

工学的見地から評価する万国博覧会

－ EXPO2005 「愛・地球博」を巡って－

涌井史郎

桐蔭横浜大学医用工学部生命・環境システム工学科

(2005 年 2 月 28 日 受理)

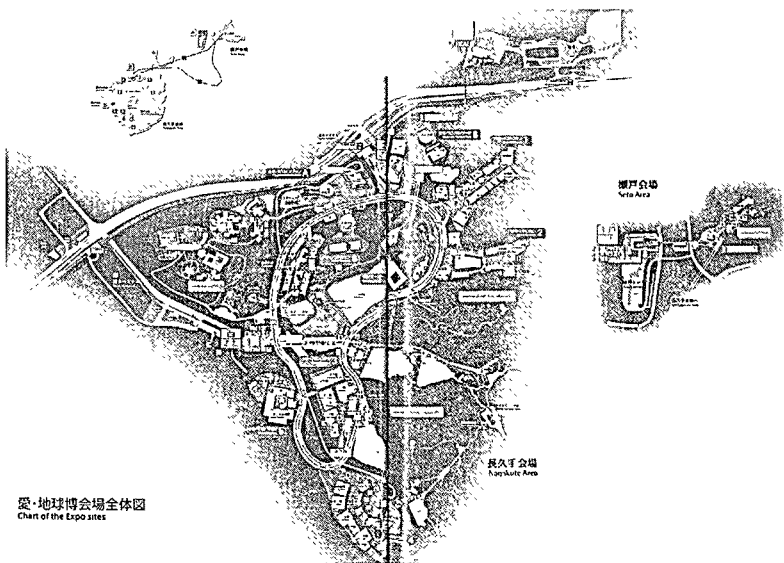
1 はじめに

本年、3 月 25 日から一般博としては 35 年ぶりの万国博覧会が名古屋東部丘陵長久手・瀬戸の 2 会場で開催される。博覧会といえば壮大な国家イベント、あるいはお祭りとして理解されがちであるが、博覧会条約や 150 年の歴史を回顧すると工学的な技術の、発展の一つの契機、とりわけ技術を一般の人々に近づけるといった「技術の民主化」の場面として果

たしてきた役割は、極めて大きい。そこで「愛・地球博」の概要を示し、その中に生じつつある工学的な胎動の概況を論述し、参考に供するものとする。(資料-1)

2 万国博覧会の系譜

万国博覧会は、1851 年のロンドン万国博覧会を起源としている。当時の英国はビクトリア女王の治世下、世界七つの海を制覇した絶頂期にあった。



資料-1

しかしその成功が、植物の力を活用した結果であることは、意外に知られていない。産業革命が起きつつあった1750年辺りから、欧州列強は、競って航路の開拓を始め、制海権を巡り争っていた。その理由が、貿易と殖産資源の開発にあった事は言うまでもない。その重要な要素が、植物起源の香辛料、ゴム、嗜好品であり、栽培技術にあった。

英国はそうした栽培植物を世界各地の植民地に持ち込み、プランテーションとして経営した。それを支援したのがキュー植物園等であり、かつ王立科学アカデミーであった。そうした植民地の産品を貿易品目として、財を成し、それを産業革命に投入した。

その集積の成果が、女王の夫君アルバート殿下を総裁とする、ハイド・パークを会場とする万国博覧会の目論見であった。

ハイド・パークは、英国王室が、産業革命によるロンドンの大気汚染に悩む市民に対し、公衆衛生上の保健休養地として、宮苑を開放し提供したものであった。そのハイド・パークには3本の榆(ニレ)の大木があり、博覧会のパビリオン建設による伐採を、殿下が惜しんだ。御影石や煉瓦づくりの案を排除し、キューの温室の設計に能った造園家ジョセフ・パクストンに提案を命じ、今に評判を伝える硝子とキャストによる巨大な温室風の、通称クリスタルパレス「水晶宮」が第1回の万国博覧会の会場となり、世界に関心を呼んだ。3本の榆(ニレ)は、その会場内のインドア・グリーンとして会場を彩った事は言うまでもない。

博覧会は、常に科学技術と時代の主人公の両面から、時代を予兆してきた。

1889年の第7回パリ万博にシンボルとして出展されたエッフェルの設計による塔は、その後の橋梁や高層建築の先駆けとなった。また1893年のシカゴ・コロンブス博覧会は、やがて来る電気の時代を一般の人々に理解させたのである。

1970年。我が国で始めて、「人類の進歩と調和」をテーマに掲げた万博の開催以後、我

が国の産業技術は国際性を伴い、飛躍的に発展し、その後の経済成長牽引の一つの契機となった。万博150年の歴史を、その主体別に概観すると、概ね50年毎に性格づけ区分することが出来る。最初の50年は、国家が主体ではあっても、いわゆる博物学的国際理解を珍品奇品の収集を通じて深めた時代といつて良い。次の50年は国家そのものの威信を示し合う時代。最後の50年は、20世紀末まで続いた企業が主体の時代であったと見る事が出来る。

3 EXPO2005「愛・地球博」を検証する

3-1 開催特性

この博覧会は、国際博覧会条約に基づく最上位の博覧会である一般博としては、大阪以来35年ぶりに開催されるものである。

併せて1984年に行われたBIE国際博覧会協会の「商業主義を排し、地球的大課題の解決に対し、多様な参加形態で取り組む」とした決議による、21世紀最初の万国博覧会である。

そこでこの博覧会のテーマは「自然の叡智」とされた。すなわち自然界からその生態系、物質循環、情報伝達の機能やシステム、生物物理学的機能等を学び取り、人間活動による環境への負荷を低減させる方策を探り、かつ提案しようとするものである。

そこでサブテーマは、「宇宙、生命と情報」「人生のわざと智慧」「循環型社会」とされた。また参加の主体は、国や県といった公共団体・企業それに市民団体と三者が一体となる多参画型の構成を成した。

会期は本年3月25日から9月25日、185日間の開催であり、これまでの万博と異なり盛期には夜間22時まで開園される。

3-2 会場特性

当初会場は、海上と称された周伊勢湾貧栄養地域植生と位置付けられる、モンゴリナラヤシオツツジ等の独特の植生に覆われた手

着かずの自律的自然回復林に予定されていた。

そこに公団により、新住宅団地開発が構想され、その先駆けとして万博誘致がなされたのである。

およそ100年前までは、名古屋東部丘陵と呼称されるこの周囲の山肌は全くの禿山であった。その原因は数100年前からの一般的に「瀬戸物」と言われている陶土原料の採掘や、窯を焚く為の燃料木の伐採等によるものである。

それが明治期にオーストリアより招聘された、砂防技術者アメリカ・ホフマンが、谷筋に粗朶を組み、植穴客土を行い、植栽を施し、およそ100年を擁して、今日の回復林が構成されたのである。

その「海上の森」と通称される林地に、複数の希少鳥類オオタカの営巣が確認され、万博誘致に反対する気運が一挙に高まった。

それが国際的にも反響を呼び、BIEもまた万国博覧会への新決議とも絡めて猛反発し、以来日本政府の対応は昏迷を極めた。

結果、開催会場は、天皇在位50周年を記念して開設され以来30年に亘り、延べ9000万人の利用者を数えた、現博覧会主会場の県立公物公園「青少年公園」の内158haを活用することに決定した。

海上の森には、青少年公園に1.5Kmと程近い地区に、僅か15haを割いて新たに「瀬戸会場」が計画された。

新たな主会場青少年公園も海上と自然環境質は大して差異がない。ただ公園利用機能の強化の為、開設時の造成や植栽により、中規模の改変がなされてはいる。

4 会場計画

4-1 環境アセスメント

前述のような環境問題に対する認識の深まりや、環境団体との開催条件とも相俟って、会場計画の進行については、自主的に厳しい環境アセスメントが為されることとなった。先

ず生物資源の種の同定、その希少性や分布の条件から改変の程度についてクライテリアが定められた。またそのモニタリングも定期・不定期に厳しく実施することを自主的に義務付けた。

平成7年閣議了解で、この博覧会では「環境影響評価法」に準拠し、アセスメントを実施することが決定した。ついで平成10年3月に「評価要領」が通産大臣商務流通審議官通達され、それに基づき「実施計画書」「準備書」「評価書」の手順で、また各々の段階では検討状況報告書を公表し、説明会や意見交換会を開催広く意見を聴取した。取り分け生物多様性の観点からの生態系、廃棄物、温室効果ガスについての調査・検討は重視されたのである。

予測評価の項目は海上地区で22、長久手地区で17に及ぶ。1500万人の入場者とアクセスの想定。計画される会場施設の規模。工事機械の稼働や走行台数までも対象とした。基本計画の策定にあたっては、

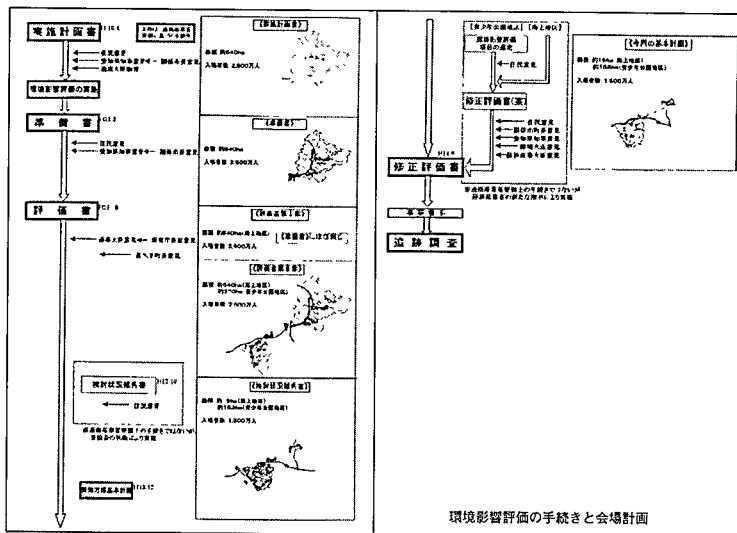
- ① 自然地形・素材の活用
 - ② 循環型技術の導入
 - ③ 3R(リデュース、リユース、リサイクル)を目指した建設運営。
 - ④ 公共交通利用の促進によるCO2の削減
 - ⑤ 楽しみながら学ぶ機会の導入
- といった環境配慮の考え方を前提とした。生物種についてのみ、記述すると

<植物種と群落>

種) ウンスケ、クサナギオゴケ、シデコブシ、シマジタムラソウ、シラン、ヒメコヌカグサ、ミズギボウシ、ムヨウラン類、モンゴリナラ、スズカカンアオイ群落) シデコブシ集団。モンゴリナラ群落。ささ池の貧栄養湿地植物群落。こいの池のイヌタヌキモ

<動物種>

ムササビ、オオタカ、ハチクマ、カワセミ、アオゲラ等の繁殖種。ハッチョウトンボ、ベニイトンボ、ゲンジボタル、ギフチョウ、ホトケドジョウ。



資料-2

等に影響が極小化されるよう施設や通路等の会場計画、工事中の保全対策が綿密に施されたのである。このように万博としては史上初であるばかりでなく、自主的で厳密なアセスメントが実施されたのは評価されて良いだろう。(資料-2)

4-2 環境マネジメント

アセスメントのほか、前述の環境配慮の考え方にに基づき、建設・運営に於いて様々な機会を捉え3Rを始めとした配慮を実践した。

具体的には、アセスメントにより許容された範囲での地形改変や施設物の建築。伐採を余儀なくされる既存の樹木や灌木の、積極的な移植。例えば普通なら移植が不可能な大径木についてまで、開発された自走式の大径移植機械等を導入して、移植し、会場計画への活用を図る等の努力が為された。

一方ITの積極的な活用による、会場運営の活動負荷の抑制。リニアモーターカーやIMTSと称された無人コンボイ編成自動判断式バス、水素燃料電池バス等の新交通システムの実験的活用。

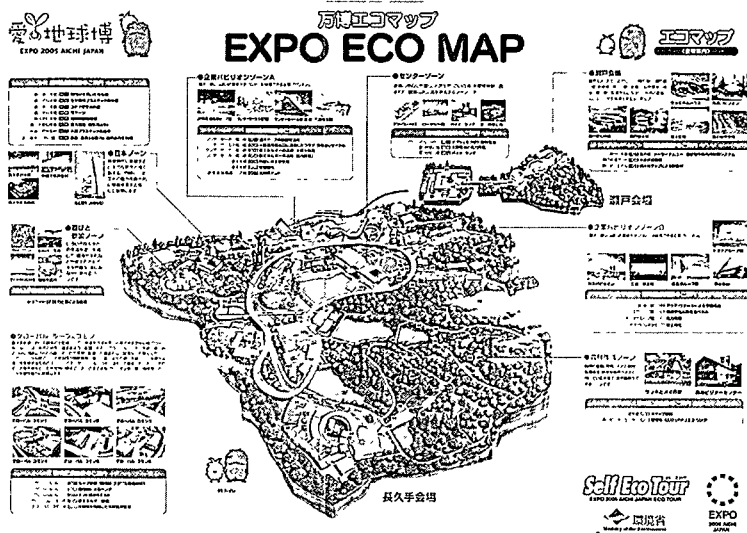
そして生分解性プラスチック素材を会場パナーや料飲食器、ベンチ等のストリート・ファニチュアに多用する等リサイクル資材の活用に力を注いだ。

最大の循環システムは、大規模なバイオマスによるエネルギー循環システムの実用実験である。会場内に様々な太陽電池が施設され、食堂等の生ゴミ、場内で分別収集された様々なゴミを会場内の、実証展示プラントで発電し、一定量の施設の電気を賄う試みを行っている。

さらには愛知県が公園施設として整備し博覧会に共用する、「森林休感ゾーン」には、森の楽校、里の楽校が開設され、募集された市民ボランティアがそこで教育され、その人々をインタープリターとした一般市民や生徒に向けた自然学習が、博覧会催事の一环として開校される。

また会場外の商業活躍と場内のエコ活動を連携させた、グリーンマネー制度も導入されている。

このように、アセスメントによる、基本的環境負荷の低減、あるいはミティゲーションのみならず、様々な環境負荷の低減策が、ハー



資料-3

ド・ソフトの両面から、博覧会史上初めての試みとして多様な環境マネージメントが実施されようとしている。(資料-3)

4-3 会場計画

① 配置計画

会場は、海上を起源とする「瀬戸」「長久手主会場」の2会場である。

A - 瀬戸会場

主要な施設は、「いのち・隣人・環境・とき・美しさ」をテーマにした市民参加プロジェクト(235プロジェクト、延べ1万人の参加市民)の為に「市民パビリオン」と「海上広場」。「政府館」「県館」「里山遊歩ゾーン」そしてそれらに伴う「ゲート施設」により構成されている。

B - 長久手会場

・ゲート

北・東の個人を主とする来場者ゲートと、団体を主とする西ゲートの3ゲートにより構成された。各々ゲートは、リニアモーターカーの博覧会最寄り三駅並びに JR の万博八草駅、そして定期・不定期のバス、環境負荷低減の

為、我が国で初の大規模実施を試みるパーク&ライド方式を担う6ヶ所の各駐車場からのシャトルバスのターミナルに連動させている。

・パビリオン地区

前述したような会場の自然特性、取り分け高差40mある複雑な地形から、会場を訪れる弱者にとり負担が少なく、一般来場者にとっても会場構成が簡明にわかるような会場の設えが求められた。そこで発想されたのが、幅21m全長2.6kmの高架遊歩道「グローバループ」である。

このループには、地球世界の様々な経済格差を乗り越えても、環境問題に対して、互いの経済格差等乗り越え、共通した解とルールを持ち、連携して課題に取り組もうとするメッセージがそこに隠喩されている。

また世界には多様な自然・宗教・民族・文化があり、方や地球環境に対し共通のルールを模索しながらも、一方では、その多様性こそ尊重されるべきである。しかも、各国が置かれた固有の地理的・自然的条件により、問題を共有し、コモン(共同体)

として取り組む姿が重要である。そこで会場内の谷戸や台地を活用し、6つの共同体「グローバルコモン」を用意し公式参加国の出展を呼びかけた。又各国がパビリオンの規模や形状の主張が過度に走らぬよう、それぞれのコモン別にデザインされた同一のモジュールを、用意して景観規制の枠組みの中で個性を主張する仕組みとした。

・センターゾーン・日本ゾーン

青少年公園時代の屋内プール・スケートリンクを活用したテーマパビリオン「グローバルハウス」を挟む二つの池の両端、北に協会企画催事を開催する「愛地球広場」、南のセンターゾーンと日本ゾーンにクロスした位置に各種公式行事に対応した「日本広場」が計画された。日本ゾーンには広場に隣接して、日本政府館、名古屋市館、愛知県館が設えられている。又愛知県館の裏側には、県出展であり、恒久的な都市公園施設でもある7ha(内、池3ha)の「日本庭園」が、涌井等の監修により整備された。

・集会・演示施設

会場の最南に位置する北部ヨーロッパ各国の公式参加パビリオン群「コモン-4」に3000人収容の「エキスポドーム」、後述する会場西の「遊びと参加ゾーン」に440人収容の「エキスポホール」が用意されている。

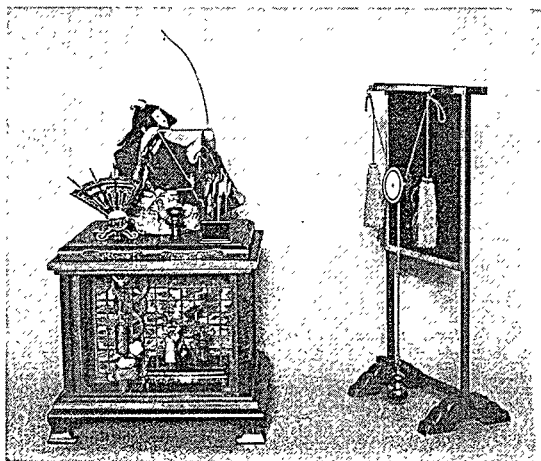
・遊びと参加のゾーン

地球市民と子供を主人公に、環境問題に取り組むNGO/NPOが「持続可能性への学び」について活動を主張する「地球市民村」。NEDOによる、子供に夢、大人に納得を与える最新のロボットを展示し、愛知の伝統的「カラクリ」との関係等を体感させる「ロボットステーション」、風や水の力を活用した未来の遊具や、樹木登攀を体感させ、木の温もりや不思議さを実感させるプログラム等が用意されている。(資料-4.5)

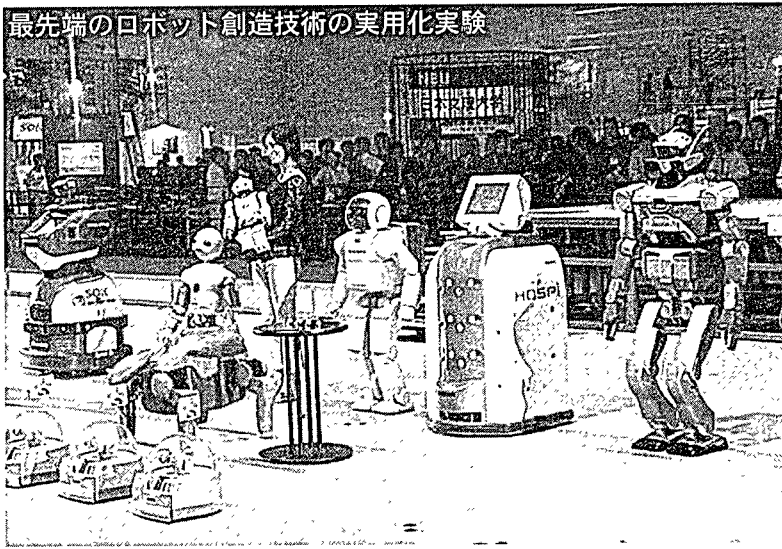
・企業パビリオンゾーン

多様な参加を標榜するこの万博では、これまでの先催博のメインであった企業パビリオンを極力制限した。

AとBに分けられたゾーンに、9つの企業グループパビリオンが出展されたのみで



写真提供 田中久重、久留米小教育委員会
 動力、機構を詰め込んだ台の上の童子が、矢台の4本の矢を矢*に叩きつけて、数回繰り返的に
 向かって回る自動人形。動力は直線駆動のゼンマイを用い、人形の動きは数枚のカムに連結する
 系によって行われる。機構的には極めて簡単で簡単な動きだが、人間の表情や仕草を見事に表
 現する。田中久重は九州久留米の出身で、からくり製作を志業として長崎や京都で修業し、長
 崎材や万年時計などの、優れたからくりを考案、製作している。(図本一紙)



資料-5

ある。リニアを題材にした超電導、メイン大学ニール・F・カミンズ教授による地球と月の関係を精査した展示、ロボットと乗用車を組合せた一人乗りビークルや人工唇による楽器演奏ロボットの演示ショー、3DCG インタラクティブ、等の先端技術の応用展示が楽しみながら学ぶエデュテイメントとして出展されている。

・森林体感ゾーン

博覧会と並行して、県が都市公園事業で整備した会場面積の約半分を占める自然再生林並びに林床花園、森の学校などにより構成されたのが森林体感ゾーンである。先に触れたとおり、ここでは環境配慮型のインタープリター養成の企画事業と、養成されたリーダーによる自然学習事業が実施される。しかも林内には、弱者の人々でも車椅子で林内の散策や学習が可能であるよう、周遊性が確保されたデッキが整備されている。このデッキは弱者対策のみならず、林内の下層植生を人々の踏圧から保全し、かつ林内の構造断面を様々な高さから観察出来る利点を有している。

日本庭園もこのゾーンに位置している。

② 素材並びに工法開発

会場の環境質を向上させる為には、配置に対する配慮だけでは充分ではない。施設そのものが可能な限り3Rに適合したものである必要がある。

具体的には、先ず素材が重要である。そうした共通認識で会場内に於いて様々な新素材開発が試みられた。共通しているのは、生物起源の素材が数多く登場した事である。

例えば、グローバループ上の木質系の床貼り材。余剰し処置に困った間伐材、廃材を樹脂整形した再生材。間伐材の束ね柱による建てや構造材。日本政府館の竹ゲージや酸化チタン塗布の光触媒板屋根。光触媒テント。トヨタパビリオンの古紙再生紙やケナフの外壁・内装材。ペットボトル再生繊維。廃陶器・廃瓦、木質チップによるストリートファニチャーや舗装材。生分解性プラスチックの外壁等である。

工法もまた様々な工夫が為されている。トヨタパビリオンの外壁構造体は、軽量鉄骨規格材を再生可能なように溶接やボルト結合を避け、摩擦締結工法を開発。瀬戸日本館のソーラーチムニイによる自然換気や、自立応答調光ガラスによる空調効果向上。グローバループをはじめ各施設が地中杭にコンクリー

トを用いず、引き抜けば原状に復旧出来る工法を採用している。さらには、西ターミナルの借り上げ畑地に作られた広大な駐車場に於いては、将来畑地に原状復旧出来るように、全域に特殊シートを被せその上にアスファルト舗装を施した。

③ バイオラング

メインテーマパビリオン・グローバルハウスの愛・地球広場側に、長さ150m、高さ最高25mの三層の巨大緑化壁「バイオラング」が出展される。

このバイオラングは、植物生理を利用し都市内の環境圧、人工暑熱、騒音、大気汚染等を低減させ、併せて垂直方向のビオトープを実現させようと試みたものである。

つまり都市に於ける肺の機能を担わせようとする巨大な実証実験装置である。

特筆すべきは、このバイオラングの提案の具体的実験は、桐蔭横浜大学工学部涌井・飯島研究室に於いてなされた成果に深く関係している点である。この成果に（独行法）国土総合開発技術研究所、（財）都市緑化技術開発機構が研究支援体制を組み、一部に国費も投入され技術開発と会期中の実験が実施される。

緑化壁は、新開発された鉄筋の非溶接網状構造の躯体に、1350×1350mm、厚さ250mmのモジュールパネルに仕込まれた緑

化パネルを取り付け、裏面からドリッピングシステムによる灌水、各パネルの交点にはLEDが仕込まれ、さらに頂部には1500の17μのバイオドライミストノズルが霧を吹きおろす構造となっている。

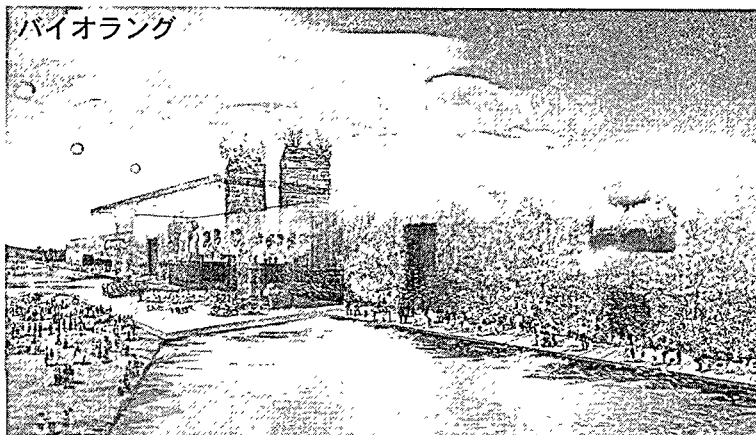
このバイオラングは185間環境低減の状況を6種のインディケーターについて実測する一方、併せて閉場時間近くに演示ショウも行う来場者を楽しませる機能を持たせている。（資料-6,7,8）

5 総括

これまで概括的に、2005年万国博覧会「愛・地球博」における工学的評価の要素を記述してきた。

空間開発技術、建築技術、環境保全技術、保全生態技術、造園並びに土木技術等の空間に関わる新技術。ロボット工学、新エネルギー開発技術、バイオマス、新素材開発技術等の個別の新技術と見るべきものは多岐にわたる。しかしそれら全てに共通しているのは、環境負荷をいかに低減させるのかと言う命題に真摯に取り組んだ成果をそこに示し、提案している事である。しかもそのいずれもが、この博覧会のテーマ「自然の叡智」に相応しく、生き物の智慧に学ぶテーマを訴求している。

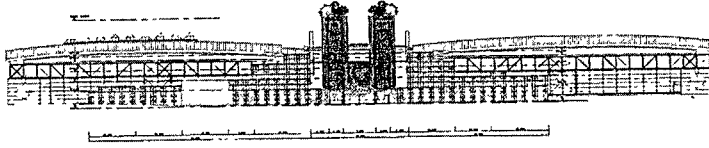
仮に万国博覧会の歴史的効用が次代の予兆



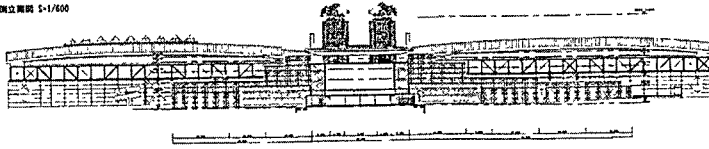
資料-6

3. 全体図

グローバルハウス独立展示 1/1/600

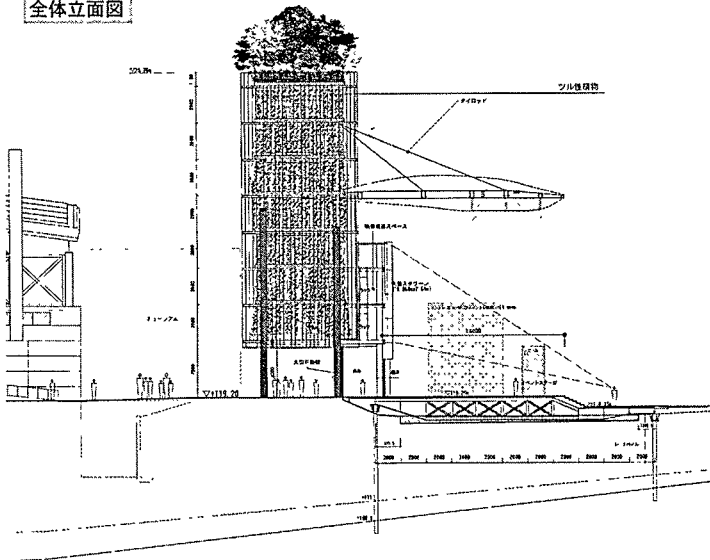


緑洲国立展示 1/1/600



資料-7

全体立面図



資料-8

にあったとするなら、「EXPO2005 愛・地球博」は、環境保全に対する生物模倣技術の成果を始めて総合化して世界に問うた万国博覧会と評価されるかも知れない。