

持続可能な開発と環境共生建築の計画・実践

:琵琶湖博物館とUNEP国際環境技術センター滋賀における取り組み

Sustainable Development and Environment-Oriented Architecture Design

An Experiment in Case of Lake Biwa Museum and UNEP International Environmental Technology Center

丹羽英治^{*}

Hideharu NIWA

栗山知広^{*}

Tomohiro KURIYAMA

西川慎司⁴⁴

Shinji NISIKAWA

ABSTRACT:

The sudden burst in human activity in recent history has changed our environment. Unless we create new relation with environment, no longer will be able to sustain a balance in environmental system. This is the great changing facing us today. Lake Biwa is a source of drinking water for people in the OSAKA/KYOTO area. The Lake Biwa Museum and the International Environmental Technology Center for UNEP built on the shore of this lake, are excellent prototype for sustainable relation between environment and human. In this paper an experiment in futuristic sustainable building and environmental design is introduced, and simulated quantity of energy consumption and non-point type of water pollution is shown.

keywords: sustainable development, environment-oriented architecture, energy consumption, non point type of water pollution

1. はじめに

近年、増大を続ける人間活動によって、地球環境に深刻な影響が現れ始め、人間と環境との新たな関係を考えなければ、健全な関係を維持することはできなくなっている。中でも、建築活動における化石資源への依存率は極めて高く、地球上で放出される炭酸ガスのうち30%近くが建築活動によるものであるという報告もある。一方、琵琶湖は、古くから関西地区の水瓶としてのみならず、環境面において人間と密接に関わり、欠くことのできない役割を果たしてきた。この琵琶湖畔に計画され、人間と環境との持続可能な関係を考えるための絶好のプロトタイプとも言える琵琶湖博物館とUNEP国際環境技術センター滋賀では、周囲環境に対して持続可能な、インパクトの小さい建築計画と環境計画の実現が試みられている。本報は、これらの環境計画のコンセプトとそれに基づいた具体的な計画システムを紹介するとともに、若干の定量的な試算を行った結果についても報告する。

2. 建築計画の概要

琵琶湖博物館とUNEP国際環境技術センター滋賀は、図1に示すように、琵琶湖南湖の東岸に突出した烏丸半島内に計画されている。各施設の計画概要を表1に、外観（模型写真）を図2に示す。

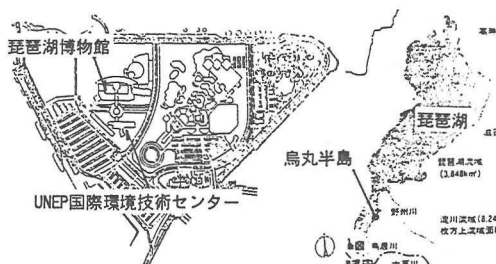


図1 計画地（島丸半島）

表 1 建築計画概要

琵琶湖博物館 用途: 博物館・水族館
敷地面積 約40,000㎡ 延床面積 24,000㎡
地下1階、地上2階RC造

UNEP国際環境技術センター滋賀 用途: 研修所
敷地面積 約10,000㎡ 延床面積 3,000㎡
地下1階、地上2階RC造

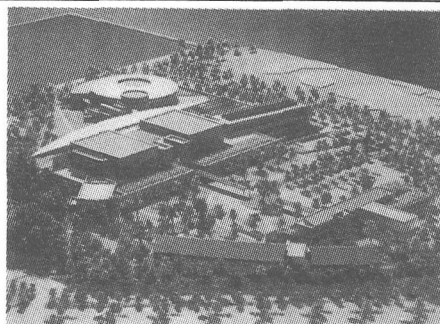


図2 計画地外観（模型写真）

* 日建設計 NIKKEN SEKKEI LTD.

* 滋賀県土木建築課 Architecture and Civil Engineering Section, SIGA Prefecture

3. 環境システムの計画

3.1 持続可能な計画とするための基本方針

ある閉じた系が定常状態を保ち、持続するためには、系の外部から持ち込まれるインプットと系の外部へ流出するアウトプットが、系内部での循環量に比して、極めて小さくしなければならないことは、周知の通りである。鳥丸半島は、もともと地形的にもほぼ閉じた系を形成しており、この系に持ち込まれるインプット（資源、エネルギー）をできる限り減らし、系から流出するアウトプット（汚濁、ごみ、廃熱、CO₂）をできる限り削減することが持続可能な計画のための必須条件である。すなわち、資源・エネルギーの有効利用をはかり、消費量を徹底的に削減すること、流出する汚濁量を可能な限り減らすことがここでの建築計画・環境計画の基本的な方針である。

3.2 持続可能な計画とするための手法

上記の基本方針に基づき、さまざまな環境システム計画上のくふうが試みられているが、それらは、以下のように、入力側と出力側の2つにまとめられる。

(1) 資源・エネルギー消費量を減らすくふう

建築が年間に消費するエネルギーの大半を占める冷暖房・空調用エネルギーは、従来、その多くを化石資源に依存してきた。本計画では、このような従来システムから少しでも脱するため、様々な建築的くふうによって、光と熱を制御するとともに、自然エネルギーを積極的に利用し、エネルギー消費量の削減をはかっている。図3及び表2に、UNEP国際環境技術センター

において計画されている12の手法を示す。また、図4に、『風の道』と呼ばれる自然エネルギー利用システムの一例を示す。これは、外気と地中の温度差を利用して、外気を冷やすあるいは暖めるもので、ここでは、基礎梁内のピット空間を利用している。さらに冷却・減湿効果を高めるために、地下水も利用しているが、これは地下水の熱だけを利用するもので、水自体は地中に還元している。屋上には真空式太陽熱集熱器（集熱面積 約180㎡）を設置し、集熱した太陽熱は、給湯と暖房に利用されている。なお、琵琶湖博物館に

表2 資源・エネルギー消費量を減らす12のくふう

光と熱を建築的に制御するくふう	①底・ライシェルにより日射を遮る・取込む
	②屋根散水により屋根を冷やす
	③屋上植栽により日射・熱を遮る
	④ET70-屋根により屋根を冷やす
自然エネルギーを利用するくふう	⑤断熱を強化して熱を遮る
	⑥ペアガラスにより熱を遮る
	⑦輻射冷暖房により熱負荷を低減する
	⑧太陽熱で暖める（給湯・暖房）
	⑨地下水で冷やす（冷房）
	⑩地中熱で冷やす・暖める（風の道）
	⑪雑用水として雨水を利用する
	⑫自然通風により換気する

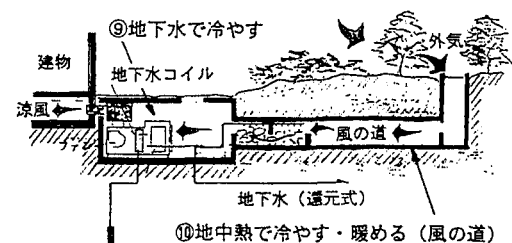


図4 地下水・地中熱による冷却（風の道）

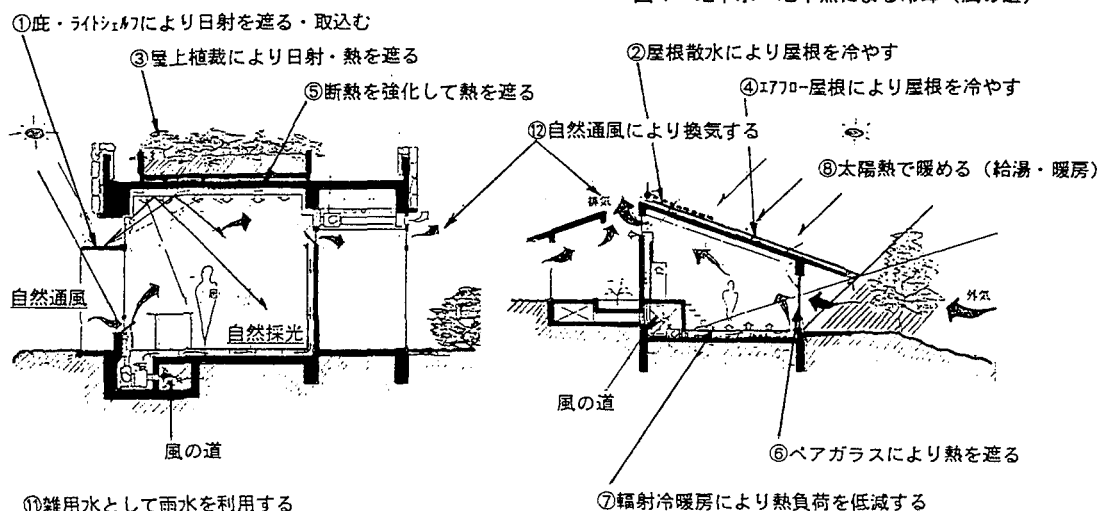


図3 エネルギー消費量を減らす12のくふう

においても、UNEP国際環境技術センターとほぼ同等の手法により、エネルギー消費量の削減が試みられている。
(2)流出汚濁負荷を減らすくふう

資源・エネルギーの消費量を減らすことは、系からの流出汚濁である廃熱、廃気、CO₂の発生量を減らすことに等しいが、本計画において、最も問題となるのは、敷地表面の汚濁物質が雨水とともに琵琶湖に流入する非点源型の水質汚濁である。これを防止するため、表3及び図5に示すように、敷地内の雨水浸透性を高めるとともに、雨水の一次貯留槽をもうけ、屋根・舗装面の汚濁物質が、直接、湖に流出しないよう配慮している。貯留槽に貯留された雨水は、屋外散水や屋根散水等の雑用水として利用することで、水資源の有効利用による資源節約にも寄与している。

4. UNEPにおけるエネルギー消費量削減効果量の試算

4.1 試算方法

UNEP国際環境技術センターで採用されている各手法のエネルギー消費量の低減量を知るため、まず、表4に示すように、12の手法のうち、⑪⑫を除く10の手法を4つにグルーピングし、5段階の手法採用レベルを設定した。そして、エネルギー削減のための手法を全く採用していない【基準レベル】(LEVEL-0)から、順次、手法を採用し、最終的な【計画レベル】(レベル4)に至る過程をケーススタディした。各レベルでのエネルギー消費量の差から、各手法の効果量が求められる。エネルギー消費量は、空調システムシミュレーションプログラムHASP¹¹⁾(建築設備士協会)を用いて計算した。ただし、モデル化が困難な手法については、簡易方法によって²⁾、近似的な効果量を求めている。

4.2 試算結果

1)年間エネルギー消費量

図6に各レベルの年間エネルギー消費量を示す。これより以下のことが示された。

- ・冷房・暖房・給湯に必要な年間エネルギー消費量は、計画レベルで172Gcal/年で、基準レベルの242Gcal/年に対して、70Gcal/年(29%)の削減となる。
- ・内訳は、地下水・地中熱利用を含む熱負荷削減によるものが27Gcal/年(約10%)、太陽熱利用によるものが43Gcal/年(約19%)である。

2)各手法の負荷低減効果量

ケーススタディの結果から求められる各手法の熱源負荷低減効果量を図7に示す。輻射冷暖房や断熱強化

表3 非点源型流出汚濁負荷を減らす4つのくふう

- ①敷地内表面の雨水浸透性を高める
- ②浸透式の雨水管とする。
- ③雨水貯留槽をもうけ、沈殿濾過する
- ④オーバーフローの砂・れき間濾過を行う

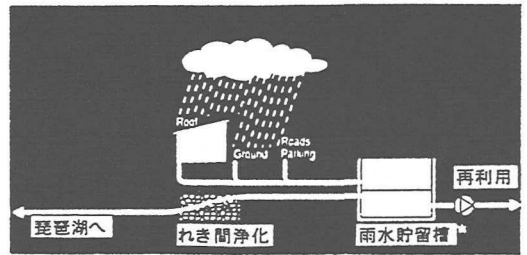


図5 雨水一次貯留・沈殿浄化システム

表4 手法採用レベル

採用手法	採用レベル	手法
—	LEVEL-0 ↓	エネルギー消費量削減の手法を採用しない【基準レベル】
⑦	LEVEL-1 ↓	輻射冷暖房により、室内の設定温度を緩和する
① ⑤ ⑥	LEVEL-2 ↓	窓面に庇をもうけ、壁・窓の断熱を強化する
② ③ ④	LEVEL-3 ↓	植栽、散水等により、屋根面の日射を制御する
⑧ ⑨ ⑩	LEVEL-4	太陽熱及び自然エネルギーを積極的に利用する【計画レベル】

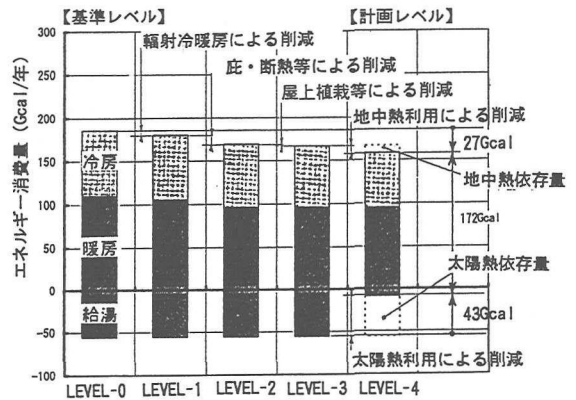


図6 UNEPにおけるエネルギー削減量の試算結果

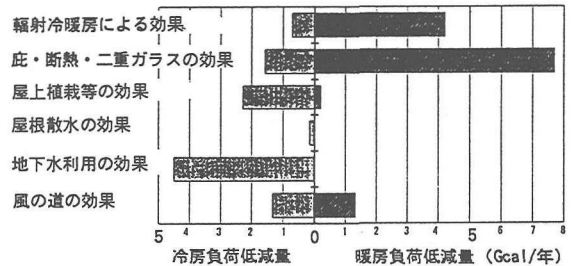


図7 各手法の熱負荷低減量

は暖房負荷に対して、屋根のくふうは冷房負荷に対して効果が大きいことがわかる。屋根散水の効果が小さいのは、LEVEL-2で断熱を強化した後、LEVEL-3において屋根散水の効果を見ているために、屋根面からの熱負荷がもともと小さいためと考えられる。

3)計画ケースの年間負荷特性と自然エネルギー依存率

図8に、計画ケースの年間冷房負荷及び暖房・給湯負荷を示す。計画ケースの冷房負荷に対する地下水及び地中熱への依存率は約10%、暖房・給湯負荷に対する太陽熱への依存率は約28%であった。

5. 水資源の有効利用と非点源汚濁防止効果の試算

5.1 水資源有効利用量の試算

年間降雨量を1240mm、敷地内平均流出係数係数0.70とすると、敷地全体で集水可能な雨水は約56,000m³/年になる。そこで、1000m³の雨水貯留槽を設けた場合の雨水利用可能量をシミュレーションによって求めた。結果から、雨水利用率は0.70となり、年間39,000m³の雨水が雑用水として利用できることが示された。図9に琵琶湖博物館における水使用量の試算結果を示す。これより、年間の雑用水（散水、空調、便器洗浄）使用量の約55%が雨水で賄われ、上水（市水）の使用量が約50%削減されていることがわかる。

5.2 非点源汚濁削減量の試算

雨水貯留槽に貯留された雨水のうち、70%が再利用され、残りの30%は、砂・れき間濾過されてから湖へ流出するとして、流出負荷（COD、T-N、T-P）の削減量を試算した。その結果、表5に示すように、削減量は、CODで1536kg/年程度であることが示された。これは、琵琶湖南湖東岸からの総流出量の約0.1%に相当する。

6. まとめ

本報は、琵琶湖東岸烏丸半島に計画されている琵琶湖博物館及びUNEP国際環境技術センター滋賀における持続可能な開発と環境共生建築に対する取り組みを紹介するとともに、若干の定量的な試算を行った。その結果、30%近い冷暖房・空調用エネルギー消費量の削減が可能であることが示された。また、敷地内の雨水貯留槽によって、非点源汚濁負荷量が南湖東岸の総流出量の0.02~0.1%程度削減されること、その結果、雑用水の55%が雨水で賄われ、上水の使用量が50%削減されることも示された。これらの結果は、あくまでも試算結果であり、今後、実測等によって、効果量や削減量を検証・実証していく必要がある。

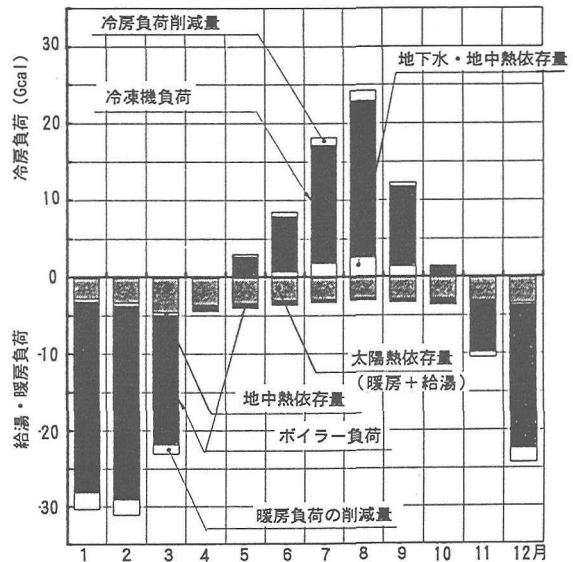


図8 年間負荷特性と自然エネルギーへの依存

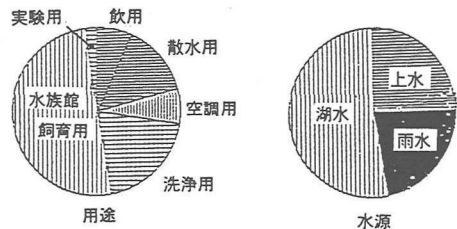


図9 琵琶湖博物館における水使用量試算結果

表5 汚濁負荷削減量の試算結果

原水**		削減量	南湖東岸*	削減量
		kg/年	総流出量	総流出量
		ppm	t/年	
COD	39.4	1,536	1,730	0.09%
T-N	4.8	187	901	0.02%
T-P	0.70	27	94	0.03%

**文献3)雨水槽内測定水質平均値 *昭和60年算定値

【文献】

- 1) MICRO/HASP/ACSS利用者マニュアル, 建築設備技術者協会
- 2) 建設省住宅局監修: パッシブシステム住宅の設計, 丸善
- 3) 和田: ノンポイント汚染源のモデル解析, 技報堂出版

【補】熱負荷低減効果量の計算方法について

- 1) 輻射による負荷低減効果: 輻射によって、室内の設定温度が夏・冬ともに1℃緩和されるとした。
- 2) 屋根散水による負荷低減効果: 屋根面散水により、屋根から蒸発潜熱が奪われるため、日射負荷が低減される。ここでは、文献2)を参考に、夏季(6~9月)の負荷低減量を推定した。
- 3) 風の道による冷却・加熱効果: 風の道の冷却・加熱量を定量化するには非定常の熱伝導計算が必要であるが、ここでは、簡便に、代表日の定常計算により、外気温度降下量を推定した。
- 4) 地下水による冷却効果: 地下水温度を年間20℃一定として、冷水コイルの計算をした。
- 5) 太陽熱集熱量: 集熱効率(メーカー資料による)と日射量から集熱量を算定し、余剰分は利用できないとした。