

『環境システム研究』における水域環境研究の変遷と展望

Reviews on the Water Environment Related Researchs in "Environment Systems Research" from 1988 and 1999

城戸由能*

KIDO Yoshinobu*

ABSTRACT: Reviews on the water environment related researches in "Environmental Systems Research" from 1988 and 1999. "Environment System Research" was published from 1988. It succeeded the environmental problem symposium and was issued from number of volumes 16. Researches of "Environment System Research" in the past have come to be reviewed as an integral part of self evaluation. Especially in this paper, these researches in the research regarding the water environment be reviewed. In 1995 the special session regarding Lake Biwa was established. This session was reflecting the rising of the previous research regarding the enclosed water area. These researches are increasing once again recently, although it decreased at first after 1995. The domain of the water system where researchers used data and analysis method has not been clearly changed, although I expected that the used data and analysis method would become changed. The research with regard to water environment did not show a big change about the object and method. Therefore, water environment related researches will go being carried out in succession, while adding a new method and object. **KEYWORD:** Environment systems research, Water environment, Natural and artificial systems, Analyzed data, Methodology on analysis and estimation,

1. はじめに

『環境システム研究』『環境システム研究』は、その前身である『環境問題シンポジウム』を引き継ぎ、土木学会環境システム委員会の発足にあわせて1988年から発刊された。論文集のタイトルは『環境システム研究』と変えられたが、巻番号はシンポジウム講演集とつながっていることを明確にするためにVol.16から開始されている。今回、環境システム委員会の「自己評価小委員会」の活動の一環として、過去の『環境システム研究』をレビューして研究の体系化を図ることを目的として分析をおこなうことになった。本論文は、この主旨に基づき、12年間にわたる『環境システム研究』Vol.16(1988)～Vol.27(1999)に所蔵される全論文を対象として、特に水文・水理・水質といった水域環境を対象とした研究論文に焦点をあて、『環境システム研究』において展開されてきた研究の変遷を追跡し、『環境システム研究』が取り上げてきた水環境の特色と研究方法の多様性を再考し、今後の『環境システム研究』の方向性について提案することをめざしている。

『環境システム研究』に限らず、水環境を対象とした研究はこの十数年の間に水質汚濁現象の解明を基礎として、市民参加や自然との共生へとその範囲を変化させてきた。『環境システム研究』においても、当然物理・化学・生物学的な水質汚濁機構の解明やその水質改善策の検討を当初から進めてきたが、特に科学的現象と社会的現象を包括したシステム論的思考で捉えようとする点、および対策の社会的・制度的な実現方策に焦点をあてた研究が見られる点が、『環境システム研究』の特色のひとつであると考えることができる。また、市民による水辺環境の診断や環境改善事業への参加といった、市民参加や主体間の役割に関する研究が多いのも自明の特色である。これらの研究は水辺環境を対象としたものにとどまらず、ひろく流域全体や人間社会を含めた領域を対象とした研究に発展してきたものである。さらに、近年では、研究対象を地球規模の環境問題や生物生態系と関連づけたものや、環境の経済的評価を含めた多項目の評価軸を用いた総合的な環境評価を対象とする研究も多く見られるようになっている。以上のような、全般的な動向を捉えるために、研究対象と分析データや解析評価技法に着目して定量的・定性的な分析をおこなうこととした。

* 京都大学・防災研究所・水資源研究センター, Water Resources Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokanoshou, Uji 611-0011, Tel&Fax:0774-38-4266, E-mail:kids@urh.dpri.kyoto-u.ac.jp

2. 分析方法

2.1 対象論文の選択

論文の選択は、基本的には論文タイトルとキーワードに書かれた語句で水環境に関連する論文を取り上げた。このため、主たる分析対象が必ずしも水環境そのものではなく、生物や景観あるいは社会経済分析といった範疇のものまで広く取り上げている。抽出した論文は212件であった。

2.2 対象論文の分類

(1)分類項目

分類項目は、以下の1)から4)のカテゴリーを設定した。

1)研究対象:大きく自然環境および人工システムにわけ、それぞれをさらに細目に分類した。基本的には、水環境関連研究であるので、自然環境が対象となる場合がほとんどであるが、排水処理等を対象とした場合、当然広い意味では自然環境は研究対象になっているが研究内容のほとんどが人工システムに焦点が当てられている場合には、自然環境を対象としているとは分類していない。

○自然環境:流域全体管理・河川・湖沼・海域・地下水・自然浄化・他。さらに都市域であることが特徴的であるか、非都市域を対象とすることが特徴的なものは細分類した。

○人工システム:大きく治水・水利用・排水処理・現地直接処理の4つの中分類項目に分け、それぞれに5ないし8個程度の小分類項目を設定して分類した。本来のシステムの構成から分類したわけではなく、分析過程で項目を整理したので『環境システム研究』で取り上げられた項目で整理したことになる。

◇治水:洪水解析・制御、河道改修・近自然、ダム制御、流出制御、他

◇水利用:上水道(工業用水等含)、灌漑、親水、水運、水産業、他産業、再生利用、涵養浸透、他

◇排水処理:下水道、浄化槽、生物浄化、新技術、汚泥処理、負荷削減全般、雨天時負荷、他

◇現地直接処理:物理的处理、化学的处理、生物的处理、新技術、浸出水処理、他

2)分析対象項目:分析の主たる対象項目については、水量、水質、生物、エネルギー、他(景観等)の5つの大分類のもとに、以下のような中項目の分類を設定した。

○水量:洪水、渇水(渇水事象を含む用水確保全般)、維持用水

○水質:物理汚濁、貧酸素化、有機汚濁、富栄養化、微量化学物質、底質

○生物:生態系全般、鳥、昆虫、魚、植物、底生生物、付着生物、微生物

○エネルギー:エネルギー・アナリシス、熱回収

○他(景観等):景観、汀線管理、他

3)利用データ:研究に利用したデータの内容を、実験、現地観測・調査、統計汎用データ、文献、聞き取り、アンケートの7つの大項目に分類した。

研究に利用したデータの取得方法は、本文中に必ずしも明記されていない場合もあるが、基本的に人口・産業等に関わる統計データと公共用水域の水質データ等公表されているデータについては統計・汎用データとして分類し、研究者自らが観測したデータについては現地観測・調査としている。また、江戸期等の環境状況や水利用実態に関する記述に関しては、参考文献から引用されていることが明らかな場合は文献からデータを得たものと判定している。統計汎用データについては、近年のさまざまな研究で活用されているGISに対応したメッシュ形式のデータが利用され始めた時期を特定しようと分類を試みたが、明確にメッシュ形式のデータを扱っていると判断できたものは9件(4.2%)で、最近の2年間に5件が集中している。

4)解析・評価手法:まず、データの解析手法として大きく定性的分析と定量的分析に分け、それぞれ特徴的な分析方法の中項目を設定した。ここで定性的分析とは、歴史的な治水・利水状況や評価をまとめたり、定性的な指標を用いた評価をおこなっているものである。今回は、論文中の分析結果の記述形態から記述的分析とシナリオ分析に分類を試みたが、シナリオ分析の定義が不十分であり、特徴的な結果は得られていない。

○定性的分析:記述的分析、シナリオ分析

○定量的分析:基本的統計解析、多変量解析、シミュレーション(物理モデル、統計モデル)、地理情報システム(GIS)、意思決定支援システム(DSS)、自己診断システム、他

研究結果を求めるために用いられた評価手法について、解析手法とは別途分類をおこなった。

○比較論:計算数値の比較ではなく、国際比較や過去の歴史的史実との比較などを分類した。

○適用評価:研究対象としたシステムの適用性やモデルの妥当性について特に記述されているもの。

○影響・効果分析:対象としたシステムや何らかの事象・対策の影響や効果を評価しているものは、広くこの範

嚙に分類している。水質状況等の環境の現状評価も含めている。

○代替案評価:特に、多目的計画・多基準分析を用いているものは細分類した。

○経済分析:費用便益分析、費用効果分析、環境の経済的評価、特に CVM を用いたものは細分類した。

○リスク評価:安全性評価、リスク評価、費用あるいは便益と比較したリスク評価は細分類した。

2.3 分析方法

基本的に論文全体を概観し、本文中の用語の有無に基づいて、研究対象から解析・評価手法まで該当する項目に重複してチェックを入れた。下位の分類項目に該当するものは自動的に上位の項目に該当すると判定している。また、できるだけ各論文を複数回チェックすることとしたが、著者の主観的判断が入った分析になっていることは否めない。

3. 分析結果

3.1 全論文の分類結果

12年間の『環境システム研究』から水環境関連として取り上げた論文数は212件で、全論文数805件に対して26.3%、約1/4以上を占めた。以降の分類結果で表示される割合は分析対象とした論文数212件に対する比率であり、重複分類を含むので、必ずしも中小の分類項目の総和が100%とはなっていない。

(1)研究対象

研究対象としては、自然環境212件(82.5%)、人工システム173件(81.6%)で多くの研究が自然環境と人工システムをともに取り上げている。自然環境の中では、河川が最も多く91件(42.9%)、次いで湖沼の54件(25.5%)であり、地下水が最も少なく9件(8.5%)であった。流域全体の水環境を対象としたものは50件(23.6%)であり、多くの研究が水系全体を対象とした事象やシステムを取り扱っている。多くの事例が都市・非都市を特定しない河川湖沼であったり、流域全体を包括的に取り扱った物が多く、都市内河川および海域の沿岸域を対象として都市域であることに特別な意味をもたせていた事例は21件(10.4%)、非都市域(農村域)の事例は6件(2.8%)であった。また、特に本文中で「水循環」を対象として明記していたものは、自然循環16件(7.5%)、人工循環18件(8.5%)であった。内容的には当然循環を取り上げているものは他にもあったが、用語として使用されていた研究数は意外と少なかった。

人工システムについては、親水機能を含めた水利用が98件(46.2%)で最も多く、次いで排水処理関係の60件(28.3%)であるが、現地直接浄化を含めると92件で水利用と同等となる。治水関係がやや少ないが、人工システムは網羅的に取り上げられている。小項目の分類では、上水道52件(24.5%)が最も多く、水資源の問題を含めた上水利用に関する研究が多い。また、親水に関するものが34件(16.0%)と多いのが『環境システム研究』のひとつの特徴であり、毎年多くの研究が登場する。

(2)分析対象

分析対象は、水質(151件、71.2%)、水量(101件、47.6%)、生物(64件、30.2%)、その他(29件、13.7%)、エネルギー(9件、4.2%)の順であり、水質問題を取り上げたものが多かった。

水質のなかでは有機汚濁物質に関係したものが121件(57.1%)、次いで栄養塩類等による富栄養化現象が6件(28.3%)、濁質等の汚濁が28件(13.2%)であり、微量化学物質を対象としたものは6件と少なかった。水量については渇水現象を含む用水確保に関するものが半数を占めており、景観や生態系のための維持用水を分析対象としたものも37件(17.5%)と多い。生物については、鳥類・昆虫・植物・魚類を対象とした研究が32件(15.1%)、底生生物・付着生物・微生物といった水質環境の評価のみならず水質浄化に係るものについての研究が27件(12.7%)となっており、同様に扱われていた。その他の分析対象としては、景観に関するものが23件(10.8%)と多く、水利用の親水を対象とした研究と対応した結果となっている。

(3)利用データ

研究で利用されたデータの多くは、研究者自らが起こった観測・調査と統計データ等の汎用的データを用いた論文がそれぞれ111件、106件で50%程度であり、同時利用は39件であった。現地および室内実験は32件(15.1%)であり意外と少ないと感じられた。治水や利水の歴史的な状況等に関する分析を主とした文献データを用いた論文が40件(18.9%)で、水環境関連研究においても大きな位置を占めている。アンケートを用いた論文が32件(15.1%)で、特に住民を対象としたものが29件とほとんどを占め、専門家を対象としたものは4件であった。聞き取り調査については被験者はすべて地域住民であった。

(4)解析手法・評価手法

研究全体として、環境状況、対象システム、開発提案手法の分析結果をおこなった研究が 179 件(84.4%)と圧倒的に多く、中でも評価指標や設計手法、分析・評価手法の提案や開発といった計画論的研究が 64 件(30.2%)あり、環境システムの重要な側面を担っている。

解析手法の大項目として、定性的分析と定量的分析という枠組みを設けたが、各論文で定性的な分析のみがおこなわれていた論文は 22 件(10.4%)、定性的分析と定量的分析を組み合わせで行っている研究が 35 件(16.5%)、定量的分析のみは 152 件(71.7%)である。ほとんどの研究が定量的な解析手法に基づいた分析をおこなっているが、史実の紹介や計画手法の評価といった分野で定性的な研究が多くおこなわれている。ほとんどの論文では定量的分析として基本的なデータの集計や統計解析をおこなっており、物理モデルや統計モデルを用いたシミュレーションを実施している論文が 85 件(40.1%)にのぼる。特に、水質汚濁現象を取り扱った物理モデルを用いた論文が 67 件(31.4%)を占めており、水環境関連研究の中核を占めている。

評価手法としては、対象とした環境現象の客観的評価や取り上げた人工システムの効率評価といった影響や効果の分析をおこなっている論文が 178 件(84.0%)で、ほとんどを占めている。次いで対象とした人工システムや技術、あるいは開発したシステム・モデルの適用性の評価をおこなっている論文が 58 件(27.4%)で、水環境関連研究の 1/4 を占めている。経済的分析をおこなっている論文は 27 件(12.7%)、リスク分析をおこなっている論文は 19 件(9.0%)であった。経済的分析の中ではオーソドックスな費用便益分析(18 件)から最近急速に適用研究が進んでいる CVM を用いた論文が6件、さらにリスクとコストを組み合わせた分析をおこなっている論文が3件あり、数は少ないが先駆的な研究をおこなっていることがうかがえる。

3.2 年度毎の発表件数の推移

(1)水環境関連研究全体の推移

各巻の論文総数、水環境関連論文数と各巻論文総数に対する割合を表3-1、図3-1に示す。Vol.23 は琵琶湖関係の報文セッションが特別に設けられた年であり、全体の論文数も 100 件を越え、水環境関連の論文数が最も多い。この年の論文総数に対する水環境関連論文の割合は得に高くはないが、Vol.24・25 と水環境関連の論文数は相対的に低くなり、最近2年間はやや増加傾向にある。この傾向は、これ以降に記述される分類項目別の論文数の経年変化でも共通にみられる状況であり、全体として研究対象から評価手法までの分類の各年度での構成にそれほど大きな変化がみられていない。

研究対象の内容をみると、海域に関するものがやや減少し、地下水については Vol.22 前後で論文が発表されているがその後発表件数ゼロが続いている。上述の Vol.23 を除けば湖沼に関する論文の割合も徐々に減少しており、水環境研究の中心が河川になってきている。これは最近工法や事例と影響・効果の分析が行われている多自然型河川工法に関する論文の増加の結果である。人工システムに関しては、Vol.18 前後では排水処理に関する論文が、その後は水利用に関する論文がほとんどを占めていたが、その後は治水に関連する研究の割合も増加している。

表3-1 各巻の水環境関連論文数

年度	巻	論文総数	水環境関連論文数	各巻割合
1988	16	31	11	35.5
1989	17	31	10	32.3
1990	18	32	9	28.1
1991	19	33	9	27.3
1992	20	58	18	31.0
1993	21	61	23	37.7
1994	22	63	19	30.2
1995	23	104	34	32.7
1996	24	98	20	20.4
1997	25	97	10	10.3
1998	26	95	21	22.1
1999	27	102	28	27.5
	計	805	212	26.3

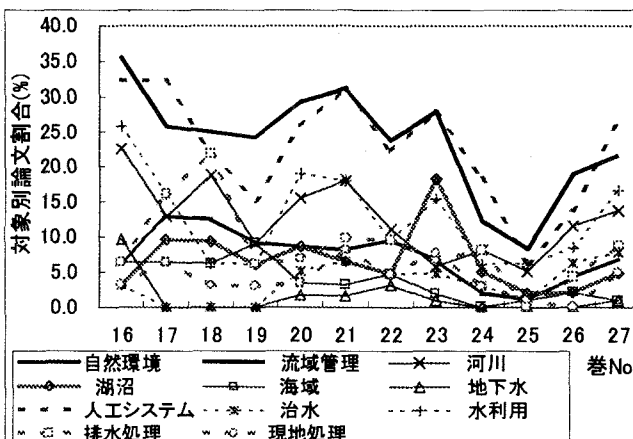


図3-1 研究対象項目別の論文数年度推移

(2)分析対象

分析対象の水量からエネルギーまでの5つの大項目の各年の論文総数に対する割合の推移を図3-2に示す。水質に関する研究がVol.23の琵琶湖関連報文セッション開催後の水環境関連論文数全体の傾向と同様に減少し、その後Vol.26-27において若干回復しているが、Vol.16～23までの期間に水質改善あるいは汚濁負荷削減を中心とした研究が主要な課題であった時代と比べて最近では、生物関連を対象とした研究が相対的には増加している。

各分析対象の細目をみると、水量については、渇水対策を含む用水に関する論文がほぼ一定の割合で推移し、洪水や維持用水に関する論文の割合が変動して水量を分析対象とする論文の全体の推移を形成している。水質についてはVol.23までの4年間で富栄養化現象を対象とした論文の割合が高まっており、報文セッションを設ける機運の高まりが感じられた。しかしVol.24以降は急激に富栄養化を対象とした論文の割合は減少している。生物については、年度によって特定の生物種に関する論文が増加することがあり、最近2年間は植物に関するものが多くを占めている。

(3)利用データ

研究に利用されているデータは研究者自らが行った観測・調査によって得られたデータと広く環境全般を捉えた汎用性の高い統計等のデータを客観的に用いた分析が主であり、両者の利用は『環境システム研究』の基本となっている。実験については、Vol.27を除くと最近では毎年1件程度と非常に少なく、水環境を対象とした研究でも実験型の研究が少なくなりつつある。これに対して歴史

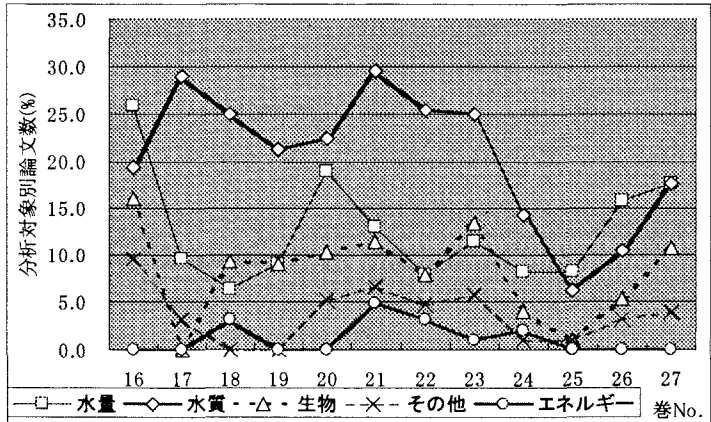


図3-2 分析対象項目別の論文数年度推移

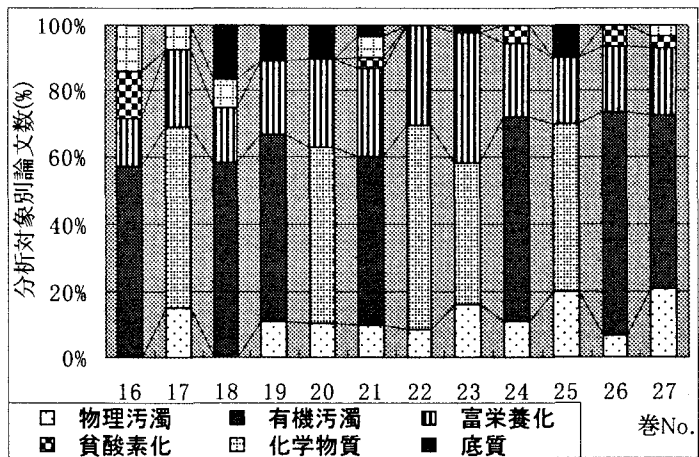


図3-3 分析対象(水質)の各巻論文構成

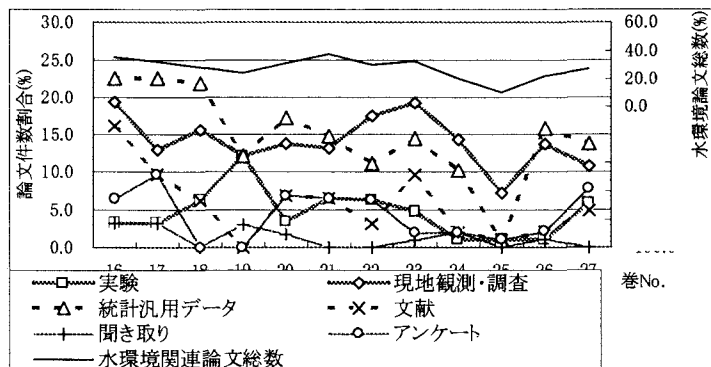


図3-4 利用データ各巻論文数割合

的な文献調査やアンケートは、当初から現在まで引き続き取り組まれている。アンケートについては、親水活動や景観を対象とした住民意識や利用実態を調べるためのものが多くおこなわれてきたが、近年では CVM を代表として環境の経済的価値付けをおこなうためのアンケート調査が多くおこなわれるようになっており、水環境関連の研究でも急増している。

(4)解析手法・評価手法

研究全般として、環境状況や対象としたシステム、および開発

提案手法の分析結果をおこなった研究が 179 件(84.4%)と圧倒的に多く、中でも評価指標や設計手法、分析・評価手法の提案や開発、代替案評価から社会的システムへの提案にいたる、計画論的研究が 64 件(30.2%)あり、『環境システム研究』における重要な側面を担っていると考えられる。

水環境関連研究では、環境状況や研究対象としたシステムの評価を基本的な統計等の解析手法を用いた研究と、物理モデルを中心としたシミュレーションによる水量・水質の予測および対策の評価を行う研究が常に8割以上を占める。シミュレーションが非常に多くなった時期もあるが、客観的なデータ分析に基づいた研究も常に研究が少なくなっているわけではない。評価手法の道具として、GIS が明確に取り上げられたのは Vol.18 からで、湖沼・河川流域の総合的水量・水質管理システムへ GIS の発注を導入したものであり、全体システムの提案にとどまっているが、最近では流域管理に適用した具体的な事例が発表されるようになってきた。また、水環境関連分野においても意思決定支援や自己診断といったコンピュータ支援型の研究も数年毎に発表されており、この傾向が今後強まっていく可能性はある。

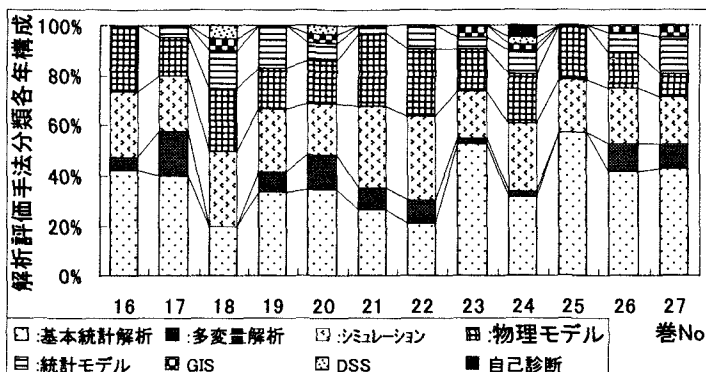


図3-5 解析評価手法の各年毎の構成

4. まとめと今後の展望

4.1 分析のまとめ

『環境システム研究』における水環境関連研究の特徴と変遷を明らかにするために、研究対象・分析対象・利用データ・解析評価手法に着目して、論文タイトル・キーワードおよび本文中の語句を抽出して集計する分析を行った。明らかになった特徴は、Vol.23 における琵琶湖を対象とした特別セッションの開催をひとつのピークとなっているが、水環境関連研究の全体的な構成は比較的变化は少なく、研究対象や分析対象、利用データ・解析手法についても大きな変化を示していない。さらに、研究対象や分析対象と利用データや適用解析・評価手法との関係性が 12 年間の間に变化したことを仮説としてクロス集計を行ったが、明確な結果を得るに至らなかった。また、循環をキーワードとする研究が増加していることも想定したが、その傾向は明らかにすることができなかった。以上のように、『環境システム研究』における水環境関連研究はある程度成熟した研究対象であり、この十数年の間に大きく变化した領域ではなく、研究の成熟度そのものが变化した領域であると位置づけるべきであろう。

4.2 水環境関連研究の今後の展望

『環境システム研究』における水環境関連研究の位置づけを確認することはできたが、今回の分析結果から、単直に『環境システム研究』における水環境関連研究が進む方向性を議論することは困難であると言わざるを得ない。対象とした事象を水・大気といったメディアで分類する発想そのものの限界かもしれないが、環境システムが、多様な目的と手法を内包しており、その分類および解釈には独自の方法論を要するように感じられた。

【参考文献】

土木学会環境システム委員会:環境システム研究、Vol.16(1988)～ Vol.27(1999)