

都市廃棄物とエネルギー

Municipal Wastes and Energy

平 岡 正 勝*

Masakatsu Hiraoka

1. はじめに

最近の技術革新, 円, ドルの変動等による経済状態の変化に伴って, 産業構造が大きく変化しつつある。

1960~1970年代の高度成長期に活況を呈し, 華やかであった造船, 鉄鋼等の工場用地は, 高層住宅あるいはホテル, レジャー施設にとってかわろうとしている。かつてのいわゆる重厚長大型2次産業から, 金融, 保険, サービス業, 小売業等第3次産業への移行は, 再び大都市への人口の集中をもたらしつつある。このことは同時に, 都市での廃棄物量, とくに事業系一廃および産業廃棄物量の増加をもたらしている。量の増大に伴って廃棄物の質の多様化も問題となっている。技術革新による新素材, 新製品の混入によって, ごみ質は多様化し, 適正処理困難物は増加していく傾向にあり, また焼却に伴って排出される有害物質の除去が問題となっている。しかも, ごみの発熱量は最大値が3,000~3,500kcal/kgにも達している。このような都市ごみのエネルギーを有効利用すると共に完全に有害物質の処理を行う新しい処理技術の開発が必要とされており, 現在, 官学民共同で研究開発が行われている。一方このような処理施設を地域社会の環境に調和させていく研究も必要である。

筆者は(財)エンジニアリング振興協会の社会開発型システム等策定事業の一環として, 地方公共団体と民間企業との研究会の中で“地域計画と結合した廃棄物の統合処理システムに関する調査研究”を4年間にわたって行ってきた。この研究では, 国際化, 情報化に対応した多心型都市構造が求められる中で, 都市におけるひとつの再開発の考え方として, まち自体を人間の生態系にたとえ, 交通, 情報, エネルギー等の動脈施設と, ごみ処理, 下水処理等の静脈施設を有機的に結合させるという観点からその都市再開によるまちづ

くりを試みた。まちづくりモデル地域としては, これから再開発が検討されようとしている多くの都市において一般的にみられ, 未来都市の在り方を想定できる。最適なモデルとなりうる都心部と臨海部を想定している。

ここでは, これらの研究の一端を紹介して, 都市廃棄物とエネルギー問題の新しい考え方を提案したい。

2. まちづくりと結合した廃棄物処理システム整備構想

都市は近代化すればするほど排出される廃棄物量は増大する傾向にある。現在のごみ処理技術は, 都市の中心に処理施設を置くことができるまで進歩しており, ごみを郊外にわざわざ輸送して処理する必要もなくなってきている。また, まちは活性化すればするほど多くのエネルギーを消費する。そのエネルギーをできる限りごみ処理によって創出されるエネルギーにより賄うようなシステムづくりは, 今後のエネルギー価格の変動にも対処するためにも有効である。新しい技術を最大限に生かし, 動脈系物質と静脈系物質とをひとつの物質循環系として結び付ける視点が重要であると言える。

2.1 都心部再開発モデル

このモデルでは, 周辺の施設との調和がはかれる, 業務, 文化, 住居のまちと位置付け, 副都心とも言える地域の再開発を想定している。従来, 交通, 情報, エネルギー等の施設は, まちづくりの構想段階から都市の基盤施設として十分な検討が加えられ, 大胆に斬新なシステムの導入が計画される。しかし, ごみ処理, 下水処理等の静脈施設は必要上やむをえない施設として事後的ともいえる対応であった。昭和38年の厚生省の環境整備第1次5ヶ年計画から建設が始ったごみ処理施設も大都市においては更新の時期を迎えている。施設更新の際に, 都心再開発と結び付けて新しいシステムの導入を提案したのが, 都心部再開発モデルであ

* 京都大学工学部衛生工学科教授

〒606 京都市左京区吉田本町

る。

このモデルの構想では、焼却工場のシンボルとも言える工場の煙突は、焼却工場の上に一体的に建てられるビル中に包んで煙突の見えない工場とし、また、車両を使用しないでごみを集め、車による公害の発生しない焼却工場を実現させている。そのため、周辺の業務ビル、商業ビル、繁華街等のごみは空気輸送によって収集するとともに、更に広範囲からのごみを適切な位置に設けられる数ヶ所の集積センターに集め、そこから地下のパイプラインを用いたカプセル輸送システムによってごみ焼却工場に輸送することとしている。ごみ処理によって発生する熱エネルギーは蒸気、電気、温水、冷水等のエネルギーに変換し、まちづくりの対象となっている周辺の施設に供給するとともに、近接する下水処理場とも有機的なエネルギー結合をはかり、増大傾向にある廃産物処理コストの軽減にも役立たせるとしている。

ビル内に組み込まれた焼却工場のイメージを図-1に示す。ある都市の都心に図-1のような焼却炉を半地下に入れた高層業務ビルを建設し、ここをエネルギーセンターとして周辺の都市再開発により建設されるホテル、ショッピングセンター、住宅等にエネルギーを供給する例を示してみよう。

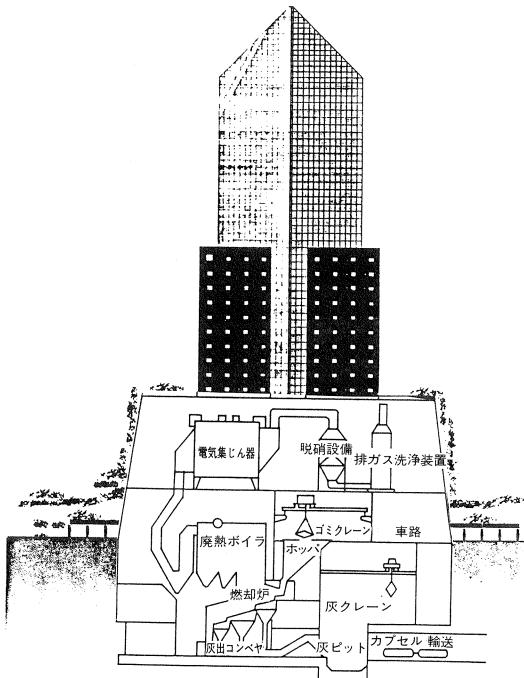


図-1 ビル内に組み込まれた焼却工場

2.1.1 ごみ焼却炉設計条件

ごみの種類	一般廃棄物		
ごみ処理量	900T/D		
蒸気圧力	28kg/cm ² G		
燃焼ガス温度 (炉出口)	800~950℃		
炉の型式	ストーカー式	450T/D×2基	
ごみ発熱量 (低質L), (基準M), (高質H)	kcal/kg 1400, 2200, 3000		
公害防止基準 (大気)			
ばいじん濃度	0.02gr/NM ³ 以下		
HCl濃度	30ppm以下		
NOx濃度	50ppm以下		
SOx濃度	10ppm以下		

ばいじんは電気集じん装置、有害ガスは湿式排ガス洗浄装置で処理し上記数値以下にする。NOx処理のため、触媒脱硝装置を設ける。また外気温度0℃、相対湿度70%の厳しい大気条件で白煙が発生しないよう白煙防止対策をとるものとする。

ごみ900T/D燃焼時に発生する熱量は、基準ごみ質Mにおいて約83Gcal/Hにも達する。この莫大なエネルギーの約80%を廃熱ボイラーで回収する。回収蒸気の場合は、廃熱ボイラーの保守性、タービン発電設備の設置を考慮し、圧力28kg/cm²G、温度300℃の過熱蒸気とする。ボイラーでの発生蒸気から、焼却設備での使用蒸気を差し引いた余剰蒸気は地域への熱電併給をおこなうエネルギーセンターに送られる。

エネルギーセンターに送られる蒸気量は高質ごみHで約143kg/H、低質ごみLで約58kg/Hである。その詳細な数値は図-2に示す。

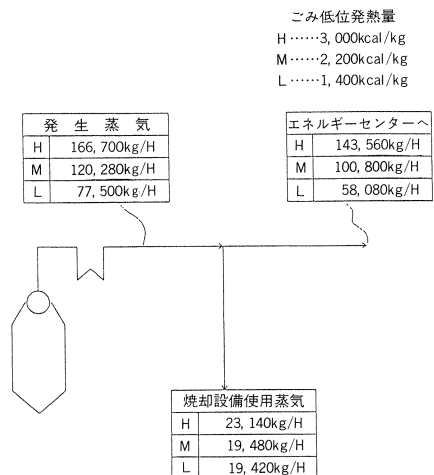


図-2 発生蒸気と用途

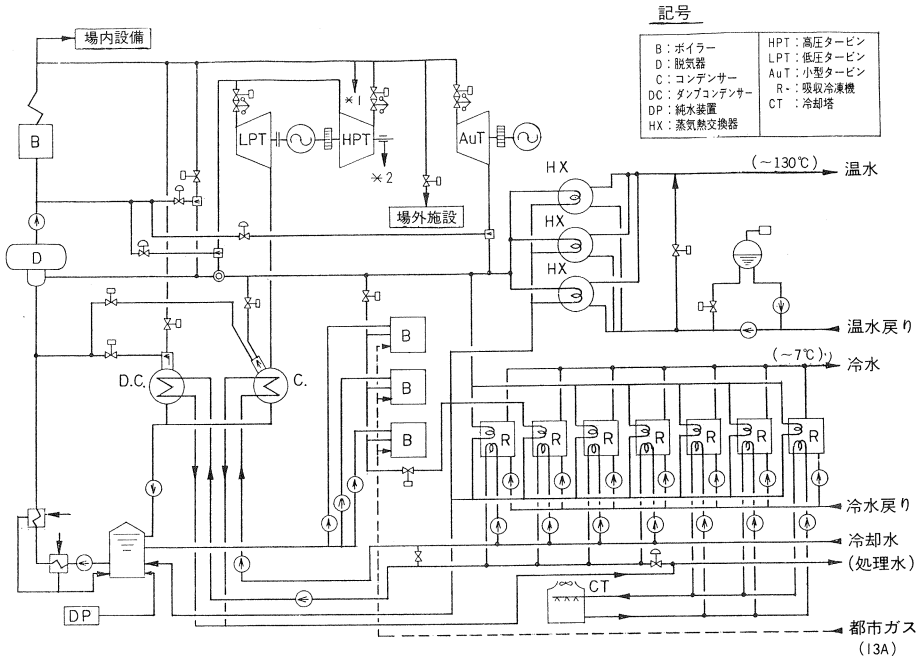


図-3 熱電併給フローシート

2.1.2 エネルギーセンター

周辺地域に熱電併給をおこなうエネルギーセンターの基本構想は次の通りである。

- (1) エネルギーセンターでは、出来るだけ多くの電力を発生させ、ごみ焼却工場、隣接下水処理場、及びエネルギーセンター自身で消費する。余った電力は業務ビルで使用するものとする。
- (2) 業務ビル用電力の不足分は、業務用電力として電力会社から購入し、エネルギーセンター経由で供給

する。

- (3) タービン出口蒸気を用いて、最終的には130°C温水、7°C冷水をつくり地域冷暖房用として供給する。
- (4) ピーク時その他不足分の補助燃量として、都市ガス13Aを想定し、補助ボイラー及び吸収式冷凍機の燃料として使用する。
- (5) エネルギーセンター内機器の冷却水として、常時は下水処理場の高次処理水を使用する。
- (6) エネルギーセンターから出る排ガスの煙突も、業務ビルの中にとりこむものとする。

2.1.3 周辺の都市再開発と想定されるエネルギー需要量

想定した再開発地域に新設されるビルは次のように仮定した。

- (1) 業務ビル：焼却工場の煙突高さ150Mと同じ高さのオフィスビル。焼却工場は半地下式とし、熱電併給のためのエネルギーセンターも合せもつ。建物延床面積は80000M²
- (2) ショッピングセンター：延床面積12000M²
- (3) ホテル：客室1000室、延床面積100000M²
- (4) 芸術センター、研究所：延床面積40000M²
- (5) 中高層住宅：延床面積16000M²

再開発モデル地区に建設させる諸建物の内、エネルギーセンターから供給しうる範囲は、現行法規の枠内では、おのずから限定される。ここではエネルギーセンター

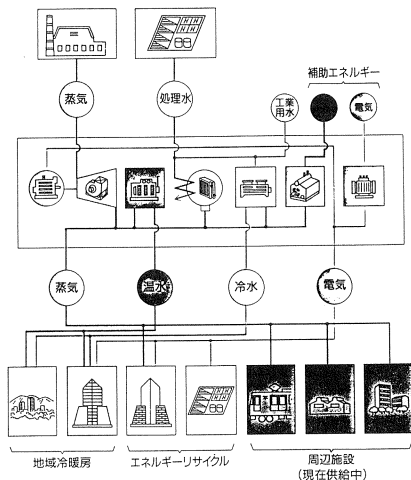


図-4 エネルギーの流れ

から、同一建物内のごみ焼却工場、これに隣接する下水処理場、及びエネルギーセンター自体に自家発電力を供給し、余剰電力は業務ビルに供給する。

その他の諸建物には直接電力会社から供給されるものとした。ごみ焼却工場、下水処理場エネルギーセンターでの所要電力は下表に示す通りである。ごみ質により、ことなるが合計で8200~9000kWとなる。

なお段階的に開発される当モデル地区の最終的な所要電力は、約50000kWと想定される。

所 要 電 力				
ごみ質	ごみ焼却 工 場	下 水 処 理 場	エネ ルギー セ ン タ ー	合 計
H	4000kW	2000kW	3000kW	9000kW
M	3600kW	2000kW	3000kW	8600kW
L	3200kW	2000kW	3000kW	8200kW

再開発第1期は、まず業務ビル、エネルギーセンター、ショッピングセンターとし、その熱量は冷房用として11240Mcal/H、暖房用10910Mcal/H、給湯用650Mcal/Hである。最終的なモデル地区の所要熱量は、冷房用27370Mcal/H、暖房用30300Mcal/H、給湯用4100Mcal/Hと想定される。

2.1.4 エネルギーセンター施設計画

地域熱供給のための蒸気量以外はすべて発電にまわすという前提で計画した。熱電併給の概略フローシートを図-3にエネルギーの流れを図-4に示す。エネルギーセンターの設備容量、所要スペースは当モデル地区の最終開発段階に見合うものとした。主要機器は蒸気タービン1基、小型補助タービン1基、蒸気加熱熱交換器3基、補助ボイラー3基、吸収式冷凍機7基である。

(1) 発電計画

ボイラー発生蒸気は $28\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 、 300°C であり、タービン入口までの圧力損失を考慮し、 $26\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 、 295°C をタービン入口蒸気とした。一方暖房、給湯用温水の温度レベル 130°C を確保するために、排気低圧系を $4\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ とし、背圧タービンで $26\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ より $4\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ に膨張させ、地域熱供給用の蒸気量を確保した上で、残余の低圧蒸気は低圧タービンに導入し、0.1ataに膨張させたのち復水する一段抽気復水タービン型とした。高質ごみと標準ごみとは発生蒸気量に大きな差があるため、タービンの設計点を標準ごみとし、高質ごみに対応させ別途小型背圧タービンを計画し、約1500kW程度の発生電力を上のせした。

地域冷暖房平均熱供給負荷時におけるタービン全出力は下表の通りである。

ごみ質	開 発 段 階	タービン全出力
H	開発1期	18100kW
	最終段階	16500kW
M	開発1期	11100kW
	最終段階	9300kW
L	開発1期	2650kW
	最終段階	2100kW

再開発最終段階では周辺地域に供給する熱が増大するため、その分タービン全出力は減少する。又ごみ質により大巾に出力は変動するが、低質ごみが出る確率は非常に少ない。本表から高質ごみ、標準ごみの場合には十分、業務ビルへの売電余力があることがわかる。

(2) 地域冷暖房計画

高質ごみ、標準ごみの場合、暖房給湯用熱量はタービン排気系低圧蒸気により、ほぼ全的にまかなうことが出来る。低質ごみ時及び燃焼炉ボイラ停止時は都市ガスにより熱供給出来るよう計画した。一方冷房用必要熱量の最大値は熱損失3%として、 $28.2\text{Gcal}/\text{H}=9325\text{USRT}$ となる。冷凍機は、タービン低圧蒸気を利用する関係上一重効用式となり、単機容量を1500USRTとした。補助ボイラーは冷房・給湯時の蒸気消費量の方が、暖房・給湯時に比べ大きくなる。その容量は開発最終段階で $20\text{T}/\text{H}\times 3$ 台となる。

2.2 臨海部再開発モデル

このモデルでは、都市の臨海部は一般的に工業地帯に隣接する住工混在地域が広がっているため、混在地域の活性化を図りながら、廃棄物処理によって得られる熱エネルギーをウォータフロント開発と結び付けた再開発を想定している。

このモデルで提案する構想は、大都市の臨海部に、ウォータースポーツ、ヘルシースポーツ等の施設、体験学習のための施設を置き、マリノレジャー等の楽しめるまち(クリーンランド)をつくと共に、住工混在地域には、住工の両サイドから利用できる、地域活性化の拠点としてインターフェイス空間を設けたものである。このクリーンランドは、いつでも市民がリフレッシュするために気軽に楽しみ、憩える場所、夢のある空間を提供しようというものである。

クリーンランドには、カプセルパイプラインシステムによって輸送されてきたごみを処理する焼却工場を置いて、これをエネルギーステーションと呼び、各施設

に温水, 冷水, 電気等を供給する. インターフェイス空間にもこのクリーンランドからエネルギーが供給される. インターフェイス空間の地下には, ごみカプセル輸送のための中継基地を設けることとし, ごみ収集

輸送時の車両による環境への影響を最小限にとどめる計画としている. このモデル構想の概念図を図-5に示す. 細かいエネルギー, 物質収支については都心モデルと同様のもので, 紙面の都合上省略する.

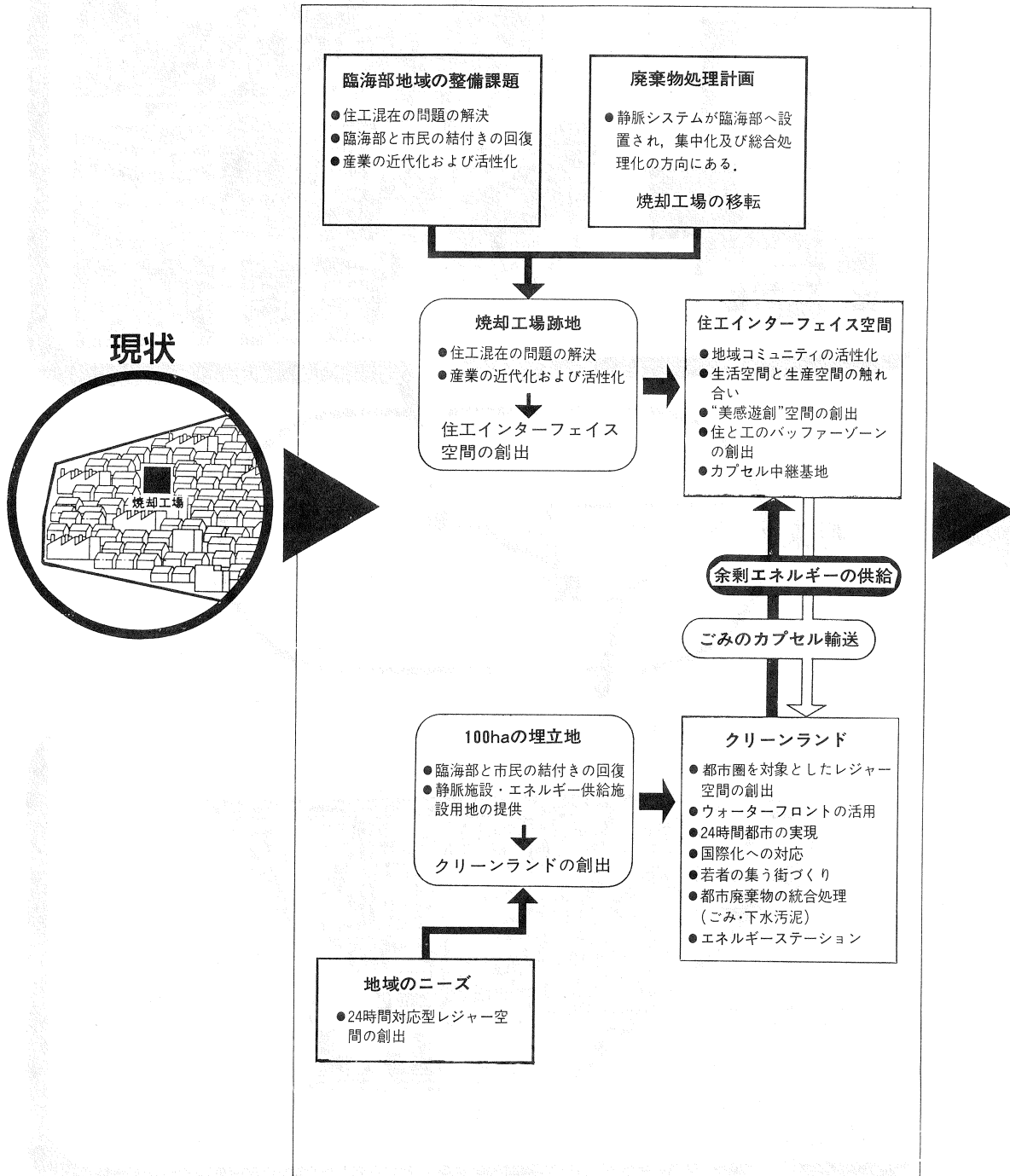
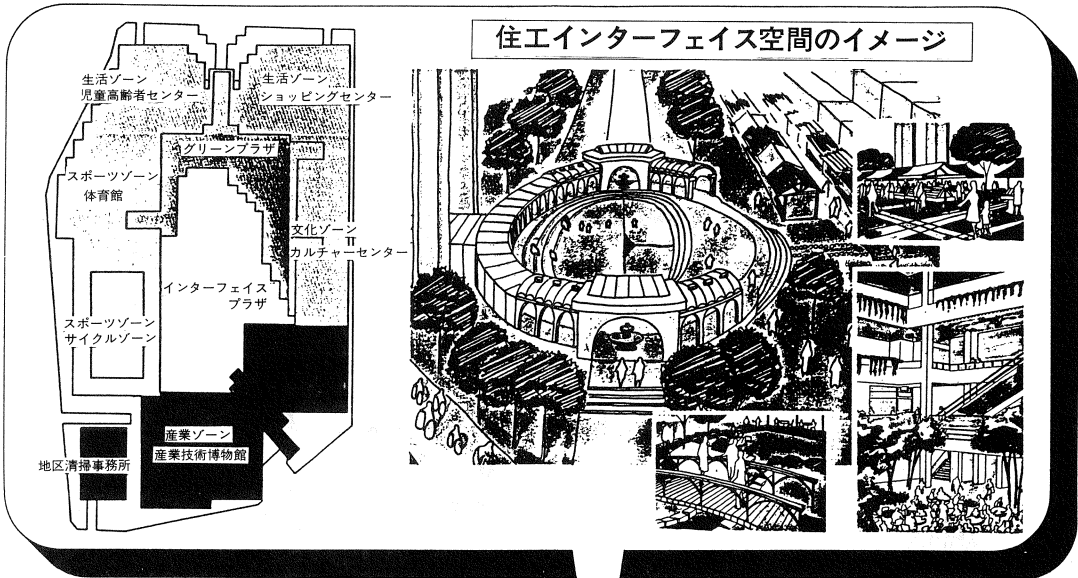
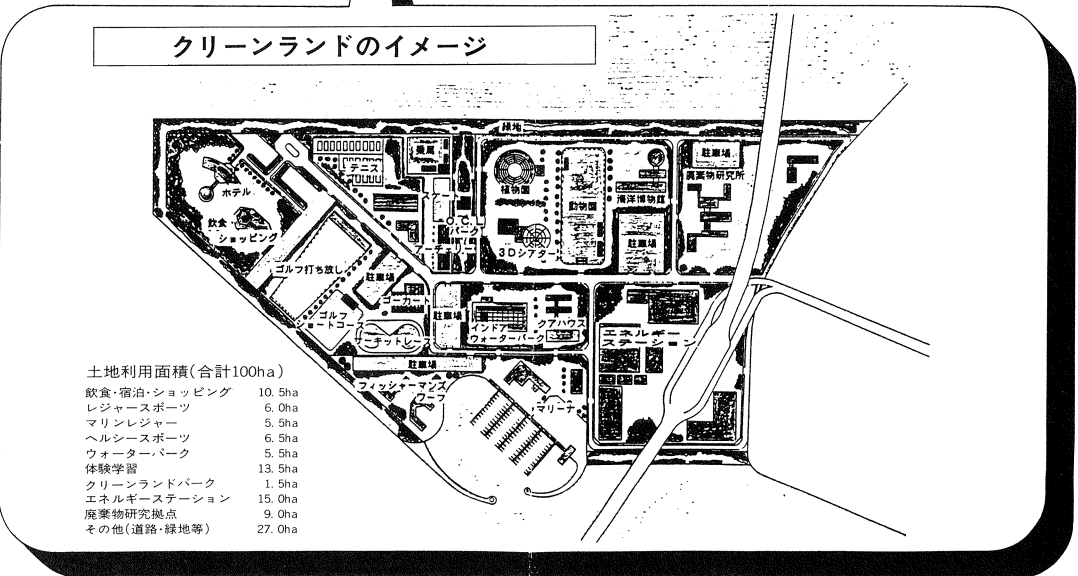
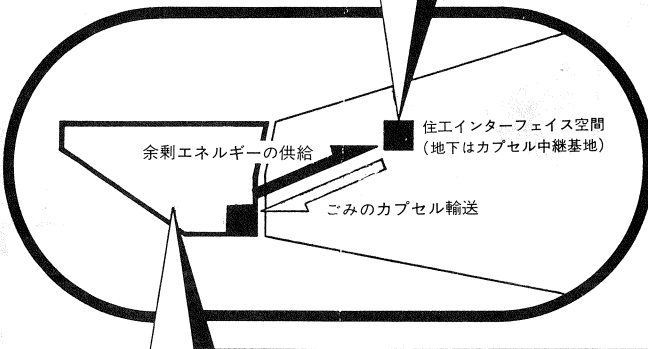


図-5 地域特性を生かした活性化の考え方



将来



3. まとめ

わが国は、技術革新による経済成長により、表面上豊かな国となったが、欧米先進国に比べて、都市の整備が遅れている。最近、都市再開発、ウォーターフロント等と種々のプロジェクトが目白押しであるが、プロジェクトの基本計画の中に環境との調和が十分には考慮されていない。環境アセスメントのやり方にしても影響があるかないかの議論しかしていない。また、エネルギー問題にしても、石油価格が現在のように下ると、省エネルギー問題は何処へいつてしまっている。

本論文では、都市の排出するエネルギー源である都市ごみのエネルギーを利用して、自家発電および地域冷暖房を行い、不足分は都市ガスにより熱供給を行う熱電併給センター構想およびそれを契機に周辺地域の活性化を促進する構想について、筆者がグループの方々と調査研究を行った結果と提案の一部を紹介した。近年いわゆるコージェネレーションが各地で実施されつつあるが、都市部に設置されることが多く、汚染源が生活圏に近づくと共に、煙源が低くなり、NO_x等の環境濃度の増加が懸念されている。昭和62年10月30日付で大気汚染防止法施行令の一部を改正する政令が制定、公布され、ガスタービンおよびディーゼル機関がばい煙発生施設として追加されることになった。ここで紹介したごみ焼却工場-熱電併給センター構想は、都市の排出するエネルギー源である都市ごみを燃料とした大規模なコージェネレーションシステムであり、大気汚染防止対策は十分配慮され、都市の中に組み込

まれた基盤施設である。

大都市のごみ焼却施設は建て替えの時期に来ており都市再開発の計画も多く提案されている今日、このようなモデル構想が今後の都市ごみ処理施設の建設の一つの指針ともなれば幸いである。

4. おわりに

ここで述べた、都市ごみのエネルギー利用と都市再開発の構想は、前述のように、筆者を中心とした働エンジニアリング振興協会の中の委員会と協力会社のワーキンググループの方々の協力によって調査研究の一部を紹介したものである。関係各位に深甚の謝意を表すものである。とくに、都心部再開発モデルのエネルギーセンター構想については、日揮(株)の北見、前田両氏のご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す次第です。

参 考 文 献

- 1) 平田賢他：欧米におけるコージェネレーションの現状、コージェネレーション、2, 1, p.12 (1987)
- 2) 平岡正勝他：ごみ焼却発電の実現性に関する一考察、環境技術、10, 5, p.374, (1981)
- 3) 「地域計画と結合した廃棄物の統合処理システムに関する調査研究報告書」(財)エンジニアリング振興協会、昭和60年3月、昭和61年3月
- 4) 「地域活性化のための廃棄物エネルギー利用に関する調査研究報告書」(財)エンジニアリング振興協会、昭和62年3月、昭和63年3月
- 5) 「21世紀エネルギービジョン」通商産業省編、昭和61年12月5日、通商産業調査会発行

