

第1回 環境容量シンポジウム

——環境容量の概念と応用——

—Proceedings of 1st Symposium on Aquatic Carrying
Capacity and its Application—

期日 昭和63年3月16日(シンポジウム)

昭和63年6月24日(セミナー)

会場 国立公害研究所

特別研究「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」

シンポジウム・セミナー報告

海老瀬 潜一 編

Edited by Senichi EBISE

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立公害研究所

序

昭和62年度から開始した特別研究「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」は、水環境保全の研究としてこれまで行ってきた内容と若干趣を異にしている。当研究所内の経緯からみると、昭和50年から湖沼の富栄養化現象の解明や防止対策、そして自然浄化力について、霞ヶ浦を主たる研究対象とした、言わば現象の機構にスポットを当てることを基本とした研究姿勢であった。また、わが国の湖沼環境の保全からみると、従来の水質汚濁防止法に加え、昭和59年制定の湖沼水質保全特別措置法によって施策が積極的に推進されている。しかしながら湖沼の環境基準の達成率は、ほぼ40%と依然として低率である。このような背景から、これから行政施策に役立つ調査研究としては、一旦現象解明の主体をさしひかえ、環境容量という概念を通して必要な現象解明や、その資料に基づく応用成果を生み出す方向で、この研究を行うことになったものである。

この特別研究の目的や初年度の成果は、当研究所の62年度年報に記載されている。しかし実際に研究を進めるには、「環境容量」の概念そのものの勉強から始めねばならなかった。その結果、一年後の本年3月16日には第1回シンポジウムを開き、所外からの多くの専門家の教示も得て実りある成果を得ることができたが、これをまとめたのが本報告である。また幸いなことに、後日、環境容量概念の創設者である大阪大学 末石富太郎教授と北海道大学 丹保憲仁教授をお招きし、内容の高度なセミナーが開催できたので、その内容も掲載させて頂いた。協力して頂いた先生方に心から謝意を表すると共に、本書をシンポジウムの記録として御利用頂き、これからの私達の研究にも御指導頂ければ幸いである。

昭和63年12月

水質土壌環境部長 村岡浩爾

目 次

I. 第1回環境容量シンポジウム

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. 環境容量の概念・考え方 | 1 |
| 福島武彦 | 国立公害研究所 水質土壌環境部 |
| 2. 自然浄化能の定量化 | 13 |
| 宗宮 功 | 京都大学 工学部 |
| 3. 環境基準・環境指標・環境容量 | 21 |
| 原沢英夫 | 国立公害研究所 総合解析部 |
| 4. 湖沼沿岸帯における自然環境容量と景観 | 35 |
| 桜井善雄 | 信州大学 繊維学部 |
| 5. 環境容量と生態学 | 49 |
| 川那部浩哉 | 京都大学 理学部 |
| 6. 環境資源・資産・容量について | 59 |
| 北島佳房 | 筑波大学 社会工学系 |
| 7. 環境容量と環境管理 | 77 |
| 盛岡 通 | 大阪大学 工学部 |

II. 環境容量セミナー

- | | |
|--------------------|-----------|
| 1. 水環境の構造と容量 | 93 |
| 丹保憲仁 | 北海道大学 工学部 |
| 2. 環境容量と環境計画 | 107 |
| 末石富太郎 | 大阪大学 工学部 |

資 料

129

1. 第1回「環境容量シンポジウム」参加者氏名一覧
2. 環境容量セミナー参加者氏名一覧

I . 第 1 回 環 境 容 量 シ ン ポ ジ ウ ム

1. 環境容量の概念・考え方

福島武彦 (国立公害研究所水質土壌環境部)

1. "Carrying Capacity" 環境の収容力

E. P. Odum(1971)によればCarrying Capacity とは"The maximum population density of a given species that an environment can support without being degraded" と定義され、日本では環境の収容力などと訳されている。人口論におけるMalthus の指数関数型増加に対して、18世紀にVerhulstが提案した次式中のKとして定式化される場合が多い(Bishop et al. 1974)。

$$\frac{dN}{dt} = r (1 - N/K) N \quad (1)$$

ここに、Nは人口、tは時間、rは(内的自然)人口増加率であり、式(1)の解として式(2)のようなロジスティック式が得られる(t=0でN=N₀)。

$$N = K / (1 + e^{-at}), \quad a = r \ln \{ (K - N_0) / N_0 \} \quad (2)$$

すなわち、Kは人口増加に対する密度依存効果により実質的な人口増加率が負に転じる点で、系の有する最大人口となる。実際には地球上の人口は産業革命後、技術革新などに伴うKの実質的な増加、一世代長が長いことによるフィードバックの遅れから見かけ上は指数関数的な増加をしてきた。「西暦2000年の地球」(1980)によれば、世界人口は1975年41億人、2000年63.5億人、2030年100億人、2100年300億人と予測されている。これに対して全米科学アカデミー(1969)は、「厳しい管理下において、世界が多少の余裕と個人の選択を残しつつ収容できる人口」として100億人、「個人の自由と選択を犠牲にして大多数が慢性的な飢饉に近い状態を我慢して収容可能な人口」を300億人と予測している。これらの人口がE. P. Odumのいう環境を永続的に劣化させない人口であるかとの議論はともかく、世界人口が飽和に近いレベルに達していることは疑うことのできない事実である。

環境の収容力を支えるものとして資源の概念が登場する。Watt(沼田真監訳 1975)によれば、資源の内容として物質、エネルギー、時間、空間、多様性が挙げられている。物質は個体の成長、再生産の、エネルギーは基礎代謝、活動の源となる。時間が資源となる例としては技術革新に必要とされる時間、空間では土地利用、産卵場所、多様性では食物獲得の安定性が例に引かれている。資源の分類には他に分布状態、更新の可否、生物・無生物・人工のもの、生産物等で分けることもある(天野博正 1973)。また、更新の可否、可動性、システムの種類(自然、インフラ、社会)、所有形態での評価もある(Bishop et al. 1974)。このうち、更新の可否はCarrying Capacityの時間的特性とも関わって非常に重要な分類方法である。以下に3通りの例を挙げて検討しよう。

(1) Non-renewable, ストックとしての資源

$$dS/dt = -\alpha(t) \quad (3)$$

Sは資源量, $\alpha(t)$ は消費速度である。鉱物資源, 化石燃料等がこれにあたり, 新たなる生産が事実上不可能なものである。リサイクル, 代替資源の開発等が資源枯渇に対する対応策となる。

(2) Renewable-1, フローとしての資源供給の直接利用

$$\beta - \alpha_1 - \alpha_2 \approx 0 \quad (4)$$

β は資源の供給速度, α_1 は利用されないままでの, α_2 は利用を行った場合の資源の消費速度であり, 資源の貯蔵が β に比べ無視しうる場合である。 β として太陽エネルギー, α_2 としては水力, 風力発電, 農産物生産などが挙げられよう。 α_2/β 比をいかに上げるかが資源利用の方針となる。

(3) Renewable-2, Renewable-1の二次利用の一つのタイプ(資源の一部貯蔵)

漁業資源管理の問題を取り上げる(吉原 1973, Jensen 1984)。魚の現存量Bの変化に式(1)のようなロジスティック式と漁業の効果を考えると,

$$dB/dt = r(1 - B/K)B - qEB \quad (5)$$

ここに, q は漁獲効果, E は漁獲努力であり, qEB が漁獲量を表す。式(5)がゼロとなる場合が, 漁獲量と魚の自然増加量とが等しくなることを意味し, この時の漁獲量を平衡漁獲量, 持続生産量(SY)と呼ぶ。SYはBの二次関数となり, 最大値は $B=K/2$ の時に生じ, 最大平衡漁獲量, 最大持続生産量(MSY)となる。注目すべきことは, qEB を(人間に対する)資源供給速度と考えた場合, 永続的にSYを最大に利用するためには資源利用の一次産物である生産量Bを一定量に保つ必要があるということである。以上のような理論は, 漁業資源の場合よくあてはまり, 管理に最適化問題として用いられる。しかし当然のことながら, MSYはK(環境の収容力)に比例する。また, 魚の現存量が定常状態に保たれていない場合, 次年度の現存量を減らさないで漁獲しうる量を現実持続生産量(ASY)と呼ぶ。

環境の収容力の値は, 魚の場合再生産曲線(親と子との量的関係), 藻類の場合には増殖曲線などをもとに推定される。後者では主に栄養塩濃度との比例関係が報告されていて(丹保ら1982), 富栄養化が藻類のKの増加をもたらす。以上から, 環境問題におけるKの値の評価に当たっては, (a)個体群の空間スケール(交雑可能な集団の個体数), (b)時間的特性(永続的なものか過渡的なものか), (c)評価の対象(例えば藻類を対象とするのか, それを捕食する魚を対象とするのか, それとも藻類の増殖に伴う人間活動の不利益をも対象とするか), (d)資源の利用形態(上述の(1)~(3)), (e)負の資源としての環境劣化に注意しなければならない。

2. “環境容量”その概念と分類

末石ら(1972)によれば日本における「環境容量」という言葉は, 楠本正康:南部群一らを中心とするグループでの環境サイクルに関する討議の過程で, 昭和42年頃から使われ始めたとされている。ここでは, 環境容量の概念と分類を提案した四つの代表的な報告を紹介し, その意味を

考察する。

(1) 末石ら、環境文化研究所（1972）

人間と自然の間に介在して環境の質や人間の活動を保持するある種の重層構造を持った環境サイクルの容量。

I. 純自然の還元，同化能力（ゼロとするべき）

II. 緩衝装置ゾーン，還元装置ゾーン入口において受容可能な指標物質の量（健康閾値から求める総量規制とは異なる）

III. 生活圏全体での許容活動量（IIの生活圏全体での空間積分）

IV. IIIの時間的積分値の収束値

(2) Bishop et al.（1974）

Carrying capacity is the level of human activity which a region can sustain at acceptable "quality-of-life" levels in perpetuity.

* Resource Capacity (Bearing Capacity) 再生可能な資源量

* System Constraint Capacity 資源を利用するシステムの容量

* Social/Psychological Capacity 資源の社会的配分機構

(3) 江山正美（1974）



(4) 内藤正明（1987）

第1種 環境の状態量になんらかの外的規範（例えば環境基準）を設定し，この範囲で人間の活動量を適正に配分するための基礎を与える概念。規定するものとしては，汚染浄化能，環境場の広がり，生態系影響の限界（外的規範），許容排出総量があり，本質的には同等であることが示されている（3の(7), (4), (3) or (5) or (6), (2)とそれぞれに対応）。

第2種 自然または社会生態系の安定を保持するような絶対的な条件の下に，人間活動の限界を設定する根拠につながる概念。

(1)は空間場を明確にしたこと（生活圏，接続領域，純自然），環境容量の時間的変化も対象としたこと，活動量，受容可能な指標物質量という評価対象を定義したことが特徴である。資源と

しての評価は施設特性、社会的合位形成能力の観点から主に行われ、その強化策が検討されている。(2)は資源の利用方式にかなりの重点が置かれ、水、大気等はAmbient な資源と捉えられている。“In perpetuity”であることから、再生可能な資源が主たる対象となっている。(3)は自然公園を対象としたものであるが、生態的容量に関しては観念レベルに止まっているのに対し、形態的容量、人間、施設標準空間については具体的な検討を行っている。適切な自然公園の開発のための指針という色相が強い。(4)は行政的に既に利用されている総量規制(第1種)と1に述べた環境の収容力の人間版をめざしたもの(第2種)に分類するとともに、後者への接近方法を概念的にまとめたものである。(1)では評価対象の指標化方法、空間場の実際のあてはめ方法、(2)では環境劣化の資源としての評価方法、(3)では生態的容量の具体的な算定方法、(4)の第1種では環境基準の根拠、第2種では生態系の適切なモデル化などに問題点が残されている。

3. “容量”その適用例

環境容量、あるいは環境問題で“…容量”と呼ばれているものの内、具体的に適用が行われているケースを対象にその分類を行ってみると以下のようなものである。

(1) 理念としての容量

宇宙船地球号のような言葉に代表される地球の資源、環境の有限性を示す理念で、カウボーイ的世界観への反省として表現される(栗原 1974)。

(2) 許容排出量の空間(、時間)積分値

環境基準等の基準値を満足するために必要となる許容排出量のある地域(、ある時間)の積分値(内藤、第1種)。行政的には水質、大気質の総量規制として法制化されている(表1)。また、白樺湖、菅平(川上ら 1983)、Tahoe湖(Gilliland & Clark 1981)の例では排出原単位をもとに人口に換算されている。排出区域を分割した場合の発生源の配置、配分の方法の問題(内藤 1977、二階ら 1987)、水処理の程度とコストの間のトレードオフを考慮した最適化問題などが付随的に生じる(Behan et al. 1985)。

(3) 利用適性

開発行為に対する地域の適性度を示す。十和田湖では植生、傾斜(菊地 1976)、白樺湖では谷密度、傾斜、標高、植生、地質(道路率、建蔽率)(川上ら 1983)、Tahoe湖(丸田 1977)では土壌タイプ、相対的浸食ポテンシャル、洪水危険度、地質などから開発危険度として表される。エコロジカル・プランニング(地域生態計画)とは自然環境が必然的に持っている可能性と限界をもとにして、最良の適応の方法を工夫することとされるが、その手段としての環境アセスメントとは環境事前適性評価と定義される。米沢盆地の工業立地適性調査に利用された例がある(磯辺ら 1975)。

(4) 施設、装置の最大能力

ある用途のためにある施設、装置の持つ限界として表現される。菅平におけるスポーツ施設面

積（川上ら 1983），Illinois川の川遊びによる入込客数，館山における海水浴客収容力等の計算例（菊地 1976）があり，江山による施設，人間標準空間の概念と対応している。例えば，東京圏の飲料用となる水の水源面積，新鮮野菜の輸送時間，廃棄物の輸送能力（菊地 1976），ダムの堆砂による利用可能年数（堀内 1977）等もこの範疇に入ると考えられる。

(5) Carrying Capacityへの影響因子

ある環境変化の生物最大持続現存量への影響程度を調べたものである。溶存酸素量のマス生長への影響（Downey & Klontz 1981），底生動物量，種類への河川の水深，流速の影響（Harber & Brusven 1983），フロンガス増大→オゾン減少→紫外線増加→皮膚ガン発生による死亡率の増加の予測（富永 1987）等多くの例が挙げられる。

(6) 個体への蓄積ダメージ

ひとつの個体が機能を失うまでの累積的な負荷量で(5)の積分的効果。放射能防護規定にある蓄積線量（職業人の生殖腺防護のために3レム/3ヶ月という規制の他に， $(N-18) \times 5$ レム（Nは年齢）以下に蓄積線量を抑えなければならない。（ICRP 1962年改訂版）），疲労破壊における寿命の考え方がその例である。酸性雨に対する土壌の緩衝能力等もこうした概念の適用が考えられている（Paces 1985）。(2)の基準において個体への損傷程度が評価基準となった例といえる。

(7) 自然浄化能

前特研である“自然浄化機能による水質改善に関する総合研究”（昭和58年～61年度）ではアシ原，森林，河口域等での自然浄化能の定量化が試みられた。自然におけるどのような変化を自然浄化と見なすのか，変化速度は何に支配され，どのように表現するべきか等の点で課題が残されている。

4. “環境容量” その新たなる利用に向けて

(1) 再び“環境容量”とは？

Carrying Capacity とは環境に永続的に存在しうる最大の個体数であるとの定義に対し，2，3に示した環境容量はそのCarrying Capacity を減少させない人間活動量を表現していると考えられる。すなわち，人間は同一の個体数であっても，有する技術，環境への働きかけの度が異なるからである。Carrying Capacity は資源に支えられているので，環境問題を資源の観点から見ればrenewableなものでは供給に見合って定常的に存在しうる人間活動量（例えば水，食物の量→人口），non-renewableなものでは資源を使い果たす人間活動量の総量（あるいは資源現存量と消費速度から資源枯渇までの時間）が環境容量といえるだろう。前者は江山の生態的容量，内藤の第2種容量と，後者は末石らの環境容量IVと対応している。また，人間のCarrying Capacity に影響を与えなくとも，人間活動に不利益をもたらす場合もある。例えば健康項目の水質環境基準は人間，生物のCarrying Capacity の減少を防止する観点であるのに対し，生活項目のそれは

水利用の便益の向上という観点も付加されている。このため、環境資源への人間活動の影響という観点では、人間のCarrying Capacity の減少という評価以外にも多くの判定レベルがあると考えておいた方がよい。以上から環境容量とは、人間活動による環境資源の消費速度から決まる、人間、生物種のCarrying Capacity への影響、人間活動への不利益等が生じるまでの人間活動の余裕と言えよう。

(2) 地域環境計画への環境容量概念の利用方式とその問題点

環境容量の概念がいかに精緻なものであれ、実際の地域（例えば集落、流域あるいは地球全体を含む場合もありうる）の環境劣化を防止するなんらかの手だて（管理、経営の方策）を提供するものでなくては意味がないであろう。青山（1987）は環境管理の内容として(1)規制、削減、(2)保全、保存、(3)利用、創造に分類し、管理をする項目としてそれぞれ典型7公害、自然生態資源、快適環境資源を挙げ、また手法としてそれぞれ環境容量適合性の予測・評価、環境資源利用適性の評価、市民のニーズ・意向把握を対応させている。環境容量概念の利用が典型7公害に対する規制、削減といった管理案の作成に限定されることはないにしても、(1)に述べた定義から、環境資源の利用実態から生じるその劣化の指摘、解決案の提示に有効に生かされうるものでなくてはならない。

図1には環境資源の消費という観点から環境容量概念を用いての地域環境計画の策定方法の概念図を示す。これをたたき台として、基本的な考え方、問題点を検討しよう。

まず第1段階では、対象とする場の空間、時間スケールを外部領域との関係度合、歴史、対象とする問題（第2段階で(c)のような視点から資源整理を行うことと対応）での主要な現象の時間スケールで決めなくてはならない。しかし、場を限定することからいくつかの問題が生じる。まず、地域間関係としては階層のある場合（上流、下流等）と並列的な場合がある。前者では最終的なアウトプットの場から許容負荷量を決定し、順次遡って環境容量を決定して行くという考え（合田 1986）が魅力的ではあるが、その方法の実現にあたっては外洋における自然浄化能の推定のような難題が存在する。後者では一地域での制御が他地域での環境劣化をもたらす場合も生じる（ポーター他 1978）。例えば知床での原生林伐採禁止は熱帯雨林の破壊を加速化させる可能性もないとは言えない。また、閾値を超えたdead地域に人口を集中させて、残っている部分の環境容量の増大をはかるDID(dead is dead)戦略（末石 1987）等は並列地域に格差を積極的に作ろうとするものである。積極的なものであれ、消極的なものであれ、地域間の配分の問題の解決にはより上位の計画が要請される。次に、時間のスケールの決定にあたっては物理、化学、生物等の時間スケールを考慮すべきことは当然であるが、それがあまり長くなると自然の遷移との区別がつかなくなることが問題となる。

次に第2段階で、現在の環境のもつ資源量及び人間活動を定量化する。資源としては地質、植生、水質、生物種、景観等の生態的資源、環境劣化を防止するための施設、装置及び法制、教育等の社会的資産が考えられる。その整理にあたっては、(a)現存資源を網羅的に列記したもの一生

態的資源に関しては各自治体を中心に地域環境利用ガイドの形でデータベース化されているものもあるが、その中でも図1、統計をふんだんに利用した滋賀県地域環境アトラス(1985)がよい例である。(b)資源の種類で分類を行ったもの—*1内容(物質、エネルギー、空間、多様性、財、…)、*2性質(renewable, non-renewable)、*3システム(生態的資源、施設・装置、社会資産がそれに当たる)。*4機能(北島(1982)は環境サービス(環境資源の機能)を、1)自然活動及び人間活動により発生する物質の拡散・貯留・同化、2)人間に必要な原材料の供給、3)人間及び他の生命体のために、生産の場ないし生活の場の提供、4)アメニティ・サービスの提供に分類している。)、(c)ある環境問題(例えば、富栄養化、地下水汚染)への危険性の観点から関係のある資源をまとめたもの、のようなそれぞれのレベルでの定量化が考えられる。環境容量概念を用いた環境管理では(c)を中心とした整理が基本となるが、以下に示す第3段階の評価では(b)の整理が必要となる。また、保全・保存あるいは利用・創造に重きを置く環境管理にあたっては(a)、(b)での整理が重要である。言い換えれば、現状の資源を出発点とするか(保全・保存あるいは利用・創造という管理と対応)、人間活動の影響のない状態での資源(規制・削減)を出発点とするかが大きな問題である。これに対し人間活動量は基礎代謝分、生産・レクリエーションに伴う資源の消費、施設の建設、維持に伴う資源消費などを含む。各資源に対応する形で、上述の(a)~(c)それぞれのレベルで整理して行く必要がある。資源とは人間活動との関係をどのように整理した形で捉えられるかが、図1の地域環境計画を実効あるものにするかの鍵となるが、それもこれも資源をどのように整理できるかにかかっている。

第3段階は人間活動を環境資源の消費活動と見なして、その収支を推定することから、人間活動への不利益、環境資源の枯渇を予測する過程である。renewableなものでは供給と見合っているか、non-renewableなものでは枯渇の予想される時間の推定等が重要な視点となる。non-renewableな環境資源の消費は系のreversibilityと関係するので、派生的なものであれその予測を極めて注意深く行わなければならないだろう。また、系からの除去速度が遅い場合には蓄積性が問題となるが、その場合人間活動と資源の消費の間に時間遅れが生じるのでやっかいである。

第4段階において、環境資源と位置付け及びその消費の危険性のランク付けを行うとともに対策案を検討する(Kates 1978)。価値、危険性には人類の絶滅、生物種の絶滅、個人の死、環境資源利用のコンフリクト、アメニティ等のランクがあり優先順位の付け方、それぞれに見合った対策案の選択等の問題が残されている。

(3) “環境容量”の新たな利用に向けての戦略

環境容量の評価にあたって環境資源をすべて定量化し、人間活動との関係をも定量的に明らかにすることはまず不可能と考えられる。より実際的な利用にあたっては戦略、戦術が必要となる。従来から用いられている環境問題の解析の代表的手法としては、(a)個々の物質について収支を明らかにし、最終代謝物の発生速度、系中の濃度を決定している律速過程の解明を行う方法(クネーゼ他 1974, Holdgate & White 1977)、(b)一つの人間活動の環境に及ぼす影響をなるべく総

合的に捉えようとする方法（環境アセスメント）、(c)個々の物質、行為の危険性を確率的に捉え、代替案との比較検討を行う方法（リスクアセスメント）等が挙げられる。これら環境科学の常套的な手法、特に(b)、(c)は、問題の可能性→シナリオ→危険等の評価という方向（図1の上から下への方向）に解析を進める。この方法は行政的には新たなる化学物質の審査等に利用されている。これに対し、工学的な発想からすれば逆の方向の解析の方が攻撃し易い。すなわち、一つの戦略としては人間、生物のCarrying Capacity に必要となる資源を敢えて決めることから出発して、逆に資源枯渇のシナリオを描き、人間活動量を決めてしまうことである。環境基準の是非はともかくとして、総量規制はこの方向での立法化と言えよう。こうした意味でnon-renewable な資源の方がrenewable な資源より扱いが簡単かもしれない（末石らは環境容量Ⅳの決定からⅢの決定に戻る方法を提案している）。環境資源には外部効果の存在、不可分性等の特性が存在するので（北島 1982）、Carrying Capacityに必要な資源の算出は難題とも思えるが、この方向での議論は環境容量理論の活性化に不可欠なものといえよう。

二つ目の戦略としては指標化を行うことである。特に、状態変数が膨大になることから、その総合化、環境システム全体としての特性の表現、他のシステムとの相互比較等に重点を置いた指標化が望まれる。図1中には不完全なものではあるが各段階に指標を割り付けている。また、図1には記していないが、特に人間活動に及ぼす不利益が階段状となるような資源の指標が重要であると考えられる。段差部で人間活動を制限すれば、管理にあたっての説得性（コンセンサスの得やすさ）が増える。例えば、湖沼の富栄養化問題でのアオコ、淡水赤潮、カビ臭発生指標等が求めればこれに当たると考えられる。こうした指標は一つ目の戦略の人間、生物の Carrying Capacityに必要となる資源の代用として利用できる可能性がある。

最後に、環境容量特研においては数回にわたり環境容量の考え方に関する勉強会を開き議論を重ねたが、統一的な結論は得られていない。このため、以上の文章は独断と偏見により書かれたものであることをお断りしておく。皆様方の厳しき御批判を乞うものである。

参考文献

- 天野博正（1973）人間環境システムの設計方法と戦略。電力新報社、345pp.
- 青山真一（1987）環境管理の客体としての環境と環境資源論。環境管理シンポジウム、環境庁、99-101.
- Behan, J. J. (1985) A net benefit model for recreation planning at drinking water reservoirs. *Water Resour. Bull.*, 21, 297-309.
- Bishop, A. B. et al. (1974) *Carrying capacity in regional environmental management*. EPA-600/5-74-021, 170pp.
- Downey, P. C. & Klontz G. W. (1981) *Aquaculture techniques : Oxygen requirement for trout quality*. NTIS, PB81-238560, 42pp.

- 江山正美 (1974) 自然公園における収容力に関する研究 (I). 自然保護, 10-15.
- Gilliland, M. W. & Clark, B. D. (1981) The Lake Tahoe basin: A systems analysis of its characteristics and human carrying capacity. Environ. Management, 5, 397-407.
- 合田 健 (1986) 水環境問題の今後. 第1回環境工学連合講演会講演論文集, 41-49.
- Haber, D. F. & Brusven, M. A. (1983) Use of invertebrate indicators for ecological resiliency evaluation of a flow regulated river. NTIS, PB83-178087. 84pp.
- Holdgate, M. W. & White, G. F. (1977) Environmental issues. SCOPE Report 10, John Wiley & Sons, 224pp.
- 堀内清司 (1977) 湖沼. 土木工学体系 19, 彰国社, 121-187.
- 磯部行久 (1975) エコロジカルプランニング. 建築文化, 30 (No.344), 49-137.
- Jensen, A. L. (1984) Assessing environmental impact on mass balance, carrying capacity and growth of exploited populations. Environ. Poll. (Series A), 36, 133-145.
- Kates, R. W. (1978) Risk assessment of environmental hazard. SCOPE8, John Wiley & Sons, 112pp.
- 川上浩也 (1983) 自然環境容量の数量的評価方法に関する研究. 日本生命財団研究助成金報告, 87pp.
- 菊池誠編 (1976) 適正規模論. 日本放送協会, 41pp.
- 北畠能房 (1982) 環境資源論と経済学. 季刊環境研究, 37, 99-101
- クネーゼ他 (1974) 環境容量の経済理論. 所書店, 23pp.
- 栗原康 (1974) 生態系とクローズトシステム. 公害と対策, 10-1, 4-8.
- 丸田頼一 (1977) タホ盆地の自然立地的土地利用計画と環境容量. 環境情報科学, 6-4, 64-69.
- 内藤正明 (1977) 環境容量に関するシステムの分析. 環境情報科学, 6-4, 48-50.
- 内藤正明 (1987) 環境容量論. 環境情報科学, 16-3, 49-54.
- 二階健・中村雅胤 (1987) 紀ノ川における水質環境容量解析調査. 用水と廃水, 29-6, 15-22.
- 沼田真監訳 (1975) ワット 環境科学 理論と実際. 東海大学出版会, 305pp.
- Odum, E. P. (1971) Fundamentals of Ecology (3rd Edition). Saunders, 574pp.
- Paces, T. (1985) Sources of acidification in Central Europe estimated from elemental budgets in small basins. Nature, 315-2, 31-36.
- K. S. ポーター編著 (1978) 環境保全と窒素・リン・農林統計協会, 369pp.
- Shelby, B. & Colvin, R. (1981) Carrying capacity for the Illinois river. NTIS, PB82-243510, 56pp.
- 滋賀県琵琶湖研究所 (1985) 滋賀県地域環境アトラス.
- 末石富太郎他 (1972) 環境容量計量化調査研究報告書. 環境文化研究所, 162pp.
- 末石富太郎 (1978) 土地利用と水利用機能の多元化からみた都市環境容量. 環境科学シンポジウ

ム1987, 242-243.

田中努監訳(1980)西暦2000年の地球. 日本生産性本部, 194pp.

丹保憲仁他(1982)藻類増殖関数の研究. 水道協会雑誌, 570, 7-15.

富永健(1987)大気中におけるハロカーボンの分布と挙動. 第2回環境工学連合講演会講演論文集, 45-51.

吉原友吉(1973)資源解析の基礎理論. 水産資源論, 東京大学出版会, 7-31.

全米科学アカデミー(1969)資源と人間.

表 1 日本における水質等の環境に対する法制度の歴史

	国による水に関する規制	そ の 他
1958	水質保全部法, 工場排水法	
1968, 1969		大気汚染防止法(SO ₂ のK値規制) SO ₂ の環境基準, 騒音規制法 水俣病, イタイイタイ病原因認定
1970	水質環境基準 水質汚濁防止法	EPA 公害罪法, 海洋汚染防止法, 農用地汚染防止法, 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
1971		環境庁
1972		悪臭防止法
1973	瀬戸内海環境保全臨時措置法	自然環境保全部 NO _x , 光化学オキシダントの環境 基準 石油危機 大阪府 Big-plan
1974	Hgの環境基準と排水規制	国立公害研究所 四日市港域COD総量規制 仙台湾地域公害防止計画 SO ₂ の総量規制
1975	PCBの環境基準と排水規制	
1976		三重県SO ₂ の総量規制
1978	瀬戸内海環境保全基本計画 総量規制方式の導入による水質汚濁防 止法改正	
1979	東京湾等総量規制計画 瀬戸内海リン削減計画	琵琶湖富栄養化防止条例
1981	瀬戸内海環境保全のための県別計画	アセスメント法案閣議提出 NO _x 総量規制
1982	湖沼, 貯水池でのリン, 窒素基準	
1984	湖沼水質保全特別措置法	
1985	湖沼に係る窒素, リンの排水規制	
1987		霞ヶ浦, 印旛沼, 手賀沼, 琵琶湖, 児島湖の湖沼水質保全計画
1988		釜房ダム, 諏訪湖の湖沼水質保全計 画

〔自然－人間系のスケールの決定〕

*外界、他の要素との関係度合 → 空間スケール

*歴史、対象とする現象 → 時間スケール

指標（空間スケール、時間スケール、外部環境との密接度、変遷度、…）



〔資源の評価〕

*生態的資源目録

（地質、地形、植生、水質、景観、…）

*環境劣化を防止する施設・装置

（廃棄物処理場、下水道、…）

*社会的資産

（法制、税制、教育、コンセンサス）

（現存資源の網羅的列記、資源の種類での分類、ある環境問題への危険性といった各レベルでの整理がある）

指標（自然度、多様度、施設の効率・余裕度、コンセンサス発達度、…）

〔人間活動量の定量化〕

*基礎代謝量（食物、排泄物、…）

*生産・環境とのふれあいにより消費される資源量（農業、工業、レクリエーション）

*施設・装置等の建設、維持に必要な資源量

*社会的資産を得るのに必要な労力

指標（負荷発生度、代謝完結度、生産力、施設の経済性、…）



〔環境容量としての評価〕

*人間活動量を負の資源、あるいは資源消費速度と定量化

*renewable 供給と見合っているか？、non-renewable—枯渇する時間？

指標（利用率、充足度、再生度、頑健度、安全度、切迫度、時間遅れ…）



〔総合判断〕

*環境資源の価値の評価及び危険性のランクづけと対策案の検討

指標（環境容量の残量、将来への負担度、住民の自治性、管理のし易さ…）

図 1 地域環境計画への環境容量概念の利用