

地域計画策定手法に関する研究

公共事業の総合的インパクトを把握する
ための地域パイロットモデル報告書

—— 水 需 要 モ デ ル 編 ——

昭和 51 年 3 月

建設省土木研究所
企画部システム課

目 次

ま え が き

	1 頁
1. 概 説	1
2. 地域計画パイロットモデルにおける水需要モデルの位置づけ	3
3. 水需要モデルの構造推定	7
4. 水 需 要 モ デ ル の 検 証	26
5. 水需要モデルによるシミュレーション	34
6. 考察および今後の展望	47

ま え が き

昭和49年度より土木研究所システム課において特別研究「地域計画策定手法に関する研究」を実施している。これは公共事業の遂行が地域社会に対してどのような効果影響を与えるのか、そのメカニズムを把握することを主内容としており、昭和50年度までに、全国を対象として各地域の変遷をシミュレートできる地域計画パイロットモデルを完成させた。

本報告書は、地域計画パイロットモデルにおけるサブモデルとしての水需要モデルについてその構成とシミュレーション結果を報告するものである。すなわち、公共事業の遂行が地域経済と人口移動に与える影響は水資源需要に対する大きなねかえりとなって現われるが、多くの地域で水需給が逼迫しているのもまた周知の現実であり、この角度から、公共事業のあり方を考察することがきわめて重要であると考えられる。その意味では本報告書における解析は大雑把に過ぎ、今後の詳細な解析にまつところが多く、こうした研究のほんの第一歩をしるしたに過ぎないといえる。今後の研究の積み上げを約すとともに、読者各位の御指導をお願いする次第である。

なお、地域計画パイロットモデルについては土木研究所資料第1114号を参照されたい。

昭和51年3月

建設省土木研究所
企画部 システム課
(水需要モデル研究担当)

関 正 和
鳥 越 一 成

1. 概 説

国土行政における水問題は、資源問題・防災問題・環境問題としての側面をもっており、地域計画の策定にあたっても最も重要な位置づけを与えることが必要である。

このうち防災問題としての水問題は、大河川による氾濫、中小河川による氾濫、高潮、津波地すべり、崖くずれ等の山地災害などとして国民の生命と財産に対する脅威の解消を目指すものであり、最も歴史が長くかつ重要な問題だといえる。しかし、この問題は、地域の実態に則した綿密かつ徹視的な解析を行なわなければ、どのような治水または治山事業が必要なのか、またそれがどのような効果・影響をもつのかを推定することはきわめて困難だという特性をもっている。これは、地形・地質・人口等の地域分布性状や水文諸量の極値分布形状等の微細な情報が決定的な重要性をもつという事情に裏づけられており、本研究のように全国をマクロ的に取扱い、そのために大雑把な平均量にもとづいて解析を行なおうとするモデルには取り込み難い問題だといえる。

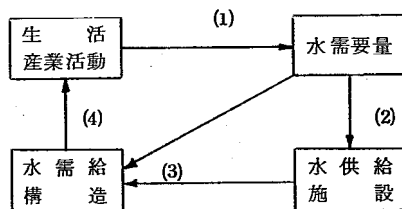
一方、環境問題としての水問題は、水質、河川生態系・レクリエーション等の事項を含むきわめて現代的な問題であり、その重要性を増しつつあるが、それだけに過去におけるデータの蓄積が希薄であり、モデルの中に取り込むまでにはまだ若干の問題を残している。

これら二つの問題は、対象地域をより限定して詳細な検討を目指すならば現在でも充分に解析可能な問題であるが、全国を対象としたマクロな問題として捉えることは時期尚早だといわざるを得ない。

したがって本研究においては資源としての水問題に限定して解析を試みることにする。水資源問題はつぎのような観点からの解析が必要となる。

- (1) 人口と産業の規模・配置にもとづいて水需要量を求めること。
- (2) 上記水需要に対応して水供給施設の規模と配置を定めること。
- (3) (1)、(2)にもとづいて水需給構造を把握すること。
- (4) 水需給構造が人口・産業の再配置と活動にどのような影響をもつかを把握すること。

これら4問題の位置づけは下図の通りである。



これら4問題のうち、(1)については本報告書で詳細に取り上げる。

(2)の問題は政策決定そのものであり、本モデルにおいては政策変数として取り扱うべく、(3)とともに解析作業を続行中である。

(4)についてはきわめて困難な問題を含んでいる。水資源の困窮について認識され始めてまだ日が浅いこと、したがってそれを根拠にした生活・産業活動の変更、移転・再配置といった事実がむしろ稀であること、水需給のギャップというものを現実に捉えることが困難なこと、等がそれである。したがって本モデルでは、回収水の増大を水需給バランスの動向によって説明するにとどめ、生産活動の抑制・移転・再配置等にフィード・バックさせることは今回断念した。今後の研究にまっとうなところが大きい。

本水需要編には内容的に以下の事柄を含んでいる。

- (1) 水資源問題の現況
- (2) 水需要量推定モデルの作成
- (3) 将来水需要量の推定

特に(3)は種々の政策にもとづく人口と産業活動およびその配置に応じてそれぞれ水需要量を経年的・地域別に推定したものであり、この意味で地域計画パイロットモデルのサブモデルとして機能させているわけである。

2. 地域計画パイロットモデルにおける水需要モデルの位置づけ

この水需要モデルは、公共事業の総合的インパクトを把握するための地域計画パイロットモデルの1つのサブモデルとして開発されたものである。当初、水需要モデルについても、パイロットモデルの一環として開発する予定であったが、水需要モデルは、他のモデルとはデータ・ベースが異なること、また、水需要の推定として独自の意義を持つことから、パイロットモデルとは切り離して別途開発を行なった。水需要モデルをシミュレートする際には、当然、人口、生産等の値をパイロットモデルから導入することになるが、水需要モデルの結果は、メインのパイロットモデルにはフィード・バックされることはない。水需給の状態が、人口、生産等に及ぼす影響を議論するためには、現時点ではデータが不足していると考えられる。

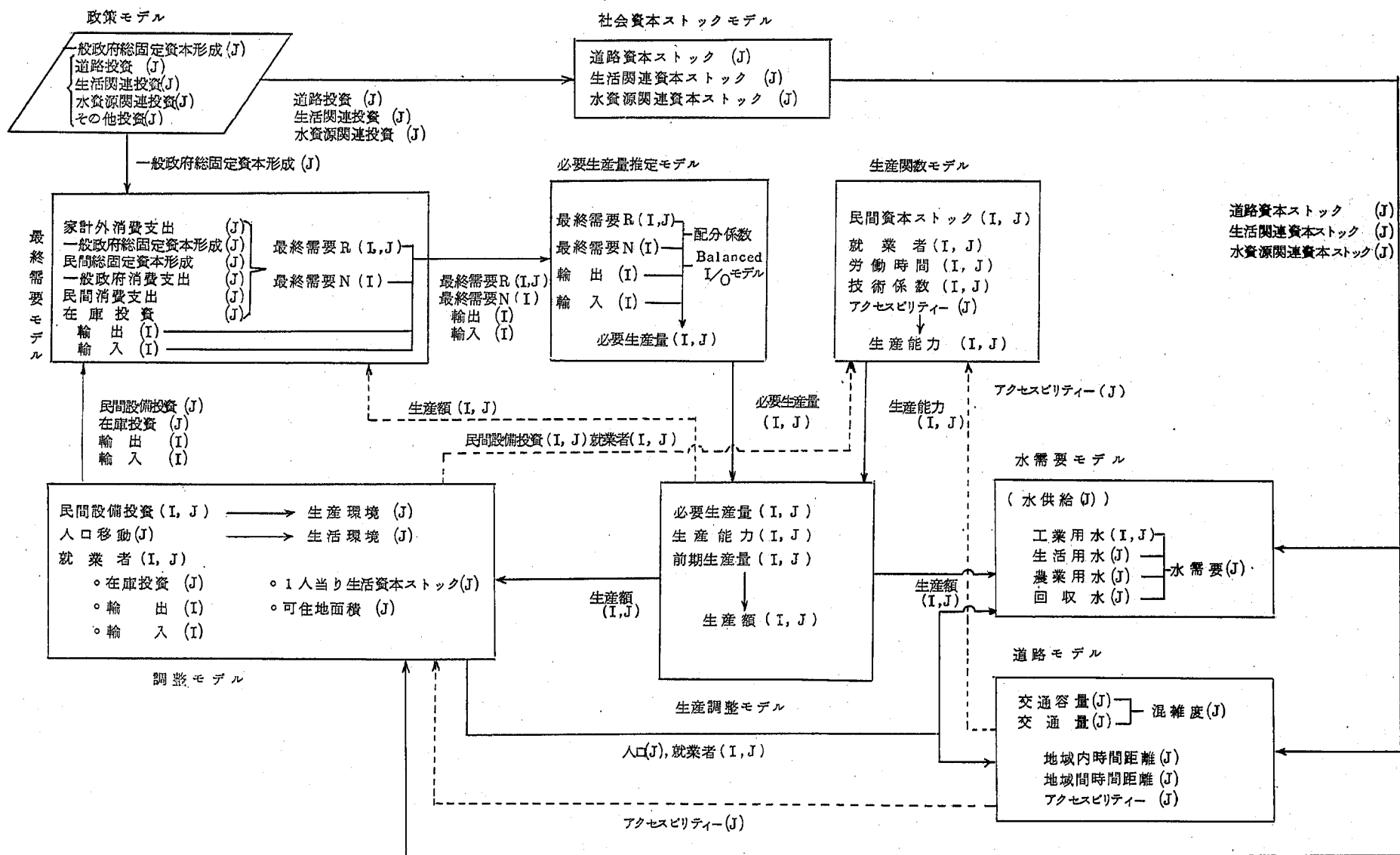


図 2-1 パイロットモデルフローチャート

パイロットモデルの全体構成は、図2-1に示すとおりである。このストラクチャーの詳細については、土研資料第1114号「公共事業の総合的インパクトを把握するための地域パイロットモデル報告書」に述べられているが、その特徴は次の通りである。

1. 公共投資のストックとフローのインパクトを並行して把握するため、需要と供給の両面から生産をとらえていること。
2. 地域のスペースと時間距離以外には地域ダミーを全く用いず、公共投資の地域へのインパクトを安定した形で把握できる形になっていること。
3. 公共投資の種類別及び地域別配分、および公共投資総額によって構成される公共投資政策のあらゆるケースについて、そのインパクトを把握できること。

パイロットモデルの、大まかなストラクチャーは、次の通りである。

1. 毎年の、地域ごとの公共投資政策が、政策モデルで決定され、最終需要の一項目としての一般政府総固定資本形成の額が決定する。同時に、その年の社会資本ストックの量が、社会資本ストックモデルによって決定する。
2. 最終需要各項目の値が、人口、生産等の状態により、最終需要モデルにより決定される。
なお、最終需要項目のうち、いくつかの項目の値は、調整モデルの結果によって修正される。
3. 最終需要各項目の値は、財別に変換され、バランストリー I/O モデルにインプットされ、地域ごと、財ごとの需要圧力としての必要生産量の値が求まる。この値には、公共投資のフローの影響が強く反映される。
4. 民間資本ストック、就業者、アクセスビリティ、さらに技術進歩を見込んで、地域ごと、財ごとの生産能力が、生産関数モデルによって決定される。
5. 生産能力と必要生産力が、生産調整モデルで調整されて、地域ごと、財ごとの生産額が決定される。
6. 生産額、社会資本ストック、アクセスビリティ、人口密度等の生活環境、生産環境を構成する要因の値にもとづいて、人口、就業者、民間設備投資の値が、財ごと、地域ごとに調整モデルによって決定される。この結果は、一部最終需要モデルに再入力され、収束するまで計算が行なわれる。
7. サブモデルとして、水需要モデルの計算が行なわれる。
8. サブモデルとして、道路モデルの計算が行なわれ、交通量、交通容量、地域内、間の時間距離、混雑度、アクセスビリティが決定される。この結果は再び、調整モデル、生産関数モデルにインプットされる。

このようなストラクチャーをもつパイロットモデルは、代表的な次の政策についてシミュレートされた。

ケース1 : 標準ケース

ケース2 : 地方分散型公共投資政策

ケース3 : 公共投資優先型政策

ケース4 : 公共投資縮小型政策

以上の政策に対して、パイロットモデルはおおむね次のような挙動を示した。

- a) 生産の伸びは、公共投資政策に対しては、あまり敏感ではない。もちろん、生産は、ケース1に比べた場合、ケース3では約10%伸び、ケース4では約10%減少するが、ケース2の場合は、ケース1とほとんど変わらない。これは、全国財の場合は、後進地域で生じた需要は結局先進地域の生産能力で吸収されてしまうためである。
- b) 設備投資、就業者は、公共投資のフローの影響に対して、かなり敏感に反応する。しかし、人口、就業者とも、社会資本ストックに対しては、あまり敏感に反応しない。人口、就業者は、生活環境を求めて地域間移動を起すことはない。生産環境は、きわめてミクロな問題のようである。
- c) 道路の混雑度等は、当然政策に対してきわめて敏感である。ケース4では、地域の平均混雑度が1.1というような拠端なケースも生じる。しかし、このような事態の影響は、このパイロットモデルではあまり大きくない。このようなケースの影響を求めることは、計量経済モデルでは本質的に困難である。

前述のとおり、水需要モデルの結果が、パイロットモデルにフィード・バックされることはないが、水需要モデルのシミュレーションを行なうためには、パイロットモデルから次のようなインプットが必要とされる。

- 製造業21部門別出荷額 (ブロック別)
- 製造業21部門別就業者数 (〃)
- 第3次産業就業者数 (〃)
- 人 口 (〃)
- 所 得 (〃)

この場合、水需要モデルとパイロットモデルとでは、地域のブロック割りは同一であるものの、データベースが異なるため、財の分割等かなりの差異がある。パイロットモデルの変数と、水需要モデルのインプットとのデータの変換は、次の対応で行なっている。(変換の方法については、後で述べる。)

<パイロットモデル>

製造業純生産	(ブロック別、1部門)→	製造業21部門出荷額	(ブロック別)
製造業就業者数	(ブロック別、1部門)→	製造業21部門就業者数	(ブロック別)
10部門産業別就業者数	(ブロック別)→	第3次産業就業者数	(ブロック別)
人 口	(ブロック別)→	人 口	(ブロック別)
純 生 産	(ブロック別)→	所 得	(ブロック別)

<水需要モデル>

パイロットモデルでのこれらの変数の値は、4ケースの公共投資政策について昭和40年から60年までの間でシミュレートしてある。

3. 水需要モデルの構造推定

(1) 構造推定の方法とデータ

水需要モデルの構成はすべて過去のデータにもとづく重回帰分析結果を用いることとした。
重回帰分析による推定方法は以下の通りである。

- (1) すべてのデータを9地域ごと、年度ごと(8ケ年)に整理する。
- (2) 被説明変数と説明変数を選定する。
- (3) 上記変数について9地域×8カ年=72組のデータにより重回帰分析を行なう。
(プーリンクデータによる回帰)

この結果、水需要モデルの各構造方程式は、各地域および各年度共通の方程式となるわけであり、地域差や時の流れによる変遷を生み出す原因は、すべて説明変数として含まれていることを前提としている。

構造方程式はつぎの各事項について作成した。

- (1) 家庭および業務用水給水量
- (2) 業種別工業用水量(淡水)
- (3) 業種別工業用水回収量(淡水)

水需要モデルの構造推定において使用したデータは、別表-1の通りである。別表-1に示したI, J, Kはつぎの事柄を表わしている。

なお、データの単位は億円、千人、 km^2 、 m^3 /日に統一し、出荷額等の金額はすべて40年度価格に変換した。

I : タイム・トレンドを示し、昭和40年度から47年度までの8ケ年のデータを収録した。

J : 地域を示し、全国を9地域に分割、地域分割は建設省で行なっている区分に従じた。
内訳は

1. 北海道地域
2. 東北地域とは青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県及び新潟県をいう。
3. 関東地域とは茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県、埼玉県、千葉県、東京都及び神奈川県をいう。
4. 東海地域とは岐阜県、静岡県、愛知県及び三重県をいう。
5. 北陸地域とは富山県、石川県及び福井県をいう。
6. 近畿地域とは滋賀県、京都府、奈良県、大阪府、兵庫県及び和歌山県をいう。
7. 中国地域とは鳥取県、島根県、岡山県、広島県及び山口県をいう。
8. 四国地域とは徳島県、香川県、愛媛県及び高知県をいう。
9. 九州地域とは福岡県、佐賀県、長崎県、大分県、熊本県、宮崎県及び鹿児島県をいう。
10. 全 国

K : 上水道統計、工業統計(用地・用水編)等必要な項目で詳細については別表-1を参照されたい。

別表-1 データ一覧表

** 水資源関係 **

デ - タ	資 料	deflator	単 位	DIMENSION 番 号
上水道給水量	上水道統計表		千 m^3 /年(生活用水 業務用水)	5
上水道人口	"		千人 (")	6
県民所得	地域経済要覧 1975 経企庁		億円 (")	12
人 口	国勢調査		千人 (")	11
第2次就業者数	産業別就業者の 時系列比較 総理府統計局		千人 (")	13
面 積	国勢調査 国土地理院		km ² (")	19
工業用水量 全産業	工業統計表 (用地・用水編)		m^3 /日(工業用水)	25
" 食料品製造業	"		"	32
" 繊維工業	"		"	39
" パルプ紙・紙加工業	"		"	46
化学工業	"		"	53
" 石油・石炭製品製造業	工業統計表 (用地・用水編)		"	60
" 窯業土石製品製造業	"		"	67
" 鉄鋼業	"		"	74
" 非鉄金属製造業	"		"	81
" 電気機械器具製造業	"		"	88
" 輸送用機械器具製造業	"		"	95
" その他 合計	"		"	102
従業者数 全産業計	"		千人 "	121

デ ー タ	資 料	deflator	単 位	DIMENSION 番 号
従業者数 食料品製造業	工業統計表 (用地・用水編)		千人	127
" 繊維工業	"		"	133
" パルプ紙 紙加工業	"		"	139
" 化学工業	"		"	145
" 石油石炭製品製造業	"		"	151
" 窯業土石製品製造業	"		"	157
" 鉄 鋼 業	"		"	163
" 非鉄金属製品製造業	"		"	169
" 電気機械器具製造業	"		"	175
" 輸送用機械器具製造業	"		"	181
" その他計	"		"	187
製造品荷額 製造業計	"	日本銀行 物価指数	億円	21
" 食料品製造業	"	"	"	28
" 繊維工業	"	"	"	35
" パルプ, 紙, 紙加工業	"	"	"	42
" 化学工業	"	"	"	49
" 石油石炭製品製造業	"	"	"	56
" 窯業土石製品製造業	"	"	"	63
" 鉄 鋼 業	"	"	"	70
" 非鉄金属製造業	"	"	"	77
" 電気機械器具製造業	"	"	"	84

デ ー タ	資 料	deflator	単 位	DIMENSION 番 号
製造品 出荷額 輸送機械器具製造業	工業統計表 (用地・用水編)	日本銀行 物価指数	億円	91
" その他 計	"	"	"	989
工業用水回収水量 (淡水分) 製 造 業 計	"		m ³ /日	24
" 食料品製造業	"		"	31
" 織 維 工 業	"		"	38
" パルプ、紙、紙加工業	"		"	45
" 化 学 工 業	"		"	52
" 石油石炭製品製造業	"		"	59
" 窯業土石製品製造業	"		"	66
" 鉄 鋼 業	"		"	73
" 非鉄金属製造業	"		"	80
" 電気機械器具製造業	"		"	87
" 輸送用機械器具製造業	"		"	94
" その他 計	"		"	101
60年供給量	広域利水調査 第2次報告書		億m ³ /年	219
全 取 水 量	"		農水45年60年 単回繰で計算	220

(2) 構造方程式の推定結果

水需要モデルをつくるにあたって、将来の不確定要素等を定量的にあらかじめモデルに組み込むことは不可能に近い。従って、ここでは過去のデータにもとづいてできるだけ忠実にモデルを組み込むこととし、重回帰分析による構造推定を行なった。

ここで後の説明の便宜上、重回帰分析による構造推定結果の書式についてふれることにする。

(例)

$$X = 28.22477 * Y^{0.950665} * Z^{0.247387} * Q^{-1.16525}$$

(83067) (78284) (-67705)

$$R = 0.89007$$

$$MAPE = 2.41$$

この例でそれぞれの説明変数の下の () 内の数値は偏回帰係数の有意性を表わす t-value であり、Rは重相関係数を示し、MAPEは平均誤差のパーセント表示である。なお、回帰式を上例のように説明変数の掛算によって設定した場合には、t-value, R, MAPE とともに対数型の回帰式 $\log X = \log 28224 + 0.950665 \log Y + 0.247387 \log Z - 1.16521 \log Q$ によって推定したときの値である。

a) 家庭および業務用水 (上水道給水量)

本来、家庭等で使用している用水と、事務所等を使用されている業務用の用水とは別々に推定することが望ましいが、実際に別々のデータがなく、一括して推定せざるを得なかった。

昭和40年と昭和46年における水使用の状況を見ると全国平均で1人当たり水使用量は178ℓ/日から247ℓ/日と毎年5.5%の伸びを示している。これは水洗便所、洗たく機、自家用車 (洗車) 等の普及とビル、百貨店、ホテル等の建設によるものであり今後増加することが予想される。

世界各都市の1人1日平均
給水量 (単位はリットル)

都 市 名	調査年	給水量
ニ ュ ー ヨ ー ク	42	590
ロ ー マ	43	443
チ ュ ー リ ヒ	"	417
ロ ン ド ン	"	277
西 ベ ル リ ン	"	220
ホ ン コ ン	45	186
シ ン ガ ポ ー ル	"	224
東 京 23 区	47	480
大 阪 市	"	590

以上のことよりモデルを考えると家庭用水の説明要因として、水洗便所入口、風呂、洗たく機、自家用車等の普及状況のデータを用いることが妥当であるが洗たく機、風呂、自家用車の洗車等のデータを今回のような形で収集することが困難であったことから、これらを代表する要因として千人当り県民所得をとり上げた。これとは別に水洗便所普及率や上水道普及率、一人当り利用可能水量等を説明要因として取り上げ解析を試みた。一方、事務所等業務用水の説明要因は一人当り利用可能水量とは（昭和60年供給可能水量／当該年の総人口）である。

単位面積当り第3次就業者数で代表させた。これらの解析によって最終的に採用したのは次の式である。

$$\begin{aligned} \text{千人当給水量}(J) = & 2822477 * (\text{千人当り県民所得})^{0.950605} * (\text{単位面積当り第3次就業者数})^{0.247387} \\ & (83067) \qquad \qquad \qquad (7.8284) \\ & (\text{上水道普及率})^{-1.16525} \\ & (6.7705) \end{aligned}$$

$$R = 0.89007$$

$$MAPE = 2.41$$

この結果を見ると分る通り、県民所得とはほぼ1対1の強い関係がある。このことは生活の向上が給水量の増大にきわめて大きな影響をもつとともに第3次産業の増加をある程度含めて説明してしまっていると考えている。また上水道普及率がマイナスで作用しているのは、上水道普及率が向上し給水対象が拡大されるとともに需要量の少ない地方部の家庭等が多く給水対象として含まれることになり、一人当給水量が平均的に下がることを示しているものと考えられる。

当初家庭用水増加の説明要因と考えていた水洗便所の普及率については偏回帰係数と t -value がともに低いので採用にはいたらなかった。

これは県民所得等によってすでに説明されていること等によるものと考えられる。

一方、一人当り利用可能水量についても有意な結果が現われなかった。家庭用水や業務用水の使用にあたっては水資源の制約については、ほとんど意識されていないといえる。

b) 工業用水

工業用水の使用量は工業出荷額の増大にともない増加してきているが、一方これに対し供給はある程度開発しつくされ今後の開発は困難になりつつある。このことを反映して企業においてようやく水使用の合理化がこころみられ、回収水の利用が増加しつつある。

工業用水の需要構造を推定するにあたって、資料として通産省編「工業統計表」(用地・用水編)の昭和40年から47年度までの8年間のデータを利用した。

工業統計表における業種分類は次の通りであるが

食料品、繊維、衣服・その他の繊維製品、木材木製品、家具装備品、紙・紙パルプ・紙加工、出版印刷、化学、石油・石炭製品、ゴム製品、なめし皮革製品、窯業土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品、一般機械器具、電気機械器具、輸送用機械器具、精密機械器具、武器製造、その他の製造業

この中で特に用水（全淡水量）を必要（出荷額当り）とする業種を図3-1および表3-1を参照してピックアップし次の11業種に再分類した。

1. 食料品製造業 2. 繊維工業 3. パルプ、紙、紙加工業
4. 化学工業 5. 石油製品、石炭製品製造業 6. 窯業土石製品製造業
7. 鉄鋼業 8. 非鉄金属製造業 9. 電気機械器具製造業
10. 輸送用機械器具製造業 11. その他（1～10以外の業種の合計）

昭和47年における業種別の出荷額1億円当り用水使用量（用水原単位）は表3-1の通りで、また全用水に占める各業種の割合は図3-1の通りである。

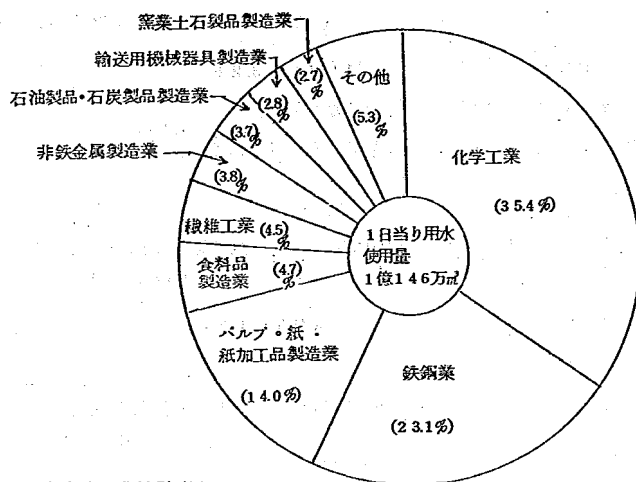
表3-1 工業用水原単位表

単位（ m^3 /日/億円）

産 業 種 別	製造品出荷額原単位	産 業 種 別	製造品出荷額原単位
食料品製造業	70.55	窯業、土石製品製造業	119.78
繊維工業	128.16	鉄 鋼 業	371.77
衣服、その他の繊維製品製造業	9.14	非鉄金属製造業	133.30
木材、木製品製造業	10.70	金属製品製造業	26.74
家具、装備品製造業	10.74	一般機械器具製造業	17.23
パルプ、紙、紙加工品製造業	652.39	電気機械器具製造業	17.69
出版、印刷、同関連産業	8.45	輸送用機械器具製造業	31.70
化学工業	612.16	精密機械器具製造業	15.48
石油製品、石炭製品製造業	157.24	武器製造業	23.54
ゴム製品製造業	94.87	その他の製造業	45.43
なめしがわ、同製品毛皮製造業	22.88	製造業合計	153.27

資料：通産省「工業統計表」（昭和47年）

図 3-1 業種別 1 日当たり淡水使用量の構成比



資料：通産省「工業統計表」
(昭和47年度)

工業用水予測にあたっては、まず原単位の推定を行ないそれに出荷額（または従業者）を乗じて求められるのがこれまでの通例であったが、ここでは直接、出荷額、従業者数を説明変数として工業使用水量を推定するモデルをつくり、同時にまた回収水についての推定も色々と試みた。

以下、その説明をすることにする。

(1) 淡水用水量

▶ 印は不採用とした回帰式である。

(i) 食品加工業

(<i>m</i> / 日)	(千人)	(億円)
	0.35346	0.56724
食品加工業用水量 (J) = 87638019	* 食品加工業従業者数 (J)	* 食品加工業出荷額
	(1.8573)	(3.9059)

$$R = 0.93293$$

$$\text{MAPE} = 2.23$$

(ii) 纖維工業

$$\text{纖維工業用水量 (J)} = 17.46153 * \text{纖維工業出荷額} \begin{matrix} 1.25910 \\ (23.3281) \end{matrix}$$

$$R = 0.94827$$

$$\text{MAPE} = 3.92$$

下式において出荷額が有意でないようになっているが、実際出荷額と従業員が相互に強い相関をもつことによるものである。

$$\triangleright \text{繊維工業用水量 (J)} = 336.06346 * \text{繊維工業従業者数 (J)} * \text{繊維工業出荷額} \\ (4.6258) \quad (0.6776)$$

$$R = 0.96214 \quad \text{MAPE} = 3.26$$

出荷額は t-Value の面で、有意ではなかった。

$$\triangleright \text{繊維工業用水量 (J)} = 537.48454 * \text{繊維工業従業者数 (J)} \quad 1.46405$$

(iii) パルプ、紙、紙加工業

$$\text{パルプ、紙、加工業用水量 (J)} = 3074.20005 * \text{パルプ、紙、紙加工業出荷額} \quad 0.87261 \\ (12.6441)$$

$$R = 0.87910 \quad \text{MAPE} = 1.76$$

$$\triangleright \text{パルプ、紙、紙加工業用水量 (J)} = 3073.89265 * \text{パルプ、紙、紙加工業従業者数} \quad -0.00004 \\ (-0.0003)$$

$$* \text{パルプ、紙、紙加工業出荷額} \quad 0.87264 \\ (6.3417)$$

$$R = 0.87910 \quad \text{MAPE} = 1.76$$

(iv) 化学工業

$$\text{化学工業用水量 (J)} = 7664.08185 * \text{化学工業出荷額} \quad 0.70229 \\ (16.5017)$$

$$R = 0.90387 \quad \text{MAPE} = 2.05$$

$$\triangleright \text{化学工業用水量 (J)} = 530391232 * \text{化学工業従業者数} * \text{化学工業出荷額} \quad -0.10872 \quad 0.79694 \\ (-0.6322) \quad (5.1185)$$

$$R = 0.90454 \quad \text{MAPE} = 2.04$$

(v) 石油製品、石炭製品製造業

$$\text{石油製品、石炭製品製造業用水量 (J)} = 424628601 * \text{石油製品、石炭製品製造業従業者数} \quad 0.85215 \\ (2.9964)$$

$$* \text{石油製品、石炭製品製造業出荷額} \quad 0.35857 \\ (2.2499)$$

$$R = 0.89561 \quad \text{MAPE} = 4.34$$

(VI) 窯業、土石製品製造業

0.81323

窯業、土石製品製造業用水量 (J) = 621.29127 * 窯業、土石製品製造業出荷額
(125415)

R = 0.84885

MAPE = 2.85

-0.08755

▶ 窯業、土石製品製造業用水量 (J) = 473.75956 * 窯業、土石製品製造業従業者数
(-0.3735)

0.89415

* 窯業、土石製品製造業出荷額
(3.9517)

R = 0.84924

MAPE = 2.85

(VII) 鉄鋼業

1.04739

鉄鋼業用水量 (J) = 201.26048 * 鉄鋼業出荷額
(354594)

R = 0.97659

MAPE = 1.84

-0.17720

1.19450

▶ 鉄鋼業用水量 (J) = 117.07327 * 鉄鋼業従業者数 * 鉄鋼業出荷額
(-1.2377) (9.7561)

R = 0.97718

MAPE = 1.81

(VIII) 非鉄金属製造業

0.61505

非鉄金属製造業用水量 (J) = 1835.36748 * 非鉄金属製造業出荷額
(9.6483)

R = 0.77725

MAPE = 4.13

0.09273

▶ 非鉄金属製造業用水量 (J) = 2544.52685 * 非鉄金属製造業従業者数
(0.4120)

0.54029

* 非鉄金属製造業出荷額
(2.7366)

R = 0.77732

MAPE = 4.13

(IX) 電気機械器具製造業

0.73801

電気機械器具製造業用水量 (J) = 190.96688 * 電気機械器具製造業従業者数
(4.5968)

0.33413

* 電気機械器具製造業出荷額
(2.4492)

R=0.98202

MAPE=3.30

(x) 輸送用機械器具製造業

0.68845

輸送用機械器具製造業用水量(J)=2892193 * 輸送用機械器具製造業従業者数

(3.2725)

0.62923

* 輸送用機械器具製造業出荷額

(3.4945)

R=0.97798

MAPE=3.58

(xi) 製造業その他計

0.96036

製造業その他計用水量(J)=44.12825 * 製造業その他計出荷額

(16.0503)

R=0.91962

MAPE=2.93

-0.00569

▶ 製造業その他計用水量(J)=43.67605 * 製造業その他計従業者数

(-0.0229)

0.96491

* 製造業その他計出荷額

(4.6480)

R=0.91962

MAPE=2.92

(p) 回収水

回収率は図3-2の様に工業用水全体で昭和40年に36%であったものが47年には58%とはほぼ直線的に増加し、また地域別にも差異はあるが全体として増加している。

また業種別に見てみると図3-3の様に多量の水を使用する鉄鋼、化学では昭和47年には70~80%にまで達している。

図3-2 地域別回収率経年変化

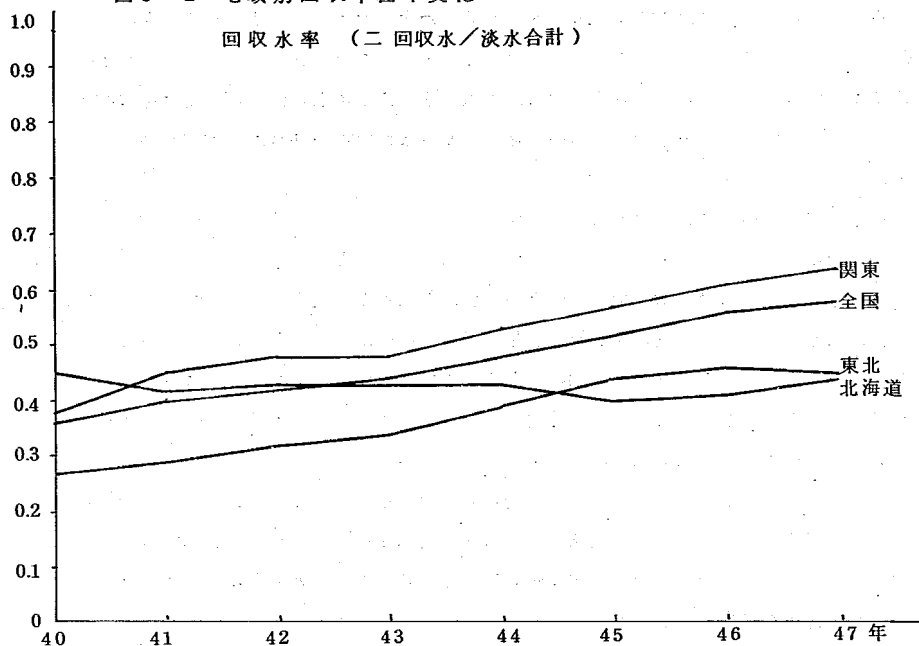
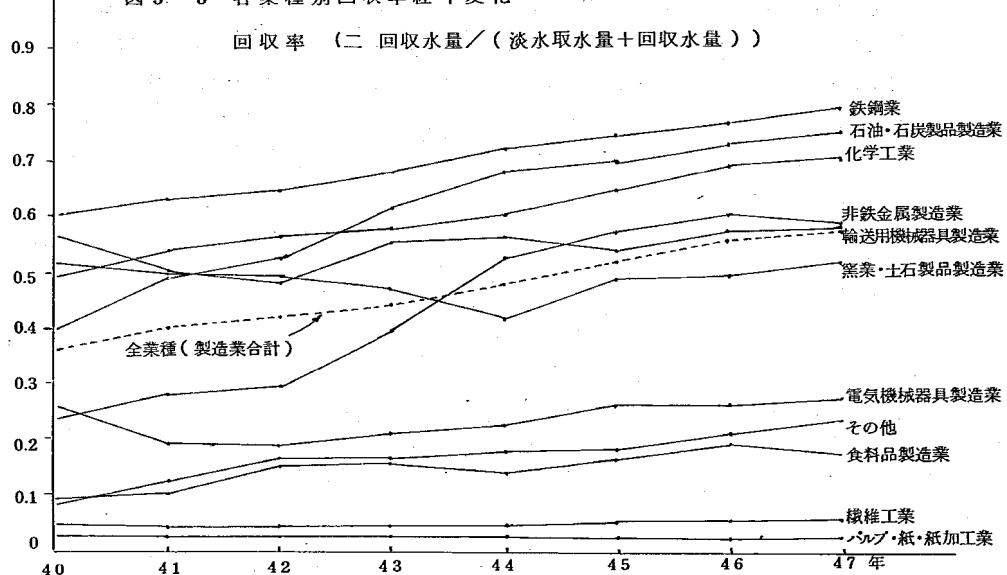


図3-3 各業種別回収率経年変化



用途別使用状況では冷却用水が65%、製品処理用水および洗じょう用水が22%、温調用水6%、ボイラー用水2%、原料用水0.4%となっている。この中で再利用が比較的簡単にできるのは、いちばん大口の冷却用水でまた工業用水の伸びの大部分は冷却用水によることから冷却用水の再利用の促進により今後かなりの回収率の増大が期待できる。

以下モデルの推定結果にふれることにする。

ここではつぎの3つの考え方にもとづいてそれぞれ推定を行なった。

第1原案は回収水量の増分をその時点の水資源余裕度と工業用水量の増分で説明した。水資源余裕度とは(昭和60年供給可能量/当該年総給水量)であり、1以上の値をとる。しかし推定の結果、これとの相関はあまりないことがわかった。これは今まで需要があればほとんどむりしてでも水資源開発が行なわれたこと、用水型の産業は初めから地域の水需給をみこして立地することによるものと考えられる。

第2原案として回収水量そのものを一期前の回収水量と出荷額それに1人当り利用可能量(昭和60年供給可能量/当該年総人口)で説明させた。出荷額を説明要因として取り上げた背景は、回収利用に対する投資意欲を反映するものと考えたわけであるが、期待したような結果は得られない。

第3原案は、回転数すなわち(循環水量/(循環水量-新水補給量))を非説明変数とし、これを水資源余裕度、工業用水伸び率、一期前の回転数によって説明した。この結果、重相関係数、平均誤差が非常に悪いのでここで採用するわけにはいならなかった。

以上のことから第1原案と第2原案が考えられるが、本質的には同じものから第1原案をシミュレーションモデルとして採用した。この3案についての回帰結果は次の通りである。

<第1 原案>

(i) 食品加工業

$$\text{食品加工業回収水増分量}(J) = -1143.83534 * \text{水資源余裕度} + 0.52618 * \text{食品加工業用水増分量}$$

$$(-0.1798) \quad (11.1296)$$

$$-609.2806$$

$$R = 0.84991 \quad MAPE = 97.59$$

(ii) 繊維工業

$$\text{繊維工業回収水増分量}(J) = -1068.14551 * \text{水資源余裕度} + 0.008086 * \text{繊維工業用水増分量}$$

$$(-0.4005) \quad (2.7900)$$

$$+2049.0555$$

$$R = 0.37309 \quad MAPE = 248.82$$

(iii) パルプ, 紙, 紙加工業

$$\text{パルプ, 紙, 紙加工業回収水増分量}(J) = 1584.42848 * \text{水資源余裕度} + 0.57233$$

$$(0.1117)$$

$$* \text{パルプ, 紙, 紙加工業用水増分量} - 11563.7622$$

$$(9.0214)$$

$$R = 0.78421 \quad MAPE = 137.67$$

(iv) 化学工業

$$\text{化学工業回収水増分量}(J) = -48195.58691 * \text{水資源余裕度} + 0.79751 * \text{化学工業用水増分量}$$

$$(-1.2736) \quad (30.1626)$$

$$+113391.0781$$

$$R = 0.97823 \quad MAPE = 22.38$$

(v) 石油製品, 石炭製品製造業

$$\text{石油製品, 石炭製品製造業回収水増分量}(J) = 6367.40527 * \text{水資源余裕度} + 0.84272$$

$$(0.9358)$$

$$* \text{石油製品, 石炭製品製造業用水増分量} - 11417.6050$$

$$(269844)$$

$$R = 0.96941 \quad MAPE = 25.13$$

(vi) 窯業, 土石製品製造業

$$\text{窯業, 土石製品製造業回収水増分量}(J) = -2763.47595 * \text{水資源余裕度} + 0.59987$$

$$(-0.2592)$$

$$* \text{窯業, 土石製品製造業用水増分量} + 1827.5218$$

$$(9.7095)$$

$$R = 0.81554 \quad MAPE = 210.11$$

(vii) 鉄鋼業

$$\text{鉄鋼業回収水増分量}(J) = -19934.66357 * \text{水資源余裕度} + 0.82735 * \text{鉄鋼業用水増分量} + 41560.3164$$

(-0.9322) (34.5938)

$$R = 0.98372 \quad \text{MAPE} = 13.95$$

(viii) 非鉄金属製造業

$$\text{非鉄金属製造業回収水増分量}(J) = -2746.61438 * \text{水資源余裕度} + 0.89440 * \text{非鉄金属製造業用水増分量}$$

(-0.4087) (22.8090)

$$R = 0.95637 \quad \text{MAPE} = 38.00$$

(ix) 電気機械器具製造業

$$\text{電気機械器具製造業回収水増分量}(J) = 3351.26773 * \text{水資源余裕度} + 0.51839$$

(1.0213)

$$* \text{電気機械器具製造業用水増分量}$$

(10.4512)

$$R = 0.82821 \quad \text{MAPE} = 171.95$$

(x) 輸送用機械器具製造業

$$\text{輸送用機械器具製造業回収水増分量}(J) = 7540.72327 * \text{水資源余裕度} + 0.82144$$

(1.6163)

$$* \text{輸送用機械器具製造業用水増分量}$$

(278532)

$$R = 0.96964 \quad \text{MAPE} = 65.57$$

(xi) 製造業その他計

$$\text{製造業その他計回収水増分量}(J) = -9942.68237 * \text{水資源余裕度} + 0.02638$$

(-1.3966)

$$* \text{製造業その他計工業用水増分量}$$

(-11687)

$$R = 0.25998 \quad \text{MAPE} = 114.97$$

<第2原案>

(i) 食品加工業

$$\text{食品加工業回収水量}(J) = 0.89987 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.02767 * \text{食品加工業出荷額} - 204.05137$$

(8.5849) (2.2461)

$$* 1人当利用可能量 + 6859.2158$$

(-0.5397)

$$R = 0.89071 \quad \text{MAPE} = 27.52$$

(ii) 繊維工業

$$\text{繊維工業回収水量}(J) = 0.73210 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.02619 * \text{繊維工業出荷額} + 72.90583$$

(7.3233) (3.0454)

$$* 1 \text{人当利用可能量} - 2097.7754$$

(0.8851)

$$R = 0.96449$$

$$MAPE = 17.67$$

(iii) パルプ, 紙, 紙加工業

$$\text{パルプ, 紙, 紙加工業回収水量}(J) = 1.01568 * (\text{回収水量})_{-1} - 0.05433 * \text{パルプ, 紙, 紙加工業出荷額}$$

(37.9592) (-0.5816)

$$- 449.36780 * 1 \text{人当利用可能量} + 31300.1133$$

(-0.5759)

$$R = 0.98313$$

$$MAPE = 11.27$$

(iv) 化学工業

$$\text{化学工業回収水量}(J) = 1.07029 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.41330 * \text{化学工業出荷額}$$

(11.9969) (1.9340)

$$- 1244.81128 * 1 \text{人当利用可能量} + 12015.3594$$

(-0.2384)

$$R = 0.94926$$

$$MAPE = 11.69$$

(v) 石油製品, 石炭製品製造業

$$\text{石油製品, 石炭製品製造業回収水量}(J) = 1.15752 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.09791 * \text{石油製品, 石炭製品製造}$$

(16.9021) (1.3570) 製造業出荷額

$$- 363.79155 * 1 \text{人当利用可能量} + 12012.1436$$

(-0.6049)

$$R = 0.97741$$

$$MAPE = 23.25$$

(vi) 窯業, 土石製品製造業

$$\text{窯業, 土石製品製造業回収水量}(J) = 0.65609 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.24808 * \text{窯業, 土石製品製造業出荷額}$$

(6.5289) (3.4284)

$$- 121.35897 * 1 \text{人当利用可能量} + 4602.3154$$

(-0.2192)

$$R = 0.91117$$

$$MAPE = 26.22$$

(vii) 鉄鋼業

$$\text{鉄鋼業回収水量}(J) = 1.18496 * (\text{回収水量})_{-1} - 0.01373 * \text{鉄鋼業出荷額} - 3414.53 * 1 \text{人当利用可能量}$$

(11.5767) (-0.0721) (-13244)

$$+ 120223.1250$$

$$R = 0.98352$$

$$MAPE = 14.38$$

(viii) 非鉄金属製造業

$$\text{非鉄金属製造業回収水量}(J) = 1.19731 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.00530 * \text{非鉄金属製造業出荷額}$$

(17.1033) (0.1425)

$$- 258.41115 * 1 \text{人当利用可能量} + 19294.9619$$

(-0.3983)

$$R = 0.93831$$

$$MAPE = 25.19$$

(IX) 電気機械器具製造業

$$\text{電気機械器具製造業回収水量}(I) = 0.18599 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.04391 * \text{電気機械器具製造業出荷額} \\ (2.0686) \quad (10.3211)$$

$$+ 44.51276 * 1 \text{人当利用可能量} - 2842.2012 \\ (0.4652)$$

$$R = 0.98463$$

$$\text{MAPE} = 18.37$$

(X) 輸送用機械器具製造業

$$\text{輸送用機械器具製造業回収水量}(I) = 0.62562 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.09763 * \text{輸送用機械器具製造業出荷額} \\ (6.9829) \quad (5.3233)$$

$$+ 404.46766 * 1 \text{人当利用可能量} - 16606.2744 \\ (0.8576)$$

$$R = 0.97382$$

$$\text{MAPE} = 21.49$$

(xi) 製造業その他計

$$\text{製造業,その他計}(I) = 0.75220 * (\text{回収水量})_{-1} + 0.01801 * \text{製造業,その他計出荷額} \\ (7.8016) \quad (4.2220)$$

$$+ 67.86269 * 1 \text{人当利用可能量} + 1111.4116 \\ (0.3800)$$

$$R = 0.97939$$

$$\text{MAPE} = 16.61$$

<第3 原案>

(i) 食品加工業

$$\text{食品加工業回転数増分}(I) = -0.0242724 * \text{水資源余裕度} + 0.270669 * \text{食品加工業用水伸び率} \\ (-1.2421) \quad (9.7321)$$

$$- 0.0169960 * (\text{回転数})_{-1} + 0.0544 \\ (-0.2678)$$

$$R = 0.82469$$

$$\text{MAPE} = 184.73$$

(ii) 繊維工業

$$\text{繊維工業回転数増分}(I) = -0.000137477 * \text{水資源余裕度} + 0.006653131 * \text{繊維工業用水伸び率} \\ (-0.0103) \quad (0.2306)$$

$$- 0.279978 * (\text{回転数})_{-1} + 0.2966 \\ (-2.5101)$$

$$R = 0.33845$$

$$\text{MAPE} = 351.26$$

(iii) パルプ、紙、紙加工業

$$\text{パルプ、紙、紙加工業回転数増分}(I) = 0.0151503 * \text{水資源余裕度} - 0.26602 * \text{パルプ、紙、紙加工業用水伸び率} \\ (0.5291) \quad (-1.3615)$$

$$- 0.0385620 * (\text{回転数})_{-1} + 0.0486 \\ (-0.8289)$$

$$R = 0.25094$$

$$\text{MAPE} = 336.95$$

(iv) 化学工業

$$\begin{aligned}\text{化学工業回轉数増分}(I) &= -0.122048 * \text{水資源余裕度} + 0.820101 * \text{化学工業用水伸ひ率} \\ &\quad (-14895) \quad (7.7446) \\ &\quad -0.0600986 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.4320 \\ &\quad (-1.2520) \\ R &= 0.77073 \quad MAPE = 81.63\end{aligned}$$

(v) 石油製品, 石炭製品製造業

$$\begin{aligned}\text{石油製品, 石炭製品製造業回轉数増分}(I) &= 0.706609 * \text{水資源余裕度} - 0.977377 \\ &\quad (0.5381) \\ &\quad * \text{石油製品, 石炭製品製造業用水伸ひ率} - 0.339775 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.2094 \\ &\quad (-0.8942) \quad (-2.1291) \\ R &= 0.34177 \quad MAPE = 268.31\end{aligned}$$

(vi) 窯業, 土石製品製造業

$$\begin{aligned}\text{窯業, 土石製品製造業回轉数増分}(I) &= -0.0979271 * \text{水資源余裕度} - 0.0396230 \\ &\quad (-0.8989) \\ &\quad * \text{窯業, 土石製品製造業用水伸ひ率} - 0.179745 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.4660 \\ &\quad (4.2991) \quad (-2.8958) \\ R &= 0.63041 \quad MAPE = -131.663\end{aligned}$$

(vii) 鉄鋼業

$$\begin{aligned}\text{鉄鋼業回轉数増分}(I) &= -0.254867 * \text{水資源余裕度} - 0.0582050 * \text{鉄鋼業用水伸ひ率} \\ &\quad (-1.6274) \quad (-3.7667) \\ &\quad + 0.00908064 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.6190 \\ &\quad (0.1756) \\ R &= 0.50634 \quad MAPE = 193.79\end{aligned}$$

(viii) 非鉄金属製造業

$$\begin{aligned}\text{非鉄金属製造業回轉数増分}(I) &= -0.0663415 * \text{水資源余裕度} + 0.173811 * \text{非鉄金属製造業用水伸ひ率} \\ &\quad (-0.2156) \quad (3.9467) \\ &\quad + 0.0438678 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.0149 \\ &\quad (0.8422) \\ R &= 0.51771 \quad MAPE = 120.07\end{aligned}$$

(ix) 電気機械器具製造業

$$\begin{aligned}\text{電気機械器具製造業回轉数増分}(I) &= -0.00820565 * \text{水資源余裕度} + 0.0850227 \\ &\quad (-0.2614) \\ &\quad * \text{電気機械器具製造業用水伸ひ率} - 0.0457561 * (\text{回轉数})_{-1} + 0.0536 \\ &\quad (1.6420) \quad (-0.5763) \\ R &= 0.26692 \quad MAPE = 1644.54\end{aligned}$$

(X) 輸送用機械器具製造業

$$\text{輸送用機械器具製造業回転数増分}(I) = -0.0306365 * \text{水資源余裕度} + 0.187668 \\ (-0.4931)$$

$$* \text{輸送用機械器具製造業用水伸び率} + 0.0260412 * (\text{回転数})_{-1} + 0.0264 \\ (8.0025) \quad (0.7379)$$

$$R = 0.0264$$

$$MAPE = 135.81$$

(XI) 製造業，その他計

$$\text{製造業，その他計回転数増分}(I) = 0.0344397 * \text{水資源余裕度} + 0.000437411 \\ (0.8036)$$

$$* \text{製造業，その他計工業用水伸び率} - 0.196446 * (\text{回転数})_{-1} + 0.2092 \\ (0.0424) \quad (-2.2973)$$

$$R = 0.32473$$

$$MAPE = 235.07$$

(4) 農業用水量

農業用水量に対する検討はここでは行なわなかった。ただし、工業用水回収水量の回帰の説明変数として含まれている水資源余裕度を算定する必要から、農業用水の昭和60年までの値を建設省河川局編「広域利水調査第二次報告書」の結果を参照し、昭和45年から昭和60年までの変化を直線的であると仮定して使用した。

農業用水算定値、またそのフレームについては建設省河川局編「広域利水調査第二次報告書」を参照されたい。

4. 水需要モデルの検証

(1) 検証の方法

昭和40年の値を初期値とし、昭和40年から昭和46年の7年間についての外生変数を与え各年度、各地域の被説明変数の動きをシミュレートし、実現値との検証を行なった。

(2) 検証結果

モデルの検証は全部について行なったが紙面の都合で、ここでは家庭・業務用水と特に多量の用水を使用する業種を中心にパルプ・紙・紙加工業、化学工業、鉄鋼業、石油・石炭製品製造業を選んで計11個の変数についてのグラフを掲載する。

<グラフの凡例>

———：現データの値

-----：シミュレーションによる検証値

地域番号：2- (1) で示される地域番号（地域番号はグラフの右端に表示した。）ただし、10番は全国値を示す。

ここに掲載するグラフはつぎの11枚である。

図4- 1：家庭・業務用水

図4- 2：工業用水量合計

図4- 3：工業用水（パルプ・紙・紙加工業）

図4- 4：工業用水（化学工業）

図4- 5：工業用水（石油製品・石炭製品製造業）

図4- 6：工業用水（鉄鋼業）

図4- 7：回収水量合計

図4- 8：回収水量（パルプ・紙・紙加工業）

図4- 9：回収水量（化学工業）

図4-10：回収水量（石油製品・石炭製品製造業）

図4-11：回収水量（鉄鋼業）

図4-1～図4-11においてはいずれも関東・近畿・九州・全国の値が示されている。

(3) 検証結果に関する考察

(i) 家庭・業務用水（図4-1）

検証結果はほぼ満足できるが全国値（これは各地域の推定値の合計であって全国値そのものの推定ではない）が、やや原データよりも平均的に多目に出ている。これは対数型の回帰式を用いたことによるものと考えられる。また近畿地域の推定値が低くなって

いるのは、この地方が特に他の地域よりも多量の水を使用していることを物語っている
であり、ブーリングによる構造上の誤差からきているものと考えられる。

(四) 工業用水量合計 (図 4-2)

全国値・近畿・関東で結果がやや多目にでているのは現データに付、附等に示すような
欠陥があることによるものであるが、全体として概ね満足すべきものである。

(イ) 工業用水ーパルプ・紙・紙加工業ー (図 4-3)

工業統計表においては、関東および近畿地方のパルプ・紙・紙加工業についての用水量
がその就業者数・出荷額からみて異常に小さいことから、ここでは関東・近畿を除外して
回帰式を作成した。この結果、全国値、関東および近畿においては実現値とシミュレーシ
ョン値にはかなりの値隔りがみられるが、その他の地域ではほぼ満足すべき値を得ている。
なお、関東と近畿の値については申告もれに基くものが多いものと思われる。

(ロ) 工業用水ー化学工業ー (図 4-4)

全国値はほぼ満足すべき結果である。また関東・近畿が高めに出ているのは化学工業の
中でも非用水型の業種がはりついているためと考えられる。

(ハ) 工業用水ー石油製品・石炭製品製造業ー (図 4-5)

精度が悪いが全体としては良い。ただし、北陸と四国の用水量がその就業者・出荷額か
らみて異常に小さく工業統計表に示されていたことから、この2地域を除外して回帰式を
作成している。

(ニ) 工業用水ー鉄鋼業ー (図 4-6)

おおむね満足すべき結果である。

图4-1. WATER USE OF HOME AND BUSINESS

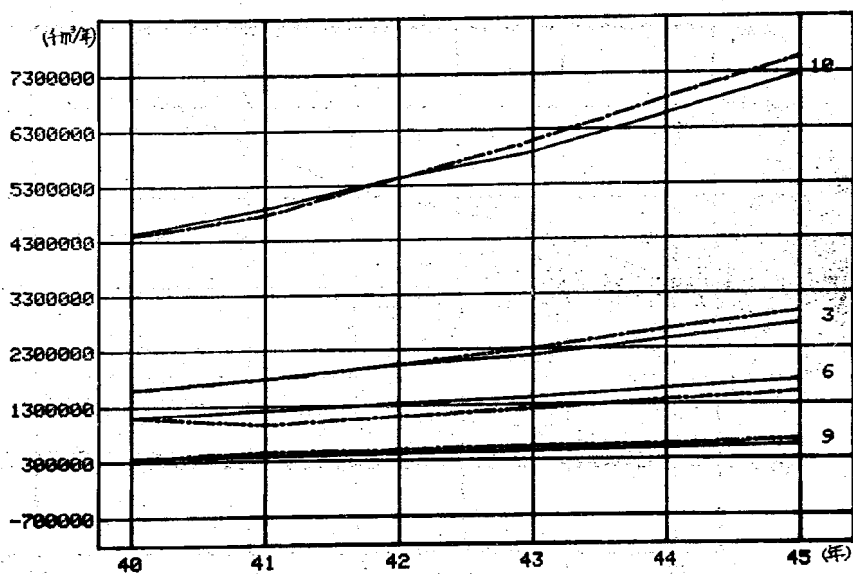


图4-2. INDUSTRY (TOTAL)

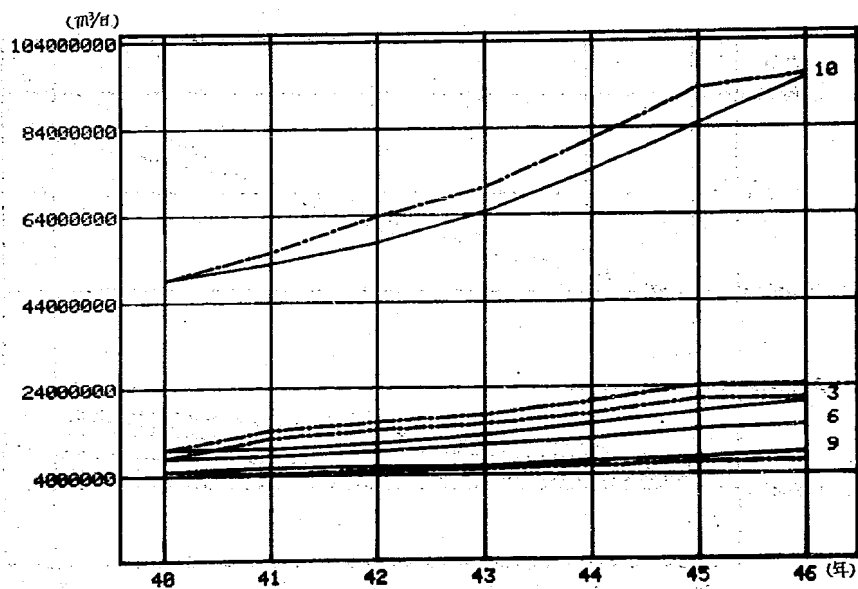


图4-3. INDUSTRY(PULP, PAPER & RELATED PRODUCTS)

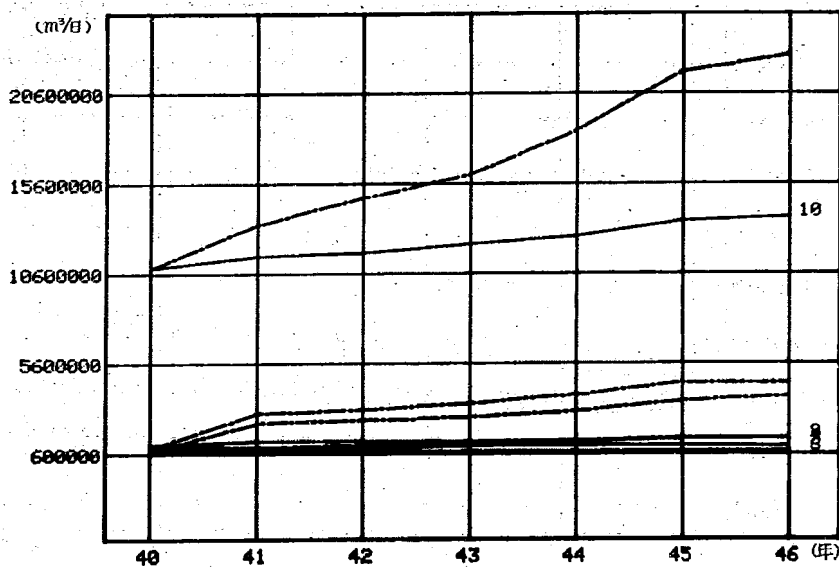


图4-4. INDUSTRY(CHEMICALS)

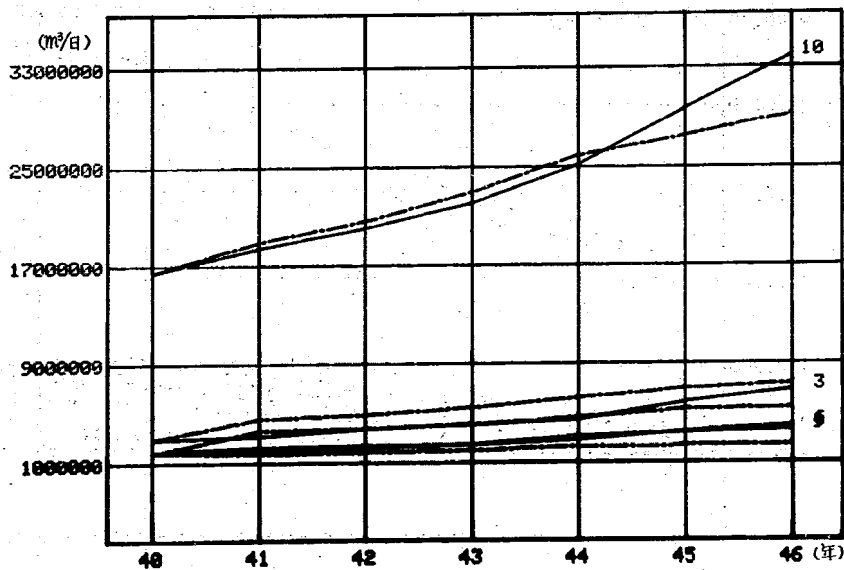


图4-5. INDUSTRY<PETROLEUM & COAL PRODUCTS>

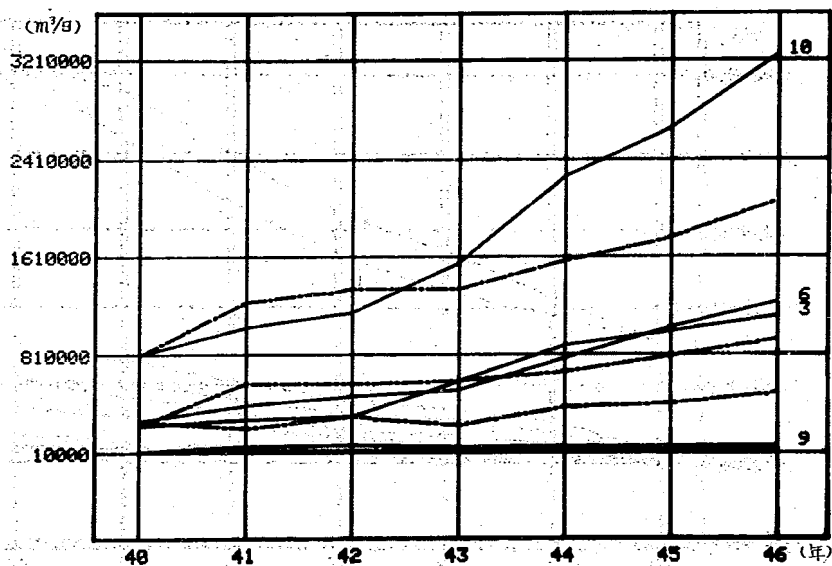


图4-6. INDUSTRY<IRON & STEEL>

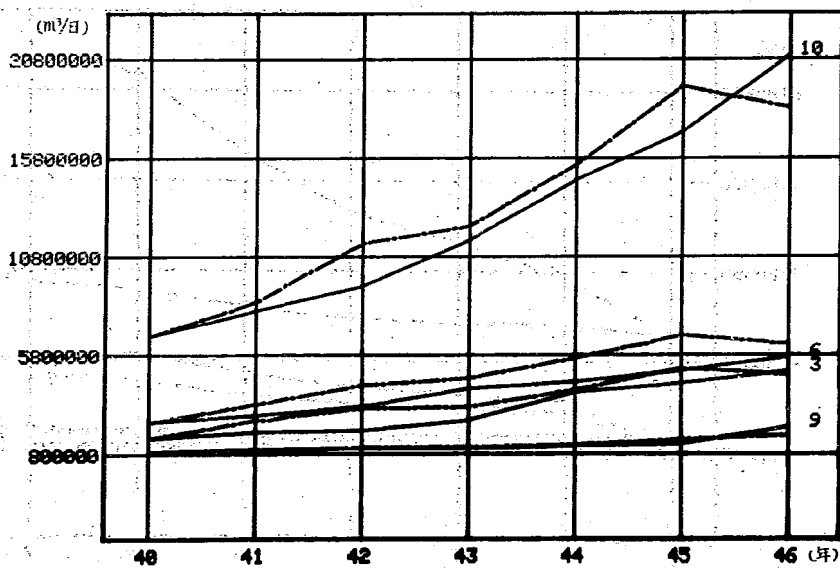


图4-7. RECYCLING(TOTALS)

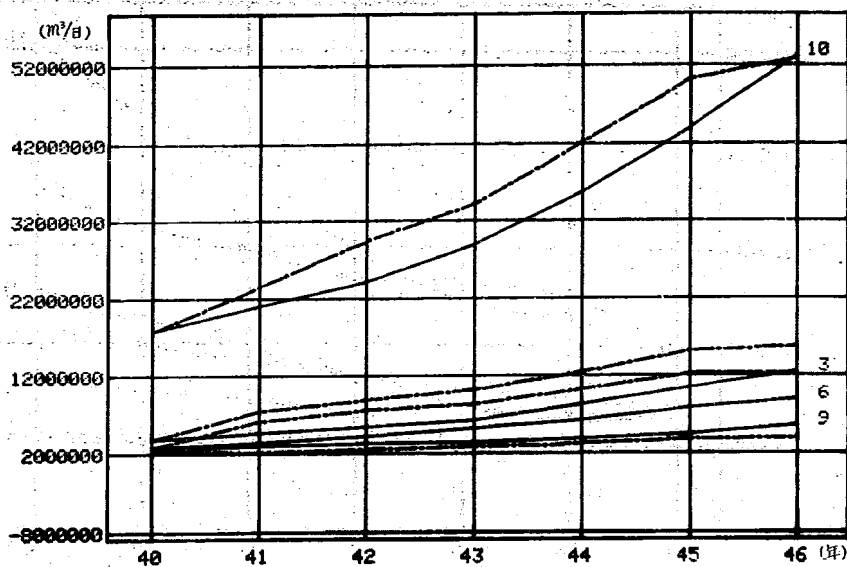


图4-8. RECYCLING(PULP, PAPER & RELATED PRODUCTS)

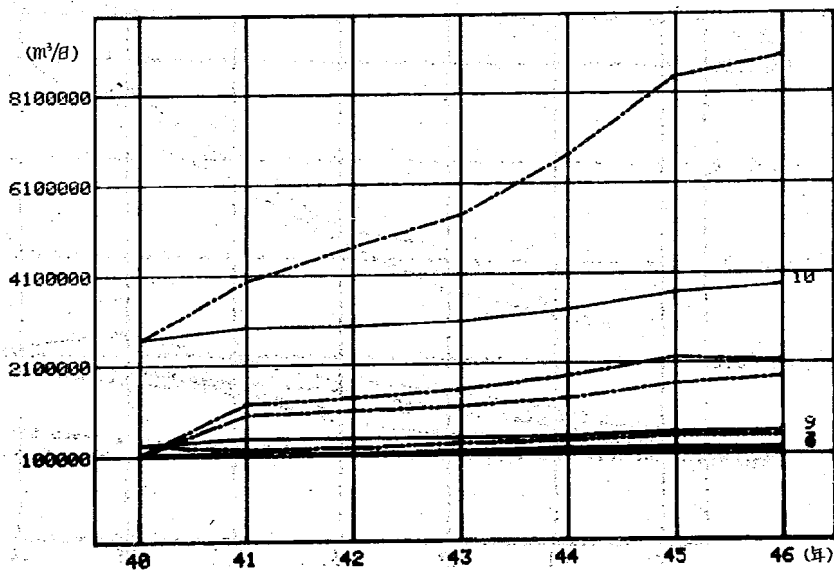


图 4-9. RECYCLING(CHEMICALS)

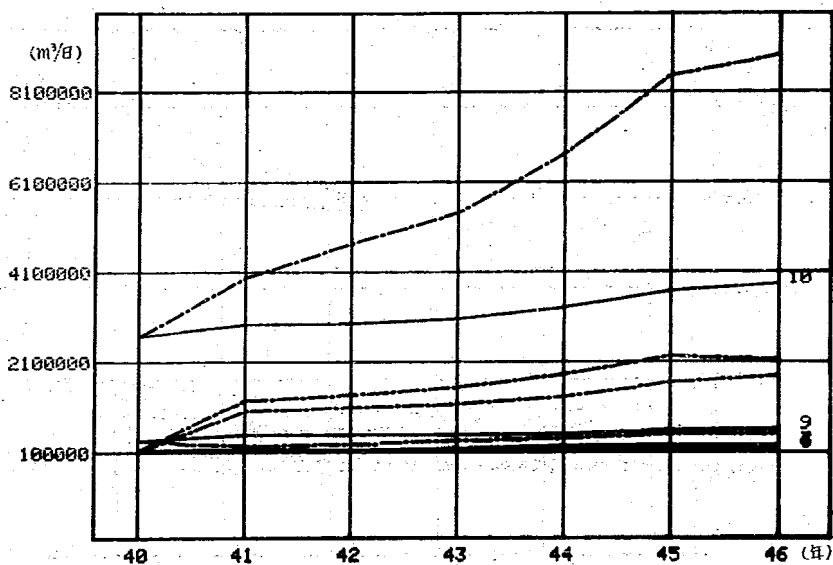


图 4-10. RECYCLING(PETROLEUM & COAL PRODUCTS)

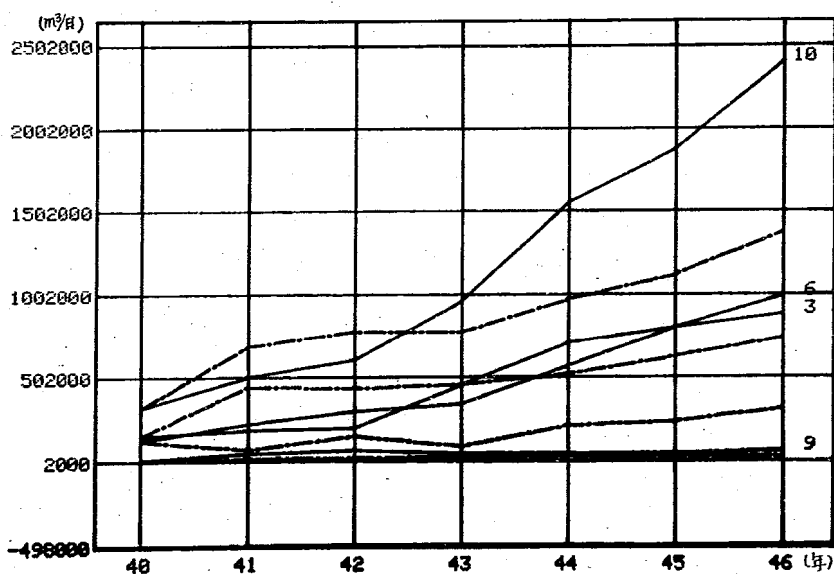
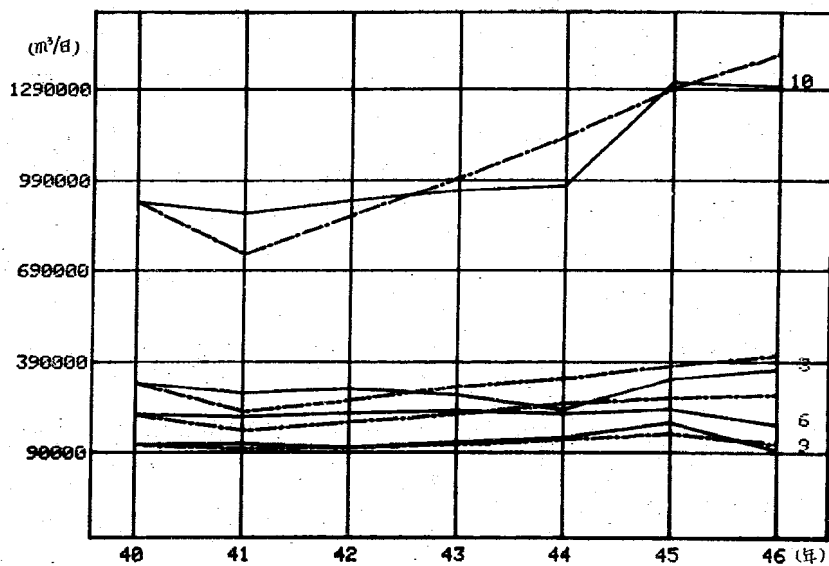


图4-11. RECYCLING (IRON & STEEL)



5. シミュレーション

(1) 地域計画パイロットモデルとのインターフェース

本水需要モデルは地域計画パイロットモデルのサブモデルとして作成したものであり、公共投資が水需要にどのようなインパクトを及ぼすかを把握することを目的としている。したがって人口や産業のフレームは地域計画パイロットモデルにおけるシミュレーション結果をそのまま活用している。

本サブモデルにおける外生変数と地域計画パイロットモデルとの連結状況はつぎのとおりである。(■：外生変数、□：地域計画パイロットモデルの出力)

(i) 家庭・業務用水

□県民所得：地域計画パイロットモデルからの出力

□人 口：地域計画パイロットモデルからの出力

□第3次産業就業者数：地域計画パイロットモデルからの出力(商業・金融・保険・不動産、サービス業、電気・ガス・水道、運輸・通信業、公務とした。)

■上水道普及率：昭和40年から昭和47年までは地域別に実現値を用い、昭和48年から昭和60年までは厚生省の目標値である97%となるよう直線で伸ばした。

(ii) 工業用水

□工業出荷額：地域計画パイロットモデルからは製造業全体の純生産額が示される。したがってここではまず、これから製造業出荷額を求め、昭和45年の業種別出荷額比を用いて、11業種の出荷額を算出している。

□製造業従業者数：地域計画パイロットモデルの製造従業者数を昭和45年の従業比で11業種に配分した。

(2) シミュレーションの方法

昭和40年から昭和60年の20年間についてシミュレーションを行なった。

地域計画パイロットモデルでは公共投資を政策変数として与えそれによる、所得、人口、従業者数、生産額等を求めており、これが水需要へのインパクトとして出力される。地域計画パイロットモデルにおいて考えられた政策は次の4ケースである。

ケース1：標準ケース

現在までの投資パターン(純生産にしめる、一般政府純固定資本形成のパターン並びに、一般政府総固定資本形成にしめる道路投資、水資源投資、生活関連投資のパターン)をそのまま踏襲。なおこの投資パターンは若干地方優先型である。

ケース2：地方分散型

標準ケースにおける地域ごとの公共投資額(純生産により定まる)と全国平均

の公共投資額との差を50%圧縮し、積極的に後進地域に投資する。

ケース3：公共投資優先型

総生産(J)にしめる一般政府総固定資本形成(J)の割合を25%増加させ、さらにその中の道路投資(J)の割合を25%増加させる。

ケース4：公共投資縮小型

総生産(J)にしめる一般政府総固定資本形成(J)の割合を25%減少させ、さらにその中の道路投資(J)の割合を25%減少させる。

(3) シミュレーション結果

水需要モデルの入力として重要な5個の変数と水需要量についての11個の変数についてのシミュレーション結果をグラフで示すこととする。凡例はつぎのとおりである。

- ：ケース1（標準ケース）
- ：ケース2（地方分散型）
- ：ケース3（公共投資優先型）
- ：ケース4（公共投資縮小型）

グラフはそれぞれ全国値(0)、関東(3)、近畿(6)、九州(9)について示した。その内容は以下の通りである。

図5-1：県民所得

図5-2：人口

図5-3：第3次産業就業者数

図5-4：製造業純生産額

図5-5：製造業従業者数

図5-6：家庭・業務用水給水量

図5-7：工業用水量合計

図5-8：工業用水量（パルプ・紙・紙加工業）

図5-9：工業用水量（化学工業）

図5-10：工業用水量（石油製品・石炭製品製造業）

図5-11：工業用水量（鉄鋼業）

図5-12：工業用水取水量合計

図5-13：工業用水取水量（パルプ・紙・紙加工業）

図5-14：工業用水取水量（化学工業）

図5-15：工業用水取水量（石油製品・石炭製品製造業）

図5-16：工業用水取水量（鉄鋼業）

图5-1. PRODUCT

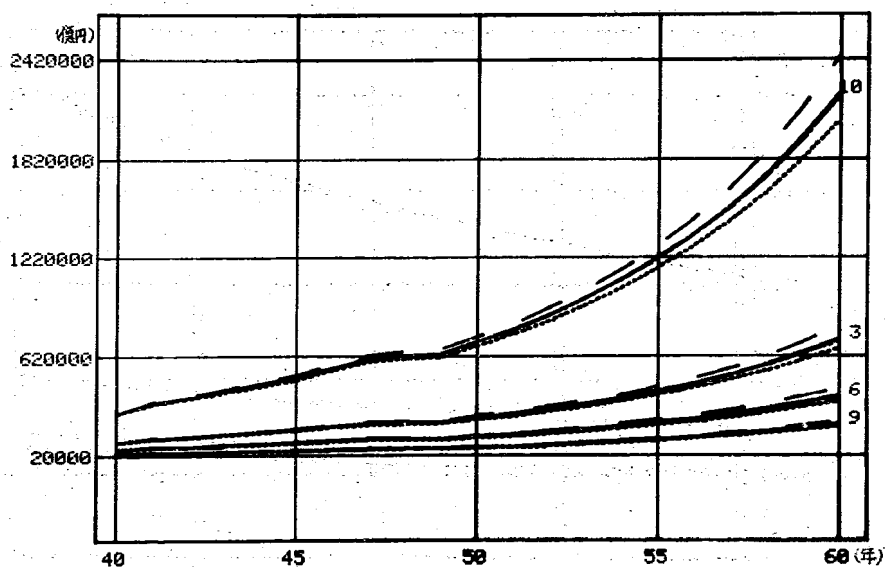


图5-2. POPULATION

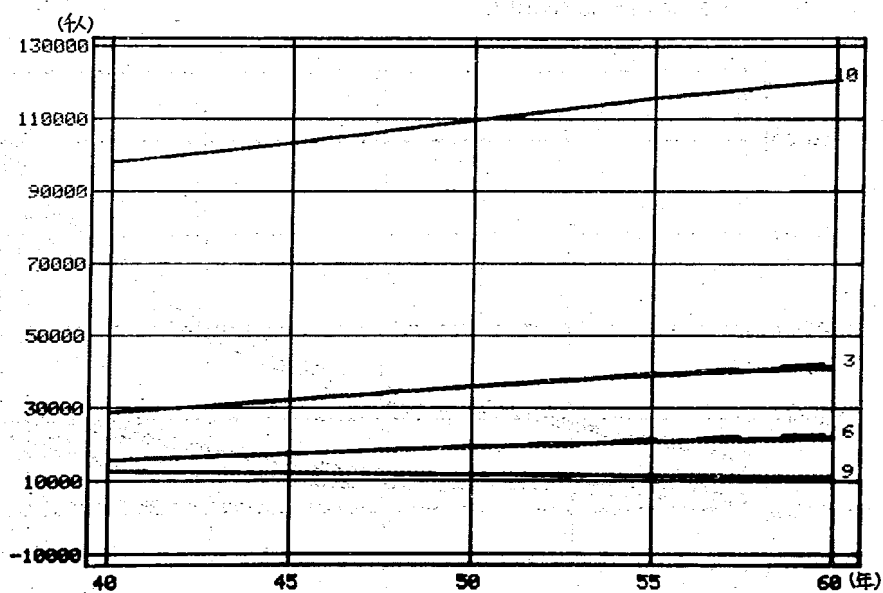


图5-3. EMPLOY(TERTIARY INDUSTRY)

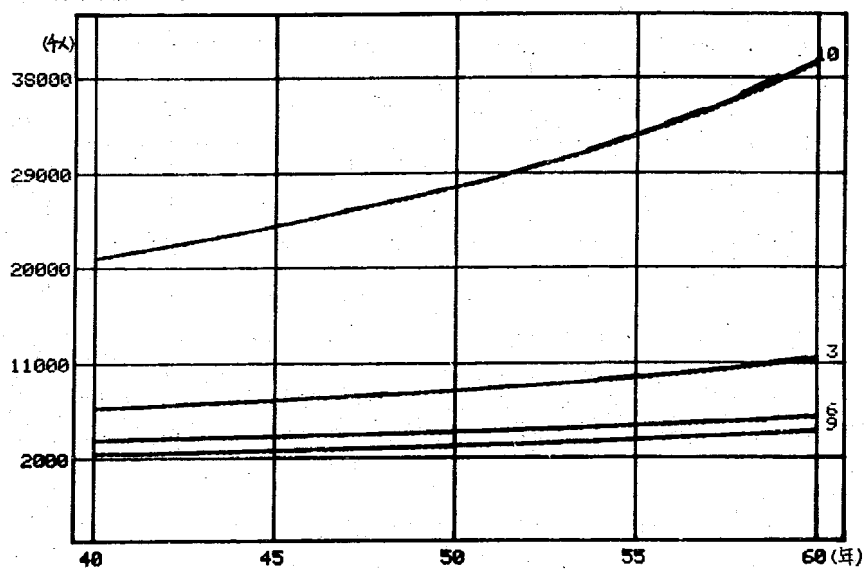


图5-4. PRODUCTS(MANUFACTURE)

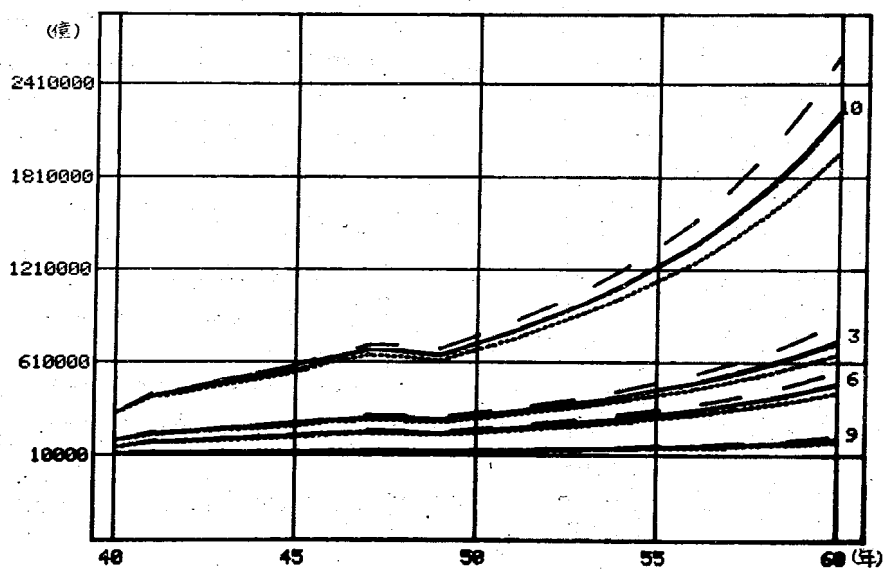


图5-5. EMPLOY(TERTIARY)

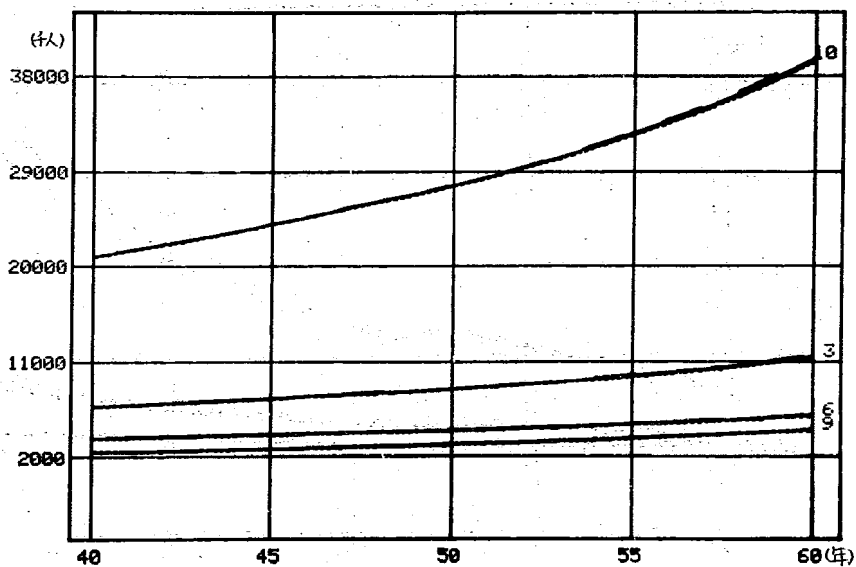


图5-6. WATER USE OF HOME AND BUSINESS

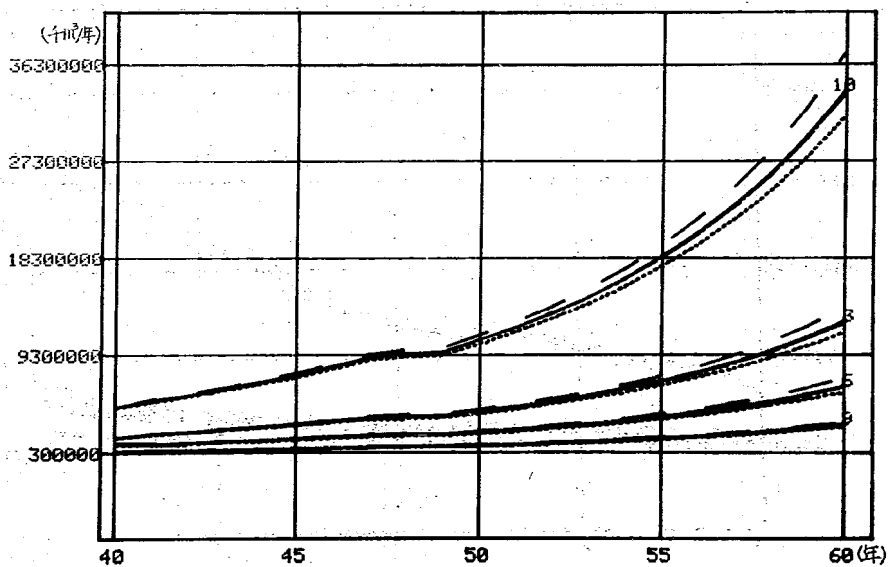


图5-7. WATER USE OF INDUSTRY

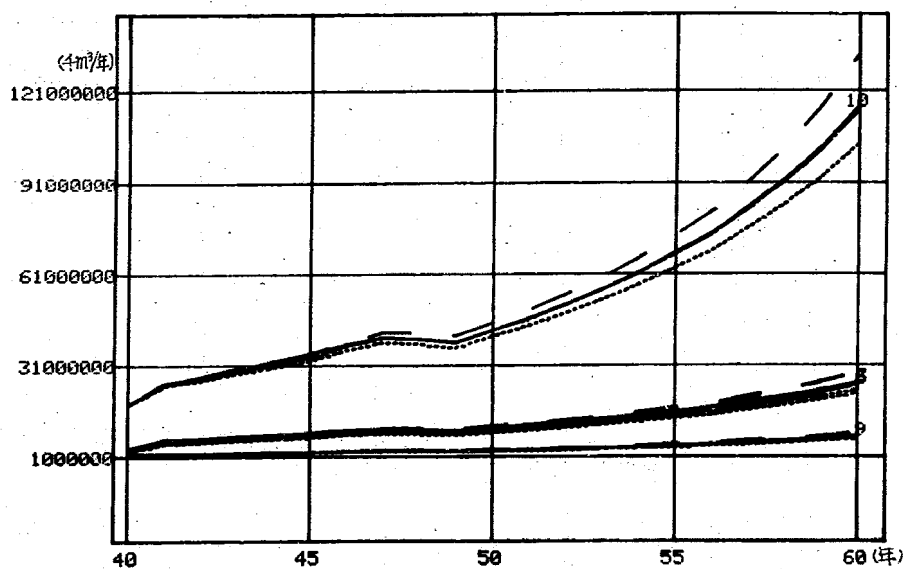


图5-8. INDUSTRY(PULP,PAPER & RELATED PRODUCTS)

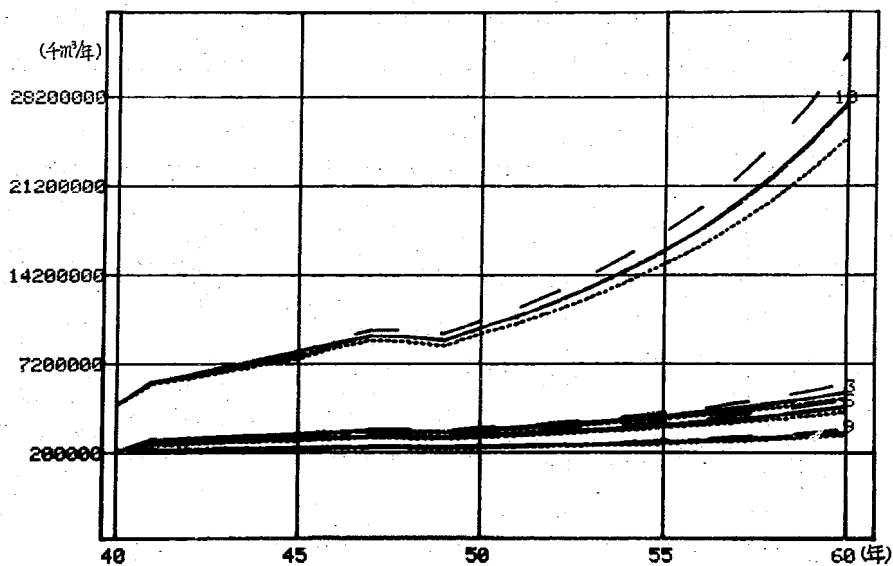


圖5-9. INDUSTRY(CHEMICALS)

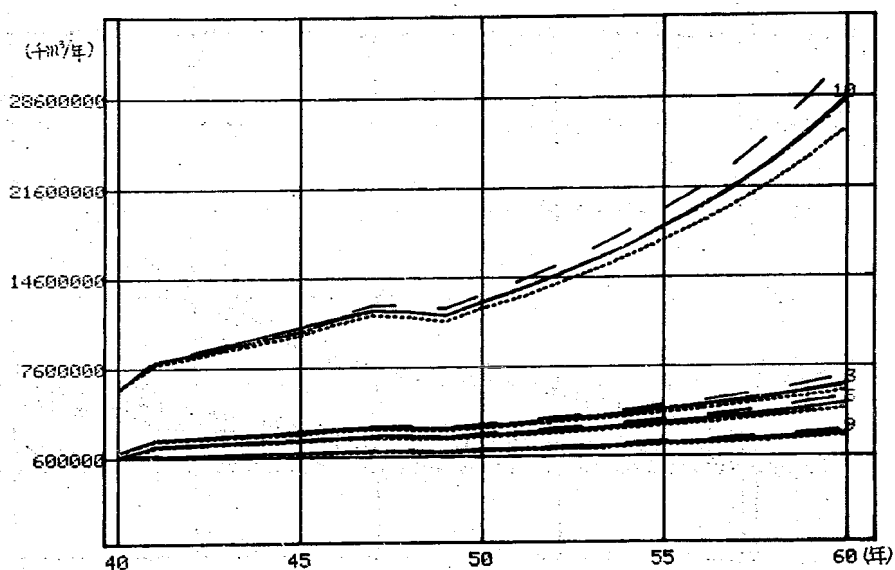


圖5-10. INDUSTRY(PETROLEUM & COAL PRODUCTS)

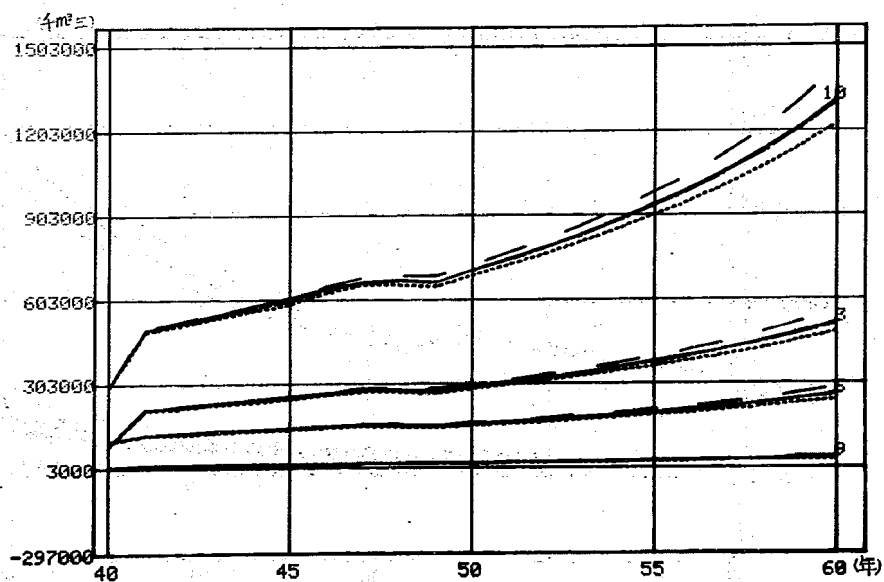


图5-11. INDUSTRY(IRON & STEEL)

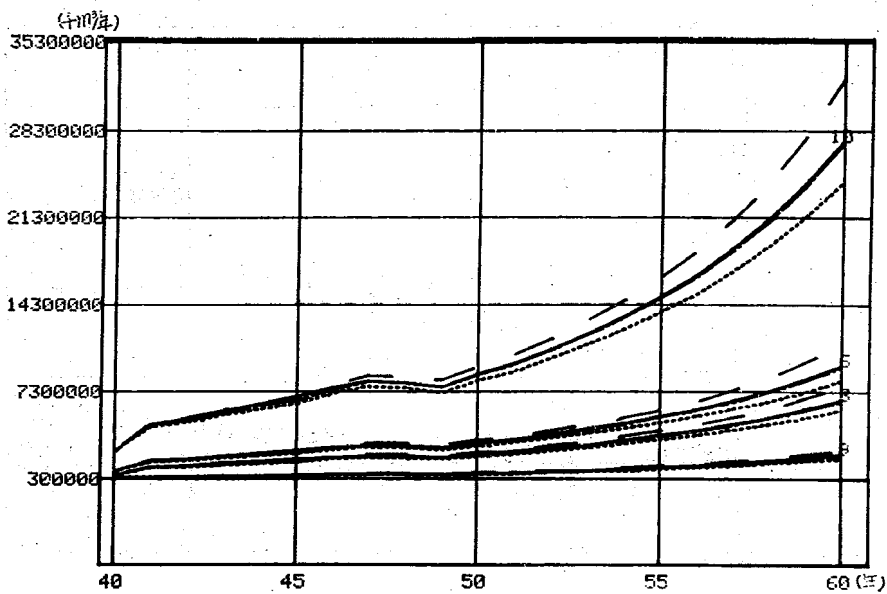


图5-12. INTAKE(TOTAL)

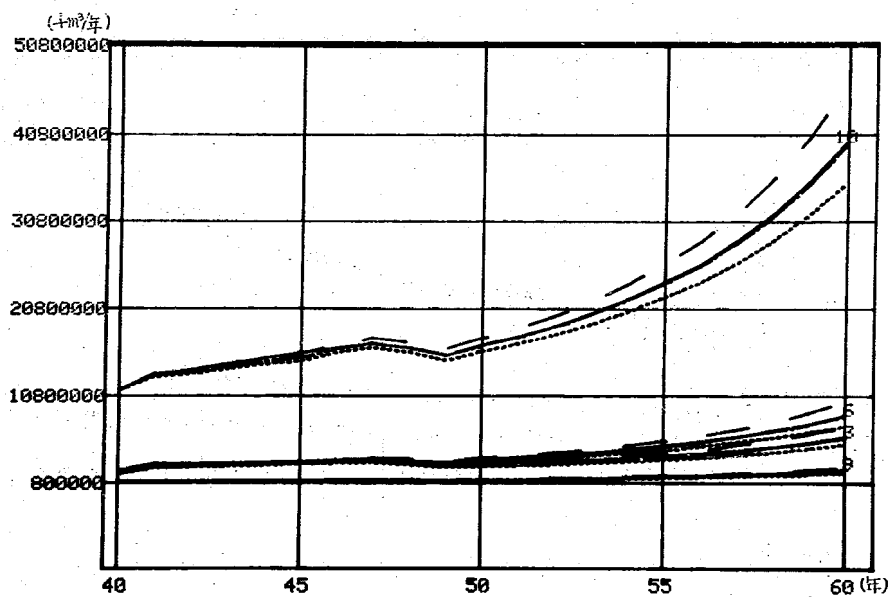


图5-13. INTAKE(PULP,PAPER & RELATED PRODUCTS)

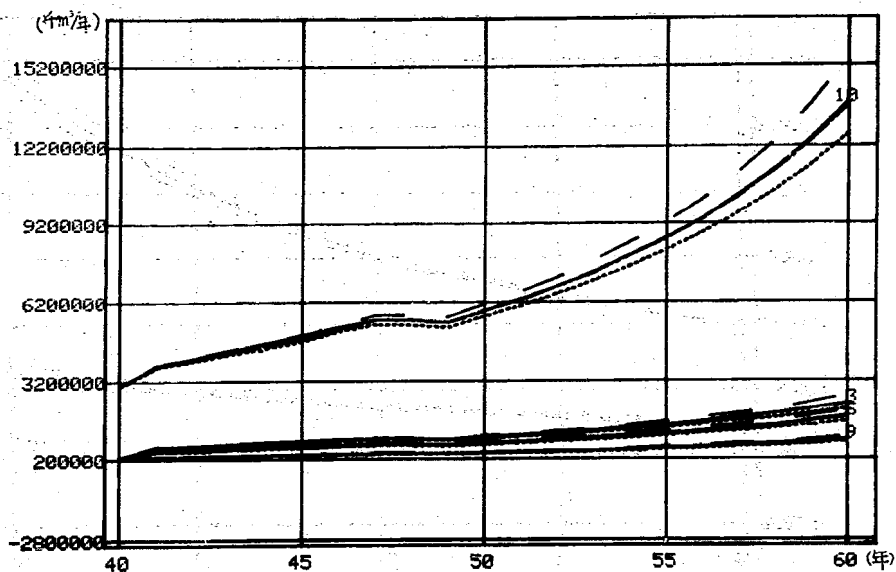


图5-14. INTAKE(CHEMICALS)

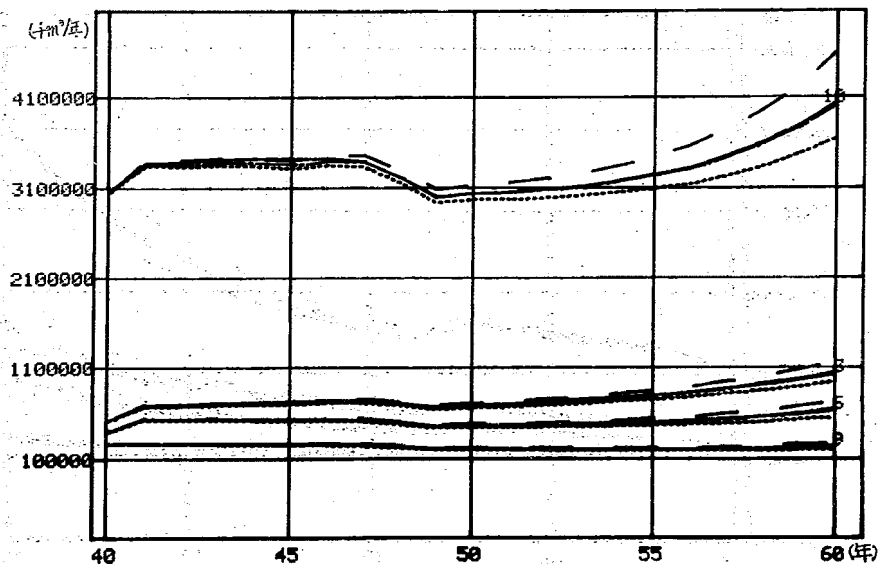


图5-15. INTAKE(PETROLEUM & COAL PRODUCTS)

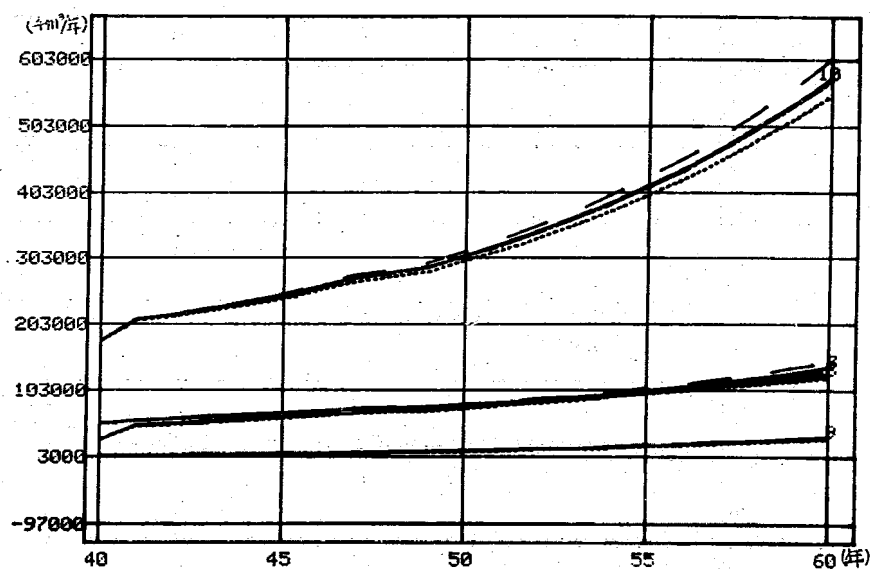
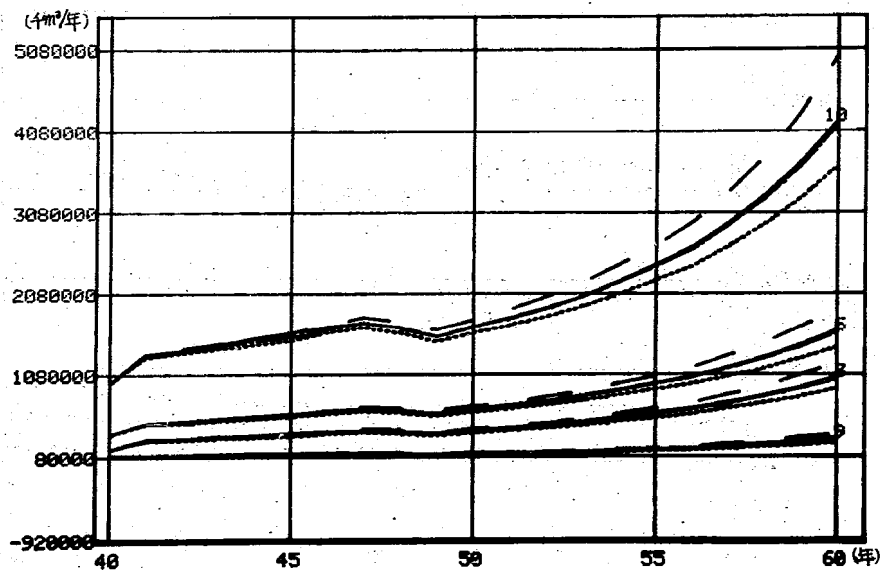


图5-16. INTAKE(IRON & STEEL)



(4) シミュレーション結果に対する考察

図5-1～図5-5で示した水需要モデルへの5入力変数に対する考察はここでは省略する。「公共事業の総合的インパクトを把握するための地域パイロット・モデル報告書」を参照されたい。

○ 図5-6（家庭・業務用水給水量）

家庭・業務用水給水量の伸びは石油ショックによる落ちこみにもかかわらず指数関数的である。この傾向はケース1～ケース4を通じて同様であるが、公共投資量に応じて若干の差異は現われる。給水量の伸びを支配する最大の要因は原単位の伸びであり、それをささえる所得の伸びである。所得は昭和45年から昭和60年の15年間にほぼ4.4倍の伸びを示し、これに伴ない原単位は3.0倍の増加を示し 745 ㍉/人/日 になると予測している。家庭・業務用水給水量原単位は表6-1に示すような挙動をするが、この値は建設省河川局（表6-2参照） 497 ㍉/人/日 、および国土庁水資源局（表6-3参照）の値 399 ㍉/人/日 よりかなり多目になっている。昭和40～46年の値のみから回帰式を作成したことによる欠陥であるかも知れない。

○ 図5-12～図5-16（工業用水取水量）

工業用水取水量もまた昭和45年に比して2.7倍の伸びを示している。工業用水の特徴は石油ショックのあおりを強く受けていることであり、工業出荷額の低迷の影響がそのまま現われている。工業用水原単位は $70 \text{ m}^3/\text{日}/\text{億円}$ （昭和45年）から $49 \text{ m}^3/\text{日}/\text{億円}$ （昭和60年）に減少するが、この値は建設省河川局の広域利水調査第2次報告書の値、昭和45年 $69 \text{ m}^3/\text{日}/\text{億円}$ 、昭和60年 $42 \text{ m}^3/\text{日}/\text{億円}$ と比較すると原単位の減少は少ない目であり、今後の努力が相当要することを示している。

各業種別の工業用水量はデータ作成の経緯からみて全工業用水量と同様な変動をしている。

○ 工業用水回収率： $(\text{工業用水量} - \text{工業用水取水量}) / \text{工業用水量}$

図5-7～図5-11までの工業用水量（工業用水取水量+回収水量）の増加そのものを見ることにはあまり意味がない、というのは工業用水量そのものは工業用水取水量と工業用水取水量の再利用（回収水量）の総和であるからでありかえって、将来工業用水の再利用、工業用水利用の合理化がどの程度まで促進されるかが問題となる。

表5-1 工業用水回収率の推移

地域 年	北海道	東北	関東	東海	北陸	近畿	中国	四国	九州	全国
40	0.45	0.27	0.38	0.27	0.16	0.35	0.51	0.26	0.49	0.36
41	0.44	0.26	0.54	0.36	0.27	0.53	0.56	0.40	0.51	0.47
42	0.45	0.30	0.57	0.39	0.26	0.55	0.58	0.43	0.53	0.49
43	0.47	0.34	0.60	0.41	0.26	0.57	0.60	0.46	0.55	0.52
44	0.49	0.38	0.62	0.43	0.27	0.58	0.62	0.48	0.57	0.54
45	0.50	0.41	0.64	0.45	0.27	0.59	0.63	0.50	0.58	0.55
46	0.52	0.44	0.66	0.47	0.28	0.60	0.64	0.52	0.60	0.57
47	0.53	0.47	0.67	0.48	0.29	0.61	0.65	0.54	0.61	0.58
48	0.53	0.48	0.69	0.49	0.28	0.62	0.66	0.55	0.61	0.59
49	0.53	0.49	0.71	0.49	0.27	0.63	0.67	0.56	0.62	0.60
50	0.55	0.51	0.72	0.50	0.30	0.64	0.68	0.58	0.63	0.61
51	0.56	0.53	0.73	0.51	0.32	0.65	0.69	0.60	0.64	0.62
52	0.57	0.55	0.74	0.52	0.34	0.65	0.69	0.61	0.66	0.63
53	0.58	0.57	0.75	0.53	0.36	0.66	0.70	0.62	0.67	0.64
54	0.59	0.59	0.75	0.53	0.38	0.66	0.71	0.63	0.67	0.64
55	0.60	0.60	0.76	0.54	0.39	0.66	0.71	0.64	0.68	0.65
56	0.61	0.61	0.76	0.54	0.41	0.66	0.72	0.65	0.69	0.65
57	0.62	0.62	0.76	0.54	0.42	0.66	0.72	0.65	0.69	0.65
58	0.63	0.63	0.76	0.54	0.43	0.66	0.72	0.65	0.70	0.66
59	0.63	0.63	0.76	0.54	0.44	0.66	0.73	0.65	0.70	0.66
60	0.63	0.64	0.76	0.54	0.44	0.66	0.73	0.65	0.71	0.65

注；値はすべて、シミュレーション結果より算定した。

表5-1は工業用水量と工業用水取水量より工業用水回収率を計算した値である。

この表を見ると全国平均で昭和40年には工業用水回収率0.36であり、昭和60年に0.65と20年間に29%の増加を示し、昭和55年以降はほぼ頭打ちとなっている。

また地域別には再利用がおくれている東北、東海、北陸、四国は昭和60年までにはほぼ全国値に近づき、尚増加しているが早くから再利用が進められていた関東、近畿、中国、九州は昭和55年ごろから0.7前後で頭打ちとなっている。

このほど、今後予想される水需要のひっ迫に対処するための工業用水政策として、産業構造審議会の工業用水基本政策部会で「工業用水使用合理化のあり方について」の中間答申（昭和50年12月10日）が行なわれた。この答申によると工業用水の循環使用率（回収率）を昭和60年までに70%まで高める、そのための対策として

① 冷却・温調用水の循環利用の普及に努める。

② 合理化対策の遅れている中堅、中小企業に対して国、自治体が財政、金融的助成措置を構ずる。

というもので、我々のシミュレーション結果から見ても回収率を70%まで高めるにはかなりの努力が必要とされるであろう。

6. 考察および今後の課題

(1) 他機関における予測結果との比較

水需要量の推計はこれまでいくつかの機関において実施されている。ここでは、

○建設省河川局：広域利水調査第2次報告書（昭和48年8月）

○国土庁水資源局：第2次全国水需要量調査中間まとめ（昭和51年2月）

を取り上げそれとの比較を試みたのが表6-1～表6-3である。とはいえ、この比較にはいくつかの困難がともなう。

第1は、解析の基礎としているデータ・ベースの相違である。このことは表6-1～表6-3に示した各予測結果表の昭和45年の実現値を見比べると一目瞭然である。本モデルのデータ・ベースは別表-1に示すように上水道統計、工業統計表（用地・用水編）等の公開の資料である。建設省河川局のデータ・ベースはよくわからないが、国土庁水資源局は都府県からの報告値（北海道は上水道統計・工業統計表）を用いている。さらに詳しくみると、本モデルでは上水道においては給水量ベースで取り扱っており取水量ベースで検討を進める場合には本モデルの結果より大きな値となる。また工業統計表（用地・用水編）は30人以上の事業所についての調査であり、それにもとづいて推測しているために30人以下の事業所における水需要量に対する配慮は脱落している。このような理由をも含めて、本モデルにおける昭和45年の実現値は少な目に示されているものと思われる。

第2は、水需要予測に用いた人口・工業出荷額等のフレーム・ワークの差異である。

	広域利水調査第2次 報告書 (建設省)	第2次全国水需要量調査中 間まとめ (国土庁)	地域計画パイロットモデル水需要サブモデル (建設省土木研究所)	
対象年次	昭和60年	昭和60年	昭和55年	昭和60年
人 口	121百万人	124百万人	116百万人	121百万人
工業出荷額	241 兆円 (昭和45年価格)	154 兆円 (昭和45年価格)	150 兆円 (昭和45年価格)	271 兆円 (昭和45年価格)
出 典	新国土建設長期構想 (試案) (昭和47年12月 建設省)	総人口：第3次全国総合開 発計画概要 (昭和50年12月国土庁) 工業出荷額：年平均伸び率 5.5%	地域計画パイロットモデル	

この表をみると地域計画パイロットモデルによるフレーム・ワークは多少大きな値を与えているようである。参考のため昭和60年のフレーム・ワークも示しておいたが、水需要量モデル自体の特性を比較するためには昭和55年くらいの水需要量値の比較を行なうことが好

ましい。

第3の問題は推計方法の相違である。本水需要量モデルは昭和40～47年のデータをもとに回帰式を作成し、将来における用水使用の推移は昭和40～47年当時の用水使用形態を基調にするものという大前提をおいている。したがってこのような基調に反するような種々の新たな要因はいつさい含まれていない。また、本水需要モデルの外生変数は地域計画パイロットモデルからのインプットデータを使用している。地域計画パイロットモデルはかなり大きな観点で作成されたもので使用する変数もそのままダイレクトに使用できず、使用にあたって大きな仮定を置かざるを得なかった。2、3例を挙げると純生産から出荷額への変換、これは昭和45年付加価値率を使用し昭和60年まで一定率としたこと、製造業出荷額、製造業従業者数を11業種に細分割するにあたって、昭和45年の産業構成をそのまま変化しないというきわめてむりな仮定を置かざるを得なかった。

これに対して建設省河川局や国土庁水資源局の予測には1人1日平均給水量の頭打ち、工業用水原単位の大きな減少等がある程度見込まれているものと考えられる。このことは、新たに有効な施策がなされなければ、本水需要量モデルによる推計結果がそのまま現実のものとなる恐れがあることを示しておりひとつの大きな警鐘として受けとられる必要がある。

表 6-1 水需要量の推計（地域パイロットモデル水需要モデル—土木研究所企画部）

地域名 単 位	昭和 4 5 年					昭和 5 0 年					昭和 5 5 年					昭和 6 0 年				
	家庭・業務 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工 業 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工業用水 回収率	人 口 千人	出荷額 兆円	家庭・業務 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工 業 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工業用水 回収率	人 口 千人	出荷額 兆円	家庭・業務 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工 業 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工業用水 回収率	人 口 千人	出荷額 兆円	家庭・業務 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工 業 用水 億 m^3 /年 (l/h /白)	工業用水 回収率	人 口 千人	出荷額 兆円
北 海 道	2.2 (159)	9.6 (163)	0.50	5153	1.61	3.4 (221)	9.9 (134)	0.55	5201	2.03	6.3 (361)	14.6 (110)	0.60	5377	3.63	12.3 (577)	24.2 (93)	0.63	5667	7.13
東 北	4.7 (165)	13.6 (144)	0.41	11176	2.58	7.4 (237)	12.8 (105)	0.51	10965	3.33	13.0 (370)	17.3 (79)	0.60	10912	5.99	24.2 (588)	27.7 (65)	0.64	10945	11.64
関 東	27.4 (274)	28.5 (36)	0.64	32229	21.52	40.7 (347)	28.9 (30)	0.72	35930	26.33	68.9 (520)	38.2 (24)	0.76	39257	43.12	123.6 (790)	60.4 (22)	0.76	41582	74.57
東 海	8.0 (219)	31.8 (92)	0.45	11713	9.47	12.3 (295)	35.1 (80)	0.50	12702	12.03	21.5 (459)	53.0 (70)	0.54	13711	20.61	39.7 (722)	91.7 (67)	0.54	14617	37.41
北 陸	1.4 (183)	8.2 (164)	0.27	2852	1.37	3.1 (333)	12.0 (164)	0.30	3095	2.00	6.1 (529)	19.5 (131)	0.39	3554	4.09	12.8 (800)	35.9 (113)	0.44	4248	8.74
近 畿	17.1 (290)	23.0 (47)	0.59	17344	13.45	21.3 (319)	33.8 (56)	0.64	19210	16.47	35.7 (490)	50.2 (51)	0.66	20799	27.03	63.6 (769)	85.0 (50)	0.66	21969	47.00
中 国	4.6 (252)	15.1 (94)	0.63	7075	4.40	6.5 (301)	13.6 (68)	0.68	7410	5.52	11.4 (450)	19.0 (55)	0.71	7817	9.50	21.3 (687)	30.4 (47)	0.73	8248	17.58
四 国	1.7 (173)	7.9 (152)	0.50	3936	1.42	3.4 (288)	8.6 (124)	0.58	4004	1.90	6.4 (462)	12.4 (93)	0.64	4262	3.65	12.9 (718)	21.5 (77)	0.65	4776	7.62
九 州	5.3 (173)	12.0 (113)	0.58	11893	2.91	9.1 (274)	10.9 (84)	0.63	11490	3.57	15.5 (435)	14.6 (67)	0.68	11148	5.99	28.2 (693)	22.5 (56)	0.71	10827	10.94
全 国	72.7 (246)	150.0 (70)	0.55	103744	58.72 (71.46)	107.0 (316)	165.7 (62)	0.61	109925	7319 (8907)	184.7 (476)	238.7 (53)	0.65	115972	123.6 (15042)	338.6 (745)	399.0 (49)	0.65	120798	222.63 (270.94)

注 1：昭和 4 5 年家庭・業務用水は上水道統計（厚生省）の給水量ベース、よってシミュレーション結果も給水ベースである。

注 2：上段の出荷額は昭和 4 0 年度価格である。

注 3：昭和 4 5 年は実績値、4 5 年以外はすべてシミュレーション結果である。

注 4：下段はそれぞれ原単位である。（ただし出荷額は昭和 4 5 年度価格に直した。日本銀行の物価指数年報）

注 5：推計値は地域計画パイロットモデルのケース 1（現在までの投資パターン）の値を外生としてシミュレーションした結果である。

表 6 - 2 水 需 要 量 の 推 計 (広域利水調査第二次報告 建設省河川局編)

単位 上段：用水量 (億 m^3 /年)
下段：原単位, 家庭・業務 (ℓ/人/日)
" 工 業 (m^3 /日/億円)

年度 地域名 用水別	昭和 4 5 年				昭和 6 0 年			
	家庭・業務 用 水	工業用水	農業用水	計	家庭・業務 用 水	工業用水	農業用水	計
北海道	3.6 (271)	9.6 (174)	49.7	62.9	8.6 (417)	32.4 (63)	56.9	97.9
東 北	9.1 (319)	16.1 (139)	129.5	154.7	17.5 (412)	46.5 (41)	143.8	207.8
関 東	34.0 (335)	33.0 (36)	83.3	150.3	69.0 (513)	65.8 (29)	87.5	222.3
東 海	10.6 (283)	38.7 (92)	46.4	95.7	27.1 (533)	64.2 (52)	52.8	144.1
北 陸	2.0 (247)	10.2 (168)	28.4	40.6	4.6 (439)	20.6 (80)	28.9	54.1
近 畿	21.2 (335)	28.4 (50)	44.5	94.1	39.7 (544)	46.3 (35)	42.8	128.8
中 国	5.5 (295)	16.1 (87)	48.8	70.4	12.6 (496)	30.8 (40)	52.2	95.6
四 国	2.6 (259)	9.0 (140)	23.1	34.7	6.2 (420)	22.8 (63)	26.4	55.4
九 州	7.1 (229)	13.5 (106)	69.9	90.5	21.3 (476)	41.4 (58)	94.2	156.9
全 国	95.7 (306)	174.6 (69)	523.6	793.9	206.6 (497)	370.8 (42)	585.5	1162.9

表 6 - 3 水 需 要 量 の 推 計 (第 二 次 水 需 要 量 調 査 中 間 ま と め - 国 土 庁)

単位 上段：用水量(億 m^3 /年)
下段：原単位，家庭・業務(ℓ/人/日)
〃 工業(m^3 /日/億円)

年度 地域名	昭和 4 5 年				昭和 6 0 年			
	家庭・業務 用 水	工業用水	農業用水	計	家庭・業務 用 水	工業用水	農業用水	計
北 海 道	3.0 (216)	9.7 (206)			8.1 (366)	175 (78)		
東 北	6.3 (219)	17.5 (151)	226.6	250.4	14.4 (345)	260 (58)	258.5	298.9
関 東	32.5 (325)	33.0 (35)	273.1	338.6	62.5 (427)	47.3 (28)	279.7	389.5
東 海	10.1 (270)	35.9 (85)	97.8	143.8	19.6 (385)	521 (56)	106.0	177.7
北 陸	1.9 (251)	11.6 (191)	118.9	132.4	4.5 (400)	127 (78)	121.3	138.5
近 畿	19.0 (325)	24.8 (43)	94.6	138.4	32.6 (431)	312 (29)	83.9	147.7
中 国	5.4 (296)	16.1 (88)	68.4	89.9	11.0 (379)	228 (52)	66.7	100.5
四 国	2.9 (287)	9.9 (153)	40.7	53.5	5.8 (401)	124 (71)	45.4	63.6
九 州	7.3 (237)	13.9 (110)	171.1	192.3	15.6 (354)	220 (47)	176.7	214.3
全 国	88.3 (290)	172.4 (69)	1090.8	1351.5	174.1 (399)	2441 (43)	1138.1	1556.3

著者注：昭和45年の家庭・業務用水は取水ベースと思われる。従って原単位の値も
取水量を給水人口で割った値だと考えられ表6-1の値よりも昭和45年の
値では多目に出ている。

注1：工業出荷額は、昭和45年価格である。

注2：農業用水需要量は、反復利用を考慮していない。

(2) 考察と今後の課題

本モデルによるシミュレーション結果には、重回帰分析の特徴と限界がよく現われている。一つは1人1日給水量が昭和60年には745ℓにもなるという恐るべき予測結果である。もちろんこれにはフレーム・ワーク自体が大き過ぎるということもある。しかし、このように大きな値には決してならないという保障はどこにもない。過去の家電化時代における洗濯機の驚異的な普及、所得の増大にともなう風呂と自動車の普及、下水道事業にともなう水洗便所の普及といったことが表面化したつど、1人1日給水量はそれまでの常識を越えて増大したのである。745ℓという値にはどのような形のものかはわからないが、新たな水利用要素の出現が織りこまれているものと考えてよいであろう。したがってそのような大量水利用要素の出現は何らかの形で抑制される必要がある。

二つ目は、過去の水使用量と経済・社会諸量との相関が必ずしも高くはないという事実である。(3参照)この理由は二つ考えられる。一つは、現実に水使用量が経済・社会諸量に支配されていないことに起因している。水資源の制約に対する意識が薄い、水が経済財として意識されることが少ないという事情の反映である。他の一つは水資源関連データの信頼性が比較的低いという事実である。このような事情があるにもかかわらず重回帰分析を行なうことに対する問題は残るであろう。

それでは重回帰分析以外の方法によって水需要量を予測することが可能であろうか。ひとつはア・プリオリに目標年次の基本量を与えてしまいそれにもとづく解析を行なうことが考えられる。たとえば原単位等を現在の値、世界各地の値、今後の水使用形態と施策の予測等種々の観点から検討して与えることである。これにもとづく結果は reasonable ではあるが logical ではないことが多い。また、水使用形態を生活の中や生産過程の中にまで立ち入ってミクロ的に調査し、その成果を総需要量の推定に役立てようとする方法も考えられる。これには平均量の把握と同時に極限量の把握も期待されている。

水需要量の予測について卓越した方法が見い出せない以上、これら種々の観点からの検討が要請される。

1: 概説にも示したように今後の課題としては

- (1) 水需要量予測方法の精度向上
- (2) 水需要への対処の方策に関する検討
- (3) 水需要構造が社会・経済に与える影響に対する検討

といった膨大な検討が残されている。その意味で本報告書は長い道程における第一歩であり、中間報告だといえる。

参 考 文 献

- 1) 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、昭和48年9月
- 2) 国土庁水資源局 : 水需要量調査結果とその検討(第二次全国水需要量調査中間まとめ)
国土庁水資源局、昭和51年2月
- 3) 水資源基本問題研究会 : 水資源基本問題研究会中間報告書 — 主として大都市を中心とした水問題について — 昭和51年2月
- 4) 建設省近畿地方建設局企画部 : 水高度利用計画調査報告書、昭和47年3月
- 5) 建設省近畿地方建設局企画部 : 水高度利用計画調査報告書、昭和48年3月
- 6) 建設省近畿地方建設局企画部 : 水利用実態調査業務報告書、昭和49年3月
- 7) 建設省河川局 : 広域利水調査第一次報告書、昭和46年4月
- 8) 首都圏整備委員会 : 首都圏の将来における水需要予測手法に関する調査報告書、
昭和48年3月
- 9) 建設省近畿地方建設局企画課 : 水利用システムに関する調査(その1)業務報告書、
昭和49年3月
- 10) 綾 日出教、島津暉之 : 工業用水原単位に関する研究、工業用水、昭和43年5月
- 11) 建設省土木研究所企画部システム課 : 水配分モデル作成のための要因分析に関する調査、
土木研究所資料、第1029号、昭和50年3月
- 12) 建設省土木研究所 : 地下水の使用合理化についての調査報告書、土木研究所資料
第1030号、昭和50年4月
- 13) 東京都公害局 : 工業用水使用合理化基礎調査報告書(Ⅱ)、昭和49年3月
- 14) 黒沢俊一 : 計画講座9 水資源計画、朝倉書店、昭和47年3月
- 15) 石橋多聞 : 飲み水の危機、東京大学出版会、昭和45年12月
- 16) 中澤式仁 : 水資源の話、日本経済新聞社、昭和49年7月
- 17) 奥野忠一、久米 均、芳賀敏郎、吉澤 正 : 多変量解析法、日科技連、昭和46年10月