

ISSN 0386-5878  
土 研 資 料 第1401号  
マイクロフィルム 第 号

# 土 木 研 究 所 資 料

総合的な地下水利用方式に関する調査報告書

昭和53年10月

建設省土木研究所  
河川部水文研究室

## はじめに

水需給のひっ迫が予想されるようになって、ダムによる水資源開発と平行して新しい水資源対策に関する調査研究が進められつつある。

地下水は、その利用に伴って地盤沈下公害等を発生させているため将来は利用すべきでないと考える人もあるようだが、筆者らはその利用方式が適切であれば、河川水と両輪相まって水資源対策の中で大きな位置を占めつつけると考えている。すなわち河川水はその特徴として①時間的な変動が大きいいため利用は流量の一部に限定される。②統計的な予測はかなり誤差を含む事が避けられないので常に異常渇水の危険がある等の性質がある。

一方地下水は①河川水にくらべて移動する速度が小さいのでストックとしての性質があり、使用の時期については自由度が大きい②使用の速度（河川水の流量に対応する）についても自由度が大きい、という特徴を有している。すなわち水資源計画の観点からは河川水と地下水は相補的な性質を有していると考えられるのである。

この研究は以上のような観点から河川水と地下水を連結して利用することにより、地盤沈下の防止、水需給のギャップの回避という2つの目標に対してどの程度有効であるかを、埼玉県を具体例にとって検討したものである。

検討結果によると連絡利用の効果は非常に大きく、水需給ギャップを完全に埋めても地下水使用総量は従来の使用量の半分以下ですむことがわかった。

もちろんここに提案する河川水と地下水の連結利用方式は、これまで正式に採用されたことが無いため既存の水資源開発方式との調整も必要であり、更に制度面の整備など解決すべき問題があることは充分予想される。これらの点については、関係機関の手によって検討されることを期待したい。

なお、本調査は（財）都市調査会に委託して実施したものである。

土木研究所 水文研究室長 石 崎 勝 義

# 総合的な地下水利用方式に関する調査報告書目次 — 河川水と地下水の連結利用に関する研究 —

## 【 要 旨 】

## 【 本 論 】

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1. 基本的な構想            | 4  |
| 1) これまでの河川水利用と地下水利用  | 4  |
| 2) 河川水と地下水の連結利用の考え方  | 5  |
| 3) 河川水と地下水の連結利用概念図   | 6  |
| 2. 豊水（余剰水）による補給可能性   | 9  |
| 3. 埼玉県の水利用現況と水需要の見通し | 20 |
| 1) 水利用の現況            | 20 |
| 2) 水需給計画と地下水         | 25 |
| ① 水需給の見通し            | 25 |
| ② 地下水揚水量とかん養量        | 28 |
| 4. 河川水と地下水の連結利用      | 31 |
| 1) 試算の方法と設定条件        | 31 |
| ① 試算方法               | 31 |
| ② 設定条件               | 33 |
| 2) 試算結果と考察           | 38 |
| ① 合理化，節水を考慮しない場合     | 39 |
| ② 合理化，節水を考慮する場合      | 40 |
| ③ 水供給計画が遅れた場合        | 41 |
| i) 合理化，節水を考慮しない場合    | 48 |
| ii) 合理化，節水を考慮する場合    | 48 |
| 3) まとめと考察            | 58 |
| 5. 豊水水利権の問題点         | 63 |
| 1) 豊水水利権とは何か         | 63 |
| 2) 豊水水利権の問題点         | 64 |
| 3) 総合的利水対策と豊水水利権     | 64 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 6. 地表水と地下水の総合運用に関する法制的諸概念..... | 66 |
| 1) 法律学上の「条理」.....              | 66 |
| 2) 「水」という事物の性質.....            | 67 |
| 3) 「総合運用」の意味.....              | 70 |
| 4) 総合運用のフレームワーク.....           | 72 |

## 【資料編】

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. 埼玉県における水利用.....          | 74  |
| 1) 水利用のこれまでの推移.....         | 74  |
| 2) 水利用による障害の発生状況.....       | 94  |
| 2. 水使用合理化.....              | 107 |
| 1) 生活用水の合理化.....            | 107 |
| 2) 工業用水の合理化.....            | 113 |
| 3) 農業用水の合理化.....            | 119 |
| 3. 異状渇水時の水資源対策.....         | 122 |
| 1) 各種用水の節水の可能性とそれによる被害..... | 122 |
| 2) 経済的損失を最小にする節水ルールの方角..... | 129 |

## 【要 旨】

### 1. 調査の目的

水需給のひっ迫が予想されるようになって、ダムによる水資源開発と平行して新しい水資源対策に関する調査研究が進められつつある。

地下水は、その利用に伴って地盤沈下公害等を発生させているため、将来は利用すべきでないと考える人もあるようだが、筆者らはその利用方式が適切であれば、河川水と両輪相まって水資源対策の中で大きな位置を占めつつあると考えている。すなわち河川水はその特徴として①時間的な変動が大きい②利用は流量の一部に限定される。③統計的な予測はかなり誤差を含む事が避けられないので常に異常渇水の危険がある等の性質がある。

一方地下水は①河川水にくらべて移動する速度が小さいのでストックとしての性質があり、使用の時期については自由度が大きい②使用の速度（河川水の流量に対応する）についても自由度が大きい、という特徴を有している。すなわち水資源計画の観点からは河川水と地下水は相補的な性質を有していると考えられるのである。

この研究は以上のような観点から河川水と地下水を連結して利用することにより、地盤沈下の防止、水需給のギャップの回避という2つ目の目標に対してどの程度有効であるかを、埼玉県を具体例にとって検討したものである。

### 2. 対象地区（埼玉県）の水利用の現況と問題点

図-1は埼玉県全域の水利用状況を示している。上水・工水とも地下水利用が大きな割合を占めていることが特徴的である。埼玉県においては現在河川水を水源とする県営水道用水供給事業が実施されつつある。これは上水・工水の両水道に水を供給するもので現在までに82万トン/日、将来は165万トンの給水が見込まれ、県南地域給水の主役となる。これまで使用されてきた揚水施設のうち上水道用は市町村の事業主体が保有しているが、県水道事業が完成すると河川水と地下水の連結利用が可能な物理的条件が整うことになる。

埼玉県の水需給計画は図-2のように想定されてい

- 下図の縦軸の長さは、水量に比例している。
- (%)は総量に対する値

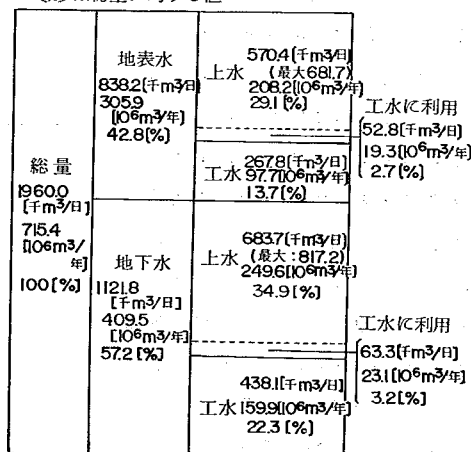


図-1 49年埼玉県における水利用（上水+工水）の実態

る。水資源開発が順調に進捗したとしても昭和55年～59年にかけてかなり大量の水需給のギャップが発生することが予想される。需要増の70%は水道用水であり、現に各事業体が地下水揚水施設を保有していることを考えると、河川水の不足のかなりの部分は地下水使用に転嫁されることが懸念されるのである。

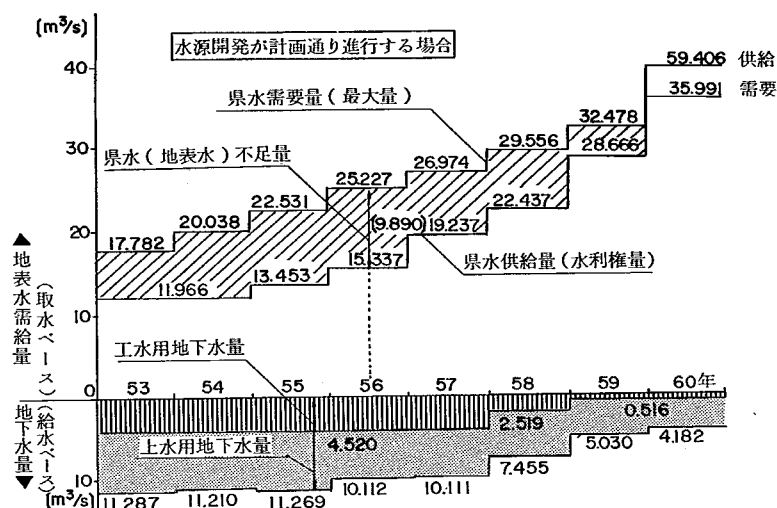


図-2 対象区域の水需給ギャップ量と地下水揚水量

3. 河川水・地下水の連結利用  
荒川からの取水の最下流点である秋ヶ瀬地点の流況から維持流量（ $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）を取った残余の流量を対象にして取水の可能性を調べる。取水希望の水量としては①泉水計画不足分のみを対象とすると（A-1）、②泉水不足分と地下水使用分の両者を対象とする（A-2）の2通りについて検討した。①の場合も不足する河川水を地下水でバックアップしているので事実上河川水と地下水の連結利用であるが、②の場合ははじめから計画的に河川水と地下水を最大限に連結しようとするものである。

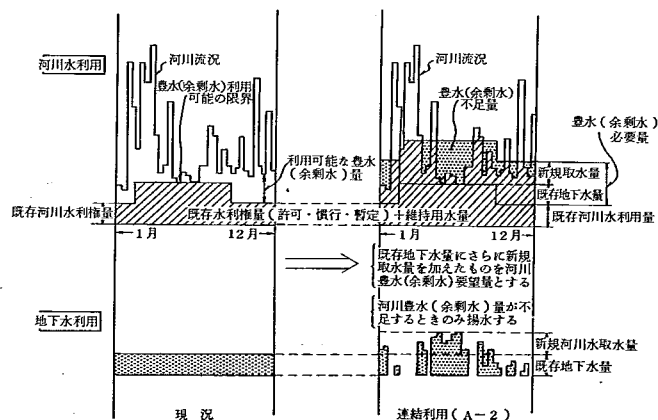


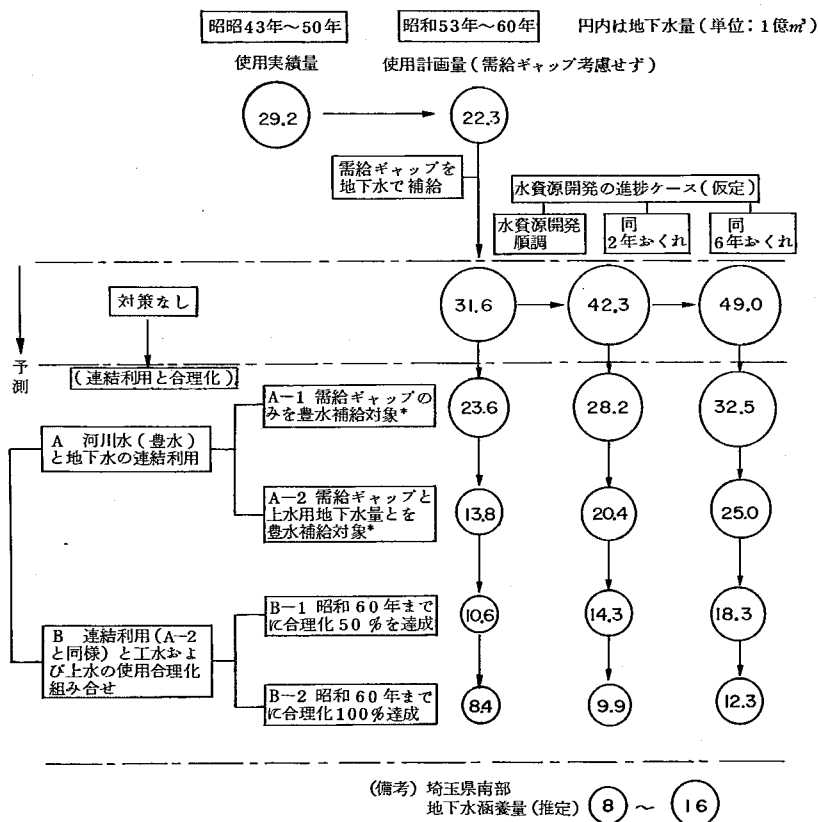
図-3 河川水と地下水の連結利用

昭和53～60年にかけて、昭和43～50年の流況がそのまま再現すると考えたときの、懸念される地下水使用量を算出すると図-4のようになる。

フルプランで想定されている水資源開発が予定通りであれば河川水と地下水の連結利用によって、地下水揚水量を減少させながら水需給のギャップを埋めることが出来ると判断される。しかし水資源開発が2～6年遅れるときは河川水と地下水の連結利用のみでは不充分である。そこで次に需要側の対策を考えてみる。

#### 4. 上水および工水の使用合理化を含めた連結利用

使用合理化の対象としては工場毎の工業用水の合理化と生活用水の使用合理化を考える。前者については東京都の合理化事例に基く。後者については国土庁調査に基き38%の合理化を目標とする。昭和60年までに合理化が目標値の50%まで実施される場合（B-1）、同100%実施されるとき（B-2）についての検討結果を図-4に示す。かなり満足できる結果と思われる。



（注）・豊水補給対象\*の量によって河川水最大取水量が規定され補給可能量が定まる。  
・予測される地下水量が計画量（22.3億 $m^3$ ）を下まわる時は、需給ギャップの解消と計画地下水量の削減になる。

図-4 地下水使用予測と連結利用の効果（含合理化）

## 【本 論】

### 1. 基本的な構想

#### 1) これまでの河川水利用と地下水利用

従来河川水と地下水は全く別個の水資源として殆んど相互に関係を持たず独立に利用されてきた。

河川水については、10年に1度程度発生する渇水年を基準渇水年とし、その渇水流量の範囲で維持流量を決め、水利権を認めてきた。当然水需要量の増大とともに渇水流量が不足するので、ダム、河口堰、流況調整河川等の水資源開発施設によって河川の流況を調整して、渇水流量を増やす努力をしてきた。近年に至り、開発量の大きいダム適地が少なくなったこと、水源地域対策が難しくなってきたこと等から、水需要の増大に河川水の開発が追いつかない地域が増えつつある。

そのような水需給逼迫地域では、河川に既得の水利権量および維持流量を越える流量（余剰水あるいは豊水という）がある場合だけ取水できる不安定な取水の権利を、暫定水利権として認めている場合もある。また、一旦取水して利用した水の河川への還元水を下流でもう一度利用する河川水の反復利用も真剣に検討されている。

一方、地下水は水質も良く、適温で、しかも膨大なストックがあり、利用しようと思えば安いコストで誰でもどこでも利用できたため、揚水技術の進歩とともに、河川水が得られない地域で、あるいは河川水が得られる地域においても急速に使用量が増大していった。しかし、地下水は単に地下の空隙を埋めている留り水ではなく、地盤を支えている重要な構成要素でもあるため、自然の涵養量を越える揚水によって、各地で地下水位の低下を来とし、地盤沈下を引き起してしまった。

地盤沈下は日常その被害が顕在化しないことが多いが洪水氾濫による被害、内水被害、高潮被害の増大をもたらし、更に建築物の基礎を弱めるという潜在的な被害を蓄積させる公害である。また、圧密した地層の地下水涵養能力は、浸透力、貯水量の両面で低下する。一旦沈下した地盤は殆んど回復しないので、地盤沈下は永久被害であるといえる。

以上のような背景から安易な地下水利用に対する反省が起り、工業用水法、ビル用水法、自治体の条例等によって自由な地下水利用に規制が加えられるようになり、更に地下水管理に関する総合的な基本法が制定される気運にある。しかし、地盤沈下防止のためには揚水量を制限すれば良いが、それではこれまでの地下水使用者の生産、生活に重大な支障を来すことになるので、なんらかの対策が必要である。東京都では、地下水使用工場の水使用合理化の指導、下水の三次処理水を水源とする工業用水道の建設等が行なわれているが、一般には河川水への転換が進められている。このことが、河川水の不足を更に加速する結果になっている。

以上、河川水と地下水の利用について、これまでの大まかな流れを述べたが、両者の関係は河川水か地下水かといった二者択一の関係であり、両者の特性を生かした有機的な関係を求めるも

のではなかった。そのような歴史的経過をたどったことについては、各々管理主体が異なるという行政上の分担もあると思われるが、水資源問題、地盤沈下問題がこれまでは他の諸問題に比べても重大な問題であるという認識が十分確立されていなかったことにもよると思われる。

## 2) 河川水と地下水の連結利用の考え方

地下水の過剰揚水によって、なお地盤沈下等各種の地下水障害が進行している地域もある現状で、地下水利用を考えるのは一見奇異に写るかも知れないが、ここでいう河川水と地下水の連結利用は現在の地下水利用方式とは大きく異なるものである。

量的な問題だけに着目すれば、河川水の利用は次のような特徴がある。

(イ) 河川の流量は、降雨状況に大きく左右され、日により、季節により、年により大幅な変動をする。

(ロ) 降雨状況および河川の流況の予測は、かなりの誤差が含まれることを避けられず、常に基準渇水年を越えるような異常渇水の危険がある。

(ハ) 水需要は季節ごとに必要量が定まっており、需要量の弾力性が小さいために、河川水の利用は、年間かなり安定的に取水出来るよう総流量の一部に限定せざるを得ない。

(ニ) 利用されない河川水は、海域に無効放流されることになるが、ダム等の水資源開発によって流況調整し、利用可能水量を増大する努力が行なわれている。

これに対し、地下水の利用には次のような特徴がある。

(イ) 河川水に比べ移動する速度（流速）が極めて小さいので、ストック（貯水）としての性格を有している。

(ロ) 地下水はあらゆる地域に広く存在し、その存在量は膨大であり、利用しようと思えば、利用可能量に差はあるがいつでもどこでも利用できる。

(ハ) 地下水は利用しない場合も、直ちに無効になる訳ではなく、かなり長時間その場に貯留されている。ただし飽和状態に近い場合は、その後の涵養量は小さくなり、使用によって空隙ができると涵養が促進される。

(ニ) 過剰な揚水によって地盤沈下を引起すが、地盤沈下を起さない揚水量の限界があり、それは、一定の広大な地域を設定した場合、揚水地点別深度別揚水量および揚水時期によって異なるものと想定される。

以上のように河川水と地下水の利用には、その特性に著しい違いがあるが、ここではこの両者の特性を相互補完的に組み合わせることによって、地下水揚水量を増大させずに、場合によっては一部減少させながら、なお河川水と地下水による供給可能量を可能な限り大きくする方法を検討したい。その基本的な考え方は次のように要約できる。

既に述べたように、河川水には利用されずに海域に無効流出する水量が相当ある。ここではそれを豊水と呼んでその有効利用を考える。豊水は量は大きくても日々の変動が激しく安定的な水源とはなり得ないので、地下水を渇水時の補給水とし安定水源化を計るのである。つまり、地下水をダムと同様に河川水の流況の平滑化（実際に河川に放流する必要はないが）に用い、河川に

豊水がある間は河川水を取水し、河川水が不足する時のみ不足分だけ地下水を利用するのである。

この方法によってどの程度の水資源開発が可能であるかは河川の豊水部分の流況と地下水側の補給条件によって決まる。豊水部分の流況は、ダム等水資源開発によって河川の利用率が高まるにつれて変化し、本構想による開発水量は減少していく傾向にあるので、本構想は時間とともに変形する暫定的なものとして位置づけられよう。

地下水側の補給条件は、地盤沈下を起さない範囲の揚水量ということになるが、これを実際に設定することは非常に難しいので、当初は安全率を大きくとることが必要であろう。河川水と連結利用する地下水の地域的な範囲を大きくとれば補給可能量は大きくなる。

年間毎日一定量揚水する場合の年間の揚水可能量をAとした場合、揚水したりしなかったりといった間欠揚水（時として一時に大量の揚水をするときもある）をする場合も年間の揚水可能量を同じくAとすることが出来るかが問題となろう。一定量連続揚水と間欠揚水とで地盤沈下との関係で年間の揚水可能量が大きく異なる場合には、本構想は非常に有効なものとなる。この点については、更に研究が必要であるが、ここでは両者の間に大きな差がないものと仮定した場合に、河川水と地下水の連結利用によって、どのような効果が期待出来るかについて、埼玉県南部を対象地域としてケース・スタディするものである。

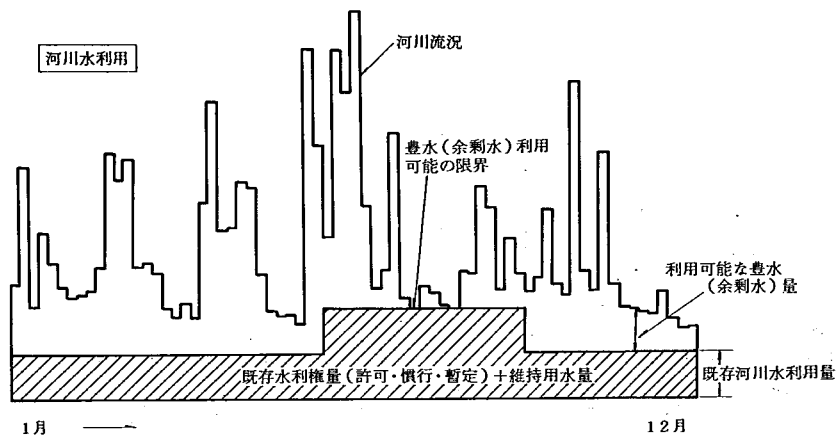
河川については複数河川とし、地下水については範囲を広域化してこのシステムに組み込めば、本構想による水資源開発効果をより大きくすることが出来る。なお、現在研究が進められている地下ダム構想も、本システムにおける地下水からの補給可能量の増強として位置づけられるであろう。

### 3) 河川水と地下水の連結利用概念図

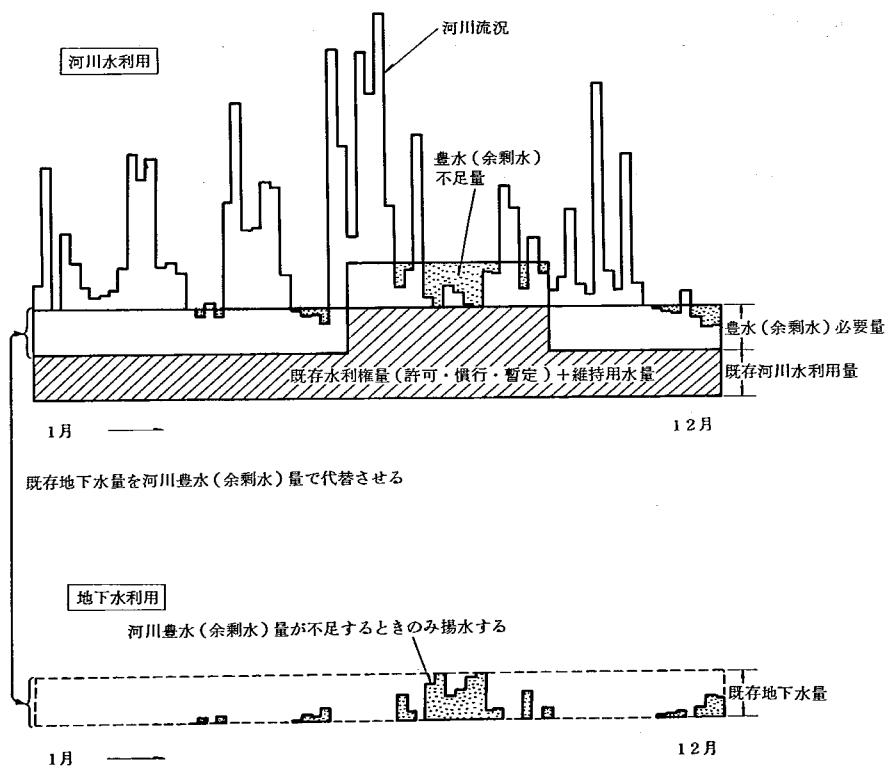
本構想を概念図で示すと以下のようなになる。図表1-1は河川水と地下水を独立的に利用している現状の姿である。地下水は、年間一定量継続的に利用されている。

図表1-2は、河川に豊水（余剰水）がある期間は、それによって既存の地下水利用を削減した場合であり、その結果、河川水と地下水の供給総量を減らすことなく、地下水揚水量を大幅に減少させることが出来ることを示している。地盤沈下の進行地域であれば水資源開発にはならないが、地盤沈下対策として非常に有効である。

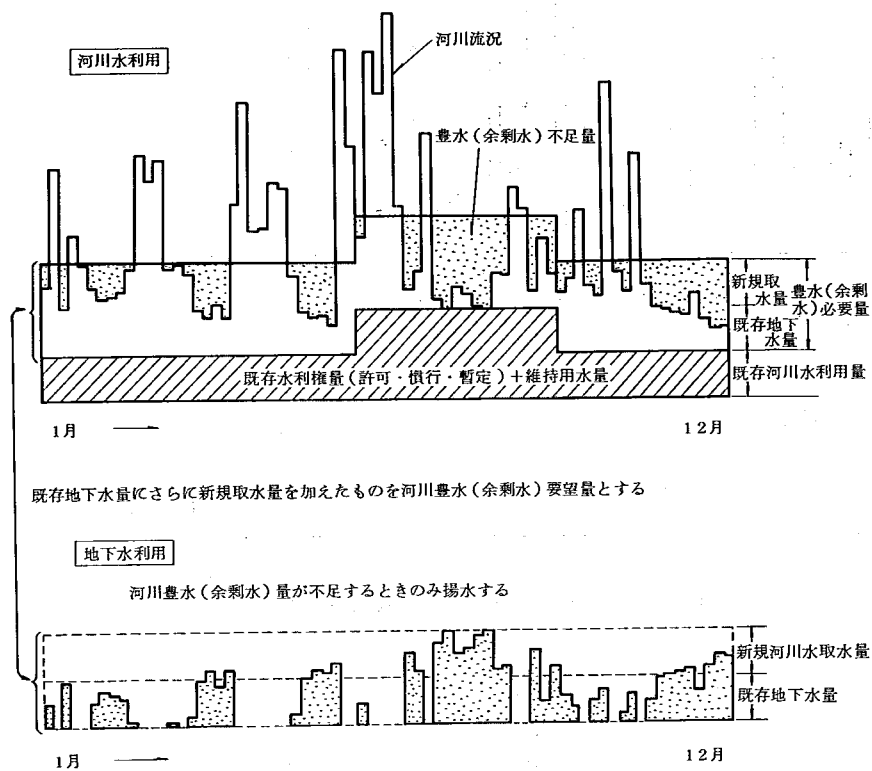
図表1-3は、更に本システムによって開発水量を生み出そうとするもので、既存の地下水利用量と新規開発量を加えた水量が、河川に豊水として存在する限り河川水を利用し、不足する場合にのみ不足分だけ地下水を利用するものである。その結果、年間の地下水揚水量が既存の地下水利用量をかなり下回る場合は、この水資源開発は認められる可能性が高いであろう。



図表 1-1 河川水と地下水の独立利用(現状)



図表 1-2 既存の地下水利用量を豊水(余剰水)で代替させる場合



図表 1-3 既存地下水利用量のほかに新規取水分を加えたものを豊水(余剰水)でまかなう場合

## 2. 豊水（余剰水）による補給可能性

河川水と地下水の連結利用を検討する前の予備的作業として豊水（余剰水）の状況がどうなっている、利用しようと思えばどの程度利用出来るかについて概略の見当をつけておきたい。

ここでは、荒川の秋ヶ瀬取水堰を豊水取水の基準地点とし、下流放流量から維持用水  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  を差引いた量を豊水（注。下流に水利権があればそれも差引く）として、その状況を整理した。秋ヶ瀬取水堰を豊水利用のケース・スタディ地点としたのは、次のような理由による。

(イ) 荒川の利水の最下流点であり、下流に維持用水以外に利水者がいないため、豊水水利権を得る時、下流水利権者の同意の必要がないこと。

(ロ) 利水の最下流点であることから、文字通り純粋の豊水（余剰水）が実測出来ること。

(ハ) 上流利水の還元水も含まれているはずであり、河川水の反復利用と組み込んだ河川水の総合的な有効利用が計れること。

(ニ) ケース・スタディ対象地区である埼玉県南部の地下水利用と連結しやすいこと。

検討の対象期間としては、利根導水がはじまった43年以降50年までの8年間とし、秋ヶ瀬取水堰からの実際の放流量を把握した。この放流量はダム操作後の荒川の流量、利根川からの導水量、各水利権者の取水量（水利権量に満たない場合も、それを越えて取水している場合もありうる）とその還元量等荒川の実際の水収支の最後の帳尻である。

もし、この対象期間の8年間に河川水と地下水の連結利用構想が適用されていたとしたら、どの程度の豊水がどのような状況で利用可能であったかをみてみたい。

注）次章では、この豊水の状況がそのまま10年間ずれて53年から60年にかけて再現した場合を検討している。実際にはその頃には荒川のダムも増え、豊水量が減少している可能性があるが、本構想が主としてダム等の水資源施設の建設が遅れた場合を想定した暫定対策であることから第一次の概略検討としては許されよう。

図表2-2は、秋ヶ瀬取水堰点の全流量と同堰での取水量、維持用水と豊水に分けた下流放流量の経年変化を示したものである。

注）取水量を武蔵流量からのものと、荒川自流からのものに分けているが、これはここでの検討では本質的な意味はない。

当然予想されることではあるが取水量はゆるやかな増加傾向を示しており、下流水利権+維持用水量は  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  で一定なので、年間総流量の変動は拡大された形で豊水に反映し、最大の47年に対し、最小の48年は実に5分の1に過ぎない。

図表2-3は、対象期間で最渇水年である48年の流況を半旬ごとに示したものである。

年間平均  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  弱であった豊水は、半旬ごとに見ると大幅な変動をしていることが分かる。下流放流量のうち維持用水は8月の2～5半旬を除いてかろうじて  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  を確保しているが、豊水の方は平均の約半分である  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  に満たないような期間が毎月発生している一方で  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  に達するような半旬もある。

図表2-4, 5は、各年の下流放流量（維持用水を含む）を日流量の小さい順に並べたものである。

一般に新規の水利権は、10年に1度程度それ以上の渇水が発生するような年を基準渇水年として、その渇水流量の範囲で認められるが、対象期間でみると下流放流量は50年が $1.00\text{ m}^3/\text{s}$ 、47年が $1.09\text{ m}^3/\text{s}$ 、48年が $2.00\text{ m}^3/\text{s}$ 、49年が $3.00\text{ m}^3/\text{s}$ の順になっており、この流況で安定水源として考えられるのはせいぜい $1\text{ m}^3/\text{s}$ 位であることが分かる。

注) 47年は年間流量では最大であるが渇水流量は2番目に小さい。

この下流放流量の中には $5\text{ m}^3/\text{s}$ の維持用水が含まれているが、この維持用水は安定的に確保できる量ではないことが分かる。8年間のうち渇水流量が $5\text{ m}^3/\text{s}$ を越えたのは43年から46年までの4年間である。

図表2-6, 7は、豊水取水量を毎秒 $x\text{ m}^3$ と設定した場合、半旬単位でそれを満たせる程度を年ごとに検討したものである。

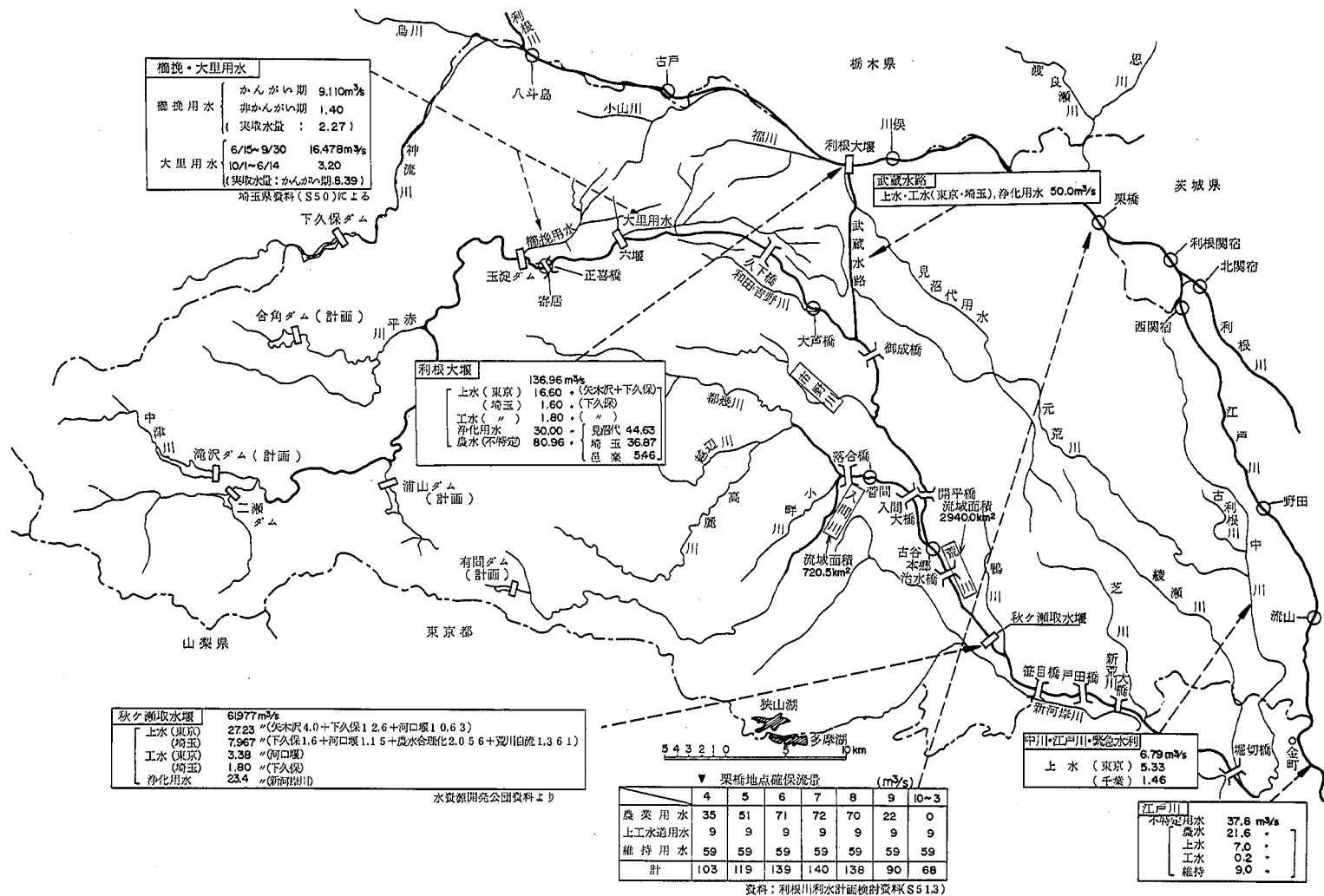
水量に関する補給可能割合とは、年間継続的に $x\text{ m}^3/\text{s}$ 取水した場合の総取水量に対する、半旬単位の平均流量を基準にして $x\text{ m}^3/\text{s}$ を目標に取水出来た量の年間合計の割合である。

また、半旬数に関する補給可能割合とは、年間の半旬数に対する、目標 $x\text{ m}^3/\text{s}$ を完全に取水出来た半旬数の割合である。

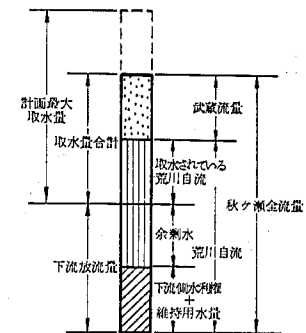
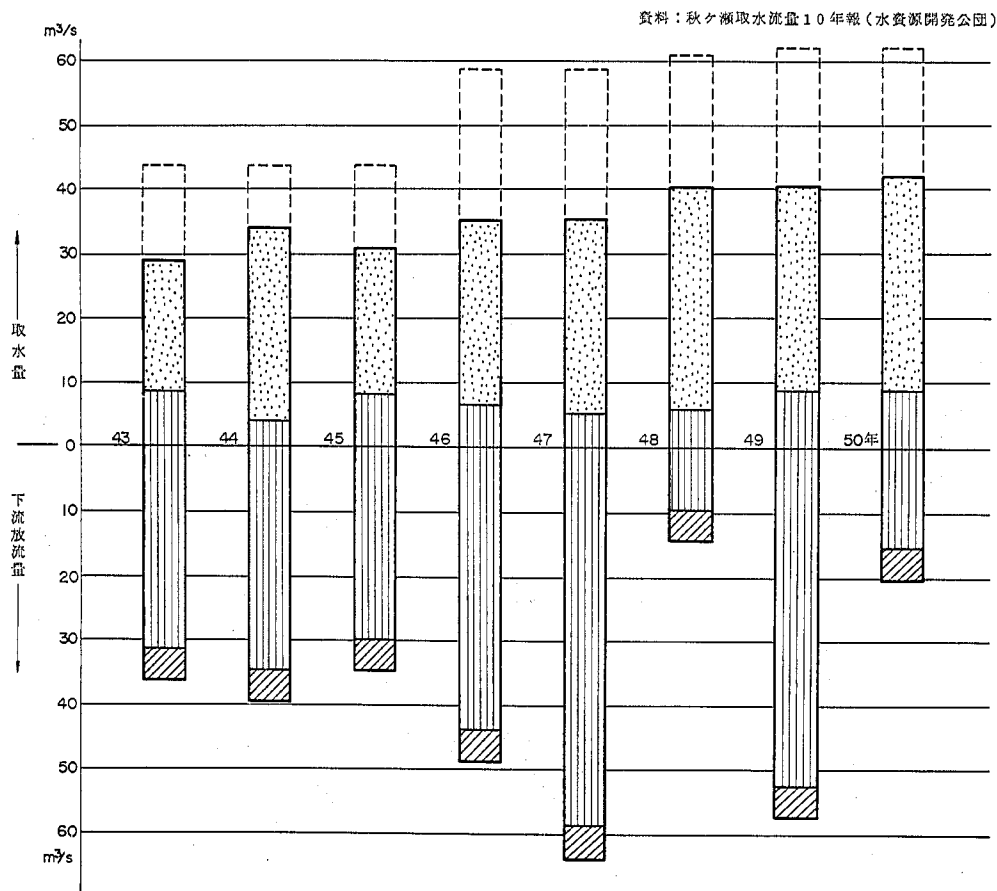
この2つの補給可能割合が最も低いのが48年と50年である。まず、48年についてみると取水量を $5\text{ m}^3/\text{s}$ とすると水量では70%、半旬数では48%となっており、取水量が $20\text{ m}^3/\text{s}$ に増加すると、水量では36%、半旬数では10%に落ちてしまう。

図表2-8は、48年について、豊水必要量に対する豊水補給可能量を図示したものである。このカーブの45度の直線になれば100%補給可能であることを意味するが、48年については $8\text{ m}^3/\text{s}$ 以上の補給は無理であることが分かる。

図表2-9は同様の検討を年の枠をはずし8年間の対象期間を通じて行なったものである。これには豊水年も含まれるので補給可能性は高まる。 $25\text{ m}^3/\text{s}$ の必要量に対しても50%強は豊水で補給できる。残りは地下水で補給されることになるが、このように年を越えた検討は、地下水について、ある年は大量に揚水し、ある年は少なくなり、何年か平均すれば揚水量は一定の範囲におさまっているというような地下水補給パターンが認められる場合に非常に意味がある。



図表 2-1 荒川(含利根川)水系の利水状況



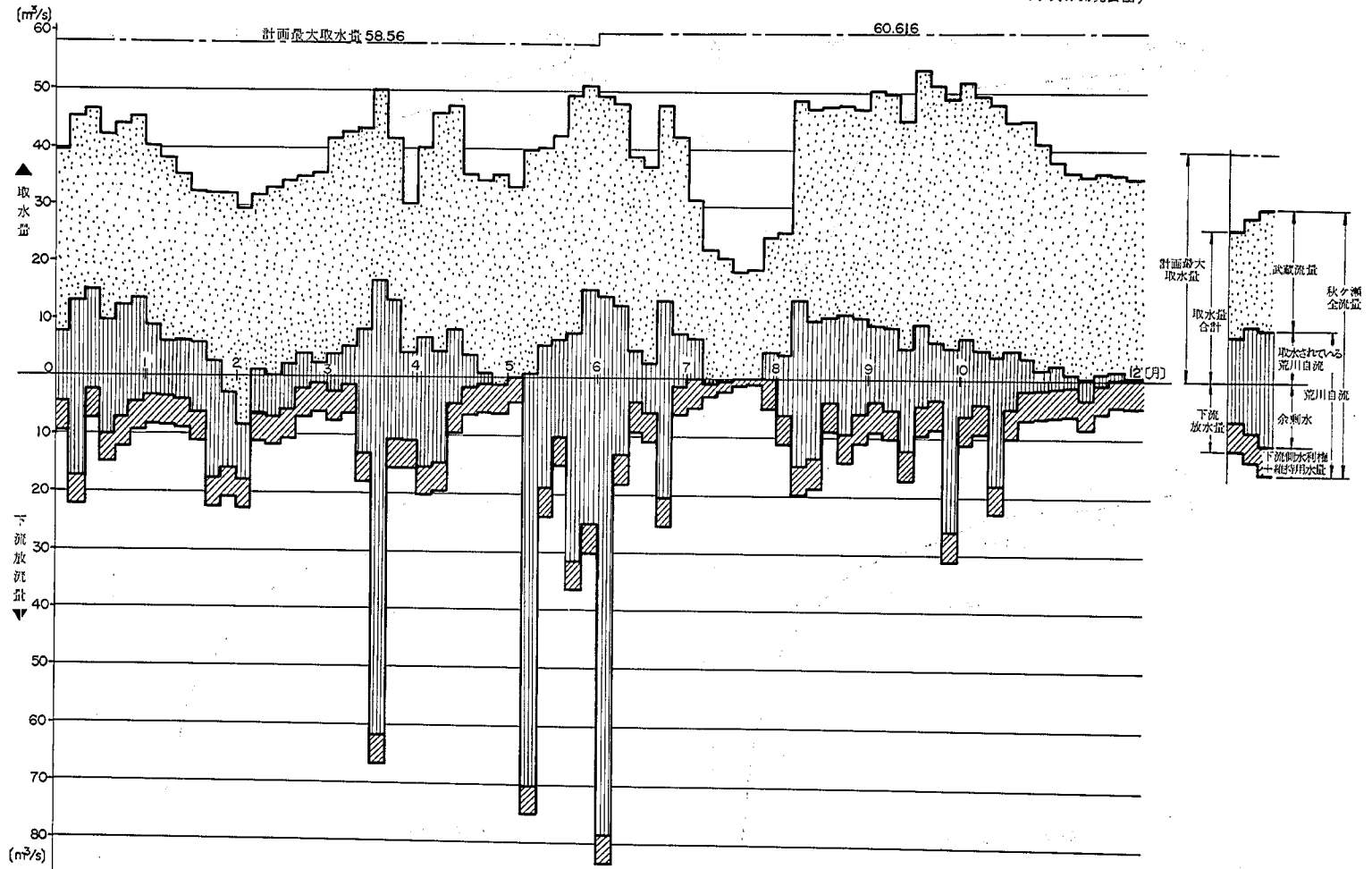
注）・取水流量合計＝東京都上・工水＋埼玉県上・工水＋浄化用水（新河津川）

・武蔵流量＝利根川より導水量（利根大堰→武蔵水路→荒川）

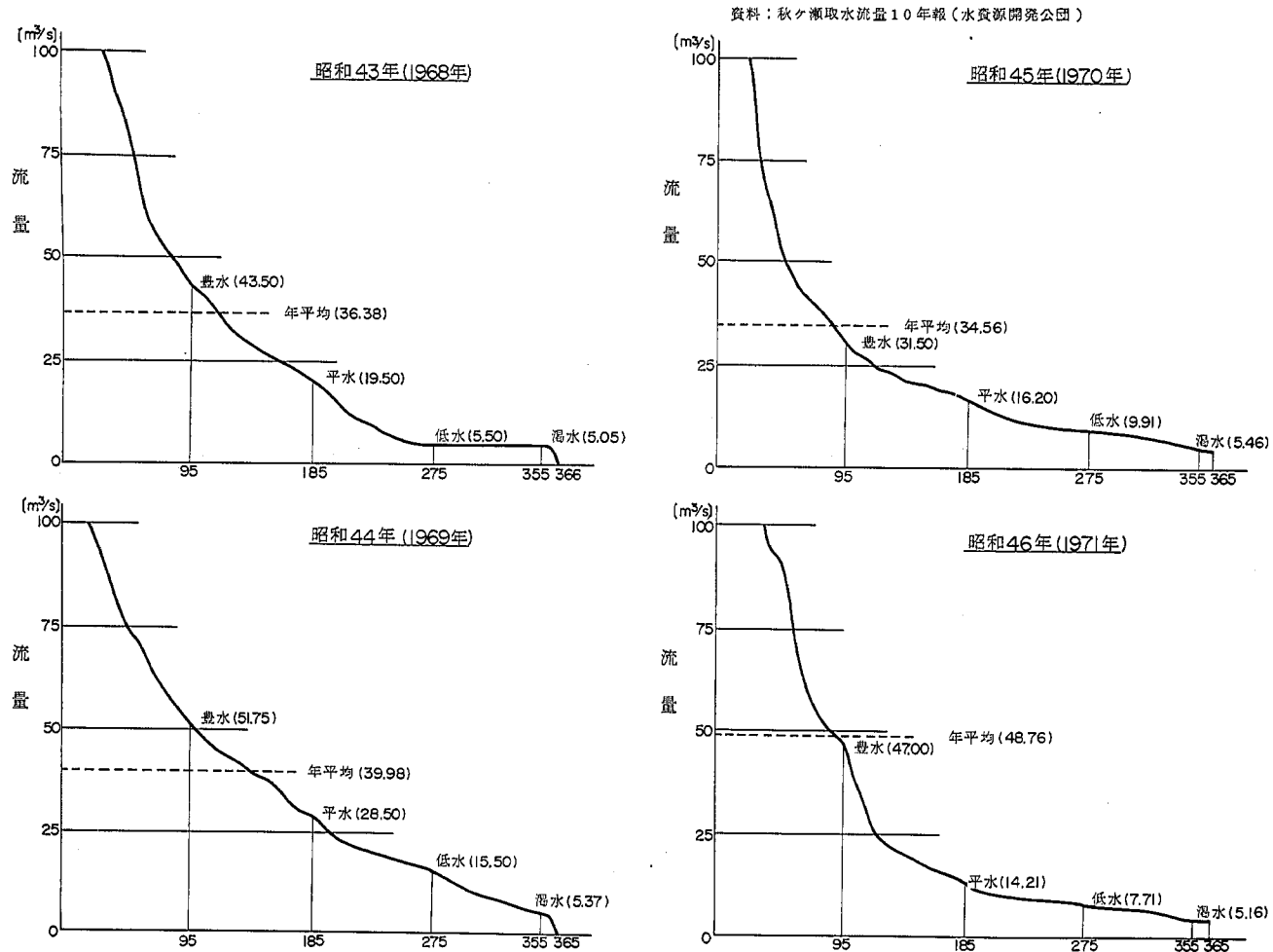
・下流側水利権＋維持用水量＝5.00m³/s

図表2-2 荒川秋ヶ瀬における水収支（年平均値）の推移

資料：秋ヶ瀬取水流量10年報（水資源開発公団）

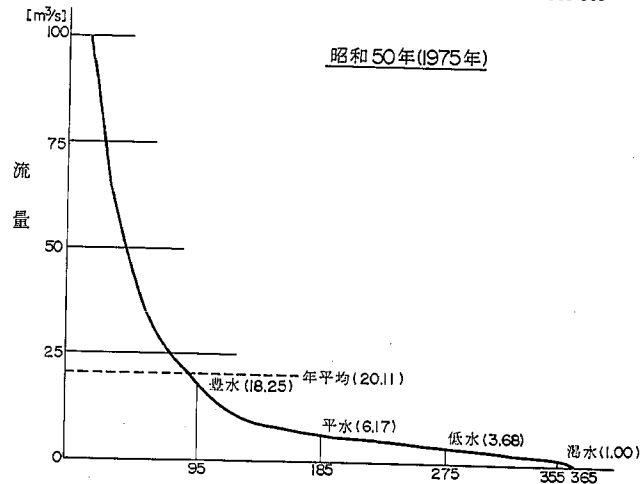
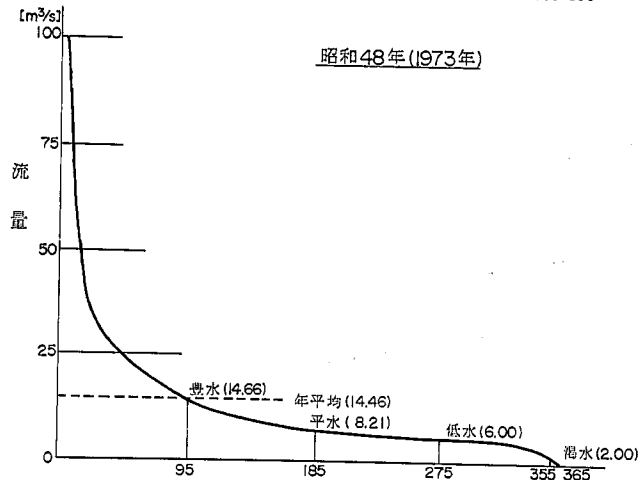
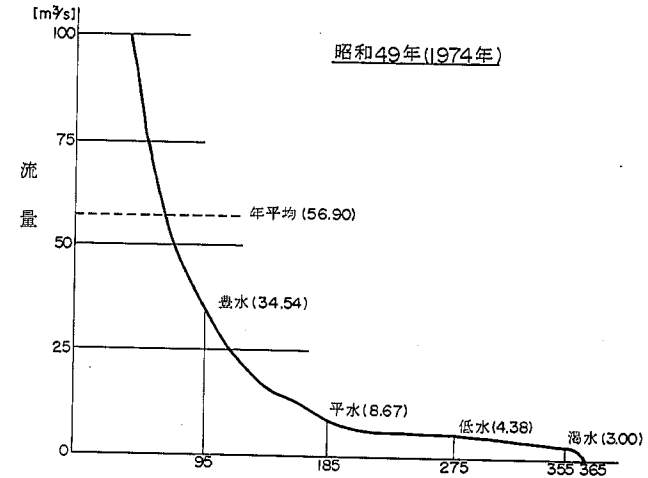
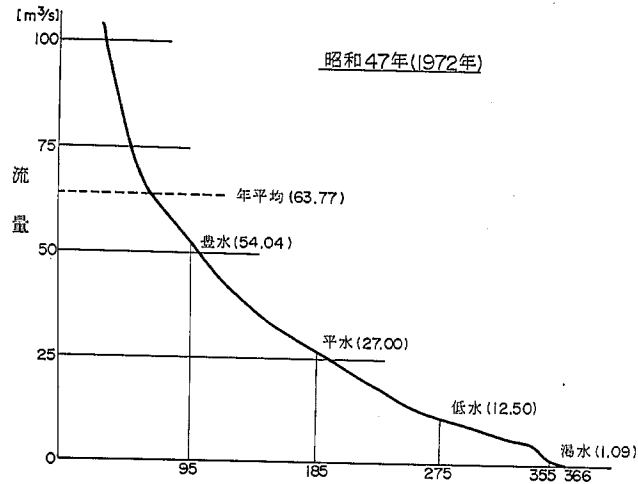


図表 2-3 昭和48年荒川秋ヶ瀬における水収支（半旬平均）

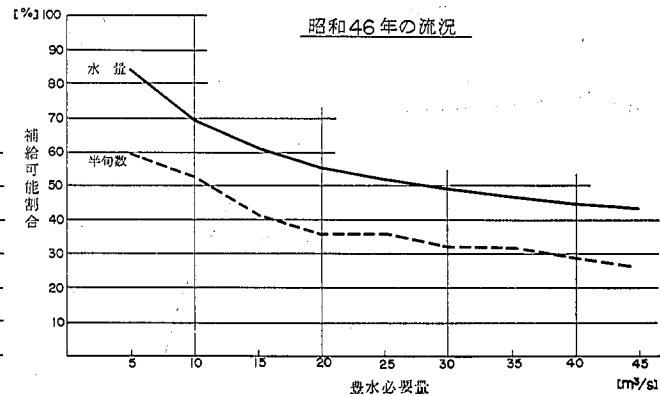
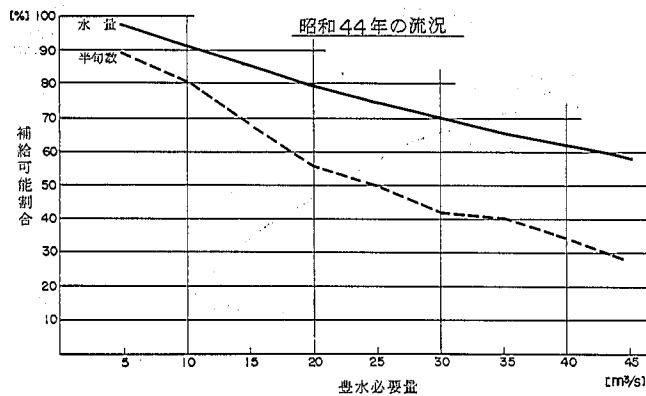
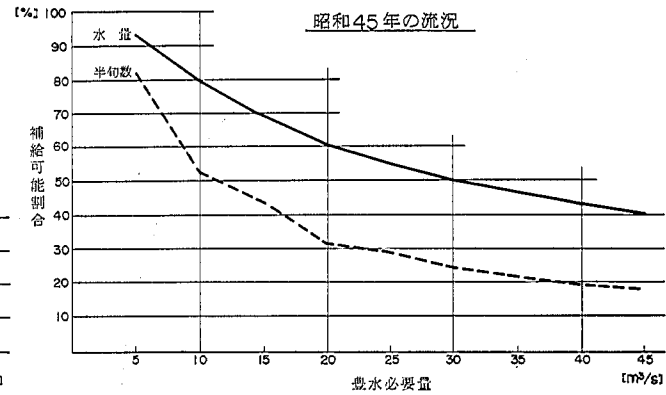
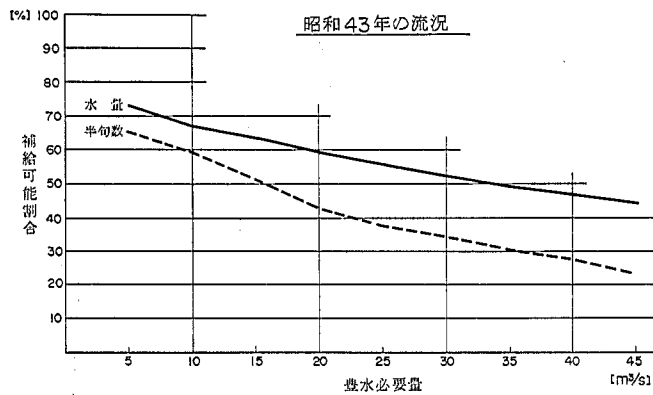


図表 2 - 4 荒川秋ヶ瀬取水堰下流放流量の年別流況 (S. 43~46)

資料：秋ヶ瀬取水流量10年報（水資源開発公団）



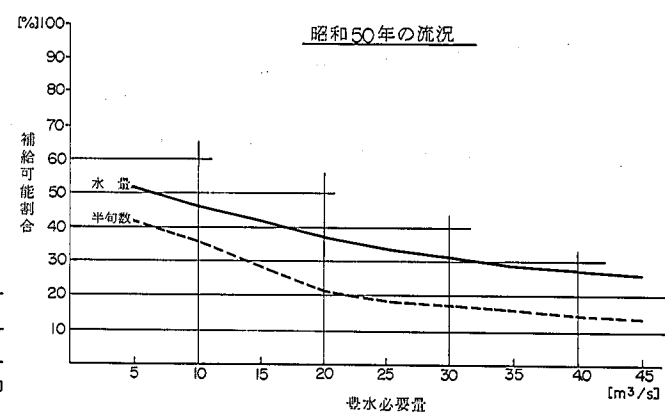
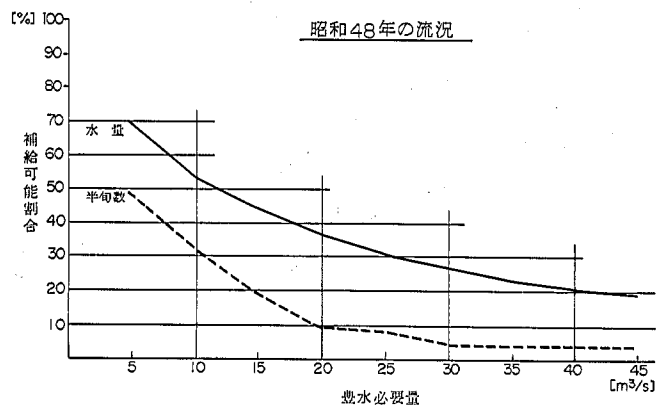
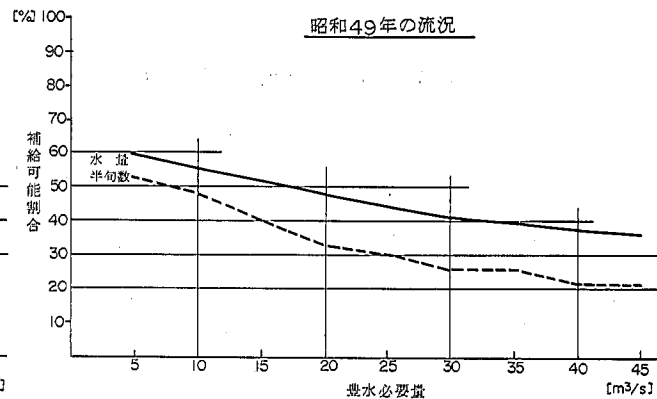
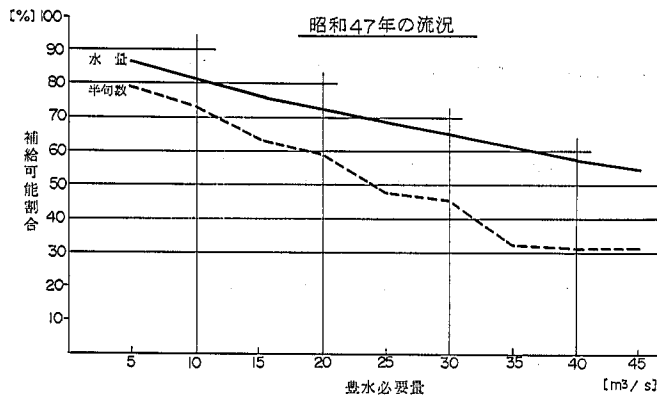
図表 2 - 5 荒川秋ヶ瀬取水堰下流放流量の年別流況 (S. 47~50)



資料：秋ヶ瀬取水流量10年報（水資源開発公団）

計算：半旬平均，利用可能な豊水量は，下流放流量から下流側の水利権量および維持流量を差引いたもの

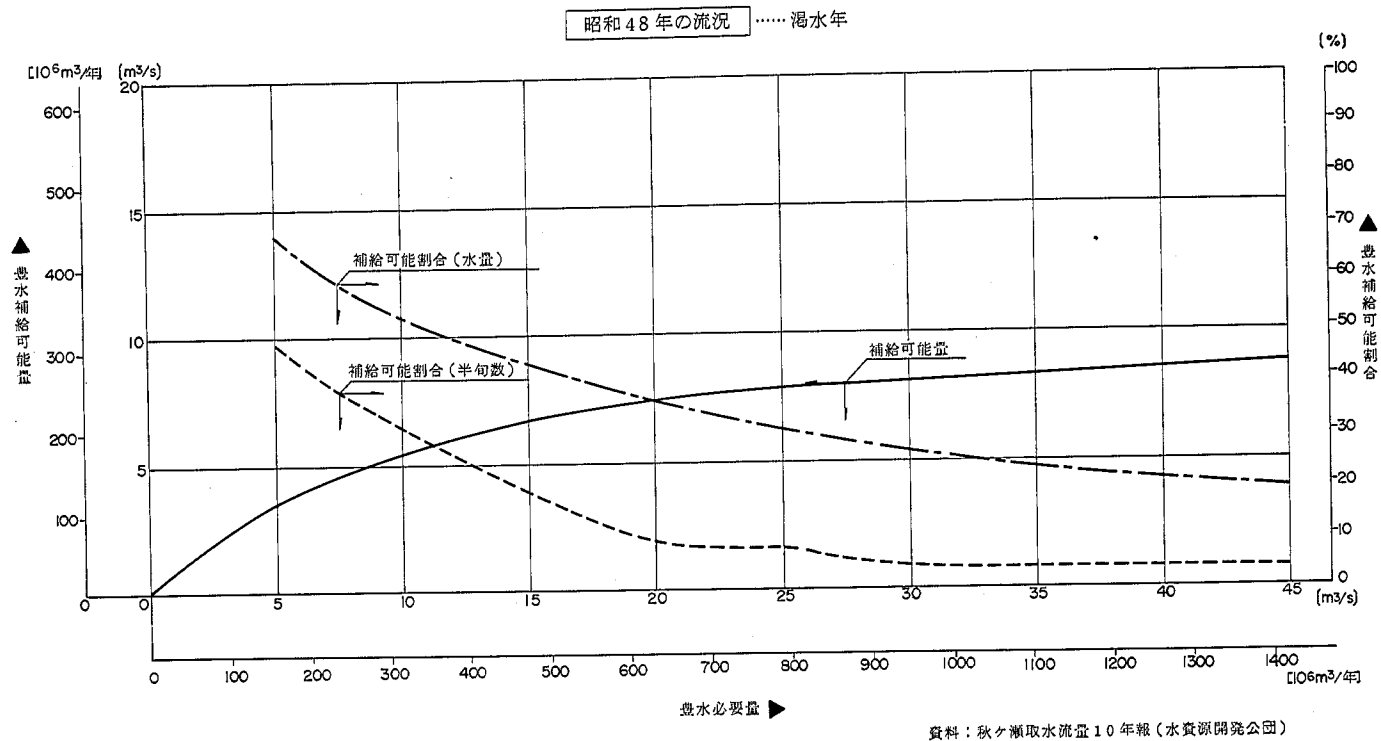
図表 2-6 荒川秋ヶ瀬地点における豊水必要量に対する補給可能割合（S. 43～46）



資料：秋ヶ瀬取水10年報（水資源開発公団）

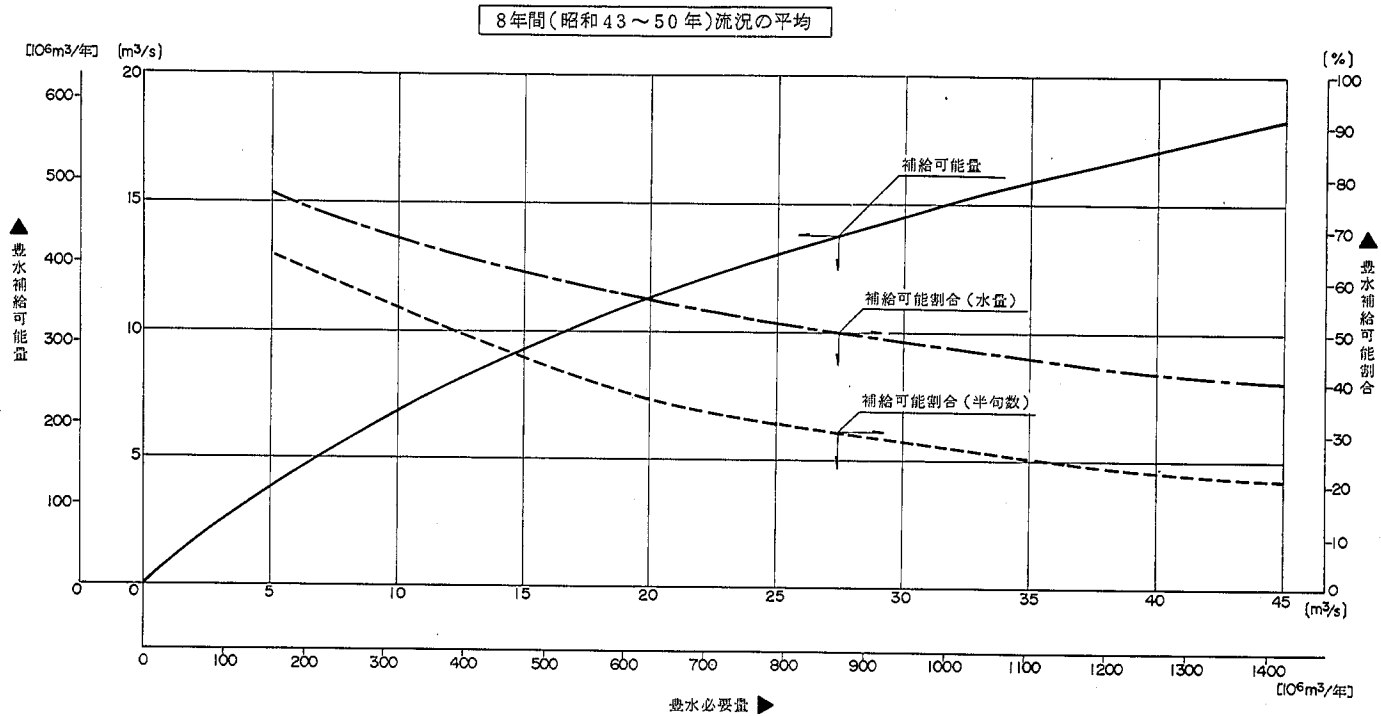
計算：半旬平均，利用可能な豊水量は，下流放流量から下流側の水利権量および維持流量を差引いたもの

図表2-7 荒川秋ヶ瀬地点における豊水必要量に対する補給可能割合（S. 47～50）



注）• ことでの豊水必要量は取水施設の最大能力に相当する。  
 • 縦軸の  $[m^3/s]$  は、年間量  $[10^6 m^3/年]$  の次元を変えただけである（年間を通しての平均を示す）。

図表 2-8 荒川秋ヶ瀬地点における豊水必要量に対する補給可能量と補給可能割合（S. 48）



資料：秋ヶ瀬取水流量10年報（水資源開発公団）

注）・ここでの豊水必要量は取水施設の最大能力に相当する。

・縦軸の  $[m^3/s]$  は、年間量  $[10^6 m^3/年]$  の次元を変えただけである（年間を通しての平均を示す）。

図表2-9 荒川秋ヶ瀬地点における豊水必要量に対する補給可能量と補給可能割合（8年間）

### 3. 埼玉県の水利用現況と水需給の見通し

#### 1) 水利用の現況

図表3-1は、昭和49年時点における埼玉県全域の水利用(上水+工水)の状況を示している。水源としては、地下水が河川水を上まわって総量の57%を占めている。用途別にみると、取水量の64%、使用量の58%が上水使用となっている。なお、河川水と地下水の連結利用の対象としている県営水道(広域第一・第二水道)区域の総取水量は、県全域の88%を占めており、その水源または用途別構成は県全域のそれとほとんど変わらない。

また、図表3-2は、50年における主要な市町村の上水道取水量の水源構成を示したものである。

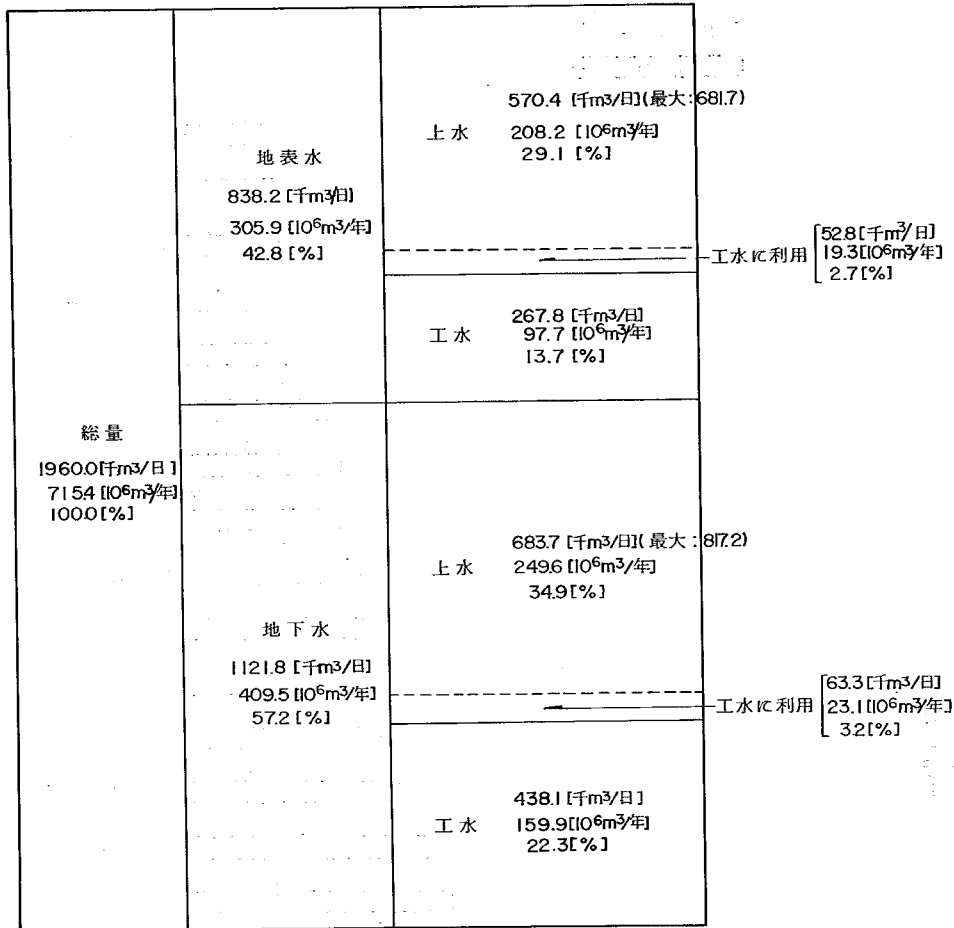
埼玉県における水資源問題は2つの要素に分けられる。1つは水需要の増加に対する用水供給であり、もう1つは地盤沈下をこれ以上進行させないための地下水揚水量の削減である。この2つの問題解決を目的として河川水を水源とし、埼玉県営水道事業および工業用水道事業が実施されている。これらの現時点における実施状況は、県営水道については図表3-3に、工業用水については図表3-4に示すとおりである。なお、県営水道給水能力は現在 $825\text{千m}^3/\text{日}$ ( $9.5\text{m}^3/\text{s}$ )で計画給水能力は $1,650\text{千m}^3/\text{日}$ ( $19.1\text{m}^3/\text{s}$ )である。この給水区域面積は約 $940\text{km}^2$ で県面積の $\frac{1}{4}$ に過ぎないが、県東南部地域に人口が集中しているため、給水区域内人口は約298万人に達し、県人口の $\frac{2}{3}$ に近い。

今後は、現在の中央第一、東部第二、西部第一の各水道用水供給事業の統合整備をはかり、渇水時、水質事故時に対処する体制を整えるとともに、供給地域を拡大するため広域第二水道用水供給事業( $400\text{千m}^3/\text{日}$ …… $4.6\text{m}^3/\text{s}$ )が計画されている。

すなわち、図表3-5のように、目標年次の昭和60年には、供給能力 $2,400\text{千m}^3/\text{日}$ ( $27.8\text{m}^3/\text{s}$ )に達する。

工業用水道についても、さらに新たな事業が計画されており、これらは、現在の南部工業用水道と共に昭和60年までに地盤沈下対策として給水開始が予定されている。①南部工業用水道の拡張、②荒川右岸の川越、狭山、所沢を主とする西部工業用水道、③県北の深谷、熊谷地区を対象とする北部工業用水道である。(図表4-3参照)

- ・下図の縦軸の長さは、水量に比例している
- ・〔%〕は総量に対する値

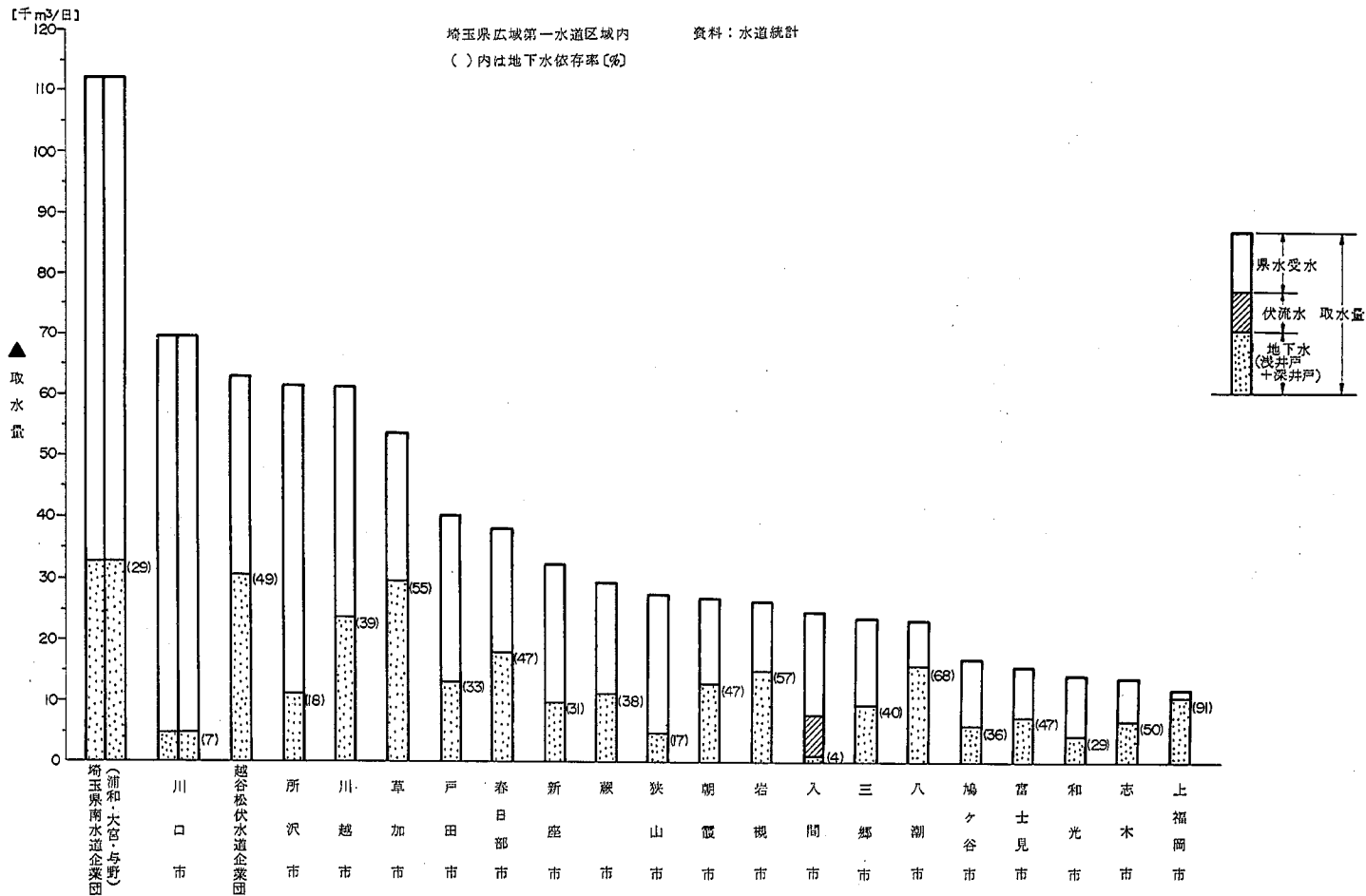


○資料：\*1 水道統計、\*2 工業統計表（従業者数30名以上）

#### ○計算方法

- ・上水・工業用水の日平均量を単純に加算した。
- ・上水は受水も含む取水量、工業用水は回収水を除く淡水取水量である。
- ・地表水は地下水を除いた取水量とし、伏流水も含む。
- ・工業用水（淡水取水量）には、上下道使用量を含まない。
- ・工業用水に利用される上水の量は、資料\*2の上水道使用量をもとに資料\*1より算出した。上水の地下水依存率（県全域……54.5%）
- ・上水最大値は、埼玉県全域過去5年間（45～49年）の（月最大給水量／年平均給水量）比の平均値で算出した。

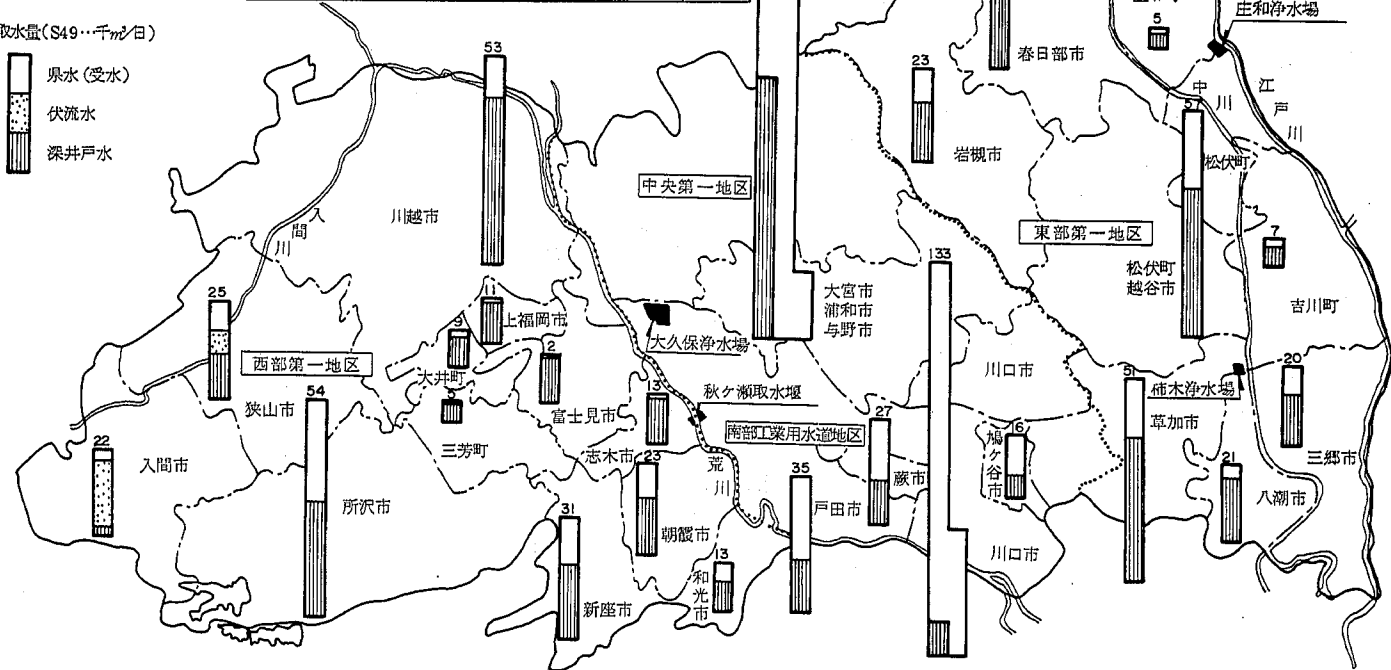
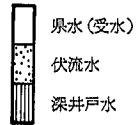
図表3-1 49年埼玉県全域における水利用（上水+工業用水）の実態



図表 3-2 昭和50年市町別上水道取水量の水源構成

埼玉県管内図（埼玉県企画財政部水資源課）  
埼玉県営水道パンフレット（埼玉県企業局）  
埼玉県の水道（埼玉県衛生部環境衛生課 50 年度）  
経営概要（埼玉県企業局水道部 50 年度）  
水道統計（S49）

| 水 道 名      | 給水地域         | 計画<br>目標年 | 給水<br>開始年 | 計画給<br>水人口 | 計画給<br>水能力 | 水 源                                  | 浄水場<br>(取水地点)        | 50年度実績            |                   |
|------------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|            |              |           |           |            |            |                                      |                      | 取水量               | 給水量               |
| 中央第一<br>水道 | 浦和市外<br>6市   | 55        | 43.4      | 1,515      | 800        | 下久保・滝沢・<br>合角ダム<br>利根川河口堰<br>農業用水合理化 | 大久保浄<br>水場<br>(荒川左岸) | 千 $m^3$ /日<br>342 | 千 $m^3$ /日<br>336 |
| 西部第一<br>水道 | 所沢市外<br>9市2町 | 〃         | 49.7      | 1,258      | 500        | 滝沢・有間ダム<br>農業用水合理化                   | 〃                    | 195.7             | 192.3             |
| 東部第一<br>水道 | 岩槻市外<br>5市3町 | 〃         | 49.4      | 960        | 350        | 農業用水合理化<br>野田導水路                     | 庄和浄水場<br>(江戸川右<br>岸) | 120.5             | 119.8             |



図表3-3 埼玉県営水道の概要

南部工業用水道の事業概要

| 項 目                  | 創 設                             |         | 拡 張                             |
|----------------------|---------------------------------|---------|---------------------------------|
|                      | 大久保系                            | 柿木系     | 大久保・柿木系                         |
| 浄 水 場                | 大久保浄水場                          | 柿木浄水場   | 大久保・柿木浄水場                       |
| 完 成 ( 予 定 ) 年        | 47.3                            | 41.3    | (54.3)                          |
| 給 水 開 始 年            | 43.4                            | 39.11   | 48.4                            |
| 計画配水能力 (千 $m^3$ /日)  | 145                             | 150     | 145                             |
| 水 源                  | 下久保ダム                           | 中川自流    | そ の 他                           |
| 給 水 区 域              | 浦和, 蕨, 戸田<br>川口, 鳩ヶ谷<br>草加, 八潮市 | 草加, 八潮市 | 浦和, 蕨, 戸田<br>川口, 鳩ヶ谷<br>草加, 八潮市 |
| 配 水 能 力 (千 $m^3$ /日) | 360                             |         |                                 |

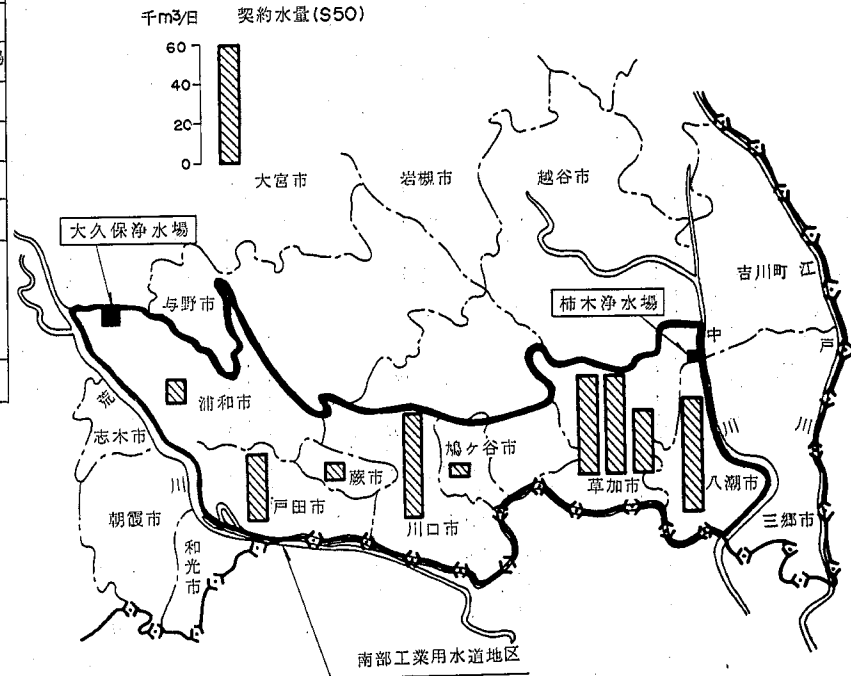
南部工業用水道の給水状況 (S. 50)

| 項 目                  | 給 水 状 況 |       |
|----------------------|---------|-------|
|                      | 大 久 保 系 | 柿 木 系 |
| 給 水 工 場 数            | 97      | 90    |
| 契 約 水 量 (千 $m^3$ /日) | 112.5   | 70.7  |
| 配 水 量 (千 $m^3$ /日)   | 180.5   | 107.4 |

資料:

埼玉県管内図 (埼玉県企画財政部水資源課)

経営概要 (埼玉県企業局水道部 50年度)



図表 3-4 埼玉県工業用水道の概要

図表 3-5 埼玉県営水道計画施設能力と給水量

＜単位千 $m^3$ /日＞

| 浄水場名              | 事業名            | 種 別     | 50  | 51  | 52    | 53    | 54    | 55    | 56    | 57             | 58             | 59    | 60    |
|-------------------|----------------|---------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|----------------|-------|-------|
| 大久保<br>浄水場        | 中央第一<br>水道     | 現計画給水量  | 436 | 473 | 525   | 597   | 687   | 800   |       |                |                |       |       |
|                   |                | 大久保施設能力 | 400 | 400 | 525   | 650   | 650   | 650   | 800   | 800            | 800            | 800   | 800   |
|                   | 西部第一<br>水道     | 現計画給水量  | 198 | 247 | 381   | 436   | 464   | 500   |       |                |                |       |       |
|                   |                | 大久保施設能力 | 250 | 250 | 250   | 250   | 500   | 500   | 500   | 500            | 500            | 500   | 500   |
| 庄和<br>浄水場         | 東 部 第<br>一 水 道 | 現計画給水量  | 128 | 164 | 263   | 293   | 339   | 350   |       |                |                |       |       |
|                   |                | 庄和施設能力  | 175 | 175 | 350   | 350   | 350   | 350   | 350   | 350            | 350            | 350   | 350   |
|                   | 第一水道計          | 現計画給水量  | 762 | 884 | 1,169 | 1,326 | 1,490 | 1,650 |       |                |                |       |       |
|                   |                | 施設能力    | 825 | 825 | 1,125 | 1,250 | 1,500 | 1,500 | 1,650 | 1,650          | 1,650          | 1,650 | 1,650 |
| 南部浄水場<br>(仮称)     |                | 現計画給水量  |     |     |       |       |       |       |       |                |                |       |       |
|                   |                | 南部施設能力  |     |     |       |       |       |       |       |                | 175            | 350   | 350   |
|                   | 第一地区合計         | 現計画給水量  | 762 | 884 | 1,169 | 1,326 | 1,490 | 1,650 |       |                |                |       |       |
|                   |                | 施設能力    | 825 | 825 | 1,125 | 1,250 | 1,500 | 1,500 | 1,650 | 1,650          | 1,825          | 2,000 | 2,000 |
| 行田 広域第<br>浄水場 二水道 | ※              | 行田施設能力  |     |     |       |       |       |       |       | (200)<br>134   | (200)<br>181   | 200   | 400   |
|                   |                | 県水最大給水量 |     |     |       | 34    | 64    | 77    | 101   | 194            | 257            | 305   | 400   |
|                   | 第一第二地区<br>合計   | 現計画給水量  | 762 | 884 | 1,169 | 1,326 | 1,490 | 1,650 |       |                |                |       |       |
|                   |                | 施設能力    | 825 | 825 | 1,125 | 1,250 | 1,500 | 1,500 | 1,650 | (1850)<br>1784 | (2025)<br>2006 | 2,200 | 2,400 |
|                   |                | 県水最大給水量 | 733 | 862 | 984   | 1,142 | 1,296 | 1,433 | 1,581 | 1,798          | 1,985          | 2,157 | 2,384 |
|                   |                | 施設余裕量   | 92  | -37 | 141   | 108   | 204   | 67    | 69    | (55)<br>-14    | (40)<br>21     | 43    | 16    |

※ 広域第二水道の概要

| 事 項         | 計画年度 | 53年度～56年度                                                     | 57年度～60年度                                                                                                                    |
|-------------|------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 給 水 対 象     |      | 上尾市、桶川北本水道企業団、蓮田市、<br>伊奈町、宮代町、杉戸町、坂戸鶴ヶ島<br>水道企業団体<br>7団体(9市町) | 同左のほか、久喜市、白岡町、行田町<br>鴻巣市、吹上町、菖蒲町、東松山市、熊谷市<br>吉見町、鷲宮町、幸手町、川里村、川島町、<br>滑川町、大里村、栗橋町、鳩山町、南河原村<br>加須市、羽生市、騎西町、大利根町<br>29団体(31市町村) |
| 総 事 業 費     |      | 950億円                                                         |                                                                                                                              |
| 給 水 原 価 見 込 |      | 1立方メートルにつき約80円                                                | 1立方メートルにつき約100円                                                                                                              |

(荒川調節池緊急水利用高度化事業計画参考資料S.52.3)

## 2) 水需給計画と地下水

### ① 水需給の見通し

フルプランに基づく埼玉県全域の水需給計画は図表3-6に示す通りである。

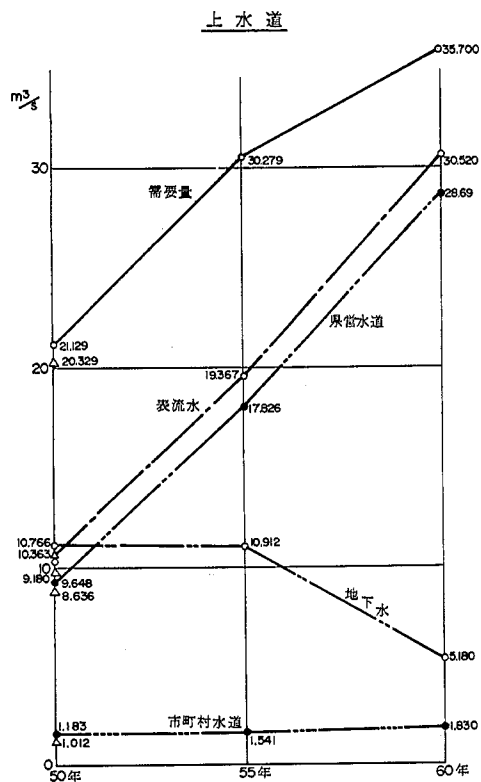
また、県営水道(含広域第二水道)および、工業用水道(含西部、北部工業用水道)の水需給計画を図表3-7に示す。

これをみると、昭和60年の水需要を満たすフルプランが計画どおり推進され、水源施設が予定どおり完成したとしても、埼玉県の水需要の大部分を占める県営水道については、需要量が予定通りとすれば中間年次において最大7 $m^3/sec$ 強の水需給ギャップが、また同様に工業用水道については最大3 $m^3/s$ 強の水需給ギャップが生じることがわかる。

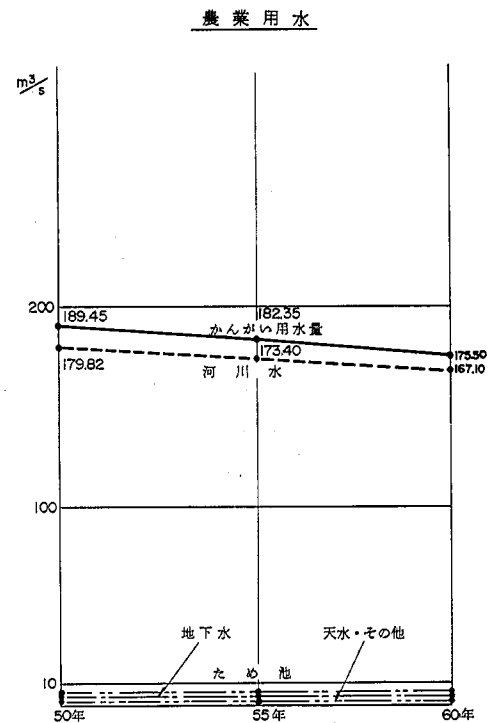
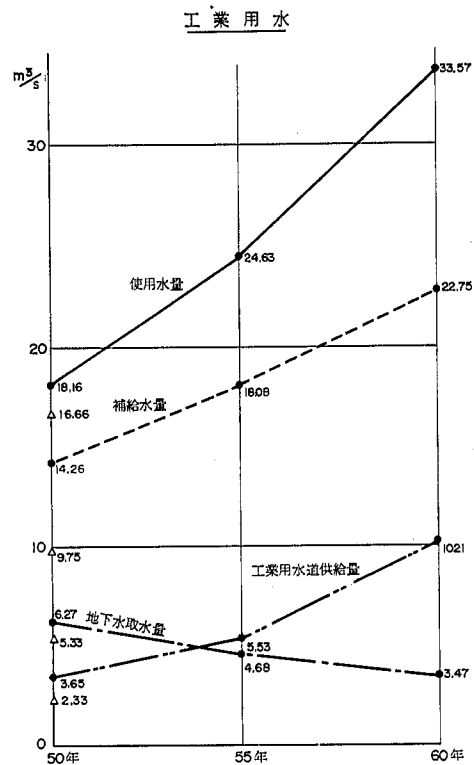
しかもダム建設が、水源関係者等との間に補償等の了解が得られず、その完成が遅れた場合、その需給ギャップはさらに大きくなるものと考えられる。

したがって、中間年次の対策として、応急的な緊急暫定対策の実施が必要と考えられる。

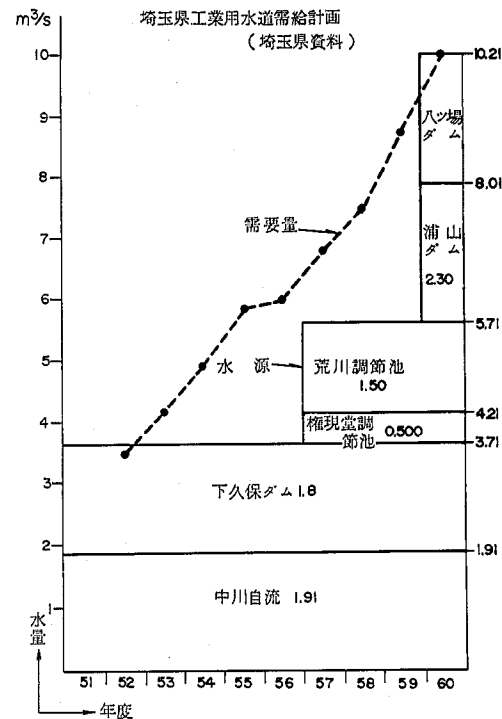
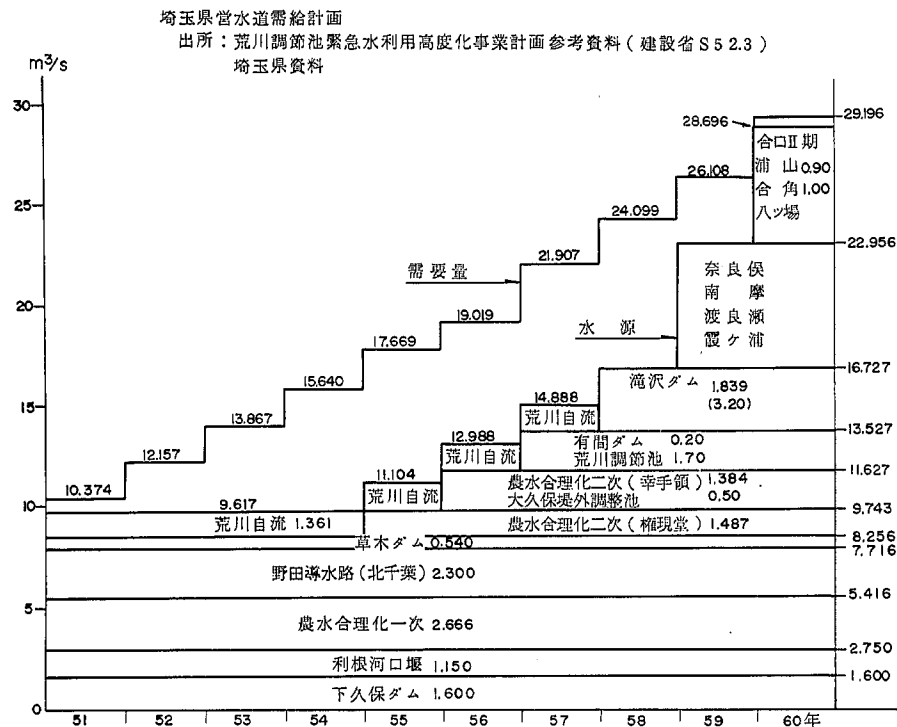
資料：フルプランに基づく今後の水需給計画（埼玉県 S52.3）



※ 水量は最大取水量である。  
※ △印は実績である。



図表 3 - 6 埼玉県全域の水需給計画



図表 3-7 埼玉県における県営水道および工業用水道の水需給計画

## ② 地下水揚水量とかん養量

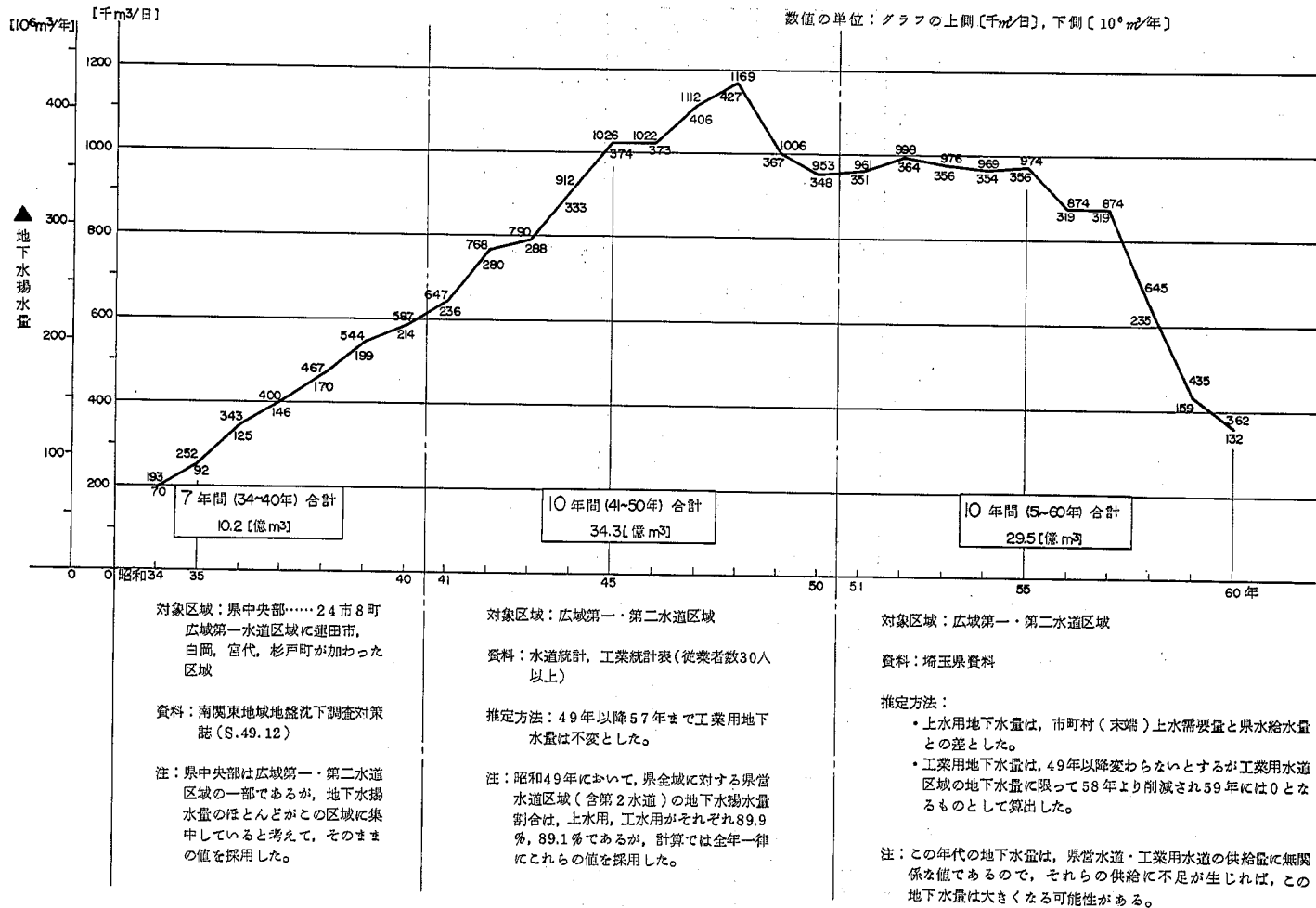
### (i) 地下水揚水量（上水用＋工水用）

水需給計画において、県営水道および工業用水道が末端の水需要者（市町村水道事業体や工場・事業所など）に対して、100%水源の手当をするわけではないので、末端需要者は既存の自家用井戸で不足分の補充をすることになっている。

従来、末端需要者はほとんど、水源を地下水に依存していたが、地盤沈下防止のため河川水へ水源転換を求められ、これまでの地下水揚水量を削減する計画となっている。

図表3-8は過去の地下水揚水量推移とともに、将来の地下水揚水量の推定値を示したものである。これをみると、48年までは増加を続けていた地下水揚水量は、いったん49年に急激に減少するが、49年以降55年までは横ばいに推移し、56年以降再び急激な削減が想定されている。

（注）図表3-8の53～60年における地下水揚水量は、「計画地下水量」あるいは「末端地下水利用量」として後で河川水と地下水の連結利用検討に用いる。



図表3-8 埼玉県広域第一・第二水道区域内の地下水揚水量(上水用+工業用)の推移

## (ii) 地下水かん養量の推定

埼玉県における地下水使用がどの程度まで許容されるかについては現在のところ明確な目標が設定されていない。

地下水を永続的に利用するためには、その取水は地下水のかん養量の範囲内で行なわれる必要がある。一般に地下の境界面を通じての水の出入りは、鉛直方向のかん養量にくらべて小さいので次のような関係が成立つ。

$$\Delta O = \lambda_e \Delta H \cdot S + \Delta I$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta O : \text{取水量}, \Delta H : \text{地下水面低下量}, S : \text{地表面積}, \\ \lambda_e : \text{有効間隙率}, \Delta I : \text{かん養量}, \Delta V : \text{地下水の減少量} \end{array} \right\}$$

埼玉県および関東地域を対象として資料を整理して、 $\Delta O$ 、 $\Delta H$ を求め、 $\lambda_e$ を種々仮定するとかん養量は図表3-9のように表わされる。このうちS.44~50については東京都では水位回復期にあたっており、動水頭の上昇による見かけの水位上昇が多く含まれているのでこの間の資料を除いて考える必要がある。その結果 $\lambda_e=0.05$ の場合で100~130万 $m^3$ /日、 $\lambda_e=0.1$ の場合で32~55万 $m^3$ /日のかん養量となる。関東地域を対象とした各種シミュレーションでは $\lambda_e=0.1$ 程度となっている。

図表3-9  $\Delta O$ 、 $\Delta I$ 、 $\Delta V$ の見積り（南関東地域）

| 年      | 有効間隙率<br>$\lambda_e$ | $\Delta V (\times 10^4 m^3)$ | $\Delta O (\times 10^4 m^3)$ | $\Delta I (\times 10^4 m^3)$ |
|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| S35~40 | 5%                   | 126,900                      | 313,000                      | 186,100                      |
|        | 10%                  | 254,000                      |                              | 59,000                       |
|        | 15%                  | 380,700                      |                              | -67,700                      |
| S40~44 | 5%                   | 113,300                      | 307,100                      | 193,800                      |
|        | 10%                  | 226,600                      |                              | 80,500                       |
|        | 15%                  | 339,900                      |                              | -32,800                      |
| S44~50 | 5%                   | -48,800                      | 575,240                      | 624,040                      |
|        | 10%                  | -97,550                      |                              | 672,790                      |
|        | 15%                  | -146,300                     |                              | 721,540                      |

$$\Delta V = \lambda_e \Delta H \cdot S (= \Delta O - \Delta I)$$

そこで当面の粗い推定としては関東地域全体でのかん養量は、50~100万 $m^3$ /日、埼玉県地域は25~50万 $m^3$ /日程度と推定されるのである。これは年間1億~2億 $m^3$ 、8年間で8~16億 $m^3$ の揚水量に相当し、前記の地下水使用予定量、懸念される使用量にくらべてかなり小さいものであることがわかる。

以上のような事情から埼玉県南部においては想定される地下水揚水量を少しでも小さくすることが重要な課題であることが理解されよう。

## 4. 河川水と地下水の連結利用

### 1) 試算の方法と設定条件

埼玉県営水道区域（含計画）内の上水道および工業用水道に関する水需給ギャップ量を荒川秋ヶ瀬取水堰地点における豊水（余剰水）で穴埋めし、豊水でまかないきれない不足量を地下水で補給しようとする訳であるが、このとき豊水補給可能量および地下水依存量等を算出して、後節での検討に資することを意図している。

ここでは、これらの試算の方法を説明するとともに、試算の前提となっている条件を列挙する。

#### ① 試算方法

試算方法の概略は図表4-1のとおりであるので、この図表に沿って説明を加える。

#### ④ 埼玉県水需給計画（上水＋工業）における水需給ギャップ量（年平均または最大量）

県営水道および工業用水道（以下これらを県水と称する）は、それぞれ各市町村の水道事業体および工場（以下これらを末端あるいは末端水利用者と称する）に河川水を給水する事業である。

県水に関する需要量（末端への給水量）と地表水供給量（ダム等水資源開発による県水の確保水利権量）との間には、フルプラン目標の60年では両者のバランスがとれるが、中間年次では水需給ギャップ（以下これを県水不足量と称する）が生じる。

また、末端需要量に対しては、全てを県水でまかなうわけではなく、従来よりは規制された形ではあるが地下水利用も予定されている。（以下これを末端地下水利用量と称する）。

一般的には県水不足量だけが水需給ギャップといえるが、河川水と地下水の連結利用においては県水不足量のみならず、末端地下水利用量の削減効果をも期待しているため、ここでは河川豊水（余剰水）補給対象としての水需給ギャップ量すなわち豊水必要量に、県水不足量だけの場合と、県水不足量に末端地下水利用量を加えた場合との2通りを考える。

#### ⑤ ある計画年（将来）の水需給ギャップ量の季節変動（月平均）

需要量には、毎年ほぼ一定した季節変動パターンがあるから、ある計画年の水需給ギャップ量は、その季節変動を考えた需要量からその年の県水供給量（一定）を差引いたものであり、そして、それが河川水（豊水）補給対象すなわち豊水必要量の季節変動となる。

なお、ここでいう計画年とは53年からフルプラン目標の60年までとする。

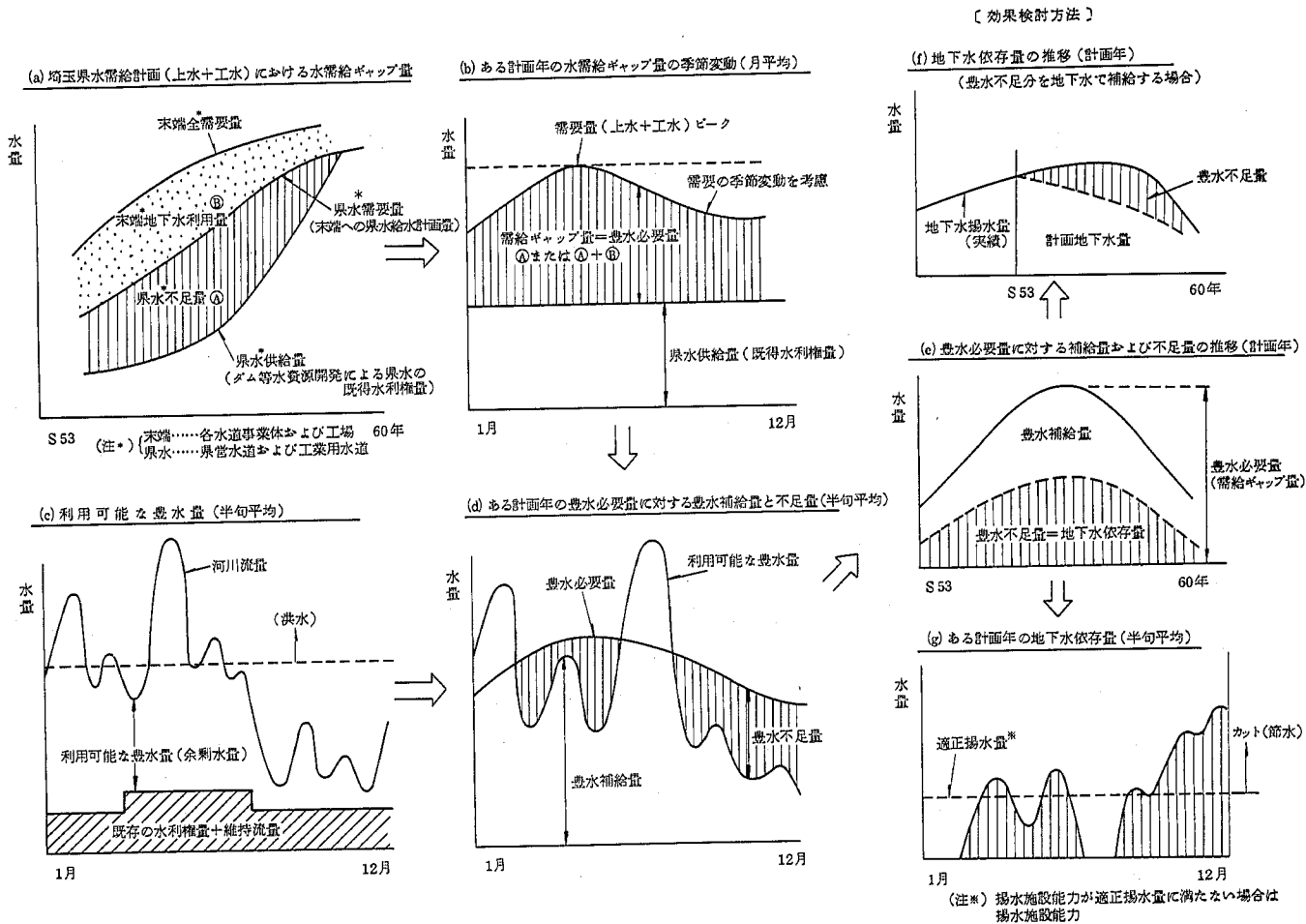
#### ⑥ 利用可能な豊水量（半旬平均）

河川水を取水しようとする地点において、河川流量（または流況ともいう）から既存の水利権量および河川維持流量（以下これらを既存確保量とする）を差引いた残りが利用可能な豊水量（余剰水量）である。

ここでは、河川流況、既存確保量とも過去の実績を使用する（適用しようとする流況の存在した年を流況適用年ということにする）。

注）理論的には、計画年までに完成した上流のダム等を考慮した調整後の河川流況とその年の確保流量とを使うべきであろう。

原理的には上流ダム群の総貯水能力にもよるが、ダム調整後の流況は洪水時と渇水時にみる変



図表 4-1 河川水（豊水）と地下水の連結利用計算方法

動がならされ、当然確保量も大きく見積られているはずであるから、余剰水はあまり望めなくなる。

しかし、秋ヶ瀬の流量は、上流のさまざまな要因が複合して現実には決まっていること、ダム等による十分な水資源開発が行なわれるまでの経過的な対策として河川水と地下水の連結利用を考えていることから、今回のような試算にも意味があるものと思われる。

#### ④ ある計画年の豊水必要量に対する豊水補給量と不足量（半旬平均）

豊水利用において、必要量に対して補給しうる量を豊水補給量とし、補給できない部分の量を豊水不足量とする。

⑥でみてきた水需給ギャップ量すなわち豊水必要量と、③でみてきた利用可能な豊水量とを比較して、いずれか小さい方の値が豊水補給量となり、後者が前者に満たない場合に限ってそのギャップが豊水不足量となる。

この豊水不足量は、何か他の水源手当や需要抑制などの対策を施さなければ、今までのように地下水に依らざるを得ない量（以下地下水依存量という）である。

#### ⑤ 豊水必要量に対する補給量と不足量の推移（計画年）

計画年毎に、④でみた半旬別の豊水補給量と不足量とを年間累計する。

#### ① 地下水依存量の推移（計画年）

⑥で算出した豊水不足量を全て地下水に依らざるを得ない量とみて、計画年に予定の地下水揚水量に豊水不足量を加えたものを全地下水依存量とする。

これによって、河川水と地下水の連結利用の効果を検討する。

#### ⑥ ある計画年の地下水依存量（半旬平均）

④でみた半旬別豊水不足量のことであり、これによってどの時期に地下水揚水が集中し、どのくらいの揚水量ピークとなるのか、あるいは揚水不要なのはいつかなど、連結利用の地下水に与える短期的影響が検討できる。

また、もし適正揚水量なる限界値（揚水施設能力が適正揚水量に満たない場合は揚水施設能力が限界値となる）があるとすれば、地下水依存量がその限界値を越えるようなときは節水等の対策を要するであろう。

以上は試算の手順を示したが、実際の４８年の流況を適用し、５６年における県水不足量を豊水必要量として、先の④の関係を表したのが図表４－２である。

#### ② 設定条件

#### ④ 対象地域

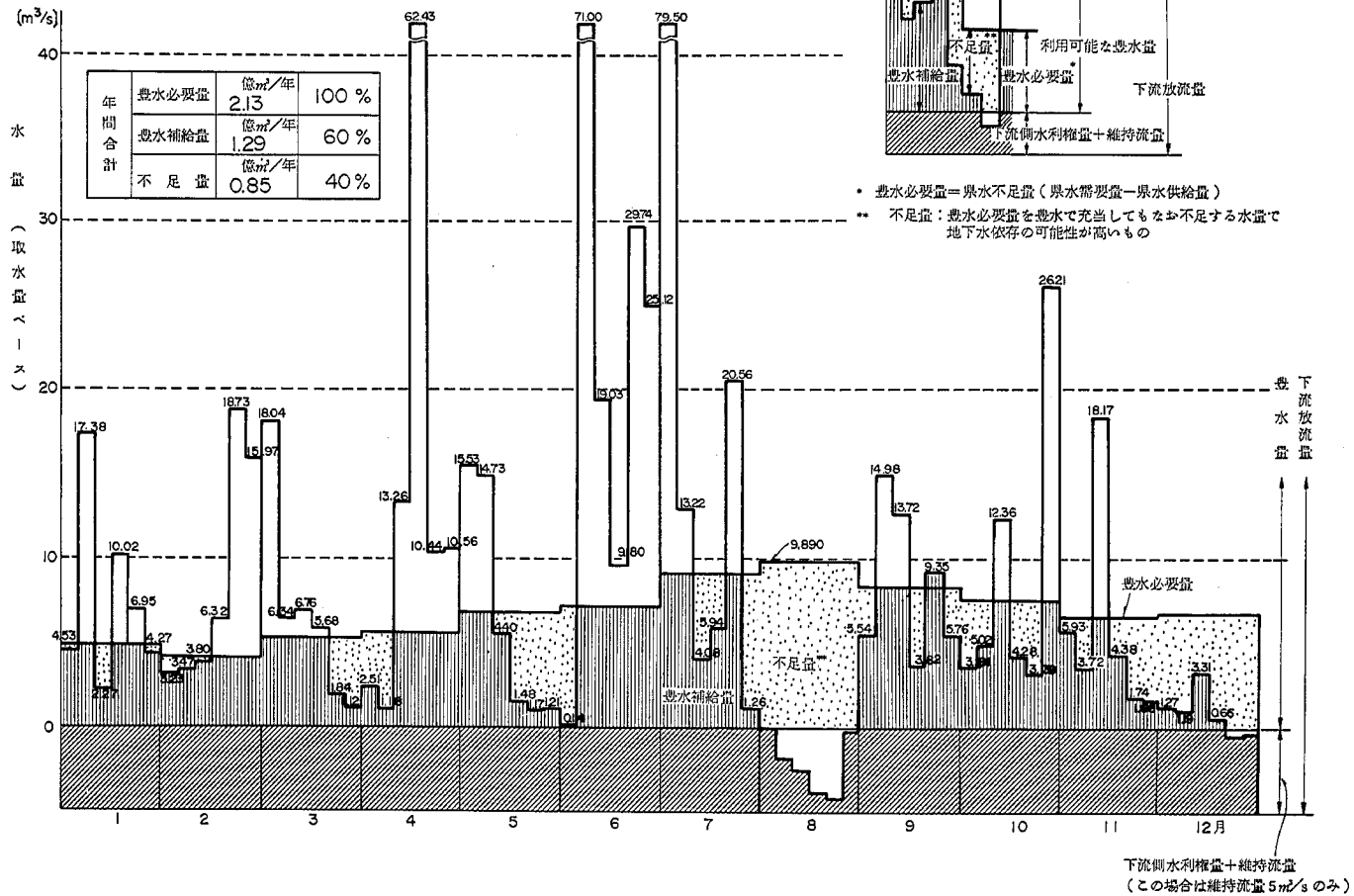
図表４－３のように県営水道の広域第一・第二水道区域を対象とする。例外として、工水の地表水需要量については、対象区域外の深谷市（北部工業用水道区域内）の分は含まれており、また対象区域内であってかつ工業用水道区域外の分（無視しうる）は除外されている。

#### ⑤ 今回ベースとした水量（給水量と取水量）

- 各水道事業体が県営水道から受水する地点での水量を給水量とし、県営水道が河川から取

- ・ 豊水補給対象：泉水不足分のみ
- ・ 合理化，節水は考えない
- ・ 計画年：56年（需給ギャップ最大年）

- ・ 水源開発：計画通り進行
- ・ 流況（適用年）：48年（渇水年）……荒川秋ヶ瀬地点



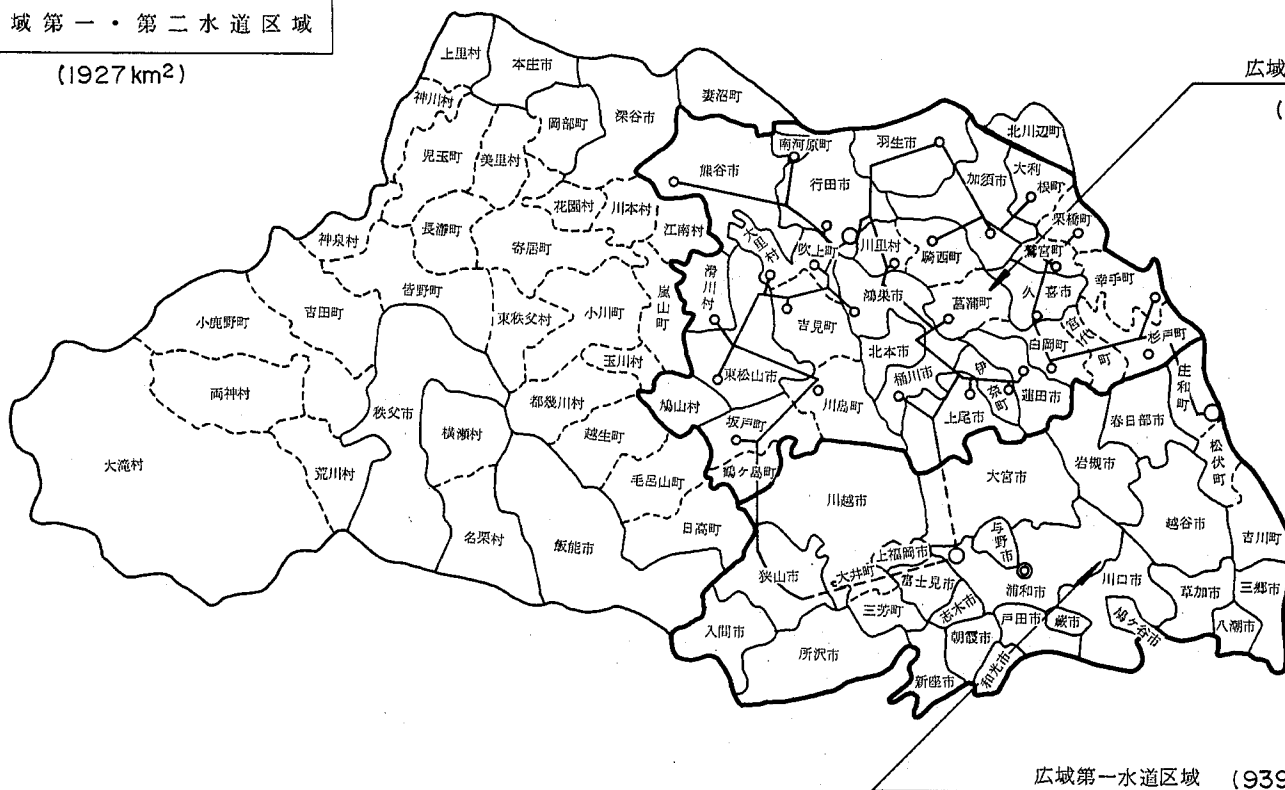
図表 4-2 豊水利用計算の一例（半旬別水量）

上水：広域第一・第二水道区域

(1927 km<sup>2</sup>)

広域第二水道区域

(988 km<sup>2</sup>)



広域第一水道区域 (939 km<sup>2</sup>)

図表 4-3 (1) 今回の対象区域 (上水……含計画)



図表4-3(2) 今回の対象区域(工水……含計画)

水する地点での水量を取水量とする。

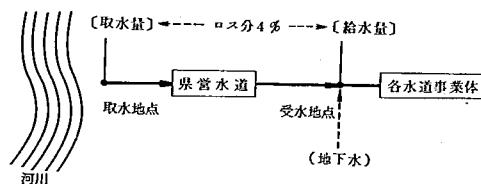
●取水量は、給水量にロス分として、上水で4%（過去の実績）工水で8.4%を加算した水量である。

●今回試算に関するデータは、埼玉県資料に

よった。たとえば上水の平均給水量は、平均給水量＝給水人口×1人1日平均給水量として算出されている。この1人1日平均給水量（原単位）は、家庭用水はもちろん都市活動用水と、さらに漏水等損失も加味された水量である。

●豊水利用に関する試算において、地表水はすべて河川に着目する量すなわち取水量をベースとする。

●一方地下水は、各水道事業体内に点在する井戸で揚水されていることから、すべて給水量をベースとする。



### ㉓ 豊水補給対象

豊水補給対象としての水需給ギャップ量（豊水必要量）は、泉水不足量のみの場合と、泉水不足量に上水の末端地下水利用量を加えた場合の2通りのケースを考える。

後者の場合、上水に関しては末端全需要量が河川水と地下水の連結利用の対象となっている。

### ㉔ 需要量の季節変動

●上水については月別の季節変化があり、工水については年間通じて一定であるとする。

●上水の月別変化は、計画年（53～60年）において同様なパターンをとるものとし、その月別変化のデータとして過去5年間（45～49年）の平均値（県全域）を採用する（図表4-4参照）。

●最大量があるのは上水だけで、

上水の最大量＝係数×平均値

ただし

係数＝月最大量／平均量＝1.1952（5

年間の平均）となる。

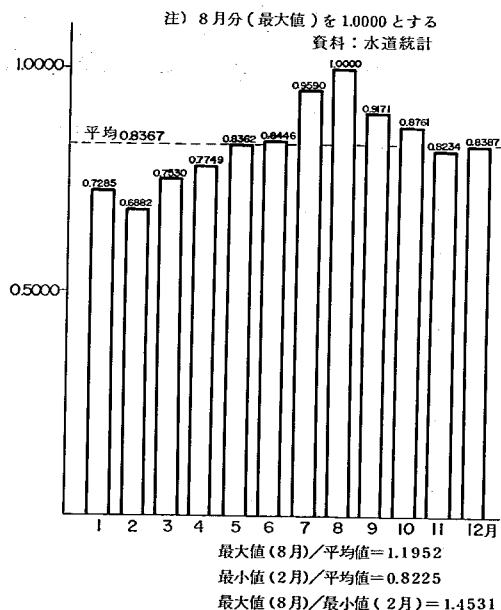
工水の場合はすべて平均量とみなす。

### ㉕ 河川流況の適用方法

●43～50年の流況がそっくり、53～60年（各々対応する）に再現するものとする。

●なお48年は、近年（43年以降）最も渇水の厳しい年であるので、最渇水年の影響を再検討する場合には、48年の流況をすべての計画年（53～60年）に適用する。

㉖ 泉水供給量（ダム等水源開発による既得水利権量）の取扱い。



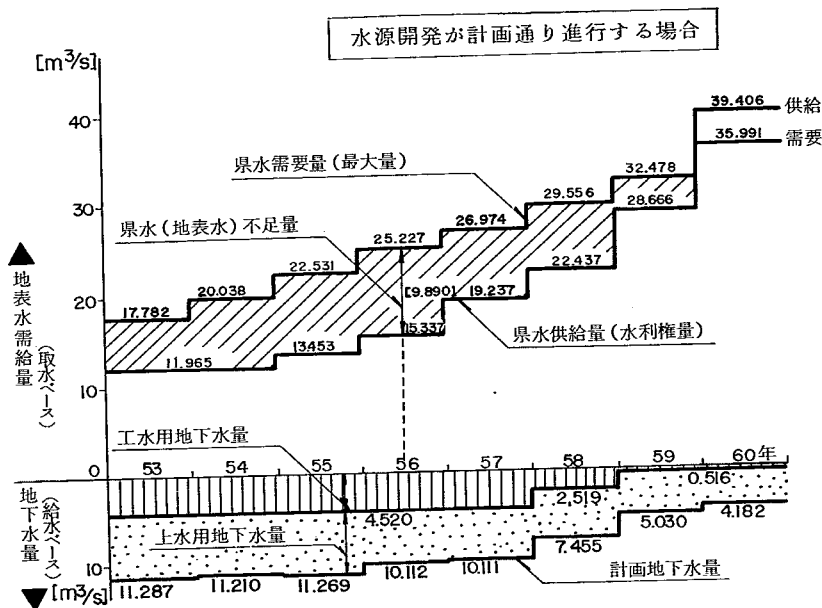
図表4-4 埼玉県水道（県全域）の月別給水量指数（S45～49の平均）の変化

- 県水供給量については、計画年毎に定められた水量が、年間を通じて確保できるものとする。これは、河川自然流況が渇水時であろうとこれに無関係に供給できるものとする。
- 荒川自流暫定水利権量は53年以降の既得水量から除く。荒川自流に関して、滝沢ダムが完成するまでの暫定水利権量1.361[m<sup>3</sup>/s]は、49年7月に取得されたものであり、今回適用するはずのS.43～50年秋ヶ瀬地点の流況には、S.49、50年を除いてこの水利権量に相当する取水の影響がでていないからである。

## 2) 試算結果と考察

今回の対象地域の水需給ギャップ量（地表水）と地下水揚水量は図表4-5のとおりである。

図表4-5 対象区域の水需給ギャップ量と地下水揚水量



(注) ● 工業用地下水量は昭和49年の値を代表させた(57年まで)。

- 水需給量は最大取水量をベースに、地下水量は平均給水量をベースにした(取水量は給水量に対してロス分として上水4%, 工業8.4%を加算したものである)。
- 最大量は、季節変動のある上水のみに関する値として過去5年間の実績値(平均)をもとに、平均量に1.1952を乗じたものである。
- 【 】内はギャップ量最大値を示す。

埼玉県資料による。

対象区域における昭和53～60年の8年間に必要となる水需要とその水源は次のようになる。

# 昭和53～60年水需要量・供給量合計

|                                  |                                    |                                      |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 総需要量<br>(給水ベース)<br>7 7.7 億 $m^3$ | 地表水需要量<br>(取水ベース)<br>5 8.4 億 $m^3$ | 地表水供給量 (取水ベース)                       |
|                                  | 計画地下水量<br>(給水ベース)<br>2 2.3 億 $m^3$ |                                      |
|                                  |                                    | 48.6 億 $m^3$ …… 水資源開発計画が順調のとき        |
|                                  |                                    | 37.3 億 $m^3$ …… 水資源開発計画が2年遅れると仮定したとき |
|                                  |                                    | 30.2 億 $m^3$ …… 水資源開発計画が6年遅れると仮定したとき |

従って予想される水不足は9.8億 $m^3$ (水資源開発計画が順調のとき), 21.1億 $m^3$ (同2年遅れ), 28.2億 $m^3$ (同6年遅れ)となるが, いま有効な対策がないまま仮に, これらの不足が地下水使用に  
しわよせされるとすれば, 地下水揚水量は削減どころか, これまで見なかったような大きな規模  
の揚水が行なわれることになる。

河川水と地下水の連結利用は, このような事態を未然に回避するための一つの方法である。

すなわち, 現在使用中の地下水をも豊水利用の対象にして通常からなるべく地下水を河川水で  
代替しておくことにより, 水の需要を満足させながら, 全体として地下水揚水量を削減しようと  
するものである。

従来, ダム計画等の水資源計画を検討するとき, その流況は渇水年のものが使用されるのが普  
通である。しかしながら, 今回検討しているような河川水と地下水の連結利用を考える場合には,  
河川流況は必ずしも渇水年に限る必要はなくなる。すなわち, 河川流況が水需要量を下まわつて  
も, 地下水によって補うことが出来るので, 河川流況に利用できる限界を設ける必要がなくなる  
のである。ただし, 連結利用した場合, 地下水揚水への負荷が最大どのくらいになるかの検討に  
渇水年の河川流況を採用することは意味があろう。そこで, 河川流況としては, 過去に生じた昭  
和43～50年の流況がそのまま順次53～60年に再現するものと仮定して, 今後8年間の豊水補  
給量および地下水依存量を予測してみる。

## ① 合理化, 節水を考慮しない場合(水資源開発計画が順調)

先に豊水利用可能量の検討(図表2-8, 9参照)のところで, 豊水必要量すなわち河川水取水施  
設の規模が大きくなるほど, 豊水補給割合は低減するものの, 絶対量としての豊水補給量は増え  
ていくことをみてきた。

この豊水必要量として, 泉水不足量のみを考えた場合の試算結果が図表4-6であって, 先にみ  
た8年間合計の不足水量9.8億 $m^3$ のうち, 8.4億 $m^3$ を豊水で補給できることがわかる。また, 残  
りの1.4億 $m^3$ が地下水に依るものとしても, 計画地下水量2.3億 $m^3$ の6%強に過ぎず, 水需給ギ  
ャップはかなり改善されることになる。

次に豊水補給の対象を広げて, 泉水不足量に末端地下水利用量(ここでは上水用地下水だけを  
考えており, 工水用地下水は除外している)を加えたものを豊水必要量とした場合の試算結果が  
図表4-7である。

これをみると, 豊水補給量は8年間合計で17.1億 $m^3$ となり, 先の不足量9.8億 $m^3$ を十分満たす  
ばかりでなく, 地下水依存量が, 予定されていた地下水揚水量2.3億 $m^3$ のうち8.5億 $m^3$ (約38%)も

削減できて、13.8億 $m^3$ となり、一応の推定地下水かん養量8~16億 $m^3$ の範囲に入る。

以上の2通りの豊水補給対象ケースに、何ら対策を施さない場合を加えたときの地下水依存量について経年的な推移を示したのが図表4-8である。これを見ると、何ら対策がない場合には、地下水依存量は49年時点の地下水揚水量実績をかなりオーバーするため、再び地盤沈下の恐れがある。逆に、河川水と地下水の連結利用をすると、たとえば泉水不足量と上水用地下水量が豊水補給対象の場合には、水需給ギャップ(④線と①線との差)を満たしたうえに、地下水量削減(①線と③線との差)の効果がある。

なお、連結利用の対象として上水用および工水用の両地下水が考えられるが、上水道については井戸が各市町村の水道事業者の管理の下にあって、広域県営水道の配管と結ばれているのに対し、工業用水および事業所の井戸は各工場又は事業所毎にあり、工業用水道が設置されるまでは県営水道と結ばれることもないという状況にある。

このため、連結利用の対象地下水としては、実際的には上水道用地下水の連結が容易であり、工業用地下水については次の段階での利用を考えるのが得策と思われる。

#### ② 合理化、節水を考慮する場合(水資源開発計画が順調)

水資源対策には、水供給対策と並行して水需要抑制対策があるが、その中でも生活水の節水や、工業における回収率向上等による淡水取水量節減など、水使用合理化が最も有望であり、これらは短期的水需給ギャップの穴埋めといった暫定処置だけでなく、長期的にも期待される対策である。

以下に河川水(豊水)と地下水の連結利用と、水使用合理化とを組み合わせた場合についてみてみよう。

#### ③ 合理化量の設定と試算方法

これまでの調査から、理想的な合理化(含節水)ができるとすれば、上水(生活用水)では需要量の最高38%、工水では淡水取水量の最高75%の削減が可能であると想定した。

その合理化(含節水)の内訳は、上水(生活用水)についてみると、最高節水率38%のうち家庭洗濯用水が約12%、家庭炊事用水が約6%、家庭風呂用水が約4%、事務所水洗便所用水が約3%、家庭水洗便所用水が約3%、事務所厨房用水が約2%節水できるとした。

工水については、最高合理化率75%のうち、製品処理洗浄用水が32%、冷却温調用水が約32%、その他の用水が約12%合理化できるとした。

ところが上記はあくまで理想的な合理化であり、短時間でその値に到達することはむずかしい。そこで、計画初年度の合理化率を0とし、次年以降直線的に増加し、最終60年において最高合理化率(上水38%、工水75%)に到達する場合を最終達成率100%の合理化ケースとした。

合理化の対象となる全需要量は、上水については埼玉県資料によったが、工水については地表水需要量(工業用水道給水量…埼玉県資料による)に、昭和49年の地下水量(実績値)が昭和50年以降も不変であるとして加算した。

これらの関係を示したのが図表4-9である。たとえば最終達成率50%の場合をとると、昭和60年において約26%、8年間平均約14%であり、このとき8年間の合理化量は約11億 $m^3$ 、合

理化後の需要量は約70億 $m^3$ となる。

なお、合理化後の需要量は上・工水用地下水が含まれているので、これから工水用地下水だけを除いて、前記と同じ方法で、河川水（豊水）と地下水（上水用）の連結利用計算を行なった。

#### ⑤ 結 果

最終達成率50%の場合、8年間（53～60年）の合理化量は、約11億 $m^3$ であることをみてきたが、これは泉水不足量（水需給ギャップ量）約10億 $m^3$ に匹敵する値となっている。しかし、大きな水需給ギャップが生じるのは、計画年（53～60年）の中でも前よりであるのに反し、合理化が期待できるのは計画年の中でも後よりであるので、計算上合理化のみによって需給ギャップを埋めることができない。

ただし、後節で検討する水資源開発計画が遅れる場合には、連結利用と合理化の組み合わせが非常に有効なものとなるであろう。

合理化最終達成率50%の場合の地下水依存量の経年的推移を他の合理化しない場合と比較したのが図表4-10である。

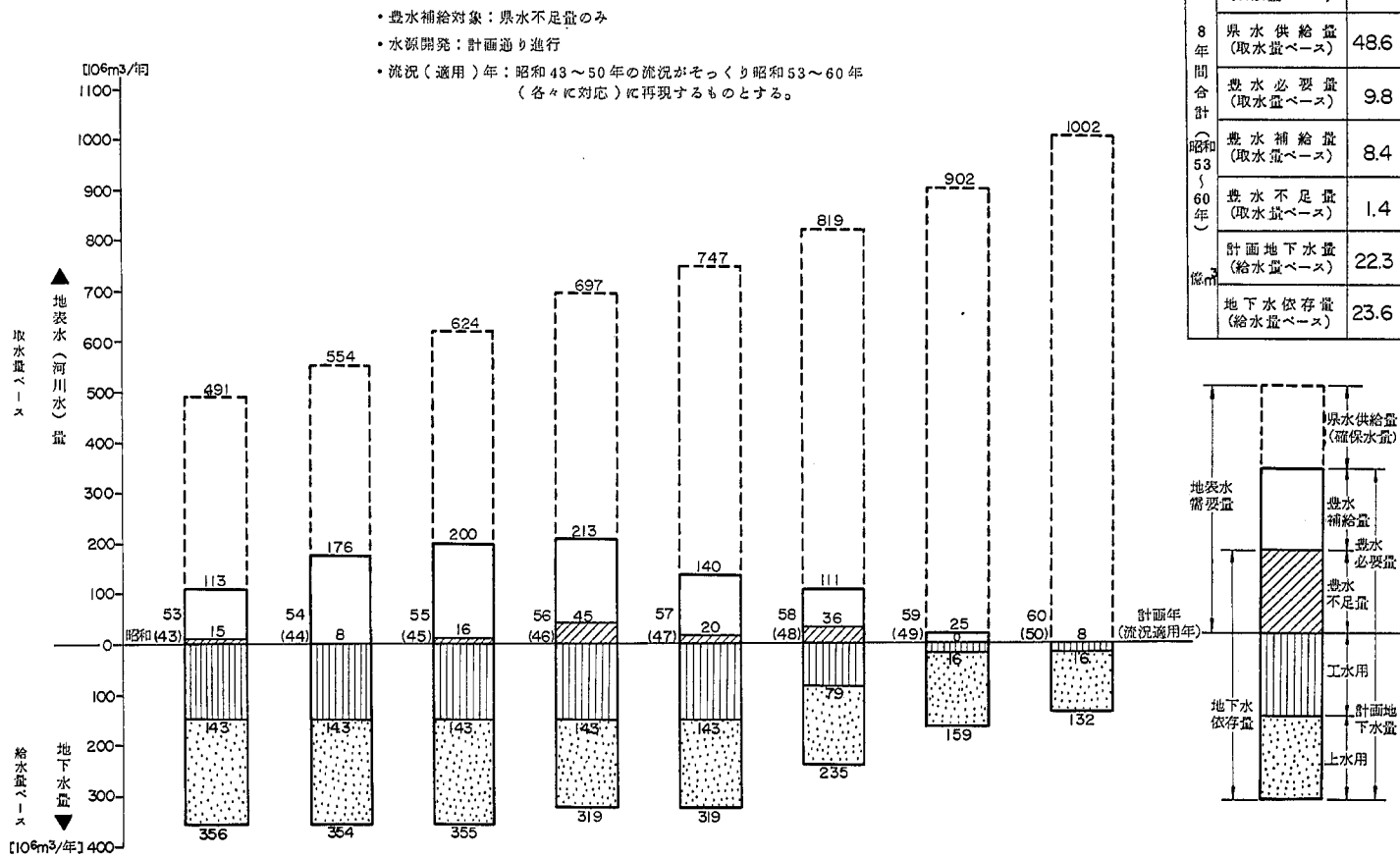
これをみると、連結利用に合理化を組み合わせた場合の地下水依存量（◎線）は、連結利用だけの場合（⑥線）よりも、さらに8年間（53～60年）で3.2億 $m^3$ も地下水削減ができて、計画下水量（末端地下水利用量）22.3億 $m^3$ の48%（10.6億 $m^3$ ）となっている。

（注） 工水について、地下水揚水量規模の大きい工場に対しては、合理化指導が容易であるものと考えられる。48年時点で県営水道区域内の工水についてみると、地下水揚水量規模2,000 $m^3$ /日以上以上の工場は、淡水総取水量の約30%、揚水量規模1,000 $m^3$ /日以上以上の工場は約49%の淡水を取水しているものと推定される。

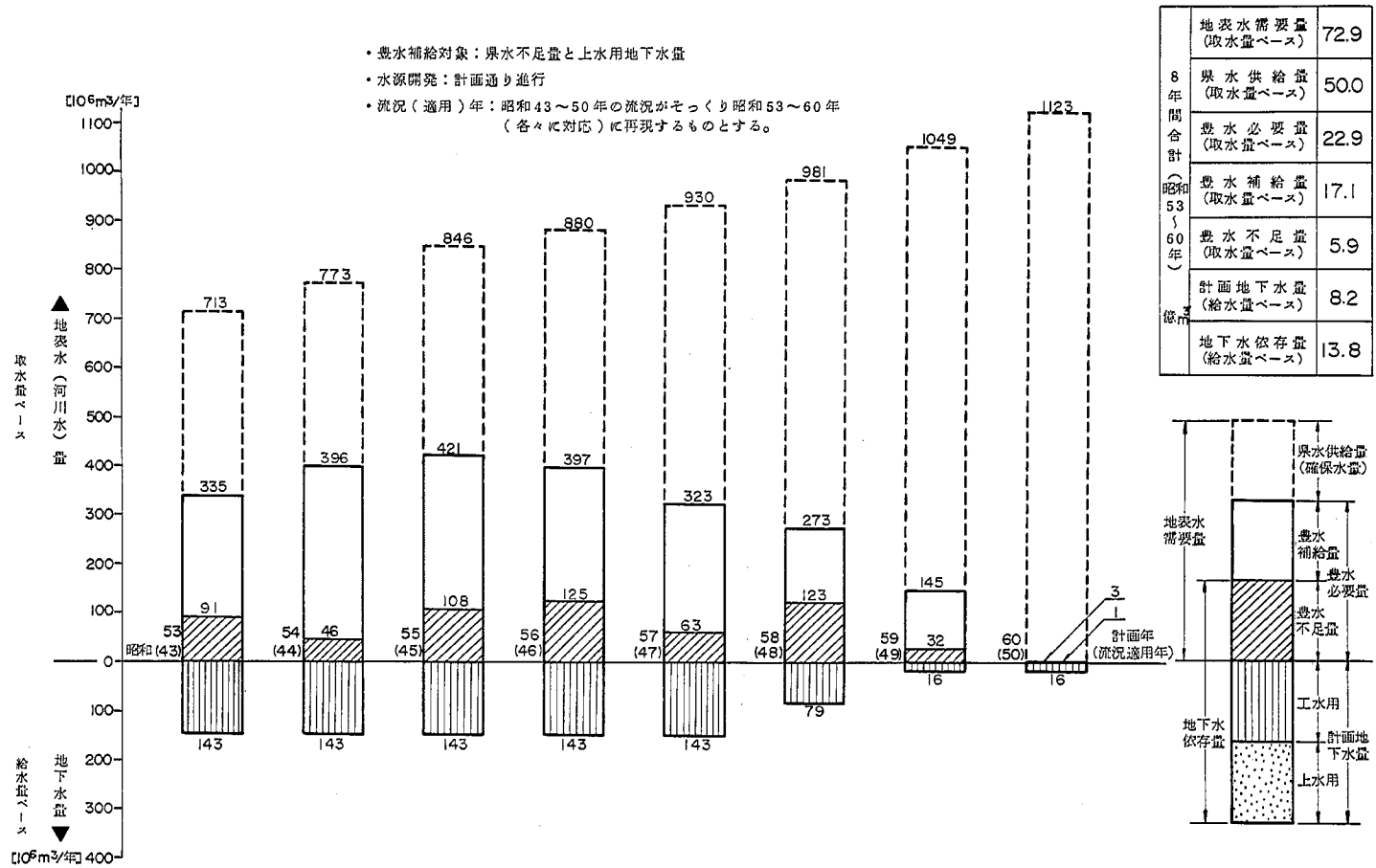
#### ③ 水供給計画が遅れた場合

図表4-11は仮に水資源開発計画が予定よりそれぞれ2年あるいは6年遅れて完成した場合を想定したものであって、この場合には需給のギャップは、それぞれ最大約14 $m^3/s$ 、24 $m^3/s$ にも達することが想定される。

一方、地下水の使用量については、水需給逼迫が予想されるにもかかわらず、大幅な地表水への転換が難しいため昭和60年時点においても上・工水含めて約4 $m^3/s$ 程度はなお地下水使用に依存せざるを得ないことが予想される。



図表 4-6 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

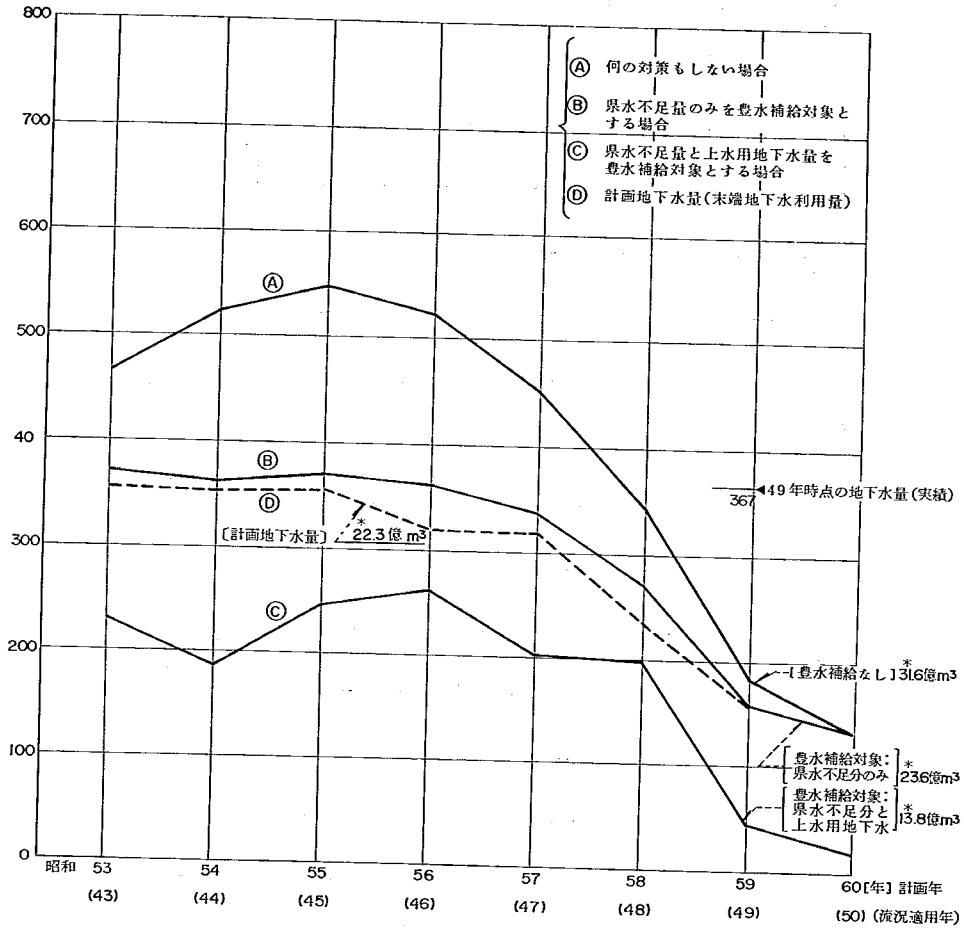


図表4-7 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

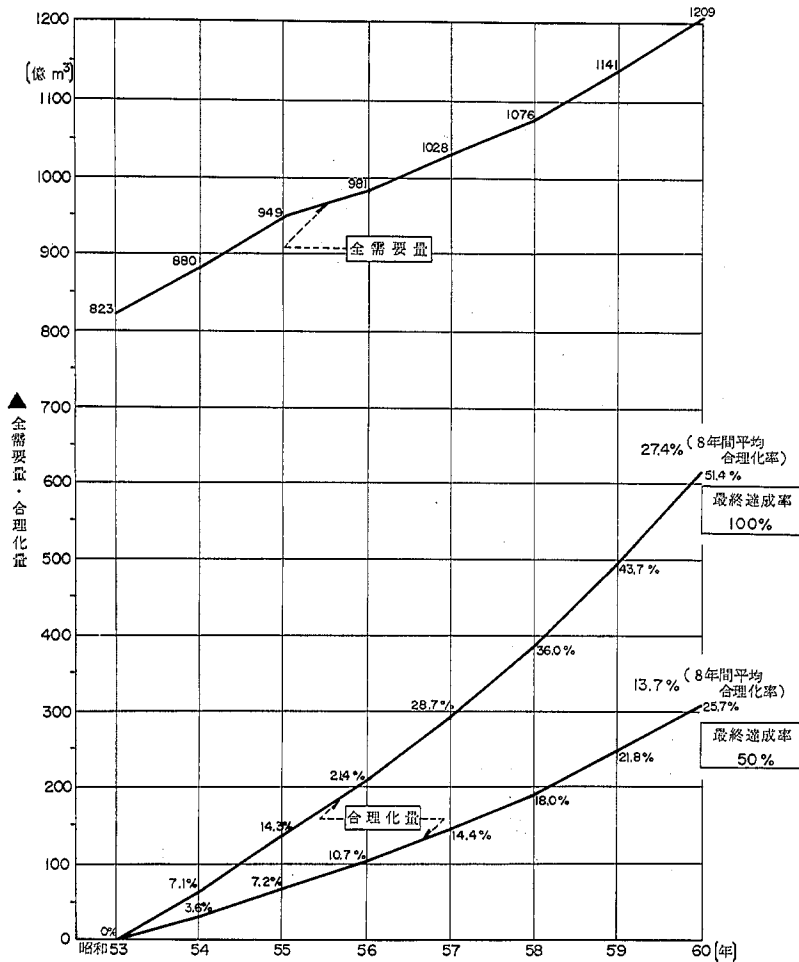
水源開発計画が予定通り進行する場合

\*印：数字は8年間（昭和53～60年）合計値

[10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/年] (給水量ベース)



図表 4-8 河川水(豊水)と地下水の連結利用の効果(地下水依存量の推移)



図表 4-9 全需要量と合理化量(上水+工水)……給水量ベース

8 年間 合計

| 項目<br>最終達成率         | 平均合理化率<br>[%] | 合理化量<br>[億 m³] | 全需要量<br>[億 m³] |
|---------------------|---------------|----------------|----------------|
| 0 [%]<br>(合理化しない場合) | 0             | 0              | 80.9           |
| 20 [%]              | 5.5           | 4.             | 76.5           |
| 40 [%]              | 10.9          | 8.             | 72.0           |
| 50 [%]              | 13.7          | 11.1           | 69.8           |
| 60 [%]              | 16.4          | 13.3           | 67.6           |
| 80 [%]              | 21.9          | 17.7           | 63.2           |
| 100 [%]             | 27.4          | 22.1           | 58.8           |

\* 全需要量:

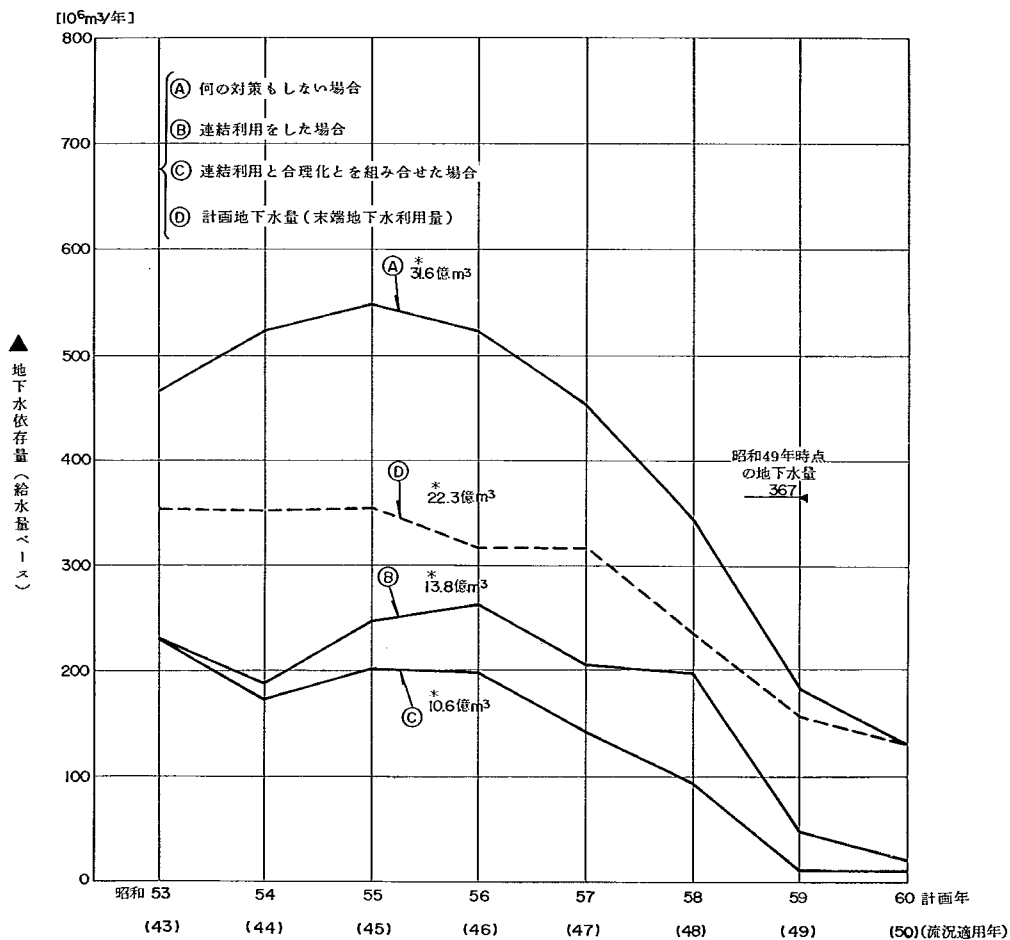
地表水需要量と地下水量(含工水用)とを合計したもの  
(工水用地下水は昭和49年の実績値をもとに推定した)

\* 合理化量算定方法:

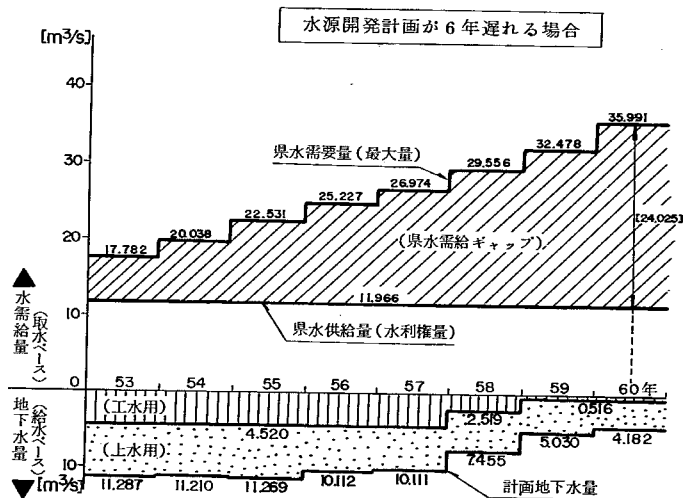
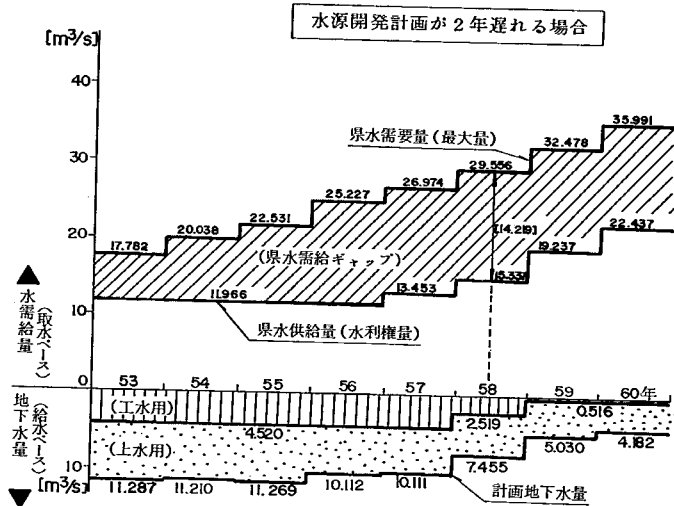
- 最終60年において、最高合理化率を、上水が38.0%  
工水が75.0%(平均51.4%)とする。
- 合理化率が、計画初年53年に0で、漸次直線的に増加し、最終60年において最高合理化率に達する場合を最終達成率100%とする。

水源開発計画が予定通り進行する場合

- ・河川水（豊水）と地下水（上水用のみ）との連結利用を考えた場合である。
- ・合理化最終達成率を50%<sup>＊</sup>とした。（8年間平均合理化率：27%）  
<sup>＊</sup>：合理化率が計画初年昭和53年に0で漸次直線的に増加し、最終昭和60年において最高合理化率（上水が38.0%、工水が75.0%、平均51.4%）に達する場合を最終達成率100%とする。
- ・＊印は8年間合計値



図表4-10 連結利用と合理化組合せの効果（地下水依存量の推移）



図表4-11 水源開発計画が遅れた場合の水需給ギャップと地下水揚水量

(注) ●工業用地下水量は昭和49年の値を代表させた(57年まで)。

●水需給量は最大取水量をベースに、地下水量は平均給水量をベースにした(取水量は給水量に対してロス分として上水4%, 工水8.4%を加算したものである)。

●最大量は、季節変動のある上水のみに関する値として過去5年間の実績値(平均)をもとに、平均量に1.1952を乗じたものである。

●【 】内はギャップ量最大値を示す。

埼玉県資料による。

(i) 合理化、節水を考慮しない場合

③ 水源開発が2年遅れる場合

豊水補給対象として、泉水不足分のみを考えた場合の試算結果を図表4-12に、泉水不足分と上水用地下水との場合を図表4-13に示す。

そして、これらの場合の地下水依存量の推移としてまとめたものが図表4-14である。

水源開発が2年遅れると、豊水補給対象として泉水不足分の場合、49年時点の地下水利用状況に逆もどりすることが予想される。

豊水補給対象を広げて、すなわち河川水取水施設規模を大きくして、泉水不足分に上水用地下水を加えたものを豊水必要量とすると、57年までの地下水依存量は予定の末端地下水利用量を下まわっており、58年以降はいくぶん予定の地下水量を越えているが、水需給ギャップ（泉水不足）の解消には十分であるものと考えられる。

⑤ 水源開発が6年遅れる場合

水源開発が6年遅れるということは、フルプラン目標の60年までに、新たな水源開発が全くないということである。

③と同様に、豊水補給対象として、泉水不足分のみを考えた場合の試算結果を図表4-15に、泉水不足分と上水用地下水との場合を図表4-16に、さらにこれらの地下水依存量推移としてまとめたものを図表4-17に示す。

図表4-17をみると、豊水補給対象として、泉水不足分と上水用地下水とを考えた場合でも、58年以降の地下水依存量は計画地下水量を越え、さらに49年時点の地下水揚水レベルをも越えてしまうことがわかる。

したがって、計画年（53～60年）の後半には、他の対策、たとえば合理化などが必要となる。

⑥ まとめ

以上③、⑤の結果と、水源開発が計画通りの場合の結果とをまとめて図表4-18に示す。

(ii) 合理化、節水を考慮する場合

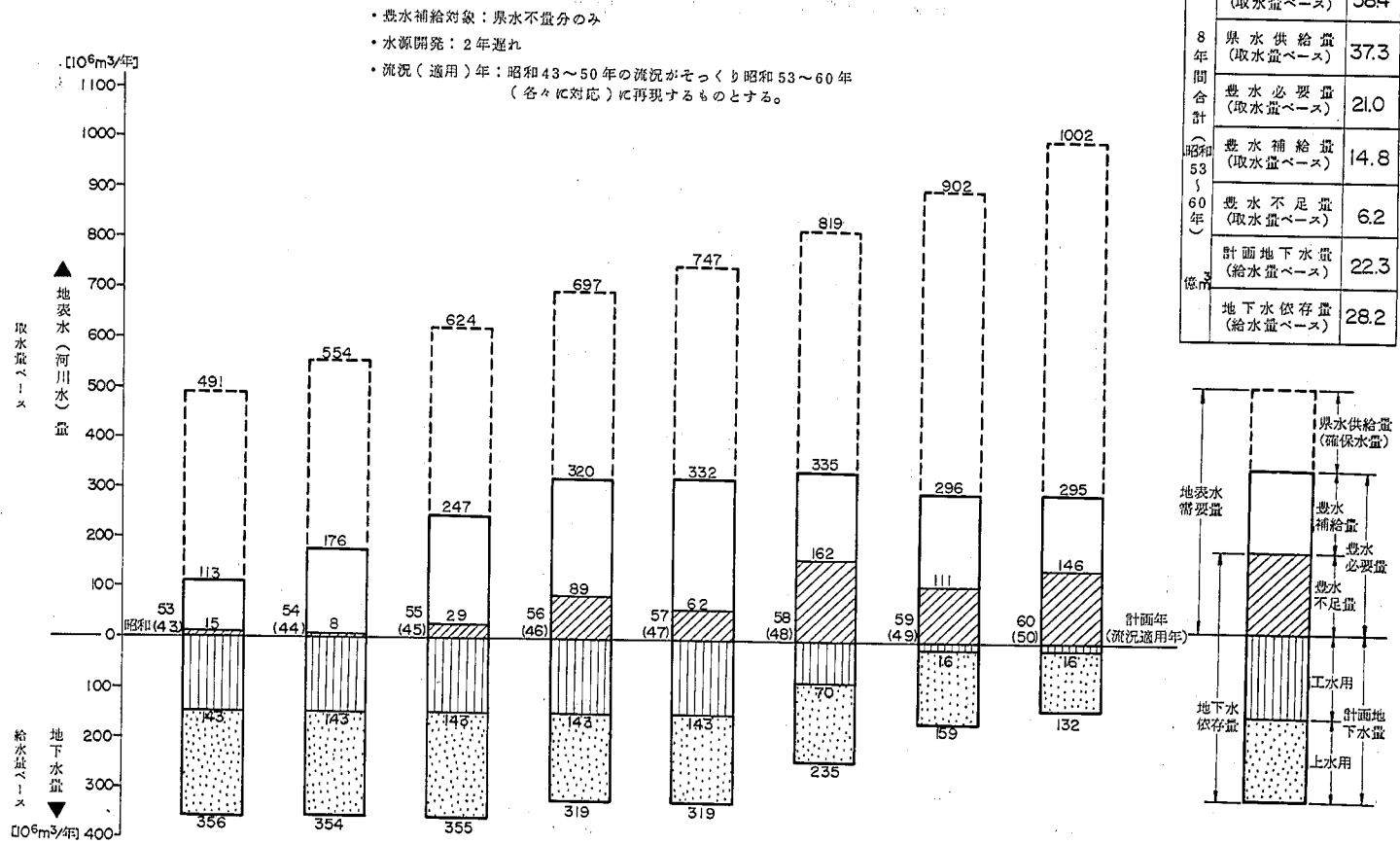
先に河川水（豊水）と地下水の連結利用をすると水需給ギャップを解消できるうえに、予定されている地下水揚水量をさらに削減できることがわかったが、水源開発が6年遅れると、58年以降に地下水依存量が昭和49年時点の地下水揚水量を越える恐れがあることもわかった。

このため、連結利用に合理化を組み合わせ（方法は前記と全く同様）て、水源開発の進捗ケース別に、合理化しない場合を対比させて地下水依存量推移を示したのが図表4-19である。

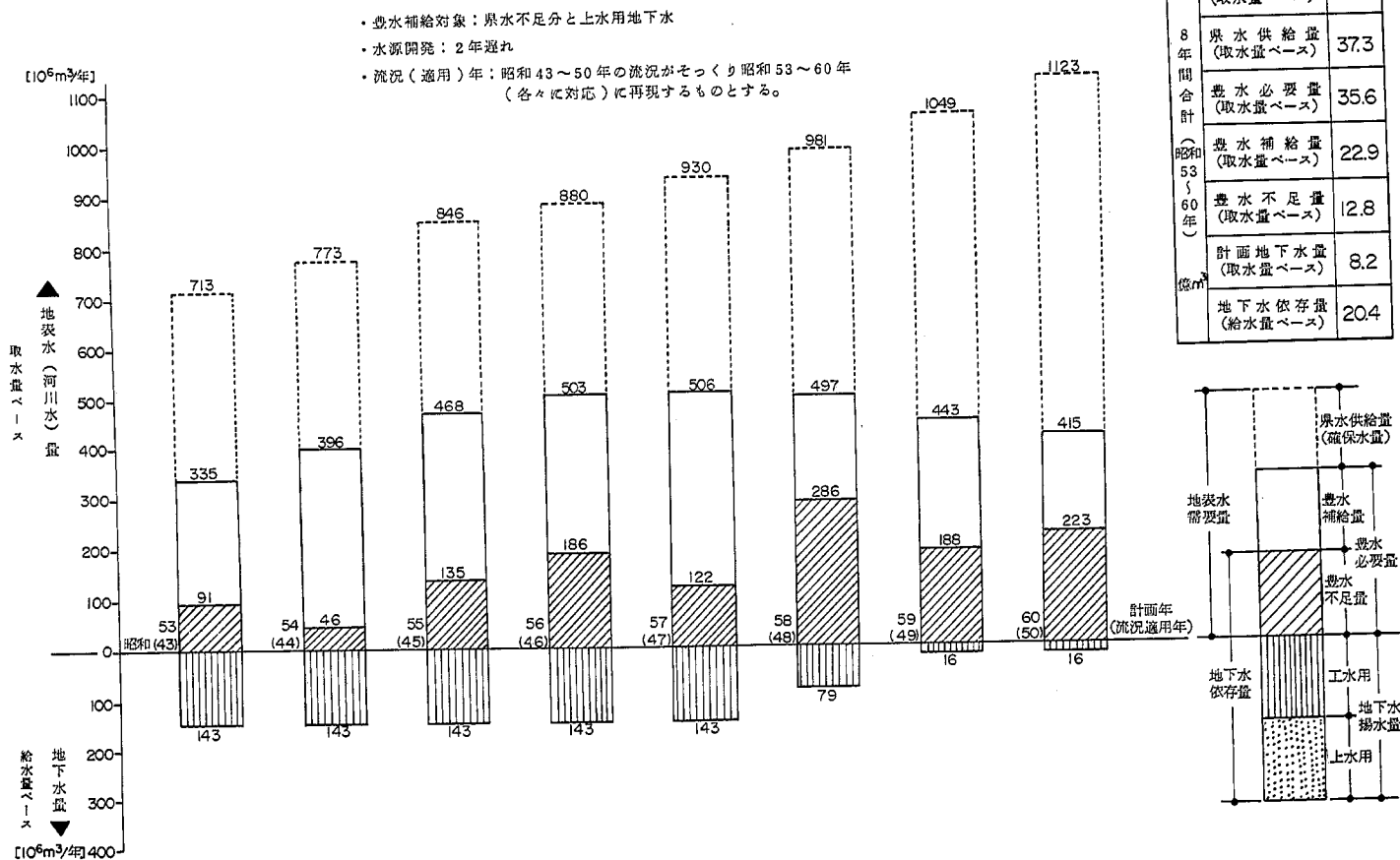
この場合の合理化最終達成率は50%である。

合理化は計画年（53～60年）の後半に効果が現われてくるので、連結利用との組み合わせは良好であり、たとえば、水源開発計画が最悪の6年遅れの場合でも、地下水依存量は58年以降いくぶん予定の地下水量（8年間で22.3億 $m^3$ ）を越えるものの、十分に許容される範囲（8年間で18.3億 $m^3$ ）にある。

図表4-20はこれらと合理化最終達成率100%の場合との結果をまとめたものである。

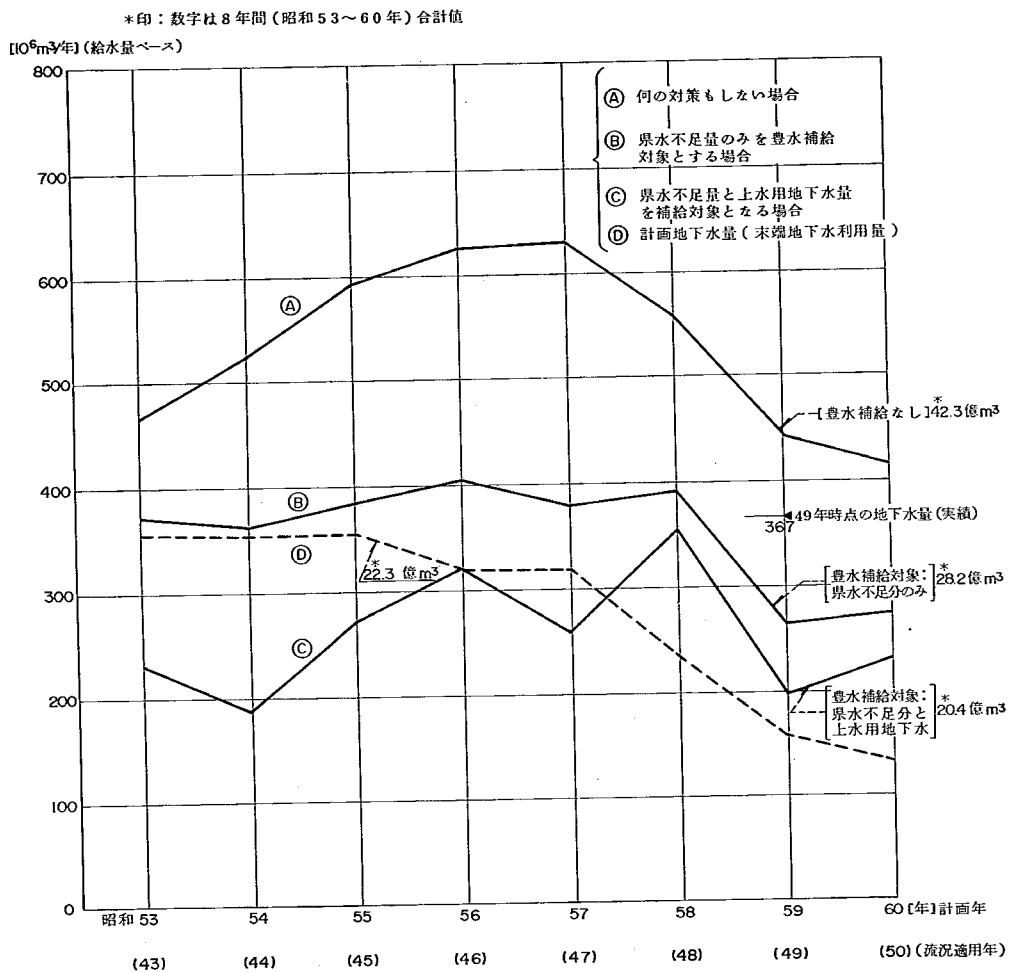


図表4-12 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

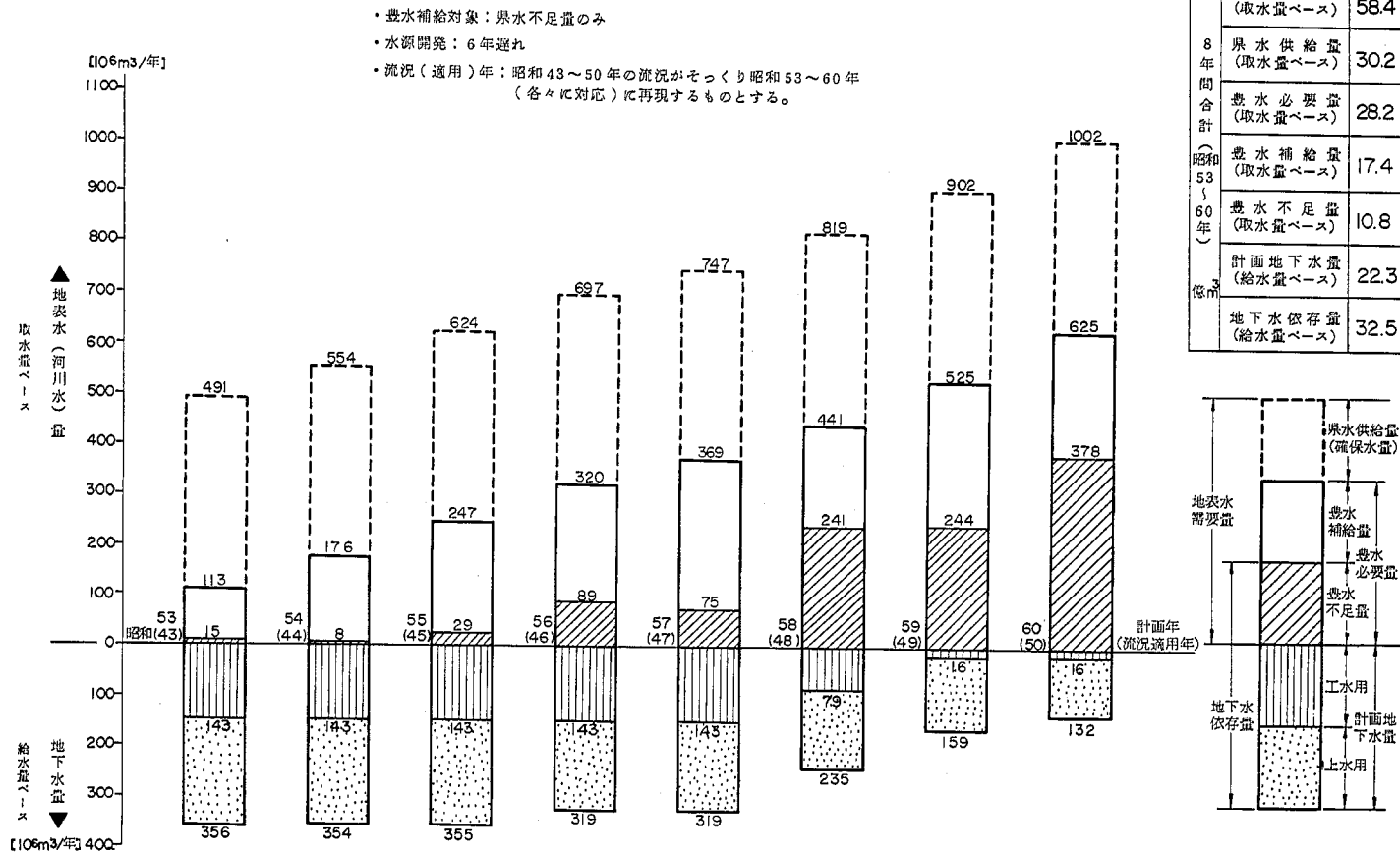


図表4-13 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

水源開発計画が2年遅れる場合

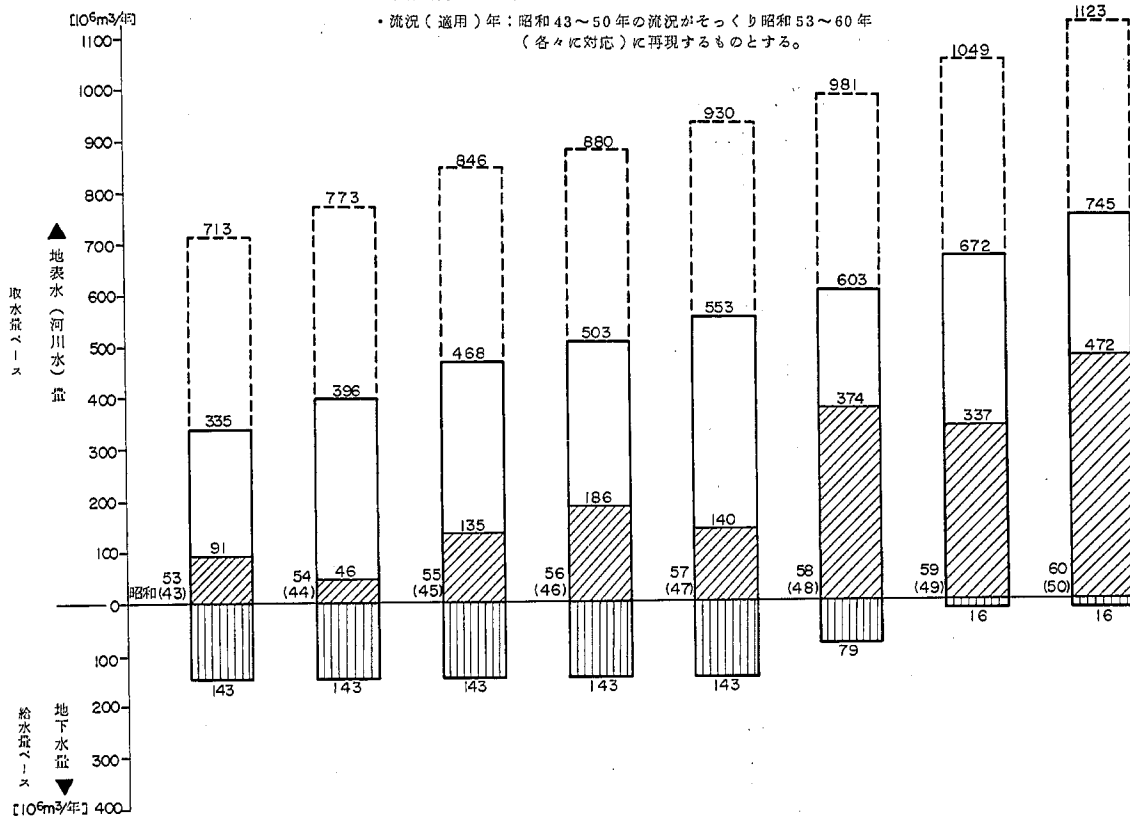


図表4-14 河川水（豊水）と地下水の連結利用の効果（地下水依存量の推移）

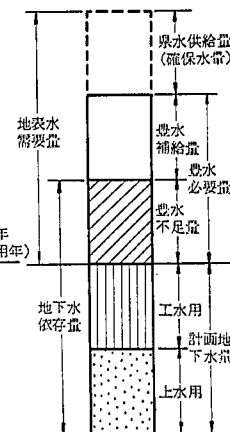


図表4-15 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

- ・費水補給対象：界水不足量と上水用地下水量
- ・水源開発：6年遅れ
- ・流況（適用）年：昭和43～50年の流況がそっくり昭和53～60年  
（各々に対応）に再現するものとする。



|                                                 |                    |      |
|-------------------------------------------------|--------------------|------|
| 8<br>年<br>間<br>合<br>計<br>(昭和53<br>〜<br>60<br>年) | 地表水需要量<br>(取水量ベース) | 72.9 |
|                                                 | 泉水供給量<br>(取水量ベース)  | 30.2 |
|                                                 | 豊水必要量<br>(取水量ベース)  | 42.8 |
|                                                 | 豊水補給量<br>(取水量ベース)  | 24.9 |
|                                                 | 豊水不足量<br>(取水量ベース)  | 17.8 |
|                                                 | 計画地下水損<br>(給水量ベース) | 8.2  |
|                                                 | 地下水位存量<br>(給水量ベース) | 25.2 |

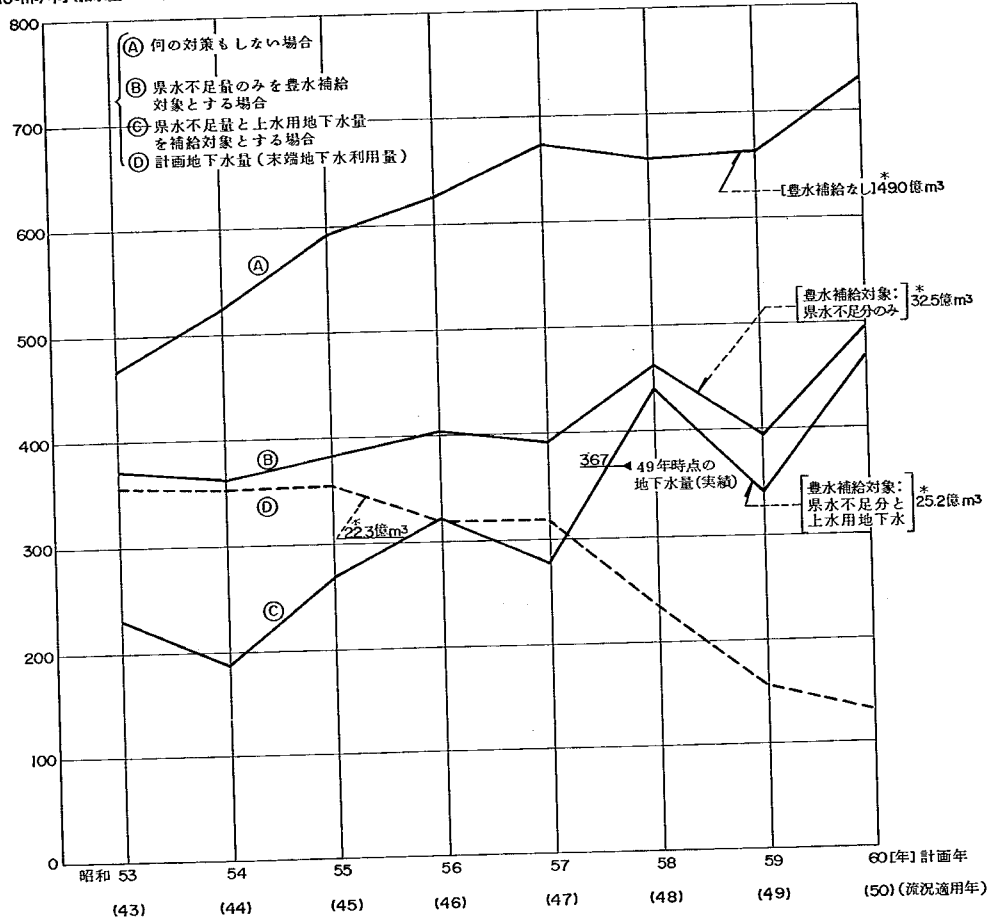


図表 4-16 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果

水源開発計画が6年遅れる場合

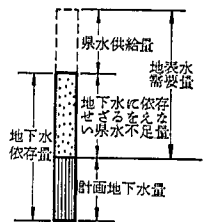
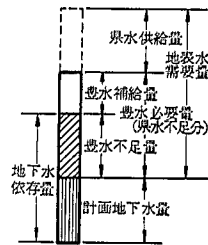
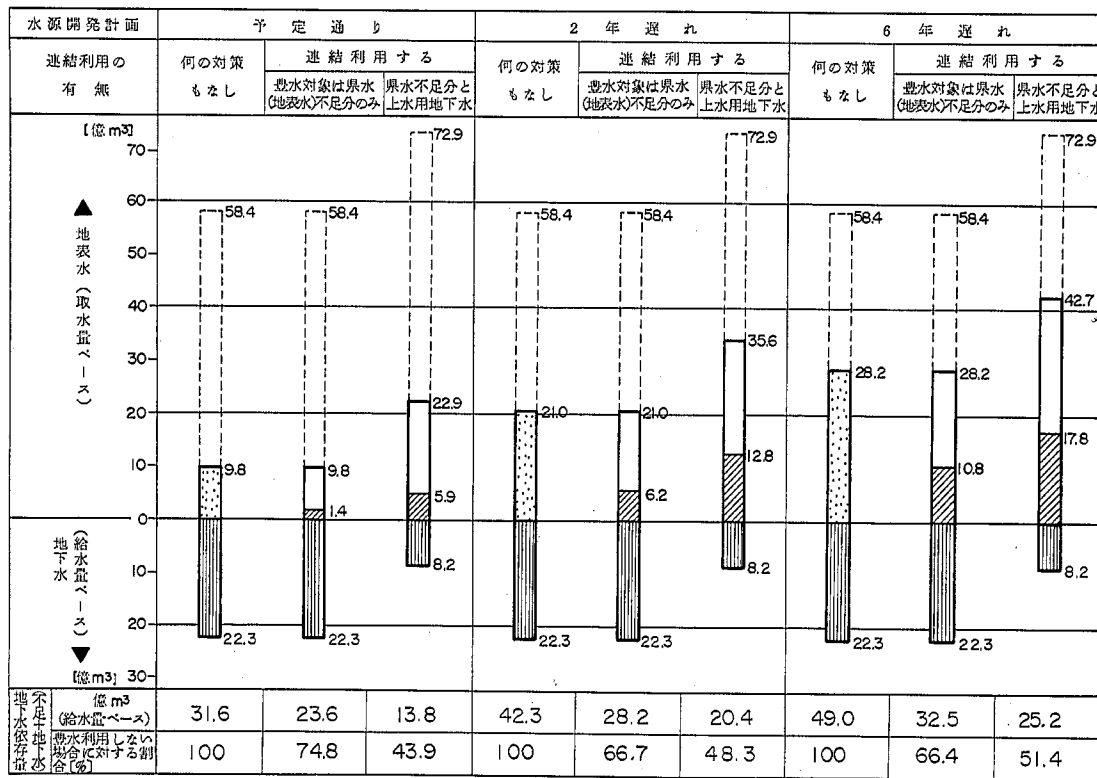
\*印：数字は8年間（昭和53～60年）合計値

[10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/年] (給水量ベース)



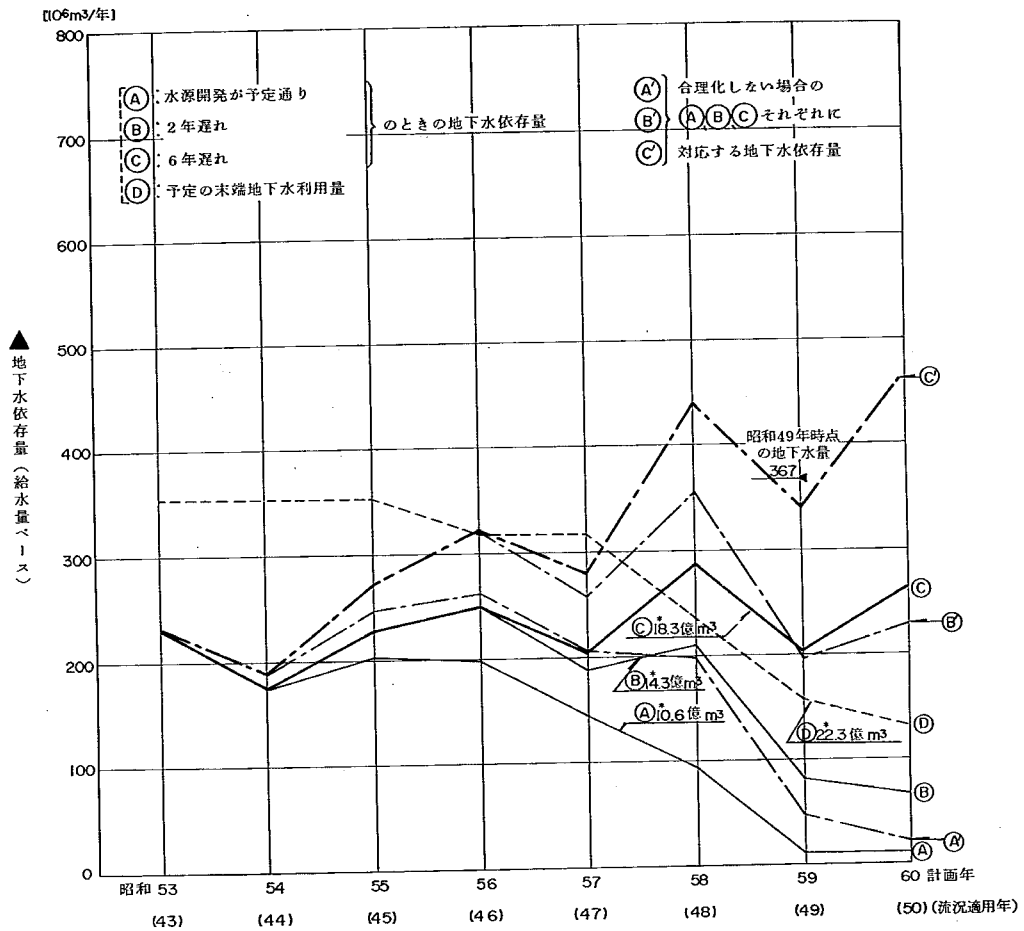
図表4-17 河川水（豊水）と地下水の連結利用の効果（地下水依存量の推移）

- ・荒川敷水利用には、昭和43～50年の状況がそっくり昭和53～60年（各々対応する）に再現するものとした。
- ・結果（数値）は、8年間（53～60年）の合計値をとった。
- ・ここでは合理化、節水は考えない。
- ・排水不足量または排水不足量は、地下水依存量とした。
- ・各水道事業体の受水地点での水量を給水量とし、河川取水口での排水量を取水量（ロス分を含むため上水は給水量の4%増し、工業は8.4%増し）とした。
- ・地表水は取水量ベースで計算し、地下水は給水量ベースで示した。



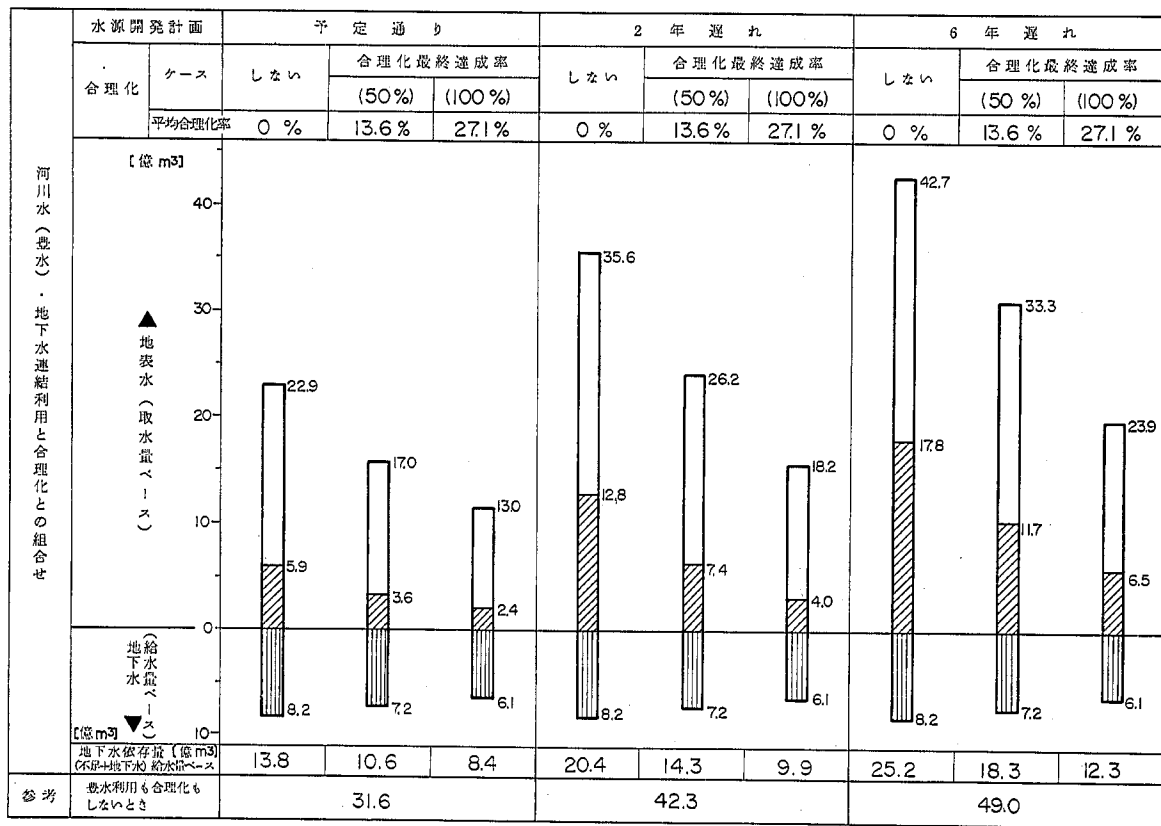
図表 4-18 河川水（豊水）と地下水の連結利用の効果

- ・河川水（豊水）と地下水（上水用のみ）との連結利用を考えた場合である。
- ・合理化最終達成率を50%<sup>註</sup>とした。（8年間平均合理化率：27%）
- 註：合理化率が計画初年昭和53年に0で漸次直線的に増加し、最終昭和60年において最高合理化率（上水が38.0%、工水が75.0%、平均51.4%）に達する場合を最終達成率100%とする。
- ・\*印は8年間合計値



図表4-19 連結利用と合理化組合せの効果（地下水依存量の推移）

- 荒川豊水利用には、昭和43～50年の流況がそっくり昭和53～60年に再現（各々に対応）するものとした。
- 連結利用の対象とする地下水は、上水用地下水のみとした。
- 合理化については、全需要量（地表水需要量＋地下水量）に対する合理化率が初年昭和53年に0で漸次直線的に増加し、最終昭和60年に最高合理化率（上水が38.0％、工水が75.0％、平均51.4％）に達する場合を、最終達成率100％とした。
- 結果（数値）は、8年間（昭和53～60年）の合計値とした。
- 地表水は取水量ベース、地下水は給水量ベースとした（〔取水量／給水量〕の値は、上水で1.04、工水で1.084とした）。



図表4-20 河川水（豊水）－地下水連結利用と合理化との組合せによる地下水依存量の削減効果

### 3) まともと考察

#### ① まとも

図表4-21は、以上の試算結果全体を図にあらわしたものである。これを見ると水資源開発計画が順調のときは、対策として河川水と地下水の連結利用のみでも相当程度の効果があつて、地下水使用は推定地下水かん養量と同程度になるが、水資源開発計画の実施がおくれるときは、河川水と地下水の連結利用の他に水使用合理化を含めた対策を実施する必要があることがわかる。

#### ② 渇水年について

河川豊水量は、年によってその大きさが変化するが、昭和43～50年の流況の中では昭和48年が最も豊水が小さいことがわかつている。

そこでこの48年の流況が53～60年において毎年くり返し再現するものとして、前記のような、河川水と地下水の連結利用試算を行った結果の一例が、図表4-22である(ただし、この試算の条件は、県水不足分のみを豊水補給対象、水源開発は2年遅れ、合理化・節水は考えない場合である)。

このような異常渇水時の場合、地下水依存量(豊水不足量と上・工水を含む計画地下揚水量の合計とする)は、昭和53～58年の毎年、49年時点の実績量(3.7億 $m^3$ /年)を越えることになり、とくに中間年次である56,57年には4.6億 $m^3$ /年となり、49年実績量の2割強もオーバーしている。

以上は年単位の話であるが、次に半旬単位についてもみてみよう。荒川の流況のところでもみてきたように、最渇水年である昭和48年の豊水(余剰水)は、1ヶ月間全く無い場合もあるし、あつても非常に少ない場合が1ヶ月半も続くことがある(図表2-3参照)。

このようなとき、おのずと地下水依存度合が大きくなり、これまでになかったような、大量揚水が続くわけである。たとえば、これまでの河川水と地下水(上水用)の連結利用試算において、水資源開発計画が2年遅れるとき、最も年間不足量が大きい57年の不足量半旬平均値を示したものが図表4-23である。

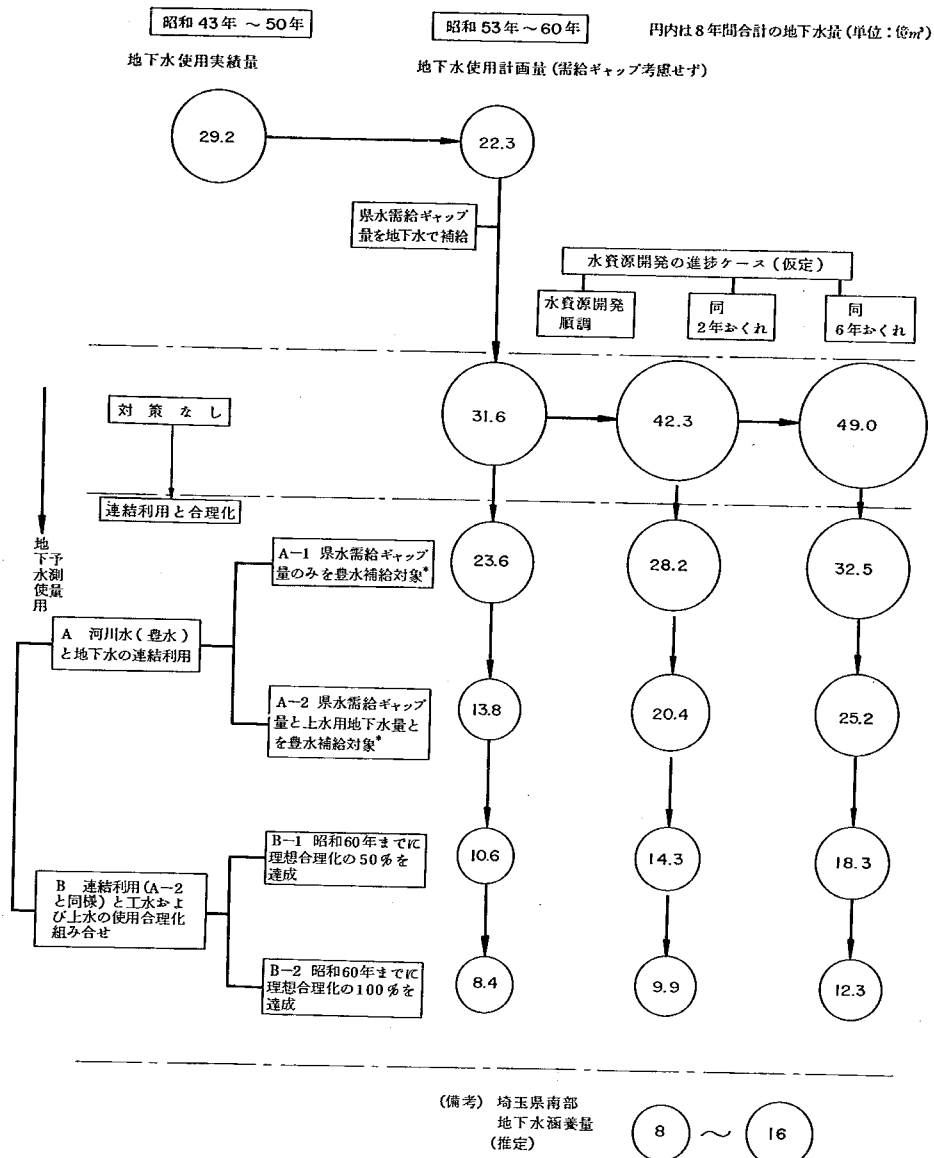
この不足量がすべて、地下水に依存するものとする、全地下水量は斜線部分となり、8月いっぱい、11月中ばから12月末までの間は、地下水にかなりの負荷がかかるものと思われる。

とくに8月の地下揚水量は、約24 $m^3/s$ (給水量ベース)にも達し、49年時の推定値13 $m^3/s$ より、10 $m^3/s$ 以上高い値となることが想定される。(この場合は年単位でも、49年の実績値を15%もオーバーしている。)

このようなピーク状態が長く続き、次のピークがでるまであまり地下水かん養が見込めず、地下水障害の恐れのあるときは、何らかの制限が必要となろう。この場合ある程度の強制的な節水もやむをえないものと考えられる。

#### ③ その他の留意点

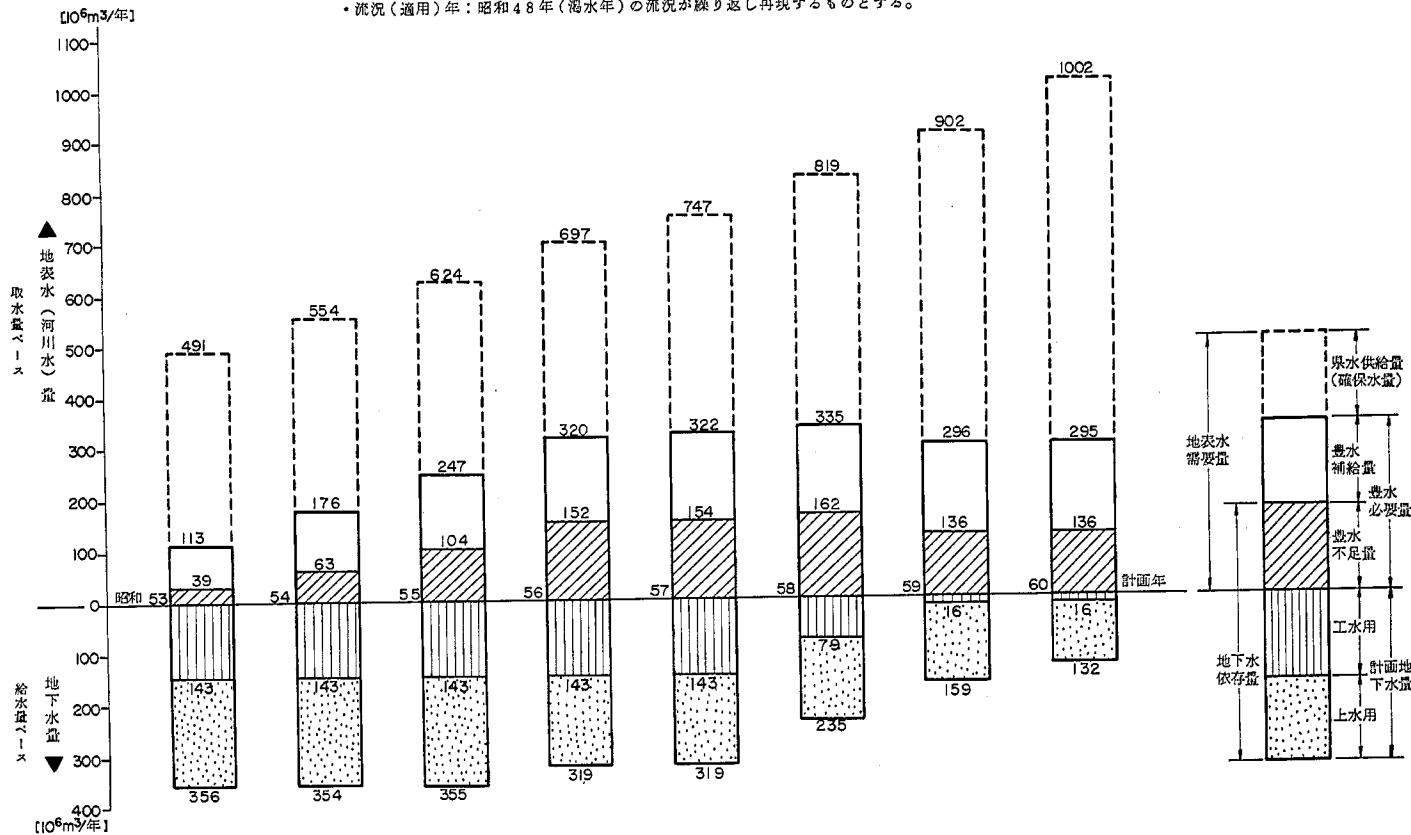
(i) まず第一に強調しなければならないことは、豊水利用または連結利用すればあたかもダム建設等水源開発が遅れてもよい様な印象を与えがちであるが、これは誤りである。



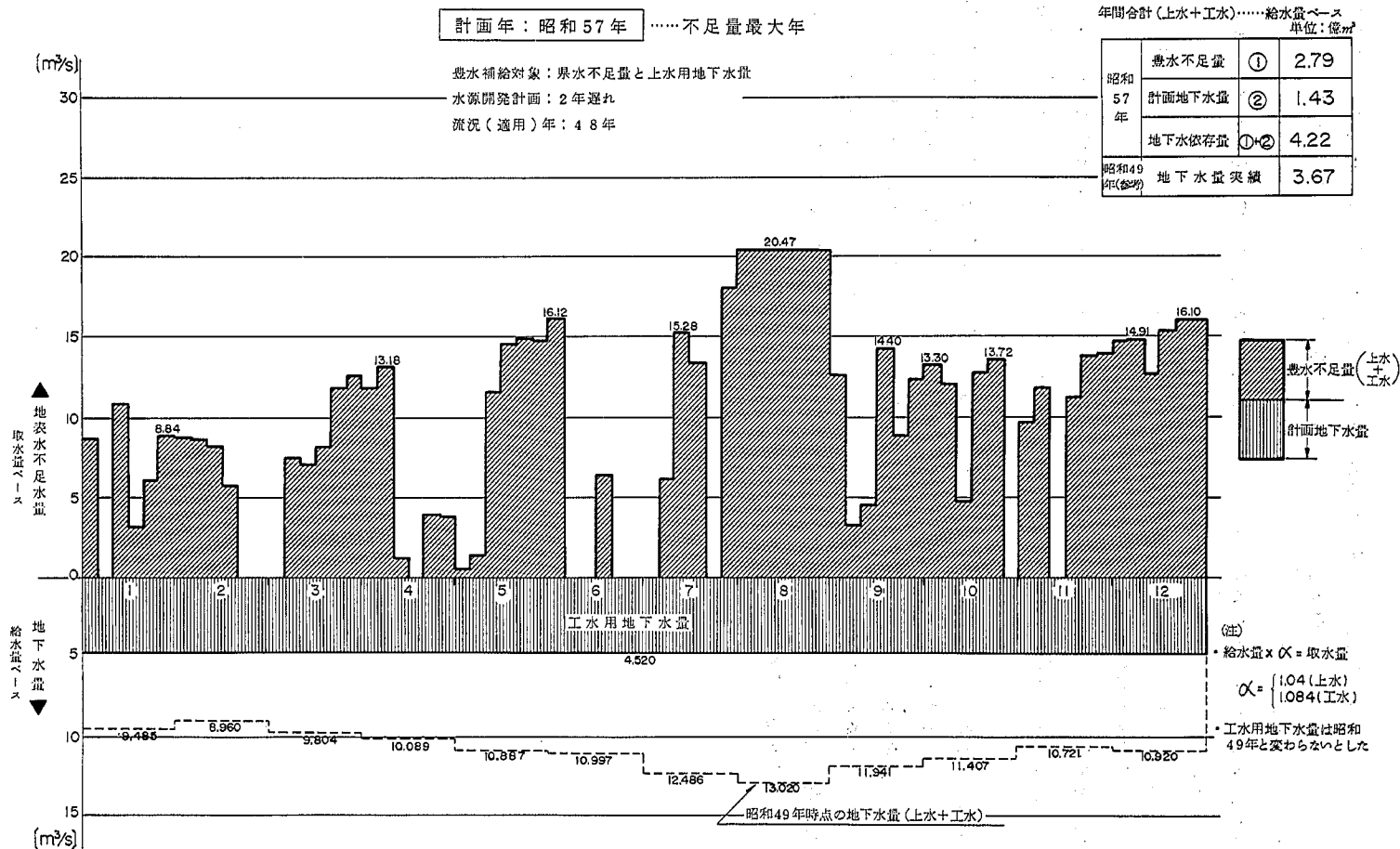
- (注) ・豊水補給対象\* の量によって河川水最大取水量が規定され補給可能量が定まる。  
 ・予測される地下水量が計画量 (22.3 億 m<sup>3</sup>) を下まわる時は、需給ギャップの解消とともに計画地下水量の削減になる。  
 ・理想 (最高) 合理化率は、上水を 38.0%, 工水を 75.0% (平均約 51%) とした。

図表 4 - 21 地下水使用予測と合理化を組み込んだ連結利用の効果

- ・ 豊水補給対象：県水不足量のみ
- ・ 水源開発：2年遅れ
- ・ 流況（適用）年：昭和48年（渇水年）の流況が繰り返し再現するものとする。



図表 4-22 河川水と地下水の連結利用に関する試算結果



図表4-23 地下水依存量（豊水不足量+計画地下水量）の半旬別推移

水需要はたとえ合理化、節水が最大限になされたとしても、たゆみなく増加を続けるであろうし、河川水と地下水とを連結利用する場合の地下水量にも使用限界があり、その限界までの余裕も残り少ないものと考えられる。

豊水利用は、あくまでダム等が完成するまでの暫定的対策であり、ダム等の完成が遅れてよい理由にはならない。

(ii) そして当然のことながら、ダム群が完成のおりには、くり返し述べているように、河川流況が調整され、豊水利用の効果が薄くなることになる。

また、荒川と利根川とは武蔵水路でむすばれており、利根導水量と荒川自流とは無関係ではありえないから、精密な計算には荒川ダムによる流況調整ばかりでなく、他の河川との関係も考慮すべきであろう。

(iii) 豊水利用対象として、他の河川も考えられる。埼玉県に関する河川として荒川以外に、利根川本川、江戸川、中川などがあり、豊水利用対象としては有望であるが、利根川本川および江戸川については、東京都、千葉県、茨城県など他の都県にも関係が深く、しかも水需給ギャップは他の都県も同様であるので、豊水利用はこれらの都県との調整をはかる必要があろう。

東京都では既に利根川の豊水利用が計画されており、利根川と多摩川との連けい利用(小河内・村山・山口貯水池利用)が考えられている。

## 5. 豊水水利権の問題点

### 1) 豊水水利権とは何か

豊水水利権とは、河川の流量が豊かな時に限り取水することができる水利権であり、余剰水利権とも呼ばれる。

新しく豊水水利権が設定される場合には、通常次のような条件が付けられる。

① ○○地点における○○川の流量が○○ $m^3/s$ をこえる場合に限り、そのこえる部分の範囲内において取水すること。

② この水利使用に係る権原の発生後にその権原が生じた他の水利使用のうち、ダムその他の流水貯留のための施設に関するものに支障を生じないようにすること。

①の条件は、豊水水利権の内容が時期的にも水量的にも不安定なものであることを明らかにしているものであり、②の条件は、既存の水利権に対しては勿論のこと、将来ダム等の建設により河川の流況を平滑化し、それにより新しく水利権が設定される場合には、当該水利権に対しても、豊水水利権は劣後的性格<sup>(註)</sup>を有することを明らかにしたものである。

ところで、ここで豊水水利権でない通常の水利権がどのようなものであるかについてふれておきたい。

河川法第23条は、「河川の流水を占用しようとする者は、河川管理者の許可を受けなければならない。」と規定しており、これが現在の水利権の根拠条文である。水利権の設定は、このように河川管理者の許可に係らしめているが、許可を受けた後は、流水を排他的かつ継続的に占有できる権利であり、私権としての性格を有するものである。しかしながら、権利の対象となる流水の状況は、土地などと違って自然条件によって大きく左右される不安定なものであり、豊水年あるいは豊水期には流量は多く、渇水年あるいは渇水期には流量が少ない。さらには毎日の流量さえ変動しているものである。水利権が排他的かつ継続的に河川の流水を利用する権利だといっても、利用する流水が十分でない時には、水利権の行使は満足にはできない。そこで水利権の設定にあたってその安定性ということが問題になる。すなわち、どの範囲までの流量を水利権の対象とすべきかということである。現在河川管理者は、次のような判断基準により水利権を設定している。まず取水地点の最近10箇年の流量資料(10箇年以上の資料があれば、そのすべてを参考にし、取水地点の流量資料がない場合には、他の基準地点の流量資料等から流量を推定する)から、10年に1回程度の渇水年を想定し、その年の渇水流量(年間を通じて355日間は流れている流量)を基準流量とする。この基準流量から下流既得権量及び河川維持流量を控除し、残余を水利権を設定できる範囲としている。しかし、これは基本的な考え方であり、我が国の河川の多くは下流既得権としての慣行水利権が膨大なもので、新規水利権が設定できない場合が多い。従ってこのような場合には、ダムとか河口堰を設けて流況を安定させ、基準流量を増加させることにより、新規水利権を設定することになる。それにより、また10年に1回発生する程度の渇水に対応できることになる。「確率 $1/10$ 」といわれるこのような基準は、一方で水利権の安定性の要請があり、他方で水資源の有効利用の要請があり、その両者の要請をバランスさせた行政慣

習として確立されてきたものである。

豊水水利権は、以上の原則の特例として設定されるものであるから、河道外貯留施設に係るものの等若干の例外を除き、暫定的な性格を有するものであることはいうまでもない。そのために、通常的水利権に付されている許可期限は、更新されることが原則とされているが、豊水水利権に付されている許可期限は、更新されないことがたてまえになっている。

なお、豊水水利権が河川管理者により設定される際には、その豊水水利権が将来安定した通常的水利権になるために必要なダム等の水資源開発施設の建設状況、豊水水利権設定予定者の他の水源の状況のほか、取水の目的の公益性、緊急性等が特に重要な判断事項となる。

## 2) 豊水水利権の問題点

豊水水利権の設定は、「確率  $\frac{1}{10}$ 」といわれる現在の河川の水利用の原則と密接な関係を有する。そして、この原則が妥当なものであるかがしばしば問題になる。この「確率  $\frac{1}{10}$ 」を例えば「確率  $\frac{1}{5}$ 」とすれば、ダム等水資源開発施設を建設することなく、まだまだ新規の水利用を設定できることになるわけである。しかしながら「確率  $\frac{1}{10}$ 」の原則は、河川水利用の基本的な行政慣習として、歴史的に確立されてきたものであり、現在でも変更を必要とするような不当なものとは思えないし、またこの原則の変更は、過去に遡って大変な混乱をまねくことを考えると、今後とも維持すべき原則であろう。

以上の原則を前提にしようとして、豊水水利権に関する問題としては、渇水調整の問題がある。渇水時の水利権者間の水利調整の際、豊水水利権は、他の水利権に対して劣後性を有するものであるから、他の水利権に何ら制約を加え得ないことがたてまえである。しかしながら、豊水水利権が現実には有する公益的目的との関係で、現実的にはその調整が大きな問題になりうるものである。

次に豊水水利権の安定性は、その河川の上流でダム等が建設されるような場合には、ますます低下することである。例えば、A地点で河川流量が  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  以上のときに限り取水できる豊水水利権が設定されている場合に、A地点の上流に利水ダムができ、A地点の下流で  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  を新規に取水することになると、その豊水水利権は、その劣後性による当然の帰結として、A地点の河川流量が  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  以上のときに限り取水できる水利権に変わるからである。

また、視点は異なるが、地域開発計画との関係で豊水水利権をどのように設定すべきであるかといった政策的配慮も必要であろう。水問題の観点からも、地域開発計画に対し注文をつけるべき段階にあるとすれば、豊水水利権を設定することが、長期的にみて妥当なことかどうかの検討を必要とする。大都市圏における人口、産業等の集中化傾向を抑制していくためには、それに対応する水利行政が要請されるということである。

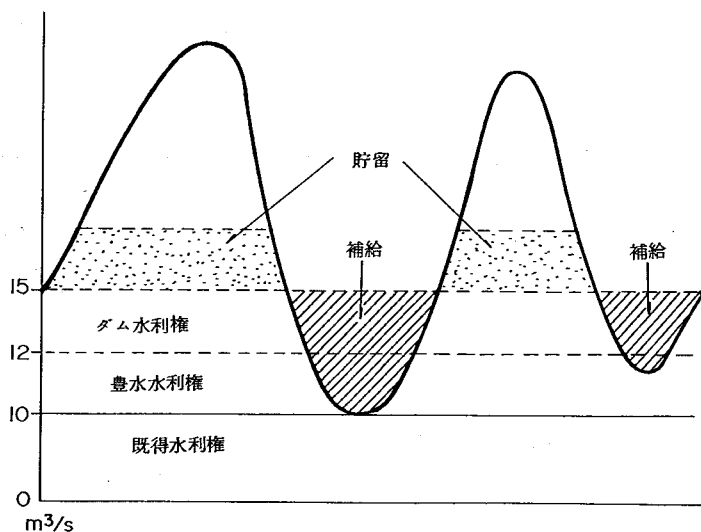
## 3) 総合的利水対策と豊水水利権

今後の利水対策としては、その総合性が要請される。まずその第一は、従来の利水対策がダム等の水資源開発を中心に進められてきたのに対し、これからは水利用の合理化対策が大きな比重

を占めるということであり、そのなかで水利用に対する料金政策も切実な検討課題となる。次いで第二には、河川の流域を一体的にとらえ、その流域内の河川水、地下水、さらには再生水の利用を相互に調整していく必要性が、今後一層高まるということである。

以上のような総合的利水対策の一環として、例えばある流域で河川水と地下水を総合的に利用しようとするような場合に、河川水を豊水水利権の形でベースとし、その不足分を地下水で補完するような水利用形態が考えられる。ただしその際、豊水水利権が、その水系における将来のダム開発等との関係で不安定なものになる点を考慮すると、このような水利用形態は、暫定的なものは別として、ある程度恒久的なものとしては、その水系の水資源開発計画の最終段階におけるものとして位置づけるべきものであろう。ところで、さらに一歩進んで、流域内の利水対策をより総合的に考え、従来のダム等の水資源開発事業に加えて、市街化の著しい地域での農業用水の転用、さらには上記の豊水水利権と地下水利用の組合せをも広く包含し、しかも利水計算上相互に矛盾することのないかたちで水資源開発計画が樹立されるならば、その流域のより合理的な総合的利水対策が可能になろう。そして、このことにより、流域内の利水者間の水源費負担の均衡も図られることになろう。

(注) 豊水水利権を優先させることを仮定すると将来のダム等による貯留及び補給の状況は下図の如くなる。



既得水利権  $10\text{ m}^3/\text{s}$  の上に豊水水利権  $2\text{ m}^3/\text{s}$  がすでにあり、ダム等により、さらに  $3\text{ m}^3/\text{s}$  開発する場合を想定すると、ダム等による貯留は  $15\text{ m}^3/\text{s}$  以上の流況の場合に限られ、一方補給は  $15\text{ m}^3/\text{s}$  まで行なうことになるから豊水水利権の穴埋めも当然になされるが、そうまでさせることは妥当でない。これが豊水水利権が劣後的性格を有する理由である。

(内藤 勲)

## 6. 地表水と地下水の総合運用に関する法制的諸概念

### 1) 法律学上の「条理」

我国における水法制の現状は、体系的なものとしては、地表水の一部をなす河川について成立しているのみである。従って、地表水と地下水の総合運用という問題は、まず、法体系の欠缺の場合における基礎的な物の考え方から出発する必要がある。

諸々の事象の錯綜する関係を秩序立てて整理し、それぞれ妥当な社会的評価を与えるための規準となるべきものは何かということについて、従来、社会科学の諸分野において発展せしめられて来た基本的観念のうち、よく知られているのは、次のようなものである。

すなわち、政治学においては、「最大多数の最大幸福」という原理があり、経済学においては、「最小の費用による最大の効用」という原理がある。これらの観念の常識的意味からすぐに理解できるように、前者は、人の集団の統合と安定を主旨とし、後者は、物の集団の間の競争と淘汰を主旨とする。発生的に見れば、いづれも「自然の成行」に委せられる性質のものであるが、現代の高度管理社会にあっては、それぞれに計数的予測が加えられることが多くなってきている。

これに対し、法律学は、人と人との間の（多くの場合は物をめぐる）紛争の解決の手法から発生したものであり、その基本的原理は、「社会的制御への正当性の信念」とであるといわれるが、その発現の様子は、極めて複雑である。すなわち、紛争解決のルールを定める手続的なもの（例：訴訟法）から、妥当な結論（標準又は上下限）を予測せしめる実体的なもの（例：民法・刑法）をカバーし、さらには政治的・経済的（集团的）政策目標を宣明し、規格化するもの（例：各種計画法・予算関連法）へと、法の現代的機能は著しく拡大している。

このように法律学上の社会的規準は、現代においては数多くの法令に明文化されている。しかしながら、本来それは、抽象的概括規範（「およそ〇〇は、〇〇でなければならない」「〇〇が〇〇の要件に該当するときは〇〇しなければならない」etc）であって、具体的な事象に法律的判断を適用しようとするときに、明文の規定の概括性を打ち破るほどの特殊事情がある場合、法律の予想しない事態である場合、法律が未制定ないしは欠缺の状態にある場合など、これを補うために用いられる規準、ひいては、成文法の根底的な処に存在する規準は何かという問題が生ずる。

明治8年6月8日太政官布告第103号「裁判事務心得」の第3条には、

「民事の裁判に成文の法律なきものは習慣に依り、習慣なきものは条理を推考して裁判すべし」とある（ここに「習慣」というのは、現在我々が用いる「慣習」ないし、「慣習法」の意味である）。

また、有名なスイス民法（1907年、明治40年）の第1条には「この法律に規定がない場合には、裁判官は、慣習法に従い、更に慣習法も存在しない場合、自己が立法者としてならば設定するはずの規範に従って、裁判しなければならない。裁判官は、この場合において、確立された学説および判例に従う。」

と規定している。ここにいう「学説」とは、裁判の実務上の運用においても、合理的なものであ

るならば、外国の学説も含む趣旨であると解されており、また、この規定が自由な法の発見とその妥当な裏付けを広く確保しようとするものであるという歴史的意義を有する限りにおいて、社会科学・自然科学一般の成果を援用するものであつてよいと思われる。

これらを比較してみると、洋の東西を問わず、法律学上の公準は「成文法—慣習法—条理」という構造に概ね集約されるものといえよう。ところで、科学技術の進歩・生活水準の増大への欲求とこれに伴う社会的・経済的環境の変化により、古来の慣習法の存在形態はどのようなものであるか、また新しい社会的必要に基づく現代の慣習法がどのように生まれつつあるのか、という問題は、それ自体極めて興味ある問題であるが、いづれにしても、慣習法に関する存在証明と正当な評価は、必要なことである。ここでは、多くの場合（そうでない場合もある）慣習法の妥当性を支えるものともなりうる「条理」の一般的な意味について考える。

前掲の「裁判事務心得」は、1875年という時点で、西欧諸国に先がけて、国家的宣言として法律学の公準を明らかにした極めて記念すべきものである。その背景には、フランスの自然法（*droit naturel*）思想を日本に実現しようとした明治政府の法律顧問ボアソナードの示唆があるといわれる（ただしボアソナードは、不合理な慣習法に対しては自然法が優越すべきものと主張している）。当時、この条理とは、日本古来の伝統的な法感情（例えば「義理人情の然らしむるところ」）を考えているものとする見方と、ヨーロッパ的な合理主義（例えば、イギリスの判例法の根柢をなす正義と衡平（*Justice and Equity*）の理念など）を尊重するものであるとする見方が対立したが、その間に、「外国の法律を参照し其条理と認むるものに依り判決す」とした裁判実例があつたことは、特筆すべきことである。

一方、スイス民法第1条の考え方には、裁判官の法の定立に関し、「事物の性質」（*Natur der Sache*）に即して、最も妥当な解決が探究されるべきであるというドイツの伝統的観念が、最もよく反映されている。そのような実質的な裏付けがあつて初めて、万人を納得せしめる法秩序が個別的な紛争処理に際しても、予測的規範としても成立し得るからである。

以上のように、法令が必ずしも完璧とはいえない場合における法思考の基本的原理たるべきものは何かということについてフランス流の「自然法」、イギリス流の「正義と衡平」、ドイツ流の「事物の性質」（ここにいう事物には「人」という事物も含まれる）を挙げることができるがこれらは、結局同一のもののアプローチの仕方が異なるにすぎないことが多い。従つて、法律学上の「条理」とは、端的に言えば「事物の性質」に則った合理性をさすものであるといつて差支えない。特に、科学的・技術的事項に関連する要素の大きい本題に関しては「水」という事物の性質について根柢的に分析することが重要であると思われる。

## 2) 「水」という事物の性質

水という事物の性質は、抽象的・一般的に表現しようとするれば、誰にも自明なこと以上のことはいえないし、具体的・個別的に確定しようとしても、つねに予測できなかった事態が現われるという、非常に不思議なものである。いづれの面についても、すでに夥しい言葉や数字が際限なく費やされている。水について語る言葉・水をとらえようとする数字は、つねに水そのもののよ

うに流れ去っては、また巡り来っている。以下の叙述は、本題に関して、水という事物の性質についての幾つかの特徴的な面を整理する一つの試みである。

#### A 地域的・季節的偏在性

世界各地の年降水量、国民1人当りの降水量、季節別降水量、河川の流出係数・地下水の補給速度などについての較差が、日照・気温・風向など他の気候的要因及び地理的・地質的要因と相まってそれぞれの自然環境の差を生ぜしめていることは、ここに数字を挙げて説明するまでもない。法制的な面では、次の諸点が挙げられる。

① 降雨が少なく気候がきびしいために土地が不毛である地方にあっては、水を取得することは、土地を取得することの前提である。水は、その欠乏の度合に応じて、それ自体土地の権原に等しいものとなり、また土地そのものよりも確かな土地所有を成立させるものである。

② 掘さくして汲み上げる地下水と異って、湧水は土地所有権に含まれる（スイス民法）、湧水に対する権利は、場所的位置に由来するものである（フランス民法）、ある土地に地下水が発見されることは、その土地の所有者よりも占有者の偶然的利益である（ベルギーの判例）等の考え方は、土地と水の係り方の特殊な態様における水の偏在性の法的構成の一形態である。

③ 人工的な降雨の刺激、人為的な降雨の操作などの技術は、21世紀の早い時期には、一定の技術的段階に達するものとみられるが、現段階では「この問題が新しいものである故に、大気中の水の利用が環境の変化をひき起す可能性についての研究・調査を注意深く実施し、その成果を十分評価した上で行動すべきである。しかしながら、このような注意を払うことは、新しい技術を開発する上で、不必要な障害となるような姿勢をとることとなるものではない。」

（国際水法学会勧告H-60, 1976. 2.）

#### B 支配・改善可能性

フランス民法を範例として起草された旧民法（いわゆるボワソナード民法）財産編第25条には、次のような規定がある。

「公共物トハ何人ノ所有ニモ属スルコトヲ得シテ総テ人ノ使用スルコトヲ得ルモノヲ謂フ即チ空気、光線、流水、大洋の如シ」

これらの自然法的観念からすれば、流水（地表水には限らない）は、大気、日光、公海と、事物の性質上、同等のものとみなされている（なお「舟若クワ筏ノ通ス可キ川又ハ堀割及ヒ其床地」は「国領ノ海及ヒ海浜」と同様に「公ノ法人ニ属シ国用ニ供シタル物」として「公有」の財産となるものとされている（同22条）。一般的な原理としては、このような把握の仕方は正しい。しかしながら、一定の態様と限界のもとでは、若干の留保を行う必要がある。それは、流水にあっては、他の三者と違って、人間が支配し、改善の手を加える可能性があるということである。現実の可能性の程度は、時代によって異なる（しかし、古代と現代では、機械力の差はあっても、工作物そのものの規模・精度に格段の差があるとは必ずしもいえない）。また、その目的の面からは、治水・利水から環境保全へと範囲が拡大してきており、当然のことながら、政策の実現手段としての水法の実際の機能も増大している。第二次大戦後、特にこの20年来の各国の水法改革の内容が驚くほど一致しているのは、同様の生活水準の向上を欲求し、同様の科学的技術を

駆使し、同様の汚染物質を排出していることの結果に他ならない。社会経済生活のあらゆる面でのコミュニケーションの増大による文化的風土の差の解消は、気候的風土の差による従来の法観  
念・実定法の特殊性さえも縮小させつつある。このような現象は、社会的な意味で事物の性質が  
共通化したことの一つのあらわれである。

### C 流動性・循環性・不可分性

旧河川法第3条には、次の規定がある。

「河川並其ノ敷地若クハ流水ハ私権ノ目的トナルコトヲ得ス」

この法律は、フランスの水法に2年、プロイセン水法に17年先立つものであるが、同時代の  
独仏両国の公水についての考え方を大幅に継受したものである。すなわち、水体（水流及び水面）  
とは、流動する水とその敷地との統合体（「統合体」という観念は、いづれの国においても、私  
法上の「物」については成立していない）であると考えるのである。その結果、主務大臣が河川  
区域に認定すれば、現実私的な支配（使用収益）の可能な土地さえも、私権を消滅させること  
となり、為に高水敷でさえも統一的な河川管理を行うのに実際の面で支障が生じた。新河川法  
は、私権の目的となることができないのは、流水のみに限ることとしたが、その法制的な意義は  
次の諸点に認められる。

① 流水の属地性の観念が排除された。（プロイセン水法から脱脚した1957年西ドイツ連邦  
水法の水体（Gewässer）の定義も、敷地に言及していない。）

② 流水は旧民法（前述）にいう公共物に相当するものとなった。（フランスの1964年水法は、  
敷地が私有地であっても公益上の必要があれば公水とする混合水流（Cour d'eau mixte）の制度を  
採用した。）

③ 水文的循環ということが初めて法的に承認された。（河川法の枠内であるために、法文上  
は「河川の流水」に限られているが、さらに別の法律が「地下水（……海水、大気中の水etc）は、  
私権の目的となることができない」と規定することとなれば、同様の意義を有するものである。）

水は、その事物の性質上、流動し、循環し、かつ、任意に区別することのできないものである。  
一時的に容器に収めることはできても、再び流動し、循環してゆく「極めて奇妙な商品」であり、  
通常の意味の商品とはなり難い。

世界各国の水に関する基本的認識は、次のように集約されている。

「水は、水文的循環の一体性の観点に立つて考察されなければならない。水は、他のいかなる  
自然資源以上に、万人の利用に供されるべきものであるが故に、様々な態様の開発を阻害せずに  
これを単一かつ公共のものとしなければならない。」

（国際水法学会勧告A-1，1976.2）

このような観点から見て、最も徹底した規定を有するのは、イスラエル水法（1959年）とイ  
ラン水法（1968年）である。すなわち、

#### ◎ イスラエル水法第1条、第2条

「イスラエルの水資源は、公共の財産（public property）であつて、国家がこれを管理し、住  
民の利用および国の発展に供される。

この法律において「水資源」とは、湧泉、溪流、河川、湖沼その他の水流および水面をいい、その場合に地表・地下、天然・人為・人造(natural, regulated or man made)を問わず、また水が常時若しくは断続的に上昇し、流動し、または停滞するかを問わないものとし、排水および下水を含むものとする。」

◎ イラン水法第1条

「河川、自然の水流、溪谷、溪流その他の自然の水路を流れる地表・地下のすべての水並びに洪水、下水及び排水の過程にある水、湖沼・自然の池・湧泉の水、鉱水及び地下水資源は、国の財産とみなされ、かつ、公共に属する。」

以上に述べた「水」という事物の性質に関するA、B、Cの3区分は、それぞれ「問題の発端」、「人為の必要」、「望ましい帰結」を示唆するものである。

3) 「総合運用」の意味

従来、地表水(狭いフレームワークでは河川水)のみを対象として、A:偏在性、B:改善可能性、C:不可分性に留意した場合に、どのような手段が考えられてきたかということについて、簡潔に要約すれば、次のようなものとなる。

A:何人も水を求めて立地する。供給が需要に満たず、または涸渇し始めるときは、他に立地を求めるか、または合理化・再利用を考える。

B:時期的調整のための貯留又は場所的調整のための長距離導水若しくは流域間分水を計画する。

C:大河川を柱とする流域統合管理を行う。その場合に、巨大な貯留施設があるときは、その操作が中枢機能を果たす。

我国のように、降水量そのものが比較的豊富である場合には、目に見えて計数化し易い地表水の運用に関する上述のような構造が、水問題処理の骨格となることには、将来も大きな変化はないであろうと考えられている。

しかしながら、我国の人口・産業の圧倒的部分を占める大都市圏域にあつては、問題は益々深刻化しつつある。そこに、新たな構想のもとに、地表水(河川水に限らず、場合によっては洪水・下水・排水の過程にある水を含む)と地下水の総合的運用の必要性が生じ、現実の課題となっている。(これを工学的に表現すれば、HydrographyからHydrologyへの転換といえることができる。)

ところで、「総合←運用」の意味合いは、人によって、また場合によって、必ずしも一定していないようである。以下には、前述のA、B、Cの3区分構造をさらに敷衍して、この用語の幾つかの局面を分析することとしたい。

A. 相補的運用

自然的・社会的所与条件のもとで、地表水が不足するため、地表水の取得より容易であるなどのため、手近な水資源として地下水が使われ、その多くの場合は安易な地下水開発であることが指摘されている。その結果、地下水利用に伴う地盤沈下・塩水化・水源涸渇などの障害が発生し、

何らかの社会的強制のもとに再び地表水への高価な水源転換が行われる。このように、地表水と地下水は、社会的・経済的な意味で、相補う関係にある。(水文学的な意味で、相補う関係にあるのは、当然のことであり、これはむしろ、次のB・Cの基礎となるべきものである。)しかし、従来我国の実態における両者の相補う関係は、開発の年代・規制の年代といった形で、順次上述のような問題点を発生せしめることになり、経済的効率の上からも、社会的(外部的)費用という面からも、好ましいものではなかった。

#### B. 一体的運用

地表水と地下水の相補う関係を、安易に放置することなく、また所与の条件の限界内に止めることなく、これらを一体として運用すべきことが、特に近年、強く認識されて来ている。その意味内容には、次のようなものがある。

##### (1) 水資源の最適開発のために地表水・地下水を上手に組合せること(広義の一体的運用)

「法律は、水資源の最適開発のために、地下水および地表水を組合せて利用することを指向するものとなるべきである。」(「世界の水法制度に関する国際会議」の決議・1975・9)

##### (2) 地下水涵養を軸にして地表水・地下水の保全・開発・利用をシステム化すること(狭義の一体的運用)

「地下水は、他のすべての利用可能な水資源と統合的に管理すること。一例として、実施可能なところでは、地表水の貯留のために滞水層を利用すること。また、地下水が涵養される地域を整備・改良して、降雨の流失を最少にし、余分の地表水を貯えることが、これに含められるものであること。」(国際水法学会勧告E-17C, 1976, 2)

#### C. 一元的運用

地表水と地下水の一体的な関係を、ソフトの面であれ、ハードの面であれ、制度的・科学技術的に構成することが可能となったとして、それが真価を発揮するためには、水管理機能上の一元性が確保されることが望ましい。(近年において漸く流域総合水管理ということが具体的に検討され始めたが、これは必ずしも地表水と地下水の一体的運用を前提とするものではなかった。)ここでは特に地下水の側からの留意点として「一元化」の意味について幾つかの指摘をしておきたい。

① 一元化の地理的区分を概ね主要な河川流域とすべきことは、世界各国の共通認識である。特に、原則として更新性の浅層地下水の利用しか期待できない我国にあっては、当然のことである。

② 一元化すべき事項は、賦存調査から保全・開発・利用のプログラムを経て、水量・水質の監視・測定・事後措置に至る一括した管理機能とすべきである。

③ 一元化ということは、必ずしもある特定の機関に権限を集中することを意味しない。地下水の本性(事物の性質)に立脚した合理的な思考(条理)が有識の関係者間に共有される限りにおいて、「考え方の上での一元化」(Conceptual Unity)ということもありうる。

④ 地下水の制度面・科学技術面が未成熟の段階において、地方自治体ないしは地域住民の創意による新しい構想の芽生え(現代的な慣習法を形成していくもの)が見られるときは、これを

正當に評価し、育成すべきものであり（例えば、秦野市・座間市における地下水取水者負担金—公的協定による協力金—の実例など）、国の法律による一元化は、必要条件ではない。

なお、国際水法学会勧告B-10においては、次のようにいわれている。

「単一の水行政庁を設置することは、憲法制度がこれを許容するものであるときは、水資源計画の達成と妥當な水資源行政とを得るための有効な手段である。」

（ここに、「憲法制度」に言及しているのは、連邦制の国があることに特に留意したためである。）

#### 4) 総合運用のフレームワーク

地表水と地下水の総合運用の具体的プログラムは、技術的・工学的可能性に依存するところが大きく、その可能性が認められる限りでは、任意の態様において現に実施され、または実施されようとしている。そのような事例としては、次のようなものがある。

##### ① 総合的水文調査

西独バーデン・ヴェルテンベルグ州の水調査・水管理計画庁（die Landesstelle für Gewässererkunde und wasserwirtschaftliche Planung）における実績（「河川」1974. 7. 「外国の地下水管理(1)」参照）

##### ② 総合水管理計画

フランスの第6次水計画（1971～75）による北仏アルトア・ピカルディ流域における流域財団（l'Agence financière de Bassin）の活動目標（「河川」1974. 9. 「外国の地下水管理(2)」参照）

##### ③ 用途別・水源別水配分

西独における実情（「河川」1975. 8. 「西ドイツの水保全対策」参照）。西欧・東欧を問わず、上水道の地下水依存度は極めて高く、特にバイエルン州の水保全原則では、飲料水としての地下水の保全を優先させている。（東独水法も同様である。）

##### ④ 洪水の地下への涵養

オーストリアにおける洪水氾濫区域制度の一つの目的としての地下水涵養（「自治研究」1975. 8. 「水害と土地利用規制」参照）その他多くの国の事例

##### ⑤ 大気中の水の地下への涵養

カリフォルニア州サンタ・クララ溪谷における水保全区（Santa Clara Valley Water Conservation District）の大気中・地表・地下を通ずる総合的水賦存調整対策事業（「水利科学」1966 年52 栗原 浩「アメリカの地下水涵養」参照）

以上の各節にわたって述べたところを集約して、将来における地表水と地下水の総合運用に資する様々な政策目標を、次のようなテーブルに整理することができる。ここに挙げた幾つかの「総合性」の指標は、いづれも重要な課題として、今後多くの検討と研究が必要であると考えられるが、それぞれ必要条件というよりは、十分条件の一部を構成するものであって、実現可能なものから順次実施することは、全体の問題解決への前進として、それなりに評価されるべきである。

<地表水・地下水総合運用の法制フレームワーク>

- ① 水文学的総合性
  - イ. 水文調査の包括性
  - ロ. 水文循環の法的承認
- ② プログラム的総合性
  - イ. あらゆる水を対象とする総合水法
  - ロ. 国家・流域レベルでの総合水計画
- ③ 自然条件的総合性
  - イ. 水賦存状態による利用限界の統一的認識
  - ロ. 用途別・水源別のプライオリティ
- ④ 改善政策的総合性
  - イ. 水賦存機構の調整改善
  - ロ. 既存利用の見直しと水源転換
- ⑤ 管理機能的総合性
  - イ. 機構上又は理念上の一元化
  - ロ. 地方的創意の育成・普及・制度的認知

(三本木 健治)

## 1. 埼玉県における水利用

### (i) 水利用の歴史

埼玉県の平野部は利根川、荒川の乱流地帯であったため、これらの河川の氾濫により下流部では大湿地帯を形成し、多数の沼（中川流域で78カ所、17,700 haと言われる）と多くの排水路（乱流河川）が存在していた。徳川期（関東支配、天正18年、1590年）に入り、最も開発のおくれた広大な沖積平野は幕府の首都江戸に直接つながり軍事的、経済的に極めて重要な位置にあったことから、地域の生産と江戸を水害から守るため、幕府による大規模な治水、利水を中心とする土地利用対策が展開された。

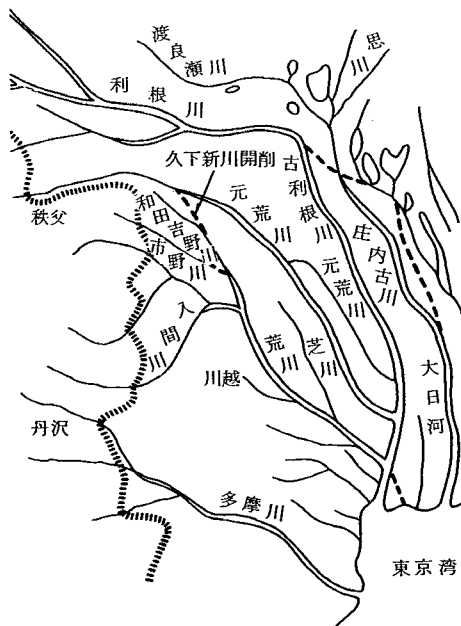
県内で最も早い時期に水田地帯を形成したのは忍領であった。このあたりは荒川扇状地の扇端部の湧水地帯であり、用水を得やすく、比較的排水条件も良かったためである。この荒川扇状地をかんがいしている6堰の1つ成田堰は、延徳年間(1489-91)、あるいは文亀年間(1501-03)の築造といわれており、他の5つの堰も慶長

図表V-1 資料:荒川上流概要(197  
荒川流路変遷

久下村（現熊谷市）地先の新川開削によって、荒川の本流を当時入間川の支川であった和田吉野川と合せ、現河道を経て東京湾に注ぐようにした。

以後徳川中期（宝永、享保）頃から堤防を高くし、洪水を河川流路におしこめて流下させる工事が行われたが、破堤によりしばしば大洪水の被害を受け、とりわけ寛保2年（1742年）には大被害を与えたことで知られている。

圖表 V-1 資料：荒川上流概要(1977)  
荒川流路變遷



発を可能とし、多数の沼沢地の開田が進行しそれにともない排水の必要から排水路の改修と新設（大場川、木売落、姫宮落等）が促進され、これと併せて用水の施設もつくられていった。

これらの代表としては葛西用水（寛永年間1624～1643年）及び見沼用水（享保12～13年、1727～1728年）の開発があげられる。特に葛西用水は利根川の旧河道即ち低湿地帯の排水河川を主体として用水機能と排水機能をあわせもったものであり、用水と排水の相互関係が形成されたばかりでなく、後で開かれた見沼代用水との関係においてはこれら全地域を対象とした高度な有機的利水体系を確立した。しかし利根川流域の主要水田地帯はその形成の過程が低湿地であったことにより、殆んどの水田が排水不良を来し洪水被害の頻度も高かった。

（埼玉県農業水利利用審議会答申（S. 51. 11）より引用含む）

以上のような経過をたどりながらも、低湿地帯である中川流域の開田が進み、たとえば、1600年には水田面積が25,000町歩、米の生産高が25万石にすぎなかったものが、1645年には45,000町歩、45万石、さらに1830年には50,000町歩、60万石と、1600年に比較して約2倍の面積、生産高となったといわれる。

この地域の排水改良が行なわれるようになったのは、大正時代に入ってからである。

明治時代に入り、明治6年河港道路修築規則が公布され、河川管理の方法が初めて確立され、当時重要視されていた舟運のために、河川航路安定化の低水工事が、政府直轄事業として行なわれた。

明治29年に河川法が制定され、国の直轄事業として、利根川、渡瀬川、荒川、中川（大落古利根川、庄内古川を含む）の改修工事が実施された。

一方農業以外の水利利用についてみると、人口が密集している平野部は、その昔、利根川、荒川の乱流によって形成された沖積地で標高が低く地下水位が高く、かつては一部地域に自噴井戸があつて浅井戸で容易に水利利用ができていた。生産活動が活発でない時代には地下水利用は生活用水が大部分で、地下水利用はその供給量とバランスが取れていた。この地下水は最近まで、いわゆる浦和水脈と呼ばれ、秩父山地に豊富な水源を有し、水量はつきることが無いと信じられていた。このように良質な用水が容易に得られる状況にあつたため、埼玉県下における上水道の普及は全国平均に較べて遅れていた。

戦前にあつた水道は6水道のみで、そのうち秩父市水道は大正13年の創設で最も古く、昭和10年までにはそれ以外に、深谷市（昭和5年）、児玉町（昭和5年）、飯能市（昭和7年）の3水道が開通し、その後、所沢市（昭和12年）、県南水道（浦和、大宮、与野、昭和13年）、が開通している。戦後も昭和30年までには川口市が昭和28年に通水のみ、翌昭和29年に春日部市、入間市、朝霞市、小川町で開通したに過ぎない。

このような経過をたどっている内に、戦後の復興に伴う生活水準の向上と、産業活動の活発化により水使用量が増加し、大部分の水源が地下水であつたために埼玉県平野部全域にわたる地下水位の低下が始まっている。

上水道水源を地域別にみると、平野部の深井戸によるものと、上流地域での河川水および伏流水取水が主なものである。

### (iii) 各種用水の推移

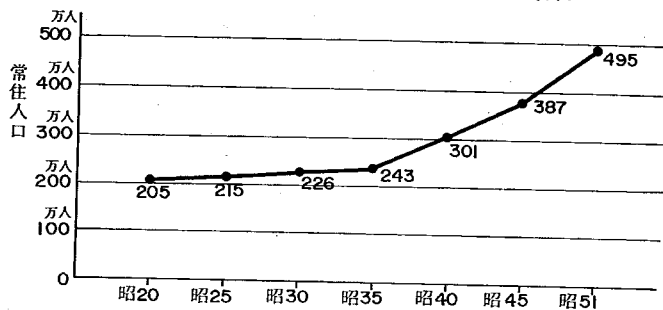
#### ① 生活用水

##### 1. 埼玉県人口（常住人口，給水人口）の推移

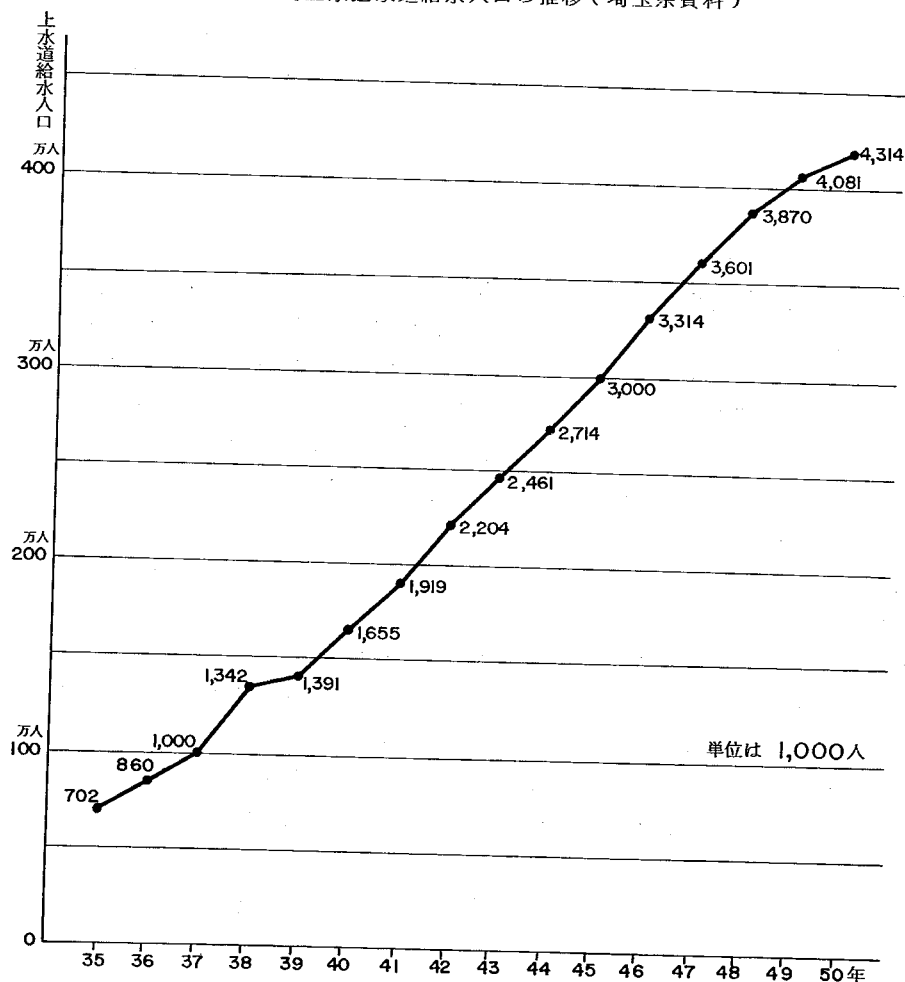
昭和30年代中頃に始まる経済高度成長は、大都市およびその周辺地域への急激な人口集中をもたらしたが、首都に隣接する埼玉県は、その影響を最も大きく受けている。

図表V-2は、埼玉県常住人口の推移を示したものであるが、昭和45年、50年の国勢調査

図表V-2 埼玉県常住人口の推移（埼玉県資料）



図表V-3 埼玉県上水道給水人口の推移（埼玉県資料）



によると、5年間の人口増加率はそれぞれ28.2%、24.7%で全国最高値となっている。

この人口増加は、主として社会増によるもので、45年から50年までの人口増加54万人のうち東京都からの転入人口が70%を占めている。

これらの多くは、埼玉県に住宅を求めて転入したものと思われるが、その後の低成長経済への移行、購入可能適地の減少、開発抑制政策の効果などから、そのテンポは次第に低下してきている。

こうして、埼玉県における人口増は、社会増から、自然増へとその要因が移りつつあるが、昭和55年には、約560万人に達するものと想定されている。

常住人口増加に比例して、上水道給水人口も、図表V-3のとおり、昭和39年頃から、ほぼ直線的に激増しているが、昭和49年頃になってやっと鈍化の兆しが出てきていることがわかる。

#### ロ. 水道普及率

埼玉県の水道（簡易、専用も含む）普及率の推移を表したのが図表V-4である。

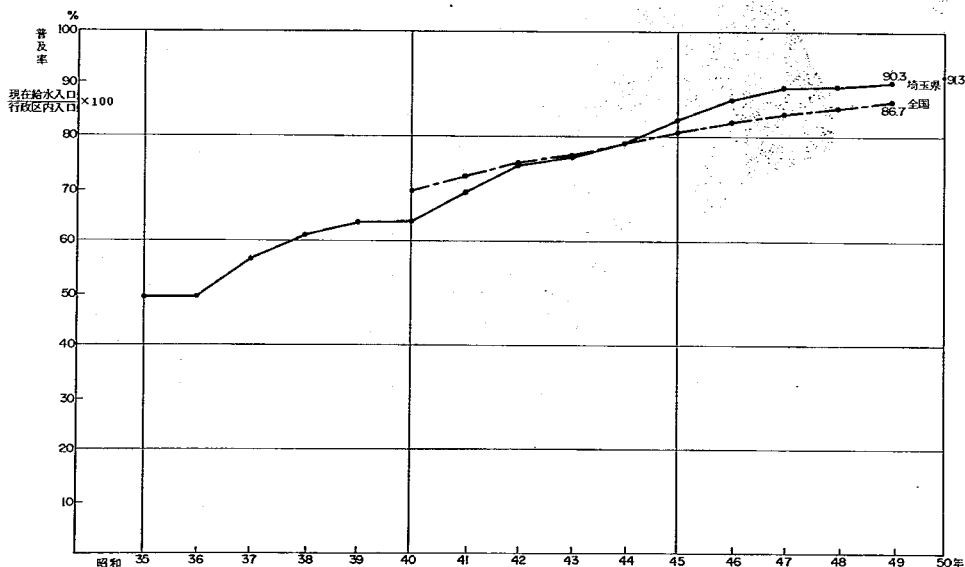
昭和40年頃約70%であったものが、その後46年までは、直線的な伸びが続いていたが、47年以降は、90%代で横ばいに推移し、50年時点で、91.3%となっている。

また埼玉県の普及率は、44年以前において、全国平均より低いレベルにあったが、近年は全国平均レベルを4～5%ぐらい超えている。

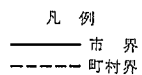
また図表V-5は、埼玉県水道普及状況を地域別にみたものであるが、普及率高低の分布につ

図表V-4 埼玉県水道普及率の推移

（上水・簡易・専用水道（資料：水道統計），\*…埼玉県資料）



(資料：埼玉県の水道)



いては、県全域に分散しており、いくぶん市部が高いようであるが、それほど顕著ではない。

#### ハ. 上水道給水量

先に水道給水人口の推移をみてきたが、ここでは給水量をとりあげてみよう。

まず、埼玉県上水道の年間給水量推移を表したのが、図表V-6であるが、給水人口の直線的増加に比較して、年間給水量推移は、指数的な増加を示していることが注目される。

この理由としては給水原単位（1人1日給水量）の増加が考えられるが、図表V-7は、それを裏づけており、実績1人1日給水量の平均値および最大値は、48年以降鈍化の傾向がみられるものの、直線的増加を示している。

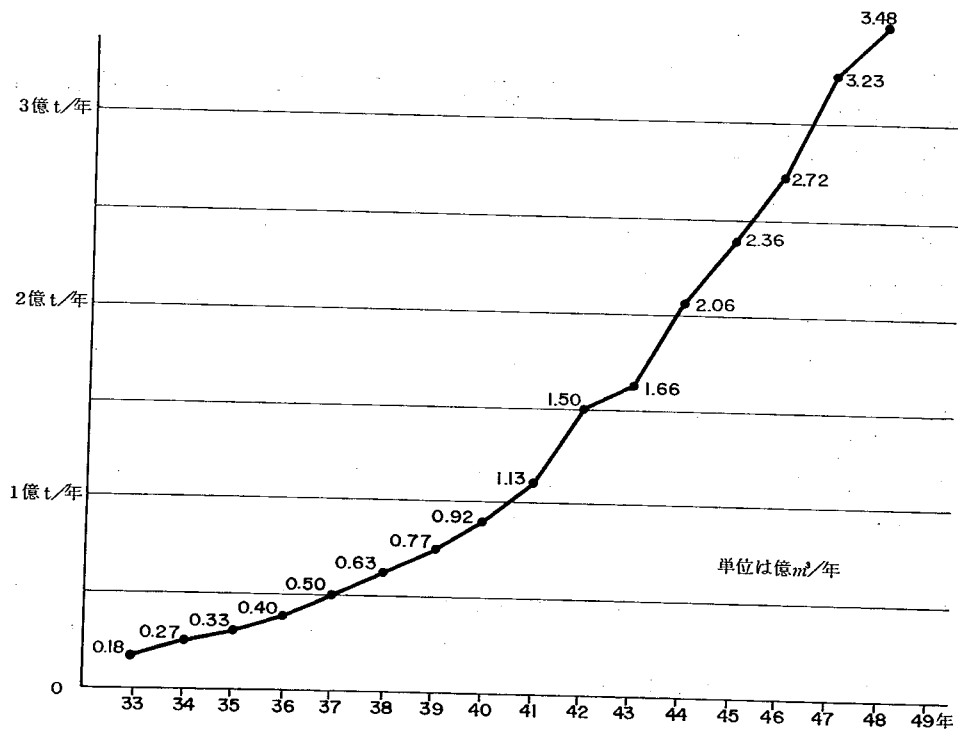
たとえば、実績1人1日給水量の平均値および最大値についてみると、40年時点で、それぞれ187ℓ/人日、250ℓ/人日であったものが、50年時点で、それぞれ306ℓ/人日、398ℓ/人日となっており、10年間で約1.6倍の増加になっている。

#### ニ. 上水道水源別取水量

図表V-8は、上水道の水源別取水量の推移を表わしたものであり、図表V-9は、水源別取水量（S. 49）を地域（市町村）別に表わしたものである。

図表V-8によると、取水量全体は、先の給水量推移を同様なパターンで増加しており、48年以降鈍化している。

図表V-6 埼玉県上水道年間給水量の推移（埼玉県資料）



水源別にみると、深井戸による取水量が全体の約 $\frac{1}{2}$ を占めていたが、48年をピークに減少し、49年時点では全体の約 $\frac{1}{3}$ になっている。浅井戸あるいは表流水による取水量は、わずかに伸びてきているが、全体に占める割合は両者とも非常に小さい。

伏流水も絶対値としては伸びてきているが、近年全体に対する割合は、5～7%と一定している。

受水（県営水道供給事業より）の量が、43年頃から急増しており、49年時点で、深井戸取水量の減少に相当する分を受水（県水）が、肩代りしている。なお受水とはいっても、実際にはこれは全部表流水である。

図表V-9によると、深井戸によって取水している市町が多く、量的には、県南東部に集中している。

浅井戸は、熊谷市、毛呂山町で使用されているだけであり、伏流水は、東松山市、飯能市、入間市、狭山市等、使用しているところは少ない。表流水取水は、秩父市、小川町にみられるが、受水も表流水であることを考えると、量的にも、利用件数にしても、県南東部に集中しており、後で述べる県営水道配水地域にある市町村とくに、大宮市、浦和市、与野市、川口市などの受水量が多い。

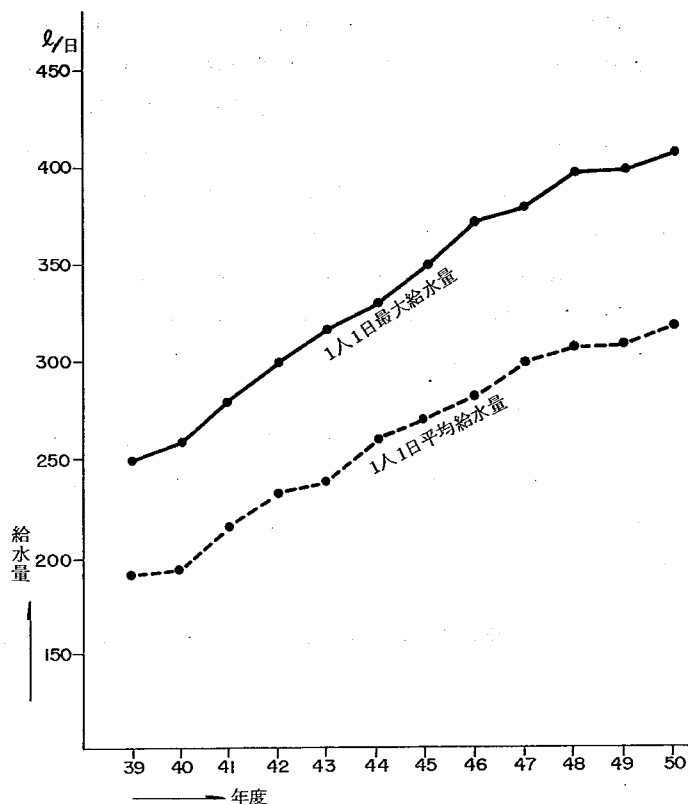
## ② 工業用水

埼玉県の工業は、地理的な条件から首都の影響を大きく受けているが、とくに30年代以降の経済の高度成長期において、産業経済中枢機能の大都市集中化とその外延的拡大に伴って急速に進展した。

地域経済に密着して発展してきた産地産業が随所に産地を形成する一方、我が国の重化学工業化のすすむなかで、機械金属工業を中心とした内陸型工業の立地が著しい。また、工業関係の多くは大手企業の下請として本県産業を支えている。

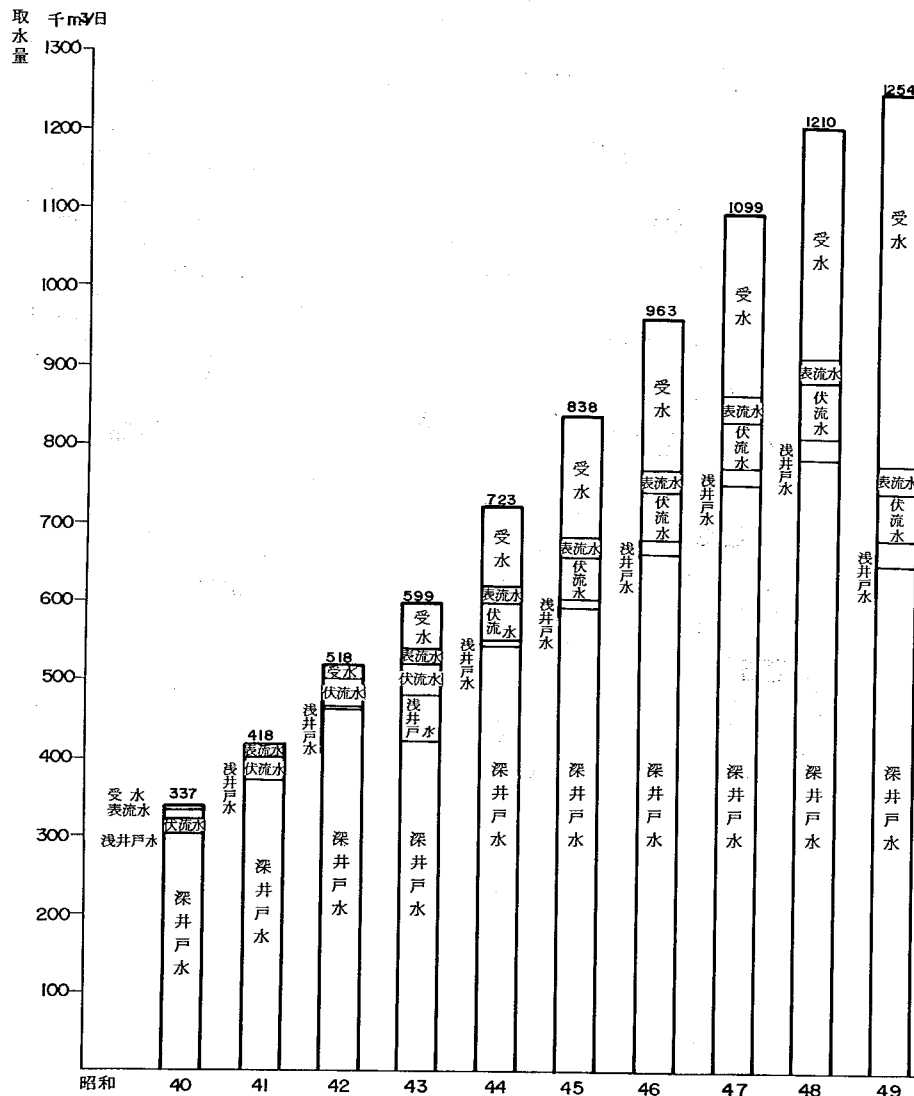
### 1. 事業所数、従業者数、製造品出荷額等の推移

図表V-7 埼玉県上水道の実績1人1日給水量の推移  
資料：昭和50年度 埼玉県的水道

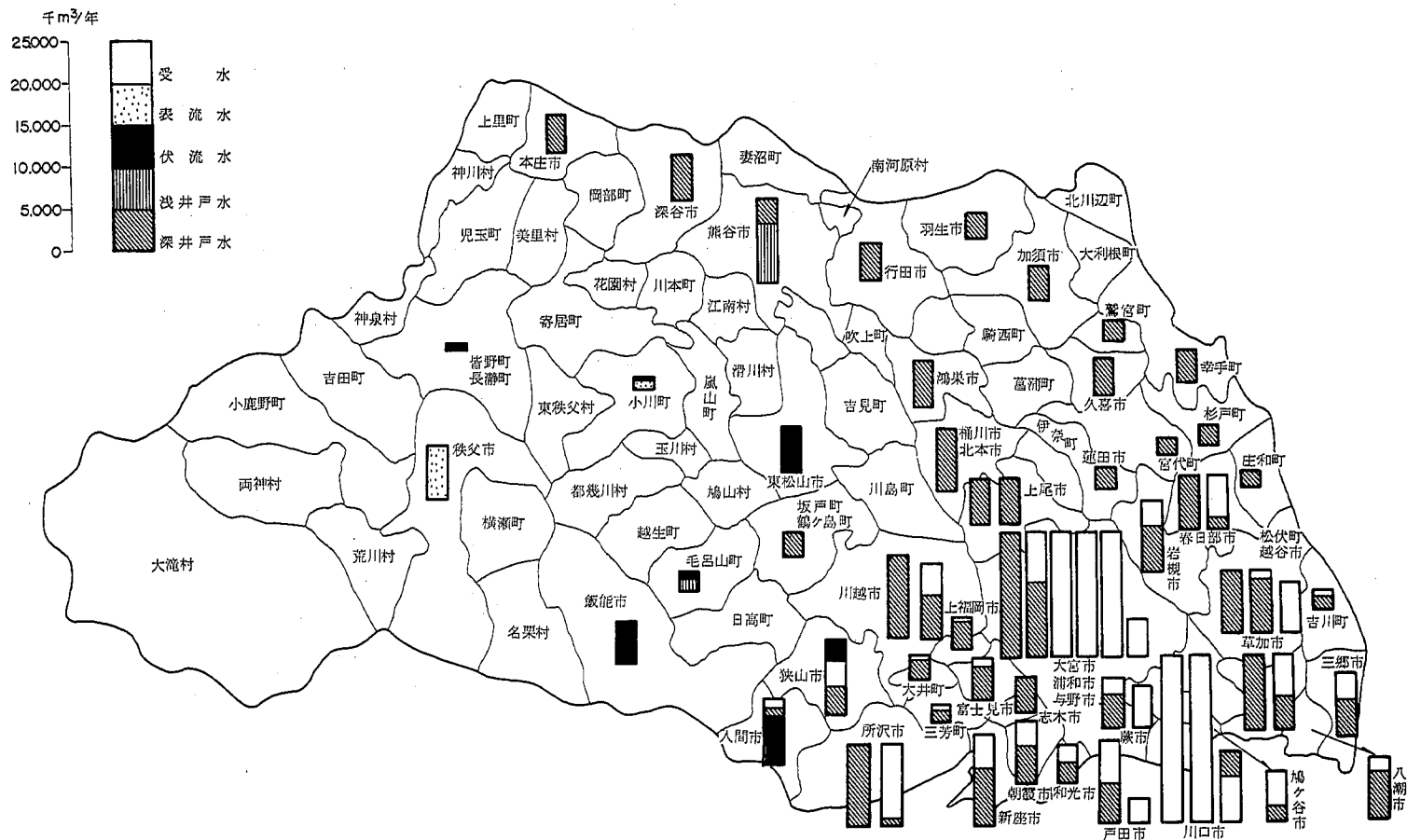


図表 V - 8 埼玉県上水道の水源別取水量の推移

(資料：水道統計)



(資料：水道統計表)



昭和50年工業統計調査結果(埼玉県)によると、事業所数は、31.6千事業所で前年に比べ3.6千事業所(12.9%)の増加となったが、長期にわたる経済不況の影響を受けて、従業者数は495千人で6千人(1.3%)の減、製造品出荷額は、5兆2,006億円で、49年に比べ1,312億円(2.5%)の減とそれぞれ減少を示した。前年対比で出荷額がマイナスを示したのは、昭和33年以降はじめてである。

昭和45年を基準とした動きをみると、図表V-10のとおりである。

#### ロ. 工業用水量の推移

埼玉県工業用水量の推移

を、業種別に表わしたものが図表V-11、水源別に表わしたものが図表V-12、用途別に表わしたものが図表V-13である。

総工業用水量の推移をみると、43年頃から急激に増加しており、たとえば、41年に対する49年の増加程度は、この6年間に約2.3倍である。しかし、49年になると急激な伸びは止まっている。

図表V-11から、近年とくに変化のあった業種についてみよう。

輸送用機械器具製造業は47年頃から爆発的に増加しており、49年におけるウェ

イトは最も大きい。パルプ・紙・紙加工品製造業は、43年頃からやはり急増しており、49年におけるウェイトも2番目に大きい。窯業・土石製品製造業は45年頃をピークにして、47年以降に減少している。鉄鋼業お食料品製造業は単調に増加している。

図表V-12によると、井戸水(地下水)が39年では工業用水量の大半(73%)をまかなっていたが、それ以降は井戸水の増加にまして全体量の伸びが大きかったために、全体に占める割合は小さくなり、45年時点で51%となっている。また井戸水は、45年頃をピークに減少しているので全体へのウェイトもさらに小さくなりつつある。

上水道および工業用水道によるものが近年増加してきており、地表水は横ばい、伏流水は減少傾向にある。

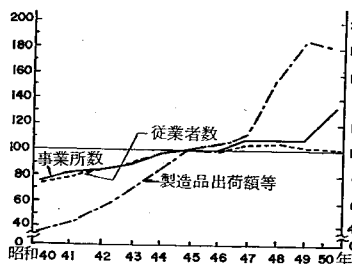
図表V-10 事業所数・従業者数・製造品出荷額等の推移

資料：工業統計表(埼玉県)S51.12

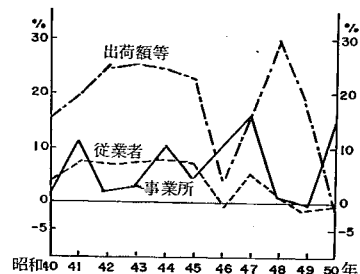
(指数・45年=100)

| 区分 | 事業所数   |       |       | 従業者数    |       |       | 製造品出荷額等(億円) |       |       |
|----|--------|-------|-------|---------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|    | 実数     | 前年対比  | 指数    | 実数      | 前年対比  | 指数    | 実数          | 前年対比  | 指数    |
| 40 | 17,678 | 102.1 | 74.4  | 362,140 | 104.1 | 73.8  | 10,129      | 115.4 | 35.4  |
| 41 | 19,531 | 110.5 | 82.2  | 386,638 | 106.8 | 78.8  | 12,069      | 119.2 | 42.2  |
| 42 | 19,928 | 102.0 | 83.9  | 410,411 | 106.1 | 83.7  | 14,997      | 124.3 | 52.4  |
| 43 | 20,648 | 103.6 | 86.9  | 436,125 | 106.3 | 88.9  | 18,837      | 125.6 | 65.8  |
| 44 | 22,712 | 110.0 | 95.6  | 469,055 | 107.6 | 95.6  | 23,447      | 124.5 | 81.9  |
| 45 | 23,754 | 104.6 | 100.0 | 490,390 | 104.5 | 100.0 | 28,628      | 122.1 | 100.0 |
| 46 | 23,759 | 100.0 | 100.0 | 483,786 | 98.7  | 98.7  | 29,770      | 104.0 | 104.0 |
| 47 | 27,656 | 116.4 | 116.4 | 508,517 | 105.1 | 103.7 | 34,225      | 115.0 | 119.6 |
| 48 | 28,072 | 101.5 | 118.2 | 516,546 | 101.6 | 105.3 | 44,532      | 130.1 | 155.6 |
| 49 | 27,954 | 99.6  | 117.7 | 501,239 | 97.0  | 102.2 | 53,318      | 119.7 | 186.2 |
| 50 | 31,555 | 112.9 | 132.8 | 494,923 | 98.7  | 100.9 | 52,006      | 97.5  | 181.1 |

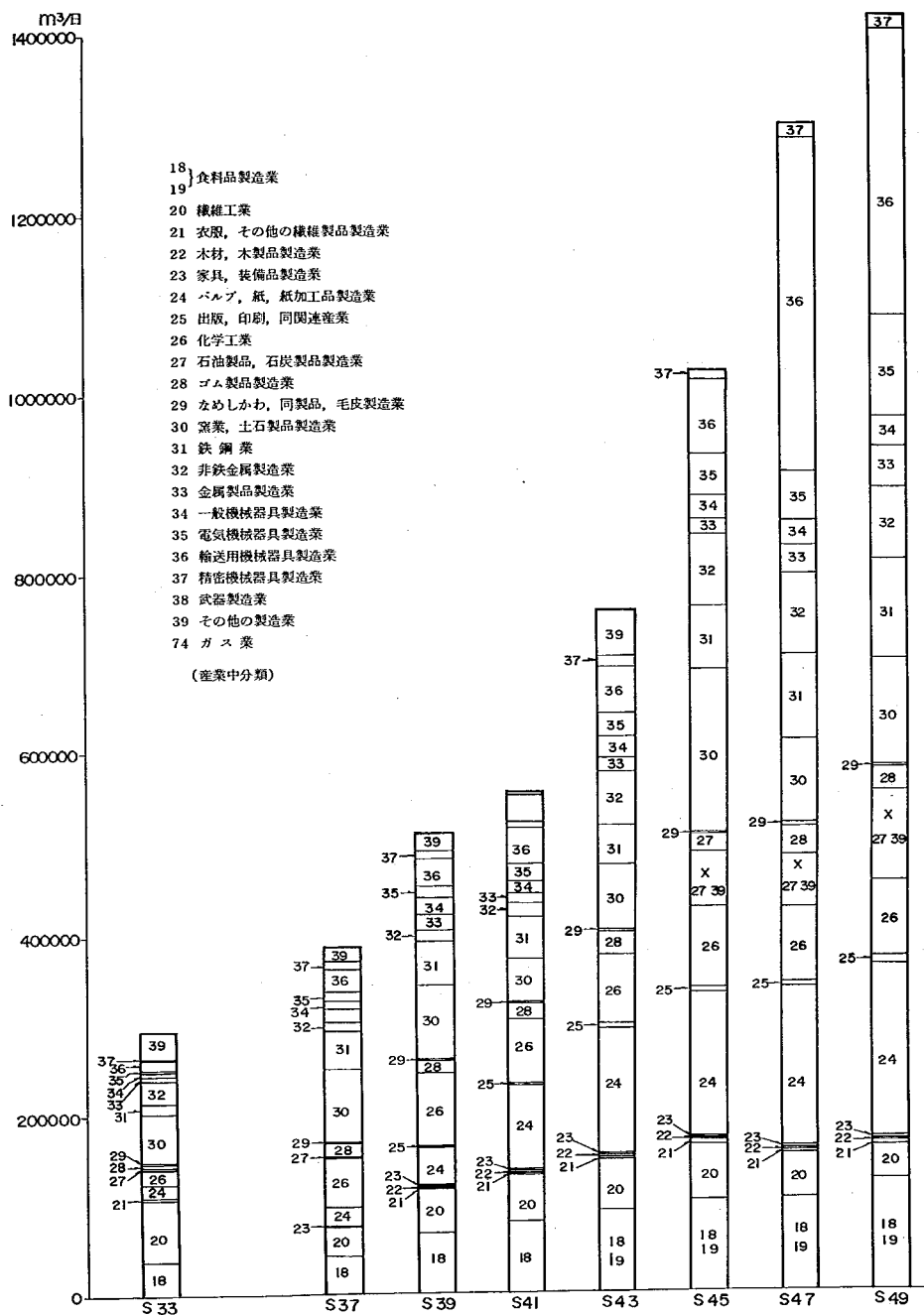
工業の推移(45年=100)



対前年伸び率の推移

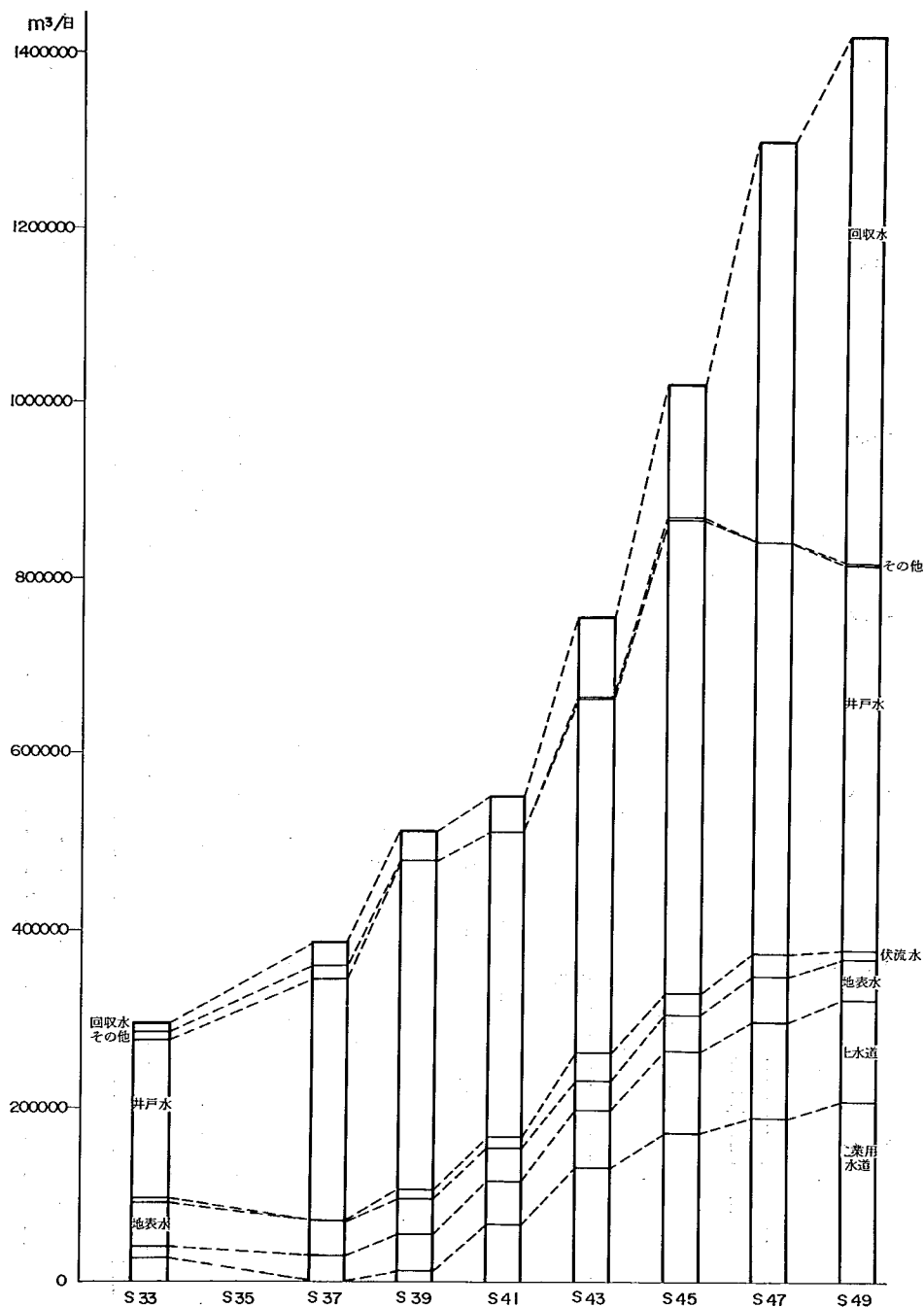


図表 V-11 埼玉県業種別工業用水量の推移 (S33~S49) 資料：工業統計表



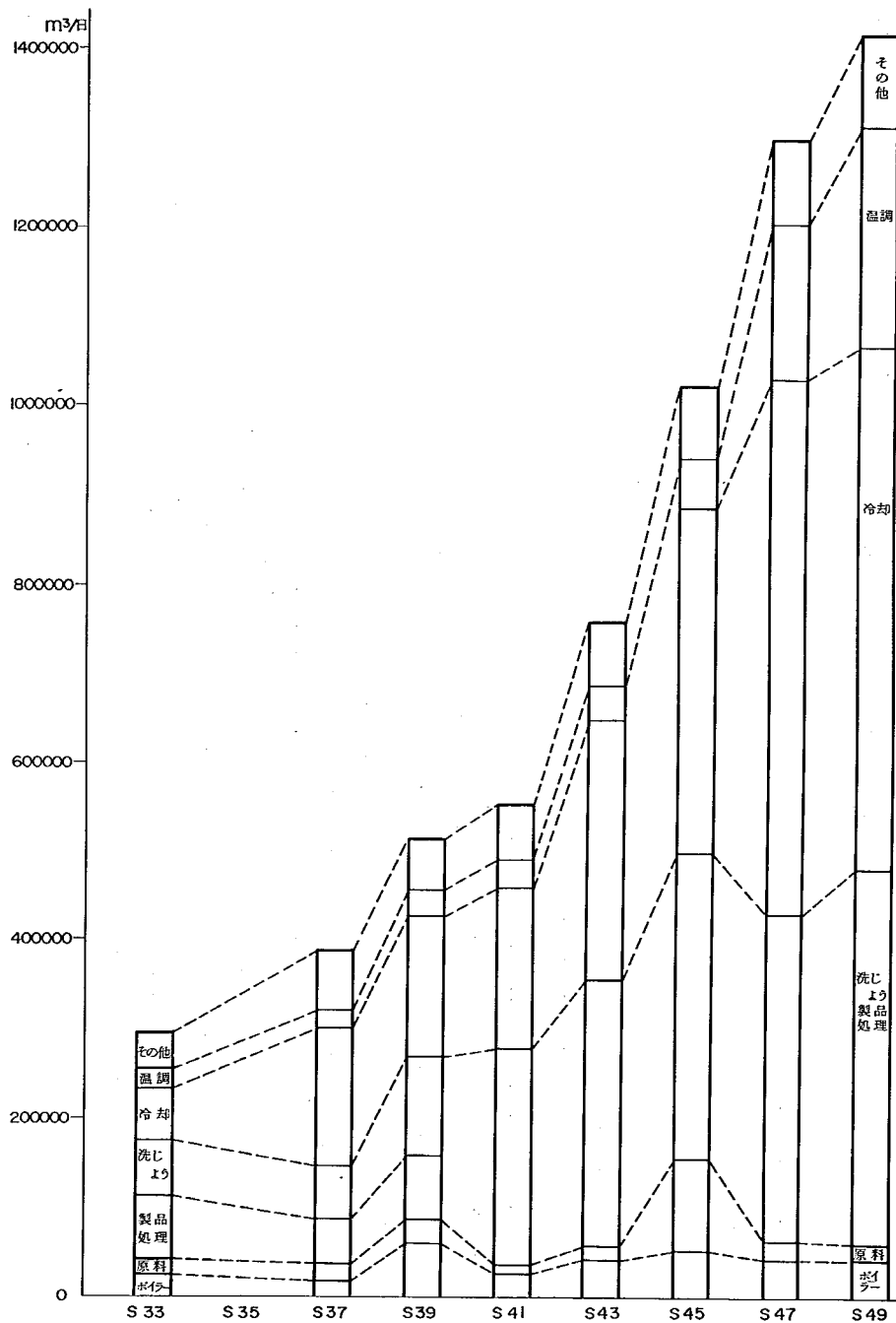
図表 V-12 埼玉県水源別工業用水量の推移 (S33~S49)

(資料: 工業統計表)

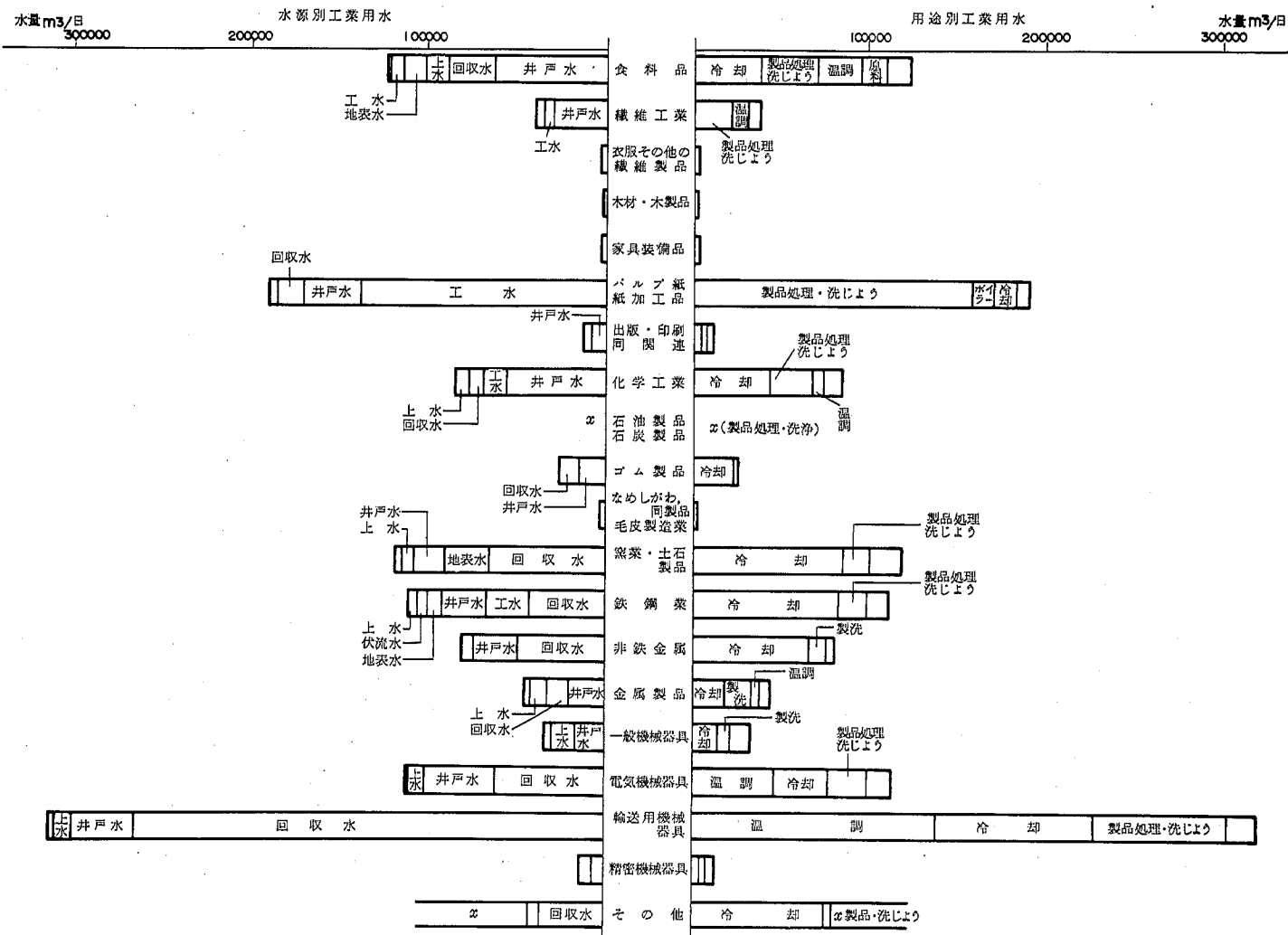


図表V-13 埼玉県用途別工業用水量の推移（S33～S49）

（資料：工業統計表）



図表 V-14 埼玉県業種別水源・用途別工業用水量の構成 (S49) (資料: 工業統計)



回収水によるものが伸びてきており、特に45年頃から激増しているが、丁度この頃から井戸水も急減しているところを見ると、地下水揚水規制と循環使用への行政指導などによる効果が現われたものと考えられる。

図表V-13より、用途は、冷却、洗じょう・製品処理、温調の用途によってほとんど全体を占めているが、49年でのこれらのウエイトをみると、それぞれ42%、30%、15%となっている。

これらの用途は、同様に増加の傾向が強いが、近年とりわけ温調、冷却の伸びが著しい。

#### ハ 業種別工業用水の特徴

図表V-14のとおり、輸送用機械器具製造業についてみると、使用水量は最も多いが、回収水による循環使用が大半を占めているので、総取水量は使用水量の16%にすぎず、絶対量も他の業種に比べて多い方ではない。そしてこの業種の用途の大部分は温調、冷却、製品処理・洗じょうに用いられており、温調は全体量の43%を占めている。

パルプ・紙・紙加工品製造業においては、使用水量は2番目に多い方であるが、純取水量は業種別最高であり、その大半を工業用水(81%)、残り一部を井戸水でまかなっている。そしてその用途のほとんど(83%)が、製品処理・洗じょう用である。

食料品製造業では、使用水量の半分強を井戸水に依っており、用途も冷却、製品処理・洗じょう・温調にあまり偏りはないが、他の業種と特異である点は、原料用途が少なからずあるということである。

窯業・土石製品製造業の使用水量の約半分以上は回収水でまかなわれているが、その用途の大部分が冷却用であることは注目できよう。

電気機械器具製造業では、使用水量の半分を回収水に依っており、残りの水源の大部分は井戸水である。そしてその用途の約68%を温調と冷却用で占められている。

鉄鋼業は、回収水を除いた純取水量の約%を工業用水と井戸水とで分けており、その用途の大半が冷却用である。

化学工業においては、使用水量の半分以上が井戸水であり、その用途は、冷却、製品処理・洗じょう用で大部分を占めている。

### ③ 農業用水利用

#### イ かんがい面積

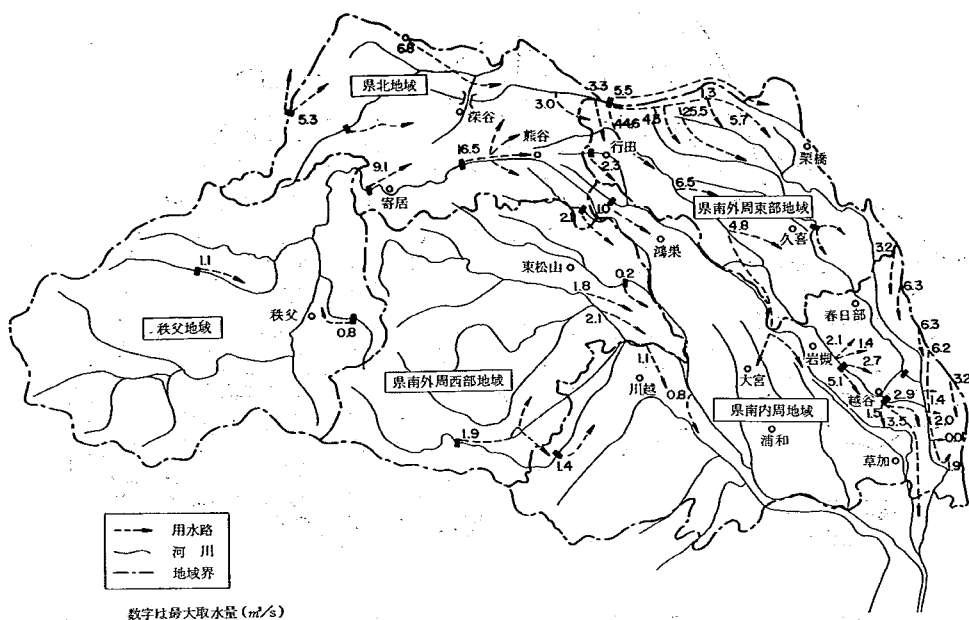
江戸時代以降、埼玉県農地の開発は急速に進展してきたわけであるが、昭和45年時点の県全体のかんがい面積は水田・畑を合わせて約7万9千haと推定されている。図表V-15は県全域を5つの地域(地域区分内容は図表V-16を参照のこと)に区分して、水源別にかんがい面積を表わしたものである。まず、地域別にみると、地形から当然予想されるように、

図表V-15 埼玉県の地域別、水源別かんがい面積

| 地域         | 水源           |              |             |             | 計(パーセント)       |
|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|----------------|
|            | 利根川          | 荒川           | 地下水         | 溜池その他       |                |
| 県南内周       | 18,219       | 8,602        | 448         | 411         | 27,680 (35.1)  |
| 県南外周東部     | 26,790       | 869          | 210         | —           | 27,869 (35.3)  |
| 県南外周西部     | —            | 6,453        | 821         | 2,886       | 10,160 (12.9)  |
| 県北         | 5,241        | 6,025        | 363         | 354         | 11,983 (15.2)  |
| 秩父         | 7            | 838          | —           | 335         | 1,180 (1.5)    |
| 計(パーセント)   | 50,257 (637) | 22,787 (289) | 1,842 (2.3) | 3,986 (5.1) | 78,872 (100.0) |
| 年間取水量(億cc) | 16.3         | 8.4          | 0.5         | 0.1         | 26.3           |

注：昭和45年推定値 地域区分は図表V-16を参照のこと。

図表 V-16 主な農業用水の取水位置



かんがい地域は県南内周地域と県南外周東部地域に集中しており、2つの地域で全体の70%にも達している。しかも、見沼代用水や葛西用水を中心とする中川流域（上記2地域のうち利根川を水源とする部分にほぼ等しい）のかんがい面積が全体の57%を占めている。

## 口. 水 源

水源別にみると利根川掛りが全体の63.7%, 荒川掛りが28.9%, 地下水が2.3%, 溜池その他が5.1%になっている。そのおおよその水量をみると, 利根川からは約16億 $m^3$ /年, 荒川からは8億 $m^3$ /年, 地下水からは5千万 $m^3$ /年, 溜池その他からは1千万 $m^3$ /年となっており, 全体として年間約26億 $m^3$ のかんがい用水を使用している。利根川と荒川からの取水量を, 年平均かんがい日数を120日と仮定して毎秒あたりの取水量に換算してみると約250 $m^3$ /secとなる。

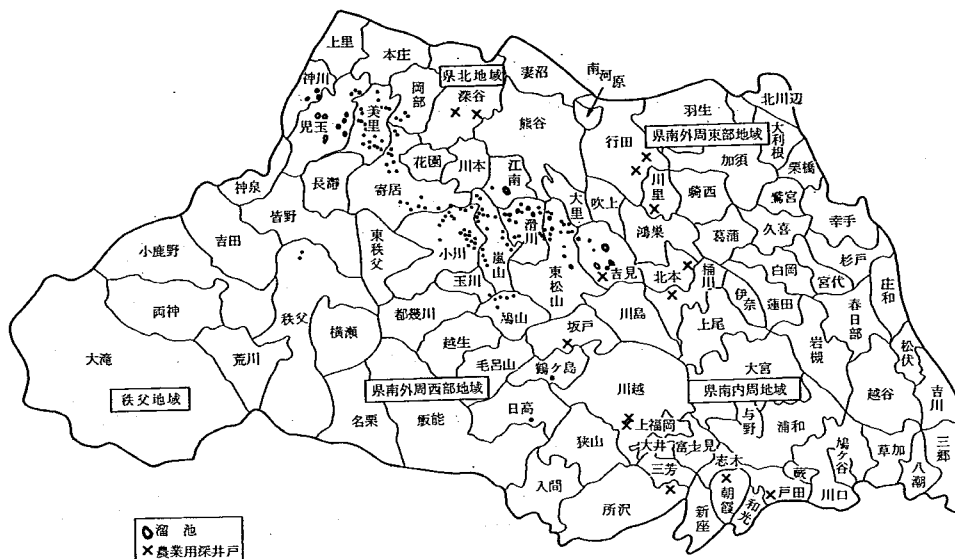
河川の表流水を毎秒250 $m^3$ 近くも取水するといっても、かなり還元再利用されており、250という数値に水利用計画上の大きな意味はない。

その主な取水地点を图示したのが図表V-16である。地下水や溜池を利用してかんがいしている地域は限られており、図表V-17に示すように、地下水は旧北足立郡の南部と北部、あるいは深谷周辺、溜池は比企郡と児玉郡の丘陵地帯に限られている。

## 八、反復利用

埼玉県の水資源は中川流域に見られるように、歴史的背景および地形上から用排水機能を併せ持っており、用水としての活発な反復利用が行われている。また入間川水系に見られるように取水された用水は地形上の特質もあって取水河川に還元され再利用が繰返されている例もある。

図表V-17 農業用深井戸，溜池地点



図表V-18は主な農業用水の用排水系統を概念的に表わしたものであり，反復あるいは還元再利用の大体の見当がつく。

この図からわかるように，荒川から取水した水は大里用水によって，かなり元荒川＝中川流域に出てくるし，利根大堰や江戸川から取水された水は，蒸発散量を除けばすべて綾瀬川と中川に出てくることになる。そこで，これら排水河川からのポンプ取水による反復利用＝農業用水合理化案が出てくることになるが，この地域は都市化が急速に進みつつあるために，これらの河川の水質悪化がかなり進んでいて，再利用を困難にしている。

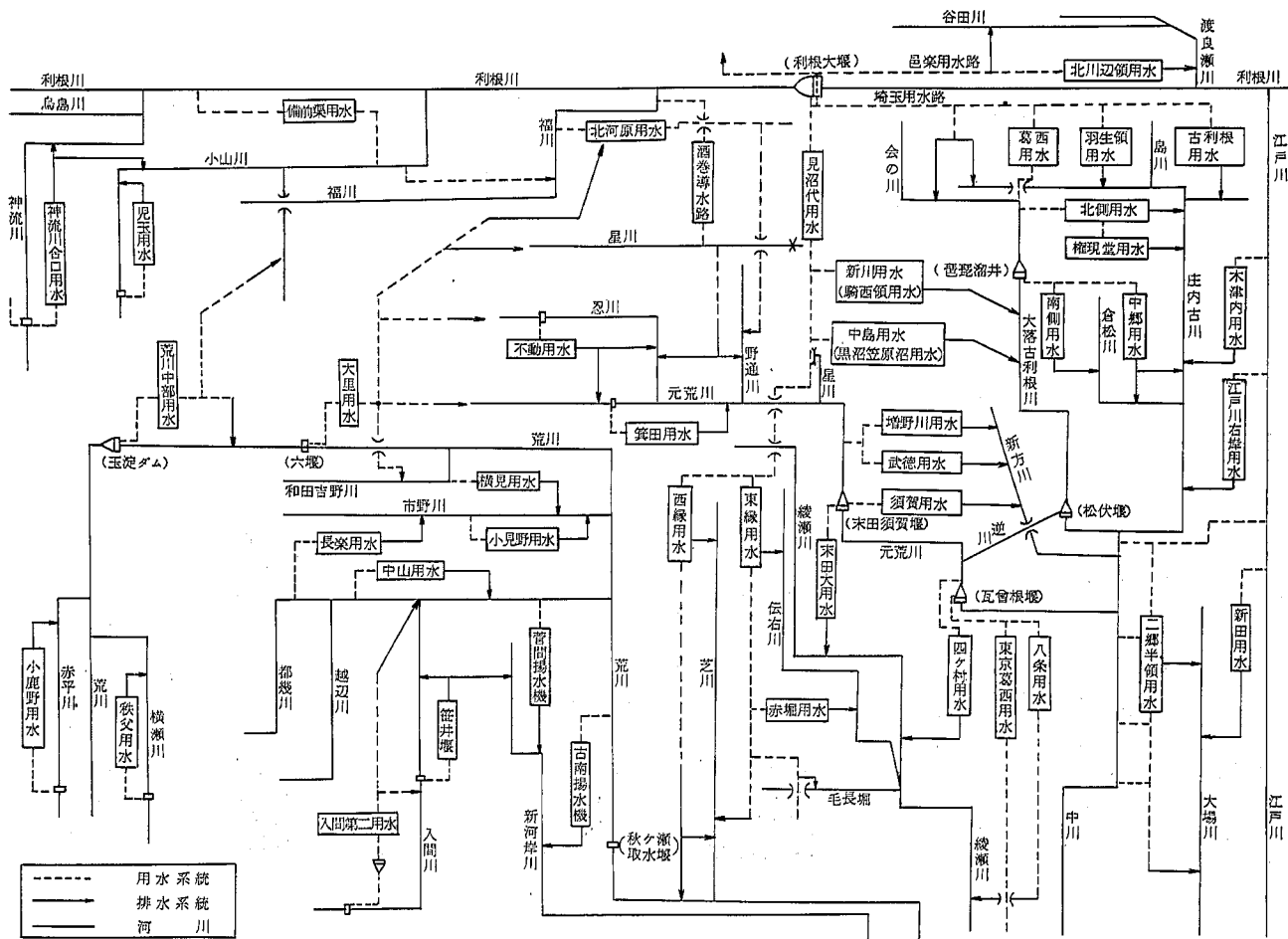
埼玉県農業水利審議会答申(S. 51. 11)によると，利根川水系で反復利用されている用水量についてみれば，表流水の推定取水量は約 $105\text{ m}^3/\text{sec}$ で約 $46,000\text{ ha}$ の水田をかんがいしているが，減水深からの積上げにによる必要水量は約 $150\text{ m}^3/\text{sec}$ となり，取水量との差 $45\text{ m}^3/\text{sec}$ は地域内の反復利用でまかなわれていることが推定される。

## 二. 農業用水使用量の変化

農業用水の必要水量を知ることは非常に困難であり，また，取水実績についても，常時取水量の観測を行なっている用水は，利根川大堰関連の諸用水と荒川水系の一部の用水など数えるほどしかない。埼玉県の推計では，昭和50年時点での農業用水使用水量は，かんがい期で平均約 $190\text{ m}^3/\text{sec}$ となっているが，昭和45年は約 $250\text{ m}^3/\text{sec}$ と推定されている。この5年間に水田面積は約14%しか減少していないから，この $60\text{ m}^3/\text{sec}$ の差をかんがい面積の差で説明しきれないが，これは推計方法の違いによるものと考えられる。

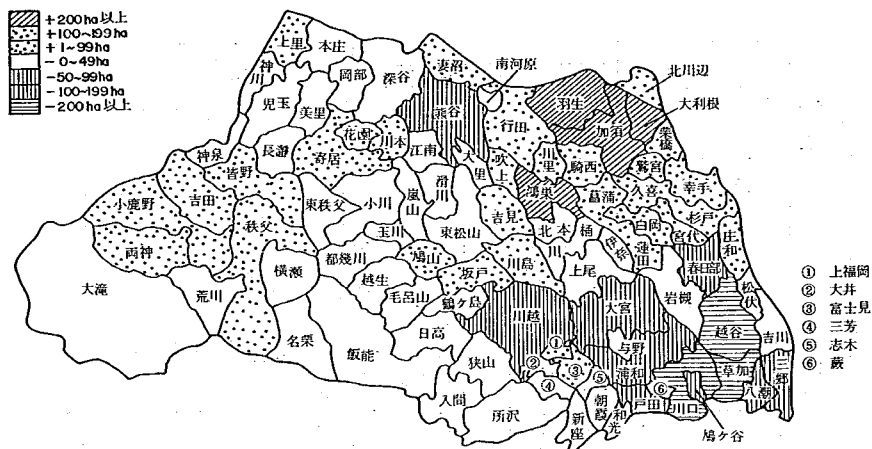
ここでは使用水量変化の大雑把な目安として，水田面積の変化を検討し，それから使用水量に

図表 V-18 埼玉県農業用水用排水系統概念図

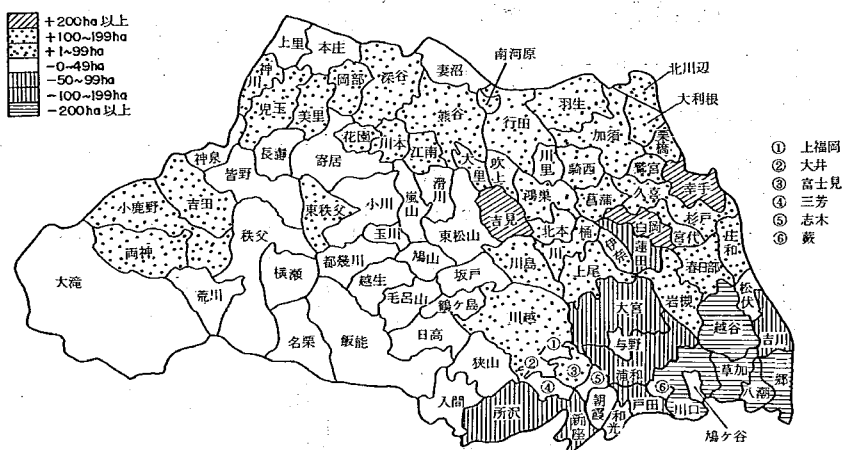


図表V-19 水田面積の変化

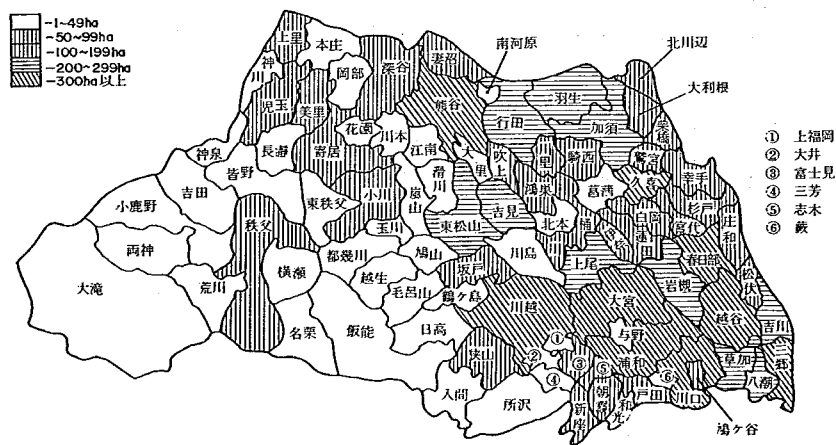
水田面積の変化 (1960-65)



水田面積の変化 (1965-70)



水田面積の変化 (1970-75)



ついでの考察を加えることにする。

図表V-19は、それぞれ5年毎の水田面積増減の絶対量を市町村別に表わしたものであるが、これらの図から1970年以前と以後とははっきりした違いがみられる。

すなわち、県全体からみると、水田面積は、1970年までは増加が続き、その後の5年間で激減していることがわかる。これは多分1969年から始まった減反政策、同じく1969年に施行された新都市計画法による線引き、さらに列島改造ブームの影響によるものと思われる。

1970年頃までの傾向をみると、東北線・東武線沿線の東京に近い部分では、都市化による水田面積の潰廃が激しいが、その他の地域では可能な限り開田が進んでいる。当時の開田は、国の農業政策にマッチしており、水稻が採算性の良い作物であったからであろう。また昭和30年頃から陸田が急速に増加し、県全体では1万haにも及んだという調査があるが、これもそうした理由によっている。開田面積のとくに多い市町村が、中川流域の北部に集中していることは注目される。ところが、1970年以降は、都市化地域に限らず全县で水田の潰廃が進んでいる。1970年に県全体で約7万1千haあった水田が、5年間約6万1千haになり、1万haも減っているのである。

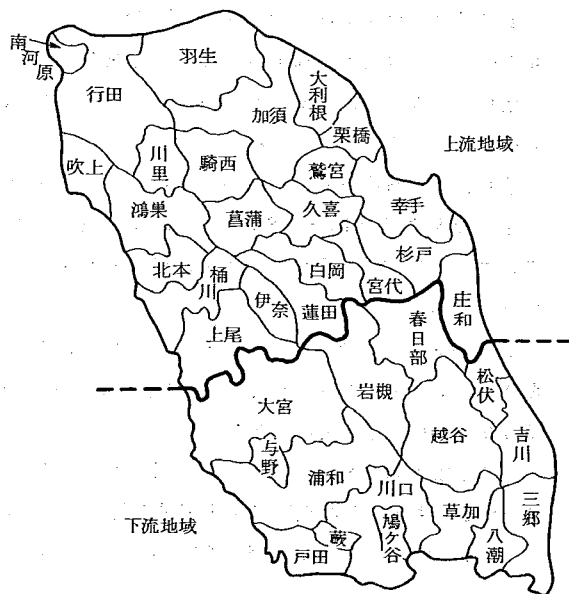
以上のような水田面積の変化は、農業用水使用水量にどのように影響するだろうか。一般に、ある狭い区域内で数百haの水田が潰れれば、給配水ロスのことを考慮してもかなりの水が余るはずであるが、具体的にいくらの水が生みだせるかは、個別的な調査・検討を要する。

ここではもっと大雑把な、定性的な検討を中川流域に限定して行なってみよう。この流域は図表V-20のように上流地域と下流地域の2つに分けることができ、これらの地域の水田面積変化も示しておく。

ここで、上流部にかんがいされた水が、落堀を通り下流部でもかんがいに反復利用されているという地形上の特性を想起すると、上流部かんがい面積増加によって必要水量は、下流部かんがい面積減少に関係なく、増えることが考えられる。したがって1970年までは、上流部水田面積が年平均500haずつ増えていることより、河川からの取水量も増えていることが考えられる。

このように、下流地域だけにかんがい面積減少が起きている段階では、取水量が減るとはいえないが、1970年以降のように上流地域でも水田面積が減少してくると、取水量を減らすことは可

図表V-20 中川流域と水田面積の変化



中川流域の水田面積の変化

単位: ha

| 地域   | 年 | 1960年  | 60-65  | 65-70  | 70-75  | 1975年  |
|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 上流地域 |   | 25,216 | +2,102 | +2,463 | -3,031 | 26,750 |
| 下流地域 |   | 18,857 | -1,925 | -2,049 | -3,821 | 11,062 |
| 全 域  |   | 44,073 | + 177  | + 414  | -6,852 | 37,812 |

能となるであろう。その削減量は、給配水ロスを無視すれば上流地域だけで約  $8m^3/sec$  程度になる。

## 2) 水利用による障害の発生状況

### (i) 地下水障害

#### ① 地下水位

全国の地盤沈下地域の概況資料（環境庁水質保全局 S.51.3）によると、埼玉県各市町の上水道水源井地下水位の変動は、概略次のとおりである。

大宮市以南の県南地区では、昭和34～44年の10年間に約20m低下、春日部市以南の県東地区では同期間に大半が30m以上低下し、川越以南の県西地区では10m以上低下している。なお、全地区を通じて、昭和42年以降急速に低下している。

しかし、最近（S.47～51）は、図表V-21に示すとおり、地下水位の回復が起こり、昭和48年頃から特に県南地区の戸田・浦和・川口での地下水位上昇が著しい。

#### ② 地盤沈下

埼玉県の地盤沈下は、昭和30年代半ばから、人口および工業の集積が進むにつれて、上水道用および工業用の地下水採取が増加し、急速に進行した。

地盤沈下の範囲は、埼玉県の南東部、浦和、大宮、越谷、所沢等の各市のを含む約1,270 $km^2$ （県面積の約 $\frac{1}{3}$ ）の地域である。

最も古くから沈下していたのは川口、戸田、浦和、与野等の各市を含む地区で、昭和43年まで年間最大沈下量15～18cmが続き、県下最大の沈下量となっていた。昭和49年になると、沈下の中心は浦和・与野両市に移り、最大8.9cm（浦和市常盤）で、この地区としてはやや鈍化の傾向にある。

この地区に次いで古いのは、草加から越谷にかけての地区で、昭和44年には草加市内で、年間13.8cmを示して県下最大となった。49年度、沈下の中心は越谷市の北東部に移り、年間最大10.6cm（越谷市大吉）となっている。

45年頃からは朝霞、新座から所沢にかけての沈下が著しくなり、49年度も所沢市内で年間27.2cm（中新井）の全国最大沈下量を記録している。

また、最近では北東部の鷺宮町、栗橋町等も著しい沈下が生じており、年間最大15.9cmとなっている。

昭和36年から48年にいたる過去12ケ年で、累積沈下量1m以上の地域が、川口市、戸田市、蕨市および鳩ヶ谷市を中心に、38 $km^2$ にわたって広がっている。

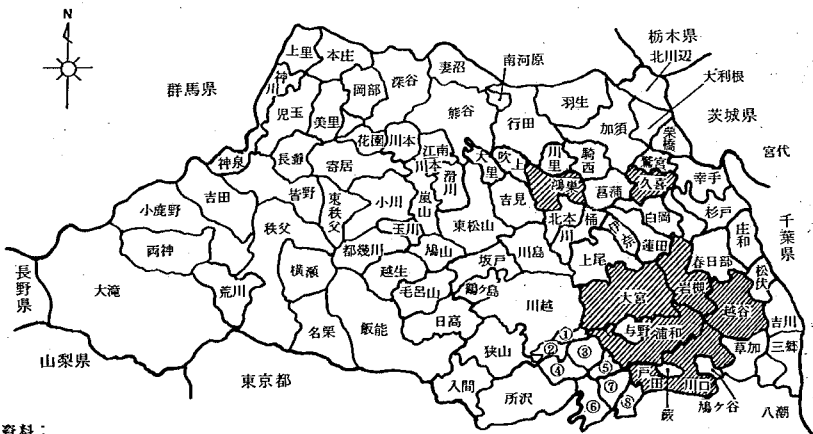
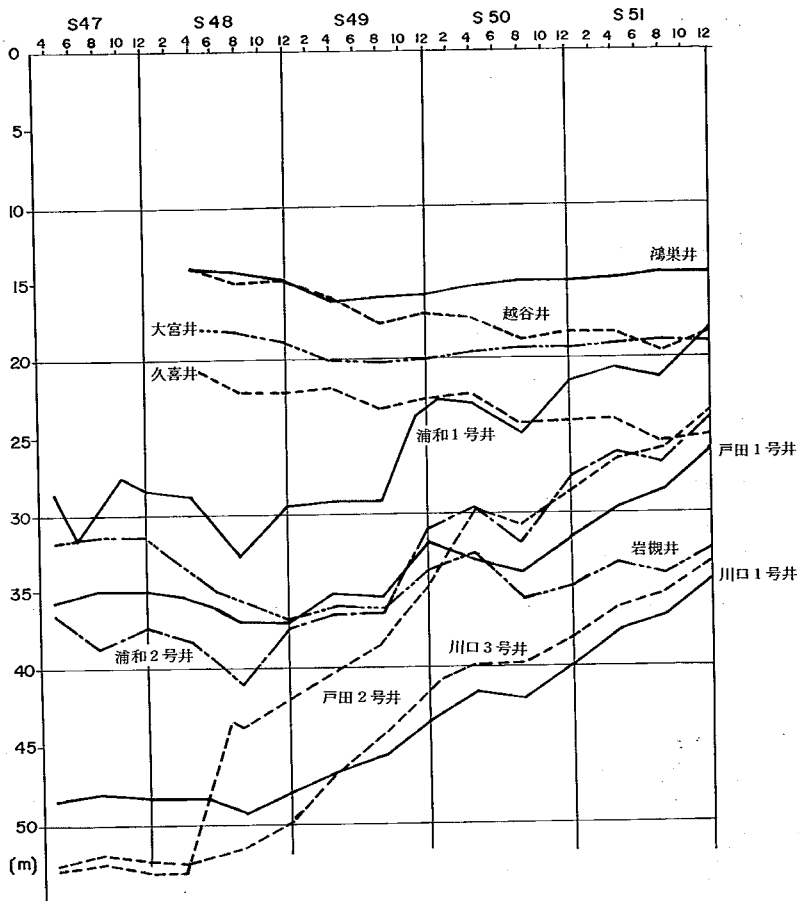
埼玉県主要水準点の沈下量経年変化を図表V-22に示す。

埼玉県地域の地盤沈下量累計（S.36.2～S.50.1）の等量線図を表わしたものが、図表V-23である。また、昭和50年度の埼玉県地盤沈下等量線は図表V-24に示されている。

また、埼玉県の主要な市における地盤沈下の推移を示したのが、図表V-25である。

これによると、前述のように、所沢市の沈下速度は非常に大きいことがわかる。

図表 V-21 地下水位変動状況 (静水位 S47~51)



資料：  
地下水利用及び地盤沈下の実態調査  
報告書（埼玉県 S52.3）

- ①上福岡 ⑤志木  
②大井 ⑥朝霞  
③富士見 ⑦新座  
④三芳 ⑧和光

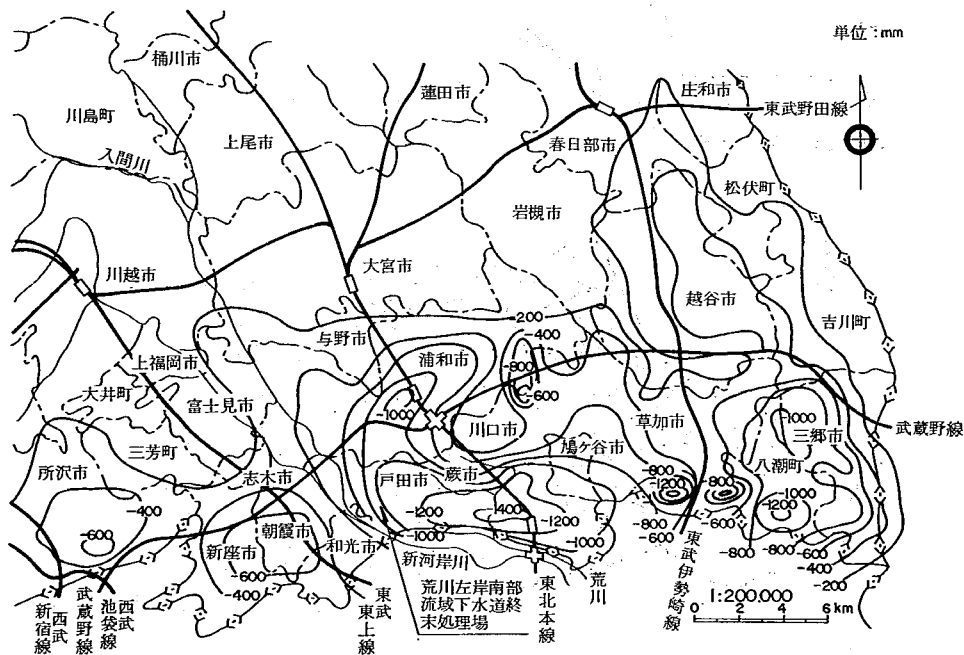
図表 V-22 埼玉県主要水準点の沈下量経年変化

単位: cm

| 所在地<br>年次 | 川口市<br>十二月<br>四町 | 戸田市<br>上戸田 | 鳩谷市<br>市南 | 浦和市<br>岸町 | 草加市<br>稲荷町 | 八潮町<br>古前田 | 三郷町<br>花和田 | 朝霞市<br>根岸 | 所沢市<br>上安松 |
|-----------|------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 36        | 14.1             | 13.5       | 9.5       | 0.5       | —          | —          | 3.7        | —         | —          |
| 37        | 14.6             | 13.5       | 10.3      | 2.9       | 7.0        | 9.7        | 5.4        | —         | —          |
| 38        | 20.8             | 13.5       | 11.5      | 1.2       | 9.4        | 11.5       | 6.5        | —         | —          |
| 39        | 18.8             | 13.0       | 12.1      | 2.0       | 8.8        | 12.4       | 8.1        | —         | —          |
| 40        | 18.5             | 13.1       | 14.5      | 3.5       | 7.1        | 10.7       | 9.0        | —         | —          |
| 41        | 15.6             | 12.3       | 13.2      | 7.0       | 5.9        | 7.8        | 7.1        | —         | —          |
| 42        | 14.6             | 14.8       | 14.6      | 10.2      | 8.4        | 14.0       | 10.6       | —         | —          |
| 43        | 10.0             | 13.4       | 13.7      | 12.3      | 9.0        | 10.9       | 10.4       | —         | —          |
| 44        | 6.5              | 9.7        | 10.3      | 11.8      | 7.7        | 9.6        | 8.9        | 13.5      | —          |
| 45        | 8.0              | 11.8       | 12.3      | 13.8      | 10.2       | 10.9       | 11.4       | 20.9      | —          |
| 46        | 4.5              | 7.2        | 8.5       | 12.3      | 9.2        | 9.7        | 9.5        | 15.8      | —          |
| 47        | 1.6              | 2.9        | 4.5       | 10.2      | 5.7        | 7.6        | 7.4        | 12.6      | 23.8       |
| 48        | 1.0              | 2.4        | 3.2       | 8.3       | 7.0        | 7.9        | 7.2        | 6.4       | 21.6       |
| 49        | 0.0              | 0.2        | 0.7       | 6.7       | 0.8        | 4.6        | 5.1        | 8.1       | 18.2       |
| 累 計       | 148.6            | 141.3      | 138.9     | 102.9     | 96.2       | 127.3      | 110.3      | 79.3      | 63.6       |

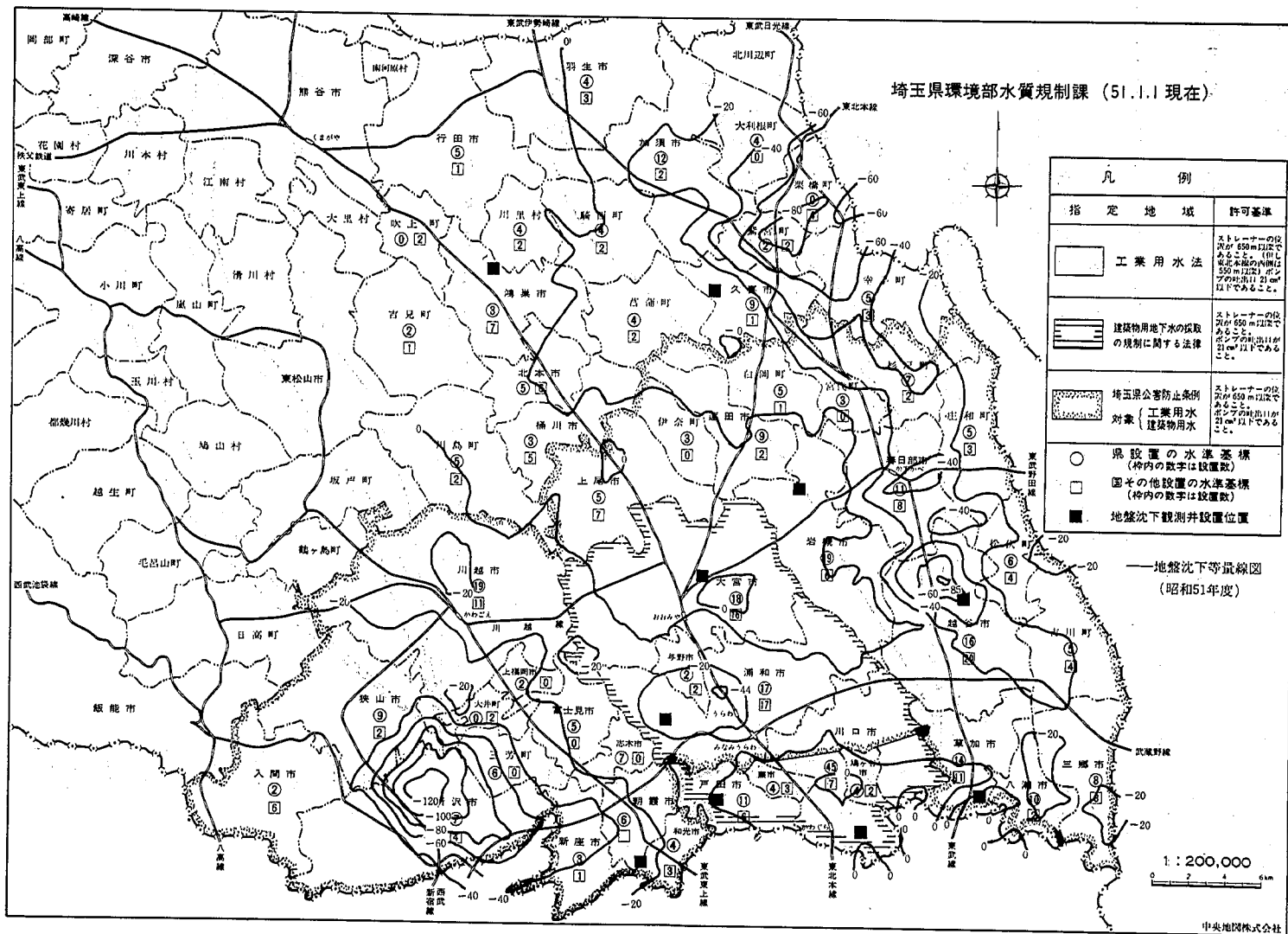
資料：全国の地盤沈下地域の概況（環境庁水質保全局 S.51.3）

図表 V-23 埼玉県地域地盤沈下等量線図（S.36.2～S.50.1）



資料：荒川調節池緊急水利利用高度化事業計画参考資料（S.52.3）

図表 V-24 埼玉県地下水採取規制及び地盤変動調査状況図



浦和市、越谷市もこれに次いで沈下速度が大きいが、近年昭和50～51年になって、やや鈍化の傾向がうかがえる。

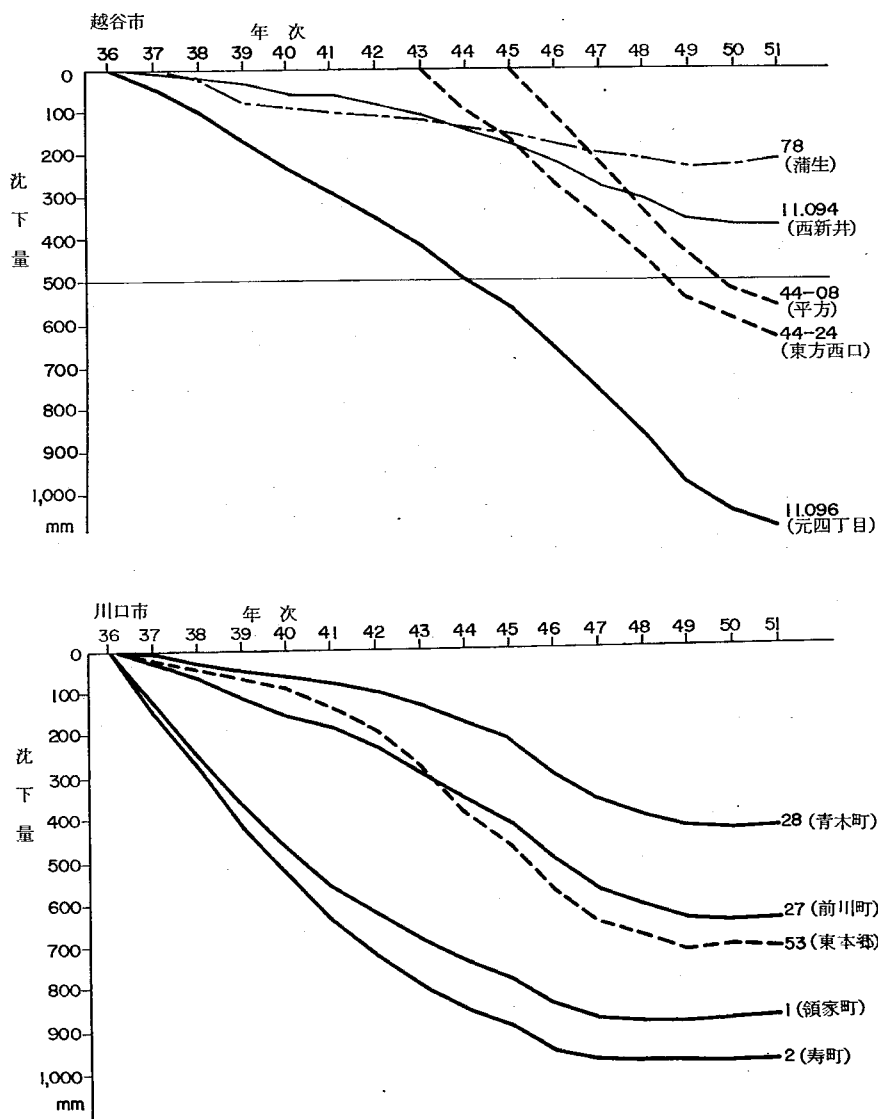
川口市は、早いところで昭和46～47年頃から鈍化、または沈下が停止しており、昭和50年以降一部の地点にいくぶん隆起の傾向がある。

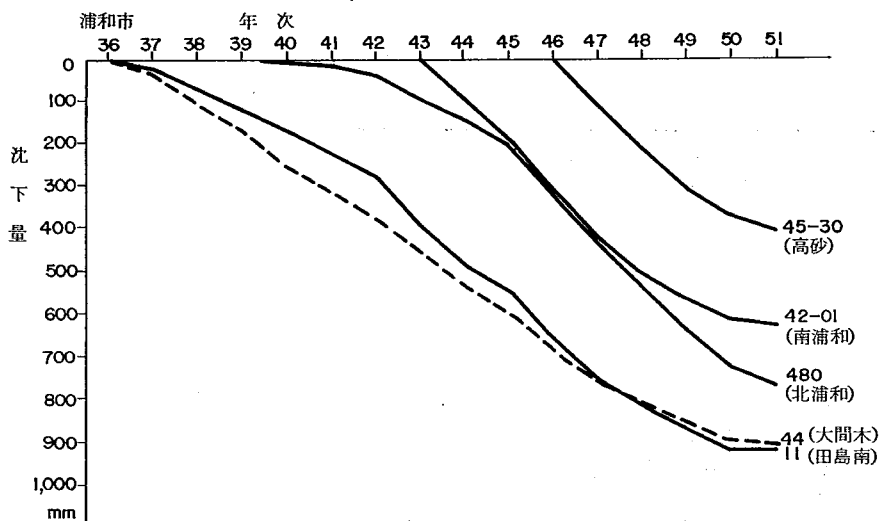
川越市においては、昭和50年までは沈下が進行しているが、51年になって隆起が認められる。

図表 V - 25 埼玉県主要市における地盤沈下量の推移

資料：地下水利用及び地盤沈下の実態調査報告書

(埼玉県昭和52年3月)





### ③ 地盤沈下対策

地盤沈下による構造物の被害については、浅部の沈下による抜け上り被害、全体の沈下による被害及び不等沈下による被害が考えられるが、昭和30年代から沈下の著しかった川口市内では、堤防、橋梁およびコンクリート建造物のわい曲、破断の例が多い。(大泉工場、仙元橋、同付近の橋梁多数)

全体の沈下による被害としては、川口市、戸田市および蕨市等ならびに県東南部の各市における、青空出水、台風集中豪雨時の溢水、慢性的湛水等の被害が多い。

地盤沈下の防止対策として昭和38年川口市等5市1町が工業用水法の指定地域に、また、昭和47年川口市等7市がビル用水法の指定地域になったほか、条例による地下水採取の規制が行なわれている。これらの規制によって南部は沈下がおさまってきているが、全般的にはまだ激化の傾向にある。

これらの指定地域は先の図表V-24に示されている。

また、埼玉県における地盤沈下対策の推移を示したが、図表-26であり、地下水揚水規制によって埼玉県地域ブロック別の地下水揚水量がどのように変化しているかを図表V-27に示した。

これによると、昭和45年時点までにおいては、県南部だけには、揚水規制の効果が現われているが、他の地区には及んでいない。

もちろん揚水の規制と平行して、代替水源の確保も着々と進展している。工業用水道の整備は主にその目的で実施されているので、埼玉県工業用水道の概要をみてみよう。

埼玉県営南部工業用水道(旧称埼玉中央第一及び東部第一工業用水道)は、川口市の一部、戸田市、鳩ヶ谷市、蕨市、草加市、八潮市及び浦和市を給水対象区域として、昭和39年から一

図表 V-26 埼玉県地盤沈下対策の推移

|        | 主 要 事 業                                                                                            |                                                                                                                                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 水準測量, 観測井                                                                                          | そ の 他                                                                                                                                                                                      |
| 昭和34年度 | 35.7 草加観測井の観測開始                                                                                    | 地盤沈下状況は掘のため一級水準測量及び実施地域の検討を始める                                                                                                                                                             |
| 35年度   | 水準基準 70 基, 国の水準点 41 点計 111 点 (県南 11 市町) について一級水準測量開始<br>36.6 川口観測井 (100m, 43m) 観測開始                | 表流水を水源とする東部第一工業用水道事業の建設に着手                                                                                                                                                                 |
| 36年度   | 水準基準 87 基, 国の水準点 41 点計 128 点<br>185km について測量                                                       |                                                                                                                                                                                            |
| 37年度   | 128 点 185km について測量<br>水準基準 87 基, 国の水準点 45 点計 132 点                                                 | 埼玉県南東部地域の地盤構造の調査を委託 (埼玉大学)<br>表流水を水源とする東部第一工業用水道事業の建設に着手<br>地盤沈下の原因, 沈下地域の地質構造を科学的に分析, 解明を委託 (財団法人, 国土計画協会)                                                                                |
| 38年度   | 193km について測量                                                                                       | 38.7.1 工業用水法の指定を受ける (川口市の一部, 草加市, 蕨市, 戸田市, 鳩ヶ谷市)<br>表流水を水源とする中央第一工業用水道及び中央第一水道事業に着手                                                                                                        |
| 39年度   | 132 点 193km について測量<br>132 点 193km について測量                                                           | 39.11 東部第一工業用水道給水開始<br>埼玉県北東部地域の地盤構造の調査を委託 (埼玉大学)                                                                                                                                          |
| 40年度   |                                                                                                    | 40.10.1 工業用水法による水源転換命令, 草加市及び八潮市の一部 (ストレーナーの位置 140 m 以浅揚水機の吐出口の断面積 55 cm <sup>2</sup> 以上)                                                                                                  |
| 41年度   | 132 点 193km について測量                                                                                 | 41.9.30 水源転換命令に伴う揚水施設の失効                                                                                                                                                                   |
| 42年度   | 水準基準 118 基国の水準点 61 点計 179 点<br>延長 244 km について測量                                                    |                                                                                                                                                                                            |
| 43年度   | 水準基準 146 基国の水準点 66 点計 212 点<br>延長 314 km について測量                                                    | 埼玉県南東部地域における地盤沈下と地下水の汲揚げについての調査委託 (埼玉大学)<br>中央第一工業用水道給水開始<br>中央第一水道供給事業完成, 同第一期拡張事業着手<br>44.2.10 工業用水法による水源転換命令川口市の一部, 蕨市, 戸田市及び鳩ヶ谷市 (ストレーナーの位置 140 m 以浅揚水機の吐出口の断面積 55 cm <sup>2</sup> 以上) |
| 44年度   | 水準基準 164 基国の水準点 76 点計 240 点<br>延長 354 km について測量<br>川口に観測井 1 本設置 (200 m)                            | 45.2.9 水源転換に伴う揚水施設の許可の失効                                                                                                                                                                   |
| 45年度   | 水準基準 200 基国の水準点 88 点計 288 点<br>延長 414 km について測量<br>戸田に観測井 2 本設置 (150 m, 250 m)                     | 県南地域における工業用水及び上水道の揚水量調査開始<br>表流水による東部第一水道供給事業及び西部第一水道供給事業に着手                                                                                                                               |
| 46年度   | 水準基準 243 基国の水準点 119 点<br>計 362 点延長 536 km について測量 (内 86 km については国土地理院測量)<br>浦和に観測井設置 (150 m, 250 m) | 46.6.30 公害防止条例が改正施行され地盤沈下防止のため地下水採取の届出制による規制始まる (県南部地域 19 市町)<br>47.1.1 公害防止条例が改正施行され揚水施設の設置について許可制度が確立し, 工業用及び建築物用の揚水施設が事実上禁止された (県南部地域 19 市町)<br>県南地域における工業用水及び上水道水の揚水量とまる               |
| 47年度   | 水準基準 293 基国の水準点 144 点, 市の水準点 3 点計 440 点延長 746 km について測量 (内 86 km について国土地理院測量)<br>久喜に観測井設置 (350 m)  | 中央第一工業用水道第一期拡張事業着手<br>47.5.1 ビル用水法の指定を受ける (川口市, 浦和市, 大宮市, 与野市, 蕨市, 戸田市, 鳩ヶ谷市)                                                                                                              |
| 48年度   | 水準基準 343 基国の水準点 191 点市の水準点 3 点計 537 点 966 km について測量 (内 86 km については国土地理院測量)                         | 中央第一水道供給事業第二期拡張事業着手<br>東部第一工業用水道事業第一期拡張事業着手<br>48.1.1 公害防止条例が改正施行され規制地域が拡大される (15 市町追加)                                                                                                    |

部給水が開始されたが、規制の強化に伴い現在拡張工事が行われており、完成時（昭和53年）における給水能力は、 $440\text{千}m^3/\text{日}$ となる。

また、従来工業用水道のなかった西部地区については、最近の著しい工業立地とこれに伴う地盤沈下の進行に対処するために、朝霞、和光、志木および川越地区等を対象に、昭和55年を目途として、西部工業用水道の建設が図られている。

### (II) 河川水質の汚濁

埼玉県は自然条件に恵まれ、従来から農産物の生産が盛んな農業県として歩んで来たが、昭和35年頃を境として人口の都市集中が急速に進行した。その結果首都東京に隣接する本県は東京都を中心とする都市化の外延的拡大の影響を強く受け、国勢調査によれば昭和40年に301万人であった人口が昭和50年現在では482万人に達し、これら都市化工業化の波は県南地域から急速に北上拡大しつつある。これに伴い県南部を流れる農業排水路を含む中小河川の多くは、生活排水工場排水の大量な流入から水質汚濁が進行し、すでに「ドブ川」となっているものもある。この傾向は県東部及び県西部から更に北部地域と拡がりつつある。

埼玉県における下水道は遅れているが、その普及状況を図表V-28に示す。

次に県中央を流れる荒川、東部平野を流れる中川、さらに北部、および東部県境を流れる利根川と江戸川の水質についてみよう。

なお水質汚濁指標としては、代表的なBODに注目する。

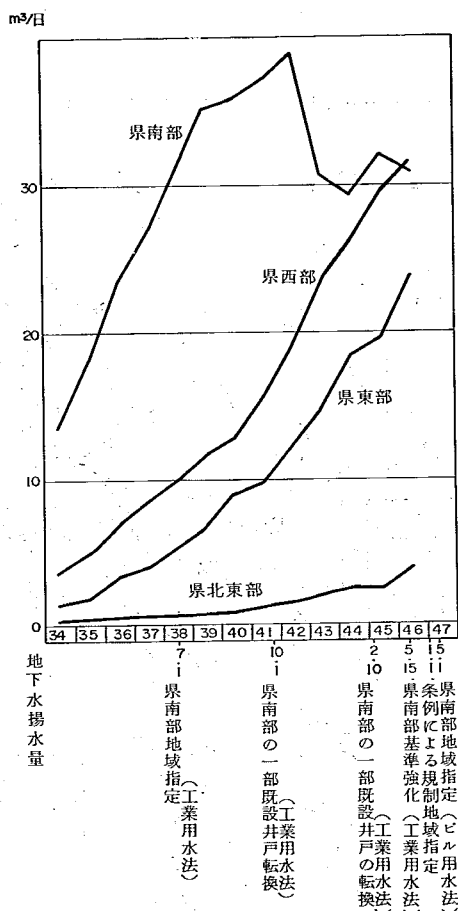
#### ① 荒川

寄居より上流では良好な水質が保たれているが、それより下流、秋ヶ瀬堰までは都市化にともなって徐々に汚濁が進行している。

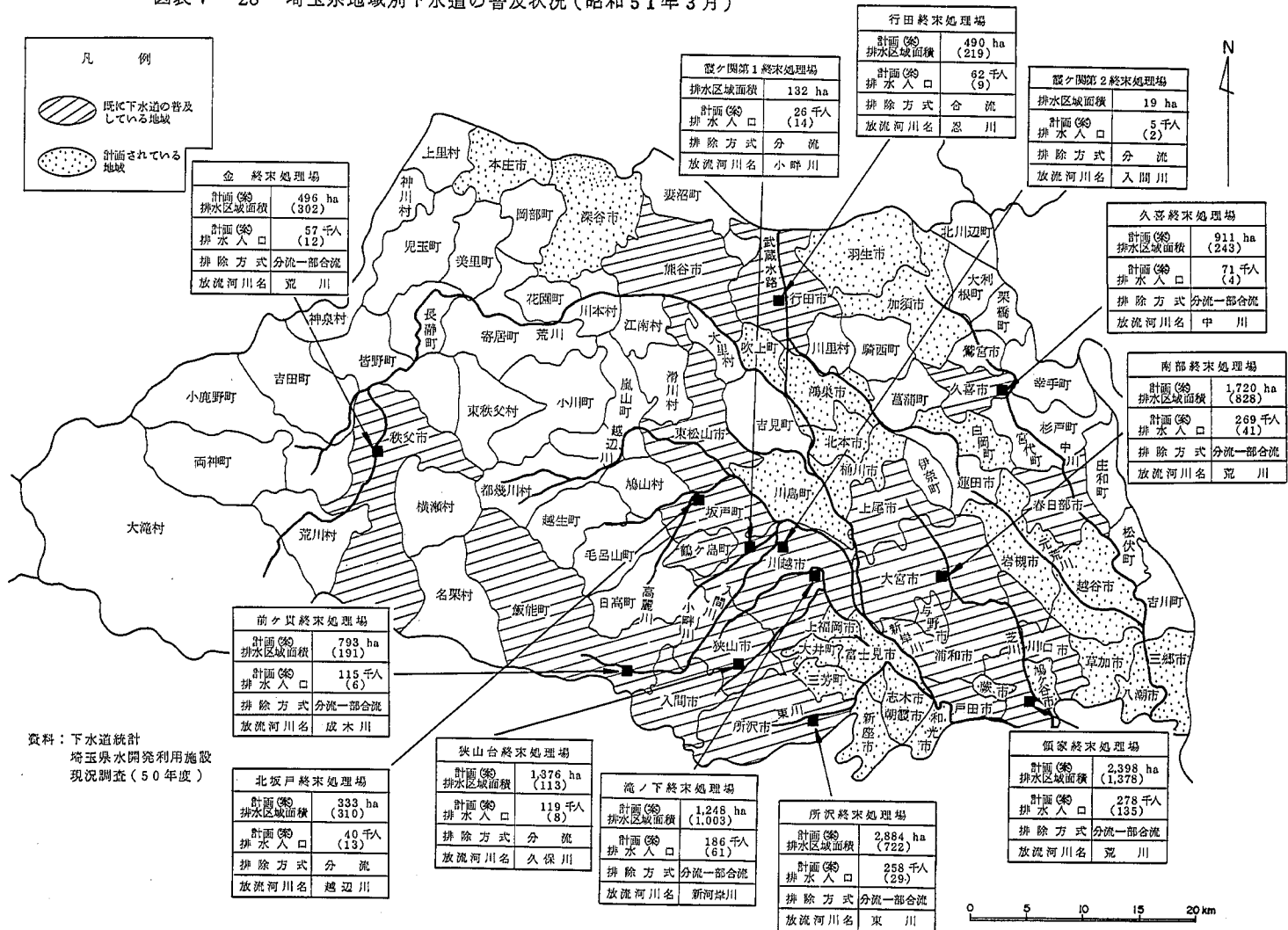
堰の下流、笹目橋以降では、汚濁は著しいが、これは、都市河川である鴨川、笹目川、芝川などが流入しているためと考えられる。

河川流量の中に占める都市用水の排水量の比率をブレンド率として、次のように定義すると、

図表V-27 埼玉県地下水揚水規制と揚水量の変化



図表 V-28 埼玉県地域別下水道の普及状況 (昭和51年3月)



昭和45年時点で古谷本郷地点で24%, 笹目橋地点で34%である(荒川調節池緊急水利用高度化事業計画参考資料による)。

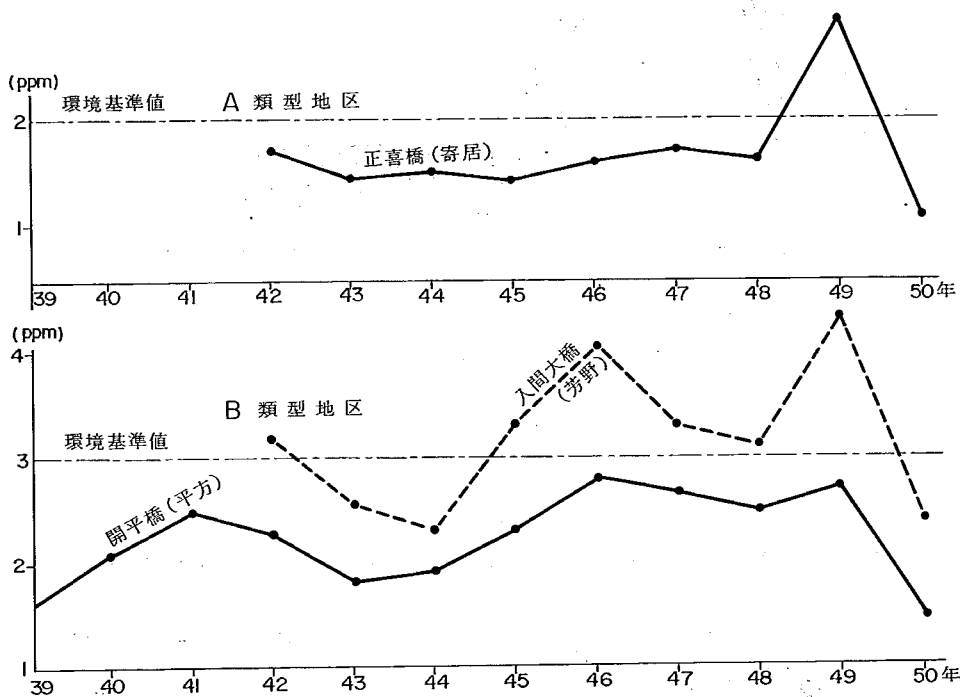
$$\text{ブレンド率} = \frac{(\text{未処理} + \text{処理}) \text{排水量}}{\text{河川自流}^* - \text{取水量} + (\text{未処理} + \text{処理}) \text{排水量}} \times 100$$

\*低水流量

図表V-29に主要地点のBOD経年変化(年平均値)を, 図表V-30に最近5ヶ年のBOD縦断変化を, 図表V-31に環境基準の区分を示す。

なお, 水質の汚濁対策は, 関東地方水質汚濁対策連絡協議会の荒川中川部会において, 埼玉県東京都, 水資源開発公団と有機的な連携のもとにすすめられている。

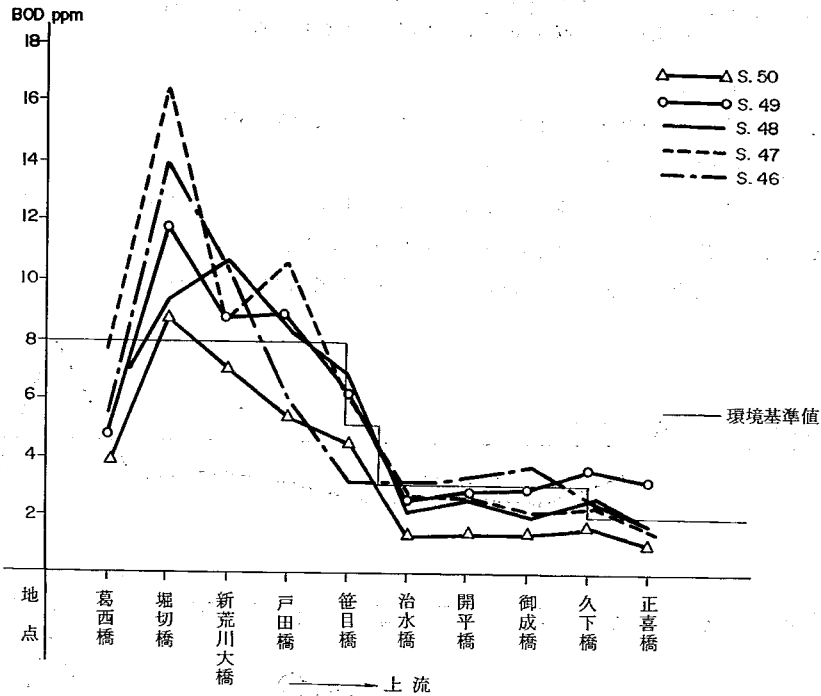
図表V-29 主要地点のBOD経年変化図(年平均値)



資料：荒川上流概要(1977)

図表 V-30 荒川における過去 5 ケ年の BOD

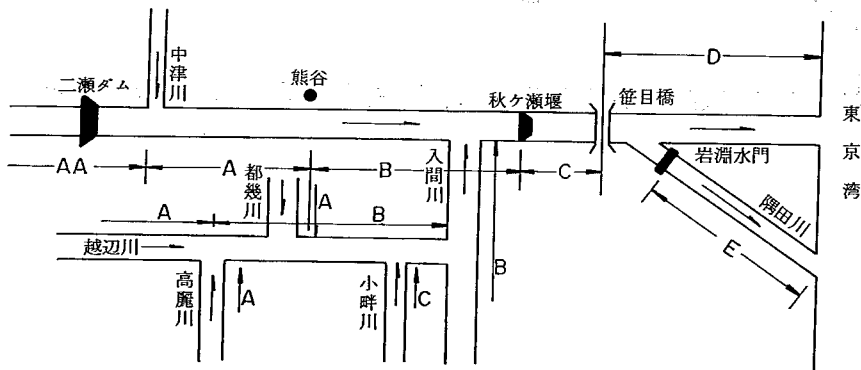
縦断変化図 (年平均水質)



資料：日本河川水質年鑑 (1976)

図表 V-31 環境基準の区分

指定年月：熊谷より下流… S45.9, 熊谷より上流… S47.4, 支川… S46.12



資料：荒川上流概要 (1977)

| 項目<br>類型 | 基準値             |                     |                 |                |                      | 該当水域           |
|----------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------------|----------------|
|          | 水素イオン濃度<br>(PH) | 生物化学的酸素要求量<br>(BOD) | 浮遊物質質量<br>(SS)  | 溶存酸素量<br>(DO)  | 大腸菌群数<br>(NPN/100ml) |                |
| AA       | 6.5-8.5         | (PPm)<br>1以下        | (ppm)<br>25以下   | (ppm)<br>7.5以下 | 50以下                 | 中津川合流より上池      |
| A        | 6.5-8.5         | 2以下                 | 25以下            | 7.5以上          | 1,000以下              | 中津川合流-熊谷       |
| B        | 6.5-8.5         | 3以下                 | 25以下            | 5以上            | 5,000以下              | 熊谷-秋ヶ瀬堰        |
| C        | 6.5-8.5         | 5以下                 | 50以下            | 2以上            | —                    | 秋ヶ瀬堰-笹目橋       |
| D        | 6.0-8.5         | 8以下                 | 100以下           | 2以上            | —                    | 笹目橋より下流        |
| E        | 6.0-8.5         | 10以下                | ゴミ等の浮遊が認められないこと | 2以上            | —                    | (隅田川) 岩淵水門より下流 |

## ② 中川

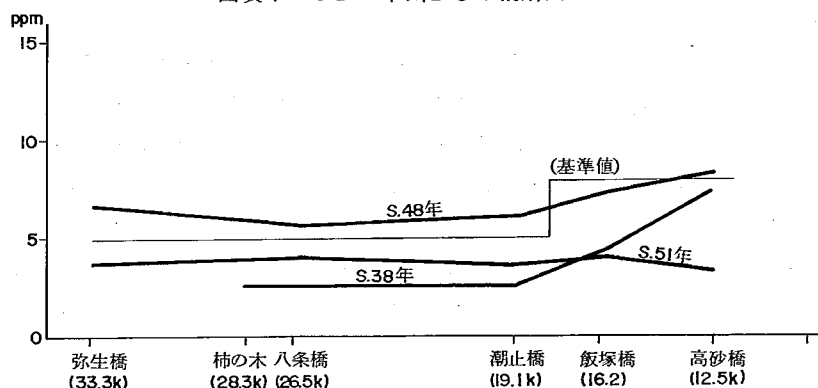
中川は、典型的な排水河川で、流域内の農業用水が利根川、荒川から取水され、最後に中川へ排水されている。かんがい期の流況は比較的豊かであるが、非かんがい期には、農業用水取水停止により、流況が悪化し、未処理の都市排水がほとんどを占めるため、水質汚濁が著しく最悪の状態になる。

流域の都市化・工場の進出に伴い、昭和47年まで汚濁が著しく進行していたが、47年を境に浄化現象を示してきているが、上記のように季節変動が大きいことを留意しておく必要がある。

支川の綾瀬川は、本川ほど農業用水落水がなく、年間を通じて汚濁がひどいため、「日本一汚れた川」という汚名が与えられている。

図表V-32にBOD縦断面図を載せた。

図表V-32 中川BOD縦断面図



資料：江戸川・中川（建設省江戸川工事事務所S.52.3）

## ③ 利根川

利根川水系の水質は昭和30年代以降、各地において水質は著しく悪化してきたが、現在までに行われた排水規制の強化などにより、一部では改善の方向、若しくは横ばいの状態がみられ、全体的に汚濁のテンポは鈍化したものの、必ずしも改善の方向にあるとはいえない状態にある。

特に最近の特徴は河川流量の低減する渇水期に汚濁が進行し、上水道の処理過程など浄水操作に困難を起すと同時に、流域に集中する工場群からの油類及びシアン等有害物質の流入に伴う魚類等の浮上、上水道の取水停止など大きな事故が頻発している。

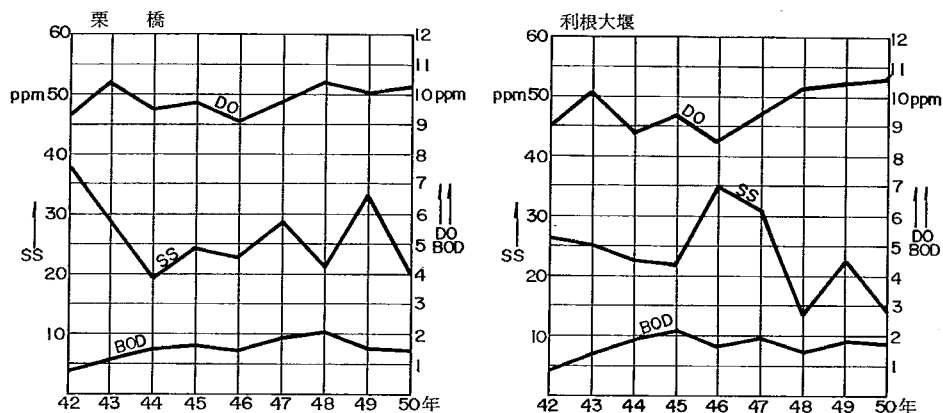
利根川本川の水質を縦断的にみると阪東大橋上流、上武大橋～栗橋、芽吹橋より下流の3区間に分かれるが、ここでは埼玉県に沿って流れている部分（中流部）についてみよう。

阪東大橋より上流域は人為的汚染もほとんどなく、環境基準(A)を十分満足する自然河川であるが、中流域の上武大橋から栗橋間についても、環境基準(A)をほぼ満足している。

栗橋地点での環境基準の適合率は75%程度となっている。

図表V-33に栗橋・利根大堰地点の水質の推移を示す。

図表V-33 栗橋・利根大堰地点の水質の推移



DO: 溶存酸素 SS: 浮遊物質 BOD: 生物化学的酸素要求量

資料: 利根川上流概要(1976.6.)

#### ④ 江戸川

江戸川の水質は野田橋上流、運河合流前から新葛飾橋の中流、市川橋より下流の三つに分かれる。江戸川の水質は昭和40年頃までBODが2.0 ppm程度であったが、流域の都市化、工場の進出などに伴い汚濁は著しく進行し、昭和47年には上流の関宿橋でBOD 2.9 ppm、中流の流山で3.4 ppm、下流の浦安地点で4.8 ppmと非常に高い値を示した。

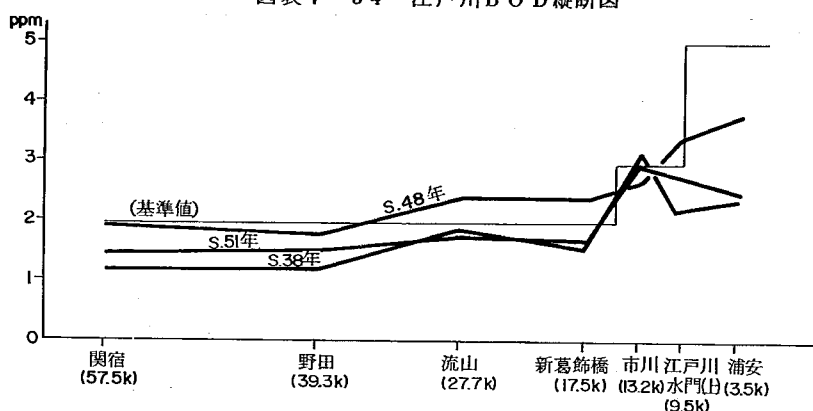
しかし、昭和48年より汚濁は下降傾向を示し、昭和50年には野田橋より上流部は平均値が環境基準(A)\*を満足している。運河合流前から新葛飾橋の中流部は高低の変動も著しく平均値は環境基準(A)を大幅に上回るとともに、流山橋地点での環境基準の適合率は46%と低い値となっている。

注\*BOD……2 ppm以下

江戸川の水質汚濁源は、千葉県側にあり、中流部より下流の水質悪化が目立つ。利水面から見ると上水道用水としてのウェイトが高いため、もう一步水質改善の努力を必要としている。

図表V-34に江戸川BOD縦断図を示す。

図表V-34 江戸川BOD縦断面図



資料：江戸川・中川（建設省：江戸川工事事務所 S52.3）

## 2. 水使用合理化

●各種の水資源逼迫対策のうち有力なものとして水使用の合理化が対策が考えられる。水不足に対して需要者側で対応しようとするもので、一度合理化策を打てば恒久的な効果が期待できるものである。以下では生活用水、工業用水、農業用水に分けて、具体的合理化方法、効果、コスト、各種の制約等について検討する。

### 1) 生活用水の合理化

#### (i) 家庭用水の節約方法

●家庭用水の用途は大別すると水洗便所、炊事、洗濯、風呂、洗面手洗い、雑用の6種類に分けられ、用途別使用量は日本全国かなり類似した値を示している。勿論、気候による差、地域の特殊事情による差もない訳ではないが、農業用水、工業用水等に比べれば、はるかにバラツキは小さい。

●家庭用水の節約を検討するに当っては次の作業が必要となる。

- ① 使用実態の把握
- ② 使用量決定因子の把握と節水改善が可能なものの選択
- ③ 具体的節水方法と効果の把握
- ④ 各種制約と費用の見積り

●これらの作業の結果をとりまとめたものが図表Ⅵ-1である。

#### (ii) 都市活動用水の節約方法

●都市活動用水の節約可能性についても家庭用水と同様の方法で検討が必要である。都市活動用水についてはその使用実態が十分に把握できている訳ではないが家庭用水と同様のアプローチを試み、図表Ⅵ-2として節約可能性を検討した。その際、都市活動用水中の用途は水量ウェイトの高い水洗便所用水（都市活動用水中に占める割合38%\*）厨房用水（同29%）、冷房用水（同9%）の3用途に限定して検討を加えた。

図表Ⅳ-1 家庭用水節約の可能性

| 用途                         | 節約改善方法                                            | 具体的方法等特記事項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 効 果                                                                         | コスト等                                                                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水<br>洗<br>便<br>所<br>用<br>水 | ・大小切替レバーの導入                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>従来の水洗レバーに大小の区別をつける。小の水洗とはタンクの出口をふさいでいるボールを少し持ち上げる程度にレバーの傾きを加減して、水を少量落とす方式である。</li> <li>改善は容易である。</li> <li>現在のところ大小レバー付きは少ない。(例：住宅公団は昭和51年秋以降に採用している)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 大 便<br>現 状 12~13 ℓ/回<br>改善後 10 ℓ/回                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タンクによってレバー以下一連の部品を取り換えなければならないが、その場合でも1万円はかからない。</li> </ul> |
|                            | ・大小切替レバー利用の徹底<br><br>・タンク容積の削減                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大小切替タンク所有世帯で男性の15%、女性の40%が大の水洗のみを行っている。</li> <li>・実験によれば、1枚の紙ぐらいなら3~4ℓ/回できれいに流すことができる。(洗い落し便器の場合)</li> <li>・60%の女性が小レバーによる水洗を行っているが、配管のつまりは起きていない。従って実施に問題は無い。</li> <li>・最近衛生陶器メーカーから節水消音式便器が売り出されている。(例：Iメーカー5ℓ/回 Tメーカー8ℓ/回、現状12~3ℓ/回、40~65%の節約)</li> <li>・便器自体は半永久的に使われるものなので、既存住宅での新型導入は難しい。</li> <li>・タンクの容量を小さくすることだけが現実的な対策となる。</li> <li>・現在の12~13ℓ/回は余裕をみており、7~8ℓ/回でも汚物及び紙を流しうる。多少ゆとりをみても9~10ℓ/回位まで現状の2割位はカットできる。</li> <li>・タンクの中に入れる充填物はレンガでは重すぎる。ポリタンクに水を入れたものが適当である。</li> </ul> | 小 便<br>現 状 5 ℓ/回<br>改善後 5 ℓ/回<br><br>40 ℓ/人、日→<br>(100)<br>27 ℓ/人、日<br>(68) |                                                                                                     |
| 炊<br>事<br>用<br>水           | ・バルブ開閉のスムーズ化(ワンタッチコックの利用)<br><br>・給水量の削減(節水コマの利用) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在のバルブは位置が蛇口より少し離れているため又、バルブの開閉に回転を必要とするため憶効である。</li> <li>・バルブの開閉をもっとスムーズに行う方法として、①足踏式バルブ、②光電管と電磁弁を組合せた方法があるが、工事が面倒である。</li> <li>・価格が安く、取付けが容易なものとしてEコック(K社)、Mクイック(E社)がある。Eコックは蛇口を上下すれば、又、Mクイックは蛇口を横振りにすれば給水、止水が可能となる。その移動角度で水量も調節できる。これらはいずれも最大給水量を元バルブで調節できる。</li> <li>・湯沸器へのワンタッチコックの利用も可能である。ただしコックを開けた直後熱いお湯がでるので、温度をやや低目に調整しておく必要がある。</li> <li>・炊事用蛇口の給水量は6~14ℓ/分、平均10ℓ/分である。湯沸器になると一定の温度を得るために給水量が削減されるので、3~9ℓ/分、平均5.5ℓ/分、6ℓ/分以上の使用量を6ℓ/分にまで落せば効果は大きい。</li> </ul>                  | 50 ℓ/人、日→<br>(100)<br>26 ℓ/人、日<br>(52)<br><br>・給水時間の長いところほど効果は大きいはずである。     | 各3,000円/ヶ                                                                                           |

| 用途               | 節約改善方法                                                                                                             | 具体的方法等特記事項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 効 果                                                                                                                                                                                                                                                                                           | コスト等                                                                           |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 炊<br>事<br>用<br>水 |                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>このような給水量の削減は節水コマによって可能である。これは給水栓のパッキング形状を変えたもので、パッキングの先端を平たくするか、又は突起をつけたもので、構造は極めて簡単である。</li> <li>単にパッキングを変えるだけで既設の蛇口の水量を減らせる。</li> <li>節水コマによる給水量は多少のバルブの開度で5～6ℓ/分(1kg/cm<sup>2</sup>)、7～8ℓ/分(2kg/cm<sup>2</sup>)とすることができる。開度を大きくすれば普通コマと同量となる。</li> <li>通常バルブの開度3/12～3/16位では、普通コマの1/2.5～1/2の給水量となる。</li> <li>ワンタッチコックを採用すれば、それだけで給水量は制御できる。元バルブで最大給水量7～8ℓ/分に制御しておけば、通常の傾き角度では5～6ℓ/分におさえられる。最大給水量が小さいと水を貯めるのに辛気臭い感じを覚えるので、7～8ℓ/分に制御するのが妥当であろう。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                               | 給水量(水)平均10ℓ/分(6～14ℓ/分)<br>→5～6ℓ/分<br>給水量(湯)平均5.5ℓ/分(3～9ℓ/分)<br>→5～6ℓ/分                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                |
| 洗<br>濯<br>用<br>水 | <ul style="list-style-type: none"> <li>洗濯物の洗濯機への充填率向上</li> <li>残り湯の利用および洗剤の繰返し利用</li> <li>後すすぎのプログラムの改善</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>洗濯機内の洗濯物量が少なくても、水量は変らない。洗濯物の洗濯機への充填率が高まれば水量を節約できる。</li> <li>浴槽の水を張りかえる日に残り湯を利用すれば、その分だけ新水を節約できる。風呂の残り湯は通常150ℓ～180ℓ程度であり、洗濯機の容量は35ℓであるから、残り湯で4～5回分の使用を賄うことができる。</li> <li>半分近くの家がすでにほぼ100%洗剤洗濯に残り湯を利用している。</li> <li>洗濯を風呂の水を張りかえる日に合わせないと、残り湯を使用しても節約にならないので注意を要する。</li> <li>バケツで残り湯を使おうとすると、1回の洗濯で5～6杯を運ばなければならず、主婦にとって楽な仕事ではない。家庭用小型水中ポンプを使えばスイッチ1つで浴槽から洗濯機へ残り湯を送ることができる。</li> <li>1～2回の洗濯しか行わない場合は後すすぎにも残り湯を回すことができる。</li> <li>洗剤の洗滌力は2～3回位まで有効であるから、洗剤洗濯をつづけて行ない、次いですすぎをまとめて行なえば洗剤洗濯の水量を節約できる。このような方法を用いる世帯は現在すでにある。</li> <li>後すすぎはやり方によって見ためにきれいになるまで(洗剤濃度3ppm)に洗滌時間が大幅に変わる。</li> </ul> <p>① 排水しないでそのまま後すすぎ<br/>所要時間 12分 310ℓ</p> <p>② 排水だけして後すすぎ<br/>" 9分 240ℓ</p> <p>③ 脱水してから後すすぎ<br/>" 5分 150ℓ</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>充填率の現状が不明のため、効果の測定ができない。効果想定のための前提</li> <li>①水節約方法はためすぎ3回方式とする。</li> <li>②残り湯の利用は2回に1回とする。</li> <li>③残り湯の利用対象は洗剤洗濯1回、2回目の貯めすぎとする。</li> <li>④洗剤の繰返し利用はしないものとする。</li> <li>⑤すすぎの繰返し利用は行わないものとする。</li> </ul> <p>現 状<br/>57ℓ/人・日→28ℓ/人・日<br/>(100) (49)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>家庭用水中ポンプ<br/>4,000～5,000円/1ヶ</li> </ul> |

| 用途               | 節約改善方法                      | 具体的方法等特記事項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 効 果                                                                                                                                              | コスト等   |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 洗<br>濯<br>用<br>水 |                             | <p>④ 貯めすぎ→脱水→貯めすぎ</p> <p>66ℓ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上記④の方法にもう1度貯めすぎを加えれば、十分な洗滌効果が得られる。従って後すすぎの必要水量は洗濯機容量の3杯分でよいことになる。</li> <li>・2槽式の家庭11軒のうち8軒が1回以上の脱水をとり入れているのが現状であるから、あと1～2回脱水を組み込めばもっとも節約的となる。</li> <li>・新型の全自動洗濯機は上記のプログラムに近い方式になっているが、古いものはプログラム部分を取替えなければならない。</li> <li>・上記プログラムを導入するうえで障害となるのは脱水を数回入れる面倒臭さよりも、多量の水を使わないと洗滌した気がしない主婦の感覚であろう。しかし実際は上記のプログラムで十分な洗滌効果が得られる。</li> </ul>                        |                                                                                                                                                  |        |
| 風<br>呂<br>用<br>水 | ・水の取替間隔の延長                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・①浴槽の水張り水量、②浴槽の補給水量、③シャワーの使用水量のうち後者の2用途の水は減らしにくい。</li> <li>・浴槽の水張り水量を減らすためには、大きすぎる浴槽に充填物を入れることも考えられるが現実的ではない。取替頻度を少なくすることだけが風呂用水を減らす方法となる。</li> <li>・浴槽の水の取替換度の適正値をきめることは難しい。問題は入浴者の数と浴槽の水の汚水度の関係があるが、この汚水度の受けとめ方は各個人感覚で異なるからである。</li> <li>・湯をわかすタイプでない浴槽（中央給湯式のものなど）の場合は繰返し利用が難しいが、この場合でも給湯温度を最高80℃にまで上げて使えば、<math>\frac{1}{2}</math>～<math>\frac{1}{3}</math>程度の浴槽の水は繰返し利用が可能である。</li> </ul> | <p>効果測定のための前提</p> <p>取替間隔</p> <p>1～3人 2日以上<br/>4人以上 1日以上<br/>（毎日入浴するものとして）</p> <p>ただし小学生未満の子供は数に入れれない。</p> <p>43ℓ/人・日→37ℓ/人・日<br/>(100) (86)</p> |        |
| 洗面<br>手水         | ・ワンタッチコックの利用と給水量の制御（5～6ℓ/分） | ・炊事用水の項に同じ。ただし、現在市販されているワンタッチコックは洗面器の給水栓に取り付けにくい構造になっているので、改善の余地がある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 17ℓ/人・日→7ℓ/人・日<br>(100) (41)                                                                                                                     |        |
| 雑<br>水           | ① 掃除用水                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ホース洗いからバケツ洗いへの切替</li> <li>・浴槽残り湯の使用等</li> </ul> <p>・掃除用水には、①バケツを使用するもの、②ホースを使用するもの、③蛇口を使用するもの、④シャワーを使用するものの4種類がある。①には風呂の残り湯が使える。（ただし、浴槽水の取替日のみ）②は避けてバケツを用いればよい。</p> <p>③による洗面器等の掃除にはワンタッチコックの取付けが威力を発揮する。④シャワーによる浴槽やタイルの掃除については浴槽の残り湯が使える。</p>                                                                                                                                                | 4ℓ/人・日→2ℓ/人・日                                                                                                                                    |        |
|                  | ② 撒水用水                      | ・撒水にはほとんどの場合ホースが使われる。バケツに変えるのは難しいので、ホースを前提とすると、ハンドバルブ（手元制御弁）の取付けが有効である。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1.5ℓ/人・日→1ℓ/人・日                                                                                                                                  | ハンドバルブ |

| 用途  | 節約改善方法                     | 具体的方法等特記事項                                                                                                                                                | 効 果                                  | コスト等 |
|-----|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|
| 雑用水 | ③ 洗車用水<br>・ホース洗いからバケツ洗いへ切替 | ・ホース洗いは避け、バケツ洗いをすれば、バケツ5杯分もあれば十分である。(30ℓ)                                                                                                                 | 0.4ℓ/人・日→<br>0.2ℓ/人・日                |      |
|     | ④ その他の用途<br>・ワンタッチコックの利用等  | ・①ニワトリの水やりなど職業に関連したもの、②壁塗りのハケの洗浄など非日常的なもの、③玄関の足拭きを毎日洗濯機に入れて水を流し放しにして洗浄するという特殊なもの、の3種類がある。<br>・①水量は減らすことができない。②はワンタッチコックによる効果を期待すべきである。③のような洗浄方式はやめるべきである。 | 2ℓ/人・日→1ℓ/人・日                        |      |
|     |                            |                                                                                                                                                           | 雑用水小計<br>8ℓ/人・日→1ℓ/人・日<br>(100) (50) |      |
| 合 計 |                            |                                                                                                                                                           | 215ℓ/人・日→<br>(100) 129ℓ/人・日<br>(60)  |      |

(注) 資料: 「水利用システム調査」より要約した。 埼玉県水資源課

図表Ⅵ-2 都市活動用水節約可能性の検討

| 用 途     | 節約改善方法                                               | 具体的方法等特記事項                                                                                                                                                                                                        | 効 果                   | 備 考                                              |
|---------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|
| 水 洗 便 所 | 小シ<br>便器<br>・1時間当りシンスターン回数の削減<br>・電磁弁・タイマーの導入        | ・従来1時間12回(5分間隔)程度だったものを6回(10分間隔)程度にすることは可能である。<br>・電磁弁・タイマーの導入により従来稼動時間24時間を10時間に稼動日数365日を265日にすることが可能となる。                                                                                                        | 節水率 50%<br>節水率 70%    | ・シンスターン方式を前提としている。<br>・現在水準をどこにおくかにより節水率は大幅にかわる。 |
|         | 大 便 器<br>・節水型便器への切替<br>・排便1回当りフラッシュ回数の削減             | ・フラッシュ1回当り水量は従来型13ℓ/回に対し、節水型では5ℓ/回で可能である。<br>・家庭外での使用では、消毒、防臭を目的とすること、又費用の自己負担のないところから1回当り使用回数が多い。機器面から水量節約を達成するためにはフラッシュ式からロータンク式に切替えることが一番確実であるが、スペース面・コスト面の制約もあり、実現可能性は小さい。                                    | 節水率 60%<br>節水率 20~40% |                                                  |
| 厨 房     | ・ため洗いの励行<br>・ワンタッチバルブの利用<br>・冷蔵庫の冷却水の処理利用<br>・床洗滌の節約 | ・ワンタッチバルブの利用とため洗いの励行により食器洗い水量及び材料洗い水量を大幅に引き下げることが可能である。<br>・従来冷蔵庫用冷却水は規模が小さいこともあって一過式となっているところが多い。これを循環式に切替えば大幅に水量を削減することができる。<br>・従来床洗滌をホース洗いしていたものをバケツ洗いに切替えば、使用水量を半減できる。どうしてもホース洗いが必要な場合はハンドバルブを取り付けることも考えられる。 | 節水率 20~30%            |                                                  |
| 冷 房     | ・非用水型機種の選定<br>・循環水管理の徹底                              | ・水冷式冷凍機、吸収式冷凍機、空冷ヒートポンプなど各種の機種があり、それぞれの現在の普及率は9%、7%、3%となっている。1日1㎡当り補給水量は水冷式冷凍機3.7ℓ/日㎡ 吸収式冷凍機4.6ℓ/日㎡ 空冷ヒートポンプ0.0ℓ/日㎡となっている。ただし機種変更はビルの建替時期でもないとなし。<br>・通常循環水量に対する補給水量は3%程度で充分であるが、日常きちんと管理されていない場合が多い。             | 節水率 50%               | ・補給水率6%で現状運転しているものとした。                           |

図表Ⅵ-3 埼玉県生活用水用途別水量節約効果 (49年)

| 区分     | 用途                  | 具体的節約方法                               | 現状普及率の場合                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |              | 普及率100%の場合                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |              |
|--------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|
|        |                     |                                       | 水量節約効果推定式                                                                                                                                                                                                                                                                                | 節約可能性<br>上限値<br>(49年) | 対生活用水<br>構成比 | 水量節約効果推定式                                                                                                                                                                                                                                                       | 節約可能性<br>上限値<br>(49年) | 対生活用水<br>構成比 |
| 都市活動用水 | 水洗便所<br>(男子シスターン)   | ・1時間当りシスターン回収の削減<br>・夜間休日の閉栓          | $(15\text{L}/\text{人}-8\text{L}/\text{人}) \times 2.95 \text{ 回}$<br>事業所従業者数 就学人口 水洗便所普及率 水道普及率<br>$\times (694 \times 0.8 + 885 \times 0.5) \times 0.85 \times 0.90$                                                                                                                     | 15.8                  | 1.5          | $(15\text{L}/\text{人}-8\text{L}/\text{人}) \times 2.95 \text{ 回}$<br>$\times (694 \times 0.8 + 885 \times 0.5) \times 1.0 \times 0.90$                                                                                                                           | 18.5                  | 1.6          |
|        | 水洗便所<br>(男子シスターン以外) | ・節約型機種への切替                            | $\{ (13\text{L}/\text{人}-5\text{L}/\text{人}) \times 2.95 \text{ 回/日} \times (694 \times 0.2 + 885 \times 0.5 + 1647 \times \frac{8-5}{8}) + (26\text{L}/\text{人}-10\text{L}/\text{人}) \times 0.25 \text{ 回/日} \times (694 + 885 + 1647 \times \frac{8-5}{8}) \} \times 0.58 \times 0.90$ | 19.4                  | 1.8          | $\{ (13\text{L}/\text{人}-5\text{L}/\text{人}) \times 2.95 \times (694 \times 0.2 + 885 \times 0.5 + 1647 \times \frac{8-5}{8}) + (26\text{L}/\text{人}-10\text{L}/\text{人}) \times 0.25 \times (694 + 885 + 1647 \times \frac{8-5}{8}) \} \times 1.0 \times 0.90$ | 33.4                  | 2.8          |
|        | 厨房                  | ・循環水利用の徹底<br>・ため洗いの励行<br>・ワンタッチコックの利用 | $\{ (39\text{L}-27\text{L}) \times (694 + 885 + 1647 \times \frac{8-5}{8}) \} \times 0.90$                                                                                                                                                                                               | 23.7                  | 2.2          | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 23.7                  | 2.2          |
|        | 冷房                  | ・循環水管理の徹底                             | 就業就学人口1人当り延床面積<br>$\{ (1.0\text{L}/\text{m}^2-0.5\text{L}/\text{m}^2) \times 10.1\text{m}^2/\text{人} \times (694 + 885) \} \times 0.90$                                                                                                                                                  | 7.2                   | 0.7          | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.2                   | 0.7          |
|        | 小計                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 66.1                  | 6.2          |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 82.8                  | 7.3          |
| 家庭用水   | 水洗便所<br>(大)         | ・節水型機種への変更                            | $(13\text{L}/\text{回}-5\text{L}/\text{回}) \times 0.95 \text{ 回/日}$<br>就業人口 勤学人口その他人口 普及率<br>$\times (694 + 885 + 1647 \times 1.164) \times 0.32 \times 0.90$                                                                                                                             | 7.7                   | 0.7          | $(13\text{L}/\text{回}-5\text{L}/\text{回}) \times 0.95 \text{ 回/日}$<br>$\times (694 + 885 + 1647 \times 1.164) \times 1.0 \times 0.90$                                                                                                                           | 23.9                  | 2.0          |
|        | 水洗便所<br>(小)         | ・大小切替レバーの取付                           | $(13\text{L}/\text{回}-5\text{L}/\text{回}) \times 2.95 \text{ 回/日}$<br>$\times (694 + 885 + 1647 \times 1.125) \times 0.32 \times 0.90$                                                                                                                                                   | 23.3                  | 2.5          | $(13\text{L}/\text{回}-5\text{L}/\text{回}) \times 2.95 \text{ 回/日}$<br>$\times (694 + 885 + 1647 \times 1.125) \times 1.0 \times 0.90$                                                                                                                           | 72.9                  | 6.2          |
|        | 炊事用水                | ・ワンタッチコックの利用                          | $\{ (70\text{L}/\text{日}-35\text{L}/\text{日}) \times 1256 \text{ 世帯数} + (13\text{L}/\text{日}-6.5\text{L}/\text{日}) \times (694 + 885 + 1647 \times 1.369) \} \times 0.90$                                                                                                                | 62.0                  | 5.7          | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 62.0                  | 5.7          |
|        | 洗濯用水                | ・残り湯の利用<br>・後すすぎのプログラムの改善             | 人口<br>$(60\text{L}/\text{日}-30\text{L}/\text{日}) \times 4630 \times 0.90$                                                                                                                                                                                                                | 125.0                 | 11.5         | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 125.0                 | 11.5         |
|        | 風呂用水                | ・水の取替間隔の延長                            | $(150\text{L}/\text{日}-100\text{L}/\text{日}) \times 1256 \times 0.84 \times 0.90$                                                                                                                                                                                                        | 47.5                  | 4.4          | $(150\text{L}/\text{日}-100\text{L}/\text{日}) \times 1256 \times 1.0 \times 0.90$                                                                                                                                                                                | 56.5                  | 4.8          |
|        | 洗面手洗用水              | ・ワンタッチコックの利用                          | $(17\text{L}/\text{人}-7\text{L}/\text{人}) \times 4630 \times 0.90$                                                                                                                                                                                                                       | 41.7                  | 3.8          | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 41.7                  | 3.8          |
|        | 雑用水                 | ・ハンドバルブの取付等                           | $(69\text{L}/\text{世帯}-34\text{L}/\text{世帯}) \times 1256 \times 0.90$                                                                                                                                                                                                                    | 39.6                  | 3.6          | 同 左                                                                                                                                                                                                                                                             | 39.6                  | 3.6          |
|        | 小計                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 346.8                 | 31.8         |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 421.6                 | 37.6         |
|        |                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 412.9                 | 38.0         |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |              |

(注) 埼玉県的生活用水(49年)試算値の合計は1085千L/日である。なお水使用施設が100%普及した時の生活用水計は1176千L/日である。  
給水人口は4256千人であるからそれぞれの1人1日当り使用量は、255L/人・日、276L/人・日となる。

### ④ 埼玉県生活用水用途別水量節約効果の試算

前項の1) 2) の検討をふまえながら、埼玉県49年において最大限の節約可能量を算定したのが図表Ⅵ-3である。この節約量算定にあたっては、49年時点で各施設の普及率が現在水準の場合と100%の場合と2つのケースについて試算している。

実際には、普及のテンポによって効果の現われる速度も影響を受ける。たとえば都市活動用水区分の水洗便所改善による節水効果は年平均更新率を2%とすると全効果が現われるまでに実に50年を要することになる。

＊資料：都市活動用水の使用実態調査報告書 昭和49年7月 東京都水道局

さて図表Ⅵ-3をもとに、埼玉県生活用水における都市活動用水と家庭用水の節約効果をみてみよう。

このグラフに示した節水(可能)量は、あくまでも大まかに見積った一次的試算であるので、精度の点では低く、より厳密な検討のためには、再度、詳細な調査、検討が望まれる。

現状の普及率水準で都市活動用水の節水効果をみると、その効果の大きいものとして、①厨房②水洗便所(男子シスターン以外)、③水洗便所(男子シスターン)、④冷房となっている。節水可能量は $66\text{千}m^3/\text{日}$ 、節水可能量は $66\text{千}m^3/\text{日}$ 、生活用水<sup>(注)</sup>の6%と見込まれる。

一方、同様に家庭用水の節水効果をみると、その大きい順は洗濯、炊事、風呂、洗面・手洗い、雑用、水洗便所(小)、水洗便所(大)となっており、節水可能量は $347\text{千}m^3/\text{日}$ 、生活用水<sup>(注)</sup>の32%と見込まれる。

一見して、家庭用水の節水効果が大きいように思えるが、これは水使用者の意識に依存するところが大きいので実現可能性の面では若干問題があろう。

反対に都市活動用水の節水は家庭用水に比べて行政的指導、啓蒙によって比較的实施し易いものと考えられる。

しかし、以上の検討はあくまで効果の現われるテンポを無視したものであり、実際的な効果のテンポつまり効果の遅れは別途検討する必要がある。

(注) 水使用機器100%普及を前提とした埼玉県の都市活動用水と家庭用水の有効水量推定値(49年)は次の通りとなる。

|        |                             |
|--------|-----------------------------|
| 都市活動用水 | $1,443\text{千}m^3/\text{日}$ |
| 家庭用水   | $2,752\text{千}m^3/\text{日}$ |
| 計      | $4,195\text{千}m^3/\text{日}$ |

## 2) 工業用水の合理化

### (i) 各種用途の水使用合理化の方法

工場における水使用合理化とは、生産工程内部に立入って水利用箇所ごとに水利用方式の改善を行うものである。用途ごと、生産工程ごとに水使用合理化の方法が異なるので若干の技術が必要である。

東京港では地盤沈下対策の一環として昭和50年度から地下水大量使用事業所(主に工場)に

図表Ⅵ-4 各種用途の水使用合理化の方法

| 用途            | 水使用合理化の方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 水使用合理化後の必要水量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. 冷却水        | ① 冷却塔を設置して、全量を循環利用し、更に<br>② ボールタップにより常時の排水をなくすか、又は塩類濃度自動制御装置を設置して塩類濃度を新水の4倍以上に保つように排水量（ブロー水量）を調節する。<br>〔補1〕 冷凍機：夏場、冷却塔の循環水の温度（真夏31℃以上、一方、地下水は1年中16～19℃）では設備の機能に支障がでる場合は冷却塔の他に冷凍機を設置し、冷凍機で製造した冷水（チルド水）を冷却水使用設備へ送って循環使用する。一方、冷凍機の凝縮器の冷却水を冷却塔で循環する。<br>〔補2〕 直接冷却水：水質変化のある冷却水（直接冷却水）つまり食品冷却水（羊羹、豆腐等の冷却水）と真空発生又は凝縮のための直接冷却水（バロメトリックコンデンサー（注2）、水エジェクター（注3）、真空ポンプの冷却水）の場合は循環使用により混入物質が蓄積してくることがあるので、適宜、循環水を更新する必要がある。ただし、同じ直接冷却水でも洗脱や汚過により混入物質の分離が容易な金属製品冷却水（鉄鋼圧延工程冷却水等）の場合は度々の更新は必要でない。<br>〔補3〕 同等以上の方法：①+②と同等以上の効果のある方法としては次の3つがある。<br>空冷—空冷は水冷に比べて冷却効率が悪いので、空冷が用いられるのは小容量の冷凍機と石油化学工場において高温のプロセス測流体を直接冷やす空冷式熱交換器だけである。<br>蒸発冷却—冷却とは沸騰点にある水を冷却対象に送り込み、そこで水を気化させて、その時の蒸発潜熱の奪取によって冷却を行う方法であるが、その冷却のメカニズムからして適用の対象は溶鉱炉など、冷却対象が非常に高温の場合に限定される。<br>蒸発式凝縮器（エバポレートコンデンサー）—冷凍機の凝縮器と冷却塔を1つに組み合わせたもので、レシプロ型冷凍機などに用いられる。冷却塔の一種ともいえるものであるから、上記②の方法も併用される。 | 次式により必要補給水量を計算する（注1）。<br>$\frac{n}{n-1} \times [ \text{冷却水の現在の使用量} ] (m^3/日) \times [ \text{出入口温度差} (^\circ C) ] \times 1/600 (10^3 \text{ kcal}/m^3)$<br>n：塩類濃縮度<br>〔補1〕 冷凍機も用いる場合は上式の計算値に1.25を乗じる（25%は冷凍機の消費電力の熱量）。<br>〔補2〕 食品冷却水や真空発生、凝縮のための直接冷却水の場合は上式の計算値に次の値を加える。<br>循環水の保有水量（ $m^3$ ）×1（回/日）<br>（必要更新回数を1回/日と仮定）<br>〔補3〕 空冷の場合はゼロ、蒸発冷却と蒸発式凝縮器の場合は冷却塔と同じ計算式による。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
|               | 2. びん洗浄水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ① 向流洗浄方式として新水の使用箇所を内洗は最終の2列以内、外洗は最終の1列とし、更に<br>② 洗ひん機への新水給水量を適正水量（右欄参照）に調節する。<br>〔補1〕 牛乳の洗ひん機：牛乳の洗ひん機の場合は最終水洗の後、びん内部への塩素水噴射を行うが、この塩素水噴射の新水使用箇所は2列以内とする。<br>〔補2〕 適正水量への調節：適正水量に調節するためにはバルブの調節以外に次の方法も講じる。<br>③ 洗ひん機の駆動モーターと給水バルブを連動させて、洗ひん機停止時の給水を止める。<br>④ びんが洗ひん機の水噴射箇所の間を移動している時の給水を停止する（間欠噴射方式）。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 水使用合理化後の適正水量を次の値以下とする。 <table><tr><th>びん能力の種類</th><th>24万本/時</th><th>4.2万本/時</th><th>6.0万本/時</th></tr><tr><td>市乳(180～500ml)</td><td>17 <math>m^3</math>/時</td><td>19 <math>m^3</math>/時</td><td>21 <math>m^3</math>/時</td></tr><tr><td>清涼飲料(946ml以下)</td><td>13 <math>m^3</math>/時</td><td>18 <math>m^3</math>/時</td><td>21 <math>m^3</math>/時</td></tr><tr><td>ビール(633ml以下)</td><td>13 <math>m^3</math>/時</td><td>18 <math>m^3</math>/時</td><td>22 <math>m^3</math>/時</td></tr></table> | びん能力の種類                | 24万本/時                 | 4.2万本/時                | 6.0万本/時 | 市乳(180～500ml)         | 17 $m^3$ /時            | 19 $m^3$ /時            | 21 $m^3$ /時 | 清涼飲料(946ml以下)         | 13 $m^3$ /時            | 18 $m^3$ /時            | 21 $m^3$ /時 | ビール(633ml以下)            | 13 $m^3$ /時              | 18 $m^3$ /時               |
| びん能力の種類       | 24万本/時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.2万本/時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6.0万本/時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| 市乳(180～500ml) | 17 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 19 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| 清涼飲料(946ml以下) | 13 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| ビール(633ml以下)  | 13 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 22 $m^3$ /時                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| 3. 間欠洗浄水      | (i) タンク・パイプ・プレート殺菌機等の洗浄水<br>Ⅰ CIP（定置洗浄）装置（注4）を用いる場合：2段以上の向流洗浄方式として新水の使用を最終水洗側に限るとともに新水の使用量を適正水量（右欄参照）に調節する。<br>Ⅱ CIPを用いず、ホースを使用する場合：ホースの先端に手元制御弁（ハンドバルブ）を取り付けるとともにホース給水量を適正水量（右欄参照）に押える。<br>(2) 床・壁・各種機器の洗浄水<br>できる限り高圧洗浄機（注5）を用いる。高圧洗浄機を用いる場合は高圧洗浄機への送水タンクの給水口にボールタップをつけて高圧洗浄機停止時の給水を止める。通常のホース使用の場合は上記と同様、手元制御弁を取り付けるとともにホース給水量を適正水量に押える。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 〔CIPを用いる場合〕：水使用合理化後の適正水量を次の値以下とする。<br>（ ）内は容量または能力を示す。 <table><tr><th>立型タンク</th><th>(20kl)<br/>3.5 <math>m^3</math>/回</th><th>(60kl)<br/>5.0 <math>m^3</math>/回</th><th>(80kl)<br/>5.5 <math>m^3</math>/回</th></tr><tr><th>横型タンク</th><th>(8kl)<br/>4.0 <math>m^3</math>/回</th><th>(16kl)<br/>5.0 <math>m^3</math>/回</th><th>(24kl)<br/>5.5 <math>m^3</math>/回</th></tr><tr><th>タンクローリー</th><th>(5kl)<br/>0.7 <math>m^3</math>/回</th><th>(10kl)<br/>0.9 <math>m^3</math>/回</th><th>(20kl)<br/>1.1 <math>m^3</math>/回</th></tr><tr><th>プレート殺菌機</th><th>(5kl/時)<br/>3.0 <math>m^3</math>/回</th><th>(10kl/時)<br/>5.5 <math>m^3</math>/回</th><th>(20kl/時)<br/>11.0 <math>m^3</math>/回</th></tr></table> | 立型タンク                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (20kl)<br>3.5 $m^3$ /回 | (60kl)<br>5.0 $m^3$ /回 | (80kl)<br>5.5 $m^3$ /回 | 横型タンク   | (8kl)<br>4.0 $m^3$ /回 | (16kl)<br>5.0 $m^3$ /回 | (24kl)<br>5.5 $m^3$ /回 | タンクローリー     | (5kl)<br>0.7 $m^3$ /回 | (10kl)<br>0.9 $m^3$ /回 | (20kl)<br>1.1 $m^3$ /回 | プレート殺菌機     | (5kl/時)<br>3.0 $m^3$ /回 | (10kl/時)<br>5.5 $m^3$ /回 | (20kl/時)<br>11.0 $m^3$ /回 |
| 立型タンク         | (20kl)<br>3.5 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (60kl)<br>5.0 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | (80kl)<br>5.5 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| 横型タンク         | (8kl)<br>4.0 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (16kl)<br>5.0 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | (24kl)<br>5.5 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| タンクローリー       | (5kl)<br>0.7 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (10kl)<br>0.9 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | (20kl)<br>1.1 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |
| プレート殺菌機       | (5kl/時)<br>3.0 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (10kl/時)<br>5.5 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | (20kl/時)<br>11.0 $m^3$ /回                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        |                        |                        |         |                       |                        |                        |             |                       |                        |                        |             |                         |                          |                           |

| 用途                                                        | 水使用合理化の方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 水使用合理化後の必要水量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------|---------|-----------|--------|---------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|---------------|-----|
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>〔ホースまたは高圧洗浄機を用いる場合〕：<br/>次式から求める。</p> $p \times k \times (\text{現在のホース延使用時間(分/日)}) \times (\text{ホースの適正水量(ℓ/分)})$ <p><math>p</math>は高圧洗浄機の場合は1/2、ホースの場合は1とし、<math>k</math>は1/3～3/4の範囲内でホース利用状況により仮定する。ホースの口径別適正水量は次の値以下とする。</p> <table><tr><td>13 mm</td><td>16 mm</td><td>19 mm</td><td>25 mm</td></tr><tr><td>15 ℓ/分</td><td>22 ℓ/分</td><td>30 ℓ/分</td><td>55 ℓ/分</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 13 mm                           | 16 mm                 | 19 mm    | 25 mm   | 15 ℓ/分    | 22 ℓ/分 | 30 ℓ/分              | 55 ℓ/分                          |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 13 mm                                                     | 16 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 19 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 25 mm                           |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 15 ℓ/分                                                    | 22 ℓ/分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30 ℓ/分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 55 ℓ/分                          |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 4<br>メ<br>ッキ<br>等<br>の<br>表<br>面<br>処<br>理<br>洗<br>浄<br>水 | <p>次の3つの手段を併用する。</p> <p>① 薬液の回収（液切り）</p> <p>ⅰ 自動のひっかけライン（注6）の場合：薬液槽の槽上での液切り時間がおおむね10秒以上となるように自動プログラムを設定する。または槽上で液の蒸発量に見合う水量のスプレー（回収スプレー）を行う。</p> <p>ⅱ 手動のひっかけラインの場合：薬液槽の槽上に吊し棒を設置して液槽から取り出した品物をその吊し棒に少しの間引っ掛けるか、又は回収槽（生回収槽又は回収水槽）を設置して液の回収を行う。</p> <p>ⅲ 自動のバレルメッキライン（注6）の場合：通常のグリッド状バレルから液切りのよいスリット状バレルに切り替えるとともに薬液槽の槽上での液切り時間をおおむね10秒以上とする。</p> <p>ⅳ 手動のバレルメッキラインの場合：水洗前にバレルからかごへ品物を移してバレルに付着している液を回収する。</p> <p>② 向流多段洗浄</p> <p>ⅰ 手動ラインの場合：水洗槽を増設して3段以上の向流洗浄方式とする。ただし、現状が1段の場合は2段までの増設で水量が十分に減少するので、向流2段洗浄でもよい。</p> <p>ⅱ 自動ラインの場合：手動ラインと同様、3段までの水洗槽増設が望ましいが、液槽、水洗槽が1つの設備に組み込まれて水洗槽の増設がむずかしい場合は水洗槽の上部に槽上スプレーノズルを取り付けて、品物を水洗槽から引き上げる時のみ、スプレーを行い、そのスプレー水のみを水洗槽への補給水とする。</p> <p>③ 給水量の制御</p> <p>ⅰ 手動ラインの場合及び自動ラインで槽上スプレーを行わない場合：電気伝導度計と電磁弁を組み合わせた給水量自動制御装置を取り付ける。この制御装置の電磁弁開閉伝導度はまず、水洗槽増設後の最終水洗槽の品物引き上げ時伝導度を増設前と同じ値に保つよう設定する。次に、品物の仕上がりに差し支えないところまで試行錯誤で開閉伝導度を引き上げる（水洗槽の増設のない場合はこの効果のみとなる）。</p> <p>ⅱ 自動ラインで槽上スプレーを行う場合：まず、槽上スプレー導入後も導入前と同じ洗浄効果が得られるように、スプレー水量を調節し、次に、品物の仕上がりに差し支えないところまで、試行錯誤でスプレー水量を減少する。</p> | <p>次式から必要水量を計算する（注7）。</p> $k \times \sqrt[n]{D^{n-m} (p Q_0)^m}$ <p><math>m</math>：改善前の段数<br/><math>n</math>：改善後の段数<br/><math>D</math>：品物の付着水量（ℓ/日）、この値は品物の単位表面積あたり付着水量を0.0002～0.01 ℓ/㎠の範囲内で、品物の形状による液切りの難易度を考慮して仮定し、それを品物の1日延表面積に乗じて求める。<br/><math>Q_0</math>：改善前の使用水量（ℓ/日）<br/><math>p</math>：薬液の回収（液切り）による薬品残留率、次のような仮定値を用いる。</p> <p>液切り時間の延長</p> <table><tr><td>2秒から10秒へ</td><td>1/3</td></tr><tr><td>5秒から10秒へ</td><td>7/10</td></tr></table> <p>回収スプレーの採用 1/3<br/>吊し棒又は回収槽の設置 1/3<br/>グリッド状バレルからスリット状バレルへ 1/4<br/>バレルからかごへの移し替え 1/5</p> <p><math>k</math>：給水量自動制御装置の電磁弁開閉伝導度を上昇させることによる水節約効果。<br/>1/4～2/3の範囲内で品物の仕上り状況により仮定する。</p> <p>なお、槽上スプレーを用いる場合も1つの槽上スプレーを0.5段と仮定して上式により必要水量を計算する。</p> | 2秒から10秒へ                        | 1/3                   | 5秒から10秒へ | 7/10    |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 2秒から10秒へ                                                  | 1/3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 5秒から10秒へ                                                  | 7/10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 5. 自動現像処理洗浄水                                              | <p>水使用合理化の方法はメッキ等の表面処理浄水ときわめて類似しているが自現像の種類（注8）により次のように方法を使い分ける。</p> <table><tr><th>種類</th><th>方法</th><th>①液の回収</th><th>②向流多段洗浄</th><th>③給水量の制御</th></tr><tr><td>ハンガー式自現像機</td><td></td><td>液切り時間をおおむね10秒以上とする。</td><td>向流3段水洗にするか又は槽上スプレーノズルを水洗槽に設置する。</td><td>浮子式流量計を設置して給水量を適正化する。</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 種類                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 方法                              | ①液の回収                 | ②向流多段洗浄  | ③給水量の制御 | ハンガー式自現像機 |        | 液切り時間をおおむね10秒以上とする。 | 向流3段水洗にするか又は槽上スプレーノズルを水洗槽に設置する。 | 浮子式流量計を設置して給水量を適正化する。 | <p>(Ⅰ) ハンガー式及びロール状フィルムのロール式自現像機：メッキ等の表面処理洗浄水と同じ計算式による。ただし、<math>D</math>と<math>p</math>は次のように仮定し、<math>k</math>は1とする。</p> $D : 0.05 \ell / \text{m}^2$ <p><math>p</math>：液切り時間の延長</p> <p>メッキの場合と同じ仮定値</p> <p>スプリングワイバーの取り付け</p> <table><tr><td>改善前がワイバーなし</td><td>1/5</td></tr><tr><td>改善前が通常のワイバーあり</td><td>1/2</td></tr></table> | 改善前がワイバーなし | 1/5 | 改善前が通常のワイバーあり | 1/2 |
| 種類                                                        | 方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ①液の回収                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ②向流多段洗浄                         | ③給水量の制御               |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| ハンガー式自現像機                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 液切り時間をおおむね10秒以上とする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 向流3段水洗にするか又は槽上スプレーノズルを水洗槽に設置する。 | 浮子式流量計を設置して給水量を適正化する。 |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 改善前がワイバーなし                                                | 1/5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |
| 改善前が通常のワイバーあり                                             | 1/2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |                       |          |         |           |        |                     |                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |     |               |     |

| 用途                                                | 水使用合理化の方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                |                                                    |                             | 水使用合理化後の必要水量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | 方法<br>種類                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ①液の回収                          | ②向流多段洗浄                                            | ③給水量の制御                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5<br>自動<br>現像<br>処理<br>洗浄<br>水                    | ロール状フィルム<br>のロール<br>式自現機                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 液切り効果のよいスプリングワイパーを液槽の出口に取り付ける。 | 向流3段水洗にするか又は槽上スプレーノズルとスプリングワイパーのどちらかを水洗槽の出口に取り付ける。 | 浮子式流量計を設置して給水量を適正化する。       | (2) シート状フィルムのロール式自現機：次式から求める。<br><br>$k \times (\text{現在の使用水量})$<br><br>$k$ は1/4~3/5の範囲内で、フィルム通過状況を考慮して仮定する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                   | シート状フィルム<br>のロール<br>式自現機                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                    | フィルムの通過時のみ給水する自動給水装置を取り付ける。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6<br>自動<br>車製<br>造工<br>場の<br>塗装<br>関係<br>係洗<br>浄水 | (1) 塗装前処理洗浄水(注9)<br>① 回収スプレー：薬液による循環スプレーの後、薬液槽の損失量に見合う水量を使用してスプレーを行い、その排水を薬液槽に回収する。<br>② 槽間スプレー：各循環スプレー水洗の後、次の水槽からの送水(最終循環水洗の場合は新水)をスプレーする槽間スプレー式向流洗浄方式とする。ただし、循環スプレーの段数をふやせる場合は槽間スプレーは行わず、脱脂後については3段以上、化成処理後については4段以上の向流洗浄方式とする。<br>③ 最終の新水スプレー水量は少なくとも改善前と同じ洗浄効果が得られる程度におさえる。<br>(2) 電着塗装洗浄水(注10)<br>限外汚過(ウルトラフィльтраーション)装置を設置して排水の全量を循環利用する。ただし、ボディやキャブのラインで汚液水洗後、新水洗を行う必要がある場合は新水洗を適正水量にしぼる。<br>(3) 水研ぎ用水(注11)(ボディラインの場合に限る)<br>汚過又は沈殿により排水を循環利用し、循環水洗後の新水洗を適正水量にしぼる。 |                                |                                                    |                             | (1) 塗装前処理洗浄水：次式から求める。<br>$10(\text{m}^3/\text{時}) \times \frac{\text{品物の延表面積}(\text{m}^2/\text{台})}{50(\text{m}^2/\text{台})} \times \frac{\text{品物の通過台数}(\text{台}/\text{時})}{50(\text{台}/\text{時})}$<br>なお、ボディやキャブ(トラック運転台)の延表面積は1台あたり約50m <sup>2</sup> である。<br><br>(2) 電着塗装洗浄水：次式から求める。<br>$10(\text{l}/\text{台}) \times \text{品物の通過台数}(\text{台}/\text{時}) \times \frac{\text{品物の延表面積}(\text{m}^2/\text{台})}{50(\text{m}^2/\text{台})}$<br>なお、最終の新水洗を行う場合は上式の計算値を10倍する。<br>(3) 水研ぎ用水：次式から求める。<br>$100(\text{l}/\text{台}) \times \text{通過台数}(\text{台}/\text{時})$ |
| 7<br>排気<br>洗浄<br>水                                | 排水を全量、循環利用し、常時の排水をなくす。ただし、この場合塗装ブース(注12)については塗料カス分離剤の投入や金網汚過等により塗料カスを分離し、湿式集塵塔については汚過又は沈殿により浮遊物質を取り除く必要がある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |                                                    |                             | 次式から求める。<br>$\frac{\text{循環水槽の保有水量}(\text{m}^3)}{\text{循環水の更新周期日}}$<br>更新周期は塗装ブースの場合は3週間メッキ排気洗浄塔と湿式集塵塔の場合は1日と仮定する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8<br>高置<br>水槽<br>式男<br>子便<br>所用<br>水              | 次にいずれかの方法を採用する。ただし、Ⅲ～Ⅵが望ましい。<br>Ⅰ 電磁弁とタイムスイッチを取り付けて夜間の放流をなくす。<br>Ⅱ 電磁弁を取り付けて、電灯スイッチと連動させ、夜間の放流をなくす。<br>Ⅲ 洗浄弁(フラッシュ弁)を各小便器に取り付けて使用毎の給水量に限る。<br>Ⅳ 使用者をカウントして、一定人数になれば、便器に水を流す装置を取り付ける。<br>Ⅴ 便器の使用を自動的に感知して使用毎に便器に水を流す装置を取り付ける。<br>Ⅵ 各便所を中央制御にしてⅠの1日タイムスイッチ以外に、洗浄間隔タイマーなど、いくつかのタイマーを取り付けて、給水時間だけでなく、高置水槽から便器への落下間隔や休日の給水カットなどの細かい制御を行う。                                                                                                                                       |                                |                                                    |                             | 次式から求める。<br>$15(\text{l}/\text{人} \cdot \text{日}) \times \text{男子従業員数}(\text{人})$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| 用途                | 水使用合理化の方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 水使用合理化後の必要水量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9. 生産用流しの洗浄水      | <p>(1) 表面処理、印刷用流しの場合<br/>ペダル式給水弁を取り付けてペダルを踏んだ時のみの給水とする。ただし、ペダル式給水弁が作業の姿勢上むずかしい場合はマットスイッチと電磁弁を取り付けて、作業者が流しの前に立った時のみの給水とする。</p> <p>(2) 現像用流しの場合<br/>タイマーと電磁弁を取り付けて、給水を一定時間に限る。</p>                                                                                                                                                                                                                                            | <p>次式から求める。<br/> <math>k \times \text{〔現在の使用水量(ℓ/日)〕}</math><br/> <math>k</math>は1/3~3/4の範囲内で水使用状況により仮定する。</p>                                                                                                                                                                                                                            |
| 10 各種連続洗浄機における洗浄水 | <p>(1) 飲料工場以外の連続洗浄機（印刷用原版の剥膜機、整面機、ネームプレート板の印刷前処理機等）<br/>次の2つの方法を併用する。<br/> ① 品物の通過を感知する自動感知機（マイクロスイッチ等）を取り付けて、給水を品物の通過時のみに限る。<br/> ② 水洗箇所を2～3段に分けて、向流2段又は3段洗浄とする。</p> <p>(2) 飲料工場の洗箱機（ケースワッシャー）<br/>予備水洗、最終水洗とも循環方式にするとともに、最終水洗には洗びん機の最終水洗排水を補給し、更にその排水を予備水洗の補給水に用いる向流2段方式とする。</p> <p>(3) 飲料工場のびん前洗機（注13）<br/>びん前洗機の後段（低圧部）に洗びん機の最終水洗排水を再利用する。</p> <p>(4) 飲料工場の缶洗浄機（キャンリナー）<br/>水使用合理化の方法が確立していないので、とりあえず給水量を標準水量におさえる。</p> | <p>(1) 〔飲料工場以外の連続洗浄機〕：次式から求める。<br/> <math>k = \frac{1}{n} \times \text{〔現在の使用水量〕}</math><br/> <math>k</math>は1/3~3/4の範囲内で水使用状況により仮定し、<math>n</math>は2段にする場合は2、3段にする場合は3とする。</p> <p>(2) 洗箱機：必要水量をゼロとする。</p> <p>(3) びん前洗機：現在の使用水量の1/2とする。</p> <p>(4) 缶洗浄機：標準水量を次式から求める。<br/> <math>0.15(\text{ℓ/缶}) \times \text{〔缶洗浄機の能力(缶/時)〕}</math></p> |
| 11 実験関係用水         | <p>(1) アスピレーター（注14）<br/>循環式のアスピレーターに取り替えて、1日1回程度、循環水を更新する。</p> <p>(2) ビベット洗浄器（注15）<br/>タイマーと電磁弁を組み合わせた装置を設置して、洗浄器への給水を一定時間に限る。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>(1) アスピレーター：必要水量をほぼゼロとする。</p> <p>(2) ビベット洗浄器：次式から求める。<br/> <math>k \times \text{〔現在の使用水量(ℓ/日)〕}</math><br/> <math>k</math>は1/3~1/2の範囲内で水利用状況により仮定する。</p>                                                                                                                                                                               |
| 12 用排水処理関係用水      | <p>(1) 砂戸過塔や活性炭吸着塔の逆洗排水<br/>砂戸過塔や活性炭吸着塔の前にある沈殿水槽に逆洗排水を戻す。</p> <p>(2) イオン交換樹脂の再生水<br/>再生のための樹脂洗浄時間を適正化するとともに、洗浄排水の後半部を回収し、次の再生における洗浄の前半部に再使用する。</p> <p>(3) 排水処理のスクリーンや汚泥脱水機の汚布の洗浄水、活性汚泥曝気槽の消泡水<br/>手近に排水処理水が得られるので、排水処理水を汚過して再使用する。</p>                                                                                                                                                                                      | <p>(1) 逆洗排水：必要水量をゼロとする。</p> <p>(2) 樹脂再生水：現在の使用水量の1/2以下とする。</p> <p>(3) スクリーンや汚布の洗浄水、消泡水：必要水量をゼロとする。</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13 屋根散水           | <p>危険物を貯蔵するタンクや倉庫等の夏場散水については散水後の排水を水槽に回収して循環使用し、循環水が汚れてくれば更新する。ただし、比較的小水量（50ℓ/日以下）の場合は雨天時や夜間の散水を自動的にカットできるよう、タンク等の表面に温度計を取り付けて一定温度以上になれば、電磁弁により自動的に散水する方法に代えてもよい。</p>                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>循環方式をとる場合は現在の使用水量の1/10、自動間欠散水を行う場合は1/4とする。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14 加温水            | <p>(1) ヒートポンプ（注16）の冬場の使用水<br/>蒸気暖房式に切り替えるか、又はヒートポンプの排水を蒸気で加温して循環使用する。</p> <p>(2) デフロスト用水（冷蔵庫の蒸発器の霜取り用水）冷凍肉等の解凍用水排水を水槽に回収し、蒸気で加温して循環使用する。ただし、循環使用により水が汚れてくる場合は循環水の一部を排出する。</p> <p>(3) びん、缶のウォーマーとバストライザー（注17）の使用水<br/>ビールびんのウォーマーとバストライザーは洗びん機の最終水洗排水を再利用し、缶のウォーマーは缶リナーの排水を再利用して新水使用量をゼロとする。</p>                                                                                                                             | <p>(1) 冬場のヒートポンプ：必要水量をほぼゼロとする。</p> <p>(2) デフロスト用水、解凍用水：現在の使用水量の1/10以下とする。</p> <p>(3) ウォーマーとバストライザー：必要水量をゼロとする。</p>                                                                                                                                                                                                                        |

| 用途                               | 水使用合理化の方法                                 | 水使用合理化後の必要水量                         |
|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| 15<br>ボ<br>イ<br>ラ<br>ー<br>用<br>水 | 間接加温に用いた蒸気のドレンはドレン回収管を設置して全面回収することを原則とする。 | ボイラーへの必要給水量は原則として生蒸気直接使用箇所の蒸気消費量とする。 |

- 注1. 冷却塔の必要補給水量の計算式：必要補給水量は蒸発水量と塩類濃縮防止のための必要排水量（飛散水量を含む）の和として求められる。前者は冷却水の冷却負荷（ $10^3 \text{kcal/白}$ ）（使用水量（ $\text{白}$ ） $\times$  出入口温度差（ $^{\circ}\text{C}$ ）を  $600(10^3 \text{kcal/白})$  で割れば求められ、後者は次の塩類の収支式から求められる。 $[\text{補給水量}] \times [\text{補給水の塩類濃度}] = [\text{必要排水量}] \times [\text{循環水の塩類濃度}]$  ただし、 $[\text{循環水の塩類濃度}] / [\text{補給水の塩類濃度}] = n$ 、補給水量 = 蒸発水量 + 必要排水量である。
2. バロメトリックコンデンサー（バロコン）：蒸発缶と真空発生装置の間にあって、蒸発缶からでてきた蒸気に直接水をかけて、蒸気を凝縮させる装置。
3. 水エジェクター：上記のバロコンの機能と真空発生を兼ねた装置で、マルチジェットコンデンサーともいう。
4. CIP：タンクに入ることなく、また、パイプを取り外すこともなく、自動的に洗浄する方法、すなわち、予備水洗→洗剤→最終水洗等の順序で、水や洗剤をタンク、パイプ等に送り込んで洗浄する方法をいう。
5. 高圧洗浄機：30～70  $\text{kg/cm}^2$  の高圧で水を噴射する機械で、先端には手元制御弁が取り付けられている。この機械を用いると、水圧による洗浄効果加わるため、常圧のホースに比べてかなり少ない水量ですますことができる。なお、この高圧洗浄機のように、不要水のカットという原則Ⅱは同じ水量で最大の水使用効果が得られるように工夫した上で適用すべきものである。
6. ひっかけメッキとバレルメッキ：ひっかけメッキとは電気の導体に品物をひっかけてメッキすることをいい、バレルメッキとは樽状のかごに小型の品物を入れて回転させながらメッキすることをいう。
7. メッキ洗浄水の計算式： $\lambda$  と  $p$  を各々1とした  $\sqrt[p]{D^{n-m} Q_0^m}$  は次のように求められる。 $Q$  の水量を給水する1つの水洗槽への浸漬によって、品物表面の薬品濃度は、 $C_0 \cdot D / (Q + D)$  まで希釈される。（ $C_0$  は浸漬前の品物表面の薬品濃度）、通常  $D$  は  $Q$  に比べて十分に小さいので、この式は  $C_0 \cdot D / Q$  で近似できる。向流  $m$  段洗浄の場合、この浸漬を  $m$  回繰り返すわけであるから、洗浄後の品物表面の薬品濃度は  $C_0 (D/Q)^m$  で近似される。向流  $m$  段洗浄から向流  $n$  段洗浄へ改善する場合、改善後も改善前と同じ洗浄効果を得るために次式が成立する必要がある。 $C_0 (D/Q_0)^m = C_0 (D/Q)^n$  （ $Q_0$  と  $Q$  は各々、改善前と改善後の使用水量）この式から  $Q$  を求めると  $\sqrt[p]{D^{n-m} Q_0^m}$  が得られる。
8. フィルムの自動現像機：自現機には3つのタイプがある。一般カメラのフィルムを現像するハンガー式自現機、映画、テレビ用フィルムや8ミリのフィルム等を現像するロール状フィルムのロール式自現機、印刷用のフィルム等を現像するシート状フィルムのロール式自現機である。
9. 塗装前処理：自動車工場ではボディやキップ等を塗装する前は、脱脂と化成皮膜処理を行う。これらの前処理及び水洗はすべて循環スプレーで行われる。
10. 電着塗装：水溶性塗料の溶液中で塗料を電気的に塗着される方法で、自動車ボディ等の下塗りに用いられる。
11. 水研ぎ：自動車ボディ等の塗装工程では中塗り又は下塗りの後、水をかけながら研磨紙等で塗膜面を研ぐことが行われる。これを水研ぎという。
12. 塗装ブース：吹き付け塗装を行う室のことで、その室の排気を水で洗浄するようになっているのがウォーターブースである。
13. ひん前洗機：市乳工場では回収びんを洗びん機にかける前にひん前洗機でタバコの吸殻等のゴミを取り除く。
14. アスビレーター：実験室に使われる簡単な真空発生器で、水エジェクターと同様、水流を利用する。
15. ビベット洗浄器：ビベット等の実験用ガラス器具を円筒に入れて、水を流し放しにして洗浄するもので、サイホン現象で円筒中の水位が上下運動を繰り返すようになっている。
16. ヒートポンプ：蒸発器と凝縮器の切り替えにより、冷房と暖房の両方を行なえる冷凍機
17. ウォーマーとバストライザー：ウォーマーは冷たい清涼飲料やビールを充填したびんや缶に水滴がつかないように常温まで加温する装置、バストライザーはビール充填後のびんを65℃に加温して低温殺菌し、その後、常温まで冷却する装置である。

対する水使用合理化の指導を進めており、この方面の技術の蓄積が進んでいる。<sup>\*1</sup>

ここでは水使用合理化の方法の一般論として工業用水<sup>※220</sup>より転載することとする。

- \*1 工業用水使用合理化基礎調査報告書(I) 昭和49年3月 東京都公害局  
 2 地下水使用合理化指導書 昭和51年3月 東京都公害局  
 3 水使用合理化の指導の進め方(その1) 工業用水 <sup>※220</sup>  
 4 " (その2) " <sup>※221</sup>

### (ii) 埼玉県における合理化水量の試算

前述の各種用途の水使用合理化の方法を適用した場合、埼玉県全体でどの程度の合理化水量が見込まれるか概略の検討を行なった。計算条件は次の通り

- ① 工業用水使用量は工業統計49年度資料による。  
 ② 計算は埼玉県内の工業地区を①、川越：② 大宮、上尾：③ 所沢、飯能：④ 東崎：⑤ 鴻巣：⑥ その他に分けそれぞれについて行ない集計する。  
 ③ 水節約可能量は図表Ⅵ-5の東京都の節約率によって算定する。  
 すなわち冷却用水0.9、洗浄用水0.7、その他用水0.6とする。  
 その結果は図表Ⅵ-6の通りであるが、埼玉県全体では次のようになった。

#### ● 全淡水使用量を合理化の対象 図表Ⅵ-5 東京都工業用水用途別節約率

とすると、日量約61万<sup>m</sup><sub>3</sub>、対象を地下水に限ると、日量約32万<sup>m</sup><sub>3</sub>の節約が可能であることが推定される。これを家庭用水1人1日200ℓ時の給水人口に換算するとそれぞれ300万人分、160万人分となり、かなりの量であることがわかる。

| 用途別区分  | 現状水量<br>①                           | 節水後水量<br>②                         | 節水量<br>③=①-②                        | 節水率<br>④=③÷①×100 |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 冷却水    | 16,149 <sup>m</sup> <sub>3</sub> /日 | 1,632 <sup>m</sup> <sub>3</sub> /日 | 14,517 <sup>m</sup> <sub>3</sub> /日 | 89.9%            |
| 洗浄水    | 8,042                               | 2,546                              | 5,496                               | 68.3             |
| 水洗便所   | 1,970                               | 681                                | 1,289                               | 65.4             |
| 雑用水その他 | 6,209                               | 2,839                              | 3,370                               | 54.3             |
| 合計     | 32,370                              | 7,698                              | 24,672                              | 76.2             |

資料：東京都工業用地下水減水勧告調査（未公開）

（注）1.移設、廃台となった対象施設の用水は現状水量からのぞいてある。  
 2.上水道への転換水量は節水後水量に加えてある。

なお、水の使用方法は工場毎にかなり異なることが指摘されており、正確な水使用合理化可能量を把握するには工場毎の調査が必要になる。その意味では上記の計算結果は一応の目安を与えるものであって、今後より精度の高い調査が実施されることが望まれる。

又、合理化はある日突然に合理化可能量全量が達成される訳ではない。法的裏付けのもとに工場側に合理化を強制するのでなければ個別工場の水需給の逼迫、排水規制の強化等によって徐々に進むことになろう。そうだとすれば合理化実施のテンポも別途検討する必要がある。

### 3) 農業用水使用の合理化

農業用水の使用量は十分に把握されていないが、都市用水（工業用水＋生活用水）が急速に増加してきたとはいえ、現時点では、まだ都市用水の2倍以上の水が使用されているものと思われ

図表Ⅵ-6 埼玉県地域工業用地下・水合理化可能量の推定

| 区分                  | 項 目            | No.             | <div><div><div>No.</div><div>関係式</div></div><div>No.</div><div>単位</div></div> | 埼玉県合計              |       | 川 越   |       | 大宮・上尾 |       | 所沢・飯能              |       | 東崎 <sup>*4</sup> |       | 鴻 巣   |       | そ の 他 |       |   |
|---------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|                     |                |                 |                                                                               | ①                  |       | ②     |       | ③     |       | ④                  |       | ⑤                |       | ⑥     |       | ⑦     |       |   |
|                     |                |                 |                                                                               | ②+③+…⑦             |       |       |       |       |       |                    |       |                  |       |       |       |       |       |   |
|                     |                |                 |                                                                               | %                  | %     | %     | %     | %     | %     | %                  | %     | %                | %     | %     | %     | %     | %     | % |
| 用途別<br>淡水<br>水量     | 総淡水使用量         | c <sub>1</sub>  | 万m <sup>3</sup> /日                                                            | 136.9              | 100.0 | 5.5   | 100.0 | 11.8  | 100.0 | 20.9               | 100.0 | 27.5             | 100.0 | 2.5   | 100.0 | 68.7  | 100.0 |   |
|                     | ・冷却温調用水量       | c <sub>11</sub> | 〃                                                                             | 83.5               | 61.0  | 3.1   | 56.4  | 8.6   | 72.9  | 17.0               | 81.3  | 6.6              | 24.0  | 1.2   | 48.0  | 47.0  | 68.5  |   |
|                     | ・製品処理・洗浄用水量    | c <sub>12</sub> | c <sub>1</sub> -(c <sub>11</sub> +c <sub>12</sub> )                           | 37.2               | 27.2  | 1.0   | 18.2  | 1.9   | 16.1  | 2.3                | 11.0  | 17.5             | 63.6  | 0.8   | 32.0  | 13.7  | 20.0  |   |
|                     | ・その他用水量        | c <sub>13</sub> | 〃                                                                             | 16.2               | 11.8  | 1.4   | 25.5  | 1.3   | 11.0  | 1.6                | 7.7   | 3.4              | 12.4  | 0.6   | 24.0  | 7.9   | 11.5  |   |
| 水源別<br>淡水<br>水量     | ・回収水量          | d <sub>1</sub>  | c <sub>1</sub> -d <sub>1</sub> -d <sub>12</sub>                               | 54.7               | 40.6  | 0.5   | 9.0   | 4.3   | 36.4  | 16.4 <sup>*5</sup> | 78.4  | 2.8              | 10.2  | 0.1   | 4.0   | 30.6  | 44.5  |   |
|                     | ・表流量+その他       | d <sub>11</sub> | 〃                                                                             | 38.4               | 28.0  | 0.5   | 9.0   | 0.8   | 6.8   | 1.2                | 5.7   | 17.9             | 65.1  | 0.4   | 16.0  | 17.6  | 25.5  |   |
|                     | ・地下水量          | d <sub>12</sub> | d <sub>12</sub> /g <sub>1</sub>                                               | 43.8               | 32.0  | 4.5   | 81.8  | 6.7   | 56.8  | 3.3                | 15.8  | 6.7              | 24.4  | 2.1   | 24.0  | 20.6  | 30.0  |   |
|                     | ・同上地下水割合       | d <sub>2</sub>  | 小数                                                                            | 0.533              | —     | 0.900 | —     | 0.893 | —     | 0.733              | —     | 0.272            | —     | 0.875 | —     | 0.541 | —     |   |
| 合理化<br>率            | ・冷却温調用水合理化率    | e <sub>1</sub>  | 内陸 0.90                                                                       | 〃                  | 0.9   | —     | 0.9   | —     | 0.9   | —                  | 0.9   | —                | 0.9   | —     | 0.9   | —     | —     |   |
|                     | ・製品処理・洗浄用水合理化率 | e <sub>2</sub>  | =0.7 *3                                                                       | 〃                  | 0.7   | —     | 0.7   | —     | 0.7   | —                  | 0.7   | —                | 0.7   | —     | 0.7   | —     | —     |   |
|                     | ・その他用水合理化率     | e <sub>3</sub>  | =0.7 *3                                                                       | 〃                  | 0.6   | —     | 0.6   | —     | 0.6   | —                  | 0.6   | —                | 0.6   | —     | 0.6   | —     | —     |   |
| 取水<br>量             | ・総淡水取水量        | g <sub>1</sub>  | c <sub>1</sub> -d <sub>1</sub>                                                | 82.2               | 100.0 | 5.0   | 6.1   | 7.5   | 9.1   | 4.5                | 5.5   | 24.7             | 30.0  | 2.4   | 2.9   | 38.1  | 46.4  |   |
|                     | ・冷却温調用水取水量     | g <sub>2</sub>  | c <sub>11</sub> -d <sub>1</sub>                                               | 28.8               | 100.0 | 2.6   | 9.0   | 4.3   | 14.9  | 0.6                | 2.1   | 3.8              | 13.2  | 1.1   | 3.8   | 16.4  | 56.9  |   |
| 淡水<br>合理化<br>化量     | 総淡水合理化可能量      | b <sub>1</sub>  | b <sub>11</sub> +b <sub>12</sub> +b <sub>13</sub>                             | 61.7               | 100.0 | 3.8   | 6.2   | 6.0   | 9.7   | 3.1                | 5.0   | 17.7             | 28.7  | 2.0   | 3.2   | 29.1  | 47.2  |   |
|                     | ・冷却温調用水合理化量    | b <sub>11</sub> | g <sub>2</sub> ×e <sub>1</sub>                                                | 25.9               | 100.0 | 2.3   | 8.8   | 3.9   | 15.1  | 0.5                | 1.9   | 3.4              | 13.1  | 1.0   | 3.9   | 14.8  | 57.1  |   |
|                     | ・製品処理・洗浄用水合理化量 | b <sub>12</sub> | c <sub>2</sub> ×e <sub>2</sub>                                                | 26.1               | 100.0 | 0.7   | 2.7   | 1.3   | 5.0   | 1.6                | 6.1   | 12.3             | 47.1  | 0.6   | 2.3   | 9.6   | 36.8  |   |
|                     | ・その他用水合理化量     | b <sub>13</sub> | c <sub>13</sub> ×e <sub>3</sub>                                               | 9.7                | 100.0 | 0.8   | 8.2   | 0.8   | 8.2   | 1.0                | 10.3  | 2.0              | 20.6  | 0.4   | 4.1   | 4.7   | 48.5  |   |
| 地下<br>水<br>合理化<br>率 | 総地下水合理化可能量     | a <sub>1</sub>  | a <sub>11</sub> +a <sub>12</sub> +c <sub>13</sub>                             | 34.7 <sup>*6</sup> | 100.0 | 4.7   | 13.5  | 5.4   | 15.6  | 2.3                | 6.6   | 4.7              | 13.5  | 1.8   | 5.2   | 15.8  | 45.5  |   |
|                     | ・冷却温調用水合理化量    | a <sub>11</sub> | b <sub>11</sub> ×d <sub>2</sub>                                               | 17.2               | 100.0 | 3.4   | 19.8  | 3.5   | 20.3  | 0.4                | 2.3   | 0.9              | 5.2   | 0.9   | 5.2   | 8.1   | 47.1  |   |
|                     | ・製品処理・洗浄用水合理化量 | a <sub>12</sub> | b <sub>12</sub> ×d <sub>2</sub>                                               | 12.0               | 100.0 | 0.6   | 5.0   | 1.2   | 10.0  | 1.2                | 10.0  | 3.3              | 27.5  | 0.5   | 4.2   | 5.2   | 43.3  |   |
|                     | ・その他用水合理化量     | a <sub>13</sub> | b <sub>13</sub> ×d <sub>2</sub>                                               | 5.5                | 100.0 | 0.7   | 12.7  | 0.7   | 12.7  | 0.7                | 12.7  | 0.5              | 9.1   | 0.4   | 7.3   | 2.5   | 45.5  |   |

- \*1. 資料：工業統計用地  
用水編 49 年
- \*2. 推定の基本構造式は  
次の通り  
用途別地下水合理化可  
能量(a)  
= 用途別用水量(c)  
× 合理化率(e)  
× 地下水依存率(d)  
\*3  $e_1=0.9$   $e_2=0.7$   $e_3=$   
0.6は東京都工業用地  
水減水勧告率例による平  
均値である。合理化のた  
めの建設費は 1万円/ $m^2$ ~  
10万円/ $m^2$  の範囲に入  
る。(資本回収係数0.15  
300 日稼働を仮定すると  
1  $m^2$ 当り 5円~50円となる)
- \*4 東崎工業地区には、岩  
槻市、春日部市、草加市  
越谷市、久喜市、八潮市  
蓮田市等が含まれる。
- \*5 所沢、飯能では製品の  
回収水も 5万 $m^3$ /日あると  
みなしその分は、この表  
から削除した。
- \*6 地下水合理化可能量の  
合計は各地区の合計であ  
る。県の各用途の合理化  
可能量×地下水割合  
(0.533)=32.9 とは一致  
しない。

る。しかも、農業用水の使用はかんがい期に集中しているので、その期間は、都市用水の数倍の使用量になる。農業用水使用の合理化を計ることによって余剰水を生み出すことができれば、それを新規開田用に使用したり、場合によっては一部都市用水の水源として利用することも考えられ、水需給逼迫緩和に大きな役割を果たすことが期待される。

農業用水使用の合理化にはいくつかの方法が考えられるが、主なものは次の3つである。

#### A 広域的な繰返し利用

上流の農業排水と下流の農地利用で利用する。農業用排水路から下流で取水する場合と、一旦河川へ還元してから下流で取水する場合とがある。

#### B 農業用水路のロス減少

農業用水路からの漏水を防止するために、用水路にライニングしたり、パイプに切り換える。また、用水路から各ほ場への分水に必要な水路水深を小さくするため、水路勾配を調節する。

#### C ピーク需要量削減のため、田植時期を調節

兼業農家が増えることによって休日に田植が集中する傾向があり、一時的な水不足が発生すると同時に繰返し利用もしにくくなっている。水使用合理化の面から田植時期の調節をすることを検討する。

なお、農業用水については、都市化による農地の潰廃によって、余剰水が発生している場合もあり、以上のような合理化によって得られた余剰水とともに、今後その有効な活用を検討する必要がある。ただし、農業用水は、上下流密接な連繋のもとに水利用の慣習が歴史的に形成されている場合が多く、また、農業排水の過半は河川に還して、既に下流で都市用水として一部再利用されている場合もあって、余剰水をそのまま都市用水に振り向けると下流の利水者に影響を与えることもあるので慎重な配慮が必要である。

また、農業用水は、かんがい期のみのもので必要であるが、都市用水は年間利用を前提としており、かんがい期間の農業用水の節約量で年間を通じた都市用水需要のどれだけをまかなうことが出来るのかという問題がある。農業用水は、降雨量によって河川からの取水量が大巾に変わるということも都市用水と異なるところである。

更に、農業用水は、使用後もほとんど汚濁されず河川に還元されていたとすれば、上流で農業用水合理化が行なわれたとしても、下流の流況にはほとんど影響を与えないと思われるので、合理化分に見合う都市用水利用が加わると、実質的な水資源開発が行なわれないまま、都市排水による河川水質の悪化がもたらされる危険性がある。

最下流の水田で、農業排水が再び利用されことなく海に流れてしまっているような場合は、問題は少ないが、一般に農業用水からの余剰水を都市用水に利用する場合には、他の水利権者の権利を侵害しないよう、それぞれのケースの特殊事情を盛り込んだ計画を立てるべきであろう。

都市用水、特に生活用水のピークが、かんがい期に重なることから、農業用水の余剰水で生活用水のピーク需要だけをまかなうということも検討する価値がある。

現在の水利権制度のもとでは、農業用水の水利権を都市用水に、当事者間で自由に譲渡することはできないが、農業用水側の既得収益を保護しながらも、新しい社会的な要請に応じて、円滑に権利の移転が進むよう制度的なバックアップが必要であろう。

### 3. 異常渇水時の水資源対策

#### 1) 各種用水の節水の可能性とそれによる被害

ここでは、ある年ある時期、突然に異常渇水に見舞われた場合の水資源対策について述べる。短期の渇水対策にも長期水不足対策と同様に、大別して需要抑制対策と供給増大対策がある。まず、需要抑制対策としての各種用途の節水の可能性とそれによる被害についてみる。

#### (i) 家庭用水

##### ① 節水の可能性

家庭用水の1人1日当り使用水量は平常時200ℓ/人・日 前後といわれている。異常渇水により、これが高松市あるいは松江市では、昭和48年当時約30ℓ/人・日で日常生活を強いられたケースがある。これを詳細に検討するため実験的に3世帯が3日間この水量で生活し、用途別水量被害をまとめたものが図表Ⅶ-1である。

1人1日30ℓでも、あらかじめ計画され、不平等がなければ生活できないではないことは明らかになったが、更によりゆるい制限給水の場合の使用方法についても検討を試みた。

その結果を図表Ⅶ-2に示す。100ℓ/人・日の場合には、通常の日常生活とさほど変わらない生活振りとなることが判明した。

##### ② 節水による被害

節水によってどのような被害が発生するかを定性的に示したものが図表Ⅶ-3である。これは高松市屋島地区で48年当時23日間にわたって断水を経験した20世帯の経験をヒアリングしまとめたものである。定量化可能なものだけについて断水水量1ℓ当り損失額をみると、図表Ⅶ-4の通りとなっており、かなりのバラツキが見られるが、中央値では約4000円/ℓ程度と推定される。高令者世帯では家事労働の軽減をはかるために店屋ものの購入等がかさみ、幼児のいる世帯では、紙オムツなど衛生関係の物品購入が増える。いずれの場合でも金銭投入により給水制限による直接被害を大幅に軽減できるため、経済的に恵まれている世帯ほど渇水関係支出が増える傾向がある。

#### (ii) 都市活動用水

##### ① 節水の可能性

水道事業体の給水対象のうち、家庭用水と工場用水を除く全てをこの都市活動用水と定義すると、都市施設が必要とする水需要はすべてこの中に入る。主なものでも病院、飲食店、事務所、学校、官公署、運輸関係(駅、バスターミナル)、ホテルなど業種によるバラエティがある。これを用途別にみると、水洗便所用水、飲食用水、冷房用水の3用途で全都市活動用水の4分の3を占める。節水対策としては次のものが考えられる。

- 散水・洗車の停止

図表Ⅶ-1 1人1日30ℓ用途別水使用方法と影響（4人世帯の場合）

※1. 新水：清澄水使用量  
 再生水：再生水使用量  
 貯留排水：貯留することのできた排水で、他用途の再生水化しえたもの

| 用途            | 平常時の水使用目的を達成するための手段                                                                                                                                                   | 1世帯1日当り<br>水使用水量 |            |            | 世帯特性、世帯構成特性、住居特性<br>による使用水量差 | マイナスの影響                                                                                                       |                                                                                          |                                                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|               |                                                                                                                                                                       | 新水               | 再生水        | 貯留排水       |                              | 家事労働の増加                                                                                                       | 不便感・不快感                                                                                  | 本来不要な支出の増加                                                                |
| 共通            |                                                                                                                                                                       | ℓ/世帯<br>120      | ℓ/世帯<br>71 | ℓ/世帯<br>71 |                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>水の運搬(150ℓ/日)</li> <li>(・いつくるか心配)</li> <li>(・必らずくるか心配)</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>疲労</li> <li>筋肉痛</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>水の入れ物</li> <li>子供主婦髪カット</li> </ul> |
| 炊事飲料          | <ul style="list-style-type: none"> <li>飲料水汲みおき</li> <li>献立簡素化</li> <li>昼食は水を使わず</li> <li>食事準備(野菜洗い+お茶用+おつゆ用)4~16ℓ/食</li> <li>〃片付け(ため洗い+3ℓ入容器ためすぎ2度)8~15ℓ/食</li> </ul> | 22               | 0          | 11         |                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>バケツで運搬</li> <li>(5~10分)</li> </ul>                                     | 流し台、なべの外側<br>ていねい洗いができない<br>水洗いが不便                                                       | —                                                                         |
| 手洗い洗面         | <ul style="list-style-type: none"> <li>洗面器でため洗い</li> <li>朝の洗顔 2.5ℓ/人・日×4=10ℓ/世</li> <li>手洗い 2ℓ/回・人×4人・回=8ℓ/日</li> </ul>                                               | 18               | 0          | 15         |                              | —                                                                                                             | —                                                                                        | —                                                                         |
| 風呂            | <ul style="list-style-type: none"> <li>大やかんで沸かした湯で行水</li> <li>2ℓ入り洗面器に1人1回2杯~4杯分(=4ℓ~8ℓ)</li> </ul>                                                                   | 24               | 0          | 0          |                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>湯の運搬</li> <li>子供1人1人で手を貸す</li> <li>ヤケドの危険あり</li> <li>(気を使う)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>風呂場のタイル床が洗えない</li> </ul>                          | —                                                                         |
| 洗濯            | <ul style="list-style-type: none"> <li>洗濯機で少量(平常時の半分)の水で洗う</li> <li>手でためすぎ</li> <li>9ℓ入りタライ×2回洗い×2回/日</li> </ul>                                                      | 20<br>36         | 0          | 15<br>30   |                              | ◎手ですすぐ手間<br>(30分)                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>腰痛</li> <li>手あれ</li> <li>石けん水を完全に落とせない</li> </ul> | —                                                                         |
| 雑用水<br>散水掃除洗車 | なし                                                                                                                                                                    | 0                | 0          | 0          |                              | —                                                                                                             | —                                                                                        | —                                                                         |
| 水洗便所          | <ul style="list-style-type: none"> <li>小便秘毎回は流さずペーパーは別にとってごみ捨て</li> <li>大便秘汚水 10ℓ/回くらい</li> </ul>                                                                     | 0                | 71         | 0          |                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>汚水の運搬</li> <li>(8分)</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>においが残る</li> </ul>                                 | —                                                                         |

◎

○

△

図表Ⅶ-2 1人1日当り使用量別使用方法一覧

- ・勤労者世帯を前提としている。
- ・いづれも給水制限(時間給水)を前提としている。

| 用途             | 1人1日当り使用量別使用方法30ℓの場合                                                                                                                                                                                                     |               |              |              | 1人1日当り使用量60ℓの場合                    |               |               |               | 1人1日当り使用量100ℓの場合                                                                              |               |               |               |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                | 平常時の水使用目的を達成するための手段                                                                                                                                                                                                      | 新水            | 再生水          | 貯留水          | 平常時の水使用目的を達成するための手段                | 新水            | 再生水           | 貯留水           | 平常時の水使用目的を達成するための手段                                                                           | 新水            | 再生水           | 貯留水           |
| 共通             |                                                                                                                                                                                                                          | ℓ/世帯・日<br>120 | ℓ/世帯・日<br>71 | ℓ/世帯・日<br>71 |                                    | ℓ/世帯・日<br>240 | ℓ/世帯・日<br>115 | ℓ/世帯・日<br>115 |                                                                                               | ℓ/世帯・日<br>400 | ℓ/世帯・日<br>170 | ℓ/世帯・日<br>170 |
| 炊事・飲料          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・飲料水汲みおき</li> <li>・献立簡素化</li> <li>・昼食は水を使わず</li> <li>・食事準備(野菜・他洗い+茶+汁)4~16ℓ</li> <li>・〃片付(ため洗い+3ℓ容器ためすぎ2回)8~15ℓ</li> <li>・ため洗い ためすぎ</li> <li>・野菜薬物→実・根</li> <li>・魚料理なし</li> </ul> | 22            | 0            | 11           | 野菜。その他<br>血数増える                    | 40            | 0             | 25            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・献立平常に近い</li> <li>・野菜の薬物洗う</li> <li>・魚料理できる</li> </ul> | 52            | 0             | 35            |
| 手洗い面           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洗面器でため洗い</li> <li>・朝の洗顔 2.5ℓ/人・日×4=10ℓ</li> <li>・手洗い 2ℓ/人・日×4=8ℓ</li> </ul>                                                                                                      | 18            | 0            | 15           | 3ℓ/人・日×4=12ℓ<br>3ℓ/人・日×6=12ℓ       | 24            | 0             | 20            | 4ℓ/人・日×4=16ℓ<br>2ℓ/人・日×7=14ℓ                                                                  | 30            | 0             | 25            |
| 風呂             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大やかんでわかした湯で行水</li> <li>・2ℓ入り洗面器に2杯/人・回~4杯/人・回(4ℓ~8ℓ)</li> </ul>                                                                                                                  | 24            | 0            | 0            | 大やかんでわかした湯<br>をタライでとって行水<br>17ℓ×4人 | 68            | 0             | 0             | 大やかんでわかした湯<br>をタライ(浴槽)にと<br>って行水 37.5ℓ×4人                                                     | 150           | 0             | 0             |
| 洗濯             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洗たく機で少量(<math>\frac{\text{平常時}}{2}</math>)の水で洗う</li> <li>・手でためすぎ</li> <li>9ℓ入りタライ×2回すすぎ×2回/日</li> </ul>                                                                          | 20<br>36      | 0<br>0       | 15<br>30     | 洗たく機30ℓ×1回×2回/日<br>9ℓタライ1回×2回/日    | 30<br>78      | 0<br>0        | 20<br>50      | 洗たく機30ℓ×2回×2回/日<br>9ℓタライで1回×2〃                                                                | 30<br>138     | 0<br>0        | 20<br>100     |
| 散水<br>掃除<br>洗車 | なし                                                                                                                                                                                                                       |               |              |              | なし                                 |               |               |               |                                                                                               | 0<br>0<br>0   | 40<br>10<br>0 | 0<br>0<br>0   |
| 水洗便所           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・小便時毎回流さずペーパーは別にとって。ごみ捨てに</li> <li>・大便時再生水を 10ℓ/回くらい</li> </ul>                                                                                                                   | 0             | 71           | 0            |                                    | 0             | 115           | 0             |                                                                                               | 0             | 120           | 0             |

- ・バルブ操作による全用途の水量削減
- ・1階おきに水洗便所、洗面所の使用停止
- ・冷房時間の短縮
- ・冷房の停止
- ・水多消費型の食事（そば等）の停止

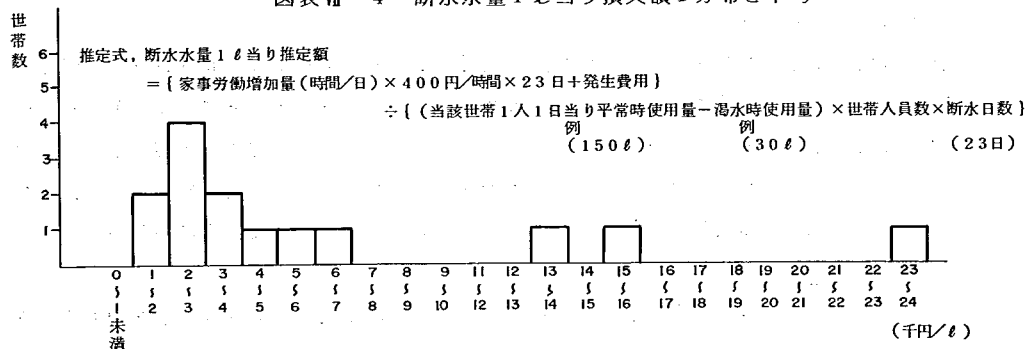
利用者に我慢を強いることができれば、生活系の用途であるため節水が可能ではないが、①営業上の被害が発生する恐れがあること。②施設が公共性をもっているため衛生に留意する必要があるなどの理由から大幅な節約が難しい。

図表Ⅶ-3 家庭用水被害構造

家庭における漏水被害区分と被害項目

|                | 漏 水 被 害 区 分                                                                                                                                                                                                     |                                 | 被 害 項 目                                                                         | 被害量の変動要因等                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 金銭による換算が可能な項目  | 漏水日数に比例して被害が増加するもの                                                                                                                                                                                              | ・家事労働量の増加                       | ・水運び（待ち時間を含む）<br><br>・洗たく<br>・炊 事<br>・その他汚水の運搬など                                | ・断水にならなければ発生しない。<br>給水車から自宅までに坂がある<br>か否か、階段があるか否かで労働<br>量は大幅にかわる。<br><br>} 制限給水率の大小によって変化<br>する。 |
|                |                                                                                                                                                                                                                 | ・購入品目・購入数<br>数量の増加<br>（サービスを含む） | ・クリーニング代、店屋もの食事<br>ジュース、缶詰、紙皿、紙<br>コップ、紙オムツ、ティッシュ<br>牛乳、ビタミン剤、サロン<br>パス、病院通い、お礼 | ・個人の所得水準、消費パターン<br>で個人差の大きいものである。                                                                 |
|                | 漏水日数に比例しないもの                                                                                                                                                                                                    | ・用水確保のための<br>設備機器の購入            | 貯水槽<br>ポリバケツ（大）<br>（小）<br>水中ポンプ<br>ホース                                          | ・漏水日数の増加、長期化に伴っ<br>て、労働量軽減のために買い増<br>されることもあるが、概して給<br>水制限開始と同時に購入される。                            |
| 金銭による換算が不可能な項目 | ・各用途で水が充分に使えないための不潔感（水洗便所の悪臭などの不快感）<br>・すべての洗浄を手ジャックで行なうことの不快感<br>・不慣れた水運びなどによる筋肉痛や疲労、ひいては過労による健康障害<br>・いつ制限給水が解決するか見通しが立たないことによるイライラ<br>・高低差、受水槽の有無による給水の不公平からくる不満<br>・給水車の配車の不公平による不満<br>・給水車の配車時間の無計画によるイライラ |                                 |                                                                                 | } 断水日数が長くなると、他の要因の方が大きく感じられるため<br>どうでもよくなる。<br><br>軽度の給水制限なら問題は少ない。<br>概して断水日数に比例して累積<br>的な増加をみる。 |

図表Ⅶ-4 断水水量1ℓ当り損失額の分布と平均



## ② 節水による被害

都市施設には受水槽があり、給水制限に対し家庭用水より影響を受けない体質をもっている。  
 (例：保安用水を夜間のうちにためられるなど) 大きな建物になればその傾向は更に強い。しかし、節水すると直ちに営業損失に結びつく可能性が強く、経済的な損失は小さくない。48年渇水の高松市を事例に、水不足による営業停止損失額を推定したものが図表Ⅶ-5であるが、業種間のバラツキも大きい、概して水不足が営業損失に結びついた場合の損失がかなり大きいことが読みとれる。

図表Ⅶ-5 水不足量1 $m^3$ 当り営業停止損失額

| 業 種             | 水不足量1 $m^3$ 当り<br>営業停止損失額<br>円/ $m^3$ | 業 種           | 水不足量1 $m^3$ 当り<br>営業停止損失額<br>円/ $m^3$ |
|-----------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| 事 務 所           | 21,600                                | サ ウ ナ         | 15,00                                 |
| 百貨店・スーパー        | 38,100                                | 鮮 魚 販 売       | 8,000                                 |
| 旅館・ホテル          | 10,700                                | 肉 販 売         | 22,000                                |
| 娛 楽 所           | 28,200                                | 豆 腐 卸 販 売     | 2,100                                 |
| 運輸及び自動車<br>修理関係 | 66,800                                | 花 木 販 売       | 17,700                                |
| "               | 163,700                               | 写 真 関 係       | 16,400                                |
| ガソリンスタンド        | 34,900                                | 理 美 容 院       | 10,400                                |
| 飲 食             | 20,800                                | ク リ ー ニ ン グ 等 | 5,200                                 |
| "               | 7,200                                 | 幼 稚 園         | 18,000                                |

## ④ 工業用水

### ① 節水の可能性

工場における異常渇水時の節水対策には次のようなものが考えられる。

i 将来の増産に備えた余裕水のはきだし

ii 合理化投資による節水

イ. 下水再生水の利用

ロ. 冷却塔の導入及び循環強化

ハ. 排水の高度処理

ニ. 向流多段洗浄の導入

ホ. 洗浄水の分離回収

iiの方法は概して建設に2～6ヶ月を要し、短期対策としては役立たないものが多い。結局 iに限定されることとなり、余裕水のない工場では生産減に追い込まれることになる。余裕水の確保は、用地の先行取得と同様に将来の増産に備えたものであり、経営基盤の弱い零細企業にはそのゆとりはほとんどない場合が多い。また、用水型大量水使用工場では、渇水による生産減少被害が大きい、工業用水道等を余裕水として確保しているところがまま見うけられる。

### ② 節水による被害

増産ないし異常渇水に備えた余裕水がどれ程にのぼるかは、工場内に立入って水使用実態をみ

なければ不明である。仮に余裕水がないものとし、水不足による生産減少被害をみると、一般的には次のように推定できる。

$$\text{生産減による水} 1 \text{ m}^3 \text{ 当り損失額} = \frac{\text{出荷額} - (\text{動力費} + \text{原材料費} + \text{その他操業停止により発生しなくなる費用})}{\text{工業用水取水量}}$$

用水型業種、非用水型業種により  $1 \text{ m}^3$  当り損失額はまちまちであるが、パルプ等用水型業種で  $2,000 \text{ 円/m}^3$ 、造船等非用水型業種では  $20,000 \text{ 円/m}^3$  にまでのぼるものと推定される\*。

\*ただし、非用水型業種では、生産用水のウェイトが少ないため、水不足が即生産減にならないケースもあるので注意を要する。このことは都市活動用水の一部（例：ガソリンスタンド）にもみられる。

#### (IV) 農業用水

##### ① 節水の可能性

農業用水の供給という場合、その中には大きく分けて2つの意味がある。その1つは水稻の生理作用を営むために最少限必要な水量を供給することであり、もう1つは経営としての稲作を維持するために必要な水量を供給することである。

節水の可能性を検討する場合、この両者を対象としなければならない。そこに節水の難しさがある。水稻の生理作用を営むために必要な水量だけとってみても、水稻の成育段階に応じて確保すべき水量は異なる。また、それに稲作経営を維持するための水の役割を含めると、ますます複雑な水の駆け引きが実際に行われている。

農業用水はかんがい期間だけ必要なものであると同時に、かんがい期間中も農作物（主として水稻）の成育段階に合わせて必要水量が異なる。

もし農業用水の水利権量が、かんがい期間中同量で与えられているものとすれば、しろかき期等必要水量がピークの時に当らない限り多少の節水量は農作物に何ら影響を与えないであろう。

また、渇水による節水期間が短期であれば、農作物はその後の期間で发育の遅れを回復することもあろう。その意味で農作物はある程度の渇水に対しては生物としての抵抗力を持っているが、一定の限度を越えると収穫ゼロという最大の被害を受けてしまう。農業の渇水被害については農作物のどの段階に、どの位の強度の節水を、どの位の期間続けるかによって非常に大きな差が出るものと予想される。

渇水による農業用水の節水可能性は、作物の生育段階及び期間により変動するとともに、対象地域の水利用の実態によっても異なる。そのため具体的な地域の実状をみて検討をする必要があるが、一般的には次のようなものがあると考えられる。

##### a. 番水

渇水時における農業用水の供給方法で最も一般的な方法は、いわゆる「番水」である。通常時の取水量の確保が困難となり、一定程度の水量を割ると番水が実施される。つまり、少なくとも取水量を地域の慣行に基づいて、あらかじめ定められている配水量（水量制あるいは時間制）

を維持するために厳格な施設（樋門、分水口など）管理や監視体制を採用する。この番水は取水量の減少程度により何段階かに分かれている場合もあれば、分かれていない場合もある。また、個々の利水ブロック（土地改良区、水利組合、各幹支線支配区域など）によってさまざまな方法が採用されている。ただし、近年この番水慣行は崩れつつある。

#### b. 間断かんがいの実施

例えば3灌2落方式（3日間は田に水を入れ、2日間は水を入れない）をとれば、灌水日の水量は増加しても5日間全体としては水量の減少が期待できる。このためには、田に水を入れたい時に必ず水が取水できるという条件が整っていることが前提となる。その際この水管理のために労働時間が相当に増加することは避けられない。また、かん水の減少により除草、薬剤散布等の雑作業量は増加するであろう。

（注）番水の中には間断かんがいに似た方法を採用することもあるが、栽培法としての間断かんがいの意味とは異なる。栽培法としての間断かんがいは、十分に水量があることを前提として、収量の増加、品質の向上等を目的としたものであり、番水はあくまでも通常の取水量を確保することが困難になった場合にのみ採用される配水法である。

なお、栽培法としての間断かんがいは、いわゆる節水栽培を計画的に行なうことにより稲作経営を改善することが主体であり、少ない水をより有効に使用するという意味は従属的なものとして考えられがちである。そして番水の場合にも積極的に配水量を低減させ余剰水を生み出すといった発想のものでなくともないことを注意しておきたい。

#### c. 犠牲田

渇水により用水量が不足し、全地域に平等に配水すれば配水量が低下し、全ての地域が被害を受けるような場合に特定地区への配水を停止し、残存地区の水田を旱害から守る方法で、この配水を停止した水田を犠牲田またはあげ田とも呼ぶ。しかし、この犠牲田をどこにするか、またいつ実施するかは實際上難しい問題である。一般には地形や土質など他の地区に比較して劣っている水田を犠牲田とするが、慣行的に定められている場合もある。

#### d. どびん水の実施

昭和14年香川県満濃池地域を襲った干ばつの際に、どびん水を実施したという記録がある。これは植付けた株ごとに枯死を避けるためにわずかの水をかけるというもので、労働の強度は相当なものになる。また、渇水期間によっては減収は避けられない。

#### e. その他個別経営内部での対策

渇水により取水量が極端に削減され、実際に田への配水が著しく困難になった場合には、蒸発散による水分の損失をできるだけ抑制するために、敷草、敷ワラなどにより土壌水分の蒸発を抑制するために地面を被覆するとか、深耕により毛管上昇を切断し、蒸発を抑制し、また雑草の繁茂を防止するとか、除草や稲の葉先の切断、間引きなどが実施される。

#### ② 節水による被害

いずれの方法を採用しようと平常時にくらべれば労働量、その他資材の増加は避けられず、最悪の場合は収量減もありうる。ここでは被害の極限值として取水量により収量が零になった場合

の水不足量  $1 \text{ m}^3$  当りの被害を推定しておく。

1ヶ月間の取水停止により100%減収するものと仮定し、生産米価280円/kg、反当り10俵、減水深14mm/日とすると、節水率100%で400円/ $\text{m}^3$ という値となる。但し、耕作放棄により薬品費等を節減できるわけであるが、ここではこれをゼロとしている。また、天災により減収が生じた場合には農家共済により補償金が支出されるが、ここではこれを考慮に入っていない。

完全断水による不足量  $1 \text{ m}^3$  当りの被害額は都市用水にくらべ格段に安いということはいえよう。

## 2) 経済的損失を最小にする節水ルールの方角

ある地域の家庭用水、都市活動用水、工業用水、農業用水を全て単一の利水者が使用しているものと仮定すると、渇水時の節水の方法は地域全体として被害が最小となるような方法を選択しようとするはずである。実際には利水主体が多数に分れているため水の奪い合いが起り、結果として地域全体としての被害を大きくしてしまう。利水者間の公平性を確保することは最も重要なことではあるが、公平性の確保は必ずしも渇水時の水配分によつてのみ実現しなくとも、事後的に調整可能な場合もあるので、まず被害を最小にする節水方法を明らかにし、それをスタートに歴史的な諸事情も考慮して実際の節水ルールを決定するのが賢明であろう。

(注) 渇水時の水配分で著しい不公平が生じた場合に、有利な配分を受けた者が、不利な配分を受けた利水者に何らかの経済的な見返りを与えることも考えられる。

問題は節水による被害をどのようにして定量的に把握するかである。被害を可能な限り貨幣タームで測定し、節水量  $1 \text{ m}^3$  当りの被害を経済的な損失額で評価することができれば、節水率による被害の程度を利水者間で比較することができ、非常に便利であることはいうまでもない。

水は生産活動および消費活動の中で一部の生産財ないし消費財として利用されているが、生産活動も時点、時点で一定のシステムを構成しているため、急に水だけが必要量だけ得られなくなると、そのシステム全体がこわれてしまい、大きな被害を与えることになりやすい。適切な水使用が行なわれていたとすれば、少なくとも節水によってセーブできる水コストよりも節水による被害の方が大きいはずである。

生産活動、消費活動を構成しているシステムのうち、水だけが徐々に減らされていくと仮定すると、システムは受容能力を失なっていく、1単位の水減少量当りの被害程度は次第に大きくなっていくであろう。いわば、限界効用逓減の法則の逆で限界被害逓増の法則が働くのである。しかし、その被害逓増の仕方は、利水目的によって異なるので、それぞれの利水者について、被害カーブを共通の貨幣タームで把握する必要がある。

生産活動については、水が出ないことによる被害は経済的な損失としてある程度測定することができるが、家庭における消費の水使用については、被害は苦痛といった形で出るので、そのままでは損失額を把握することができる。

そこで、ここでは生産活動、消費活動に共通の尺度としてWillingness to Pay (払っても良い金額WPと略す)という概念を導入することを提唱したい。ある家庭で10%の節水を義務づけられたとする。ただし、それを避けたい人はその10%分の水量について割高の料金を支払え

ば良いものとする。その割高の料金がいくらまでだったら節水よりも水の購入を選ぶかを聞き、それをもって10%節水による苦痛の金銭的評価とするのである。

工業や農業といった生産活動については、従業者の不便、苦痛を避けるためのWPも若干含まれるであろうが、節水による経済的損失がWPの中心となるであろう。生産者の合理的な判断として、水が不足することによる損失より、僅かでも安い価格で水が得られるとしたら、節水よりも水の購入を選好すると思われるからである。

節水による経済的損失は次のようなものから成る。

イ. 節水のための生産費の増加分

例：節水機器の導入コスト

水フローの改良コスト

ロ. 水不足を原因とする生産減少による損失

ハ. 水不足を原因とする品質低下による損失

ニ. ロ、ハの波及的影響として顧客喪失による損失

ホ. 渇水を想定して、事前に貯水池をつくる等予防的投資をした場合のそのコスト

WPによる水の価格は、渇水時に実際にその金額で水の購入が行なわれる訳ではないので、Shadow Price(影の価格)といわれることもある。

地域全体で30%節水しなければならない時、各利水目的間で一率節水すべきか、傾斜的な節水率を設定すべきかは、各利水目的の現在の使用水量と節水率別WP水単価から判断することになる。地域全体で30%節水を達成しながら、かつ、各利水目的のWP水単価が等しくなるような水準で各利水目的別の節水率を設定することになる。

3) 異常渇水時の非常水源対策

異常渇水時の非常水源対策は、各種節水対策と相保って効果を発揮する。これには大別して、①下水処理水の活用、②保安用水としての水道水の活用、③地下水の活用の3つがある。以下これらについて述べる。

(i) 下水処理水の活用

下水処理水が異常渇水時に注目されるのは当然である。豊水時には低水質であるためにかえりみられないだけだからである。この用途には家庭用水、都市活動用水、工業用水、農業用水が考えられる。

① 家庭用水、都市活動用水への利用

用途には水洗便所、散水、洗車、冷房が考えられるが、利用場所と水源との距離の制約があることから、都市活動用水では事前に二重配管しておかなければ大きな効果は期待できない。また、家庭では風呂の残り湯、洗濯排水を貯留することにより、これらの用途にふりむけられるので、下水処理水の必要性は小さい。

② 工業用水、農業用水への利用

工業用水として下水処理水を使った事例は48年高松の渇水でみられる。この時はトラック輸送に頼ったため使用量は極くわずかだったといわれる。より系統的な利用にするためには、事前の配管が必要となろう。そうすれば冷却用水のほとんど、製品処理水の一部、従業員用の水洗便所用水等に利用が可能となろう。

農業用水への利用もパイプによる輸送が可能であれば不可能ではない。ただし、農業では水コスト負担力は小さいから、農業側が相当の過酷な水不足事情に追い込まれない限り、このような必要性は高まらないであろう。

いずれにしても下水処理水の水質が重金属の混入、海水の混入によって悪化していればいる程、各用途への利用は制約を受けよう。

### (ii) 保安用水としての水道水の活用

降雨量の減少→ダム貯水量の減少→浄水場取水量の減少→給水制限→一部地域の断水、と渇水時の水供給システムの連鎖は続くが、水道用水が零になる訳ではない。48年の高松市の例をみても、23日間完全断水地域が発生している一方で、給水量は最悪時で平常時の3割は確保されている。その80~90%近くは浄水場近く、あるいは低地に立地する都市施設の受水槽に流れ込んでいたと推定される。末端需要者の1日平均使用量に占める受水槽容量の割合は20%~150%であり、平常通りの使用は不可能であっても、都市活動用水被害に役立ったことは見逃せない事実である。受水槽が水道配管より低い位置に設置されているために、保安用水として水道配管に流れていたものが自然に流下し、使われていた訳である。これが末端需要者間に不公平感による不満を引起した事実も見逃せない。渇水対策としては、これら受水槽の水を周辺の末端利用者間で平等に配分することができれば、被害の軽減、不公平感の解消に役立つであろう。

### (iii) 地下水の活用

降雨の不足による河川水の減少に対する有効な水源対策は、水質面からも問題のない地下水の活用にならざるを得ない。これには、①既存井戸の活用と②新規地下水の開発が考えられる。

#### ① 既存井戸の活用

平常時から井戸水は各用途に使われている。渇水時には井戸水は能力一杯に使われることになる。渇水時の各地の事例をみると、既存井戸水にゆとりのある利水者(例:工場、ビル)が善意で水不足に困る周辺住民に水を提供しているケースが多々みられる。浄水場に近いところで井戸揚水量が多いところは、パイプで浄水場へ送ったケースもある。利水者側の善意によるものであり、井戸所有者の極端な被害の発生しない範囲で送水するので限度はあるが、トラック輸送等にくらべれば効果は大きい。

地盤沈下地域で地下水揚水が事実上禁止の状態になっているところでも、短期の異常渇水に備えて井戸のメンテナンスをしておけば、緊急時には渇水の被害を大幅に軽減できるので地下水規制の強力的運用が望ましい。ビル用水、工業用水はもちろん、河川水へ転換後の水道水の井戸水源などは、緊急用には極めて貴重な水資源であるから、平常時からのメンテナンスに費用をか

けても意を注ぐべきであろう。

## ② 新規地下水の開発

利水の安全度を高めるためには、河川水を水源とする水道水にだけ頼ることは好ましくない。水道水源としての地下水の開発にも意を注ぐべきである。給水制限時のカット率の増大、長期化が進むと、給水圧の不均衡から長期間断水する地域が発生するのは避けられない。その場合、給水車による給水に頼らざるを得ないが、配車時間の安定、一定配水量の確保が言うべくして困難となる。水の極端な不足による日常生活のマヒ、それによるストレスの増大、近隣住民間の反目、給水量のうばい合いなどパニック状態が発生する。そのような状態を避けるためには平常時から公共用の井戸水を確保しておくことが望ましい。理想的には徒歩圏内に井戸水が得られればよいが、地形・地質などにより左右されるから難しい場合もあろう。いずれにせよ、あらかじめ公園など公共用地を中心に井戸を掘り、メンテナンスしておくことは大切である。渇水時に公共用井戸まで行けば水が少量でも入手できるようになっていれば、地区住民のストレスは大幅に軽減できる。平常時からの計画的な地下水開発が望まれる。

「資料編3.異状渇水時の水資源対策」については、「節水ルール検討業務報告書」（建設省四国地方建設局S.52.10）をもとに作成した。