

資 料 編

下記資料は、本プロジェクト研究の成果をふまえて作成したものである。

1. 下水道のエネルギー連携事業の事業性診断手法について（案）……………27
2. 熱エネルギーの面的利用による低炭素まちづくりの手引き（案）……………93

下水道のエネルギー連携事業 の事業性診断手法について（案）

平成 26 年 2 月

国土交通省国土技術政策総合研究所

下水道のエネルギー連携事業の事業性診断手法について（案）

目 次

<u>1. 総論</u>	29
<u>1.1 目的</u>	29
<u>1.2 適用範囲</u>	29
<u>1.3 用語の定義</u>	29
<u>2. 事業性診断の概要</u>	31
<u>2.1 診断手法</u>	32
<u>2.2 判定基準</u>	36
<u>2.3 留意事項</u>	37
<u>3. 事業性診断の実施</u>	42
<u>3.1 必要な情報の収集</u>	42
<u>3.2 ソフトウェアによる診断</u>	43
<u>3.3 結果の判定</u>	49
<u>3.4 事業性検討</u>	50
<u>4. 試算事例</u>	51
<u>4.1 消化ガスの都市ガス化</u>	51
<u>4.2 他バイオマス受入による消化ガス化</u>	57
<u>4.3 下水汚泥の固形燃料化</u>	64

（資料）

下水道のエネルギー連携事業 事業性診断性診断ソフトウェア利用マニュアル Ver.1

1. 総論

1.1 目的

本報告書は、各種の下水道資源（処理水熱、汚泥消化ガス、ガス発電、固形燃料等）を利用した連携事業を実施する場合に、地方公共団体等の職員が容易に扱うことのできる汎用的な表計算ソフトを用いて、事業の中期採算性を簡便に診断することを目的とする。

1.2 適用範囲

本報告書は、下水道施設から発生する下水道資源を活用して、下水道管理者と民間事業者等との間で行われる連携事業に関する事業採算性の検討に適用する。

1.3 用語の定義

本報告書で使用される用語の定義については、以下のとおりとなっている。

なお、下水道施設の基本的な用語は「下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年度版」（社団法人日本下水道協会）、「下水道用語集 2000 年度」（社団法人日本下水道協会）に準拠する。

（1）下水道資源

処理水熱、汚泥消化ガス、ガス発電、固形燃料等、下水処理場から発生し、場内外でエネルギー源として利用可能な物質または熱とする。

（2）下水道エネルギー連携事業

下水道施設から発生する下水道資源を活用して、下水道管理者と民間事業者等との間で行われる連携事業。

（3）事業性診断

事業を経済性及び実施体制等経済性以外の側面から実現可能性を診断すること。本書では主に経済性に関する診断を指す。

（4）バイオマス

再生可能な生物由来の有機性資源。木質バイオマス、農業残渣、家畜ふん尿・汚泥、食品系バイオマス等がある。

（5）VFM

Value For Money の略。支払いに対するサービス等の価値を示す。

（6）IRR

内部収益率（Internal Rate of Return）。事業期間を通じた投資に対する収益率。

(7) NPV

正味現在価値 (Net Present Value)。事業期間中の現在価値に換算したキャッシュフロー合計から投資額を差し引いた金額。プラスであれば投資価値があると判断される。

(8) キャッシュフロー

営業活動や資金調達、返済、設備投資などを通じて生じる現金の流れ。製品やサービスの販売や原材料の調達、人件費や設備投資の支払、銀行からの融資や返済などの現金収支のこと。

(9) DSCR

債務返済指数 (Debt Service Coverage Ratio)。債務返済能力を示す指標。

(10) 排出量取引

地球温暖化の原因物質である温室効果ガス (GHG) を削減するため、予めGHG排出者に排出枠を割り当て、余った者と不足する者の間で排出枠を取引するものである。

(11) 国内排出量取引制度

京都議定書で規程される国際的な枠組み (CDM/JI) の温室効果ガスの取引制度に対して、環境省や経済産業省が試行的に、東京都が本格実施している温室効果ガスの取引制度。

(12) オフセットクレジット制度 (J-VET)

環境省が構築した制度で市民や企業が主体的に排出量を認識し、自らの削減努力では不足する分を他のプロジェクト等から調達できる仕組み。

2. 事業性診断の概要

本報告書における事業性診断とは、下水道エネルギー連携事業の中期的採算性を簡便に診断するものであり、主に経済性に関する事業成立要件に関するものである。なお、経済性外の事業成立要件については、3.4項に記述している。

長期にわたる事業について、経済性面からの事業性診断を確実かつ合理的に行うため、「VFM (Value For Money) に関するガイドライン」(内閣府PFI推進室 平成20年7月15日改定)に基づいて事業期間中のキャッシュフローを算出したうえで、IRR (内部収益率) 等の投資効率指標を導出し事業性診断の基準として判定する。

事業期間中のキャッシュフロー及び投資効率手法の算出の手順及び事業形態固有条件と共通条件に区分した検討項目を、図1に示す。

経済性に関する事業可能性の診断を行うため、汎用的な表計算ソフトを用いた診断ソフトウェアを開発することとした。

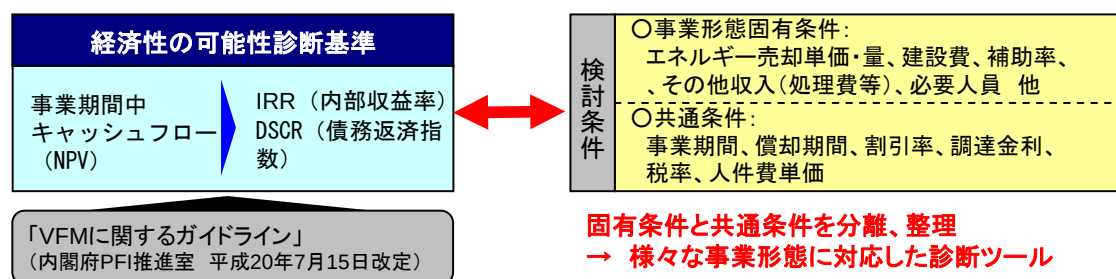


図1 事業収支の検討項目・手順の整理手法

2.1 診断手法

本報告書における事業性診断手法の流れを図2に示す。

まず検討条件となる必要な情報収集を行い、その条件をソフトウェアへ入力すると、ソフトウェアにより自動的に事業性診断及び結果の判定が行われる。最後に判定結果を踏まえて事業性診断を行うという流れとなる。

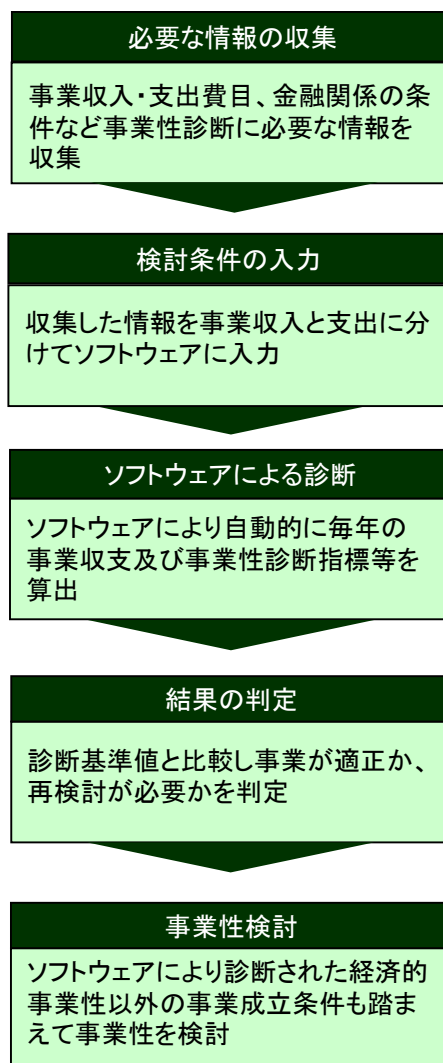


図2 事業性診断手法の流れ

2.1.1 想定する事業スキーム

下水道等のエネルギー連携事業は、公共と民間の連携によるPFI（民間資金等活用事業）事業又はそれに類する事業として実施されることを想定し、図3のような事業スキームを基本に事業性診断を行うこととした。

ただし、地方自治体等の公共が主体となる事業及び民間事業者が主体となるPFI等事業の両方に適用できるものとする。

したがって、PFI事業における指針である「VFM（Value For Money）に関するガイドライン」や関連法令・基準に基づき事業性診断手法を構築し、そのためソフトウェアを開発した。

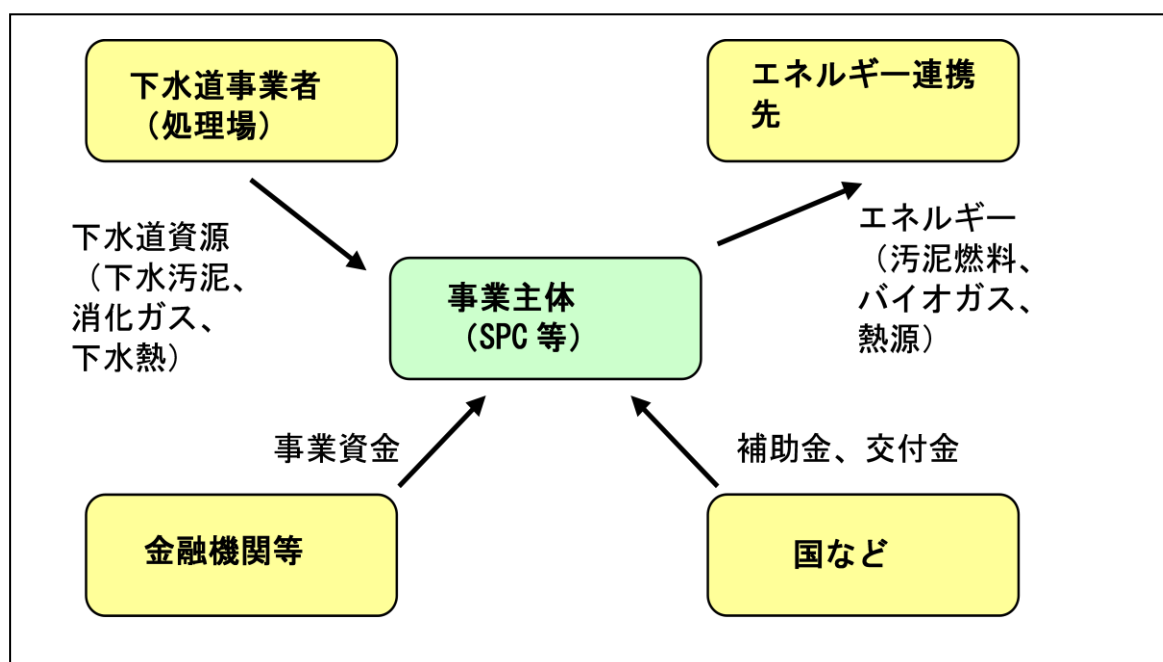


図3 事業性診断で想定する事業スキーム

2.1.2 キャッシュフローの算出

一定の事業期間におけるキャッシュフローの合計を算定するにあたり、「VFM（Value For Money）に関するガイドライン」を基本とすることとした。表 2 に同ガイドラインに示されるキャッシュフロー比較方式を示す。

キャッシュフローに計上する事業収支の各項目を表 1 に整理する。

表 1 キャッシュフローに計上する事業収支項目

区分	項目	細目
事業支出	設計建設事業費	減価償却費
	人件費	直接費
		間接費
	維持管理運営事業費	修繕費
		除却費
		その他費用
	金融費用	支払金利
		支払手数料
	その他支出	
事業収入	製品売却収入	
	サービス料	処理費
	その他収入	処分費削減分
		クレジット売却費
		その他

表 2 キャッシュフロー比較方式

年 度				-2年度	-1年度	0年度	1年度	2年度		最終年度	合 計	備 考
設計 建設 事業費用	直接費	人件費										
		物件費										
	間接費	人件費										
		物件費										
	減価償却費											
	修繕費											
	その他費用											
合計												
維持管理 運営 事業費用	直接費	人件費										
		物件費										
	間接費	人件費										
		物件費										
	減価償却費											
	修繕費											
	除却費											
	その他費用											
合計												
金融 費用	支払金利											
	支払手数料											
	合計											
事業費用合計												
リスク	設計・建設段階											
	維持管理・運営段階											
	合計											
総費用												

(キャッシュ・フロー)

Ⅰ 業務活動によるキャッシュ・フロー												
設計建設事業費用											- × × ×	
維持管理運営事業費用											- × × ×	
金融費用											- × × ×	
減価償却費											× × ×	
除却費											× × ×	
...												
計											× × ×	
Ⅱ 投資活動によるキャッシュ・フロー												
有形固定資産の取得による支出											- × × ×	
有形固定資産の売却による収入											× × ×	
...												
計											× × ×	
Ⅲ 財務活動によるキャッシュ・フロー												
借入金の返済による支出											- × × ×	
借入れによる収入											× × ×	
...												
計											× × ×	
Ⅳ リスク											- × × ×	
Ⅴ 総キャッシュ・フロー(Ⅰ～Ⅳの計)											× × ×	

現 在 価 値												
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(注) 数値の記入は、行政コストの計算書を作成する際に貸借対照表およびその他の財務関連明細表より転記する手順に倣って行う。
本様式は、サービス購入型の事業を前提としている。

出典：VFM (Value For Money) に関するガイドライン

(内閣府 PFI 推進室 平成 20 年 7 月 15 日改定)

2.2 判定基準

事業性診断の判定基準は、投資効率指標であるキャッシュフロー、NPV、IRR、DSCR を採用することとした。

各判定基準の概要及び設定例を表 3 に示す。

表 3 事業性診断の判定基準

判定基準	概要	基準設定例
NPV	正味現在価値 (Net Present Value)。事業期間中の現在価値に換算したキャッシュフロー合計から投資額を差し引いた金額。プラスであれば投資価値があると判断される。	0 プラス→投資価値あり マイナス→なし 投資価値有無の境界となる 0 に設定
IRR	内部収益率 (Internal Rate of Return)。事業期間を通じた投資に対する収益率。高いほど収益性の高い事業と判断される。	4% 費用便益分析マニュアル等一般に使用される数値を設定
DSCR	債務返済指数 (Debt Service Coverage Ratio)。債務返済能力を示す指標。借入金の元利を返済できているかを表す。	100% 元利を返済できる場合に当たる 100%に設定

2.3 留意事項

本書における事業性診断について留意すべき事項について、以下に整理する。

2.3.1 事業性診断ソフトウェアの対象事業形態

下水道等のエネルギー連携事業は、大まかに表 4 のように整理できる。構築した事業性診断手法はこれらすべての事業に適用可能であるが、事業ごとに具体的入力項目・名称が異なるため、すべての事業を単一のユーザーインターフェースで計算できるようにすると、一部の事業でしか使わない入力項目や意味が分かりにくい一般的名称の項目が多数存在して煩雑で不便なものとなりかねないことから、今回作成した事業性診断ソフトウェアにおいては採択事例が多い代表的な事業として、対象とする事業を下水汚泥の固形燃料化、他バイオマス受入による消化ガス化、消化ガスの都市ガス化という 3 事業としている。

表 4 下水道等のエネルギー連携事業の事業形態と対象事業

利用資源	事業形態	概 要	ソフトウェア対象事業
下水汚泥	下水汚泥の固形燃料化 (汚泥燃料の火力発電利用)	乾燥等により製造した汚泥燃料を火力発電所の発電燃料として供給する事業。	○
	汚泥燃料のセメント原燃料化	乾燥等により製造した汚泥燃料をセメント製造用の燃料として供給する事業。	
	廃棄物発電(メタン発酵)	生ごみや浄化槽汚泥など他の廃棄物と混合してバイオガスを発生させ、化石燃料を代替したり、発電する事業。	
	他バイオマス受入による消化ガス化 (バイオガス製造)		○
消化ガス	消化ガスの都市ガス化 (消化ガスからの都市ガス製造)	消化ガスを精製して、都市ガスに混合して供給する事業。	○
	消化ガスからの自動車燃料製造	消化ガスを精製して、天然ガス等に混合して自動車燃料として供給する事業。	
下水熱	地域熱供給事業	下水処理水の保有する熱をビル等の空調熱源として供給する事業。	

2.3.2 事業主体

事業主体は公共のほか、PFI 法に基づく PFI 事業を行う民間事業者を想定する。

2.3.3 間接的事業収入の計上

事業主体が公共の場合に、事業収入として直接的に入らないものの、間接的に財政への寄与が見込まれる経済的利益を事業収入として計上することとしている。

具体的には、表 5 に示すように処分費削減分等があるが、事業の形態に応じて類似の項目を利用者が設定することが可能である。

表 5 間接的事業収入の計上項目

利用資源	事業形態	間接的事業収入項目
下水汚泥	他バイオマス受入による消化ガス化 (バイオガス製造)	生ごみ受入にともなう生ごみ埋立処分費削減額
		し尿・浄化槽汚泥受入にともなうし尿・浄化槽汚泥処理費削減額
	下水汚泥の固形燃料化 (汚泥燃料の火力発電利用)	脱水汚泥再利用にともなう脱水汚泥処理費削減額

2.3.4 費用計上方法に関する留意点

事業性診断ソフトウェアにおける費用計上方法のうち特に留意が必要な点を表 6 に示す。

表 6 費用計上方法に関する留意点

利用資源	事業形態	費用	計上の留意点
共通		減価償却費	定額法
		事業用地費	事業発注元（公共）より無償提供されるものとし、借地料、固定資産税等は見込まない。
下水汚泥	下水汚泥の固形燃料化 (汚泥燃料の火力発電利用)	乾燥汚泥売却量	乾燥後重量
		乾燥汚泥売却単価	輸送費を含む
消化ガス	消化ガスの都市ガス化 (消化ガスからの都市ガス製造)	バイオガス製造量	精製後の容量
		バイオガス単価	ガス会社指定地点（境界）での引渡し

2.3.5 温室効果ガス排出量取引制度の経済的手法導入

温室効果ガス排出量取引制度による温室効果ガス排出削減量（クレジット）の売却収入を事業収入として見込むことが可能となっている。

ただし、その利用は必須ではなく、利用者の意向により選択可能である。

（１）排出量取引制度について

事業性診断ソフトウェアにおいて、下水道等のエネルギー連携事業により得られる温室効果ガス排出クレジットを温室効果ガス排出量取引制度の利用により売却し、事業収入として見込むことが可能なものとした。

排出量取引制度には、図 4 に示すように、京都議定書で規程される国際的な枠組み（CDM/JI）と環境省や経済産業省が試行的に、東京都が本格実施している国内排出量取引制度がある。事業性診断ソフトウェアでは、クレジットの取引価格が比較的高い国内排出量取引制度を検討対象とした。

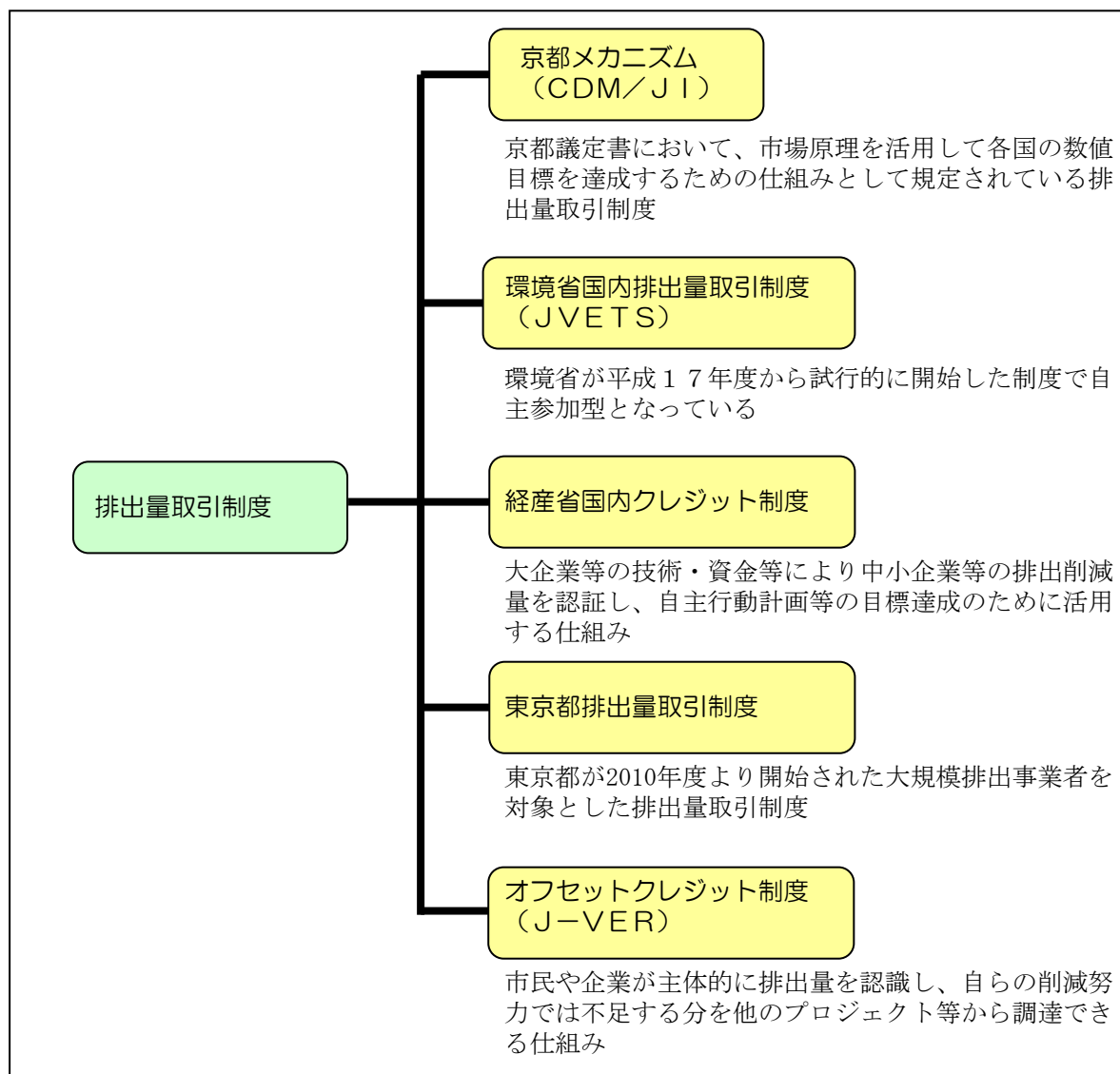


図 4 排出量取引制度

(2) 国内排出量取引制度の概要

国内排出量取引制度について、必要な手続きフローや申請の必要経費、環境省や経済産業省による支援制度を表5に示す。

表7 排出量取引制度の概要

項目	環境省 J-VER	経産省 国内クレジット	大阪府	広島市	東京都
手続き概略フロー	(事業者) ↓ プロジェクト計画書 パブリックコメント プロジェクト登録依頼書 ↓ (第三者機関) ↓ 妥当性確認報告書 ↓ (認証運営委員会) ↓ プロジェクト登録 ↓ モニタリング報告書 認証依頼書 クレジット発行依頼書 ↓ (第三者機関) ↓ 検証報告書 ↓ (認証運営委員会) ↓ J-VER発行 (登録簿口座内)	(事業者) ↓ 事業計画書 ↓ (第三者機関) ↓ 審査結果概要書 審査報告書 事業承認申請書 誓約書 ↓ (認証委員会) ↓ 排出削減事業承認 ↓ 実績報告書 ↓ (第三者機関) ↓ 実績確認概要書 実績確認書 クレジット認証申請書 ↓ (認証委員会) ↓ クレジット発行	環境省 J-VER制度と同様	(市民) ↓ 申請書 光熱費等請求書 ↓ (制度事務局) ↓ 地域通貨 買取費 ↓ (市民)	(事業者) ↓ 事業計画書 ↓ (登録検証機関) ↓ 検証結果 ↓ (事業者) ↓ 基準排出量決定申請 検証結果 ↓ (都知事) * 運用方法がイトライン未公表のため、クレジット認証の手続きの詳細は不明。
必要経費	・妥当性確認費用(最大100万円程度) ・モニタリング費用(最大100万円程度) ・第三者検証費用(最大100万円程度)	・計画審査費用(審査機関50万円、審査員25万円程度) ・実績報告書審査費用(15万円程度)	環境省 J-VER制度と同様	特になし	* 運用方法がイトライン未公表のため、クレジット認証の手続きの詳細は不明。
支援制度	・妥当性確認支援(上限あり) ・モニタリング支援(上限あり) ・第三者検証支援(上限あり) * 平成22年度における時限措置	・計画審査費用支援(上限あり) ・実績報告書無料作成支援 ・実績報告書審査費用支援(上限あり)	環境省 J-VER制度と同様	特になし	特になし

(出典：平成22年度 下水道等のエネルギー連携事業のフィージビリティに関する調査業務報告書)

(3) 排出量取引制度導入による事業収入計上

下水道等のエネルギー連携事業に排出量取引制度に参加することにより得られる事業収入は、各事業形態ごとに排出削減手法に応じて見込まれる排出権クレジット売却収入を事業収入に計上する方法について表 8 に示す。なお、プロジェクト申請、クレジット発行、モニタリング等に要する経費は、国等からの支援が得られるものとして事業支出に計上しないものとしているが、必要に応じて排出権クレジット売却単価から差し引くことにより、計上可能である。

表8 排出量取引制度導入による事業収入計上

事業形態	排出削減方法	算定式
消化ガスからの都市ガス製造	消化ガスの利用により都市ガスの原料である天然ガス消費量を削減して、温室効果ガス排出量を削減するもの	化石燃料（天然ガス）削減量＝消化ガス製造量×消化ガス単位熱量÷天然ガス単位熱量 温室効果ガス削減量＝化石燃料削減量×排出係数
下水汚泥＋生ゴミ＋浄化槽汚泥からのバイオガス製造	バイオガスの利用により従来消化槽の加温や汚泥乾燥に利用されていた化石燃料を削減して、温室効果ガス排出量を削減するもの ＊化石燃料はA重油、灯油、LPG、都市ガスを想定	化石燃料削減量＝バイオガス製造量×バイオガス単位熱量÷化石燃料単位熱量 温室効果ガス削減量＝化石燃料削減量×排出係数
下水汚泥からの乾燥汚泥燃料製造	下水汚泥から製造した乾燥汚泥により火力発電所の燃料である石炭を代替することにより、石炭消費量を削減して、温室効果ガス排出量を削減するもの	乾燥汚泥利用による単位排出削減量：事業（火力発電所）ごとに設定 温室効果ガス削減量＝乾燥汚泥売却量×乾燥汚泥利用による単位排出削減量

3. 事業性診断の実施

3.1 必要な情報の収集

事業性診断を開始するにあたり、検討条件となる情報を収集する必要がある。

その項目及び想定される情報源を表 9 に示す。

ただし、本書に示す事業性診断は、事業性判断の参考として簡便に行われるものであるため、収集される情報は必ずしも高い精度である必要はなく、概算の数値等でも支障はない。

表 9 事業性診断に必要な情報（検討条件）

大区分	中区分	項目	想定される情報源	備考
事業支出	建設	建設費	事業予算 基本計画等における概算予算 類似事業実績から推定 事業者による見積	
		補助率	補助金要綱等	対象事業が国庫補助等を受ける場合
	運営管理	事業期間	対象事業で設置される設備の耐用年数や更新計画等にて設定 15 年～30 年程度	
		人件費 (所要人員数×人件費単価)	事業予算 基本計画等における概算予算 類似事業実績から推定 事業者による見積	
		維持管理費	類似事業実績から推定 事業者等による見積	
	資金調達	借入金利	類似事業実績 事業主体：公共→起債 事業主体：民間→市中金利	
		税率（法人税、固定資産税等）	関係法令	PFI 事業等事業主体が民間の場合
事業収入	売却収入	製品売却収入	連携予定先よりヒアリング 類似事業実績から推定	
	サービス料収入	処理処分費	最新の実績データ 周辺施設よりヒアリング 事業主体：公共→処分費削減額 事業主体：民間→サービス料	中間処理費や埋立処分削減分を計上する場合
	排出権クレジット収入	CO2 排出係数	環境省マニュアル	排出権クレジットを計上する場合
		排出権クレジット単価	京都クレジット：市場価格 国内クレジット：取引実績より推定	

3.2 ソフトウェアによる診断

事業収支計算及び事業性診断指標は、ソフトウェアによって算出される。

ソフトウェアによる診断の流れを図 5 に示す。

ユーザー側にて 3.1 項で収集した情報（検討条件）をソフトウェアに入力後、ソフトウェアにより、事業期間中のキャッシュフロー及び累積キャッシュフローが計算される。その後、キャッシュフローを基に事業性診断指が標算出され、診断基準値との比較により結果の判定が行われる。さらに、診断結果のうち累積キャッシュフロー、エネルギー価格と DSCR の関係がグラフ化される。累積キャッシュフローは事業の健全性を視覚的に理解するため、エネルギー価格と DSCR の関係は、外部環境の変化の影響によるエネルギー価格変動リスクも含めた事業性診断を行うために示している。



図 5 ソフトウェアによる診断の流れ

3.2.1 ソフトウェアの入出力条件

事業性診断ソフトウェアの入出力条件は表 10 のとおりである。

入力条件及び出力結果を事業形態毎の固有条件と共通条件に区分するとともに、出力結果である事業性診断指標（キャッシュフロー、NPV、IRR、DSCR）を導くために必要となる算定プロセスも整理した。

ユーザーにより入力された条件（表 10 左より 2 列目）を基に、同 3 列目の事業収支計算によって同 6 列目の事業性診断指標が算出される。なお、事業性診断指標は次の計算式で算出され、表 10 下段の事業性診断指標基準値（例）と比較することにより事業性が診断される。

【計算式】

キャッシュフロー＝事業収入－事業支出

累積キャッシュフロー＝ Σ （毎年のキャッシュフロー）

NPV＝初期投資額（建設費*）＋ Σ （キャッシュフロー／（1＋IRR））

IRR＝NPV が 0 となる IRR を繰り返し計算

DSCR＝累積キャッシュフロー÷初期投資額（建設費*）

*建設費が補助制度等の対象となる場合は補助金等控除後の建設費。

表 10 事業性診断ソフトウェアの入出力条件

事業形態	検討条件入力(ユーザー入力)	事業収支計算	事業主体による設定		事業性診断指標算出	備考
			公共	民間		
共通	建設費①		○	○	減価償却費の算定方法: 定額法 事業用地は公未より無償貸与されるものとし、固定資産税、都市計画税及び不動産取得税は見込んでいない	
	補助率(%)②	実質建設費③=(100-②)/100×①	○	○		
	事業期間	15～30年	○	○		
	借入金利③	金利支払額=借入金残高×③/100	○	○		
	償却年数④	減価償却費=イニシャルコスト合計÷④	○	○		
	社会的割引率	4%	○	○		
	法人税率⑥	法人税=⑤×⑥ * 事業主体が民間の場合	○	○		
	維持管理費	用役費(電気、水道、燃料、薬品等)、点検補修費	○	○		
	運転管理人員数⑦	人件費=⑦×⑧	○	○		
	人件費単価(平均)⑧		○	○		
	燃料種別(灯油、重油、LPG、都市ガス)	灯油=36.7MJ/L、A重油=39.1MJ/L、LPQ=50.2MJ/kg、都市ガス=41.1MJ/m ³ N ③	○	○		
	バイオガス製造量(m ³ /年) ①	化石燃料削減量(/年)④=①×②÷③	○	○		
バイオガス製造	バイオガス単位熱量(MJ/m ³) ②	20.2	○	○	【キャッシュフロー】=事業収入-事業支出 【累積キャッシュフロー】=Σ(毎年のキャッシュフロー) 【NPV(正味現在価値)】=初期投資額(建設費*)+Σ(キャッシュフロー/(1+IRR) ^R) 【IRR(内部収益率)】=NPVが0となるIRRを繰り返し計算 【DSCR(債務返済指数)】=累積キャッシュフロー÷初期投資額(建設費*) * 建設費が補助制度等の対象となる場合は補助金等控除後の建設費。	生ごみ処理収入は事業主体により計上方法が次のとおり異なる。 公共: 生ごみ埋立費削減額 民間: 生ごみ処理費
	燃料単価 ⑤	燃料費削減額(円/年)=④×⑤	○	○		
	生ごみ受入量(t/年) ⑥	生ごみ立上費削減額(処理費)(円/年)=⑥×⑦	○	○		
	理立(処理)単価(円/t) ⑦		○	○		
	し尿・浄化槽汚泥受入量(t/年) ⑧	し尿・浄化槽汚泥処理費削減分(円/年)=⑧×⑨	○	○		
	し尿・浄化槽汚泥処理単価(円/t) ⑨		○	○		
	排出係数(kg-CO ₂ /t) ⑩	灯油=2.49/L、A重油=2.71/L、LPQ=3.00/kg、都市ガス=2.23/m ³ N ⑩	○	○		
	排出権クレジット単価(円/kg-CO ₂) ⑪	排出削減量(kg-CO ₂ /年)⑫=④×⑩ 排出権クレジット売却費(円/年)=⑩×⑫	○	○		
	乾燥汚泥売却量(t/年) ①	乾燥汚泥売却収入(円/年)=①×⑫	○	○		
	乾燥汚泥単価(円/t) ②		○	○		
	脱水汚泥処理量(t/年) ③	脱水汚泥処理費(円/年)=③×④	○	○		
	脱水汚泥処理単価(円/t) ④		○	○		
汚泥燃料の火力発電利用	乾燥汚泥利用による単位排出削減量	530kg-CO ₂ /t-cake ⑤	○	○	* 建設費が補助制度等の対象となる場合は補助金等控除後の建設費。	
	排出権クレジット単価(円/kg-CO ₂) ⑥	排出削減量(kg-CO ₂ /年)⑦=①×⑤ 排出権クレジット売却費(円/年)=⑥×⑦	○	○		
	バイオガス製造量(m ³ /年) ①	バイオガス売却収入(円/年)=①×②	○	○		
	バイオガス単価(円/m ³) ②		○	○		
	バイオガス単位熱量(MJ/m ³) ③	35.6	○	○		
	燃料種別(灯油、重油、LPQ、都市ガス)	灯油=36.7MJ/L、A重油=39.1MJ/L、LPQ=50.2MJ/kg、都市ガス=41.1MJ/m ³ N ④	○	○		
	化石燃料削減量(/年)⑤	①×③÷④	○	○		
	排出係数(kg-CO ₂ /t) ⑥	灯油=2.49/L、A重油=2.71/L、LPQ=3.00/kg、都市ガス=2.23/m ³ N ⑥	○	○		
	排出権クレジット単価(円/kg-CO ₂) ⑦	排出削減量(kg-CO ₂ /年)⑧=⑤×⑥ 排出権クレジット売却費(円/年)=⑦×⑧	○	○		
	NPV(正味現在価値)	0	○	○		
	DSCR(債務返済指数)	100%	○	○		
	IRR(内部収益率)	4%	○	○		
事業性診断指標基準値(例)					(条件を満足する場合) 「適正と判定されました」 (条件を満足しない場合) 「事業の再検討が必要です」	

3.2.2 条件の入力

ソフトウェアによる診断にあたって、3.1 項で収集した情報の入力が必要となる。

入力された条件をもとに、各年度の事業収入及び支出が算出され、3.2.1 項の計算式により事業収支、キャッシュフロー及び累積キャッシュフロー、事業性診断指標が自動的に計算される。

図 6～9 に事業概要入力画面、事業コスト入力画面、事業収入入力画面、事業収支計算画面の例として都市ガス製造のものを示す。

都市ガス製造 事業概要			
<事業概要>			
項目	単位	値	
概要	名称	-	A浄化センター
	所在地	-	A市
	処理量	m3/日	90,200

注意事項
1. 白色セルを入力してください。

図 6 事業概要入力画面（都市ガス製造）

都市ガス製造 検討条件

<検討条件 (1)>

項目	単位	値
燃料種別	A重油	MJ/L 39.1
バイオガス	バイオガス製造量	m3/年 600,000
売却収入	バイオガス単価	円/m3 22.0
	円/年	13,200,000
バイオガス単位熱量	MJ/m3	35.6
化石燃料削減量	L/年	546,292
排出権クレジット	排出係数	kg-CO2/L 2.71
売却費	排出削減量	kg-CO2/年 1,480,450
	排出権クレジット単価	円/kg-CO2 1
	円/年	1,480,450
事業収入合計	円/年	14,680,450

<検討条件 (2)>

投資評価指標	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSCR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSCRグラフ横軸最小価格	円/m3	11
DSCRグラフ横軸最大価格	円/m3	33

注意事項

1. 白色セルを入力してください。
白色セルの横に入力補助ボタンのある項目は、クリックするとリストからの選択もできます。
2. オレンジ色セルは自動計算もしくは直接入力を選択できる項目です。
オレンジ色セルの横の自動計算もしくは直接入力をチェックを入れてください。
3. ピンク色セルは自動計算項目です。

図 8 検討条件画面（都市ガス製造）

都市ガス製造 検討結果・表 (A: 年別センター)

項目	年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
バイオガス製造	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000
バイオガス売却収入	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913
バイオガス単価	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
バイオガス単位熱量	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6
化石燃料削減量	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292
排出権クレジット	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450
排出権クレジット単価	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
事業収入合計	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450

バイオガス製造 検討結果・グラフ

バイオガス製造 検討結果・表 (A: 年別センター)

項目	年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
バイオガス製造	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000
バイオガス売却収入	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913
バイオガス単価	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
バイオガス単位熱量	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6
化石燃料削減量	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292
排出権クレジット	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450
排出権クレジット単価	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
事業収入合計	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450

バイオガス製造 検討結果・表 (A: 年別センター)

項目	年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
バイオガス製造	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000	15,200,000
バイオガス売却収入	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913	14,850,913
バイオガス単価	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
バイオガス単位熱量	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6
化石燃料削減量	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292	546,292
排出権クレジット	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450
排出権クレジット単価	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
事業収入合計	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450

図 9 事業収支計算画面（都市ガス製造）

3.3 結果の判定

ソフトウェアによって算出された事業性診断指標について、診断基準値と比較することにより、事業性を判定する。

【判定方法】

事業性診断指標算出結果>診断基準値 ⇒ 「適正と判断」

事業性診断指標算出結果<診断基準値 ⇒ 「事業の再検討が必要」

図 10 に診断結果画面の例を示す。

診断結果画面に自動で診断基準値及び判定結果が示される。

グラフは、「事業年度と累積キャッシュフローの関係」と「エネルギー価格と DSCR の関係」の 2 種類が表示されることとなっている。

「事業年度と累積キャッシュフローの関係」は、縦軸に累積キャッシュフロー、横軸に事業年度をとり、キャッシュフローの推移を示すものである。また、「エネルギー価格と DSCR の関係」は、縦軸に DSCR、横軸にエネルギー価格をとり、エネルギー価格の変動による事業採算性を示している。

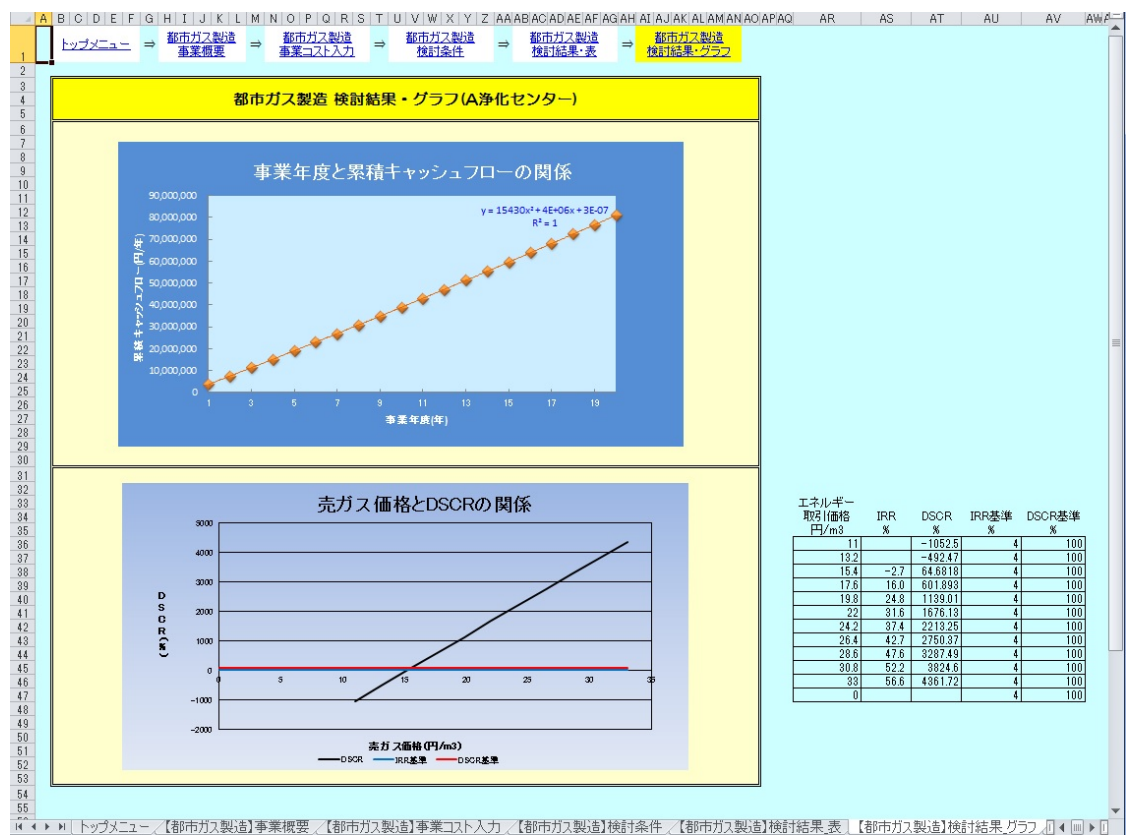


図 10 検討結果グラフ画面（都市ガス製造）

3.4 事業性検討

ソフトウェアによる判定結果により、経済性を評価することができる。

しかし、事業性は経済性のみならず、法制度への対応、事業推進体制、社会的条件及び技術面も重要な要因となる。

経済性を含めた 5 つの事業成立条件を表 11 に整理した。

表11 事業性診断手法の検討項目

事業成立条件	設定の考え方
経済性（事業採算性）	事業性簡易診断ソフトウェアによる判定結果に加え、事業採算性に影響を及ぼすことが予想される連携先との距離、原料の受入量やエネルギー価格の変動なども設定する。
法制度等への対応	廃棄物の搬入・処理、施設の建設及び運営にあたり、確認や手続きが必要な法制度のうち、事業に及ぼす影響が比較的大きいものを設定する。
事業推進体制	事業推進にあたり、処理場側や連携先のほか資金調達先など複数の組織が参加するが、中心となって調整や検討を行う組織及び人材の存在が重要であるとの観点から、事業推進への影響が比較的大きい項目を設定する。
社会的条件	事業場所周辺地域を始めとする地域社会や住民の理解や協力なしに円滑な事業推進は困難であるため、施設の立地や運営に関する周辺住民と合意状況など事業推進への影響が比較的大きい項目を設定する。
技術面（採用システム・プロセス）	事業に導入される技術の性能や信頼性が事業の成否に及ぼす影響が大きいと考えられることから、採用されるシステム・プロセスの納入実績など信頼性を確認するための項目を設定する。

4. 試算事例

下水道エネルギー連携事業のうち、事業性診断ソフトウェアの対象とした3事業について、仮想的に条件を設定して具体的な試算を行った。

4.1 消化ガスの都市ガス化

処理場から発生する消化ガスを供給条件にあわせて精製し、都市ガス原料としてガス事業者に売却する事業について試算を行った。

エネルギー連携先としては、ガス事業者及びその供給プラントとなる。

検討条件の設定にあたっては、「都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携と温室効果ガス排出量取引に関する研究」（平成22年度下水道関係調査研究年次報告書集、平成23年9月、国土技術政策総合研究所）の検討事例等を参考にしてガス発熱量や売ガス単価等を仮想的に設定した。同様の事業は、例えば新潟県長岡市等で実施例がある。

試算事例の概要の例を、表12に示す。

表12 試算事例の概要の例（消化ガスの都市ガス化）

項目	内容
処理場名	A浄化センター
処理能力	90,200m ³ /日
事業主体	A市
エネルギー連携先	Hガス（株）
連携先との距離	隣接
事業費	約2.2億円
補助制度	下水道国庫補助事業
維持管理費	7,652千円/年
消化ガス発生量	年間 約180 万m ³
総発熱量	35.6 MJ/m ³ (8,500 kcal/m ³) 以上
消化ガス精製条件	炭酸ガス濃度：4%以下、硫化水素濃度：2ppm以下
精製ガス供給単価	19.5 円/m ³
消化ガスの用途	消化タンク加温用ボイラの燃料：37% 都市ガス原料供給及び場内冷暖房：63%
事業に要する設備 (処理場側)	・精製塔：ガスを精製する設備 ・圧送機：精製ガスをガス会社のガスホルダへ圧送する設備 ・除湿機：消化ガス中を除湿する設備
事業に要する設備 (ガス会社側)	・熱量調整設備：精製ガスを従来原料の天然ガスと混合する設備 ・計器類、配管：流量計、圧力調整器、緊急遮断弁等

（１）検討条件の設定

試算事例における、検討条件の設定例を表 13 に示す。

なお、事業費や維持管理費等のように自由に設定する条件と補助率や精製ガス売却単価等のように参考値を示している条件がある。

表 13 検討条件の設定例（消化ガスの都市ガス化）

項目	内容
エネルギー連携先	ガス会社
連携先との距離	隣接
事業費	自由設定可能
事業期間	自由設定可能
借入金利	参考値：1.3%（1～10年目、11年目～変更可能）
社会的割引率	参考値：4%
法人税率	参考値：0.04086%
補助率	参考値：77.5%
維持管理費	自由設定可能
運転管理人員数	自由設定可能
人件費単価	自由設定可能
消化ガス発生量	自由設定可能
総発熱量	参考値：35.6 MJ/m ³ （8,500 kcal/m ³ ）以上
ガス売却単価	参考値：22 円/m ³
事業に要する設備 （処理場側）	・精製塔：ガスを精製する設備 ・圧送機：精製ガスをガス会社のガスホルダへ圧送する設備 ・除湿機：消化ガス中を除湿する設備
事業に要する設備 （ガス会社側）	・熱量調整設備：精製ガスを従来原料の天然ガスと混合する設備 ・計器類、配管：流量計、圧力調整器、緊急遮断弁等

また、事業の概要を図 11 に示す。

処理場側の消化タンクからガスホルダーまでの消化ガス関連設備と、ガス会社側のガスホルダー等は既存設備とし、消化ガス精製・供給設備を事業範囲としている。

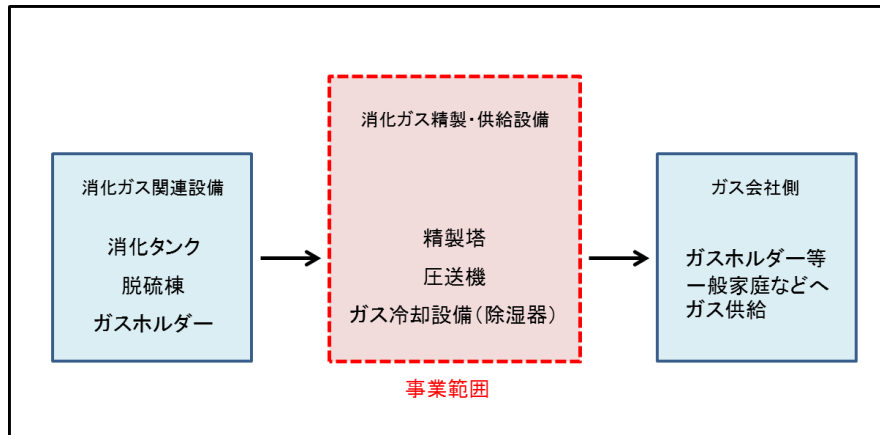


図 11 事業概要図（消化ガスの都市ガス化）

検討条件の整理

試算事例における、詳細な検討条件の整理例を表14に示す。

表14 詳細な検討条件の整理例（消化ガスの都市ガス化）

<検討条件(1)>

項目		単位	値
燃料種別	A重油	MJ/L	39.1
バイオガス 売却収入	バイオガス製造量	m ³ /年	600,000
	バイオガス単価	円/m ³	22.0
		円/年	13,200,000
排出権クレジット 売却費	バイオガス単位熱量	MJ/m ³	35.6
	化石燃料削減量	L/年	546,292
	排出係数	kg-CO ₂ /L	2.71
	排出削減量	kg-CO ₂ /年	1,480,450
	排出権クレジット単価	円/kg-CO ₂	1
		円/年	1,480,450
事業収入合計		円/年	14,680,450

<検討条件(2)>

投資評価指標	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSCR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSCRグラフ横軸最小価格	円/t	11
DSCRグラフ横軸最大価格	円/t	33

(2) キャッシュフロー算定

表13および表14の検討条件例に基づいて、事業期間の20年間におけるキャッシュフローを算定した例を表15に示す。

表15 キャッシュフローの算定例（消化ガスの都市ガス化）

事業期間		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
キャッシュフロー	イニシャルコスト合計	円	49,500,000															
	売ガス収入	円		13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000
	排出権リッパ売却費	円		1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450
	収入合計	円		14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450
	維持管理費	円		7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000
	人件費	円		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	支払入金残高	円		49,500,000	47,025,000	44,550,000	42,075,000	39,600,000	37,125,000	34,650,000	32,175,000	29,700,000	27,225,000	24,750,000	22,275,000	19,800,000	17,325,000	14,850,000
	金利支払額	円		643,500	611,325	579,150	546,975	514,800	482,625	450,450	418,275	386,100	353,925	321,750	289,575	257,400	225,225	193,050
	減価償却費(定額法)	円		2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000
	ランニングコスト総計	円		10,770,500	10,383,325	10,000,150	9,617,975	9,235,800	8,853,625	8,471,450	8,089,275	7,707,100	7,324,925	6,942,750	6,560,575	6,178,400	5,796,225	5,414,050
キャッシュフロー	キャッシュフロー(割引前利益)	円		3,909,950	3,942,125	3,974,300	4,006,475	4,038,650	4,070,825	4,103,000	4,135,175	4,167,350	4,199,525	4,231,700	4,263,875	4,296,050	4,328,225	4,360,400
	法人税	円		159,761	161,075	162,390	163,705	165,019	166,334	167,649	168,963	170,278	171,593	172,907	174,222	175,537	176,851	178,166
	キャッシュフロー(割引後利益)	円		3,750,190	3,781,050	3,811,910	3,842,771	3,873,631	3,904,491	3,935,352	3,966,212	3,997,072	4,027,933	4,058,793	4,089,653	4,120,514	4,151,374	4,182,234
	累積キャッシュフロー	円		3,750,190	7,531,239	11,343,150	15,185,920	19,059,551	22,964,042	26,893,394	30,865,606	34,882,678	38,940,610	42,949,403	47,008,057	51,159,570	55,310,944	59,493,178
		円		49,500,000														
		円		13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000
キャッシュフロー	イニシャルコスト合計	円																
	売ガス収入	円		13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000
	排出権リッパ売却費	円		1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450
	収入合計	円		14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450	14,680,450
	維持管理費	円		7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000	7,652,000
	人件費	円		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	支払入金残高	円		9,900,000	7,425,000	4,950,000	2,475,000											
	金利支払額	円		128,700	96,525	64,350	32,175											
	減価償却費(定額法)	円		2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000											
	ランニングコスト総計	円		10,255,700	10,223,525	10,191,350	10,159,175											
キャッシュフロー	キャッシュフロー(割引前利益)	円		4,424,750	4,456,925	4,489,100	4,521,275											
	法人税	円		180,785	182,110	183,425	184,739											
	キャッシュフロー(割引後利益)	円		4,243,965	4,274,815	4,305,675	4,336,538											
	累積キャッシュフロー	円		67,960,227	72,225,043	76,530,718	80,887,254											
		円		13,200,000	13,200,000	13,200,000	13,200,000											
		円		1,480,450	1,480,450	1,480,450	1,480,450											

（３）事業性診断指標の算定

表15のキャッシュフロー等から、事業性診断指標であるNPV（正味現在価値）、IRR（内部収益率）及びDSCR（債務返済指数）を算定した例を表16に示す。

DSCRは診断基準である100%を大きく上回って安定的な事業と判断され、IRRも診断基準である4%と比較して高い水準にあるため、適正と判断された。

表16 投資評価指標の算定結果例（消化ガスの都市ガス化）

投資 評価 指標	項目			判定結果
	NPV(正味現在価値)	円	442,470,822	
	DSCR(債務返済指数)	%	1673.9%	
	IRR(内部収益率)	%	31.6%	

（４）結果の判定

エネルギー取引価格（売ガス単価）と DSCR の関係の例を図 12 に示す。DSCR について 100%を診断基準として事業成立の目安として評価すると、売ガス価格 16 円/m³が事業成立の分岐点となった。

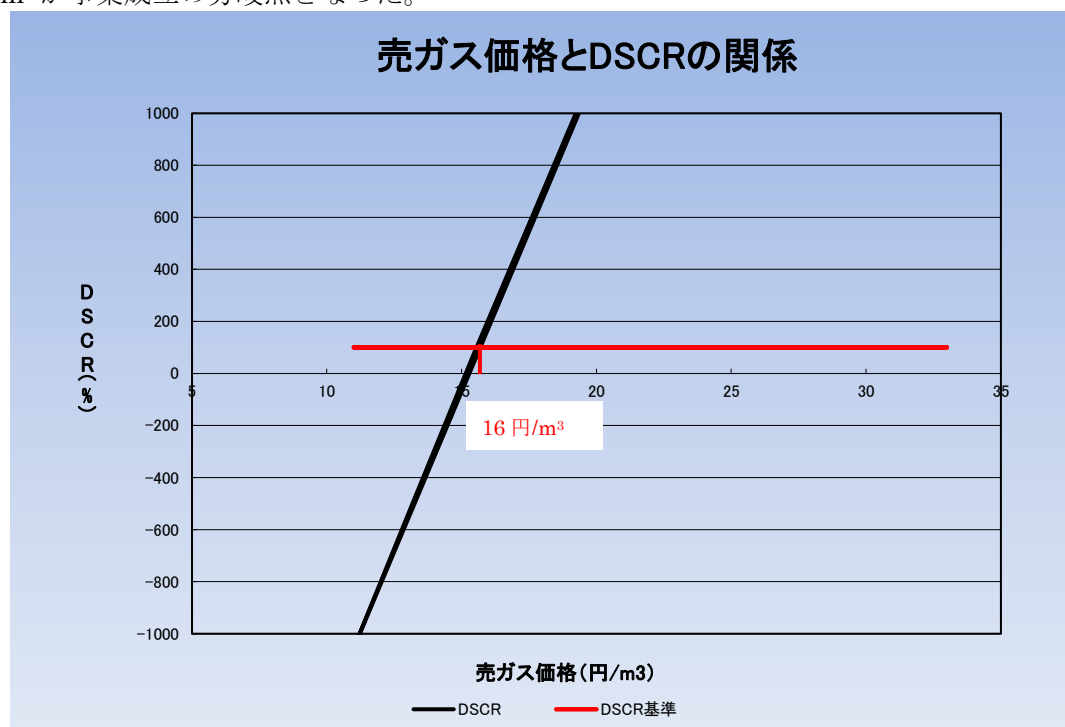


図12 エネルギー取引価格とDSCRの関係の例（消化ガスの都市ガス化）

4.2 他バイオマス受入による消化ガス化

処理場から発生する下水汚泥と家庭や事業所から排出される生ごみや浄化槽汚泥を混合してメタン発酵することにより、バイオガスを製造し、処理場内や場外に熱供給する事業について試算を行った。

エネルギー連携先としては、原料供給元としてごみ焼却場（積替施設含む）やし尿処理場などの一般廃棄物処理施設である。また、供給先として場外の事業所等も考えられるが、今回の検討では消化槽加温等の場内利用を想定している。

検討条件の設定にあたっては、「都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携と温室効果ガス排出量取引に関する研究」（平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集、平成 23 年 9 月、国土技術政策総合研究所）の検討事例等を参考にして、バイオガス発熱量や事業に要する設備等を仮想的に設定した。同様の事業は、例えば北海道北広島市等で実施例がある。

試算事例の概要の例を、表 17 に示す。

表 17-1 試算事例の概要の例（他バイオマス受入による消化ガス化）

項目	内容
処理場名	B 下水処理センター
処理能力	26,800m ³ /日
事業主体	B 市
エネルギー連携先	一般廃棄物処理施設、し尿処理施設
エネルギー連携先との距離	市域内
事業費	約21.3億円
補助制度	下水道国庫補助事業（MICS事業、未利用エネルギー活用型） 循環型社会形成推進事業（環境省）
維持管理費	未稼働のためデータなし
バイオガス原料受入量	下水汚泥 131t/日 生ごみ 17t/日 し尿・浄化槽汚泥 40t/日
化石燃料削減量	重油 約166kL/年
バイオガスの用途	汚泥乾燥熱源である化石燃料（A重油）を代替

表 17-2 試算事例の概要の例（他バイオマス受入による消化ガス化）

項目	内容
事業に要する設備（処理場側）	・受入設備：生ごみ及びし尿・浄化槽汚泥を受入・計量・貯留するとともに、異物を除去する設備 ・汚泥調整設備：下水汚泥と生ごみ、し尿・浄化槽汚泥を混合、調整する設備 ・消化設備：メタン発酵により消化し、発生したバイオガスを貯留する設備
事業に要する設備（原料供給側）	・ごみ処理施設：生ごみ分別設備 ・し尿処理施設：特になし
運転人員	10名
CO ₂ 排出削減効果	汚泥乾燥燃料削減分（重油）：約120kL/年 生ごみ埋立廃止による削減量：約4,500t-CO ₂ /年
その他の参考事例	石川県珠洲市

（１）検討条件の設定

試算事例における、検討条件の設定例を表 18 に示す。

なお、事業費や維持管理費等のように自由に設定する条件と補助率やバイオガス単位熱量等のように参考値を示している条件がある。

表 18 検討条件の設定例（他バイオマス受入による消化ガス化）

項目	内容
エネルギー連携先	ごみ処理施設、し尿処理施設
エネルギー連携先との距離	市域内 ＊原料の輸送は本検討の範囲外とした。
事業費	自由設定可能
事業期間	自由設定可能
借入金利	参考値：1.3%（1～10年目、11年目～変更可能）
社会的割引率	参考値：4%
法人税率	参考値：0.04%
補助率	参考値：36.2%
維持管理費	自由設定可能
運転管理人員数	自由設定可能
人件費単価	自由設定可能
バイオガス製造量	自由設定可能
バイオガス単位熱量	参考値：20.2MJ/m ³ （4,800 kcal/m ³ ）以上
代替化石燃料単価（A重油）	参考値：70 円/L
事業に要する設備（処理場側）	・受入設備：生ごみ及びし尿・浄化槽汚泥を受入・計量・貯留するとともに、異物を除去する設備 ・汚泥調整設備：下水汚泥と生ごみ、し尿・浄化槽汚泥を混合、調整する設備 ・消化設備：メタン発酵により消化し、発生したバイオガスを貯留する設備
事業に要する設備（ガス会社側）	・ごみ処理施設：生ごみ分別設備 ・し尿処理施設：特になし

また、事業の概要を図 13 に示す。

処理場から発生する濃縮汚泥受入、ごみ処理場及びし尿処理場から搬入される生ごみ及びし尿・浄化槽汚泥の搬入から、製造されたバイオガスを供給するまでを事業範囲とする。すなわち、原料を受入し混合・調整したうえでバイオガス化する範囲である。

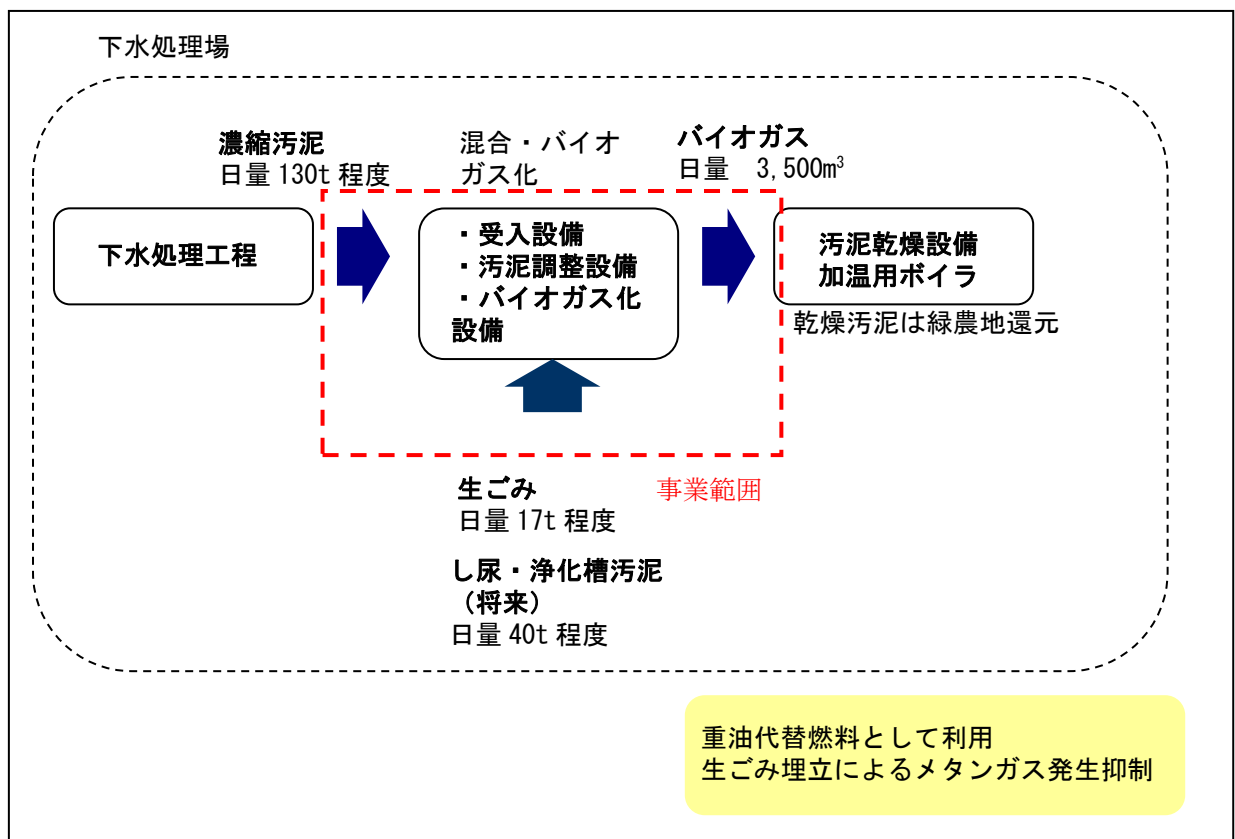


図 13 事業概要図（他バイオマス受入による消化ガス化）

(1) 検討条件の整理

試算事例における、詳細な検討条件の設定例を表19に示す。

表19 詳細な検討条件の設定例（他バイオマス受入による消化ガス化）

<検討条件(1)>

項目		単位	値
燃料種別	A重油	MJ/L	39.1
燃料費削減額	バイオガス製造量	m ³ /年	300,000
	バイオガス単位熱量	MJ/m ³	20.2
	熱量単価	円/L	70.0
	化石燃料削減量	L/年	154987.2
		円/年	10,849,105
生ごみ埋立費 削減額	生ごみ受入量	t/年	6,200
	埋立単価	円/t	17,000
		円/年	105,400,000
し尿・浄化槽汚泥 処理費削減分	し尿・浄化槽汚泥受入量	t/年	13,800
	し尿・浄化槽汚泥処理単価	円/t	7,000
		円/年	96,600,000
排出権クレジット 売却費	排出係数	kg-CO ₂ /L	2.71
	排出削減量	MJ/m ³	420,015
	排出権クレジット単価	円/kg-CO ₂	0.0
		円/年	0
事業収入合計		円/年	212,849,105

<検討条件(2)>

投資評価指標	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSCR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSCRグラフ横軸最小価格	円/t	0
DSCRグラフ横軸最大価格	円/t	12,000

(2) キャッシュフロー計算

表18および表19の検討条件例に基づいて、事業の15年間におけるキャッシュフローを算定した例を表20に示す。

表20 キャッシュフローの算定例（他バイオマス受入による消化ガス化）

事業期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1,338,800,000	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105
イニシャルコスト合計	1,338,800,000																
燃料費削減額																	
生ごみ埋立費削減額																	
取 入																	
し尿・浄化槽汚泥削減分																	
抽出権売却売却費																	
収入合計																	
燃料管理費																	
人件費																	
支払入金残高																	
金利支払額																	
減価償却費【定額法】																	
ランニングコスト総計																	
キャッシュフロー（税引前利益）																	
法人税																	
キャッシュフロー（税引後利益）																	
累積キャッシュフロー																	

事業期間	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	1,338,800,000	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105	10,849,105
イニシャルコスト合計	1,338,800,000																
燃料費削減額																	
生ごみ埋立費削減額																	
し尿・浄化槽汚泥削減分																	
抽出権売却売却費																	
収入合計																	
燃料管理費																	
人件費																	
支払入金残高																	
金利支払額																	
減価償却費【定額法】																	
ランニングコスト総計																	
キャッシュフロー（税引前利益）																	
法人税																	
キャッシュフロー（税引後利益）																	
累積キャッシュフロー																	

(3) 事業性診断指標の算定

表20のキャッシュフロー等から、事業性診断指標であるNPV（正味現在価値）、IRR（内部収益率）及びDSCR（債務返済指数）を算定した例を表21に示す。

NPV（正味現在価値）、IRR（内部収益率）及びDSCR（債務返済指数）いずれも基準値をわずかに下回ったため、ソフト上では事業の再検討が必要との判定結果が示されたが、実際は事業収支はほぼ均衡していると言える。

表21 投資評価指標の算定結果（他バイオマス受入による消化ガス化）

投資 評価 指標	項目			判定結果
	NPV(正味現在価値)	円	(469,850,707)	事業の再検討が必要です
	DSCR(債務返済指数)	%	99.1%	事業の再検討が必要です
	IRR(内部収益率)	%	-0.1%	事業の再検討が必要です

(4) 結果の判定

エネルギー取引価格（重油単価）と DSCR の関係の例を図 14 に示す。DSCR が投資可能の判断基準といわれる 100%を事業成立の目安として評価すると、重油価格 71 円/L が事業成立の分岐点となる。試算の設定条件では重油価格 70 円/L としているため、わずかながら事業成立に至っていないが、重油価格の上昇により事業性が向上することも期待できる。

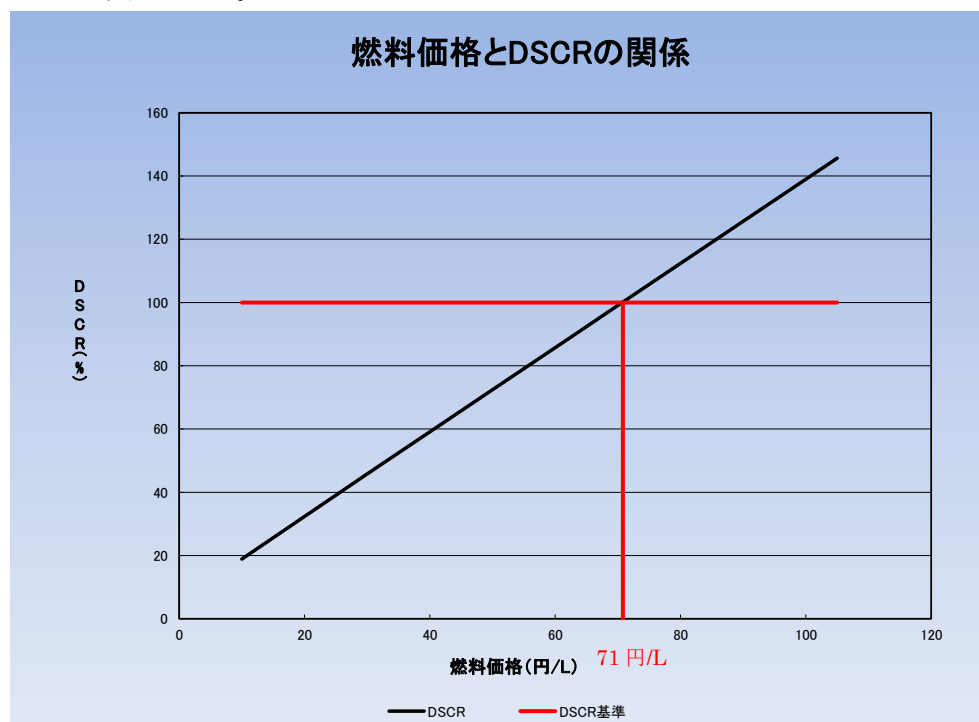


図14 エネルギー取引価格とDSCRの関係例（他バイオマス受入による消化ガス化）

4.3 下水汚泥の固形燃料化

C 下水処理場で発生した脱水汚泥（年間約 9,300 トン）を乾燥させ、乾燥汚泥（年間約 2,400 トン）を製造する。乾燥汚泥は火力発電所の石炭代替燃料として販売することにより、二酸化炭素を削減（約 0.53t-CO₂/t-cake）する事業である。

処理場から発生する下水汚泥を乾燥することにより、乾燥汚泥を製造し、火力発電所に発電燃料として供給する事業について試算を行った。

エネルギー連携先としては、石炭を燃料とする火力発電所である。

検討条件の設定にあたっては、「都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携と温室効果ガス排出量取引に関する研究」（平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集、平成 23 年 9 月、国土技術政策総合研究所）の検討事例等を参考にして、乾燥汚泥単価や乾燥汚泥利用による単位排出削減量を仮想的に設定した。同様の事業は、例えば福岡県の御笠川浄化センター等で実施例がある。

試算事例の概要の例を、表 22 に示す。

表 22-1 試算事例の概要の例（下水汚泥の固形燃料化）

項目	内容
処理場名	C 浄化センター
処理能力	300,000m ³ /日
事業主体	D 県
エネルギー連携先	M 火力発電所
連携先との距離	約120km
事業費	約49億円
補助制度	新世代下水道支援事業：機能高度化促進事業新技術活用型
維持管理費	224,000千円/年（平成18年度）、21,000円/t-cake （人件費、点検費、修繕費、ユーティリティ費含む）
バイオガス原料受入量	下水汚泥 131t/日、生ごみ 17t/日、 し尿・浄化槽汚泥 40t/日
乾燥対象脱水汚泥量	9,278 t/年（平成18年度）
脱水汚泥含水率	80%
乾燥汚泥製造量	約2,400 t/年
乾燥汚泥売却収入	4,351千円/年

表 22-2 試算事例の概要の例（下水汚泥の固形燃料化）

項目	内容
乾燥汚泥の用途	火力発電所に発電燃料として供給
事業に要する設備（処理場側）	・受入設備：脱水汚泥を受入・計量・貯留する設備 ・汚泥乾燥設備：消化ガス又は化石燃料を熱源としたバーナにより発生させた温風により脱水汚泥を乾燥する設備 ・乾燥汚泥貯留：乾燥汚泥を貯留・供給する設備
事業に要する設備（火力発電所側）	・乾燥汚泥受入供給設備：乾燥汚泥の受入及び貯留を行い、石炭と混合して発電装置に供給する設備
CO ₂ 排出削減効果	運転に伴う温室効果ガス排出量：0.23t-CO ₂ /t-cake 製品有効利用に伴う温室効果ガス削減量（石炭代替の場合）：530kg-CO ₂ /t-cake

(1) 検討条件の設定

試算事例における、検討条件の設定例を表 23 に示す。

なお、事業費や維持管理費等のように自由に設定する条件と補助率や乾燥汚泥売却単価等のように参考値を示している条件がある。

表 23 検討条件の設定例（下水汚泥の固形燃料化）

項目	内容
エネルギー連携先	火力発電所
エネルギー連携先との距離	100km程度
事業費	自由設定可能
事業期間	自由設定可能
借入金利	参考値：1.3%（1～10年目、11年目～変更可能）
社会的割引率	参考値：4%
法人税率	参考値：0.04%
補助率	参考値：77.5%
維持管理費	自由設定可能
運転管理人員数	自由設定可能
人件費単価	自由設定可能
乾燥汚泥単価	参考値：2,000 円/t
脱水汚泥処理単価	参考値：30,000 円/t
乾燥汚泥利用による単位排出削減量	530kg-CO ₂ /t-cake
事業に要する設備（処理場側）	・受入設備：脱水汚泥を受入・計量・貯留する設備 ・汚泥乾燥設備：消化ガス又は化石燃料を熱源としたバーナにより発生させた温風により脱水汚泥を乾燥する設備 ・乾燥汚泥貯留：乾燥汚泥を貯留・供給する設備
事業に要する設備（火力発電所側）	・乾燥汚泥受入供給設備：乾燥汚泥の受入及び貯留を行い、石炭と混合して発電装置に供給する設備

また、事業の概要を図 15 に示す。

処理場から発生する脱水汚泥の受入から、製造された乾燥汚泥を供給するまでを事業範囲とする。すなわち、原料を受け入れ、乾燥処理して乾燥汚泥を製造する範囲である。

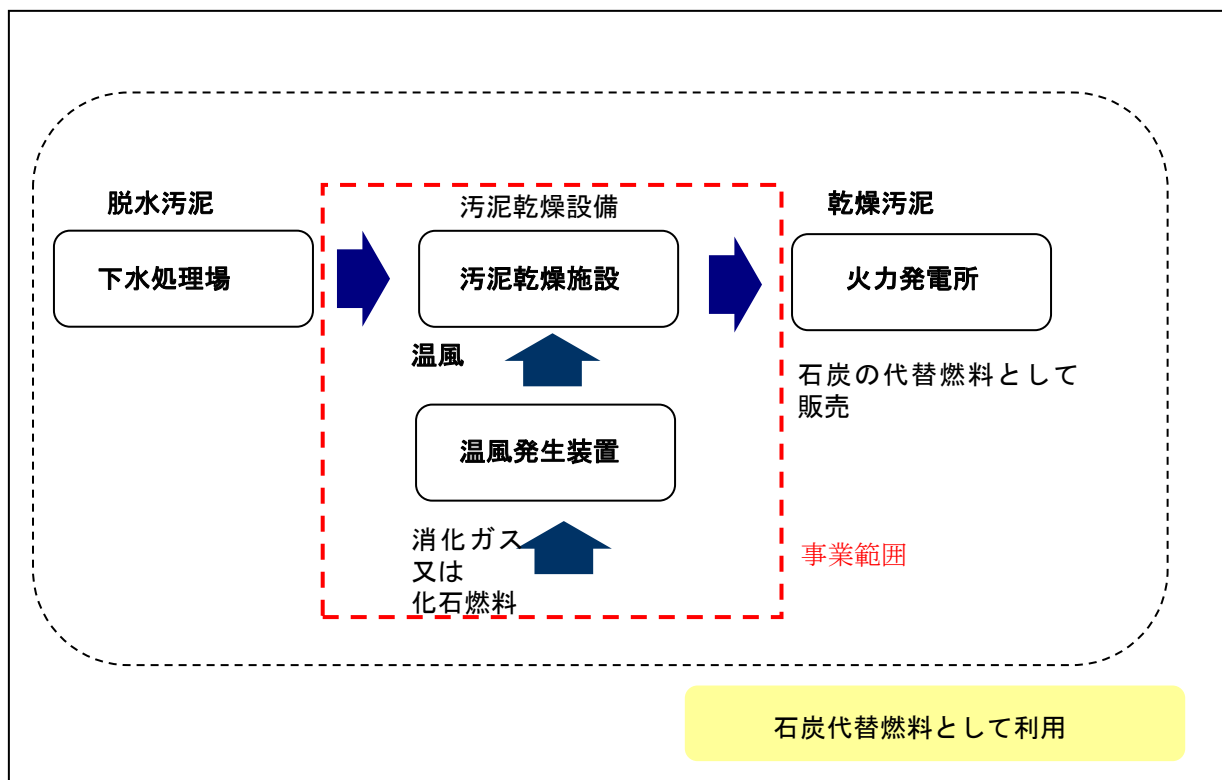


図 15 事業概要図（下水汚泥の固形燃料化）

(1) 検討条件の整理

試算事例における、詳細な検討条件の整理例を表24に示す。

表 24 詳細な検討条件の整理例（下水汚泥の固形燃料化）

<検討条件(1)>

項目		単位	値
乾燥汚泥 売却収入	乾燥汚泥売却量	t/年	2,400
	乾燥汚泥単価	円/t	2,000.0
		円/年	4,800,000
脱水汚泥 処理費	脱水汚泥処理量	t/年	9,300
	脱水汚泥処理単価	円/t	30,000
		円/年	279,000,000
排出権クレジット 売却費	乾燥汚泥利用による 単位排出削減量	kg-CO ₂ /t-cake	530.00
	排出権クレジット単価	円/kg-CO ₂	1
	排出削減量	kg-CO ₂ /年	1,272,000.0
		円/年	1,272,000
事業収入合計		円/年	285,072,000

<検討条件(2)>

投資評価指標	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSCR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSCRグラフ横軸最小価格	円/t	0
DSCRグラフ横軸最大価格	円/t	12,000

(2) キャッシュフロー算定

表23および表24の検討条件例に基づいて、事業の15年間におけるキャッシュフローを算定した例を表25に示す。

表 25 キャッシュフローの算定例（下水汚泥の固形燃料化）

	事業期間															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
イニシャルコスト合計	¥ 1,125,000,000															
乾燥汚泥売却収入		¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000	¥ 4,800,000
収入		¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000	¥ 279,000,000
排出権クレジット売却費		¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000	¥ 1,272,000
収入合計		¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000	¥ 285,072,000
維持管理費		¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000	¥ 200,000,000
人件費		¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0
支出		¥ 1,125,000,000	¥ 1,050,000,000	¥ 975,000,000	¥ 900,000,000	¥ 825,000,000	¥ 750,000,000	¥ 675,000,000	¥ 600,000,000	¥ 525,000,000	¥ 450,000,000	¥ 375,000,000	¥ 300,000,000	¥ 225,000,000	¥ 150,000,000	¥ 75,000,000
金利支払額		¥ 14,625,000	¥ 13,650,000	¥ 12,675,000	¥ 11,700,000	¥ 10,725,000	¥ 9,750,000	¥ 8,775,000	¥ 7,800,000	¥ 6,825,000	¥ 5,850,000	¥ 4,875,000	¥ 3,900,000	¥ 2,925,000	¥ 1,950,000	¥ 975,000
減価償却費【定額法】		¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000	¥ 75,000,000
ランニングコスト合計		¥ 289,625,000	¥ 288,650,000	¥ 287,675,000	¥ 286,700,000	¥ 285,725,000	¥ 284,750,000	¥ 283,775,000	¥ 282,800,000	¥ 281,825,000	¥ 280,850,000	¥ 279,875,000	¥ 278,900,000	¥ 277,925,000	¥ 276,950,000	¥ 275,975,000
キャッシュフロー（税引前利益）		¥ (4,553,000)	¥ (3,578,000)	¥ (2,603,000)	¥ (1,628,000)	¥ (653,000)	¥ 322,000	¥ 1,297,000	¥ 2,272,000	¥ 3,247,000	¥ 4,222,000	¥ 5,197,000	¥ 6,172,000	¥ 7,147,000	¥ 8,122,000	¥ 9,097,000
法人税		¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 0	¥ 13,157	¥ 52,895	¥ 92,834	¥ 132,672	¥ 172,511	¥ 212,349	¥ 252,188	¥ 292,026	¥ 331,865	¥ 371,703
キャッシュフロー（税引後利益）		¥ (4,553,000)	¥ (3,578,000)	¥ (2,603,000)	¥ (1,628,000)	¥ (653,000)	¥ 308,843	¥ 1,244,005	¥ 2,179,166	¥ 3,114,328	¥ 4,049,489	¥ 4,984,651	¥ 5,919,812	¥ 6,854,974	¥ 7,790,135	¥ 8,725,297
累積キャッシュフロー	¥ (1,125,000,000)	¥ (4,553,000)	¥ (8,131,000)	¥ (10,734,000)	¥ (12,362,000)	¥ (13,015,000)	¥ (12,706,157)	¥ (11,462,152)	¥ (9,282,986)	¥ (6,168,659)	¥ (2,119,170)	¥ 2,885,481	¥ 8,785,933	¥ 15,640,267	¥ 23,430,402	¥ 32,155,698

(3) 事業性診断指標の算定

表25のキャッシュフロー等から、投資効率評価指標であるIRR（内部収益率）とDSCR（債務返済指数）を算定した例を表26に示す。

NPV（キャッシュフロー現在価値換算）がマイナスとなり、DSCR（債務返済指数）及びIRR（内部収益率）がそれぞれ診断基準値である100%、4%を下回ったため、設定した条件の見直しを含めて事業の再検討が必要と判断された。

表 26 投資評価指標の算定結果例（下水汚泥の固形燃料化）

投資 評価 指標	項目			判定結果
	NPV(正味現在価値)	円	(1,150,876,043)	事業の再検討が必要です
	DSCR(債務返済指数)	%	-0.7%	事業の再検討が必要です
	IRR(内部収益率)	%	-18.3%	事業の再検討が必要です

(4) 結果の判定

エネルギー取引価格（乾燥汚泥価格）と DSCR の関係の例を図 16 に示す。DSCR が安定的投資対象基準といわれる 100%を事業成立の目安として評価すると、乾燥汚泥価格約 6,100 円/t が事業成立の分岐点となる。試算の設定条件では乾燥汚泥価格 2,000 円/t としているため、事業成立条件と比較して、収入が大幅に低くなっていることが事業性悪化の原因と考えられる。従って、事業成立には乾燥汚泥の受入条件の見直し等が必要であり、その分析に本ソフトウェアが有用であることが示された。

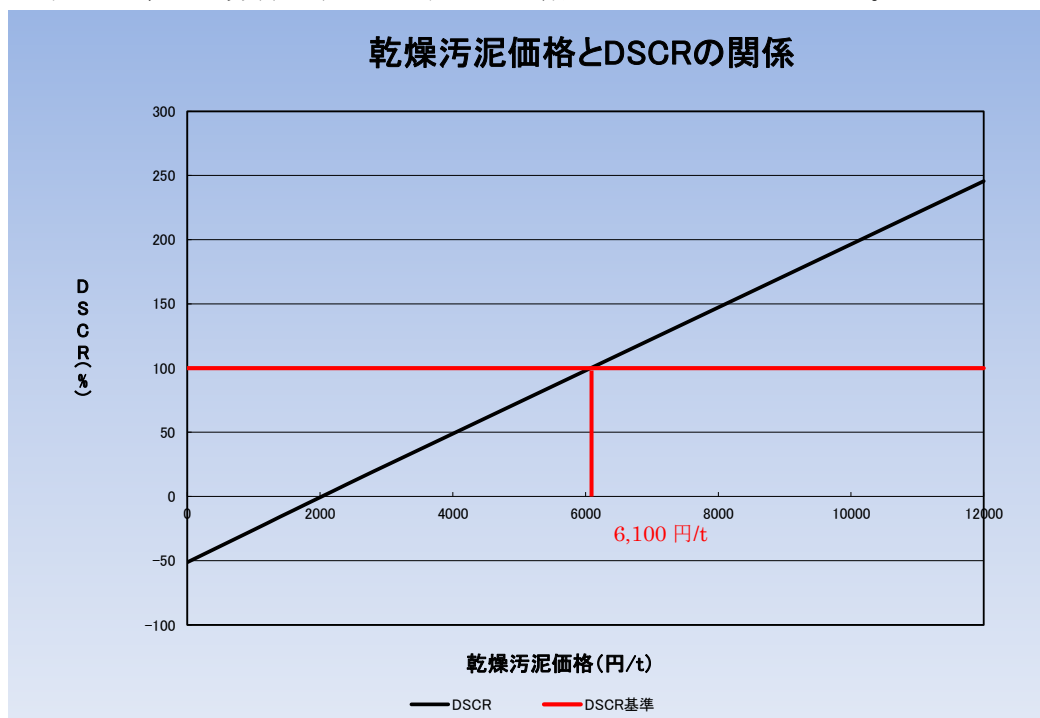


図 16 エネルギー取引価格と DSCR の関係例（下水汚泥の固形燃料化）

(資料)

下水道のエネルギー連携事業 事業性診断ソフトウェア

利用マニュアル V e r . 1

作成 国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部下水処理研究室

目 次

第1章 下水道のエネルギー連携事業 事業性診断ソフトウェアの概要	73
1-1 本ソフトウェアの目的	73
1-2 適用時の注意	73
第2章 プログラムの動作環境	75
第3章 操作方法	75
3-1 プログラムの起動	75
3-2 消化ガスからの都市ガス製造に関する事業経済性診断	76
3-2-1 事業概要入力	76
3-2-2 事業コスト入力	77
3-2-3 検討条件入力	78
3-2-4 検討結果・表出力	79
3-2-5 検討結果・グラフ出力	80
3-3 下水汚泥＋生ごみ＋浄化槽汚泥からのバイオガス製造に関する事業経済性診断	81
3-3-1 事業概要入力	81
3-3-2 事業コスト入力	82
3-3-3 検討条件入力	83
3-3-4 検討結果・表出力	84
3-3-5 検討結果・グラフ出力	85
3-4 下水汚泥からの乾燥汚泥燃料製造に関する事業経済性診断	86
3-4-1 事業概要入力	86
3-4-2 事業コスト入力	87
3-4-3 検討条件入力	88
3-4-4 検討結果・表出力	89
3-4-5 検討結果・グラフ出力	90

第 1 章 下水道のエネルギー連携事業 事業性診断ソフトウェアの概要

1-1 本ソフトウェアの目的

このたびは「下水道のエネルギー連携事業 事業性診断ソフトウェア」をご利用いただきありがとうございます。

本ソフトウェアは、各種の下水道資源（処理水熱、汚泥消化ガス、ガス発電、固形燃料等）を利用した連携事業を実施する場合を想定し、汎用的な表計算ソフトを用いて、事業の中期採算性を簡便に診断することを目的としています。

1-2 適用時の注意

本ソフトウェアの利用に際しては、以下の点にご注意ください。

【対象事業】

本ソフトウェアにおいて対象とする事業は、下水汚泥の固形燃料化、他バイオマス受入による消化ガス化、消化ガスの都市ガス化という 3 事業としています。

【事業主体】

事業主体は公共のほか、PFI 法に基づく PFI 事業を行う民間事業者を想定しています。

【間接的事業収入の計上】

事業主体が公共の場合に、事業収入として直接的に入らないものの、間接的に財政への寄与が見込まれる経済的利益を事業収入として計上することとしています。

【費用計上方法に関する留意点】

事業性診断ソフトウェアにおける費用計上方法のうち特に留意が必要な項目を表 1 に示します。

注意事項

本ソフトウェアはフリーウェアです。本ソフトウェアを実行したことによる、直接的または間接的損害への一切の責任を負いかねますので、予めご了承ください。

本ソフトウェアは簡便に事業性診断を行うことを目的としており、診断結果については事業検討上の一つの参考としてください。診断結果を基に事業を実施したことによる直接的または間接的損害への一切の責任を負いかねますので、予めご了承ください。

お問い合わせは次の連絡先メールアドレスまでご連絡ください。

【連絡先メールアドレス】 gesuishori@nilim.go.jp

表 1 費用計上方法に関する留意点

利用資源	事業形態	費用	計上方法
共通		減価償却費	定額法
		事業用地費	事業発注元（公共）より無償提供されるものとし、借地料、固定資産税等は見込まない。
下水汚泥	下水汚泥の固形燃料化	乾燥汚泥売却量	乾燥後重量
		乾燥汚泥売却単価	輸送費を含む
消化ガス	消化ガスの都市ガス化	バイオガス製造量	精製後の容量
		バイオガス単価	ガス会社指定地点（境界）での引渡し

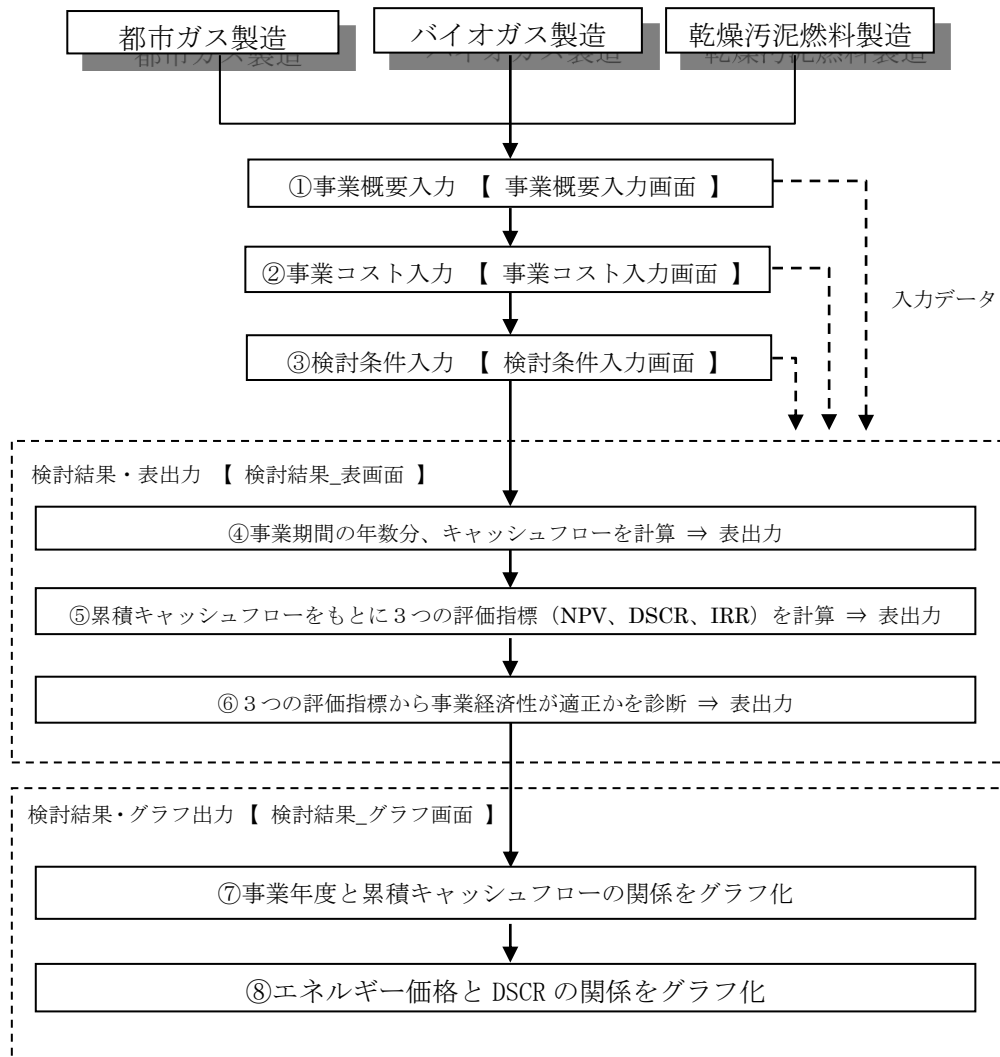


図 1 本プログラムでのエネルギー連携事業経済性簡易診断フロー

第2章 プログラムの動作環境

本プログラムは Office2003、2007、2010 で動作するように設計しています。ただし、全てのパーソナルコンピュータでの動作を保証するものではありません。

本プログラムは Excel ブックに組み込んでいますので、インストールの作業は必要ありません。

第3章 操作方法

3-1 プログラムの起動

ダウンロードした Excel ブックをダブルクリックすると下図（図 2）の画面が表示されます。

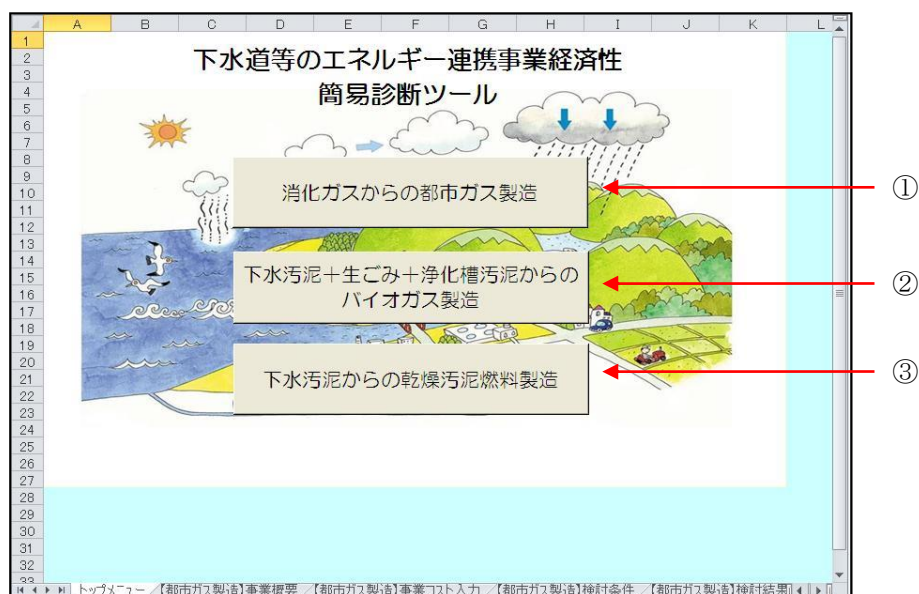


図 2 エネルギー連携事業経済性簡易診断トップ画面

① 都市ガス製造の事業経済性を診断します。

ボタンをクリックすると『都市ガス製造』事業概要画面が表示されます。

② バイオガス製造の事業経済性を診断します。

ボタンをクリックすると『バイオガス製造』事業概要画面が表示されます。

③ 乾燥汚泥燃料製造の事業経済性を診断します。

ボタンをクリックすると『乾燥汚泥燃料製造』事業概要画面が表示されます。

3-2 消化ガスからの都市ガス製造に関する事業経済性診断

3-2-1 事業概要入力

図2において「消化ガスからの都市ガス製造」ボタンをクリックすると下図（図3）の画面が表示されます。

概要情報（名称、所在地、処理量）を入力します。

図3 事業概要入力画面

- ① 処理の流れを表しています。（黄色は現在表示中の画面）
リンクをクリックすると選択した画面に移動します。
（以降の画面においても同様）

- ② 各項目の値欄に情報入力を行います。
- ・ 白色セル : 直接入力項目

3-2-2 事業コスト入力

図 4 の画面に都市ガス製造に関するイニシャルコスト、ランニングコスト情報を入力します。

都市ガス製造
事業コスト入力

<事業コスト入力>

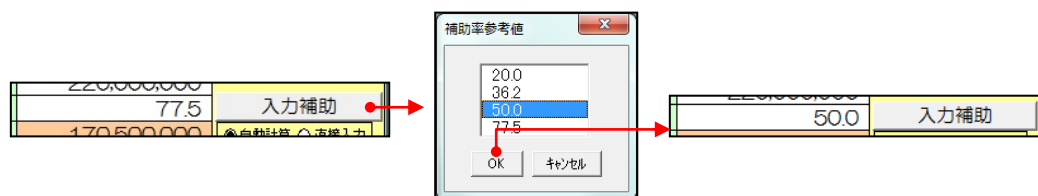
項目	単位	値	操作
建設費	円	220,000,000	
補助率	%	77.5	入力補助
補助金	円	170,500,000	●自動計算 ○直接入力
実質建設費	円	49,500,000	●自動計算 ○直接入力
事業期間	年	20	
借入金の返済期間	年	20	入力補助
借入金利(1～10年目)	%	1.3	入力補助
借入金利(11年目～)	%	1.3	
償却年数	年	20	入力補助
社会的割引率	%	4.0	入力補助
法人税率	%	0.04086	
イニシャルコスト合計	円/年	49,500,000.0	
維持管理費	円/年	7,652,000	
運転管理人員数	人	0	入力補助
人件費単価(平均)	円/人・年	0	入力補助
人件費	円/年	0	●自動計算 ○直接入力
ランニングコスト小計(固定分のみ)	円/年	7,652,000	

注意事項

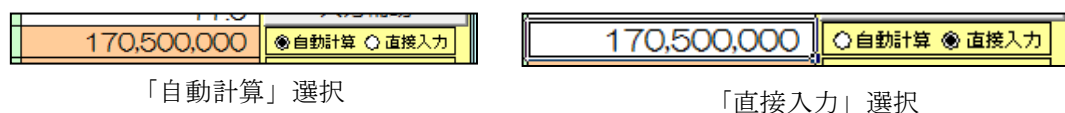
1. 白色セルを入力してください。
2. オレンジ色セルは自動計算もしくは直接入力を選択できる項目です。
3. ピンク色セルは自動計算項目です。

図 4 事業コスト入力画面

- ① 各項目の値欄に情報入力を行います。
 - ・白色セル : 直接入力項目
 - ・オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
 - ・ピンク色セル : 自動計算項目
- ② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。



- ③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。
「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。



3-2-3 検討条件入力

図 5 の画面に都市ガス製造の収入に関わる情報を入力します。

項目	単位	値
燃料種別	A重油	MJ/L
バイオガス製造量	m3/年	600,000
バイオガス単価	円/m3	22.0
バイオガス単位熱量	MJ/m3	35.6
化石燃料削減量	L/年	546,292
排出係数	t-CO2/L	2.72
排出削減量	t-CO2/年	1,485,913
排出権クレジット単価	円/t-CO2	1
事業収入合計	円/年	14,685,913

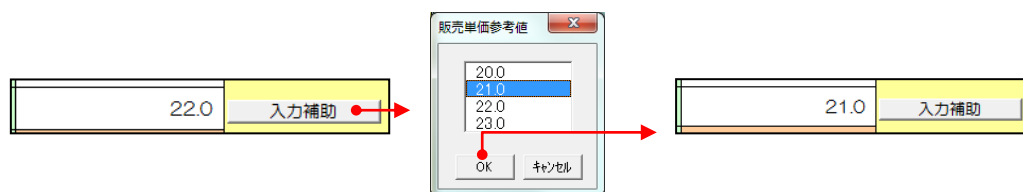
投資評価指標	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSCR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSCRグラフ横軸最小価格	円/m3	11
DSCRグラフ横軸最大価格	円/m3	33

注意事項

- 白色セルを入力してください。
- 白色セルの横に入力補助ボタンのある項目は、クリックするとリストからの選択もできます。
- オレンジ色セルは自動計算もしくは直接入力を選択できる項目です。
- ピンク色セルは自動計算項目です。

図 5 検討条件入力画面

- ① 各項目の値欄に情報入力を行います。
 - ・白色セル : 直接入力項目
 - ・オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
 - ・ピンク色セル : 自動計算項目
- ② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。



- ③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。

「自動計算」選択

「直接入力」選択

3-2-4 検討結果・表出力

それまで入力した事業概要、事業コスト、検討条件の情報をもとに収支計算を行い、その結果を表形式で図6の画面に出力します。

画面が表示されるタイミングで計算が実行されます。(パソコン環境にもよりますが計算処理に、数秒程度かかります。)

The screenshot displays a complex spreadsheet interface. At the top, there are tabs for different input sections: '事業概要' (Business Overview), '事業コスト入力' (Business Cost Input), '検討条件' (Calculation Conditions), and '検討結果・表' (Calculation Results Table). The main table is organized into several sections, each with a '項目' (Item) column and multiple columns for years (1 through 31). The sections include '事業コスト' (Business Costs), '事業収入' (Business Revenue), and '事業利益' (Business Profit). At the bottom, there is a summary section with calculated values for NPV, DSCR, and IRR. Red dashed boxes and arrows are used to highlight specific areas: ① points to the '事業コスト入力' section, ② points to the main calculation table, and ③ points to the 'NPV, DSCR, IRR' calculation results at the bottom.

図6 検討結果・表画面

- ① 『事業コスト入力画面』で入力されたデータを表示します。
- ② 『事業コスト入力画面』および『検討条件入力画面』で入力されたデータをもとに、事業期間の年数分、キャッシュフローを計算した結果を表示します。
- ③ 累積キャッシュフローを用いて3つの指標（NPV、DSCR、IRR）を計算します。またその結果をもとに事業性評価を行います。

適正の場合 : 「適正と判断されました」と表示されます。

不適正の場合 : 「事業の再検討が必要です」と表示されます。

3-2-5 検討結果・グラフ出力

「3-2-4 検討結果・表出力」で計算された結果をもとに、図 7 の画面にグラフ形式で出力します。

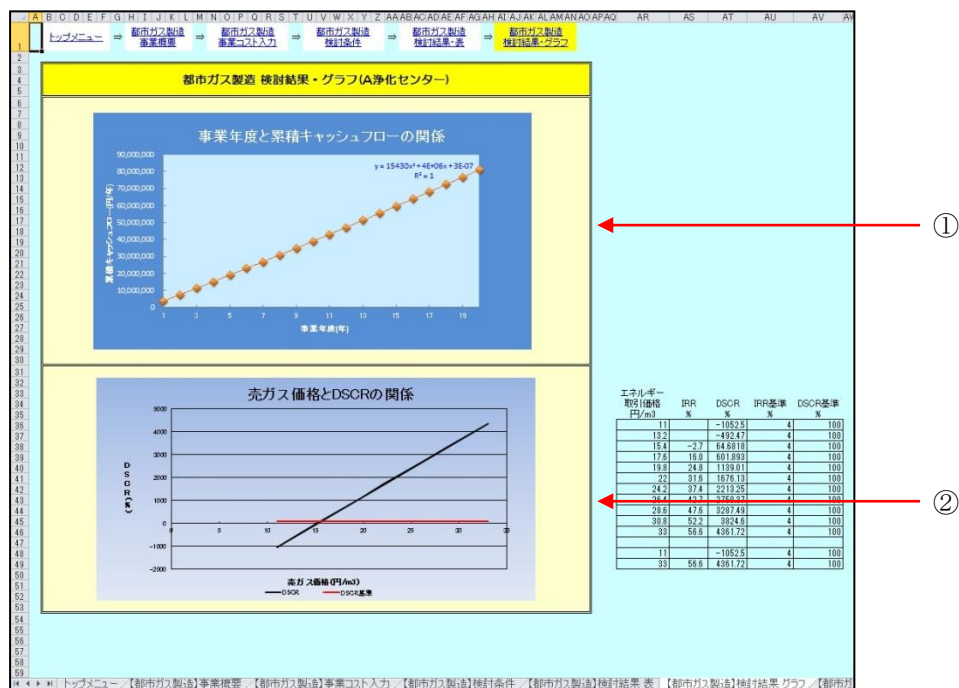


図 7 検討結果・グラフ画面

① 「3-2-4 検討結果・表出力」の②により計算されたキャッシュフローの結果をもとに、「事業年度と累積キャッシュフローの関係」をグラフ表示します。

② 「3-2-4 検討結果・表出力」の③により計算された DSCR の結果をもとに、「売ガス価格と DSCR の関係」をグラフ表示します。

3-3 下水汚泥+生ごみ+浄化槽汚泥からのバイオガス製造に関する事業経済性診断

3-3-1 事業概要入力

図 2 において「下水汚泥+生ごみ+浄化槽汚泥からのバイオガス製造に関する事業経済性診断」ボタンをクリックすると図 8 の画面が表示されます。

概要情報（名称、所在地、処理量）を入力します。

項目	単位	値
名称	-	B下水処理センター
所在地	-	B市
処理量	m3/日	90,200

図 8 事業概要入力画面

- ① 処理の流れを表しています。（黄色は現在表示中の画面）
 リンクをクリックすると選択した画面に移動します。
 （以降の画面においても同様）

- ② 各項目の値欄に情報入力を行います。
 ・白色セル : 直接入力項目

3-3-2 事業コスト入力

バイオガス製造に関するイニシャルコスト、ランニングコスト情報を図 9 の画面に入力します。

項目	単位	値	色	入力補助
建設費	円	2,100,000,000	白	入力補助
補助率	%	36.2	白	入力補助
補助金	円	760,200,000	オレンジ	自動計算 ○ 直接入力
実質建設費	円	1,339,800,000	白	自動計算 ○ 直接入力
事業期間	年	15	白	入力補助
借入金の返済期間	年	15	白	入力補助
借入金利(1~10年目)	%	1.3	白	入力補助
借入金利(11年目~)	%	1.3	白	入力補助
償却年数	年	15	白	入力補助
社会的割引率	%	4.0	白	入力補助
法人税率	%	0.04086	白	入力補助
イニシャルコスト合計	円/年	1,339,800,000.0	白	
維持管理費	円/年	100,000,000	白	入力補助
運転管理人員数	人	0	白	入力補助
人件費単価(平均)	円/人・年	0	白	入力補助
人件費	円/年	0	白	自動計算 ○ 直接入力
ランニングコスト小計(固定分のみ)	円/年	100,000,000	白	

注意事項
 1. 白色セルの入力補助ボタンのある項目は、クリックするとリストからの選択もできます。
 2. オレンジ色セルは自動計算もしくは直接入力を選択できる項目です。
 3. ピンク色セルは自動計算項目です。

図 9 事業コスト入力画面

- ① 各項目の値欄に情報入力を行います。
 - ・ 白色セル : 直接入力項目
 - ・ オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
 - ・ ピンク色セル : 自動計算項目
- ② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。

- ③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。
「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。

「自動計算」選択

「直接入力」選択

3-3-3 検討条件入力

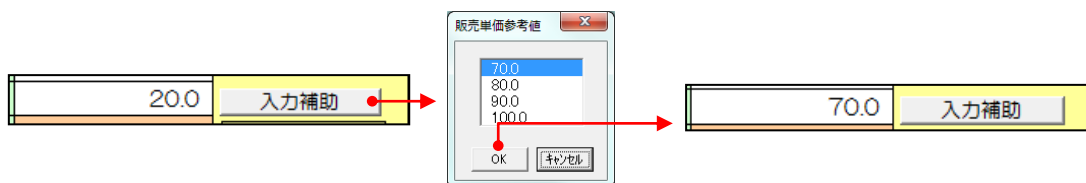
バイオガス製造の収入に関わる情報を図 10 の画面に入力します。

項目	単位	値
燃料種別	A重油	MJ/L 39.1
バイオガス製造量	m3/年	300,000
バイオガス単位熱量	MJ/m3	20.2
燃料単価	円/L	20.0
化石燃料削減量	L/年	154,987.2
生ごみ埋立費削減額	円/年	3,099,744
生ごみ受入量	t/年	6,205
埋立単価	円/t	20,000
し尿・浄化槽汚泥処理費削減分	円/年	124,100,000
し尿・浄化槽汚泥受入量	t/年	50,000
し尿・浄化槽汚泥処理単価	円/t	2,000
排出物リスト売却費	円/年	100,000,000
排出物売却単価	円/t-CO2	2.72
排出物売却単価	MJ/m3	421,565
排出物売却単価	円/t-CO2	20.2
事業収入合計	円/年	8,515,617
	円/年	235,715,362

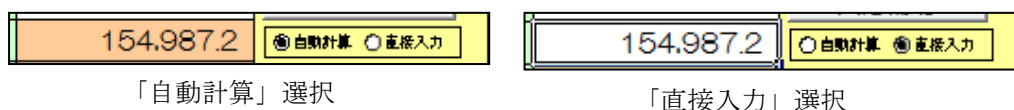
項目	単位	値
NPV(正味現在価値)	円	0
DSOR(債務返済指数)	%	100
IRR(内部収益率)	%	4
DSORグラフ横軸最小値	円/L	10
DSORグラフ横軸最大値	円/L	30

図 10 検討条件入力画面

- ① 各項目の値欄に情報入力を行います。
 - ・白色セル : 直接入力項目
 - ・オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
 - ・ピンク色セル : 自動計算項目
- ② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。



- ③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。
「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。



3-3-4 検討結果・表出力

それまで入力した事業概要、事業コスト、検討条件の情報をもとに収支計算を行い、その結果を表形式で図 11 の画面に出力します。

画面が表示されるタイミングで計算が実行されます。(パソコン環境にもよりますが計算処理に、数秒程度かかります。)

図 11 検討結果・表画面

- ① 『事業コスト入力画面』で入力されたデータを表示します。
- ② 『事業コスト入力画面』および『検討条件入力画面』で入力されたデータをもとに、事業期間の年数分、キャッシュフローを計算した結果を表示します。
- ③ 累積キャッシュフローを用いて3つの指標（NPV、DSCR、IRR）を計算します。またその結果をもとに事業性評価を行います。

適正の場合 ：「適正と判断されました」と表示されます。

不適正の場合 ：「事業の再検討が必要です」と表示されます。

3-3-5 検討結果・グラフ出力

「3-3-4 検討結果・表出力」で計算された結果をもとに、図 12 の画面にグラフ形式で出力します。

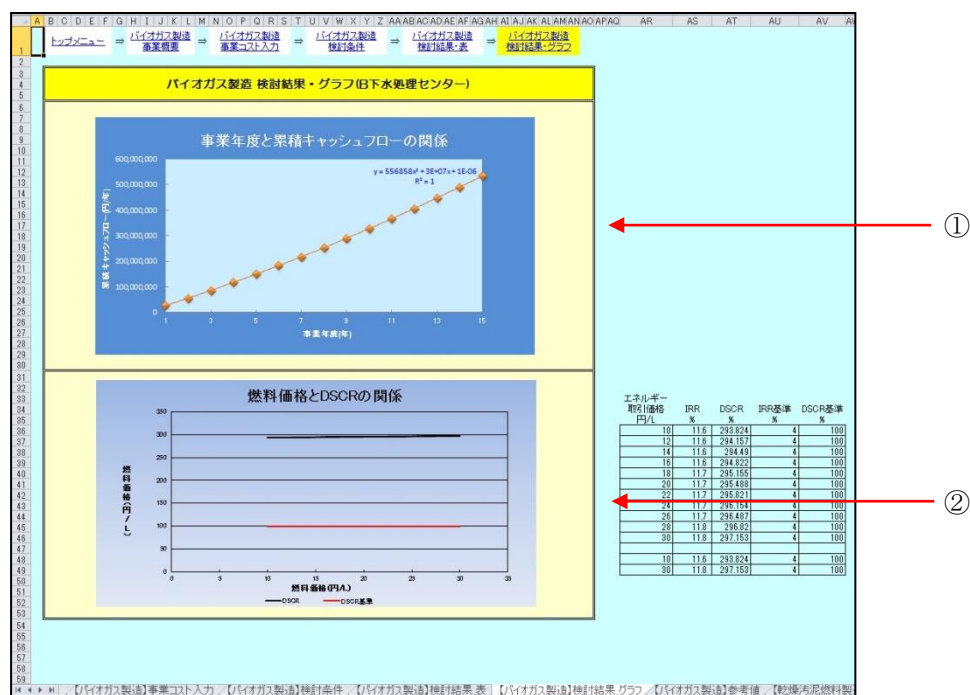


図 12 検討結果・グラフ画面

- ① 「3-3-4 検討結果・表出力」の②により計算されたキャッシュフローの結果をもとに、「事業年度と累積キャッシュフローの関係」をグラフ表示します。
- ② 「3-3-4 検討結果・表出力」の③により計算された DSCR の結果をもとに、「燃料価格と DSCR の関係」をグラフ表示します。

3-4 下水汚泥からの乾燥汚泥燃料製造に関する事業経済性診断

3-4-1 事業概要入力

図2において「下水汚泥からの乾燥汚泥燃料製造に関する事業経済性診断」ボタンをクリックすると図13の画面が表示されます。

概要情報（名称、所在地、処理量）を入力します。

項目	単位	値
名称	-	C浄化センター
所在地	-	C市
処理量	t/日	9,300

注意事項
1. 白色セルを入力してください。

図13 事業概要入力画面

- ① 処理の流れを表しています。（黄色は現在表示中の画面）
リンクをクリックすると選択した画面に移動します。
（以降の画面においても同様）

- ② 各項目の値欄に情報入力を行います。
- ・白色セル : 直接入力項目

3-4-2 事業コスト入力

乾燥汚泥燃料製造に関するイニシャルコスト、ランニングコスト情報を図 14 の画面に入力します。

乾燥汚泥燃料製造
事業コスト入力

<事業コスト入力>

項目	単位	値	
建設費	円	5,000,000,000	
補助率	%	77.5	入力補助
補助金	円	3,875,000,000	●自動計算 ○直接入力
実質建設費	円	1,125,000,000	●自動計算 ○直接入力
事業期間	年	15	
借入金の返済期間	年	15	入力補助
借入金利(1~10年目)	%	1.3	入力補助
借入金利(11年目~)	%	1.3	入力補助
償却年数	年	15	入力補助
社会的割引率	%	4.0	入力補助
法人税率	%	0.04086	
イニシャルコスト合計	円/年	1,125,000,000.0	
維持管理費	円/年	210,000,000	入力補助
運転管理人員数	人	0	入力補助
人件費単価(平均)	円/人・年	0	●自動計算 ○直接入力
人件費	円/年	0	
ランニングコスト小計(固定分のみ)	円/年	210,000,000	

注意事項

- 白色セルを入力してください。
白色セルの横に入力補助ボタンのある項目は、クリックするとリストからの選択もできます。
- オレンジ色セルは自動計算もしくは直接入力を選択できる項目です。
オレンジ色セルの横の自動計算もしくは直接入力にチェックを入れてください。
- ピンク色セルは自動計算項目です。

図 14 事業コスト入力画面

- ① 各項目の値欄に情報入力を行います。
 - ・白色セル : 直接入力項目
 - ・オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
 - ・ピンク色セル : 自動計算項目
- ② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。

- ③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。
「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。

「自動計算」選択

「直接入力」選択

3-4-3 検討条件入力

乾燥汚泥燃料製造の収入に関わる情報を図 15 の画面に入力します。

図 15 検討条件入力画面

① 各項目の値欄に情報入力を行います。

- ・ 白色セル : 直接入力項目
- ・ オレンジ色セル : 自動計算もしくは直接入力項目
- ・ ピンク色セル : 自動計算項目

② 入力補助ボタンをクリックすると参考値リスト画面が表示されます。リストから値を選択して OK ボタンをクリックすると値欄に選択情報が反映されます。

③ 「自動演算」を選択するとセルに自動的に計算された値が入ります。

「直接入力」を選択するとセルの色が白色になり直接入力が可能となります。

3-4-4 検討結果・表出力

それまで入力した事業概要、事業コスト、検討条件の情報をもとに収支計算を行い、その結果を表形式で図 16 の画面に出力します。

画面が表示されるタイミングで計算が実行されます。(パソコン環境にもよりますが計算処理に、数秒程度かかります。)

図 16 検討結果・表画面

- ① 『事業コスト入力画面』で入力されたデータを表示します。
- ② 『事業コスト入力画面』および『検討条件入力画面』で入力されたデータをもとに、事業期間の年数分、キャッシュフローを計算した結果を表示します。
- ③ 累積キャッシュフローを用いて3つの指標（NPV、DSCR、IRR）を計算します。またその結果をもとに事業性評価を行います。

適正の場合 ：「適正と判断されました」と表示されます。

不適正の場合 ：「事業の再検討が必要です」と表示されます。

3-4-5 検討結果・グラフ出力

「3-4-4 検討結果・表出力」で計算された結果をもとに、図 17 の画面にグラフ形式で出力します。

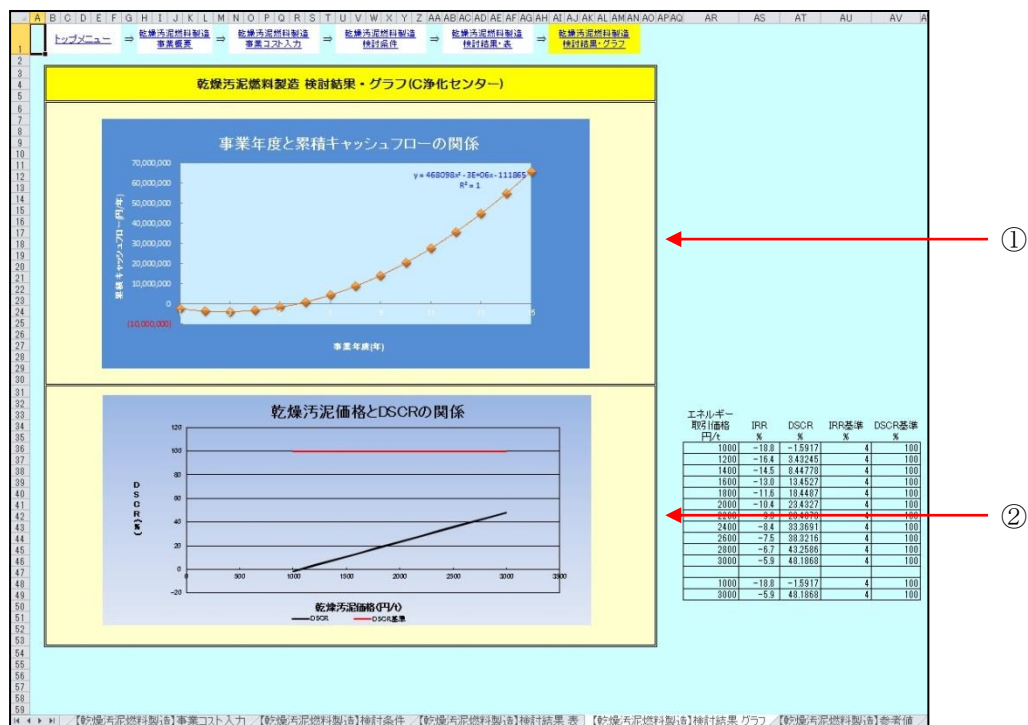


図 17 検討結果・グラフ画面

- ① 「3-4-4 検討結果・表出力」の②により計算されたキャッシュフローの結果をもとに、「事業年度と累積キャッシュフローの関係」をグラフ表示します。
- ② 「3-4-4 検討結果・表出力」の③により計算された DSCR の結果をもとに、「乾燥汚泥価格と DSCR の関係」をグラフ表示します。

「熱エネルギーの面的利用による低炭素まちづくりの手引き（案）」

平成 24 年 3 月

国土技術政策総合研究所
都市研究部都市施設研究室

目 次

1. 本手引きの目的と活用場面	95
1.1 本手引きの目的	95
1.2 本手引きの活用場面	95
2. 熱エネルギーの面的利用の概要	96
2.1 熱エネルギーの面的利用とは	96
2.2 面的利用の意義・効果	97
2.3 面的利用の事例	100
3. まちづくりに貢献する熱エネルギーの面的利用	119
3.1 まちづくりに求められる要素と面的利用の効果	119
3.2 まちづくりの特性に応じた面的利用のあり方	125
3.3 エネルギーの面的利用の役割・機能拡大のための施策展開	130
3.4 面的利用を推進するための方策	135
4. 熱エネルギー面的利用の導入適地検討	137
4.1 施策としての熱エネルギー面的利用導入適地の検討	138
4.2 個別プロジェクトにおける熱エネルギー面的利用導入適性の検討	145
5. 熱の面的利用の導入効果試算例	152
5.1 高い効果が期待できる面的利用のパターン例	152
5.2 建物間熱融通の導入効果	153
5.3 地域冷暖房(高効率熱源・未利用エネルギー活用型)の導入効果	160

1. 本手引きの目的と活用場面

1.1 本手引きの目的

本手引きは、地方公共団体のまちづくり部局の担当者を対象に、低炭素まちづくりに貢献する熱エネルギーの面的利用について、熱エネルギーの面的利用の概要、熱エネルギーの面的利用適地の検討、熱エネルギーの面的利用の導入効果、熱エネルギーの面的利用を推進する場合の関係者の役割等を示したものである。低炭素都市づくりにおける低炭素化の重点実施地域の選定基準や評価基準についても示している。

1.2 本手引きの活用場面

本手引きは以下のような場面で活用できる。

- ① 都市計画マスタープランの改定等に際して低炭素都市づくりを都市全体で検討する。
- ② 新実行計画策定時に低炭素都市づくり施策として熱エネルギーの面的利用を検討する。
- ③ 低炭素都市づくりのための対策として、熱エネルギーの面的利用を効果的に実施するために、重点実施地区を選定する。

2. 熱エネルギーの面的利用の概要

2.1 熱エネルギーの面的利用とは

冷凍機やボイラ等の熱源は、通常建物毎に整備されている。熱の面的利用は複数の建物を配管等で連携し、熱源整備を共有化するものである。

熱エネルギーの面的利用には、地域特性、施設・建物の形態及びエネルギーの供給・使用形態によって多様なシステムが考えられるが、「エネルギーの面的利用導入ガイドブック」(平17年度 経済産業省委託事業)においては、面的利用の類型として以下の3分類が挙げられている。

表2.1.1 熱エネルギーの面的利用の類型

分類	規模	概要	供給主体	契約等
①熱供給事業型	大	広域な供給エリアに大規模プラントから供給	法に基づく熱供給事業者	熱供給事業法に基づく供給規程
②集中プラント型	中～小	小規模な特定地域内に集中的なエネルギープラントから供給	契約に基づくエネルギー供給事業者	供給者・需要家間契約
③建物間融通型	小	近接する建物所有者が協力し、エネルギーの融通あるいはエネルギーの共同利用を行う	複数の建物所有者	建物所有者同士の相互契約

出典：「エネルギーの面的利用導入ガイドブック」より作成



〈熱供給事業型(大規模型)〉



〈集中プラント型(中規模型)〉



〈建物間熱融通型(小規模型)〉

図 2.1.1 エネルギーの面的利用の類型

出典：エネルギーの面的利用促進に関する調査報告書(平成 17 年 3 月)

2.2 面的利用の意義・効果

(1) 省エネルギー効果

熱エネルギーの面的利用は、地域エネルギー負荷の集約効果により、高効率機器の採用、適切な機器分類による部分負荷の効率的対応、単独の建物では利用が難しい未利用エネルギー(清掃工場排熱や下水の温度差エネルギー等)や大規模なコージェネレーションなどの導入が可能となるなど、システムを適切に構成・運用することにより、省エネルギー効果が期待される。

熱エネルギーの面的利用のうち、熱供給事業型の一般的な地域熱供給システム方式と、各ビルごとに熱源を設置する個別熱源システム方式を比較すると、約12%の省エネルギー効果があり、要因別省エネルギー効果は熱源の集約による効果が大いとの既往調査例がある。

また、集中プラント型システムの個別熱源システムとの比較による省エネルギー効果について、地域熱供給システムと同様の試算結果では、集約規模こそ小さいものの約8%との結果が得られている。

(本項資料は「エネルギーの面的利用ガイドブック」による)

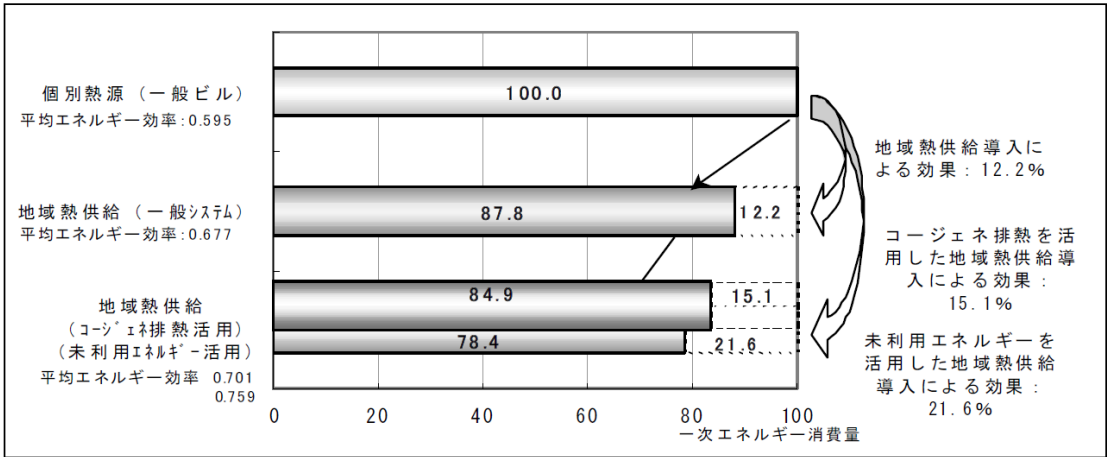


図 2.2.1 エネルギーの面的利用(地域熱供給)の省エネルギー効果

出典：新エネルギー等導入促進基礎調査報告書(平成 15 年 3 月)

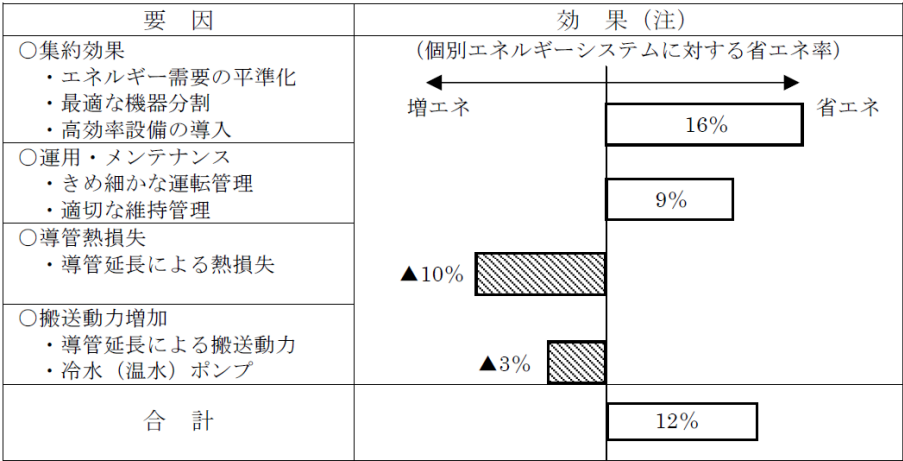


図 2.2.2 エネルギーの面的利用の省エネルギー効果の試算例

出典：(社)日本熱供給事業協会

(2) 都市環境等省エネルギー以外の効果

熱エネルギーの面的利用には、省エネルギー効果以外にも、導入されるシステムの特性に応じて、下表に挙げるように、低炭素化、防災性向上、節電(ピークカット)、ヒートアイランド抑制、都市景観の向上などの効果が期待される。

表2.2.1 熱エネルギーの面的利用により省エネルギー効果以外に期待される効果

省エネルギー効果以外の効果		内 容
地球温暖化防止への寄与	CO ₂ 排出負荷低減	○ エネルギーの節減に伴うCO₂の排出負荷低減 ○ 供給量が不安定な再生可能エネルギーや未利用エネルギーの変動を吸収し有効活用できる
都市環境への貢献	ヒートアイランド対策	○ 煙突・冷却塔の集中化による冷房排熱の集約化 ○ 屋上緑化
	大気汚染防止	○ 適切な排ガス処理に伴うNO_x、SO_x削減
都市機能の充実	都市防災機能の向上	○ 火災発生源の削減 ○ 火災、地震発生時における蓄熱槽・受水槽水の活用 ○ 発電機の非常用電源としての使用 ○ 熱の受入基盤が整備されることにより、コージェネなど分散型電源が導入され、電源の多様化による都市の電源に対する信頼性が向上
	都市景観の向上	○ 煙突・冷却塔の集約化による建物の外観、屋上景観の向上
都市のエネルギーシステムへの寄与	電力負荷平準化	○ 大規模蓄熱ヒートポンプ、コージェネレーションの活用による系統電力のピークカット・大規模発電所への依存低減
	柔軟・強靱なエネルギーシステムの構築	○ 分散型電源の受入が行いやすくなり、系統電力との適切な組み合わせによる高効率なエネルギーシステムを構築 ○ 建物間熱融通や地域冷暖房の面的利用が、将来的に連鎖的に接続し、地域全域にまたがるような熱エネルギーのネットワーク化が図られるようになる
地域エネルギーマネジメントへの貢献		○ まとまったエリアで省エネ・省CO₂等の対策が可能となり、行政の施策と連携した地域エネルギーマネジメントが可能となる
供給の安定性・信頼性の向上		○ 多様なエネルギー供給形態構築による供給安定性の向上 ○ 専門オペレーターによる運転・維持管理、エネルギー多様化によるセキュリティの向上
省スペース・省力化		○ 需要側設備の省スペース化、エネルギープラント等に係わる資格者の省力化

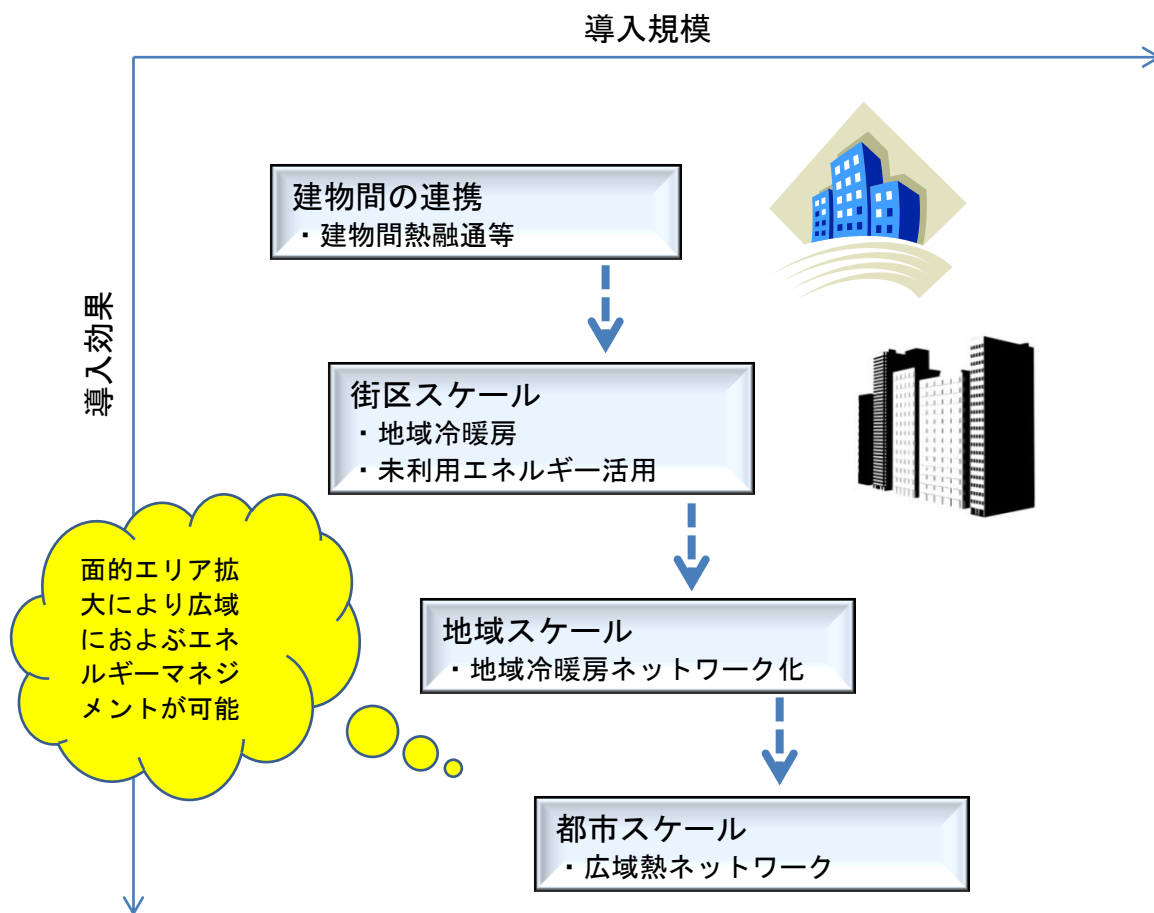


図2. 2. 3 熱の面的利用の発展性のイメージ

2.3 面的利用の事例

熱のエネルギーの面的利用の事例として、以下の事例を示す。

■熱供給事業型(大規模型)

- 臨海副都心地区地域冷暖房(清掃工場排熱利用)
- 後楽一丁目地区地域冷暖房(下水熱利用)

■集中プラント型(中規模型)

- 最上町木質バイオマス熱供給(木質バイオマス利用)
- 越谷レイクタウン熱供給(太陽熱利用)

■建物間熱融通型(小規模型)

- 新横浜3施設ESCO事業
- 太陽熱を利用した建物間熱融通

■広域型

- パリ市広域蒸気ネットワーク

(1) 熱供給事業型(大規模型)

① 臨海副都心地区地域冷暖房(清掃工場排熱利用)

- 東京都は、臨海副都心の整備に当たって、①環境の保全、②省エネルギーの推進、③都市防災、都市景観の向上による21世紀のまちづくりに必要な都市基盤として位置づけて、地域熱供給を導入した。供給エリアは、台場、有明南、青海の3地区で約305haに及ぶ。供給対象床面積は約220haで、我が国の熱供給事業地区では、みなとみらい21中央地区(約270ha)、新宿新都心地区(約222ha)に次ぐ規模を有する。
- 台場及び有明南プラントでは、清掃工場からの排熱蒸気を熱源に利用している。年間約244,000GJのごみ焼却熱をエネルギー源として利用しており、排熱利用量は、第二位の品川八潮地区(約141,000GJ)を大きく上回る。
- 冷温水を送る地域導管、臨海副都心のライフライン(上水・中水・下水管、ごみ収集管、ガス管、電力・通信・情報ケーブル)は共同溝内に敷設されている。
- 臨海副都心地区への進出事業者には、東京都との土地売買契約において地域冷暖房を使用することが義務付けられている。
- 熱製造のエネルギー源は、電力、都市ガス及び排熱蒸気を利用している。特に電力についてはプラント運転の基幹であることからループ受電(双方向受電方式)を取り入れるなど防災と安全に最大限の配慮がなされている。各プラントには水や氷の蓄熱槽を設置し、夜間電力で製造した熱をいったん蓄熱槽に蓄え、翌日集中的に放熱している。
- 地域導管は、4管方式(冷水往・還管、温水往・還管)で、延長(片道)は冷水管7.2km、温水管7.1kmである。最大口径は冷水1,400A、温水750Aである。
- また、各需要家の受入設備に設置する熱量計とテレコムセンターの共同利用コンピューターにより、自動計量・検針方式を採用している。

表2.3.1 熱供給事業概要

熱供給区域	東京都港区台場・江東区有明二丁目他	
熱供給対象建物	公共施設、学校、オフィスビル、ホテル 供給延床面積2,204,000㎡	
熱需要量(能力)	年間：冷水717,357GJ 最大：冷却11,544 MJ/h	温水328,069GJ 加熱28,432 MJ/h
供給温度	冷水7℃ 温水80℃	
事業主体	東京臨海熱供給(株)	
供給開始	平成7年10月	

② 後楽一丁目地区地域冷暖房(下水熱利用)

1) 事業の概要

- 熱供給事業者である東京下水道エネルギー(株)は、「後楽一丁目地区」において、後楽ポンプ所の未処理の下水を活用して冷温水を製造し、後楽一丁目地区内のビル等に供給している。下水は、都市の未利用熱の中でも豊富にかつ安定して存在し、クリーンで環境に優しい未利用資源である。
- プラントは、下水から熱交換器を通じて取り出された熱を利用して冷温水を製造する「熱供給プラント」と、冷温水を周辺の建物へ供給する「地域導管」から構成されている。
- 下水を熱源とした地域冷暖房の特徴は以下の通りである。
 1. 年間温度変動幅が小さく、安定した熱源である。

下水の温度は、四季を通じて変化が少なく、大気温度に比べ夏は平均は低く、冬は高いという温度特性を持っている。一日温度変化も少ない安定した熱源である。
 2. 熱需要の多い都市部に多く存在する熱源である。

下水は、都市排熱全体のおよそ 4 割の熱量を持つといわれている。人口の集中する都市に大量に存在するため、大規模な熱需要にも対応できる熱源である。
 3. 未処理の下水は、処理水に比べてより広範囲で活用できる熱源である。

下水道の管渠網やポンプ所を介して、熱の需要場所に合わせて下水を広範囲に活用できるため、未利用エネルギーを冷暖房の熱源として広範囲で活用できる。
 4. 気象等による影響が少なく、年間を通じて活用できる熱源である。

夜間や降雨時には利用できない太陽エネルギーのように、気象に影響を受けることがない。また、冷水・温水どちらの製造時にも活用できる。



図 2.3.3 後楽一丁目地区地域冷暖房熱供給対象地区

出典：(一社)日本熱供給事業協会ホームページ

2) 熱供給地区概要

- 東京ドームに隣接する後楽一丁目3～6番地の地域。供給区域内に東京都下水道局後楽ポンプ所が立地しており、新宿区東部(940ha)から一日平均約3万m³の下水が流入する。
- 通産省の認可事業として、東京ドーム付近の後楽地区業務・商業ビルなど7棟、床面積28万m²を供給対象とし、下水熱を利用した地域熱供給事業を開始した。ポンプ場外で下水資源の有効利用を図ったものであり、未処理水の温度差エネルギーを周辺地域のビルや遊戯場などの冷暖房に利用している。
- 当熱供給では、定常的に需要があるホテルの他、平日に大きな需要がある業務ビルと、休日に大きな需要がある娯楽施設を供給先とすることから、曜日に関わりなく安定的な需要が得られている。

表2.3.2 熱供給事業概要

熱供給区域	東京都文京区後楽一丁目3～6番(21.6ha)
熱供給対象建物	ホテル、業務ビル、娯楽施設 242,000m ²
熱需要量	年間 冷熱 65,101 GJ/年 温熱 18,537 GJ/年
供給温度	冷水7℃ 温水47℃
事業主体	東京下水道エネルギー(株)
供給開始	H6. 7

3) 熱源システム概要

- 下水熱を利用する電動ヒートポンプ2台と熱回収型ヒートポンプ1台と1,500m³の温度成層型蓄熱槽を設置し、効率的なシステムを形成している。下水道幹線より取り込んだ未処理下水と水熱源ヒートポンプの熱源水を熱交換することにより、冬季の暖房時には下水より熱回収を行い、夏季の冷房時には下水へ熱の放散を行っている。ヒートポンプによって製造された冷温熱は、熱輸送ポンプにより需要家の熱交換器へ送られ、熱を放出したあと再びヒートポンプへ戻る。

表2.3.3 熱源システム構成

熱供給プラント (東京下水道エネルギー)	ヒートポンプ	(HP-1, 2) 冷却能力 3,000RT 加熱能力 46,046MJ/h (HP-3) 冷却能力 1,100RT 加熱能力 18,100MJ/h	2台 1台
	蓄熱槽	温度成層型 1,550m ³ 冷水蓄熱量 3,418RT 温水蓄熱量 16,723MJ	
	地域導管	冷水管総延長 494m(φ250m/m～φ800m/m) 温水管総延長 494m(φ200m/m～φ600m/m)	
熱交換施設 (東京都下水道局)	熱交換器	シェルアンドチューブ方式(管測:下水/チタン、胴測:清水/SS400) 熱交換量 冷房時:41,860MJ/h 暖房時:32,230MJ/h	2台
	オートスレーナ	開放式オートストレーナ 処理能力 30 m ³ /min	

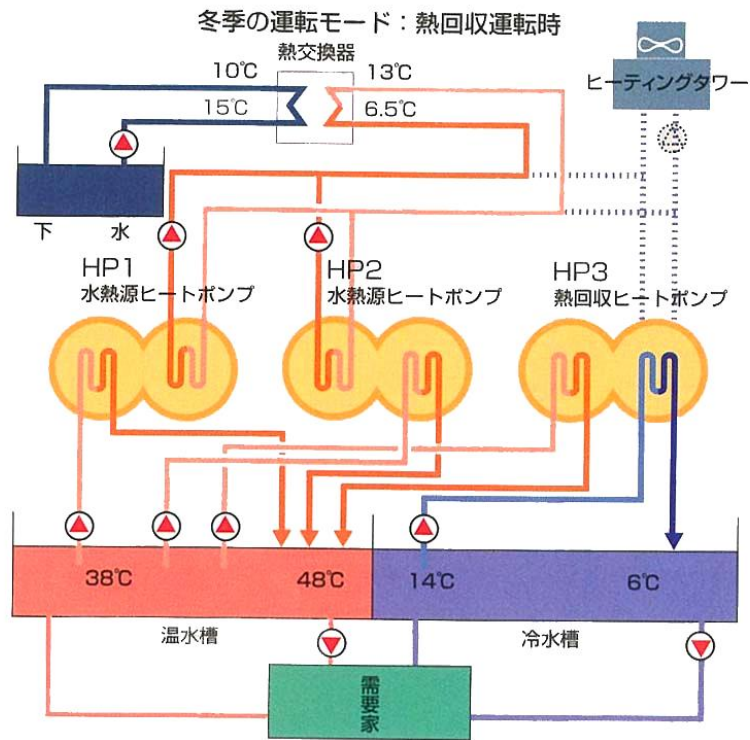


図 2.3.4 システムフロー図

出典：下水熱利用システム計画マニュアル
(財) 日本地域開発センター

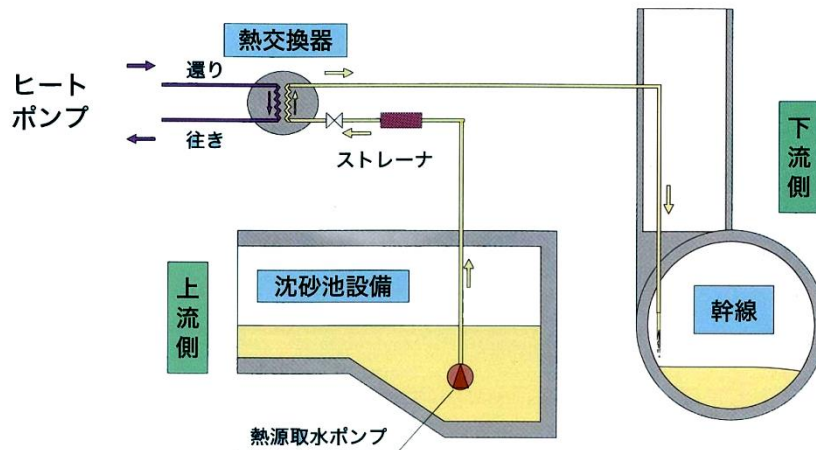


図 2.3.5 下水熱回収フロー図



図 2.3.6 シェル&チューブ熱交換機



図 2.3.7 熱回収型ヒートポンプ

出典：パンフレット「未処理の下水を熱源とする地域冷暖房～後楽一丁目地区」（東京下水道エネルギー株式会社）

(2) 集中プラント型(中規模型)

① 最上町木質バイオマス熱供給(木質バイオマス利用)

- 最上町では、NEDOの補助事業である「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」として採択された「ウェルネスタウン最上」木質バイオマスエネルギー地域冷暖房システム実験事業が実施されている。
- 実験事業では、「地域林産業の活性化」、「森林資源の保全」、「二酸化炭素、化石燃料使用量の削減」を目的に、これまで林地に残っていた間伐材を効率的に収集・チップ化し、保健・医療・福祉の総合施設である「ウェルネスプラザ」内に設置した木質ボイラ(550kW、700kW の2 台)で、施設内の冷暖房及び給湯、また園芸ハウスの暖房に利用している。
- 当事業では、荒廃した山の再生、林業の活性化と継続、環境にやさしいまちづくり等を背景として、木質バイオマス資源を効率的に利用するために、GISを活用した伐採計画の検討や、間伐作業効率化のための施業地の団地化、作業路開設、列状間伐、高性能林業機械の活用等の取組み等と合わせて、木質バイオマス資源活用のためのエネルギー転換システムと公共施設等によるエネルギー利用を実証したものである。

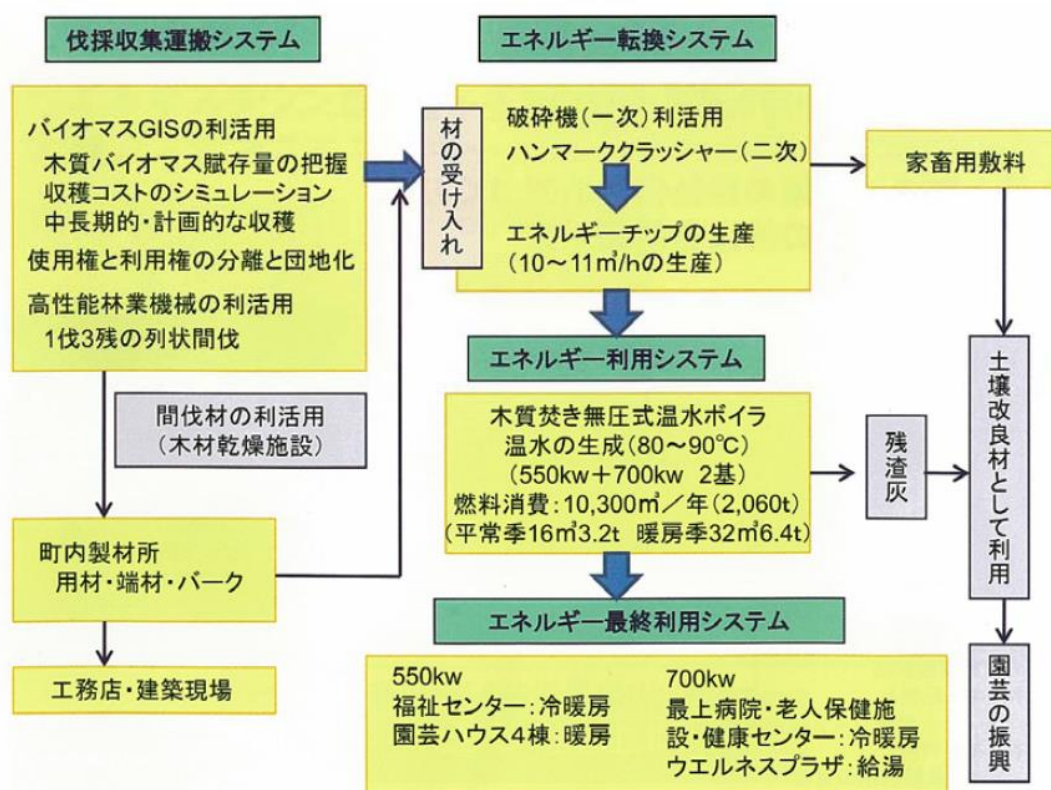


図 2.3.8 事業のシステム構成

出典：NEDO 新エネルギー技術開発成果報告会 2010・バイオマスセッション
「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」成果報告会予稿集

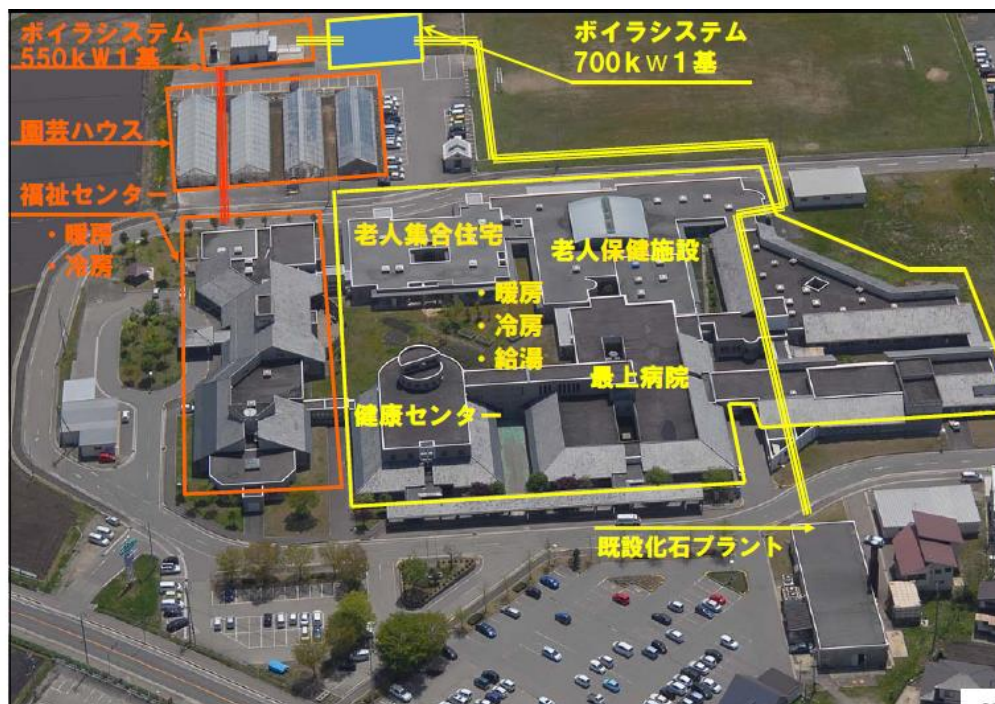


図 2.3.9 熱供給対象施設

出典：NEDO 新エネルギー技術開発成果報告会 2010・バイオマスセッション
「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」成果報告会予稿集

平成18年度整備

平成19年度整備

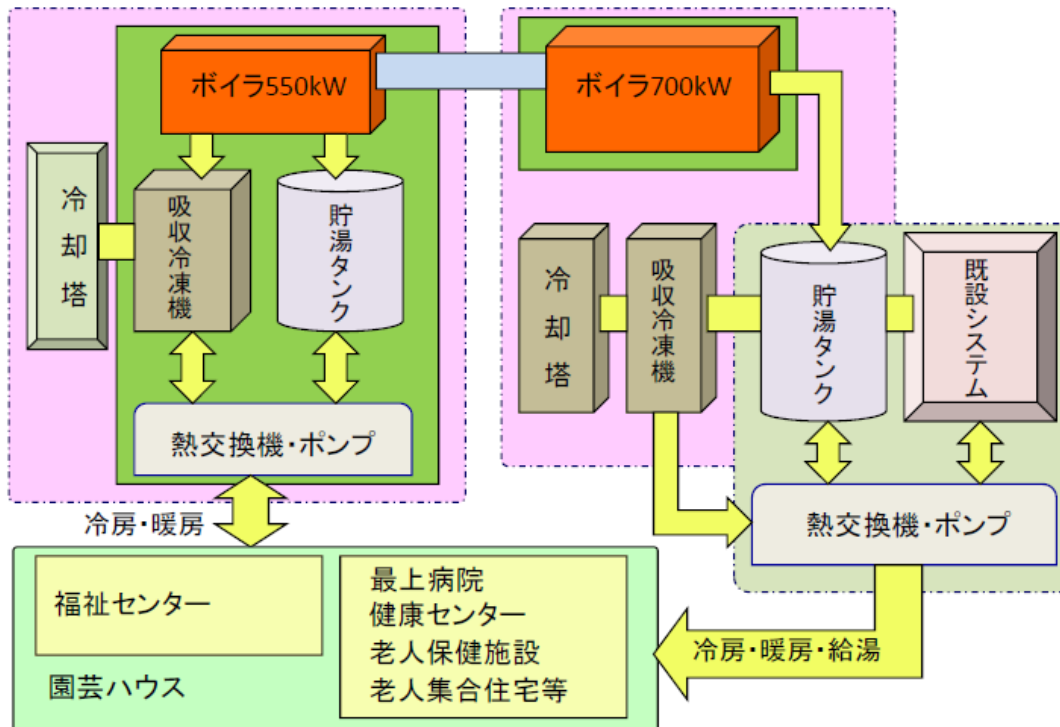


図 2.3.10 エネルギー利用模式図

出典：NEDO 新エネルギー技術開発成果報告会 2010・バイオマスセッション
「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」成果報告会予稿集

② 越谷レイクタウン熱供給(太陽熱利用)

1) 地区概要

- 平成20年に開業した新駅を中心として、広大な水辺空間と都市生活空間を融合させた「親水文化創造都市」の形成を目指す。
- 計画段階からCO₂排出量20%削減を目指す取組みが行われ、環境省が行う「街区まるごとCO₂ 20%削減事業」にも選出された。

表2.3.4 事業概要

事業年度	平成 11 年～平成 25 年(清算期間 5 年を除く)
事業施工者	独立行政法人 都市再生機構
所在地	埼玉県越谷市相模町、大成町、川柳町、東町の各一部
地区面積	約 225.6ha
総事業費	約 897 億円
計画戸数	約 7,000 戸
計画人口	約 22,400 人(人口密度 約 100 人/ha)

2) 街区住棟セントラル給湯・暖房システム

- 7棟のうちの2棟の建物屋上にソーラーコレクター(950㎡)を設置して、回収した太陽熱を街区内の熱源プラントから各住戸に温水を循環供給するシステムが設置されている。
- ソーラーコレクターで加熱された熱媒温水は、ソーラー熱回収ユニットにて給湯水加熱と暖房温水加熱に分けられ、給湯回路は熱回収ストレージタンクの水道水を加熱し給湯用ポンプにて各住棟に設置したブースター熱交換ユニットを経由し各住戸に60℃の温水として循環供給される。暖房回路は住棟からの暖房温水還り管をソーラー熱回収ユニットに接続し温水熱媒を加熱し住戸の暖房に利用する。住戸の暖房は、太陽熱を最大限有効利用するため輻射暖房(床暖房)が採用されている。また、天候に左右されないよう補助熱源装置(ガス焚き温水ボイラ)を設置し、バックアップする。
- その他の照明・動力や冷房、厨房などのエネルギーには電気を利用し、住戸内は燃焼設備のないシステムで構成されている。

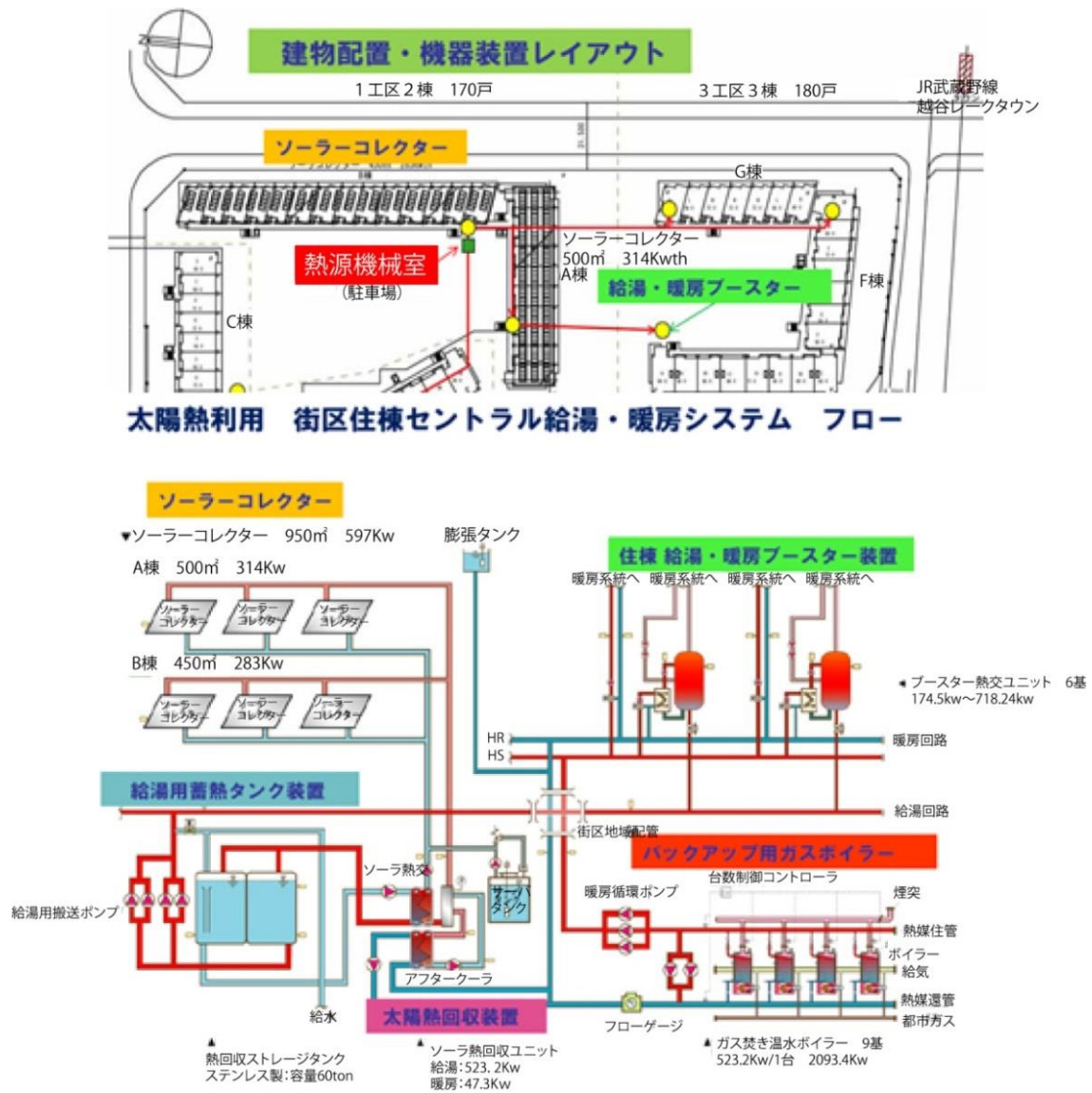


図2.3.11 街区住棟セントラル給湯・暖房システム

出典：「集合住宅の太陽熱利用システム」(株)大阪テクノクラート資料

(3) 建物間熱融通型(小規模型)

① 新横浜3施設ESCO事業

1) 概要

- 横浜市において、公共の3施設(横浜市総合リハビリテーションセンター、障害者スポーツ文化センター横浜ラポール、横浜市総合保健医療センター)による建物間熱融通が実施されている。本事業は、ESCO事業として行われている。

表2.3.5 横浜市新横浜地区3施設ESCO事業 概要

1. 事業名	横浜市新横浜地区3施設ESCO事業
2. 事業場所	横浜市総合リハビリテーションセンター (横浜市港北区鳥山町1770番地) 障害者スポーツ文化センター横浜ラポール (横浜市港北区鳥山町1752番地) 横浜市総合保健医療センター (横浜市港北区鳥山町1735番地)
3. 事業者	(株)エネルギーアドバンス、三機工業(株)、川本工業(株)、(株)山下設計、東京ガス(株)
4. 契約金額	総支払限度額 577,872,000円(消費税込み) 年度別支払限度額 64,208,000円(消費税込み)
5. 契約期間	平成17年9月15日から平成27年3月31日まで (ESCOサービス期間：平成18年4月1日から平成27年3月31日まで)
6. 省エネ改修等の概要	○省エネルギー率 18.2% ○CO₂削減率 30.5% ○光熱水費ベースライン 244,757,000円/年(消費税込み) ○光熱水費削減予定額 76,778,400円/年(消費税込み) ○主な改修項目 ・エネルギーの面的融通(広域的有効利用) ・高効率ガスコージェネレーションシステムの導入 ・高効率機器への更新 - 高効率型吸収式冷温水機、排熱投入型高効率吸収式冷温水機 - 高効率小型貫流ボイラーの導入、空調用ポンプ ・空調機、ポンプのインバーター化 ・高効率インバーター照明の導入 ・蒸気配管の保温強化 ・節水器具の設置 ・省エネVベルト
7. 補助金	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に申請し、交付決定された。 (エネルギー供給事業者主導型総合省エネルギー連携推進事業)

2) ESCO事業実施の経緯

- 横浜市は平成12年度に、市内の公共建築物のESCO事業の導入計画を策定。その中で、

さらなる事業性と省エネ性の向上を狙い、近隣に立地する場合や、所管局が同じ場合をまとめてグループ化した。

- 新横浜地区3施設については、所管局は異なるが同一敷地内に建設されているため、同じグループとして、まとめて事業化を図ることとされた。
- その後、横浜市によるESCO事業の公募が行われた。

3) 新横浜地区3施設の特徴(建物間熱融通に適する条件)

- 所管は異なるが、全て市の団体が管理する施設である。
- 3施設は同一敷地内であり、さらに地下が駐車場につながっており、熱融通配管ルート
の確保が容易であった。
- 市の主導(公募)により、事業が進められた。
- (市がエネルギーの高効率利用を望む状況にあった。)
- 財団・事業団は公益法人であり、熱融通に係わる税金の問題がない。

4) 建物間熱融通実施過程での問題点

- 二つの管理団体の会計区分が異なるため、熱融通経費のやり取りの調整が難航した。

表2.3.6 各施設の概要

	リハビリテーション センター	スポーツ文化センタ ー 横浜ラポール	総合保険医療センタ ー
管理団体	横浜市リハビリテーション事業団		横浜市総合医療財団
規模	12,523m ²	14,421m ²	14,025m ²
竣工年・熱源設置年	1986年	1991年	1992年
事業前熱源設備	吸収式、蒸気ボイラ	吸収式、温水ボイラ	吸収式、蒸気ボイラ、 空冷HP
主な変更	CGS、ジェネリンク等	吸収式更新等	吸収式更新等
熱源設備所有者	ESCO事業者		
熱源運転管理	ESCO事業者		
熱料金	融通分の経費を融通量で按分		



横浜ラポール(14,421 m², 1991 年竣工)



リハビリテーションセンター(12,523 m², 1986 年竣工)



総合保険医療センター(14,025 m², 1992 年竣工)

図 2.3.12 横浜市新横浜地区 3 施設の外観

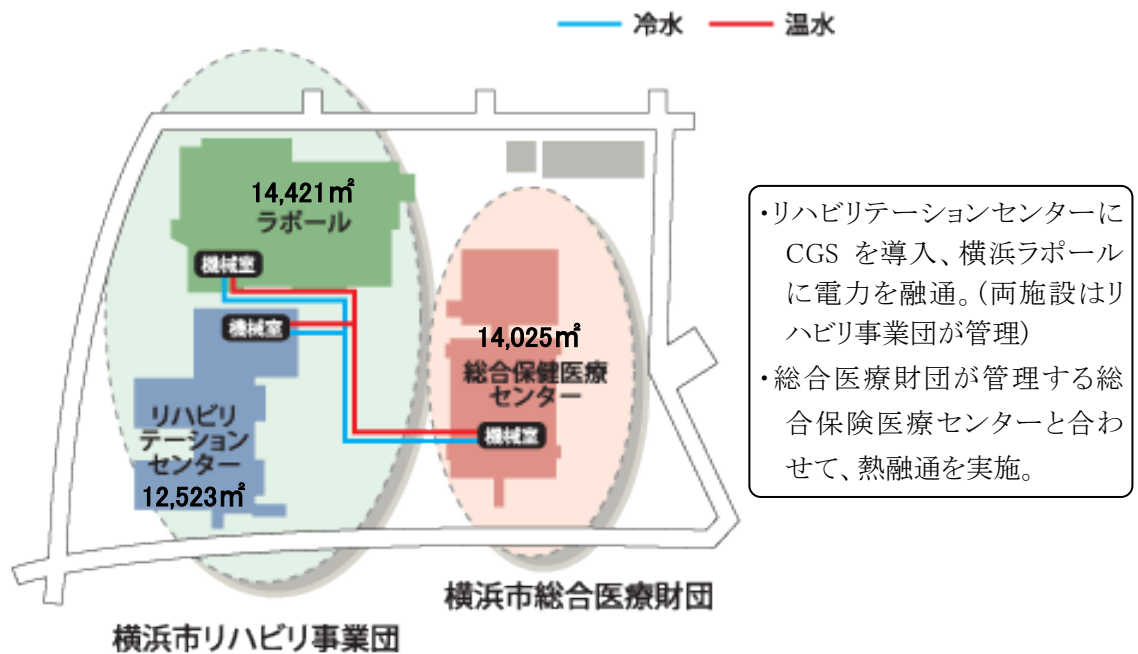
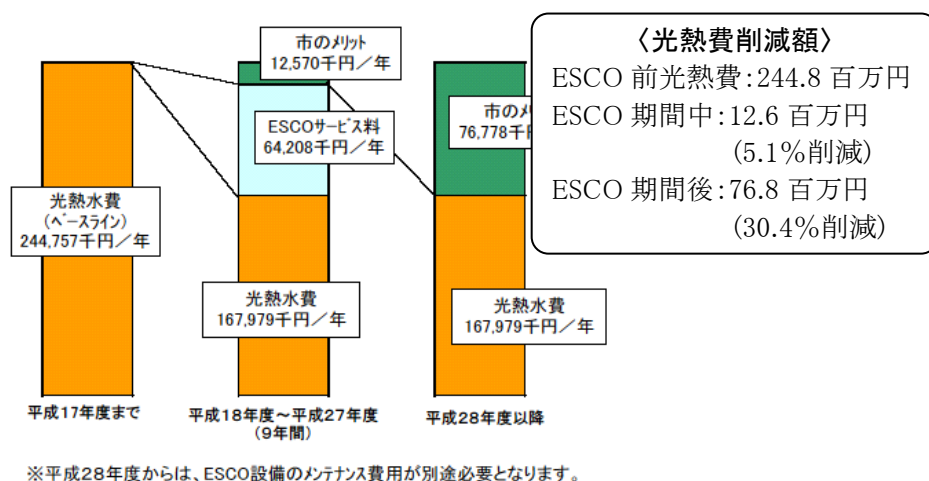
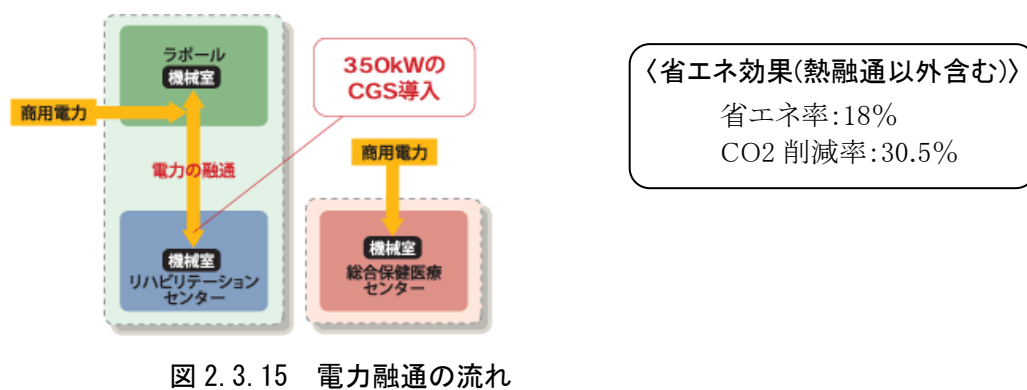
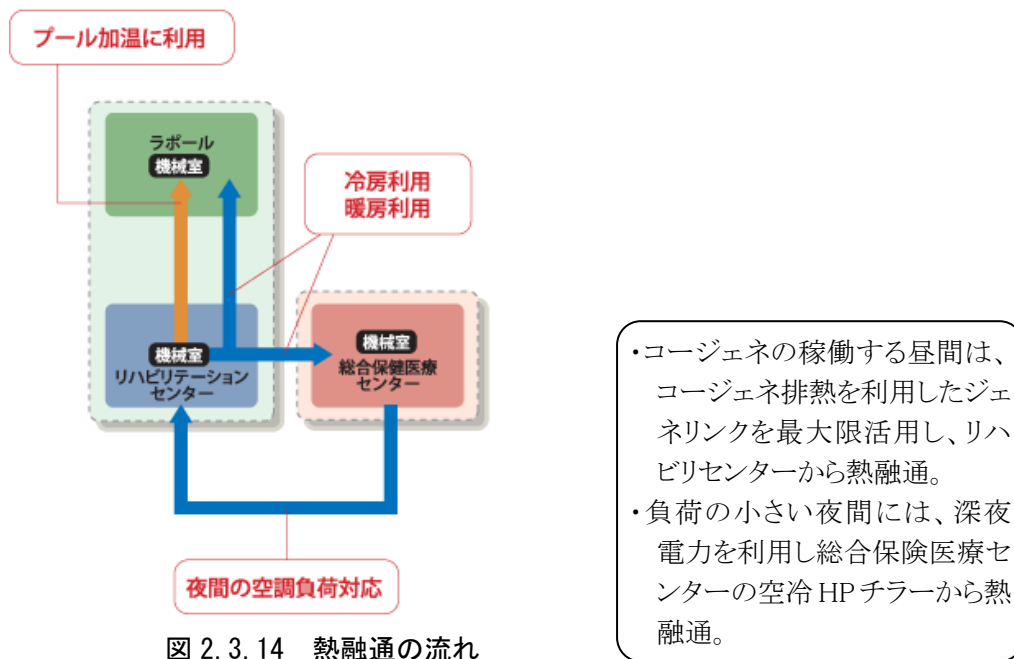


図 2.3.13 建物位置関係

出典：(株)エネルギーアドバンスホームページ



出典：(株)エネルギーアドバンスホームページ

② 東京ガス熊谷支社(建物間熱融通)

- 東京ガス熊谷支社では屋上に設置した太陽熱集熱器から得られる太陽熱を支社内の冷暖房や給湯に利用しているが、熱需要は春・秋、休日などには低下し、太陽熱の余剰熱が生ずる。一方、市道を挟んで隣接するホテルのマロウドイン熊谷では年間を通じて安定的な熱需要があるため、余剰熱を熱融通導管を新設して供給するもの。
- 同支社屋上には、太陽熱の集熱量の変動を補完するためガスエンジンコージェネレーションシステム(定格出力25kW)を導入し、熱媒用温水ポンプの電力に相当する太陽光発電パネル(最大出力5kW)を設置する。両建物合計で年間約11トンのCO₂削減が期待される。
- 建設工事は2009年度内に完了し、2010年度末までデータ収集および技術検証を行う。熊谷市は本プロジェクトの計画指導、熱融通配管の道路占有許可等行政的支援を行う。



図2.3.17 マロウドイン熊谷(左)と公道を挟んで隣接する東京ガス(株)熊谷支社

出典：東京ガス(株)ホームページ

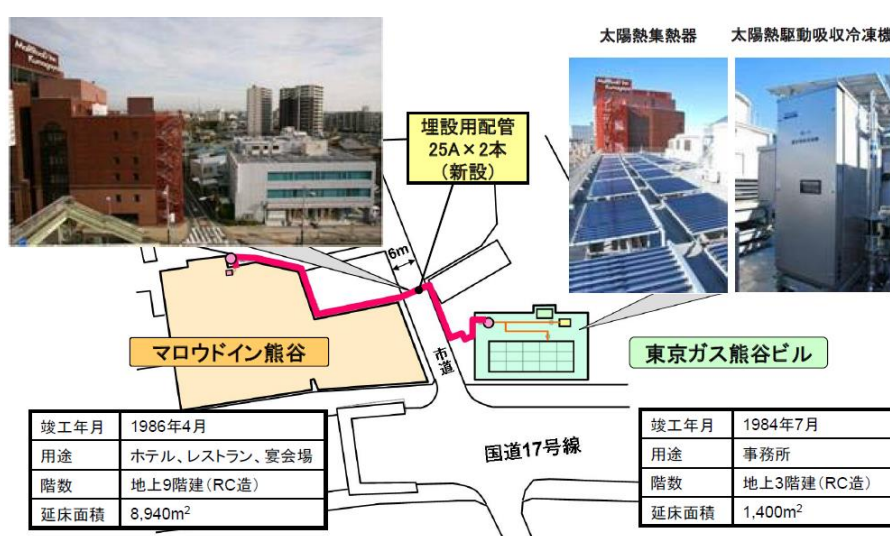


図2.3.18 熱融通システムの概要

出典：「最先端サステナブル・テクノロジー・セミナー」東京ガス(株)資料

表2.3.7 接続ビル概要

	東京ガス熊谷支社	マロウドイン熊谷
建物用途	1 階：ショールーム及び料理教室 2,3 階：事務所	ホテル、レストラン、宴会場
延床面積	1,400 m ²	8,940 m ²
構造・階数	RC 構造・地上 3 階建	RC 構造・地上 9 階建
竣工	1984 年 7 月	1986 年 4 月

表2.3.8 主要機器仕様

【新設】		【既設】（参考）	
機器名称	仕様	機器名称	仕様
太陽光発電パネル	多結晶型 最大出力 5kW	太陽熱集熱器	真空管式 集熱面積 約 72m ² ピーク集熱量 約 47kW
ガスエンジン CGS	定格出力 25.0kW 200V 発電効率 33.5% (LHV) 廃熱回収率 51.0%	太陽熱駆動吸収冷凍機	冷房能力 35.2kW COP 0.70
熱融通導管	給湯管 25A 行き・戻り各 1 系統	ガス吸収冷温水機	冷房能力 141kW 暖房能力 125kW 冷房 COP 1.36
		業務用潜熱回収型高効率給湯器「エコジョーズ」	給湯能力 87.2kW 熱効率 95%

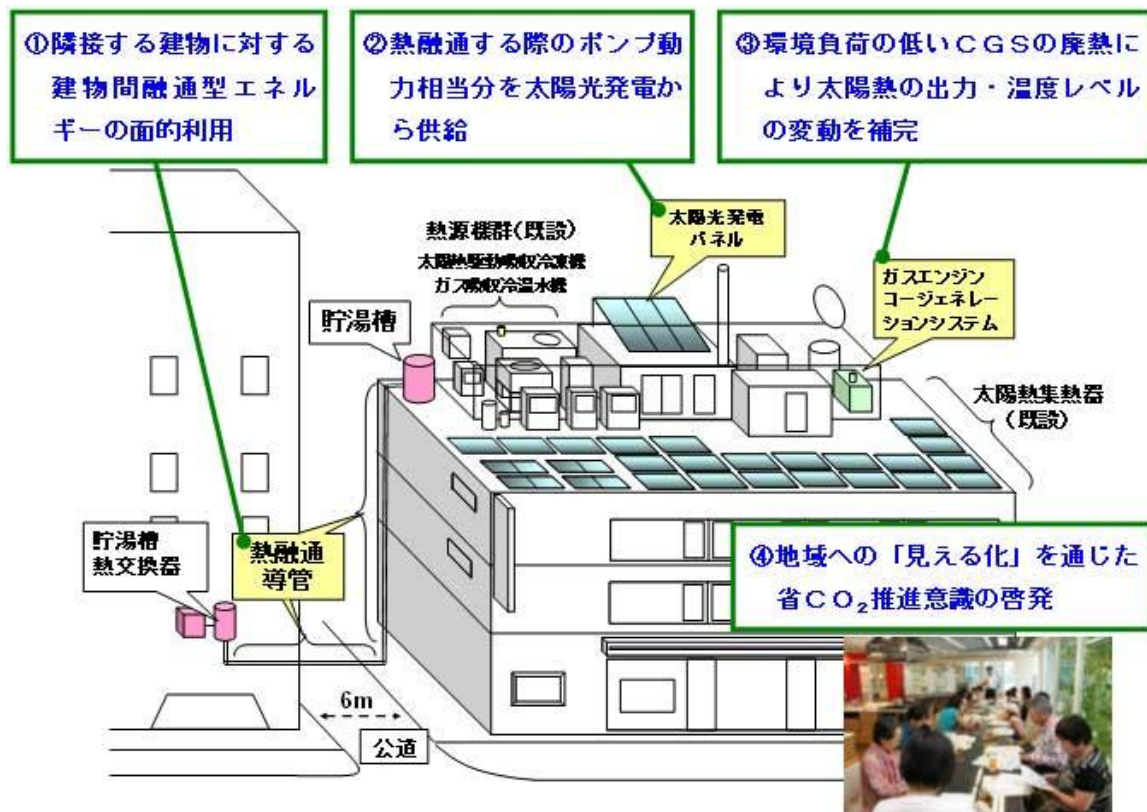


図2.3.19 システム・イメージ図

出典：東京ガス(株)ホームページ

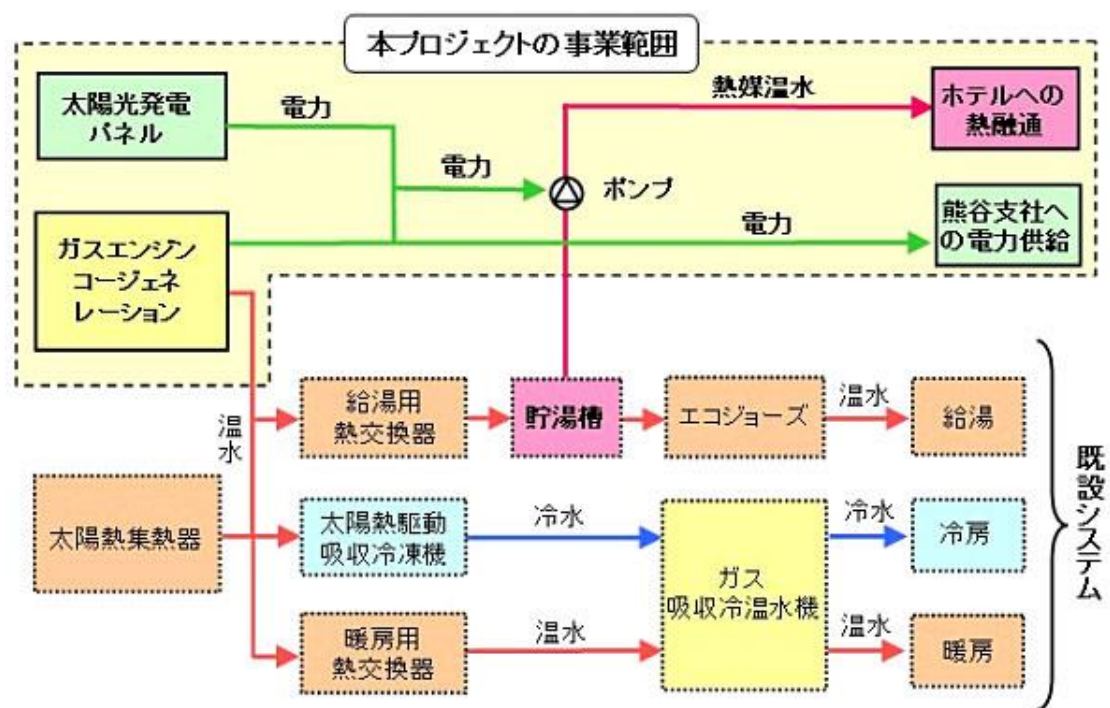


図2.3.20 システムフロー図

出典：東京ガス(株)ホームページ

(4) 広域型

① パリ市広域蒸気ネットワーク

パリには、古くから整備されている蒸気供給ネットワーク(供給管路網の総計445km)と近年整備が進んでいる冷熱供給ネットワーク(供給管路網の総計57km)が敷設されている。

蒸気供給ネットワークは、約5,700ヶ所のサブステーションを介して、約5,400の顧客、46万世帯(4,200万㎡)に蒸気が供給されている。年間蒸気供給量は700万トン強であり、供給先の建物用途は、住宅47%、オフィス23%、病院19%、学校6%等となっている。

蒸気熱源として、清掃工場排熱(3施設)、ガスコージェネ(2施設)、ボイラ(7施設)があり、清掃工場排熱が供給熱量の約50%を占める。

省エネルギー、省CO₂の効果の他に、都市圏に散在する6,000のボイラを蒸気ネットワークで代替することによって、大気汚染防止の効果も得られている。

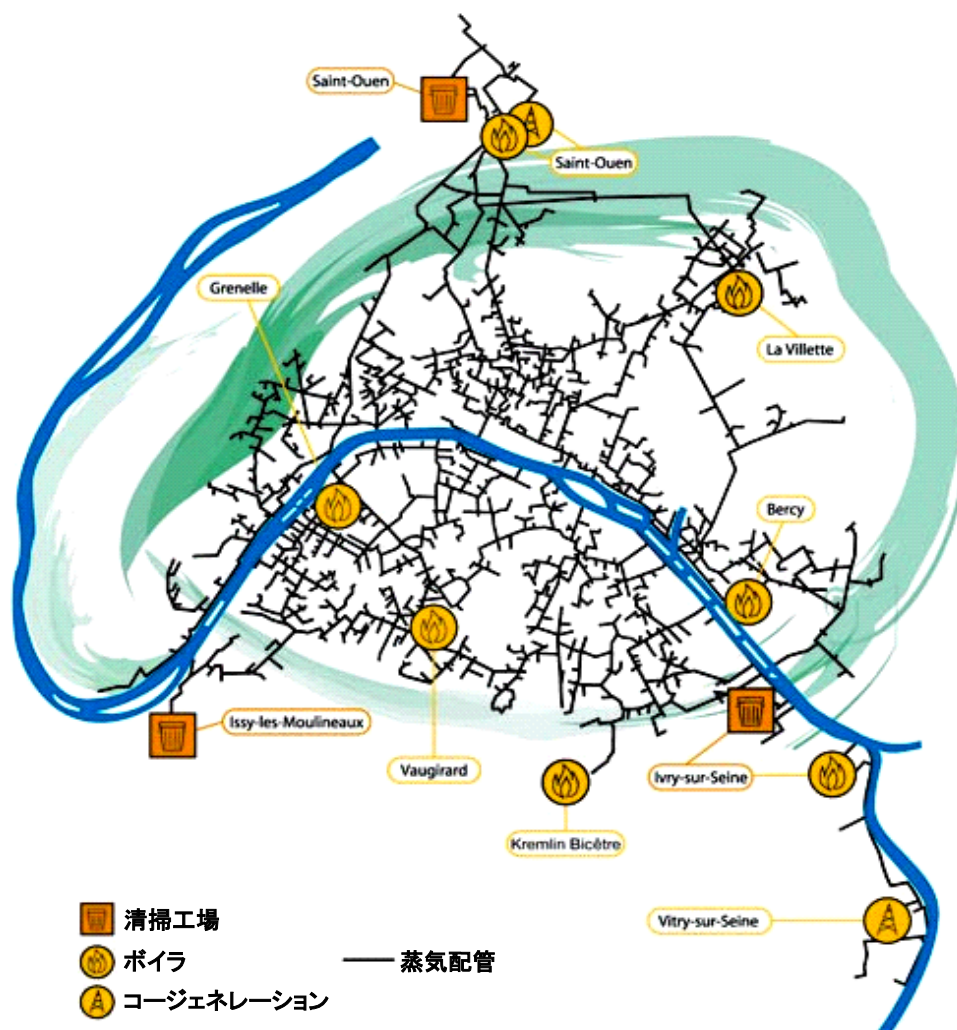


図 2.3.21 パリ市内の蒸気ネットワーク

出典：都心の低炭素化に向けた地域冷暖房ネットワーク形成フォーラム資料(2009. 3、CPCU社)

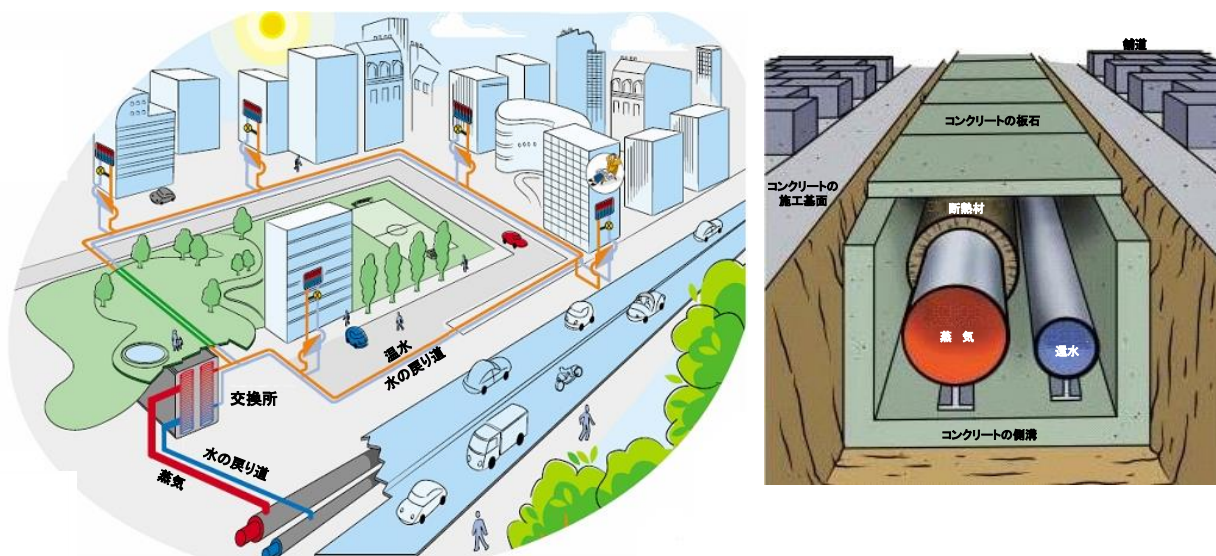


図 2.3.22 蒸気ネットワークと需要端の接続イメージ

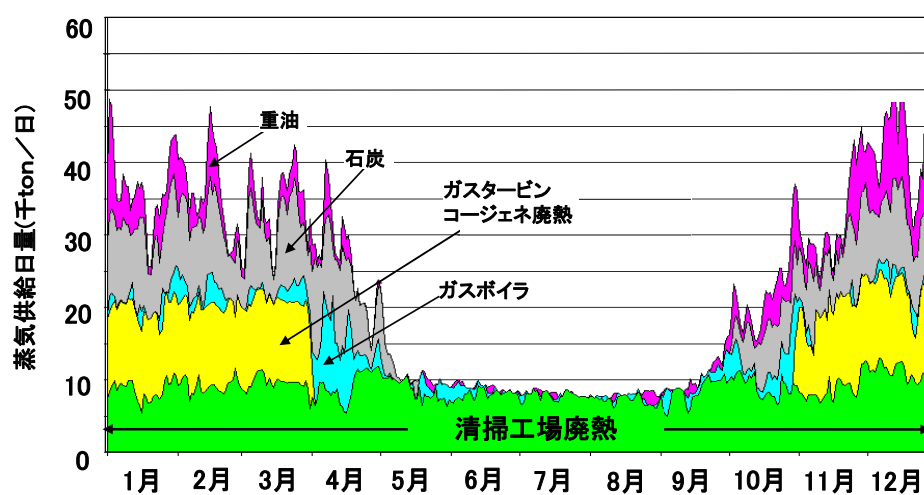


図 2.3.23 蒸気ネットワークにおける熱源構成

出典：都心の低炭素化に向けた地域冷暖房ネットワーク形成フォーラム資料(2009. 3、CPCU社)

3. まちづくりに貢献する熱エネルギーの面的利用

3.1 まちづくりに求められる要素と面的利用の効果

まちづくりにおいては、社会や需要のニーズに応え、地域における様々な要請を総合的に同時に実現し、長期間にわたって維持していくことが求められており、エネルギーの面的利用は、地区独自のエネルギーインフラを整備することによる様々な効用と、地域に密着して需要のニーズに常に適切な対応を行う運営管理をもたらす観点で、まちづくりに寄与することが期待される。

ここでは、まちづくりに求められる要素として、「低炭素化・省エネルギー」「防災・非常災害対策」「景観・街並み(賑わい)」「経営・資産価値(地域、街区、建物)」の4つの視点から、熱エネルギーの面的利用がまちづくりにもたらす効果について整理する。

(1) 地域ぐるみの低炭素化・省エネルギーの促進

地球温暖化問題が深刻化する中で低炭素型の都市づくりが求められており、建築単体レベルでの取組みに加えて、環境負荷の軽減に寄与する都市構造・都市空間づくり、並びに地域・街区単位としての省エネルギーの実現を図ることが必要とされている。また、ヒートアイランド現象の緩和に向けた都市排熱発生量の抑制、緑化の推進や、循環型都市を目指した資源の再利用と節水の推進についても、まちづくりの重要な課題とされる。

<熱エネルギーの面的利用がもたらす効果>

① 地域のエネルギー需要の集約化

- 地域のエネルギー需要を集約することにより、異なる負荷パターンの平準化効果が期待され、このことにより設備稼働率の高い時間帯が長くなり、エネルギー効率の向上が図られる。各需要家との緊密性を活かしたエネルギーニーズ、エネルギー利用実態の的確な把握と対応が可能になり、地域におけるエネルギー需要と供給の最適調整の仕組みを構築する基盤となる。
- エネルギー需要の集約化により、排熱、温度差エネルギー等の未利用エネルギーをまとめた規模で導入することが可能となり、化石燃料の使用削減による省エネルギー、低炭素化や、河川水、海水を冷却水として利用する場合における大気への放熱減少によるヒートアイランド現象の緩和が期待される。

② エネルギー設備の集約化、規模拡大

- エネルギー設備の集約化により、設備投資規模が増大し事業に占める固定費の額も相対的に増大することから、適切なエネルギー設備の形成や充実したエネルギー設備の運転管理体制の構築が可能となる。
- エネルギー需要規模の拡大に見合うエネルギー設備規模の拡大により、年間、日間の負荷変動に対し、設備稼働率を高める適切な機器分割が容易に可能となるとともに、大型の高効率機器の導入が容易に可能となる。
- 熱源設備を集約化することにより専門的な技術力の高い充実した運転管理体制を確立することが可能となり、年間を通じた適切な運営管理と技術力の活用により、省エネルギー、環境性の向上に貢献する。
- また、エネルギーの面的利用は建物ごとのエネルギー設備(冷却塔や熱源設備等)を集約することから、各建物の屋上スペースを生み出すことにより、屋上緑化をはじめ緑化スペースの増大により、ヒートアイランド現象の緩和に役立つ。

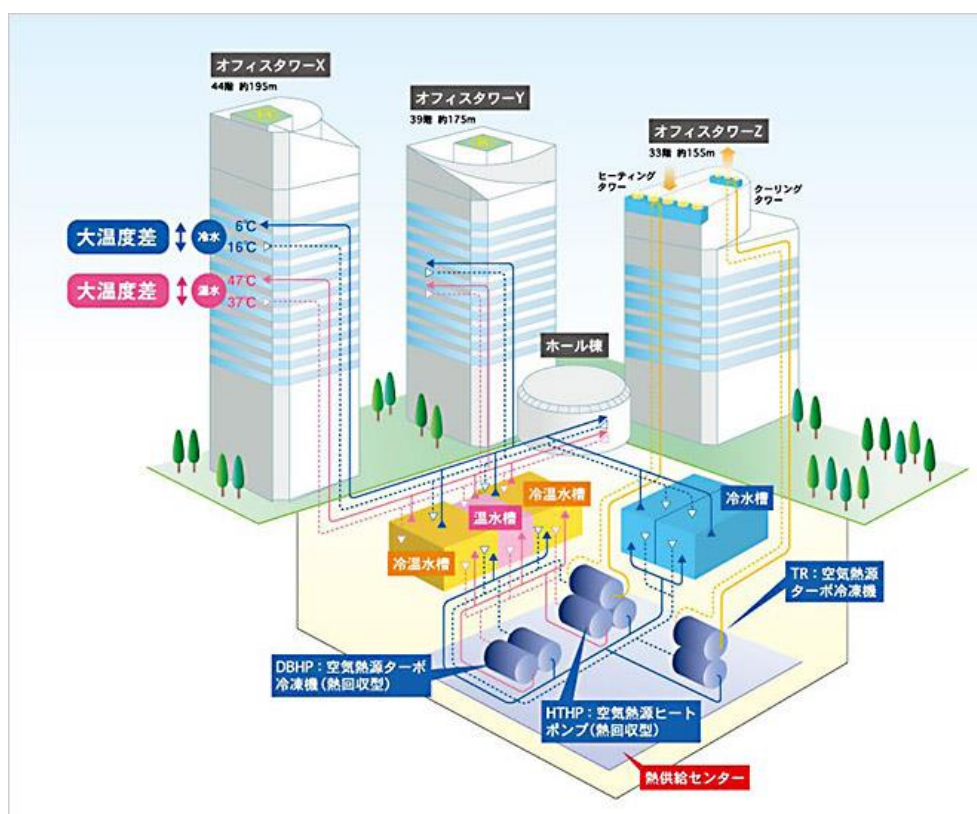


図3.1.1 エネルギー設備の集約化イメージ(晴海トリトンスクエア地区)

出典：伊藤忠エネクス(株)ホームページ

（２）都市の防災・自立機能の向上

東日本大震災を契機として、都市の防災性の向上、災害時の対策強化がこれまで以上にまちづくりの要素として注目されるようになってきている。特に災害後の停電、節電状況時における一定水準の都市機能の維持を図ることにより、住民や就業者の安全と安心を確保することが求められている。

＜熱エネルギーの面的利用がもたらす効果＞

① 非常時のエネルギー設備管理体制

- エネルギーの面的利用の熱源設備は、通常、公共性の高い地区において堅固な建物・構造に設置され、地区専用のエネルギープラントとして安全性に十分配慮された良好な設備が形成される。また、その運営にあたっては、通年24時間、専門性の高いエネルギープラントの運転管理要員が常駐し、常時エネルギー設備や需要家のエネルギー使用状況に対する的確な監視、管理を行っており、異常が発生した場合は早期に発見し、迅速に対応を行っている。
- 需要家建物においては、エネルギー設備の設置が不要となり、危険物の取扱いがなくなることから、災害発生の危険が減少する。

② 生活用水、防火用水の確保

- エネルギーの面的利用の熱源設備は大量の水を使用し、蓄熱槽を設けることも多いため、受水槽や蓄熱槽に大量の水を保有しており、災害時の消火用水や周辺地区も含めた生活用水として利用することができ、自治体や消防署と災害時の水利用について協定を結んでいるケースもある。また、非常用電源が保有されることにより、災害時において非常用施設の機能が確保される。

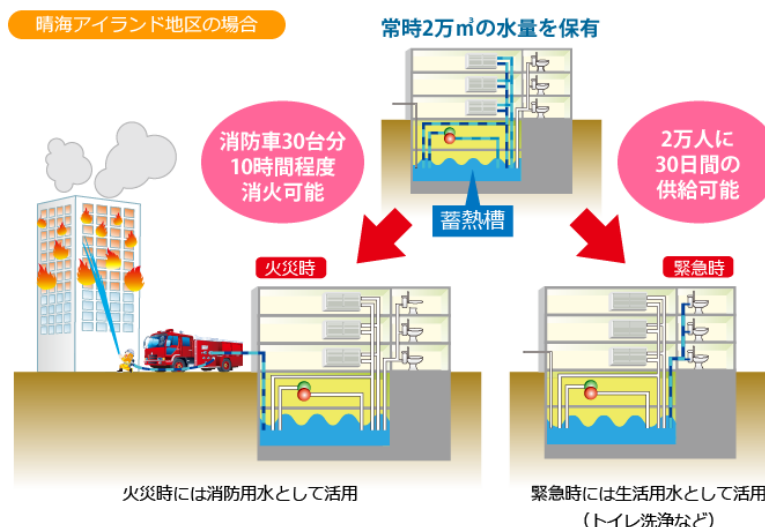


図3.1.2 蓄熱槽の消防用水としての活用イメージ

出典：東京都市サービス(株)ホームページ

③ 地域の防災拠点の形成

- このように、エネルギーの面的利用の導入により地域・地区の防災性が高まることから、エネルギーの面的利用のエネルギー設備が設置されている建物が地域の防災拠点として位置づけられることも多く、地域としての防災計画が策定されたり、需要家建物所有者等と連携して防災体制を創設して防災活動を活発に行うことにより、地域としての防災機能、防災意識の向上に貢献することが期待される。

(3) 美しい景観・街並み(賑わい)の創出

人材や資金を都市に呼び込むグローバルな都市間競争の時代にあって、都市における生活や就業の魅力を高め、集客力を強化する観点から、都市景観の向上や、潤いとゆとりのある都市空間の創出等がまちづくりの必須の要件となりつつある。また古くからの中心市街地にあっては、老朽化した建物の再生や設備更新を図り、安心・安全な快適空間を確保することが必要となる。

＜熱エネルギーの面的利用がもたらす効果＞

① 都市景観の向上、潤いとゆとりのある都市空間の創出

- エネルギーの面的利用を実現することにより、景観の障害となる建物屋上の冷却塔、屋外設備を一箇所に集約して、他の建物からは除去することにより屋上緑化を推進し、良好なスカイラインを形成することによって景観の向上を図ることが可能となる。
- 各建物ごとの機械室や熱源設備を集約することにより、地域の共用スペースを生み出し、緑化の推進やイベント等の広場として、地域のゆとり、潤いの創出と賑わい、活性化の推進を図ることが可能となる。



図3. 1. 3 屋上緑化による都市景観の向上(六本木ヒルズ地区)

出典：森ビル(株)ホームページ

② 既成市街地における安心・安全な快適空間を確保

- 成熟した中心市街地では、建物の経年にもなう空調等のエネルギー設備容量の不足問題や営業停止を余儀なくされたり、搬送経路の確保ができない等の熱源設備の更新、冷却塔の設置場所の確保が難しい地下街、地下鉄駅等の公共空間における快適空調の恒常的な確保、個々の需要家建物での大幅なエネルギー需要変動に対する適切で柔軟な対応等の課題の解決が求められており、エネルギーの面的利用を導入し熱源設備の代替手法を提供することにより、これらの課題に適切に対応することが可能となる。

③ 積雪寒冷地における快適性、利便性の向上

- 雪寒冷地においては、エネルギーの面的利用の熱を利用してロードヒーティングを行ったり、融雪に協力することにより、地域の快適性、利便性に貢献をしている。

（４）都市機能の維持、資産価値の向上

都市の持続的な成長を図る観点から、都市機能を適切なコストで維持・管理しながら、中長期的に資産価値をマネジメントする手法が求められている。街区としての一体的で良好・適切なインフラ形成と柔軟な運営管理体制はそのための要件とされ、地域としての課題の共有と共同化を図り、タウンマネジメントの推進組織の確立による継続的な課題解決の取組みを実行することにより、建物単体としてだけでなく街全体として資産価値の向上を図ることが必要とされている。

＜熱エネルギーの面的利用がもたらす効果＞

① グレードの高い都市サービスの提供

- 建物の長寿命化がする中で、エネルギーの面的利用としての良好な設備形成や、確固とした運転管理体制にもとづく適切な運営管理を長期にわたり継続的に行うことにより、地区、街・建物としてのグレードを高めながらライフサイクルコストを低減させることができる。
- エネルギーの面的利用に支えられた安全、安心で、快適性、利便性に優れた建物、地区として、集客力の向上、街の活性化がもたらされ、建物価値の向上、街のグレードアップとして評価が高まる。安定的なエネルギー供給が確保され、環境性に優れたエネルギー方式を採用する建物としての評価・価値も向上する。

② 地域におけるエネルギーマネジメント

- 地区として街の育成、機能維持のためのタウンマネジメントを実施する上で重要な要素となるのがエネルギーマネジメントであり、そのエネルギーマネジメントの中核となる役割・機能は、エネルギーの面的利用そのものであるとも言える。地区としての

省CO₂、省エネルギーを推進し、エネルギーマネジメントを含め、効果的なタウンマネジメントを実施し、街の経営コストを低減させ、街の価値を高めていく上でエネルギーの面的利用は重要な役割を果たす。

③ 都市の運営管理コストの低減

- 需要家建物においては、エネルギーの面的利用導入によりエネルギー設備が不要になることから、建設時のイニシャルコストが低減し、維持管理に係わる費用が削減され、将来の設備更新の費用が不要となる。

3.2 まちづくりの特性に応じた面的利用のあり方

まちづくりには、地権者、開発事業者、建物所有者、居住者、利用者や行政など多くの関係者が関わり、それぞれがまちづくりに求める内容は多岐にわたるため、全体の意思を集約することは容易ではない。このため、都市再開発や既成市街地でのビルの建替え等の契機がある場合でも、まちづくりに合わせてエネルギーの面的利用が実現することが少ないのが現状である。

ここでは、まちづくりの特性に応じたエネルギーの面的利用の進め方を明らかにするために、一体的再開発地区、既成市街地区、及び地域の資源活用地区の類型ごとに、まちづくりにあわせてエネルギーの面的利用の実現を図るためのプロセスを整理することにより、今後のまちづくりにおけるエネルギーの面的利用導入の要点を明らかにする。

(1) 一体型開発地区

鉄道跡地、工場跡地、密集市街地改善地区等の一定の広がりを持った街区またはその一部の区域で、建物の新築・更新を一体的に行う地区

(例：晴海アイランド地区、六本木ヒルズ地区)



図3.2.1 晴海アイランド地区



図3.2.2 六本木ヒルズ地区

出典：(一社)日本熱供給事業協会ホームページ

<熱エネルギーの面的利用の実現プロセス>

① まちづくりのビジョン実現にむけたエネルギー面的利用の構想

- まちづくりの構想・ビジョンとエネルギーの面的利用との関係・結びつきの明確化
- エネルギーの面的利用導入によるまちづくりにおけるメリットの内容、想定効果の提示
- まちづくりの構想における全体スケジュールへの影響度合と調整の可能性の判断
- エネルギーの面的利用の導入並びに方式によるメリット、デメリットの評価・総合的判断と、都市計画、環境計画、エネルギー計画との整合性判断による街の将来像の共

有化

- 地区のエネルギーインフラとして、また、地域に密着し、需要家との緊密性を活かした様々なポテンシャルの発揮による持続的発展が図れる事業としての可能性、将来性の判断
 - 防災、非常災害対策機能を有し、多面的にまちづくりに貢献できるエネルギーの面的利用システムとすることにより、街の持続的・安定的な活動を担保

② エネルギーの面的利用の合意形成と全体計画との整合

- 事業推進主体の擁立を促す行政によるコーディネート機能の役割
 - 地域共通の課題、地域共同の取組みによる解決策(まちづくりのコンセプトの実現)を協議する場づくりと、エネルギーの面的利用の導入による効果の検討を促し、事業主体の擁立を誘導して具体化に結びつける推進役
- 街の運営管理の側面からのエネルギーの面的利用の位置づけ
 - 開発区域内の建物、施設を総合的に運営・管理するタウンマネジメントの内容・手段としてエネルギーの面的利用システムを組み込み、地区全体の管理に活用
- 都市基盤としての他のインフラ計画との相互調整

③ まちづくりと一体化したエネルギーの面的利用の事業化

- エネルギーの面的利用のプラント設備、地域導管の整備が行えるスペース空間の確保
 - 空間的制約が小さいメリットを最大限に活かすために、初期の段階から開発区域内の総合的な設備配置計画の中にエネルギープラント、地域導管を組み込み、建物、オープンスペース等の空間との調整を図りながら、最適なシステム構築のための整備空間を確保
- 様々な効果・効用も織り込み、需要家の納得感の得られる料金レベルの確保
- 健全なエネルギー供給事業として継続的な事業運営を可能とする事業性の確保

（２）既成市街地の更新地区

まちとして成熟した都市活動の中心地区において、単独あるいは少数の建物において新築・更新を行うか、または、建物自体は更新しないが、建物内の設備や施設の更新・大規模修繕を行う地区

（例：横浜駅西口地区、虎ノ門二丁目地区、名駅南地区）



図3. 2. 3 横浜駅西口地区



図3. 2. 4 名駅南地区

出典：（一社）日本熱供給事業協会ホームページ

＜熱エネルギーの面的利用の実現プロセス＞

① 地域課題の顕在化と認識、課題解決のためのエネルギー面的利用の構想

- 設備更新期を迎えた建物やエネルギー設備容量不足問題等を抱えた建物において、周辺建物を取り込んだエネルギーの面的利用の導入による各建物および地域の課題解決方策としての有効性の検討と関係者の意志集約
- 各建物における設備更新を主体とした諸課題や地区としての課題についての認識の共有化と関係者による代替案、解決策としてのエネルギーの面的利用方式の検討・評価

② エネルギーの面的利用の合意形成と全体計画との整合

- エネルギーの面的利用の導入による各建物としてのメリット・デメリットの評価と地域価値向上への貢献も含めた総合的な評価・判断
- 既存の建物の空調設備現況、要求水準をきめ細かく把握し、最適な容量・方法で地域のサービスニーズに対応する無駄のないエネルギー供給システムを構成
- 既成市街地区においては都市空間が高密度に利用されており、エネルギーの面的利用の設備導入のためのスペースの確保が難しい場合が多いため、特に公共的施設や公共空間の有効活用が必要
→ エネルギープラント、地域導管等の整備スペースを確保するために、地権者、建物所有者と協議して、敷地内の上空・地下空間、既存施設内のバックヤード等の活用を検討するとともに、地方公共団体等と協議して、活用可能な公共空間、地下空間の弾力的な占用について協力を求める

③ まちづくりと一体化したエネルギーの面的利用の事業化

- 街の運営管理の側面からのエネルギーの面的利用の位置づけ
→エネルギーの面的利用対象の既存建物の空調設備の管理、メンテナンスを合わせて行い、各建物の設備管理負担を軽減化するとともに、建物側の需要に柔軟に応じたエネルギーセンターの最適制御を実施
- 建物ごとに異なる設備更新時期の調整
→エネルギーの面的利用システムの切り替え時期を可能な限り一致させて、エネルギーの面的利用導入による効果の増大を図り、各建物ならびに地域価値の向上に反映
- 既存個別設備等の有効活用
→切り替え前の個別方式の熱源設備のうち、使用可能な設備についてはエネルギーの面的利用システムの中に組み込み、リユースすることにより資源の有効活用と設備形成・更新コスト削減を図る
- 省スペース効果を建物価値の向上、街の活性化に活かす工夫
→既存建物の機械室や冷却塔を集約化し、高密な既成市街地の中で新たな商業空間や設備増強空間を創出し、建物の価値を維持向上させるとともに街のグレードアップを図る

（３）地域資源活用地区

- 地域のエネルギー源として期待される都市排熱や未利用エネルギー源となる施設が立地し、その近傍で街区またはその一部の区域の建物の新築・更新を一体的に行う地区（例：日立駅前地区、サンポート高松地区、中之島三丁目地区）

<熱エネルギーの面的利用の実現プロセス>

① 周辺の未利用資源の賦存状況・活用条件の把握、地域資源の活用とエネルギーの面的利用との連携可能性提示

- 未利用エネルギー源施設(市街地内の工場、クリーンセンター、下水処理場等)の地域貢献に対するニーズ、余剰排熱等の品質(温度、量、変動等)を調べ、活用可能性を探る
- 未利用資源を活用した個性的なまちづくりとして、空間面だけでなく機能面でも海や河川と一体となった、他の地区では真似のできないまちづくりのコンセプトの実現→地域の個性を最大限に活かしたまちづくり、環境調和型まちづくりへの取組みのアピール

② エネルギーの面的利用の合意形成と全体計画との整合

- 排熱供給者、海岸・河川管理者の理解と協力を得るために、地域資源を活用したまちづくりの有効性(省エネ、節水、ヒートアイランド緩和等)、エネルギーの面的利用による街の将来像(ビジョン)への貢献内容を明らかにし、関係者間で共有化
- エネルギーの面的利用システムのエネルギープラント、地域導管に加えて、地域資源の搬送管(工場排熱搬送管、海水・河川水送水管)の整備のための設備コストが増大するため、海岸・河川管理者、道路管理者と協議を行い、効率的な搬送管の占用方法について協力を求める

③ まちづくりとエネルギーの面的利用の事業化段階

- 通常のエネルギーの面的利用と比較して、搬送管整備のために建設コストが割高となる部分については、省エネルギー、省CO₂の観点から内部効果の外部化として国による支援制度の創設・活用を図ることにより、事業採算性の確保を図る

3.3 エネルギーの面的利用の役割・機能拡大のための施策展開

集約型都市構造への転換が国の都市づくり施策の目標として掲げられており、人口、産業等の諸機能を集約拠点に集結させるための重点的な市街地整備を促進する施策が充実されつつある。この市街地整備を契機として、面的な省エネ・省CO₂対策の促進、都市機能の永続性を支援する都市マネジメントの普及、安全・安心な生活・就業環境の形成を図るまちづくりのあり方に注目が集まっており、このようなまちづくりの要請に応えるためにもエネルギーの面的利用の導入を支援することが必要である。

(1) エネルギーの面的利用に期待されている役割・機能と今後の方向性

① より広範囲なエネルギーの面的利用への展開

- 地区単位のエネルギーの面的利用としての効率向上を推進することに加え、エネルギーの面的利用地区同士を結びつけ、面的拡大、規模拡大を図ることによる一層の省エネルギー、省CO₂の推進や、冷房排熱等を河川・下水等に放出することによるヒートアイランド現象の緩和を促進する。

② 多様な主体による継続的な街の管理運営(タウンマネジメント)への貢献

- 良好なまちづくりの推進を目指し、地域の多様な主体による継続的かつ適切な管理・運営としてタウンマネジメントを進めていくための体制づくり、計画づくりとタウンマネジメントの中で大きな役割を担うエネルギーの面的利用によるエネルギーマネジメントを推進する。

③ 安全・安心なまちづくりへの貢献

- 地震・災害に強い都市を構築していくため、エネルギーの面的利用の供給施設を核とした防災拠点としての位置づけを明確にするとともに、エネルギーの面的利用による災害時に活用できる水の保有、災害時におけるエネルギー供給の安定的確保等の役割、機能の強化・確保を図る。

(2) 都市の地球温暖化対策、ヒートアイランド対策との連携

① CO₂削減施策との連携

- 地域におけるエネルギーの面的利用の取組みは、京都議定書目標達成計画に謳われている「省CO₂型都市づくり施策」の一環として進められることが重要である。
- したがって、「地球温暖化対策の推進に関する法律」(平成10年10月9日法律第117号)に基づき、その区域の自然的社会的条件に応じて、温室効果ガスの排出の抑制等のための総合的かつ計画的な施策を定めた「地球温暖化対策地域推進計画」の中に、地域におけるエネルギーの面的利用促進を明確に位置づけ、都市開発等に合わせてエネ

ギーの面的利用の導入が確実に検討される制度的しくみを構築しておくことが必要である。

② ヒートアイランド施策との連携

- 近年、大都市ではヒートアイランドに代表される都市環境問題が顕在化しており、東京都では、平成15年3月に地域別の排熱等の状況を示した熱環境マップを作成し、ヒートアイランド緩和に向けた都における率先行動と民間と協働した施策を計画的に推進している。また、民間建築主や設計者も対象とした「ヒートアイランド対策ガイドライン」（平成17年7月）を策定し具体的対策を展開している。
- このような熱環境マップの作成や具体的対策の検討に当たって、エネルギーの面的利用の持つ意味は大きく、情報の共有化を図りつつ、国、地方公共団体、民間との連携をとった対策立案が必要である。

（３）エネルギーの面的利用の役割・機能拡大のための施策展開

国や地方自治体の施策においてエネルギーの面的利用に期待されている新たな役割・機能を拡大するために、モデル的な取り組みや支援方策を充実することが必要である。

＜まちづくりに合わせたエネルギーの面的利用の支援施策例＞

① 地区単位ならびに地域としての省エネルギーの推進

- エネルギーの面的利用導入地区において、継続的に効率向上を目指すことに加え、エネルギーの面的利用地区間の連携・ネットワーク化を進め、地域全体としてのエネルギーの利用効率の向上を図ることが重要である。
- また、エネルギーの面的利用地区を核とした周辺建物のエネルギー管理をITを活用して実施することにより、より広い地域での省エネルギーが進展することも期待される。
- 上記したような取り組みの積極的に誘導する観点から、効果的な実現が期待される候補地区の選定と具体的な計画・実施を後押しする施策を整備することが求められる。

② 省エネ・省CO₂に効果的なタウンマネジメントの普及促進

- 街の持続的発展、公共施設等の維持管理コストに対する認識の高まりを背景にして、都市開発地区等の面的な都市の魅力を高めるとともに、街を少ないコストで維持管理するためのタウンマネジメントの取り組みが広がりつつある。
- タウンマネジメントにおけるエリア・エネルギーマネジメントの取り組みとして、ライフサイクルとしての地域、建物のエネルギー消費、エネルギーコストの削減、環境負荷の低減のための手段およびその検証方法としてエネルギーの面的利用システムを位置づけ、その導入・活用を図ることが有効である。

- 上記したような省エネ・省CO₂に効果的なタウンマネジメントを新たな都市開発地区のみならず既成市街地においても普及促進を図る観点から、地権者やビルオーナーの協議体制づくりに向けたコーディネートや継続的な支援施策が必要である。

③ 地震・災害に強い都市づくりにおける防災拠点としての位置づけと防災機能の強化

- 長寿命の堅固な建物内に形成される良好なエネルギー設備と常駐するオペレーターを擁するエネルギーの面的利用の供給施設は、災害発生の防止に寄与するとともに地域の防災拠点として相応しい地点であり、また災害時に活用できる大量の水や非常災害時の電源も保有していることから、高い防災機能を有しており、今後ますます高まる都市防災機能の強化・拡大を図る上で欠かすことのできない施設と位置づけられる。
- エネルギーの面的利用の持つ省エネ、環境負荷の軽減効果に加え、都市防災機能の強化の面からも有効な導入施策が必要である。

④ 地域情報データベースの整備・面的利用促進地域(アクションエリア)の指定

- 地域における熱の面的利用の普及を目指すためには、行政が中心となり、面的利用実施に必要な地域情報を整備し、公開することが有効である。面的利用実施に必要な地域情報とは、面的利用が適している地域(面的利用適地抽出結果)、地域の再開発計画、地域の未利用熱源情報等がある。
- 面的利用が適している地域については、面的利用促進地域(アクションエリア)に指定し、重点的な対策を実施することが有効である。

(4) まちづくりにおける建物用途混合と負荷平準化

同地区に異なる用途の建物を混在化させることにより、面的利用の効果を向上させることができるため、可能ならば、まちづくりにおいて、建物用途の混合を促進することが望ましい。

① 建物用途混合によるメリット①：熱源装置容量の縮減

- 各施設のピーク需要がずれることにより、ボイラや冷凍機など熱源装置の容量合計を小さくすることができる(下図参照)。

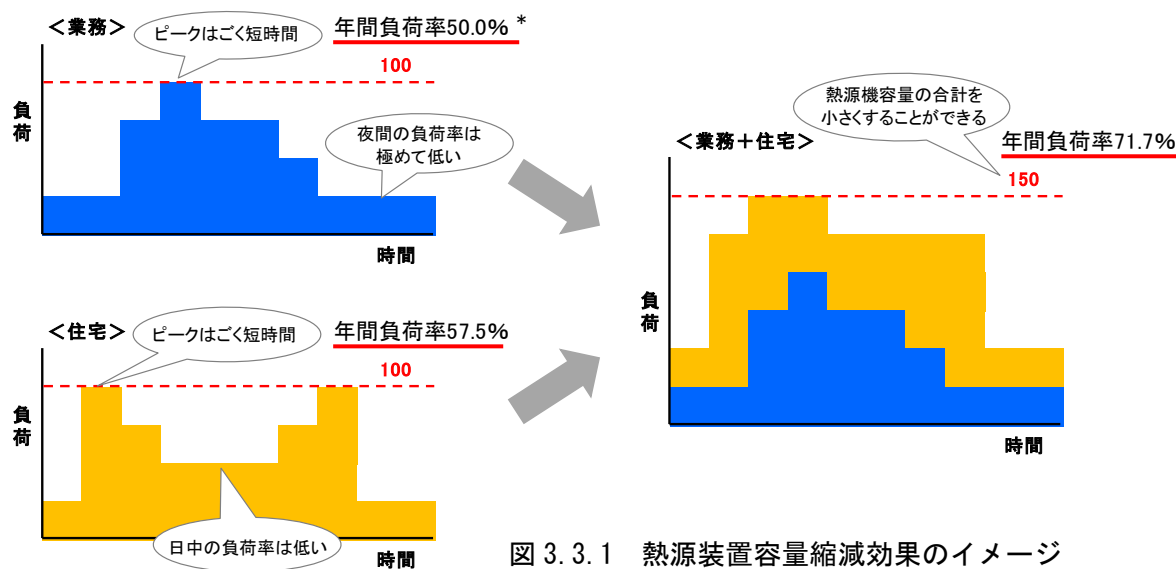


図 3.3.1 熱源装置容量縮減効果のイメージ

$$* \text{年間負荷率}[\%] = (\text{年間発生熱量}[\text{MJ}] / \text{最大熱負荷}[\text{MJ/h}]) / \text{年間時間}[8,760\text{h}] \times 100$$

用途混合によるピーク需要の削減効果試算例を示す。事務所10,000㎡、店舗10,000㎡、ホテル10,000㎡、病院10,000㎡の組み合わせであるが、冷房で約7%、暖房で約5%、給湯で約34%の装置容量削減の可能性がある。

	建物1	建物2	建物3	建物4	単純積算 [kW]	合成値 [kW]	ピーク削 減量[kW]	ピーク削 減率[%]
建物名称	aa	dd	gg	fff	—	—	—	—
建物用途	事務所(標準)	店舗	ホテル	病院	—	—	—	—
延床面積 [㎡]	10,000	10,000	10,000	10,000	40,000	40,000	—	—
電力	554	700	500	500	2,254	2,130	123	5.47
給湯	163	233	1,163	465	2,024	1,332	692	34.19
暖房	835	930	779	953	3,497	3,332	165	4.71
冷房	1,215	1,395	872	1,047	4,529	4,218	311	6.87

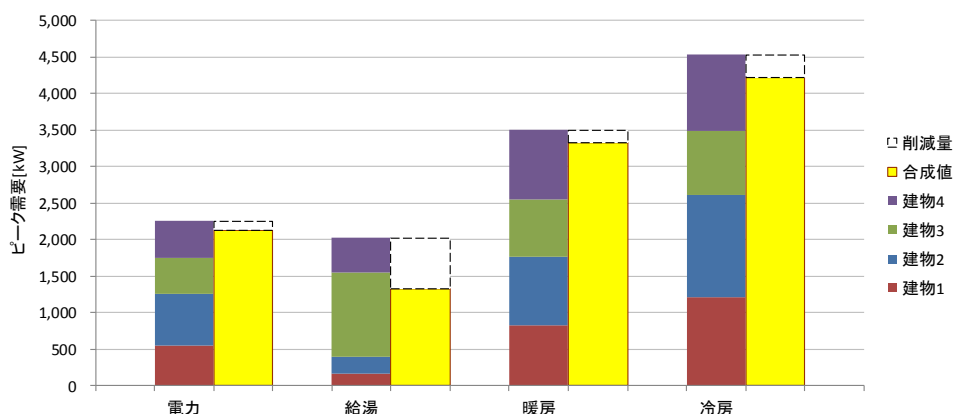
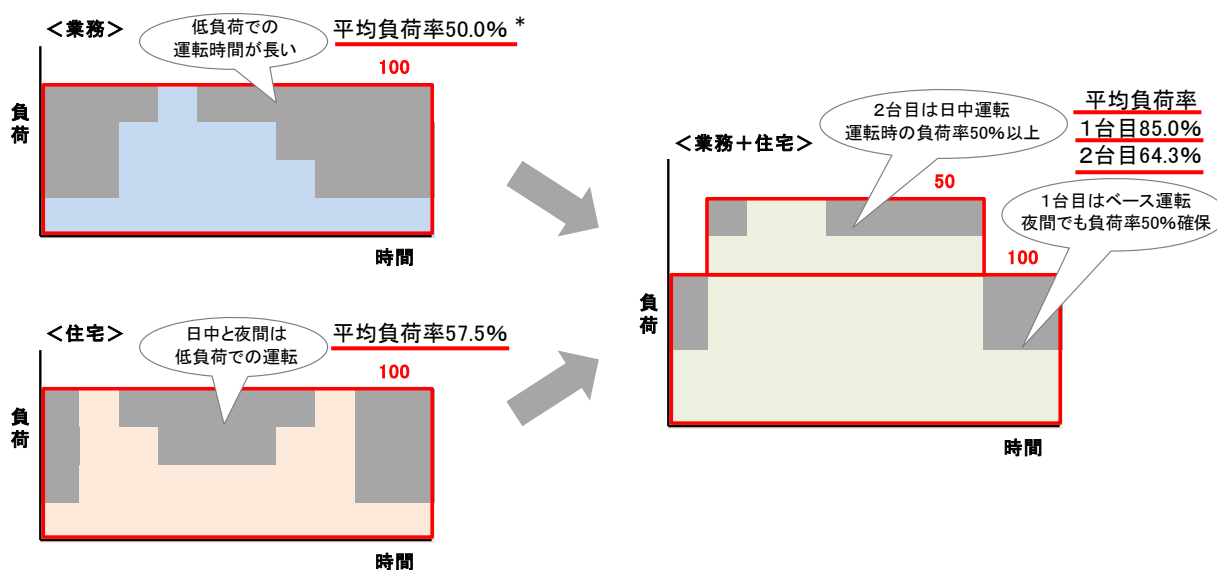


図3.3.2 用途混合によるピーク需要の削減効果試算例

② 建物用途混合によるメリット②：熱源装置の運転効率の向上

- 低負荷の時間帯が減り、適切な熱源装置の台数分割と組み合わせて、熱源装置の運転効率(COP)を向上させることができ、省エネ・省CO₂につながる(下図参照)。



*平均負荷率[%] = (年間発生熱量[MJ] / 最大熱負荷[MJ/h]) / 年間運転時間[h] × 100

③ 建物用途混合によるメリット③：熱源設備の稼働率向上による経済性向上

- 熱源装置の稼働率が向上し、地域冷暖房のような場合、設備投資に対する熱販売量が増加し、経済的なメリットがある。

④ 建物用途混合によるメリット④：未利用エネルギーの受け入れ

- 需要時間帯が増えることにより、清掃工場排熱など昼夜・季節を問わず発生する未利用エネルギーを受け入れやすくなる。

3.4 面的利用を推進するための方策

(1) 面的利用推進に向けた関係者の役割

熱エネルギーの面的利用の普及促進を図るためには、地方公共団体だけでなく、地域の再開発事業者や熱融通事業者、未利用エネルギー提供事業者(清掃工場、下水道管理者等)、国(国土交通省、経済産業省、環境省等)等が一体となった取り組みが必要である。

以下に熱エネルギーの面的利用の普及に向けて関係者に望まれる役割を示す。

表 3.4.1 熱エネルギーの面的利用に向けた関係者の役割

地方公共団体	○ 地域情報データベースの整備・公開 ○ 熱エネルギー面的利用の普及啓発 ○ 公共施設を核とした先導的事業の実施 ○ 熱エネルギー面的利用普及施策の展開 (以下施策例) ・ 重点実施エリア(アクションエリア)の設定 ・ 開発事業者に対するエネルギー面的事業化検討の要請
開発事業者 (建物オーナー)	○ 再開発・建替計画時における面的利用事業化検討の実施 ○ 面的利用実施事業者(エネルギー事業者等)に対する再開発・建替に関する情報提供
面的利用事業者 (エネルギー事業者等)	○ 開発事業者が行う事業化検討への協力 ○ 地域の省エネ・省CO₂に資する面的利用の事業化に対する協力
近接の未利用エネルギー 提供事業者	○ 開発事業者等が利用可能なエネルギーに関する情報(所在地、熱量、熱量の変動状況、利用条件、担当窓口など)の提供
国等	○ 熱エネルギー面的利用事業実施に係わる支援制度の充実・拡大 ○ 熱融通配管の道路横断に関する規制緩和 ○ 熱融通のメリットの公平な分配制度の創設

(2) まちづくり段階に応じた面的利用の検討

有効な熱の面的利用の実現のためには、まちづくりの構想段階から面的利用の基本構想を検討し、都市計画マスタープランなどに位置づけることが必要である。

以下に、熱の面的利用において取り組むべき検討内容をまちづくりの構想段階・計画段階・実施段階に分けて整理する。

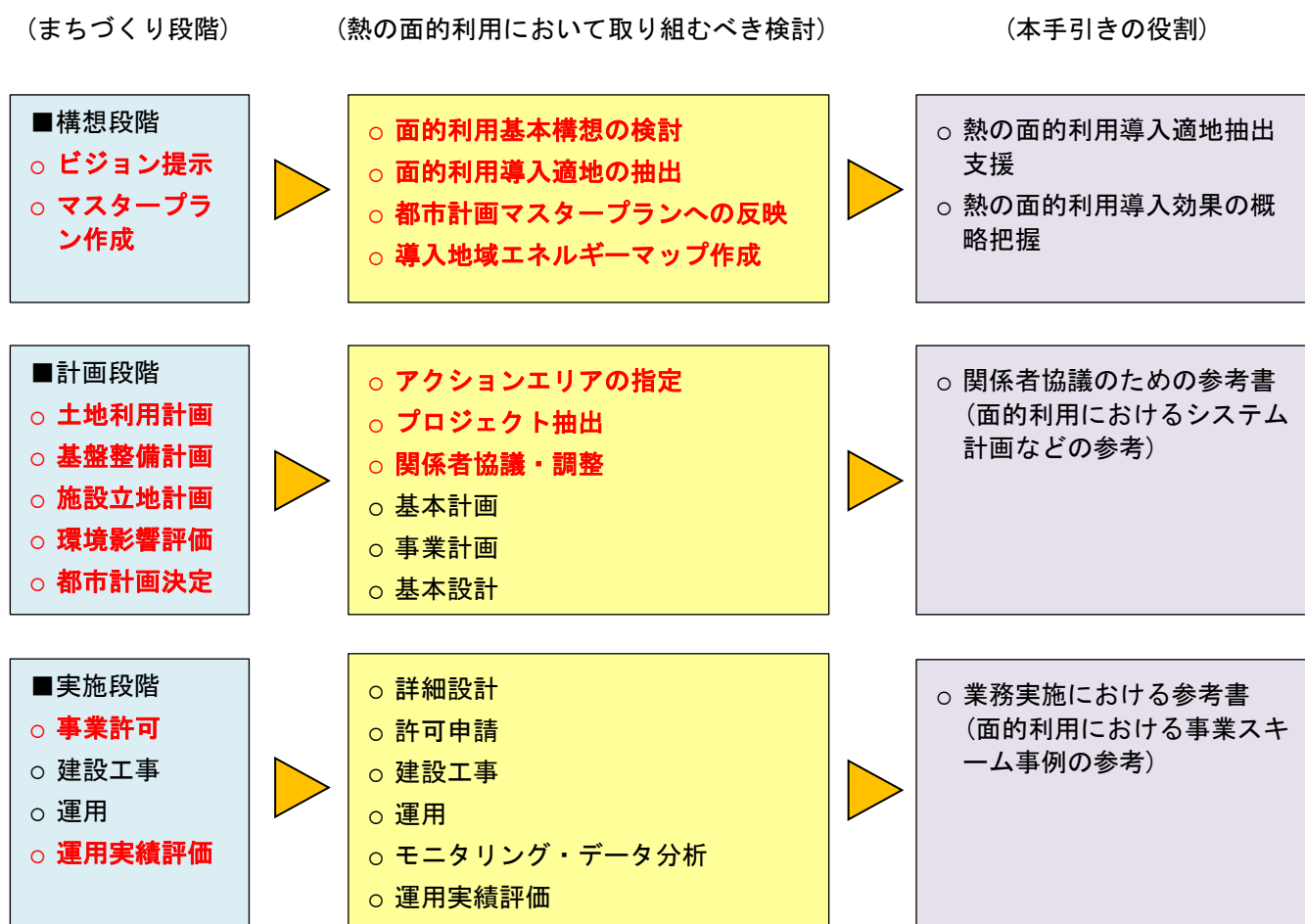


図3.4.1 まちづくり段階に応じた面的利用検討フロー

※赤字が主に自治体まちづくり関係者の役割。その他は民間事業者等

4. 熱エネルギー面的利用の導入適地検討

熱エネルギー面的利用の導入適地には、“施策としての導入適地”と“個別プロジェクトとしての導入適地”が考えられる。

施策としての導入適地は、都市計画マスタープランなどで『熱エネルギー面的利用促進地域（アクションエリア）』に指定し、面的利用を積極的に導入推進していく地域である。

一方、個別プロジェクトでは、アクションエリア内外を問わず、企画構想段階で面的利用の導入適性を検討する必要がある。

導入適地の検討は、以下のような手順となる。

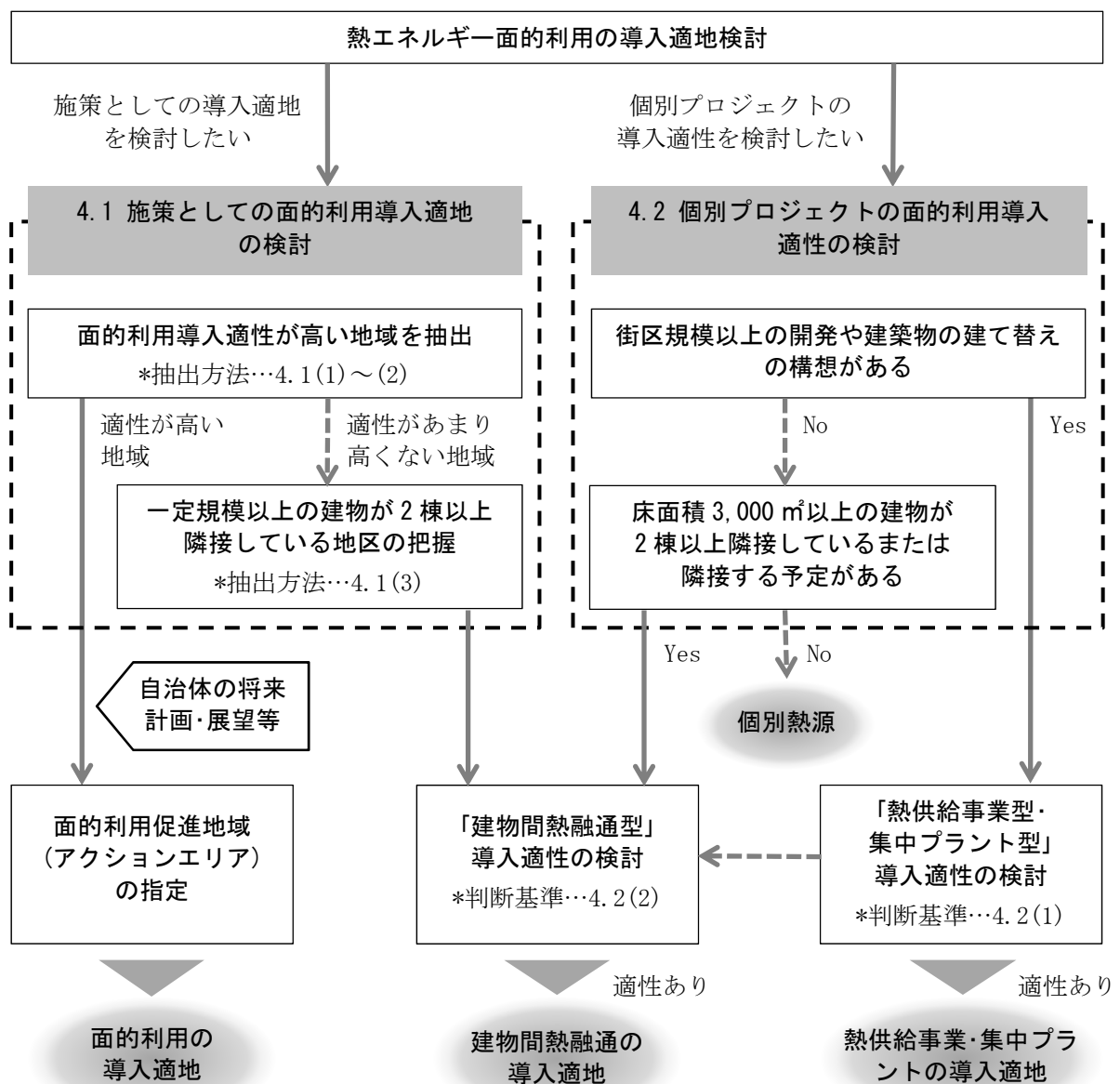


図4.1.1 熱エネルギー面的利用導入適地の検討フロー

4.1 施策としての面的利用導入適地の検討

都市の低炭素化を進めるには地域でエネルギーを効率的に利用する必要があり、その考えを都市計画マスタープラン等に盛り込んでいくことが重要である。その一手法として、「熱エネルギー面的利用促進地域(アクションエリア)」を指定し、その地域を中心に熱エネルギーの面的利用を積極的に展開していくことが有効である。

また、アクションエリアに含まれていない地区でも、一定規模以上の建物が2棟以上隣接している地区は、建物間熱融通を導入できる可能性があり、そのような地区も事前に把握しておくが良い。

■ 施策としての面的利用導入適地の検討(都市計画マスタープラン作成時など)

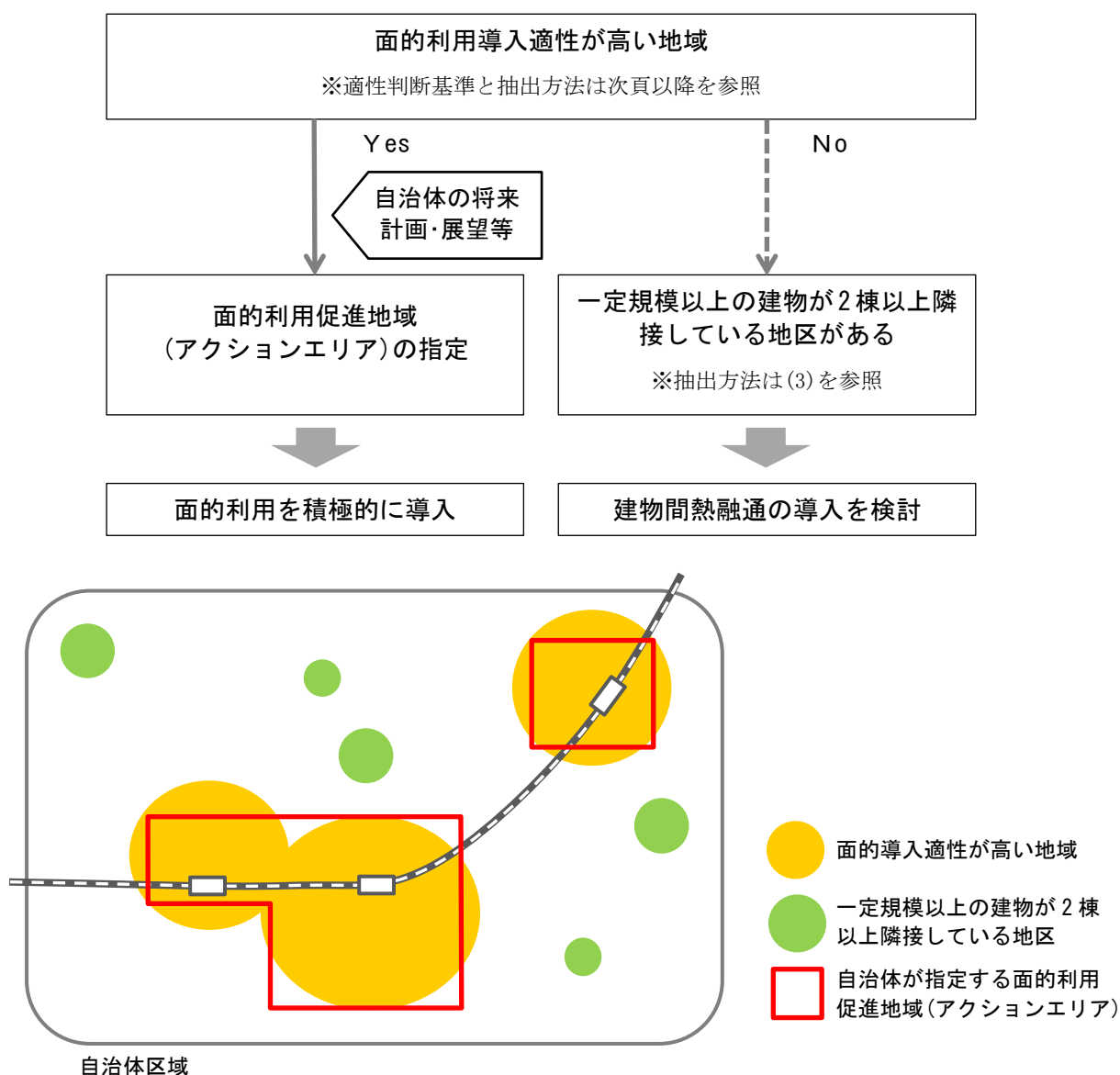


図4.1.2 施策としての導入適地検討イメージ

面的利用の導入適性が高い地域の判断基準例として、以下のような事項が考えられる。

表4.1.1 面的利用の導入適性が高い地域の判断基準(例)

現状の土地利用から見た場合	熱負荷密度が高い地域…(1) 例) 地域面積2.5ha以上(町丁目相当)の地域で、熱負荷密度が4.2TJ/ha・年以上またはグロス容積率100%以上 など
都市の集約化なども含めた将来的な都市計画から見た場合	法定容積率が高く設定されている地域…(2) 例) 法定容積率500%以上 など
未利用エネルギーの有効利用から見た場合	未利用エネルギー源から近い地域 例) 清掃工場や下水処理場から1km以内 など

(1) 熱負荷密度が高い地域と(2) 法定容積率が高く設定されている地域について、以下に適地抽出事例を示す。

(1) 熱負荷密度が高い地域

<抽出基準の例>

地域面積2.5ha以上(町丁目相当)の地域で、熱負荷密度4.2TJ/ha以上

<抽出手順>

① 建物用途別床面積の集計

各自治体の建物現況調査、固定資産台帳等を活用し、建物用途別の延床面積を地域(町丁目)ごとに集計する。

② 都市的土地利用面積の算出

土地利用現況調査等を活用して地域(町丁目)ごとに土地利用別面積を集計し、そこから河川・水面および樹林地等を除いた『都市的土地利用面積』を算出する。

③ 年間熱需要の算出

①建物用途別床面積に、下表の建物用途別エネルギー消費原単位を乗じて地域(町丁目)ごとの年間熱需要を算出する。

表4.1.2 建物用途別エネルギー消費原単位

[MJ/m²・年]

	住宅	医療	業務	商業	宿泊	娯楽	文化	教育
暖房	71	335	247	147	335	180	360	239
給湯	201	862	8	96	251	268	0	0
冷房	75	515	553	523	419	293	180	92

(出典:平成19年度経済産業省「未利用エネルギー面的活用熱供給適地促進調査等事業報告書」)

④ 熱負荷密度

③年間熱需要を②都市的土地利用面積で除して地域(町丁目)ごとの熱負荷密度を算出する。

⑤ 熱負荷密度が高い地域の抽出

④熱負荷密度が4.2TJ/ha・年となる地域(町丁目)を抽出する。

なお、地域(町丁目)別の床面積データが用途別に分類されていない場合は、「グロス容積率100%以上」という基準で代替することもできる。

$$\text{グロス容積率}[\%] = \text{地域(町丁目)別床面積}[\text{m}^2] \div \text{地域(町丁目)面積}[\text{m}^2] \times 100$$

<抽出結果：調布市の例>

駅を中心に線路沿線の地域が抽出されている。

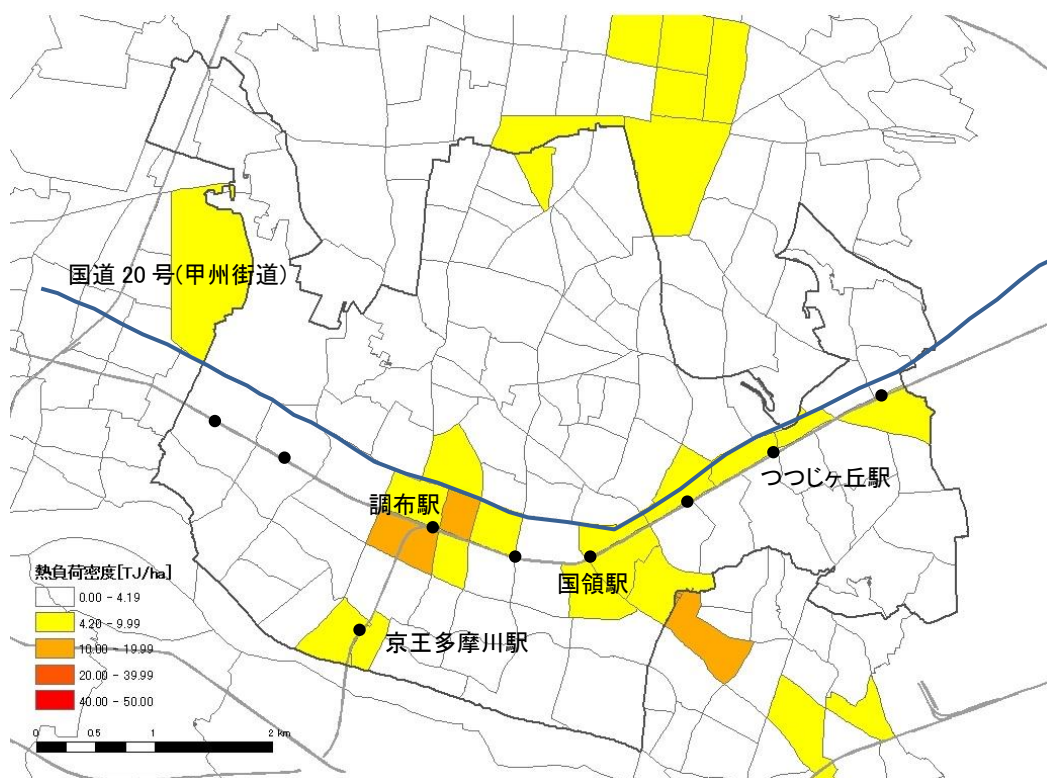


図 4.1.3 熱負荷密度 4.2TJ/ha・年以上の地域抽出結果(調布市の例)

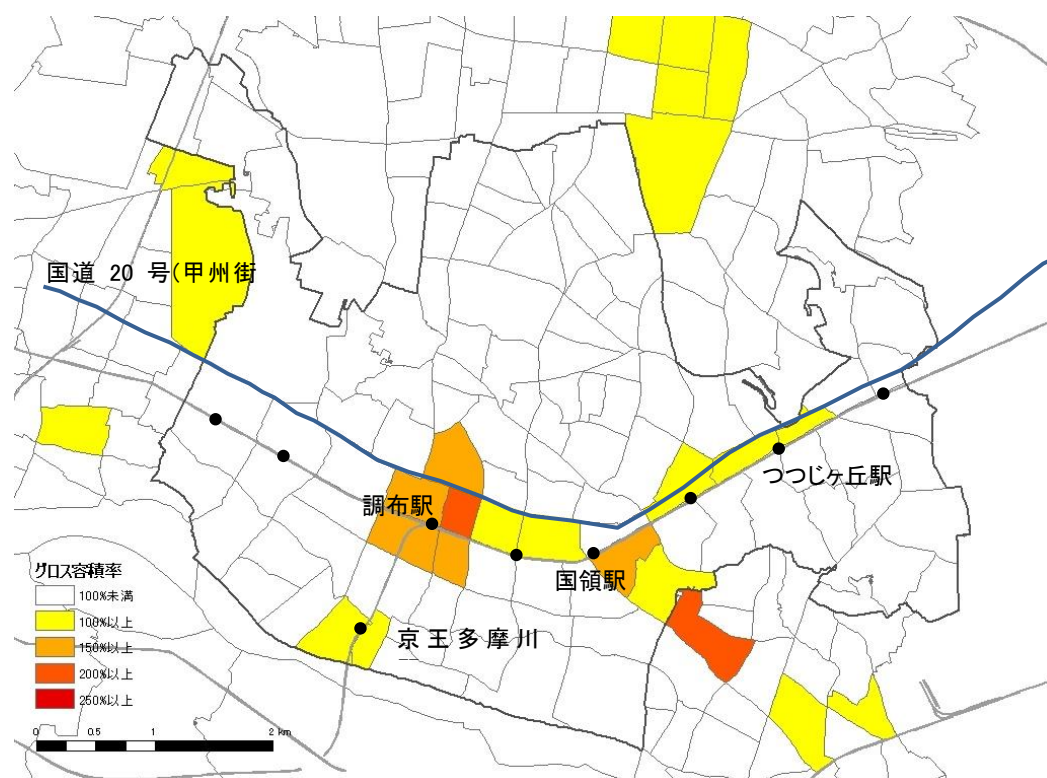


図 4.1.4 グロス容積率 100%以上の地域抽出結果(調布市の例)

(2) 法定容積率が高く設定されている地域

現在の土地利用密度は低い場合でも、都市の集約化など将来の都市計画を踏まえて法定容積率が高く設定されている地域は、今後、熱需要が増加する可能性が高く、都市の更新に合わせて面的利用を導入していくことが望ましい。

<抽出基準の例>

法定容積率500%以上

<抽出手順>

都市計画図の用途地域種別容積率等を活用する。

<抽出結果：調布市の例>

法定容積率500%以上の場合は、調布駅周辺のみが抽出される。

法定容積率300%以上まで含めると、他の駅周辺地域も抽出される。

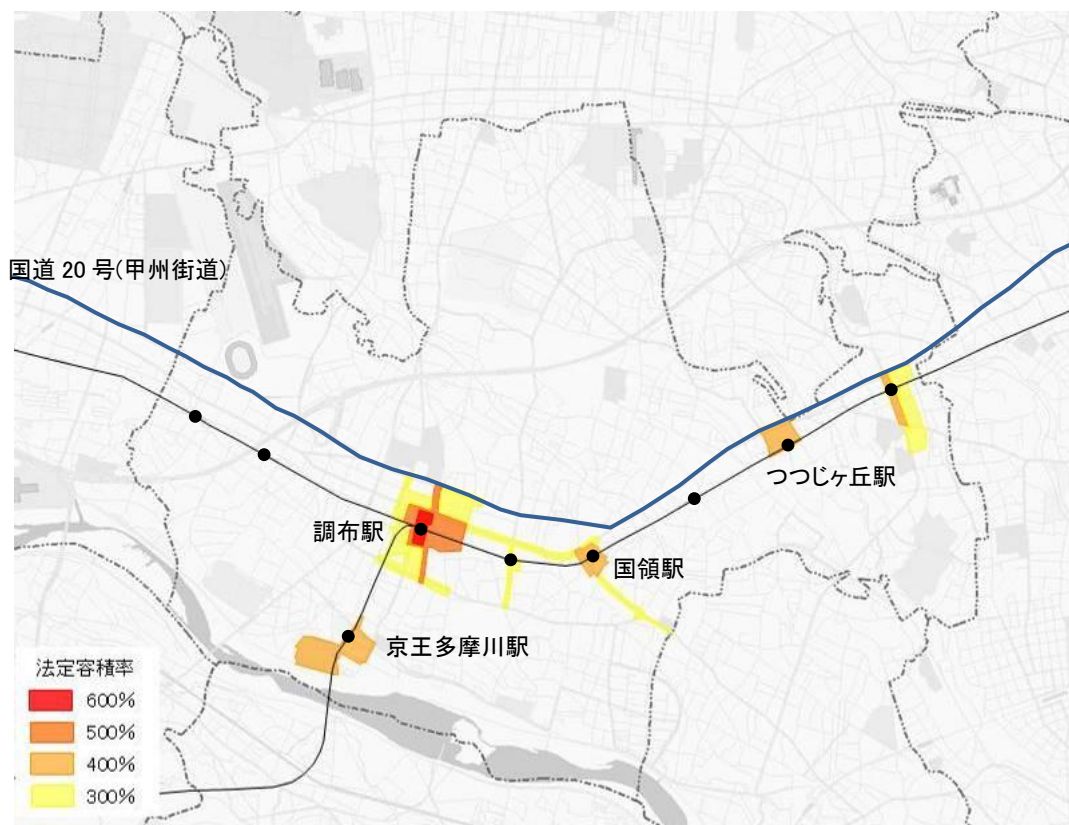


図 4.1.5 法定容積率 300%以上の地域抽出結果(調布市の例)

(3) 一定規模以上の建物が2棟以上隣接している地区の抽出

アクションエリアに含まれていなくても、一定規模以上の建物が2棟以上隣接している地区は建物間熱融通を導入できる可能性がある。そのような地区を事前に把握し、建物や熱源設備更新のタイミングに合わせて建物間熱融通の導入を検討できるように準備しておくことも必要である。

<抽出基準の例>

床面積3,000㎡以上の建物が2棟以上隣接している

※ 床面積の目安

3,000㎡以上<東京都旧指導要綱での加入協力義務>

10,000㎡以上(住宅20,000㎡以上)<東京都 地域におけるエネルギー有効利用に関する計画制度>

<抽出手順>

床面積3,000㎡以上の建築物の抽出には、建物現況のGISデータ(shapeファイル)等を活用する。床面積の実数が無い場合は、建築面積と階数を乗じた数値を代用する。

<抽出結果：調布市の例>

下図に統計データ等で床面積3,000㎡以上と想定される建物分布を、次頁に導入適性が高い地区を抽出した例を示す。

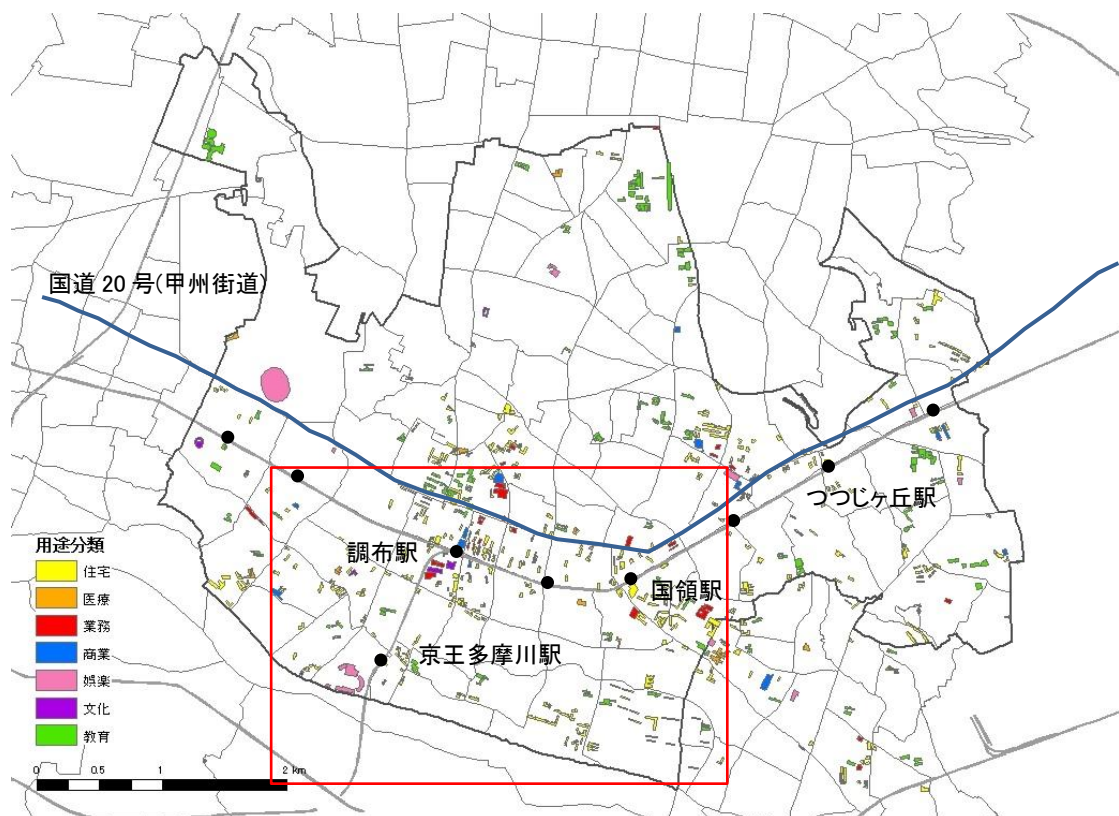


図 4. 1. 6 床面積 3000 ㎡以上と想定される建築物の分布(調布市の例)

ここでは、できるだけ建物用途が異なり、熱を融通する建物の間に他の建物を挟まない地区を抽出している。

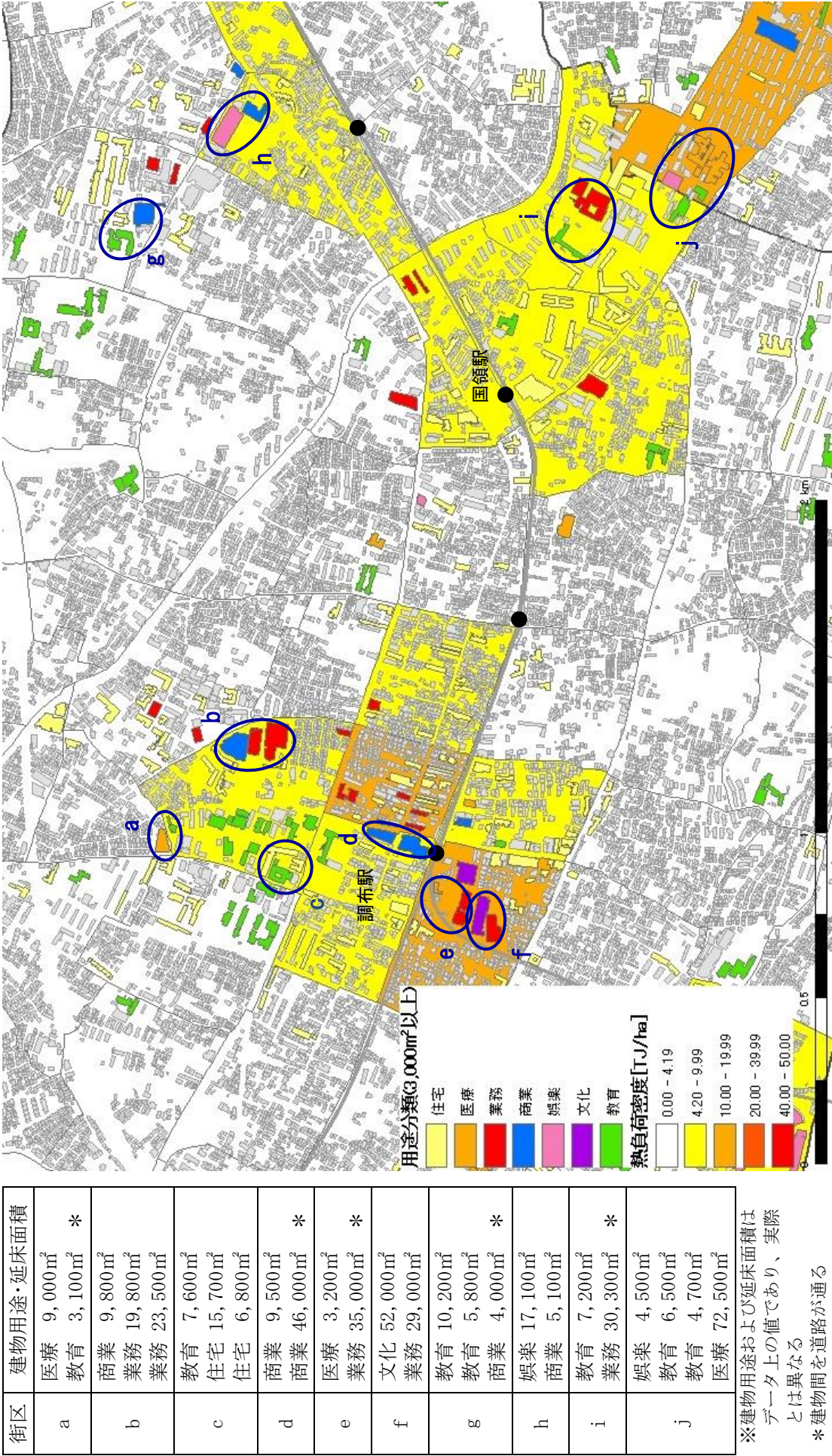


図 4.1.7 「建物間熱融通型」の導入適正が高いと考えられる地区の抽出例(調布市の例)

4.2 個別プロジェクトにおける熱エネルギー面的利用導入適性の検討

熱エネルギー面的利用促進地域に該当する地域で面的利用を積極的に導入していくことはもちろんのこと、該当しない地域でも導入に適している地区が存在するため、個別プロジェクト単位で面的利用導入の適性について検討する必要がある。

熱エネルギー面的利用には、ある程度まとまった規模が必要な「熱供給事業型・集中プラント型」と、建物2棟から可能性がある「建物間熱融通型」がある。いずれの面的利用の導入適性があるかを以下の手順で判断する。

なお、「地域冷暖房・地点熱供給」の導入適性がある地区は、「建物間熱融通」の導入も可能である。

■ 個別プロジェクトの面的利用導入適性の検討

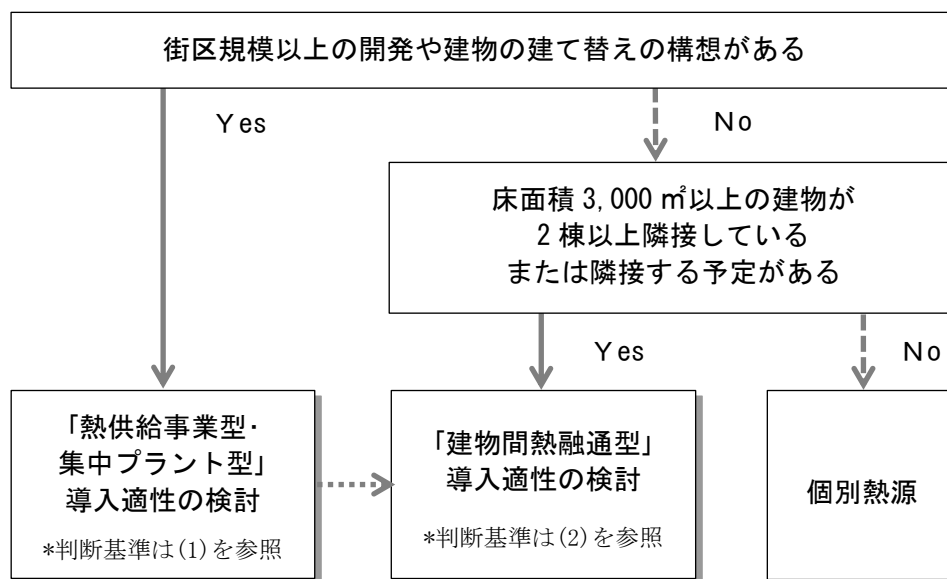


図4.2.1 個別プロジェクトの面的利用導入適性の検討フロー

(1) 「熱供給事業型・集中プラント型」導入適地の検討

対象地域の「熱供給事業型・集中プラント型」面的利用導入適性については、開発計画や建て替え計画に基づいて検討する。適性判断項目には、下表のように「必須項目」と「考慮したい項目」がある。

表4.2.1 「熱供給事業型・集中プラント型」面的利用の導入適性判断項目

	項 目	判断基準
必須項目	熱源方式	＜面的利用に既存建物を含める場合＞ 既存建物の熱源方式がセントラル熱源方式であること。
考慮したい項目	建物用途	用途が混合している。
	周辺道路	地域導管の敷設のためには供給エリア内の幹線道路は少ない方がよい。
	未利用エネルギー源	清掃工場や下水処理場などの未利用エネルギー源から近い(1km以内)場合は、活用の可能性を検討する。

(2) 「建物間熱融通型」導入適地の検討

対象地域の「建物間熱融通型」面的利用導入適性については、目視調査やアンケート調査に基づいて検討する。適性判断項目には、下表のように「必須項目」と「考慮したい項目」、「注意項目」がある。

表4.2.2 「建物間熱融通型」面的利用の導入適性判断項目

	項 目	判断基準
必須項目	熱源方式	セントラル熱源方式である。
考慮したい項目	建物間距離	建物間の距離が近い。 熱融通を行う建物間に他の建物を挟まない。(導管を迂回させない)
	建物用途	用途が混合している。または、今後、用途混合する可能性がある。
	未利用エネルギー源	ある程度の供給規模があると、清掃工場や下水処理場などの未利用エネルギー源から近い(1km以内)場合は、活用の可能性がある。
注意項目	周辺道路	供給規模がそれほど大きくないため、大きな道路を横断する場合には、集中熱源以上に地域導管の建設負担が大きくなる。地域導管の建設負担を小さくする工夫が必要である。

(参考) 建物規模別熱源方式割合

5,000㎡以下でも集中熱源方式が導入されている建物がある。

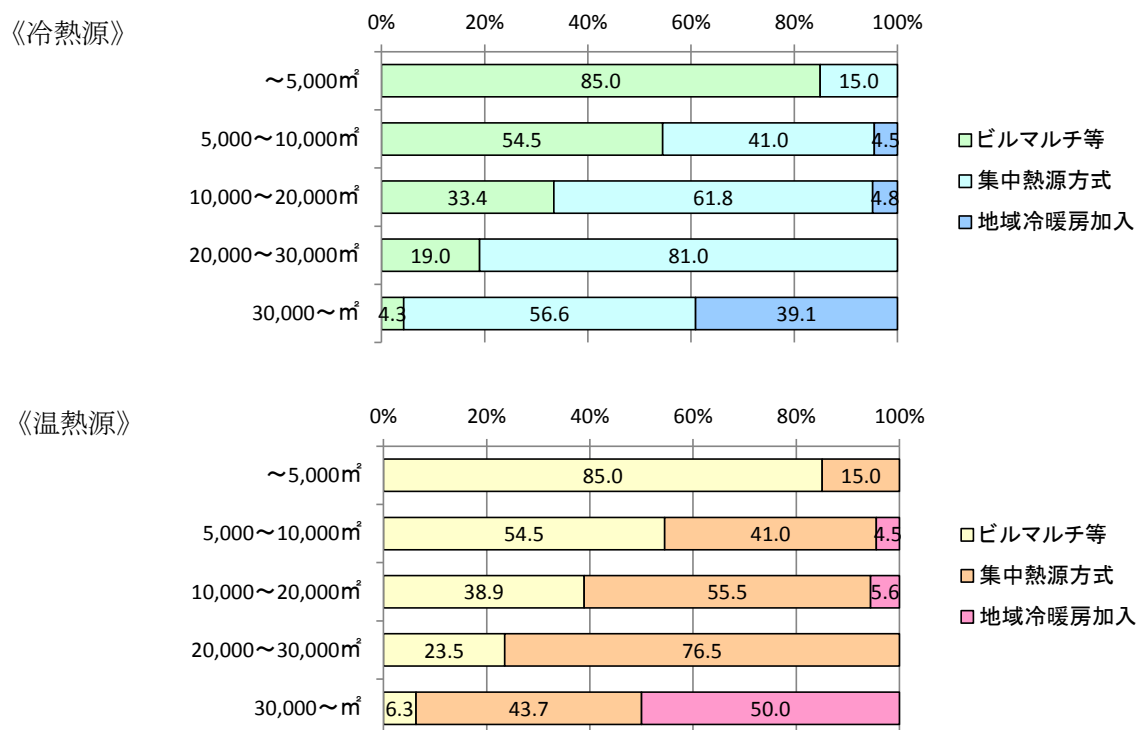


図 4.2.2 建物規模別熱源方式割合

出典：事務所建築における竣工設備データ(2004 建築設備情報年鑑)

＜目視調査による適性検討＞

対象地区について、航空地図や現地写真(グーグルアース等利用)、現地調査等によって、建物規模、道路条件、建物用途等を確認する。



図4. 2. 3 調布市の例(調布駅周辺建物)

出典:電子国土

＜アンケート調査等による詳細検討＞

目視調査だけではわからない熱源方式や設備稼働年数、今後の設備更新計画などについて、個別アンケート調査やヒアリング調査を行う。

■アンケート・ヒアリング項目例

○ 必ず確認する内容

- 建物の竣工年
- 熱源方式(選択式：各方式の簡単な説明を付加)
- 熱源設備の構成(ボイラ○台、冷凍機○台など簡単な内容)

○ 可能な範囲で確認する内容

- 熱源設備の仕様(種類、台数、容量等)
- 熱源設備の更新年
- 契約電力量
- エネルギー消費量(電力、ガス、その他燃料の年間値、可能ならば月別)
- 今後の設備更新計画

熱エネルギー面的利用に関するアンケート・ヒアリング調査票

1. 建物概要

名 称		
所 在 地		
所 有 者		
竣工年月	年	月
敷地面積	m ²	
建築面積	m ²	
延床面積	m ²	
床面積内訳	住宅：	m ²
	医療：	m ²
	業務：	m ²
	商業：	m ²
	娯楽：	m ²
	文化：	m ²
	教育：	m ²
	その他（ ）：	m ²

2. 熱源設備概要

熱源方式 該当するものに○ を付けてください	セントラル方式 ビルマルチ方式		
熱源設備構成	種 類	台 数	容 量
熱源設備更新年月	年 月		
エネルギー使用量	電力 契約電力量	kWh/年 kVA	
	都市ガス (種類 :)	m³/年	
	LPG	m³/年	
	灯油	L/年	
	重油	L/年	
	その他 ()		
今後の設備更新計画			

5. 熱の面的利用の導入効果試算例

ここでは、高い効果が期待できる面的利用の導入効果の試算例を示す。

以下の試算例は、専門家と協議した上で熱源設備を適切に計画した場合の導入効果である。
具体的なプロジェクトについての導入効果を検討する場合には、専門家の協力を得て、各地域の特性を踏まえた検討が必要である。

5.1 高い効果が期待できる面的利用のパターン例

ここでは、導入効果が期待される熱のエネルギーの面的利用の例として、以下の2パターンについて、導入効果の例を示す。

(1) 建物間熱融通(コージェネ排熱利用・高効率機器優先運転)

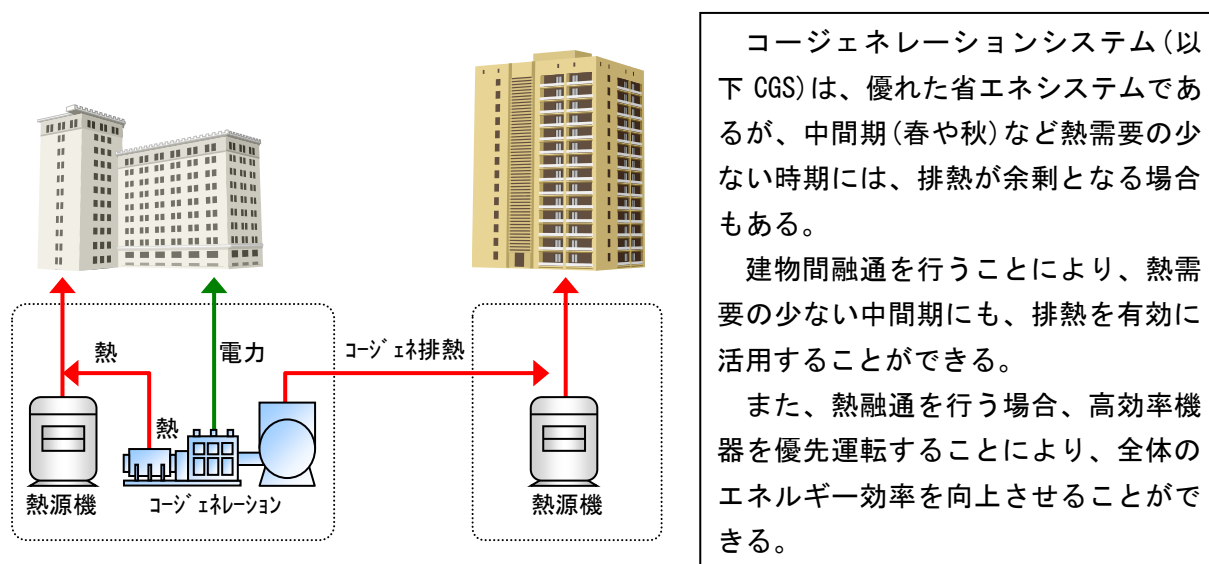


図5.1.1 建物間熱融通(コージェネ排熱利用/高効率機器優先運転型)システムイメージ

(2) 地域冷暖房(高効率機器導入・未利用エネルギー活用型)

コージェネレーション、蓄熱などの高効率エネルギーシステムに加え、未利用エネルギーとして清掃工場排熱利用を加えた地域冷暖房システムについて導入効果を検討する。

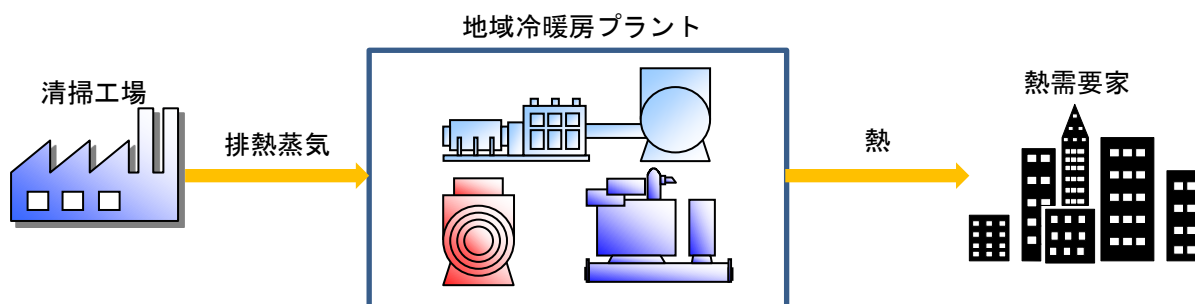


図5.1.2 未利用エネルギー活用型地域冷暖房システムイメージ

5.2 建物間熱融通の導入効果

コージェネ排熱を利用し、かつ、効率の高い機器を優先運転させることで、省エネルギー・省CO₂効果を高める建物間熱融通の導入効果例について示す。

(1) 検討条件

検討対象として20,000m²の業務施設と10,000m²のホテルを考える。業務施設側にコージェネを導入し、業務施設で使いきれない排熱を熱融通により、ホテルで利用する。

建物間の距離は50mとする。検討条件を以下に示す。

表5.2.1 検討条件

	建物1	建物2
用途	業務	ホテル
床面積	20,000m ²	10,000m ²
熱源方式	電動・吸収併用方式 (CGS有り)	吸収方式 (CGS無)
熱源の効率レベル	最新型効率	最新型効率×0.8
熱融通配管長さ	50m	

それぞれの熱源方式のフロー、機器構成、効率(COP)を以下に示す。

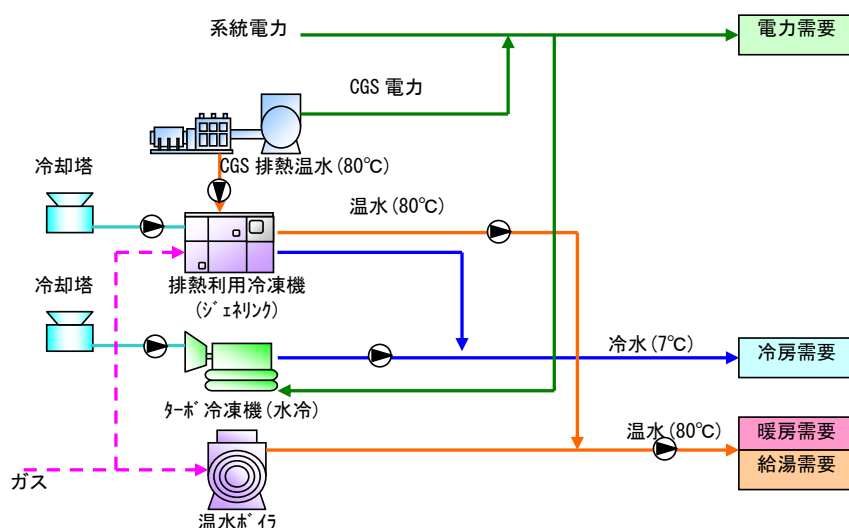


図5.2.1 建物1熱源方式フロー（電動・吸収併用方式/CGS有）

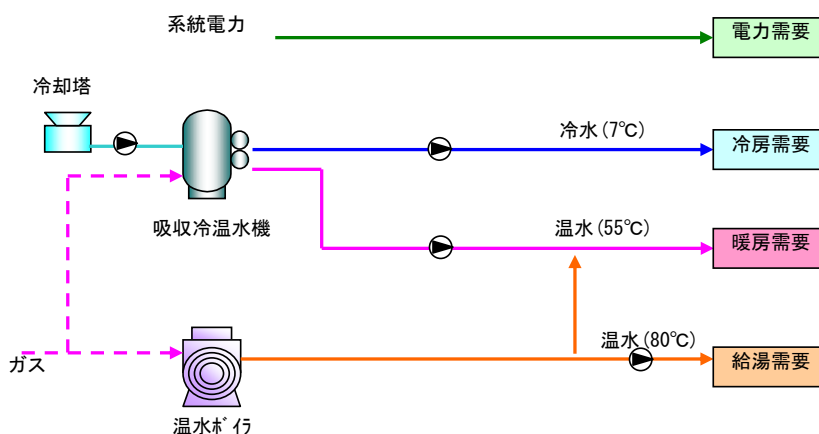


図5.2.2 建物2熱源方式フロー（吸収方式）

表5.2.2 各熱源の効率

		建物1	建物2
CGS (ガスエンジン)	発電効率(定格/低位基準)	0.4	—
	温水回収効率(同上)	0.4	—
ジェネリンク (排熱利用冷温水機)	冷熱	1.4	—
	温熱	0.92	—
	CGS排熱温水冷房変換効率	0.8	—
ターボ冷凍機	冷熱	6.0	—
吸収冷温水機	冷熱	1.4	1.12
	温熱	0.92	0.736
温水ボイラ	温熱	0.92	0.736

各建物の想定エネルギー需要(用途別最大・年間需要)を以下に示す。

エネルギー原単位出典：「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」

表5.2.3 建物1(業務施設)エネルギー需要〔東京〕

用途		業務			
延床面積		20,000 m ²			
最大 需要	電気	1,107 kW	年間 需要	電気	3,120 MWh
	給湯	326 kW		給湯	52 MWh
	暖房	1,669 kW		暖房	720 MWh
	冷房	2,430 kW		冷房	1,628 MWh
	温熱	1,676 kW		温熱	772 MWh
	熱計	2,434 kW		熱計	2,400 MWh

表5.2.4 建物2(ホテル)エネルギー需要〔東京〕

用途		ホテル			
延床面積		10,000 m ²			
最大 需要	電気	500 kW	年間 需要	電気	2,000 MWh
	給湯	1,163 kW		給湯	930 MWh
	暖房	779 kW		暖房	930 MWh
	冷房	872 kW		冷房	1,163 MWh
	温熱	1,523 kW		温熱	1,860 MWh
	熱計	1,550 kW		熱計	3,023 MWh

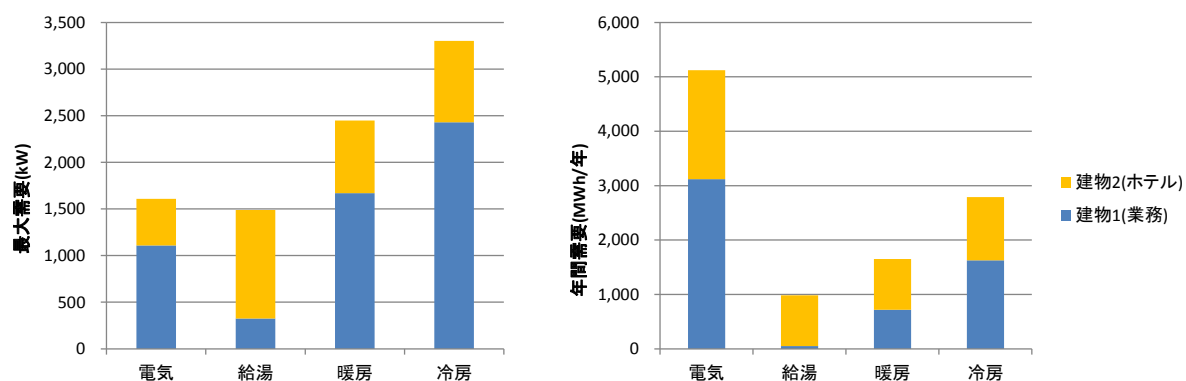


図5.2.3 用途別エネルギー需要(最大需要・年間需要)

以下に季節別の需要を示す。図は平日パターンのものである。業務施設と比較してホテルでは夜間に熱需要がある。

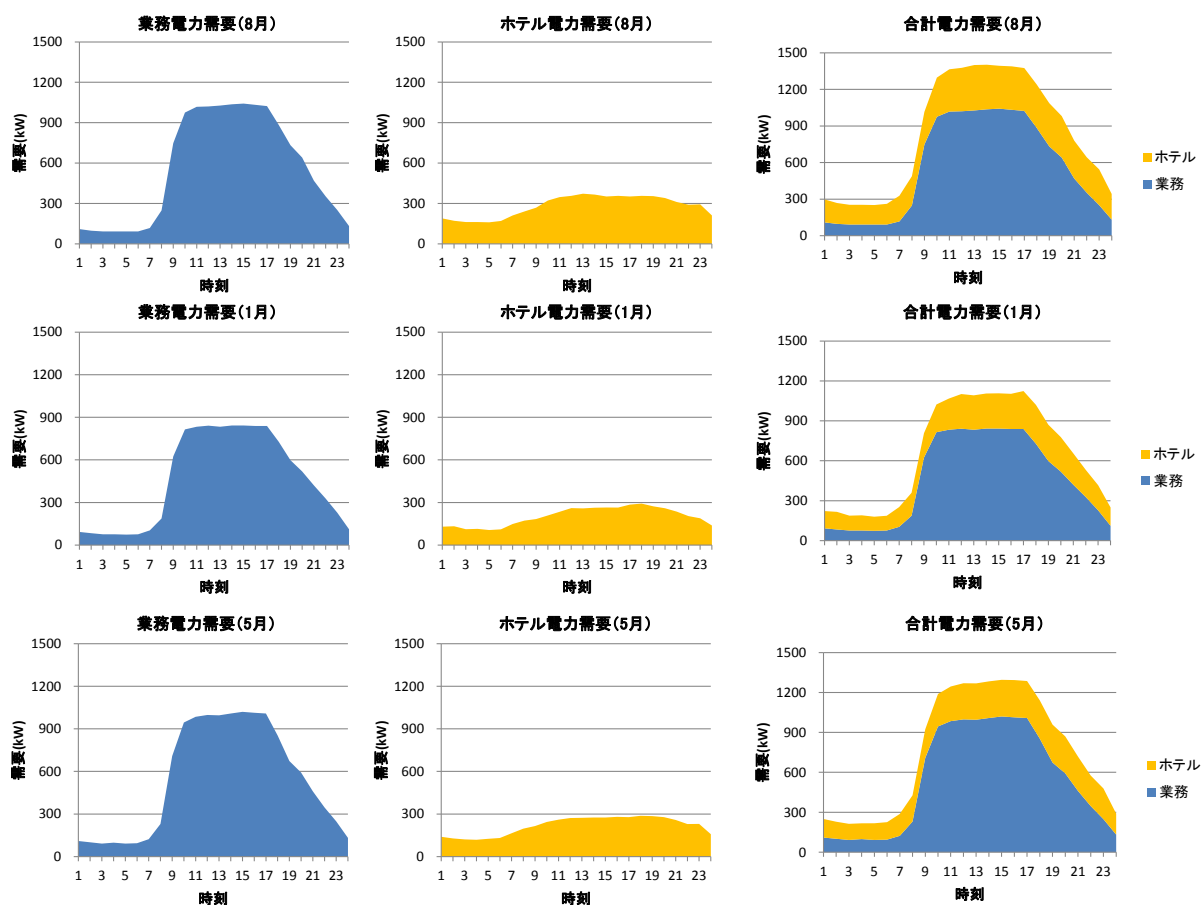


図5. 2. 4 電力需要

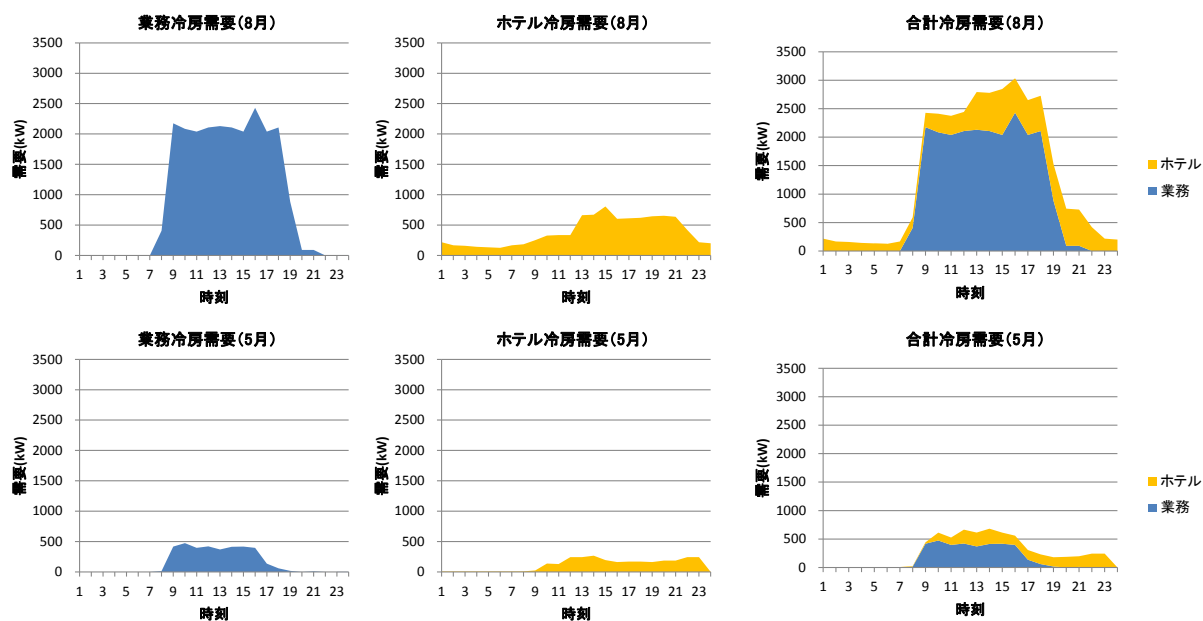


図5. 2. 5 冷房需要

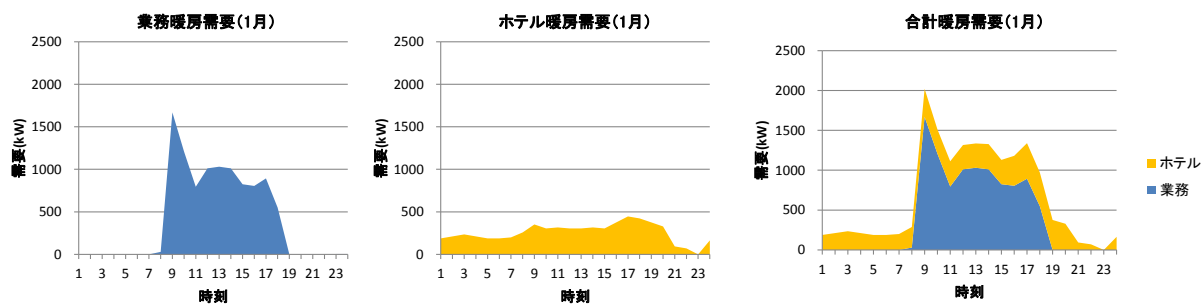


図5.2.6 暖房需要

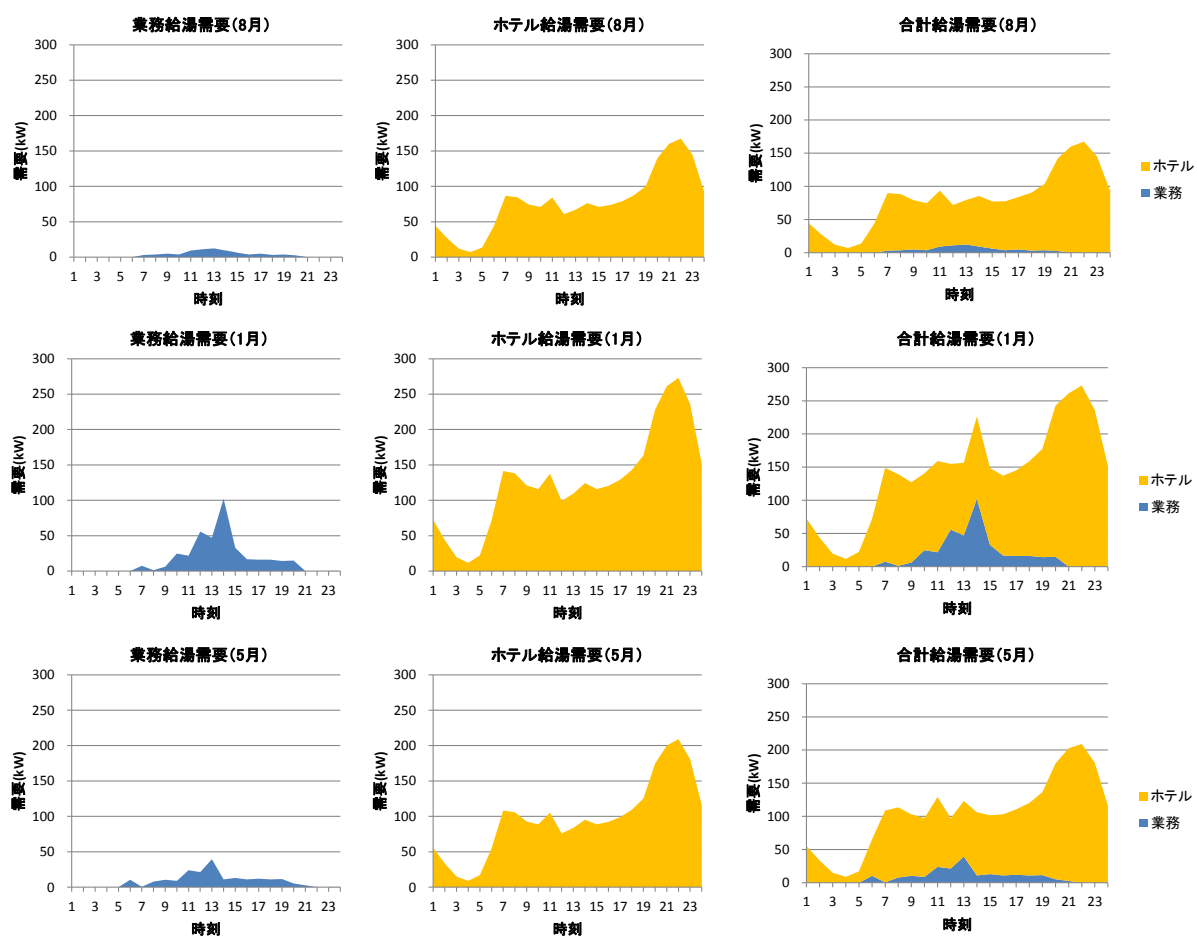


図5.2.7 給湯需要

(2) 検討結果

① 評価方法

ここでは熱需要のみを対象として、電力需要については評価の対象外とする。したがって、熱需要以外の電力需要(照明・動力・コンセント需要等)を発電によって賄うCGSについては、燃料消費量(ガス消費量)を熱需要を賄うために要したものと、電力需要を賄うに要したものに分割し、熱需要を賄うために要したガス消費量のみを評価の対象とする。

基本的に、CGSに投入したガスの一次エネルギー消費量から有効発電量(発電量－CGS補機電力)による電力一次エネルギー消費量を引いたものが、熱需要を賄うために要したCGSのガスの一次エネルギー消費量とし、ガス消費量については、一次エネルギー消費量をガスの一次エネルギー換算係数(ガスの高位発熱量)で除したものとした。

$$\begin{aligned} & \text{熱需要を賄うために要したCGSの投入ガスの一次エネルギー消費量(MJ/年)} \\ &= (\text{CGS投入ガス一次エネルギー消費量}(\text{GJ/年}) - (\text{CGS有効発電量一次エネルギー消費量}(\text{GJ/年})) \\ &= (\text{CGS投入ガス一次エネルギー消費量}(\text{Nm}^3/\text{年}) \times 45 \text{ (MJ/Nm}^3\text{)})^{*1} \\ & - ((\text{CGS発電量}(\text{kWh/年}) - (\text{CGS補機電力}(\text{kWh/年}))) \times 9.76 \text{ (MJ/kWh)})^{*2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{熱需要を賄うために要したCGS投入ガス消費量(m}^3\text{/年)} \\ &= \text{熱需要を賄うために要したCGSの投入ガス消費量(Nm}^3\text{/年)} \div 45 \text{ (MJ/Nm}^3\text{)}^{*1} \end{aligned}$$

*1 45 (MJ/Nm³) : 都市ガスの一次エネルギー換算係数(都市ガス13Aの高位発熱量)

*2 9.76 (MJ/kWh) : 省エネルギー法で定める電力の一次エネルギー換算係数

Nm³ : 標準状態(0℃1気圧)におけるガスの体積(ノルマルm³)

② 検討結果

CGSの運転状況をみると、2施設合計では、CGS発電量・排熱回収量とも同様であるが、利用量が異なる。熱融通を行わない場合、排熱利用量は年間平均で68.3%だが、熱融通を行うことにより、熱損失を除くと、CGSの排熱は100%利用されている。

表5.2.5 CGSの運転状況

		建物単独	熱融通
CGS発電量	MWh/年	1,460	1,460
CGS補機電力	MWh/年	82	82
CGS有効発電量	MWh/年	1,378	1,378
CGS排熱回収量	MWh/年	1,466	1,466
CGS排熱利用量(熱損失を除く)	MWh/年	1,001	1,466
CGS排熱利用率	%	68.3	100.0

熱需要のみに限って評価した場合、以下に導入効果の一覧を示す。省エネルギー率27.4%、CO₂削減率26.3%と非常に高い導入効果が期待できる。

表5.2.6 導入効果一覧(熱需要で評価した場合)

		建物1	建物2	合計	熱融通
電力需要	MWh/年			0	
冷房需要	MWh/年	1,628	1,163	2,791	2,791
暖房需要	MWh/年	720	930	1,650	1,650
給湯需要	MWh/年	52	930	982	982
買電量	MWh/年	358	565	924	920
ガス消費量	千m ³ /年	85	315	400	236
一次エネルギー消費量	GJ/年	7,322	19,680	27,002	19,608
省エネルギー量	GJ/年	—	—	—	7,394
省エネルギー率	%	—	—	—	27.4
CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	396	1,038	1,434	1,057
CO ₂ 削減量	t-CO ₂ /年	—	—	—	377
CO ₂ 削減率	%	—	—	—	26.3

一次エネルギー換算係数

電力	9.76 MJ/kWh	省エネルギー法
ガス	45 MJ/Nm ³	都市ガス13A物性値(高位)

CO₂排出係数

電力	0.561 kg-CO ₂ /kWh	環境省
ガス	2.29 kg-CO ₂ /Nm ³	都市ガス13A物性値

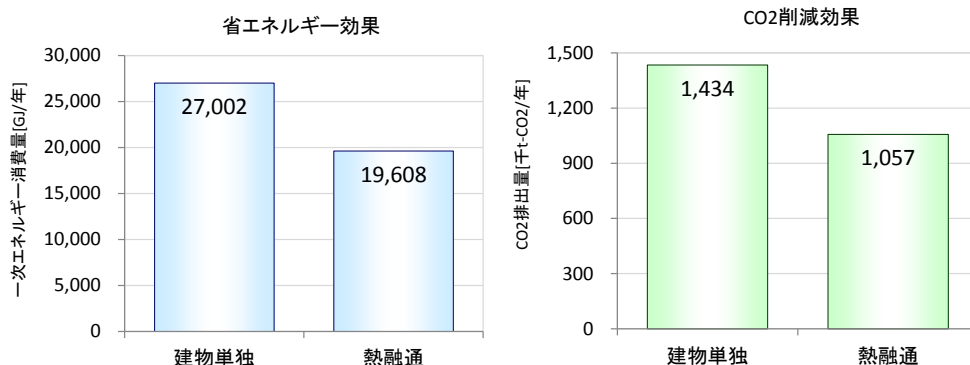


図5.2.8 省エネルギー効果・CO₂削減効果(熱需要のみで評価)

一方、電力需要も含めた場合で評価すると、一次エネルギー削減量、CO₂削減量は同じとなるが、削減率はそれぞれ、9.6%、8.9%となる。

表5.2.7 導入効果一覧(電力・熱需要で評価した場合)

		個別建物			建物間融通
		建物1	建物2	合計	
電力需要	MWh/年	3,120	2,000	5,120	5,120
冷房需要	MWh/年	1,628	1,163	2,791	2,791
暖房需要	MWh/年	720	930	1,650	1,650
給湯需要	MWh/年	52	930	982	982
買電量	MWh/年	2,100	2,565	4,665	4,662
ガス消費量	千m3/年	384	315	699	535
一次エネルギー消費量	GJ/年	37,773	39,200	76,973	69,579
省エネルギー量	GJ/年	—	—	—	7,394
省エネルギー率	%	—	—	—	9.6
CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	2,057	2,160	4,217	3,841
CO ₂ 削減量	t-CO ₂ /年	—	—	—	377
CO ₂ 削減率	%	—	—	—	8.9

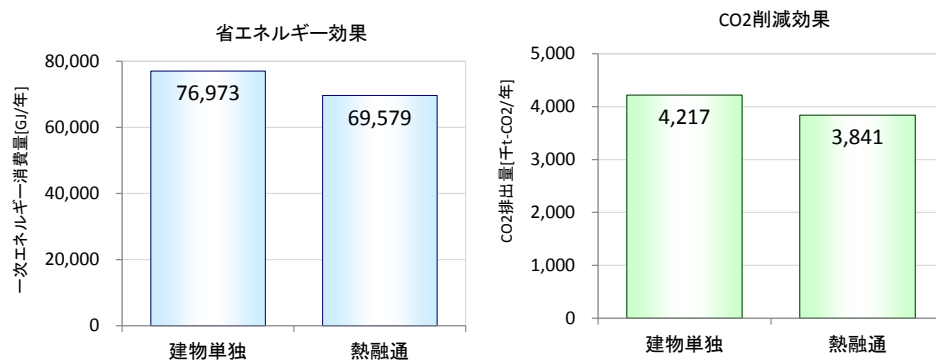


図5.2.9 省エネルギー効果・CO₂削減効果(電力・熱需要で評価)

5.3 地域冷暖房(高効率熱源・未利用エネルギー活用型)の導入効果

(1) 検討条件

建物4棟に対し、個別熱源方式を行った場合と、地域冷暖房方式(未利用エネルギー活用型)を行った場合の一次エネルギー消費量、CO₂排出量を算定し、地域冷暖房導入による省エネ・省CO₂効果を検討する。

① 個別熱源方式

個別熱源方式の建物用途・床面積は下表の通り。熱源方式は4棟とも、電動・吸収併用方式とし、効率も最新式の設定にする。

表5.3.1 対象建物用途・規模

	建物1	建物2	建物3	建物4	合計
用途	業務	商業	ホテル	業務	
床面積	150,000m ²	100,000m ²	100,000m ²	100,000m ²	450,000m ²
熱源方式	電動・吸収併用(CGS無)				

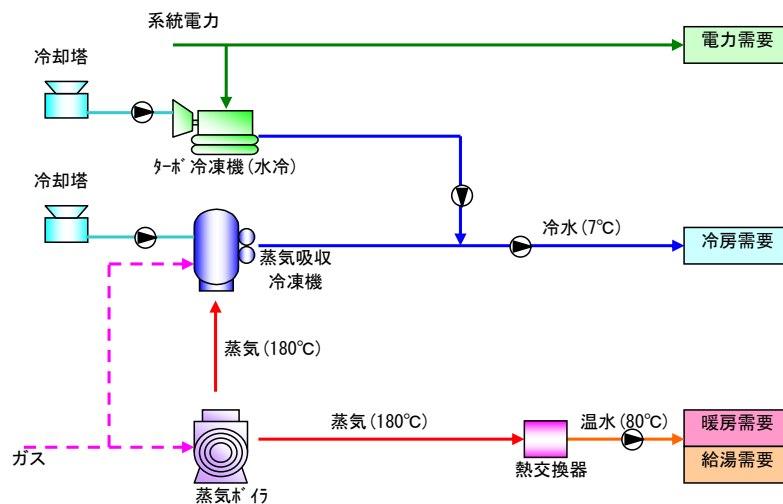


図5.3.1 個別熱源方式(電動・吸収併用)

② 地域冷暖房熱源

地域冷暖房方式の熱源システムを以下に示す。

- 熱源方式：電動・吸収併用/CGS有/蓄熱有
- 未利用エネルギー：清掃工場排熱利用(100t/日)

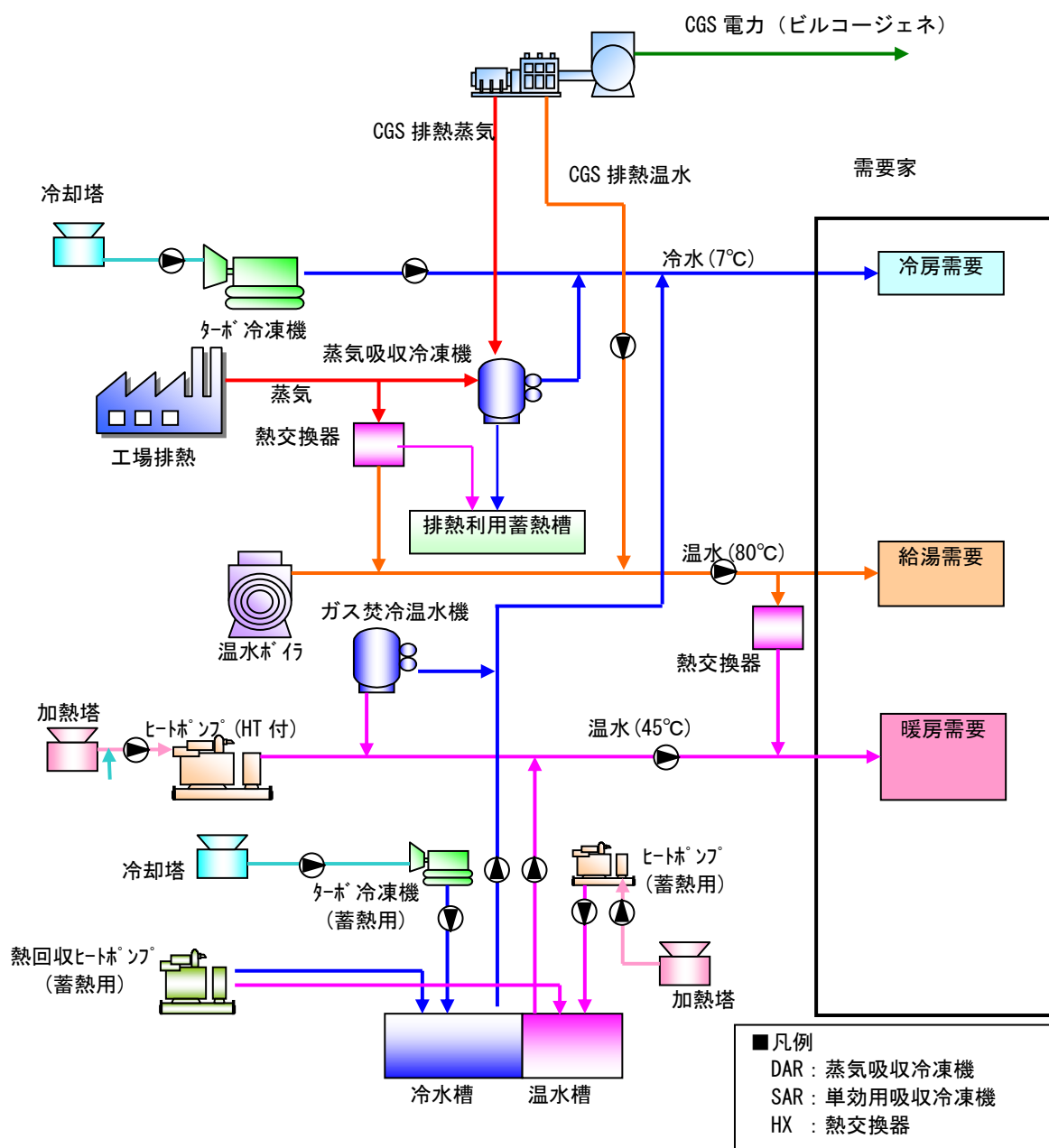


図5.3.2 地域冷暖房熱源方式

(2) 熱需要

以下に、各施設の最大需要・年間需要を示す。

表5.3.2 建物1(業務)エネルギー需要〔東京〕

延床面積		150,000 m ²			
最大 需要	電気	8,306 kW	年間 需要	電気	23,400 MWh
	給湯	2,445 kW		給湯	390 MWh
	暖房	12,521 kW		暖房	5,400 MWh
	冷房	18,226 kW		冷房	12,210 MWh
	温熱	12,567 kW		温熱	5,790 MWh
	熱計	18,254 kW		熱計	18,000 MWh

表5.3.3 建物2(商業)エネルギー需要〔東京〕

延床面積		100,000 m ²			
最大 需要	電気	7,000 kW	年間 需要	電気	22,600 MWh
	給湯	2,330 kW		給湯	2,670 MWh
	暖房	9,300 kW		暖房	4,070 MWh
	冷房	13,950 kW		冷房	14,530 MWh
	温熱	9,444 kW		温熱	6,740 MWh
	熱計	15,712 kW		熱計	21,270 MWh

表5.3.4 建物3(ホテル)エネルギー需要〔東京〕

延床面積		100,000 m ²			
最大 需要	電気	5,000 kW	年間 需要	電気	20,000 MWh
	給湯	11,630 kW		給湯	9,300 MWh
	暖房	7,790 kW		暖房	9,300 MWh
	冷房	8,720 kW		冷房	11,630 MWh
	温熱	15,233 kW		温熱	18,600 MWh
	熱計	15,496 kW		熱計	30,230 MWh

表5.3.5 建物4(業務)エネルギー需要〔東京〕

延床面積		100,000 m ²			
最大 需要	電気	5,537 kW	年間 需要	電気	15,600 MWh
	給湯	1,630 kW		給湯	260 MWh
	暖房	8,347 kW		暖房	3,600 MWh
	冷房	12,151 kW		冷房	8,140 MWh
	温熱	8,378 kW		温熱	3,860 MWh
	熱計	12,169 kW		熱計	12,000 MWh

表5.3.6 4施設合計エネルギー需要〔東京〕

延床面積		450,000 m ²			
最大 需要	電気	24,887 kW	年間 需要	電気	81,600 MWh
	給湯	11,630 kW		給湯	12,620 MWh
	暖房	36,312 kW		暖房	22,370 MWh
	冷房	50,847 kW		冷房	46,510 MWh
	温熱	41,331 kW		温熱	34,990 MWh
	熱計	54,382 kW		熱計	81,500 MWh

各施設のエネルギー需要を用途別に重ね合わせたグラフを以下に示す。建物3のホテルを需要に加えることにより、夜間も含めて年間を通じて安定した熱需要を確保することができる。

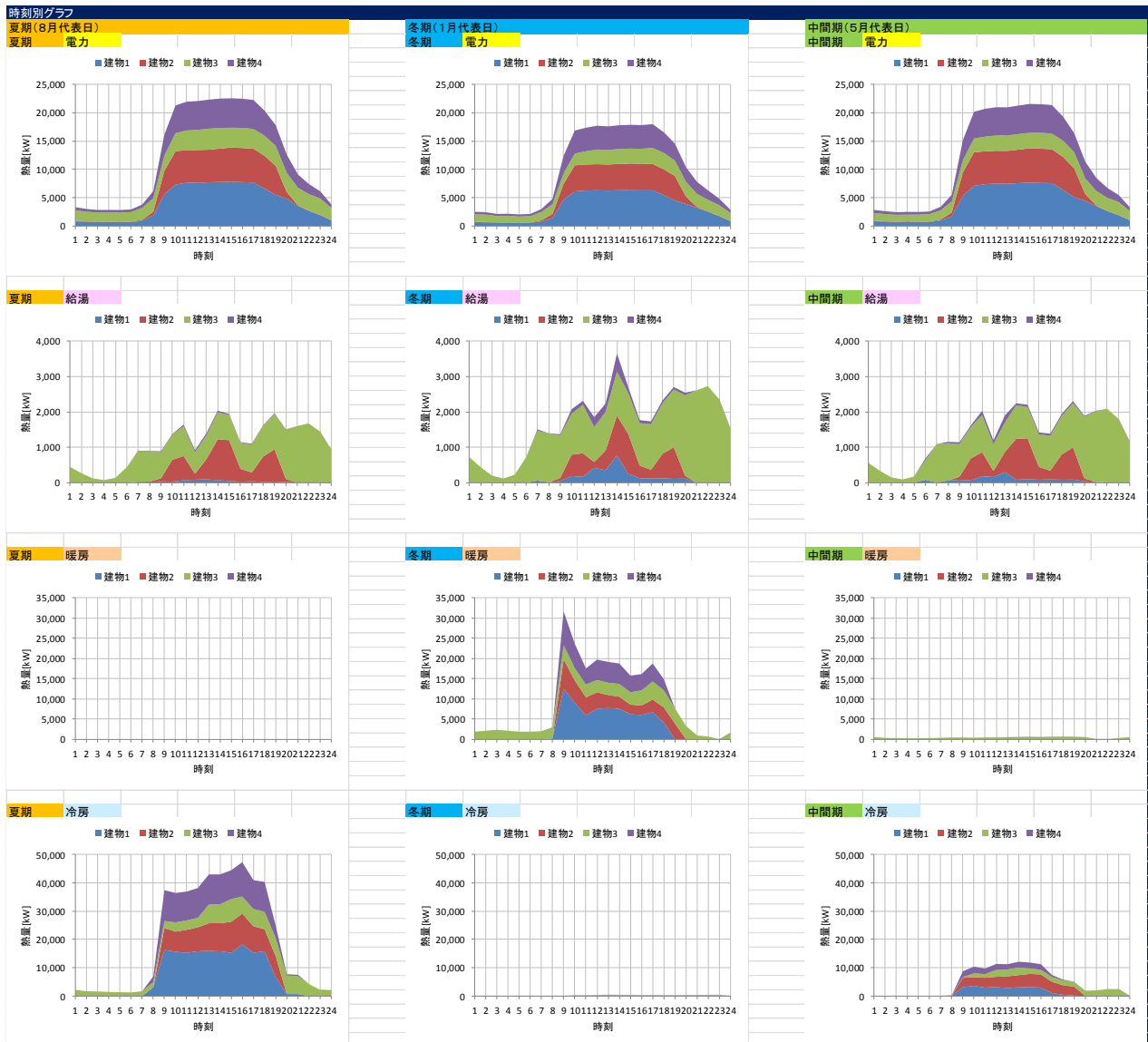


図5.3.3 エネルギー需要

ピーク需要をみてみると、面的利用による用途混合化により、施設のピーク需要を削減することができる。冷房では約4%、暖房で約4%、給湯で約36%の削減が可能である。

これにより、熱源装置の容量を削減することが可能である。

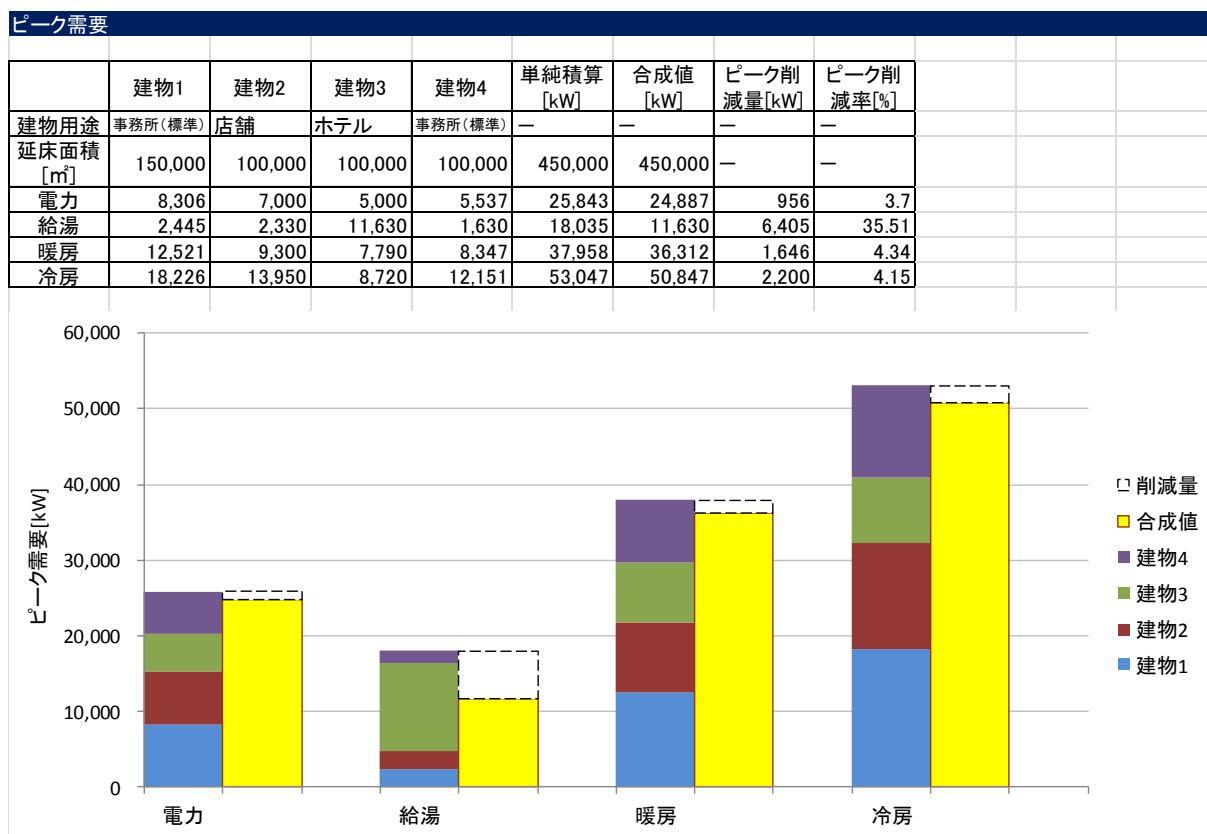


図5.3.4 ピーク需要の削減

(3) 検討結果

以下に検討結果を示す。評価は熱需要を対象とした評価とする。

清掃工場排熱により、熱需要の約50%を賄うことができ、その他、高効率コージェネレーション等の導入により、省エネ率は約66%、CO₂削減率は約64%に達する。

100t/日の清掃工場は小規模な部類の清掃工場ではあるが、未利用エネルギーの効果が非常に大きいことがわかる。

表5.3.7 導入効果

		建物1	建物2	建物3	建物4	合計	集中熱源
冷房需要	MWh/年	12,210	14,530	11,630	8,140	46,510	46,510
暖房需要	MWh/年	5,400	4,070	9,300	3,600	22,370	22,370
給湯需要	MWh/年	390	2,670	9,300	260	12,620	12,620
買電量	MWh/年	3,205	3,961	5,248	2,132	14,546	9,318
ガス消費量	千m3/年	887	842	1,931	592	4,252	535
一次エネルギー消費量	GJ/年	71,216	76,561	138,124	47,427	333,328	115,015
省エネルギー量	GJ/年	—	—	—	—	—	218,313
省エネルギー率	%	—	—	—	—	—	65.5
CO2排出量	t-CO2/年	3,830	4,151	7,367	2,551	17,898	6,452
CO2削減量	t-CO2/年	—	—	—	—	—	11,446
CO2削減率	%	—	—	—	—	—	63.9
一次エネルギー換算係数							
電力	9.76	MJ/kWh	省エネルギー法				
ガス	45	MJ/Nm3	都市ガス13A物性値(高位)				
CO2排出係数							
電力	0.561	kg-CO2/kWh	環境省				
ガス	2.29	kg-CO2/Nm3	都市ガス13A物性値				

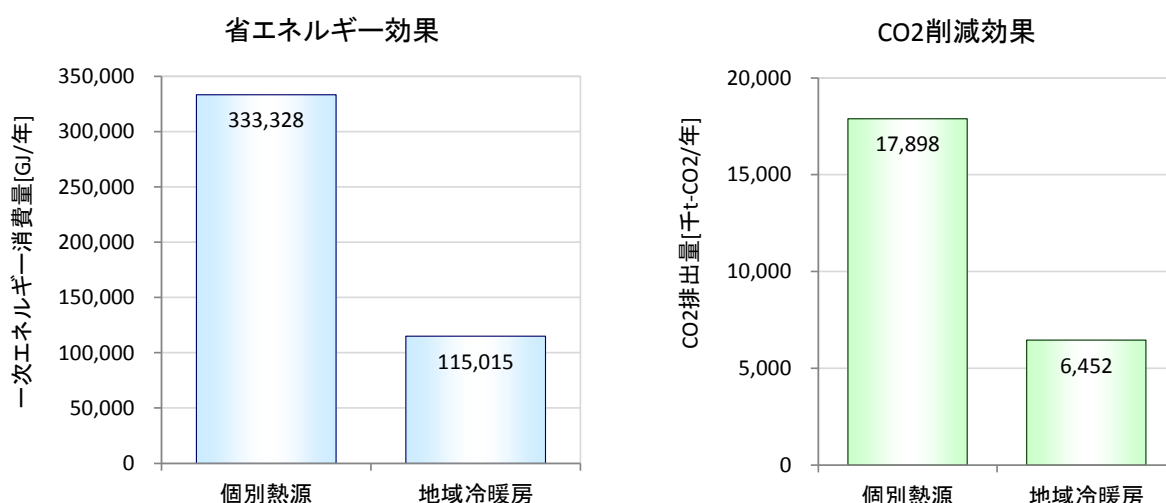


図5.3.5 省エネルギー・省CO₂効果

以下に排熱利用状況を示す。年間を通して、清掃工場排熱がベース需要となっている。

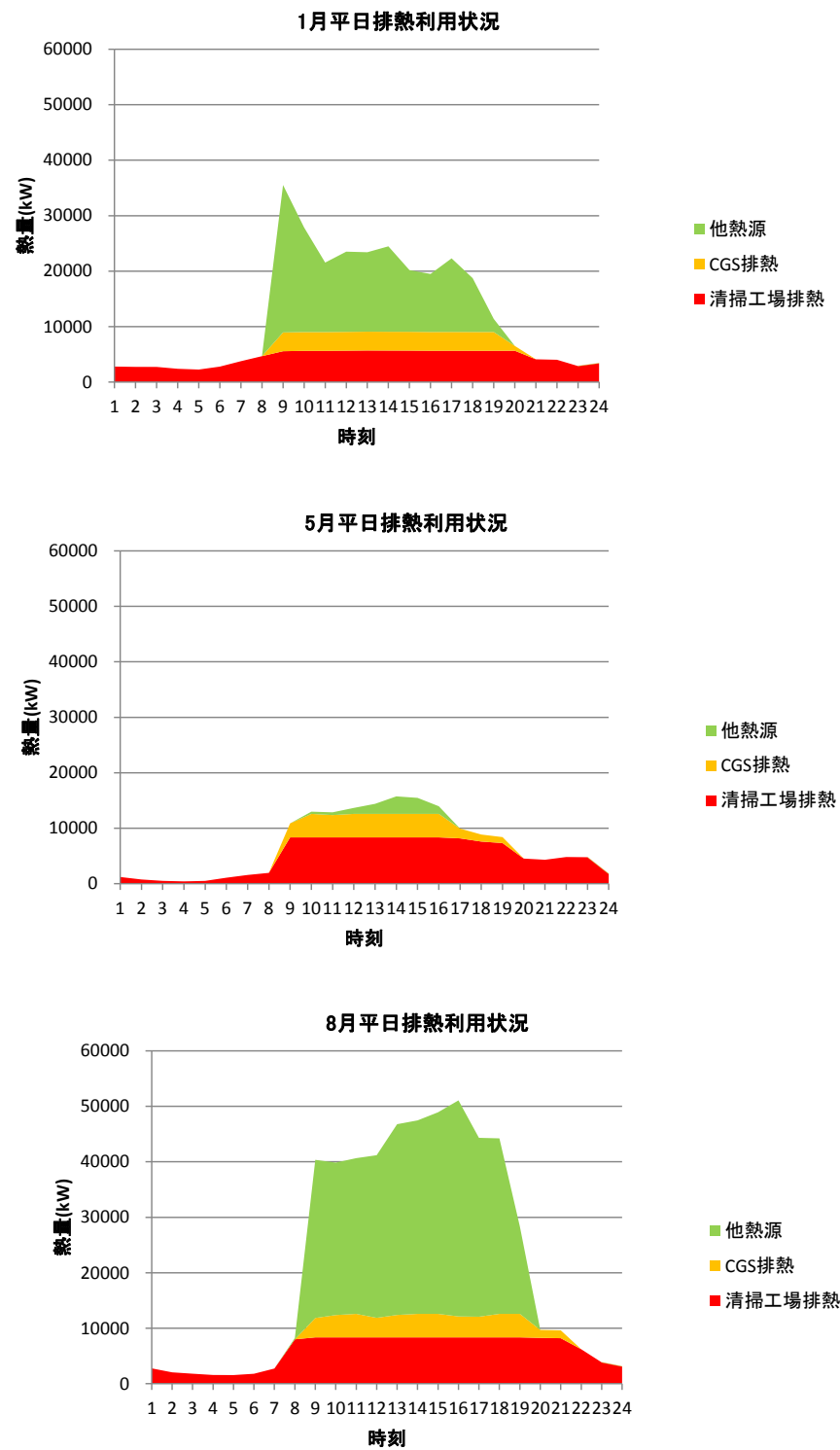


図5.3.6 排熱利用状況