

建設分野における新しい市場の開拓と技術革新

Study on New Market and Technology Development in Construction

「21世紀はどうか、われわれは今何をなすべきか？」

(株)間 組	○陣門 謙一
大成建設(株)	神崎 正
(株)大林組	三宮 崇
(株)奥村組	小森 光二
(株)間 組	国峯 紀彦

Kenichi JINMON Tadashi KANZAKI Takashi SANNOMIYA
Mitsuji KOMORI Norihiko KUNIMINE

本論文は、建設分野の市場の開拓と更新という観点で、21世紀への社会の変化を見据え、第1に「クリーンな、水力エネルギーの見直しについての提言」、第2に「鉄道を利用した廃棄物の広域輸送と処理施設の立地推進についての提言」、第3に「ライフラインの共同溝化による防災都市建設への提言」を行った。本論文では、さらに、第1の「クリーンな、水力エネルギーの見直しについての提言」でエネルギーコスト、エネルギー需給の観点から不安定な今後のエネルギー問題を取り上げ、水力エネルギーの見直しへの提言を行った。本提言では、大規模の堆砂除去技術、水利権の移転、CO₂炭素税による財源の確保、水力発電建設技術による海外貢献という視点よりまとめた。第2の「鉄道を利用した廃棄物の広域輸送と処理施設の立地推進についての提言」では、スーパーフェニックス計画と規制緩和について提言した。第3の「ライフラインの共同溝化による防災都市建設への提言」では、共同溝整備理念の確立を提言した。さらに、本論文では、大規模堆砂除去プロジェクトについて取上げ、人工島建設による廃棄物処理の広域輸送と同時輸送した場合の事業評価、その他付帯効果について論ずるものである。

Key Word;水力エネルギーの見直し、廃棄物の広域輸送、大規模堆砂除去プロジェクト

1. はじめに

建設分野の市場の開拓と更新という観点で、21世紀への社会の変化を読み取り、それに対して「今何をなすべきか」について、様々な観点から考えるときである。これら、キーワードとして、「高齢化社会」「建設分野のニーズの変化」「自動化・省力化の動向」「ゆとりのある社会をめざして」「異業種・異分野技術の導入」「環境保全と開発」「公共事業に対する市民の要請」「都市の過密化」「防災都市の建設」「首都機能移転への対応」「建

設業のリストラ」「エネルギー問題の動向と対応」

「建設廃棄物に関する諸問題」等があり、筆者らは、プロジェクト計画小委員会新技術推進分科会にて、これらのテーマについてさまざまな角度から研究を重ねてきた。

本論文は、このような活動を通し、21世紀になすべきこととして、次の3つに絞って提言を行うにいたった。

第1は、「クリーンな、水力エネルギーの見直しについての提言」である。

「ダム建設は悪」という偏見と誤解に対して、水力発電のクリーンエネルギーとしての意義を述べ、堆砂で埋没したダム機能の再生や発電容量の向上、エネルギー効率の良い揚水式発電を提言する。

第2は、「鉄道を利用した廃棄物の広域輸送と処理施設の立地推進についての提言」である。

今まさに行き詰まっている廃棄物の問題について、JRの全国鉄道網と、広大な土地をネットワークで結び、中間処理と最終処理機能をもたせた処理場の建設や海洋立地との連携を提言する。

第3は、「ライフラインの共同溝化による防災都市建設への提言」である。

阪神大震災で露呈した都市機能の脆弱さは、首都圏ではさらに大きな地震災害を想定させるもので、その教訓から防災都市建設のためのライフライン機能の地下化すなわち共同溝化の推進を提言する。

本論文では、さらに、水力エネルギーの見直しについての大規模堆砂除去プロジェクトについて取り上げ、人工島建設における事業評価、その他付帯効果について論旨を展開する。

2. 提言：「クリーンな、水力エネルギーの見直しについての提言」

(1) 不安定な今後のエネルギー問題

日本のエネルギー政策の「政策目標」は、「**経済成長**」、「**環境保全**」、「**エネルギー需給安定**」の三つの同時達成（三位一体）である。

我々が50年先、100年先の国家100年の計を考えると、是非とも上記三つの達成が必要である。

しかし、日本が経済成長を持続することはエネルギー消費の増加にもつながり、環境問題との軋轢が生じる。また国際競争力を維持するためにはエネルギー単価の安定が必要となる。長期的視点にたてば、石油価格は2010年には1バーレル35～50ドル（現在20～25ドル）、2030年には50～60ドルという予測があり、価格および供給能力とも不安定化する可能性が高い。

また、2度の石油危機以降、石油代替エネルギーの開発や省エネルギーが進められてきたが、いまだに先進国の中では最低の自給率（石油依存率；現在57%、過去最高時75%）である。一方、石油から

石炭、天然ガスへの導入・拡大をしてきたが、単位発熱量当たりの炭酸ガス発生量は石炭が化石の燃料の中では最も多く、石油に比べて2割増であり、天然ガスは石油の7割程度であることから環境負荷が依然として大きく、経済成長とともに増大する状況にある。

世界各国の状況を見ると、**欧米諸国**の一次エネルギー国内供給エネルギー源別構成を見ると、石油は約40%以下と一般に**石油依存度が低い**こと、フランス等は原子力約40%と原子力に対する依存度が大きいこと、**一次エネルギーの国産比率が全般的に高い**ことがあげられ、バランスのよいエネルギー供給、安定供給の状況が伺える。

これからの日本のエネルギーを考えると、以下の3点が重要と思われる。

a) エネルギーコストの安定

21世紀の中あるいは後半を考えると、化石エネルギーの価格は現在よりかなり高価になることが予想される（図-1 超長期的に見た化石エネルギーの需要と供給曲線）。

これに対し、**水力エネルギーのコストは初期投資が主体であり、ランニングコストは極めて低い**ため、将来の高齢化社会への最適なエネルギーの1つと考えられる。

b) エネルギー需給の安定

水力エネルギーは、我が国にとって極めて貴重な自国のエネルギー資源である。国際紛争等に影響されることなく、安定供給が可能である。現状は発電電力量の10%程度であるが、これを後に述べる**機能の改善や見直しにより現在の1.5～2倍程度まで高めていく**ことを期待している。**現在の水力発電だけで、昭和30年代前半のわが国の総発電量に相当する電力を産出している。**

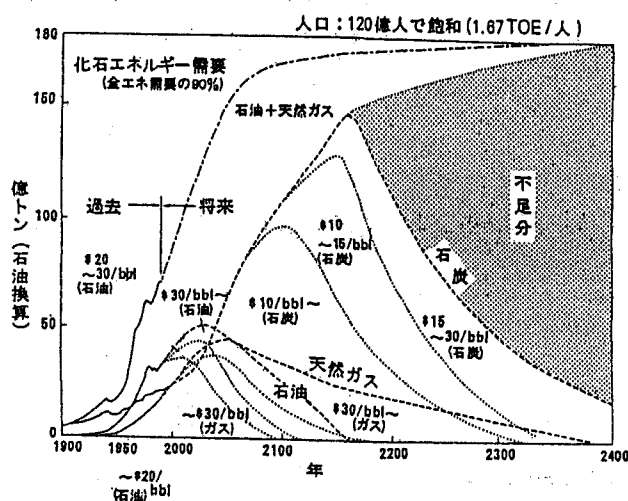
現在、日本のエネルギー資源の**自給率は7%足らず**であり（原子力は輸入ウランでありカウントしない）、これを改善することはエネルギーの需給バランスに対してきわめて重要と考えられる。

c) 環境への負荷を小さくする

エネルギー需要を小さくすれば環境への負荷を小さくできるが、人類の歴史を見ると簡単に後退は出来ないものと思われる。省エネ、経済のスリム化等への努力は当然行われるであろうが、大幅に需要を小さくすることは困難であろう。我々が現実的に対応すべきことは、いかに環境への負荷が小さいエネルギーを提供することである。

水力エネルギーは、自然を利用した再生可能エネルギーであり、CO₂を排出しないクリーンエネルギーである。

また、地球温暖化が水資源に与える影響として気温の上昇と降水量の変化によって河川流量や流域蒸発散量が変化、水資源の供給面でも大きな影響を及ぼすことが考えられている。特に日本の川は、最大流量と最小流量の差が大きく、我々の使用している水の利用量は最小流量をはるかに上回っており、温暖化による将来の水資源の変動を考慮すれば、発電のみならず環境対応としての有効性も大きいと考えられる。



図一 超長期的に見た化石エネルギーの需要と供給曲線

こうした背景から、21世紀の安定した国造りを考えるとき、以下の理由から**水力エネルギーの見直し、推進**を提言するものである。

(2) エネルギーとCO₂環境問題

近年、地球環境問題において、地球温暖化が大き

く取り上げられている。昨年、京都で開催された第3回気候変動枠組条約締結国会議(COP3)においても激しく議論が戦わされた。(温暖化ガス削減率; 2010年をめどに90年比で日本が約6%、米国7%、欧州連合(EU)8%という厳しい内容である。)

地球温暖化の現状を見ると、産業革命以降、著しく増加しており、革命以前と現在とを比べれば0.4~0.5℃上昇している。これは、「拡大した人口を賄うために農業が発展し、住居地の確保、農業用地の確保のために森林が伐採され、それらに伴い温室効果ガスが著しく増大してきた結果」と考えられている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)によれば、もし今後この温室効果ガスの排出がほとんど規制されない、あるいは全く規制されないならば、**温室効果ガスの濃度は、2015年には約2倍、21世紀末には約4倍**となることが予想されており、環太平洋地域の島々を海面下に沈めるだけでなく、各地での沿岸・河川の洪水、地滑り、暴風雨、台風等の気候の変化、伝染病の増加、森林分布の変化など、自然界へ強い影響が懸念される。

(3) 原子力および新エネルギーの動向と課題

現在供給されているエネルギーの中でも、自然環境への負荷が小さいいわゆるクリーンエネルギーと呼ばれるものがいくつかある。ここでは、今後に期待するクリーンな既存エネルギーとして原子力エネルギーおよび新エネルギーを取り上げ、今一度、環境問題に対する有効性を確認する。

a) 原子力エネルギー

原子力は、供給の安定性、経済性、環境負荷等の面で優れたエネルギー源であり、電力供給の中核的な役割が期待されている。現在、原子力発電は国内の総発電電力量の約33%を占める設備容量が整備されており、将来的にも、確実な増強が見込まれている。地球環境問題への対応という点からも、CO₂、SO_x、NO_x等を排出しない原子力は最も有効なクリーンエネルギーと言える。また原子力の燃料となるウランは世界中に分散し、しかも政情の安定した先進国に多く分布しているので、供給安定性に関しても問題無い。

しかしながら、我が国では世界的にみても安定した運転の実績を示していながら、世界で唯一の被爆国であるわが国の国民の間には原子力に対するアレルギーが根強く存在し、原子力政策が行き止まりの状況を呈している。わが国においては原子力エネルギーの開発利用の拡大は不可欠であり、**今後の安全対策の強化および情報公開の徹底、そして利用に関する社会の合意形成**が急務となっている。

原子力発電は、着実に増加させることが必要であるが、現在、あるいは中長期的には新設が困難と予想される。しかし、**原子力発電による夜間電力を揚水式発電に利用している**という現在の電力運用を見ると、**原子力発電と揚水式発電の組合せは有効であり、今後の柱の一つとして注目すべき**ある。

b) 新エネルギー

太陽光発電、廃棄物発電、クリーンエネルギー自動車などの新エネルギーは、エネルギーセキュリティや地球環境問題への対応といった観点から、最近脚光を浴びている。政府も、新エネルギーを技術開発段階のものではなく、実用化段階にさしかかりつつあると位置づけ、本格的な導入に向けての活動を展開している。その代表的なものとして、わが国初の政府ベースの基本方針である「新エネルギー導入大綱」が1994年に策定された。さらに1997年4月には「新エネルギー利用等の促進に関する特例措置法」が公布されている。

新エネルギーの実績および普及の見通しについては、前述の「新エネルギー導入大綱」に導入目標が示されており、その中から主なものを表-2に示す。

この導入目標による2010年度の新エネルギー供給量予測では、1次エネルギー総供給量の3%程度に相当し、短期的には飛躍的な普及は望めそうにないのが実状であるが、この最大の要因は、コスト高にあると言える。新エネルギー庁の試算では、表-2のように飛躍的な供給予想を行っているが、現状で2000年の目標に対する達成度も低く、仮に達成したとしても日本の電源別発電量電力量の0.1%にしか過ぎないものである。

表-1 新エネルギーの導入実績と目標

エネルギー分野	1995年度実績	2000年度目標
太陽光発電	3.9万kW	40万kW
廃棄物発電	81万kW	200万kW
風力発電	0.9万kW	2万kW
クリーンエネルギー自動車	—	49万台

※「新エネルギー導入大綱」から抜粋

また、エネルギーの発電価格について、水力発電は、耐用年数60年、太陽光発電、風力発電はヒアリングにより、独自に試算を行った結果、図-1が得られた。一般に水力エネルギーはインシヤルコストが高く火力発電より劣っているという判断をされがちであるが、これは国の施策的要素もあり、今後、石油コストアップ、不安定供給要素を加味すると、水力エネルギーが安く効果的なものか、この図でも確認できる。

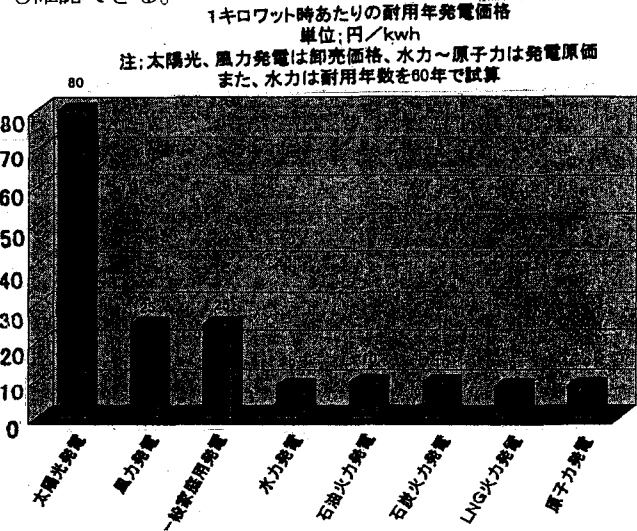


図-2 1キロワット時あたりの耐用年発電価格
(資料等をもとに独自に試算)

(4) 水力エネルギーの見直しへの提言

昨今、ダム建設反対という議論だけが取り上げられ、本来のダムの本質について見失われている。

1例をあげると、中国の三峡ダムは、貯水池の長さ600km、総貯水量393億m³と琵琶湖の1.5倍、黒部ダムの20倍と世界最大規模の貯水量を誇り、水没移住者数113万人という周辺地域への影響はもとより、地球規模の問題が取りざたされている。

一方、三峡ダムは、最大出力約1,800万kw、年

間発生電力量 840 億 kWh（日本のほぼ全水力エネルギー分）を供給するビッグプロジェクトである。人口爆発している中国のエネルギー需要を、この三峡ダムを建設せずに、本当に支えることができるか？このような議論を尽くしてから、このダム建設の是非について考えるべきである。

中国では現在、年 1,500 万 t の亜硫酸ガスが排出されている。この三峡ダムが建設されずに、この水力発電を火力発電に代替すると考えるとさらに毎年 1,200 万トンもの CO₂ が排出されると言われている。

また、水力発電の電源別発電構成におけるシェアは 1995 年データで見ると、カナダ 60.5%、フランス 14.6%、イタリア 15.9% に比較し、日本は 8.4% と大変低い。

以上の経緯を踏まえ、われわれは、水力発電の見直し、すなわち、現在ある火力発電を水力に少しでも代替できるような案を提言する。

a) 堆砂の除去による水力エネルギーの再生
—大規模堆砂除去技術—

ダムの堆砂により、従前の機能が消失しているダムが多い。特に、天竜川水系、および大井川水系等の中部地方における堆砂が深刻な問題であり、佐久間ダムでは、総貯水容量 32,685 万 m³ のうち堆砂量が 10,853 万 m³（全堆砂率 33%）と、貯水容量の約 3 分の 1 が堆砂で埋まっている計算となっている。他にも堆砂全量は少ないが、千頭ダムのように総貯水容量 495 万 m³ のうち、堆砂量 485 万 m³ とほぼ砂で埋まっているようなダムもある。

（表—3）

表—2 堆砂量の大きいダム（平成 8 年 3 月）

ダム名	水系	所在県	竣工年	総貯水量 (万 m ³)	土砂堆積量 (万 m ³)	全堆砂率 (%)
佐久間	天竜川	静岡	1956年	32,684	10,853	33.2
平岡	天竜川	静岡	1952年	4,242	3,600	84.9
井川	大井川	静岡	1957年	15,000	3,594	24.0
畑薙第一	大井川	静岡	1962年	10,740	3,473	32.3
丸山	木曽川	岐阜	1954年	5,935	3,386	57.1
黒部	黒部川	富山	1961年	19,928	2,638	13.2
大井	木曽川	岐阜	1924年	2,940	2,162	73.5
祖山	庄川	富山	1930年	3,385	1,900	56.2
相模	相模川	神奈川	1945年	6,320	1,860	29.4
上椎葉	耳川	宮崎	1955年	9,155	1,536	16.8
大夕張	石狩川	北海道	1961年	8,720	1,473	16.9
秋葉	天竜川	静岡	1958年	3,470	1,352	39.0
風屋	新宮川	奈良	1960年	13,071	1,225	9.4
奥只見	阿賀野川	福島	1960年	60,100	1,212	2.0
高瀬	信濃川	長野	1978年	7,620	1,186	15.6
長安口	那賀川	徳島	1955年	5,427	1,097	20.2
奈川渡	信濃川	長野	1969年	12,300	1,066	8.7
雨畑	富士川	山梨	1967年	1,365	1,018	74.6

（出典；(財)エンジニアリング振興協会、平成 8 年度 環境調和を考慮した既存ダムの堆積物除去・活用に関する調査研究 報告書、平成 9 年 3 月）

このようなダムを再生することは、将来のエネルギー確保を考えると、きわめて重要な状況である。

堆砂除去を議論するとき、堆砂をひとつの砂という生産物として採石業者との比較で採算性を議論し試算が試みられているが、採算ベースとはならな

い。しかし、あとに述べる炭素税を導入させダムの再生を行えば、ダム新設とのコスト面で、十分比較の対象になりえる。このことは、堆砂を砕砂として利用するといった砕石業者の採算という観点ではなく、水力エネルギーの再生という観点からの広範囲

な検討が必要である。

また、堆砂問題を抜本的に解決する場合、佐久間ダム例では1億m³の堆砂除去が必要となる。これを年間3,000万m³規模の短期間で採取する場合、大規模な堆砂除去技術が必要となってくる。また、この場合、捨土先の問題も発生するため、発生土砂の有効利用もあわせて考えるべきである。たとえば、沖合い人工島を建設するといった、大規模堆砂除去と組み合わせた複合提案を検討すべきである。

ｂ) 既存ダムの有効利用による発電量の増大

水の有効利用という観点でみると、福岡県では深刻な渇水を打破するため津江導水路を計画、施工している。このように水の運用についてエネルギーも同様に考えるべきであろう。新設の場合は、揚水式発電所のように昼間のエネルギー需要を考慮して夜間に水を揚水するというアイデアがあるが、既設のダムに関しては、水利権は既得権的な意味合いが

強く、十分効率の良い運用がなされているとは言い難い。このため、以下のような考え方も検討の余地があるのではないだろうか？

たとえば、農業用水に供用されているダムがある場合、田植え時期等の農業用水の繁忙期を除いて冬場、および夏場の電力需要を賄うように電力に転用する等の**農水省、建設省、通産省の省庁を壁を超えた水利権の移転等**を考えるべきであろう。

特に、このような水利権の転用、交換を考えた場合、上流の位置エネルギーの高いダムより長距離取水し、下流の都市域に上水を供給し、一方、位置エネルギーの低いダムで低落差の発電をしているといった場合、位置エネルギーの高いダムを発電用のダムに、位置エネルギーの低い都市域に近いダムを上水供給に用いるといった、水利権の交換も一つの方法である。すなわち、既得権益であった水利権に対しての今後のあり方を検討していくことが重要である。

■広域水融通ネットワーク構築の為の手段

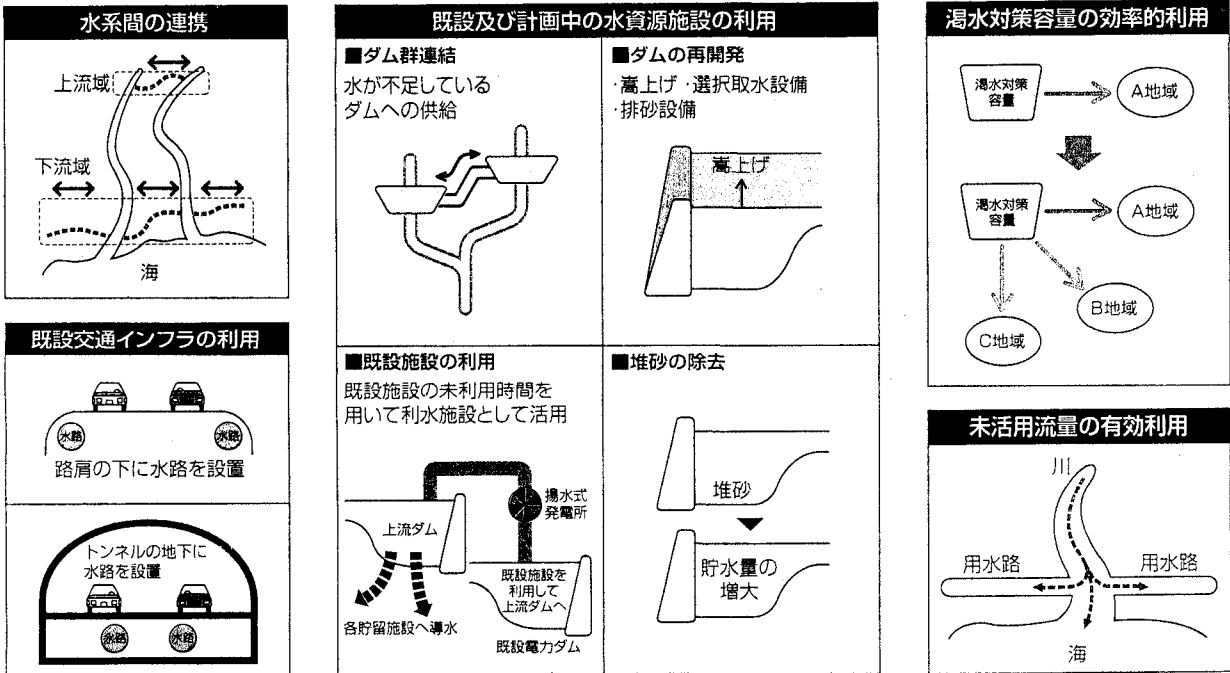


図-3 広域水融通構想概念図

(出典；JAPIC水資源対策委員会資料)

こうした柔軟な規制緩和と、**既存ダムの発電容量の増大への見直し**により、今の水力エネルギーを1.5~2倍まで高めて行くことを提言する。

ｃ) 効率よい揚水式発電所の新設

揚水式発電所の開発は、地点数；未開発 460 既開発 21 工事中8、出力；未開発 35,197 万kw 工事中 953 既開発 1,656 と未開発部分が依然多い状況である。このため、まずは可能な地点から順次揚水式発電所を新設していくべきである。揚水式発電

は、エネルギー効率も高く、他の電力貯蔵形式と比較すると、化学エネルギーや熱エネルギーと異なり、位置エネルギーを利用しているため、極めてクリーンな貯蔵可能なエネルギーといえる。

現在、各電力でコストダウン意識から、初期投資がかかる新規の水力発電が敬遠されがちであるが、将来の環境問題やエネルギー需給の安定を考えたとき、是非、海水揚水式発電も含めて積極的に推進していくべきと考えられる。

d) CO₂ 炭素税による財源の確保

今後のダムの適地が減少しているため、今後のダム建設にかかるイニシャルコストアップは否めない。まず、水力発電新設等における財源の確保を考えることが先決である。地球規模の温暖化防止会議によりCO₂の削減目標が定められ、クリーンエネルギーの必要性が言われている現在、まさに、「CO₂ 炭素税の導入」を考えるべきである。CO₂を発生する火力発電より、CO₂発生がきわめて少ない水力発電のエネルギーコストをある程度評価しインセンティブを与えるべきである。

この炭素税は、すでに、オランダ、ノルウェーなど5ヶ国で採用され、その収益は環境対策などに用いられている。またこの炭素税の導入により、省エネルギー効果が上がったという具体的な例も報告されている。

e) 水力発電建設技術による海外貢献

地球環境規模の問題を考える場合、日本国内だけでなく、海外にも目を向けていく必要がある。これから、発展する途上国のエネルギーに対して、CO₂の排出の少ない水力エネルギーを積極的に導入、すなわち、火力発電ではなく水力発電を積極的に行っていく姿勢が重要である。

一般的に日本の建設費は3割高いと言われており、国際競争力の点でも難しい点があるが、これについては、日本の仕様書が、海外の基準に比べて高すぎる、仕様以上に良いものを作りすぎるという日本人体質のために起こる問題であり、例えば、ダムの場合、RCD工法からRCC工法といったグリーンカットや型枠の省力化に対する技術開発や、仕様

書や施工管理基準の見直しといった規制緩和が重要と思われる。

また、一般的に発電所建設の場合、民間の資金援助によるBOT方式によるところも多いが、水力発電は初期投資がかかるので、建設後に発電供用するといったスタイルでは、採算性が合わなくて敬遠されているらしいがある。これを打破するために、初期投資にかかり、民間では出資できない投資部分を政府開発援助資金一部導入などの積極的な支援を行うといった抜本的なシステムの見直しも必要になってくるとと思われる。

3. 提言：「鉄道を利用した廃棄物の広域輸送と処理施設の立地推進についての提言」

廃棄物への対応は、今後ゼロエミッション構想を目指し、水圏・大気圏や地上等に最終的に排出される不燃物や廃熱（エミッション）を他の生産活動の原材料やエネルギーとしてすることによって、循環型産業システムに近づくと考えられる。

しかし、現状の技術レベルでは完全な循環型産業システムの構築は難しく、平成5年度のリサイクル率は、産業廃棄物が39%、一般廃棄物が8%、建設副産物が57%である。

このように、リサイクル率が高いとは言えず、焼却による減量化率は年々高くなっているが、総排出量の増加により最終処分量は減少していない。

(1) 対応を迫られる廃棄物の諸問題

廃棄物に関して、近年、早急な対応が迫られている深刻な問題は以下の通りと考えられる。このうち最も大きな問題の一つは、処理施設の立地であり、輸送とあわせた新しい解決方法が望まれる。

(2) 廃棄物の広域輸送と処理に関する提言

a) JR未利用地、遠隔過疎地を利用した中間処理施設および最終処分場の確保と輸送のネットワーク化

b) 船舶・車両・鉄道の組み合わせによる効率的輸送と海面処分場の確保

現在、行なわれている船舶との組み合わせにより廃棄物が輸送されている例としては大阪湾フェニ

ックスの広域処理場受入れ廃棄物の輸送が挙げられる。これを参考にして組み合わせによる効率的な輸送を考える。また、この輸送に伴う新たな海面処分場の確保について提案する。

① 広域輸送による内陸部での中間処理と最終処分上の一体化

- 1) 車両・船舶・鉄道の各相互間の、中継基地および積替え基地の設備の統一をはかり、効率的で経済的な中継・積替え基地を整備する。
- 2) 大都市沿岸部港湾、地方港、臨海鉄道およびローカル鉄道等の既存設備を有効利用して、組み合わせによる効率的輸送を行なう。

② 海面処分場の確保

- 1) 海面埋め立てにより建設される**公共施設への廃棄物の埋め立て**を実施する（例：九十九里沖新国際空港の形式を埋め立て方式とし、固化した焼却残灰等を処分する）。
- 2) 沖合人工島の計画を推進し、廃棄物の処分場とする。
- 3) 港湾設備計画の中に固化処理し**建設汚泥**等の使用を義務づける。（スーパーフェニックス計画の中に固化処理した**建設汚泥**等の使用を盛り込む。）
- 4) 国の指導および補助により**広域臨海環境設備センター法**を有効活用する（東京湾、中部圏、北部九州圏のフェニックス計画を強力に推進する）。

c) 廃棄物の輸送方法と最終処分場に関する環境保全の観点からの提言

① 廃棄物の輸送

廃棄物の主な輸送手段は車両輸送であり、一部で鉄道輸送・船舶輸送が行なわれている。

しかし、**車両輸送がCO₂、窒素化合物、硫黄化合物等の発生が多く、環境への負荷が大きいこと**に加えて交通渋滞、騒音、振動、臭気、粉塵等の問題もあることから、**鉄道輸送を始めとした他の輸送手段を見直すことが必要である。**

環境保全の観点からも廃棄物輸送を、**CO₂の排出の少ない鉄道輸送、内航海運へとモーダルシ**

フトすることを提案する。

② 最終処分場

近年、内陸処分場に対する種々の問題が発生しており、**海面処分場の建設**が注目されている。また、環境保全を考慮した**最終処分場**に対する**費用の評価の見直し**が必要とされており、最終処分場の建設費以外に、埋め立て完了後の維持管理費および経費を含めて最終処分に要する費用の算定が指摘されている。また、処分場建設に伴う森林の伐採等による**CO₂の分解量の減少**に対する費用の評価も求められている。

海面処分場と内陸処分場との総合的な評価の比較を行うことにより、**環境への負荷が少ない海面処分場の建設推進**を提案する。海面処分場の利点は以下の通りと考える。

- 1) 内陸処分場に比較して**大規模な処分場の建設**が可能であり、**長期的に安定した処理**を行うことができる。
- 2) 内陸処分場に比較して環境被害が予測される**住居地域や農耕地、取水池が少ない。**
- 3) 内陸処分場に比べて平坦な広い面積が跡地となるため、**跡地の利用が容易**である。

d) 廃棄物に関する縦割り行政の改善と規制緩和

廃棄物対策を効率的に推進していくには、各省庁間の関係を密にすると共に、地方自治体別の対応を整合する必要がある。また、様々な制度上の規制について改善策を提案する。

① 産業廃棄物

産業廃棄物処理計画の策定に際して、産業廃棄物の発生・処理状況を十分に把握し、関連省庁間の情報交換を行い、総合的な処理計画を策定する。また、都道府県に対する具体的な指導を徹底すると共に、処理施設の整備数量、整備方針を明確にする。

また、都道府県界を越える場合の**搬入規制の見直しと標準化**により、**広域輸送を推進**する。また、単一性状で大量に発生する産業廃棄物の特性を生かし、広域輸送により最終処分場への**単品埋め立て**を行い、跡地の利用を容易にする。

② 一般廃棄物

厚生省が搬出抑制・減量化の実施状況を十分に把握し、市町村に廃棄物処理に関する指導を徹底する。また、容器包装リサイクル法の運用を的確に実施するために分別収集と減量化をリンクさせると共に、通産省との連携により再資源化率を高める方策を推進する。

③ 最終処分場跡地の有効利用の推進と廃棄物使用・封じ込めに関する規制緩和

最終処分場の種類別に廃止基準を具体的にして跡地利用を促進すると共に、最終処分場の跡地の有効利用に関する基準を明確にする必要がある。また、公共施設等で積極的に廃棄物の使用・封じ込めを推進するために以下の提案をする。

- 1)最終処分場の跡地利用基準を定め、運動場、レジャー施設、公園等に有効利用する。
- 2)セメント固化した焼却残灰の利用基準を定め、スーパー堤防、港湾施設、高速道路・鉄道の盛土等の公共施設への積極的な使用をはかる。
- 3)テトラポット、中空橋脚等へ廃棄物焼却残灰を封じ込めて使用する基準を整備する。

e) 効率的な輸送を行なうための技術開発、規格の統一

① 中長距離輸送用のコンテナ規格の統一

異種の輸送手段を組み合わせる用いる場合は積替え作業を円滑に進めるためにコンテナの規格統一が必要である。コンテナ規格を統一するに当たっては、廃棄物の種類に応じた積み込み・排出方法が可能な形状とし、コンテナ外部からコンテナの内容を確認できる構造とする。また、異なる輸送手段間の積替えが容易で、自動化に適した重量と把持機構を有することが必要であり、臭気・汚水・粉塵等が飛散しない密封構造と開閉機構を有する構造とする。

② 中継・積替えシステムの確立と標準化

「車両と船舶」、「車両と鉄道」、「鉄道と船舶」の各中継基地の規格を統一し、効率的な積替えシス

テムを確立する。また、鉄道輸送および船舶輸送を考慮し、JR、地方港湾の未利用地を利用した中継基地の建設を推進する。また、臨海鉄道港湾駅、中間処理施設とリンクした中継・積替えシステムの確立と標準化を推進する。

③ 中継・積替え基地の自動化

鉄道輸送の実施例では、積替えがフォークリフトやクレーンで行なわれているため、広い用地・人員が不可欠であり、経済性および安全性を低下させる一因となっている。

これらに対応するためにコンテナの規格化に合わせた積替え作業の自動化を提案する。

4. 提言：ライフラインの共同溝化による防災都市建設についての提言

(1) ライフラインの地震被害と地下構造物の耐震優位性

阪神・淡路大地震では、地震発生直後よりライフラインの被害は甚大で、100万戸が停電、電話・通信は最大8万5千回線が不通、都市ガス約85万戸、上水道92万戸が停止、死亡者は約5千5百人であった。

構造物については高速道路、鉄道をはじめとする公共大型土木構造物が大きな被害を受けたが、地下構造物の被害は極めて少なかった。

(2) 東京における地震災害の想定

東京において地震が発生した場合、どの程度のものになるかを予測しておくことは、防災対策上極めて重要である。東京都は昭和34年より地震災害の想定を行っており、現状段階での統一的な被害想定を以下に示す。

前提条件は関東大震災と同規模で、震源地は相模トラフ上、規模はM-7.9、発生時刻は冬季の午後6時頃、気象条件は風速6m/secと仮定した。

建物被害は15万5千棟(6.5%)、地震火災による焼失棟数63万2千棟(26.4%)、人的被害は揺れや火災による死傷者数15万6千人と推定される。

ライフラインの被害を見ると、上水道で、水道供給の制約を受けるのは36万9千件で支障率は7.8%、都市ガスは、413万2千件で、支障率8.6%、停電は、236万件で支障率32.8%と推定される。

阪神・淡路大震災と単純比較すると電力の停電数は約2倍、都市ガスは、約4倍、逆に上水道は1/3となっている。上水道が減っている理由は、はっきりしない。

支障率を見ると、都市ガスの被害件数が最も大きく、復旧日数も長い。電力は被害件数は大きいが復旧日数は短い。都市ガスの復旧日数が長いのは末端部が地下に埋設されており、確認と掘り返しに手間と時間を要するため、逆に電力が短いのは、架空線のためである。都市ガス復旧の解決策としては、耐震性のある共同溝に配管すれば、掘り返しが少なくなり、復旧期間が短くなる。したがって末端部が地下の場合は、短期復旧可能な共同溝、埋設ボックスのシステムの開発が必要である。主幹線については、検知機能の自動システム化を図る必要がある。これは、上水道についても同様である。

(3) 共同溝の整備の効果及び問題点

a) 共同溝建設による効果

共同溝の目的は

- ①道路の掘り返しによる道路構造の弱体化、短命化の防止
- ②インフラ埋設および補修による交通渋滞の防止
- ③震災に対する健全性の確保
- ④景観の向上
- ⑤収容施設の維持管理の効率化およびコストの削減

があげられる。

①に関しては、スペイン・マドリッドで共同溝化することで、道路の寿命が3倍程度に延びたといわれている。

②に関しては、東京都の交通渋滞の1/3は路上工事によるものと推測され、その経済損失は1.2兆円と試算されている。

③に関しては、阪神・淡路大震災の結果から健全性の確保は証明された。

④に関しては、都内の主なところは電線や電柱がなく非常にスッキリした景観を提供している。

⑤に関しては、従来の電線ケーブルを埋設した場合、土木工事や関連電気機器のコストは高くなる。しかし、維持管理や、補修に関しては効率的となる。

b) 共同溝の問題点

共同溝は工事費を別にすれば、いいことづくめであるが

- ①道路の下に設置する場合、道路が健全な状態で掘り返すことが一般に説得できない。
- ②設置するために、これが交通渋滞や騒音振動の問題となる。
- ③高度情報通信社会に向けた収容可能物件（事業者）の拡大に対する法的規制
- ④ライフラインのネットワーク化を推進するための環状部整備上最も問題となる河川横断部に対する法的規制
- ⑤都内の地下は、障害物が多いため、工事費が嵩む。

工事費の縮減のためには、共同溝の設置深さを浅くすることが効果的であるが、課題も多い。都市部の地下は埋設物が錯綜しており、逆に大深度の傾向にある。

しかしながら、阪神・淡路大震災の被害からみれば、ガス・上下水道はぜひ共同溝化し、万一の場合でも充分補修のできるようなシステムが望まれる。

(4) 防災都市への提言

機能集積の著しい都市中枢域を中心とした防災対策として、処理供給施設（ライフライン）の共同溝への収納について論じて来たが、以下に共同溝整備の提言として大局的見地から概論をまとめてみる。

a) 被災予防対策としての共同溝整備理念の確立

地震等の災害時に、被害を都市全体で極限まで

押さえることが主要なテーマである。東京や大阪などの大都市の機能を平常時に保全することに失敗すれば、情報災害を含め予測をはるかに越える被害が全国、全世界へ波及するであろう。

共同溝の整備が、被災予防対策として極めて有効であることを経験したが、復旧という対処療法の備えも不測の事態への対策として必要不可欠のものであるが、経済性を踏まえても予防対策が最重要であるという国の理念を確立しておく必要がある。

共同溝化の主目的が、道路の掘り返し防止や工事に伴う渋滞の回避と沿道の景観保全に傾斜している現実から、投資規模も手伝って道路建設時に2企業者以上の入溝希望のマッチングを前提としているが、今後は、都市機能の高度な安全性の確保を主目的に据え、整備を進める発想の転換が必要である。

東京都は、災害への対応として道路整備を重点課題にしており、500mから1,000mの到達距離密度で都市計画道路を整備する計画は、50%程度の達成率である。

阪神・淡路大震災時では、救援や復旧を目的とした交通路確保が困難な状況であったし、火災の延焼防止策上からも、道路と沿道施設の整備が重要であることは論を待たない。

しかしながら、更に対策を進めて損傷の少ない処理供給施設の設置と復旧対応の速効性を勘案した共同溝の建設は、整備指針の高度な安全性の観点から最重要な施策と考える。

道路の機能は、地上やその上空にとどまらず、地下空間として情報やエネルギーを運ぶ機能として評価されて久しいが、道路の附属構造物として共同溝を収容するという将来を見据えた施策が、結果として安価な社会資本設備投資につながることを提言したい。

ｂ) 共同溝整備の総合計画の立案

国や地方自治体の業務分掌のテリトリーや既存の関係法令および地下空間利用時の権利形態など、近代都市を取りまくルールは民主国家ほど複雑であることを理想とするのかも知れない。しかし、現在必要なのは、予防の理念に立脚した専門家集団による総合計画の立案である。

立場、分野を越えて被災を極限まで押さえるための方策をマスタープランとして策定・公表した上で、国民全体が実施、実現のための具体的方法論を次のステップとして検討する段階的仕組みが必要であろう。

総合計画の策定にあたっては、現行の「共同溝法」にとらわれることなく、都市機能として有用な光ファイバー、ゴミ供給、熱供給といった処理供給施設全般を俎上に乗せると共に、管理者意識をニュートラルにし、公道路面下という従来思考や財源や建設費のアロケーション思考からも開放されることが必要である。

ｃ) 共同溝整備のための新技術開発の提言

共同溝が今後大きく建設されるためには、施工コストダウンをはかることが重要である。

また、構造物の深度を浅くすることも大きな効果を発揮するが、東京都の場合は地下が錯綜しており、逆に大深度化になる可能性が高い。深度を浅くするためには、それに伴う構造物の高強度化が必要である。共同溝の敷設が困難な場所での施工を可能にする新技術、工期／工費を軽減する新技術等、共同溝をより安定した都市機能として一般化するためには、それぞれの技術開発が必要である。

① 液状化防止技術開発

従来、液状化防止については、コスト的に高価な地盤改良や発生振動騒音の大きい大型機械を用いて対応していた。しかし、開削工法で計画されている区間について、その都市部という施工環境から、市街地や既存構造物近傍で適用可能な安価で、低騒音／小型の液状化防止用砂地盤締め固め工法の開発が必要となる。

② 大型躯体のサイトPC化技術開発

近年行われている共同溝事業の中で、比較的断面形状に変化のない一般部の施工において、工期短縮を主目的としてプレキャスト施工が導入されているが、その規模は、工場で生産されたプレキャスト製品を陸送により現場に搬入し施工しているため、その規模に限界がある。そこで、30m²を超えるP

C躯体を工場製品と変わらない品質を保証しつつ現場で製作し、そのまま据え付けることにより、大幅な工期短縮と輸送コストの低減が可能となる。

③ 躯体ジョイント部の免震技術開発

地震時に共同溝が最も被害（目地の開きによる漏水／変位による破壊）を受ける躯体ジョイント部について、従来用いられている構造体の柔構造化を図ることを目的とした可撓性ジョイント等に代わり、地震時に発生する地盤のひずみを吸収する躯体外周部の免震技術の開発が必要となる。

④ 長距離シールド工法システム開発

東京都区部の環状方向の幹線共同溝整備においては、既存の地中構造物（洞道、地下鉄等）や河川を横断する可能性が大きく、開削工法での施工が困難で10kmを超えるシールド区間が想定される。そこで、通常なら工区分けされてしまう10km区間を、既に整備済みの共同溝（放射線上）との会合点に事前に中間立坑を構築し、10kmを一気に施工可能とする長距離シールド工法システムを開発し、事業費のダウンを可能とする。（残土搬出設備／後方設備は中間立坑通過ごとに段取り替え）

⑤ 共同溝用急速シールド工法の開発

幹線共同溝整備において想定されるシールド工法区間について、従来、入構する事業者の供給管を防災／管理等の目的から1次覆工完了後、2次覆工とともに床版／隔壁等により分離／隔離している。予めセグメントに床版部の一部を有する特殊異形セグメントを開発採用し、PCの床版／隔離等を組み立てていく方法と掘削残土の坑内排土設備の比較的小コンパクトな泥水シールド工法と併用することにより、掘削の後方で2次覆工作業の同時施工を可能とする、事業費低減を目的としたシールド工法システムの開発が必要となる。

⑥ 超高強度コンクリート製PC函体を用いた機械式長距離推進工法の技術開発

供給管共同溝のような比較的断面積の小さい矩形共同溝の施工において、掘削完了時をもって函体の

敷設が完了する推進工法はコスト面からも有利と思われるが、その推進距離が長くなると、推力の上昇等施工上の問題が生じる。これに対応するため、超高強度コンクリートを用いたPC函体を開発／採用し、機械式推進工法の長距離化を実現し、工期短縮によるコストダウンを可能とする。

⑦ 供給管共同溝と幹線共同溝との取付部の耐震構造技術開発

比較的土被りが浅く、地震時の影響を受けやすいとされる取付部の耐震構造技術開発が必要となる。

⑧ 構内リアルタイム監視システムと統合管理センター

共同溝整備が進みその管理対象延長が延伸するにつれ、構内異常時に対する迅速なる対応が要求される。これに対応するため、各参加企業体のインフラについてリアルタイムに監視し、異常発生箇所の場所特定や、状況を通報するシステムの開発が必要である。

また、これらのリアルタイム監視網を集中して管理し、各参加企業体の管理センターと直結した「統合管理センター」の構築が望まれる。

⑨ 情報通信基盤整備計画と一体となった共同溝整備事業の推進

「高度情報通信社会通信に向けた基本方針」（H7.2）で発表された、「2010年までに光ファイバー網の全国整備」と一体となった電線共同溝の先行敷設による、整備促進を図ることが望まれる。

5. 21世紀に向けてなすべき総合提言

一大規模堆砂除去プロジェクト、および廃棄物広域輸送による人工島建設—

本論文の結論として、大規模除去プロジェクト、および廃棄物広域輸送による人工島建設を提言する。

（1）大規模堆砂除去プロジェクト

佐久間ダム1億m³の堆砂除去を3年間で行う場合、以下のような機械設備となる。

施工条件；3,300万m³/年

125,000m³/日 (264 日/年稼働)

5,680m³/h (22 時間/日稼働)

掘削機械;エキスカベータ (連続大量掘削機械)

K-700

3,200m³/h 台 2 台

運搬機械;ベルトコンベヤ (300m/min)

3,000m³/h 台 2 系列

この連続輸送システムで海上にそのまま運搬することにより、人工島を建設するものである。

掘削運搬コスト 約 1,500 円/m³

(2) 廃棄物輸送システムとの関連

廃棄物輸送システムは、この堆砂除去システムと同様のベルトコンベヤ連続運搬システムを採用する。

また、人工島建設において、廃棄物を中詰めにしに行えば、堆砂輸送システムと廃棄物輸送システムのコンビネーションが可能となる。

(3) 事業評価

① プロジェクトコスト (P1)

佐久間ダム堆砂除去プロジェクト費用

1,500 円/m³ × 1 億 m³ = 1,500 億円

② 佐久間ダム規模と同様の水力発電建設費 (P2)

重力式コンクリートダム V=112 万 m³

事業費ベースで考えると、たとえば、宮ヶ瀬ダムを例にとると、

宮ヶ瀬ダム

V=200 万 m³、総事業費 3,970 億円

を参考にすると、佐久間ダム規模で、

総事業費 2,223 億円…P2

③ 人工島建設にともなう土砂運搬費 (P3)

関西新空港の例で見ると、

1,500 円/m³ × 1 億 m³ = 1,500 億円

④ 事業評価

$P1 < P2 + P3$

なら、プロジェクト成立する。

今回のケースでは、

堆砂除去費用 (P1) = 土砂運搬費 (P3)

となり、**ダム新設総事業費 P2 (2,223 億円) 分、安くなる。**すなわち、プロジェクトコスト規模は大きいものの事業としては、大規模堆砂除去は大変有

効であると考える。

⑤ 付帯効果

大規模堆砂除去を行うことによる付帯効果を次に示す。

1) クリーンエネルギーが再生される。

2) 新たな開発行為がないため、環境保全に有効である。

3) 堆砂除去を行うことにより、ダムは半永久的な機能を維持できる。

4) 廃棄物を安全に処理できる。

5) 21 世紀のリニューアルの足がかりとなる。

6) ライフサイクルコストの理念の確立

6. おわりに

21 世紀への社会への変化を考慮し、エネルギー問題、廃棄物処理、防災都市の 3 テーマについて、現状および問題点を整理し、提言を行った。さらに、本論文では、大規模堆砂除去プロジェクトの事業評価の概略検討を行った。

今後、土木学会の建設マネジメント委員会活動として、何をなすべきかの参考となれば幸いである。

これらの提言に際しては、建設省、運輸省、通産省、国土庁、東京都、JR 貨物、をはじめ日経新聞社他関係者など多数の方々からのヒアリング調査により行った。また、國島正彦幹事長 (東京大学教授) の助言とご指導を受け、報告書を取りまとめた。ここに、感謝の意を表するものである。