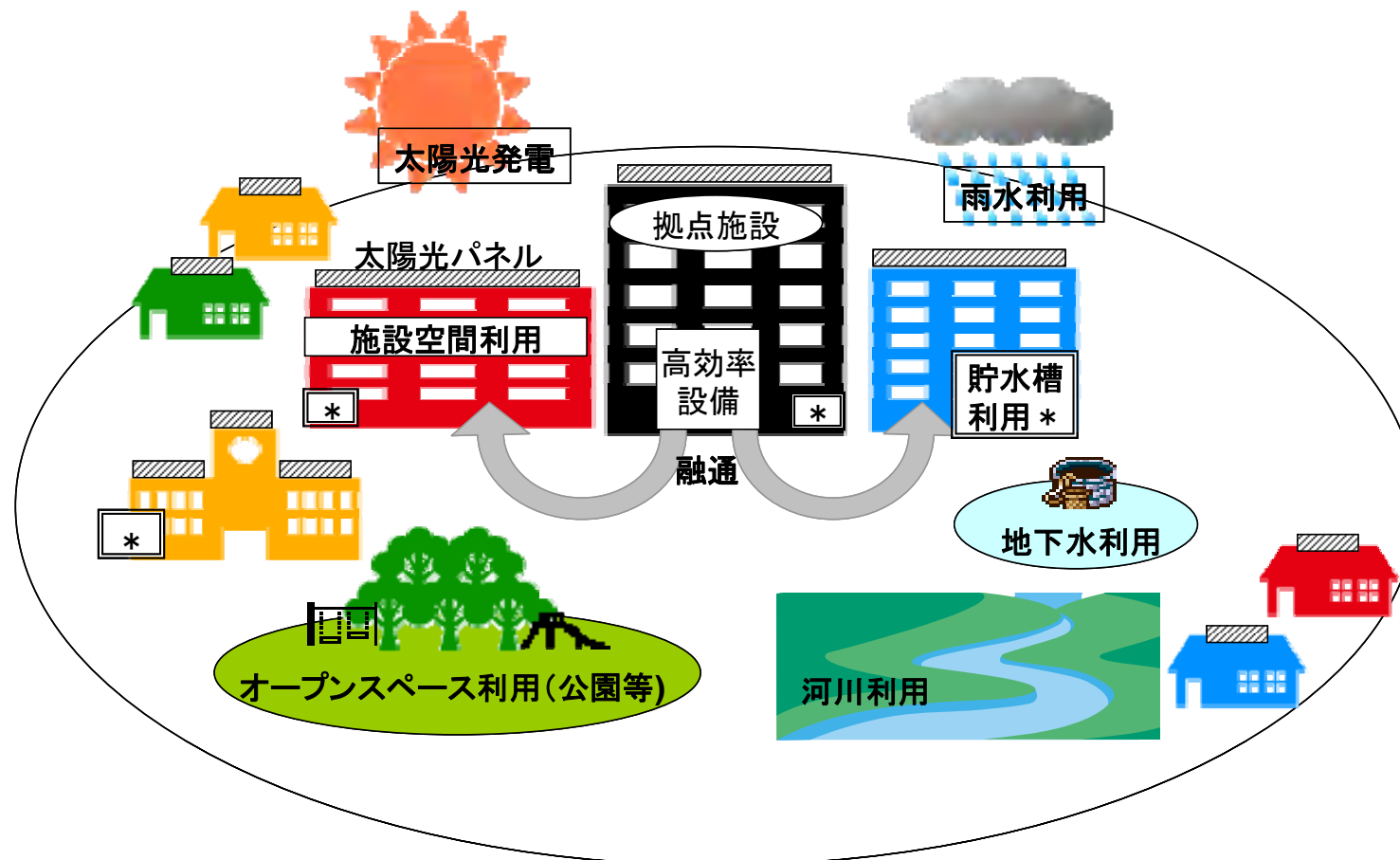
一次エネルギー消費量とCO2排出量の年間削減率  
(区庁舎と消防が**連携した場合**)

運転パターン	電主6-18	電主24	熱主6-18	熱主24
一次エネルギー削減率	9.76%	7.36%	7.42%	7.95%
CO2削減率	14.52%	13.29%	11.62%	12.70%



拠点区域に高効率設備を導入することは、防災面および環境面から、導入した場合の有用性が高い

# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築



設備共用とともに、区域内に存在する環境を活用し、供給信頼性を高めるための仕組みを導入した拠点構築が重要

水供給, エネルギー供給, 太陽光発電の導入に関して, スタディエリアを例に仕組みづくりを検討する.



# スタディエリアの航空写真



# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築

## 水供給

施設名		竣工年	延床面積 (㎡)	水槽総容量 (㎡)	契約電力 (kw)	自家発電総容量 (kw)
区総合庁舎	区役所	1995	15387	46	1050	600
	スポーツセンター・公会堂		7218			
消防署		1993	2427	3	120	40
土木事務所		1995	1037	水道管に直結	従量電灯C	
警察署		1988	3887	37.5	202	

使用量: 横浜市で定めている目標給水量

貯水率: 6割

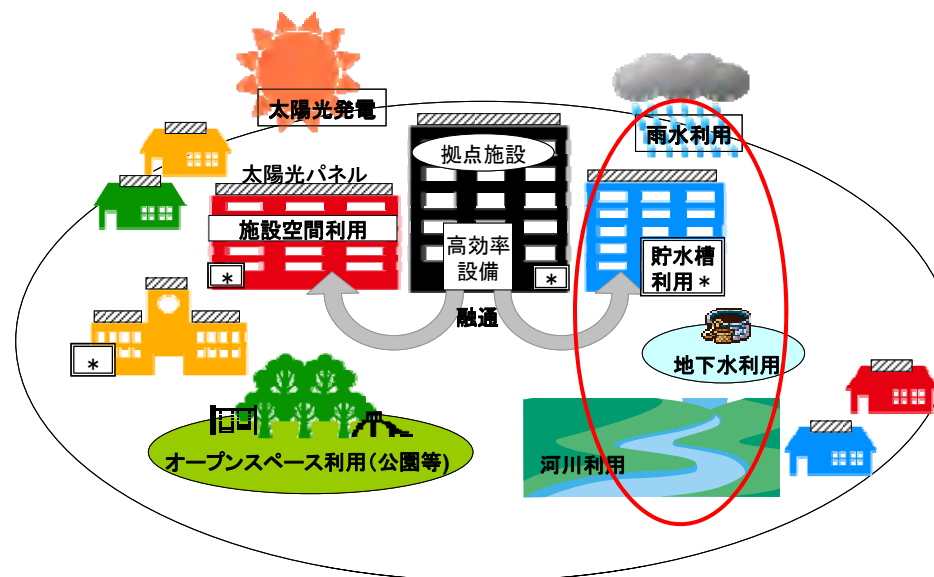
使用人数: 職員数

拠点区域内の給水可能日数を試算

→ 区総合庁舎では9.1日

消防署では3.2日

設備共用:8.4日



連携することで総合庁舎・消防署とも7日を超えるが、想定以上に地域住民が来ることに備えて、**雨水や河川、地下水など、地域の環境を活用した仕組みづくりが重要**



# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築

## エネルギー供給

施設名		竣工年	延床面積 (m <sup>2</sup> )	水槽総容量 (m <sup>3</sup> )	契約電力 (kw)	自家発電総容量 (kw)
区総合庁舎	区役所	1995	15387	46	1050	600
	スポーツセンター・公会堂		7218			
消防署		1993	2427	3	120	40
土木事務所		1995	1037	水道管に直結	従量電灯C	
警察署		1988	3887	37.5	202	

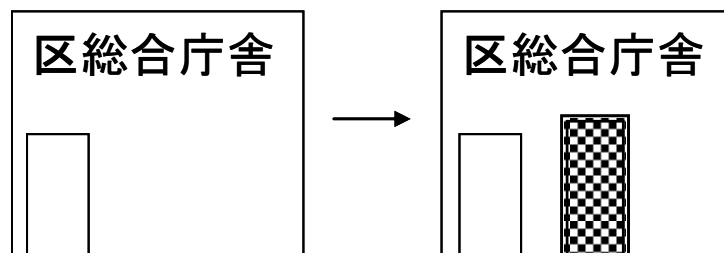


区総合庁舎と消防署の連携を考える。  
 段階的な更新により、徐々に拠点区域の供給信頼性を上げていく。

# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築

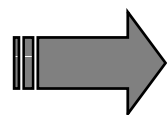
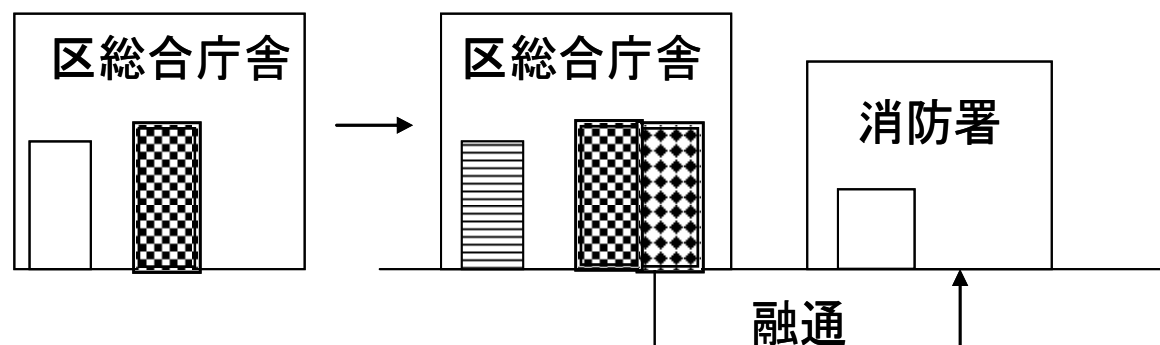
## ○1回目の設備更新

現状設備に、400kw容量の常用設備を導入する。



## ○2回目の設備更新

現状の常用設備は維持し、400kw容量の非常用設備と400kw容量の常用設備を導入する。さらに、消防署と連携して供給信頼性を向上と環境負荷低減。

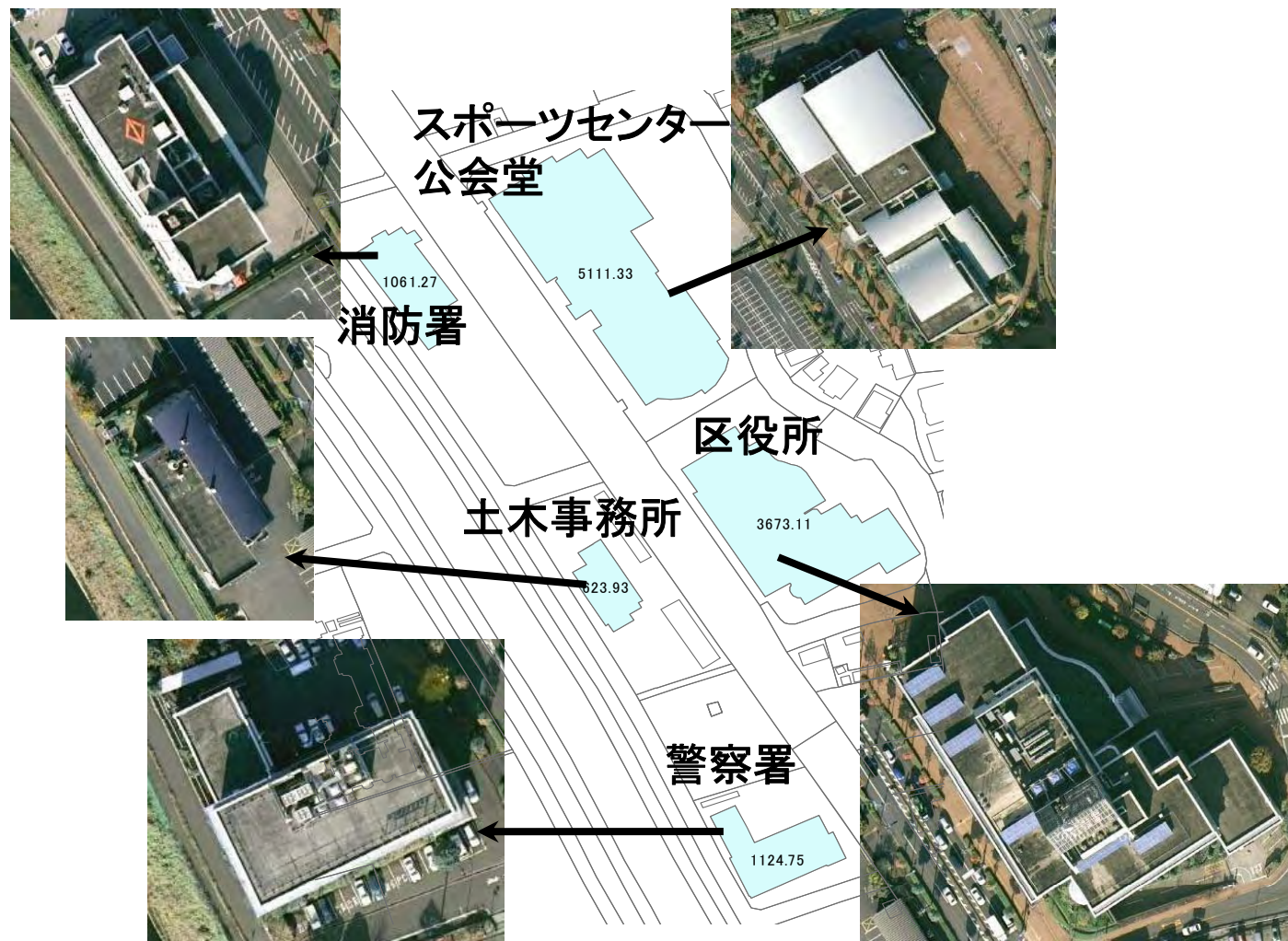


常用設備を2台導入することで、多重化を図り、供給信頼性を向上



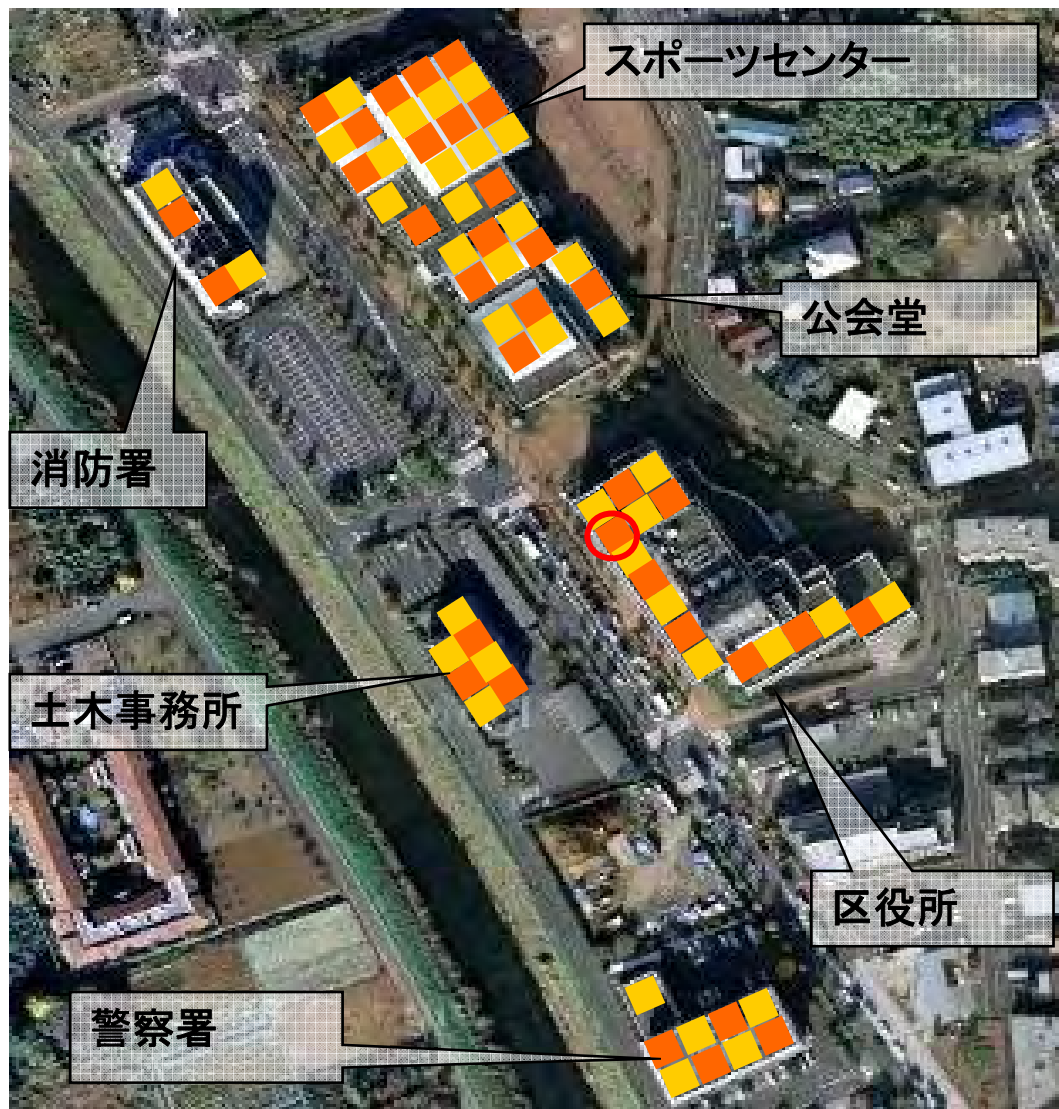
# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築

太陽光発電



区総合庁舎，消防署，土木事務所および消防署に太陽光パネルを設置した場合の年間発電量を試算

# 災害時の自律性を確保する拠点区域の構築



現在は、5kw × 6台で年間30000kwh

5kw × 72台の導入が可能。  
その結果、  
360,000kwhの年間発電量  
総年間電力消費量：  
3,187,903kwh  
約10%を賄うことが可能。

# まとめ

- ・災害時に対応拠点となる建物・地区において、ライフラインが途絶しても機能が維持できる**自律分散型拠点の具体的なイメージ**を提示した。
- ・**一都四政令指定都市の区庁舎**を対象に、エネルギー、水供給ライフライン機能に関わる設備の**実態調査**を行った。
- ・その結果、最近竣工した区庁舎では、非常用自家発電設備が**契約電力と同程度**の容量を備えたものが多いことがわかった。
- ・水に関しては貯水槽の水では1～3日しかもたず、**蓄熱槽の水が利用できる**とその期間がかなり長くでき、有効であることがわかった。
- ・災害対応に十分な設備容量を確保する対策が必要な庁舎が多く見られた。
- ・横浜市を対象に検討した結果、**自律分散型拠点の構築可能な地区が多く存在する**ことがわかった。また、拠点区域での設備連携の効果等を定量的に把握した。
- ・今後、自律分散型拠点構築により、ライフライン供給信頼性を高めて地域防災力の向上を図ることが重要である。そのためには、**各施設どうしの連携体制づくりが課題**である。