

■ 展望・解説 ■

環境保全型パッケージインフラストラクチャー (パッケージプラント施設)の提案

The Proposal of Package Infrastructures for Environmental Protection

地域処理研究会*

Study group for area utility systems

1. まえがき

人間の知恵の歴史は自然との戦いであり自然の利用である。人はその知恵を用い水のないところに水をひき、使いやすいエネルギーを配り、また不要となったものを遠ざけ自らの生活の場を広げ、繁栄を続けてきている。このいわゆるインフラストラクチャー（以下インフラとする）の整備は人の高密度化も可能とし、都市とインフラは切っても切れないものとなっている。また、インフラは当初の生活の場の拡大のためのものから生活の向上に合わせより快適な生活をするためのものへ順次変化をしてきていると言えよう。特に供給系の整備がこの傾向を顕著にしているのではないだろうか。今我々は無限の上水とエネルギーに支えられた生活を享受していると言えよう。

一方下水、廃棄物といった処理系、人間に例えるならば静脈系にあたるインフラは、当初の遠くへ運び自然の浄化力に結果的に頼っていた形から何等かの処理をし廃棄の影響を小さくする方向へ向いてきている。人間の生活の場が拡大、高密度化し、周辺での自然の浄化力と排泄物とのバランスが部分的に崩れてきたことに対する新たな知恵であろう。

そして今地球環境が叫ばれている。この言葉は様々な意味で使われているがここでは人間の生活の場とそれを囲む自然界とのバランスが現状のままでは地球全体で限界に近付いてきている事と捉えられよう。

原始の時代に戻るといふ考え方を拒否するわけではないが現実的な方法としてインフラに求められているものは次の4点ではないか。

- ・処理系の普及

- ・処理系の高度化
- ・複合化による資源の高度利用
- ・総量削減

都市域でこそ経済性のあがる処理系の大型化も今後普及を図るべき低密度地域に対し必ずしも適切ではないかもしれない。また、総量の削減には物の大切さを身近に見せることが重要との意見も多くなってきている。このように考えていくと、もっと身近で地域の特性に合うインフラというものがあるのではないだろうかというのが今回の提案の原点である。

高度化し、複合化したインフラの分散配置を普及させることにより、地域毎に各々環境調和を目指す提案である。また既存のインフラの部分的補強としての利用にも期待している。

2. 背景

2.1 インフラの現状

日本のインフラは、戦後一貫した都市化の進展に伴い今日に至るまで積極的な整備が進められてきた。しかし、その整備水準を見ると、近代的整備の歴史が浅かったこと、都市化が急激だったこと、などの理由により1部のインフラの例ではあるが欧米先進諸国の水準にまでは達していないのが現状である（表1）。

整備状況の詳細を見ると、地域間格差が生じていたり整備されている地域にも新たな問題が生じてきている。例えば、下水道の平成元年度末の普及率を例にとると、人口100万人を越える大都市では約9割に達しているのに対し、5万人未満の地域では1割にも達していない²⁾。

一方、整備が進んでいる大都市では過度の集積により処理負荷密度が増大し、排水調製件数が増加するなど既存施設の機能不足・脆弱性が表面化してきている³⁾。下水道に限らず、他の施設にもそれぞれいくつかの問題が現れている。このような状況から、現在は従来の社会システムや産業構造が転換期に差し掛かっ

* ㈩東芝コンセプトエンジニアリング開発部

〒105-01 東京都港区芝浦1-1-1 東芝ビル

* 清水建設(株)エンジニアリング本部

〒105-07 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館

表1 都市施設の整備状況

部門	整備指標	単位	日本	イギリス	(旧)西ドイツ	フランス	イタリア	アメリカ
下水道	普及率	%	(1991) 44	(1982) 95	(1983) 91	(1983) 64	(1980) 55	(1986) 73
都市公園	一人当たり面積	㎡/人	(1989) 東京都区部 2.6	(1976) ロンドン 30.4	(1984) ボン 37.4	(1984) パリ 12.2	(1973) ローマ 11.4	(1976) ワシントン 45.7
道路	都市における 道路面積率	%	東京都区部 13.6	ロンドン 16.6	—	パリ 20.0	—	ニューヨーク 23.2

注：建設省調べ

ており、新しいインフラのあり方を見直す時期なのではないだろうか。

2.2 開発コンセプト

このような背景を踏まえながら、従来の枠にとられない新しいインフラを提案するための開発コンセプトを以下に示す。

- ・地域の独自性を重視しながら都市的生活環境を可能とする地域自立型インフラ
- ・再開発、居住地域の拡張、および産業構造の変化
- ・周辺に悪影響を与えない自己完結型インフラに対応できるフレキシブル性のあるインフラ

この開発コンセプトを、具体化するために一つの手段として「パッケージ化」という概念を導入し、「環

境」や「情報化」といった社会的要因を反映させると共に、個別機能を一括して取り扱い既存インフラの枠の中に組み入れることで具体化する「パッケージインフラ」の提案を行う(図-1)。

3. パッケージプラントの概要

パッケージインフラを実現するため、供給処理系プラントをパッケージ化したパッケージプラントを構築する。

(1) プラントイメージ

廃棄物、排水、排熱等の計画区域から排出され処理されるものをリサイクルすることにより、自己完結型で周辺の環境に負荷をかけない供給処理を実現する

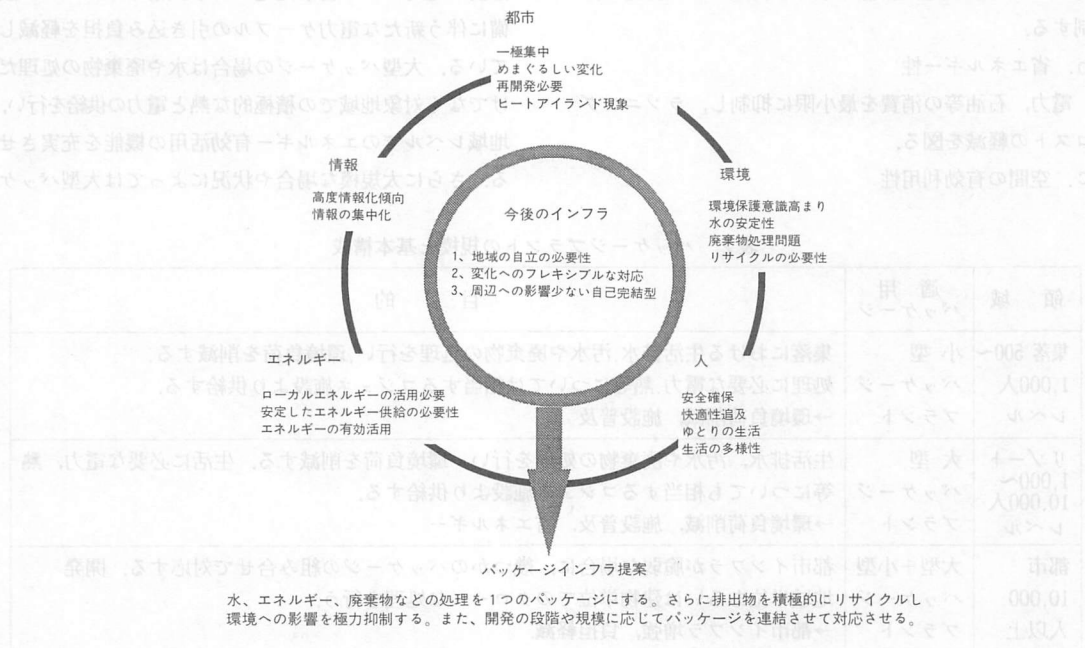


図-1 パッケージインフラの提案

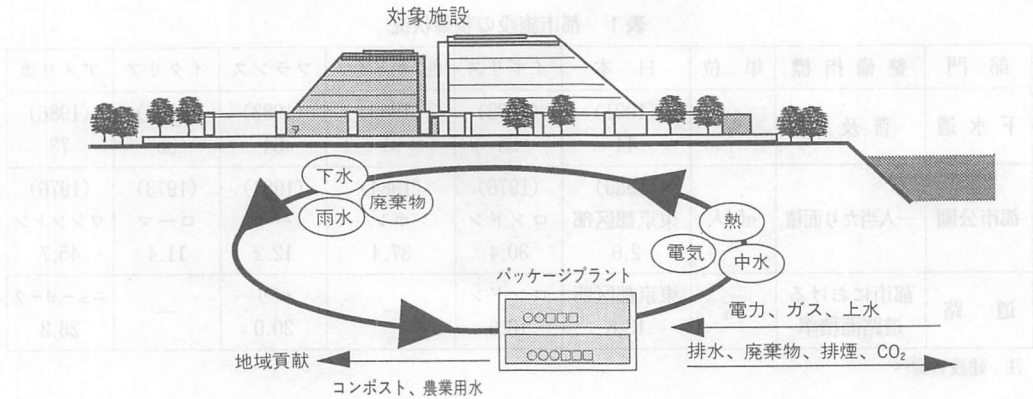


図-2 パッケージプラント施設イメージ

(図-2)．また従来、都市域等においては集約型の大規模プラントによる高効率な供給処理施設の整備が主に行われているが、今回提案するパッケージプラントは環境共生型の小型のものを対象としており、当面は大規模のインフラ施設の普及が見込めない集落やリゾート地等での普及を対象としている。また都市域においても、周辺インフラ増強の負担を極力軽減することにより大規模の都市インフラとの関係を保ち、活用されるものであると考え。

(2) プラントの特徴

a. 環境へのインパクトの抑制

排水、廃棄物、排気ガス等を最小限に抑制すると同時に、地球温暖化に影響を与える炭酸ガスの排出を抑制する。

b. 省エネルギー性

電力、石油等の消費を最小限に抑制し、ランニングコストの軽減を図る。

c. 空間の有効利用性

プラント設置面積を削減するとともに設置作業を簡略化し、建設工期の削減と建設コストの軽減を図る。

d. メンテナンスの容易性

各処理施設が一体的にパッケージ化されているため、操作やメンテナンスを行うことが容易となる。

(3) パッケージプラントの規模と基本構成

あらかじめある程度の対象領域を設定し、それに合わせたパッケージプラントの基本構成を設定した。今回は、地域レベルでの熱の有効活用（地域熱供給等）が可能となる処理人数1,000人レベルを目途に分割した（表2）。小型のパッケージプラントは対象地域において水の供給処理と廃棄物処理を行い、それらの設備に必要な電力のみを自家発電により供給し、プラント設備に伴う新たな電力ケーブルの引き込み負担を軽減している。大型パッケージの場合は水や廃棄物の処理だけでなく対象地域での積極的な熱と電力の供給を行い、地域レベルでのエネルギー有効活用の機能を充実させる。さらに大規模な場合や状況によっては大型パッケ

表2 パッケージプラントの規模と基本構成

領域	適用パッケージ	目的
集落 500～1,000人レベル	小型パッケージプラント	集落における生活排水、汚水や廃棄物の処理を行い、環境負荷を削減する。処理に必要な電力、熱等については相当するコジェネ施設より供給する。 →環境負荷削減、施設普及
リゾート 1,000～10,000人レベル	大型パッケージプラント	生活排水、汚水や廃棄物の処理を行い、環境負荷を削減する。生活に必要な電力、熱等についても相当するコジェネ施設より供給する。 →環境負荷削減、施設普及、省エネルギー
都市 10,000人以上	大型+小型パッケージプラント	都市インフラが脆弱な場合に、幾つかのパッケージの組み合わせで対応する。開発地域単位あるいは建物単位でのクローズな処理を行う。 →都市インフラ増強、負担軽減。

ージと小型パッケージの複数台の組み合わせにより柔軟に對するすることができるものとする。

4. ケーススタディ

4.1 想定地域条件及び負荷

(1) 地域条件

以上のような観点から実際の対象地域を想定したケーススタディを行い、その有効性や今後の開発に際し

表3 地域条件

地域条件	
場所	九州以南を想定
建物用途	リゾートホテル（海洋型リゾート）
規模	約480室
延床面積	36000㎡

ての課題の抽出を行ったのでここに紹介する。とりわけ今回は、国内のリゾート開発におけるホテル棟へのエネルギー供給や排水、廃棄物処理を対象とした比較的大型のパッケージプラントの試算を行った。想定した地域条件及び建物条件等を表3に示す。地域特有の条件として周辺海洋環境の保護や水質資源確保の困難さが予測されそれらへの対応が必要とされている。

(2) 負荷特性

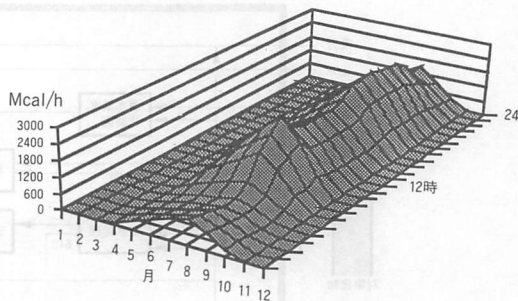
今回の対象建物における負荷を算定した。算定にあたっては同規模の建物の過去の実績データより負荷量を類推した^{4,5)}。電力と熱負荷に関しては各月の代表日についての時刻別の負荷パターンについても類推した。

表4 想定負荷

給水負荷	約1120㎡/日(内トイレ洗浄220, 熱源器機冷却水60, 緑地散水60, 飲用洗浄700, 蒸発飛散80)
電力負荷	ピーク負荷約1700kW, 年間約6100MWh
熱負荷	ピーク冷房負荷約3300Mcal/h, 年間3900Gcal/y
廃棄物	一日約3.3t(内生ゴミ1.2t)

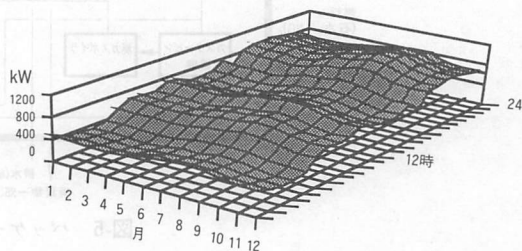
※電力負荷については空調用熱源器機分は含まない

想定されるピークおよび年間負荷を表4に、また冷房負荷の年間負荷の年間の時刻別負荷変動を図-3に、電力負荷の年間の時刻別負荷変動を図-4に示す。電力負荷については空調用熱源器機分を除いた負荷を対象とし、比較的年間の季節変動は少ないが、冷房負荷については大部分が夏季に集中しており、年間の負荷バランス



月別代表日における時刻別の負荷変動を3次元表示。エネルギーインフラ計画支援システムを利用(文献6, 7)

図-3 冷房負荷年間時刻別変動^{6,7)}



月別代表日における時刻別の負荷変動を3次元表示。エネルギーインフラ計画支援システムを利用(文献6, 7)

図-4 電力負荷年間時刻別変動^{6,7)}

を考慮した施設計画が必要と考えられる。

4.2 パッケージプラントシステム構成

全体のシステム構成を図-5に、また省スペース、省エネルギーの観点から、今回のパッケージプラントにおいて選択された各機器における処理方式を表5に示す。これらの処理方式自体は小型の処理施設のために開発されすでに実用化されている技術である。

表5 各器機における処理方式一覧

排水処理方式	好気性バイオリクター方式 (流動リアクタ+固定床リアクタ) ※放流水質基準によって嫌気性処理も必要
汚泥乾燥方式	遠心薄膜式乾燥機
海水淡水化	高圧海水エネルギー回収タービン方式+逆浸透膜方式
コンポスター	高速発酵乾燥処理方式(好気性高温菌複数利用) ※3時間によるバッチ処理が可能
コージェネ施設	ガスタービン発電機(将来的には燃料電池) ※発電効率約25%, 熱回収効率約50%

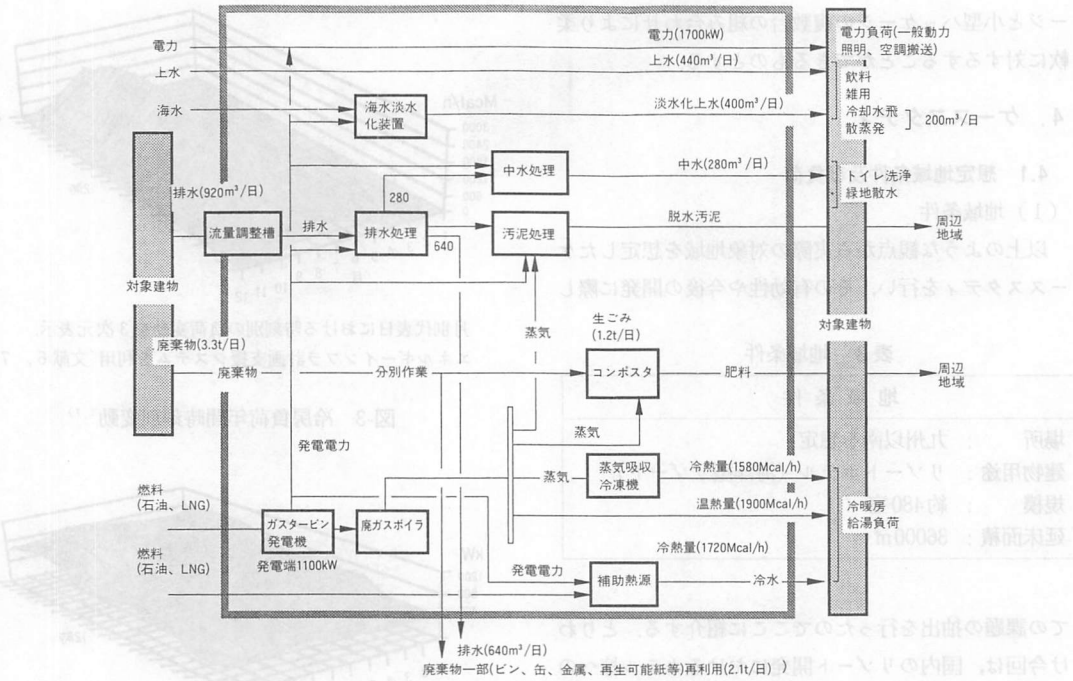


図-5 パッケージシステムフロー図

(1) 水処理系統

給水負荷のうち約半分を逆浸透膜を利用した海水淡水化プラントにより賄い、残りを上水により供給する。排水処理については好気性バイオフィリアクタを利用し、省スペースな処理を実現する。また、排水を処理した処理水のうち一部を高度処理し、中水としてトイレ洗浄水と緑地散水等に利用する。残りは周辺地域への排水基準以下の水質を確保した後に放流する。また、水処理に必要な熱源についてはエネルギー系統からの排熱を有効利用する。

(2) エネルギー系統

電力供給については小型のガスタービン発電によるコージェネレーションシステムを導入する。将来的にはより効率が高い燃料電池の導入も想定される。発電規模は1000kW程度を想定し、建物のピーク時の電力負荷の約50%を賄う。一方、タービンからの排熱(蒸気)は二重効用蒸気吸収冷凍機により優先的に冷熱利用され、残りは給湯や暖房負荷に活用する。また、夜間には廃棄物処理施設や污泥乾燥のバッチ処理を行うため、発電された電力や余剰排熱はこれらの用途に有効利用する。

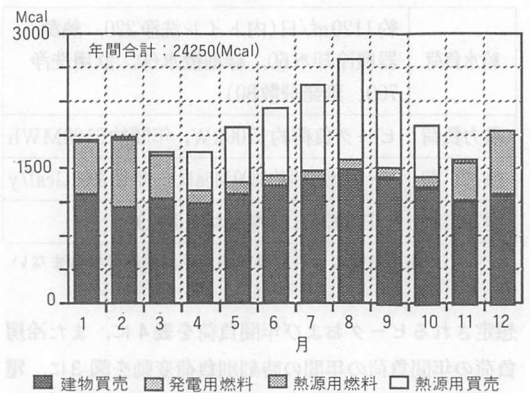
(3) 廃棄物系統

廃棄物のうち回収可能な紙、瓶、缶類は地域外にて再利用し、生ごみ類のみプラント内でコンポスト化の

処理を行い減量化を行う。処理システムは高速で発酵乾燥処理を行える方式を採用する。生成されたコンポストは周辺地域にて有効活用する。

4.3 パッケージプラントの効果

今回パッケージプラントを利用した場合の効果について、エネルギー面、環境影響度面(上水排水量削減、廃棄物削減)の観点から試算した。とくに、エネルギー面については年間にわたって時刻別負荷変動を考慮したシミュレーションを行い^{6,7)}、排熱や電力の利用状



従来システムについては冷熱源はターボ冷凍機、温熱源は蒸気ボイラを採用。

図-6 年間1次エネルギー消費量 (従来システム)

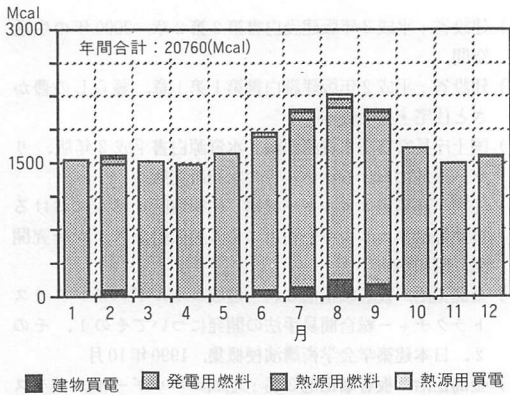


図-7 年間1次エネルギー消費量 (提案システム)

況を各月の代表日について詳細な予測を行ったものを年間にわたって集計した。

1) エネルギー

従来の熱源システムと提案パッケージシステムの試算結果を図-6及び図-7に示す。1次エネルギー換算で年間約20%の消費エネルギー量の削減が行われている。今回の発電容量は真夏のピーク日においては建物の電力負荷(熱源用電力も含む)の約半分を賅う容量であるが、月代表日における年間シミュレーションでは建物の大部分の電力負荷をまかなっていることがわ

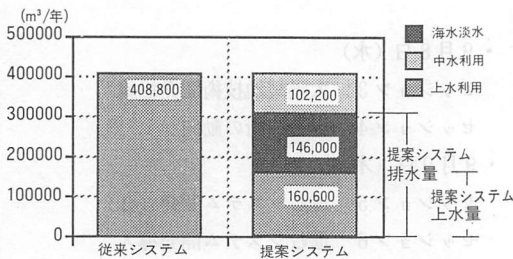


図-8 年間水利用効果試算

かる。また発電機からの排熱も十分に建物の冷暖房負荷を賅っていることがわかる。

2) 上水、排水

海水淡水と中水の積極利用により給水量は年間約250000 m³の削減となり、全体の約60% (海水淡水と中水利用)を削減していることになる。また、排水については年間102200 m³の削減となり全体の30% (中水利用分)に相当する(図-8)。

3) 廃棄物

廃棄物全体の約35%を占める生ごみ類を肥料化し

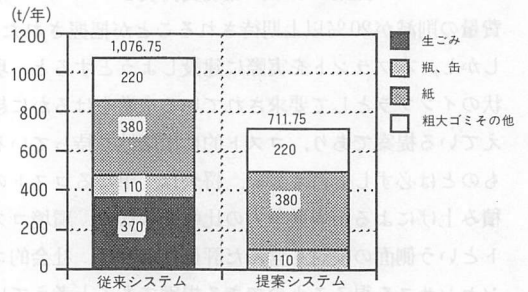


図-9 年間廃棄物削減効果試算

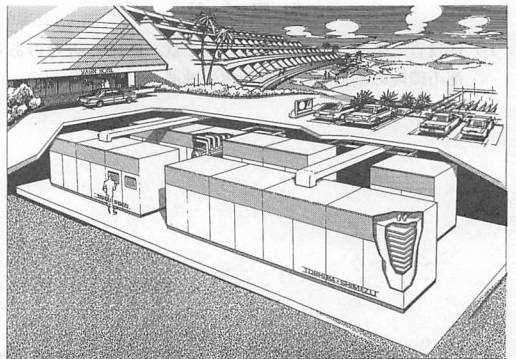


図-10 パッケージプラント施設設置イメージ

て再資源化をはかる。年間では約370トンの廃棄物を再利用していることになる(図-9)。また、建物外へ排出される廃棄物のうち約70%は瓶、缶、紙等でありこれらは分別収集により再利用可能な状態で排出する。

4) 設置スペース

各機器をそのメンテナンススペースや配管用スペースを確保し設置した機械室の配置イメージを図-10に示す。実際にはこれらの処理施設以外にも建物側の設備機器として空調用2次ポンプや熱交換器、受水槽、雨水槽等が必要であるが、中心となる処理施設においては、各機器の小型化、配管スペースの削減により全体で約20%~30%の省スペース効果が期待できる。

5) 操作性

前面に操作盤を集中させ各器機の操作を極力簡略化し、複雑になりがちな排熱利用プラントの運転を、少ない人員で可能とする。

5. まとめ

パッケージプラントによる環境保全型インフラスト

ラクチャーの提案により、環境負荷及びエネルギー消費量の削減が20%以上期待されることが把握された。しかし、本プラントを実際に建設しようとする、現状のインフラとして要求されている水準をはるかに越えている提案であり、コスト的に市場性を持っているものとは必ずしも言えない。将来は、単なるコストの積み上げによる市場競争力の比較ではなく、環境コストという側面の検討も含んだ評価によれば、社会的コンセンサスを得ることのできる提案であると考えている。

引用文献

- 1) 建設省；平成4年版建設白書第2章、良好で活力のある都市環境の創造及び建築行政の推進
- 2) 建設省；平成3年版建設白書第2第2章、2000年の生活空間
- 3) 建設省；平成2年版建設白書第1第1章、暮らしの豊かさと住宅・社会資本
- 4) 国土庁長官官房水資源部編；水資源白書平成2年版、リゾート地におけるホテル等の水利用実態
- 5) 住宅・建築省エネルギー機構；住棟地区レベルにおける排熱等賦存エネルギー利用による熱供給システム研究開発、昭和62年3月
- 6) 金島正治、板谷敏正他3名；地域エネルギーインフラストラクチャー総合簡易手法の開発についてその1、その2、日本建築学会学術講演梗概集、1990年10月
- 7) 金島正治、板谷敏正他3名；地域エネルギーインフラストラクチャー総合簡易手法の開発についてその3（エネルギーインフラ計画支援システムについて）、空気調和衛生工学会学術講演梗概集、1991年10月

協賛行事ごあんない

「太陽光発電システムシンポジウム」 開催について

1. 主催 太陽光発電懇話会
2. 後援 通産省、NEDO 他
3. 協賛 日本太陽エネルギー学会
4. 開催日 平成5年9月7日(火)～9日(木)
5. 会場 発明会館(東京都港区虎ノ門2-9-14)
6. 参加者 1日当り220人
7. プログラム
 - ・9月7日(火)
 - セッション1 太陽光発電システム技術開発総論
 - セッション2 進むシステム開発(I)/評価技術の動向
 - ・9月8日(水)
 - セッション3 太陽電池技術開発総論
 - セッション4 周辺技術の動向
 - ・9月9日(木)
 - セッション5 進むシステム開発(II)
 - セッション6 進むシステム開発導入

◎特別講演3件、記念講演1件

■ 問い合わせ先

太陽光発電懇話会 〒285 千葉県佐倉市大作1-4-3 京セラ株式会社 千葉佐倉工場内
TEL 0434-98-1231