

日本の水需要予測システムの分析と評価

Analysis and Evaluation of a Water Demand-Forecast System in Japan

西岡喬*・那須清吾*

* 高知工科大学社会システム工学科

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

要旨：戦後の日本における水需要は高度経済成長を経て安定成長に移行する過程で、産業構成・構造の変化に加えて、節水やリサイクルなどの産業システムの変化、政策的なインパクトを十分に考慮出来なかった為、予測が困難であった。本研究においては、この様なメカニズムを明らかにすることで、今後水需要が伸びることが予測される発展途上国の予測システム構築に資する情報を整理した。

Abstract: Water demand forecast system did not function properly along the period of booming economy era through a stable economy era, because of the structural change of the industries and the technological development of the water saving and recycling as well as the influence of political impact. These mechanisms were investigated for various industries in order to contribute for the development of water forecast system of developing countries.

1. はじめに

水需要予測は、その国あるいは河川流域の発展過程、経済あるいは生活水準等に大きな影響を受けることから、これらの将来動向を決定付ける各種開発計画や経済計画と関係がある。しかし、日本の水需要予測は、これらの長期計画との整合性を考慮した水需要モデルが構築されてきた訳ではない。水需要はまた、政府が行う料金政策、税金、節水技術・施策の導入などによってコントロールできる上、民間ベースの節水技術の開発や導入からも大きな影響を受けると考えられる。

本稿では、日本の水需要予測と水需要の実測値を用いて比較・分析、評価することで、発展期にあるアジア諸国の需要予測・制御システムに如何に組み込むべきか検討することを目的とした。

2. 日本の水需要予測の問題点

(1) 日本の水需要予測の失敗要因

日本は「長期水需給計画（1978年）」や「全国総合水資源計画（1987年）」で水需要予測を行った。しかし、これらの水需要予測は高度成長時代の増加傾向のトレンドにより水需要予測したと考えられることから、実測値と著しく違っている（図-1）。

日本の水需要予測は工学的な積み重ねによる予測が

主流であり、既存の経済社会の状態の延長線上の予測を実施してきた歴史がある。そのため水需要予測への影響要因として、社会経済計画との十分な整合性が確保されなかった。産業界などの節水に関わる取り組み、産業構造の変化などについても十分に予測することが困難であった。更に、節水に関わる誘導政策、価格政策などの政府がコントロール出来る要因の波及効果についてもシミュレーションすべきであった。そのため、水需要予測の結果が十分に満足のゆく精度で得られなかったと考えられる。

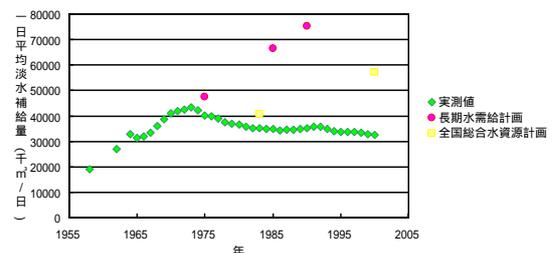


図-1 日本の水需要予測と実測値の比較

(2) 産業別の節水、全淡水使用量の推移

過去の水需要予測が考慮されなかった要因である、回収と回収以外の節水が、水使用量に影響を及ぼすかについて分析した。経済産業省の「工業統計調査」をもとに産業別に原単位（ $\text{m}^3/\text{百万円}$ ）を導出し、推移した。

原単位は、百万円を生産するのに必要とする水使用

キーワード：水需要予測、経済計画、政策決定

量を原単位とした。また、回収水を含めた全淡水使用量と回収水を除く淡水使用量を対象とし、分析を行った。点線は節水を行わなかった場合を表している。

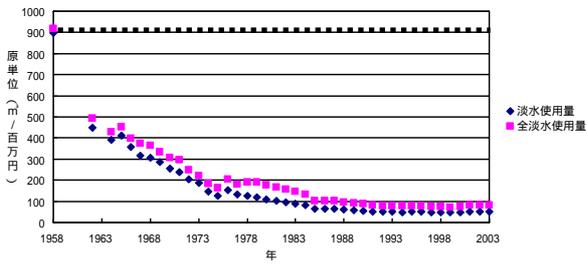


図 - 2 食料品の原単位

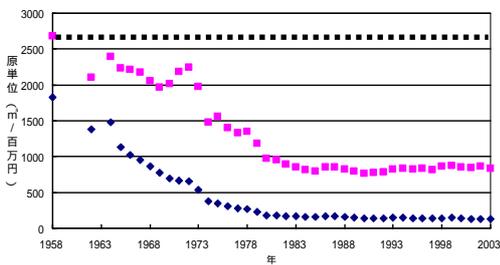


図 - 3 化学製品の原単位

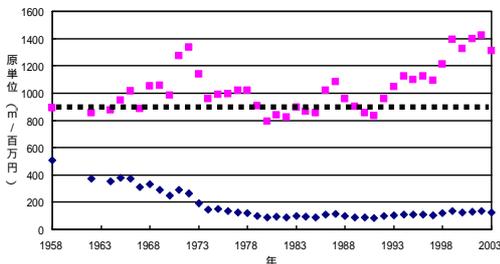


図 - 4 鉄鋼業の原単位

食料品（図 - 2）は全淡水使用量と淡水使用量に差がないため、回収による節水はあまり行われていないと考えられる。それには製品処理用水及び洗浄用水や原料用水に多くの割合で工業用水を利用することから回収が難しいと考えられる。しかし、回収以外による節水、もしくは産業の内部構造の変化によって、原単位が減少した可能性があると考えられる。

化学製品（図 - 3）は全淡水使用量と淡水使用量ともに減少していることから、回収と回収以外の節水の両方が行われている。

鉄鋼業（図 - 4）の淡水使用量は減少しているものの、全淡水使用量は減少していない。それより節水はあまり行っておらず、全淡水使用量の多くの割合が回収によるものであると考えられる。

産業によって節水の仕方が異なることから、産業ごとに分析を行う必要がある。

（3）産業別の水資源の利用状況(平成15年)

上記では、全淡水使用量と淡水使用量を比較したが、ここでは、平成15年の全淡水使用量の水資源を産業別に比較する。図 - 5 は産業別の水資源の利用状況を表す。

食料品は地下水と上水道の水資源を主としている。繊維工業では、地下水を主としている。鉄鋼業は工業用水道を主に利用している。これらから分かるように、産業ごとに使用する水資源が様々である。そのため、節水意識などに与える影響も利用している水資源によって異なると考えられる。例えば、地下水を利用している産業では制御や資源の限界による影響を受ける。また、上水道や工業用水道を利用している産業では供給施設計画の影響を受けると考えられる。そのため、それぞれの受ける影響要因について分析する必要がある。

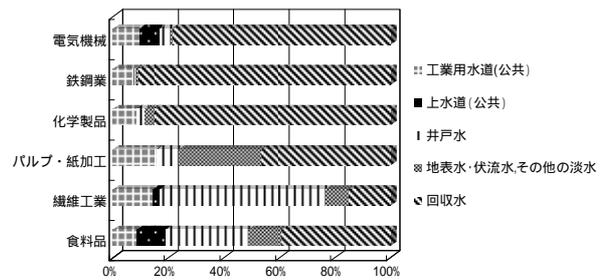


図 - 5 産業別の水資源の利用状況

3. コントロールできる要因のインパクト分析

（1）誘導政策によるインパクト分析

a) 工業用水法（1956年）

地下水の水位が異常に下がり、地盤沈下や塩水の混入がみられるような工業地帯を指定し、工業用の地下水採取を規制した。地下水の採取目標量を定め、代替水源の確保・供給設備(工業用水道)の整備を平行して行った。

b) 工業排水規制法(1958年)・水質汚濁防止法(1970年)

水質の保全対策として、業種ごとに排水濃度の基準を定めた。

c) インパクト分析

行政が誘導政策を行った場合、産業別に回収率はどのようなインパクトを受けるかについて食料品と繊維工業、鉄鋼業について分析した(図 - 6)。1956年に工業用水法、1958年に工業排水規制法、1970年に水質汚濁防止法が行われた。また、1973年に第一次オイルショック、1978年に第二次オイルショックが起こった。

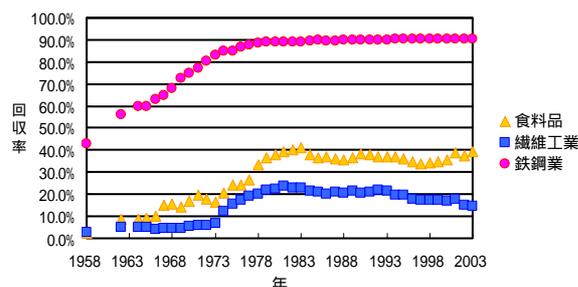


図 - 6 食料品、繊維工業、鉄鋼業、回収率の推移

鉄鋼業は生産額が 1958 年から 1973 年にかけて約 4 倍になっており、多量の水を必要としたが、地下水の汲上げが規制されたこと、そして代替の供給施設計画が完成するまでには時間を要することから、装置産業である鉄鋼業は限られた水資源のみを利用して生産を向上させなくてはならなくなり、回収率の向上に努めたと考えられる。しかし繊維工業やパルプ・紙加工などは地下水の汲上げを規制されても、工業用水道料金が従来の水経費より高くなってしまったため、工業用水への切り替えを行わなかったと考えられる。

水質汚濁防止法では糊や染色など化学薬品を用いる繊維工業などは排水の設備が行き届いていないことから、排水基準を満たすため、排水処理を行わなければならなくなり、回収率が上がったと考えられる。

(2) 価格政策によるインパクト分析

a) 上水道

良質で高価である上水道は、工業用水道よりも遥かに高いため、ある程度の水質で多くの水を必要とする産業ではあまり必要とされず、食料品のような原料水として良質な水を必要とする産業のみが利用していると考えられる。

厚生労働省「水道統計」より上水道における供給単価の推移を下図に表す(図 - 7)。供給単価は 1983 年までは上昇傾向で、以降は穏やか伸びとなっている。

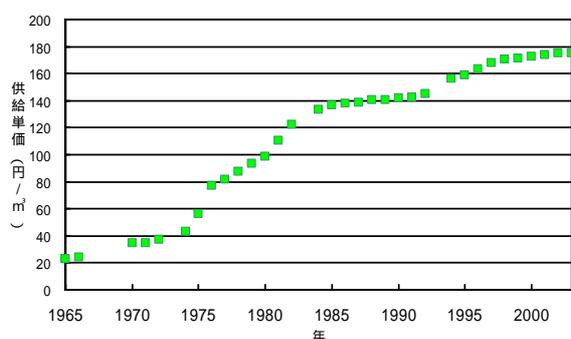


図 - 7 供給単価の推移

b) 工業用水道

工業用水道の施設設置は「所得倍増計画」の期間、目標の生産額を達成するために、工業用水道の供給能力を経済成長に即したかたちで、補助金による工業用水道の設備投資を行った。しかし、現在の全国の給水能力に対する実際の給水量はそれほど高くなく、余っている水に対して、雑用水への転換が行われている。このような状態を引き起こした要因として、工業用水道から多くの水を供給していた繊維工業や鉄鋼業の生産量が減少したことにより、これまで以上に工業用水道を必要としなくなったことが余剰の水を生み出した要因と考えられる。このように、ある一定の期間(高度成長期)を見据えた計画について施設へ設備投資を行う場合、初期投資(インシャルコスト)、維持費(ランニングコスト)、最終的には撤去するための費用まで考える必要があったといえる。

経済産業省調べによる年度別工業用水道全国平均料金の推移を下図に表す(図 - 8)。水道料金は 1972 年頃から水資源開発コストの増大により、1981 年頃まで上昇し、それ以降も緩やかであるが上昇傾向である。

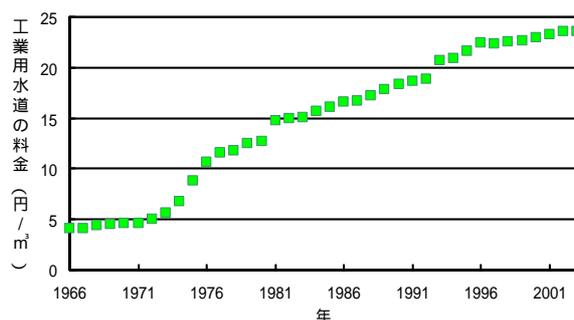


図 - 8 水道全国平均料金の推移

c) インパクト分析

原単位(百万円生産するのに必要な上水道使用量と工業用水道)の推移を下図に表す(図 - 9、図 - 10)。

上水道、工業用水道ともに、価格が上がることによって原単位は減少している。価格政策によるインパクト分析では上水道、工業用水道の価格弾力性を考慮する必要がある。また、需要の減少により他の水資源へ需要が変化する可能性も考慮する必要がある。

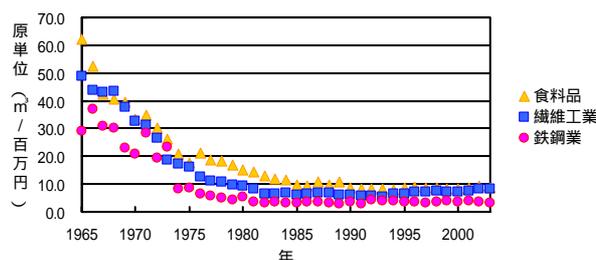


図 - 9 上水道、原単位の推移

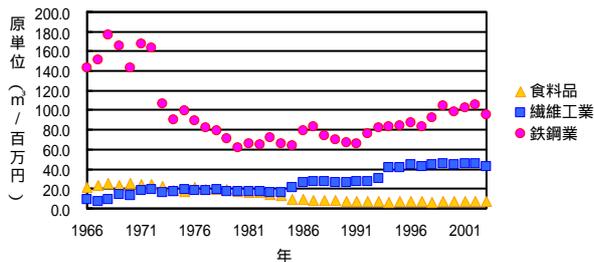


図 - 1 0 工業用水道，原単位の推移

4. コントロールできない要因の分析

(1) 産業連関表と水需要予測のシミュレーション

長期水需給計画と全国総合水資源計画の二つの水需要予測と、産業連関表の生産額によって推測した水使用量と、「工業統計」による実測値を比較した。

二つの水需要予測は製造ごとの使用水量を得ることができなかったことから、過去の所得倍増計画による水需要予測の考え方をういて、過去における水需要予測を再現した。考え方として、過去の結果より水使用量は生産指数(生産の伸び率)にほぼ比例するとして産業中分類ごとに算定している。それにより、過去の生産額からトレンドを分析し、将来の生産額の予測をした(図 - 1 1)。長期水需給計画は1975年から1990年の予測、全国総合水資源計画は1985年から2000年の予測をした。二つの水需要予測と産業連関表による使用水量については、生産額に原単位(m³/百万円)を乗することで回収水を除く淡水使用量を求めた。長期水需給計画の全産業一日淡水使用量は再現した予測値とほぼ同じであることから、予測を再現することができた(図 - 1 2)。

産業連関表による予測値、水需要予測、実測値の予測時を100として、率による比較・分析を行った。

ここでは、食料品、パルプ・紙加工、鉄鋼業、電気機器について分析を行う。

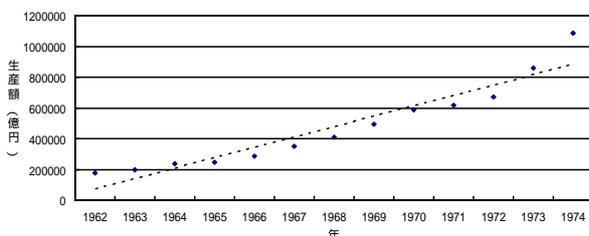


図 - 1 1 生産額のトレンド分析

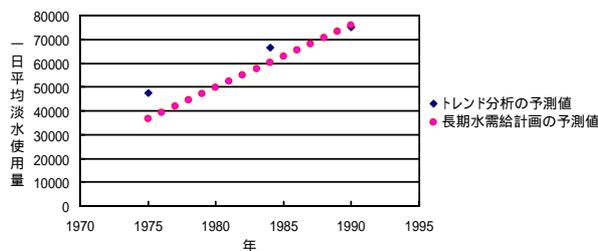


図 - 1 2 長期水需給計画とトレンド分析の予測値

a) 食料品

図 - 1 3 から考えられることとして、産業連関表と実測値に大きな差があることから、節水を行った、あるいは産業の内部構造の変化によって、水使用量が減ったと考えられる。

図 - 1 4 から考えられることとして、1985 年以降はあまり節水を行っていないと考えられる。

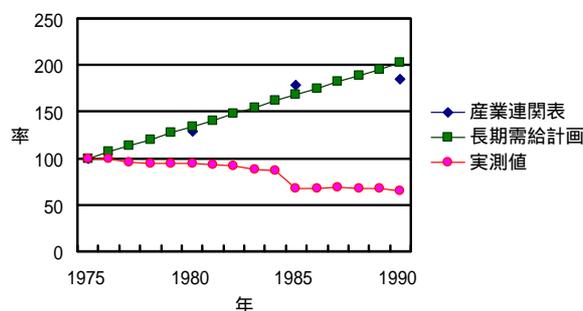


図 - 1 3 食料品，長期需給計画

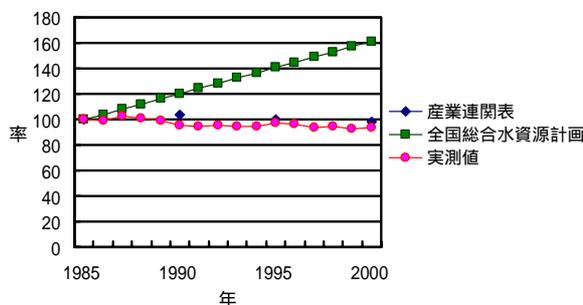


図 - 1 4 食料品，全国総合水資源計画

b) パルプ・紙加工業

図 - 1 5、図 - 1 6 から考えられることとして、1975 年以降はあまり節水を行っていないと考えられる。

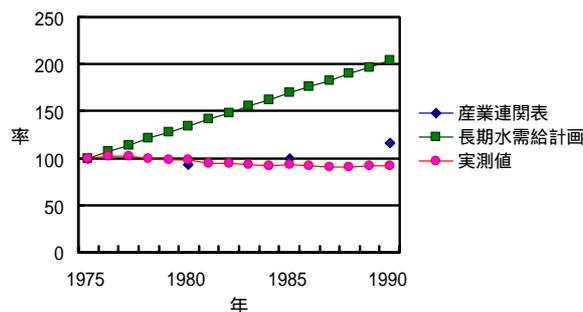


図 - 1 5 パルプ・紙加工，長期需給計画

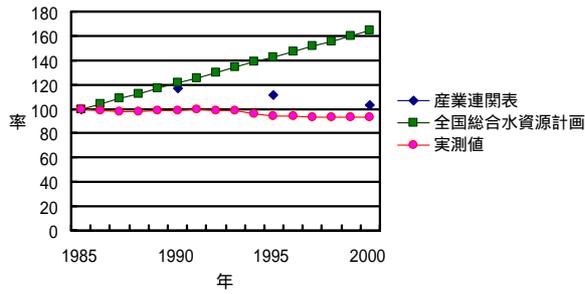


図 - 16 パルプ・紙加工, 全国総合水資源計画

c) 鉄鋼業

図 - 17から考えられることとして、1980 年頃まで生産が増加しているが、水使用量にあまり変化がないため、節水を行ったと考えられる。

図 - 18から考えられることとして、1990 年頃から生産が低下しているが、それに比例して水使用量は減っていない。それには契約水量制により使用量が決まっているため、生産に必要なとはしないが、使わざるをえない状態になっており余剰の工業用水を抱えていると考えられる。

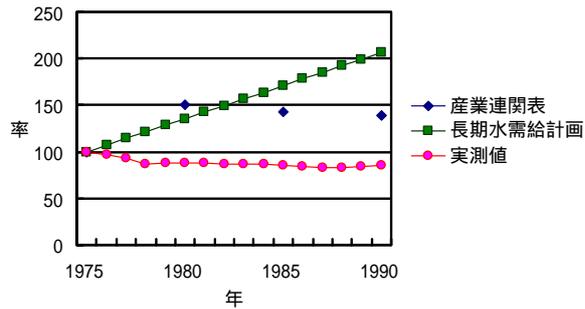


図 - 17 鉄鋼業, 長期需給計画

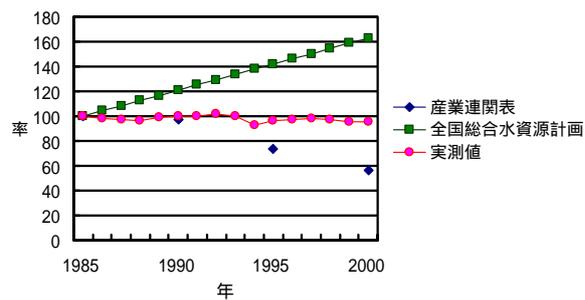


図 - 18 鉄鋼業, 全国総合水資源計画

d) 電気機器

図 - 19から考えられることとして、生産額は増加しているにも関わらず、水使用量はあまり変化がないため、節水を行ったと考えられる。または産業の内部構造の変化によって、水を使わなくてよい産業になったと考えられる。

図 - 20から考えられることとして、節水はあまり行われていないと考えられる。

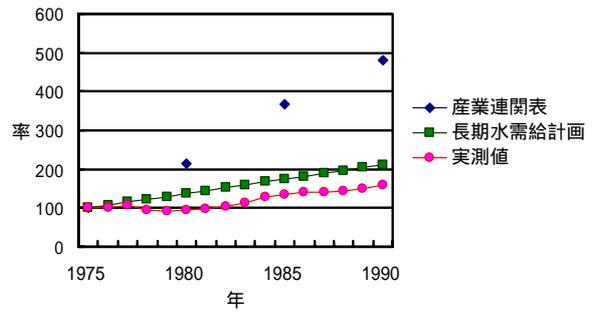


図 - 19 電気機器, 長期需給計画

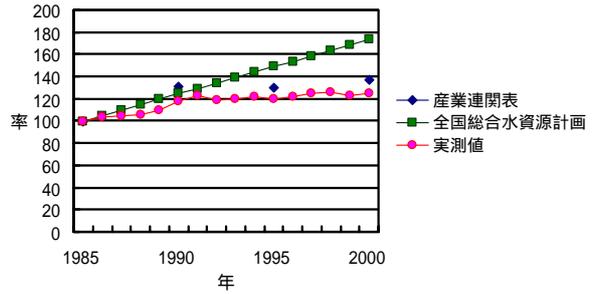


図 - 20 電気機械, 全国総合水資源計画

e) その他

産業の特性により、節水には飽和状態が存在すると考えられる。また生産額における付加価値増加を考慮した分析が必要であると考えられる。

5. 分析の知見に基づくモデル式の構想

これまでの分析を基に、水需要予測の原単位モデル式を構想した。水需要の合計は生産額に原単位を乗ずることで導出する。生産額、産業構造の予測には産業連関表を用いる。また、原単位は節水、価格、政策インパクトの要因を考慮し、以下のモデル式を作成した。

$$W_i^{30} = \gamma_i(t) \cdot \frac{B_{ij}}{Pr_{ij}} \cdot \alpha_i(t) \cdot \beta_i(\bar{v}_i, t) \cdot W_i^0$$

$$TW(\text{水需要の合計}) = \sum_i W_i \times (\text{生産額})_i$$

$$W_i^0(\text{立方メートル} / \text{生産額}) = const$$

$$W_i^1 = S_i \times W_i^0 \quad S_i = \alpha_i \times \beta_i$$

S : 節水努力 α : 回収率 β : 節水率

$$W_i^1 = W_i^{11} + W_i^{12} + W_i^{13}$$

W_i¹¹ : 工業用水道 W_i¹² : 上水道 W_i¹³ : 井戸水・その他

$$W_i^2 = W_i^{11} \times \frac{B_{i1}}{Pr_{i1}} + W_i^{12} \times \frac{B_{i2}}{Pr_{i2}} + W_i^{13}$$

Pr : 価格

$$W_i^3 = W_i^2 \times \gamma(t)$$

γ : 政策インパクト

6 . まとめと進展

本稿では、日本の水需要予測と水需要の実測値を用いて比較・分析、評価し、水需要予測の原単位モデル式の構想を行った。

今後、全ての産業において水需要予測の要因を分析し、それらの知見に基づき、行政によってコントロールできる要因（誘導政策、価格政策）と、コントロールできない要因（産業の内部構造、節水技術、産業構造）に分類する。また、産業ごとに特長があり、要因にもバリエーションがある。これらの要因について定量的に評価することができれば、産業ごとの原単位モデルを作ることができる。そして産業ごとのモデルを産業連関表に組み込むことで、様々な要因に対応した水需要予測が行うことができる。

参考文献

- 1) 嶋津輝之：水問題原論，北斗出版，1999 .
- 2) 水利科学研究所編：工業用水資源，第5巻，地人書館，1962 .
- 3) 蔵田延男：地盤沈下と工業用水法，ラテイス，1971 .
- 4) 国土交通省 水資源部：日本の水資源，大蔵省印刷局 .