

安全・安心で低炭素なエネルギーインフラの構築

～CGS（コージェネレーションシステム）に着目～

平成26年3月

名古屋都市センター CGS 研究会

研究会の主旨・目的

東日本大震災によりエネルギー施設が被災した経験から、非常時の電力不足への対応やエネルギーセキュリティ向上への関心が高まっている。名古屋では南海トラフ巨大地震が高い確率で発生することが予測されており、エネルギー供給における持続性の強化は喫緊の課題である。一方、低炭素社会の構築は、国、産業界、地域社会そして個人に課せられた重要課題であり、具体的な取組の着実な実施が求められている。

本研究会では、非常時のエネルギー供給や省エネルギー・CO₂削減に寄与するとされるコージェネレーションシステム（CGS：Co-Generation System）に着目し、まちづくりの中での導入について考える。CGS の特質や効果を確認し、名古屋市内のモデル地区における事例研究を通して環境性や事業性の評価を行い、導入に向けた課題等について検討する。

本研究会の成果が、名古屋市のまちづくりにおける CGS 導入の検討に際して参考となれば幸いである。

2014 年 3 月 CGS 研究会

目 次

1. 検討の背景

1-1 近年のエネルギー事情	1
1-2 まちづくりの動向	3

2. CGS の特徴

2-1 CGS の概要	5
2-2 CGS の導入意義	6
2-3 CGS 導入の動向	8
2-4 CGS の導入形態	9

3. CGS は導入可能？ ～ モデルスタディ ～

3-1 モデルスタディ地区の選定	12
3-2 モデルスタディの流れと前提条件	16
3-3 モデルスタディの実施	21

4. CGS の導入促進に向けて

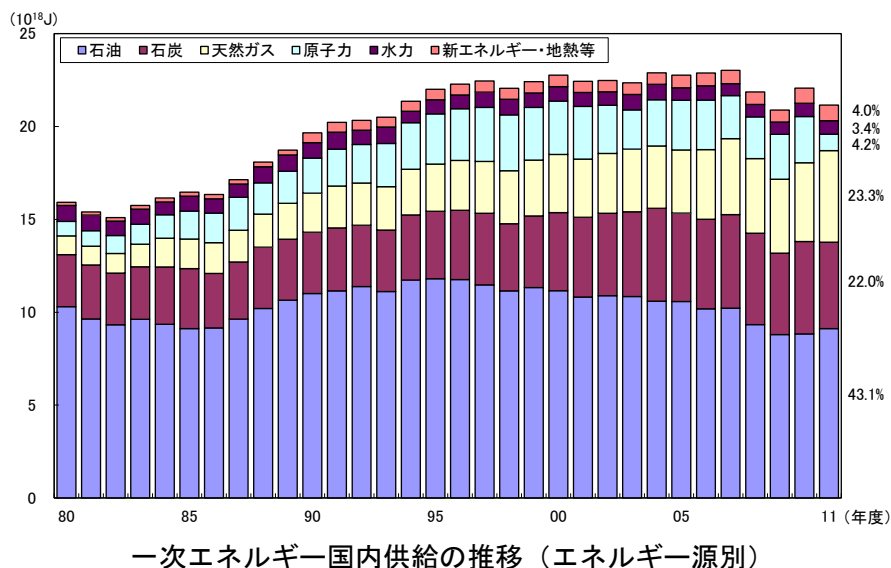
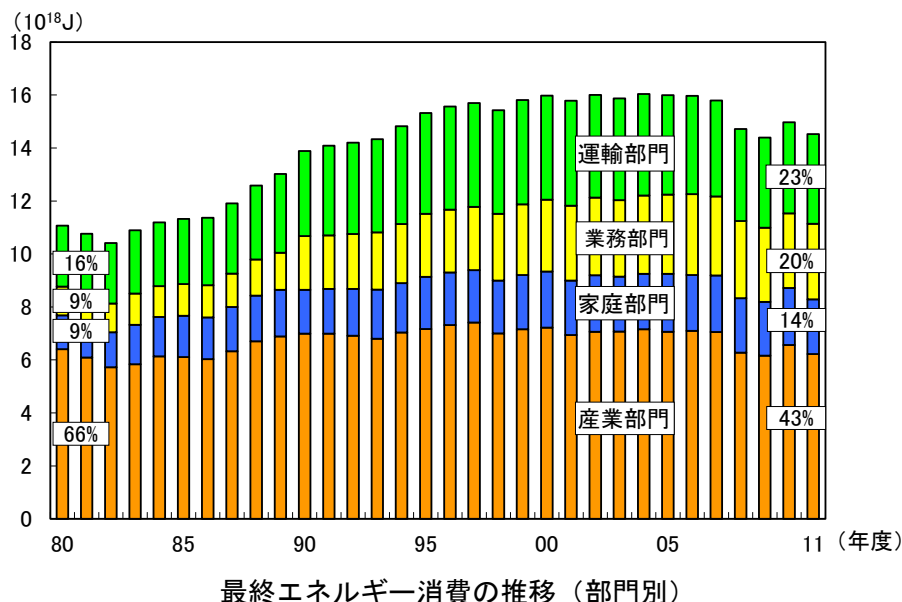
4-1 モデルスタディを踏まえた課題	36
4-2 事業スキーム（運営主体のあり方）	36
4-3 導入促進のためのアイデア	37

1. 検討の背景

1-1 近年のエネルギー事情

(1) エネルギー消費の増加

- ・わが国のエネルギー需要は 1980 年代後半以降、産業・民生・運輸の各部門で増加傾向となっている。家庭部門・業務部門を合わせた民生部門は最終エネルギー消費の約 35%を占め、近年は特に業務部門の伸びが大きい。
- ・エネルギー源別の割合では 2010 年度から 2011 年度にかけて原子力が減少し、化石燃料が増加している。これに伴い CO₂ 排出量増加も懸念されるため、CGS や再生可能エネルギーなどの環境負荷が小さいエネルギーの活用が求められている。



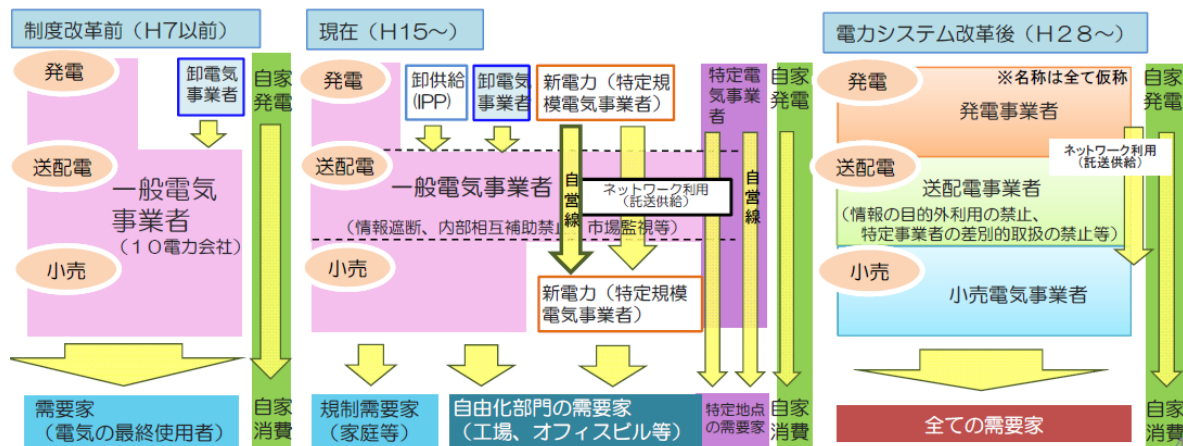
(出典：エネルギー白書 2013)

(2) エネルギー安定供給への不安増大

- ・東日本大震災以降、原子力発電所の稼働停止により電力需給は逼迫した状況にあり、2011年度・2012年度と続けて、夏期・冬期には節電要請のもとで対策が求められている。
- ・2013年度は、節電行動定着やピークシフト、高効率機器への転換および電力会社同士の電力融通等により大きな混乱は生じなかったものの、電力需給は依然として予断を許さない状況にある。
- ・名古屋では南海トラフ巨大地震の発生が高い確率で予測されており、エネルギー関連施設の被災も懸念されることから、エネルギー供給源の多様化や分散化によるリスク低減が求められている。

(3) 電力自由化に向けた動き

- ・電力小売事業は、電気事業法に基づく参入規制により、地域電力会社に小売供給の地域独占が認められてきたが、平成7年以降4次に渡る制度改革により、現在では家庭用等を除いて自由化されている。
- ・規制が残る家庭用等の低圧（50kW未満）の小口小売部門についても、2016年を目途に自由化が予定されている(小売全面自由化)。

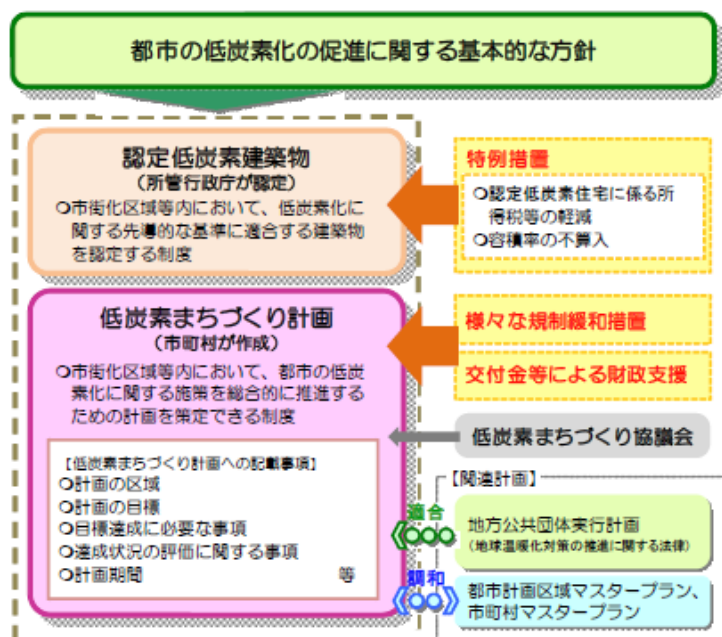


（出典：資源エネルギー庁資料）

1-2 まちづくりの動向

(1) 国のまちづくりの動向

- ・地球環境に優しく暮らしやすいコンパクトなまちづくりを進めるため、2012年に「都市の低炭素化の促進に関する法律(エコまち法)」が制定され、個々の建物での対策のみならず、都市の低炭素化を総合的に推進するための計画を市町村が策定できるようになった。



エコまち法(通称)の概要

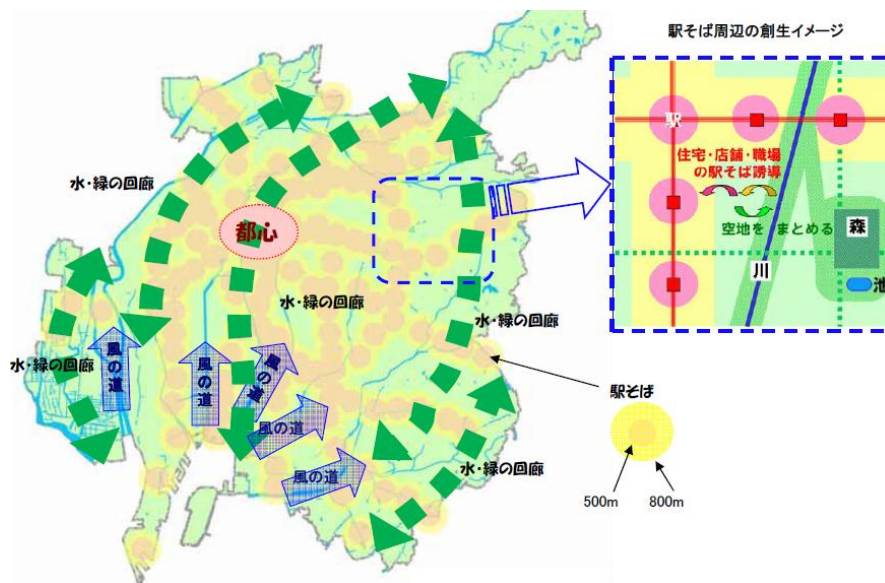


低炭素まちづくり計画のイメージ

(出典：国土交通省資料)

(2) 名古屋市のまちづくりの動向

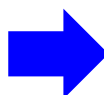
- ・高度成長期に大量建設された建物が老朽化してきており、2027年にはリニア中央新幹線の開業も予定されていることから、都心部を中心に再開発の動きが活発化している。
- ・高齢社会への対応、環境負荷の低減等の観点から、鉄道駅を中心に歩いて暮らせる生活圏の形成等、コンパクトで低炭素型のまちづくりが推進されている。
- ・南海トラフ巨大地震等の自然災害発生を見据え、まちづくりにおける防災・減災の機運が高まっている。



低炭素で快適な都市構造のイメージ（出典：低炭素都市 2050 なごや戦略）



駅そばのイメージ（まちなか）（出典：名古屋市都市計画マスタープラン）



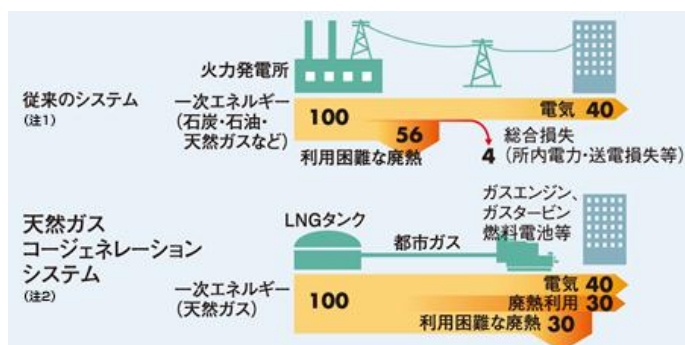
近年のエネルギー事情やまちづくりの動向を踏まえ、低炭素で災害時に強い分散型エネルギーシステムを構築していく必要がある。

2. CGS の特徴

2-1 CGS の概要

(1) CGS とは？

- ・ CGS は発電と同時に発生する熱を有効利用する熱電併給システムである。
- ・ 電気を使用する場所の近くで発電することから送電ロスが少なく、高エネルギー効率の実現や CO₂ 削減に貢献する。

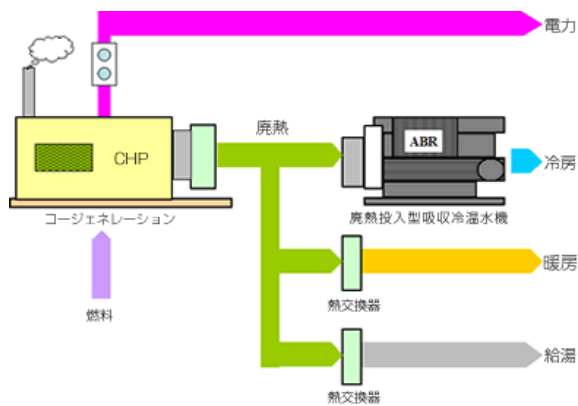


(出典：東京ガス HP)

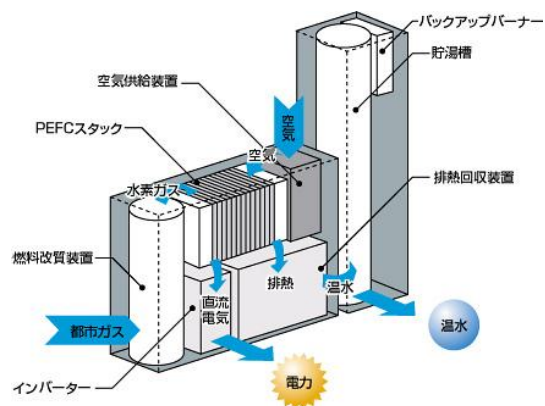
(2) CGS の種類と特徴

- ・ CGS の種類は、内燃機関を活用したものと燃料電池を活用したものとに大別される。下表に各 CGS の概要を示す。

種類		発電方法	燃料	特長
内燃機関	ガスタービン	燃料燃焼により生成した高温ガスでタービンを回し、その力で発電機を動かす	都市ガス・LPG、灯油等	・ 熱を高温蒸気として回収するため、排熱利用に比較的優れる
	ガスエンジン	ガスの燃焼によりピストンエンジンを動かして発電	都市ガス・LPG 等	・ 発電効率が高く、電気の利用に比較的優れる
	ディーゼルエンジン	ピストンで圧縮し高温高圧とした空気に液体燃料を噴射し、自然着火・膨張によりエンジンを動かして発電	軽油・重油等	・ 燃料の軽油が貯蔵に向く
燃料電池	固体高分子形 (PEFC)	水素と酸素の化学反応 (電解質：陽イオン交換膜)	都市ガス・LPG 等 (原料)	・ 常温で発電可能であるため起動、停止が容易 ・ 単位面積当りの発電能力が大きいため小型軽量化が可能
	固体酸化物形 (SOFC)	水素と酸素の化学反応 (電解質：安定化ジルコニア)	都市ガス・LPG 等 (原料)	・ 高い発電効率 ・ 多様な燃料(水素、都市ガスのほか一酸化炭素等)が使用可能



ガスエンジン CGS の基本構成
(出典：コージェネレーション・エネルギー高度利用センター HP)



固体高分子型燃料電池の構成図
(出典：日本ガス協会 HP)

2-2 CGS の導入意義

(1) 省エネルギー・省 CO₂

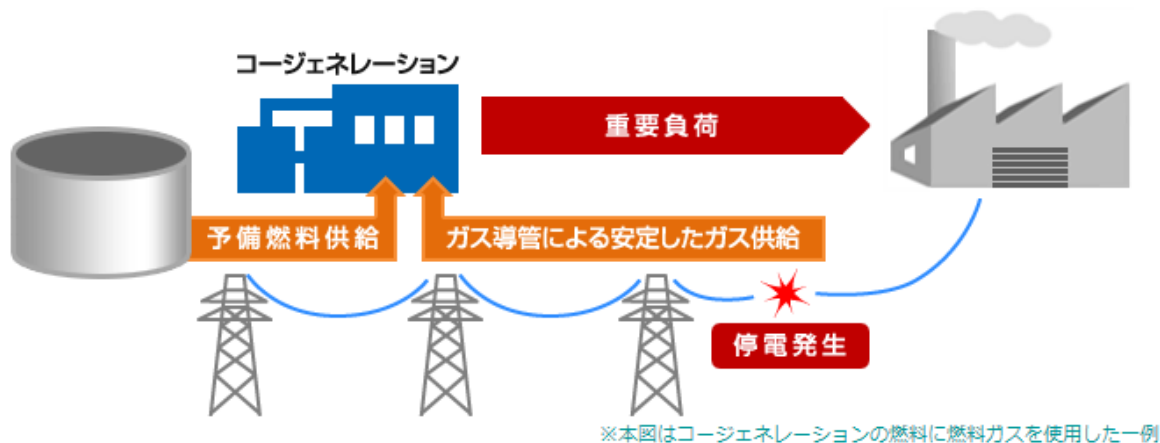
- ・発電と併せた排熱の有効利用で総合的なエネルギー効率を高め、地域の省エネルギー・低炭素化に寄与する。
- ・再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電等）などとともに、スマートコミュニティを支える次世代エネルギーシステムの核としての役割が期待できる。
- ・エネルギー事業への新規参入を促すとともに、新たなビジネスモデルの発掘により、地域産業活性化に貢献する。



(出典：経済産業省 HP)

(2) エネルギーセキュリティ向上

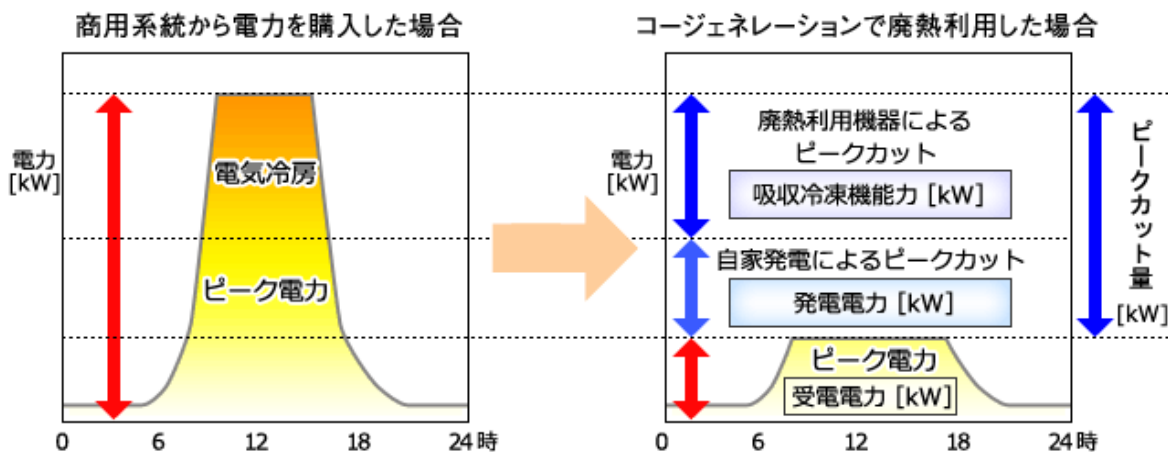
- ・分散型電源である CGS を系統電力と連系させることにより、電源の二重化・安定化を図ることができる。
- ・系統電力の停電時にも CGS が稼働する「停電時供給システム」で非常時の事業継続が可能で、一定の条件を満たせば「常用防災兼用」とすることもできる。
- ・CGS への燃料供給を行う中圧導管は耐震性に優れるため、阪神淡路大震災や東日本大震災の際も目立った被害は少なく、自立的にエネルギー供給を行った実績がある。



(出典：コージェネレーション・エネルギー高度利用センター HP)

(3) 節電・電力ピークカット

- ・緊急節電要請があった場合、自家発電により電力使用を減らさずに系統電力のピークカットが可能である。
- ・空調を電気冷房から排熱利用中心のシステムに変更した場合、ピークカット量が更に大きくなる。



(出典：コージェネレーション・エネルギー高度利用センター HP)

2-3 CGS 導入の動向

(1) CGS 導入容量の推移

- ・ CGS は 1980 年代に省エネ・省コスト設備として導入が始まり、2012 年度末の導入容量は 9,550MW となっている。また、東日本大震災以降は、非常時の電力確保を目的に CGS を導入する例も増えている。

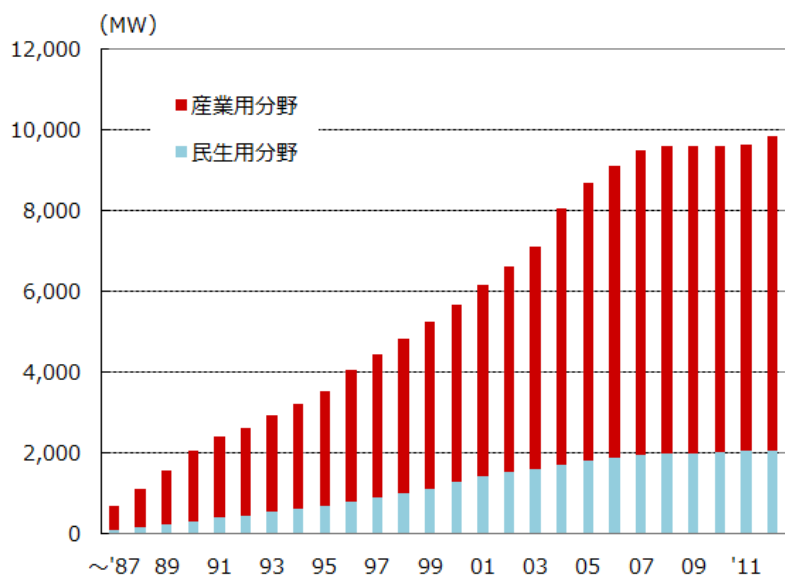
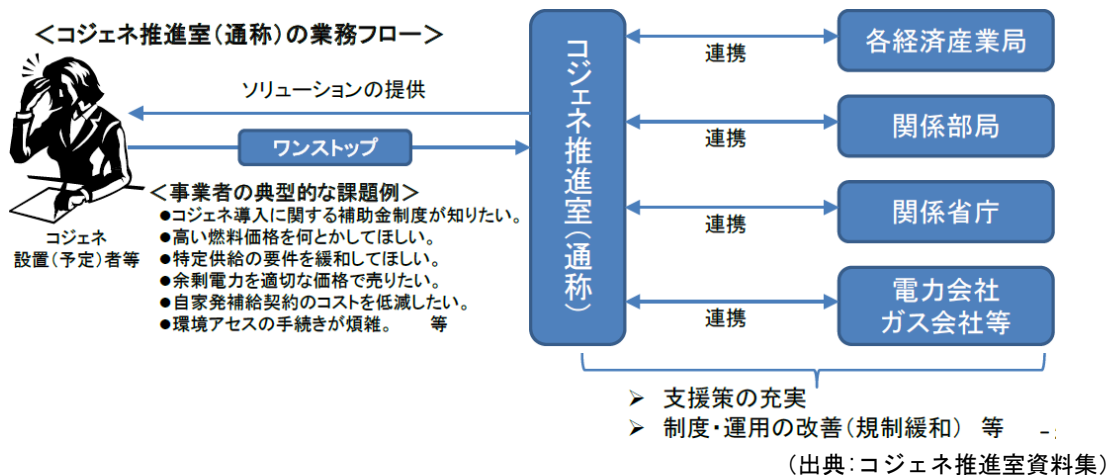


図 CGS の年度別累積発電容量(設置・撤去を加減した正味値)

(出典:コージェネレーション・エネルギー高度利用センター HP)

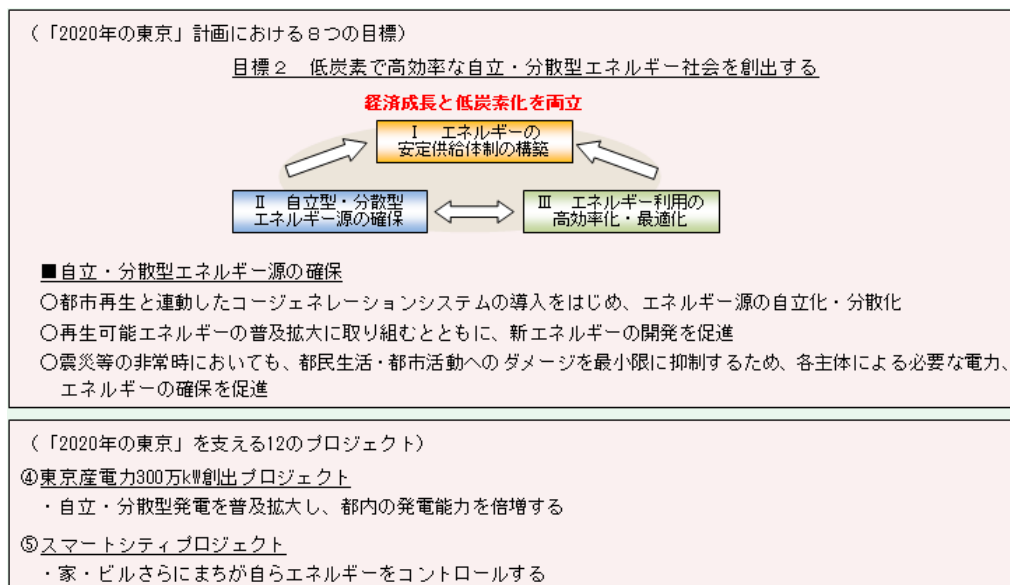
(2) CGS 導入拡大に向けた国の動き

- ・ 平成 24 年、資源エネルギー庁にコージェネ推進室(通称)が設置され、CGS 導入促進に向けた支援を行っている。
- ・ 経済産業局も CGS 担当を設置し、地方の案件発掘や CGS 導入を検討する事業者の支援を行っている。



(3) CGS 導入拡大に向けた自治体の動き（東京都の例）

- ・東京都は「2020 年の東京」（平成 23 年）において、目指す将来像とそのための政策展開を示している。
- ・8 つの目標の 1 つに「低炭素で高効率な自立・分散型エネルギー社会の創出」があり、2020 年の東京を支える 12 のプロジェクトの 1 つに、CGS 等分散型電源の活用を含めた「東京産 300 万 kW 創出プロジェクト」を掲げている。



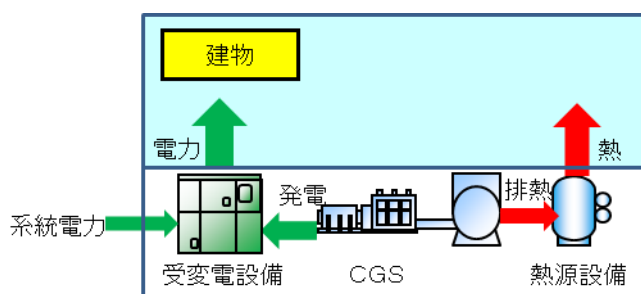
（出典：「2020 年の東京」）

2-4 CGS の導入形態

CGS の導入形態には、単独建物への導入から、面的利用までいくつかのパターンがあり、以下に主な形態と特徴について示す。

■パターン1：単独建物への設置

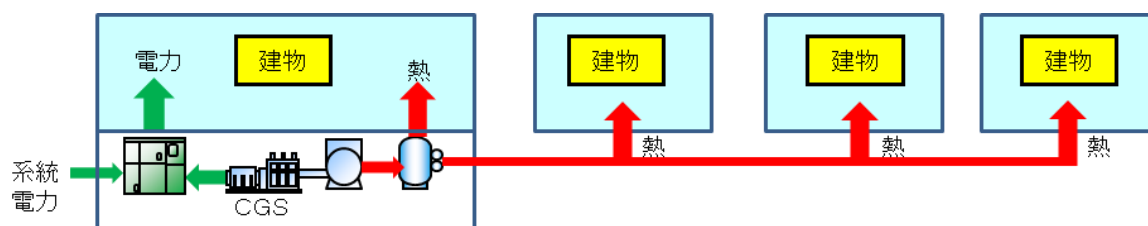
- ・通常、CGS は 1 つの建物の中で発電し熱も使用する。CGS の適切な規模は建物用途により異なるが、最大電力需要の 1/3～1/4 程度とされている。一般的に熱需要の豊富なホテルや病院で導入することが多い。



CGS導入パターン1（単独建物への設置）

■パターン2：複数建物への熱供給

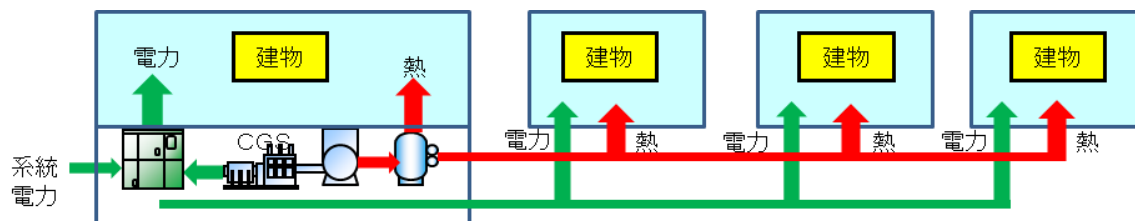
- ・CGS排熱を有効利用するためには、熱需要を増やす必要がある。一つの建物では有効に利用できない場合も、複数の建物を組み合わせて熱の面的利用を行えば、排熱をより有効に利用できる。
- ・再開発地区では新規に地域冷暖房を導入し、そこでCGSの排熱を有効に利用することができる。また、既存の地域冷暖房と組み合わせて利用すれば、地域導管等のインフラを有効活用できる。この場合、電気は熱供給プラントの入っている建物、又は熱供給プラントの電力として利用する。



CGS導入パターン2(複数建物への熱供給)

■パターン3：複数建物への電力・熱供給

- ・大規模な再開発の場合、熱だけでなく、電力も複数の建物に供給するケースが考えられる。電力需要規模を大きくすることによりCGSの容量も大きくなり、発電効率の向上やスケールメリットにより、環境面でも事業面でも有利になる。
- ・六本木ヒルズが一つの例であり、ここでは一括受電と呼ばれる、複数の建物の受変電設備を一つに集中化する方法を採用している。参考事例として次ページにエネルギーシステムの詳細を示す。



CGS導入パターン3(複数建物への電力・熱供給)

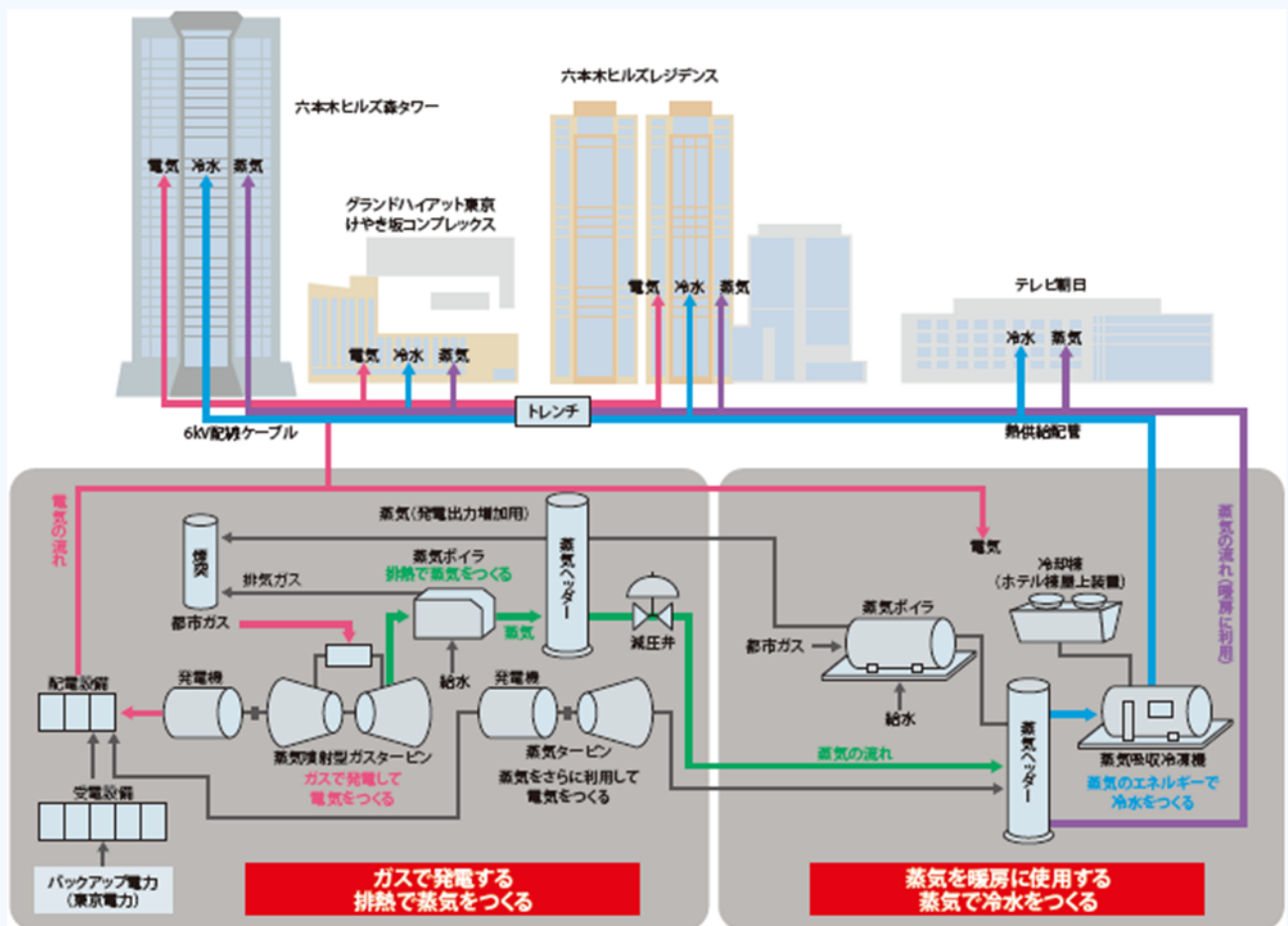
事例紹介

エネルギーセキュリティへの貢献

六本木ヒルズのエネルギーネットワーク

■ 自家発電・発熱エネルギーシステムの面的活用

六本木ヒルズでは、地域一帯でエネルギーネットワークを構築し、エネルギーを効率よく面的に利用している。地下の発電所で都市ガスによる発電を行い、排熱を域内のオフィスやホテル、商業施設等の冷暖房に活用する「大規模ガスコージェネレーション+地域冷暖房(DHC)」システムを導入している。



■ 震災後、六本木ヒルズの発電電力を東京電力へ提供

東日本大震災後の電力需給逼迫時は、六本木ヒルズの発電の余力と節電分を合わせ、下記の通り東京電力に電力を提供した。

送電期間	平成23年3月18日～4月30日	平成23年7月1日～9月22日
供給時間	24時間	
送電電力	6時～20時: 4,000kW	6時～20時: 5,000kW
	20時～6時: 3,000kW	20時～6時: 4,000kW

(4,000kW = 一般家庭約1,100世帯分に相当)

出典: 森ビルホームページ

3. CGS は導入可能？ ～モデルスタディ～

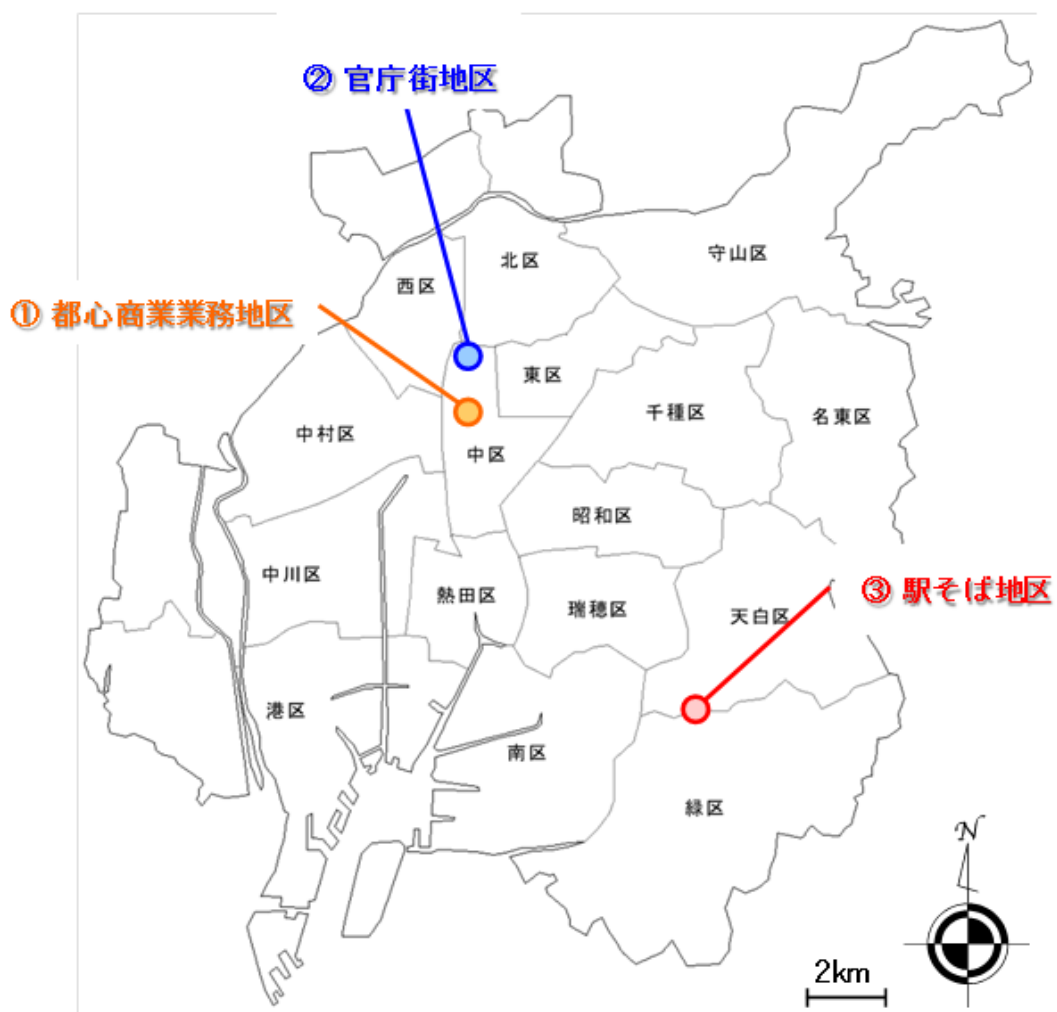
名古屋のまちづくりにおける代表的な地区を取り上げ、CGS の導入可能性について環境性、事業性の面から評価するモデルスタディを行う。

3-1 モデルスタディ地区の選定

名古屋におけるまちづくりの動向として、都心部における建物更新の機運、防災・減災への対応、集約連携型都市構造を目指した「駅そばまちづくり」の推進を考慮し、モデルスタディの対象として以下の3地区を設定する。

- (1) 都心商業業務地区
- (2) 官庁街地区
- (3) 駅そば地区

なお、モデルスタディは各地区の開発の動向や方向性を想定して行うこととする。



(1) 都心商業業務地区

戦後～高度成長期に建設された商業業務施設が更新時期を迎えていることから、今後の再開発等を想定した場合の面的な CGS 導入について検討する。

■主な建物用途

オフィス、商業施設、ホテル

■需要規模

延床面積 10,000～50,000m² 程度の比較的大規模な建物が多い

■需要密度

業務・商業施設が集積し、エネルギー需要密度が高い



(2) 官庁街地区

築 40 年を超える官公庁施設が多く、逐次、建替が想定される。本地区は、巨大災害発生時には中枢的な防災機能を担うことが期待されており、自立性の高いエネルギー供給が求められる。なお、同地区は『一団地の官公庁施設』として都市計画決定されており、建物更新等を協議する仕組みとして、名城郭内地区の関係者で構成される郭内処理委員会が設置されている。

■主な建物用途

オフィス（国の機関、県庁、市役所ほか）

■需要規模

延床面積 10,000～50,000m²程度の比較的大規模な建物が多い

■需要密度

大半の建物用途はオフィス(行政施設)であるため、電力需要に比べ熱需要が小さいが、近辺には大規模病院が 2 件立地している



(3) 駅そば地区

名古屋市都市計画マスタープランでは、目指すべき都市構造として「集約連携型都市構造」を掲げ、鉄道駅の周辺に都市機能の集積誘導と居住促進を図る「駅そばまちづくり」を進めている。ここでは、鉄道駅周辺における大規模団地の建て替えと合わせた CGS の導入について検討し、他の駅そば地区への展開の可能性について考える。

■主な建物用途

集合住宅、商業施設、スポーツ施設（想定）、高齢者福祉施設（想定）

■需要規模

延床面積 5,000～20,000m²程度の小・中規模の建物が多い

■需要密度

名古屋市郊外の住宅地であり、エネルギー需要密度は低い



3-2 モデルスタディの流れと前提条件

(1) エネルギー需要の想定

対象地区内における建物の更新を想定し、更新後の各建物の床面積から地区内のエネルギー需要（最大需要、年間需要、各月代表日時刻別需要）を算出する。

- ・最大需要、年間需要、各月代表日時刻別需要はそれぞれ以下のように算出する。なお、エネルギー需要密度を比較するため、各地区でエリア面積当りの最大需要、年間需要も求める。

最大需要：エネルギー需要（1 時間値）の年間ピーク値

＝建物用途別の最大需要原単位（W/m²）×同用途の床面積（m²）

年間需要：エネルギー需要の年間合計値

＝建物用途別の年間需要原単位（kWh/m²y）×同用途の床面積（m²）

各月代表日時刻別需要：エネルギー需要の月別・時刻別 1 時間値

＝年間需要×月別比率（％）×時刻別比率（％）

- ・最大需要原単位、年間需要原単位、月別比率、時刻別比率は、それぞれ空気調和・衛生工学会の数値を使用する。最大需要原単位、年間需要原単位を下表に示すが、建物の用途によってエネルギー需要の特性が異なることがわかる。
- ・空気調和・衛生工学会の数値では平日・休日の需要比率は示されていないため、平日に比べて需要が小さいと想定される事務所の休日需要について、電力は平日需要の最小値（1 時間値）の 7 割が終日継続、冷暖房・給湯は需要無しと設定した。

表 最大需要原単位（W/m²）

	電力	冷房	暖房	給湯
事務所	50	105	58	—
商業施設	70	140	93	—
ホテル	50	87	78	116
病院・福祉施設	50	105	95	47
スポーツ施設	70	122	122	814 ^{*1}
住宅 ^{*2}	19	—	—	19

表 年間需要原単位（kWh/m²y）

	電力	冷房	暖房	給湯
事務所	156	81	36	—
商業施設	226	145	41	—
ホテル	200	116	93	93
病院・福祉施設	170	93	86	93
スポーツ施設	250	94	94	1,017 ^{*1}
住宅 ^{*2}	39	—	—	35

^{*1} スポーツ施設の給湯負荷は建物面積の影響が少ないため実績値で示す
（単位は最大需要：kW、年間需要：MWh/y）

^{*2} 住宅の冷暖房需要については電力に含んでいる

出典：天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008
（社団法人日本エネルギー学会編）記載の空気調和・衛生工学会原単位

(2) システム計画

各地区で想定したエネルギー需要に合わせ、CGS や熱源機器（冷凍機、ボイラ等）の容量、台数等を検討し、以下の考え方に基づきシステム計画を行う。

- 対象の全建物が一斉に更新され、同時にエネルギー需要が発生すると想定し、下図のようなシステムフローを基本として考える。
- エネルギーセンターを対象地区の中央付近に配置し、更新される建物に対して熱及び電力を面的に供給する。また、熱供給のための地域導管や電力供給のための自営線のルートについては、道路占用を前提として各建物まで最短距離で結ぶこととする。
- モデルスタディ対象の各地区内において一括受電*1、電力特定供給*2、地域冷暖房を導入する。
 - *1 電気料金削減を図るため、地域で使用する電力をまとめて受電することで電力単価の安い特別高圧/高圧受電とする受電方式
 - *2 許可を受けた供給者と、密接な関係を有する特定の需要家との間で行う電気の供給事業
- CGS はガスエンジンを採用し、停電時対応機種を選定する。また、CGS を除く各機器の効率、下表に示す値を想定する。

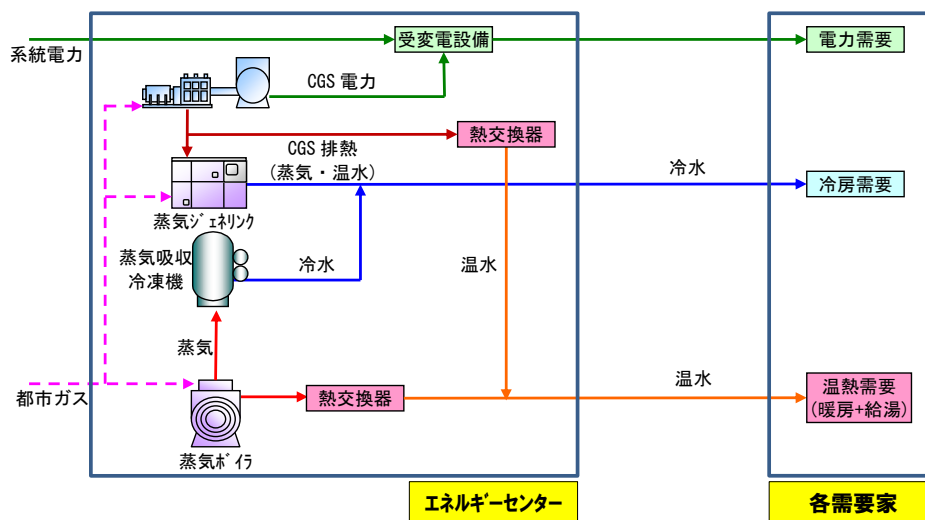


図 システムフロー（例）

表 各機器の効率想定

機器	効率(定格COP)
蒸気ジェネリク (CGS排熱利用・ガス焚)	冷水追焚: 1.4(低位発熱量*3) 排熱冷房利用: 1.2
蒸気吸収冷凍機	1.5(蒸気入力)
吸収冷温水機(ガス焚)	冷水: 1.4 温水0.92(低位発熱量*3)
蒸気ボイラ	0.92(低位発熱量*3)
温水ボイラ	0.92(低位発熱量*3)
ターボ冷凍機	6.3 5.8(蓄熱時)
ヒートポンプ	冷暖同時: 冷3.0 温4.0

*3 低位発熱量：燃料燃焼時に発生する発熱量を表示する際、燃料燃焼により生成された水蒸気の蒸発潜熱を除いたもの

(3) 環境性評価

対象地区における各月代表日の時刻別エネルギー需要及びシステム計画を前提にシミュレーションを行う。CGS や熱源機器等の稼働状況から導かれた電力・ガス消費量をもとに、一次エネルギー消費量及び CO₂ 排出量を算出し、システム導入による省エネルギー効果、CO₂削減効果を指標とした評価を行う。

- ・電力・都市ガスの一次エネルギー換算係数及び CO₂ 排出係数については、下記に示す表を用いる。
- ・電力については、「省エネルギー法省令別表」記載の一次エネルギー換算係数及び「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」における平成 24 年度の CO₂ 排出係数を用いる。
- ・都市ガスについては日本ガス協会が公表している都市ガス 13A の単位発熱量及び CO₂ 排出係数を用いる。
- ・CGS 稼働状況については、以下に示す指標について評価を行うこととする

表 一次エネルギー換算係数及び CO₂ 排出係数

項目	一次エネルギー換算係数	CO ₂ 排出係数
電力	9.76MJ/kWh	0.55kg-CO ₂ /kWh
都市ガス	45.0MJ/Nm ³	2.29kg-CO ₂ /Nm ³

※Nm³（ノルマル・リューベ）：ガスを標準状態（0℃、1 気圧）へ換算した単位

表 CGS 稼働状況の指標

項目	概要	評価の目安
年間平均発電効率	一年間に CGS に投入した都市ガス発熱量に対する発電量の割合	40%超で、系統電力と同等以上の発電効率
年間自家発電依存率	地区の年間電力需要に対し、CGS 発電電力で賄った割合	—
年間排熱利用率	一年間の CGS からの総排熱量に対し、有効利用した割合	80%超であれば比較的良好(過去実績より)
年間排熱依存率	地区の年間熱需要に対し、CGS 排熱利用で賄った割合	—

(4) 事業性評価

CGS や熱源機器、熱導管等の敷設にかかる建設費をイニシャルコストとして積み上げ、事業開始後に必要な光熱費、人件費、維持管理費等をランニングコストとして考える。これらの結果を用いて、単純投資回収年数（＝イニシャルコスト増加額／ランニングコスト削減額）を指標とした評価を行う。

- ・イニシャルコストとして想定した項目に係る建設単価は下表のように設定する。
- ・熱導管及び自営線の敷設は、道路占用を基本として最短距離を結ぶルートを考えるが、埋設位置（深さ）や支障物件移設の程度などの施工条件を踏まえた実績値を参考に、都心商業業務地区及び官庁街地区では 100 万～500 万円/m の幅で土木工事単価を設定する（駅そば地区は 100 万円/m で検討）。

表 イニシャルコスト算定項目一覧

項目	単価等
CGS	180 千～300 千円/kW（容量によって異なる）
非常用発電機	比較基準（CGS を導入しない場合）は CGS と同容量の非常用発電機設置,100 千円/kW
蒸気ジェネリンク	容量比例,30 千円/kW
吸収冷温水機	容量比例,27 千円/kW
蒸気吸収冷凍機	容量比例,20 千円/kW
ボイラ	容量比例,11～13 千円/kW
熱交換器	容量比例,5 千円/kW
冷却塔	容量比例,10 千円/kW
ポンプ類	容量比例,25～30 千円/kW
受変電設備	高圧 35 千円/kVA、特高 50～70 千円/kVA, 面的はサブ変電含む
配電工事(電気・機械)	長さ比例 50 千円/m
配電工事(土木)	導管土木工事に含む
地域導管工事(電気・機械)	配管重量比例,2,400 千円/t
地域導管工事(土木)	長さ比例 1,000 千～5,000 千円/m

- ・イニシャルコストに係る補助金として、下表に示す制度の活用を想定する。

表 活用を想定した補助金制度

補助事業名	事業運営者	補助対象	補助率
ガスコージェネレーション推進事業	都市ガス振興センター	CGS 及び CGS 排熱利用機器(蒸気ジェネリンク)	1/3
エネルギー面的利用推進事業	国土交通省	地域自営線・地域導管工事	11.5%

- ・ランニングコストとして算定する項目については、下表のように想定する。
- ・CGS 及び地域冷暖房を面的に導入することで、個々の需要家ごとの熱源機械室設置が不要となり、また、地域冷暖房のプラントは容積率に算入されないため、都心商業業務地区では、テナント面積の増加による賃借費の増額をランニングコストの削減要素として考慮する（官庁街地区、駅そば地区では考慮しない）。

表 ランニングコスト算定項目一覧

項目	単価等
電気料金	中部電力の平成 26 年 4 月からの料金体系を適用 (ただし、平均燃料価格は平成 24 年度の平均価格として燃料調整費を算定)
ガス料金	住宅は東邦ガスの各月の家庭用料金(H24 実績)を適用 その他の建物は全て年間需要が 10 万 m ³ を上回ることから、大口料金(H24 実績)を適用
水道料金	350 円/m ³
人件費	600 万円/人・年
CGS 維持管理費	発電量当 2～3 円/kWh
設備維持管理費 (CGS 以外)	機械設備の 2%/年
賃借費	8,000 円/m ² ・月
道路占用料金	580 円/本・m・年 (名古屋市道路占用料金:0.4～0.7m の配管の場合より)
租税公課	固定資産税(1.4%)・都市計画税(0.3%)(当初 17 年平均)

3-3 モデルスタディの実施

(1) 都心商業業務地区

① エネルギー需要の想定及びシステム計画

- ・地区内で 6 棟の建物が、現状と同様の用途及び面積規模で更新されると想定し、更新後に発生するエネルギー需要について算出した。電力・熱需要は昼間時に集中し、冷熱需要が主体となることがわかる。
- ・システム計画については、3,650kW×2 基の CGS を導入し、更新後の建物に対して電力・熱を面的に供給することとする。



図 エネルギー供給イメージ

表 対象建物床面積(単位：m²)

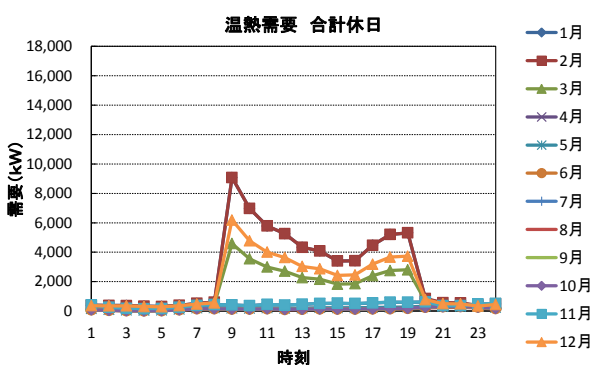
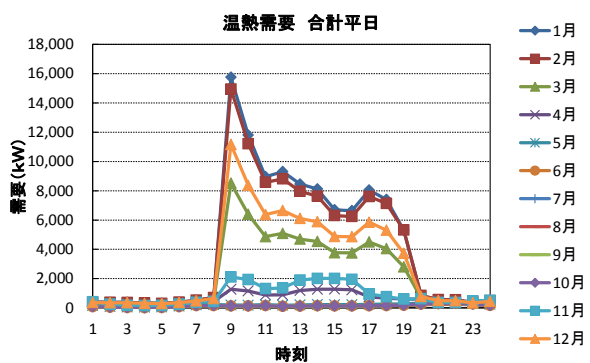
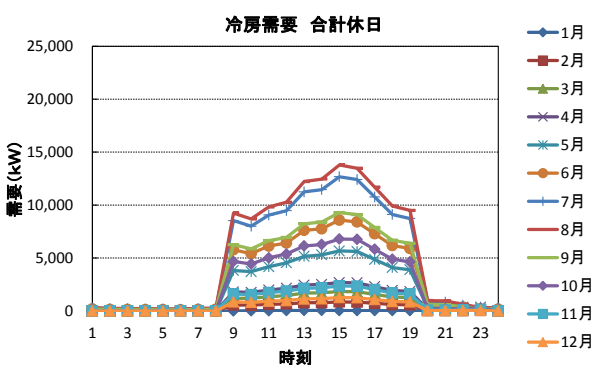
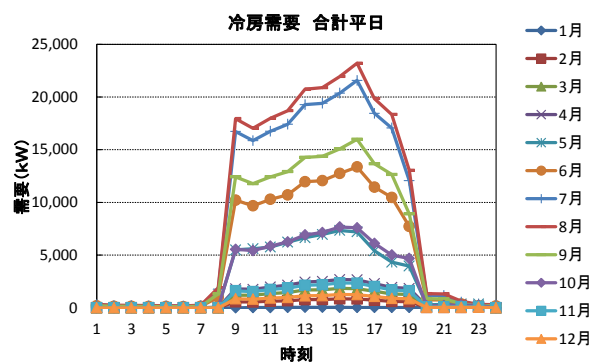
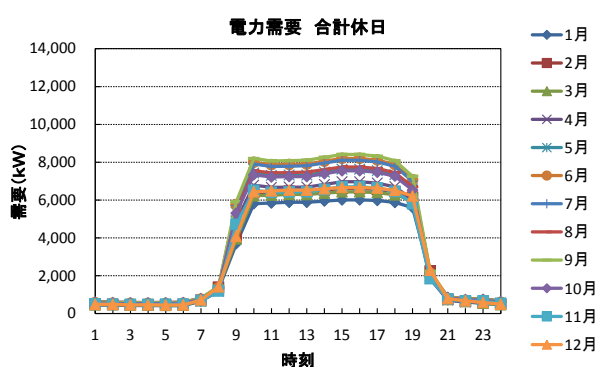
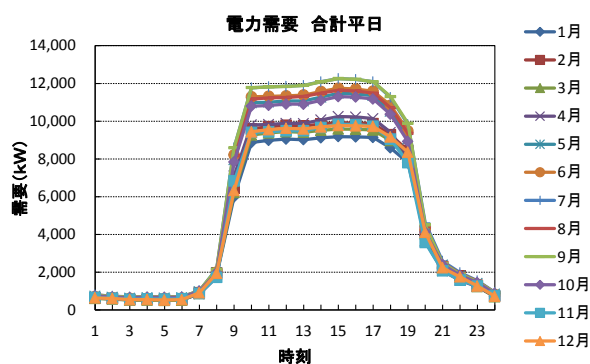
	業務	商業	ホテル	合計
建物1	40,000	—	—	40,000
建物2	20,000	15,000	15,000	50,000
建物3	10,000	—	—	10,000
建物4	—	20,000	—	20,000
建物5	—	50,000	—	50,000
建物6	10,000	30,000	—	40,000
合計	80,000	115,000	15,000	210,000

表 エネルギー需要(合計値)

	最大 (kW)	年間 (MWh)
電力	12,845	41,470
冷房	26,741	24,966
暖房	18,294	8,956
給湯	1,745	1,395

表 エネルギー需要(エリア面積当り)

	最大 (kW/m ²)	年間 (MWh/m ²)
電力	0.23	0.75
冷房	0.49	0.45
暖房	0.33	0.16
給湯	0.03	0.03



* 温熱需要=暖房+給湯

図 エネルギー需要(施設合計・各月代表日)/左側が平日、右側が休日

②モデルスタディ結果

a 環境性評価

- ・ CGS 試算結果は発電効率 40%以上、排熱利用率 80%以上となっている。
- ・ CGS を導入せず個別で熱源を設置した場合と比較すると、省エネルギー効果は 12.2%、CO₂削減効果は 16.0%であり、ともに 10%を超える結果となった。

表 CGS 試算結果

年間平均発電効率：45%
年間自家発電依存率：60%
年間排熱利用率：89%
年間排熱依存率：58%

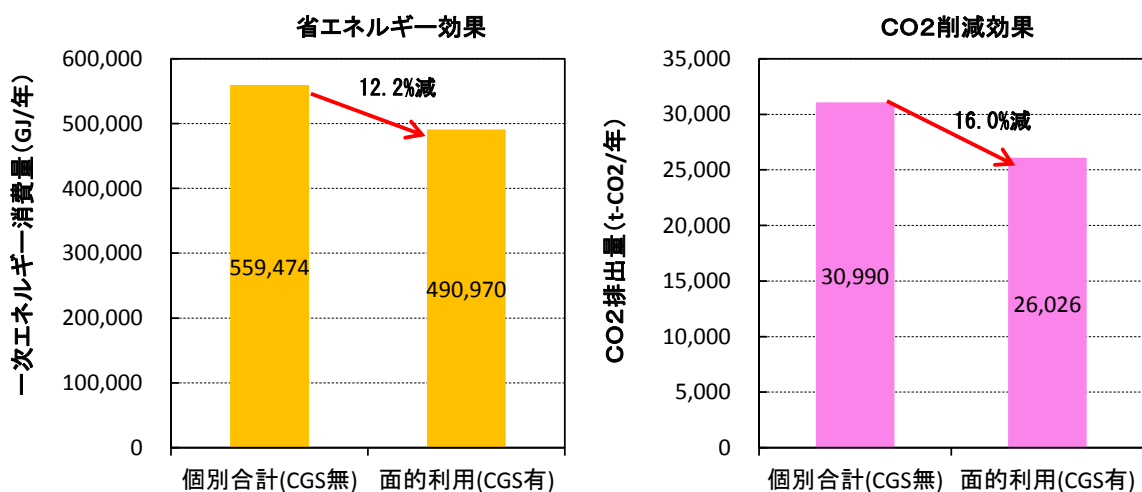


図 省エネ・CO₂削減効果

b 事業性評価

- ・ CGS を導入せず個別で熱源を設置した場合を比較基準とすると、CGS 導入による面的利用を行うことで、イニシャルコストは約 5.2～22.9 億円の増加となった。
- ・ 貸借費への影響を考慮しない場合、ランニングコストは約 1.2 億円/年の削減となり、単純投資回収年数は 4.2 年～19.6 年となった。
- ・ 貸借費への影響を考慮する場合、ランニングコストは約 3.5 億円/年の削減となり、単純投資回収年数は 1.4 年～6.5 年となる。
- ・ 土木工事にかかる費用や熱源機械室集約等による貸借費の増加が、事業性に大きく影響することが確認できた。

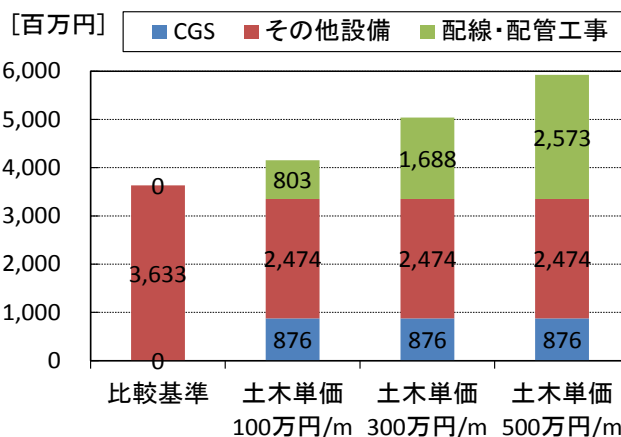


図 ケース別のイニシャルコスト

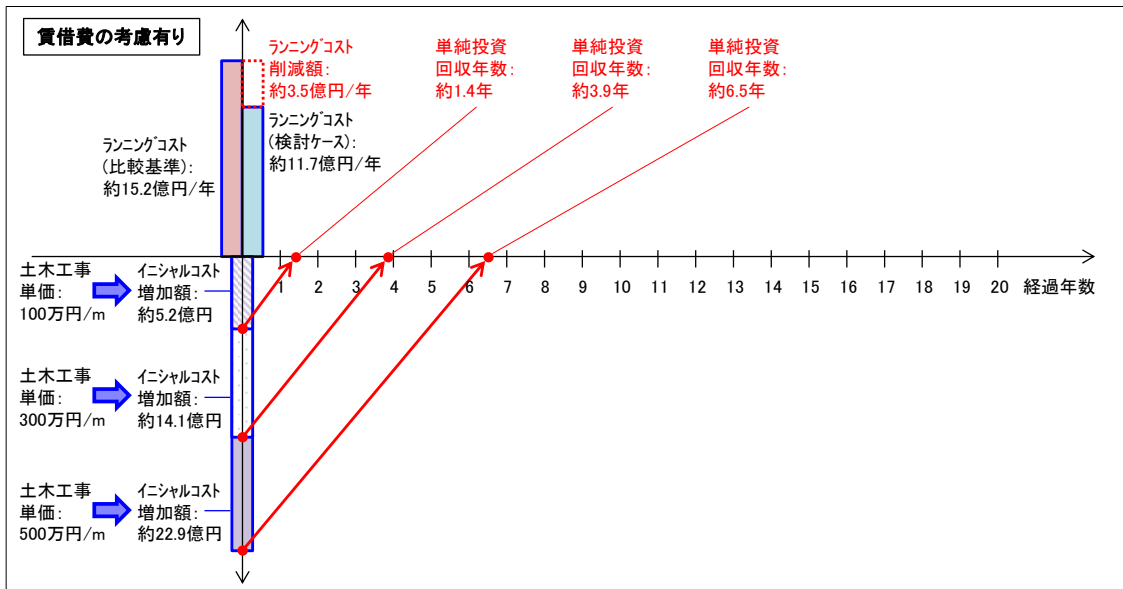
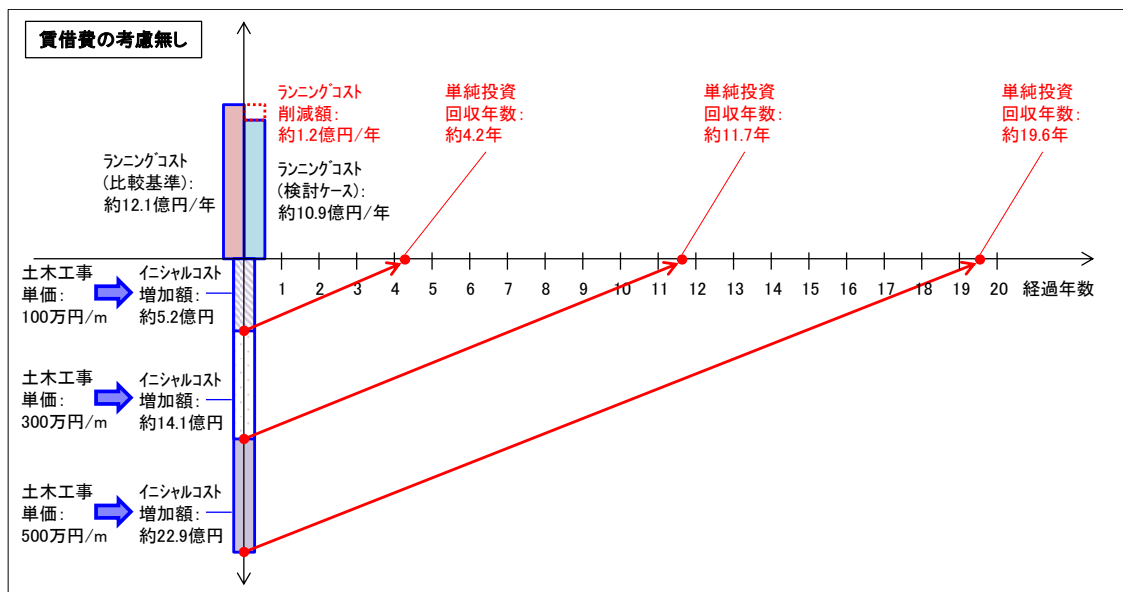


図 事業性評価結果

<導入課題>

- ・地区の電力・熱需要が昼間時に集中していることから、ホテルなど夜間の電力・熱需要の多い施設を誘致することで、より効率的なエネルギーの面的利用が可能となる。
- ・既存埋設物や地下構造物により、都心の道路地下は輻輳しており、地域導管等の敷設空間の確保難が予想される。
- ・周囲の地域冷暖房地区と連携した熱の面的利用を検討することも考えられる。

(2) 官庁街地区

①エネルギー需要の想定及びシステム計画

- ・一団地の官公庁施設エリア内における 13 棟の建物更新を想定し、周辺 2 病院も熱利用（暖房、給湯のみ）対象とした。更新後のエネルギー需要を見ると、休日は庁舎の需要がほとんど無くなるため、エリア全体の需要が少なくなっている。
- ・システム計画については、5,000kW×3 基の CGS を導入し、更新後の建物に対して電力・熱を面的に供給することとする。また、熱の面的利用は CGS 排熱利用向上を目的に、周辺の 2 病院に対しても実施（排熱融通）することとした。

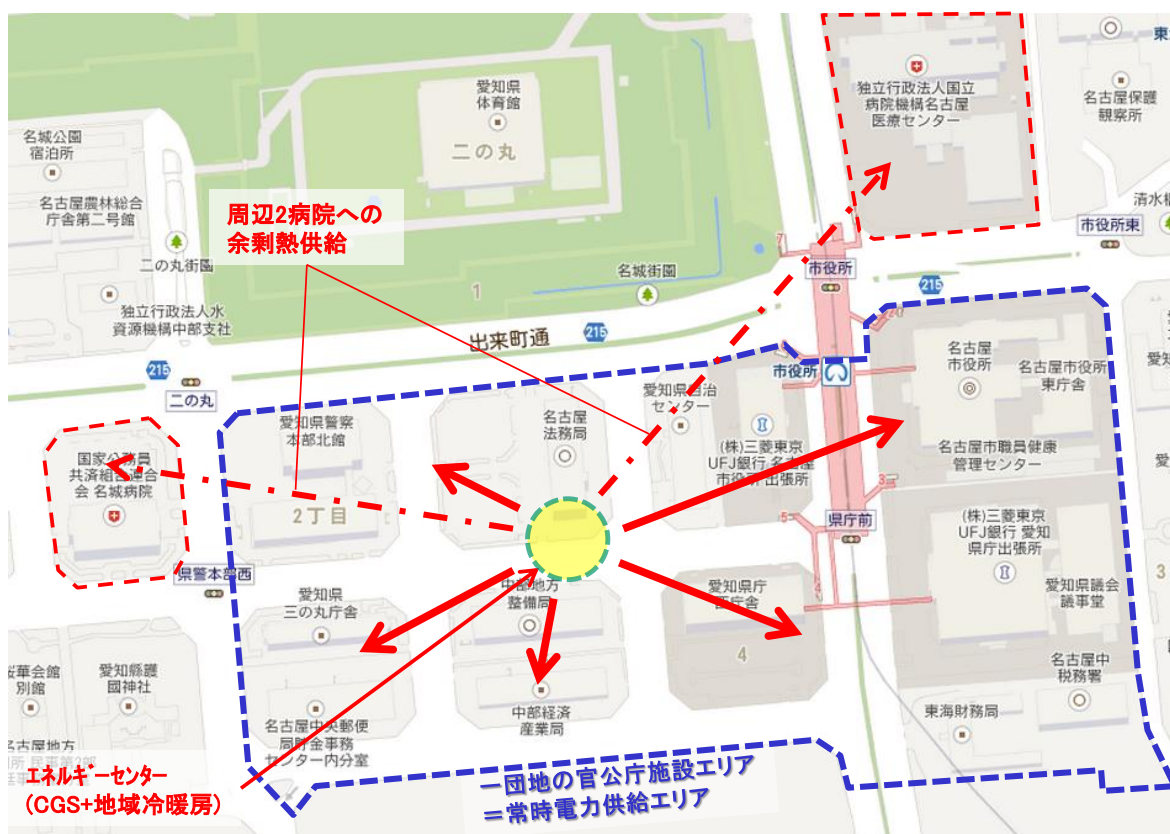


図 エネルギー供給イメージ

表 対象建物床面積(単位：m²)

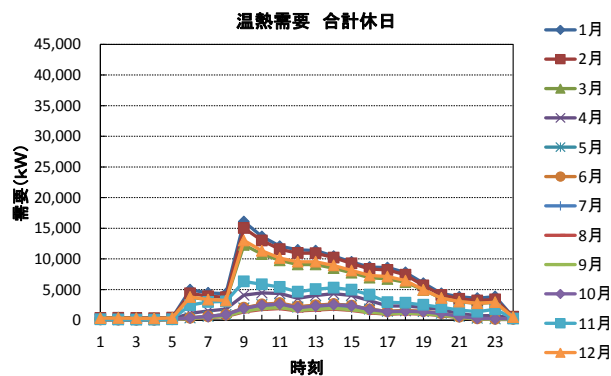
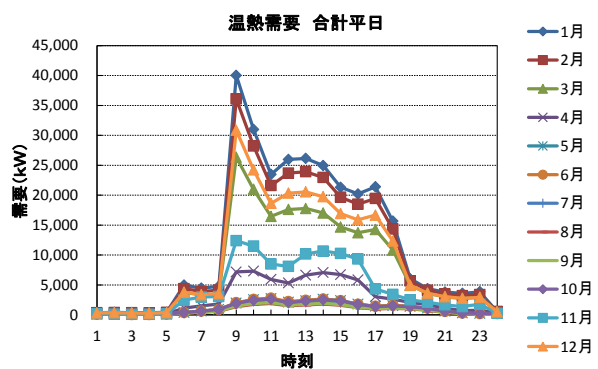
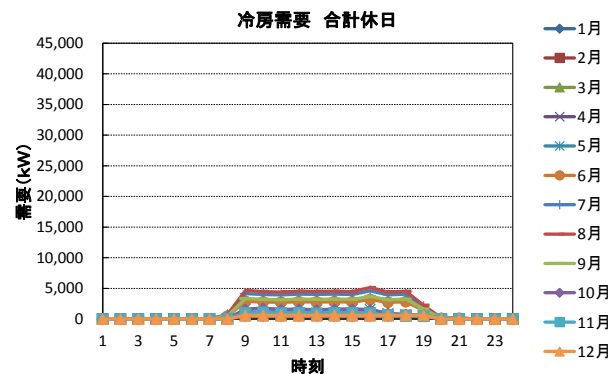
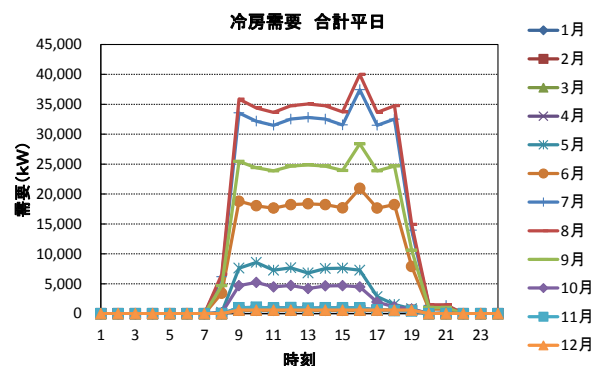
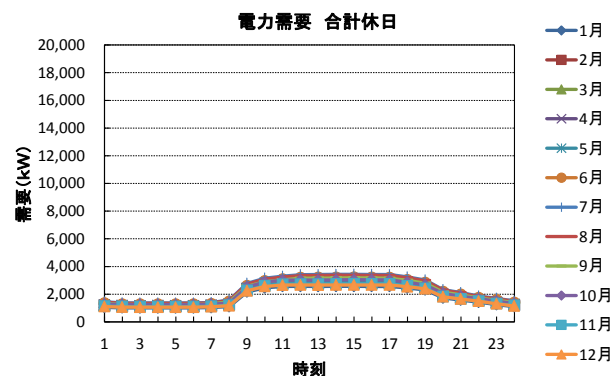
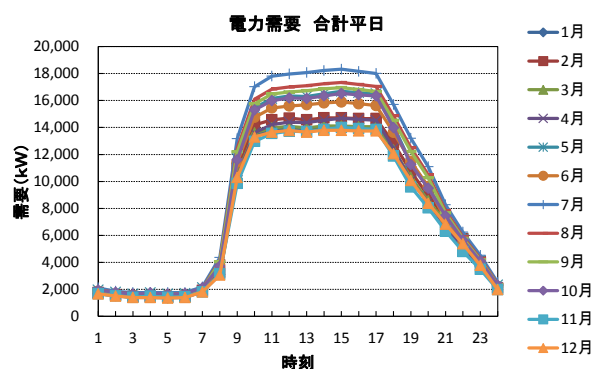
	建物構成	合計床面積
一団地認定施設 (一括受電・地域冷暖房)	官公庁施設13棟	348,499m ²
周辺病院 (CGS排熱融通)	病院2棟	78,543m ²

表 エネルギー需要(合計値)

	最大 (kW)	年間 (MWh)
電力	21,227	55,327
冷房	45,886	41,213
暖房	34,946	23,431
給湯	5,372	10,744

表 エネルギー需要(エリア面積当り)

	最大 (kW/m ²)	年間 (MWh/m ²)
電力	0.08	0.20
冷房	0.17	0.15
暖房	0.13	0.09
給湯	0.02	0.04



* 温熱需要=暖房+給湯

図 エネルギー需要(施設合計・各月代表日)/左側が平日、右側が休日

②モデルスタディ結果

a 環境性評価

- ・ CGS 試算結果は発電効率 40%以上、排熱利用率 80%以上となっている。
- ・ CGS を導入せず個別で熱源を設置した場合と比較すると、省エネルギー効果は 16.1%、CO₂削減効果は 19.5%であり、ともに 15%を超える結果となった。

表 CGS 試算結果

年間平均発電効率：48%
年間自家発電依存率：68%
年間排熱利用率：96%
年間排熱依存率：40%

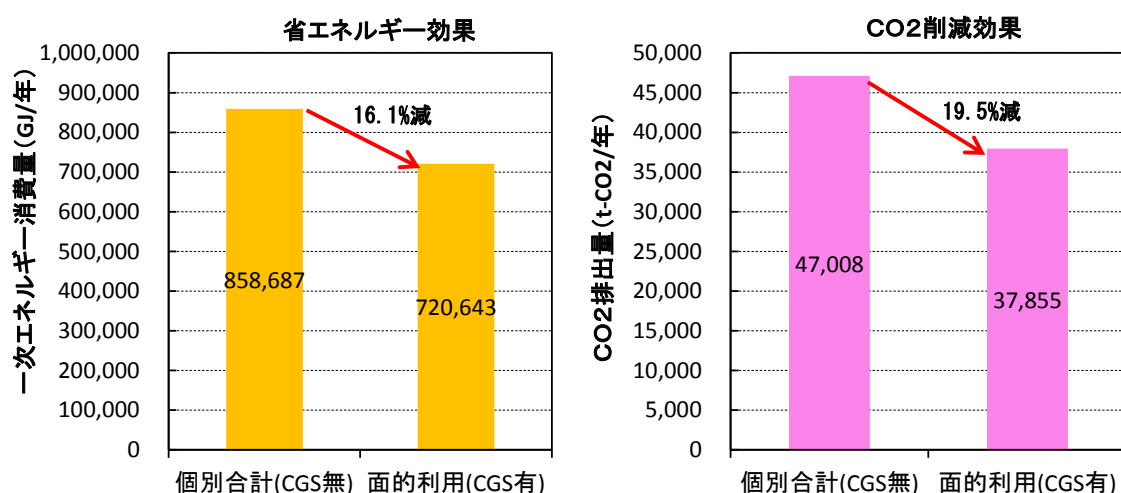


図 省エネ・CO₂削減効果

b 事業性評価

- ・ CGS 導入による面的利用を行った場合、比較基準（CGS を導入せず個別で熱源を設置）に比べ、インシヤルコストは約 16.0～72.6 億円の増加となった。
- ・ これに対し、ランニングコストは約 3.5 億円/年の削減となり、単純投資回収年数は 4.3 年～20.8 年となった

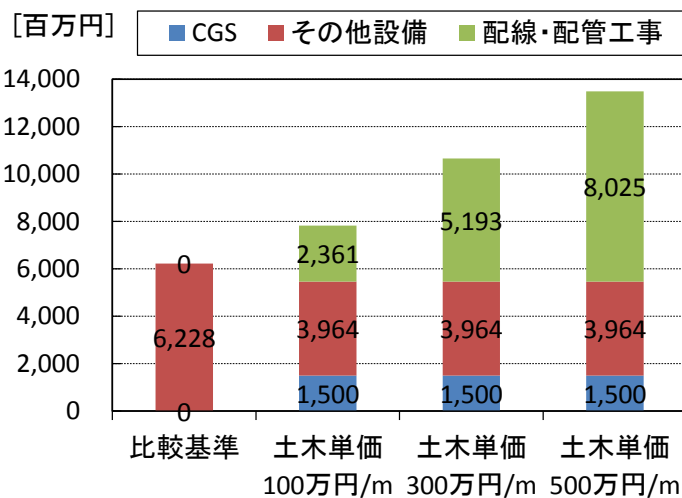


図 ケース別のインシヤルコスト

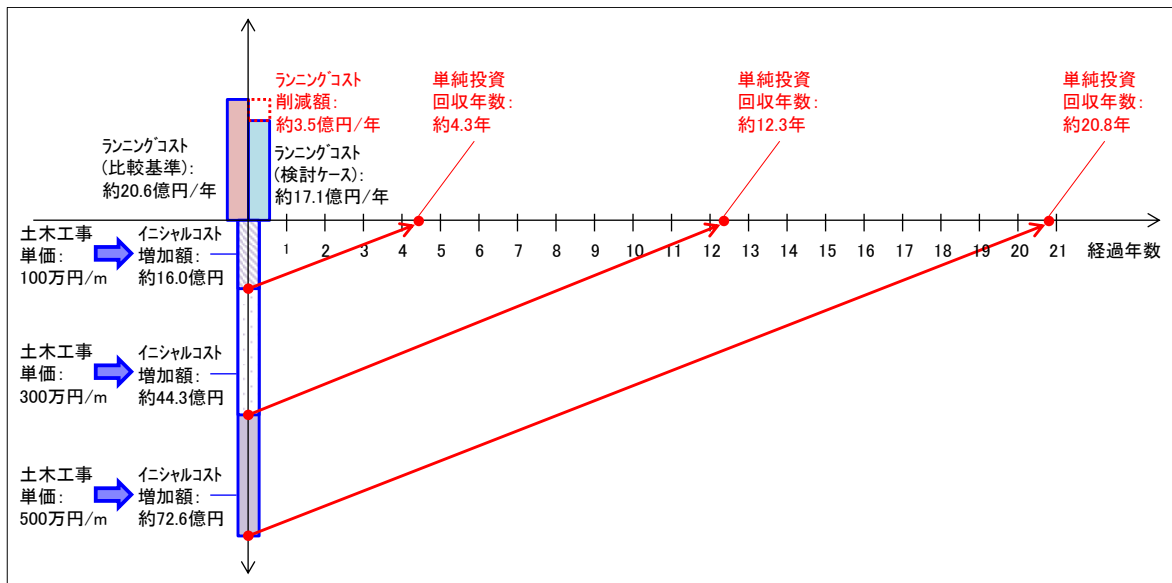


図 事業性評価結果

<導入課題>

- ・官庁街という特性を踏まえ、災害時に中枢的な機能を担う役割を共有しながら、面的なエネルギーシステムへの接続を担保するためのルール作りなどを検討する必要がある。
- ・公共施設の地下空間などをエネルギーセンターとして活用していくことが考えられる。

(3) 駅そば地区

駅そば地区では、駅前公営住宅及び近隣団地の建物更新を想定し、両エリアを別々に考える場合(エリア別供給シナリオ)と、両エリアを接続しつつ沿道の開発を誘導して供給エリアを広げる場合(エリア接続シナリオ)について評価した。

(3-1) エリア別供給シナリオ

① エネルギー需要の想定及びシステム計画

- ・駅前エリア(建物1～2)及び近隣の団地エリア(建物3～6)における建物更新を想定し、住宅以外にフィットネスクラブ、商業施設、福祉施設の用途も想定した。都心や官庁街に比べ、エリア面積当りのエネルギー需要が小さいことがわかる。
- ・システム計画については、駅前エリアに305kWのCGSを1台、団地エリアに400kWのCGSを2台導入し、更新後の建物に対して電力・熱を面的に供給することとする。



図 エネルギー供給イメージ

表 対象建物床面積(単位: m²)

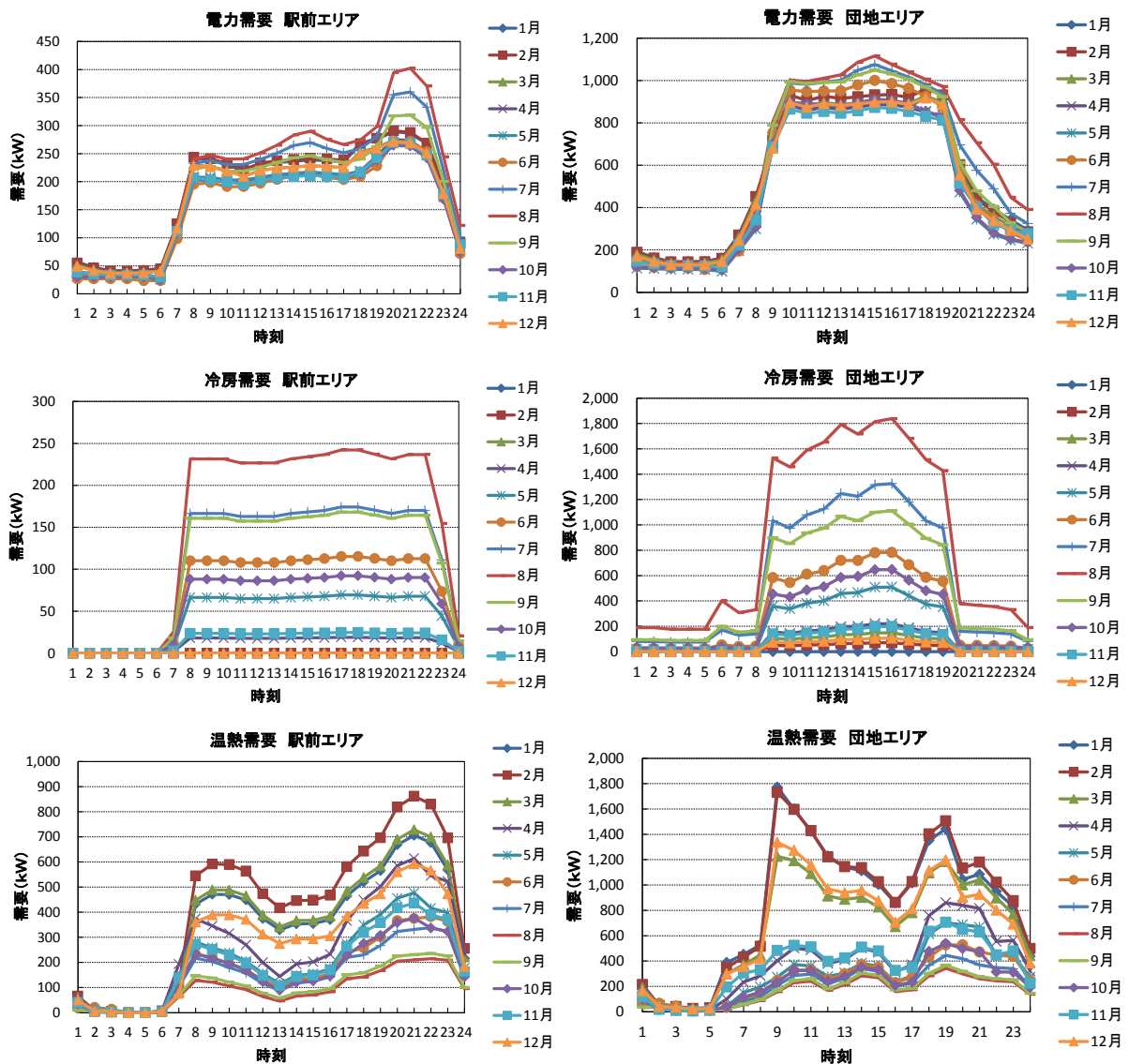
	住宅	スポーツ施設	商業施設	福祉施設	合計
建物1	—	4,500	—	—	4,500
建物2	13,700	—	—	—	13,700
建物3	17,000	—	—	—	17,000
建物4	21,500	—	—	—	21,500
建物5	—	—	10,000	—	10,000
建物6	—	—	—	8,600	8,600
合計	52,200	4,500	10,000	8,600	75,300

表 エネルギー需要（合計値）

	駅前エリア		団地エリア	
	最大 (kW)	年間 (MWh)	最大 (kW)	年間 (MWh)
電力	581	1,657	1,324	5,217
冷房	549	424	2,006	2,253
暖房	549	424	1,529	1,147
給湯	1,076	1,495	889	2,410

表 エネルギー需要（エリア面積当たり）

	駅前エリア		団地エリア	
	最大 (kW/m ²)	年間 (MWh/m ²)	最大 (kW/m ²)	年間 (MWh/m ²)
電力	0.06	0.16	0.03	0.11
冷房	0.05	0.04	0.04	0.05
暖房	0.05	0.04	0.03	0.02
給湯	0.10	0.14	0.02	0.05



* 温熱需要＝暖房＋給湯

図 エネルギー需要（施設合計・各月代表日）/左側が駅前エリア、右側が団地エリア

（平日・休日共通）

②モデルスタディ結果

a 環境性評価

- ・ CGS 試算結果は駅前エリア・団地エリアともに、発電効率は35%程度、排熱利用率はほぼ100%となっている。
- ・ 省エネルギー効果は7~8%程度、CO₂削減効果は10~12%程度という結果となった。

表 CGS 試算結果

(駅前エリア)

年間平均発電効率：35%
年間自家発電依存率：62%
年間排熱利用率：99%
年間排熱依存率：44%

(団地エリア)

年間平均発電効率：36%
年間自家発電依存率：65%
年間排熱利用率：99%
年間排熱依存率：49%

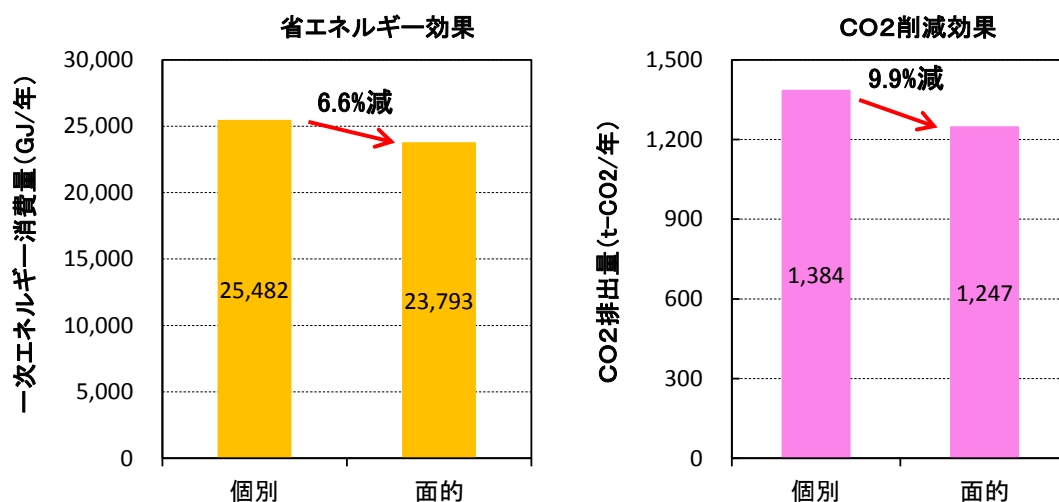


図 省エネ・CO₂削減効果（駅前エリア）

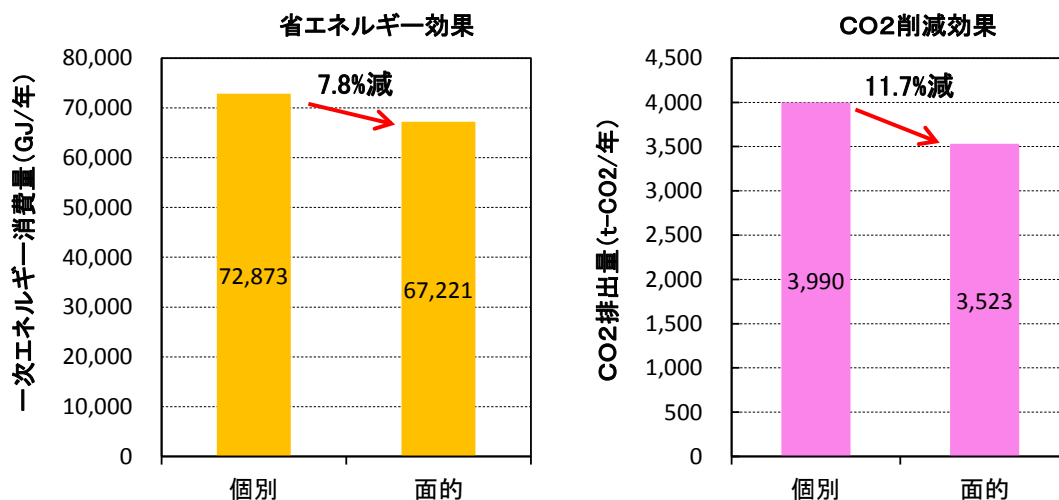


図 省エネ・CO₂削減効果（団地エリア）

b 事業性評価

- ・CGSを導入しない場合の比較基準に比べ、イニシャルコストは駅前エリアで約1.8億円、団地エリアで約3.5億円それぞれ増加した。
- ・これに対し、ランニングコスト削減額は駅前エリアで約400万円/年、団地エリアで約2,000万円/年となり、単純投資回収年数は駅前エリアで43.8年、団地エリアでは16.1年と、事業性については厳しい結果となった。

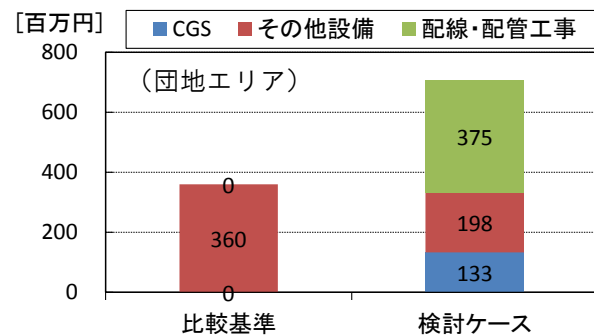
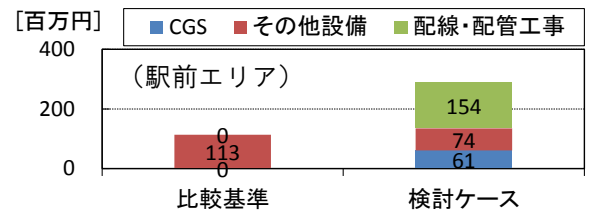


図 ケース別のイニシャルコスト

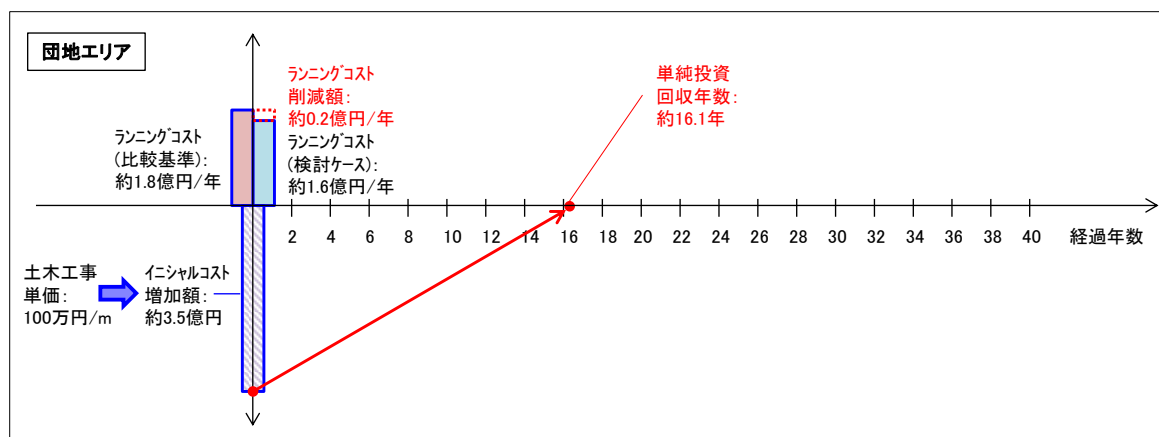
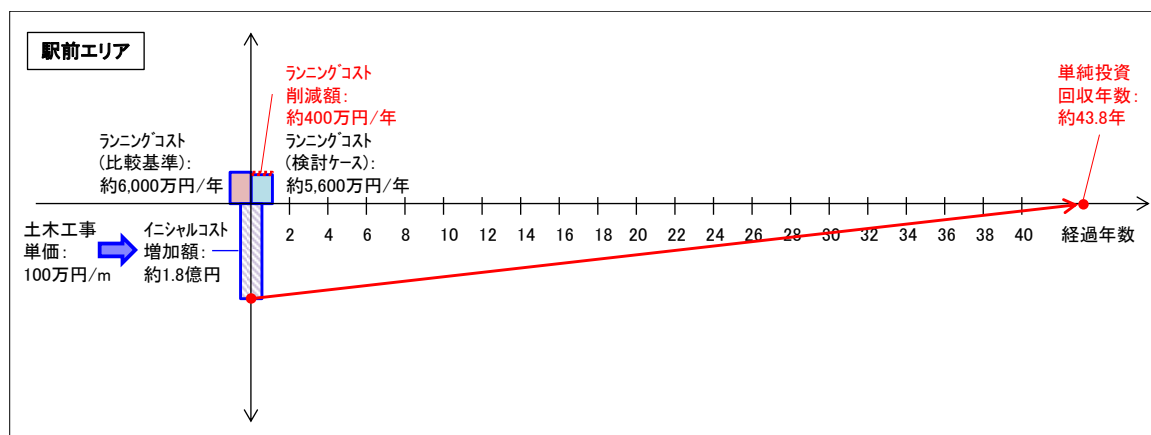


図 事業性評価結果

(3-2) エリア接続シナリオ

① エネルギー需要の想定及びシステム計画

- ・ 駅前、団地の両エリアを結ぶ沿道での建物更新を想定し、面的利用のエリアを拡げる前提でエネルギー供給を行うシナリオとした。
- ・ システム計画については、1,390kW の CGS を両エネルギーセンターに各 1 台導入し、更新後の建物に対して電力・熱を面的に供給することとする。

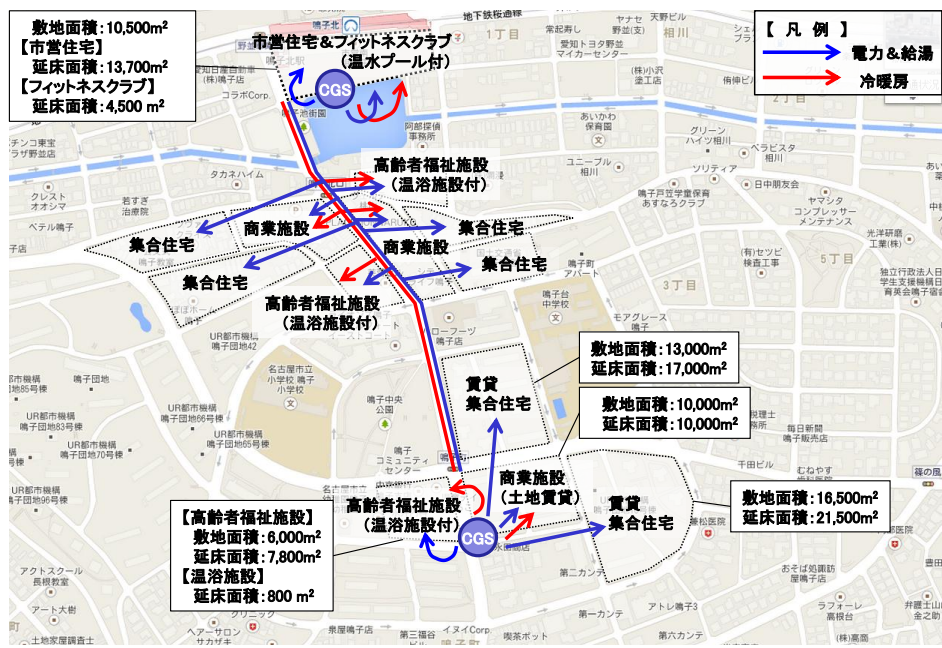


図 エネルギー供給イメージ

表 エネルギー需要(合計値)

	最大 (kW)	年間 (MWh)
電力	4,626	10,864
冷房	7,188	4,902
暖房	5,610	2,570
給湯	3,744	5,848

表 エネルギー需要(エリア面積当り)

	最大 (kW/m ²)	年間 (MWh/m ²)
電力	0.03	0.07
冷房	0.05	0.03
暖房	0.04	0.02
給湯	0.02	0.04

②モデルスタディ結果

a 環境性評価

- ・ CGS の試算結果は下表の通りで、発電効率は 38%程度、排熱利用率は 98%程度となっている。
- ・ 省エネルギー効果は 13.1%、CO₂削減効果は 16.7%と、ともにエリア別供給よりも効果が得られる結果となった。

表 CGS 試算結果

年間平均発電効率：38%
年間自家発電依存率：67%
年間排熱利用率：98%
年間排熱依存率：58%

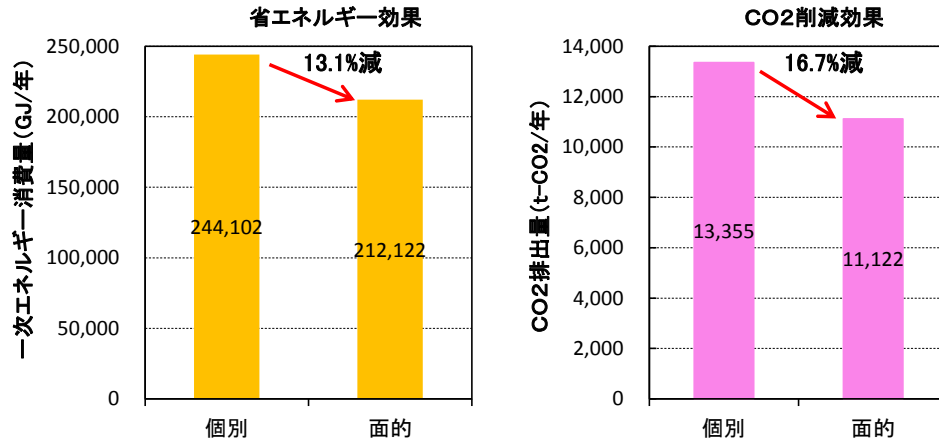


図 省エネ・CO₂削減効果

b 事業性評価

- ・ CGS を導入しない場合の比較基準に比べ、イニシャルコストは約 20.5 億円増加した。
- ・ これに対し、ランニングコストは約 1.0 億円/年の削減となり、単純投資回収年数は約 21.4 年と、エリア別の結果と同様に事業性の面で厳しい結果となった。

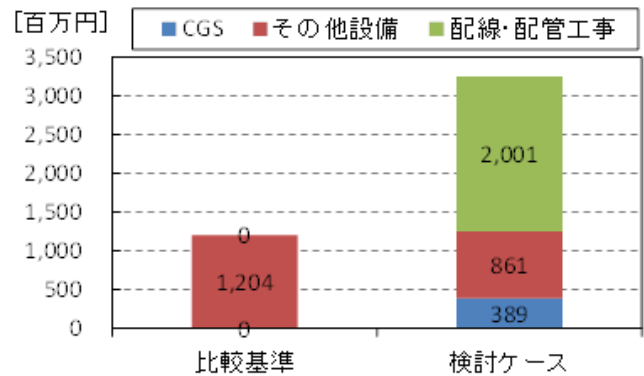


図 ケース別のイニシャルコスト

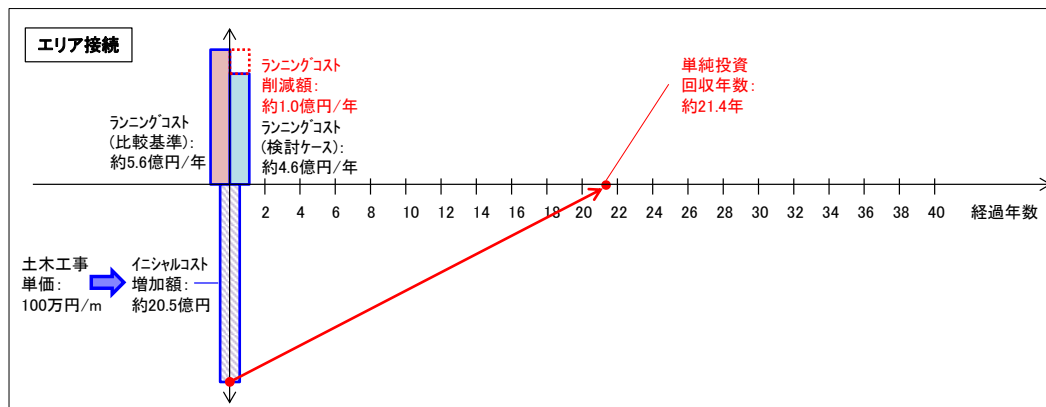


図 事業性評価結果

<導入課題>

- ・ 住宅地では用途や密度等の特性上、エネルギー需要が少ないため、特に事業性が厳しくなることがわかった。
- ・ 駅そば地区での CGS 導入促進に向けては、イニシャルコストを抑制するための工夫や支援措置、エネルギー需要特性を考慮した用途誘導などを計画的に行う必要がある。

事例紹介

地区の省CO₂に貢献するCGS

クオリティライフ21 城北地区

■ ガスエンジンCGS導入を含む省CO₂の取組

名古屋市北区に位置するクオリティライフ21城北は、約5haの敷地内に西部医療センターを中心とした複数の保険・医療・福祉施設で構成される地区。2011年に運用開始した名古屋市内で最新クラスの地域冷暖房では、ガスエンジンCGSを含む最新の機器・技術が導入されるとともに、地区内エネルギーマネジメントや見える化等、省CO₂に向けた様々な取組が行われている。

①省CO₂技術複合型先進地域冷暖房システムの導入

様々な省CO₂技術を複合化した高効率で最新・先導的な地域冷暖房プラントから地域のエネルギーを供給する。

＜省CO₂技術＞

- カスケード熱利用の高効率ガスエンジンコージェネレーション
- 高効率トッパンナー機器の採用
- 大温度差熱供給システム
- 次世代型薄膜太陽光発電

②地区内エネルギーマネジメント

地域全体のエネルギーマネジメントにより、省CO₂化を促進する。

＜省CO₂技術・取り組み＞

- 建物・熱供給監視制御システムのネットワーク化、最適システム運転
- 地域一体のエネルギーマネジメント協議会の設立・取り組み

③病院建物の省CO₂技術の導入

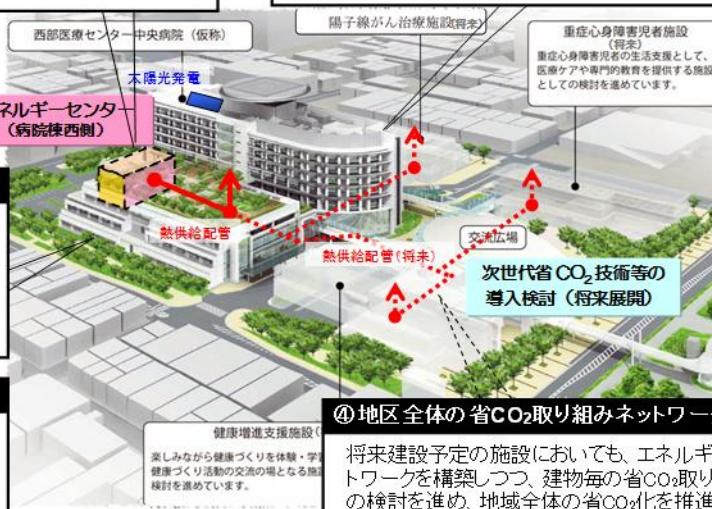
「地球環境に配慮した病院」を掲げ、病院建物における省CO₂取り組みを推進

＜省CO₂技術＞

- 屋上緑化「ひだまりの丘」
- 自然光（光庭設置）、外気冷房 等

⑤省CO₂の「見える化」

病院の待合室・ロビーなどに、省CO₂の取り組み・状況を表示するモニタリングシステムを設置。来院者に省CO₂をPR・意識向上を図る。

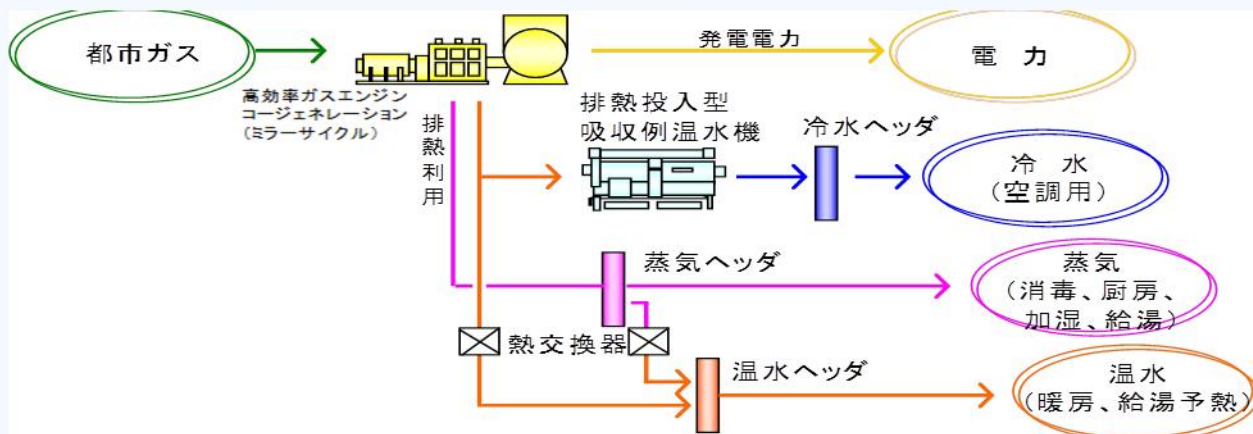


④地区全体の省CO₂取り組みネットワーク化を将来展開

将来建設予定の施設においても、エネルギーの面的なネットワークを構築しつつ、建物毎の省CO₂取り組み、技術導入の検討を進め、地域全体の省CO₂化を推進する。

■ エネルギーシステムの特徴

- ・ 地域冷暖房による熱源の集約化・スケールメリットを活かし、単体建物では導入しにくい、発電効率40%以上の最新の高効率ミラーサイクル式ガスエンジンCGS (380kW×2)を導入。
- ・ 発電のほか、排熱を空調用冷水、病院の蒸気需要・空調用温水から温度の低い給湯用予熱まで活用する熱のカスケード利用により、省CO₂、省コストを目指す。



出典：住宅・建築物省CO₂先導事業における採択事例各資料（独立行政法人 建築研究所）

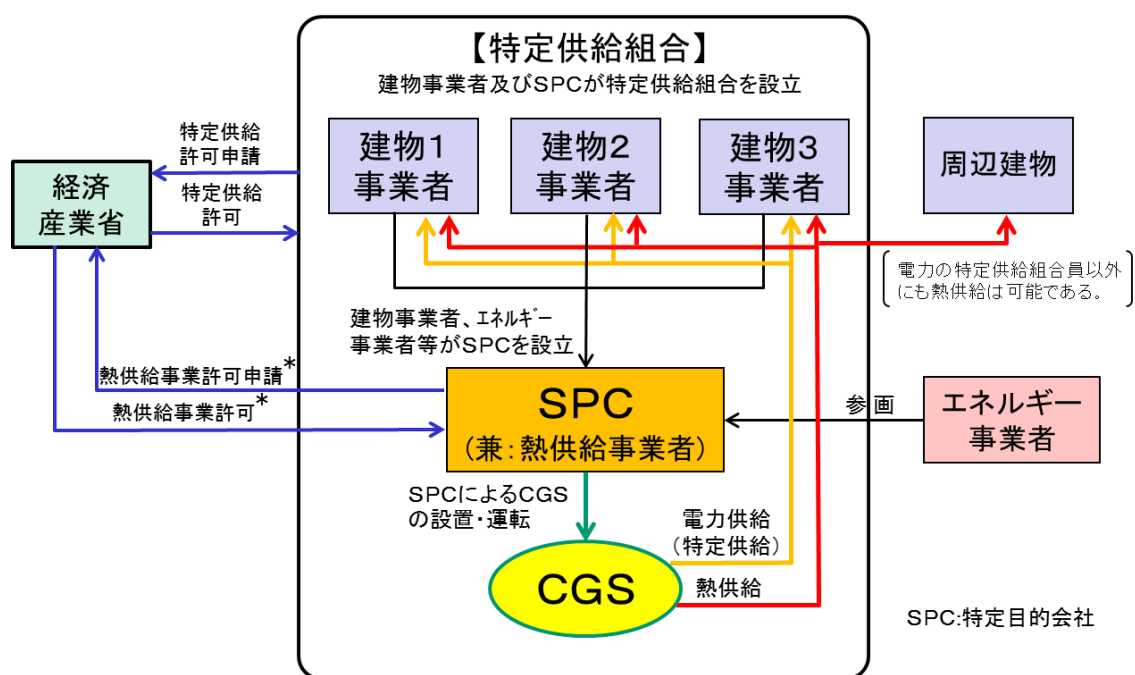
4. CGS の導入促進に向けて

4-1 モデルスタディを踏まえた課題

- ・各地区でのモデルスタディを通じて、CGS を導入して面的にエネルギー供給を行うことで、CO₂削減など環境性の面で一定の効果が得られることが確認できた。
- ・事業性については年間のランニングコスト削減による効果が期待できたが、地域導管工事などに伴い増加するイニシャルコストをいかに抑制するかが事業性の成否に関わってくるということがわかった。
- ・都心部など複合施設が高密度で集まる地区では事業性も確保しやすいが、各建物の所有者や更新時期が異なる中で、熱需要先を計画的に担保していけるかが課題となる。
- ・住宅地では建物の用途や密度の面で、都心部などに比べて事業性の面で厳しくなるが、今後、「駅そばまちづくり」を進める中で、効率的で自立性の高いエネルギー供給を意識した誘導を行っていくことが重要である。
- ・CGS 導入による防災面での効用についても述べたが、環境性・事業性のように客観的に評価することは困難である。今後の促進に向けては、環境面や防災面から公共性の高いインフラであるとの位置づけがされ、行政による誘導策や支援が行われることも必要と言える。

4-2 事業スキーム(運営主体のあり方)

- ・一定のエリアにおいて、CGS を導入して周辺建物に面的なエネルギー供給を行う場合、その運営（マネジメント）主体をどう考えるかも課題である。
- ・CGS 発電による電力供給については、供給を受ける建物事業者が特定目的会社（SPC）を設立し、建物事業者と SPC が特定供給（許可を受けた供給者と、密接な関係を有する特定の需要家との間で行う電気の供給事業）のための組合を設置することで、各建物への電力供給を行う事業形態が考えられる。
- ・CGS の排熱を利用した熱供給については、SPC が電力供給と併せて熱供給も行う形態や、SPC とは別の熱供給事業者が排熱の提供を受けて各建物に熱供給を行う形態が考えられる。
※熱供給については、加熱能力 21GJ/h 以上となる場合など、熱供給事業法に基づく許可が必要になることがある。
- ・SPC には、熱や電力供給に関するノウハウを持ち、継続的事業実施が可能なエネルギー事業者の参画が望まれる。また、地域のエリアマネジメントに取り組むまちづくりと協議会などとの連携を強めることで、より効果的な事業展開が期待できる。



*: 熱供給事業に該当する場合 (加熱能力が21 GJ/h以上等) に必要な。

図 事業スキーム (例) : S P C が電力供給と熱供給を行うケース

4-3 導入促進のためのアイデア

前述した CGS 導入促進のための課題や事業スキームを想定し、行政を中心に以下のような取り組みを進めることをアイデアとして提案する。(特に※印の取り組みについては導入促進に向けた大きな効果が期待できる)

方向性	アイデア	内 容
①導入環境の整備	導入意義の周知活動	・ 低炭素化や省エネルギー、エネルギーセキュリティ向上等における CGS 導入やエネルギー面的利用の有効性を、広く市民、企業、行政に周知する。
	行政計画等への反映※	・ 市の総合計画、環境基本計画、低炭素まちづくり計画、都市計画マスタープラン等に、CGS 導入やエネルギー面的利用の推進を位置付ける。
	導入手続きの円滑化	・ CGS 導入やエネルギー面的利用の検討に際し、行政における関係部局との協議や手続きの円滑化を図る。
	国への制度改善等の要望	・ 制度面の課題等について、行政とエネルギー事業者が連携して、国に対して改善策を要望する。

②まちづくりとの連携	まちづくり組織や制度の活用	・まちづくり協議会の活用など、エリアマネジメントと一体的な事業運営を検討する。 ・地区計画や建築協定、特別用途地区の活用により、CGS 排熱利用によるエネルギー面的利用が成立するような公共施設配置や建物の用途、規模を誘導する。
	導入促進地区の指定※	・熱需要特性、エネルギーセキュリティ、開発動向を展望し、CGS の優位性が確認される場合には「CGS 導入促進地区」を指定し、建設や改修時において、CGS 導入やエネルギー面的システムとの接続検討を義務付ける。(地域冷暖房整備促進地区の準用または新設)
	エネルギーアセスメント制度の創設及び導入検討の義務付け※	・一定規模以上の建物建設や改修に際し、CGS 導入やエネルギー面的利用の検討を促す。(地域温暖化対策計画書制度の準用または新設) ・例えば延床 10,000m² 規模以上の熱多消費建物（ホテル、病院、老健、温浴施設など）については、建物建設や改修に際して、CGS 導入やエネルギー面的利用の検討（省エネルギー性及びエネルギーセキュリティ性について試算評価し、その結果を市に提出）を義務付ける。
	公共空間の活用	・プラントや熱導管、自営線の設置に当たり、都市防災への貢献等を勘案して道路（含、地下街、地下通路等）、公園等の公共空間の活用を図る。
	行政における積極導入	・公共施設の建替えや跡地活用を契機として、CGS 導入による地域エネルギー事業の展開や誘導を図る。
③導入及び事業継続の支援	導入インセンティブの付与	・総合設計制度において、CGS の導入による容積率割増等を行う。
	熱需要先の確保	・「CGS 導入促進地区」において、協定や土地販売条件等による加入義務付けなど、エネルギー面的利用システムとの接続を促進する。
	関連情報の提供及び導入検討の支援	・熱需要先の検討などに資する地域情報や技術情報の共有化を図るとともに、CGS 導入やエネルギー面的利用に関わる検討調査等の実施を支援する。
	公的助成制度の創設※	・国からの CGS 導入補助金に加え、建物への CGS の導入検討や設備設置に際して、行政が費用の一部を負担するような助成制度（補助金制度）を創設する。 【例】東京都・(公財)東京都環境公社『オフィスビルへのコージェネレーション導入に対する補助金』（補助率 1/2 上限 3 億円）

海外事例紹介

英国における地域熱供給

サザンプトンにおける開発事業と連動した地域熱供給

■ サザンプトンにおける官民連携型の地域熱供給

- ・サザンプトンは英国南部に位置する人口24万人程度の港町で、英国唯一の商用地熱井戸を保有している。
- ・2020年のCO₂削減目標を90年比40%削減としており、対策のひとつとして地域熱供給を位置付けている。
- ・熱供給事業者Cofelyと20年契約を結び、地熱井戸にCHP*を入れた熱供給を官民連携で行っている。
- ・上記を含め3つのエネルギーセンターがあり、最大のものは市有地の無料提供を契約に位置付けている。
- ・市議会与党が交代してもエネルギー政策の方針は変えないことを、超党派の協定として締結している。
- ・顧客との契約は20年が基本で、熱料金は市場価格よりも10%程度安く設定している。
- ・都市計画では、新規開発における、CHP又はDHC利用のフィージビリティスタディ実施、低炭素型エネルギープラントへの支援、500m²以上の開発におけるCHPへの接続推奨等を位置付けている。
- ・Cofely社自身も、建物の機器更新時期に合わせて営業を実施し接続建物を増やす等の取組を行っている。

* CHPとは、Combined Heat and Powerの略で、CGSと同等のシステムを指す。欧米では熱利用中心の考え方が浸透しているため、こちらの呼称が使われることが多い。



図 サザンプトンの熱供給先建物と規制対象区域
(各建物が熱導管ネットワークで結ばれているか、あるいは接続が計画されている)

■ サザンプトンにおける連携の特徴

- ①サザンプトン市役所は競争原理の中で熱供給事業のパートナーとしてCofely社を選出、20年間の熱供給事業を締結、エネルギーセンターの用地を無償提供している。
- ②Cofely社は自己投資を行ってエネルギーセンターの管理を行い、周辺建物への熱供給と新規開発への営業を行っている。
- ③新規開発は基本的には行政側の開発協議の中で熱導管接続が求められるものの、Cofely社自体も営業活動の中で事業者への接続を求めている。



これまで契約期間が終了した需要家もあるが、多くの場合再契約を行い、熱供給が維持されている。

これは、熱料金が安いこと、メンテナンスがなされることに因るところが大きいとされる。

結果、行政の目標であるCO₂排出量削減にもつながるWin-Winの関係が実現している。



図 サザンプトンのエネルギーセンター

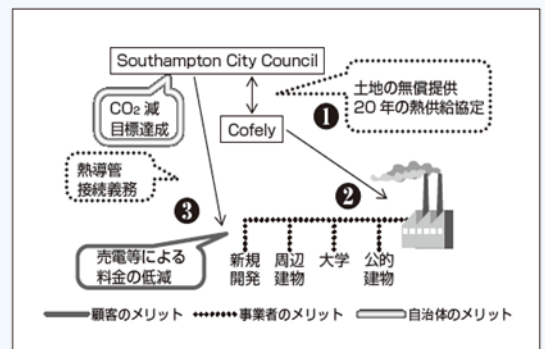


図 サザンプトンにおける連携

おわりに

高度成長期に整備された都市計画法などの諸制度が、少子高齢化や人口減少などの潮流の変化に合わせた対応を迫られており、日本のまちづくりは大きな転換期を迎えている。こうした中、自然災害や環境問題に対応したまちづくりを同時に追求していくために、CGSを導入した面的エネルギーシステムの構築は有効な選択肢である。

前ページではイギリスにおける地域熱供給（地域冷暖房と同義）を事例紹介として取り上げた。気象条件や排熱利用に関する歴史的経緯など、日本とは環境面での相違もあるが、都市計画制度の活用や官民連携の仕組みは参考になる。

今回の提言における検討結果や取り組みのアイデアを踏まえ、まちづくりにおけるCGS導入を促進していくためには、今後も行政や事業者が問題意識を共有しながら更なる検討を行っていく必要がある。

CGS 研究会 メンバー

奥宮 正哉	名古屋大学大学院環境学研究科 教授（座長）
服部 敦	中部大学工学部 教授
葛山 弘一	東邦ガス(株)企画部 次長
足立 宗喜	東邦ガス(株)企画部 課長
杉山 伸二	東邦ガス(株)都市エネルギー営業部 営業第二グループマネジャー
牧野 利彦	東邦ガス(株)都市エネルギー営業部 営業第三グループマネジャー
大森 亮	東邦ガス(株)都市エネルギー営業部 営業第二グループ課長
羽根田 英樹	名古屋都市センター上席調査研究統括監
常包 泰樹	名古屋都市センター調査課長
福田 篤史	名古屋都市センター調査課 研究主査

<オブザーバー>

笥 正人	名古屋市総務局企画部 主幹
堀 利明	名古屋市環境局環境企画課長
山内 正照	名古屋市住宅都市局都市計画課長
横地 玉和	名古屋市住宅都市局都心まちづくり課長
酒井 雄一	名古屋市緑政土木局 主幹

