



土木研究所資料

第1029号

水配分モデル作成のための要因分析に関する調査

昭和50年3月

建設省土木研究所
企画部システム課

ま え が き

近年における社会経済規模の拡大と、生産様式や生活様式の変化は、産業用水や生活用水に対する着しい需要の増大を招くとともに、水域の汚染、流域生態系の変化および地盤沈下をはじめとする水災害の危険性の増大等をももたらしつつある。これに対応して水資源の開発管理につき、総合的かつ広域的な観点からの検討を進め、その体制を早急に確立、整備することが強く要請されている。

なかでも、水資源の利用形態を再点検し、水資源の合理的な配分について検討を加えようとする課題は新たな水資源を生み出そうとする努力とともに、きわめて今日的な問題となろう。

そこで本調査は、「貯水池・用水路等の各種水資源施設の概要が提示され、供給可能な水量が設定された場合に、それを生活用水・工業用水・農業用水・維持浄化用水、その他の用途にどのように配分するのが経済上・社会上・生態上、その他の観点から最も合理的なのか」を解明する目的で開始されたものである。もとより、水資源の配分は社会・経済・生態等のいずれの観点からの評価に重点を置くのかといった価値観を抜きにしては決定し得ないものではあるが、ここではひとまず、価値観の問題を検討の枠外に置き、与件として与えられるものとして調査を進めることとした。本年度は本調査の初年度として、主として文献に基づく分析を行なったが、その内容を目次に沿って示すと以下のようになる。

第1章は、水資源の最適配分に関し、国内および諸外国において既に開発されているモデルを9つ選定し、水資源配分の評価モデル、現象モデル、最適化手法のそれぞれの観点から分析し、各モデルの有効性と限界を把握した。

第2章は、水資源配分を検討する際、どのような要因を取り上げるべきか、また各要因相互間にはどのような関連性があるのかを主として文献に基づいて解明し、水資源配分モデルを作成するための準備とした。

第3章では、水資源配分モデルを作成する際の構成、手法等につき考察を行なった。

以上の成果は近畿地方建設局から依頼を受けた「水配分モデル作成のための要因分析に関する調査」に対する第一次報告であり、資料の整理は(株)長大橋設計センターに委託した。

昭和50年3月

土木研究所企画部システム課長

岩 松 幸 雄

(研究担当者) 三好 逸二・関 正和

目 次

第1章 水資源配分に関する既存モデル	1
§ 1. ユタ州における水資源の最適配分	4
§ 2. 水需要, 土地利用および農業政策の全国的・地域的モデル	13
§ 3. 河口の生態に影響する水配分決定の最適化	22
§ 4. 地域水資源管理のための多種用途への動的な計画手法	26
§ 5. 択一的用途に対する水の割当て	31
§ 6. 用途別給水計画の研究	34
§ 7. 水量不足流域における水資源の最適な利用	37
§ 8. 水利用者および水消費者間の最適な水資源配分法	41
§ 9. 水利問題の経済論的接近	44
§ 10 参考文献	47
第2章 水資源配分に関連する要因の分析	48
§ 1 河 道	53
§ 2 農 業	61
§ 3. 上 水 道	69
§ 4 家 庭	78
§ 5 I 業	84
§ 6 業 務	94
§ 7 下 水 道	100
§ 8 流域生態系	105
§ 9 文 献 録	111
第3章 水資源配分のモデル構成に関する予備的考察	122
§ 1 水資源配分モデルに課せられた課題	122
§ 2. 水資源配分に関する評価基準	123
§ 3. 水資源配分モデルの構成と展開	124

第1章 水資源配分に関する既存モデル

水需給が逼迫して来た今日、可能な供給水量を各部門の需要を調査してより合理的に割り当てる方法を確立することが重要になって来ている。即ち、今後は可能供給量を前提に水供給計画を立て、限られた水量を各部門に合理的に配分しなければならない。

本章では、上記の機能を有するモデル作りの準備として、水資源の最適配分に関する既存のモデルを紹介する。そのために、主として1967~1973年の論文を調査したが、調査によれば、現在水理または水文の関連分野においては、貯水池の管理や洪水制御等に関するものが多く、水資源の最適配分問題も取扱ったものは極めて少ないように思われる。

そのような中で、関連参考文献として§1~§9の9論文を選定した。(そのうち、§9は経済論的考察であり、水資源配分問題を経済的側面から眺めた)表1-1に主として各論文の特徴を述べ、表1-2では§5および§9を除く各論文のモデルの手法や構成要素をまとめた。

選定された論文は比較的農業分野におけるものが多く、最適性の基準は必要総経費の最小化あるいは水使用による利益の最大化によって与えられている。数理計画モデルには線形計画法を中心に動的計画法やネットワークフローが用いられている。しかしながら、実行例をもったモデルとしては必要総経費の最小化を行なうものが特に目立ち、水利用に関するあいまいな利益等水の経済的価値、また社会的・制度的諸因子の考慮、さらにはそれらによる水需給の弾力性等がモデルに十分反映されているものが少なく、今後これら選定モデルを参考にさらに改善されたモデルが要求される。

なお、§10には本章にて紹介された論文の詳細やその他の関連参考文献を提示した。

表 1.1 選定モデル一覧表 (その1)

	論文名	国名	年度	特徴および問題点
§.1	ユタ州における水資源の最適配分	米 国	1973	- ユタ州内のコロラド河流域の広域モデルであり、全土を10の水文流域単位に分割した。また、多岐にわたる水源を利用している。 - 配水に要する費用の構造も解明した。 - パラメトリック・アナリシスも行ない各種パラメータが結果に及ぼす影響を調査した。 - 水利用による利益および水不足による経済的損失を解明する必要がある。また、需要の弾力性を考慮する必要がある。
§.2	水需要、土地利用および農業政策の全国的・地域的モデル	米 国	1973	- 米国の2000年における農耕に関連した問題の予測で、牧畜類を含むあらゆる農産物が網羅されている。 - 米国を223ヶ所の農業生産地、51ヶ所の給水地域と27ヶ所の商業地域に分類した。 - 実変数5426個、方程式3220個 - パラメータの異なる7個のモデルについて計算を行なった。
§.3	河口の生態に影響する水配分決定の最適化	米 国	1971	- LP問題を最小コスト循環ネットワーク問題に置換した。 - 河口の単位流れ当りの利益をパラメータとして扱い、河口への配分水量を合理化する。 - 線形の制限を緩和することが可能である。
§.4	地域水資源管理のための多種用途への動的な計画手法	米 国	1972	カリフォルニアと西部地域間の水配分であり、両地域間の水輸送を考える場合と考えない場合について計算を行なった。
§.5	択一的用途に対する水の割当て	米 国	1971	- あらゆる生産物に対して生産関数も定義した。(農業生産物についての事例をもつ) - 競合関係にある用途や消費者へ水を割当てるための経済的基準として限界生産価値 MVP を数値化して用いた。 - 水の各用途に対する経済的価値を知る必要がある。
§.6	用途別給水計画の研究	日 本	1971	- 万国博会場での検討事例で水質に応じた用途別給水計画。 - 二元給水システムの有利性を導くところに目的がある。 - 浄・配水系統の動的管理の具体的な手法が、用途別給水の実行に先立って要求される。
§.7	水量不足流域における水資源の最適な利用	ソ 連	1967	- 灌漑地からの生産物の生産価値が最大になるよう、水量を各農作物に配分するアルゴリズムを開発した。 - 水量と収穫高とが線形関係にあることの妥当性を示した。 - 基本的情報の信頼性の向上の必要性がある。
§.8	水利用者および水消費者間の最適な水資源配分法	ソ 連	1969	各水利用者が水を利用した場合と失った場合の効果を比較することにより最適配分を行なう。
§.9	水利問題の経済論的接近	日 本	1971	- 水配分最適化の経済論的考察。 - 水経済の効率に対し機会費用の概念を導入した。 - 水が自由財から経済財としての性格を帯びてきており、公共財も私的財と見なすことが可能である。

表1.2 選定モデル一覧表(その2)

	論文名	モデル入力	モデル出力	最適化手法	最適性基準
§.1	ユタ州における水資源の最適配分	・費用(水の転用費、配水施設費、送水費、浄水費等) ・流域内水量(表流水、地下水、回収水等) ・流域内需要量(都市用水、工業用水等) ・地下水涵養量 ・法的政策、行政的・社会的条件およびその他	・配適配分システム(各流域単位に対する表流水、地下水等の配分水量) ・各流域単位に対する配水費用 ・貯留要求量 ・水資源の計算価格(Shadow Price)	線形計画法	需要を満たすために要した水資源配分の年間総費用の最小化。
§.2	水需要、土地利用および農業政策の全国的・地域的モデル	・各地域内の水量および水の費用 ・各種農作物に対する必要水量 ・各種農産物を作るための費用 ・各地域の農作物、家畜に対する需要 ・その他輸送費等	・各地域での農産物と牧畜商品の総生産費用および地域間の総輸送費 ・地域毎の各種農産物の生産されるべき量 ・各地域内部で使われるべき水量 ・地域間輸送されるべき商品の量	線形計画法	生産地域、処理地域および消費地域間における種々の農作物と牧畜商品の生産費用並びに輸送費用の最小化。
§.3	河口の生態に影響する水配分決定の最適化	・流域内への外部からの流入水量および自然発生水量 ・各需要者の単位使用水量当り利益および水の費用 ・その他河口に対する単位水量当り利益等	・各需要者に配分される水量 ・河口に配分される流量 ・流域全体の水使用による利益	ネットワーク	水利用により生ずる利益の最大化。
§.4	地域水資源管理のための多種用途への動的な計画手法	・各地域の利用可能な水量 ・水利用による生産物に関するもの(生産額、需要等) ・その他労働力、ストック等	・水資源の開発量 ・各種用途毎の水配分量 ・各地域における総生産額	動的計画法	全計画期間、全地域における総生産額の最大化。
§.6	用途別給水計画の研究	・用水単価(配管費、ポンプ費、電力費) ・水量収支 ・(人工湖の)水質維持	・各ルートの配水量 ・1日当り全給水費用	線形計画法	1日当りの全給水費用の最小化。
§.7	水量不足流域における水資源の最適な利用	・灌漑面積および単位面積当り必要水量 ・十分な水量のもとでの単位面積当り収穫高 ・灌漑のない場合の収穫高	・各種類別農作物への配分水量 ・最終農業生産物の生産価値	線形計画法	農業生産物の生産価値の最大化。
§.8	水利用者および水消費者間の最適な水資源配分法	・他の水資源配分法を選択するのに必要な費用 ・水利用に要する設備費用 ・水不足による支出費用と損失費用	・各水利用者および全体が水不足によって負うべき支出と損失	動的計画法	水不足による水利用者の支出と損失の最小化。

Optimal Allocation of Water Resources in Utah

Calvin G. Clyde, F. ASCE and Alton B. King, A.M. ASCE

"Journal of the Hydraulics Division", HY10, October, 1973

1. 概要

ユタ州において、一定の水需要を満たすために必要な給水費用を最小化するため、水供給における最適配分を決定する方法が開発された。本研究では州内を10の水文流域と仮定し、種々の水需要パターンおよび水需要レベル等が線形計画モデルにより定式化された。この広域モデルには事実上、あらゆる水の利用、地域、水資源、水の転用および水に関する費用が考慮に入れられている。モデルは204の制約条件式と338個の変数を持ち、シンプレックス法によって解かれた。

本研究では以下のような結果が求められた。①供給に要した総費用を最小化するような表流水、地下水、水の転用の最適配分、②水資源の計算価格（帰属価値 = Shadow Price）、③ Sensitivity analysis 並びに Parametric analysis による解析調査、④操作ルール・法的政策・行政的・制度的制約のような要因が解析に及ぼす影響である。

本研究の目的は実現され、類似した他の地域に対する研究にも適用することが可能である。

2. 水資源最適配分モデル

(1) 流域の構成および水資源

a. 水文流域単位：流域を10の単位に分割した。(FIG. 1 参照)

Hydrologic Study Unit	Area Explanation
0 (水文単位に含めない)	Columbia River
1	Great Salt Lake Desert
2	Bear River
3	Weber River
4	Jordan River
5	Sevier River
6	Cedar-Beaver
7	Uintah Basin
8	West Colorado
9	South and East Colorado
10	Lower Colorado

b. 有力な水資源：ユタ州の将来の水需要を十分に満たすであろう4つの基本的水資源を考えた。

(TABLE 1, 2 参照)

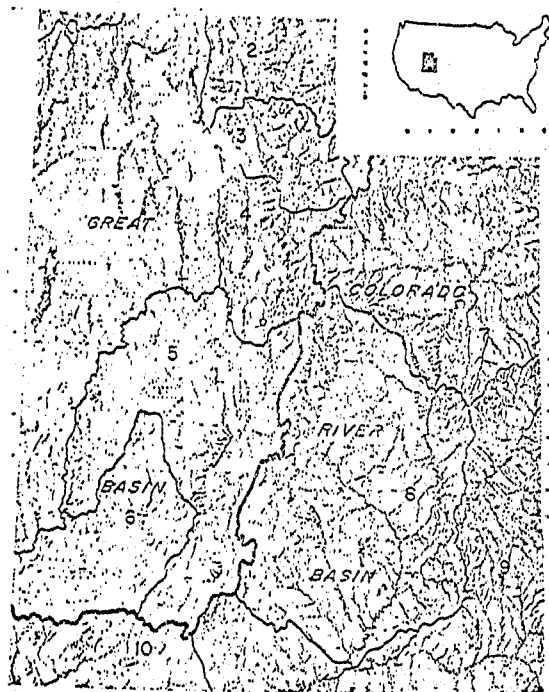


FIG. 1.—Hydrologic Study Units of Utah

TABLE 1.—Available Water Resources in Utah

Hydrologic study unit (1)	Basin Yield		
	Ground water, in acre-feet per year (2)	Local surface water, in acre-feet per year (3)	Local surface water, plus ground water, in acre-feet per year (4)
1	187,000	613,000	800,000
2	138,000	917,000	1,055,000
3	65,000	660,000	725,000
4	394,000	560,000	954,000
5	356,000	417,000	773,000
6	130,000	80,000	210,000
7	40,000	1,319,000	1,359,000*
8	—	650,000	650,000*
9	—	430,000	430,000*
10	10,000	250,000	260,000*
Total	1,320,000	5,896,000	7,216,000

*Much of this water considered as available for transfer.

Source: Utah Division of Water Resources, 1970, and the U.S. Geological Survey.

Note: 1 acre-ft = 1,233 m³.

TABLE 2.—Limits on Annual Artificial Recharge of Ground-Water Basins

Hydrologic study unit (1)	Maximum mean annual artificial ground-water recharge, in acre-feet per year (2)
1	0
2	60,000
3	366,000
4 (low cost)	434,000
4 (high cost)	100,000
5 (low cost)	52,000
5 (high cost)	52,000
6	65,000
7	0
8	0
9	0
10	0

Note: 1 acre-ft = 1,233 m³.

- ① Bear River も含む Wasatch Front に沿う流域
- ② Virgin River および Lower Colorado River に流出する小河川
- ③ 州内の地下水
- ④ 州に属する Upper Colorado River

C. 貯留要求量：季節的変動を無くすため、また渇水時に備えての長期的な調整を含む貯水池における貯留要求量が10の水文流域について算定された。流量は平均年流量の%で示され、それぞれ50%, 65%, 80%, 95%および110%について計算された。FIG. 2 は上記の各流量値を上回る確率が75%としての必要貯留量を平均年流量で無次元表示したものであり、FIG. 3 は同じく95%のときのものである。(いずれも図中の HSU は水文流域単位を示す)

(2) 目的関数

目的関数は需要を満たすために要した水資源配分の年間総費用を最小にすることである。費用として考慮した項目は、①水の転用費(コロラド川の水および地方の表流水)、②新設および現存配水システムの施設費、③送水費、④浄水および再生処理費、⑤貯水費、⑥地下水の涵養費である。

但し、著者は水配分の有効度を測るのに費用最小化が最善の方策とは考えておらず、水配分の基礎としては利益の最大化がそれにとって代わるべきであると考ええる。

また、現在の研究では水需要が既知のものとして取扱われているが、今後は需要の弾力性も考慮すべきである。即ち、需要は価格政策、商業状態、公的処置等の影響を受けるものである。

なお、モデルの中には水不足による損失等の経済的影響は考慮されていない。

(3) 制約条件

制約条件として考えられた項目は以下の通りである。

- ① 各水文流域内で配分のために有効に使える水量
- ② 各水文流域内の需要量
- ③ 春に流出する表流水のうち、後で使われる水量あるいは干ばつ時に有効に使用するための水量。(貯留量) この中には蒸発量や貯水池からの損失分も計算に入れられる。
- ④ 農業からの回収水あるいは排水の再生利用水量
- ⑤ 地下水量
- ⑥ 制限事項として
 - (a) 地下水涵養量
 - (b) 流域内転用
 - (c) 表流水と地下水の流出

(4) 変数

変数は大きく分けて次の8つに分類される。(FIG. 4 参照)

- ① コロラド川から他流域へと転用される水量を示すもので、これはさらに3つに分類できる。
 - (a) Bonneville Unit (BU) 経由のもの。
 - (b) Ute Indian Unit (UI) 経由のもの。

この2つは Bureau of Reclamation の Central Utah Project による提案で目下建設中で

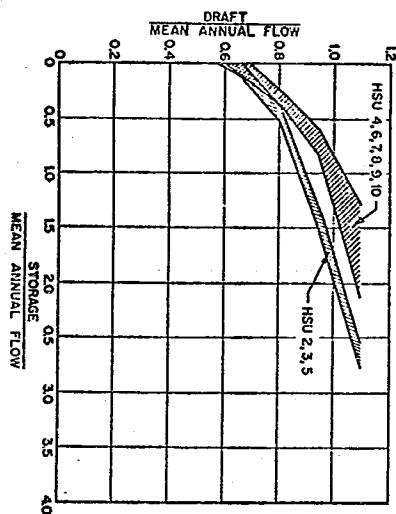


FIG. 2.—Reservoir Storage Requirement at Probability of 75%

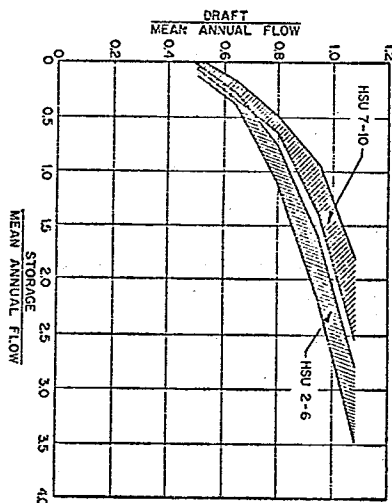


FIG. 3.—Reservoir Storage Requirement at Probability of 95%

Model Variable	Colm. River Water Transfer	Local Surface Water	Ground-water	Stored SW	Evaporation Loss	Return Flow	Ground-water Recharge	Outflow
Constraint	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit
Cost	Objective Function							
Local Surface Water		Water Availabilities within the Hydrologic Study Units						
Groundwater								
Municipal & Industrial		Water Requirements within the Hydrologic Study Units						
Agriculture								
Wetlands								
Draft Requirement		Reservoir Storage and Evaporation						
Storage Requirement								
Evaporation Loss								
M & I Waste Water		Return Flow						
Agriculture								
Base OF for Wetlands		Free Groundwater for Wetlands						
OF Exchange Limits								
Transfer Limits		Other Limitations						
Outflow Limits								

FIG. 4.—Generalized Matrix of Least-Cost Linear Programming Allocation Model

ある。

(c) 他の小さなものとして水文単位8から水文単位4あるいは5に転用されるもの。

② 10の水文単位で使用される地方の表流水を示すもの。

③ 水文単位8および9を除く8つの水文単位で使われる地下水を示すもの。

④ 貯留に使われる地方の表流水を扱ったもの。

⑤ 貯水池からの蒸発損失量を扱ったもの。

⑥ 各水文単位内での回収水を示すもの。

⑦ 地下水の涵養に使われる水量を示すもの。

⑧ 各水文単位から流出する水量を示すもの。

以上の8種類の変数の総計は338個である。また、目的関数を除く制約条件式は204である。

(5) 配分パターン

配分パターンは次の項目に従属している。

① 水需要

② 需要を越える過剰な有効水量

③ 地理的制約

④ 現存の水配分システム (FIG. 5 参照)

1) 需要について

農業からの回収水は下流流域において有効水量となる。同じく、排水も処理後は有効水量と考えられる。湿潤地における水量は蒸発などにより失われるが、人や環境のために必要な湿潤地に対しては配分が行なわれる。

2) 有効水源について

有効な水源の水量は TABLE 3 に示す通りである。

3) 過剰な水量の転用について

地理的な理由から一つの水文単位より他の水文単位への水の転用が可能である。

--- なお、FIG. 5 の現存の水配分システムにおいて各水文単位を構成する5つの項目は LSW = 地方の表流水, GW = 地下水, MI = 都市用水および工業用水の需要, WL = 湿潤地および AG = 農業である。その他の記号については記号説明参照。

(6) 計算結果

計算結果は次のような3つに分類できる。

1) 線形計画法に対する有効な最適解。この中に含まれる項目としては、目的関数の最適解、最適配分システム (FIG. 6 参照)、各種水資源の計算価格 (帰属価値 = Shadow Price) である。

2) 費用係数に対する Sensitivity Analysis および 1965 年から 2020 年の間のものを対象とした種々のパラメータを変えることにより最適解の変化を求める Parametric Analysis である。(TABLE 4 および FIG. 7, 8 参照)

3) 次のような種々の細目

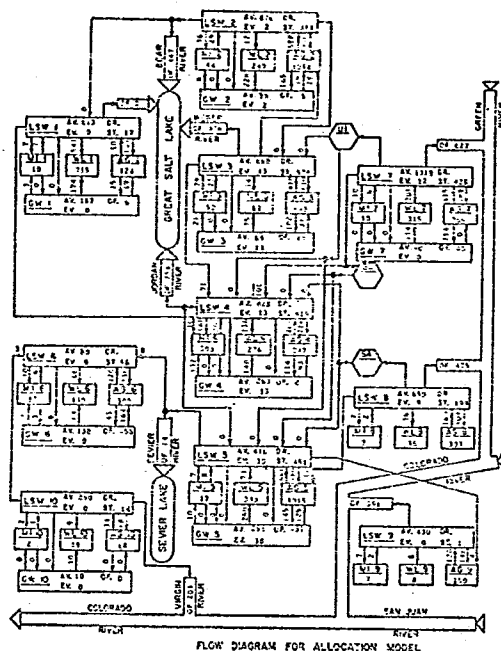


FIG. 5.—Present Allocation of Water in Utah (1965) (1 acre-ft = 1,233 m³)

TABLE 3.—Net Water Availability

Hydrologic study unit (1)	In-Basin Water Availability, in acre-ft per yr		
	Surface water (2)	Ground water (3)	Total (4)
1	613,000	187,000	800,000
2	941,000	104,000	1,045,000
3	789,000	95,000	884,000
4	514,000	272,000	786,000
5	453,000	255,000	708,000
6	80,000	130,000	210,000
7	1,352,000	40,000	1,392,000
8	650,000	0	650,000
9	430,000	0	430,000
10	250,000	10,000	260,000
Total	6,072,000	1,093,000	7,165,000

Note: 1 acre-ft = 1,233 m³.

- ① 灌漑効率を変えることによる効果
- ② 地下水に対する施策を変えることによる効果
- ③ 流域内転用に対する制限の効果
- ④ 貯留量の確率的変動の効果
- ⑤ Great Salt Lake の維持レベルに対する施策を変えることによる効果 (FIG. 9 参照)
- ⑥ その他

3. 結 論

本研究にて発展せられた方法は開発分野の費用についてよりもむしろ、費用の構造についてであり、目的関数を表わす場合に必要な費用係数や制約条件式を設定するのに必要な各種費用等に関する給水費用の正確な算定に多くの努力が払われた。

この研究の目的は、ある特定の計画と実行するというものではなく、水資源配分計画についての方法論を開拓するものであった。また、その目的は大きく分けて次の3つに大別でき、それらはいずれも実現された。

- (1) 適当な制約をもった数理計画モデルをユタ州の水の最小費用配分について定式化することである。
- (2) 最適水配分を決定するため、線形計画モデルが適当な仮定をもって解かれたことである。
- (3) 種々の操作ルール、法的政策、および行政的・社会的制約が水配分モデルに如何に影響するかを表わすことである。(例えば、前記 2-(6)の計算結果の中の3)に記した種々の細目などである)

——なお、本研究の詳細については §.10 参考文献 4 を参照。

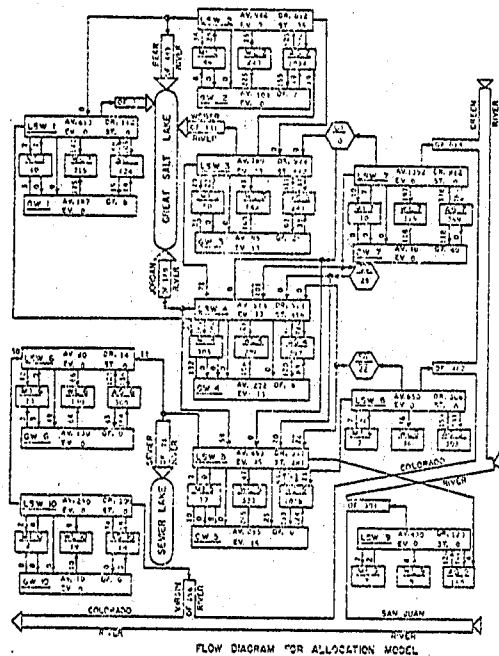


FIG. 6.—Flow Diagram for Basic Model (1965) (1 acre-ft = 1,233 m³)

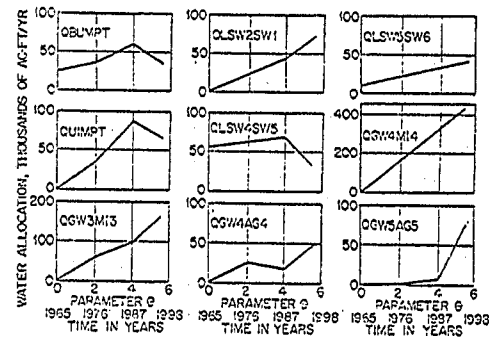


FIG. 7.—Allocations for Basic Model as Function of Time (1 acre-ft = 1,233 m³)

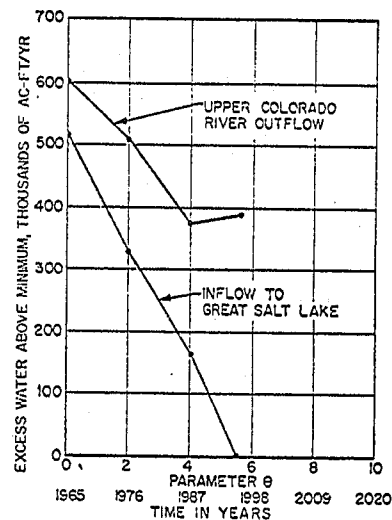


FIG. 8.—Excess Water for Basic Model as Function of Time (1 acre-ft = 1,233 m³)

TABLE 4.—Projected Changes in Water Demand from 1965 to 2020

Hydrologic study unit (1)	Change in Water Demand, in acre-feet per year		
	Agriculture (2)	Municipal and Industrial (3)	Wetlands (4)
1	95,000	4,000	3,000
2	160,000	95,000	79,000
3	-20,000	180,000	6,000
4	1,000	245,000	67,000
5	84,000	8,000	-17,000
6	41,000	6,000	10,000
7	134,000	65,000	-17,000
8	-11,000	24,000	-13,000
9	0	86,000	-1,000
10	28,000	7,000	-10,000
Total	512,000	720,000	107,000

Note: Source: Utah Division of Water Resources. 1 acre-ft = 1,233 m³.

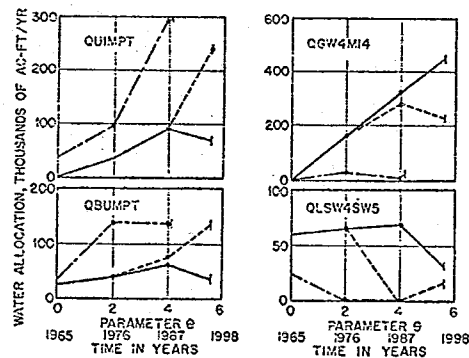


FIG. 9.—Allocations as Affected by Time and Inflow to Great Salt Lake (1 acre-ft = 1,233 m³)

APPENDIX II.—NOTATION

The following symbols are used in this paper:

- AG = agricultural water demand;
- AV = amount of water available for allocation;
- BU = Bonneville Unit of Central Utah Project;
- DR = required draft on stored water in surface reservoirs;
- EV = net evaporation loss from surface storage;
- GW = ground water;
- LSW = local surface water;
- MI = municipal and industrial water demand;
- OF = outflow from study area;
- QBUMPT = amount of water imported by Bonneville unit;
- QGWXAGY = amount of ground water from study unit X used for agriculture in study unit Y;
- QGWXMIY = amount of ground water from study unit X used for municipal and industrial in study unit Y;
- QLSWXSWY = amount of water from study unit X imported to study unit Y;
- QUIMPT = amount of water imported by Ute Indian Unit;
- SA = Sevier area (potential interbasin transfer);
- ST = amount of surface water storage required to satisfy required draft;
- UI = Ute Indian Unit of Central Utah Project;
- WL = wetlands water requirement; and
- θ = programming parameter for time.

National and Interregional Models of Water Demand, Land Use and Agricultural Policies.

Earl O. Heady, Howard C. Madsen, Kenneth J. Nicol and Stanley H. Hargrove

"Water Resources Research" Vol. 9-4, August 1973

1. 概要

米国の 223ヶ所の農業生産地, 51ヶ所の給水地域と 27ヶ所の商業地域における土地と水資源の最適配分の問題を取扱った。本研究では次の問題を解析してみる。

- ① 国家は 2000 年における都市用水と産業用水の需要に対応できるか ?
- ② これらの配分は農業用水の再使用あるいは縮小を必要とするか ?
- ③ 国内と国外の食糧需要を充足する際に、どの範囲までの土地に灌漑用水を導入できるか ?
- ④ 有効な農業用水と非農業用水を得る際にどの地域から分水するか ?

このために 3220 個の方程式と 5426 個の実変数からなるモデルを使用している。

本研究の主目的は 2000 年における人口の種々のレベルと分布並びに国家の経済政策に反映される非農業用水の需要のもとで、如何なる状態のもとでなら国家は将来の食糧と繊維(生地)の需要を満たすに足る十分な水を得ることができのかを決定することである。いいかえれば、農業における土地および水資源のより効果的な配分を検討し、農業政策の改善を通して、農業から非農業用水にどの程度の水が転用できるのかを決定することである。

副次的な目的は種々の価格政策のもとでの水需要を反映するようにモデルを定式化することである。

2. 評価モデル

生産地域、処理地域および消費地域間における種々の農作物と牧畜商品の生産費用並びに輸送費用を最小化すること。(水の消費と転用の費用もその中に含まれる。土地の賃借を除く各要因の費用を網羅している。)

$$Z = \sum_{j=1}^{25} \sum_{i=1}^{223} C_{ij} X_{ij} + \sum_{m=1}^{51} (P_m^B W_m^B + \sum_{m'=1}^{51} P_{m'm}^T W_{m'm}^T) + \sum_{k=1}^{27} \sum_{k'=1}^{27} \sum_{g=1}^8 Z_{gk'k} T_{gk'k} \quad (1)$$

上式において右辺の各項目が示す意味は次の通りである。

第1項: 全地域 ($i = 1 \sim 223$) における全作物 ($j = 1 \sim 25$) を作るに要する総費用

第2項: 全水供給地域 ($m = 1 \sim 51$) の各内部で使用された水のために要した総費用

第3項: 各供給地域間に転用された ($m' \rightarrow m$) 水が各供給地域にて水の費用が異なるために生じた差額総費用

第4項:全タイプの商品 ($g = 1 \sim 8$) を K 地域から K' 地域に輸送するための総費用

3. 現象モデル

モデルの中には牧畜生産、商品輸送、水の転用、消費者の需要達成およびある種の食糧処理行為が含まれている。計画の全ては2000年のものである。まず、解折に含まれる商品を列挙すれば次の通りである。

トウモロコシ、サトウモロコシ、コムギ、オオムギ、カラスムギ(オートムギ)、ダイズ、綿、棉花、テンサイ、サトウダイコン、人工干草、野生干草、改良牧草、公共牧草、果実、木の実、イネ、野菜、酪農製品、ブタ肉、牛肉、鶏肉、シチメンチョウ、タマゴ、ヒツジ肉、牧畜(家畜)等である。

A. 223の各生産地域は自然的な土地の制約を受ける。

$$\text{農作地の制約} \quad \sum_{j=1}^{14} a_{ij} X_{ij} \leq L_{ci} \quad (2)$$

$$\text{全国土の制約} \quad \sum_{j=1}^{14} a_{ij} X_{ij} \leq L_{Ti} \quad (3)$$

$$\text{灌漑地の制約} \quad \sum_{j=8}^{14} a_{ij} X_{ij} \leq L_{ci}^I \quad (4)$$

$$\text{灌漑地のトータル} \quad \sum_{j=8}^{14} a_{ij} X_{ij} \leq L_{Ti}^I \quad (5)$$

$$\text{乾燥地における野生の干草地の制約} \quad a_{i20} X_{i20} \leq L_{wi}^D \quad (6)$$

$$\text{灌漑地における野生の干草地の制約} \quad a_{i21} X_{i21} \leq L_{wi}^I \quad (7)$$

$$\text{乾燥地の作物および改良牧草の制約} \quad a_{i17} X_{i17} \leq L_{cpi}^D \quad (8)$$

$$\text{灌漑地の作物および改良牧草の制約} \quad a_{i18} X_{i18} \leq L_{cpi}^I \quad (9)$$

$$\text{乾燥地における非改良牧草の制約} \quad a_{i19} X_{i19} \leq L_{oi} \quad (10)$$

$$\text{農耕の制約(ダイズ)} \quad X_{i3} \leq 0.5 L_{ci}, X_{i10} \leq 0.5 L_{ci} \quad (11)$$

B. 政策モデルとして土地と計画の制約を受ける。

$$\text{人口の制約} \quad N_i \geq \bar{N}_i \quad (12)$$

$$\text{耕地面積割当ての制約} \quad \sum_{j=1}^{14} r_{ij} X_{ij} \leq Q_i, j=3, 6, 7, 10 \quad (13)$$

$$\text{耕地面積の制約(棉花)} \quad X_{i6} + X_{i13} \leq C_i \quad (14)$$

$$\text{耕地面積の制約(テンサイ)} \quad X_{i7} + X_{i14} \leq S_i \quad (15)$$

$$\text{土地放棄の制約} \quad R_i \geq R_{Li}, R_i \leq 0.5 L_{Ti} \quad (16)$$

C. 各水供給地域は水の制約を受ける。(m 地域について)

$$\begin{aligned} W_m^B + \sum_{j=1}^{21} (W_m^T - W_{mm}^T + W_{mm}^I - W_{mm}^I) - W_m^X - W_m^D - W_m^F - \sum_{i \in m} \left(\sum_{j=8}^{25} w_{ij} X_{ij} + w_{LN} N_i \right) \\ - \sum_{p=1}^4 w_{mp} G_p \geq 0 \quad j \neq 16, 17, 19, 20 \quad (17) \end{aligned}$$

D. 27の各消費地域はすべての農作物と家畜に対する需要の均衡という制約を受ける。

需要(各消費地域の g 番目の作物商品)の制約

$$\sum_{i \in K} \left(\sum_{j=1}^{21} Y_{ij} X_{ij} - b_{ig} N_i \right) - \sum_{j=22}^{25} F_{kjg} - e_{kg} E_g - \sum_{p=1}^5 f_{kp} G_p + \sum_{K'=1}^{27} (T_{gKK'} - T_{gKK'}) \geq 0, g=1, \dots, 6 \quad (18)$$

需要（各消費地域の g 番目の家畜商品）の制約

$$\sum_{i \in K} \left(\sum_{j=22}^{25} Y_{ij} X_{ij} - b_{ig} N_i \right) + N_{K_g} I_g + \sum_{K' \neq j}^{27} (T_{gK'K} - T_{gKK'}) \geq 0 \quad (19)$$

E. 食糧要求（足白質および消化栄養（TDN）で示される）の制約

要求（ i 番目の家畜タイプに対する TDN）の制約

$$\sum_{g=1}^6 t_{Kjg}^{TDN} F_{Kjg} - \sum_{i \in K} f_{ij}^{TDN} X_{ij} \geq 0 \quad (20)$$

要求（ i 番目の家畜タイプに対する足白質）の制約

$$\sum_{g=1}^6 t_{Kjg}^P F_{Kjg} - \sum_{i \in K} F_{ij}^P X_{ij} \geq 0 \quad (21)$$

F. 各地域における飼料の制約

要求（牛の飼料）の制約

$$\sum_{g=5}^6 t_{K24g}^R F_{K24g} - \sum_{i \in K} f_{i24}^R X_{i24} \geq 0 \quad (22)$$

要求（酪農と牛に対する飼料）の制約

$$\sum_{g=5}^6 t_{Kjg}^R - \sum_{i \in K} f_{ij}^R X_{ij} \leq 0 \quad (23)$$

G. 地域における消費者の需要は人口、経済行為並びに 2000 年に対する資本蓄積の地理的、国家的計画によって外的に決定される。

国内需要については、綿花・テンサイ・家畜生産・ひつじ、そして輸入と輸出によってのみ足義づけられる。

綿花の国内制約

$$\sum_{i=1}^{150} (Y_{i6} X_{i6} + Y_{i13} - b_{i11} N_i) \geq 0 \quad (24)$$

テンサイの国内制約

$$\sum_{i=1}^{150} (Y_{i7} X_{i7} + Y_{i14} - b_{i12} N_i) \geq 0 \quad (25)$$

輸入（ P 番目の外的タイプの家畜）の制約

$$G_P \geq \bar{G}_P \quad (26)$$

輸出（ g 番目のタイプの商品）の制約

$$E_g \geq \bar{E}_g \quad (27)$$

輸入（ g 番目のタイプの商品）の制約

$$I_g \leq \bar{I}_g \quad (28)$$

H. 非負の制約

$$F_{Kjg}, X_{ij}, T_{gK'K}, W_m^B, W_{m'm}^I \geq 0 \quad (29)$$

I. 水供給について

全給水地域について水の供給量がまず計算された。

i 地域での j 作物に対する配水要求量は

$$\theta_{ij} = (Wu_{ij} - \rho_i) / (w_{ij} \times w_{Di}) \quad (30)$$

ここで、 Wu_{ij} : 作物の水消費から決められた i 生産地域における j 作物に対する要求水量

ρ_i : i 地域における有効降雨量

w_{ij} : 灌漑有効度あるいは作物の有効度

w_{Di} : 分水地点と農業配水門間の水路の有効度あるいは配水システムの有効度

分水要求量

$$\begin{aligned} \Psi_{ij} &= Wu_{ij} - \rho_i + (1 - \eta) \cdot \{ \theta_{ij} - (Wu_{ij} - \rho_i) \} \\ &= C_{ij} + (1 - \eta) \cdot \{ \theta_{ij} - C_{ij} \} \end{aligned}$$

ここで、 C_{ij} : i 生産地域における j 作物に対する灌漑要求量

η : 栽培に使用されず、地域にて再利用される割合

水供給地域 j における水の価格

$$P_j = \sum_{i \in I} (P_{Ai} / W_{Ai}) (W_{Di}) / \sum_{i \in I} W_{Di}$$

ここで、 P_{Ai} : i 計画におけるエーカー当り費用

W_{Ai} : i 計画に適用されたエーカー当り水量

W_{Di} : i 計画にて配水される全水量

4. 計算結果

パラメータの異なる7個のモデル (Table 1 参照) について行なった計算結果の図表を以下に示す。

つまり、政策を含む各パラメータの違いによって、2000年における農耕に関する諸量、水に関する諸量が如何に変化するかを示されている。

5. 備考

本論文にて提示された農耕問題に関する事項は水配分の最適化に直接の関連をもたないが、モデルの定式化において有用と思われる。(FIG. 1 ~ FIG. 10 参照)

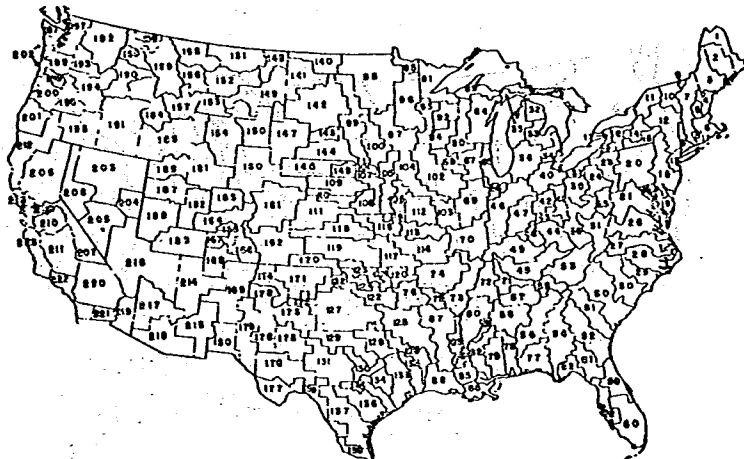


Fig. 1. The 223 producing areas.

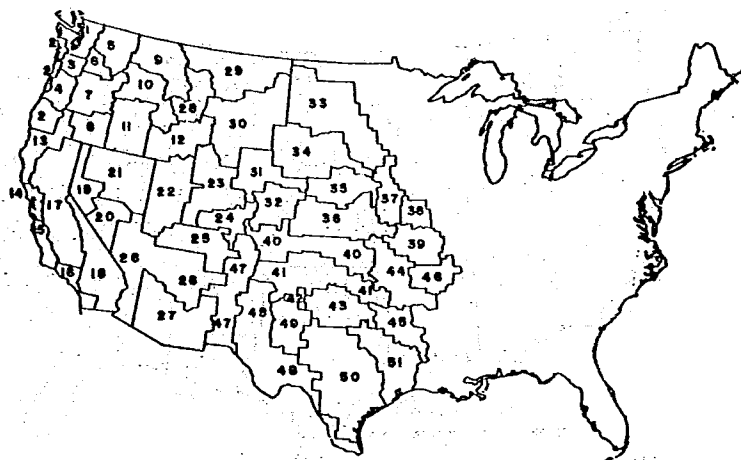


Fig. 2. The 51 water supply regions.

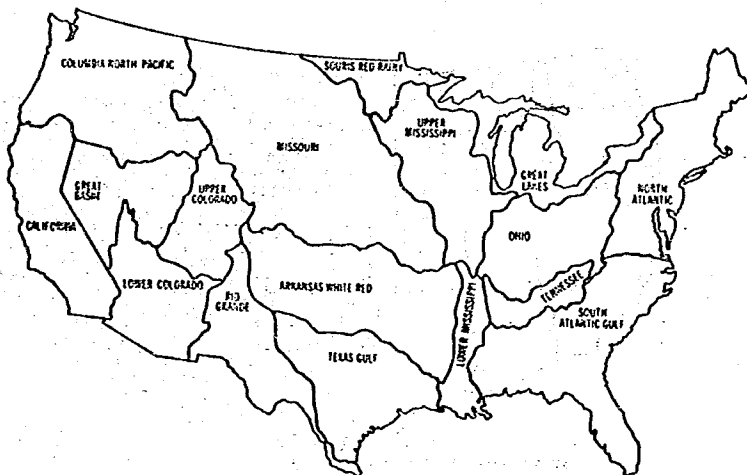


Fig. 3. River basins in the United States as defined by the U.S. Water Resources Council.

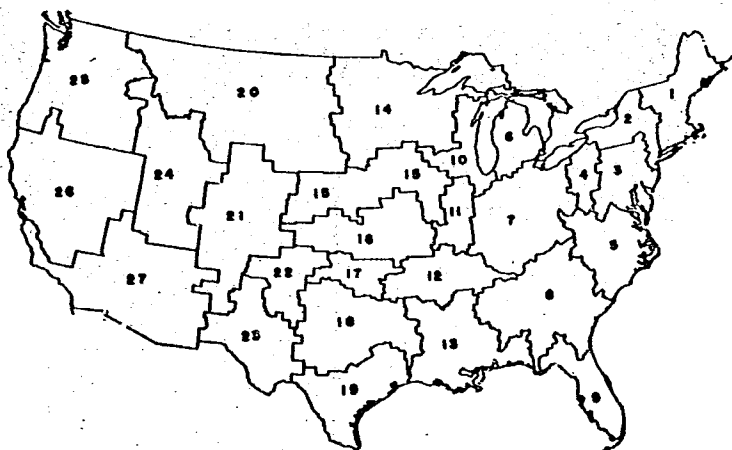


Fig. 4. The 27 consuming regions.

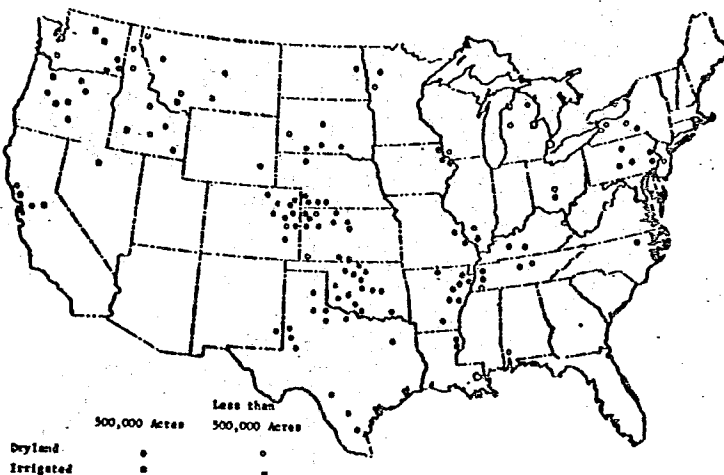


Fig. 5. Location of dryland and irrigated wheat under model A in 2000.

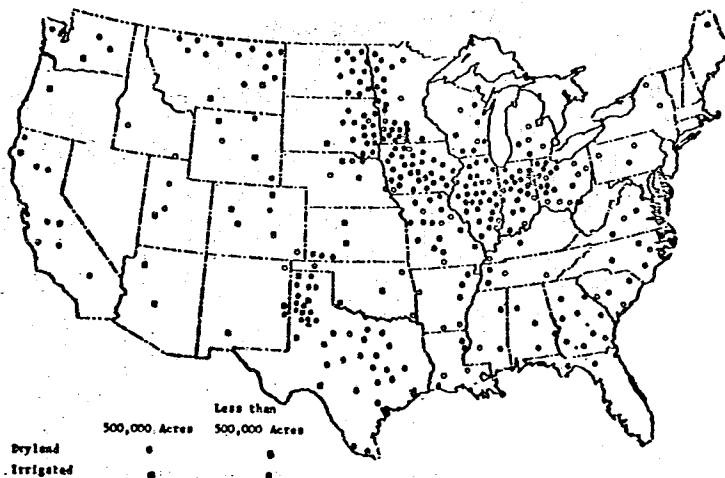


Fig. 6. Location of dryland and irrigated feed grains and soybeans under model A in 2000.

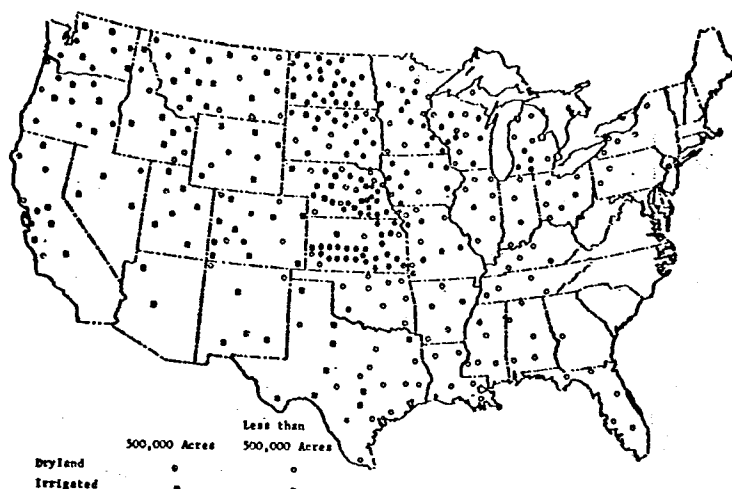


Fig. 7. Location of dryland and irrigated hay under model A in 2000.

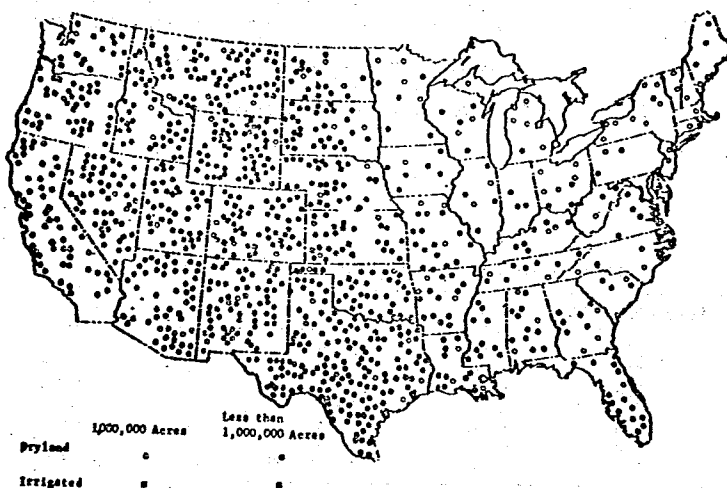


Fig. 8. Location of dryland and irrigated pasture under model A in 2000.

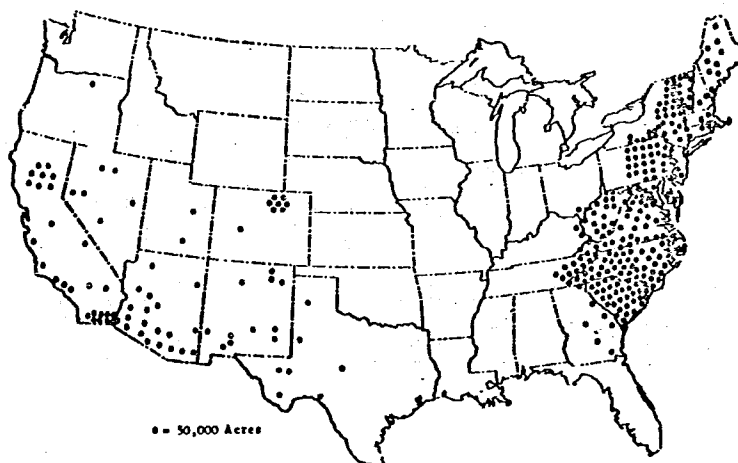


Fig. 9. Location of unused land under model A in 2000.

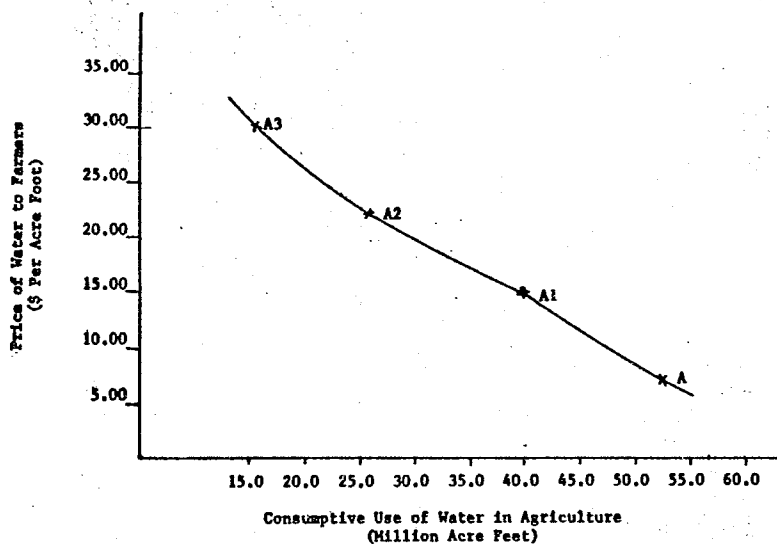


Fig. 10. Agricultural demand for water in the 17 western states.

TABLE 1. Summary of Models and Parameter Levels for 2000

Model	Population, million	Farm Policy**	Water Price, \$	Export Level*	Farm Technology
A	300	market	present	x	trend
A1	300	market	15.00	x	trend
A2	300	market	22.50	x	trend
A3	300	market	30.00	x	trend
B	280	market	present	x	trend
C	280	land	present	x	trend
D	325	market	present	2x	advanced

*Variable x represents the export level in 1967-1969.

**Farm Policy represents a free market for farm commodities or an annual land retirement policy to restrain supply as Model C.

TABLE 2. Summary of Land and Water Use under Seven Models

	Actual for 1964	Model							
		A	A1	A2	A3	B	C	D	
Dry land, million acres	1555	1227	1232	1238	1242	1192	1197	1238	
Irrigated land, million acres	31.3	27.2	22.6	17.2	12.4	26.0	29.2	28.6	
Unused land, million acres	55.5	16.4	15.1	12.9	12.5	51.0	44.9	4.5	
Water withdrawal, acre-feet	151.7	155.9	139.3	120.3	105.0	147.1	154.6	163.3	
Consumptive water use, acre-feet	76.0	97.3	85.9	71.8	61.1	92.0	96.6	100.9	
Water surplus, acre-feet	0	142.1	153.5	167.6	178.3	147.4	142.8	138.5	

NOTATION

Z ,	total costs: crop and livestock production and transportation and certain water transfer costs to meet domestic and export demands;	w_{in} ,	per cap consumption of water for municipal, industrial, recreational, and thermal electric power uses in the i th producing area;
c_{ij} ,	cost per unit of the j th crop or livestock activity in the i th producing region (livestock costs do not include certain feed costs determined internally to the programming model);	y_{ij} ,	yield per acre or per unit of activity of the
X_{ij} ,	level of the j th product activity in the i th producing region;	C_i ,	harvested acreage of cotton in 1964 in the i th producing area;
P_m^B ,	cost of water per acre-foot consumed in the m th water supply region;	S_i ,	harvested acreage of sugar beets in 1964 in the i th producing area multiplied by two;
W_m^B ,	water bought for consumption in the m th water supply region, acre-feet;	R_i ,	land retired in the annual land retirement policy model in the i th producing area, acres;
$P_{m'm}$,	difference between the cost of water per acre foot consumed in the m' th and m th water supply regions;	R_{Li} ,	minimum (lower limit) amount of land retired in the annual land retirement policy model in the i th producing area, acres.
$z_{k'k}$,	cost of transporting a unit of the q th type of commodity from the k th consuming region to the k' th consuming region, where the k and k' regions are contiguous except for certain long-haul routes;		j th crop or livestock activity in the i th producing area;
$T_{k'k}$,	amount of the q th type of commodity transported from the k th consuming region to the k' th consuming region, where $k + k'$ must be contiguous except for certain long hauls;	E_q ,	national export activity for the q th type of commodity;
i ,	producing areas, $i = 1, 2, \dots, 223$;	$\bar{E}_q$,	national level of exports (lower bound) of the q th type of commodity;
j ,	type of endogenous crop or livestock activity, $j = 1, 2, \dots, 25$;	F_{kt} ,	amount of the q th type of commodity transformed into feed (TDN, protein, and roughage) for use by the j th type of livestock in the k th consuming region;
k ,	consuming region, $k = 1, 2, \dots, 27$;	G_p ,	national activity for the p th type of exogenous livestock;
m ,	water supply region, $m = 1, 2, \dots, 51$;	$\bar{G}_p$,	national level (lower bound) of the p th type of exogenous livestock;
p ,	type of exogenous livestock activity, $p = 1, 2, \dots, 5$;	I_q ,	national import activity for the q th type of commodity;
q ,	type of commodity, $q = 1, 2, \dots, 12$;	$\bar{I}_q$,	national level of imports (upper bound) of the q th type of commodity;
a_{ij} ,	amount of land used by the j th crop activity in the i th producing area;	N_i ,	population-industry activity in the i th producing area;
b_{iq} ,	per capita consumption of the q th commodity in the i th producing region, $q = 1, 2, \dots, 12$;	$\bar{N}_i$,	population (lower bound) in the i th producing area;
e_{kt} ,	proportion of the exports of the q th type of commodity exported historically from the k th consuming region;	W_m^F ,	water consumed by fruits, nuts, rice, and vegetables in the m th water supply region, acre-feet;
f_{ij}^{TDN} ,	amount of TDN consumed per unit of the j th type of livestock in the i th producing region;	$W_{m'm}^T$,	water transferred by natural flows from the m' th water supply region to the m th water supply region, acre-feet;
f_{ij}^P ,	amount of protein consumed per unit of the j th type of livestock in the i th producing area;	W_m^o ,	water consumed by other uses, including fish and wildlife and wetlands and swamps in the m th water supply region, acre-feet;
f_{ij}^R ,	amount of roughage consumed per unit of the j th type of livestock activity in the i th producing area;	W_m^X ,	water exported to regions outside the 17 western states from the m th water supply region, acre-feet;
$f_{p'q}$,	amount of the q th type of crop commodity consumed by the p th type of exogenous livestock in the k th consuming region;	L_{ci} ,	cropland available for annual crop production in the i th producing area, acres;
n_{kt} ,	proportion of the q th type of livestock commodity imported into the k th consuming region based on the relative distribution of the U.S. population in 2000;	L_{Ti} ,	total land (cropland and hay land) available for annual crops and tame hay production in the i th producing area, acres;
r_{ij} ,	amount of acreage quota Q , used by the j th type of crop activity in the i th producing area;	L_{ci}^I ,	irrigated cropland available for irrigated crops in i th producing area, acres;
t_{kt}^{TDN} ,	amount of TDN per unit of the q th type of commodity transformed into feed to be used by the j th type of livestock activity in the k th consuming region;	L_{Ti}^I ,	irrigated total land available for irrigated crops and tame hay in the i th producing area, acres;
t_{kt}^P ,	amount of protein per unit of the q th type of commodity transformed into feed to be used by the j th type of livestock activity in the k th consuming region;	L_{cpi}^D ,	land available for dryland cropland-improved pasture production in the i th producing area, acres;
t_{kt}^R ,	amount of roughage per unit of the q th type of commodity transformed into feed for use by the j th type of livestock activity in the k th consuming region;	L_{cpi}^I ,	land available for irrigated cropland-improved pasture production in the i th producing area, acres;
w_{ij} ,	amount of water consumed per unit of the j th crop or livestock activity in the i th producing area;	L_{oi} ,	land available for dryland unimproved pasture, woodland pasture, and public grazing land pasture in the i th producing area, acres;
w_{mp} ,	amount of water consumed by the p th exogenous livestock activity in the m th water supply region;	L_{wi}^D ,	land available for dryland wild hay in the i th producing area, acres;
		L_{wi}^I ,	land available for irrigated wild hay production in the i th producing area, acres;
		Q_i ,	acreage quota available in annual land retirement policy model for annual crops (wheat and feed grains only) in the i th producing area, acres;

Optimization of Water Allocation Decisions Affecting Estuarine Ecology.
 Huntington S. Swanson, Charles S. Beightler and Don T. Phillips
 "Water Resources Bulletin" Vol. 7-4, August 1971.

1. 概要

水使用の競合するある河川系内において入手可能な表流水を最適に配分する問題を解析し、流水に関する諸制限を満足させ、水使用から生ずる利益を最大にすることを目的としている。この問題の数学的モデルは最小コスト循環ネットワークフローの問題の形に適合することを明らかにしており、D.R. フルカーソンの *Out-of-Kilter* アルゴリズム (OKA) が手法として提案されている。河口の生態を維持するために必要な水量の配分についても考察を加えている。

2. ネットワークフロー

(1) 記号説明

ネットワーク $G = \{N, A\}$ において

N : ポイントあるいは“ノード”の組
 $= \{X_1, \dots, X_n\}$ (各 X は正の整数)

A : 線あるいは弧 (N 組を連結する)
 $= \{(X_i, X_{i+1}), \dots, (X_p, X_{p+1})\}$

(X_p, X_{p+1}) : X_p = 出発点, X_{p+1} = 終点

$A \subseteq N \times N = \{(X, Y) \mid X \in N \text{ and } Y \in N\}$

ソース・ノード: 出発点ではあるが終点ではないようなノード

シンク・ノード: 終点ではあるが出发点ではないようなノード

中間ノード: 出发点あるいは終点の両方であるようなノード

スーパーソース: ソース・ノード (シンク・ノード) を 2 つ以上もつような場合、/
 (スーパーシンク) つのソース・ノード (シンク・ノード) をもつようにするために入
 れるノードのこと。

f_{ij} : 流れる (商品の) 量 $\begin{cases} \text{符号が正の場合 } x_i \rightarrow x_j \\ \text{符号が負の場合 } x_i \leftarrow x_j \end{cases}$

C_{ij} : 商品を流すことによる単位費用

ℓ_{ij} : f_{ij} の最小値

u_{ij} : f_{ij} の最大値

(2) 最小コスト循環問題

最小コスト循環問題は次のような LP 問題として示される。

(目的関数)

$$\textcircled{1} \quad \text{Min} \longrightarrow Z = \sum_i \sum_j C_{ij} f_{ij}$$

(制約条件)

- ② 流れの保存式 $\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = 0$: 各 $x_i \in N$ に対して
- ③ 上限の制約 $f_{ij} \leq U_{ij}$: 各 $(x_i, x_j) \in A$ に対して
- ④ 下限の制約 $f_{ij} \geq \ell_{ij}$: 各 $(x_i, x_j) \in A$ に対して
- ⑤ 流れの非負条件 $f_{ij} \geq 0$: 各 $(x_i, x_j) \in A$ に対して

3. 水配分問題へのネットワークフローの適用

(1) 適用の前提条件

前提条件として次の情報が決められていなければならない。

- a) そこから始まる淡水総量
- b) 各需要者のカテゴリ
- c) 種々のカテゴリにおける各需要者が水を使うことによる利益
- d) 水を使うことによる利益を計算するため各需要者の水使用料(費用)の加重平均
— 流れの最後に海域への接点としての湾や河口を入れる。

(2) 記号説明

iT_j : 河川システムにおける流域

f_{ij} : iT_j に対する総流入水量(外部からの流入)

b_{ij} : iT_j において水が使用されることによる単位利益

ℓ_{ij}, U_{ij} : f_{ij} の下限値, 上限値

fs_i : スーパーソースからの iT_j に与える流れの総量

Vs_i : iT_j における自然発生総水量

ℓ_{si}, U_{si} : fs_i の下限値, 上限値 ($\ell_{si} = Vs_i = U_{si}$)

f_{iT} : iT_j にて消費された総水量

b_{iT} : iT_j における消費量の単位利益

ℓ_{iT}, U_{iT} : f_{iT} の下限値, 上限値

f_{ET} : 河口に流れる流量

b_{ET} : f_{ET} による単位利益(パラメータ)

ℓ_{ET}, U_{ET} : f_{ET} の下限値, 上限値

f_{TS} : スーパーシンクからスーパーソースへの循環流れ

(3) 水配分問題の定式化

(目的関数) : 水使用による利益の最大化

$$\textcircled{6} \quad \text{Max} \longrightarrow Y = \sum_i \sum_j b_{ij} f_{ij} + \sum_i b_{iT} f_{iT}$$

(制約条件)

- ⑦ 各流域における水量の保存則 : 発生しまたは流入してきた水は隣接流域へ通過する

か、あるいは流域内で消費されるかである。

$$f_{si} + \sum_j f_{ji} = \sum_j f_{ij} + f_{iT} \quad : \text{各 } i \text{ に対して}$$

⑧ 各流域における自然発生総水量

$$f_{si} = V_{si} \quad : \text{各 } i \text{ に対して}$$

⑨ 各流域への流れは制限されること

$$l_{ij} \leq f_{ij} \leq u_{ij} \quad : \text{各 } i, j \text{ に対して}$$

⑩ 地域の需要の満足: 過配分は制限される

$$l_{iT} \leq f_{iT} \leq u_{iT} \quad : \text{各 } i \text{ に対して}$$

⑪ 配分された水の総量は有効供給量を越えない。

$$\sum_i f_{iT} = f_{TS} \leq \sum_i V_{si}$$

⑫ 流れは逆流しない

$$f_{TS}, f_{si}, f_{ij}, f_{iT} \geq 0 \quad : \text{各 } i, j \text{ に対して}$$

(4) 水配分問題のネットワークフロー形式への転換

a) N を流域で定義された“ノード”の組として表わす。

b) 各等式の制約条件を同一効果をもつように、上限値、下限値をもつ不等式で表わす。

a), b) によって上式⑥~⑫は次のようなネットワーク形式で表わすことができる。

(目的関数)

$$\textcircled{13} \quad \text{Max} \rightarrow Y = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} b_{ij} f_{ij}$$

(制約条件)

$$\textcircled{14} \quad \sum_{j \in N} f_{ij} - \sum_{j \in N} f_{ji} = 0 \quad : \text{各 } i \in N \text{ に対して}$$

$$\textcircled{15} \quad l_{ij} \leq f_{ij} \leq u_{ij} \quad : \text{各 } i, j \in N \text{ に対して}$$

$$\textcircled{16} \quad f_{ij} \geq 0 \quad : \text{各 } i, j \in N \text{ に対して}$$

上式⑬~⑯は式⑦~⑫における単位費用を負の単位利益と解釈することによって式⑦~⑫と同一と考えることができる。

結局、これは D.R.フルカーソンの Out-of-Kilter アルゴリズム (OKA)* の形である。

4. モデルの特質, その他

(1) 本文における目的関数は線形であるが、Swanson (1970)** はこの OKA の最適手法が非線形目的関数にも適用可能であるよう、線形の制限を緩和した。

(2) 本モデルでは河口生態を維持するための配分水量をも決定しようとしているが、そのためには単位流れ当りの利益 b_{ET} を決めなければならない。しかしながら、これは未知であり、モデル

* Ford, L.R. and D.R. Fulkerson. 1962. Flows in networks. Princeton, N.J.: Princeton University Press

** Swanson, H.S. 1970. A network flow analysis of water allocation decisions in a river system and their effect on estuarine ecology. Unpublished Ph. D. Dissertation, The University of Texas at Austin.

においては河口の単位流れ当りの利益 bET をパラメータとして扱っている。

- (3) 本研究は将来に対する水政策を定式化するのに、またあいまいな利益の役割と意味を定義づけるのに重要である。
- (4) 海岸地域の湾や河口に流入する淡水量の要求値を決定する研究 [*Texas Water Development Board, 1968*] *** が目下進行中であるが、本研究はこれに結びつけられれば有効に改良されるものと思われる。

*** *Texas Water Development Board. 1967. A new concept - water for preservation of bays and estuaries. Report 43.*

Texas Water Development Board. 1968. The Texas Water plan.

Dynamic Multisector Programming Approach to Regional Water Resource Management

Jona Bargur - Tel Aviv Israel

"Water Resource Research" Vol. 8-4, August, 1972

1. 概要

水資源の開発量と地域毎、各種用途毎への水配分量を全計画期間、全地域におけるトータルの生産額を最大にするという条件のもとで決定する方法も提示している。

2. 評価モデル

目的関数：全期間、全地域の総生産額を最大にする。

$$\begin{aligned} \max - Z = & \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left[V^r X^r(t) \frac{1}{(1+g)^t} \right] + \sum_{r=1}^R \left[\left(\frac{1}{1+g} \right)^T \left(\frac{1+g}{g-g} \right) \right] V^r X^r(T) \\ & - \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left[G^r M^r(t) \frac{1}{(1+g)^t} \right] - \sum_{r=1}^R \left[\left(\frac{1}{1+g} \right)^T \left(\frac{1+g}{g-g} \right) \right] C^r M^r(T) \end{aligned}$$

3. 現象モデル

(1) 物質平衡条件 (移入額 + 生産額 = 中間需要 + ストック増 + 最終需要 + 移出)

$$M^r(t) + X^r(t) = a^r X^r(t) + S^r(t+1) - S^r(t) + Y^r(t) + E^r(t)$$

(2) 資本ストックの制約

$$S^r(t) \geq b^r X^r(t)$$

(3) 生産額は毎年増大するとの仮定

$$X^r(t+1) - X^r(t) \geq 0$$

(4) 移出の定義式

$$E^r(t) = G^r(t) + F^r(t)$$

(5) 移入の定義式

$$M^r(t) = G^K(t) + J^r(t) \quad K \neq r$$

(6) 労働力利用の制約条件

$$A^r(t) \geq L^r(t) X^r(t)$$

(7) 利用可能水量の制約条件

$$\Omega^r(t) \geq W^r(t) X^r(t)$$

(8) 最大生産額に関する制約条件

$$X^U(t) \geq X^r(t)$$

(9) 他地域への最大移出額の制約条件

$$F_U^L(t) \geq F^r(t)$$

(10) 他地域への最大移入額の制約条件

$$J_U^L(t) \geq J^r(t)$$

(11) 収支平衡の制約

$$UE^r(t) - UM^r(t) \geq 0 \quad U = 1, 1, \dots, 1$$

(12) 変数は非負

$$X^r(t), S^r(t), E^r(t), M^r(t), G^r(t), F^r(t), J^r(t) \geq 0$$

(13) 最終需要に関する制約(消費レベルの設定)

$$Y_L^L(t) \leq Y^r(t) \leq Y_U^L(t)$$

ここで、 $S^r(t) - S^r(t-1) \geq 0$ を仮定すると、資本ストックの増大 (1), (2) は

$$(14) \quad (I - a^r + b^r)X^r(t) - b^r X^r(t+1) - E^r(t) + M^r(t) \geq Y^r(t)$$

結局、このモデルは (3)~(14) を制約条件とする動的計画法として表示された。

4. 事例参考図表

地域として、カリフォルニアと西部地域の二地域を選び、両地域への水配分を行なっている。

Table 2, Fig. 2 はカリフォルニア西部のウェイトを変えて目的関数を設定した場合の解析、Fig. 2 は両地域間の水輸送を考える場合と考えない場合の比較である。

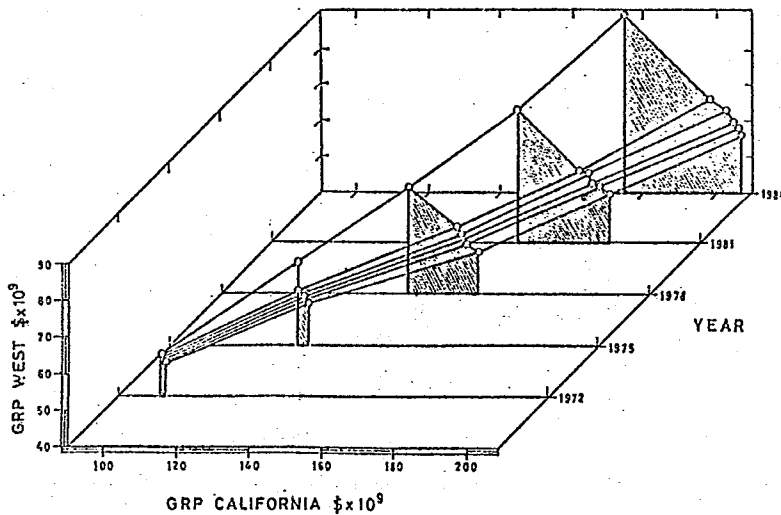


Fig. 1. The periodic frontiers of the GRP.

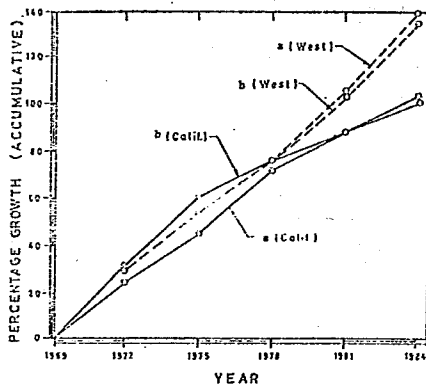


Fig. 2. Regional growth models of California and the West under alternative assumptions of (a) separate water availability constraints and (b) joint water availability constraints.

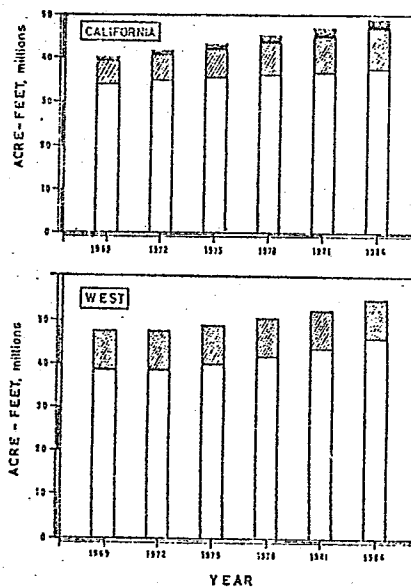


Fig. 3. The optimal plan and schedule of water resource development for California and the West. In the bar graphs, the open areas represent local and regional projects, the shaded areas represent multipurpose projects, and the darkened areas represent interregional projects.

TABLE 1a. Sector Classification of the Basic Model

Sector	Title and Description
1	livestock, poultry, and dairy products
2	food and feed grains
3	cotton
4	vegetables
5	fruits, nuts, and citrus
6	forage, forestry, fishery, and miscellaneous agriculture
7	mining
8	food and kindred products
9	all other manufacturing
10	utilities
11	construction, trade, transportation, finance, and services

TABLE 1b. Sector Classification of the Activity Analysis Model

Sector	Description
1-9	same as that in basic model
10	adjusted utilities sector (all utilities except water services)
11	trade, transportation, services, and adjusted construction (all construction except water resources projects)
12	construction of local and regional water resources projects
13	construction of multipurpose water resources projects
14	construction of interregional water transfer projects
15	construction of nuclear desalting plants
16	services and operation of local and regional projects
17	services and operation of multipurpose projects
18	services and operation of interregional water transfer projects
19	services and operation of nuclear desalting plants

TABLE 2. GRP Levels under Alternative Relative Regional Emphasis

Weights of Regional Emphasis for Inter-regional GRP		California GRP, \$10 ⁹					West GRP, \$10 ⁹				
Calif.	West	1972	1975	1978	1981	1984	1972	1975	1978	1981	1984
1.00	0.40	102.79	128.43	160.78	183.75	207.19	50.82	51.55	51.89	53.34	57.31
1.00	0.70	102.79	128.02	158.34	181.00	206.73	50.82	52.87	54.33	56.10	57.94
1.00	1.00	102.79	127.72	156.90	179.00	203.92	50.82	52.92	55.12	57.40	59.21
1.00	1.30	102.79	127.14	156.01	177.93	201.48	50.82	53.95	56.71	58.93	61.17
1.00	1.60	102.79	126.60	155.22	176.04	198.64	50.82	54.76	58.03	60.14	63.93
1.00	1.90	101.95	125.05	142.35	158.73	174.55	53.73	62.88	69.13	77.16	87.70

NOTATION

Parameters

- a^r , direct coefficient matrix for the region r ($r = 1, 2$) in $\$10^6$ per $\$10^6$; an element a_{ij}^r in the matrix ($i = 1, \dots, n$), ($j = 1, \dots, n$) expresses the input value from sector i into sector j for the latter to produce $\$10^6$ of output, $n \times n$;
- b^r , capital coefficient matrix for region r ($r = 1, 2$) in $\$10^6$ per $\$10^6$; an element b_{ij}^r expresses the input value of capital stock required from industry i by industry j for the latter to produce $\$10^6$ of output, $n \times n$;
- L^r , labor coefficient vector for region r ($r = 1, 2$) in man-years per $\$10^6$, $n \times 1$;
- W^r , water coefficient vector for the region r in acre-feet per $\$10^6$, $n \times 1$;
- V^r , value-added coefficient vector for region r in $\$10^6$ per $\$10^6$; a coefficient V_j^r ($j = 1, \dots, n$) expresses factor payments to households (e.g., wages, salary, interests, profits, and depreciation) per $\$10^6$ of output from industry j , $n \times 1$;
- $Y_U^r(t)$, maximum projected final demand vector for region r ($r = 1, 2$) for period t ($t = 1, \dots, T$) in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $Y_L^r(t)$, minimum projected final demand vector for region r for period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $A^r(t)$, projected level of the labor force available for production purposes in region r in time period t in man-years per year, 1×1 ;
- $\Omega^r(t)$, projected amount of the water available for production purposes in region r in time period t in acre-feet per year, 1×1 ;
- $X_U^r(t)$, maximum sectoral gross output vector in region r for time period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $F_U^r(t)$, maximum foreign export vector from region r at time period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $J_U^r(t)$, maximum foreign (from the rest of the world) import vector into region r in time period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- C^r , transportation cost coefficients of import vector in $\$10$ per $\$10$, $n \times 1$;
- g , discount rate in percent per 3-year period, 1×1 ;
- ϕ^r , target growth rate for region r in terminal years in percent per 3-year period, 1×1 ;

Primal Variables

- $X^r(t)$, gross output vector for region r in time period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $S^r(t)$, commodity capital stock vector for region r in time period t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $Y^r(t)$, final demand vector for region r at time t (import and export excluded) in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $M^r(t)$, total imports vector into region r at time t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $E^r(t)$, total exports vector from region r at time t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $G^r(t)$, interregional trade vector at time t ; $G_i^r(t)$ expresses exports of industry i from region 1 into region 2 as well as imports into region 2 from region 1 at time t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $F^r(t)$, foreign exports vector from region r to the rest of the world at time t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$;
- $J^r(t)$, foreign imports vector into region r from the rest of the world at time t in $\$10^6$ per year, $n \times 1$.

Allocating Water Among Alternative Uses

John E. Reynolds

"Journal of the Irrigation and Drainage Division" Vol. 97-1 March 1971

1. 概要

降雨は時間的にも地域的にも不均等であり、一方水の消費は人口の増加、工業用水や家庭用水の増加など種々の因子によって着実に増加を続けている。

競合関係にある用途や消費者へ水を割当てるための適切な経済的基準を引出すため、水需要の増加について論じ、次に上記の経済的基準および割当てる決定における経済的、物理的、制度的因子の関連性を考察した。使用可能な水量に限度があり、用途に競合性がある場合は水の限界価値生産性がすべての用途、消費体に対して均等化されるよう割当てねばならないことを説明し、この基準の適用をさまたげる困難な問題点の取扱い法を論じた。

2. 水配分の経済的基準

。仮定

- ① 社会目的の一つは経済効果である。
- ② あらゆる生産物 (out put) に対して生産関数が設定できる。

。生産関数

n 個のインプットを用いて、 P 人の生産者によって生み出された m 個のアウトプットについての生産関数を次式で定義する。

$$Y_{jk} = f(X_{1jk}, \dots, X_{ijk}, \dots, X_{njk}) \quad (1)$$

ここで、 Y_{jk} : k 番目の生産者によって生み出された j 番目のアウトプット

X_{ijk} : k 番目の生産者によって j 番目のアウトプットを生み出すために費やされた i 番目のインプット

。利益 (Profit)

$$\pi = \sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^m (P_j Y_{jk} - \sum_{i=1}^n P_i X_{ijk}) \quad (2)$$

ここで、 π : 利益

P_j : j 番目の生産の価格 (Price)

P_i : i 番目のインプットの費用

。利益最大化の一次の状態 (The first-order conditions)* は次式で与えられる。

* 利益最大化の The second-order condition については

Henderson, J.M., and Quandt, R.E., "Microeconomic Theory: A Mathematical Approach." McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1958, p.54 を参照。

$$\frac{\partial \Pi}{\partial X_{ijk}} = P_j \frac{\partial Y_{jk}}{\partial X_{ijk}} - P_i = 0 \quad (3)$$

即ち

$$P_j \frac{\partial Y_{jk}}{\partial X_{ijk}} = P_i \quad (4)$$

$\frac{\partial Y_{jk}}{\partial X_{ijk}}$: k 番目の生産産によって、 j 番目の結果を生み出すために使用された i 番目のインプットの *marginal physical product (MPP)* と呼ばれる。

$P_j \frac{\partial Y_{jk}}{\partial X_{ijk}}$: *marginal value product (MVP)*

適用例

(1) 水量に制限がない場合において、ミカンの生産に水をどれだけ使うのが合理的かという問題。
式(4)において、左辺>右辺ではまださらに水を使うのが得策であり、左辺=右辺となったときが最大の利益をあげるときである。

(2) 一定の水をミカンとトマトの生産にどのように割振るのかという問題。

次式を維持するように水を配分するのが最も合理的である。

$$P_A \frac{\partial Y_A}{\partial X_W} = P_B \frac{\partial Y_B}{\partial X_W}$$

左辺 = ミカンの生産に関する MVP

右辺 = トマトの生産に関する MVP

(3) 生産者 A と生産者 B が各々ミカンもトマトも生産する場合、限られた水量をどのように割振るのが合理的かという問題。

次式を維持するように配分する。

$$P_A \frac{\partial Y_{AR}}{\partial X_{WR}} = P_B \frac{\partial Y_{BR}}{\partial X_{WR}} = P_A \frac{\partial Y_{AS}}{\partial X_{WS}} = P_B \frac{\partial Y_{BS}}{\partial X_{WS}}$$

①
②
③
④

① A のミカン生産に関する MVP

② B のミカン生産に関する MVP

③ A のトマト生産に関する MVP

④ B のトマト生産に関する MVP

3. 経済的・物理的・制度的関連性

(1) 物理的問題

水の択一的使用の MVP を評価するためには、水量の変化に対する物理的応答が必要である。

(2) 経済的問題

経済的要求は価格や(種々の選択に関連する)費用によって変化する。従って、水の各用途に対する

経済的価値を知る必要がある。

(3) 制度的問題

例えば、習慣上の問題や政治上の問題等である。

——経済的要求というのは物理的能力に依存し、また水配分決定に必要不可欠な要素ではあるが、経済的、物理的考察というのは制度的な許可、不許可に左右されるものである。

(4) 農業以外の用途に対し、便益（利益）に対する情報が得られない場合は制約条件として表わすか、あるいは機会費用（*Opportunity cost*）の概念を用いればよい。

——本文については *Journal Series No. 3421* 参照。

用途別給水計画の研究

末石富太郎

“水道協会雑誌” 第436号 昭和46.1

1. 概要

現在、例えば飲料系と雑用系に分離する *dual system*、または上水道と中水道への分離などの二元 *system* 等の考えがある。

この考えについて、将来上水道の広域化に当り現在のような一元化給水 *system* では最適性を見出すことに困難を伴うが、上記のような二元化ないしは多元化給水 *system* では、用途、場所、時間ごとに最適性が見出せると思われる。

本文では結局、二元 *system* あるいは多元 *system* の有利性を導き出すところに目的がある。

以下、万国博会場における用途別給水の検討事例を紹介する。検討の基本は、1日60万人の入場者に対して予測された表-1のような水需要である。(表-1のうち、飲料、洗面用水および食堂用水は上水道水と要求するものとし、その他は上水道水でなくても良いものとした。)

2. 評価モデル

図-1の如く用途別の供給経路をシステム表示する。

目的は1日当りの全給水費用を最小にすることである。

$$\min \rightarrow Z = \sum_{i=0}^{15} C_i X_i$$

ここに、 X_i ($i=0 \sim 15$, i は図-1のルート番号) ごとにそれぞれ C_i なる用水単価が必要であるとする。

C_i については、各水源から各地区中心までの最短道路経由の距離と高低差を考え、配管費、ポンプ費、電力費から算出した。

なお、本研究の事例として、ポンプ設備費は 150,000 円/kW、電力費は 5 円/kW、配管費は図-2によるとし、上式を図-1のシステムに適用すると、次のように示される。

$$\begin{aligned} Z = & 4.78 \times 30,900 + 57.7X_1 + 71.2X_2 + 51.2X_3 + 36.7X_4 + 27.0X_5 \\ & + 41.9X_6 + 74.7X_7 + 45.2X_8 + 8.7X_9 + 45.3X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \\ & + 27.0X_{14} + 41.9X_{15} \end{aligned}$$

3. 現象モデル

各需要点における制約条件は次のようになる。

(1) 水量収支関係式 (単位 m^3 /日)

$$x_1 + x_5 + x_{14} = 11,700$$

$$x_2 + x_6 + x_{15} = 7,000$$

$$x_3 + x_7 = 5,500$$

$$x_4 + x_8 = x_5 + x_6 + x_7 + x_{11} + 200$$

$$x_4 \geq 1,400$$

$$x_{11} + x_{12} = x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + 300$$

$$x_9 + x_{10} = x_{12} + 900$$

(2) 水質関係式

人工湖の水量・水質条件は表-2の如く仮定した。降下ばいじん量は $1g/m^3$ によって濁度 1° に相当する汚濁が起こるものとした。また中質湖の濁度を 5° 以下と想定した。以上によって、各人工湖の水質が維持されるためには次の制約が必要である。(表-2, 図-1参照)

$$3(x_5 + x_6 + x_7 + x_{11}) \geq 40,000$$

$$5(x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15}) \geq 3x_{11} + 10x_{12} + 53,400$$

$$10x_{12} \geq 5x_9 + 29,600$$

4. 結論および考察

一般的に言って、上水に対しては広域的な水源によって、雑用水はローカルな水源によるという二元給水系統(必ずしも地域全部についてはないが)を成立させるのが建設・維持管理面から得策である。但し、これは普遍的な結論ではなく、広域水道の考え方いかんによっては逆の場合がある。

この種の研究の現段階は上水道計画の第1段階として需要予測を論ずるのにちょうど都合の良いレベルである。

本研究事例によって得られた結論を以下にまとめる。(図-3参照)

- (1) 一般に上質水の確保は浄水施設によるものより広域的施設による方が経済的である。
- (2) 雑用水はなるべくその水質要求に近い水源(ここでは中質湖)を選ぶべきで、上質湖より雑用水も供給するには浄化費用がさらに低下しなければならない。
- (3) 施設償却期間は長いほど用途別給水の可能性が高くなる。
- (4) 最初に用途別給水へのポテンシャルが高まるのは需要の密度および雑用水の比率ともに高い区域である。

なお、浄・配水系統の動的管理の具体的な手法との関係づけが完了しなければ、事実上の用途別給水の実施は困難と思われる。

表-1 万国博会場用途別給水検討のための基準水量

用 途	基 準 数 値	利 用 率	単 位 水 量	延使用水量 (m ³ /日)	総水量 (m ³ /日)		基本費(%)
					使用水量	損失水量	
飲料・洗面	600,000人	1回/人	4.8t/回	2,900	2,900	3,300	14
食 堂	600,000人	0.8食/人	50t/食	24,000	21,000	27,600	13
公 衆 便 所	600,000人	1.8回/人	15t/回	16,200	16,200	18,700	13
洗 水			散水などの損失 4%	173,000	6,900	7,300	5
冷 却 用 水	30,000冷卻トン2時間分		13t/分・冷卻トン 蒸発など2%	560,000	11,600	11,800	5
公 園	320,000m ²		8mm/日	2,400	2,400	2,600	8
電 車	乗用車 5,000台分	1回/台	300t/回	1,500	1,500	1,600	6
その他散水			散水などの損失 2%	50,000	1,000	1,100	9
洗 水・洗 浄	800,000m ² 1時間相当分		1.5t/m ² ・時	1,200	1,200	1,300	8
人 工 湖 (調整池)	蒸発120,000m ³ 上質 160,000m ³ 中質 80,000m ³		6mm/日 1%/日 5%/日		700 1,000 4,000	6,000	5
合 計				833,200	73,600	81,900	10

表-2 人工湖水質水量に関する制約

	上 質 湖	中 質 湖	粗 質 湖
調 水 量	0 m ³ /日	0 m ³ /日	700 m ³ /日
蒸 発 水 量	200 m ³ /日	300 m ³ /日	200 m ³ /日
汚 下 ば い じ ん 量	3°	4°~8°	10°
降 下 ば い じ ん 量	40,000 g/日	53,400 g/日	29,300 g/日

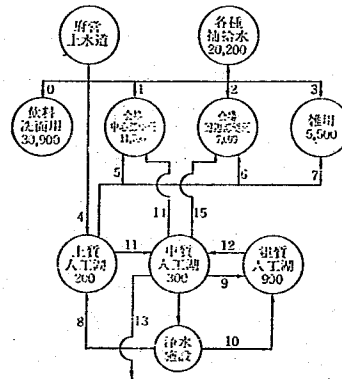


図-1 万国博会場給水システムのモデル化
(円内数字は水量m³/日, 円外の0~15はルート番号)

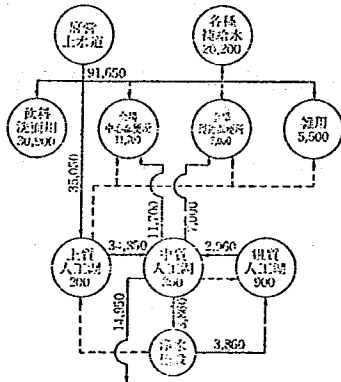


図-3 万国博会場用途別給水システムの最適解 (点線は採用されないルート, 単位m³/日)

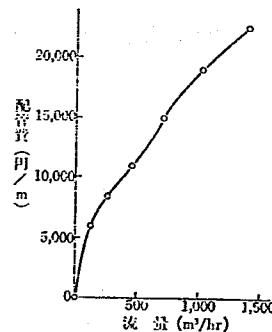


図-2 流量と配管費の関係 (管内流速1m/sec)

Оптимизация использования водных ресурсов в дефицитных по воде бассейнах

(水量不足流域における水資源の最適化利用)

Канд. техн. наук И. И. МЕУИТОВ

(工学修士 I. I. メチトフ)

Инж. м. и. ГЕРШКОВИУ

(技師 M. I. ゲルシコヴィッチ)

Гидротех и Мелиорация 19-12 1967

1. 概要

現在水が不足しているか、あるいは近い将来水不足が予想される河川の流域においては、水資源の利用の最適化の問題が生ずる。即ち、流水調節の合理的な規模の決定および現存の水資源の合理的な配分の問題である。

この問題を解くには①個々の経済単位における水不足による損失と②水不足を解消(緩和)するための支出との比較に基づかなければならない。国民経済の観点からは、上記2つの数値は相互に比較される前にできる限り小さくしなければならない。

以下、本文では水資源の合理的な配分を農業問題に適用した事例を紹介する。

2. 農業の栽培植物間の水資源配分の問題

農業において、灌漑ノルマと収穫高との関係が正確には判っていない場合の栽培植物間の水資源の最適配分に関する問題を考察する。

(1) 基本的な考え方

(仮定)

水量と収穫高とが線形関係にある。

(目的)

水資源配分の最適化の基準は、一般的に言えば定格期間(この長さは標準償還の期間に等しく選定する)中における建設支出と損失の数学的期待値、即ち、国民経済に与える損失を最小化することである。

このことと、本文での農業問題に適用すれば、灌漑面積からの生産物の生産価値が最大になるよう水量を配分することである。

(2) 問題の定式化

。まず、記号説明をする。

n : 当面の水不足地方における農作物の種類の数

i 番目の作物について ($i = 1, 2, \dots, n$)

F_i : 当面する地方の中でその農作物によって占められた灌漑面積

w_i : 灌漑ノルマ (単位面積当り灌漑水量)

U_{wi} : 灌漑ノルマが完全に与えられたときの単位面積当り収穫高

C_i : その農作物より作られる最終生産物の単位重量当りの価値

U_i^* : 定格値よりも低い灌漑ノルマにおける生産高

U_{oi} : 灌漑のない場合の収穫高

ξ_i : 全灌漑ノルマのうち i 番目の農作物が受け取る水の割合を示す数
当面する地方の灌漑総面積

$$F = \sum_{i=1}^n F_i$$

i 番目の農作物に灌漑ノルマを完全に与えるための必要な水量

$$W_i = F_i w_i$$

すべての農作物に完全な灌漑を行なうための必要な水量

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n F_i w_i$$

i 番目の農作物から得られる最終生産物の価値

$$S_i = F_i U_{wi} C_i$$

。すべての農作物からの生産高は

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n F_i U_{wi} C_i \quad (1)$$

— この地方に存在する灌漑用の水量を W^* ($< W$) とする。

— また、式 (1) において F_i と C_i は灌漑に消費される水量に依存しない。

。定格値より低い灌漑ノルマの場合の最終生産物の価値は

$$S^* = \sum_{i=1}^n F_i U_i^* C_i \quad (2)$$

。 U_i^* を推定するために、単位面積当りの水の消費量と収穫高の線形関係としては

$$U_i^* = U_{oi} + \xi_i (U_{wi} - U_{oi}) \quad (3)$$

。式 (3) を式 (2) に代入すると

$$S^* = \sum_{i=1}^n F_i U_{oi} C_i + \sum_{i=1}^n F_i \xi_i (U_{wi} - U_{oi}) C_i$$

— 右辺第1項は灌漑のないときの全農作物の最終生産物であり $Const$ である。 ($= S_0$)

— 故に、定格値より低い灌漑ノルマの場合の最終生産物の価値は右辺第2項を最大化することである。

$$\sum_{i=1}^n F_i \xi_i (U_{wi} - U_{oi}) C_i \rightarrow \max \quad (4)$$

—式(4)は灌漑を行なったことにより付加された生産物の価値である。

—式(4)中、変数は ξ_i のみであり、次の制約を受ける。

$$\sum_{i=1}^n F_i \xi_i w_i \leq W^* \quad (5)$$

$$0 \leq \xi_i \leq 1 \quad (6)$$

。結局、以上の問題は式(5)、(6)を制約条件として式(4)を最大化する数列 $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ を求めることに帰着するLPの問題である。

(3) 実際問題への適用

上記理論を実際問題に適用するには、水配分の特性を表わすいくつかのファクターを考慮に入れる。

A：灌漑系の唯一性、存在する水資源をどの地方にも如何なる量でも送り得ること。

B：灌漑系が分岐していること、その地方の中で如何なる農作物にも各々単独に水を送り得ること。

B：収穫計画が自由であること、つまり計画収穫高を任意に変えることが出来ること。

表は東部グルジャにおける17の水経済地方に対して行なった計算の結果を示す。(注意一例えば、 $\overline{AB}B$ 等の文字の上の横線は条件が満足されないことを示す。)

表-水配分条件A, B および B のいろいろな組合せのもとで完全な灌漑および低い灌漑ノルマを与えた場合の生産物の価値 (東部グルジャのデータ)														
農作物	100% 灌漑ノルマの場合の価値 (ル=フル/ha)	各種の水配分条件のもとで水の供給率 (全ノルマに対する % で示す) も変えた場合の灌漑のもたらす生産物の付加価値 (ル=フル/ha)												
		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$		$\overline{AB}B$
		75%	50	75	50	75	50	75	50	75	50	75	50	
小麦	7.2	0.9	—	0.5	—	5.7	3.9	5.7	5.7	5.4	3.6	5.8	5.8	5.7
自然牧草	1.5	1.0	—	1.0	—	0.4	0.2	—	—	1.2	0.8	—	—	0.4
ブドウ園	73.2	73.2	73.2	73.2	73.2	59.5	43.9	73.2	68.7	54.9	36.6	73.2	73.2	65.8
農家付属農園	70.3	70.3	70.3	69.6	59.4	61.3	45.5	70.3	52.6	52.7	35.2	69.0	33.8	60.7
とうもろこし	10.5	6.2	0.2	6.3	0.4	8.1	5.4	0.6	—	7.9	5.2	0.8	—	8.1
ひまわり	0.4	0.4	—	0.4	0.3	0.2	—	0.4	—	0.3	0.2	0.4	—	—
飼料	13.2	13.2	0.7	12.6	4.8	7.6	4.8	12.4	—	9.9	6.6	10.2	—	8.7
野菜畑	30.3	30.3	30.3	30.3	28.9	21.5	11.3	30.3	19.1	22.7	15.2	30.3	24.3	16.9
じゃがいも	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	—	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	—
たばこ	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	13.8	9.2	18.3	18.3	10.3
ピート	3.3	3.3	0.5	3.3	0.6	3.3	2.5	3.3	—	2.5	1.7	3.3	0.2	3.3
カザンつるばら	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.6	1.7	3.5	3.5	3.5
てんじくあおい	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.2
計	232.6	221.5	197.9	219.9	190.3	190.3	139.8	218.9	168.6	174.5	116.5	215.7	160.0	183.6

注) 水配分条件 $\overline{AB}B$ 等の文字上の横線は条件が満足されないことを示す。

3. 結 論

- (1) 水資源の最適配分の問題は経済的分析を基に行なうべきであり、その分析は①供給不足による国民経済の損失と②水不足解消あるいは緩和のために必要な支出、とを比較することによる。
- (2) 国民経済単位の間には水資源を最適に配分するためのアルゴリズムを開発した。さらに、不完全な情報のもとに最適な水の配分法のいく通りかを求めることの出来る特殊のアルゴリズムを開発した。
- (3) 灌漑ノルマと収穫高とが線形関係も有することの妥当性を示した。
- (4) 需要に比して多くの水を受けた共和国は、需要に比して少ない水を受けた共和国に対し補償の義務がないことを示した。
- (5) 問題を発展させるため、基本的情報の信頼性の向上の必要性があり、特に
 - ① 水消費者および水利用者への供給ノルマの正確な根拠
 - ② 水不足と生産物の低下との関係の決定
 - ③ 生産規模の縮小に伴う国民経済損失額の決定が必要である。
- (6) 水資源配分の問題を解くために開発された水経済バランスの作り方はグルジア共和国経済研究所の1965～1966年報告にくわしく述べられている。

Оптимальное распределение водных ресурсов между водопользователями и водопотребителями

(水利用者および水消費者間の最適な水資源配分法)

Доктор техн. наук М. П. ФЕЛЬДМАН

(工学博士 A. P. フェリドマン)

кандидат техн. наук А. Л. ВЕЛИКАНОВ

(工学修士 A. L. ウェリカノフ)

инженер А. Г. КУДИНОВ

(技師 A. G. クディノフ)

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, No. 4, 1969 г.

1. 概要

ソ連邦は国家経済にも、また住民の需要にもあらゆる面において重要な意義を有する豊富な水資源を所有している。

しかし、国内全域にわたる水資源の利用水準は低い。近い将来、この事情は大きく変わることが予想される。特にソ連の南部、中央部および中央アジア地方では水資源の最も経済的な開発が行なわれるであろう。水資源を合理的に利用するためには水資源の改造が必要である。

現在行なわれている自然改造の処置と並んで、水資源の合理的な利用の処置を発展させなければならず、そのためには①水を使用する工業部門および農業の分散、②国民経済の各部門における水の消費ノルマの低下、③水源から消費者までの途中の水路における損失の低下、さらに④特に水が少なく消費者に十分な水を供給できない場合における水経済計画集団に加入している消費者間の水資源配分法等の問題の解決が必要である。

本文では上記④の水資源配分の最適化について論じた。

2. 水資源配分の最適化

水資源配分の経済的基礎は BKK (水経済計画集団) 加入のすべての機関に対して水を利用した場合と水を失った場合との効果を比較することにある。即ち、水資源の配分と同時に「損失」の配分も検討しなければならない。

(1) 水資源最適配分の判定基準の普遍的形態

水資源の最適配分の判定基準は、水資源の利用を基盤として生産されるいろいろな種類の生産物の計画生産高を達成する上で労働の効率を可能な限り高くすること、および一般住民のますます増加す

る需要を充足させることである。これらの種類の生産物を生産するために消費される労働効率の高度化も数量的に表わすと、定格期間 T の間の総合的定格消費が最小ということになる。

BXK に含まれる m 個のすべてのメンバーの T 年間における定格消費 3_{BXK} は次の形に表わされる。

$$3_{BXK} = \sum_{i=1}^T 3_{oi} + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^m (3_{ij} + 3_{ij}^{\pi} + 3_{ij}^p + 3_{ij}^y) \rightarrow \min \quad (1)$$

ここで i : T 年間を通じての年数番号

j : BXK (水経済計画集団) のメンバー

3_{oi} : BXK の共通 (総合) 設備への支出、水資源の予備手段の総合的構成の費用も含む

3_{ij} : 定格の水消費の状態において、 j 番目の加入者が生産物の所定生産高に対して支出する費用

3_{ij}^{π} : 同じ種類の生産物を同程度に生産し得るような他の水資源配分法を選択するために必要な追加支出、当面の BXK において各メンバーの水資源に対する要求が完全に充足された場合は $3_{ij}^{\pi} = 0$ である。

3_{ij}^p : 水資源が不足した場合 j 番目の加入者が生産物の所定量を維持するために予備手段を構成するための支出

3_{ij}^y : j 番目のメンバーの水不足による損失が予備手段構成によっても相殺されないときの金銭で表わされた損失。

(2) 水資源最適配分に対する動的計画法の適用

水資源 W を m 個のメンバーに対しいくつかの定格水準で配分するためには動的計画法が推奨される。特に設定された問題の解は R .ベルマンの考案による再帰式の形に書くことができる。

$$3^*(W) = \min [3_j(W_j) + 3_{j-1}^*(W - W_j)] \quad (2)$$

$$j = 1, 2, \dots, m, \quad \sum W_j = W$$

ここで、 W : 配分される水資源

W_j : j 番目のメンバーによって利用される水資源

$3_j(W_j)$: j 番目のメンバーにおいて、利用される水資源の関数としての支出、補足の対象による支出をも含む

$3^*(W)$: 支出の関数で前の段階 (例えば、2つのメンバーの間の水資源の配分) を基礎に次の段階 (3つのメンバーの間の配分) を求める手がかりとなる

式 (2) により水資源の最適配分の問題は j 番目のメンバーと他の全てのメンバーとの間の水資源の逐次配分の問題に帰せられる。

(3) 水不足時における水資源の最適配分

広い領域にわたる水不足は全国的な意義を有するが、この場合の損失は BXK メンバーが損失を免れるために支出した予備施設その他の特別措置の費用と、水不足の際に予備手段を講じても免れ得ない損失との和によって測られる。

従って、水不足の場合の $B \times K$ の業務に関する研究は、予備手段に関する支出 3_j^P と損失 3_j^Y との合計を最小ならしめることに帰せられる。

$$\sum_{j=1}^m 3_j^P(\pi^P) + \sum_{j=1}^m 3_j^Y(\pi^Y) = f(\pi) = f(W) = \min \quad (3)$$

ここで π^P : 予備手段によって相殺される水資源の不足

π^Y : 損失をもたらし水資源不足

式(3)を解くためには与えられた水量をもつ水資源の最適配分のための方程式(2)と同じアルゴリズムを用いることができる。特に、方程式(3)を解くためには次の再帰式の利用が推奨される。

$$f_j^*(\pi) = \min \{ 3_j(\pi_j) + f_{j-1}^*(\pi - \pi_j) \} \quad (4)$$

$$\text{但し、} \sum_{j=1}^m \pi_j = \pi$$

ここで、 π : 集団のメンバーの間で配分しなければならない総合損失

$3_j(\pi_j)$: j 番目のメンバーについての支出(損失)関数、構成可能な予備手段への支出と損失との間に最適に配分された状態を表わす。

$f_j^*(\pi)$: 式(2)の $3^*(W)$ と類似の関数

この方程式を解くと集団の各メンバーの間における損失の最適配分の相互関係を表わす数列

$$\{ \pi_j(\pi_{j-1}) \}$$

を得る。

水利問題の経済論的接近

— 水資源配分最適化の理論 —

安井 正巳

"水利科学" Vol. 14-6 1971-2

1. 概 要

最近水利用の合理化とか、最適な水配分とかといわれることが多くなった。これは経済発展に伴って、利用し得る水資源が相対的に稀少性を増したことの結果である。経済活動において生産に使用され、または消費される水の獲得が物理的にも経済的にも必ずしも容易ではなくなった。つまり、水が自由財としての性格から経済財としての性格も次第に強めてきたのである。

本文では水問題についての最も原初的な問題意識から出発し、また概念的ではあるが経済論の立場から接近し、水利問題というのは経済論的に如何なる意味をもつか、その性格を明らかにする。

2. 機会費用および水経済の効率

水を生産財として価値づけ労働と水が代替関係にあると考え、また水配分経済の立場から機会費用概念を導入する。これに基づき現実的に資源の配分が行なわれることになるならば、以下のような水経済の効率が達せられる。

経済理論の教えるところによれば、経済的調整の効率は次の3つの大きな決定の効率に依存する。

- (1) 生産すべき財のもっとも効率の良い選択。
- (2) これらの財の生産に必要な資源のもっとも効率のよい配分と、もっとも効率的な生産方法の選択。
- (3) 消費者間における生産された財のもっとも効率のよい配分。

なお、労働と水との関係についてある生産について簡単のため労働と水の二財が投入されるものとして、等量曲線(I)と等費用線(LW)を第7図に示した。等費用線の勾配は労働と水との価格比によって決定される。その線上のどの量の組合せをとっても等費用である。このとき等量曲線に等費用線が接する点が、生産において投入される労働と水の量の組合せの最も望ましい点である。

3. 考慮すべき経済的要因

(1) 水の需要と供給

水の需要および供給の価格弾力性(第1図参照)は小さいと考えられるが、この小さいということとは水資源の最適配分の面からは必ずしも好ましい条件ではない。

(2) 需給ギャップ

水需給の間にギャップが生じるのは避けられず、これには供給後行型、供給先行型、折衷型の3つ

がある(第4図)。さらにまた、物的供給と制度的供給体制の間には一定のずれが生じる(第5図)。

(3) 水生産費の上昇

水利用の型、生産方法、即ち、水資源開発の方法、生産地域等が異なることによって生産費は異なる。

生産費上昇の原因としては次のものが考えられる。

① 利用率をあげる。即ち、生産を増加する場合、生産のための限界的投入量が急激に上昇するという開発技術上のメカニズムが働くことによるもの。

② ダムの補償費の高騰

③ 都市化形態との深い関連

(4) 公共財について

公共財の特徴として、かつてはプライスメカニズム=価格機構(2.および第9図参照)が働かず、これによって資源配分をはかることが不可能であるから、その代りに税金とか補助金などで操作することが考えられた。

しかしながら、資本主義の進展、公共投資の進展は水における公共財的性格を変化させ、そのことによって水資源配分におけるプライスメカニズムの働く余地を拡大した。言いかえれば、水が私的財的性格を強めてきた。例えば、典型的な例として多目的ダムにおけるアロケーションである。多目的ダムにおいては、各部門における水利用の費用、便益を計算して最適な水配分を行なおうとするのがその理念であるから、水配分においてプライスメカニズムの理念が導入されてきていると考えてよい。

なお、公共投資の進展が水における公共財的性格を変化させるということに関して次のように言うことができる——“公共投資は公共財的なものに多く向けられることがあるにしても、一方では公共投資の結果、公共財の基本的性格、即ち、無競争性、排除不可能性を、競争性および排除可能性にかえることができるならば、公共投資は公共財的性格のものを私的財的性格のものにかえる役割をもつことになるのは、公共財に関する定義からしても明らかである。”

(5) 資源の帰属

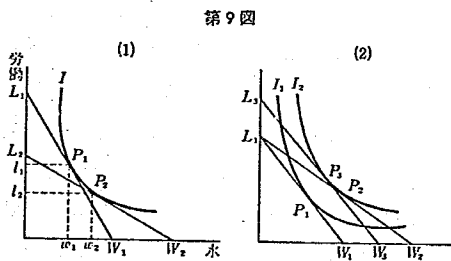
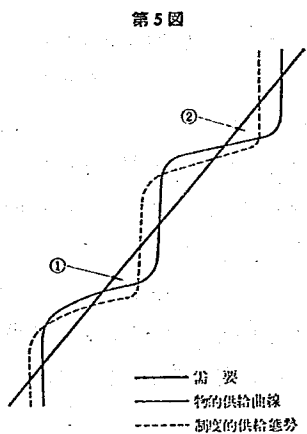
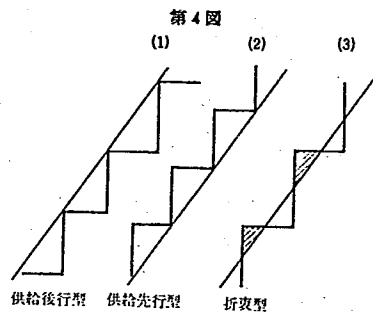
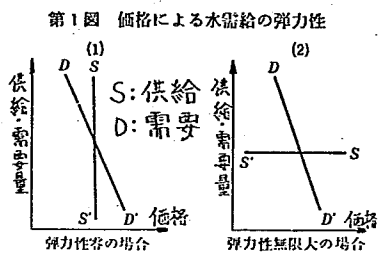
配分問題においては、国際河川の問題のようにその資源が何処に帰属していたのかという問題が生じる。

例えば、水利用合理化の場合、それによる効用の一部は地域に還元すべきであるとの考えから、水配分計画における地域環境整備論が主張されるのもこの種の問題である。

具体的事例として、農業水利の場合、水利権、所有権、管理権は何処に帰属するのかという問題がある。

(6) その他

本文では水資源配分に関する経済理論として基本的なことからについて論じているのであって、現実存在する社会的、制度的障害についてはふれておらず、別途論ずる必要がある。



§.10 参 考 文 献

水資源配分モデルに関する前記 §.1 ~ §.9 以外の有力と思われる参考文献を以下に挙げる。

1. Heaney J.P. 1968 "Mathematical programming analysis of regional water resource systems"
Proceedings : National Symposium on the Analysis of Water Resource Systems.
American Water Resources Association. pp 231 ~ 240
2. Pyatt. E.E, Heaney. J.P. Grantham. G.R, Carter. B.J. 1969 "A model for quantifying flow augmentation benefits"
3. Street. D.R, 1970 "Socio-economic problems in water resource use and control. Production functions and social costs"
4. Clyde. C.G., King. A.B., and Anderson. J.C., "Application of Operations Research Techniques for Allocation of Water Resources in Utah"
PRWG 73-2, Utah Water Research Laboratory, College of Engineering,
Utah State University, Logan, Utah Sept., 1971
5. Nathan Buras, 1972 "Scientific Allocation of Water Resources" American Elsevier, New York, Environmental Science Series.
6. Reinbeck. B, 1969 "Zur Frage der Vorausbrechnung des zukünftigen Wasserbedarfs." Gas-Was - Serfach
7. Т.Н. ПЕРВОЗВАНСКАЯ, А.А. ПЕРВОЗВАНСКИЙ., "АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РЕСУРСОВ."
(中心資源の最適割当方法を決定するアルゴリズム)
255 ИЗВЕСТ АКАД НАУК СССР ТЕХ КИБЕРИЕТ
8. 鈴木光男 "水資源計画における多部門間配分"
東京工業大学社会工学科 鈴木光男研究室 1973.3

第2章 水資源配分に関連する要因の分析

水資源の配分を考察する際、どのような要因を取り上げなければならないか、また各要因相互間にはどのような関連性があるのかも解明するのが第2章における目的である。

その方法は流域を構成するブロックを表2-1に示すような8つのブロックに分割し、各ブロックについて「水量」「水質」「行政・制度・社会」の諸条件が変化した場合にどのような適応策(行為)がとられ、その結果、生活・経済・社会・自然環境(生態系)、その他の面でどのような影響が生ずるかという観点からの分析を主として文献に基づき行なった。

表2-1 流域を構成するブロック

ブロック名	概 要
河 道 (§1)	河道・湖沼・貯水池等における漁業・舟運・観光等の人間活動と自然生態系の状況、および河川施設の建設・管理・法的規制等の行為を含む。
農 業 (§2)	水田・畑等の農地における生産活動、農業用水路からの取水、農業排水路からの排水等を含む。
上 水 道 (§3)	水源からの取水、浄化処理、水需要者への配水等の行為のほかに、節水PRや漏水対策、中水道の建設等の行為を含む。
家 庭 (§4)	住宅における水利用を主として取扱うほか、団地等における水の回收利用も含む。
工 業 (§5)	工場における水利用、工業用水道を通じての取水、種々の形態での排水、工場内での水の処理・循環再利用等を含む。
業 務 (§6)	商業活動、業務活動等に基づく水利用を主として取扱うほか、ビルにおける水の回收利用も含む。
下 水 道 (§7)	下水道による各種排水の流送、下水処理場における処理(高度処理も含む)等を含む。
流域生態系 (§8)	流域における地下水の変動、地盤沈下、自然生態系への影響、海域の状況等を含む。

水循環システム

流域を構成する8ブロックの関連性を「水の流れ」という観点から表現すると、図2-1「水循環システム模式図」のようになり、これを表として示すと表2-2「水循環システム表」のようになる。

表2-2においては、例えば上水道の縦の欄をみると、上水道からの水の流れが家庭・工業・業務・流域生態系へと流れることがわかる。一方、横の欄として例えば家庭欄をみると、家庭は上水道、家庭内部の回收利用および流域生態系からの地下水取水という形で給水を受けることがわかる。

なお、各ブロック内部における水質の変化(水利用による汚濁・浄化)を横欄の各ブロックの二役目に二重枠として示した。

流域構成ブロックにおける諸条件の変化

各流域構成ブロックの特性を明らかにするため、各ブロックをとりまく諸条件を種々に変化させた場合に生ずる様々の状態を考察した。本調査で想定した「諸条件の変化」は、表2-3に一覧表として

図 2-1 水循環システム模式図

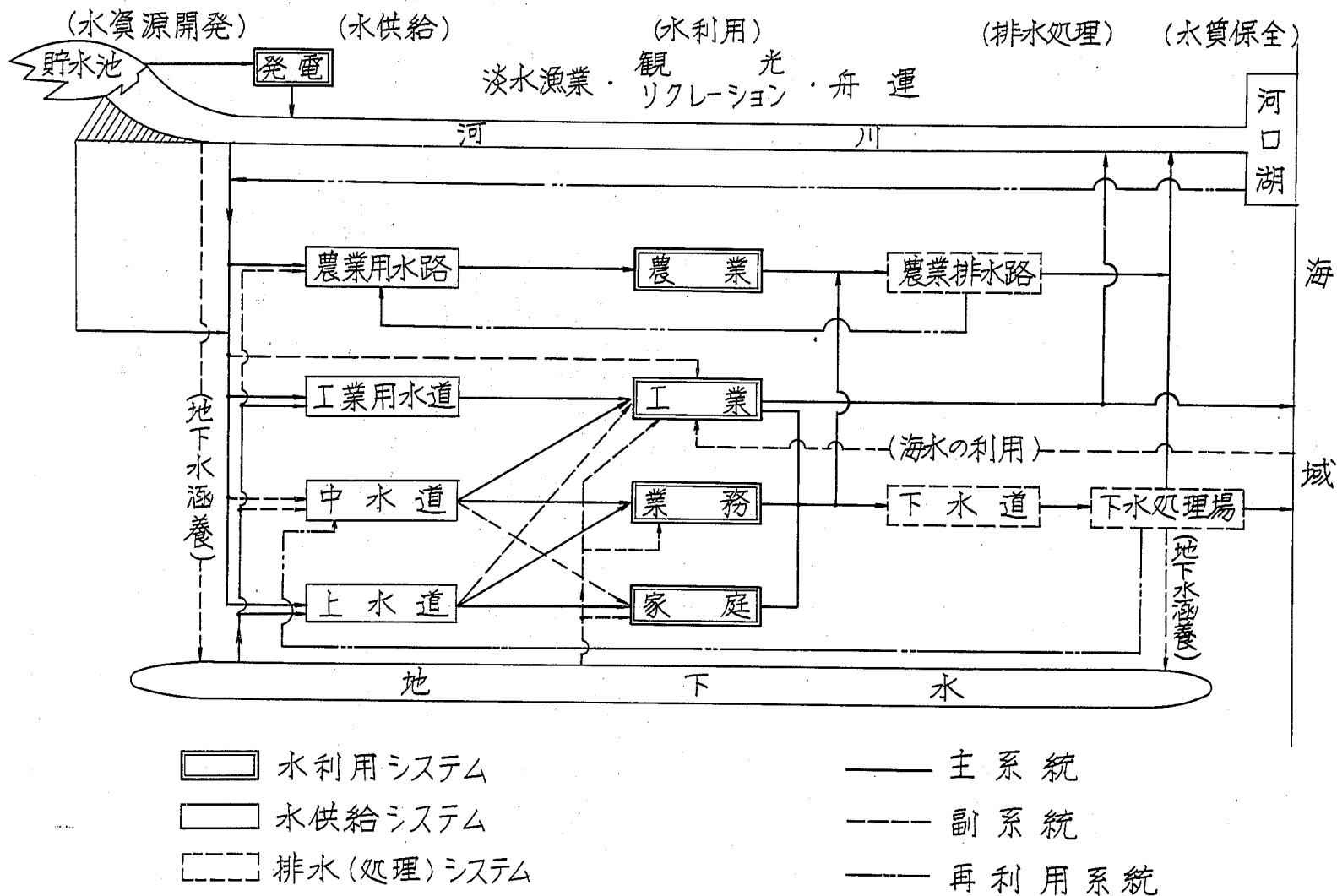


表2-2 水循環 システム表

流入 水質変化 流出		河 道	農 業	上 水 道	家 庭	工 業	業 務	下 水 道	流域 生態系
河 道	流入	水系間の 水の融通	農業排水			工場排水		下水排水	地下水湧出 雨水 塩水遡上
	貯留 流下	河道 浄化							
農 業	取水	河川水 取水						下水再利用	地下水取水 雨水
	水利用 排水		肥料・農業 等による汚濁						
上 水 道	取水	河川水 取水						中水道 下水再利用	地下水取水
	処理 配水			浄化処理					
家 庭	給水			上水道供給	回收利用				地下水取水
	水利用 排水				生活への利 用による汚濁				
工 業	給水	河川水 取水		工業用 水道供給		回收利用		下水再利用	地下水取水 海水取水
	水利用 排水					工場での利用 による汚濁			
業 務	給水			上水道供給			回收利用		地下水取水
	水利用 排水						商業業務での 利用による汚濁		
下 水 道	流入				家庭下水	工場排水	業務排水		雨水
	処理 排水							下水処理	
流域 生態系	流入	地下浸透 海洋流下 蒸発	地下浸透 海へ排水 蒸発	漏水 蒸発	地下へ排水 蒸発	地下へ排水 海へ排水 蒸発	地下へ排水 蒸発	海へ排水 蒸発	雨水浸透 蒸発 塩水遡上
	貯留 流下								海域土壌 の浄化

示した。

ここで取り上げた諸条件の変化は、①水量の変化、②水質の変化、③行政・制度・社会条件の変化の三つに大別できるが、①と②についてはさらに定常的な現象と過渡的な現象に分けて考えた。

表2-3 各流域構成ブロックにおいて考慮した諸条件の変化

流域構成ブロック	水 量		水 質		行政・制度 社会条件
	定常的現象	過渡的現象	定常的現象	過渡的現象	定常的現象
河 道	・流量減少 ・流量増大	・渇水	・水質悪化 ・塩水遡上 ・水質向上	・毒物病原菌等の流入	・河道整備 ・単価の高騰 ・水資源開発 ・単価の高騰
農 業	・用水量減少 ・用水量増大	・渇水	・用水水質悪化 ・用水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・水利権の再検討 ・都市化の進行 ・灌漑施設建設 ・維持単価の高騰
上水道	・原水量減少 ・原水量増大	・渇水	・原水水質悪化 ・原水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・原水単価の高騰 ・水道施設の建設 ・維持単価の高騰
家 庭	・給水量減少 ・給水量増大	・給水制限 (渇水等による)	・給水水質悪化 ・給水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・節水PR ・水道料金の低廉化 ・水道料金の高騰
工 業	・給水量減少 ・給水量増大	・給水制限 (渇水等による)	・給水水質悪化 ・給水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・排水規制 ・節水PR ・用水料金の高騰 ・用排水施設建設 ・維持単価の高騰
業 務	・給水量減少 ・給水量増大	・給水制限 (渇水等による)	・給水水質悪化 ・給水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・節水PR ・用水料金の高騰 ・用排水施設建設 ・維持単価の高騰
下水道	・雨水水量減少 ・雨水水量増大		・下水水質悪化 ・下水水質向上	・毒物病原菌等の流入	・排水規制 ・処理施設の建設 ・維持単価の高騰
流域生態系	・地下水水位低下		・地下水への流入 ・水質悪化 ・海洋への流入	・毒物病原菌等の流入	

各流域構成ブロックの特性

それぞれの流域構成ブロックごとに、①要因分析表と②バックデータおよび参考文献を付し、その特性を示した。本節における§.1～§.8には8つの流域構成ブロックの特性を示し、§.9には参考文献をまとめて示した。

(1) 要因分析表

上欄に該当ブロックにおいて取り上げた「諸条件の変化」を挙げ、それらの諸条件の変化が該当ブロックに与える影響（経済的・社会的・生態的影響）を下段に示した。

一方、「本ブロックが取り得る行為または対応策」を縦欄に列挙し、諸条件の変化に対応して実施される行為または対応策については該当欄に○印を記入した。また※印をつけた行為または対応策は即時的・緊急的な実施が可能なものを表わす。例えば、上水道ブロックにおいて渇水時にとられる「給水制限」はこのような対応策の一例である。

それぞれの「行為または対応策」が当該ブロックに与える影響と問題点を右欄に記した。

さらに、「諸条件の変化」ならびに「行為または対応策」が他ブロックに与える直接的影響をブロックの略記号を用いて右端欄に示した。略記号は、河道→河、農業→農、上水道→上、家庭→家、工業→工、業務→業、下水道→下、流域生態系→域を用いた。

(2) バックデータと参考文献

要因分析表のあとに、当該ブロックの特性を表わすバックデータを示した。バックデータは

A 一般データ

B1 水量に関するデータ

B2 水質に関するデータ

B3 行政・制度・社会条件に関するデータ

C 行為または対応策に関するデータ

の順に記載した。各データの出典を明らかにするため、文献NO.を付し、§.9の文献録に参考文献をまとめて記し、文献NO.との対照を行った。

また、バックデータとして取り上げなかったが、当該ブロックの特性を知る上で参考となる参考文献NO.を各§.の最後のページに記したが、「行為または対応策」の参考文献は、各行為または対応策ごとに要因分析表に付した番号に従い、C1, C2, -----なる記号を冠してその文献NO.を記した。

§.1 河道ブロック

諸条件の変化 本ブロックが取り得る 行為または対応策	水 量		水 質		行政制度 社会条件		本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響
	定	常	定	常	過	渡		
	流 量 減 少	流 量 増 大	濁 水 質 悪 化	水 質 向 上	塩 水 遡 上	毒 物 ・ 汚 濁 原 因		
1 ダム、貯水池の建設・管理	○		○				河口部 海岸線の変化、ダムの埋没、 河川流況の変動は長期的になる。	
2 河口堰・取水堰の建 設・管理	○				○		河床変動、 内水面漁業に影響。	
3 湖沼の開発・管理	○	○	○				水位変化による湖沼流域への影響。	
4 水系間流量調節施設 (流況調整河川)の建設・管理	○		○					
5 濁水調整(取水制限等)*			○					農・上・工
6 酸素・薬品の注入*				○				
7 河床汚泥の浚渫				○			DOの回復。	
8 浄化用水の導入*				○				
9 水質監視・排水規制の 強化				○		○		上・下
							魚介類の死滅、漁獲物の価値の低下、あるいは有害な 魚介類、一担混入すると回復までに日数を要する。	農・上・工・水
							塩害。	
							自浄作用の向上。	
							富栄養化、有毒藻類、カスの発生および異臭、舟運障害、観光価値 低下、魚介類の産卵妨害、価値の低下、死滅。	
							魚介類に被害。塩水の遡上、水力発電に影響。	
							汚濁濃度増大、水力発電に影響。	

バックデーター

B1 (河道ブロックの水量に関するデータ)

第4章 わが国の水の賦存と水利用

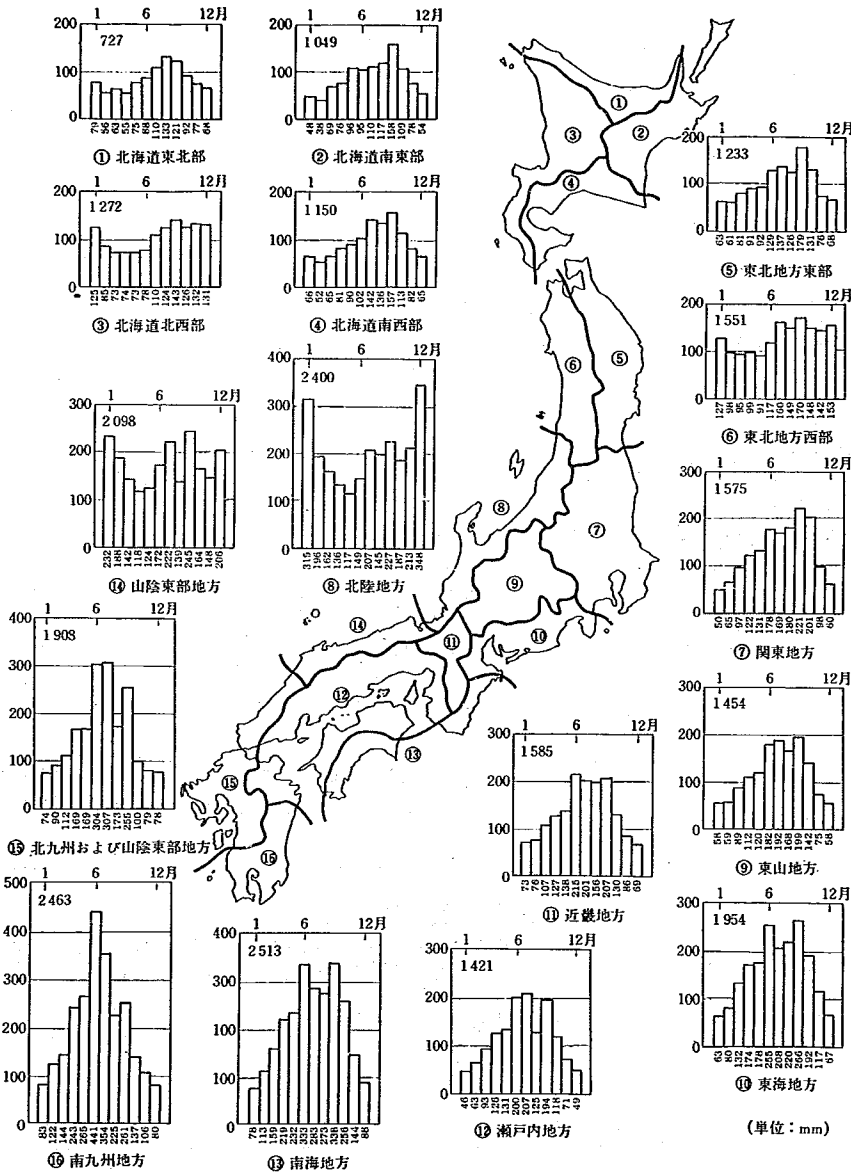


図 4-2 各気候区における月別面積降水量の年変化【文献 2】

No. 187

B2 (河道ブロックの水質に関するデータ)

表 8・9 水中の不純物

物質の性格	物質の種類	指標
主 溶 質	Na, Ca, Mg, Cl など	硬度, 塩分
微量無機成分	Mo, Pb, Ca, CN, Hg など	各成分分析
放射性物質	⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs, ²²⁶ Ra など	放射能
有機溶質	洗剤, 農薬, 糞尿成分など	COD, BOD
浮遊物質	粘土, 微生物など	SS
微生物	大腸菌, バクテリアなど	大腸菌群数
気体成分	酸素, 硫化水素など	DO

No.151

第3表 有害物質の環境基準

	シアン	アルキル 水 銀	有機リン	カドミウ ム	鉛	クロム (6価)	ヒ 素	総水銀
基準値	検出され ないこと	検出され ないこと	検出され ないこと	0.01ppm 以下	0.1ppm 以下	0.05ppm 以下	0.05ppm 以下	0.0005 ppm以下

No.175

第4表 河 川

項目 類型	利用目的の適応性	基 準 値				
		水素イオン 濃度(pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道 1 級 自然環境保全お よびA以下の欄 に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	1 ppm 以下	25ppm 以下	7.5ppm 以上	50 MPN/100 ml以下
A	水道 2 級 水道 1 級 水 浴 およびB以下の 欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	2 ppm 以下	25ppm 以下	75ppm 以上	1,000 MPN/100 ml以下
B	水道 3 級 水道 2 級 およびC以下の 欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	3 ppm 以下	25ppm 以下	5 ppm 以上	5,000 MPN/100 ml以下
C	水産 3 級 工業用水 1 級 およびD以下の 欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	5 ppm 以下	50ppm 以下	5 ppm 以上	—
D	工業用水 2 級 農 業 用 水 およびEの欄に 掲げるもの	6.0 以上 8.5 以下	8 ppm 以下	100ppm 以下	2 ppm 以上	—
E	工業用水 3 級 環 境 保 全	6.0 以上 8.5 以下	10ppm 以下	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと	2 ppm 以上	—

No.175

第5表 湖沼（天然湖沼および貯水量千万 m^3 以上の人工湖）

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		水素イオン 濃度(pH)	化学的酸素 要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全 およびA以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1ppm 以下	1ppm 以下	7.5ppm 以上	50 MPN/100 ml以下
A	水道2, 3級 水産2級 水浴 およびB以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3ppm 以下	5ppm 以下	7.5ppm 以上	1,000 MPN/100 ml以下
B	水産3級 工業用水1級 農薬用水 およびCの欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5ppm 以下	15ppm 以下	5ppm 以上	—
C	工業用水2級 環境保全	6.0以上 8.5以下	8ppm 以下	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと	2ppm 以上	—

第6表 海 域

項目 類型	利用目的の適応性	基準値			
		水素イオン 濃度(pH)	化学的酸素 要求量 (BOD)	溶存酸素量 (DO)	N-ヘキサ ン抽出物質 (油分等)
A	水産1級 水浴 およびB以下の 欄に掲げるもの	7.8以上 8.3以下	2ppm 以下	7.5ppm 以上	1,000 MPN/100 ml以下 検出されな いこと
B	水産2級 工業用水 およびCの欄に 掲げるもの	7.8以上 8.3以下	3ppm 以下	5ppm 以上	— 検出されな いこと
C	環境保全	7.0以上 8.3以下	8ppm 以下	2ppm 以上	—

表一 1 日本淡水湖沼、河川における主要栄養塩含
量 (mg/l) (坂本, 1966)

	N	P	Fe	Ca
貧栄養湖	0.02~0.2	0.002~0.02	0.02~0.3	1.1~23.4
中栄養湖	0.1~0.7	0.01~0.03	0.1~1.1	2.3~21.9
富栄養湖	1.3~0.5	0.01~0.09	0.5~0.7	3.4~26.9
河 川	0.05~1.1	0.002~0.23	0.09~2.2	2.4~28.0
	Mg	Na	SO ₄	SiO ₂
貧栄養湖	0.8~4.3	0.0~5.2	0.6~24.0	1.1~28.1
中栄養湖	0.1~2.0	2.1~6.7	0.8~21.8	3.0~15.4
富栄養湖	2.5~11.3	5.6~28.1	0.6~28.6	1.0~41.7
河 川	0.4~8.0	2.1~23.8	1.2~33.9	6.1~54.6

表一 2 各種淡水産植物プランクトンの諸々の栄養元
素に対する最低要求量 (mg/l) (坂本, 1966)

種	N	P	Fe	Ca	Mg	SiO ₂
<i>Pediastrum Boryanum</i>	0.69	0.045	0.02	0.2	2.4	2.0
<i>Staurastrum paradoxum</i>	0.65	0.069	—	0.2	4.0	0.0
<i>Botryococcus Braunii</i>	0.35	0.089	—	0.02	0.0	0.04
<i>Nitzschia palea</i>	1.39	0.019	—	0.9	0.1	0.8
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0.26	0.013	—	0.02	0.1	19.6
<i>Asterionella gracillima</i>	0.51	—	—	0.18	0.01	9.8
<i>Tabellaria flocculosa</i>	—	0.045	0.3	10.0	1.9	2.0
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	5.0	0.2	0.04	0.0	0.1	9.8
<i>Microcystis aeruginosa</i>	6.8	0.45	0.06	0.25	2.5	—

No. 131

No. 131

No. 187

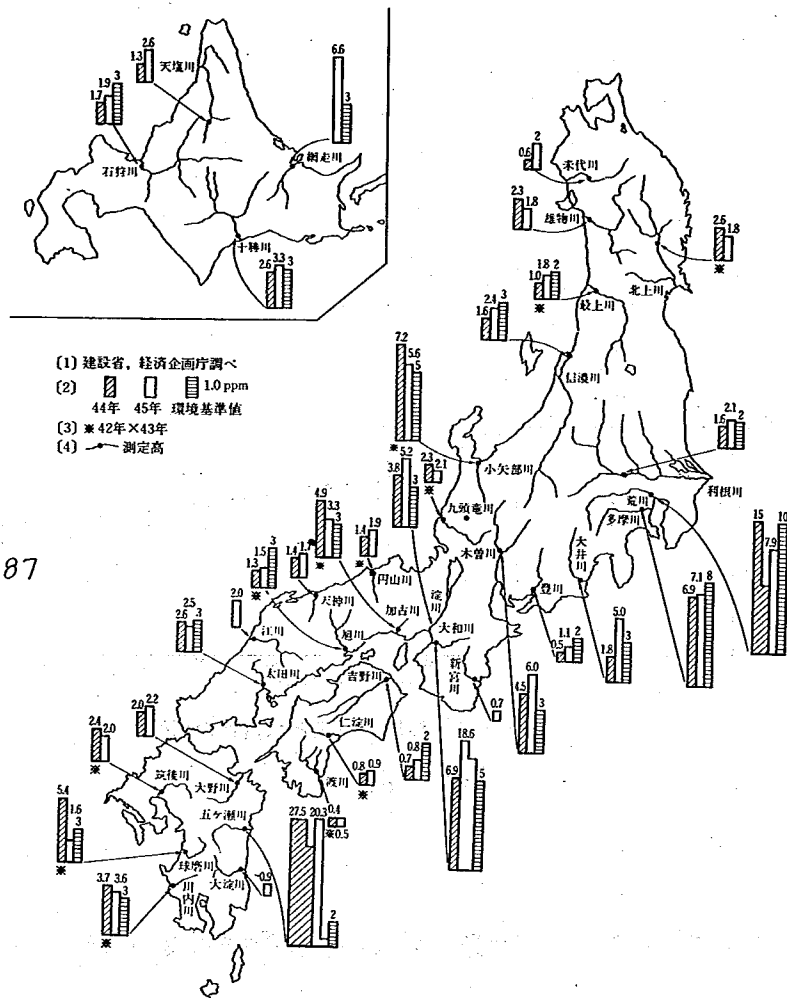


図 2-4 全国の水質汚濁状況【文献 14】

No. 160

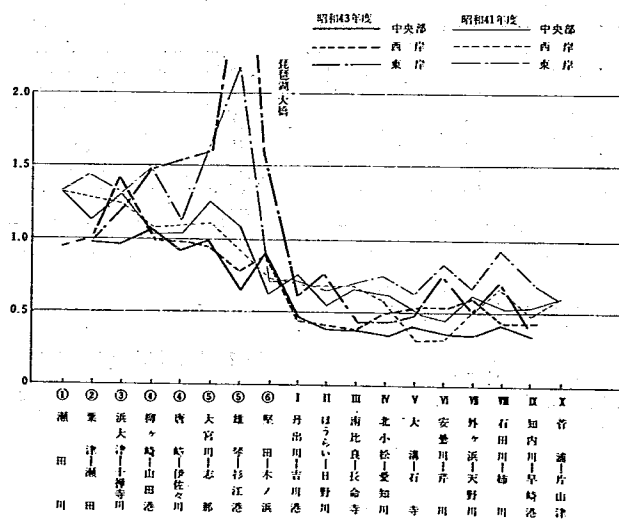


図 4.5 琵琶湖の水質の場所的变化 (BOD ppm)

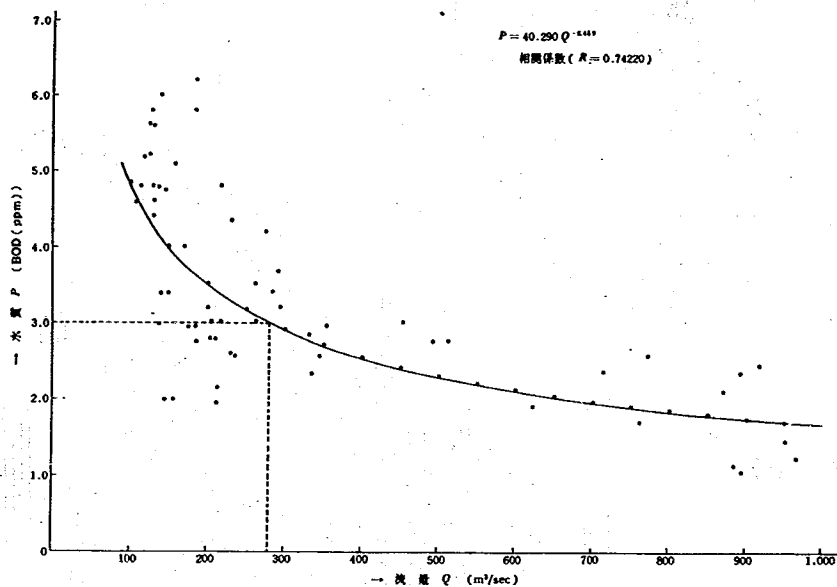


図 2-3 淀川の流量と水質との関係

No. 168

B3 (河道ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

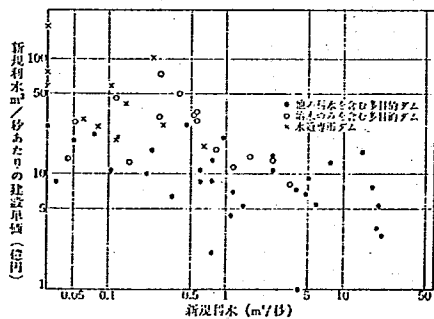


図-1 新規利水 1 m³/秒あたりの建設単価
(水資源開発公団分区分を含む)

No. 85

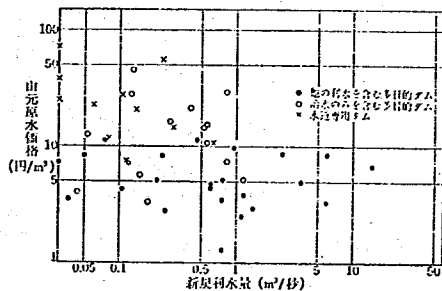
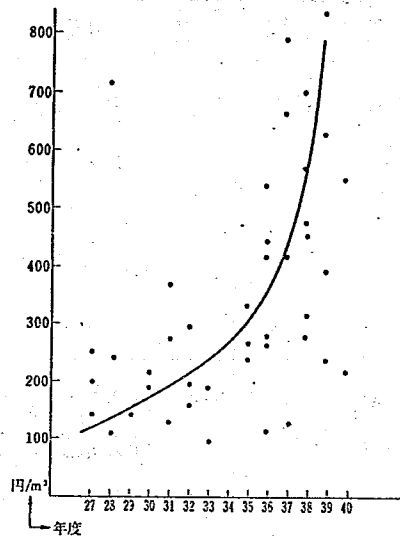


図-2 山元原水価格と開発規模等

No. 85

第6図 ダム単位貯水量当たり事業費の推移

No.105



- (注) 1. 河川総合開発事業補助ダムを対象とした。
 2. 単位貯水量当たり事業費

$$= \frac{44\text{年換算事業費}}{\text{有効貯水量}}$$

 3. 年度は完了年度。

C. (河道ブロックの行為または対応策に関するデータ)

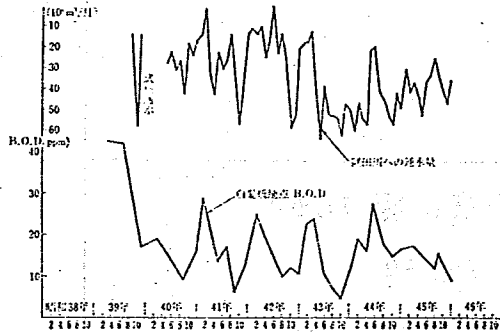


図-5 限四川における水質の経年変化と浄化用水通水量

No. 26

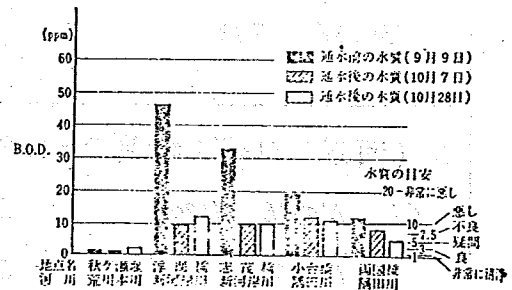


図-6 通水前後の BOD 比較

No. 26

表 28 多摩川の水質の変化と水処理費 (毛川浄水場調査)

年度	薬品費 (円/m³)	B O D (ppm)	アンモニア性窒素 (ppm)	フェノール (ppm)	A B S (ppm)
1955年	0.244	2.5	0.01		
1956	0.212	1.8	0.04		
1957	0.291	2.8	0.27		
1958	0.350	3.4	0.23		
1959	0.376	2.2	0.26	0.01105	
1960	0.585	2.0	0.47	0.0053	0.15
1961	1.388	2.8	0.69	0.0067	0.37
1962	4.127	5.0	2.73	0.0171	0.72
1963	5.250	4.3	3.91	0.0142	1.00
1964	9.000	6.0	5.05	0.0202	1.09
1965	5.160	4.8	4.97	—	1.95
1966	4.753	5.19	2.89	—	1.23
1967	—	7.66	6.372	—	2.253

表-7 低流量時における流出水質 (BOD) (昭和35年)
(単位: ppm)

条 件	工場排水の処理を行わずに河川に直接排水する場合	工場排水の処理を行って河川に排水する場合	市町村指定区域全域三次処理を行なった場合
地 点			
羽川渡	95.6	74.5	8.0
川口 三河合流点	46.1	19.1	8.0
宇都川 三河合流点	11.4	4.5	3.0
本津川 三河合流点	10.7	5.0	2.0
淀川 牧方	14.1	5.3	3.0

No. 172

No. 150

参 考 文 献

A. (河道ブロック一般に関するもの)

No. 13 PP67 ~ 73
 No. 84 PP30 ~ 33
 No. 143 PP50 ~ 51
 No. 160
 No. 188
 No. 189

B1. (河道ブロックの水量に関するもの)

No. 2 P6
 No. 50
 No. 146 PP83 ~ 112

B2. (河道ブロックの水質に関するもの)

No. 9 PP68 ~ 69
 No. 39 P 54
 No. 40 P 16
 No. 44 P 52
 No. 131 P 26
 No. 146 PP26 ~ 54
 No. 150 P 66, PP143 ~ 145
 No. 151 PP175 ~ 177
 No. 152 P24
 No. 153 PP45 ~ 52, 57 ~ 62
 No. 156 P121

B3. (河道ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)

C. (河道ブロックの行為または対応策に関するもの)

C1. No. 15 P24

No. 85 PP10 ~ 19

No. 112 P106

No. 151 P145

C2. No. 150 P66

C3. No. 85 PP10 ~ 19

C4. No. 14 P6

No. 85 PP10 ~ 19

C5. No. 50

C6. No. 9 P69

No. 151 PP175 ~ 177

C7. No. 26 PP23 ~ 25

C8. No. 26 PP23 ~ 25

C9. No. 26 P31

§2 農業ブロック											
諸条件の変化 本ブロックが取り得る 行為または対応策	水 量		水 質		行政・制度・ 社会条件			本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響		
	定	過	定	過							
	用 水 量 減 少	用 水 量 増 大	用 水 質 悪 化	用 水 質 向 上	毒 物・ 病 原 菌 等 の 流 入	用 排 水 施 設 の 建 設	維 持 単 価 の 高 騰			都 市 化 の 進 行	水 利 権 の 再 検 討
1 地下水の利用	※○		○	○		○	○		地下水の塩水化による被害	域	
2 用排水路のコンクリート 化・パイプ化	○							○	景観を損う	上・工	
3 取配水系統の整備・ 改善	○							○	配水効率の向上,末端地域にまで配水可能		
4 都市用水との水路の 共用化	○	○					○	○	無効水量の減少 水源費及び管理費の分担が複雑		
5 水利用管理体制の改 善	○			○		○			○		
6 下水処理水, 雑用水の 有効利用	○	○								省力化(例えば大根の引抜き時に畑地冠水)	
7 休耕或は水田から畑地 への転換	○		○					○			
8 品種の変更	○			○							
9 非食用植物の作付け				○							
10 土壌の改良				○							
11 水消費型生産様式 (散水設備等)		○							例えば畑地への均等散水による増収。 例えば,副業として鶏舎にクーラを設置し産卵促進。		
									宅地化した農地面積の相当水量を差し引くことは不能 農地の宅地化,用水路の都市排水路化,施設網の分 断による配水阻害或は労働力不足による配水管理の粗放化。	河・ 上・ 工	
									土壌の悪化,有害な農作物。	河・ 域	
									土壌の悪化,減収,有害な農作物,用排水施設の機能阻害, 労働環境悪化,生産性低下。		
									減収。		
									減収,水質悪化を招く。		

バックデーター

A (農業ブロックに関する一般データ)

No. 176

供 給			消 費		
	mm/日	%		mm/日	%
農業取水水量	17.7	76	地区内消費量	9.8	42
地区内雨量	4.5	20	内訳 { 蒸発量	6.0	26
都市下水水量	1.0	4	{ 滲透量	3.8	16
			地区外排水量	13.4	58
供給計	23.2	100	消費計	23.2	100

(注) 大阪府高槻市大冠土地改良区 (416.5ha) に
おける調査 (37・38年)

表-2 水田における水収支

B1 (農業ブロックの水量に関するデータ)

表-1 全国の畑地かんがい計画消費水量 (平均値)

		単位 mm/day											
作物	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
み かん	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2	
ぶ ど う	1	2	2	4	4	4	4	5	4	3	2	2	
り ん ご						3	4	4	5				
				3	4	5	6	6	5	3			
					3	3	4	4	3	3			
					5	5	5	5					
桑 茶	2	2	3	3	3	4	5	5	4	3	2	2	
ば こ	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	2	2	
た そ ば	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2	
と ま と、きゅうり	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	
稲 飼 料				5	5	6	8	8	6				
牧 草 飼 料	2	2	3	3	4	5	6	6	5	3	3	2	

No. 141

表-3 九州における畑地の計画日消費水量基準表 (案)

1. 九州北部地域

		単位 mm/day											
作物	月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
み かん	2	2	2	3	4	4	5	5	5	3	3	2	
ぶ ど う	2	2	2	3	4	4	5	5	4	3	2	2	
桑 茶	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2	
た そ ば	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2	
牧 草 飼 料	2	2	3	4	5	5	6	6	5	4	3	2	

2. 九州南部地域

		単位 mm/day											
作物	月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
み かん	2	2	2	3	4	5	6	6	5	4	3	2	
ぶ ど う	2	2	2	3	4	4	5	5	4	3	2	2	
桑 茶	2	2	3	3	3	4	5	5	4	4	2	2	
た そ ば	2	2	3	3	3	4	5	5	4	4	3	2	
牧 草 飼 料	2	2	3	4	5	5	6	6	5	4	3	2	

No. 141

表-2 全国畑地かんがい計画日消費水量一覧表

(農地局技術課調)

1. みかん

地区名	県名	月別消費水量 mm/day											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
根府川	神奈川	2	2	2	4	4	4	5	5	5	3	2	2
牧の清	〃	2	2	2	3	3	4	4	4	4	3	3	2
静電下	〃	1	1	1	2	2	4	5	5	3	3	2	1
天竜方	〃	1	2	2	3	5	5	6	7	5	4	3	2
三伊	〃	1	1	1	2	2	4	5	5	3	3	2	1
伊石	〃	2	2	3	3	4	5	5	5	4	3	3	2
矢作	岐阜	1.4	1.5	2.1	2.6	2.5	3.6	4.2	4.8	3.7	3.8	1.9	0.8
豊川	〃								5.5				
中津	三重	2	2	3	3	3	4	5	5	4	4	3	2
木津	三京	1.2	1.1	1.4	1.8	2.0	2.6	3.1	4.5	3.1	2.8	1.7	1.7
北淡	兵衛	0.6	0.6	0.7	1.6	2.0	3.9	3.9	4.4	2.4	1.7	0.9	0.7
南紀	和歌	2	2	2	2	3	4	4	5	4	4	3	2
十津川	〃	1.2	1.1	1.5	2.1	2.3	3.6	4.0	4.7	3.8	2.7	1.9	1.1
有田	〃	1.1	1.0	1.7	2.4	2.4	4.0	5.0	5.2	4.9	3.2	2.3	1.3
日高	〃	1.4	1.4	1.9	2.3	3.3	4.6	4.8	5.0	5.0	3.6	2.8	1.4
高津	左	—	—	—	—	3.9	4.3	4.7	4.9	4.5	—	—	—
吉井	川	1.7	1.9	2.5	3.1	3.4	3.8	4.8	5.0	3.2	2.4	1.9	1.5
吉野	北	0.4	0.4	0.7	1.4	2.6	3.4	3.9	4.0	3.1	2.1	1.0	0.5
吉香	川	1.9	2.1	2.7	2.9	3.7	3.6	4.2	4.6	3.4	2.8	1.9	1.8
板東	水	1.6	1.9	2.1	2.6	2.9	3.3	4.0	4.5	3.1	2.1	1.7	1.6
藤原	谷	1.4	1.4	—	—	—	2.9	4.5	5.1	4.6	3.6	—	—
菊古	間	—	—	—	—	—	2.2	3.4	3.7	3.2	—	—	—
阿上	筑	0.5	0.7	0.9	1.6	2.9	3.6	4.1	4.2	3.4	2.3	1.3	0.8
緑出	場	2	2	2	2	2	2	5	5	5	2	2	2
志水	野	—	2	2	3	4	4	5	5	4	3	2	—
天国	岐	2	2	2	3	4	4	5	5	5	4	3	2
金原	地	2	2	2	3	4	5	5	5	5	4	3	2
笠原	東	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
志松	川	1	1	2	3	4	4	5	4.1	3.2	—	—	—
	分	—	—	—	—	—	3.0	3.7	4.1	3.2	—	—	—
	〃	—	—	—	—	—	3.0	3.7	4.1	3.2	—	—	—
	〃	3	3	3	3	3	6	6	6	4	3	3	3
	〃	—	1	—	—	2.1	3.4	4.0	4.3	3.7	2.9	—	—

No. 141

※ 需要量の算定方法

(1) 水田灌漑用水

水田における需要量は

(水田面積 × 日減水深 × 灌漑日数 - 有効雨量)

$$\times \frac{1}{1 - \text{水路配水損失率}}$$

により計算し、これに地区内反覆利用率および非灌漑期における水路維持に必要な用水量等を加味して算定する。

なお、日減水深は圃場整備前 20 mm, 圃場整備後 24 mm とする。

(2) 畑地灌漑用水

畑における需要量は、

(畑地灌漑面積 × 日消費水量 × 灌漑日数 - 有効雨量)

$$\times \frac{1}{1 - \text{水路配水損失率}}$$

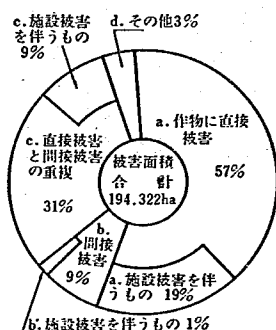
により算定する。

なお、日消費水量は灌漑期間等を考慮して 3.5 mm ~ 7.0 mm とする。これには 営農用水、防除用水圃場ロス等を含めた。

(No. 186 P223)

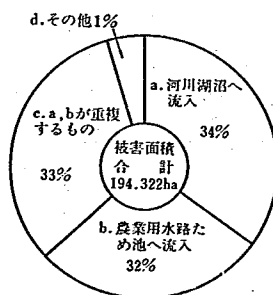
B2. (農業ブロックの水質に関するデータ)

第3-2図 被害発見現形態別面積割合



(備考) 農林省調べ。

第3-3図 汚濁水の流入形態別面積割合



(備考) 農林省調べ。

No. 186

第10表 農業用水路における水質汚濁の状況（昭和46年度）

項 目	農業(水稻) 用水基準	かんがい期間中の水 質の範囲		
		平均	最 高	最 低
水素イオン 濃 度 (pH)	6.0~7.5	7.0	7.7	4.4
化学的酸 素要求量 (COD)	6ppm以下	11.9	213.7	0.9
溶存酸素 (DO)	5ppm以上	6.1	9.1	1.6
浮遊物質 (SS)	100ppm 以下	81	225	8
全窒素 (T-N)	1ppm以下	3.0	12.0	0.4
電気伝導度 (EC)	0.3mv/cm 以下	0.24	1.38	0.08
銅 (Cu)	0.02ppm 以下	0.02	0.02	0.00
亜鉛 (Pb)	0.5ppm 以下	0.09	0.56	0.09
砒素 (As)	0.05ppm 以下	0.01	0.002	0.00

表 2-37 農業用水基準

項 目	基 準 値
pH	6~7
COD	6ppm 以下
総 窒 素	1ppm 以下
電 気 伝 導 度	0.5 mΩ/cm 以下
Cu	0.01 ppm 以下
Zn	1 ppm 以下
As	0.01 ppm 以下
Mn	7 ppm 以下

表 2-38 水稻生育と用水中の総窒素の関係（東京農試）

生育収量への影響	総 窒 素 (ppm)
全 く な し	1以下
やや過繁茂	1~3
過繁茂、ときに収量減	3~5
収 量 減	5~10
収 量 激 減	10以上

No. 187

- (備考) 1. 昭和46年度農業用水水質調査による。
 2. 農業(水稻)用水基準は、農林省公害研究会が「水質汚濁に係る環境基準」（昭和45年4月21日閣議決定）の設定に先立ち、作物被害が発生しない安全基準として検討し策定したものである。
 3. 調査対象地区は96地区（面積約6万ヘクタール）であり、各地区について3~5箇所の採水地点を設け、かんがい期間中に5回の採水を行なった。

No. 186

表 1.29 銅、亜鉛、鉛、鉄（硫酸塩）および硝酸素の水稻に及ぼす影響

金 属 濃 度	Cu	Pd	Zn	Fe	As
ppm	%	%	%	%	%
0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1.0	109.9	97.5	101.2	98.6	104.1
10.0	104.7	101.6	107.2	97.1	◎106.4
25.0	◎117.2	101.9	112.3	109.0	79.3
50.0	96.1	98.6	103.5	◎103.3	55.2
75.0	99.0	◎103.7	◎106.0	99.2	21.6
100.0	80.5	99.6	94.7	95.7	18.3
250.0	32.7	78.7	89.6	92.0	枯 死
500.0	枯 死	62.4	73.1	47.3	枯 死
1,000.0	枯 死	55.2	58.9	36.2	枯 死

注) 0ppmを100%としての各濃度での収穫比率
 ◎印は 微量要素として有効な濃度

No. 153

表 1.27 昭和46年度細密調査による玄米中カドミウム濃度1.0ppm以上検出地域一覧
(昭和48年3月現在)

番号	都道府県名	地 域 名	調査対象面積 ha	玄米中のカドミウム				土壌中のカドミウム				47年度の措置	
				調査 点数	1.0 ppm 以上	最高 値	最低 値	平均 値	調査 点数	最高 値	最低 値		平均 値
1	北海道	国 富 周 辺	120	95		71.30	0.06	0.55	88	6.20	0.19	1.71	道単で対策事業実施済
2	秋 田	細 越	32.8	10		12.27	0.18	0.52	10	6.5	2.3	4.6	休耕
3	"	葛 原	33.6	30		11.93	0.03	0.31	30	11.1	1.6	4.7	休耕
4	"	杉 沢	27.0	8		12.75	0.23	0.76	3	10.8	2.8	5.5	対策地域に指定済
5	"	柳 沢	22.0	7		21.44	0.17	0.75	2	7.0	1.9	4.5	
6	山 形	吉 野 川 流 域	150.0	60		11.03	0.33	0.33	60	7.0	0.3	3.8	休耕
7	福 島	磐 梯	354	108		51.92	0.08	0.31	108	55.93	21	15.26	対策地域に指定済
8	栃 木	小 山	75	29		11.77	0.05	0.29	29	15.10	0.93	1.89	休耕
9	群 馬	碓 氷 川 流 域	700	210		231.82	0.02	0.45	218	28.0	0.1	0.42	対策地域に指定済
10	"	渡 良 瀬 川 流 域	1,300	267		111.51	0.01	0.26	291	3.3	0.1	1.29	"
11	東 京	多 摩 川 流 域	759	178		182.20	0.03	0.43	175	41.9	0.2	3.13	都単で対策事業実施
12	長 野	北 信	1.4	21		21.61	0.03	0.40	26	15.50	20	1.42	休耕
13	新 潟	宇田沢川三国川流域	200	72		31.40	0.01	0.14	77	1.1	0.1	0.38	休耕および土地改良を実施
14	"	三 条 市 西 鱒 田	15	7		11.40	0.08	0.36	—	—	—	—	転用
15	富 山	婦 中	731	292		462.34	0.02	0.58	290	2.75	0.21	0.77	特別の対策を講じて作付
16	"	黒 部	295	201		51.42	0.03	0.53	119	16.40	1.15	3.61	"
17	愛 知	刈 谷	200	80		91.78	0.02	0.46	80	2.85	0.20	0.61	休耕
18	京 都	亀 岡 盆 地	52.7	21		71.78	0.06	0.76	21	17.2	0.6	3.7	"
19	大 阪	高 槻	21.9	243		333.75	0.00	0.52	82	20.10	0.30	2.25	"
20	"	加 美	30.8	71		212.80	0.08	0.77	52	18.30	10	2.54	"
21	"	異	14.4	74		383.10	0.00	1.13	58	6.60	0.83	3.18	"
22	兵 庫	生 野 鉾 山 周 辺	375	150		81.43	0.01	0.39	150	13.7	0.6	4.68	対策地域に指定済
23	"	東芝電気太子分工場 周辺	97.5	39		51.89	0.01	0.38	29	10.30	23	1.29	"
24	島 根	津 和 野	60	21		31.40	0.05	0.40	24	1.4	0.1	0.46	休耕
25	福 岡	大 牟 田	250	87		72.88	0.09	0.46	101	26.7	0.8	6.7	"
26	長 崎	対 馬 I	7.51	169		11.55	0.02	0.16	302	1.6	0.0	0.3	"
27	"	対 馬 II	8.32	94		313.64	0.11	0.87	—	—	—	—	対策地域に指定済
28	熊 本	荒 尾	15	25		11.29	0.05	0.31	13	2.59	1.30	2.20	休耕

(備考) 環境庁調べ。

No. 153

B3 (農業ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

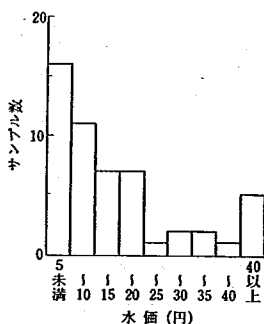


図 8-2 農業用地下水の水価 (中馬原図)

No. 147

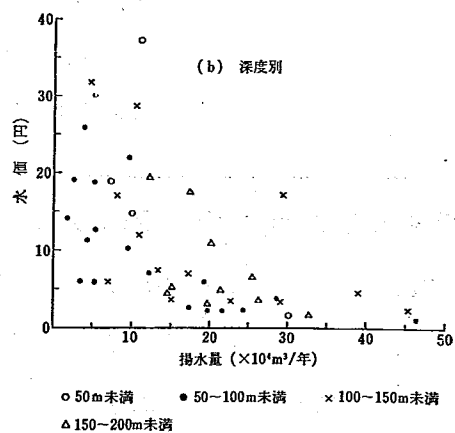
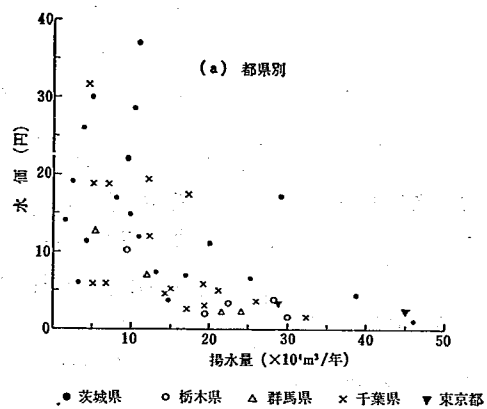


図 8-3 農業用地下水の水価と揚水量の関係 (中馬原図)

No. 147

参 考 文 献

A. (農業ブロック一般に関するもの)

No. 148

B1 (農業ブロックの水量に関するもの)

No. 19 P38

No. 138 P33

No. 143 PP36~39

B2. (農業ブロックの水質に関するもの)

No. 138 PP38~40

No. 142 PP28~42

No. 153 PP45~52, 53~57

No. 155 PP177~178

B3 (農業ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)

・都市化の進行に関するもの

No. 61 PP27~28

No. 94 P34

・水利権の再検討に関するもの

No. 19 P38

No. 94 PP30~35

No. 138 P33

C (農業ブロックの行為または対応策に関するもの)

C1. No. 149 P25

C7 No. 138 P33

C2. No. 87 P36

C8 No. 153 PP53~57

No. 148 PP271~272

C9 No. 153 PP53~57

C3. No. 19 P38

C10 No. 153 PP53~57

No. 94 PP30~35

C11 No. 140 P49

No. 148 PP271~272

C4 No. 14 P7

No. 87 PP35~38

C5 No. 61 PP27~28

No. 153 PP53~57

C6 No. 140 P49

§.3 上水道ブロック											
諸条件の変化 本ブロックが取り得る 行為または対応策	水 量			水 質			行政制度・ 社会条件		本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響	
	定	常	過	定	常	過	維持 単価の 高騰	水道施設 の建設 費			
	原 水 量 減少	原 水 量 増大	汚 水	原 水 水 質 悪化	原 水 水 質 向上	毒物・ 汚濁 物質					
1 河川からの規定以上の 取水	※	○		○						他の水利権者との争いを生じる。	河
2 地下水水源への依存	※	○		○	○		○		○		域
3 給 水 制 限	※			○							家・ 工・ 業
4 節 水 P R	※	○		○						給水量減少。	
5 水道料金の引上げ (累進方式を含む)		○						○	○	給水量減少。	
6 漏 水 防 止		○							○	相当量節約可能。	河・家 工・業
7 浄水処理の簡易化	※					○		○	○	浄水の塩素臭気軽減。 取水水質が悪化している場合には問題。	
8 浄水処理の強化	※				○		○			浄水の塩素臭気増大。	
9 特 別 処 理	※						○			二次汚染の恐れ。	
10 取水・給水停止	※						○			永久停止の場合、代替手段・方法の獲得が困難。	
11 配水網の整備		○								水压低下の影響を軽減。	家・ 工・ 業
12 貯水池の分散		○								水压低下の影響を軽減。	
13 用途別給水		○			○					供給者の意図通り使用されないと節約出来ず。 経費膨大。クロスコネクションの恐れ。	
14 中水道方式の採用		○			○					工業用水及び水洗便所用水に適するが飲料用水 には不適。上水道用水としては不経済。	家・ 工・ 業
15 下水の再生循環利用	※	○		○						飲料用水には不適。	
16 地下ダムの建設		○		○					○	経済効果大。水温・水質一定、地下水位を調 節出来る等利点は大きい。検討の余地を残す。	
				</							

バックデーター

A (上水道ブロックに関する一般データ)

第7表 都市全体水量の使用目的別分類

No. 175

都市全体水量	有効水量	都市用水	家事用
			共用
			生臨時用
			公共用のうちの家事用水
			営業用のうちの家事用水
			製造加工業用のうちの家事用水
			事務所用のうちの家事用水
			特殊営業用のうちの家事用水
			公衆浴場用のうちの家事用水
			公衆浴場用 (公衆浴場用のうちの家事用水)
都市全体水量	有効水量	都市活動用水	公共用 (公共用のうちの家事用水)
			営業用 (営業用のうちの家事用水)
			製造加工業用 (工場用水) (製造加工業用のうちの家事用水)
			事務所用 (事務所用のうちの家事用水)
			特殊営業用 (特殊営業用のうちの家事用水)
			その他 (船舶給水等)
			工場用水 (製造加工業用のうち月1,000m ³ 程度以上使用するもの)
			有効無収量 (消防用, 公共用, 水道工事用等)
			無効水量
			漏水
			その他 (メータ不感水量, 測定減等)

No. 168

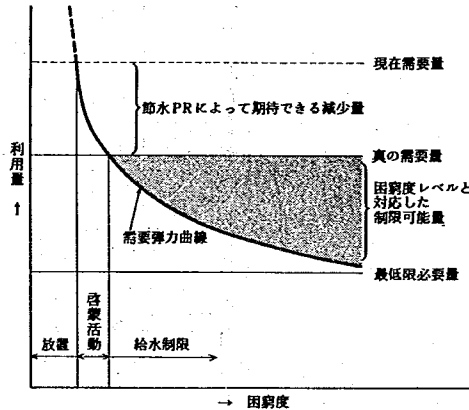


図4-1 需要の弾力性

表11 給水人口と普及率の推移

(単位: 1,000人)

No. 143

昭和年度	総人口	給水人口	普及率 (%)
35	93,420	49,910	53.4
40	98,275	68,242	69.4
41	99,056	71,519	72.2
42	100,243	74,901	74.7
43	101,418	78,002	76.9
44	102,648	81,112	79.0
45	103,720	83,754	80.8
46	106,051	87,652	82.7

(注) 総人口は10月1日現在。給水人口は各年度末。

表-10 大阪市上水道大口使用者の使用水量とその件数 (昭和46年)

区分	500m ³ /月以上		5,000m ³ /月以上	
	10 ⁴ m ³ /年	大政市全体に対する割合	10 ⁴ m ³ /年	大政市全体に対する割合
上水使用量	204,341	41.1 %	74,336	15.0 %
契約件数	8,405	0.9	467	0.05

No. 172

No. 85

表-3 上水道における給水量の推移

年 度	35	37	38	39	40	41	42	43
A 総人口(千人)	94,258	95,178	96,156	97,189	98,275	99,056	100,243	101,408
B 給水人口(千人)	43,459	46,530	49,829	53,201	56,422	59,774	63,126	66,433
C 1日平均給水量(千 m^3)	12,099	12,917	14,143	15,462	16,618	18,127	19,837	21,419
D 1人1日平均給水量(ℓ)	278	278	284	291	295	303	321	322
E 1日最大給水量(千 m^3)	15,257	16,554	17,973	19,297	21,483	23,697	25,303	27,053
F 1人1日最大給水量(ℓ)	351	356	361	363	381	356	407	407
G B/A (%)	46.1	48.9	51.8	54.7	57.4	60.3	63.0	65.5
H C/E (%)	79.3	78.0	78.7	80.1	77.4	76.5	78.4	79.2

No. 175

第10表 4大都市地域における水道水需給の状況

(単位: 億 m^3 /年)

区 分	昭和60年度 需要水量	昭和60年度供 給計画水量	要充足水量
地 域			
関 東 臨 海	62.4	51.4	11.0
東 海	28.1	28.1	—
近 畿 臨 海	33.0	25.3	7.7
北 九 州	13.0	10.3	2.7
合 計	136.5	115.1	21.4

(注) 昭和60年度供給計画水量。現在建設中ないしは建設計画中の水資源開発施設が完成した場合の供給水量をいう。

B1 (上水道ブロックの水量に関するデータ)

表-1 水源種別と年間取水量(1)

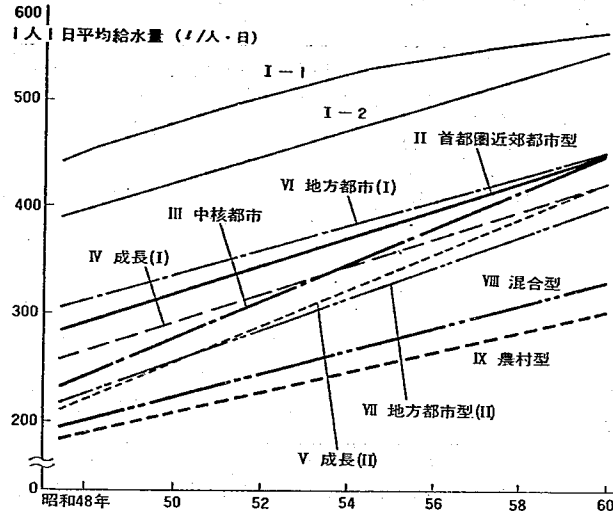
(単位: 千 m^3)

内 訳	43 年 度					42 年 度
	用 水 供 給	上 水 道	計	%	増 減 Δ	
地 表 水	465,783	4,949,133	5,414,916	56.2	516,003	4,898,913
表 層 水	460,149	4,866,778	5,326,927	55.2	484,218	4,842,709
自 来 水	386,036	3,083,733	3,469,819	36.0	Δ 422,374	3,892,193
ダ ム 直 汲	74,053	1,783,045	1,857,108	19.2	906,592	950,516
ダ ム 放 汲	23,129	454,366	477,495	4.9	12,930	464,565
ダ ム 放 汲	50,934	1,328,679	1,379,813	14.3	893,862	485,951
湧 水	5,634	82,355	87,989	1.0	31,785	56,204
地 下 水	32,342	3,286,932	3,319,274	34.4	1,061,382	2,257,892
伏 流 水	31,754	973,465	1,005,219	10.4	31,081	974,138
井 戸 水	588	2,313,467	2,314,055	24.0	1,030,301	1,283,754
浅 井 戸	588	373,987	374,575	3.9	24,836	349,739
深 井 戸	—	1,939,480	1,939,480	20.1	1,005,465	934,015
そ の 他	11,091	897,150	908,241	9.4	50,010	858,231
受 水	8,555	708,139	716,694	7.4	91,981	624,713
原 水	8,555	209,409	217,964	2.3	14,393	203,571
浄 水	—	493,730	493,730	5.1	77,583	421,142
そ の 他	2,536	189,011	191,547	2.0	Δ 41,933	233,500
計	509,216	9,133,215	9,642,431	100	1,627,413	8,015,018

(昭和43年度水道統計より)

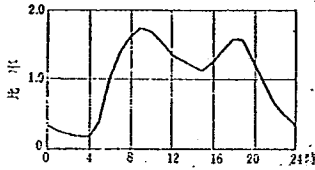
No. 85

第7図 都市パターン別1人1日平均給水量



No. 3

図-7 配水量の時間変化



No. 150

表2 住宅団地の1人1日最大給水量 (各戸のメーターで計量された水量)

団地名	1戸1ヵ月当たり (m ³)	1人1日当たり (l)	年月
豊中市旭ヶ丘	21.1	220	'62. 8.
	21.2	201	'63. 7.
	21.8	206	'64. 7.
	21.0	197	'65. 7.
	20.2	194	'66. 8, 9
	20.5	197	'67. 8, 9
東 豊 中	20.5	195	'62. 9.
	22.9	212	'63. 7.
	22.4	207	'64. 8.
	23.8	220	'65. 7.
	20.4	188	'66. 7, 8
	21.5	198	'67. 7, 8
千・里・山	23.8	220	'64. 7.
	23.7	218	'65. 8.
	24.6	227	'66. 8.
	23.1	213	'67. 8.
枚方市香里	27.3	253	'62. 8.
	27.4	250	'63. 8.
日野市多摩平	26.9	配水量 234	'63. 7. (有収率83%)
新 所 沢	—	配水量 { 322(622) 289(589) }	'62. 8. 括弧内は時間最大 '63. 9. "
名古屋市鳴子	—	配水量 187(465)	'64. 7. "
松戸市金ヶ作	配水量	285(558)	'63. 7. (有収率80%)
		302(602)	'64. 7. (" 82%)
		287(604)	'65. 7. (" 81%)
		306(624)	'66. 9. (" 87%)
		308(619)	'67. 7. (")

田中央：住宅団地の計画給水量と計画汚水量について(1968年12月19日)
備考：有収率とは配水総量に対し各戸のメーターで計量された給水量の比率をいう。

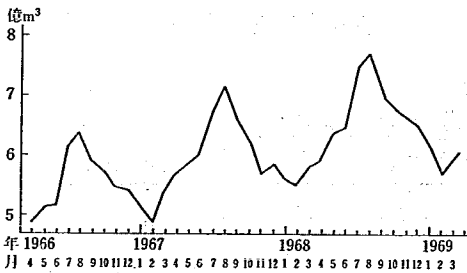


図 6・1 上水道の月別給水量

No. 151

表15 水道給水の原単位

	昭和33年			昭和43年			伸 び		
	給水人口 1000人	1人1日 給水量 リットル	給水人口 1000人	1人1日 給水量 リットル	給水人口 1000人	1人1日 給水量 リットル	C/A	D/B	
		最大 (A)		平均 (B)		最大 (C)			平均 (D)
東京都	6,354	344	302	8,399	521	448	1.50	1.48	
大阪市	2,763	456	382	3,005	750	604	1.65	1.58	
名古屋市	1,249	409	326	1,941	519	391	1.27	1.20	
全 国	33,912	346	278	66,433	407	322	1.18	1.16	

No. 143

No. 143

表19 水道の無効率

	日平均給水量 1,000トン/日	無効水量 1,000トン/日	無効率 %
全 国	21,419	5,401	25.2
札幌市	140	30	21.5
仙台市	113	27	23.9
東京都	4,175	940	27.3
横浜市	799	223	27.9
名古屋市	753	207	28.3
大阪市	1,815	518	28.6
神戸市	406	69	17.0
広島市	203	40	19.6
北九州市	310	96	20.5

(注) 昭和43年のデータ。

No. 150

表41 上水道の無効水量 (1,000トン・年間)

地 区	上水道の 施設数	取 水 量 (a)	給 水 量 (b)	有効水量 (c)	無効水量 (d)	無効率 (d)/(b) %
全 国	1,435	7,601,316	7,214,737	5,401,916	1,812,821	25.1
東 京	131	2,423,700	2,351,210	1,760,165	594,105	25.3
東 海	167	777,033	735,266	557,404	177,862	24.2
近 畿	198	1,846,683	1,754,865	1,321,757	433,108	24.8
計	496	5,047,416	4,841,311	3,639,266	1,205,075	24.9

備考 1) 1957年度水道統計による。

2) 対象は計画給水人口5,000人以上の規模のもののみとした。

3) 有効水量とは有収水量と有効無収水量(消防用水など)を加えたものである。

B2 (上水道ブロックの水質に関するデータ)

No. 142

第4表 水 質 基 準

水道法(法律第177号)による。

法 令	基 準	参 考	
法第4条 第1項 第1号	アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素 硝酸性窒素 塩素イオン 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量) 一般細菌 " " 大腸菌群	同時に検出されないこと 10 P P m以下であること。 200 P P m以下であること。 10 P P m以下であること。 1 mil の検出で形成される。 集落数が100以下であること。 検出されないこと。	以上については、全部OKでなくとも病原生物が存在するというわけではない。
法第4条 第1項	シアニオン 水 銀 有機リン	検出されないこと。 " " "	いずれも猛毒であるので検出してはいけない。
法第4条 第1項 第2号	銅 鉄 マンガン 亜 鉛 鉛 六価クロム ひ 素 ふ 素 カルシウム、マグネシウム等(硬度) 蒸発残留物 フェノール類	1.0 P P m以下であること。 0.3 P P m " " 0.3 P P m " " 10 P P m " " 0.1 P P m " " 0.05 P P m " " 0.05 P P m " " 0.8 P P m " " 300 P P m " " 500 P P m " " フェノールとして 0.005 P P m以下であること	必ずしも毒物でない " " " " 亜鉛は鉛にくらべて毒性は弱い 有 毒 毒性が弱い 猛毒である。 歯磨に入っているものがある。硬度とはカルシウムおよびマグネシウム化合物の存在量をいう。多いのを硬水、少ないのを軟水 105°Cで蒸発干固したときの残留物 石炭酸は非常に強い臭いを発する工場排水に含まれる場合が多い。
法第4条第1項 第4号	水素イオン濃度	P H値が5.8以上8.6以下であること	人は若干アルカリ性を好む
法第4条第1項 第5号	臭 気 味	異常でないこと " "	
法第4条第1項 第6号	色 度 濁 度	5度以下であること 2度 "	色度は10度でもわからない

表-5 雑用水の機能および基本的要件

用途	項目	機能	要 件		
			機器・設備その他の対象物への影響	公衆衛生（人体・環境）	人間感覚
I 類	① 水洗便所用水	低質 ○汚物を運搬・排除すること。	○障害をおこさないこと。	○人体には殆んど影響はない。 ○環境衛生上の配慮を要する。	○清潔感（不快感・がたいこと、以下同じ）をいだかせるものであること。
	② 空調冷却水	低質 ○室内の温度を冷却又は暖房によって快適な環境にすること。	○障害をおこさないこと。 （材料・材質、保守管理等で相当程度カバーすることが可能である。）	○特に関係なし。 （機器・設備でカバーすることが可能である。）	○特に関係なし。
II 類	③ 自動車等洗淨用水	中質 ○車体等の汚れをおとしきれいにすること。	○錆を生じさせないこと。 ○色沢を失なわせないこと。 ○塩類が多量に含まないこと。	○カーウォッシュの場合には関係なし。 ○人が洗淨する場合には皮肤的影響及び誤飲に特に注意が必要である。	○カーウォッシュであれば関係なし。 ○人が洗淨する場合は清潔であればよい。
	④ 散水	中質 ○清涼感を与えること。 ○防塵。 ○草花、樹木に水分を供給すること。	○障害をおこさないこと。 （材料・材質でカバーすることが可能である。）	○特に注意する必要がある。 ○経皮的・経気道的影響がある。 ○路上散水、草花、樹木等の散水によって水質に差がある。	○清潔であればよい。
	⑤ 清掃用水	中質 ○対象物を清潔にすること。	○障害をおこさないこと。 （自動機器の場合と人が直接使用する場合とは異なる。）	○人体及びその周辺環境に対し配慮が必要である。	○自動機器の場合には関係なし。 ○人が直接使用する場合には清潔であること。
	⑥ 池・噴水	中質 ○レクリエーション ○観賞（精神衛生）	○障害をおこさないこと。 （材料・材質でカバーすることも可能である。）	○経皮的及び経口的影響に特に配慮が必要である。 ○金魚等の棲息が可能であること。 ○環境衛生的配慮が必要であること。（飛沫・飛散）	○清潔 ○清潔であること。

表-10 雑用水の水質目標（試案）

（単位：ppm）

分類 用途	I 類		A (①~②) の水質 目標値	II 類				B (③~⑥) の水質 目標値
	① 便所	② 空調用		③ 洗車	④ 散水	⑤ 掃除	⑥ 池・噴水	
濁度 (SS)	30 以下	10 以下	10 以下	5 以下	5 以下	5 以下	5 以下	5 以下
色	不快感を伴わない	不快感を伴わない	不快感を伴わない	30 以下	50 以下	30 以下	30 以下	30 以下
臭気	不快臭を発しない	不快臭を発しない	不快臭を発しない	不快臭を感じない	不快臭を感じない	不快臭を感じない	不快臭を感じない	不快臭を感じない
pH	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0	6.5~9.0
B O D	20 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
C O D	40 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下	20 以下
溶解性物質	5,000 以下	1,000 以下	1,000 以下	500 以下	1,000 以下	500 以下	1,000 以下	500 以下
アンモニア性N	20 以下	20 以下	20 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
硬 度	400 以下	300 以下	300 以下	200 以下	300 以下	200 以下	300 以下	200 以下
塩素イオン	400 以下	300 以下	300 以下	200 以下	300 以下	200 以下	300 以下	200 以下
A B S	2 以下	1 以下	1 以下	1 以下	2 以下	1 以下	1 以下	1 以下
鉄 + マンガン	1 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.3 以下	1 以下	0.3 以下	1 以下	0.3 以下
残留塩素	—	—	—	0.2 以上	0.2 以上	0.2 以上	0.2~0.5	0.2~0.5
大腸菌群	—	—	—	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

備考 I 類の用途に限定して雑用水を供給する場合には、Aの水質目標値となり、II 類の用途に限定または I・II 類の全用途に雑用水を供給するときは、Bの水質目標値となろう。

B3 (上水道ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

表-18 造水コスト比較表

再生 処理	前処理 ※有機物除去 ※小計 ※脱塩 ※計	5円/m³ 目標値 10~15 15~20 20 35~40	凝集沈澱+砂濾過 活性炭濾過 50~100千m³/日 規模 逆浸透法または電気透析法 50~100千m³/日 規模
河川水	※※水源開発 ※浄水 ※計	6 3 9	首都圏、近畿圏等の場合
淡水化	現 目 標	100 30~40	20千m³/日 規模 1000千m³/日 規模発電との多目的プラント

注： ※活性炭濾過処理までで下水の再利用は可能。
 ※※工場廃水等，塩類濃度の高い廃水の場合は脱塩が必要。
 ※※※将来は 10~20円/m³ 程度になると考えられる。

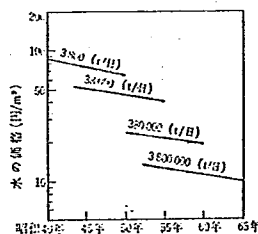
No. 174

杉本昭典氏による

表-4 開発コスト一覧

ダム名	建設単価 (100万円/m ³ /sec)		取水単価 (円/m ³ /sec)		工期(昭和)
	上水	工業水	上水	工業水	
〔多目的ダム分〕					
大倉倉	570	130	1.72	0.40	31~35
鹿ヶ島	—	970	—	3.02	33~36
天ヶ瀬	382	—	1.19	—	31~38
河本	—	640	—	1.96	33~38
綾山	510	510	1.51	1.54	36~39
八木山	840	810	2.54	2.62	34~40
南畑	1660	—	5.02	—	34~40
鏡	810	137	2.45	0.43	35~40
岸川	580	725	1.75	2.25	35~40
水沼	1380	615	4.17	1.92	36~40
菅野	750	715	2.27	2.22	34~41
〔水公園分〕					
長瀬可動堰	90	—	0.25	—	37~38
矢木沢	809 (東辰)	—	2.74	—	34~42
下久保	714 (東辰)	—	2.40	—	34~43
	404	423	1.35	1.43	
印旛沼	—	862	—	2.85	21~43
高岡山	942	—	3.12	—	35~43
曹羅寺	803	—	2.53	—	39~44
〔正蓮寺利水科利根河口堰〕					
	384	—	1.28	—	40~44
利根河口堰	556	—	1.85	—	39~45
早明池	163	—	0.53	—	38~45
武蔵平野用水	1304	—	4.77	—	59~47
神戸	788	—	2.62	—	42~47

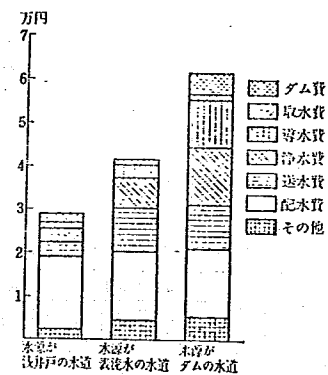
注：河流水取水のコストは下図のとおりである。



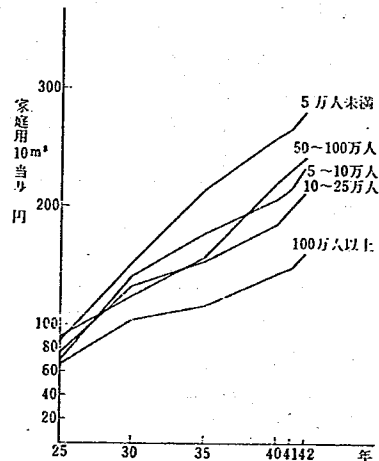
No. 13

No. 7

図-1 1日1m³の水をつくる水道施設の建設単価



第7図 上水道における水道料金の推移



(注) 水道年鑑による。

No. 105

C (上水道ブロックの行為または対応策に関するデータ)

表-8 用途別用水の水質目標値

項目 区分	透視度	PH	KMnO ₄ 消費量 ppm	臭 気	残 留 塩 素 ppm	硬 度	浮 遊 物 質	アンモニ ア性窒 素 ppm	ABS ppm	大 腸 菌 群	蒸 発 残留物 ppm
水洗便所用水 Aにのみ使用する 場合	15 以上	5.8 ~ 8.6	—	特に異 臭のないこと	1.0	—	ほとん ど含ま ない	20 以下	—	300 ヶ/ml	500 [*]
便所、洗濯用 B水として使用 する場合	30 以上	5.8 ~ 8.6	30 [*]	特に異 臭のないこと	1.0	500 以下	ほとん ど含ま ない	10 以下	—	1 ヶ/ml	500 [*]
便所、洗濯、浴 C場用水として 使用する場合	30 以上	5.8 ~ 8.6	20 [*]	特に異 臭のないこと	1.0	500 以下	ほとん ど含ま ない	5 以下	0.5 以下	1 ヶ/ml	500 [*]

* いずれも、他の項目が満たされれば、2まで許容する。

(出典:「住宅団地に関する水高度利用調査報告書」)

No. 174

第3表 用途別の給水比率(年間について)

(単位:%)

都 市 名	家事用	営業用	工場用	官公署 学校用	湯屋用	その他	摘 要
東 京 都	53.36	19.38	12.84	7.38	2.24	4.80	1966年
横 浜 市	42.30	24.30	19.00	7.95	3.70	2.75	"
名古屋 市	57.90	21.40	11.30	6.80	2.39	0.21	"
大 阪 市	30.00	35.60	18.60	5.61	6.73	3.45	"
神 戸 市	42.50	20.00	13.70	9.35	3.83	10.62	1967年
武蔵野 市	72.50	14.80	—	12.20	0.35	0.15	1967年
三 菱 市	84.20	1.96	7.80	4.38	0.23	1.43	"
豊 中 市	64.00	7.80	10.50	8.80	5.5	3.40	"
芦 屋 市	74.00	—	—	9.33	1.76	14.91	"

No. 110

表-16 住宅団地における三次処理費用の推定

人 口 (人)	ケース	固定費 (円/月・戸)			直接費 (円/m ³)		
		3次処理 施設費	給 水 施設費	計	3 次 処理費	給水費	計
3,500	A	286	300	586	6	1.5	7.5
	B	551	300	851	40	2.3	42.3
	C	709	300	1,009	60	2.6	62.6
10,000	A	300	300	600	6	1.5	7.5
	B	316	300	616	40	2.3	42.3
	C	519	300	819	60	2.6	62.6

(注) ケースA:三次処理水を水洗便所その他の雑用みに使用

ケースB:三次処理水を洗濯にまで使用

ケースC:三次処理水を風呂にまで使用

No. 172

表-8 漏水防止作業の効果

年 度	漏水防止 水量 m ³ /日	漏水防止 水量 m ³ /年	水道料金 (換算)		漏水防 止 対 策 費 用 千円(円)	差 額 (円)
			販売量 197	全 額 千円(円)		
38	6,296.5	1,152,280	31.83	36,677	12,203	24,474
39	9,811.9	1,795,533	33.07	59,380	13,543	45,837
40	8,797.6	1,609,960	33.42	53,865	20,015	33,790
41	6,370.5	1,165,830	32.57	37,970	20,376	17,091
42	15,369.0	2,812,524	32.01	90,029	27,230	62,799
43	9,665.1	1,757,730	36.25	63,718	32,454	31,264
44	7,234.6	1,333,081	40.51	54,013	35,159	18,834
45	13,562.8	2,481,969	44.95	111,565	41,505	70,060

No. 90

表-7 漏水防止作業実績と経費

年 度	配水管 延長 m	配水管 延長 m	修理件数 件	漏水防 止 水 量 m ³ /日	漏水防 止 率 %	漏水防 止 費 千円	漏水防 止 人 数
38	304,636	23,692	439	6,296.5	3.6	12,203	20
39	347,902	728,860	879	9,811.9	5.5	13,543	19
40	391,826	453,520	1,169	8,797.6	3.6	20,015	20
41	417,015	421,857	668	6,370.5	3.2	20,376	20
42	446,833	316,395	1,366	15,369.0	7.2	27,230	21
43	487,137	490,570	1,163	9,665.1	4.3	32,454	23
44	542,273	483,660	1,065	7,234.6	3.0	35,159	23
45	623,446	644,885	938	13,562.8	4.8	41,505	23
平均 4.5							

(注) 1. 防止率=漏水防止水量(m³/年)/給水量(m³)

2. 全額負担は昭和45年度で502名

No. 90

参 考 文 献

A. (上水道ブロック一般に関するもの)

No. 17 PP89~91
No. 151 P127
No. 175
No. 178

B1. (上水道ブロックの水量に関するもの)

No. 14 P4

B2 (上水道ブロックの水質に関するもの)

No. 39 P54
No. 93 PP 10~23
No. 146 PP 26~55
No. 156 P119

B3 (上水道ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)

No. 59 P15

C. (上水道ブロックの行為または対応策に関するもの)

C1. No. 14 PP4~5

C13. No. 7 P53

C4. No. 143 PP191~193

No. 39 P54

C5. No. 84 P33

No. 115 P6

No. 143 PP131~132

No. 150 PP191~196

C6. No. 86 PP 21~22

C14. No. 95 PP39~56

No. 90 PP 2~9

No. 137 PP51~61

No. 143 PP104~105

C15. No. 54 PP 9~15

C8. No. 93 PP 10~23

No. 150 PP203~207

No. 151 PP180~181

C10. No. 146 PP 26~55

C11. No. 14 P4

No. 178 PP169~174

C12. No. 14 P4

3.4 家庭ブロック

3.4 家庭ブロック														
諸条件の変化 本ブロックが取り得る 行為または対応策	水 量			水 質			行政・制度・ 社会条件			本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響			
	定	常	過	定	常	過	水道料金の 高騰	水道料金の 低廉化	節 水 P R					
	給 水 量 減 少	給 水 量 増 大	汚 水 等 に よ る 給 水 制 限	給 水 水 質 悪 化	給 水 水 質 向 上	毒 物 ・ 病 原 菌								
1 地 下 水 の 利 用	*	○		○	○		○	○		○	家計負担。	域		
2 家 庭 貯 水	*			○									域	
3 給水車による受水	*			○			○							域
4 飲料水の購入	*			○	○		○							
5 節 水	*							○		○		上・下		
6 水消費型生活様式 (水洗便所・風呂・洗濯)			○						○		家事労働軽減(皿洗い器等の利用)。		上・下	
7 節水型機器導入による 節水型生活様式		○						○		○				上・下
8 臭気除去器具の設置	x				○									
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		
													上・下	
														上・下
												上・下		

バックデーター

A (家庭ブロックに関する一般データ)

表-13 家事用水の使用目的による分類

大分類	小分類	需要が将来大きく伸びる可能性
家事用水	飲用水	なし
	食用水	・
	風呂用水	・
	洗濯用水	・
	洗面用水	・
	水洗トイレ用水	・
	遊泳用水	・
	洗車用水	?
	庭園用水	?
	その他	?

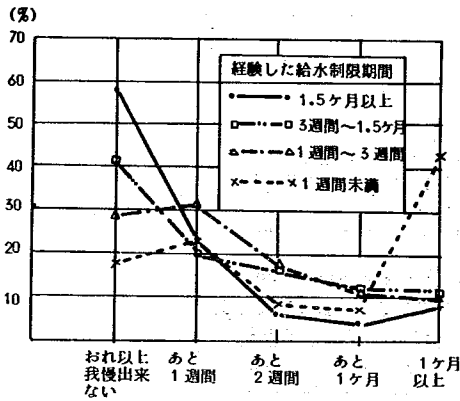
No. 92

表-4 再利用に対する意識調査

利用項目	使用可と答えた数	割合 %
トイレの水	281	92
庭へまく水	176	58
車を洗う水	138	45
洗濯の水	43	14
掃除の水	97	32
風呂の水	21	7
計	756	

*「割合」はデータ数 305 に対するもの

No. 174



注 2) 上図は経験した給水期間別に延長期間許容度の構成比率をみたものである

No. 160

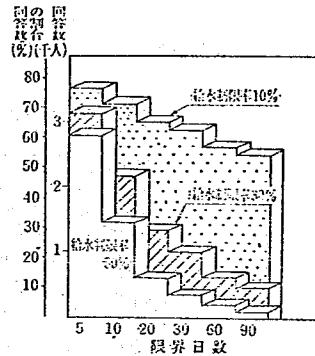


図-4 給水制限と許容限界期間についての回答者率

No. 15

表-2 昭和 39 年洪水の意識調査

昭和 39 年規模の洪水が来るとすれば	回答数	割合 (%)
5 年に 1 度くらいはやむを得ない	827	18.0
10 年に 1 度くらいはやむを得ない	1109	24.1
50 年に 1 度くらいはやむを得ない	513	11.2
100 年に 1 度くらいはやむを得ない	375	8.2
絶対に洪水があつてはならない	453	10.1
その他	393	8.5
無回答	914	19.9
計	4594	100.0

No. 15

B1 (家庭ブロックの水量に関するデータ)

表13 世帯人員1人1日当たりの基礎的生活用水量

用 途	基礎的生活用水 (リットル)	構 成 比 (%)
炊 事	12	14.1
洗 たく	21	24.7
洗面・手洗い	5	5.9
風呂(シャワー)	20	23.5
水洗便所	20	23.5
掃除・その他	7	8.3
計	85	100.0

(注) 東京都の「節水キャンペーン」より。

表14 一般住宅世帯人員別1人当たり使用水量

世帯構成人員	(単位: リットル)							全平均
	1	2	3	4	5	6	7	
標準以上グループ平均	430	265	255	190	170	170	170	205
標 準	380	210	205	170	145	140	135	180
標準以下グループ平均	230	190	160	135	125	110	95	150

No. 143

表 6・1 水の生理的必要量 (水の収支)

摂 取 量 (ml/日)		排 出 量 (ml/日)	
食 物	1000	尿	1400
流 動 物	1200	汗	600
酸 化	300	肺から排出 (呼吸)	300
計	2500	糞 便	200
		計	2500

表 6・2 家庭における水の使われ方
(年平均, カッコ内は夏季)

目 的	使用量 (l/人/日)	目 的	使用量 (l/人/日)
飲 用	2	掃 除	8
炊 事	6	ごみ処理	6
調 理	6	水洗便所	25
食器洗浄	4	手 洗 い	5
浴 用	55(110)	自動車洗い	85
洗 濯	60(90)	雑 用	12
		計	288(373)

No. 151

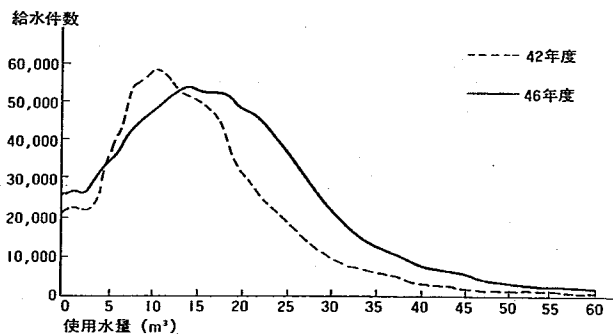
表 4 家事用水の水量階級別の度数分布³⁾

(東京都, 1966年: 名古屋市, 1962年)

水量階級 (m ³ /月)	5	10	25	30	40	50	80	90	50,000
東 京 都	15.6	42.5	86.7	90.8	95.1	97.1	99.0	99.3	100.0
世帯 数 (%)	2.7	15.9	59.5	66.7	75.8	81.3	88.0	90.2	100.0
名 古 屋 市	8	10	15	20	30	30以上			
世帯 数 (%)	27.4	40.7	66.1	80.7	92.4	100.0			
水 量 (%)	9.6	17.9	49.1	55.9	74.6	100.0			

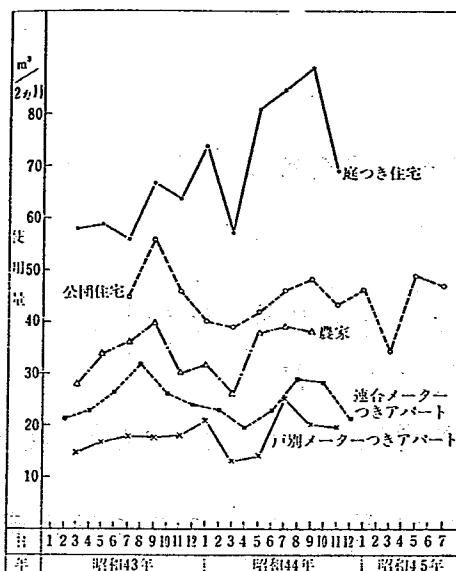
No. 150

図-1 家事用の使用水量別件数分布 (0~60 m³)



No. 175

第1図 水道水使用量の季節による変化



No. 111

- (注) 1. 第1—5表におけるデータをそれぞれについて
平均値を求めて図示した。なお、「庭つき住宅」
では(1—1)から(1—5)までの平均とした。
2. 公団住宅は昭和42年からのものである。

B2 (家庭ブロックの水質に関するデータ)

表 6・5 金属イオンの味の認知濃度 (蒸留水中)

金属イオン	5%の人が感 ずる濃度 (ppm)	50%の人が感 ずる濃度 (ppm)
亜鉛	4.5	62
銅	2.6	16
鉄	0.04	256
マンガン	0.9	487

No. 151

B3 (家庭ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

表 6 アメリカにおける料金制の違いによる使用水量の相違
(居住単位について、l/日)

区 分	従量料金制の水道	定額料金制の水道
年平均		
漏水と無効水	95	156
家事用水	935	893
散水	704	1,590
計	1,734	2,619
1日最大使用水量	3,700	8,910
時間最大使用水量 (1日換算)	9,390	19,600

No. 150

水道需要抑制策（東京都の例）

1. 節水 PR
2. 節水型機器の開発, 普及促進
3. 料金体系の改訂
4. 大規模建築物への下水処理水の義務づけ

以上 1~4 の措置により / 日平均配水量の節約計画

昭和 50 年に 9% (45 万トン)

昭和 55 年に 12% (68 万トン)

(No. 143 PP104~105)

参 考 文 献

A (家庭ブロック一般に関するもの) No. 111 PP 101~119 No. 143 PP 68~77 No. 168 No. 169 No. 175 No. 178	B1 (家庭ブロックの水量に関するもの) No. 15 PP 24~25 No. 162
B2 (家庭ブロックの水質に関するもの) No. 150 PP 110~120 No. 151 P134, PP 140~141	B3 (家庭ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの) ・料金に関するもの No. 143 PP 129~132
C (家庭ブロックの行為または対応策に関するもの) C5 No. 143 PP 129~132 No. 178 PP 169~174 C6 No. 86 P21 No. 150 PP 9~23 C7 No. 178 PP 169~174 C8 No. 115 P14	

3.5 工業ブロック

諸条件の変化 本ブロックが取得する 行為または対応策	水 量		水 質		行政・制度・ 社会条件					本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響
	定 常	過	定 常	過	社 会 条 件	節 水	排 水				
	給水量 減少	給水量 増大	汚濁等による 給水制限	給水水質悪化	給水水質向上	維持単価の高騰 排水処理費の増大 等物の流入 汚濁・病原菌	節水 PR	排水 規制			
1 地下水の利用	×	○	○	○		○	○	○			域
2 海水の利用		○	○	○			○	○		腐食による配水管の被害。	
3 下水の再生利用 (工業用中水道)		○	○				○	○		腐食による配水管の被害。 3次処理あるいは高度処理も必要とし経費大。	河・上・下
4 操業短縮・停止	×		○			○				減産。	
5 水消費型生産様式		○								原単位増大。	
6 節水型生産様式 (漏水防止含む)		○	○				○	○		原単位減少。	
7 節 水	×						○	○		原単位減少。	
8 廃水の再生・循環利用	×	○	○				○	○		原単位減少。	
9 工場内の排水系統の 整理・改善									○		河・下
10 作業工程の改変による 水質の改善									○		
11 用水浄化処理施設の 維持管理				○							
12 廃水処理施設の維持 管理(3次・高度処理)									○		

バックデーター

A (工業ブロックに関する一般データ)

表-1 除害施設の設置基準

項 目	単 位	下水処理施設令 第9条の基準	本府汚水防止法 (第3条第1項) 一律排水基準	神奈川県を境に流出する (乙水質)	
				新 設	新設以外
温 度	°C	45以上(40以上)	—	—	—
pH (水素イオン濃度)	—	5以下又は9以上 (5.7以下 又は8.7以上)	5.8以上 5.0以上 8.6以下 9.0以下	5.8 以上 8.6 以下	5.8 以上 8.6 以下
BOD (生物化学的酸素 要求量)	mg/l	600 以上 (300 以上)	160 (日間平均) 120	25 (日間平均) 20	6 (日間平均) 50
SS (浮遊物質) 量	mg/l	600 以上 (300 以上)	200 (日間平均) 150	70 (日間平均) 40	90 (日間平均) 70
ホルマリン抽出物 含有量 (2週間含有量)	mg/l	5をこえるもの	5	5	5
ホルマリン抽出物 含有量 (2週間含有量)	mg/l	30をこえるもの	30	5	10
洗 滌 消 費 量	mg/l	220 以上	—	—	—
フェノール類含有量	mg/l	5をこえるもの	5	0.5	0.5
シアン含有量	mg/l	1をこえるもの	1	1	1
アルキル水銀含有量	mg/l	検出されるもの	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
有機リン含有量	mg/l	1をこえるもの	1	0.2	0.2
カドミウム含有量	mg/l	0.1をこえるもの	0.1	0.1	0.1
鉛含有量	mg/l	1をこえるもの	1	1	1
クロム(6価)含有量	mg/l	0.5をこえるもの	0.5	0.5	0.5
ヒ素含有量	mg/l	0.5をこえるもの	0.5	0.5	0.5
水銀含有量	mg/l	検出されるもの	水銀につき検出さ れないこと	水銀として検出 されないこと	水銀として検出 されないこと
クロム含有量	mg/l	2をこえるもの	2	2	2
ヒ素含有量	mg/l	3をこえるもの	3	1	3
銅含有量	mg/l	5をこえるもの	5	1	3
鉄(溶着性)含有量	mg/l	10をこえるもの	10	3	10
マンガン(溶着性)含有量	mg/l	10をこえるもの	10	1	1
フッ素含有量	mg/l	10をこえるもの	15	15	15

注：下水処理施設令第9条の基準における()内の数値は、製造業または供給業から排出される排水について、特別な理由があるときはその数値まで基準を緩和することができることと定められている。施設令第9条第2項の基準値。

B1. (工業ブロックの水量に関するデータ)

第1表 工業用水(淡水)の水源別使用量(30人以上の事業所—工業用水統計)

(単位: 千m³/日)

年 度	公 共 水 道		地表水	伏流水	井戸水	その他	回収水	合 計
	工業用 水 道	上水道						
昭和33	1,380 (5.9)	1,486 (6.4)	5,558 (23.9)	1,956 (8.4)	7,759 (33.4)	542 (2.3)	4,554 (19.6)	23,243 (100.0)
37	2,201 (6.1)	3,029 (8.4)	6,237 (17.4)	2,583 (7.2)	11,046 (30.7)	671 (1.9)	10,165 (28.3)	35,931 (100.0)
44	8,729 (11.7)	3,271 (4.4)	8,019 (10.8)	3,207 (4.3)	14,473 (19.5)	916 (1.2)	35,790 (48.1)	74,406 (100.0)
45	9,801 (11.5)	3,471 (4.1)	8,286 (9.7)	3,247 (3.8)	15,360 (18.1)	871 (1.0)	43,986 (51.7)	85,042 (100.0)
46	10,395 (10.9)	3,876 (4.1)	8,292 (8.7)	3,188 (3.3)	14,915 (15.7)	1,271 (1.3)	53,310 (56.0)	95,247 (100.0)

(注) ()内は構成比%。

表 6・3 全国用途別工業用水使用量 (1968年)

項 目	ボイラ ー用水	原料 用水	製品処理 および洗浄 用水	冷 却 用 水	冷却用水 (海水)	温調 用水	淡水計 (その他含)
使用水量 1000 ³ m/日	1595	530	18549	36729	26297	3871	64938
淡水中の構 成比率(%)	2.5	0.8	28.6	56.6	—	6.0	100.0
1958年を100 とする指数	166.0	10.6	204.0	396.0	105.4	300.3	271.4

第1図 工業用水の原単位と回収率

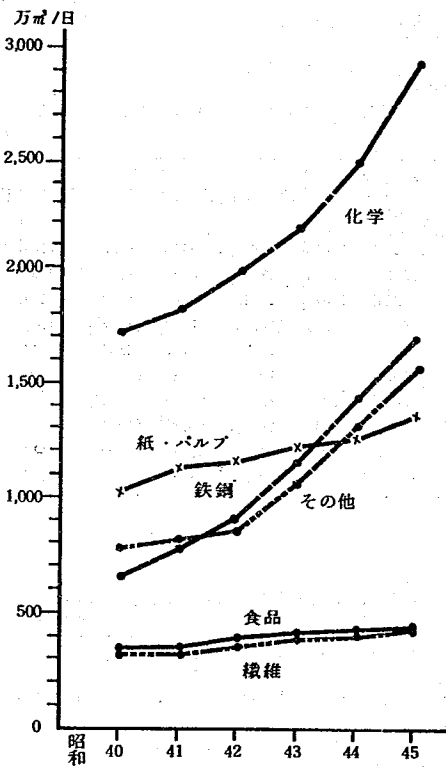
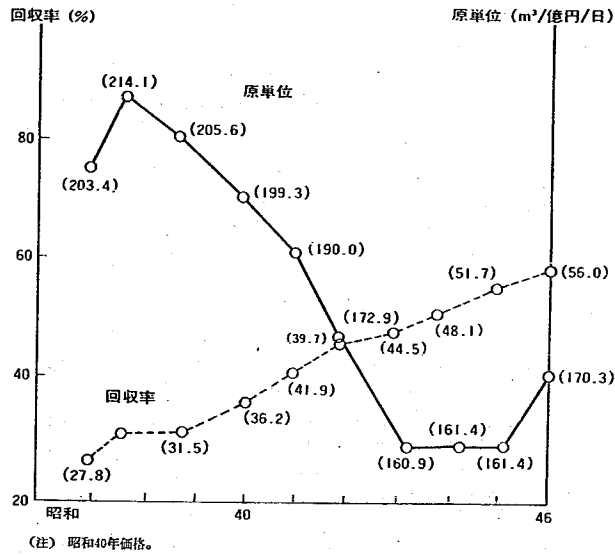


図-4 業種別工業用水使用量の推移

表-2 原単位、回集率の将来予測

	昭和45年		昭和60年	
	原単位	回収率	原単位	回収率
	千 m^3 /日/億円		千 m^3 /日/億円	
食品	0.095	0.17	0.080	0.30
繊維	0.152	0.06	0.110	0.30
衣服	0.010	0.00	0.010	0.10
木材	0.016	0.17	0.020	0.40
家具	0.014	0.05	0.020	0.20
パルプ・紙	0.792	0.27	0.360	0.40
出版・印刷	0.016	0.39	0.020	0.70
化学	0.521	0.65	0.440	0.90
石油・石炭	0.152	0.70	0.150	0.90
ゴム	0.166	0.27	0.080	0.70
皮革	0.042	0.13	0.030	0.10
窯業	0.168	0.48	0.100	0.60
鉄鋼	0.309	0.75	0.340	0.90
非金属	0.132	0.57	0.100	0.80
金属	0.029	0.05	0.020	0.20
一般機械	0.016	0.19	0.010	0.40
電気	0.020	0.26	0.010	0.50
輸送	0.031	0.54	0.040	0.80
精密	0.016	0.07	0.010	0.20
その他	0.055	0.16	0.040	0.40
計	0.161	0.52		

備考：45年出荷額と作業員30人以上のもの。

40年価格による。

No. 174

表6-4 業種別工業用水原単位

業 種	1967 年			1968 年		
	出 荷 額	淡水用水量	原 単 位	出 荷 額	淡水用水量	原 単 位
	(100万円)	(m^3 /d)	(m^3 /d/億円)	(100万円)	(m^3 /d)	(m^3 /d/億円)
食 料 品	3850191	3358323	87	957886	2480490	259
繊維	2413205	3461261	143	1016791	2272530	224
紙 ・ パルプ	1237163	8787684	710	319854	5544824	1734
化学	3333926	8758773	263	879574	4584802	521
石油 ・ 石炭	1067164	551173	52	234135	289125	123
窯 業 ・ 土 石	1168461	967503	83	274355	613828	224
鉄 鋼	3756646	3286795	87	735350	1184989	161
そ の 他	17552776	4346544	25	3248001	2147458	69
計	34379532	33518056	(平均) 98	7665946	19118046	249

No. 151

第1表 淀川地域の工業用水需要予測

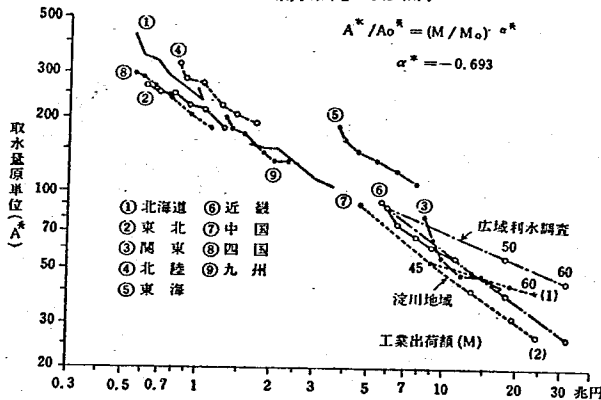
		40	45	50	55	60
出荷額 (10 億円)		4,594 (100)	8,962 (195)	13,254 (288)	18,974 (412)	23,890 (520)
敷地面積 (ha)		9,050 (100)	10,886 (121)	17,324 (191)	22,633 (250)	25,678 (284)
淡水使用量 (10 ³ m ³ /日)	(1)	5,876 (100)	8,261 (141)	12,330 (210)	16,605 (282)	19,977 (340)
	(2)			10,516 (179)	13,118 (223)	15,134 (258)
淡水取水量 (10 ³ m ³ /日)	(1)	4,098	4,786 (117)	6,456 (158)	8,184 (200)	9,739 (238)
	(2)			5,399 (132)	6,026 (147)	6,471 (158)
出荷額原単位	使用量	(1)	128.0	93.0	87.6	83.5
		(2)		79.5	69.3	63.4
	取水量	(1)	89.4	53.4	43.2	40.8
		(2)		40.7	31.8	27.1
敷地原単位	使用量	(1)	650	695	712	735
		(2)			607	580
	取水量	(1)	454	402	372	362
		(2)			312	266
回 収 率 (%)	(1)	30.2	42.3	47.6	50.7	51.2
	(2)			48.8	54.1	57.2

注) 出荷額原単位 (m³/日/億円), 敷地原単位 (m³/日/ha)

(1)水資源開発基本計画資料, (2)全国平均弾性値からの予測

No. 157

第2図 工業用水原単位の減少傾向



No. 157

表 5-8 生産量1t当りの廃水原単位(ただし、石油精製については原料1kl当り)【文献8】

業 種 分 類	業 種 名	生 産 品 名	排水量 (m ³ /t)	排水口における水質					
				pH	BOD (g/l)	COD (g/l)	SS (g/l)	油 分 (g/l)	フェノール (g/l)
1842	しょう油・食用アミノ酸	しょう油	0.0663	6.9	16.8	16.0	3.3	0.8	---
2011	器 械 生 糸	生 糸	3.17	6.1	179.1	163.7	146.7	190.7	---
2411	溶 解 バ ル ブ	バ ル ブ	0.981	6.4	319.0	1594.0	142.4	—	0.2
2412	製 紙 バ ル ブ								
2421	洋紙・機械・すき和紙								
		紙(バルブ工程を 含むもの)	0.780	7.4	137.0	257.1	167.1	—	—
		・(バルブ工程を 含まないもの)	0.851	6.7	220.0	324.2	162.0	16.5	9.0
2422	板	紙(バルブ工程を 含むもの)	0.517	7.1	202.3	317.1	85.7	—	—
		・(バルブ工程を 含まないもの)	0.690	6.9	924.4	88.9	1103.7	0.0	0.9
2611	ア ン モ ニ ア 系 肥 料	ア ン モ ニ ア	1.22	7.3	11.3	28.9	141.6	5.9	1.5
2621	ソ ー ダ	苛 性 ソ ー ダ	1.03	7.1	3.7	46.0	117.5	—	—
2622	電 気	カ ー バ イ ト	0.193	7.4	4.2	1.1	2.4	—	—
2624	圧縮ガス・液化ガス(酸素)	酸 素	0.128	7.4	0.2	0.9	—	1.9	—
3011	板 ガ ラ ス	板 ガ ラ ス	0.00341	7.7	—	0.1	0.2	0.0	—
3014	ガ ラ ス 容 器	び ん	0.0192	7.6	0.3	0.5	1.2	4.1	0.0
3021	セ メ ン ト	セ メ ン ト	0.0293	7.5	0.3	0.6	11.1	0.0	0.0
3051	耐 火 れ ん が	れんが・モルタル	0.0207	6.2	—	—	3.7	—	—
3111	製鋼圧延を行なう高炉による 製鉄	鉄	0.388	7.3	3.5	9.9	20.5	1.1	0.4
3141	熱 間 圧 延	鋼 板 など	0.0395	7.1	0.7	0.5	9.3	0.9	0.0
3142	冷 間 圧 延	鋼 板 など	0.0209	6.4	21.1	1.7	2.4	2.0	—
3144	鋼 管	鋼 管	0.0225	10.0	0.2	0.5	0.6	0.1	—
3153	メ ッ キ 鋼 管	亜鉛メッキ	0.0118	6.1	0.2	0.3	1.0	0.1	—
3161	鍛 鍛 鋼 品	鍛 工 品	0.117	7.0	—	0.6	1.3	0.0	—
3162	鍛 鍛 工 品	鍛 工 品	0.117	7.0	—	0.6	1.3	0.0	—
3163	鑄 鋼 品	鑄 鋼 品	0.0824	6.1	0.1	0.2	1.8	0.1	—

No.187

表 3.58 工業廃水汚濁量単位計算表

業 種 分 類	区 分	排水量原単位 (m ³ /百万円)	水 質 (p.p.m.)	汚 濁 物 質 (g/百万円)
18 食 糧 品	A-1	123	240	320
	A-2	242	200	484
	A-3	137	150	206
	A	146		249
	B-1	039	35	10.1
	B-2	044	30	13.2
	計or平均	039		12.1
	A	計 1.07		平均 162
	B	202	256	772
	C	052	200	104
20 織 造		114	8	9.1
	計	135		平均 118
21 衣 服		0071	8	0507
22 木 材		0074	8	0592
23 家 具		0085	8	0680
24 バルブ・紙		690	120	827
25 出版・印刷		0102	15	153
26 化 学	A-1	426	890	1600
	A-2	248	100	248
	A	245		1080
	B	227		128
	計	458		871
27 石油・石炭		244	100	344
28 プラスチック		059	8	472
29 皮革		084	980	333
30 窯業・工業		177	8	142
31 鉄 鋼		398	15	597
32 非鉄金属		102	15	153
33 金属製品		029	15	425
34 機 械		013	15	270
35 電気機械		019	15	285
36 輸送機械		017	15	255
37 精密機械		017	15	255
38 その他		040	15	600

(琵琶湖周辺下水通計調査のための調査報告書(昭和45年3月建設省)による。)

No.160

B2 (工業ブロックの水質に関するデータ)

表 2 工業用水許容水質基準値の例 (各、二例)

項目	濁度 (mg/l)	色度 (度)	pH	KMnO ₄ 消費量 (mg/l)	蒸発残留物 (mg/l)	全硬度 (mg/l)	鉄 (mg/l)	マンガン (mg/l)	塩素 (mg/l)
ボイラ給用水	0.5 1.0	— 2.0	— ~11.5	— 3.0	— (500)	5.0 1.0	— 0.5	— —	25.0 —
飲料用水	2.0 2.0	10.0 5.0	— 5.8~8.6	— —	850.0 500.0	250.0 300.0	0.2 0.3	0.2 —	— 200.0
洗淨用水	— 15.0	— 10.0	— 5.7~7.8	— —	— *	50.0 70.0	0.2 5.0	0.2 —	— 30.0
潤滑用水	— —	— —	— —	— —	— —	0.5 0.5	0.5 0.5	— —	— —
冷却用水	50.0 50.0	— **	6.7~7.5 —	6.0 —	150.0 —	50.0 50.0	0.5 0.5	0.5 0.5	30.0 —
最もきびしい 基準値 (表中)	0.5	2.0	6.7~7.5	3.0	150.0	0.5	0.2	0.2	25.0

特に上限値はないので、文中、指標値の算定時、100,000 と仮定した。

5,000

No. 53

表 5-7 工業廃水の業種別水質・業種別 BOD 値 【文献7】

中分類番号	業 種 名	BOD 値 (ppm)	中分類番号	業 種 名	BOD 値 (ppm)
18	A-1 水産食料品	240	26	A-1 有機工業製品	390
食	A-2 缶詰食料品	200	化	A-2 医薬品製造	100
品	A-3 調味料	150	学	B 化学肥料製造	13
	B-1 その他	35		無機工業製品	
	B-2 パン・菓子	30			
20	A 染色整理業	1600	27	石油・石炭製品	100
織	B 毛	200	28	石油精製	8
	C その他	8	29	ゴム製品製造業	980
維	繊維工業		30	皮革・同製品製造業	8
	紡績ねん糸		31	窯業・土石製品製造業	15
	織物業		32	鉄鋼業	15
21	衣服その他の繊維・製品業	8	33	非金属	15
22	木材・木製品製造業	8	34	金 属	15
23	家具・装備品製造業	8	35	機 械	15
24	パルプ・紙・紙加工品製造業	120	36	電 気	15
25	出版・印刷・関連連業	15	37	輸 送	15
			38	精 密	15
				そ の 他	15

【注】 A: 有機性汚濁, B: 無機性汚濁

No. 107

表 38 下水再生水の水質 (東京都南千住系の工業用水道, 1967)

項 目	処 理 下 水			再 生 水		
	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均
水 温 (°C)	—	—	—	27.0	8.5	19.1
濁 度 (度)	230	25	18	15	0.5	7
色 度 (度)	50	14	29	43	10	23
pH 値	7.3	6.7	6.9	7.1	6.1	6.7
アルカリ度 (ppm)	153	64	118	138	44	100
塩素イオン (ppm)	807	78	341	749	103	336
導 電 率 (μS/cm)	2995	460	1224	2470	500	1201
残留塩素 (ppm)	—	—	—	3.4	0	1.3
鉄イオン (ppm)	2.84	0.12	0.80	0.66	0.02	0.33
総 硬 度 (ppm)	424	220	306	411	212	300
蒸発残留物 (ppm)	1957	520	1123	1468	432	1055
A B S (ppm)	8.0	0.5	2.9	9.0	1.0	3.5

No. 150

B3 (工業ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

表 8-3 工業用水のコスト (水利科学研究所⁷⁾による)

(単位: 円/m³)

	井戸水	工業用水道	上水道	その他の平均
紙 パ ル プ	1.11	2.96	10.05	1.48
化 学 工 業	2.38	3.01	14.39	2.53
石 油 精 製	3.09	4.38	14.82	4.54
窯 業 土 砂	2.55	4.41	17.68	7.03
鉄	2.82	2.67	16.08	3.80
金採および機械	3.76	4.52	15.34	7.55

(注) 通産省 (昭和 35 年) 調べ

No. 147

表 8-2 岳南地域における揚水コストの比較 (肥田⁸⁾による)

所 在 地		五条製紙 比 奈 比	春日製紙 比 奈 比	東洋製紙 前 田 伝 法	サツキ製紙 上 横 割	大興製紙
1m ³ あたり揚水 コスト (円)	昭和 39 年	1.3(100%)	0.8(100%)	1.0(100%)	0.9(100%)	0.67(100%)
	昭和 42 年	1.0(77%)	1.5(188%)	1.5(150%)	1.2(133%)	1.5(224%)
1日あたり揚水量 (×10 ³ m ³)	昭和 39 年	30(100%)	18(100%)	21(100%)	23(100%)	51(100%)
	昭和 42 年	35(117%)	18(100%)	16(76%)	30(130%)	69(135%)
昭和 39 年の 1日あたり揚水費(千円)		39	14	21	21	34
昭和 42 年の 1日あたり揚水費(千円)		35	27	24	36	104

No. 147

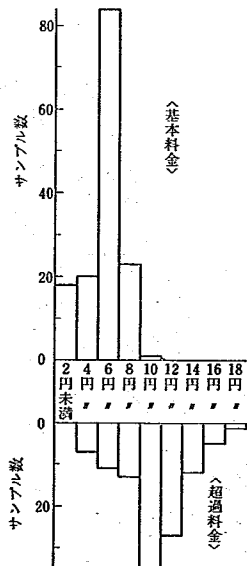


図 8-1 工業用水道水の 1m³あたり料金
基本水量は、100~500 m³/day
のものが多く、工業用水ハンドブ
ック (1972) より作成 (中馬原図)

No. 147

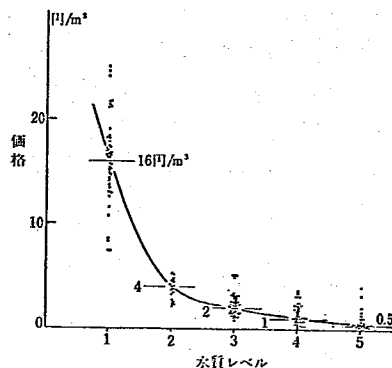


図 9 水質供給価格 (実景別平均値より)

注) 水質レベルは数字が大きるにつれて水質が劣ることを示す。

No. 53

C (工業ブロックの行為または対応策に関するデータ)

表-4 我国における下水の再利用状況 (昭和46年度建設省調べ)

都市名	処理場名	処水 千 m^3 /日	理量 日	再利 水千 m^3 /日	用 量日	再利 用 年	再利 用 始 月	使 用 者	使用目的	料 金 円/ m^3	再処理方法
東京 都	三河島	463		138		昭 39		都水道局→300工場	雑用水	0.25	薬沈、急遽、液清
	芝浦	770		0.47		39		日本卸売市場(芝浦店)	洗浄水	1.15	急遽、滅菌
	砂町	626		2		40		日本国有鉄道(新幹線)	洗浄水	1.15	急遽、滅菌
名古屋	千 年	90		30		40		都清掃局砂町洗浄槽	雑用水	0	薬沈、急遽、液清
川 崎	入江崎	200		29		37		市水道局→2工場	雑用水	1.1	塩素滅菌
大 阪	中 浜	239		10		45		市公園部	大阪場外ボリ用	0	急遽、ABS除去等
北九州	皇后崎	64		30		45		三菱化成黒崎工場	冷却水	1.1	滅菌、工水混入

No. 174

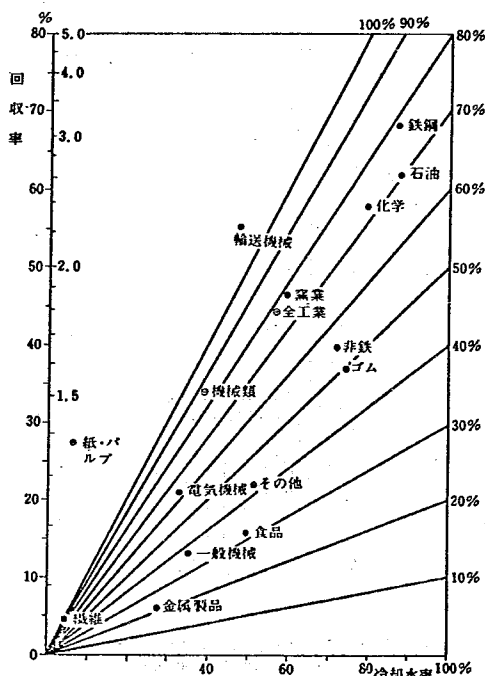
表 40 アメリカにおける海水淡水化の実験プラント

方 式	所在地	規模(ガロン)/日	主な問題点	コスト* (円/ m^3)	摘 要
長管型多重効用蒸発法(12段)	①	100万	スケール腐食	144	1961年6月操業開始、海水
多段フラッシュ蒸発法(36段)	②	100万	スケール腐食	114	1961年11月操業開始、海水
イオン交換膜法	③	25万	膜が高価	76	1961年9月操業開始、Cl ⁻ が1,800ppmの井戸水
蒸気圧縮法	④	100万	スケール		Cl ⁻ が12,600ppmの井戸水
冷凍法(吸収式)	⑤	25万	水晶の分離		
太陽熱利用法	⑥	500	施設巨大	119~190	海水

*コストは、1963年調べ、償却費を含んでいる。

- ① Freeport, Texas;
- ② San Diego, California
- ③ Webster, South Dakota
- ④ Roswell, New Mexico
- ⑤ Wrightsville Beach, North Carolina
- ⑥ Daytona Beach, Florida

No. 150



注) 回収率=回収水/使用量 回転率=使用量/取水量

第3図 工業用水の冷却水と回収水との関係

(淡水 昭和43年 全国)

No. 157

参 考 文 献

A (工業ブロック一般に関するもの)

No. 51 PP 6~25

No. 149 PP 26~27

No. 163

No. 164

No. 175

B1. (工業ブロックの水量に関するもの)

B2 (工業ブロックの水質に関するもの)

B3. (工業ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)

・ 単価, 料金に関するもの

No. 83 PP 26~27

・ 排水規制に関するもの

No. 33 PP 19~20

No. 36 PP 35~39

C (工業ブロックの行為または対応策に関するもの)

C2. No. 150 PP 208~230

No. 179 PP 1~5

C3. No. 59 PP 16~20

No. 60 PP 2~16

C4. No. 54

C6. No. 112 PP 117~139

No. 179 PP 1~5

C7. No. 112 P 106

No. 143 PP 132~134

C8. No. 54 PP 9~15

No. 150 P 240

C9. No. 36 PP 35~39

C10. No. 36 PP 35~39

C12. No. 36 PP 35~39

3.6 業務ブロック

諸条件の変化 本ブロックが取り得る 行為または対応策	水 量		水 質		行政・制度・ 社会条件					本ブロックの受ける 影響および問題点	他ブロック への影響
	定	常	過	定	常	過	用	維	節		
	給	給	汚	給	給	導	用	持	水		
	水	水	水	水	水	水	水	水	水		
	量	量	量	量	量	量	量	量	量		
	減	増	増	減	増	増	増	増	増		
	少	大	大	小	大	大	大	大	大		
1 地下水の利用※	○		○	○		○	○	○	○		域
2 雑用水(散水・洗淨) の利用削減※	○		○				○	○	○	文化性の低下。	上・下
3 水消費型設備の増設		○								文化性の向上。	
4 節水型設備・機器への の切換え	○		○				○	○	○		
5 水多用業種(風呂・プール) の営業短縮※	○		○						○		
6 下水の再生循環利用の実施 (広域・地已・個別方式)	○		○				○	○	○	水洗便所用のみを対象とするのが経済的。	
7 臭気除去器具の設置※				○							
8 使用停止※					○						上・下
										経費増大(物価上昇を招く)。	
										経費増大(物価上昇を招く)。	
										各種事業に対する被害。	
										例えば病院等良質水が要求されるものに対する被害。	
										各種事業に対する被害。文化性の低下。危機感。	下・域
										浪費増大。	
										各種事業活動の低下。文化性の低下。	

バックデーター

B1 (業務ブロックの水量に関するデータ)

表 10 用途別の給水比率 (年間について)

(単位: %)

都市名	家事用	営業用	工場用	官公署 学校用	湯屋用	その他	摘 要
東京都	53.36	19.38	12.84	7.38	2.24	4.80	1966年
横浜市	42.30	24.30	19.00	7.95	3.70	2.75	"
名古屋市	57.90	21.40	11.30	6.80	2.39	0.21	"
大阪市	30.00	35.60	18.60	5.61	6.73	3.45	"
神戸市	42.50	20.00	13.70	9.35	3.83	10.62	1967年
武蔵野市	72.50	14.80	—	12.20	0.35	0.15	1967年
三 郷 市	84.20	1.96	7.80	4.38	0.23	1.43	"
豊 中 市	64.00	7.80	10.50	8.80	5.5	3.40	"
芦 屋 市	74.00	—	—	9.33	1.76	14.91	"

No. 150

表 4-13 用途地域別の営業用水率

用途地域	営業用水率 ¹⁾	営業用水量 ²⁾ (人 日)	備 考
商業地域	0.6~0.8	180~280	用途地域別に営業用水量と営業用地率の相関を求め、1人当り基礎家庭汚水量に対する率として表わしたものである。
住居地域	0.3	90~105	
準工業地域	0.5	150~175	
工業地域	0.2	60~70	

[注] 1) 都市の規模によって多少の変動がある。

2) 基礎家庭汚水量 300~350 l/人 日ときの値。

No. 187

表 4-12 東京都区部における用途別使用水量 (昭和43年)

用途別	用途細別	徴収件数 (件)	使用水量 (m ³)	1 件 1 月 使用水量 (m ³)	水量構成比 (%)
一般用	家事養業	15 328 767	310 766 931	20.3	35.91
	官公署	3 207 729	120 033 705	37.4	13.87
	学校	71 932	33 564 862	466.6	3.88
	病院	58 015	31 639 390	545.4	3.66
	事務所	26 234	13 959 586	553.2	1.61
	工場 A	435 467	79 658 511	182.9	9.20
	工場 B	345 165	88 674 091	256.9	10.24
	その他の	23 011	10 782 275	468.6	1.25
	グループ	246 209	26 865 712	109.1	3.10
	同一宅	5 034	4 856 396	964.7	0.56
	小計	3 778 189	44 966 946	11.9	5.19
営業用	公共計	23 524 752	765 768 405	32.6	88.47
	特 飲	15 386	2 215 124	144.0	0.26
	料 飲	368 386	29 825 809	81.0	3.45
	軽 飲	118 069	8 820 414	74.7	1.02
	娯 楽	34 980	8 102 881	231.6	0.94
	旅 館	39 768	11 915 295	299.6	1.38
	百貨店	1 633	7 012 874	4 294.5	0.81
	その他	21 839	8 268 046	378.6	0.96
	小計	600 061	76 160 443	126.9	8.32
	公 衆 用	18 607	3 477 915	186.9	0.40
	浴 場	27 415	18 547 635	676.6	2.14
	共 用	154 804	1 509 158	9.7	0.17
年間最終合計水量		24 308 835	865 963 556	35.6	100.00

No. 187

表7 東京都水道多量使用者ベストテン (1966年)

順位	使用者	所在	使用水量 (測定水量) (m ³)		
			年間	1カ月当たり平均	1日当たり平均
1	東京ガス豊洲工場	江東	3,028,658	252,388	8,297
2	東京大学文京	文京	2,241,610	186,800	6,141
3	旭電化工業	荒川	1,440,066	120,005	3,945
4	国鉄東京駅	千代田	1,148,955	95,746	3,147
5	国際航業(羽田空港)	大田	1,063,763	88,646	2,914
6	国鉄品川駅	港	991,956	82,662	2,717
7	名古屋精糖東京工業	品川	959,863	79,988	2,629
8	キリンビール東京工場	北	903,939	75,328	2,476
9	ホテルニューオータニ	千代田	848,131	70,677	2,323
10	日本電気	港	840,619	70,051	2,303

No. 150

表 1-1 東京都における建築物用地下水の業種別利用量²⁾

業 種	計			区 部			市 郡 部		
	事業所数	地下水使用量		事業所数	地下水使用量		事業所数	地下水使用量	
		実数	構成比		実数	構成比		実数	構成比
総 数	2,965	432,060	100.0	2,406	227,265	100.0	559	204,795	100.0
一般事務所	67	13,740	3.2	59	8,630	3.8	8	5,110	2.5
百貨店, 小売店	53	17,660	4.1	46	14,067	6.2	7	3,593	1.8
飲食店	34	2,376	0.5	33	2,316	1.0	1	60	0.0
金融, 保険業	20	3,754	0.9	18	3,748	1.6	2	6	0.0
不動産業(貸ビル)	31	6,499	1.5	27	3,699	1.6	4	2,800	1.4
運輸, 同関連産業	63	8,377	1.9	61	7,654	3.4	2	723	0.4
旅館, ホテル	29	5,565	1.3	29	5,565	2.4	—	—	—
公衆浴場	1,916	100,090	23.2	1,696	89,002	39.2	220	11,088	5.4
映画館, 劇場	9	1,080	0.2	9	1,080	0.5	—	—	—
その他の娯楽施設	55	21,510	5.0	30	5,164	2.3	25	16,346	8.0
病院, 診療所	171	30,265	7.0	96	14,794	6.5	75	15,471	7.5
保険, 清掃事務所	13	36,104	8.3	5	5,004	2.2	8	31,100	15.2
学校, 研究施設	289	75,126	17.4	136	32,145	14.2	153	42,981	21.0
官 公 庁	53	28,051	6.5	39	10,069	4.4	14	17,982	8.8
その他(集会場等)	162	81,863	19.0	122	24,328	10.7	40	57,535	28.0

No. 147

表-14 事務所明水の使用内訳 (大阪合同庁舎1号館8階)

使用区分		47年12月15日 48年3月20日	48年4月1日 48年8月31日
炊事・給湯・ウォータークーラー		8.2%	14.0%
手 洗		10.0	11.5
便 所	男 小 便 器	26.4	30.6
	男 大 便 器	12.3	9.8
	女 便 器	11.7	7.1
	小 計	50.4	57.5
掃除		1.4	1.3
洗車(座便分)		23.6	14.6
その他		6.4	2.1
合 計		100	100

表8 大阪市水道の多量使用例 (1965年)

順位	使用者	年間使用水量 (万トン)
1	中山製鋼所	450
2	武田薬品工業	150
3	大阪中央卸売市場	150
4	住友化学工業	139
5	大谷製鋼所	122
6	住友金属工業製鋼所	117
7	国鉄大阪駅	99
8	阪急百貨店	81
9	南海電鉄(高島屋)	75
10	関西電力大阪火力発電所	70

No. 150

表-15 事務所用水の原単位の一例
(大阪合同庁舎1号館8階)

使 用 区 分				原 単 位	
炊事・ウォータークーラー・給湯				5.9	l/人・日
手 洗				5.5	l/人・日
便 所	男	小	便 器	20.3	l/人・日
	男	大	便 器	6.2	l/人・日
	女	便 器		31.1	l/人・日
掃 除				0.09	l/m ² ・日
洗 車				1,310	l/台
ボ イ ラ ー				0.132	l/m ³ ・日

C (業務ブロックの行為または対応策に関するデータ)
※下水の再生循環利用実施例

No. 167

表 7.1-1(1) 新宿副都心地区における雑用系用水の給水単価(転換率60%のとき)

項目 \ 循環方式	広 域 循 環				地 区 循 環				個 別 循 環			
対 象 ビ ル	9 ビ ル		9 ビ ル		9 ビ ル		2 ビ ル		HあるいはIビル		C ビ ル	
雑用系 日平均需要水量(m ³ /日)	6,504		6,504		6,504		1,881		940		695	
原 水	江東工業用水		落合下水処理水		生 下 水		生 下 水		生 下 水		生 下 水	
雑用系の用途3)	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用
処 理 方 法	無処理	活性炭	ろ 過	凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭
雑用系 用水給水単価(円/m ³)	44.0	71.0	32.5	66.9	61.6	94.0	131.0	183.0	165.4	242.9	205.1	288.4
施設費償還費(円/m ³)	27.1	37.3	19.6	34.9	38.6	52.6	77.1	99.6	106.4	138.7	131.2	158.5
維持管理費(円/m ³)	16.9	33.7	12.9	32.0	23.0	41.4	53.9	83.4	59.0	104.2	73.9	129.9

表 7.1-1(2) 新宿副都心地区における雑用系用水の給水単価(転換率40%のとき)

項目 \ 循環方式	広 域 循 環				地 区 循 環				個 別 循 環			
対 象 ビ ル	9 ビ ル		9 ビ ル		9 ビ ル		2 ビ ル		HあるいはIビル		C ビ ル	
雑用系 日平均需要水量(m ³ /日)	4,338		4,338		4,338		1,254		627		463	
原 水	江東工業用水		落合下水処理水		生 下 水		生 下 水		生 下 水		生 下 水	
雑用系の用途3)	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用	水 洗	水洗+雑用
処 理 方 法	無処理	活性炭	ろ 過	凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭	活性炭ろ 過	活性炭・凝集沈でん・ろ過・活性炭
雑用系 用水給水単価(円/m ³)	56.5	87.2	42.4	79.8	77.0	110.6	175.5	230.7	217.2	307.0	238.4	353.0
施設費償還費(円/m ³)	35.9	46.6	24.8	40.8	45.6	58.8	99.5	118.1	140.2	170.2	138.2	176.6
維持管理費(円/m ³)	20.6	40.6	17.6	39.0	31.4	51.8	76.0	112.6	77.0	136.8	100.2	176.4

(注) 1) 詳しくは表5.6-1参照

3) 水洗……水洗便所用、雑用……洗車・散水および掃除用

2) 用地費および給水装置費は含まず

4) 受水費は含まず

※ 下水の再生循環利用実施例

No. 167

表 7.1-2 新宿副都心地区における維持管理費（年間）

（単位 千円）

循環方式 表示記号 項 目	広域循環（9ビル・江東工業用水）				広域循環（9ビル・落合下水処理水）				地区循環（9ビル・生下水）			
	③'	④'	⑦'	⑧'	③	④	⑦	⑧	①	②	⑤	⑥
人 件 費	14,784	22,176	14,784	22,176	14,784	22,176	14,784	22,176	24,024	31,416	24,024	31,416
電 力 費	10,989	12,692	8,606	8,606	5,226	5,884	3,793	4,413	14,168	14,826	11,265	11,884
薬 品 費	—	1,198	—	799	1,198	3,268	799	2,179	1,198	3,268	799	2,179
物 件 費	4,435	6,652	4,435	6,652	4,435	6,652	4,435	6,652	7,207	9,424	7,207	9,424
活性炭補給費	—	27,958	—	18,740	—	27,958	—	18,740	—	27,958	—	18,740
修 善 費	5,593	8,963	4,929	7,347	5,007	9,740	4,138	7,446	7,949	10,838	6,256	8,075
維持管理費合計	35,801	79,639	32,754	64,320	30,650	75,678	27,947	61,606	54,546	97,730	49,551	81,718

循環方式 表示記号 項 目	地区循環（2ビル・生下水）				個別循環（H or Iビル・生下水）				個別循環（Cビル・生下水）			
	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	㉑
人 件 費	16,632	24,024	16,632	24,024	7,392	14,784	7,392	14,784	7,392	14,784	7,392	14,784
電 力 費	10,413	10,994	9,019	9,561	7,277	7,819	5,109	5,651	6,155	6,890	5,226	5,768
薬 品 費	346	944	231	630	173	472	115	314	128	349	85	232
物 件 費	4,989	7,207	4,989	7,207	2,217	4,435	2,217	4,435	2,217	4,435	2,217	4,435
活性炭補給費	—	8,085	—	5,308	—	4,035	—	2,720	—	2,992	—	1,995
修 善 費	4,612	5,934	3,955	4,690	3,171	4,134	2,787	3,384	2,895	3,496	2,026	2,591
維持管理費合計	36,992	57,188	34,826	51,420	20,230	35,679	17,620	31,288	18,787	32,946	16,946	29,805

参 考 文 献	
A (業務ブロッカー般に関するもの) No. 150 PP27~34 No. 167 No. 175	B1 (業務ブロックの水量に関するもの)
B2 (業務ブロックの水質に関するもの)	B3. (業務ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの) ・単価, 料金に関するもの No. 83 PP26~27 No. 84 P33
C. (業務ブロックの行為または対応策に関するもの) C4 No. 143 PP191~193 C6 No. 167	

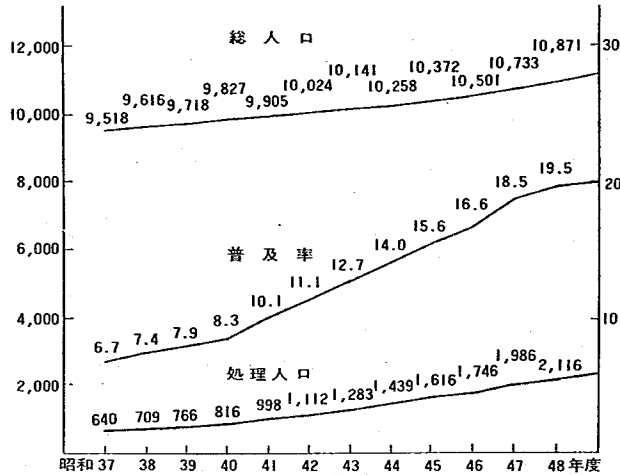
§.7. 下水道ブロック

[illegible]

バックデーター

A (下水道ブロックに関する一般データー)

第1図 公共下水道普及率過年度実績 (処理人口/総人口)



No. 175

表-3 下水道普及状況の推移

年度 (昭和)	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
市街地面積 (km ²)	3574	3670	3800	3990	4145	4460	4800	5190	5545	5915	6454	6963	7472
排水面積 (km ²)	510	572	634	715	807	886	935	1025	1215	1362	1528	1735	1935
処理人口 (万人)	605	610	709	766	816	935	1112	1283	1439	1630	1761	1986	2247
普及率 (%)	6.4	6.7	7.4	7.9	8.3	10.1	11.1	12.7	14.0	15.6	16.6	18.5	20.7
総人口 (万人)	9429	9518	9616	9718	9829	9995	10024	10141	10258	10467	10596	10733	10860
投資額 (億円)	299	331	498	615	813	1038	1277	1387	1598	1916	3738	5255	5432
国費 (%)	42	61	84	112	154	209	277	312	381	455	973	1472	1550

No. 32

第9表 健康に係る有害物質についての排水基準

有害物質の種類	許容限度	有害物質の種類	許容限度
カドミウムとその化合物	0.1mg/l	砒素及びその化合物	砒素として0.5mg/l
シアン化合物	1mg/l	水銀及びアルキル水銀	水銀につき検出されないこと
有機リン化合物*	1mg/l	その他の水銀化合物	検出されないこと
鉛及びその化合物	鉛として1mg/l	アルキル水銀化合物	
六価クロム化合物	6価クロムとして0.5mg/l		

注* パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNに限る。

No. 142

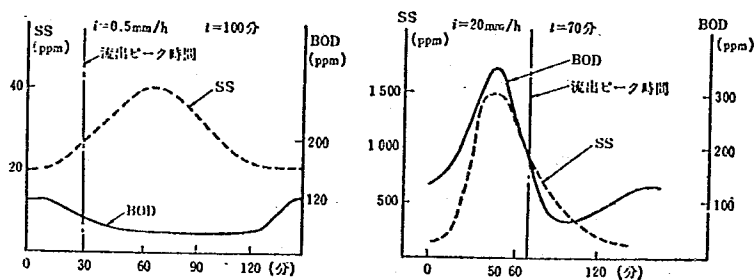
B1 (下水道ブロックの水量に関するデータ)

表 1-2 一人当り汚濁負荷量原単位の標準値

項目	昭和45年	昭和65(20年後)	備考
BOD ₅	44	64~84	年に1~2g/人・日の増加とみる。
COD	22	32~42	COD=BOD/2
SS	40	58~76	SS:BOD=0.9:1
全窒素	12	13	ドイツと同じ。
全磷	1.4	3.2	合成洗剤使用量増加

No. 154

B2 (下水道ブロックの水質に関するデータ)



注: 0分は降雨開始で、最後分は降雨終了後の水質が降雨前に復活したことを示す。

図-1 東京都板橋区における降雨強度別汚濁負荷曲線

No. 35

B3 (下水道ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

主たる施設(水処理のための主要施設の建設費で、用地費、附帯施設および汚泥処理施設を含まないもの)の建設費および維持費の規模による比較。

1) 建設費 (昭和41年度単価に換算した金額)

計画処理人口	処理方式	
	活性汚泥法	高速散水3床法
1万人	3400 円/人	3400 円/人
10万人	1800 "	680 "

2) 維持費 (昭和42年度実績)

処理量 $\text{m}^3/\text{日}$	処理方式	
	活性汚泥法	高速散水3床法
1000	8.2 円/ m^3	7.7 円/ m^3
10000	3.3 "	2.5 "
100000	1.8 "	

(No. 8 P57)

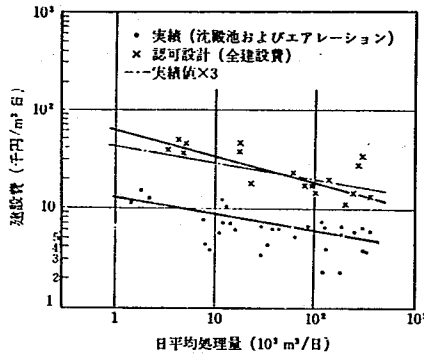


図 6-54 処理場建設費 (汚泥処理を含む)【文献 14】

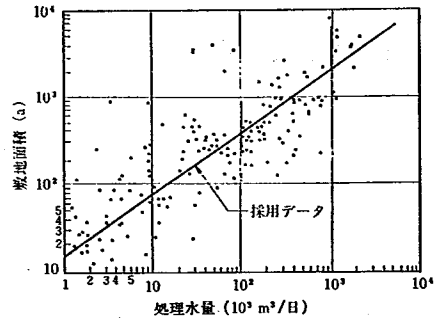


図 6-55 活性汚泥プロセスの処理水量と処理場敷地面積【文献 14】

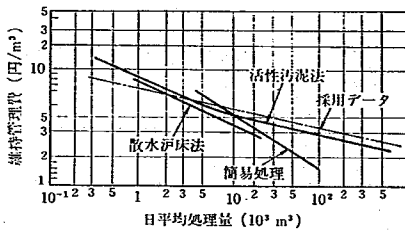


図 6-56 活性汚泥プロセスの維持管理費【文献 14】

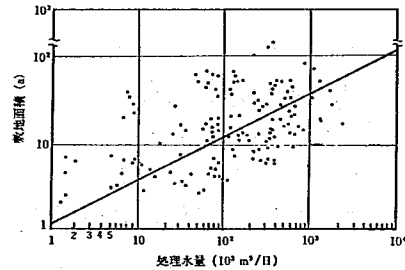


図 6-57 処理水量とポンプ場敷地面積【文献 14】

No.187

C (下水道ブロックの行為または対応策に関するデータ)

表 7-3 一次および二次処理による総合除去率

除去物質	除去率パーセント
B O D	90
全有機物	80
浮遊固形物	90
全リン酸塩	30
全窒素	50
溶解性無機化合物	5

表-8 要浄化率

地域区分	昭和40年	昭和50年	昭和60年
全国	50	68	85
関東	84	90	95
近畿	70	80	90
中部	68	79	89
北陸	—	—	94
北海道	—	—	96

注) 必要浄化率とは、取水したときの水質で放流するために要する浄化の程度のこと。

No. 25

表 7-4 各種三次処理の予想水質

処理方法	SS	BOD	COD	濁度	色	リン酸塩	窒素
1 原水	200~400	100~600			25~30	35~50	
2 混合汚泥	1~5	1~5	40~70	0.3~5	60~80	20~40	20~40
3 ②+活性炭	1~3	<1	5~150	0.3~3	<5	20~40	15~35
4 ②+活性炭+混合汚泥	<1	<1	30~600	0.1~1.0	10~30	0.1~1.0	15~35
5 ②+活性炭+沈殿	1~5	1~3	40~70	~2	10~30	1~2	15~35
6 ②+汚泥	<1	<1	30~600	0.1~1.0	10~30	1~1.0	15~35
7 ②+活性炭	<7	<1	1~150	0.1~1.0	<5	0.1~1.0	10~30
8 ⑦+アンモニア除去	<1	<1	1~150	0.1~1.0	<5	0.1~1.0	1~2

⑦は1あたり400mgの石灰を加えリン酸塩を除去する。

No.31

参 考 文 献

A (下水道ブロック一般に関するもの)	B1. (下水道ブロックの水量に関するもの) No. 17 PP91~94 No. 25 PP18~20 No. 31 PP2~8 No. 33 PP17~22 No. 42 P28 No. 43 P40
B2. (下水道ブロックの水質に関するもの) No. 36 PP35~39	B3 (下水道ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)
C (下水道ブロックの行為または対応策に関するもの)	
C1. No. 42 P28 C2. No. 33 PP17~22 No. 42 P28 C3. No. 31 PP2~8 No. 35 P29 No. 42 P28 C5 No. 5 P31 No. 8 P57 No. 25 PP18~20 No. 33 PP17~22 No. 34 PP23~26 C6 No. 36 PP35~39 C7 No. 33 PP17~22 No. 36 PP35~39 No. 45 P58	
C8. No. 33 PP17~22 C9. No. 2 P18 No. 5 P31 No. 45 P58 C10 No. 143 PP177~205 C11 No. 36 PP35~39 C12 No. 36 PP35~39 No. 39 P54 C13 No. 33 PP17~22 No. 36 PP35~39 C14 No. 33 PP17~22	

3.0 流域生態系ブロック						
諸条件の変化 本ブロックが取得する 行為または対応策	水量		水質		本ブロックの受ける影響および問題点	他ブロックへの影響
	定常 地下水位低下	非常 地下水位上昇	定常 地下流入水質悪化	非常 海洋流入水質悪化 毒物の流入 病原菌等		
1. 水質監視体制 排水規制の強化			○	○		上・下
2. 地下水の涵養の実施	○				地盤沈下速度緩和（沈下現象は不可逆）。 不透水層があるとうまくいかず、また目づまりが問題。	上・下
3. 地盤沈下対策工事 （海岸堤防のかさ上げ）	○					
4. 地下水汲み上げ規制	○				地盤沈下速度緩和。	上・下
5. 地下水採取料の徴収	○					上・家 下・業
					伝染病発生の恐れ。影響の把握は長期にわたる。 悪臭、魚介類の価値低下、人体に有害な魚介類の発生、棲息生物の減少、 海水浴、観光、レクリエーションに被害。	河・農・上・家・工・業・下
					地盤沈下、塩害、酸欠病（工事事故を招く）。 地盤沈下による巨大災害は想定し難い。	

バックデーター

注) 環境基準に関するものについては河道ブロック参照

B1 (流域生態系ブロックの水量に関するデータ)

表22 地下水揚水量の地域分布

(単位: 億トン/年)

地域名	都市用水	農業用水	計
北海道	1.0	2.0	3.0
東北	5.3	1.6	6.9
北陸	12.2	1.6	13.8
関東	15.0	15.0	30.0
東海	24.8	2.2	27.0
近畿	10.9	2.8	13.7
中国	2.5	2.8	8.8
四国	3.5		
九州	5.0	4.4	9.4
計	80.2	32.4	112.6

(注) 雑用水の扱上は9億トンは都市用水に含まない。

No. 143

地表面下

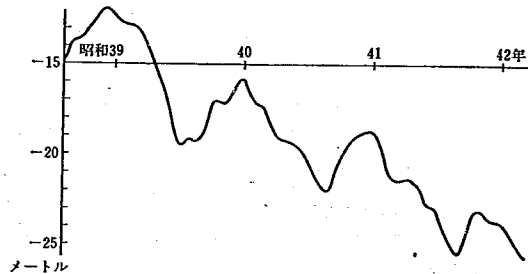


図5 深井戸の地下水位低下 — 東京都武蔵野市一

No. 149

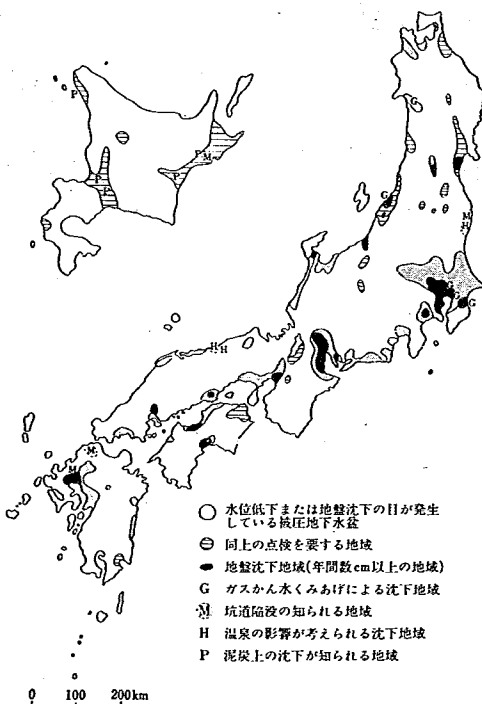


図1-19 わが国の地盤沈下地帯(地盤沈下メカニズム研究会, 1972 原図)

No. 147

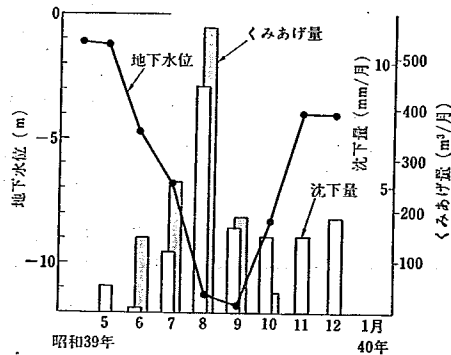


図1-18 佐賀県白石平野における地下水くみあげ量・地下水位・地盤沈下量の関係(柴崎¹⁶⁾による)

No. 147

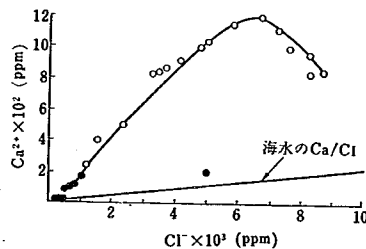


図7-9 塩水化の進行にともなう特定井戸の試水のClとCaとの関係(青森県八戸地区)(池田¹⁰⁾による)

No. 147

	東京	大阪	新潟	名古屋	尼崎	西宮	川崎	川口
1. 地下水くみあげ量(過去の最大量)1,000トン/日	790	470	550	193	280	54	115	不明
2. 最大沈下量センチ/年	19	20	50	6	20	19	9	21
3. 最低地盤高(海拔メートル)	-2.3	-1.7	-0.6	-1.4	-1.0	-1.6	-0.5	不明
4. 地盤沈下地帯面積(平方キロメートル)	190	200	240	不明	50	20	40	不明
5. 海拔ゼロメートル地帯面積(平方キロメートル)	40	30	2	50	10	2	10	4
6. ゼロメートル地帯にすむ人口(1,000人)	500	340	40	160	120	20	80	不明
7. 最高潮位以下の地域の面積(平方キロメートル)	80	50	7	80	20	10	15	14
8. 最高潮位以下の地域にすむ人口(1,000人)	2,000	630	130	350	300	60	150	不明

(科学技術庁資源調査所資料による)

No. 149

B2 (流域生態系ブロックの水質に関するデータ)

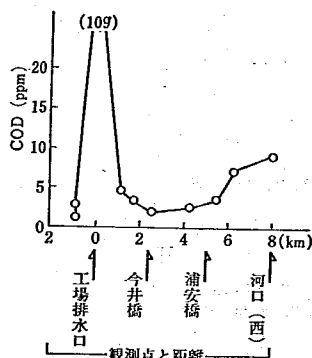


図 7-4 江戸川河口付近における汚染濃度の高まり

No. 190

B3 (流域生態系ブロックの行政・制度・社会条件に関するデータ)

表 8-4 東京江東デルタ地帯の地盤沈下による経済的損失(東京都公害研究所⁹⁾による)
(昭和45年度価格, 外挿推定を含む) (単位: 百万円)

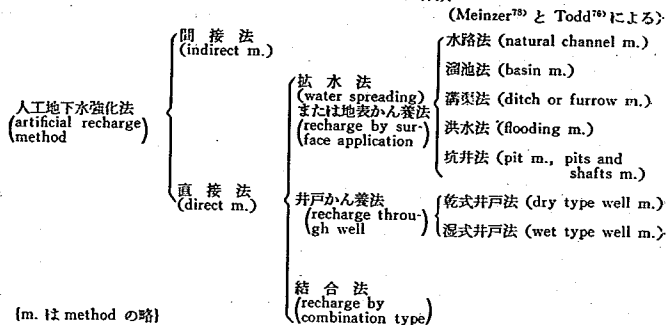
区 分	予 防 的 費 用							
部 門	港 湾	河 川	下 水 道	工業用水道	道 路	鉄 道	電信電話	小 計
昭和36年度	2,298	2,251	586	1,019	771	—	40	6,965
37	2,713	2,671	580	2,459	771	—	40	9,234
38	1,990	1,950	625	3,267	712	—	40	8,584
39	611	2,880	646	3,221	525	—	38	7,921
40	183	2,729	891	4,559	1,152	—	29	9,543
41	1,009	1,189	1,549	1,120	507	—	33	5,407
42	1,149	1,458	2,114	—	636	—	44	5,401
43	953	2,330	1,348	—	864	—	49	5,544
44	545	1,051	957	—	757	1,258	57	4,625
45	888	480	745	—	1,016	1,183	31	4,343
計	12,339	18,989	10,041	15,645	7,711	2,441	401	67,567

区 分	修 繕 的 費 用							
部 門	下水道	工業用水道	上水道	道 路	鉄 道	学校等	都営住宅	電 力
昭和36年度	33	—	106	44	56	138	1	92
37	46	—	88	44	57	91	1	92
38	27	—	89	18	69	93	3	92
39	34	146	89	33	31	91	1	92
40	44	324	96	45	34	86	3	92
41	186	247	86	26	59	88	4	88
42	145	225	101	167	36	94	6	101
43	165	107	146	30	28	83	9	86
44	146	115	150	4	27	357	5	101
45	86	112	104	28	16	259	13	80
計	912	1,276	1,055	439	413	1,380	46	916

No. 147

C (流域生態系ブロックの行為または対応策に関するデータ)

表 8-8 人工地下水強化法の分類



No. 147

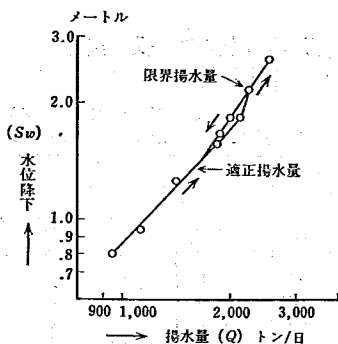


図 36 井戸の適正限界揚水量の決定 (村下敏夫による)

No. 149

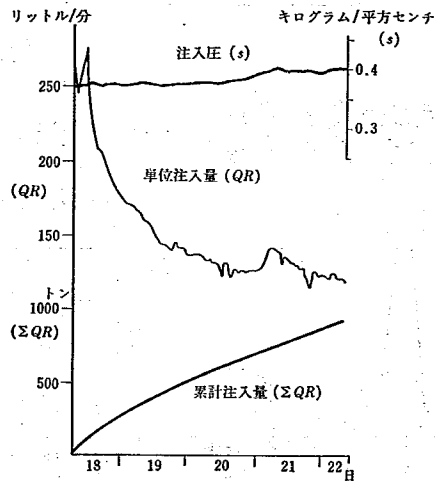


図 39 注入井の注入効率の変化
—佐賀県白石平野の例—

No. 149

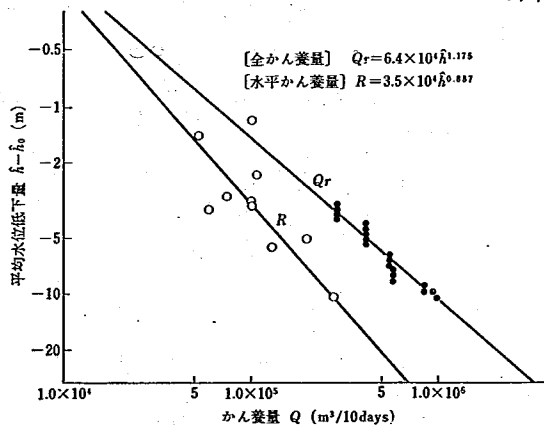


図 6-11 かん養量と平均水位低下量との相関—佐賀白石地下水谷—
(鎌田・猿山・柴崎²³⁾による)

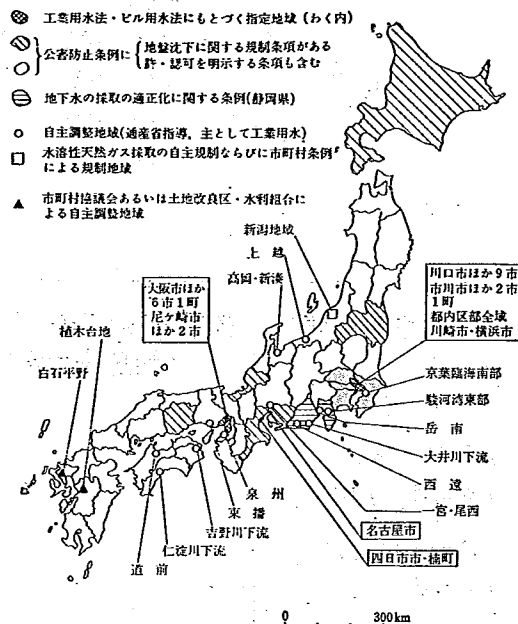


図 8-9 国内における地下水規制状況

No. 147

参 考 文 献

A (流域生態系ブロック一般に関するもの)

No. 147

No. 153 PP 31 ~ 32

No. 166

B1. (流域生態系ブロックの水量に関するもの)

No. 12 PP 29 ~ 35

No. 143 PP 106 ~ 113

No. 147

No. 149 PP 24 ~ 26

No. 165 PP 1 ~ 28

B2 (流域生態系ブロックの水質に関するもの)

No. 108 PP 12 ~ 24

No. 127 PP 50 ~ 56

No. 143 PP 140 ~ 149

No. 153 PP 45 ~ 52, 57 ~ 62

No. 156 PP 119 ~ 125

No. 166

B3 (流域生態系ブロックの行政・制度・社会条件に関するもの)

C (流域生態系ブロックの行為または対応策に関するもの)

C1. No. 143 PP 140 ~ 149

C2. No. 12 PP 29 ~ 35

No. 147

No. 149 PP 24 ~ 26

C3. No. 12 PP 29 ~ 35

C4. No. 12 PP 29 ~ 35

No. 143 PP 106 ~ 113

No. 149 PP 24 ~ 26

C5 No. 171

No. 183

§.9 文 献 録

文 献 NO.	著 者 名	文 献 名
1	杉本 昭典	「水資源と水質汚濁防止」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 5~12 1970-2
2	藤野 良幸	「淀川の水資源開発と水質保全」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 13~18 1970-2
3	合田 健	「上水道」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 19~22 1970-2
4	久保 起	「下水道」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 23~25 1970-2
5	松本 順一郎	「し尿処理」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 29~31 1970-2
6	末石 富太郎	「システム工学の手法を用いた集配水管理」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 46~51 1970-2
7	丹保 憲仁	「浄水技術の動向」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 52~55 1970-2
8	柏谷 衛	「下水処理技術の動向」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 56~59 1970-2
9	左合 茂庭	「汚濁河川の悪臭防止」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 68~69
10	村上 健	「河川の自浄作用」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 70~71 1970-2
11	井上 頼輝	「海洋拡散」 “土木学会誌” Vol. 55-2 , pp 72~74 1970-2
12	竹崎 忠雄	「東京の地盤沈下」 “土木学会誌” Vol. 55-4 , pp 29~35 1970-4
13	関西支部	「1970年代の近畿——水問題も考える」 “土木学会誌” Vol. 55-7 , pp 67~73 1970-7
14	田中 収	「不足する水資源」 “土木学会誌” Vol. 56-6 , pp 3~7 1970-6
15	藤吉 三郎	「利水計画の安全度に関する二、三の考察——利根川水系を例として——」 “土木学会誌” Vol. 56-11 , pp 23~29 1971-11

文献 No.	著者名	文献名
16.	西川・牛島	「公害対策基本法・騒音規制法・水質汚濁防止法・大気汚染防止法」 “土木学会誌” Vol 56-4, pp 77~86 1971-4
17.	安藤・並木・島崎	「都市計画法・水道法・下水道法」 “土木学会誌” Vol 56-10, pp 85~92 1971-10
18.	神谷 貞吉	「電力の需要と資源のバランス」 “土木学会誌” Vol 56-4, pp 67~70 1971-4
19.	清野 保	「愛知用水建設史 — 水計画の発展について —」 “土木学会誌” Vol 57-1, pp 34~39 1972-1
20.	水越 達雄	「梓川開発史」 “土木学会誌” Vol 57-1, pp 40~43 1972-1
21.	荒木 道雄	「利根川河口堰建設の回顧」 “土木学会誌” Vol 57-1, pp 54~57 1972-1
22.	末石・佐藤他	「水質汚濁の “in environment” コントロール」 “土木学会誌” Vol 57-4, pp 42~48 1972-4
23.	山本 孝治	「ピラミッドが建設された頃」 “土木学会誌” Vol 57-7, pp 10 1972-7
24.	小倉 芳彦	「万里の長城・その盛衰小史」 “土木学会誌” Vol 57-7, pp 18 1972-7
25.	久保 起	「流域下水道事業の概要」 “土木学会誌” Vol 57-3, pp 12~20 1972-3
26.	本間・柏谷他	「隅田川の汚濁対策」 “土木学会誌” Vol 57-3, pp 21~31 1972-3
27.	編集部	「四国開発のキーストーン・吉野川 — その分水史の一端をひもとく —」 “土木学会誌” Vol 57-9, pp 77~84 1972-9
28.	編集部	「江戸から東京をうるおして300年 — 多摩川水系を根源とする東京水道の諸施設 —」 “土木学会誌” Vol 57-10, pp 79~86 1972-9
29.	編集部	「水力エネルギーの経済開発 — 揚水発電の足どりと技術開発のあれこれ —」 “土木学会誌” Vol 57-13, pp 55~62 1972-12
30.	住友 恒	「都市における上水需要量の変動特性について — 需要の季節変動の分析 —」 “土木学会論文報告集” 第197号 pp 33~42 1972-1

文献 No	著者名	文 献 名
31	寺島 重雄	「生活環境整備のための下水道」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 2~8 1973-10
32	久保 起	「わが国の下水道の現状と将来」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 9~15 1973-10
33	松本順一郎	「諸外国における下水道」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 17~22 1973-10
34	山村 勝美	「水質汚濁防止と下水道」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 23~26 1973-10
35	間方 博之	「下水道建設工事の技術的課題」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 29~34 1973-10
36	佐藤 昌彦	「工場排水対策と下水処理の維持管理」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 35~39 1973-10
37	柏谷 衛	「下水の処理技術」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 41~46 1973-10
38	川口 士郎	「汚泥の処理・処分」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 47~51 1973-10
39	岩井 重久	「土木技術者の使命——特に琵琶湖・淀川水系の水資源・水質汚濁を例として——」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 53~57 1973-10
40	奥井 英夫	「環境基準・その他」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 16 1973-10
41	末石富太郎	「環境容量」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 27 1973-10
42	玉木 勉	「合流式と分流式」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 28 1973-10
43	中川 幸男	「流域別下水道整備総合計画と流域下水道」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 40 1973-10
44	杉本 昭典	「富栄養化」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 52 1973-10
45	斎藤健太郎	「汚泥」 “土木学会誌” Vol 58-11 , pp 58 1973-10
46	春名・岡田	「広域利水における水配分計画モデルに関する一考察」 “土木学会論文報告集” 第211号 , pp 63~76 1973-3

文献 No	著者名	文献名
47	吉田 方明	「水力開発とエネルギー問題」 “土木学会誌” Vol 59-7 , pp 6~10 1974-6
48	豊島 修	「河川および海域におけるヘドロ処理」 “土木学会誌” Vol 59-9 , pp 25~26 1974-8
49	野中 徹一	「ディスプレイ」 “土木学会誌” Vol 59-9 , pp 46 1974-8
50	星野・上野	「淀川水系の渇水とその対策」 “土木学会誌” Vol 59-9 , pp 49~56 1974-8
51	綾・島津	「工業用水原単位に関する研究」 “工業用水” Vol 116 , pp 6~25 1968-5
52	藤井 政男	「化学工業と水」 “工業用水” Vol 124 , pp 25~32 1969-1
53	住友・末石	「工業用水の需給分析と水量・水質配分の考察」 “工業用水” Vol 124 , pp 59~70 1969-1
54	岩崎 岩次	「工業用水の高度利用の問題点」 “工業用水” Vol 128 , pp 9~15 1969-5
55	山本 保晴	「下水処理水の再利用について」 “工業用水” Vol 135 , pp 12~18 1969-12
56	鈴木 利勝	「鉄鋼業の水使用合理化について」 “工業用水” Vol 135 , pp 19~24 1969-12
57	田中 実	「水利権の現状 —水不足の危機をどうする—」 Vol 136 , pp 26~34 1970-1
58	安立 一郎	「ソーダ工業における水使用合理化の方法について」 “工業用水” Vol 137 , pp 2~20 1970-2
59	岡崎 進	「下水処理水を水源とする工業用水道の問題点と対策」 “工業用水” Vol 140 , pp 15~20 1970-5
60	井上源之助	「下水処理水を水源とする工業用水道の諸問題と対策」 “工業用水” Vol 141 , pp 2~16 1970-6
61	安井 正巳	「都市化過程における農業水利」 “工業用水” Vol 148 , pp 25~30 1971-1
62	内田駿一郎	「今後における企業立地問題、特にその水問題について」 “工業用水” Vol 148 , pp 31~40 1971-1
63	藤岡 達茂	「海水の淡水化について」 “工業用水” Vol 148 , pp 46~57 1971-1

文献 No	著者名	文 献 名
64	田辺 俊彦	「工業用水をめぐる諸問題とその展望」 “工業用水” Vol 160 , PP 12 ~ 17 1972-1
65	田中 収	「生産工程モデルによる工業用水収支調査について」 “工業用水” Vol 160 , PP 18 ~ 29 1972-1
66	安井 正巳	「都市化過程の農業水利について—用水転換の問題」 “工業用水” Vol 165 , PP 19 ~ 25 1972-6
67	山内 一郎	「農業用水合理化対策事業の着手にあたって」 “工業用水” Vol 167 , PP 24 ~ 29 1972-8
68	田島 秀雄	「工業用水の使用合理化について」 “工業用水” Vol 168 , PP 3 ~ 8 1972-9
69	綾 日出教	「産業排水等再生利用調査の研究状況について」 “工業用水” Vol 168 , PP 9 ~ 16 1972-9
70	土屋 恵一	「海水淡水化装置の実用化の現状」 “工業用水” Vol 168 , PP 30 ~ 38 1972-9
71	小西泰次郎	「水資源としての人工地下水」 “工業用水” Vol 168 , PP 34 ~ 49 1972-9
72	建設省	「渇水対策について」 “工業用水” Vol 188 , PP 20 ~ 22 1974-5
73	武田・山本	「わが国の水資源開発の現状と問題点(その1)」 “工業用水” Vol 186 , PP 6 ~ 22 1974-3
74	今岡 亮司	「わが国の水資源開発の現状と問題点(その2)」 “工業用水” Vol 187 , PP 2 ~ 8 1974-4
75	永末 博幸	「わが国の水資源開発の現状と問題点(その3)」 “工業用水” Vol 189 , PP 20 ~ 23 1974-6
76	立花 勲	「わが国の水資源開発の現状と問題点(その4)」 “工業用水” Vol 190 , PP 8 ~ 20 1974-7
77	金子 良	「都市化のなかの農業用水」 “水温の研究” Vol 14-4 , PP 3 ~ 8 1970-11
78	広瀬 利雄	「水資源開発計画における利水の安全度について」 “水温の研究” Vol 14-5 , PP 2 ~ 12 1971-1
79	広瀬 利雄	「水資源開発計画における利水の安全度について(2)」 Vol 14-6 , PP 14 ~ 20 1971-3
80	細野日出男	「水道料金の決め方と最近の動向」 “水道協会雑誌” Vol 469 , PP 2 ~ 10 1973-10

文献 NO	著 者 名	文 献 名
81	北 久一	「強度遙増料金型式と説明原理」 “水道協会雑誌” Vol 469 , pp 11~16 1973-10
82	竹中 龍雄	「水道料金をめぐる諸意見の検討」 “水道協会雑誌” Vol 469 , pp 17~24 1973-10
83	宮元 義雄	「水道料金と公費負担」 “水道協会雑誌” Vol 469 , pp 25~29 1973-10
84	遠藤 湘吉	「水道財政と公費負担」 “水道協会雑誌” Vol 469 , pp 30~33 1973-10
85	国川 建二	「水道事業における水資源諸問題」 “水道協会雑誌” Vol 436 , pp 10~19 1971-1
86	石橋 多聞	「水道として水資源問題にいかに取り組むべきか」 “水道協会雑誌” Vol 436 , pp 20~22 1971-1
87	新沢嘉芽統	「農業用水の都市用水への転用」 “水道協会雑誌” Vol 436 , pp 35~38 1971-1
88	末石 富太郎	「用途別給水計画の研究」 “水道協会雑誌” Vol 436 , pp 55~73 1971-1
89	松本・中村	「地域別上水使用量に関する調査研究(Ⅳ)-九州」 “水道協会雑誌” Vol 437 , pp 22~29 1971-2
90	長尾 真一	「財政上からみた水道事業における漏水防止のあり方」 “水道協会雑誌” Vol 453 , pp 2~9 1972-6
91	和泉 一加	「現行の漏水防止技術の理論と実際」 “水道協会雑誌” Vol 453 , pp 15~22 1972-6
92	中山 禎輝	「住宅都市における水利用の実態にみる若干の考察」 “水道協会雑誌” Vol 454 , pp 21~26 1972-7
93	京都市水道局	「京都市における臭い水対策」 “水道協会雑誌” Vol 462 , pp 10~23 1973-3
94	荒田 健	「横行水利権の実態とその合理化」 “水利科学” Vol 12-6 , pp 22~37 1969-2
95	増田 正直	「中水道についての検討」 “水利科学” Vol 13-3 , pp 39~56 1969-8
96	金子 良	「水収支特性の地形別類型(I)」 “水利科学” Vol 14-2 , pp 42~61 1970-6
97	金子 良	「水収支特性の地形別類型(Ⅱ)」 “水利科学” Vol 14-3 , pp 97~109 1970-8

文献 NO.	著者名	文献名
98	金子 良	「水収支特性の地形別類型(Ⅲ)」 “水利科学” Vol 14-4 , pp 19~55 1970-10
99	金子 良	「水収支特性の地形別類型(Ⅳ)」 “水利科学” Vol 14-6 , pp 48~68 1971-2
100	金子 良	「水収支特性の地形別類型(Ⅴ)」 “水利科学” Vol 15-1 , pp 45~94 1971-4
101	金子 良	「水収支特性の地形別類型(Ⅵ)」 “水利科学” Vol 15-2 , pp 92~119 1971-6
102	川平 弘子	「水と生活」 “水利科学” Vol 14-2 , pp 121~126 1970-6
103	黒沢 俊一	「海水淡水化に関する諸問題」 “水利科学” Vol 14-4 , pp 1~18 1970-10
104	金子・武藤他	「農業用水を中心とした水資源問題」 “水利科学” Vol 14-5 , pp 16~38 1970-12
105	安井 正巳	「水利問題の経済論的接近——水資源配分最適化の理論」 “水利科学” Vol 14-6 , pp 19~47 1971-2
106	清水 誠	「海洋の汚染(1)——最近の問題点を探る」 “水利科学” Vol 15-1 , pp 1~27 1971-4
107	津田 松苗	「水質汚濁と生態学」 “水利科学” Vol 15-3 , pp 1~11 1971-8
108	新田 忠雄	「海域におよぼす下水道廃水の影響」 “水利科学” Vol 15-3 , pp 12~24 1971-8
109	清水 誠	「海洋の汚染(2)——DDT・食物連鎖・生物濃縮」 “水利科学” Vol 15-3 , pp 86~112 1971-8
110	石橋 多聞	「都市用水の問題点」 “水利科学” Vol 15-4 , pp 1~17 1971-10
111	佐藤 山口	「東京周辺における住宅の水道使用量とその傾向」 “水利科学” Vol 15-4 , pp 101~119 1971-10
112	島津 暉之	「水節約の技術的可能性(1)」 “水利科学” Vol 15-5 , pp 105~139 1971-12
113	島津 暉之	「水節約の技術的可能性(2)」 “水利科学” Vol 15-6 , pp 51~73 1972-2
114	島津 暉之	「水節約の技術的可能性(3)」 “水利科学” Vol 16-2 , pp 16~50 1972-6

文 献 No	著 者 名	文 献 名
115	田中・鈴木	「水道水源の汚染について」 “水利科学” Vol 16-4 , pp 1~16 1972-10
116	佐山 実	「工業用水の需要予測について」 “水利科学” Vol 16-5 , pp 23~40 1972-12
117	岡本 雅美	「水田農業用水の計画需要量の推定法」 “水利科学” Vol 17-2 , pp 54~65 1973-6
118	津田 松苗	「汚水と生物」 “水利科学” Vol 17-4 , pp 7~19 1973-10
119	奥野 長晴	「下水処理場流入水量水質変動のスペクトル解析」 “下水道協会誌” Vol 8-88 , pp 32~40 1971-9
120		「都営住宅の使用水量調査」 “空気調和・衛生工学” Vol 46-3 , pp 80~94 1972-3
121	小島 貞男	「水質汚濁と給水」 “空気調和・衛生工学” Vol 46-11 , pp 6~15 1972-11
122	三村 胖	「水と設備機器の腐食」 “空気調和・衛生工学” Vol 46-11 , pp 24~33 1972-11
123	中山・紀谷他	「事務所建築における使用水量調査と解析(その1)」 “空気調和・衛生工学” Vol 47-11 , pp 1063~1082 1973-11
124	中山・紀谷他	「事務所建築における使用水量調査と解析(その2)」 “空気調和・衛生工学” Vol 48-4 , pp 277~294 1974-4
125	武藤 暢夫	「生活環境と悪臭」 “用水と廃水” Vol 13-8 , pp 3~6 1971-8
126	高木 貞敬	「嗅覚の生理」 “用水と廃水” Vol 13-8 , pp 9~15 1971-8
127	石黒・菱田他	「東京都における悪臭公害の現状」 “用水と廃水” Vol 13-8 , pp 50~56 1971-8
128	喜多 他	「びわ湖におけるかび臭発生に関する一考察」 “用水と廃水” Vol 14-4 , pp 21~26 1972-4
129	佐々木定彦	「工場廃水対策——通商産業省における水質保全のための施策」 “用水と廃水” Vol 14-5 , pp 3~13 1972-5
130	津田 松苗	「富栄養化は救えるか」 “用水と廃水” Vol 15-1 , pp 3~8 1973-1
131	坂本 充	「富栄養化と生物生産」 “用水と廃水” Vol 15-1 , pp 25~34 1973-1

文献 NO	著者名	文献名
132	鈴木 静夫	「富栄養化と工業用水」 “用水と廃水” Vol 15-1 , pp 43~46 1973
133	柴田 益男	「廃水再生利用の背景と技術開発の現況」 “用水と廃水” Vol 16-1 , pp 9~14 1974-1
134	本多 淳裕	「工業用廃水のクローズドシステム化」 “用水と廃水” Vol 16-1 , pp 15~28 1974-1
135	安藤 茂	「下水の再利用について」 “用水と廃水” Vol 16-1 , pp 37~44 1974-1
136	清水 博	「工場排水・下水の工業用水化技術の諸問題」 “用水と廃水” Vol 16-1 , pp 47~50 1974-1
137	野中 八郎	「集合住宅における下水の再利用」 “用水と廃水” Vol 16-1 , pp 51~61 1974
138	太田 更一	「わが国の農業水利の管理の現況と問題点」 “水と土” Vol 10 , pp 33~42 1972-8
139	岡本 雅美	「用水管理に関するいくつかの問題点」 “水と土” Vol 10 , pp 43~45 1972-8
140	宮野 能典	「管理面からみた水利用計画のあり方」 “水と土” Vol 10 , pp 46~50 1972-8
141	伊藤 光	「畑地灌漑の計画日消費水量について」 “水と土” Vol 12 , pp 30~36 1973-2
142	山内 一郎	「農村環境と水質保全」 “水と土” Vol 13 , pp 27~42 1973-6
143	中沢 式仁	「水資源の話」 日経文庫 222 日本経済新聞社 1974-7
144	建設省河川局	「昭和60年における水需要と水資源開発」 広域利水調査第 二次報告書 日本河川協会 1973-8
145	宮川 公男 他	「水質保全のシステム分析」 経済企画庁経済研究所研究シリ ーズ第25号 大蔵省印刷局 1971-8
146	加藤 辺	「都市が滅ぼした川 — 多摩川の自然史」 中公新書第325 中央公論社 1973-5
147	水収支研究グループ	「地下水資源学 広域地下水開発と保全の科学」 共立出版 株式会社 1973-4
148	金子 良	「農業水文学」 水文学講座 12 共立出版株式会社 1973-4
149	柴崎 達雄	「地盤沈下 — しのびよる災害」 三省堂新書 94 三省堂 1971-2

文 献 NO	著 者 名	文 献 名
150	石橋 多聞	「飲み水の危機」 東大出版会 1970-12
151	山縣 登	「水と環境」 環境科学ライブラリー-1 大日本図書 1973-10
152	檜山義夫, 清水誠	「水産生物と環境」 環境科学ライブラリー-10 大日本図書 1974-11
153	通商産業省 立地公害局	「新版・公害防止の技術と法規」(水質編) 産業公害防止 協会 1974-7
154	本郷文男, 村田恒雄	下水道講座-4 「処理場の設計と考え方」 鹿島研究所出版 会 昭和 50.1
155	中野尊正, 小林国夫	「日本の自然」 岩波書店 1959-5
156	庄司光, 宮本憲一	「恐るべき公害」 岩波書店 1964-4
157	藤野 良幸	「都市における水利用システム」 “技術と企業” Vol. 9-8 1972
158	木村 耕三	「災害は進化する — あすの危険の総点検」 講談社 1971-5
159	清浦 雷作	「改訂新版・公害への挑戦, 一億人をもしばむ文明のガン」 講談社 1971-1
160	土木学会	「琵琶湖の将来水質に関する調査報告書」 土木学会 x 115 No. 315 1970
161	新沢嘉芽統	「農業用水の都市用水への転用」 “水道協会誌” 436 号
162	建設省関東地方建設局	「水道アンケート調査報告書(集計編)」 1970
163	綾・島津	「工業用水原単位に関する研究」 “工業用水” 1968-5
164	通産省調査統計部	「工業統計表 — 用地用水編」 昭和 40.4
165	東京都土木技術研究所	「水準基標測量成果表」 都土木技研資料 44-1 1968
166	近畿地方建設局 淀川工事々務所	「淀川等が大阪湾に与える影響調査」(大阪湾の汚濁機構-1) 昭和 49.3
167	東京都水道局	「水の循環利用実用化調査報告書」 東京都首都整備局 昭和 48.3
168	建設省近畿地方建設局企画部	「渇水時における水利用調査報告書」(概要) 昭和 49.7
169	建設省近畿地方建設局大滝ダム工事々務所	「渇水時における水利用意識調査」報告書 昭和 49.3
170	佐藤 武夫	「水の経済学」 岩波新書 1965.6
171	朝日新聞	昭和 50.2.17 夕刊

文献 NO.	著 者 名	文 献 名
172	宮井 宏, 藤田 政治, 大戸 清	「水利用の実態とその高度利用について」 第27回 建設省 技術研究会報告 pp 1~4 昭和48年度
173	藤原信吉, 須藤隆一	「再生水の造水と利用技術」 資料集大成 第1章「総論」 pp 5~50 昭和49.3
174	藤原信吉, 井上源之助	同上 第6章「再生水の利用システム」 pp 861~908
175	水利科学研究所	「1975年版 水経済年報」 昭和50.2
176	藤野 良幸	「水資源 - その危機的状況と打開策」 “創造の世界” 季刊12号 小学館 1973-12
177	松尾新一郎	「地下ダムの構想について」 “地域社会における水利用シス テムのあり方” 論文集 pp 116~131 建設省近畿地方建設局企画部 昭和49.6
178	山田 淳	「水利用システムの現況と課題 - 上水道を対象として -」 同上論文集 pp 152~182
179	綾 日出教	「水資源問題の前提の検討」 同上論文集 pp 1~7
180	丹保 憲仁	「水利用の問題点 - 都市・地域水代謝システムの転換点 -」 同上論文集 pp 106~115
181	末石富太郎	「地域社会における水利用システムのあり方」 同上論文集 pp 84~105
182	宮永 昌男	「地域社会における水利用システムのあり方」 同上論文集 pp 132~151
183	石橋 多聞	「地域社会における水利用システムのあり方」 同上論文集 pp 8~21
184	岩佐 義朗	「地域社会における水利用システムのあり方」 同上論文集 pp 22~35
185	金沢 良雄	「地域社会における水利用システムのあり方」 同上論文集 pp 36~47
186	古賀雷四郎, 山本三郎	「人と水」 弘報通信社 昭和48.11
187	杉木 昭典	「水質汚濁 - 現象と防止対策」 技報堂 昭和49.4
188	土木学会	「琵琶湖の将来水質に関する調査報告書」 昭和44年度 琵琶湖調査 × 107 NO. 206
189	土木学会	「琵琶湖の将来水質に関する調査報告書」 昭和46年度 琵琶湖調査 × 124 NO. 372
190	杉浦 吉雄	「海と環境」 環境科学ライブラリー-2 大日本図書 1973.10

第3章 水資源配分のモデル構成に関する予備的考察

水利用体系はさきわめて複雑なシステムであり、その性質を把握し水資源のより合理的な配分についての検討を行なうためには、現象をより単純化した何らかの計量モデルを用いるのが便利である。本章ではこのモデルを構成する方法について考察を進めることにする。

もとより、有用なモデルをいきなり構成することは困難であり、① 簡単なシステム分析 → ② 資料調査 → ③ モデルの作成 → ④ モデルによる試算 → ⑤ 結果の解釈 → ⑥ システム分析 → ⑦ 資料の補充調査 → ⑧ モデルの改良 → ----- というように現実とのつき合せの反復の中でモデルを練り上げ、いわば弁証法的に発展させていく必要がある。この過程の中で、モデルが備えるべき基本的構成要素やモデルが目標とすべきことがらを除々に明確になり、それまであいまいにしていた概念の連関や矛盾が洗い出されることになる。

§1 水資源配分モデルに課せられた課題

水資源配分モデルには「まえがき」にも述べた通り、「各種水資源施設の概要が提示され、供給可能な水量が設定された場合に、それを生活用水・工業用水・維持浄化用水・その他の用途にどのように配分するのが経済上・社会上・生態上等の観点からみて最も合理的であるのか、その配分方法を検討すること」が要求されている。とはいえ、水資源の配分問題は社会・経済活動の一部として他の部分と密接な関連をもっており、その内容は複雑多岐にわたっていることから、モデルの構成に先立ってモデルの目標とするところを明らかにし、モデルの前提条件やモデルが満足すべき機能をより詳細に設定する必要がある。もちろん、これらのことはモデルの作成過程で見い出されることも多いが、一応現時点における考え方を提示すると以下になる。

(1) 実施すべき水使用合理化対策の規模と水準の解明

水需給の逼迫により水利用者は各々何らかの水使用合理化対策の実施を迫られているが、利用者がそれぞれどの程度の対策を行なうべきかについては未だ確たる基準が示されていない。水使用合理化対策は水資源の配分とさきわめて密接な関連にあり、水資源配分モデルの中で、あるいは併行して解明されるべき課題の一つである。

(2) 実施すべき廃水処理の規模と水準の解明

水資源の配分は量的問題のみならず、質的な問題でもあって、どのような質の水をどの程度(の量)配分するかを決定しなければならない。このことは、水資源の新規開発の余地に乏しく、水利用の高度化が不可欠の要素になると予想される今後の水利用体系においては特に重要である。この場合、ある水利用者からの排水を他の水利用者が利用するというように水利用体系はカスカード・システムであるので、各利用がどの程度の廃水処理を実施すべきかがさきわめて重要な条件になる。したがって、各水利用者が実施すべき廃水処理の規模・水準も水資源配分モデルの中で、あるいはそれと併行して

解明されるべき課題の一つである。

(3) 公共主体が実施すべき施策の解明

水資源の配分に関連して、公共主体が実施すべき施策は大別して二通りある。ひとつは、水需要に対応してとられる水供給体制の確立（水資源の開発、水資源の配送、下水等の浄化処理等の事業の実施）であり、他のひとつは社会・経済的な施策（人口の流入抑制、工場の分散等の施策）による需要のコントロールである。

これは、高度の価値選択を伴った行政的判断のレベルの問題であるから、モデルの役割は、提示された施策案をいくつかの代替案とともにシミュレートし、そのもたらす主要な結果を比較考察し、各案の利点と問題点を明確にすることに求められよう。

(4) 各水利用者（または各流域構成ブロック）に配分されるべき水量（水質）の解明

上記(1)、(2)、(3)の各条件のもとで、各水利用者（または各流域構成ブロック）に配分されるべき水量（および水質）を明らかにする。

第1章において紹介した既存の水資源配分モデルは主として(3)、(4)の問題を扱っており、(1)の水利用者がとるべき水利用合理化対策や、(2)の水利用者が実施すべき廃水処理に関してはほとんど触れられていない。しかしながら、現状の水利用体系をそのまま前提とした水資源配分の検討は既に水需給状態が逼迫しつつある現在ではあまり意味がなく、したがって水配分の合理化は水使用の合理化および水利用体系の改編を考慮しつつ煮詰められるべき性質の問題である。さらにまた、(2)で述べた理由により水の再生利用の効果の評価も同時に解明されることが必要である。

§2 水資源配分に関する評価基準

水資源配分の検討が目的とするところ、すなわち最適性または合理性の評価のものとしては多種多様であるが、これを大雑把に表現すれば、「水利用者相互間の公平（公正）さを保ち、水利用による効率を上げ、しかも安定的な水利用を可能とし、将来への発展性を確保すること」といえよう。したがって、水資源配分モデルにおける評価基準の概要はつぎのようになる。

(1) 各水利用者相互間の公平（公正）さの確保

公平さについてはさまざまな考え方が可能である。工業・農業・商業等の水利用者相互間の公平さとしては、例えば各産業の経済的効率を等しくするという方法が考えられよう。しかし、産業と生活（家庭での水利用）の間の公平さや地域間（上流地域と下流地域、河岸地域と川から離れた地域）の公平さを求め評価することは簡単なことではなく、評価要因のリストアップと取捨選択およびモデルを用いた試算をくり返す必要があろう。

(2) 水利用における効率の確保

各産業における水利用効率または各地域における水利用効率、さらには国民経済的な観点からの全体的な水利用効率の向上がひとつの基準となる。

第1章における既存の水配分モデルでは、費用の最小化や生産額の最大化、限界生産価値の最大化といった効率の確保（とりわけ、経済的効率性の確保）の頃のみが評価システムにおける評価基準（目的関数）として取り上げられているようであるが、これには慎重な吟味が必要であろう。

さらに言えば、根底に価値判断が横たわっている問題に対してシステム分析が果たしうる機能は前節の(3)で述べた範囲に留まらざるを得ないであろう。システム分析は何らかの行政への意志決定をもたらすものでは決してなく、あくまで決定のための情報の提供を本分とするものだからである。しかし、適切に作成されたモデルを正しく運用することにより、システム分析が有用な基礎資料を提供することは可能であろう。

(3) 各水利用者における安定性の確保

水利用システムは渇水や洪水等の条件に対しても安定的な挙動を示すことが要請されている。したがって、安定性の評価基準を設けるのが重要である。

(4) 水利用システムにおける発展性の確保

現在、どのようなシステムを採用するかは将来の水利用システムの可能性の枠を大きく左右するものであり、生活環境の破壊（地盤沈下）や生態系の破壊等を伴っては、その発展性が望めない。したがって、水資源配分の合理化に際しては、水利用体系の発展性に関し何らかの評価基準を設定しなければならない。

§3 水資源配分モデルの構成と展開

3.1 モデルの基本的構造

モデルを構成するためには、供給源、供給路、需要に関する情報がいかなる形で与えられるのかということが明確にされなければならない。また、課せられる条件の制御可能性も明確にされなければならない。さらに水需要の満足度を評価する基準、あるいは上記の文章に即して言えば、合理性の判断基準が設定されなければならない。

しかし、このような情報はモデル作成に先行して与えられることは稀で、むしろモデルを構成してゆく間に、重要な情報、適切な評価基準が見出されてゆくことが多い。そこで水配分決定のフローを一つ想定し、それによって考察を進めることにする。

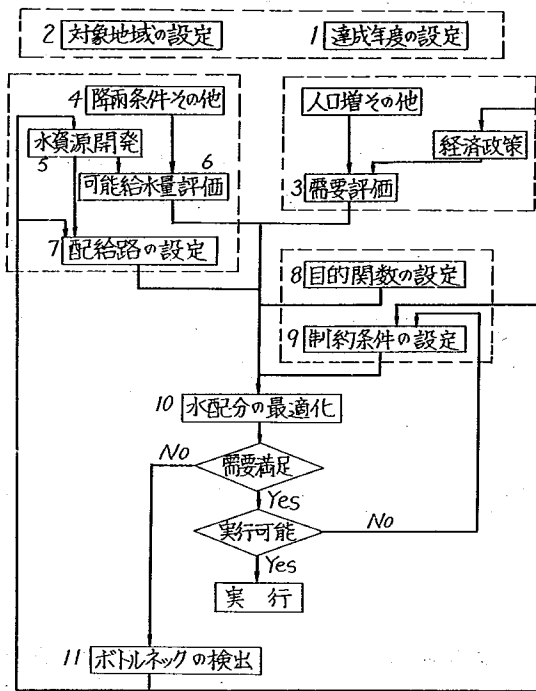


図 3-1 水配分決定のプロセス・フロー

(1) 達成年度の設定

合理的な水配分は各年次に実現されることが望ましいが、まず適当な達成年度を設定するのがよい。これはあまり短期だと設備の整備が間に合わず分析の意味がなくなるし、あまり長期だと需要予測その他の流動的要因が累乗して、分析結果に実用的な信頼性を期待できない。多くの場合、長期経済政策が提示されているので、それに従えばよい。例えば、昭和 60 年度などが考えられる。

(2) 対象地域の選定

本システムを適用する場合、対象地域を選定しなければならない。

(3) 需要評価

経済学によって与えられた需要予測をベースにし、量のみならず、必要度、時間的パターンなどをできるだけくわしく規定した上で、次にそれを適当に分類しなければならない。

(4) 降雨条件その他

期待しうる水資源は降雨条件その他によって著しい影響を受ける。この条件を水文学的に明確にしなければならない。劣悪な自然条件の出現による影響は後述の *Stability Analysis* で精査する

ことにして、基本システムによる配分計画決定の段階では、標準的な状態を設定しておかなければならない。もちろん、これは何ケースあってもよい。

(5) 水資源開発

実施される計画のみならず、考えうる代替案についても、それに期待できる水の質と量、開発コスト、開発がもたらすインパクト（例えば、環境破壊など）を明確にしておく。

(6) 可能給水量評価

上記2項によって、可能給水量、水質、可能な給水パターン、それに応じた運転コストが定められる。これらは制約条件の一部をなす。

(7) 配給路の設定

(5)において配給路はすでに定められている。しかし、配給路の新增設を考慮して、この条件も可変としておくのがよい。

(8) 目的関数の設定

計算に先立って、何をもちて最適あるいは *better* とするのかの評価基準が明確に、できれば定量的に（目的関数）規定されていなければならない。従来の研究例では、利潤最大などを目的関数としてきた。私企業の生産計画にはそれでよいが、公的な計画策定ではそう簡単ではない。評価基準の設定は非常に重要であるから、この作業だけで一つのサブシステム（評価システム）を作成することが必要である。具体的には

- ① 目的関数の設定と試算を試行錯誤的にくり返しつつ、あくまで定量的評価方式の追求
- ② 目的関数をもっと定性的に規定することを許容する計算手法の開発
- ③ 後の (11) で述べるソフトな機能の追求

などが考えられる。

(9) 制約条件の設定

供給可能量の上限や需要満足の下限が基本的なものであるが、その他に管轄の問題など種々の条件が考えられる。上記の評価システムの作業の進展に応じて重要な制約が追加されるであろうし、計算実行結果検討によっても発見されるであろう。目的関数と制約条件は政策その他価値判断（例えば、国民の福祉の重視）を強く反映する頃である。

(10) 水配分の最適化

手法の一例として *Linear Programming*（第1章参照）をあげることができる。しかし、本システムの採用すべき手法はもう少し機能要求が明確になってからでないと確定できない。

(1) ボトルネックの検出

どう配分しても需要が満足されない場合、どこがネックとなっているのかを調べる。そのうえで、次の可能性を検討しなければならない。

- ① 影響の大きい制約条件の緩和
- ② 配給路新設(分水、再生設備も含む)
- ③ 開発計画の強化
- ④ 経済政策による需要の抑制

すなわち、本章の5.1で提起された課題は、本システムではフィードバック的に達成される。この作業の積み重ねによって

- ① 逐次、問題点を見出してはそれを評価に反映させることができる(学習機能)
- ② 価値判断あるいは行政判断を随時に反映させることができる(対話機能)

3.2 手法の基本的性格について

配分問題にLPを適用する場合、通常供給源と消費者は截然と区別されている。しかし、再生利用、地下水利用などが不可欠の要因となる今後の水利用体系では、消費者は一方では低質の水の供給者でもあることになり、両者は区別できなくなる。したがって、本システムは対象を供給源も消費者も各1個の格点とするネットワークとして記述するのがよい。この場合、各格点の入力に対する応答特性が明確にされていなければならない。LPの場合、この応答特性は線形でなければならないが、この条件は若干緩和される余地がある。

さて、LPをそのまま適用する場合には、目的関数と制約条件を定量的に与えなければならない。しかし、我々の問題の性質上、これは困難なことが多く、むりやり定量的に表現しても非現実的な条件設定に陥りやすい。

最適化による解は所詮何らかの(普通は多くの)制限のもとでのみ最適であるにすぎない。一面的な最適性の追求が全体としての適性を喪失する危険性は常に避けられないが、これは元来多様な幅のある最適性の範囲を唯一解に制限するために生じた不自然さでもある。したがって、解の唯一性に固執せず、より適切な案を見出す方法論を開拓しなければならない。学習と対話の可能性については、すでに3.1で指摘したとおりである。

また、最適化はおろか、制約条件を満足しきれない場合が予想される。このときには、最適性は欲求の不満足抑制に求めなければならない。

- ① いかなる配分によって欲求の不満足が《最小》となるのか?
- ② どこがボトルネックとなっており、どのように改良すればどの程度の不満足解消がもたらされるか?

を明確にするようなシステムを作らなければならない。

3.3 関連するシステム群

これまでに述べたシステムを基本システムと呼ぶことにする。基本システムが作成されると、次の

作業が必要になる。

(1) Sensitivity Analysis

入力諸元、評価基準、制約条件などを変化させてみて、その影響の度合を検討する。

(2) Reliability Analysis

システムに入力された諸量の信頼性を検討する。Sensitivity Analysisによって影響が大きいことがわかり、かつ、Reliability Analysisによって信頼性の低さが見出された部分はとりも直さず、より精密な調査を要する部分である。

(3) Stability Analysis

降雨の不足や災害を仮定して、その条件下での水利用体系の適応性を検討する。これをくり返して、新設、強化の必要な部分を見出し、緊急時の転用その他の対策をたてる。

(4) Control System

使用可能な水量と需要は時間的に変動するので、貯水池からの放流や供給先の選択を、随時合理的に判断する方針を作成する。

(3)と(4)とは§2で提起された課題の(3)に対応するものと言える。

(5) Scheduling Analysis

基本システムで設定した達成年度までの期間の設備計画や配分の転化のスケジューリングを行ない、各段階での混乱の抑制、必要経費の節約その他を図る。

(6) Impact Analysis

水配分システムは周辺の生態系への直接的な影響をはじめとして、環境への多様なインパクトを与えることが予想される。このインパクトはシステム構成の初期から検討を開始しておかなければならない。この分析は次の手順で行なうのがよい。

- ① 考えうるインパクトをなるべく広くリストアップする
- ② 重要性を評価する基準を作成する
- ③ システムの各要素の発生するインパクトのうち重要なものを選ぶ
- ④ 重要な制限を定量的に表現して、制約条件にくり込む

環境へのインパクトは非常に多様であり、しかも制約条件に反映されるものはその一部分に限られる。水配分の最適化とは、当然環境問題を含まなければならないが、これを最適化プロセスの中で独立変数とすることは困難であるから、むしろここで述べるように、基本システムのアウトプットに対する一つのチェックシステムとして別に構成するのが適当と思われる。

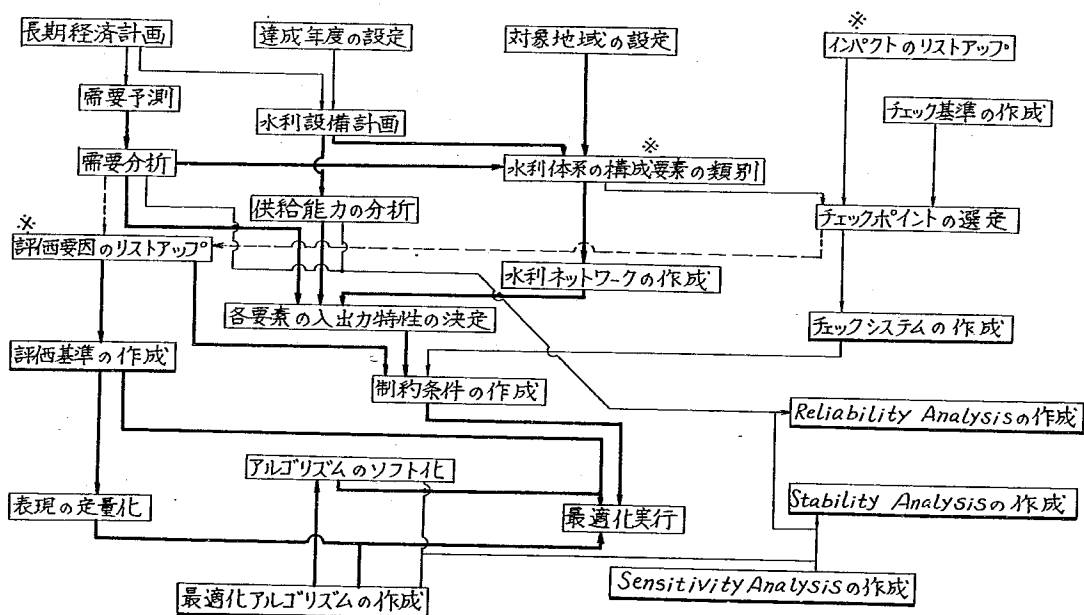
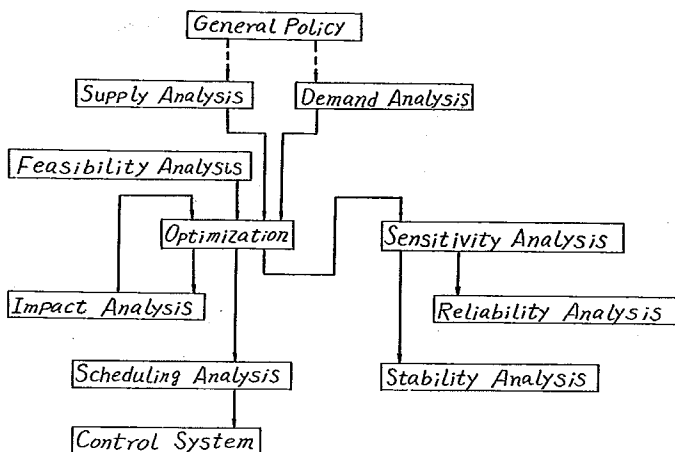
(5)と(6)とは§2で提起された課題の(4)に対応するものと考えられる。

以上のシステム群の関連を図3-2に示す。

3.4 システム作成の手順

3.3で提示されたシステム群のうち、Scheduling Analysis と Control Analysis は一応、基本システムの次のレベルの目標として位置づけることができるので、これを考察の対象から除外して基本システムのみについての作業手順を図3-3に示す。

第2章の作業は完結したものとは言えないが、※印を付した部分に位置づけされよう。



水配分モデル作成のための要因分析に関する調査

土研資料第1029号
昭50年3月(1975)

土木研究所企画部システム課

キーワード：水資源配分・要因分析・節水

要 旨

貯水池・用水路等の各種水資源施設の概要が提示され、供給可能な水量が設定された場合に、それを生活用水・工業用水・農業用水・維持浄化用水その他の用途にどのように配分するのが、経済上・社会上・生態上の各観点から最も合理的なのかを解明するために既存水配分モデルの調査、要因の分析等を行なった。



郵便はがき

十円切手を
はって下さ

113-□□

東京都文京区本駒込

二―二八―三二

建設省土木研究所

企画部システム課 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1029号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印