

平成13年度

春季修了

博士(工学)学位論文

エコデザインをベースとした新しい
社会基盤整備の実現

Implementation of the New Social Infrastructure Based on EcoDesign

平成13年12月28日

高知工科大学大学院 工学研究科基盤工学専攻 起業家コース

学籍番号：1046008

永野正展

Masanobu Nagano

内容梗概

論文題目 エコデザインをベースとした新しい社会基盤整備の実現
(Implementation of the New Social Infrastructure Based on EcoDesign)

本論文は、筆者が学んだ大学教育および社会人として約30年間の実践経験を基盤として、本高知工科大学・大学院博士課程起業家コースにおいて学び、研究したものをまとめたものである。本テーマの構築に関しては、これまで蓄積してきた知識や見識に新しい学識、知見を加えて、広い視野にたち周辺分野の学問と連携を図りながら、学究的研究と考察を行ったものであり、さらに起業家コースの最も重要な理念である起業実践を目標として、総括的にまとめたものである。

20世紀後半のわが国は戦後の荒廃期からめざましい経済発展を遂げた。社会はその繁栄のなかで、物質的豊かさを軸にした生活基盤に満足しつつ更なる豊かさを求める方向性を社会のベクトルとした。その背景には新国家としての方向性（政策）がベースとなっていたように考えられる。すなわち生産性向上と消費量の拡大が相互に連動して経済的発展を形成する工業化社会の構図である。それらの基盤は科学技術の加速度的発展が大きな要因であると考えられる。

しかし、めざましい繁栄の陰にはそれに反比例するように、地球資源の枯渇と環境悪化が代償として次第に表面化してきた。1970年代から環境的観点での警鐘も発せられるようになり、地球上で環境負荷物質が限界域をこえることは現人類社会の持続的発展停止の可能性に繋がる危険性について世界的レベルで考えるようになった。また、わが国では工業化社会の負の産物として水質汚染や大気汚染による影響がしだいに顕在化し、魚類の奇形現象や人体へ影響が見られるようになり公害として国民の知るところとなった。しかし、国家としての環境保全に対する方向性は明確さを欠き、経済重視の対処療法的政策や前例主義的運動形態が社会を主導したと言える。言い換えれば工業化社会の限界に向かってわが国全体が疾走した時代であったと考える。

世界人口の2%を占める日本国は産出される化石エネルギーの10%以上を年間当たり使用している現状や、食糧自給率が40%（飼料用穀物を入れると20%）程度という現状などを考えた場合、持続的発展可能な人類社会の形成と言う目的を明らかにして現状を変革し、あるべき姿に向かって行かなければならない。

筆者は1996年に持続可能な循環型社会を目指す一行動として、市街地から高知市郊外の山中に環境を重視した循環型の社屋を建設した。建設の目的は「持続可能な循環型の開発モデル実践」であった。このことは現社会に対する提案・提言であり、工業化社会型の公共事業の方向性としくみを変革したいと言う意図も有していた。しかし、一定の評価

は得たと考えられるが、意図に対する具体的成果は現時点において現われていない。

したがって今後は、これらの考えと経験を基にして実現可能な運動を展開する必要がある。その重要なポイントはまず行政を動かす基本の政策部分に着眼し、そこから着手することが重要と考える。

本論は前述の対処療法的政策や前例主義的形態で社会を誘導している行政体に対して、民間の立場で新しい社会基盤整備の構築を提案し、エコデザインの視点をベースにした具体的デザインを掲げた戦略的運動展開の試みとして論ずるものである。

第1章では、研究の背景と目的・意義について述べるとともに、着眼点としてエコデザインの視点と相愛本社建設の経験をベースにして戦略的視点と戦術的視点で本論の課題を見出した。

第2章では、現在の社会システムについて、エコデザインの視点から工業化社会の現状を把握し、公共事業をベースとした行政のしくみとその欠点を見出して本論への糸口を掴んだ。

第3章では、あるべき姿として持続可能な循環型社会の必要性について動脈と静脈の視点で考察するとともに、本論の思想ベースであるエコデザインについて述べた。次ぎに循環システムとしてのコンポスト技術について述べた。

第4章では、エコ・モデルの実証事例として、1996年に持続可能な循環型社屋を目的として建設した相愛本社の事例を述べ、次ぎに公共下水道汚泥の処理現状を把握し、その環境的負荷・経済的効率・社会的課題を見出し、エコデザインの観点から最も優れていると判断できる超高温菌による汚泥の肥料化について述べた。さらにこの方法をベースとしてわが国全体を動かせる戦略的な展開として、東京都を対象としたモデルをデザインして、その実現に向けての課題とその解決策を検討した。

第5章では、構築したモデルを現実化した場合に得られる価値を鮮明にするとともに、現実に存在する抵抗を考察し、その問題と課題を鮮明にして対応策を構築した。

現状の社会システムを変換することが経済的にもまた環境的にもはるかに優位であることを論じる。これらより社会的観点から多くの支持を得られると考える。その結果として本論の目的である公共サービスのあり方として現在のしくみを変革し、新しい社会基盤整備に関する先導者的実践事例としたい。

目次

第1章 序論	
1 1 研究の背景と目的・意義	4
1 2 着眼点	5
第2章 社会システムの現状認識	
2 1 工業化社会による負の環境システム形成	7
2 2 前例主義および対処療法姿勢の行政	8
2 3 公共事業システムの現状	9
第3章 持続可能な循環型システム	
3 1 動脈と静脈	12
3 2 エコデザイン	14
3 3 循環システムとコンポスト技術	17
第4章 エコ・モデルの実証事例	
4 1 相愛本社の事例	21
4 2 公共下水処理汚泥の肥料化事例	27
第5章 価値創造と課題	
5 1 環境的価値創造	41
5 2 経済的価値創造	43
5 3 社会的価値創造	44
5 4 あたらしい価値創造時に生じる抵抗と解決策	46
むすび	50
謝辞	51
参考文献	52

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的・意義

1972年にローマクラブから出版された *The Limits to Growth* (成長の限界)¹⁾²⁾との出会いは、筆者の思考と行動機軸の形成に大きな影響を与えた。

20世紀後半は人類史上かつて無いほどの繁栄の時代であったと言える。同時にこれから続く未来に対して、このような姿の繁栄は期待し難く、またそのような状態を追い求めてはならないと考えている。

現状の繁栄は、急激な人口増加と経済成長を支える科学技術の発達が伴っていたからこそ成し得た結果である。しかし、その代償として資源の枯渇や環境悪化が地球全体を覆い、未来への負の遺産として残されていることも事実である。³⁾⁴⁾

われわれが構築してきた20世紀後半の工業化社会は消費社会と言い換えることも可能である。生産と消費が常に連動し、新たな利便性や経済性を求めて更なる発展を繰り返してきた大量生産・大量消費・大量廃棄の構図は社会システムとして固まってしまったと言える。

21世紀を目前にした頃から *Information Technology* の急速な進展によって、更に新たな社会システムを形成しつつある。しかし、人類にとってより基本的な問題として地球の資源枯渇とともに地球環境の悪化が人類を含む生態系に極度の脅威を及ぼしていることが明らかにされはじめた。

その結果として持続可能な循環型社会に対する必要性が大きく提唱され、2000年3月に、わが国の主要な50を超す学会や団体が「エコデザイン学会連合」を創設した。

筆者は現状社会(工業社会の限界・社会システムの制度疲労)のあり方に対して、あるべき未来社会、すなわち持続可能な人類社会の形成を目的とした活動を興さねばならないと考え、1996年に実証実験と位置付けて自社の社屋を街中から自然環境豊かな高知市郊外の山中に建設し、現在活動している。

構想当時や建設過程においてもエコデザイン⁵⁾と言う明確な表現は持っていなかったが環境をベースにしたデザイン、時間軸から考えた経済性の視点、未来社会への方向性の三つを柱としたコンセプトで推進した。後にこの三つの柱はエコデザイン概念と呼べるものであることが解った。

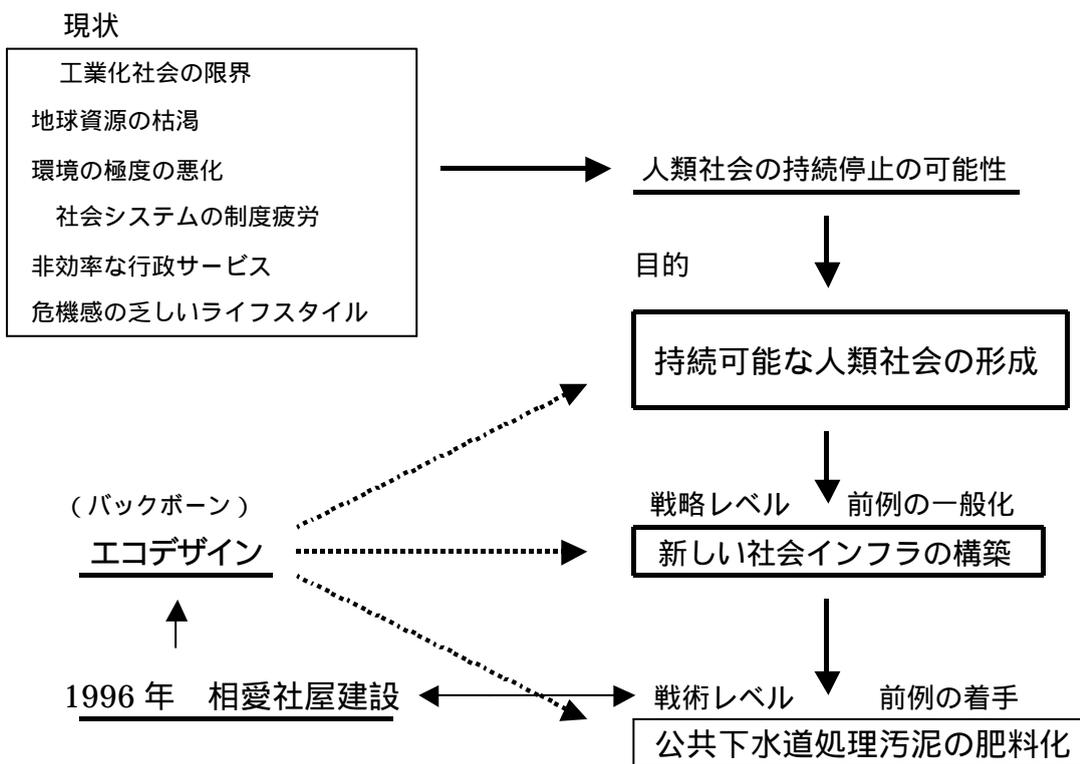
完成後の社屋は新しいタイプの建築物および地域社会での企業のあり方として一定の評価を受けたと考えられるが、具体的な社会システムの変革などのトリガーとしての役割には達し得なかったと考える。なぜなら筆者の想いには、循環型の環境を重視した実例を示すことにより行政への影響を考え、現状の社会基盤整備の方向性を僅かであっても変革する意図が存在していた。しかし、現状変革を好まない傾向にある行政意識との間隔を短縮することはできなかった。

1 2 着眼点

社屋の完成後 6 年を経過した今日、可能な限りの分野で政策提言や具体的デザインを提案してきたが、一民間人の活動ではあるべき姿の社会構築への貢献は非常に微力であることを認識している。

その目的を達成するためには、行政体そのものの活動（行政サービス）に直接関与して実証して行くことが最も効果的であるとの考えに至った。すなわち前例の形成である。

本論の目的として「持続可能な人類社会の形成」を掲げ、戦略レベルの目標としてエコデザインをバックボーンとした新しい社会インフラストラクチャーの構築を位置付けた。まず、戦術レベルの着眼点として公共サービスの中から市民にとって最も身近でわかりやすい、しかも経済的恩恵として自身に返ってくる（パブリック・コストの低減、環境貢献）対象である「公共下水道処理汚泥の肥料化による循環型システムの実現」を設定した。それを民間による政策実現目標として取り組むことで、エコデザインをベースとした新しい社会インフラの構築事例となり、前例を重んずる姿勢の行政システムの変革へと繋げて行こうとするものである。



公共下水道処理汚泥の肥料化実現による意義は、行政のみならず市民（国民）が現在の主流である汚泥の焼却による処理から、本来あるべき姿である循環のサイクルに戻ること

を、環境的価値創造・経済的価値創造・社会的価値創造などの具体的利得を掲げて実現することで新しい社会基盤整備の推進が可能となる。

公共下水汚泥の堆肥・肥料化に関する実施例は全国約 2000 の下水道施設のなかで、数多くの施設が実施している。⁶⁾⁷⁾しかしその大部分は本来の目標（持続可能な維持・継続）に到達しているとは言い難い。その中で総合的観点から数少ない成功事例と判断する、「超高温菌」⁸⁾を用いて約 20 年の実績と突出した技術力を有している「株式会社 山有 代表取締役 山村正一」氏の鹿児島市における方式を参考にして本論の組み立てを行った。

戦略レベルである行政での一般化を図るためには、戦術レベルでの最も効果的かつ実現可能な具体的モデルを鮮明にする必要がある。筆者はその対象モデルとして東京都を選び具現化へのデザインを構築した。

日本最大の経済集積地であり現社会システムの核といえる東京都は、ネガティブな実態としては大環境負荷発生都市である。この東京を標的とすることが日本全国を変革することのキーポイントであるとともに、全世界に与える影響は強力である。

第2章 社会システムの現状認識

2.1 工業化社会による負の環境システム形成

21世紀は20世紀までに発生させてきた環境的負の遺産を始末するとともに、現在も継続している環境的負のシステムを改めなければならない世紀であると考え。人間をはじめとする地球上のあらゆる生物にとって、現在まで蓄積された有害物質によるダメージは時間経過とともに確実にその影響を強めている。さらに世界全体の社会システムが持続可能な発展シナリオに到達するまでの間に発生させる負荷物質による過重の影響は、その量的負荷と質的負荷により破局の未来に加速度を上げて突入するベクトルであると考え。

1972年に公表されたローマクラブの「成長の限界」で持続可能な発展に基づく社会システムへの転換が提唱され、ほぼ30年の時間が費やされたにもかかわらず、当時の社会システムと根源的には何も変わっていないのが現在の実態である。

環境負荷による現象としては次ぎのような問題が発生している。

酸性雨問題・地球温暖化問題・オゾン層破壊問題・熱帯雨林減少問題・海洋汚染問題・土壌地下水汚染問題・食糧問題などが代表的な現象である。⁹⁾

これらの発生源はいずれも工業化社会の成長によって生まれたものであって、地球自体が有している循環系の浄化能力を超える量的過多と、元来地球上に存在しなかった化学合成物などの質的出現によるものであり、循環を基本にした発展プロセスのデザインが形成されない状態のまま、ほぼ無制限に経済性や利便性を求めた結果の産物である。

また、科学技術の発展のプロセスとしてやや局面的な見方であるが、一定の運動過程で何か問題や課題が生じた場合、その対応として大半が対処療法的対応をしてきたのが、今日の社会であると言えよう。その対応の結果やプロセス段階でさらなる技術が生まれてきたことも事実である。しかし、その対応が目的化されてしまい、対応・対処による更なる問題・課題を産み続けてきた。そのような状況が社会全体に波及した結果、負のシステムが意図無しに形成されてきたと考える。

たとえ環境的に負の創造であると理解できていても、社会システムとして動いている形態があればそれを本来のあるべき姿に変革するには、大きな抵抗を打ち破るだけのエネルギーと時間を必要とする。その抵抗量は経済的ボリュームの大きさや行政関与の大きさに比例すると考える。そこには既得権益や法的抵抗の力が存在しているからである。

その例として薬害エイズ問題や香川県豊島の産業廃棄物処理問題などの一連のプロセスを客観的に見た場合、如実に表わされている。いずれの場合にもファクターとして、技術・企業（経済）・行政の三者の存在が主役であり、既存の利害やしくみよりの確な正常行動には繋がらず、時間経過とともに本質部分の隠蔽が優先されていた。

近代における急激な世界人口増加、科学技術の発展から生まれた大量生産・大量消費・大量廃棄のしくみは、工業化社会の動脈的对象である経済性や利便性を重点に生み育ててきた。この一連の流れが非静脈的産物である負の環境システム形成であったと考える。

2 2 前例主義および対処療法姿勢の行政

周知のこととして、わが国の行政は前例主義に基づいた施策を重んじる傾向が強いと言われている。その根源は行政体自体の存続を原点としているからと考えられる。したがって、現状を大きく変化することに対する抵抗感は、民間企業の存続に対する進取の基本姿勢と異質の運動形態として捉えることができる。

行政活動は法律に基づいた範囲の中でその役割を果たす基軸であることから、新種の事象が出現した場合の対応策として、新しい法律をつくり対処していくスタイルである。そのため、新種の社会的課題や問題の発生を予見して法整備に取りかかることは、稀であると言っても過言でない。そのようなしくみであるが故に対応策としてできる法律であるので、現実社会では法律の誕生時にはすでに陳腐化が始まっている。そういった流れの繰り返しが行われわれをリードしている社会の運動基軸になっている。

一方、民間企業を含む実態社会では変化に対して機敏に対応して行くばかりでなく、時として変化する事態を感覚的にあるいは戦略的に創り出すことにより、自らの存続を形成して行く。すなわち、変化に対応するスピードと予見に基づく先手により存続の機会創出を行っている。

このような基本姿勢の違いは、行政体はあらゆる対象に公平・平等の原則が存在していることに対して企業は競争と差別化による利益の追求が根本にあることによる。基本的な出発点の違いがあるとしても、行政と企業などの組織ではコストや効率に対する価値観や運動形態が大きく違っていることが問題であり課題であると考えられる。

これらの違いによりパブリックコストや行政サービスは国民・県民・住民（市民）の希望するニーズと隔たりを生み出し、その表われが後追い型の対処療法として根付いてきたものと考えられる。

対処療法はある一定範囲については非常に有効に働くが、一定範囲を超える事象に対しては無力化する場合があるだけでなく、その動きが時間経過とともにさらに大きな問題や課題を生む源泉となる場合がある。

とくに今日のわが国の行政体は形の見えるものや計量できる有形物に対する価値評価は一定の基準にそって行うことができるが、形の確定しづらいものなど見えないことに対する評価基準が確立されていないのが現状である。著名な芸術家や建築家などのアイデア・デザインなどの前例や大衆支持を受けている知的価値評価以外については、価値基準は有していない。

その例として、現実の公共事業者選定などには特許など、一定の占有権を有した技術や製品は、価格競争入札と言うしくみの中で全く競争力をもち得ないし、価値の存在を許さない異常な世界をつくり出してきたといえる。このことなどが前例主義として新しい取り組みや知の価値の受け入れに対する抵抗力のひとつになっている。たとえ行政サービスの一環として、県民や市民の利益に繋がることであっても簡単には動かない所以である。

このような守りの姿勢が直接的・間接的に多くのマイナスを生み出し、今尚、その姿勢は

強固に息づいている。

2 3 公共事業の現状

わが国の公共事業はその量的ボリュームから国際比較を行った場合、先進国と位置付けられている G7 全体のほぼ 50% の事業金額であると言われている、また GDP に占める建設産業の総生産高は 8 ~ 10% 程度あり、各国の 2 ~ 3% という状況と比較すると突出している。

産業構造でのウエイトもサービス産業に次ぐ状況である。とくに地方の主要産業の形成が遅れた地域では、完全なリーディング産業として建設産業が位置付けられている。その代表的な例として、高知県での実態調査によれば、県下 53 市町村の産業別生産額順位で見ると、高知市を除いて残り全ての自治体では 1 ~ 3 番以内に建設業と行政サービス（自治体）の両方が占めている。

このことは自治体が発注する公共事業が他の産業よりもはるかに大きなウエイトを有した地場産業になっていることを意味するとともに、自治体イコール公共事業といえる構図となり、国の公共事業量の増減が直接その地域の経済状況を左右することに繋がっている。

地方における公共事業発生のしくみは、国の直轄事業・補助事業・単独事業の三つで構成されている。直轄事業に対する地方自治体の財政的関与は当然無いものであり、事業そのものに対する地元の意向、すなわちデザインに関する事項などの選択は現実として無いに等しいのがこれまでのシステムであった。次ぎに補助事業の大半は国の政策によって提示されたメニューのなかから要望として受け入れの意思を表し、意思決定は国の手によって握られている状況である。財源的には国の補助分と中間的役割を果たしている都道府県が一定額を受け持ち、残りを自治体の予算内から捻出する状況である。この場合においてもデザインなどについての選択権限はほとんど無いといえる状態である。自由性のある地方単独事業の量的ウエイトは極めて少ないのが現状である。

このような状況のなかで、地方独自の目的を有した事業展開の手段としての公共建設事業を実行してゆくことは極めて困難な状態である。その理由として、財源を基本的に国や県に握られていることが第一点であり、次に事業の構想・計画に対する技術力の不足が挙げられる。前項の前例主義や対処療法的行政システムの根源もこの二つに起因しているものと考えられる。

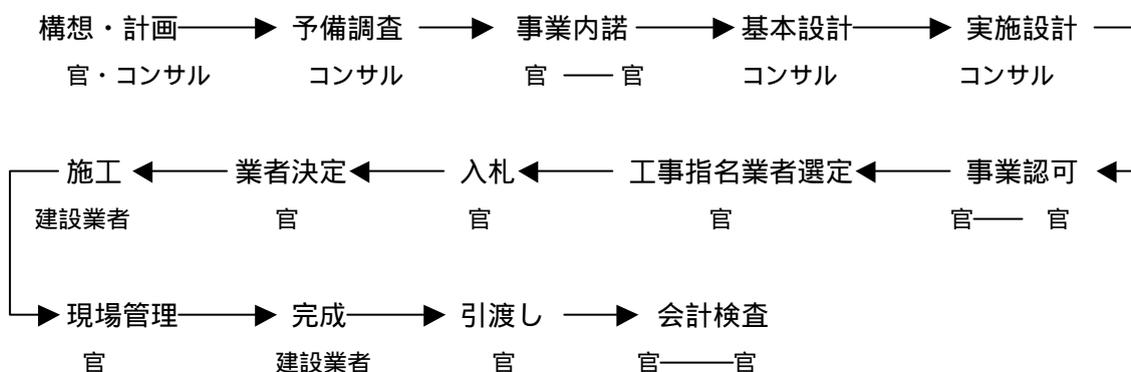
地方の独自性や合理性をもとにした新しいタイプの公共事業の生まれる可能性は極めて少なく、一般的に言われているような全国一律の金太郎飴的デザインで日本全体が統一化されたような風景を創り出している。その背景には標準設計基準と標準歩掛りと言う、いわゆる教科書の存在がある。したがって、地形や風景、気候、生活習慣そして地域文化などの重要な要素を背景としたデザインは生まれにくい仕組みができあがっているために、それを打ち破って（お上の意向に楯突いて）デザインするプロフェッショナルが育ってゆく場は極めて少ないと考える。また、そういったプロフェッショナルをバックアップする公務

員もよほどのことが無い限り出現しない現状である。その背景には冒険を避けて自己保身に走る人間の本性がある。

このような状況では現在のしくみが大きな障害となって、時代に即応した新しい視点を有し、真に必要な費用対効果を満足させるような活動をして行くことは困難なことである。なぜなら従来の秩序やしくみから恩恵を受けてきた人々は、結束して新しい動きに反対する。新しい秩序やしくみを創造しようとする者やそれを支持すべき人々は、その動きに対する不信感と既存勢力に対する恐怖感を拭いきれずに消極的になるからである。

次に、現在わが国で行われている事業の決定システム、すなわち入札・契約制度に関する問題点と課題を取り上げる必要がある。

公共事業における事業プロセスは下記に示す構図が標準である。



- * 官は地方自治体と国と会計検査院の3段構造となっている
- * コンサルは一般的に建設関連サービス業に位置付けされる測量業者・地質調査業者・コンサルタント業者の三者を指す
- * 建設業者 土木・建築業者であり、設計図書などに従って施工

上図の構造に示すように官・コンサル・建設業者の三者構造になっているように見えるが、現実の姿としてコンサルタントの立場は独立性のある欧米型のコンサルタントではなく、クライアントである官の補助的な存在である。したがって現状は二者構造、すなわち発注者と建設業者の構造である。¹⁰⁾

1) 最初の事業に対する構想・計画段階が極めて重要なポジションである。しかし、わが国の実態としてこの時点における総合的見地から事業評価を行うことは国家プロジェクトなどの特殊な場合を除いてほとんど機能していなかったのが実態である。このポジションでの評価良否が全体を決定すると考える。

2) 地方自治体と国による協議のなかで、事業化に対する決定が成される。この時点と事業認可の段階に標準設計基準や標準歩掛りでのチェックを受ける。

3) 基本設計・実施設計の業者決定は現在でも大半は金額による評価の決定が主流である。本来のあり方としては、コンサルの事業に対するコンセプトおよび経済性・技術性などの

評価を行うことが基本である。この点について現在、国の方でプロポーザル方式などの導入に向けて検討が成されている。しかし、現状の制度の中で誰が、どのような基準で選定するか、また決定責任は誰が持つのかと言った課題がクリアされていない。過去において建築設計ではコンペ方式が取られていたが、決定プロセスについてはブラックボックスであることが問題となった経緯がある。国や大規模自治体では評価者の存在はある程度の裏付けがあると推測するが、地方自治体においては評価者、つまり目利き者の存在が確保できるかどうかである。

4)事業建設者の決定は入札により最低価格表示者がその権利と業務責任を負うことになるが、問題は完成物の価値評価が問われる。現在でも行政側は契約段階から工事完了までのプロセスで一定の評価マニュアルに基づいて評点を行っているが、100点満点の評価を受けた完成物であっても、70点の評価しかできない物であっても引渡し完了すれば契約時の満額の対価を受け取ることになっている。

以上より、次ぎに示す課題が発生する。

- a . 構想・計画および設計コンセプトに対する価値評価をどのようにして行くか。すなわちアイデアや特許などの知的権利に対する評価を公的機関がもつ必要がある。
- b . コンペやプロポーザルと言った評価者をどのようにして選定するか、また評価に対する責任はどのようにするか。
- c . 完成物の価格決定をこのままにしておくかどうか。

価格競争入札による競争が一般化している現状だが、官の入札契約基準のなかには随意契約方式と言う評価選定の基本形が明記されているが、事業対象が大きくなるほどこの方式は採用されていない。

わが国では2000年3月13日にPFI¹¹⁾12)法の基本方針告示が発せられ、これまでの社会インフラや行政サービスを民間の資本活用と民間の運営力による事業分担の窓口が開かれた。

今後は事業者決定のプロセスとして、事業内容の評価とコスト評価の両面から評価決定がなされることになり、単なる価格競争にて低価格者が受注権を得るしくみから、内容を重視した随意契約方式に変わって行くことが望まれる。現時点ではPFIによる民営化の事例は少ないが、将来への発展性は非常に大きいと期待できる。

第3章 持続可能な循環型システム

3.1 動脈と静脈¹³⁾

あらゆる生命体は、ひとを代表とする哺乳類のように個単独で動脈と静脈を有している場合と、食物連鎖のように種によって動脈機能や静脈機能を互いに果たしている場合がある。

宇宙空間から地球を見た場合には、これらの機能を全て合算した状態で地球を静止状態として捉える見方ができる。しかし、静止状態と見える地球内部では個々の生命体や非生命体が、個の有する運動法則に基づいて運動を続けている。

動脈と静脈の存在は生命体の維持にとって不可欠な循環機能である。人体における動脈と静脈の機能については周知の事実であり、その片方でも機能低下をした場合には健康体を維持することは困難になり、極端な場合には生命の危機に陥る。

産業革命以来人類は、人間にとっての利便性や経済性を追求し続け、地球上に存在するエネルギーや鉱物資源また動植物を食物エネルギーとして限りなく消費してきた。地球そのものが有限体であり、生物も大気も土壌・水もそのほとんどが循環していると言うことを忘れてしまったかのように、生産・消費・廃棄のボリュームを増大しつづけてきた。

工業化社会と言われる今日、過去 200 年あまり続けてきた生産～廃棄のシステムは人口の増大とともに、もはや自然界の持つ浄化能力を大幅に越えてしまった。その結果、世界中のあらゆる場所で顕著な環境悪化が起こった。

最初に現実の大気汚染問題が取り上げられたのは、1968 年スウェーデンで観測された酸性雨である。その起源はイギリスや中部ヨーロッパの工業地帯から発せられた汚染物質であると発表されている。また国連人間環境宣言で越境汚染の抑制義務が 1972 年に明示された。その後 1973 年にはわが国で最初の現象(北関東で酸性雨による目の刺激)が現われた。

酸性雨に対する警鐘は 1872 年スミス(英国)が、工業都市で酸性雨の発生を指摘している。同じように大気における CO₂ の増加による気候変動の指摘(1860 年代・ティンダル)や気温上昇の指摘(1896 年・アレニウス)などが、100 年以上も前に警鐘を発している。オゾン層の破壊に関しても 1930 年代にフロン合成が始まって、1974 年にはローランド(米国)がフロンによるオゾン層の破壊説を発表している。熱帯雨林減少に伴う気象及び自然界生物への影響も 1950 年代から指摘されている。¹⁴⁾

このような大気汚染による環境破壊だけでなく、海洋や土壌・地下水も同様に時間経過とともに深刻な状態に陥っている。しかし、経済を最優先する国家・企業・国民は、事の重大さを理解しているにもかかわらず、根本的な社会システムの変革を進める勇気を行動として表さないのが現実である。

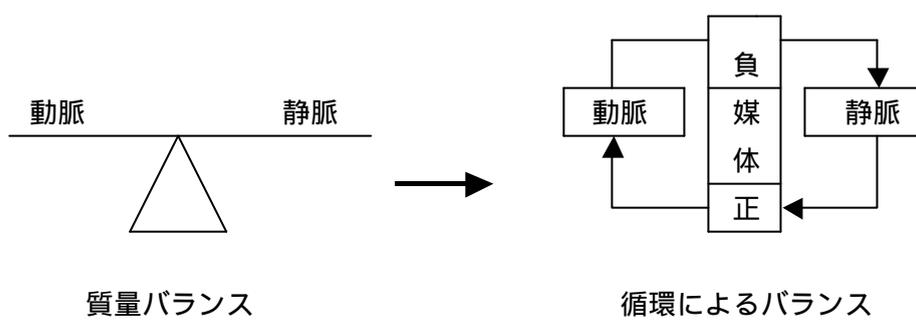
政府やマスコミの基本姿勢においても次ぎのような表現を捨てきれないところ動脈重視の考え方が表れている。大規模なインフラ整備を行った時、例えば新しい道路やトンネル

の開通式では、「大動脈が完成して・・・。」といった挨拶がなされている。また新聞やTVにおいても「動脈の完成」と言う表現を用いている。たとえそのトンネルや道路が静脈機能を目的として建設されたものであっても、「静脈の完成」という言葉は聞くことができない。

われわれの日常生活においても動脈的生活行動が優先されている。静脈機能型の職業に対するアレルギーもその現われである。作ること、建設することに対する行動をプラスと位置付けして、壊すことや補修することはマイナスに位置付けしている社会慣習がそのことを物語っている。

動脈と静脈の存在は、相互に補完し合うこと循環することで十分な機能を発揮することが可能であり、その原則を工業化社会は重要視することなく進展してきた。特に大きな社会や大量の生産（大きな経済活動）に対してはその傾向がより強く現われている。

動脈と静脈の最もバランスのとれた状態は、エネルギー収支がゼロと仮定すれば、その最も合理的な関係として下図に示す形が考えられる。



人間を含む生物社会では、循環のあり方として食物連鎖が代表される説明である。自然界では一定空間において食物連鎖の機能が十分働き、生を得たものは一定の役割を終えるとそのままの状態や変質して土に返り、連鎖の順番で次ぎの生命に役立って行くことが自然である。その過程で大きな役割を演じているのが地球上に存在している菌類である。

人間の生活では、大地から食物を得てエネルギーに変えて運動し、残さとして排泄したものを蓄積・発酵させ再び大地に返すことにより安定した生活を得ることが、近代まで続いてきた。地方都市である高知市においては、10年ほど前から下水道施設が建設され始め、現在市民の20%程度がこの施設を利用している。まだ完備されていない多くの地域住民の排泄物はバキュームカーによって収集されて、し尿処理施設で焼却処理されている。このシステムができるまでは収集されたし尿は太平洋に放流する方式が取られていた。さらに遡ればすべてが農業用の肥料原料として大地に返されていた。

生活の近代化システムによる流れが、古来より続いてきた循環のシステムに取って代わり、非循環系の処理システムに移行せざるを得なかった最も大きな原因は、大地の受け入れ可能量（自然の浄化能力）と排出量のアンバランスである。すなわち高知市が循環機能をオーバーする人口集積により、動脈と静脈のバランスを失ったことである。

東京都においてはさらに 100 年以上前の明治時代にその時を迎えたために、下水道の普及が時間経過とともにほぼ 100%に達している。その結果、循環系から見れば深刻な状態をつくり出してきたと言える。

平成 14 年度の国土交通省関係予算概算要求総括表の中に、「循環型経済社会の構築など環境問題への対応」が、要求主要事項として盛り込まれており、これまで見られなかった姿勢が大きく感じられる。また循環型社会の構築のなかにも「総合的な静脈物流システムの構築」として港湾を軸とした静脈物流を本格的に取り上げている。その対象は産業廃棄物や一般廃棄物としている。

3 2 エコデザイン

持続可能な社会の構築への考え方として、エコデザインの考え方が近年台頭してきた。わが国内企業においても環境効率や製品のライフサイクルアセスメント、環境デザイン、ゼロエミッションさらには環境管理システムや環境会計の取り組みが I S O 14000 X の普及とともに次第に活発化している現状である。

2000 年 3 月に日本エコデザイン学会連合が誕生した。この学会はわが国のあらゆる領域の 50 を超える学会や団体をベースにして構成されている。環境の見地から現在の地球の状況を点検した場合、人類社会の未来への持続が危機的状態になっていることから、単一領域での研究や活動では持続可能な未来形成への貢献は困難な状態であることを認識し連合体として生まれた組織である。また、国際的にもアメリカ・ドイツ・オランダ・スイス・オーストリアイギリス・フランスなどでも同一のベクトルで活動がなされている。

持続可能な社会の実現戦略として山本良一は次ぎのような表現をしている。

科学技術における戦略

1. 地球のストック・フローの限界の評価
2. 地球環境のリアルタイム計測と表示
3. 材料、製品、サービス、インフラ等の環境影響評価
4. エコデザインとエコ・プロセッシングの開発
5. 持続可能な資源採取と資源管理
6. 個人、工場、都市、国家、の環境管理
7. 環境修復、資源リサイクル技術の開発

社会経済システムにおける戦略

1. グローバルコモンズの経済的価値の評価
2. 真の経済成長を測る有効な指標の開発
3. 環境コストの内部化のための改革
資源消費税、排出権市場、補助金の見直し e t c
4. 循環・環境管理社会のため法規制強化
リサイクル法、廃掃法、環境情報の開示 e t c

5. 市場メカニズムの有効利用

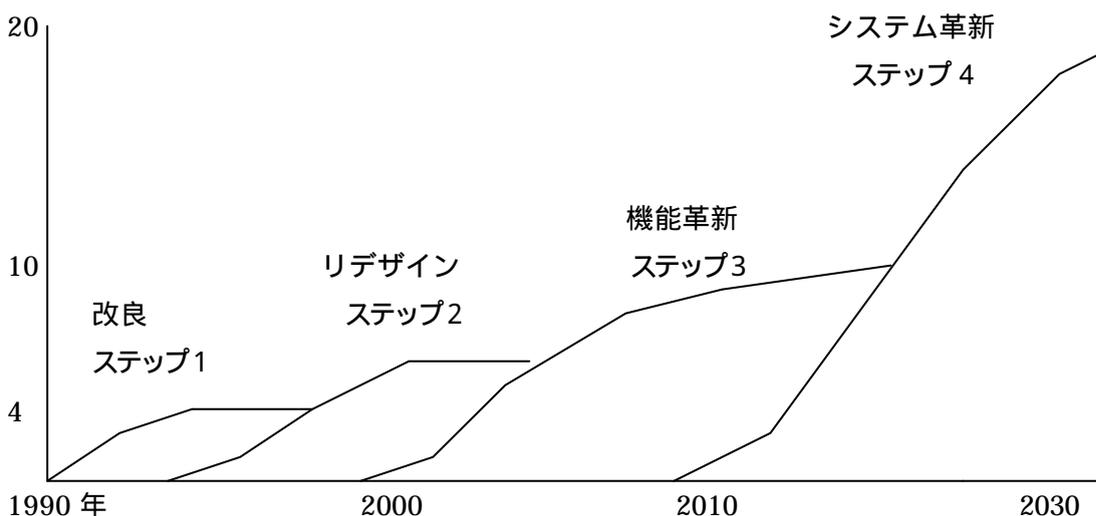
グリーン購入、グリーン投資、グリーン金融 e t c

6. WTO改革（環境と貿易の両立）

7. 途上国支援

同じような視点で益田文和はエコデザインを、技術的課題としての側面と社会文化的な側面から「地球環境配慮型製品設計」と「地球環境調和型社会計画」としての捉え方をしており、製品のライフサイクル全般にわたって地球環境に与える負荷の総量を抑えることを前提とした設計（DFE：Design For Environment）と持続可能な社会を建設するために産業・経済のしくみを変えたり、ライフスタイルを変える社会全体のグランドデザインを提案している。¹⁶⁾

また時間軸での具体的エコデザインモデルとして、Dr・プレゼット（デルフト工科大）はファクター20という、4段階のイノベーションを経た目標とした戦略モデルを提唱している。（次表に示す）



ステップ1 改良のステージ

省エネルギー・省資源・エコマテリアル・リサイクル・易分解・生分解・長寿命など

ステップ2 リデザインのステージ

方式の変更・構造の変革・エネルギー源の変更・素材の開発・循環型流通方式
環境対応新製品開発など

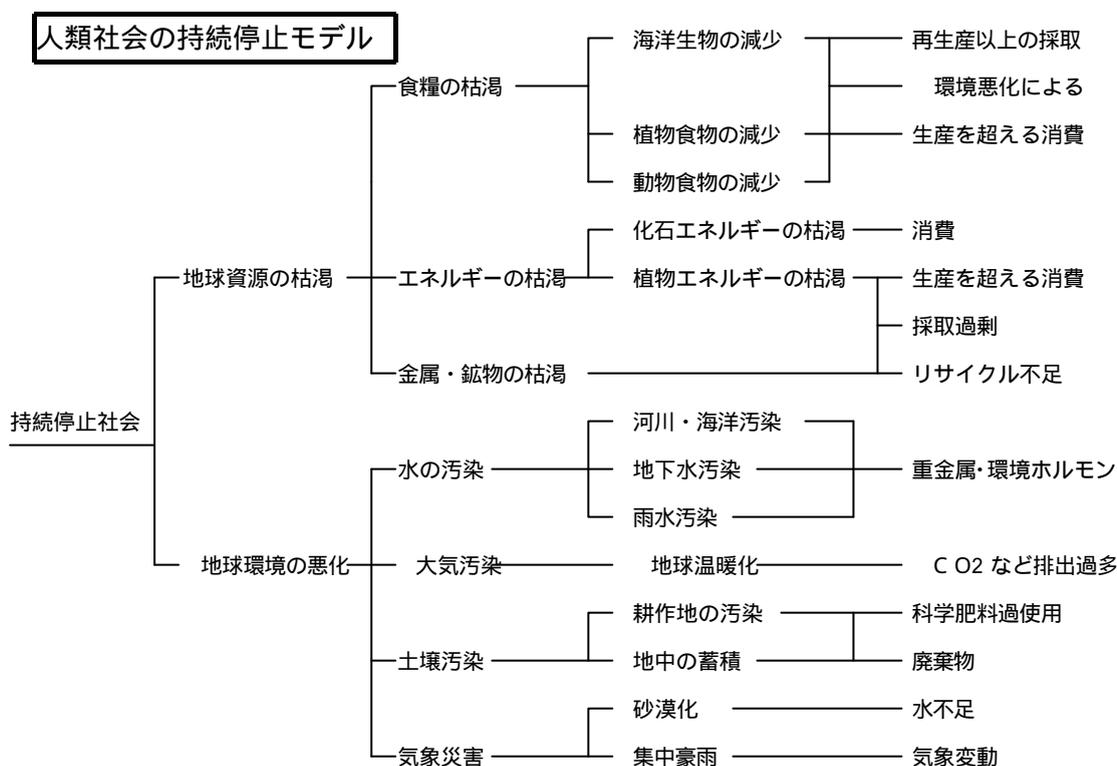
ステップ3 機能革新のステージ

製品のコンセプトイノベーション・機能イノベーション

ステップ4 システム革新ステージ

システム自体の革新・脱物質・地球環境と調和する持続可能な文明社会創造
生活スタイルの変革・所有からサービスへ・社会機構からインフラに及ぶ革新

持続可能な社会の実現を目指す背景には、持続停止の危機があることに注目する必要がある。地球環境の悪化や資源の枯渇は次第にわれわれ人類の生存危機領域を狭めつつあり、持続的存続を図るためにはその原因を知る必要がある。筆者は次ぎに示すロジックツリーモデル¹⁵⁾によってその根源を明らかにする。



持続停止条件を「地球資源の枯渇」と「地球環境の悪化」の二つの入り口から求めた結果、その根源として生産を超える消費と自然浄化能力を超える物質使用という単純な結論に至った。

人類の持続可能な未来を築いて行くためには、従来のライフスタイルや社会システムの路線をたどって行く姿勢を改めなければ持続停止の状況に陥ることになる。

現在、地球上には60億人を超える人間が生活している。先進国と言われる国々の約10億人の人々によって産出されているエネルギーと消費資源の80%が占有され、約50億人の開発途上国では20%しか使うことができない状況である。一人当たりの資源消費量は1:20と言う状態にある。しかも資源は有限であることを考慮した場合、先進国に属する人々は直ちにライフスタイルの変革を実施しなければならない状況が今日である。

すべての消費と生産に対する基本モデルとして、エコロジーをベースにしたエコデザインの思想・哲学を人類は必要としていると考える。

3 3 循環システムとコンポスト技術

地球上の表土は2種類の作用によりつくられて来た¹⁷⁾。第一の作用は岩石の物理的風化と化学的風化により形成されているために、一般的には無機質のシルトや粘土状の土になっている。第二の作用は植物や有機物の菌類による生物的作用による土壌化であり、植物などの育成には欠くことのできない栄養素を多量に含有している。

コンポスト (compost) とは堆肥を意味し、植物などの有機物を発酵菌の作用により腐食させた肥料を指す。地球上に生物が出現して以来、自然界の営みのなかで営々と土壌が形成されてきた。人類の誕生後、農業社会が形成されると豊かな恵みを提供してくれる源泉に堆肥があることに気づき、自然が生産するものだけでなく人工的に堆肥を生産するようになってきた。化学肥料が農業分野に登場する以前、世界中の農業者は堆肥の使用や焼畑などによって収穫の安定向上に努めてきた。

わが国の農業社会では、堆肥の確保を人間のし尿と農耕用牛馬から出るし尿を原料としてきた。しかし、化学肥料の出現と農業の近代化による農業機械の出現 (工業化社会の浸透) により、循環型農業の基盤は崩れた。その理由の一つとしては、牛馬に代わる労働力として農業機械が効率的で利便性に優れていたことによる堆肥原料の供給源消滅であり、下水道普及の原点の一つである衛生確保の考えである、堆肥が消費者の清潔感を失うことにより農家の堆肥使用停止が大きな要因である。同時に牛馬のし尿や人糞を廃棄物として社会全体が位置付けした結果である。

しかし、近年は化学肥料使用による土壌の劣化現象が世界中から報告され始めている。長期的使用による農地の荒廃、再生不能という現実が地球上を覆い始め、人類にとって深刻な状況となっている。まさに工業化社会の負の遺産の出現である。

現在わが国での有機廃棄物を活用したコンポスト化の動向として、一般家庭で使用する小型のコンポスト機器が多数出現している状況は、廃棄に対する考え方が大きく変わりつつあることを物語っている。

しかしながら、旧建設省ならびに農林省などの中央官庁では、産業発展的視点での優位性として焼却方式を採用することにより、建設産業や製造産業に直結するとともに経済効果の大きいと思われるこの方式を政策として組み入れた。その背景には焼却以外の技術確立が大量に日々産出される汚泥や家庭ゴミなどの廃棄物に対して確立できていなかったことと、環境対応という考え方ができていなかったことにある。このような状況を経てわが国の下水道汚泥に対する処理方式ベクトルは焼却方式へと固まり結果として、身動きできない状態にあるのが現状である。

またダイオキシンが焼却炉跡地で発見されたこと、あるいは常時 800 度以上の焼却温度を保つ事ができない焼却炉でダイオキシンの発生が指摘されたことにより、¹⁷⁾ 現在は焼却炉から溶融方式に大きく変わりつつある。根源的な姿勢は変わっていないと言える。

1980年代にコンポスト技術は、BM方式・EM菌方式などが台頭してきた。しかし

一般社会ではコンポストによる環境的優位性よりも工業化社会の産物である科学肥料の方が経済的、環境的に評価されていた。

その原因としてコンポストによって作られた肥料の信頼性と販路についてもまだ確立できていなかった為と考える。また有機廃棄物から産出される堆肥・肥料の品質的チェック機能がわが国ではあまり必要とされていなかったこともあり、コンポストによる堆肥・肥料の産出量も小規模で経済的存立が不確実であった。

農協系ではパークや家畜糞尿をベースにした堆肥施設が全国的規模で稼働し、年間数百万 ton を農業用として生産している。しかし、原料としての有機廃棄物は一般家庭や業務所から出される生ゴミが最も多く、その性質上ほとんどが管轄域の焼却場で焼却処理されている現状であり、農協系のコンポスト場に原料として入っていくことはほとんど無い状態である。

次に多いのが下水道から排出されている脱水污泥ケーキであり、全国で年間約 700 万 ton 近い量が排出され、近い将来 1000 万 ton に達すると推定されている。下水処理場から排出される脱水污泥ケーキのコンポスト化は、総污泥量の 20% 以下の状況である。この原因としては、コンポスト技術が完全に確立されていなかったことにある。

その主な要因として、下水道污泥に含まれる重金属（鉛・砒素・水銀・カドミウム・コバルト等）や有害化合物（アルキル水銀化合物・カドミウム化合物・PCB・有機リン化合物・六価クロム化合物・シアン化合物・トリクロロエチレン・ダイオキシンなど）の残留物が生物界や社会に与える影響が未だ計り知れない状況にあるからである。^{18) 19)}

わが国政府は 2000 年 10 月に污泥を原料とする肥料に対する取締法の改正を行った。その背景には、持続性の高い農業生産方式の導入と促進が必要であると認識があったからである。この法律により主要な成分の含有量の表示が求められるようになった。

環境庁では 1973 年に下水道污泥の有害物質溶出試験による基準が定められ、その後、時間経過とともに新たな項目が順次追加されている状況である。

上述のように下水道污泥には有害物質が少なからず含まれており、全国の処理場から出てくる污泥の性質も一定せず、これを原料とした堆肥にも有害物質の存在を危惧したため、安全な製品に加工できるコンポスト技術の確立が望まれていた。

下水道統計（1999 年）による全国で污泥のコンポスト化を行っている処理場と生産量を次表に示す。

全国既設の公共下水処理場 1892 施設の中で 32 施設がコンポストによる堆肥化を実施しており、統計上確認されている脱水污泥ケーキ量約 630 万 ton の内、肥料としてできあがったものは 43000 ton 足らずの量でしかない。この数値に対して大きな疑問が残る、なぜなら脱水污泥ケーキの発酵により完熟状態の肥料に変化した場合には、原料の 30～40% 程度の重量になると言われているが、逆算すると 100000～142000 ton の脱水污泥ケーキしか原料として使用されていないことになる。下水道統計などでは 20% 以下のコンポスト率と発表されていることもあり、100 万 ton 程度は有に原料とさ

れていると推測する。このことより、現実は大部分が肥料とならず埋立などの手段で廃棄されていると考えざるを得ない。

都道府県	個所	量 ton/年	都道府県	個所	量 ton/年
北海道	6	1 1 8 0 0	滋賀	0	
青森	0		京都	0	
秋田	1	1 0 0 0	大阪	0	
岩手	0		兵庫	0	
宮城	0		奈良	0	
山形	3	2 8 0 0	和歌山	0	
福島	2	7 6 0	鳥取	1	2 0
茨城	4	6 2 0	島根	1	1 0 0
栃木	0		岡山	2	2 6 0
群馬	0		広島	0	
埼玉	2	1 1 0 0	山口	0	
千葉	1	5 5 0	徳島	0	
東京	0		香川	0	
神奈川	0		愛媛	0	
新潟	1	4	高知	0	
富山	0		福岡	1	1 6 0 0
石川	0		佐賀	0	
福井	0		長崎	0	
山梨	1	2 3 0 0	熊本	0	
長野	1	2 0	大分	0	
岐阜	1	1 0 0 0	宮崎	0	
静岡	0		鹿児島	1	1 6 7 0 0
愛知	3	2 1 0 0	沖縄	0	
三重	0				
			合計	32	4 2 7 3 0

下水道統計より

注目すべきは鹿児島県の一施設で1 6 7 0 0 ton の肥料が生産されており、全国的にも突出している状況である。コンポスト技術は対応する汚泥の内容に対する効果的な菌類の使用と、その発酵技術の確立が確保されていなければ信頼を得る有機肥料として市場に流通されない。なぜなら農業者が使用した結果、良い品質物でなければ使用しないからである。

前表のように全国2 0 0 0近い下水処理場のなかで公表されているのは、わずか3 2の

処理場しかコンポスト化に取り組んでいない状況である。循環型システム形成の最も着手し易くかつ着手の望まれる領域のものがこの状態である。

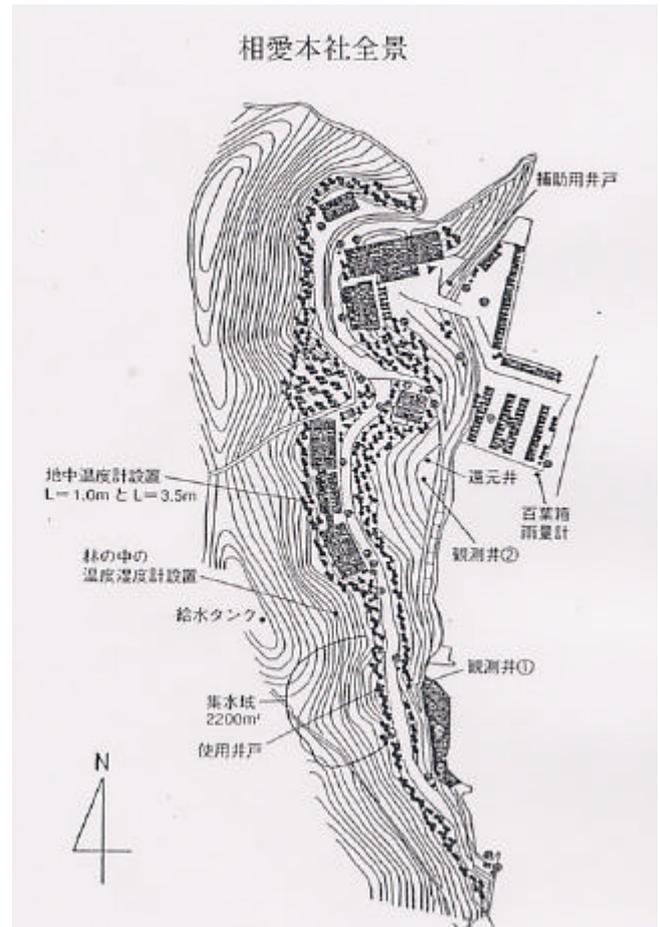
第4章 エコモデルの実証事例

4.1 相愛本社の事例²⁰⁾¹³⁾

筆者は1996年1月に高知市内市街地から標高320mの高知市郊外山中に本社施設を建設して移転した。本項はその目的とエコデザインによる事例を明らかにすることにより、本論の実証事例として位置付けるものである。

社屋に関する概要

- * 敷地面積 約 24000 m²
- * 建築物 7棟 建築面積 2100 m² (事務所棟4・レストホール1・試験棟1・倉庫1)
建築様式 木造6棟 鉄筋コンクリート造1棟(倉庫)
- * 上水・下水道施設 上水道は対象面積約2000 m²の雑木林を主水源地として補助水源を敷地内の岩盤中から取水し、下水道は合併浄化槽により浄化後蒸発散により大気へ還元している。
- * 自然力の活用 採光・地熱利用・風の活用・道は砂利路他 緑地率85%以上

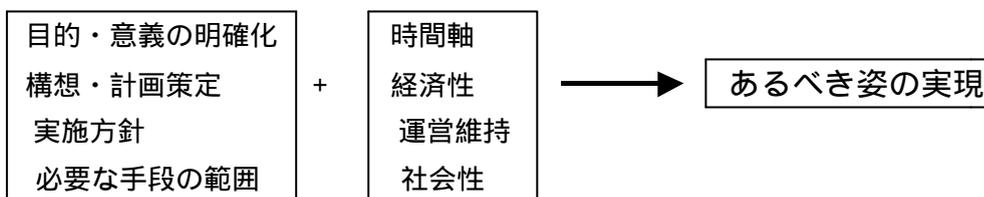


以上に示した様式の本社社屋にした背景は、ほぼ30年近く建設産業に従事した経験から、現状の開発や建設のあり方、また行政姿勢について疑問を持つようになりこの社屋は10年以上の時間を経、あるべき姿としての想いを形として現した実証実験である。

あるべき姿の構築

理念・哲学	→	かくありたし・あるべき	→	エコデザイン(現表現)
戦略レベル	→	具体的あり様・形	→	持続可能な循環型社屋
戦術レベル	→	自然力の活用	→	地形・気象・樹木・水・土・風・智
戦技レベル	→	技術・材料	→	確実な対応・・・非工業製品

実行へのシナリオ



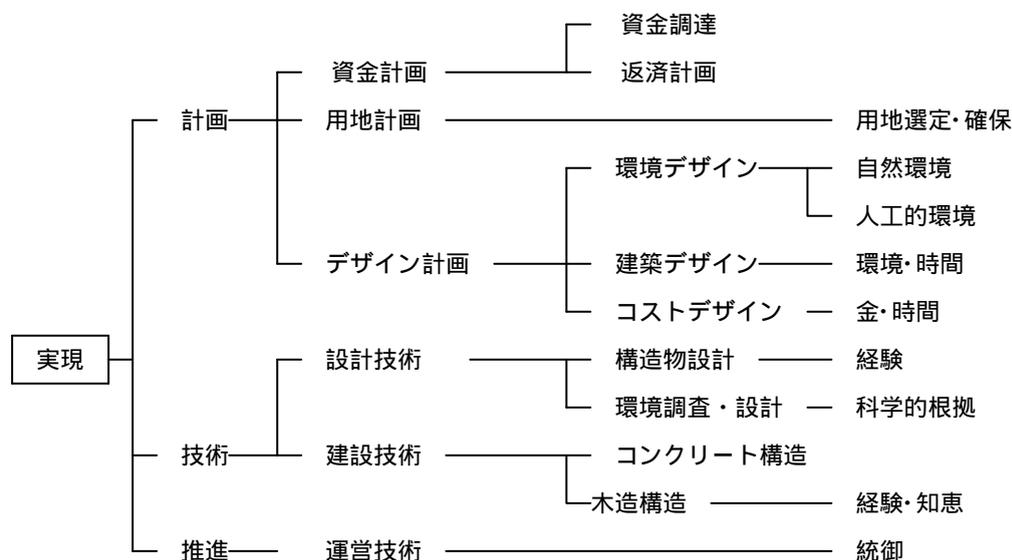
構想・計画当時の理念・哲学の部分はエコデザインと表現できていなかったが、
 「緑の大切さ、土の大事さ、水のあり難さを体感する場が必要」
 「100年200年も残り使える施設を創りたい」
 「緑豊かな自然の中で思考し、創造するインテリジェントカンパニーでありたい」
 「持続可能な循環型の開発を実践してみたい」

このような思い願望が目標としてあり、そこから具体的な姿が形成されていった。

これらの希望や思い、願望自体がエコデザインの基本に通じていたことを2000年3月にエコデザイン学会連合が設立されて知ることができた。

< 環境を重視したデザイン事例 >

構想コンセプトは前述の4つの希望・願望であり、筆者が進めようとしている具体的事例は無く、持続可能な循環型社屋という抽象的な課題に対して具体的表現とするために、次ぎの手順によって進めた。

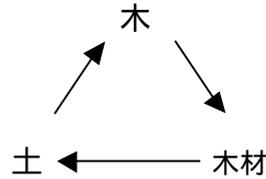


このように実現への手順と調達すべき資源（ヒト・モノ・カネ）を明確にし、プロジェクトの推進を強固に進めることにより目標は達成される。

選定した対象について

a 社屋の木造化

木材は循環サイクルに位置する材料である。土に根ざし、育てられその過程で二酸化炭素の固定化をして成長し、材料として使用された後は再び土に戻る。

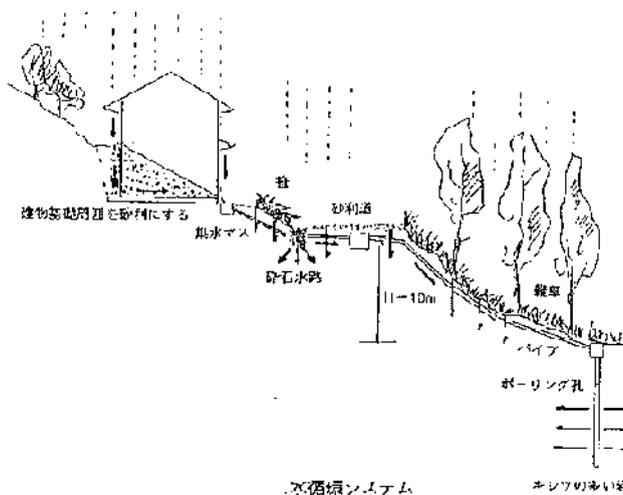


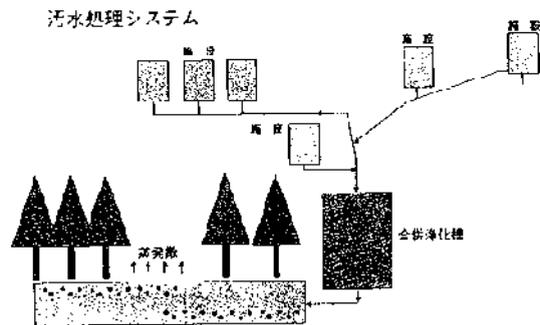
木造建造物の寿命は百年・千年の歴史的証明事例があり、わが国の気候風土に適した建築構造である。良質の材料を使用することはコスト高に繋がるが、コストに関する視点を時間軸に置いた場合、使用年数が長ければローコストである。工業製品の使用は最小限にとどめた。その理由として製品として寿命が短いことにある。一般的な傾向として工業製品の寿命は10～15年程度であり、100年以上の寿命を計画する場合において、補修や部品交換を考えた場合に、必要時には存在していない可能性がある。したがって、エコデザインの観点から対応可能な自然再生産性のある材料を選択した。

b 水の循環²¹⁾

この社屋で使用する水は全て敷地内に降った雨が源である。雑木林に降った雨は地表面の枯葉や腐植土層に蓄積されつつ、微生物による有機物分解作用などによって飲料水となる。使用された後に排出される污水は合併浄化槽で浄化された後、蒸発散エリアから大気に戻るデザインとした。したがって、敷地はできる限り自然状態を保全し、道などは舗装せず逆に透水性を調査して地中に還元するしくみを人工的に造り出している。大雨などの時には、標高差を活用して還元井に圧入するシステムで余剰水を地中に貯留している。その結果として周辺が水不足になっても地中から十分な水が確保可能となった。また、時間雨量40mmの連続雨量に対しても浸透と、圧入による効果で斜面の安定が保たれることを実証している。

建物の地下に貯水タンクを設置することにより、雨水の活用範囲を拡大して地域の防火用水や雑用水としての貯留を行っている。





c 斜面の改変

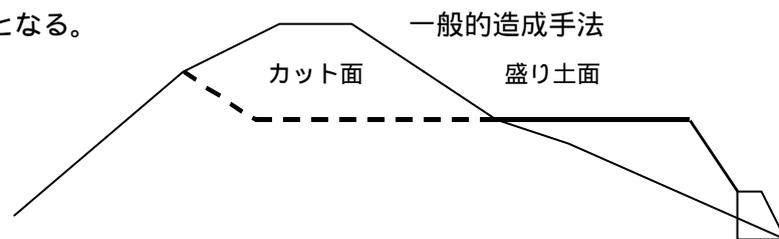
開発に際して斜面の切り盛りを最小限にして、斜面の改変による自然環境への影響を押しさえるとともに、事業費の低減を図ることとした。

従来の土木計画としては、斜面を改変して平地の面積を効率的に増加することが一般的であったが、環境的視点と経済的視点の両方で負荷発生と価値損失が発生していた。

斜面を切り開くことによる損失として、斜面上の植生の破棄による環境悪化と水資源の損失が生ずる、また雨水流経路の

変化により災害の要素となる。

経済的損失として、土木工事量の増大による工事費の増加が発生する。



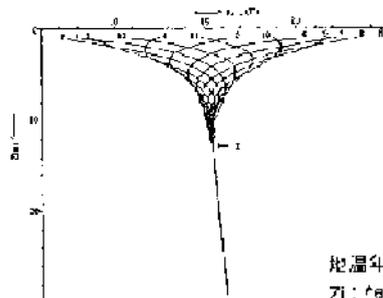
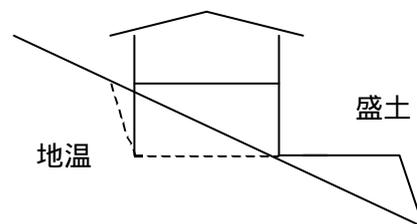
市街地から離れた山林地域では土地の取得コストが安価であるため、土木工事費の多投下による用地の確保は逆にコスト高となることが多い。構造物を建設する土地と言えば平地を単純に連想することが一般的である。

よりコストについて考察すれば、土地の固定資産税についても考える必要がある。一般的には山林の固定資産評価額に対する宅地の評価額は1:1000程度の大きな差があり、切り開かれた土地は宅地として取り扱われる。

d 地温の活用²²⁾²³⁾

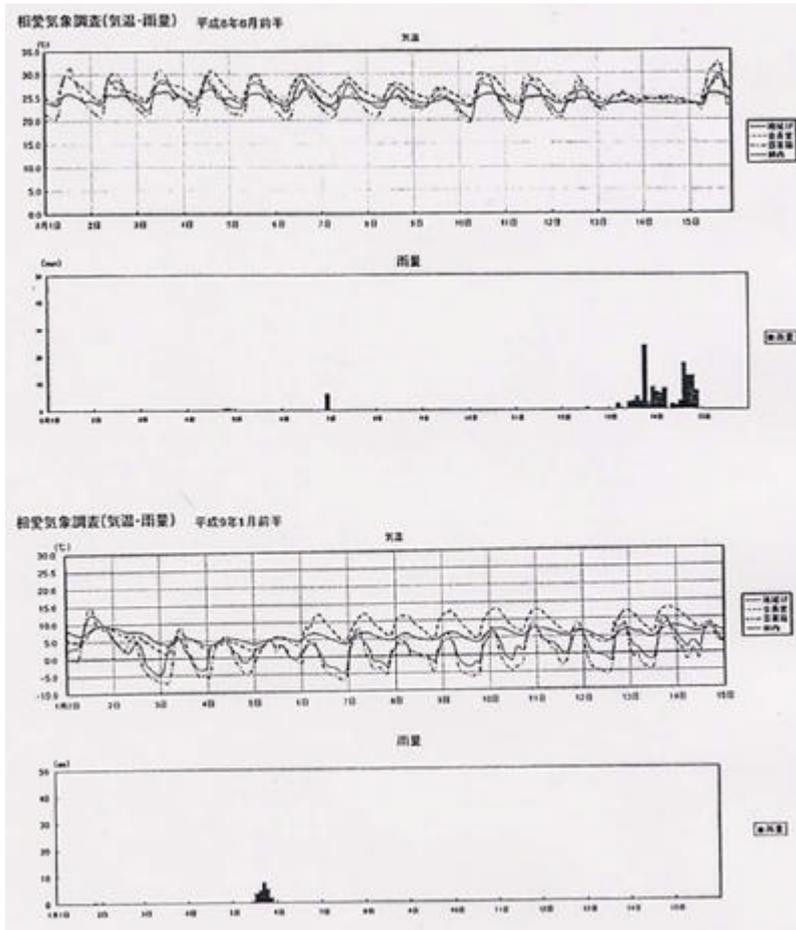
斜面に埋めこむようにして建物を建てることにより、一階部を半地下状態にして、地温による熱交換ができるしくみを造ったが、その効果は観測結果によってその証明されている。地表面から4m程度の地下では年間の温度変化が12~17の範囲であり、この熱源を地下部分で熱交換することにより、消費エネルギーの節減を図っている。

次ぎに示す温度観測結果では、野外の



駐車場・林の中・2F・
そして地中に入っている
部屋の4箇所での1年
間観測した事例である。

実線で示した一番温
度変化の小さい所が地
中に入っている部屋の
状態である。この結果
から計算上地温の年変
化の範囲より大きな変
化幅に(4~26)となっ
ているが、これは外気
の影響であり、熱交換
の効果を得られている
と判断できる。



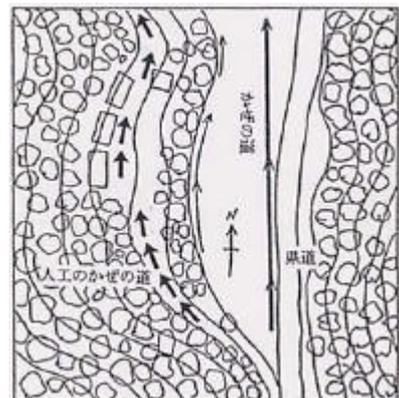
e 採光

建物の窓をできる限り大きくするデザインと屋根を2段構造にして、最上部をガラス瓦にすることにより室内への採光量を大きくして消費電力を減少させている。

f 風

春から秋にかけての季節風は南風であり、地形の変換場所では微気象変化による風が発生することを活用して、風のみちを林の中に創ることにより建物の前面にこの風を取り入れることを考慮して、開き窓を設置している。

自然によってつくられた風の快さは都市では得ることはできないし、エアコンによる人工的状态とは比較にならない快適さが得られる。市街地のオフィスで窓を開けて風を取り入れる考えでデザインされることはほとんど無いと言える。



g 音

立地状態から人工的な騒音はほとんど無く、風の音や小鳥のさえずりが耳に入り、精神的にも良好である。

以上のように自然を可能な限り活用したデザインを採って完成した。社屋の設計は建築家のみによる設計ではなく、筆者自身の経験（自然科学・マネジメント・理念など）や古くから伝わってきている生活の知恵の伝承による総合的デザイン集大成である。

立地選定に関しても時間距離を十分検討した上で判断するとともに、音や空気の質などの目に見えない、また常識と思い込んでいる錯覚に惑わされない観点が必要である。

単純な距離のだけの視点で立地選定をした場合と時間と距離の関係を基準とした視点で選定した場合には、ライフサイクルコストなどへの影響が大きく現われることが確かめられる。

エコデザインをベースにしたこの新しい開発手法は、地球環境の保全やライフサイクルコストの低減に繋がるばかりでなく、大切にした環境が人々の心と体をより快適に包んでくれる恩恵がある。

さらに付言すれば、今後の国土保全機能上、重要な位置付けにある中山間地域の活用方策のモデルともなりうるものであると考えている。

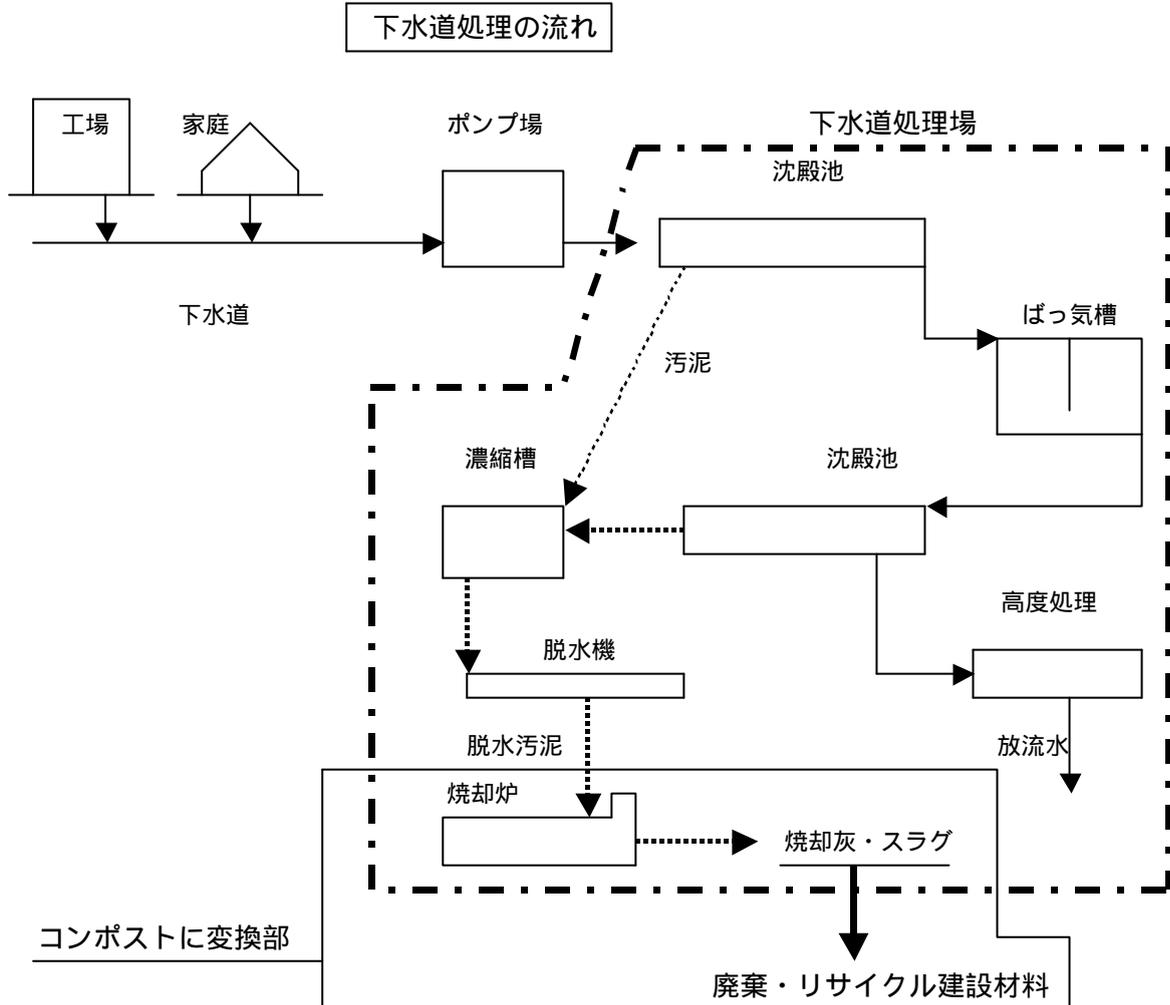
多自然居住地域として活用して行く際にも、個人住宅としての位置付けのみでなく、従業員数100名程度が常時活動する企業立地モデルとしての可能性を拓く試みにも繋がるものである。

また、これからは中山間地域における集落維持機能をいかに保持して行くかが大きな課題となっているが、当相愛本社は社員食堂の食材として地場で育成された野菜や米などを導入するとともに、調理人として地元婦人を採用するなど、地域コミュニティ維持にも少なからず貢献している。

社内施設の一部を地域の児童、幼児に開放し、親子で映画鑑賞できる機能を提供したり、自然環境との調和を図るだけでなく、地域コミュニティのあり方にも一石を投じるなど、まさにこれからの中山間地域の開発モデルとなり得ると自負している。

4 2 バイオ技術による下水道処理汚泥の肥料化事例

現在わが国における一般的な下水道処理場の模式を示す。



東京都と高知県の下水道処理汚泥の現状

わが国における最も下水道の普及率の高い都市の一つであり、対象人口が際立って多い東京都における実態と、地方都市である普及率、対象人口の低い高知県高知市を例として取り上げて、環境的側面、経済的側面を考察し、有るべき方向性を考える。

高知県における下水道普及の現状

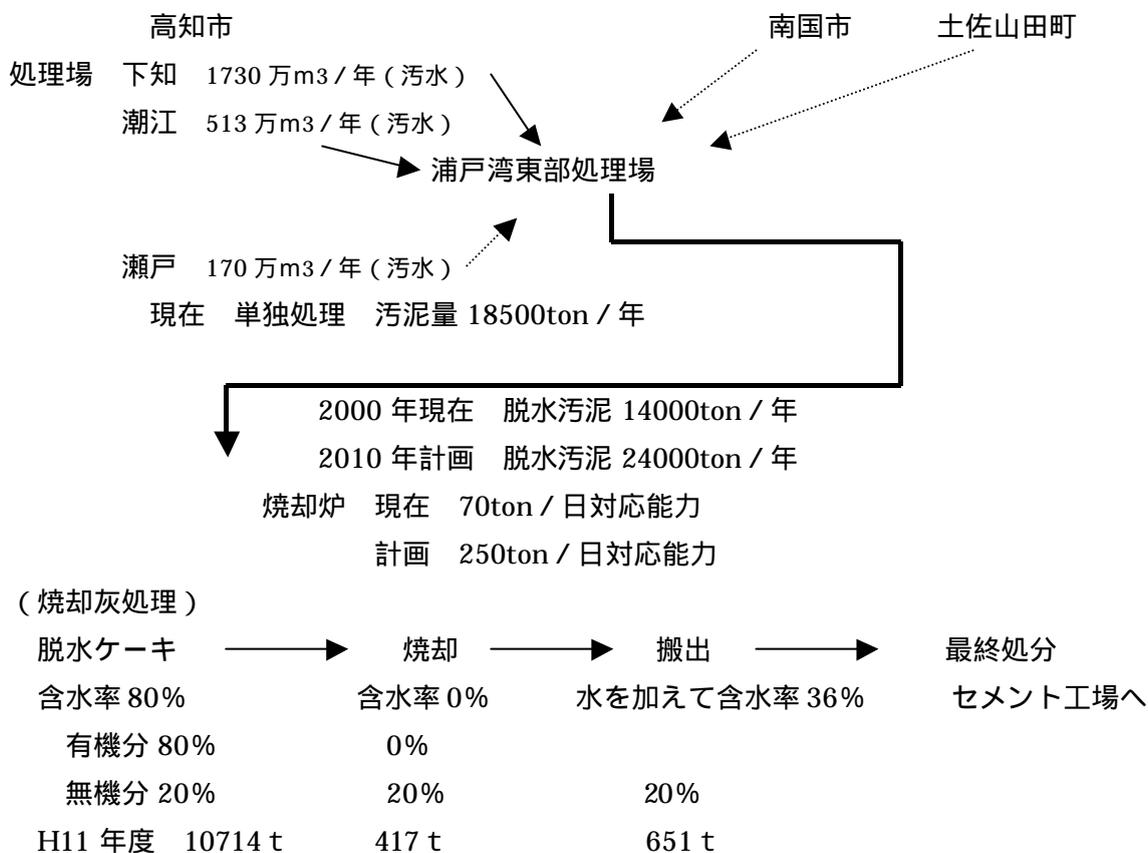
公共下水道 高知市・中村市・南国市・須崎市・伊野町

流域下水道 高知市浦戸湾東部流域 高知市・南国市・土佐山田町

特定環境保全 東洋町・芸西村・夜須町・香北町・越知町・大正町

以上の下水道事業が現在進行中であり、いずれの自治体においても普及率は低く、今後時間経過とともにその役割を果たすことが可能となってくる。

現在最も普及率と対象人口が多い高知市と今後進行して行く流域下水道の現状と計画を述べる。



< 浦戸湾東部流域下水道高須浄化センターの計画 >

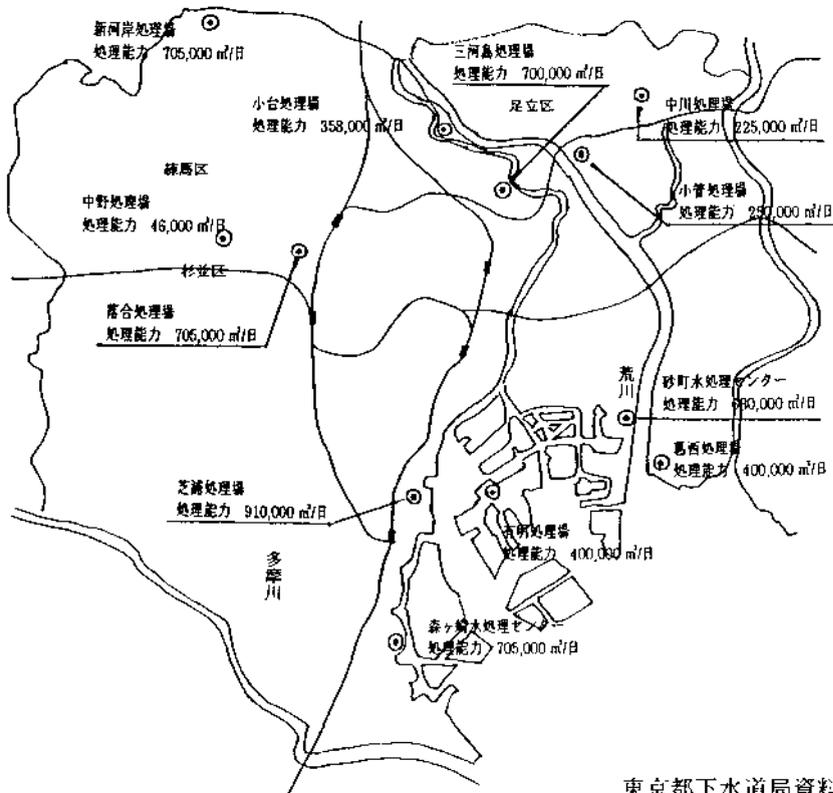
浦戸湾東部流域下水道計画の諸元

計画目標年次	全体計画(平成22年)					
排除方式	分流式				高濃度汚水	
市町村	土佐山田町	南国市	高知市(東部)	計	高知市	
計画区域(ha)	440	899	1191	2530	3233	
計画人口(人)	20300	32380	62240	114920	244420	
計画汚水量(m ³ /日)	12560	22370	44610	79540	3493	
高須浄化センター (終末処理場)	位置	面積	計画処理能力	計画人口	処理方式	脱水汚泥量
	高知市	14.59ha	96000m ³ /日	115000人	標準活性汚泥法	25000t/年
都市計画決定	平成5年7月13日					

東京都都の現状

東京23区の下水道普及率はほぼ100%に達しており、対象人口は815万人に達している

現状である。下水処理場の配置と管轄は図に示すようになっている。



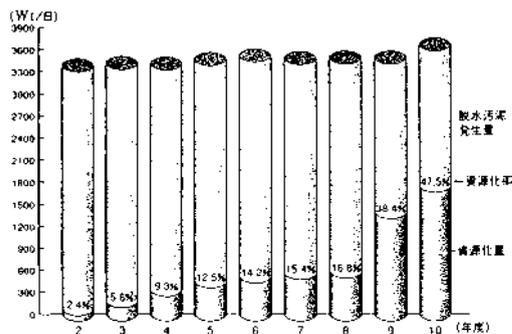
東京都下水道局資料より

23区全体から産出される処理汚泥量は年間100万(日量3000)tonに達しており、全産業廃棄物の約50%を占める状況であり、それらはほぼ全量焼却処理されている。

焼却灰の再資源化は下図に示すように1990年から次第に活発になり、1998年には約48%が建設資材(圧縮焼成ブロック、溶融スラグ、軽量細粒材、ヒューム管、セメント原料)として活用されている。しかし、これらの再生資源は全てが順調に活用されている状態ではなく、コストやその他の要因により決して明るい未来とは言えない状態である。特にダイオキシン問題が発生して以来、全国の一般ごみなどの廃棄物処理方法として溶融炉の建設が急速に進行している状況で、建設資材としての供給が飽和状態に陥る可能性が推測される。

一方、焼却灰の直接廃棄が50%程度有り、東京湾中央防波堤外側埋立処分地に埋め立て土として処分されているが、この処分地の許容年も残り10年程度しかなく抜本的な解決方法に取り掛からねばならない状態である。

わが国最大の都市であり、最も下水道基盤整備の進んでいる東京都であるが、長期的視



野に立てば深刻な状態にあることが指摘される。(東京都下水道局資料より)

高知市と東京都を例としてわが国の下水道処理汚泥の概要を述べたが、この二つの都市が特異な例としてではなく、わが国の施策に沿った共通する内容と方向性を有した事例である。したがって現在稼働中の施設拡張や補強・補修も同ベクトルであり、工業化社会の考え方に原点を置いているために、循環型思想が欠落していることによる最終段階での廃棄処分が必要な構造である。

この構造が有している欠点は以下に示す

- * 大量の焼却エネルギーが必要なこと
- * 焼却用のハードをたえず必要とする
- * 焼却時に大気汚染物質を発生すること
- * 大気汚染抑制のためのハードを必要とする
- * 最終的に発生する焼却灰の処理・処分が必要である
- * 処分のために廃棄場や再加工施設が必要である
- * 焼却から最終処理までのコストが高くなる

4 2 1 戦略的実行モデル(東京都を的として)

持続可能な循環型社会への具体的着手として、わが国最大の下水道汚泥発生地である東京都にターゲットを絞る理由は、単に量的ボリュームを考慮した着眼だけではない。最終目的であるわが国の社会システムの変革を実現するための急所が東京都であると考え、到達への戦略的着眼として下記のポイントがある。

1) 既存システムから脱皮の必要性を有している

東京都の下水道会計は2兆8000億円の負債を有し、毎年赤字状態である。

焼却および溶融後の灰とスラグ処理に対する根本的変革を必要としている。

焼却炉・溶融炉建設を毎年300億円以上の費用をかけて更新を続ける必要性がある。

2) 東京都の有する影響力

焼却方式からコンポスト方式へ変革した場合の国および他府県への影響力

既存勢力(政府・関連企業・社会システム)に対する影響力

政治的影響力(東京都知事)・社会的影響力

基準価格形成力(コスト形成力)

3) 脱水汚泥の発生量

日量約3000tonの発生量とその50%が臨海地に集積されている。

以上のポイントから、わが国全体の流れを変える急所と位置付ける。すなわち東京都が実行に移せば全国が前例として動き出す影響力を有している。しかし実現のためにはいくつかの大きなハードルがある。

(ハードル)

* 東京都の意思決定 * 処理工場用地確保 (都内の場合と他府県での場合)

* 実施主体のあり方 * 多量の製品の販売について等である。

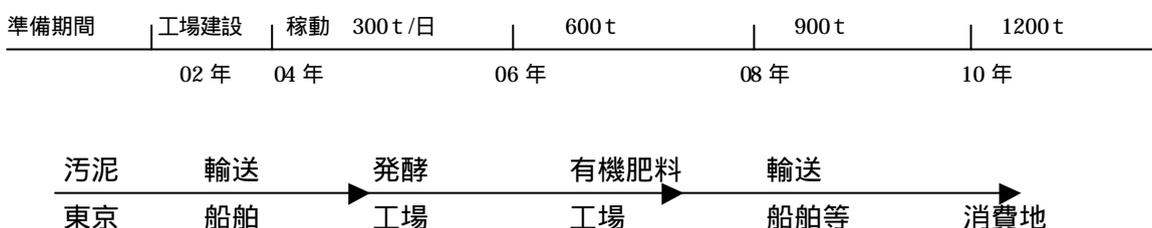
<実施モデル> (ここで表す数値は筆者の算定による)

条件 現在稼働中の焼却炉・溶融炉の耐用年数を考慮して、脱水汚泥のコンポスト量を段階的に増加する (一焼却炉当たりの処理量 250~300ton/日)

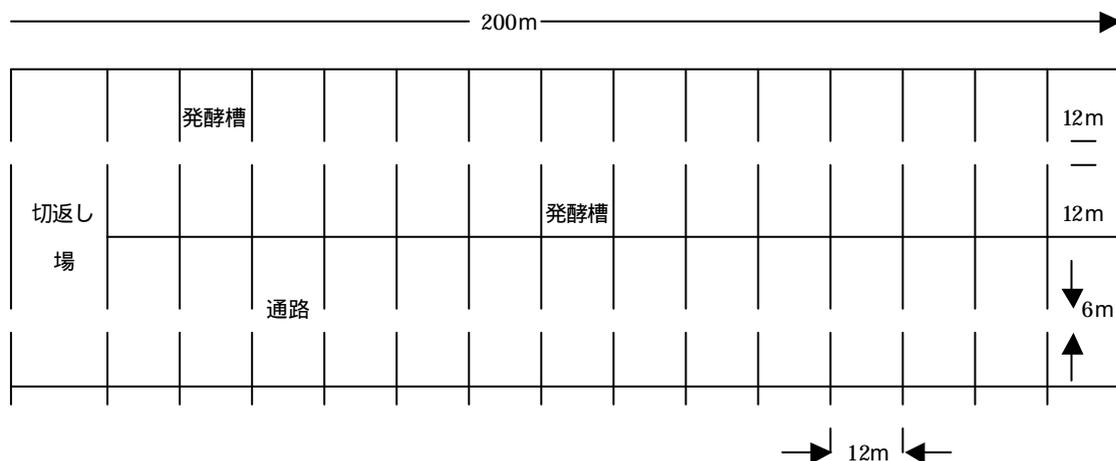
当面のコンポスト量を臨海部集積の 1500ton/日と仮定 (輸送手段として船舶想定)

処理工場用地を高知県に求める (10ha 程度)

工程計画



<発酵工場>



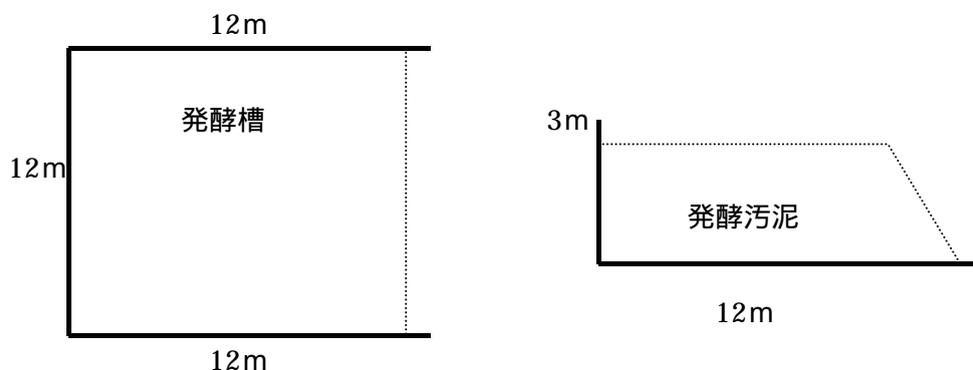
発酵工場は上図のように 12×12mの発酵槽 (高さ 3m) と 6mの通路を設置したものを、計画日搬入量 (m³) に対応した容量が必要である。

* 発酵のためには搬入量に対して 60%量の培地が必要である。したがって 300m³の脱水汚泥 (比重は約 1.0) に 180m³の培地を合わせた 540m³分の容積が必要。

540m³ / 2.5m (積み上げ高さ) = 216m² (必要面積)

下図のように積み上げた発酵汚泥は一部が片落ちとなるので有効量は 100m²以下と

なる。したがって 12m × 12m の発酵槽 2 つで 300m³ 対応とできる。



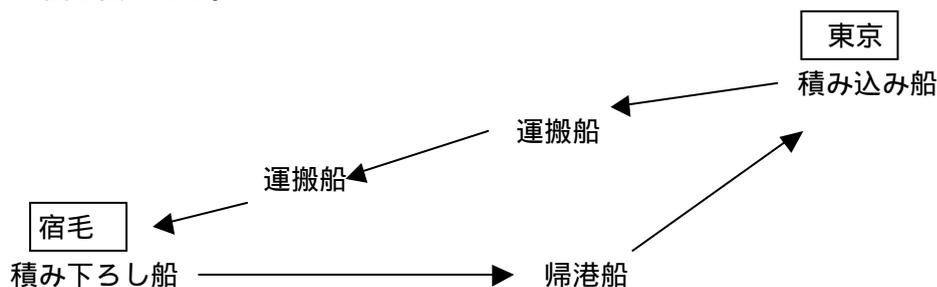
- * 発酵期間は約 45 日であることより最低 90 基の発酵槽が必要となる。
300ton / 日の汚泥処理には総面積 20000m² 程度の発酵工場規模が必要である。したがって、1500ton / 日処理工場では 100000m² 規模となる。
- * 工場立地の条件としては、(1) 下水処理場内 (2) 大量運搬の可能な港湾に隣接している (陸上運搬距離の最小化) の順で選定する必要がある。しかし東京都下水道局とのヒアリングで現下水道処理施設には適地がないことと、処理工場建設候補地を東京都以外で確保の要望がある。

< 高知県下での工場建設可能地選定 >

高知県下には前述の立地条件に該当すると考えられる用地は下記の三ヶ所が候補地としてある。高知新港隣接用地 (分譲面積 1.8ha) 須崎港木材団地 (5.0ha) 宿毛湾工業流通団地 (H13 年度完成 9ha、将来計画 23ha) いずれも 3000 t 以上の船舶が使用可能港であるが、計画工場の条件を満足できる面積を有しているのは宿毛湾工業流通団地のみである。

< 汚泥の運搬 (宿毛港を想定して) >

汚泥の運搬には対応する船舶の準備が工場建設とともに検討されていなければならない。前述の工程計画に示したように当初は日量 300ton 程度の運搬から最終的には 1500ton 以上の運搬量に増加する。一般的な貨物船舶の巡航速度から、東京・宿毛間では対応量運搬船が 5 隻必要である。



4 2 2 実施に当たっての課題と解決策

当計画の実施に当たって、現在想定可能な課題は次のとおりである。

- a . 事業主体の決定
- b . 東京都との契約
- c . 工場建設地の地元同意と用地取得
- d . 実施に必要な培地の確保
- e . 発酵プロセスでの科学的評価
- f . 製品の流通
- g . 事業実施に係る法的クリアなどがあげられる。

a . 事業主体の決定

当計画の事業化は、想定される課題に対する解決策を全てクリアした段階で事業開始となる。したがって事業開始までの準備期間に課題の解決をほぼ完全にしておく必要がある。現在筆者の有する資源を駆使してその準備に当たっている。そのベースは筆者の属する企業が中軸となり、関係する諸機関や高知工科大等との連携により順調に進行している。

当計画の目的は序論で述べたように、持続可能な循環型社会の構築が最大の目的であり、そのための手段として有機廃棄物の一つである下水道汚泥を肥料化することにより、現在の非循環システムである焼却等による処分を変革して目的の達成を図るものである。そのため、変革を実行するための推進母体として、実施主体の起業が二次的目的として位置付けられる。

したがって事業主体は目的である持続可能な循環型社会の構築を企業理念として設立しなければならない。そのため軌道に乗るまでの一定期間は強力なリーダーシップによりベクトル構築が必要である。事業内容が公的サービスの一分野である現実より、事業主体のあり方としてPFIによる起業が考えられる。また知的財産権である基本技術の供与による形態からスタートする当計画と合わせて、事業実施による影響を最も受けると考えられる公的機関（下水処理事業に関係する）の現状等を考慮した場合、PFIによる事業化が適当であると考えられる。しかしPFIの推進課程での時間的課題と決定プロセスでの課題を有しており、このことを考慮した合理的起業のあり方を検討する必要がある。

b . 東京都との契約

2000年に東京都知事は環境重視の政策を掲げて、CO₂削減やディーゼル車によるNO_x・SO_x排出規制などの環境対策に着手している。本論でターゲットとしている下水道事業に関する財政的課題や廃棄物処分課題についても、長期的視野に立った具体的解決を行う姿勢である。

筆者らが行った東京都下水道局でのヒアリングによれば、既存の焼却・溶融方式に対する抜本的解決を望み行動の機会をうかがっている現状である。筆者らの提案したコンポスト化に対する期待度は、「受け入れ態勢が整えば」という前提で非常に高いと判断した。

したがって東京都との契約は受け入れ側、すなわち高知県側の整備が整えば十分可能であると考えられる。

契約についての展望は、次ぎの条件を満たすことが確定要件である。

- (1) 高知県に処理工場建設の確定
- (2) 高知県と東京都間における公的合意の成立

筆者による戦略的視点での(2) 成立は次ぎの都知事選挙までに完了することが事業進展上でのカギとなる。つまり東京都知事の任期と高知県知事の任期の重なっている間で基本合意を締結することである。その理由として、ともに行政・財政改革を掲げて推進していることと、両知事の社会的・政治的影響力の強さを背景とした流れの変革着手が、以後の推進力として重要な位置付けである。

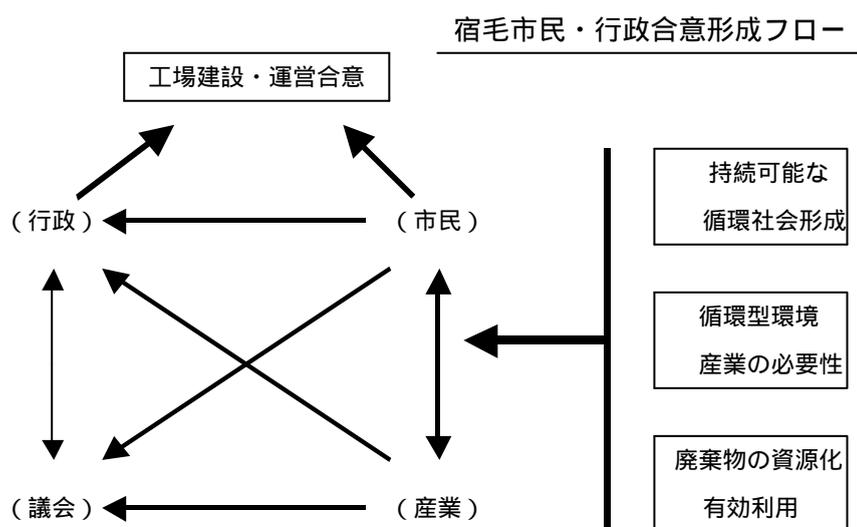
そのためには、「 d . 実施に必要な培地の確保」で述べる高知県浦戸湾東部流域下水道処理場での汚泥のコンポスト化が決定されていなければならない。

c . 工場建設地の地元同意と用地取得

わが国の廃棄物等処理建設に対する国民の意思は「総論賛成各論反対」が大勢であると考え、その対応には十分なエネルギー投入をする必要がある。特に他地域・他県の廃棄物を受け入れると言う形態は非常に困難な課題である。地元対応に対して姑息な手段や従来型の代替案を付加した手法は、20世紀型の過去手法と位置付けて着手しなければ目標である循環型社会への移行が現実のものとして成長することは難しいと考える。

東京都の下水汚泥を宿毛市の宿毛湾工業流通団地に設置した工場に運び込むことは、前述のように地元としての受け入れに対する合意形成を早期にしておく必要がある。

合意形成に当たっての手法は事業の具体的内容の理解だけでなく、事業の背景にある目的を理解していただくと同時に自らが持続可能な社会システム形成に参画していただく場作りから始めることが基本であると考ええる。



[市民に対するアプローチ]

合意形成での最も望ましい形は最小限の時間と投入エネルギーにより市民が自発的行動を起こし、その結果として市民総意で行政的結論を導き出す形である。

当事業化に対して市民に対するアプローチとして次ぎの事項を重点的に行う考えである。

- a) 持続可能な循環型社会の大切さを知ってもらう。そのために直接的な活動として循環型社会についての環境的視点の講演会・勉強会の開催。間接的活動として、マスメディア等を通じた意識形成を図る。
- b) 超高温菌を使った下水汚泥等の肥料化実証実験を行い、直接見ていただく。同時に現在の工業型社会システムとして動いている焼却による手法との比較を、経済的側面と環境的側面から検討をしていただく。

事業化に対する市民の直接的判断・意思決定は表面に出ることではなく、最終的に行政判断への影響力として市民の意思が機能するのであるが、アプローチの基本は市民の意識形成にある。

[産業界に対するアプローチ]

当事業に対する宿毛市内の産業界での貢献とデメリットを考えた場合、大半の企業はその影響範囲に直接入る可能性は少ない。可能性を有しているのは海運業とその関連の港湾役務が対象となる。また工場の稼働後には生産物である肥料を農業者等に廉価で譲渡できることによる貢献と、水産分野での養殖業者が出す廃棄物の処理に貢献可能である。

間接的な分野として工場建設後に発生する購買などの貢献が考えられる。

したがって、地元産業界に対するアプローチとしては事業化後のパートナーとしての参画を事前段階に呼びかけ、他の分野に対する合意形成の推進役を行っていただくことが重要である。

[議会に対するアプローチ]

行政のチェック機関として議会の有する権限は非常に大きなものである。同時に市民側の代表としての立場は無視できるものではない。市民へのアプローチと同じように、実証実験の見学・説明会をはじめ循環型社会作りへの講演会などに対する参加を呼びかけるとともに、宿毛市の未来構想などについての協議機会を設営して行く。

[行政に対するアプローチ]

合意形成として最後の回答機関が宿毛市である。最も共同歩調を期待するところであるが、意思決定の背景は市民であることを考慮したアプローチの方法を採ることが大事である。

以上列記したが、合意形成の基盤は市民意識にあることを前提とした活動でなければならない。

用地取得は合意形成を待ってからの動きとしなければならない。

d．実施に必要な培地の確保

東京都の下水汚泥を肥料化するには、現在稼働中の焼却炉・溶融炉の処理能力、またその耐用年数を個別に調査しておく必要がある。前述したように一基当たりの焼却能力は日量250～300tonであり、臨海地である南部スラッジプラントには300ton型汚泥焼却炉6基（1基は建設中）、160ton型汚泥溶融施設が1基稼働している。現在ほぼ1500ton/日の脱水汚泥が処理されている。

当計画は一気に1500ton/日を処理して行くものではなく、約300ton/日単位で拡張させることが最も合理的であると考ええる。稼働可能な焼却炉を放棄してコンポストシステムに移行することは、資産の有効利用と言えないとともにコンポストシステムが100%の信頼性を確保できたとしても、万が一の事態に対する補助能力として温存することが望ましい。

したがって、宿毛湾工業流通団地でのコンポスト化は、東京都の焼却炉の寿命を勘案して第1段階で300ton/日から始めて段階的に600ton/日・900ton/日と拡張して行くことが合理的と考えられる。また、発酵処理を行う過程で培地の確保がされていなければ基本的に前進できない。

超高温菌による発酵システムでは300ton/日の汚泥に対して培地180ton（60%）程度が必要である。汚泥の発生は毎日であることから、完全発酵に必要な期間を45日とすれば 180×45 、すなわち8100tonの培地を事前に用意していなければ、合理的な運転に繋がらない。

このコンポスト技術の発祥地である鹿児島市以外では培地の確保は現在不可能である。

東京都をターゲットとした当計画を具体化して行くには、事業主体を予定している筆者らには実績や技術力も備わっていないことより、現時点では東京都との契約に至る可能性はきわめて低い。したがって高知県側で対応可能と判断できる実績積むことが前提となる。また、必要量の培地の確保もしておかなければならない。そこで、目標達成の為に次のような下準備を確実にしておく必要がある。

- (1) 超高温菌による高知市下水道汚泥の肥料化実証実験
- (2) 実証実験に対する評価およびマスメディアによる広報活動
- (3) 高知県民、特に高知市民、宿毛市民による現地見学会の実施
- (4) 高知県および高知市の下水汚泥のコンポスト化への意思決定促進活動
- (5) 浦戸湾東部下水道処理場の焼却処理からコンポスト実施の決定
- (6) 浦戸湾東部下水道処理場内に工場建設・稼働
- (7) 宿毛市および市民に合意形成と工場建設計画承認
- (8) 東京都と高知県間による東京都下水汚泥処理の基本合意
- (9) 宿毛湾工業流通団地の用地取得と工場建設開始

(10) 東京 宿毛間の海運システム決定

(11) 宿毛湾工業流通団地で工場稼働

以上に掲げた事前準備を確実にクリアしていることが、当計画の成否を決定付けるものである。

最初のハードルは、(1)の高知で実証実験を行い、内容的成功を収めることがすべてのスタート点であるとする。

筆者らは2000年6月に高知県商工労働部所管の「高知エコデザイン協議会、ブランド化推進事業研究補助」の決定を受けて、(株)山有の技術協力および財団法人高知県産業振興センター、高知工科大学社会システム工学科の支援を得て、浦戸湾東部流域下水道処理場内に156m²のコンポスト実証実験棟を建設して、2000年11月9日から本格的な下水道処理脱水汚泥の発酵実験に取り掛かった。

当実証実験の目的は、現在高知市が発生している下水道汚泥の肥料化が目的である。原材料である汚泥の化学的分析および発酵プロセスでのデータ収集、さらに発酵後の完熟肥料の化学的分析を行うことが、計画具現化への第一歩となる。

また、この実証実験を通して高知県・高知市・宿毛市等の地方自治体に対するプレゼンテーションを行い、今後への布石とするものである。実験過程をマスメディアを通じて広く広報するとともに、市民・県民に直接見学の機会も必要である。

したがってこの実証実験は、科学的課題のクリアと社会的課題のクリアに向けた重要なハードルと言える。

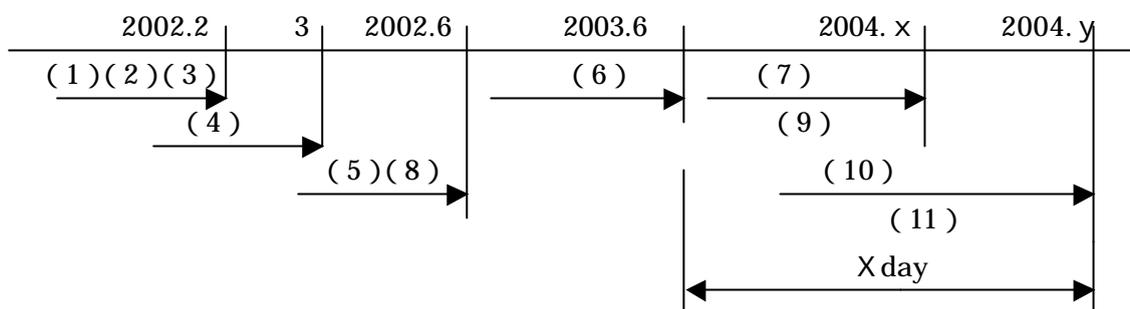
このハードルをスムーズに越えることが東京都の下水道汚泥のコンポスト化実現に対する大きな意味を有しているとともに、大量に必要な倍地の生産拠点構築と言う戦略的に重要なプロセスとなる。

現在、当処理場における脱水汚泥の発生量は35ton/日程度で、年間13000tonである。2004年からは南国市と土佐山田町の公共下水道が連結する予定で、最終計画量として日量70ton、年間25000tonの脱水汚泥量を計画している。

日量35tonの脱水汚泥は発酵完了後に12ton程度の完熟肥料(培地)に生まれ変わる。東京都が発生する下水道汚泥のうち300ton/日を手始めに高知県内で処理するには、培地の必要量は8100tonを想定している。したがってこの東部下水道処理場は、前述のように戦略的拠点としての重要な試金石と言うべきポジションに置いている。

実証実験は約4ヶ月間で2回の発酵工程を予定している。

宿毛湾工業流通団地での工場稼働までのスケジュール



このスケジュールは全てを最短時間内でクリアした場合に成立するもので、宿毛湾で工場が稼働する最短予定日が2004年Y月である。X dayは必要倍地量の生産日数である。

e 発酵プロセスでの科学的評価

下水道汚泥には重金属をはじめとする有害物質が含まれていることは周知のことであり、全国の下水道処理場ごとにその内容も違っている。その原因は食生活様式の違いや産業形態の違いによって下水道に流入する物質が異なる点にある。下表は高知県浦戸湾東部流域下水道処理場で実施されている汚泥の有害物質溶出試験結果と有害物質含有量試験結果のサンプルである。

汚泥有害物質溶出試験結果 高知県下水道公社 維持管理年報より
(単位：mg/l)

項目	年月日	99年12月20	00年12月22	基準	分析
アルキル水銀化合物		不検出	不検出	検出されないこと	環告59付表4
総水銀化合物		0.001	0.0005未満	0.005以下	環告59付表3
カドミウム又はその化合物		0.03未満	0.03未満	0.3以下	JIS K0102 55.2
鉛又はその化合物		0.03未満	0.03未満	0.3以下	JIS K0102 54.2
有機リン化合物		1.0未満	0.1未満	1以下	環告64付表1
六価クロム化合物		0.1未満	0.1未満	1.5以下	JIS K0102 65.2
ヒ素又はその化合物		0.04	0.02	0.3以下	JIS K0102 61.2
シアン化合物		0.1未満	0.1未満	1以下	JIS K0102 38.3
P C B		0.0005未満	0.0005未満	0.003以下	環告59付表5
トリクロロエチレン		0.03未満	0.03未満	0.3以下	JIS K0125 5.2
テトラクロロエチレン		0.01未満	0.01未満	0.1以下	同上
ジクロロエチレン		0.02未満	0.02未満	0.2以下	同上
四塩化炭素		0.002未満	0.002未満	0.02以下	同上
1,2-ジクロロエタン		0.004未満	0.004未満	0.04以下	同上
1,1-ジクロロエチレン		0.02未満	0.02未満	0.2以下	同上
シス1,2-ジクロロエチレン		0.04未満	0.04未満	0.4以下	同上
1,1,1-トリクロロエタン		0.3未満	0.3未満	3以下	同上
1,1,2-トリクロロエタン		0.006未満	0.006未満	0.006以下	同上
1,3-ジクロロペロベン		0.002未満	0.002未満	0.02以下	同上
チウラム		0.006未満	0.006未満	0.06以下	環告59付表6
シマジン		0.003未満	0.003未満	0.03以下	環告59付表7
チオベンカルブ		0.02未満	0.02未満	0.2以下	同上
ベンゼン		0.01未満	0.01未満	0.1以下	JIS K0125 5.2
セレン又はその化合物		0.03未満	0.03未満	0.3以下	JIS K0102 67.2

汚泥有害物質含有量試験結果

(単位：mg/kg)

項目	年月日	99年12月20日	00年12月22日	分析方法
アルキル水銀化合物		0.03 未満	0.03 未満	下水試5 34.2
水銀又はその化合物		3.86	1.1	下水試5 34.1
カドミウム又はその化合物		1.12	0.66	下水試5 30.1
鉛又はその化合物		27	24.5	下水試5 31.1
有機リン化合物		5 未満	5 未満	下水試5 28.1
六価クロム		2 未満	2 未満	下水試5 32
ヒ素又はその化合物		7.98	4.63	下水試5 33.2
シアン化合物		5 未満	5 未満	下水試5 27
P C B		0.1 未満	0.1 未満	下水試5 29

下水試：下水試験方法(1997)

本論の目的とする持続可能な循環型社会形成への具体的取り組みのスタート点である、下水道汚泥の高品質な肥料化課題で、下水道汚泥中に含まれる重金属などをはじめとする有害物質が肥料のなかに残留することは課題の解決に繋がらない。しかし現在の地球上で有害物質が完全にゼロ状態で大気中や土壌・地下水中に存在していないと言うことは、考えられない状況である。

前表に示す高知県浦戸湾東部流域下水道処理施設内の汚泥から検出された有害物質も微量であるが無視できない量を示している。また有害物質溶出試験結果からも基準値をクリアできているものの、毒性の強い化合物が検出されている。

このような現状の汚泥を肥料化するに当たって、筆者らは第三者的立場から汚泥をベンチマークとして、発酵プロセスおよびできあがった肥料に対する科学的評価を行う必要性を考えて、2001年11月6日に次ぎのような構成の評価委員会を設置した。

超高温発酵実証実験評価委員会

市民生活サポートセンター 暮らしを見つめる会

東京薬科大学 生命科学部

九州大学大学院 農学研究院

高知工科大学 社会システム工学科

東京大学大学院 農学生命科学研究科

以上5名の委員により委員会の目的として下水道汚泥の発酵によるプロセスと完成品である肥料について第三者的立場で科学的評価を行い、全工程を評価することとした。

主な評価項目として

- a) 脱水ケーキの含有物質を検査し、それをベンチマークとする。
- b) 発酵過程で発生する水蒸気に含まれる含有物質の検査・評価
- c) 発酵完了後の肥料の含有物質を検査・評価
- d) 当下水道処理場で使用されている高分子凝縮剤に関する検査・評価
- e) a～dに関する事項について評価・検討するとともに将来方向について検討する。

以上の評価を行うことにより得られた結果から、筆者らは下水道汚泥の肥料化に対する社会的信頼性を確保できることが事業化への大きな一歩になると確信する。

また東京都の下水道汚泥は高知市の汚泥性質と同じでないと考えている。

したがって生活習慣および工場・事業所などから排出される重金属や化学化合物の質・量ともに事前に調査する必要がある。

第5章 価値創造と課題

5.1 環境的価値創造

4.1 で示した相愛本社の事例は、一民間の自発的な実証実験といえるが、持続可能な循環型の新しい開発モデルとして注目を浴びている。

その一つは自然エネルギーの活用による化石エネルギーなどの消費軽減である。次に長寿命・生分解可能である自然材料の使用による省資源化を図ったことである。また最も大きな成果として、近代社会に育った人々の価値意識の転換を動機付けたことであり、100名の社員の環境実践教育が自然という師匠の下で日々なされていることである。

合理的と言われていた都市集中の逆の方向で、オフィス機能が十分確保できることの事例を示したことは、人口集中による環境的負荷発生に対して、自然の浄化能力の範囲内で生活することの可能性と優位性を示したことである。

より具体的なポイントとして大半の材料として木材をはじめとする自然材料を地域内で調達して建設する場合と、工業化社会における一般建築物との比較を行うと環境的優位性がより鮮明になる。

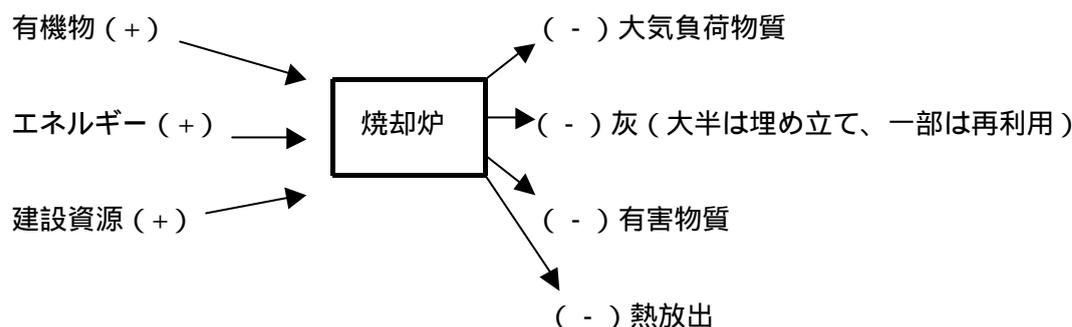
原材料 → 運搬 → 加工（工場） → 建設地 → 使用 → 廃棄

- * 原材料の運搬距離によるエネルギー使用量と排出物量
- * 加工工程上でのエネルギー使用量および付属資源使用量
- * メンテナンス対応における材料等
- * 廃棄時におけるエネルギー使用と環境負荷物質の排出および処理
- * 木材は成長課程でCO₂の固定化と酸素の産出、長期間使用、廃棄時には土化
- * 装飾材料および接着剤等による有害物質の放出（シックハウス）

以上の例を挙げたが、総合的な定量化は建築学会等における研究成果は、現時点で発表されていない。シックハウスについては、すでにその原因物質の特定や使用による人体影響が報告されている。高知県においては現在、委託事業として「土佐派の住宅（多量の木材使用）」と一般的住宅との環境面における評価作業を進行中である。

3.1, 4.2 で述べたように焼却システムでは、大量の鉱物資源により建設された焼却炉とそれを稼働させてゆくエネルギーが投入されなければ役割を果たせない。その役割の産物として多量のCO₂をはじめとする大気環境負荷物質と焼却灰の発生により、その存在が認められているシステムであると言える。その役割は再利用可能な有機物を灰にするという循環システムから離れた行為であり、早急に改めなければならないシステムである。

下水道汚泥をコンポストシステムにより再生産機能として活用することにより、得られる利得は環境的視点として多くのマイナスをプラスに変換することが最大の環境的貢献である。



下水道汚泥の焼却による具体例として、浦戸湾東部流域下水処理場では脱水汚泥 1.0ton 当たり必要エネルギーとしてA重油 40.75 リットルを用いて焼却灰発生量 38.98 k g という状態である。焼却炉の寿命は 10～15 年程度と言われており、その建設に対する資源エネルギーの消費や老朽化による撤去時の消費エネルギーあるいは廃棄処理に要する環境負荷を考慮した場合、循環型のバイオ技術による肥料化の方が極めて優位である。

世界中で使用されている化学肥料による農地へのダメージは人類にとって深刻な問題となっている。すなはち農地の塩化による土壌の荒廃や有害物質の蓄積などである。

環境に関する視点での比較

	焼却方式	コンポスト方式
施設	焼却炉の建設維持 大量の建設材料調達・建設	発酵槽の建設 焼却炉に対して少量の建設資材
エネルギー	石油・ガス 連続燃焼の必要性	少量の電気 発酵促進用空気の供給
大気負荷	CO ₂ をはじめとする化合物の発生 汚泥含有物質プラス燃料の化合物	アンモニアなど 汚泥含有物質の一部が気化
残さ	焼却灰・スラグ	完熟有機肥料
処理	二次的処理へ	不用
循環	循環圏外へ	大地で循環

以上、環境的価値創造について、二つの事例をあげて述べたが、今後の研究調査によりさらに領域を拡大して、その優位性を追求して行く所存である。

5 2 経済的価値創造

経済的視点から見た価値創造として、相愛本社の事例では次の点が挙げられる。

	経済効果
ライフサイクルコスト	単年度当たりの建設コスト（長寿命化による） 単位面積当たりのエネルギー消費コスト
直接投資コスト	建築費用（オフィスとして高単価でない） 用地造成費用（少地形改変） 緑化費用（自然植物による緑化）
租税コスト	構造物に対する固定資産税（木造による） 土地の固定資産税（地目）
地域経済貢献	地場産材料の使用

筆者の計算によれば、租税額差において構造物の固定資産税年額は、単位面積当たりコンクリート構造物に対して約20%程度が木造の税額であり、土地の固定資産税額は3~10%程度の税額である。したがって初期建設総投資額は30年程度の期間で租税差額だけで回収可能である。これらのことからエコデザインはエコノミーであると実証できる。

次に、公共下水汚泥処理を焼却システムからコンポストシステムに切り替えた場合には、多大のコスト削減が推定できる。同時に間接的に社会システムの変革に向けての道筋を付けることとなり、単なる処理システムの改革だけではなく有機農業に対する本格的資源供給が可能となる。またあらゆる有機廃棄物分野における新たな産業構築が図られることと考える。

高知県浦戸湾東部流域下水処理場の全体計画到達時の日量70tonの脱水汚泥が産出される時点でターゲットを絞って経済的比較をすると、焼却方式の1/5以下のコストで脱水汚泥の処理が可能になるとともに、製品である肥料の有効利用が具体化する。

このことにより、関係市民に対する行政サービスの向上とパブリックコストの低減が図れる。しかし、逆の立場すなわち焼却炉のプラントメーカーや建設業者、燃料業者からすれば市場の喪失に繋がるという視点もある。

現在、当処理場計画では2004年に南国市と土佐山田町との下水道の連結目標に対して新しい焼却炉の建設計画を検討している。その規模は200ton処理能力程度で、200~250億円程度の設備投資予想である。現在行っている実証実験の結果は、巨額の建設投資の実施か中止かの判断材料になるものと期待している。

経済性（コスト比較）

	焼却方式	コンポスト方式
施設	建設費 大 約 1 億円 ~ / ton 耐用年数 10 ~ 15 年	建設費 小 約 800 万円 / ton 20 ~ 25 年
償却費	40000 ~ 50000 円 / ton	22 ~ 28 円 / ton
光熱費	4800 円 / ton	800 円 / ton
修繕費	1800 円 / ton	600 円 / ton
人件費	2860 円 / ton	3800 円 / ton
灰処分費	910 円 / ton	0
その他経費	630 円 / ton	1200 円 / ton
計	51000 円 ~ / ton	6422 円 ~ / ton

* 焼却方式は高知県浦戸湾東部流域浄化センターの 1999 年度資料による

* コンポスト方式は日量 40ton 処理能力の工場を仮定して計算

以上、概略比較した結果より、環境的視点・経済視点のいずれも従来型の焼却方式に比べてコンポストによる方式のほうが優れている。

次に、東京都に焦点を当てた場合、日量 3000ton を超える排出量、年間 110 万 ton をコンポスト方式にすべて変更した場合には、処理コストの低減と焼却炉の償却費を合わせると年間 500 億円以上のパブリックコストの低減が可能であると考えられる。

わが国の首都である東京都がこの方式に切り替えるならば、経済的課題や環境的課題そして社会的課題をクリアすることにつながり、そのことが他の地方自治体に大きく影響を及ぼすことになる。21 世紀型の公共サービスのあり方として、現在の焼却システムを根底から変革するだけでなくあらゆる公共事業の見直しベクトルが形成されるものと考えられる。このことが本論の目的である社会の仕組みを変えて、持続可能な循環型社会の形成へと動いてゆくものと確信する。

5 3 社会的価値創造

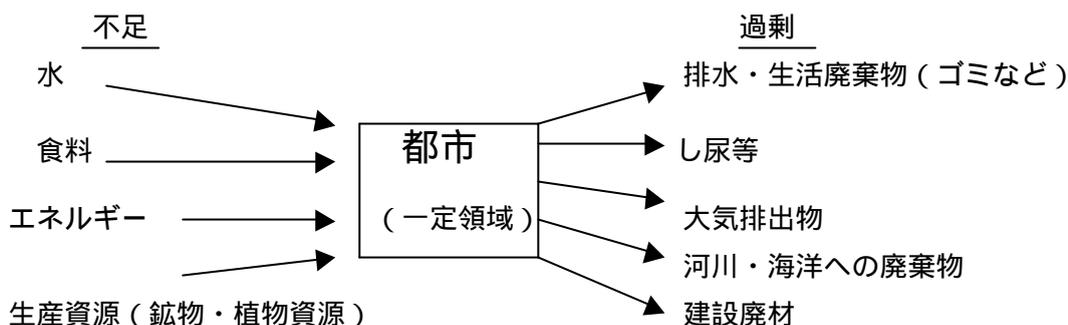
人類が誕生した後都市社会の出現からほぼ 4 ~ 5 千年の間、人々は自然環境との調和をあまり意識せずに保ちながら今日を築いて来たと考えられる。しかし産業革命以後わずか 200 年程度の時間で人類の急激な人口増加とそれに伴う経済発展により、自然の有している地域循環能力を超える排出・廃棄行為を大気や土壌・海洋に行ってきた。とくに第二次世界大戦以後の経済形態は、大量生産 ~ 大量消費 ~ 大量廃棄のしくみを人口の都市集中とともに作りあげた。そのことは利便性や経済性の視点で工業生産基地までも都市および周辺域に集中させることで、さらに人口集中させる結果を招いた。

わが国も他の先進諸国も同様に、人口集中と機能集中が一定領域での自然循環機能を大

きく上回る状態に至るまで地球的危機が迫っていることに気付かなかった。

一方、科学技術の進展により工業化社会構造が自然循環型システムを駆逐するようなベクトル形成を行ったことも事実である。2000年と言う節目を経た今日、世界レベルでの循環型社会の重要性が叫ばれている。しかし、工業化社会と言うベクトルを簡単に変更するだけの変革への新しい行動は実りにくい状況にある。

都市集中による物質移入と排出



上図に相愛本社の実態を当てはめてみると、水は完全に地産地消として一定領域内で循環している。食糧は昼食の材料として地域の米と野菜を調達している。エネルギーの一部は自然エネルギーの活用としている。また植物資源として1年間でほぼ成長する竹を暖房用に使用している。一方、過剰物質の排出は自然の浄化力により一般的な事業所と比較すると少なくなっている。これらを合わせて見る場合、既存の社会システムに依存するエネルギーは少なく、社会における価値創造と位置付けることができる。

公共下水道に焦点を当ててみた場合、下水道による排出は、し尿を代表とする生活廃棄物を集積一箇所に集中させることにより合理的な処理がなされていると言うべきである。しかし、最終処理は循環系から外れた最終処分の形態に頼っていることが問題である。

下水道により集められ処理された脱水汚泥は大部分が有機物であり、それらは再利用可能な有効資源である。

わが国全体では毎日約2万 ton の有効資源の大半が焼却により捨てられていることは社会的に大きな損失である。

この有効資源を安全性の高い高品質な有機肥料として再び田畑に還元することこそ、循環系の基本であり、今後のベクトルとしての形成を社会的利得として位置付け、後世へ理念と行動を伝承すべきである。

焼却を基本とした社会システムを循環系に戻すことは、人類が営々と築いてきた生命体の智の復活である。そのことによりパブリックコストの大幅な削減が可能となる。また新たな産業構築が図られ就労の場が創られることにもなる。

5 4 新しい価値創造時に生じる抵抗と解決策

二つの事例について実現段階での新しい価値創造について述べてきたが、一般的に価値創造が大きければ大きいほど、その時点の現状勢力からの抵抗は大きいものである。

相愛本社事例では、利害関係者は社外にはほとんど存在しないことにより、抵抗勢力は社内限定されるといえる。社内での抵抗要素としては、精神的抵抗と物理的抵抗がある。

精神的抵抗とは、未知・未経験による変化への抵抗であり、それまでの習慣が大きく変化することによる心理的不安がその原点にある。

物理的抵抗とは、場の状況変化による肉体的負荷の増大や経済的負荷の発生が予想されることによる抵抗である。

本来企業は、組織を構成する人々と運営主体の間に利害関係が存在することにより、発展や衰退が現象として現われるものであり、これらをコントロールして行くには、あるべき姿としてのビジョンと現状のギャップを共有し、それを技術的に解決行くことが通常である。したがって、相愛本社の建設に伴う抵抗は社会構造的に大きいものでは無かった。

事例の二つ目の公共下水道汚泥肥料化による新しい価値創造については、社会システムの一部を対象としたものであり、そこに存在する利害関係は非常に大きく、かつ複雑と考える必要がある。したがって本項は新しい価値創造を武器として、しくみの変革を目的として取り上げ、その点について明らかにする。

< 現在の社会構造からの抵抗と解決策 >

歴史的観点から、新しい価値創造時には何らかの抵抗現象が必ず生ずるものである。抵抗勢力はその時点の既得権を保守しようとするために、新しく生まれてきた考えや行動に対して否定的行動を起こし、時として戦争にまで発展することすらある。

米国でベンチャービジネスとして興した企業に次ぎのような数式が掲げられていたことを高知工科大学・起業家コースの講座で知り得た。

$$(V - D) \times F > R$$

筆者による解釈として、

V = 新しい価値創造 D = 現在の満足度 F = ビジョンへの第一歩
R = 既得権所有者の抵抗、 と位置付ける。

この位置付けに対する源泉はマキャベリの君子論と政略論²⁴⁾の中から得たものである。

- * どんなに良い革新であっても、生みの苦しみがあり、最初は人々に大きな犠牲を要求するものである。
- * 従来の秩序や政治様式から恩恵を受けてきたものは結束してこれに反対し、新しい秩序や政治方式の導入を支持すべき者は、それに対する不信感と旧勢力に対する恐怖感を拭い切れず、消極的になる。
- * 制度を改めるには、非常手段が必要になる。非常手段をとる場合も既得権を侵害しな

い方が良い。

公共下水道汚泥の肥料化による現構造の変革を行う場合に当てはめると、Vはバイオ技術による汚泥の肥料化、Dは環境負荷および高コスト構造に対する反省・必要性とし、市民の立場とする。Fは筆者の掲げるビジョン、Rは現在の公共下水道汚泥処理の手法である焼却・溶融に係わる企業・行政および現環境関連業者として位置付ける。

V、D、についてはすでに述べてきた。Fはビジョン実現に向かうスタート時点での力量と位置付けることが可能である。

Rについて詳述すると、関係する企業：焼却炉などのプラントメーカー、メンテナンス業者、建設業者、作業受託業者、燃料供給業者などが対象となる。焼却炉建設に伴う設備投資費は処理量1 ton 当たり1～2億円の投資費用が必要である。(高知市宇賀焼却設備などの事例より)

近年、焼却炉から排出される灰中のダイオキシン問題などの対応として新たな溶融炉や焼却炉の更新が全国各地で進められており、その経済的ボリュームは年間数千億円の規模となっている。その建設にかかわっているのが、プラントメーカーであり建設業者である。いわば国家的公共事業としての位置付けがなされていることより、事業シナリオが計画的に推進されていることや経済規模が大きいことにより構造的な流れが形成されて来たと言える。したがって新しい価値創造の出現による流れの変革は、既得権益を有する人々にとって大きな問題となることが予想できる。またメンテナンスや炉の運転のためのエネルギー供給業界にとっても、安定した商売の場を失うことに繋がってくる。

行政側にとっても長い間続いてきた流れの変換を余儀なくされるという、精神的抵抗が生じるものと考ええる。

これらの抵抗に打ち勝つには、(V-D)の大きさと、Fのビジョンの正しさ(あるべき姿)を一般的周知とする必要がある。(V-D)については経済的価値創造・環境的価値創造の項で述べている。Fはエコデザインの実行という姿勢であり情熱である。

しかし、数式の左辺はベクトルとして動いているものではなく、論理的表現の停止状態を示しているに過ぎず、右辺は現実のベクトルとして存在していることに注目する必要がある。すなわち左辺を実際の動きにし、かつ右辺より大きな力として社会に認知させる必要がある。そのエネルギーとしてIT(Innovation Technology)が重要な力量として筆者は位置付けした。

(IT=実行力である。行動、情熱、勇気、知恵、知識、人間関係など個人の有している総合力と表現する)

具体的ITについて

綿密な実施計画の所有・科学的立証による確信・マスメディア等による大衆の支持獲得・情報公開・関係機関との調整・実行組織の創設・協力者の獲得・資金調達・抵抗勢力の排除もしくは懐柔、以上が求められる力量である。

以上のIT力を効果的に使用して左辺の運動化（量的・質的）を図ることが実現への解決策とする。

< 製品の流通に関する課題と解決策 >

当計画の主要な課題の一つとして、生産された肥料の流通に関する具体的方策を有していなければ本論の完結には至らないと考える。

現在わが国内の公共下水道施設のうち、約20%程度の施設でコンポスト方式による肥料化（堆肥化）に取り組んでいる。それらの大半は流通上の問題・課題を有していると考えられる。大量の汚泥の肥料化（日量30ton以上）を行っているのは、前述の鹿児島市だけであり、多くは日量10ton未満の小規模生産形態である。また製品を有料で販売している例は少ない。その理由として考えられることは、第一に肥料としての質に問題を有していると考えられる。本来、有害物質を含有している下水道汚泥を原料としていることから、肥料として法的に定められた科学的基準値以下の製品製造が容易ではなく、大半は肥料ではなく堆肥としての位置付けである。そのことが食物の栄養分として使用する農業者から敬遠されている第一の問題点である。

第二番目の問題点は、下水処理場建設計画時点から汚泥の肥料化と一連のマネジメント視点を重要な計画として取り入れていなかったと思われる点にある。

多くの公共が関係する他の事業でも一番弱い点が、運営や販売など競争に関する事項であり、ハードを造ることを目的化して運営・経営に関する知的価値を計画段階で評価できない官の弱点である。

筆者は全国の現状を教材として、次ぎのような三つのファクターがそれぞれ完結することが解決策であると考ええる。

流通への三つのファクター

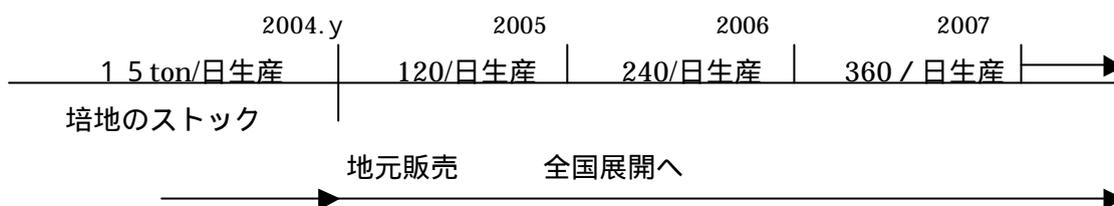


起業的成功までの全工程全てが完結した状態、すなわち問題ありとされる原料から科学技術的安全・安心をクリアした価値創造がなされ、環境重視の社会的承認を満足した状況を創造し、最後に実践としてのトータルマネジメントの成功を収めることが全体構想である。

現構想では、最終的に日量2000ton~3000tonの下水道脱水汚泥を高品質な有機肥料にする計画で、日量800ton~1200ton程度の肥料が生産されることを想定した

流通を念頭に置いた計画を有していなければならない。

年間約30～40万 ton の肥料を円滑に消費地へ結ぶラインは、強固で確実なネットワークを整備しておく必要がある。また、大量の競争商品が市場に出現することによる既存生産者への影響力は多大きなものであるし、それに対する抵抗も十分考慮した具体的計画が必要である。



浦戸湾東部処理場での生産は、2004年のY月まで汚泥用倍地としてストックを続けて東京都の下水処理汚泥に対する必要倍地量に達しておく必要がある。販売に関する具体的戦略構築と戦術展開に対しては、現在進行している実証実験の成功時点から取り組んで行くものである。

むすび

本論はわが国最初に設立された起業家コースの論文として、筆者のこれまでの経験、実践をベースにして数学や自然科学の基礎を背景とするばかりでなく、人文社会科学などの知見を用いて、実現を目指した視点で、新しい社会基盤整備の構築への試みについて論じた。

この結果、エコデザインをベースにした新しい社会基盤整備を構築することにより、環境的価値創造・経済的価値創造・社会的価値創造を生むことが実証される。社会のリード役である現在の行政体を動かし改革して行くには、行政サービスの中に「前例の構築」が最も効果的な手法であると結論付ける。

組織として最も保守的な行政体の変革を推進するには、組織内部の自発的行動による場合と外圧により変革せざるを得ない状況に陥ることにより変わって行く場合がある。筆者は現在のわが国政府並びに地方自治体の現状を考察した時、もはや内部から自発的に変身することの困難さを感じ取った。クラウゼヴィッツは「血（汗）を流さないで勝利を得ようとする者は、血を流すことをいとわない者によって必ず征服される」と論じている。²⁵⁾

行政サービスの非効率性や変化に対する対応力について、民は不満や疑問を持っていても民の立場で直接的にその改革を進めることについては、残念ながら今日まで多くの成功事例を残していない。

地球環境の悪化や資源の枯渇による人類社会の持続停止状態が視野に入ってきた現代社会のベクトルを変換するには、社会の主導役である国家・自治体に外力として方向転換を迫る民間側からの具体的旗印と武器が必要である。

人類社会の持続的発展可能な行動規範といえるエコデザインの考え方を旗印（ベース）にし、その第一歩の行動としてターゲットを公共下水道汚泥の肥料化に絞った。汚いものは目の前から早急に消し去るという、従来の焼却方式が環境的側面・経済的側面・社会的側面からみると、いかに非エコデザイン・非経済性・非社会性を示しているかと言うことを記し、その一方、持続可能な行政サービスの一例として民の手により公共サービスとして行うことがいかに優位であるかを述べ、実践的論文としてまとめることを試みた。

Dr. プレゼットはエコデザインによる4段階戦略モデルとして、システム改革を4段階目のステージとして捉えているが、筆者は世界の現状認識からステップ4に着手しつつ他のステップを推進することが効果的であると考えた。

1997年京都会議(気候変動枠組条約締約国会議)でのCO₂排出規制に関する決議は、2001年11月モロッコ会議によって議決された。しかし世界の排出量の25%を占める米国の離脱によつての議決は、まさに国家による現状保守のシンボルとして受けとめなければならず、それ故人類社会の持続的発展のためには、国家レベルから地方自治体に至るまでのベクトル改革を求めなければならないという考えに帰結した。

エコデザインをベースとした新しい社会基盤整備や行政サービスの現状を改革して行く

ことが地球規模での人類社会の福祉に貢献するものと確信する。

本論のむすびに当たり、日本学術会議では工学の位置付けを次ぎのように示していることを付記する。

「工学とは数学と自然科学を基礎とし、時には人文社会科学の知見を用いて、公共の安全、健康、福祉のために有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問である。

工学は、その目的を達成するために、新知識を求め、統合し、応用するばかりでなく、対象の広がりに応じてその領域を拡大し、周辺分野の学問と連携を保ちながら発展する。また、工学は地球規模での人間の福祉に対する寄与によってその価値が判断される。」

謝辞

本論の作成に当たり、終始ご指導頂いた高知工科大学・加納剛太教授、岡村甫教授、長尾高明教授、馬場敬三教授、浜口智尋教授、渡邊法美教授に心より感謝申し上げます。

また本論でのバイオ技術による有機廃棄物の肥料化へのシーズを頂いた高知工科大学・水野博之教授、(財)大阪科学技術センター・三原恵二郎氏、同山本巖氏、超高温菌による画期的な下水道汚泥の肥料化実現をされて、詳細にわたるご指導を賜った(株)山有・山村正一社長に御礼申し上げます。

実証実験に至るまでの間、側面的ご援助頂いた(財)高知県産業振興センター・高村宣正理事長、同・濱渦和明氏並びに岡田忠明氏に御礼申し上げます。

相愛本社建設に当たり、わが国最初の本格的なエコロジカル社屋のデザイン過程から伴に汗をかき完成までご協力頂いた山本長水氏をはじめとし、相愛社員の皆さんにお礼いたします。

参考文献

- 1) 「成長の限界」 Donella H Meadows et al., ダイヤモンド社 1972
- 2) 「成長の限界を超えて」 Donella H Meadows et al., ダイヤモンド社 1992
- 3) 「西暦2000年の地球」アメリカ環境問題諮問委員会・国防省
監訳 田中 努他 日本生産性本部 1970
- 4) 「食糧破局」 レスターRブラウン 訳今村奈良臣 ダイヤモンド社 1996
- 5) 「エコデザイン」 山本良一 ダイヤモンド社 1999
- 6) 「下水道統計・行政偏」(社)日本下水道協会 1999
- 7) 「下水道統計・財政偏」(社)日本下水道協会 1999
- 8) 「公開特許公報(A)」特開平9 59081 1997.3.4
特開平10 229874 1998.9.2
特開平11 292669 1999.10.26
特開平11 292674 1999.10.26
特開2000 247769 2000.9.12
特開2001 29915 2001.2.6
- 9) 「地球環境報告」 石 弘之 岩波新書 1988
- 10) 「土木学会誌・9.2001」 p4~5 草柳俊二
- 11) 「第三セクターとPFI」 宮本康夫 ぎょうせい 2000
- 12) 「PFIとプロジェクトファイナンス」 第一勧業銀行国際金融部
東洋経済新報社 1999
- 13) 「社長のろまんは社員のフマン」 永野正展 飛鳥出版 1999
- 14) 「地球環境キーワード辞典」 <http://eco.goo.ne.jp/coffee/keyword/files/nenpyo/n.body.htm>
- 15) 「問題解決・プロフェッショナル」 斎藤嘉則 ダイヤモンド社 1997
- 16) 「エコデザインとは何か」 益田文和 www.green-wab.ne.jp/backnew/2-19.html
- 17) 「第4紀」 羽鳥謙三 柴崎達雄 共立出版 1978
- 18) ダイオキシン緊急対策 立川 涼 かもがわ出版 1999
- 19) 「維持管理年報・浦戸湾東部流域下水道」 (財)高知県下水道公社 1999
「維持管理年報・浦戸湾東部流域下水道」 (財)高知県下水道公社 2000
- 20) 「循環型社会のモデルがここにある」 高杉晋吾 ダイヤモンド社 2001
- 21) 「陸水」 山本荘毅 共立出版 1968
- 22) 「地すべり地温測定による地下水調査法」 竹内篤雄 吉井書店 1983
- 23) 「地下水流動調査法」 竹内篤雄 古今書院 1996
- 24) 「兵書研究」 大橋武夫 日本工業新聞社 1978

25)「戦争論」 クラウゼヴィツ 訳 淡 徳三郎 徳間書店 書店 1967
