

余剰農業用水の形成に関する実証的研究（第3報）

——必要水量の変動特性について——

水 谷 正 一

Positive Studies on the Formation of Surplus Water Requirement (Part 3)

——On the Variable Characteristic of Net Water Requirement——

Masakazu MIZUTANI

目 次

I. 研究の課題と方法

- I. 研究の課題と方法
- II. 必要水量の構成要素
 - 1. 構成要素
 - 2. 都市化と減水深の変化
- III. 必要水量の変動特性—事例による検討—
 - 1. 神安地区の事例
 - 1-1 地区の概要
 - 1-2 水利用の方法
 - 1-3 取水量の変化
 - 2. 亀田郷地区の事例
 - 2-2 土地基盤整備の歴史
 - 2-2 減水深の変化
 - 2-3 農地の潰廃および取水量の変化
 - 3. 小括
- IV. 変動特性の一般理論
 - 1. 理論
 - 2. 必要水量と還元量の関係
 - 3. 小括
- V. 一般理論の適用
 - 1. 事例の適用条件
 - 2. 結果と考察
- VI. まとめ
 - あとがき
 - 参考文献

農業用水で余剰水が形成されるということは、「何らかの理由によって農業用水に余裕が生じ、減量を可能とする条件が準備されていること」を含意する。余剰水の形成を解明するときの基本的な課題は前述の文に全て含まれており、その内容は2つにおいて整理することができる。

第1の課題は、農業用水の余裕はいかなる理由によって発生するのか、ということである。

第2の課題は、実際の取水量はいかなる条件下において減量しうるのかということである。

前者は現実の水利用実態を克明に分析することにより、余剰水形成の因果関係を解明するという課題であり、後者は発生をみた余剰水を安定的・連続的に顕在化させるための技術工学的・組織的・経済的条件を明らかにするという課題である。

すでにわれわれは第1報、第2報において、水位維持用水という存在形態をとる余剰水と、水管理体制の崩壊にともなう生まれる余剰水について、その形成メカニズムを詳細に明らかにした。しかし、第2報の冒頭でふれたように、農業用水量の基本をなす必要水量の量的な変動特性を解明する課題は留保されたまま残されていた。本論文ではこの留保した課題に改めて取り組んでみたい。以下そのための方法を述べる。

余剰水の源泉が農業用水量であることはいうまでもない。それゆえ、余剰水の形成メカニズムを研究すること

は、農業用水量を研究することにほかならない。ただ、余剰水の研究においては農業用水量の問題領域全般を取扱う必要はなく、農業用水量を構成する各種の要素のうち都市化・地域変化・技術発達などの影響によって変動する要素を重点的に抽出し、その要素が農業用水量をいかに規定しているかを定性的・定量的に分析する、という方法がとられる。具体的には次のようである。

水利計画において、農業用水の取水量は

$$\text{取水量} = \text{必要水量} - \text{有効雨量} + \text{管理用水量} \cdots (1)$$

なる式であらわされる。(1)式で、取水量は粗用水量と、(必要水量－有効雨量)は純用水量ということもある。また、(1)式右辺の各項はふつう以下のように定義されている。

必要水量とは、地区内の水田各筆が減水深に相当する用水を引水するとき、地区全体が必要とする用水量(元々に依存する水量)である。

有効雨量とは、耕地に直接降りそそぐ降雨のうち田面に有効貯留された結果、減分しうる取水量である。

管理用水量は水路損失量と配水管理用水量にわけられる。水路損失量は、水路水面から蒸発で失われる水量と、水路から土中へ浸透して失われる水量の和で表わされる。配水管理用水量は配水上必要となる水量であり、第2報でふれた分水のためにポテンシャルを与える水位維持用水や、配水管理のための余裕水などが含まれる。

さきに、余剰水の源泉は農業用水量であると述べたが、(1)式にしたがうならば必要水量、管理用水量の減少、あるいは有効雨量の増加が余剰水の源泉となる、といえることができる。これらの諸量のうち、農業水利において最も基本をなすのは必要水量である。本論文ではまずはじめに必要水量を規定する基本的な要素を抽出し、しかる後に事例検討をつうじて、基本的な要素と必要水量の対応関係の特性—必要水量の変動特性—を定性的に明らかにする。つづいて、変動特性の一般理論を提示し、具体的な地域に一般理論を適用したうえで、余剰農業用水の形成メカニズムを総括的に整理する。

II. 必要水量の構成要素

1. 構成要素

必要水量がどのような要素によって規定されるのか、

まずはじめに吟味する。(1)式でみるように、必要水量は有効雨量、管理用水量と分離独立したものとして取扱うことができるから、必要水量を検討するときこれらは捨象して考える。

さきに、必要水量は地区内の水田各筆が減水深に相当する用水を引水するとき地区全体が必要とする用水量である、と定義した。この定義からただちにわかることは、減水深と地区内の水田面積が必要水量の構成要素になっていることである。さらに水利用の反復・再利用システムの形態も必要水量に作用するだろう。反復利用度の高い地区ほど地区全体の必要水量が低いという関係がある。

したがって減水深、水田面積、反復利用度の3つが、必要水量を規定する基本的な要素となる。

これらの要素のうち農村の都市化・混住社会化にともなって明らかに変化する要素は水田面積である。反復利用度は地域変化の速度、排水改良事業の有無などによって異なるが、必要水量の検討においてはその変化を与件として考えることとする。減水深の変化については様々なケースがあり、次にやや詳しく吟味する。

2. 都市化と減水深の変化

減水深は通常次式であらわされる。

$$\text{減水深} = \text{蒸発散量} + \text{浸透量}$$

$$\text{蒸発散量} = \text{水面蒸発量} + \text{蒸散量}$$

$$\text{浸透量} = \text{降下浸透量} + \text{畦畔浸透量}$$

減水深の構成諸量のうち、蒸発散量は気温、湿度、風速などの自然条件によって決る量であるから人為的に変化するものではなく、不変とみなしうる。

浸透量のなかで畦畔浸透量は、兼業深化にともなって本田管理が粗放となり畦畔からの漏水が増加するということも考えられる。しかし、渇水年(期)に用水が不足する状況となればしっかりした本田管理がなされるだろうから、都市化・混住化によって変化するとはいえない。

問題は水田の耕盤から心土へ向って鉛直浸透する、降下浸透量である。一般に降下浸透量が変化するのは、次のような条件が生じたときである。

i. 排水改良にともなう地下水位の低下

ii. 暗渠の施工

iii. 土壌改良

iとiiは浸透の水理学的条件に関与し、iiiは土壌の透水

性に関与する。都市化・混住化地域でこのうちもっとも関係の深いものは、排水改良にともなう地下水の低下である。都市化地域では、水害対策という都市サイドの防災上の要請によって農業排水路、田排兼用水路の拡幅・改修がなされることがある。

従来地下水位が高く蒸発散量程度の少量な用水しか消費していなかった砂質系・泥炭質系の水田では、こうした地下水位の低下にともなって降下浸透量が一挙に増大することがある。また一般の水田でも、排かんが初期に地下水位の低下による乾土効果生まれ、キ裂が発生してかんがい初期のシロカキ用水量が増加することがある。

しかし、一方で降下浸透量がほとんど変化しない場合も多い。もともと透水性の小さい耕盤をもつ水田では、地下水位が低下しても（この場合、心土の透水性が大きければ耕盤以下で不飽和開放浸透が発生する）耕盤の透水係数が土中水の流れを支配するため、降下浸透量に目立った変化があらわれない。

一般的には、砂質系・泥炭質系の水田を除き地下水位の低下にともなって降下浸透量が増加する可能性は少ないといえよう。したがって、降下浸透量に蒸発散量と畦畔浸透量を加えた減水深もまた変動する可能性は少ない。それゆえ、以下の検討では減水深を一定とみなすことを基本とするが、地域的な特性によって変動することも留意し、その場合についても考察を加えることにする。

Ⅲ. 必要水量の変動特性

—— 事例による検討 ——

水田の潰廃が顕著に進んでいる地域で、必要水量ははたして減少しているのだろうか。増加しているのだろうか。もし変動が生じているとすれば、それはどのような原因に由来するのか、などの点をまず事例的に検証することが本章の目的である。先に作業仮説として提示した必要水量を規定する基本的な3つの要素 — 水田面積、反復利用度、減水深 — が、ここで主役を演ずることとなる。すなわち、これらの要素との関連で必要水量の変動特性を定性的に検討するのが本章の課題である。

1. 神安地区の事例

1-1 地区の概要

ここでとりあげる神安地区（大阪府、淀川水系）は大阪と京都のほぼ中間点、淀川の右岸沿いに位置し、高槻、

茨木、摂津、吹田の4市にまたがり関係水田面積約880haをもつ地区である。

神安地区の用水受益面積は近年低下の一途をたっている。地区内には東海道新幹線とその鳥飼基地が、地区東方数kmには万国博会場、千里ニュータウンが建設されており、昭和35年ころから工業化、宅地化の波がおし寄せた。関係4市の人口は、24万人（昭和30年）から91万人（昭和50年）に急増している。農地転用の結果、昭和36年には1,664haだった用水受益面積が、昭和52年には881haとなり、この間783ha、面積割合にして47%の水田が減少した（表-1）。

表-1 神安地区の用水受益面積

（単位：ha）

年	面積	年	面積
S 36	1,664	S 45	1,110
37	1,562	46	1,039
38	1,502	47	1,007
39	1,448	48	967
40	1,402	49	921
41	1,301	50	903
42	1,260	51	891
43	1,216	52	881
44	1,159		

資料：神安土地改良区調べ

1-2 水利用の方法

用水の水源は、高槻市唐崎地内で淀川から取水する三ヶ牧揚水機場（施設能力 4.20m³/s）と、摂津市鶴野地

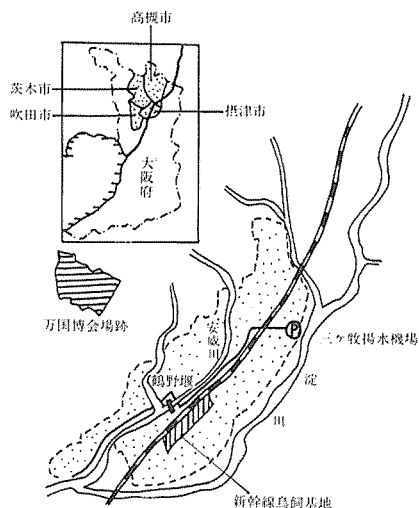


図-1 神安地区の概要

表-2 番水日割り表 (昭和52年)

	三島江	柱 本	鳥飼上	西 面	唐 崎	鶴野堰		三島江	柱 本	鳥飼上	西 面	唐 崎	鶴野堰
6 / 6						○	8 / 4	○				○ A	
7						○	5				○	○ C	
8	○			○			6		○			○ B	
9		○		○			7			○			○
10			○	○	○ C		8						○
11	○				○ A		9						○
12		○			○ B		10	○				○ A	
13			○	○	○ C		11			○	○	○ C	
14	○				○ A		12		○			○ B	
15		○			○ B		13						○
16						○	14						○
17			○	○	○ C		15						○
18	○				○ A		16	○				○ A	
19		○			○ B		17			○	○	○ C	
20	○				○ A		18		○			○ B	
21			○	○	○ C		19						○
22		○			○ B		20						○
23						○	21						○
24						○	22	○				○ A	
25	○				○ A		23			○	○	○ C	
26			○	○	○ C		24		○			○ B	
27		○			○ B		25						○
28						○	26						○
29						○	27						○
30	○				○ A		28	○				○ A	
7 / 1			○	○	○ C		29			○	○	○ C	
2		○			○ B		30		○			○ B	
3						○	31						○
4						○	9 / 1						○
5	○				○ A		2						○
6			○	○	○ C		3	○				○ A	
7		○			○ B		4			○	○	○ C	
8						○	5		○			○ B	
9						○	6						○
10	○				○ A		7						○
11			○	○	○ C		8						○
12		○			○ B		9	○				○ A	
13						○	10			○	○	○ C	
14						○	11		○			○ B	
15	○				○ A		12						○
16			○	○	○ C		13						○
17		○			○ B		14						○
18						○	15	○				○ A	
19						○	16			○	○	○ C	
20	○				○ A		17		○			○ B	
21			○	○	○ C		18						○
22		○			○ B		19						○
23						○	20						○
中干し							21	○					

- 注 1. ○は昼間7:00~17:00の通水をあらわす。
 2. 唐崎地区は3区に細分される。
 ○A:内五位ノ庄, 合同水路がかり
 ○B:上井路, 下井路がかり
 ○C:桑井田がかり (この場合15:00~17:00のかん水)
 3. 夜間17:00~7:00は毎日鶴野堰へ送水。

表-3 番水のローテーション

時 期	5ブロック関係		鶴野堰関係	
	ローテーション日数	送水・断水	ローテーション日数	送水・断水
シロカキ・田植期	3日	1日送水2日断水	10, 7日	2日送水8日断水 1日送水7日断水
中 干 前 期	5	1日送水4日断水	5	2日送水3日断水
中 干 後 期	6	1日送水5日断水	6	3日送水3日断水

先の安威川に設けられた鶴野堰の2ヶ所にわかれる。鶴野堰は、三ヶ牧揚水機場で取水され幹線水路を流下したのち安威川に放水される補給水と安威川の自流をあわせて取水する堰であり、三ヶ牧揚水機場の補助水源としての機能をもつ（図-1）。

用水の配分は番水制を基本とし、地区内の平等配水とポンプ電動費の節約がはかられている。番水は地区内の水田を6ブロックに分割し、神安土地改良区内に常設されている「三ヶ牧用排水調整委員会」が年度当初に決める用水日割表にもとづいて、かんがい期の用水配分が行われる。用水幹線の主要な施設、すなわち三ヶ牧揚水機場の操作管理と各ブロックに分水する樋門操作は土地改良区の職員5人が担当し、各ブロック内部では農事実行組合などの水利委員が末端の水管理をうけもつという体制がとられている。昭和52年の用水日割を表-2に示す。表では苗代水期の送水日が省略されているが、この年は4月29日、30日、5月6日、13日、20日、29日、6月1日の7日間にわたり苗代用水が送水された。番水の原則をまとめると次のようである。

- 1) 三島江、柱本、鳥飼上、西面、唐崎の5ブロックと鶴野堰関係の1ブロックが番水の単位をなしている。
- 2) 夜間（午後5時～翌日午前7時）は、常時鶴野堰関係へ送水される。
- 3) 昼間（午前7時～午後5時）は、5ブロックと鶴野堰関係でローテーションが組まれている。ローテーション日数は生育段階に応じて変化する（表-3）。

こうした番水制のもとで、一筆一筆の水田では、配水日にできるだけ用水を溜め込み、漏水を避けるために水口、水尻を周到に管理し、渇水期は水路に貯留された水を小型ポンプで揚水するといった、節水的な水利用が行われている。地区全体でみるならば、管理用水の発生が極力おさえられているのである。

1-3 取水量的変化

神安地区における必要水量の変動特性を取水記録から推定するにあたって、管理用水量と減水深をあらかじめ吟味しておく必要がある。取水量は管理用水量を含むものであるからこれを控除して考えねばならず、また必要水量の構成要素たる減水深の時系列的な変動性の有無が必要水量の変動特性に影響を与えるからである。

管理用水は前項でふれたように稠密な番水体制によって、その発生量は無視してもさしつかえない。後述するように、この地区の平均取水深が平均減水深よりも小さな値であることによっても、このことは裏付けられる。

減水深の時系列的な実測資料は存在しないがいくつかの観測例はある。府営三島平野用排水改良事業（昭和35年着工、43年完了）では、乾田15.0mm/day、湿田12.0mm/dayの計画減水深を採用している。昭和46年に大阪府耕地課が行った減水深調査では、表-4のような結果が得られ、かんがい期地区平均減水深は16.8mm/dayであった。また昭和52年、53年にかけて近畿農政局淀川水系農業水利調査事務所によってなされた調査では、かんがい期平均減水深が18.8mm/dayとなった（表-5）。以上の結果をみると、取水量の検討期間である昭和44年から52年の減水深は、17～19mm/day程度で大きな変化は認められず、これを一定と仮定してよいと考えられる。

大阪府耕地課は、毎年「淀川下流取水量調査」を実施している。ここでは上記の調査結果を利用して、昭和44年以降の三ヶ牧揚水機場の取水実績を整理し都市化と必要水量の変化について検討する。

表-6は三ヶ牧揚水機場の取水延日数、総取水量、10a当り換算取水量、日平均取水深をとりまとめたものである。この表からは2つの特徴がよみとれる。第1は、用水受益地が減少しているにもかかわらず、取水延日数と10a当り換算取水量が増加傾向にあること。第2は、日平均取水深に大きな変動が認められないこと、である。

表-4 減水深の測定結果(昭和46年)

(単位: mm/day)

時 期 値	シロカ	活着期	分けつ	分けつ	分けつ	幼 穂	穂ばら	出穂開	開花後	開花後	開花後	平均
	キ期		開始期	最盛期	終了期	形成期	み期	花期	10日	20日	30日	
	% ₁₀ ~% ₂₀	% ₂₁ ~% ₃₀	% ₁ ~% ₉	% ₁₀ ~% ₁₉	% ₂₀ ~% ₂₉	% ₃₀ ~% ₃₈	% ₉ ~% ₁₈	% ₁₉ ~% ₂₈	% ₂₉ ~% ₃₇	% ₃₈ ~% ₄₇	% ₁₈ ~% ₂₇	
加重平均値	12.2	12.9	14.0	17.0	20.2	22.0	20.7	18.1	16.4	14.7	13.6	16.8
月平均		12.9	17.1			20.3			14.9			

資料: 大阪府耕地課調べ

表-5 減水深の測定結果(昭和52, 53年平均)

(単位: mm/day)

時期 場所	6 月		7 月			8 月			9 月			平均
	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
生育期	活着期		分けつ期			幼穂形成期	穂ばらみ期	出穂開花期	登熟期			
Aホ場	11.8	11.8	12.0	12.0	16.1	18.5	21.0	18.8	16.1	14.7	14.7	14.7
Bホ場	28.5	28.5	29.2	29.2	39.2	44.9	50.9	44.9	39.2	35.6	35.6	35.6
Cホ場	10.9	10.9	11.2	11.2	15.0	17.2	19.5	17.2	11.2	13.7	13.7	13.7
Dホ場	12.0	12.0	12.5	12.5	16.6	19.0	21.8	19.2	12.5	15.3	15.3	15.3
平均	15.0	15.0	15.4	15.4	20.7	23.7	26.9	23.7	20.7	18.8	18.8	18.8

資料: 農林水産省淀川水系農業水より調査事務所調べ

表-6 三ヶ牧揚水機場の取水量

	かんがい 面積 (ha)	取水延 日数 (日)	総取水量 (10 ³ m ³ /年)	10a当り 取水量 (m ³ /年)	日平均 取水深 (mm/日)
S44	1,216	?	7,092	612	?
45	1,159	57	7,475	673	11.8
46	1,110	73	10,237	986	13.5
47	1,038	60	5,433	540	9.0
48	1,007	98	8,860	916	9.3
49	967	89	9,469	1,028	11.6
50	921	107	12,916	1,430	13.4
51	903	81	7,168	804	9.9
52	881	105	11,639	1,321	12.6

注. 10a当り取水量および日平均取水深の換算は以下のとおり。

$$10a \text{ 当り取水量} = \frac{\text{総取水量}}{\text{かんがい面積}}$$

$$\text{日平均取水深} = \frac{\text{総取水量}}{\text{取水延日数} \times \text{かんがい面積}}$$

$$= \frac{10a \text{ 当り取水量}}{\text{取水延日数}}$$

第1の特徴点である取水延日数の増加は、降雨期の取水状況が変化したこと、いかえれば降雨があつても取水を継続する日が増えてきたことを示している。

神安地区の幹線水路は、府営淀川右岸用排水改良事業(昭和21年~24年)、府営三島平野用排水改良事業(昭和35年~43年)、東海道新幹線関連土地改良事業(昭和39年~41年)などで昭和40年ころまでにひととおり整備され、基幹用排水路の分離がなされた。しかし、総延長86kmにもおよぶ水路のうち幹線水路を除くほとんどの水路は旧来のままの用排兼用の土水路として残されていた。こうした立地条件をもつ土地に都市化が進行する。神安土地改良区は、昭和40年ころから関係4市の協力を得て支線、末端の用排水分離、排水路断面の修正・拡大、水路の三面コンクリートライニングなどの事業を開始する。宅地化により水路系統が混乱したり、家庭下水の混入により水質が悪化したり、少々の降雨でもすぐに冠水するような緊急を要する箇所を優先し、5年単位の年次計画をもって水路整備が進められた。こうした事業の展開は次のような水利条件の変化をうながした。用排水未分離の状況においては、防災上降雨に鋭敏に対応した取水管理が要求されるが、分離完了地区が拡大するにつれてその必要性が薄れてきたこと。反復利用が少なくなるにしたがい三ヶ牧揚水機場に直接依存する水田が拡大してきたこと、である。その結果、水田の減少過程で、用排水

の分離→必要水量の増加→降雨時の取水制限条件の緩和→取水延日数、10 a 当り換算取水量の増加、という一連の新しい水利関係が形成されたのである。

用排水の分離により三ヶ牧揚水機場に直接依存する水田面積が拡大したとすれば、日平均取水深にも増加が認められてもよいはずであるが、顕著な変化はあらわれていない。その理由は淀川の河床低下により三ヶ牧揚水機場の揚水能力が低下したことに求められる。昭和52年8月は、月間雨量31mmという近年稀な渇水期であった。この時 4.2m³/s (1.40m³/s×3台) の設計ポンプ能力は、1.6m³/s (0.525m³/s×3台) に低下した。この水量は取水深に換算すると15.7mm/dayに相当する。淀川の河床低下と渇水の水位低下があわさり、設計上の実揚程2.50mが4.65mまで降下したためである。渇水期に限らず、最近では淀川の河床低下によって3～4mの実揚程を示す日が多い。三ヶ牧揚水機場の最大取水能力は、こうした影響をこうむりその上限が押えられることとなった。必要水量の増加にたいしては、取水日数の増加で対応する事態となったわけである。したがって、先にみた関係は、水田面積の減少、用排水の分離→必要水量の増加、降雨時の取水制限条件の緩和→ポンプ揚水能力の低下→取水延日数、10 a 当り換算取水量の増加、という関係に補正されるのである。

神安地区においては、以上でみられたように水田面積の減少過程で余剰水の形成は見られず、むしろ取水量が増える傾向にある。その基本的な原因は用排水の分離にともない必要水量が増加するとした事情があったからである。この地区の平均減水深は前述したように16.8mm/dayであり、日平均取水深よりも大きい。また用排水分離の水路改修事業がなお進行途上であり、加えてポンプの揚水能力の改良が必要となっていることなどを考えると、必要水量は今後もなお増加することが予想される。

2. 亀田郷地区の事例

神安地区の事例では、必要水量が水田面積、反復利用度という2つの要素に支配される場合の変動特性を考察した。しかし、本論冒頭でその可能性を留保したように、第3番目の要素として、減水深が必要水量の変動に関与する特殊なケースについてもふれておく必要がある。特殊なケースという意味は、減水深が大幅に変化するような事態と、水田面積が急速に減少するような事態が同時に進行することが、我国の水田地帯では稀にしか起らな

いという意味である。一般の用排水改良型の事業では、減水深と反復利用度の2要素が変化することはめずらしいことではないが、これに都市化などの影響が加わって、農地潰廃による水田面積の減少が同時に発生するケースは少ない。ここでとりあげる亀田郷地区は、こうした数少ない事例の一つである。

2-1 土地基盤整備の歴史

亀田郷は信濃川・阿賀野川・小阿賀野川の3河川に囲まれた大輪中で、東西約12km、南北約11kmの四角形をなした地域である。地質的には、信濃・阿賀野の両河川によって流送された土砂が堆積されてできた潟湖充填平野に属し、土壌は郷内部に向って砂壤質から埴質に変化しており、往時の湖沼・沼沢地には低位泥炭が分布する。地形的には、信濃、阿賀野両河川の自然堤防、およびこれらと直交する4条の砂丘列が天然の輪中外郭を形成している。標高は、信濃川下流地域のなかで最も低く、70%の区域が(+)0.20m～(-)0.34mの中にあり、東南から西北へ向って1/1,300の勾配をなし、鳥屋野潟周辺が最も低い。

亀田郷の開発は、16～17世紀に始まる¹⁾。上杉氏は、亀田郷を含む蒲原平野の干拓と信濃川の瀬替え工事を進め、徳川時代新発田藩は墾田治水に力を注ぎ、阿賀野川現河口の松ヶ崎浜の堀割工事(1726年)によって阿賀野川の洪水対策を行い、江(排水路のこと)と江丸(輪中堤のこと)で内水対策を進め墾田につとめた。開発初期は、洪水被害の少い上流部の比高地(洲など)上に小規模な築捨堤をつくって洲を耕地化し、外堤が下流部に延長されるに従って内側湿地にも小輪中を築立てながら墾田を進めたといわれている。この小輪中が江丸とよばれるものである。

水田の大部分は自然排水のきかない強湿田であり、畦畔・農道もなく田舟が主要な輸送手段であった。また、外堤の欠潰がしばしば生じ、そのつど洪水に見舞われ郷内は常に湛水状態にあったといわれている。

常襲水害地域からの脱脚をはかるための準備が、明治期から昭和初期まで連続と続く。信濃川大河津分水の完工(大正11年)、阿賀野川改修工事(大正4～昭和8年)、新栗ノ木川の開削(明治32年)などは亀田郷の洪水被害を解消し、池沼・湿地の開墾や湛水田、強湿田の改良を促した。

この時期はまた、蒸気水車、蒸気渦巻、石油発動、電

動などの各種排水機の普及がみられ、小輪中を単位とする用排水の改良が進んだ。

自然発生的な墾田の歴史的過程をそのまま踏襲した、非体系的・非組織的な小輪中(当時で38を数える)の大輪中への統一・体系化と強湿田の乾田化は、第2次世界大戦の戦中、戦後にかけて行われた各種の土地改良事業によってようやく実現する。長崎明氏によれば、亀田²⁾郷の昭和期における水利改良の歴史段階は、次の7段階に区分できるといふ。

第1段階：小輪中による外水排除。

第2段階：栗ノ木排水機場を主体とする外水排水。

第3段階：用排兼用水路による地表水排除。

第4段階：用排分離による地表水排除。

第5段階：暗キョ排水による地下水制御。

第6段階：パイプかんがいによる用水制御。

第7段階：パイプ地表かんがい、パイプ地下かんがい、および地表排水・地下排水による、地表・地下の用排水分離。

年代でみると第1段階は昭和22年頃終了し、その後第2・第3・第4段階が30年頃まで同時並行して進み、第5段階が52年に一応の完了をみる。そして現在は第6・第7段階の途上にある。

戦中、戦後をつうじたわずか10数年間に、第1段階から第4段階を経過したところに亀田郷の特徴がある、と長崎氏は指摘している。³⁾強湿田から半湿田への移行が、極めて短期間になしとげられたからである。

しかし、第5段階の昭和30年代に入ると地域の環境はドラスティックな変容をみせる。天然ガス採取による地盤沈下の進行、39年6月の新潟地震による水利施設の破損、新産都市新潟地区の指定およびそれにもとづく臨海工業地帯の造成と宅地化の進展などが相次いでおこる。都市排水の鳥屋野潟への混入は用水の汚濁、水質障害を

顕著なものとした。

亀田郷土地改良区は、こうした新しい局面をむかえて農業生産環境の再整備(地盤沈下・水質障害対策)に力点をおく事業を進めるとともに、52年には改良区全額出資による亀田郷地域センターを設立し、都市・農村を一体とした地域の総合的な環境整備に取組みは始めている。

2-2 減水深の変化

昭和20年代から40年代にかけて、亀田郷地区の減水深にどのような変化があらわれたのかつぎに検討しよう。

昭和26年に計画決定された国営阿賀野川農業水利事業計画書には、「本計画地域の減水深は地区内が低湿地であるために、最大消耗季節でも8.5mm程度であるが、将来排水改良に伴い、その他は大きく変るものと相定される⁴⁾」と記されており、沢海、両川、鳥屋野地区の単位用水量を表一7のように決定している。これによると、亀田郷における昭和20年代初頭の減水深は夏期の蒸発散量程度であったこと。用排水改良後は、減水深が2~3倍倍に増加する予想をたてていたことがわかる。

国営事業の附帯事業として行われた県営用排水改良事業では、神導寺、竹尾の2揚水機場が建設された。昭和27年度の計画変更書で決定をみた用水量は表一8のようである。計画減水深は神導寺地区が18.1mm/day、竹尾地区が14.7mm/dayと36.3mm/dayである。竹尾地区の一部で減水深が大きいのは、阿賀野川下流左岸の自然堤防・砂丘地水田への補給のためである。

亀田郷地区の耕地整理事業は昭和23年にはじまり、30年にはその9割が完了した。上記した国営・県営事業の減水深は、いずれも末端の区画整理・用排水改良が完成した後の計画減水深である。そして、その値は一般の地区で15~22mm/day、一部の砂質土壌地区で36mm/dayという程度のものであった。

表一7 国営阿賀野川農業水利事業における計画減水深(昭和26年)

かんがい区	受益面積 (ha)	単位用水量		ポンプ取水量 (m ³ /s)			
		水 (m ³ /s/ha)	減 水 (mm/day) 深	揚水能力	全揚水量	必要水量	損失水量
沢海地区	2,925	0.0017	14.7	8.48	6.36	4.97	1.39
両川地区	915	0.00256	22.1	3.38	2.82	2.34	0.48
鳥屋野地区	—	0.0017	14.7	—	—	—	—

注 1. 原資料は、亀田郷土地改良区編：亀田郷土地改良誌P.252(1976)

2. 揚水機運転時間は、沢海地区1日18時間、両川地区1日20時間。

3. 全揚水量、必要水量、損失水量は筆者の計算。

表-8 県営事業における計画減水深（昭和27年）

地区名	受益面積 (ha)	単位用水量		ポンプ取水量 (m ³ /s)			
		水 (m ³ /s/ha)	減水 深 (mm/day)	揚水能力	全揚水量	必要水量	損失水量
神導寺	527	0.0021	18.1	1.74	1.31	1.11	0.20
竹尾	1,026			4.00	2.67	2.22	0.45
内訳	835	0.0017	14.7	2.56	1.71	1.42	0.29
	191	0.0042	36.3	1.44	0.96	0.80	0.16

注 1. 原資料は、前表と同様。pp. 275~277
 2. 揚水機運転時間は、神導寺は1日18時間、竹尾は1日16時間。
 3. 全揚水量、必要水量、損失水量は筆者の計算。

耕地整理事業が郷内全域で完了した後、昭和40年から42年にかけて行われた団体営用排水改良事業（横越地区）の減水深を表-9に示す。横越地区は、阿賀野川左岸の

表-9 団体営事業(横越地区)における計画減水深(昭和40年)

性	単位用水量 (m ³ /s/ha)	減水深 (mm/day)
壤土(L)	0.00383	33.1
植壤土(CL)	0.00303	26.2
砂壤土(SL)	0.00413	35.7

大字沢海、横越、小杉を事業対象としており、水源は沢海揚水機場（昭和27年完成）に依存する。土壌は阿賀野川沖積層で形成されており、壤土、植壤土、砂壤土の3地区にわかれている。事業計画に先立ち、昭和38年5月から9月にかけて減水深の実測がなされており、計画減水深はこの実測値を基礎として決められた（表-10）。ここで興味深いのは、先述した国営事業における沢海揚水機場関係地区の計画減水深14.7mm/dayにたいして、実測減水深が1.8~2.4倍の26.2~35.7mm/dayとなっていることである。国営事業の計画時点で想定していた減水深は、結果的には過少評価された値だったといえよう。そのために横越地区の事業では、「既往の計画取水量 0.546 m³/sに、阿賀野川より直接揚水して来た小杉揚水機場の取水量0.35m³/s計0.896m³/s⁵⁾に対し、本計画 1.018m³/sと0.472m³/sの増と来たし⁶⁾、沢海揚水機場への負担が増す結果となった。この増加負担を水系内部で解決するために、「下流区域内で650ha、全用水量2.34m³/sの揚水区域を別途反復利用で新設⁶⁾し、沢海揚水機場の直接支配面積を減じる方策がとられたのである。

最後に県営水質障害対策事業で昭和50年に建設された舞瀧揚水機場の計画減水深についてみておこう。

この事業は、従来鳥屋野瀧、栗ノ木川に水源を依存していた846haの水田が、水質汚濁のために利用できなく

なり、信濃川に水源転換をはかった事業である。関係水田面積は1.742haであり、旧機場のかんがい面積878haが含まれている。舞瀧揚水機場の揚水能力は8.04m³/sであるが、運転時間を1日20時間、損失率を15%とすれば必要水量は5.69m³/sとなる。これを減水深に換算すれば28.2mm/dayである。この値は、前出の団体営事業（横越地区）とほぼ同程度であることに注目したい。

以上、亀田郷内の計画および実測の減水深をみてきた。減水深は、事業対象地区の土性や地下水位によって異なるものであるから、ここでもとりあげたそれぞれの値がそのまま亀田郷全体の代表値になりえないことはいうまでもない。しかし、これらの値からは、強湿田の乾田化過程における減水深の概略的な変動傾向をとらえることができると思われる。すなわち、

- 1) 昭和20年代の減水深は、「平野水浸し農業」ともいえる耕地状態を反映して、ほぼ蒸発散量程度であったこと。
- 2) 昭和20年代に実施された基幹用排水改良事業、耕地整理事業の計画時点で、減水深は10~20mm/dayになると予想していたこと。
- 3) しかし、実際の減水深はこの予想を上回り、20~30mm/dayとなったこと。

などである。予想を上回る減水深となった主要な原因は、湿田→半湿田→乾田の展開過程に由来する。

図-2をみよう。これは新瀨平野の代表的な3つの郷、亀田・白根・西蒲原地域の水利開発過程を整理したものである。土地条件をみると、亀田郷の乾田化は他の地域にくらべて最も遅くスタートしたこと。湿田の半湿田への転換と耕地地区画整理の進捗とが、また半湿田の乾田化と暗キヨ排水の前進とが強い相関関係をもっていること、がわかる。時代的にみれば、先に長崎氏が指摘したように、昭和20年代までは半湿田にむけての改良、昭

表-10 横越村減水深調査結果

(単位: mm)

期 別		壤 土			埴 壤			出				
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	
鉛 直 深 透 深	代 掻 期	5月10日	17.8	—	—	10.8	—	—	11.6	—	—	20.3
		11日	18.1	—	—	11.0	—	—	11.5	—	—	20.6
		12日	17.9	—	—	11.0	—	—	11.5	—	—	20.5
		13日	17.8	18.6	—	10.8	10.9	—	11.4	21.4	—	20.6
		14日	—	18.1	—	—	11.2	—	—	21.6	—	—
		15日	—	18.2	—	—	11.3	—	—	21.5	—	—
		16日	—	18.7	18.1	—	11.4	11.5	—	20.7	20.4	—
		17日	—	—	18.3	—	—	11.7	—	—	20.9	—
		18日	—	—	18.4	—	—	11.6	—	—	21.0	—
		19日	—	—	18.4	—	—	11.6	—	—	20.1	—
		計(平均)	17.9	18.4	18.3	10.9	11.2	11.6	11.5	21.3	20.6	20.5
平 均		18.2			11.3			20.8				
日 減 水 深	生 育 期	25日	31.1	33.0	29.3	21.6	22.0	22.3	21.3	31.8	32.8	33.3
		30日	31.6	30.1	29.4	22.7	22.9	23.3	22.5	32.3	33.4	33.9
		6月5日	32.3	31.9	29.1	22.1	22.7	23.1	22.0	32.9	33.8	34.1
		10日	32.1	31.0	29.0	22.3	22.9	23.4	21.9	32.8	33.9	34.3
		15日	33.0	31.1	30.3	23.1	23.6	24.1	22.8	32.7	33.5	33.9
		20日	32.1	30.2	30.9	23.6	24.1	24.9	23.4	32.9	33.8	34.0
		25日	31.9	30.1	31.3	24.7	25.1	25.8	24.3	33.6	34.7	34.9
		30日	32.3	31.2	31.1	24.1	24.9	25.4	23.9	34.9	35.9	36.1
		7月5日	33.7	31.1	31.9	25.9	26.3	26.7	25.5	34.5	35.7	35.9
		10日	34.9	32.8	32.1	28.2	28.7	29.3	27.8	35.4	36.1	37.3
		15日	35.3	33.9	33.1	29.1	29.6	30.2	28.9	36.1	37.2	37.8
		20日	35.9	35.1	34.0	31.2	31.5	32.1	30.8	37.5	38.4	38.9
		25日	38.1	37.9	35.9	31.5	31.9	32.3	30.9	38.9	39.8	40.2
		30日	38.4	38.1	37.2	31.2	31.8	32.4	30.8	39.2	39.9	40.4
		8月5日	38.3	37.3	37.1	29.1	29.7	31.1	28.9	39.3	40.1	40.9
		10日	37.8	36.9	35.5	28.9	29.3	30.1	28.3	38.7	39.8	40.1
		15日	37.0	36.1	35.2	26.8	27.3	28.0	26.6	37.2	38.8	39.4
		20日	36.0	34.1	33.9	26.3	26.8	27.0	26.0	35.8	36.7	37.2
		25日	35.1	33.8	32.2	25.9	26.3	26.4	26.5	34.7	35.7	36.1
		9月30日	33.9	32.2	31.9	24.1	24.9	25.1	23.9	33.5	34.4	34.9
5日	31.9	29.4	29.8	23.9	24.5	24.6	23.7	31.6	32.9	33.3		
10日	29.7	29.2	28.2	23.5	24.0	24.2	23.5	31.5	32.5	30.7		
計(平均)	34.2	32.9	32.2	25.9	26.4	26.9	25.6	34.9	35.9	36.3		
平 均		33.1			26.2			35.7				

注 1. 資料は、亀田郷土地改良区編：亀田郷土地改良史 p.347

2. 調査期間は昭和38年5月～9月である。

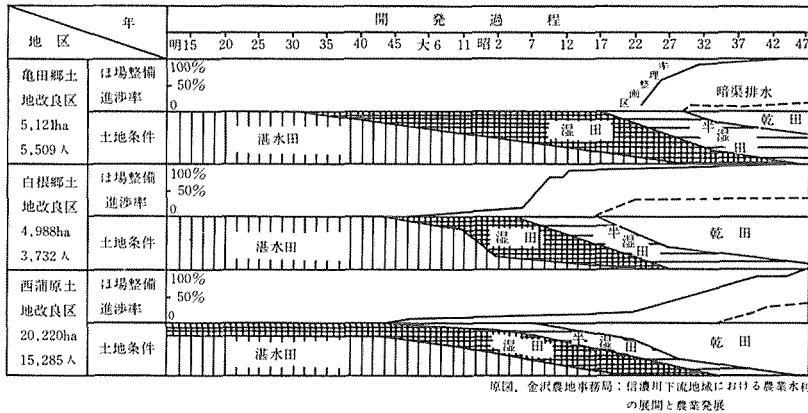


図-2 三郷地域水利開発過程の比較

和30年代以降は乾田にむけての改良がそれぞれ進んだ時期である。表-11は、亀田郷での暗キヨ排水施工状況をとりとめたものである。積寒対策事業、団体営事業、県単小規模土地改良事業、非補助単独事業など事業種は異なるが、昭和30年から46年にかけて合計1,200haの水田で暗キヨが施工されている。また昭和40年代に入ると中、大型トラクターが普及し、土管・塩ビ管を使った完全暗キヨの代用としてモグラ暗キヨ、弾丸暗キヨなどの無材暗キヨが、事業によらずとも簡単に施工できるようになった。こうした事業と技術の進展によって、昭和40年代末には郷内の水田の50%が乾田化をなしたのである。

湿田、乾田の指標は非かんがい期の地下水レベルであるから、かんがい期の減水深とは直接的な対応性をもつものではない。しかし、排水路水位の制御機能と田面および土中の過剰水分の排除機能とが、湿田、乾田の条件を支配するわけであるから、間接的に減水深に関与すると考えられる。

以上の検討から、亀田郷においてはおよその傾向として10~20mm/dayの減水深が用排分離による半湿田の減水深に照応し、20~30mm/dayのそれが暗キヨ排水による乾田の減水深に照応すると考えられる。

2-3 農地の潰廃および取水量の変化

亀田郷の都市化を端的に知るために、農地の潰廃状況を図-3に示す。水田と畑の宅地転用は、昭和35年を境に急上昇し、36年から47年の期間は毎年ほぼ100haを超えている。また、水田は畑に比べて3倍近い転用量になっている。転用を時系的にみると2つの山が存在する。

表-11 暗キヨ排水事業 (単位: ha)

年度	事業種類	地区名	面積
昭和30	非補助	曾野木 亀田	137.6 43.9
31	非補助	女池 山ニツ 石山 大江山	24.2 39.8 23.1 22.6
32	積寒	亀田	48.0
33	積寒	亀田	40.3
34	積寒	丸山	50.6
35	積寒	亀田 丸山	55.7 19.9
36	積寒	川根谷内	9.8
37	積寒	川根谷内	9.7
38	積寒	川根谷内	10.0
40	補助	小杉 木津	82.9 43.8
42	補助 非補助	小杉上 酒屋尾	82.7 75.8
43	補助	嘉瀬上 嘉瀬下	57.3 121.7
44	補助	割野 長瀉	87.0 19.7
45	補助 県単	割野 横越新田	49.4 19.4
46	補助	割野	15.0
47	県単	沢海	6.5
計			1,196.4

最初の山は36年から39年にかけてのものであり、2番目の山は44年から47年にかけてのものである。

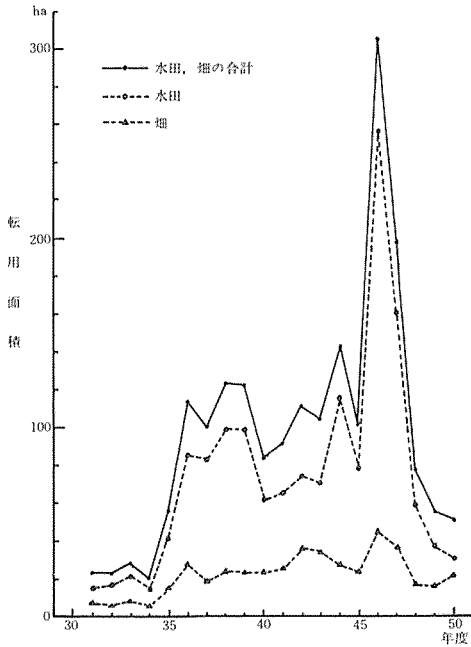


図-3 水田, 畑の宅地への転用

すでに北部海岸線まで密集した市街地を形成していた新潟市は、高度成長初頭において鳥屋野潟周辺に新規の公共施設用地、商業用地、流通運輸基地が立地し、市域南部への市街地拡散が進んだ。最初の山は、これらへの転用にあたる。

また、新産都市の整備・拡充、新潟地震後の市街地再開発と新都市計画法による「線引き」に誘発された「駆け込み転用」が合体して第2の山ができた。

こうして昭和30年代半ばから高水準の転用が持続した結果、昭和31年に約6,800haあった亀田郷の水田は50年には約5,000haにまで減少する。

前項の減水深との関連でいえば、都市化が展開した35年から50年にかけては暗キョ排水による半湿田の乾田化に起因して、減水深が10~20mm/day水準から20~30mm/day水準に変化する時期に相当する。

取水量の変化をみるまえに、揚排水機場の変遷についてふれておきたい。表-12は機場の建設、更新状況を整理したものである。揚排水機場の変遷は、昭和40ころを画期として2つの異った時期に区分できるようである。前期は基幹排水施設である栗ノ木排水機場の建設を基

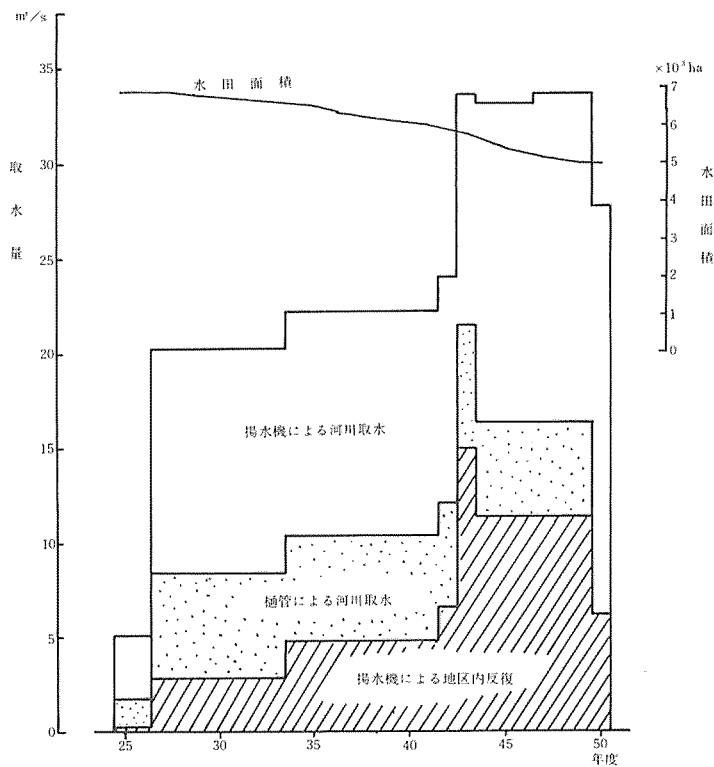


図-4 取水量の構成

表-12 揚水施設の変遷（その1）

揚水機場	設置年	事業名	規模	水量	受益面積	備考
両川	S. 25	国営阿賀野川農業水利改良事業 (S.16~S.44)	φ 1,000mm 660KW1台 1,000KW1台	m ³ /s 3.38	ha 915	小阿賀野川から取水。S.42改築。
沢海	S. 27	"	φ 1,500mm 350HP2台	8.48	2,925	阿賀野川から取水。S.47改築。
神導寺	S. 28	国営付帯県営かんがい排水事業亀田地区 (S.24~38)	φ 1,000mm 100HP1台	1.74	525	鳥屋野潟から取水。S.44撤去。
竹尾	S. 32	"	φ 1,100mm 75KW2台	4.00	-	栗ノ木川から取水。2段アップポンプ。S. 50撤去。
新川	S. 34	"	φ 1,000mm 75KW1台	1.94	356	通船川から取水。S.45 2段アップポンプに変更、移築新設。
両川	S. 43	地盤沈下対策事業亀田郷地区 (S.34~継続中)	φ 1,000mm 125KW2台	4.58	885	S.25設置機場を移築改修。
沢海	S. 47	"	φ 1,500mm 270KW2台	9.03	2,983	S.27設置機場を移築改修。小阿賀野川からの取水に変更。
舞瀉	S. 50	水質障害対策事業亀田郷地区 (S.45~S.50)	φ 1,000mm 75KW2台 (改造) φ 1,500mm 200KW1台 (新設)	8.04	1,742	小阿賀野川から取水。鳥屋野潟から取水していた水田 864 ha の水源転換。

表-12 排水施設の変遷（その2）

排水機場	設置年	事業名	規模	水量	受益面積	備考
栗ノ木	S. 23	国営阿賀野川農業水利改良事業 (S.16~S.44)	φ 1,500mm 170HP7台 200HP3台	m ³ /s 40.00	ha 10,016	鳥屋野潟を栗ノ木川へ排除。S.43撤去
新川	S. 34	国営付帯県営かんがい排水事業亀田郷地区 (S.24~S.38)	φ 700mm 25KW1台 φ 500mm 30KW1台	3.24	676	通船川へ排除。S.41撤去。
木戸	S. 35	"	φ 900mm 55KW1台 φ 550mm 37KW1台	2.28	478	通船川へ排除。S.41撤去。
津島野	S. 41	新潟地震災害復旧事業 (S.39~S.43)	φ 1,000mm 210KW1台 φ 1,000mm 50KW1台 φ 1,000mm 180KW1台	6.80	810	通船川から阿賀野川へ排除。
親松	S. 43	"	φ 2,500mm 1,050KW2台 φ 2,600mm 1,900ps2台	60.00	10,016	鳥屋野潟から信濃川へ排除。
栗ノ木	S. 35	地盤沈下対策事業亀田郷地区 (S.34~継続中)	φ 1,500mm 250KW2台	10.00	1,000	S.23設置機場に増設。S.43から1台は都市フラッシュ用、1台はかんがい用。

表-13 取 水 量 の 変 化

	取 水 量				水 田 面 積	単 位 取 水 深
	河川からの 揚水機取水量	河川からの 樋管取水量	地区内 反復利用量	計		
S 25	3.38 m ³ /s	1.64 m ³ /s	0.10 m ³ /s	5.12 m ³ /s	※6,900 ha	6.4 mm/day
27	11.86	5.54	2.84	20.24	※6,850	25.5
34	11.86	5.54	4.84	22.24	※6,650	28.9
42	11.86	5.54	6.64	24.04	※6,000	34.6
43	13.06	5.54	15.01	33.61	5,827	49.8
44	16.82	4.98	11.33	33.13	5,698	50.2
47	17.37	4.98	11.33	33.68	※5,150	56.5
50	21.65	0	6.08	27.73	※5,078	47.2

- 注 1. 原資料は、穴山務：亀田郷における用排水施設の変せん、農業水利研究部会シンポジウム(1979)。筆者が再計算を行う。
 2. ※は推定値。
 3. 地区内反復利用量は県営施行機場のみとし、小規模揚水機場は省略。

軸としながら、用水の外水河川への依存と、地区内の反復利用が再編される時期であり、いわば用排水分離体系の骨格形成期にあたる。

これにたいして後期は、地盤沈下、震災、都市化の中にあつて前の時代に建設された施設の機能が低下もしくは無効化し、基幹施設の抜本的な変更が余儀なくされた時期であり、いわばスクラップ・アンド・ビルドの時代といえるだろう。基幹排水施設が栗ノ木排水機場から親松排水機場に移行し、両川・沢海の揚水機場はいずれも能力を増強しながら改築される。水質の悪化により鳥屋野潟での反復利用が困難となり、小阿賀野川に水源を転換するといった対応がなされている。

つぎに、亀田郷地区の取水量の変化を示す。表-13、図-4は河川からの揚水機取水量、樋管取水量、地区内の揚水機による反復利用量をあらわしたものである。ただし、取水量は実績ではなく、施設規模の最大値で表示してある。

ここでも前記した時代区分の特徴が確認できる。すなわち、前期は河川からの取水量、地区内での反復利用量がともに増大する時期であり、総取水量は昭和43年にピークをむかえる。ところが、44年以降は取水量がピークのまま移行していくが水源の内容構成に著しい変化があらわれる。

- 1) 河川からの樋管取水量が5.54m³/sから皆無となる。
- 2) 地区内反復利用量が15.01m³/sから6.08m³/sに低下する。
- 3) 河川からの揚水機取水量が、13.06m³/sから21.65

m³/sへ急増する。

といった変化である。

施設規模からみた取水量は、このように水田の潰廃が発生しているにもかかわらずほとんど減少していない。その理由は、これまで検討してきたように、

- 1) 乾田化過程において減水深の増加が引き続いたこと
- 2) 地区内の反復利用度に変化したこと

とくに、2)の反復利用度は、亀田郷の用水源として重要な役割りを演じてきた。

昭和30年代から43年ごろまでの時期は、団体営事業横越地区の事例でみたように、揚水機による反復利用が水源獲得のための主要な手段であった。乾田化に伴う用水の需要圧力を地区内反復利用の強化で調整していたのである。ところが、鳥屋野潟の汚濁に典型的にみられるように40年代から水質の悪化が顕著なものとなり、もはや反復利用が水源としての内部調勢機能を果しえなくなる。そうした背景のなかで河川への水源切換えが進んだのである。

以上、亀田郷地区における必要水量の変効特性を要約すれば、減水深の逡増にもとづく必要水量の増加は水田潰廃による必要水量の減少を相殺したばかりではなく、地区内反復利用の強化をうながした。そして、都市化、混住化に起因した反復利用の縮小過程では、水源の河川水への依存が進み河川取水量の増加を引きおこすにいたった、と整理できる。

昭和50年より亀田郷の総取水量はやや減少のきざしをみせている。しかし、過半の水田がいまだに半湿田であること。6m³/Sの地区内反復利用がなお続いていること。などから考えて今後総取水量が急速に低下するという事態は起らず、しばらくは現在程度の取水量が継続すると思われる。

3. 小括

必要水量の変動は、水田面積、減水深、反復利用度の3要素に規定される、という準備仮説のもとに神安地区、亀田郷地区の事例検討が行われた。その結果、次図に示すような必要水量の変動要素とその地区別の特性が明らかとなった。

図において、点線は必要水量の減少要素を、また実線はその増加要素をあらわしている。

これまでの検討、および上図の相互関係からわかるように、必要水量は増加と減少の2つの契機を同時にはらみながら変動していく。減少の要素が増加の要素よりも

強いときは、全体として減少傾向をたどり、その逆では増加傾向となるわけである。

しかし、要素の内容とその実体をつぶさにみると、変動要素の動きには、定性的な傾向があることに気づく。

水田面積の減少と反復利用度の低下は、過去および今日のわが国の実情からすれば、不可逆的な過程とみなすことができる。水田が宅地や工業用地に転用され、また農地基盤の整備や水質の汚濁にもなって用排水の分離がなされるという事態は、必然的な過程であった。その進行速度に緩急のちがいがあっても、都市化、混住化地域においては今後なおしばらくの期間は、不可逆的な過程が続くものとみなさねばならない。

そこで、当初の準備仮説は次のように修正される。必要水量の変動には、水田面積の減少と反復利用度の低下が支配的な要素をなす、ということである。そして、こうした相反する2つの要素の動きと必要水量との関係を定式化することが次の課題となる。

なお、減水深は亀田郷地区のように必要水量との関係で無視できない場合があるが、これは必要水量の2次的

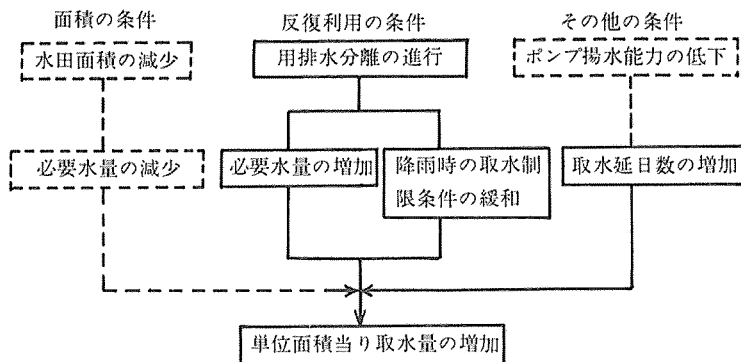


図-5 必要水量の変動（神安地区）

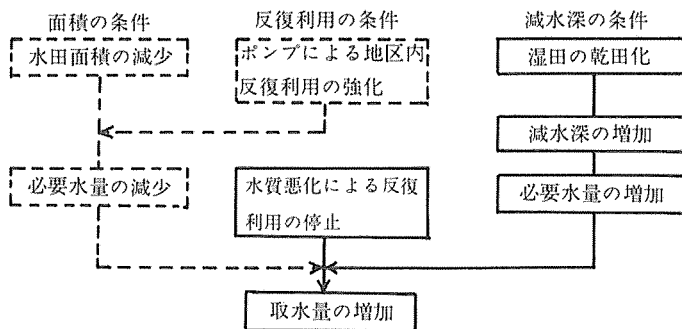


図-6 必要水量の変動（亀田郷地区）

要素として位置づけることができる。

IV. 変動特性の一般理論

必要水量を支配する要素のうち水田面積と反復利用度に焦点をあて、これらの要素の変動と必要水量の関係を理論化することがここでの課題である。

なお、余剰水の検討においては、必要水量とともに対象地区から外部へ還元していく水量（以下では還元量という）の評価も同時に試みる。水系の水利秩序にたいする影響を考えると還元量の大小が問題となるからである。

そこで、まずはじめに必要な水量と還元量を統一的に表示でき、なおかつ水田面積と反復利用度の要素を組み込んで取扱うことができる水収支モデルを検討し、ひきつづいて必要水量と還元量が2つの要素のあり方に応じてどのような変動特性を示すのかを考察する。

1. 理論

ここで用いる水収支モデルは、岡本雅美氏⁷⁾によって考案されたCB法 (Clitical Block Method) を原理とするモデルである。CB法は用水の反復・再利用のあり方にもとづいて、対象地区の水田をRB、CB、NBという三種類のブロックに分類し、各ブロック面積から必要水量（水田農業用水計画需要量）をもとめるというもので

ある。表-14に各ブロックの性格を示したが、ブロックの種類によって必要水量に寄与する原単位が異なること、反復利用に変化がおこれば改めてブロックの判定を行ない新たな必要水量が算定できることなどが、この方法のもつ利点である。また、CB法は養生期の連続干天時に典型的に現われるかんがい区域の全水田で一斉に用水が取水されるような状況において、水田群の用水と排水が全体としてほぼ定常状態になっていることを想定して、養生期の最大必要水量を推定する方法であるから、必要水量と還元量の関係を水収支式によって統一的に表現することができる。

いま、その内部で反復利用が一切行なわれていないブロックを単位にして考えれば図-7のような、また地区全体を考えれば図-8のような水収支モデルが想定され、

$$h+g_1 = e+r+g'+g_2+l+\Delta s \quad \dots(2)$$

$$D_1+G_1 = E+D_2+G'+G_2+L+\Delta S \quad \dots(3)$$

(単位ブロック)

h : 減水深

e : 蒸発散

g₁ : 地下水流入量

G₂ : 地下水流出量

g' : 地下水流出付加量

l : 深部浸透ロス

r : ブロック間還元量

表-14. ブロック種とその定義

ブロック名	定 義	元々での必要水量
NBブロック	上流ブロック群からの還元水量だけで当該ブロックを含む下流ブロック群の需要水量が満たされるブロック	0
CBブロック	上流ブロック群からの還元水量だけでは当該ブロックを含む下流ブロック群の需要水量が満たされず、当該ブロックからの還元水が下流で利用されないか、あるいはその下流にNBブロックしか存在しないようなブロック	(当該ブロック面積) × (当該ブロック減水深)
RBブロック	上流ブロック群からの還元水量だけでは当該ブロックを含む下流ブロック群の需要水量が満たされず、当該ブロックからの還元水量が下流ブロック群で利用され、かつ下流にCBブロックが存在しているようなブロック	(当該ブロック面積) × * (当該ブロック消費水深) * 消費水深は (蒸発散量) + (深部浸透ロス)

- s : 貯留量変化
- (地区全体)
- D₁ : 地表水流入量
- D₂ : 地表水流出量
- E : 蒸発散
- G₁ : 地下水流入量
- G₂ : 地下水流出量
- G : 地下水付加流出量
- L : 深部浸透ロス
- ΔS : 貯留量変化

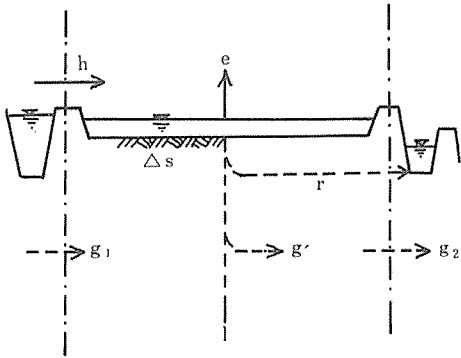


図-7 ブロック単位の水収支

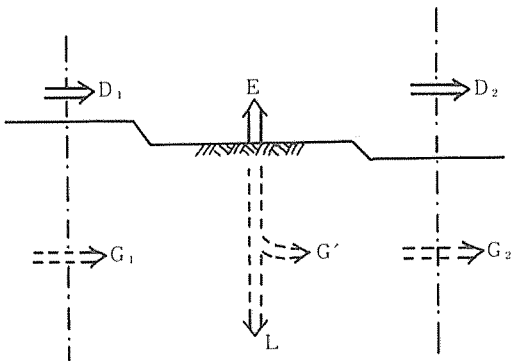


図-8 地区全体の水収支

なる水収支関係が成立する。ここで短期間の水収支を考え地下水水位が高い沖積平坦部の水田地帯を対象にすれば

$$g_1 - g_2 = g' = 0, \quad \Delta s = 0$$

$$G_1 - G_2 = G' = 0, \quad \Delta S = 0$$

となり、地下水流入量と地下水流出量がバランスしているとみなせるから、(2), 3式は

$$h = e + r + \ell \quad \dots (4)$$

$$D_1 = E + D_2 + L \quad \dots (5)$$

となる。

C B法の考え方を利用して(4)式と(5)式を結合するのが、ここでの新しい特徴である。(4), (5)式は水収支の一般式であるが、水田群の用水と排水が定常状態にあることを前提とし、一筆ごとの水田に減水深に相当する用水がぐまなく配水されているという理想状態を仮定すれば、地表水流入量D₁は必要水量と、地表水流出量D₂は地区外への還元量とよみなおすことができる。そこでC B法にもとづくブロック判定の結果、

$$\text{R Bブロックの水田面積: } A_1$$

$$\text{C Bブロックの水田面積: } A_2$$

$$\text{N Bブロックの水田面積: } A_3$$

$$\text{地区全体の水田面積: } A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

となったならば、

$$D_1 = A_1 \cdot (e + \ell) + A_2 \cdot h$$

$$E = A_0 \cdot e$$

$$L = A_0 \cdot \ell$$

$$D_2 = A_1 \cdot (e + \ell) + A_2 \cdot h - A_0 \cdot (e + \ell)$$

$$= A_2 \cdot r - A_3 \cdot (e + \ell)$$

} (6)

なる関係が導き出される。

さて、都市化によって水田の潰廃が進行した事態を想定してみよう。水田潰廃過程で反復利用の形態に著しい変化が起こると、はじめに判定されたブロックの種類が変わることがある(図-9)。また反復利用が従前のまま継続されるとしても、単位ブロックの水田面積減少の程度により、同様のことが起りうる。水田潰廃後改めて行

表-15 用水諸量の変化

	R B	C B	N B
地表水流入量 D ₁ (必要水量)	ΔA ₁ · (e + ℓ)	ΔA ₂ · h	0
深部浸透ロス L	ΔA ₁ · ℓ	ΔA ₂ · ℓ	ΔA ₃ · ℓ
蒸発散 E	ΔA ₁ · e	ΔA ₂ · e	ΔA ₃ · e
地表水流出量 D ₂ (地区外への還元量)	0	ΔA ₂ · (h - ℓ - e)	-ΔA ₃ · (ℓ + e)

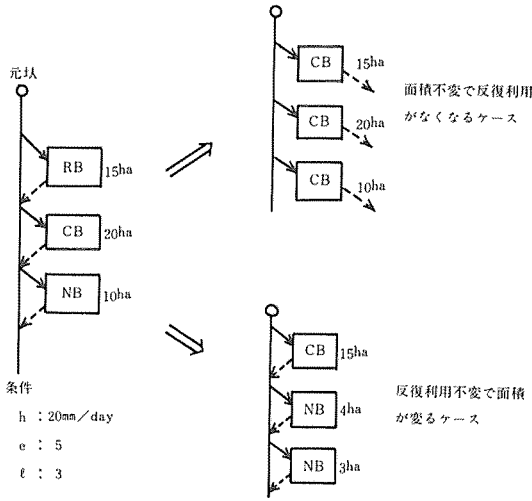


図-9 ブロック種の変化

なわれたブロック判定の結果,

RBブロック水田面積の変化： ΔA_1

CBブロック水田面積の変化： ΔA_2

NBブロック水田面積の変化： ΔA_3

地区全体の水田面積の変化： $\Delta A_0 = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3$

なる、変化が起つたとすれば、 D_1, E, L, D_2 の名量は(6)式により表-15に示すような変化量となる。この表は

次のような意味で大変変峻に富んでいる。すなわち、

第1に、必要水量にはもっぱらRB, CBブロックの面積変化が寄与するが、NBブロックは全く無関係である。

第2に、還元量はCB, NBブロックに依存しとくにNBブロックの減少は還元量を増加させる。

第3に、地区全体がCBブロックである場合を除けば、水田の減少量にたいし必要水量、還元量とも非線型的な対応を示す。とくに第3の点は重要であるので次に詳しく考察する。

2. 必要水量と還元量の関係

表-16は、水田の潰廃、反復利用の変化にもとづき各ブロックの水田面積が増減する場合の全ての組合せを考え、その時に必要水量と還元量がどのような変化をきたすかをとりまとめたものである。変化前に存在するブロック種類としては、3ブロック(RBとCBとNB)2ブロック(RBとCB, CBとNB), 1ブロック(CBだけ)の4通りがある。また同種のブロックに含まれる水田面積の変化は、従前にたいして増加(+), 不変(0)

表-16 ブロック面積の変化と必要水量・還元量の関係

No.	ΔA_1	ΔA_2	ΔA_3	D_1	D_2
1	+	+	-	増	増
2	+	-	+	減	減
3	+	0	-	増	増
4	+	-	0	減	減
5	+	-	-	不	不
6	-	+	+	定	定
7	-	+	-	不	増
8	-	+	0	増	増
9	-	-	+	減	減
10	-	-	0	減	減
11	-	-	-	減	不
12	-	0	+	減	減
13	-	0	-	減	増
14	-	0	0	減	0
15	0	+	-	増	増
16	0	-	+	減	減
17	0	-	-	減	不
18	0	0	-	0	増
19	0	-	0	減	減

No.	ΔA_1	ΔA_2	D_1	D_2
20	+	-	減	減
21	-	+	不	増
22	-	0	減	0
23	-	-	減	減
24	0	-	減	減

No.	ΔA_2	ΔA_3	D_1	D_2
25	+	-	増	増
26	-	+	減	減
27	-	0	減	減
28	-	-	減	不
29	0	-	0	増

No.	ΔA_2	D_1	D_2
30	-	減	減

注 条件として $\Delta A (= \sum \Delta A_i) < 0$,
 e, l, h は不変

減少(-)の三通りがある。

この表からただちに分かることは、ブロック種の面積変化の違いによって、必要水量と還元量が増加、減少、不変、不定というように様々な対応関係を示すことである。ここで不定とは、減水深 h , 蒸発散量 e , 地下浸透

ロス ℓ の大小、および ΔA_1 、 ΔA_2 、 ΔA_3 の変化量の大小によって増加する場合も減少する場合もありうることを意味する。

水田面積が少くなれば、農業用水の必要水量は自然に減っていく、とよくいわれるが、こうした通説は事態を余りに単純化してとらえているといわねばならない。都市化の過程で、必要水量・還元量ともに減少する組合せ数は15（No.2, 4, 9, 10, 12, 16, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 30）と相対的には多いものの、ともに増加する組合せ数は5（No.1, 3, 8, 15, 25）あり、反復利用の変化と水田面積の減り方によっては、増加することが十分ありうるといえる。

ところで、表-16からは必要水量と還元量の増減について次のような傾向を読みとることができる。

A. 必要水量が増加するケース

A-1：CBブロック面積が増加する（No.1, 8, 15, 25）

A-2：CBブロック面積が不変でRBブロック面積が増加する（No.3）

B. 必要水量が減少するケース

B-1：CBブロック面積が減少する（No.2, 4, 9, 10, 11, 16, 17, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 30）

B-2：CBブロック面積が不変でRBブロック面積が減少する（No.12, 13, 14, 22）

C. 還元量が増加するケース

C-1：NBブロック面積が減少する（No.1, 3, 7, 13, 15, 18, 25, 29）

C-2：NBブロック面積が不変でCBブロック面積が増加する（No.8, 21）

D. 還元量が減少するケース

D-1：NBブロック面積が増加する（No.2, 9, 12, 16, 26）

D-2：NBブロック面積が不変でCBブロック面積が減少する（No.4, 10, 19, 20, 23, 24, 27, 30）

以上の関係は、さきに表-15から指摘した第1、第2の点をより詳しく裏付けたものである。ただし、このうちA-2とD-1のケースは都市化・混住化地域における反復利用システムの実態を考えると、ほとんど起りえないと思われる。Ⅲ. でみたように、都市化混住化地域での反復利用度は各種の原因により低下していく傾向に

ある。ブロック種で表現するなら、RB、NBがCBに転化しつつ減少するということである。A-2、D-1のようにRBやNBが増加するということは、反復利用度が大きくよる局面でありえても、低下する局面では起りえないと理解するのが妥当であろう。

3. 小括

養生期の最大必要水量を求めるために考案されたCB法と水収支式を組合わせて、必要水量と還元量が水田面積、反復利用度の変化にともなってどのような量的対応を示すのかを検討してきた。

この方法において、反復利用度はCB、RB、NBなどのブロック種の違いとして表現され、水田面積の変化はCB、RB、NBのブロック所属面積の変化として表現された。そして、必要水量はCB、RBの2つのブロック面積に、還元水量はCB、NBの2つのブロック面積にそれぞれ依存することが明らかにされた。

理論的に考えると反復利用度が低下するということは、RB、NBブロックがCBブロックに転化していき全ての水田がCBブロックの所属となることである。こうしたCB単一化の過程においては、減水深、蒸発散量、深部浸透ロスを一一定と仮定すれば、必要水量と還元量はそれぞれ増加する局面と減少する局面をもつことが、理論的に整理された。

したがって、必要水量と還元量の変化を特定するためには、境界条件とでもいうべきなある程の条件を設定しなければならない。その条件とは次のようなものである。

- 1) 水田の平面的・時系列的な減少量が既知であること。
- 2) 反復利用の平面的・時系列的な変化が既知であること。

これらの条件設定は、さほど困難ではないと思われる。地域の土地利用基本計画、土地改良事業計画などが定められていたり、現在それが実施途上にあるとすれば、ある程度将来の予想がつく。過去に逆上ることはさらに容易であろう。10年ないし15年前の状態は既存資料と聴取りなどで知ることができるからである。

こうした準備が整えば、過去、現在、将来の必要水量と還元量が特定でき、定量的な傾向を把握することが可能となる。

なお、減水深と深部浸透ロスについては、これまで捨象して考えてきたが、これらに変化がありその値を知る

ことができるならば、必要水量と還元量の変化を特定しうることはいうまでもない。

V. 一般理論の適用

農業用水の必要水量と、必要水量が水田に配水されたのち反復利用を經由して最終的に地区外へ排出される還元量とが、水田面積および反復利用度の変化にともなっていく変動を示すのか、その一般的特性を前節では詳しく吟味した。そして、水田面積と反復利用の平均的・時間的な変化量を知ることができれば、必要水量と還元量の変動を量的にとらえられることが理論的に明らかになった。

そこで、本節ではこの一般理論を具体的な水田地域に適用し、理論それ自身の検証を行うとともに、水田面積と反復利用度の水量に対する相互規定的な関係を事例分析によって明らかにする。

1. 事例の適用条件

ここで対象とする水田地域は、愛知県西春日井郡西春町と師勝町に受益地をもつ十五ヶ用水地区である。この地区は、名古屋駅から直線距離で8～10km、時間距離で15～20分の位置にあり、昭和30年代半ばまでは濃尾平野の中心的な水田地帯をなしていたが、その後工業化、宅地化にともなって700ha近くあった水田は、昭和52年には454haにまで減少した。平均年率1.9%という高い減少速度である。用水は木曾川犬山頭首工に水源をもつ木津用水に属し、その幹線用水路である合瀬川から引水している。

現在この地区は旧来の用排水系統を整備することが避けられない事態となっていること、水田もまた今後しばらくは減少傾向をたどる可能性が高いこと、などから考えて将来の必要水量と還元量を推定することにした。

一般理論の適用にあたり水田面積と反復利用の平面的、時間的な変化量、および減水深、蒸発散、深部浸透ロスなどの条件と数値は次のように設定した。

水田面積の平面的・時間的な変化

水田が減少する段階として、〈現況〉、〈第1次潰廃〉、〈第2次潰廃〉の3段階を仮定する。

〈現況〉とは、昭和52年8月に現地踏査して求めた水田の実面積およびその平面的配置状態を示す。総面積は454.0ha。

〈第1次潰廃〉とは、昭和46年の線引きによって指定

された市街化区域内の水田が全て潰廃した状態である。52年時点では、市街化区域内の水田はまだ残存しているが、将来これが全て非農地に転用された状況を、〈第1次潰廃〉と仮定するわけである。総面積は373.4ha。

〈第2次潰廃〉とは、昭和52年の再線引きで新たに市街化区域へ編入された水田が全て潰廃した状態である。総面積は316.5ha。

反復利用の平面的な変化

反復利用の変化として、〈継続型〉、〈一部分離型〉、〈完全分離型〉の三つの型を仮定する。

〈継続型〉とは、将来にわたって現在の反復利用システムがそのまま継続する状態を示す。

〈一部分離型〉とは、地区内水田の一部で反復利用が不可能となり、近辺の用水路に水源転換をした状態を示す。近い将来、反復利用が不可能になると考えたのは、次の2つのケースである。第1は、用排水路の管理主体である十五ヶ用水土地改良区および師勝町土地改良区が、西春町、師勝町などの地方自治体に排水路としてすでに管理移管した水路において、そこに設置されている立切りなどが利用停止となるケース。第2は、都市排水の混入により農業用水の水質基準を上回る汚濁が観測された水路で、反復利用が停止するケースである。第2の水質については、昭和52年9月2日に、木津用水土地改良区が実施した水質調査にもとづき、水質障害対策事業の採択基準であるCOD値6.0ppm以上、T-N 1.0ppm以上の水質が観測された水路を対象とした。

〈完全分離型〉とは、地区内で反復利用が一切行われず、用排水が完全に分離された状態を示す。すぐにこうした状態が実現することにはならないと思われるが、将来〈一部分離型〉から〈完全分離型〉に移行する可能性は十分ありうる。

減水深 (h)

地区内11箇所における水田の水モチ状態の聴取り、および木津用水土地改良区による実測資料を参考にして、養生期最大減水深を22.0mm/dayとした。

蒸発散量 (e)

夏期の蒸発散量として7.0mm/dayをとった。

深部浸透ロス (ℓ)

地形条件および広域水田地域の各種実測例から 3.0

mm/dayと仮定した。

水田面積と反復利用の条件を組み合わせると、9通りの変化パターンが設定される。〈継続型〉、〈一部分離型〉、〈完全分離型〉の反復利用の変化に、〈現況〉、〈第一次潰廃〉、〈第二次潰廃〉の水田面積とその平面的配置がそれぞれ対応するからである。

また、CB、NB、RBなどの各単位ブロックでは、（水田面積）×（消費水深）が消費量をなし、（水田面積）×（減水深－消費水深）が還元量として流出することになる。上述した条件では、消費水量が10.0mm/day、還元量が12.0mm/day（減水深－消費水深）である。

2. 結果と考察

十五ヶ用水地区の水田は総計135の単位ブロックに分割でき、ブロック判定の結果図-10から図-15に示すようなブロックによって構成されている。完全分離型のブロック図はとくに示さなかったが、この場合は全てのブロックがCBとなる。表-17は9組それぞれのブロック面積を整理したものである。

表-17 ブロック面積の変化
（単位：ha，%）

反復利用	水田潰廃	RB	CB	NB	計
継続型	現況	143.2 (32)	236.3 (52)	74.5 (16)	454.0 (100)
	第一次潰廃	85.8 (23)	214.1 (57)	73.5 (20)	373.4 (100)
	第二次潰廃	69.0 (22)	183.6 (58)	63.9 (8)	316.5 (100)
一部分離型	現況	97.2 (21)	321.7 (71)	35.1 (7)	454.0 (100)
	第一次潰廃	89.0 (24)	258.6 (69)	24.9 (4)	373.4 (100)
	第二次潰廃	86.1 (27)	217.8 (69)	12.7 (100)	316.5 (100)
完全分離型	現況	0	454.0 (100)	0	454.0 (100)
	第一次潰廃	0	373.4 (100)	0	373.4 (100)
	第二次潰廃	0	316.5 (100)	0	16.5 (100)

注 1. ()は構成比
2. 四捨五入しているため計が一致しないことがある。

以上から、反復利用度が〈継続型〉→〈一部分離型〉→〈完全分離型〉と低下するにつれてCBの占める割合が高くなること。反復利用度を固定しておき、水田面積だけが変化する事態を考えると、RB、CB、NBの構成比率は、ほとんど変わらないことがわかる。前者の特徴をさらに詳しく知るために表-18を示す。この

表-18 〈現況・継続型〉と〈現況・一部分離型〉のブロック関係

	変化の形態	ブロック数	面積
変化の生じなかったブロック	CB→CB	41	213.6 ^{ha}
	NB→NB	5	24.9
	RB→RB	29	60.4
	小計	75	298.9
変化の生じたブロック	NB→CB	8	30.6
	RB→CB	31	78.1
	CB→RB	4	22.7
	NB→RB	9	19.0
	CB→NB	0	0
	RB→NB	8	4.7
	小計	60	155.1
計		135	454.0

表は、〈現況・継続型〉と〈現況の一部分離型〉のブロック変化をまとめたものである。反復利用の一部停止により、454haの水田のうち約1/3にあたる155haでブロック種の変化が生じており、その中でもRB→CB、NB→CBの変化が卓越している。用排水の分離にともなってRB、NBのCBへの転化が進む状況をよく表わしている。しかし、その一方でNB、CBのRB化、RBのNB化も一部で発生している。これは、RB、NBのCB化によって、なお反復利用が継続する水路に係るNB、CB、RBのブロックが、影響をうけたことをあらわしている。反復利用度が低下していく過程を長期的にとらえるならば、RB、NBのCBへの転化を基調としつつも、過渡的にはこうしたCB、NBのRB化、CB、RBのNB化が発生する局面をもつということである。

以上のブロック別面積を基礎に、必要水量と還元量を計算した結果が図-16および図-17である。反復利用度が低下するに従って必要水量は大きな値となっていく。〈継続型〉の必要水量にたいして〈一部分離型〉では1.18～1.20倍、〈完全分離型〉では1.47～1.51倍の水量を確保しなければならない。還元量もこれとほぼ類似したパターンを示すが、この場合〈継続型〉の還元量にく

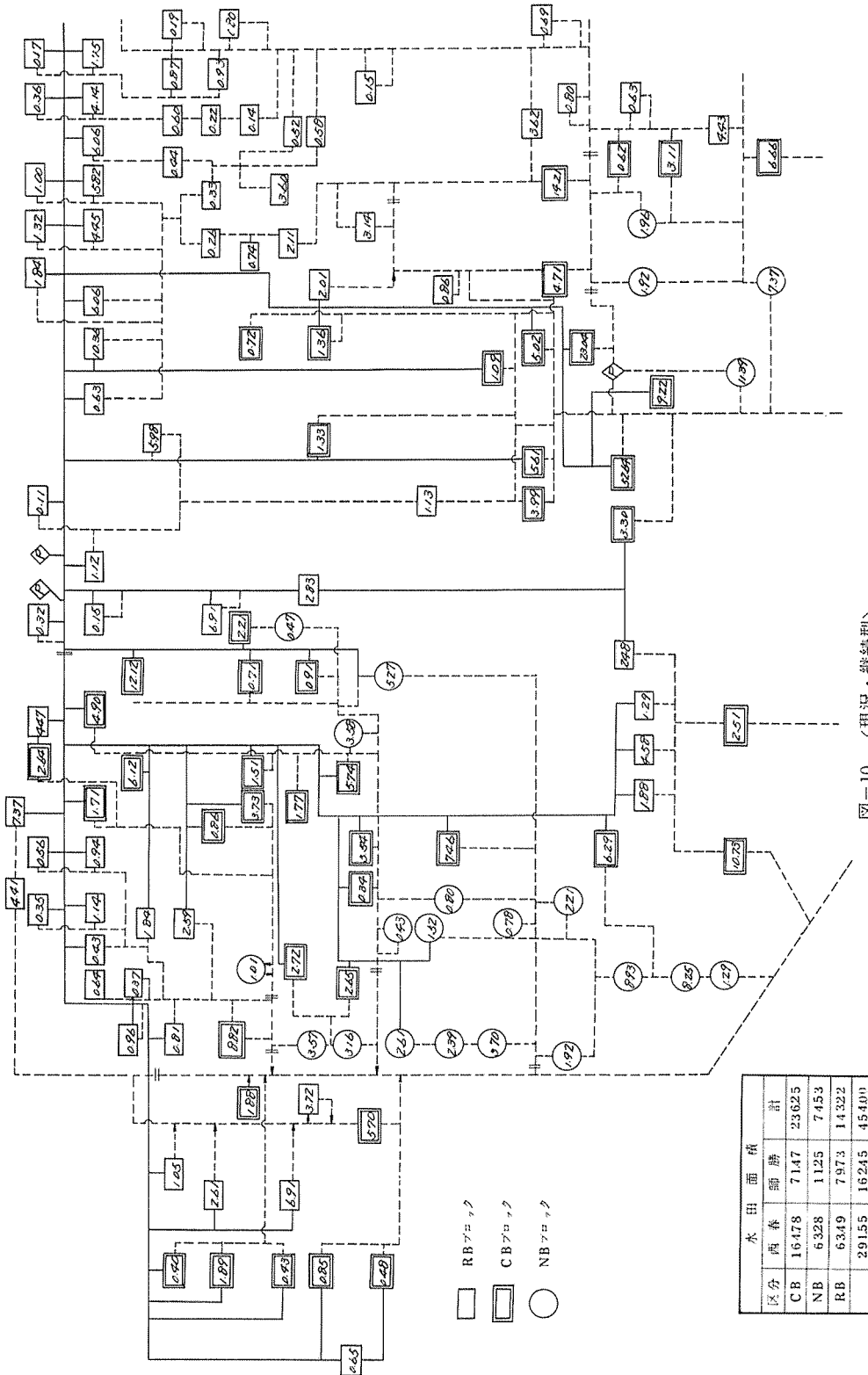
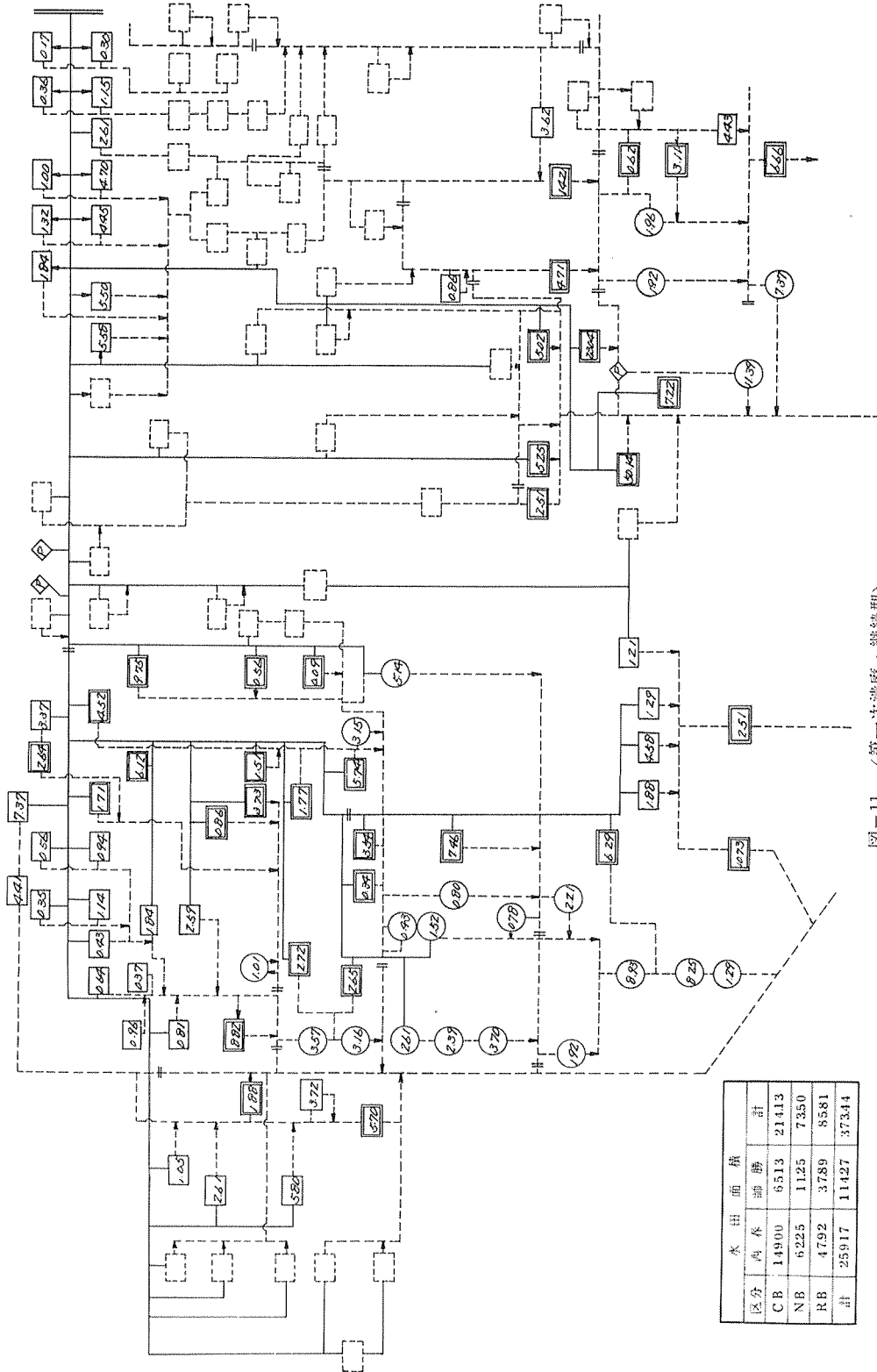


図-10 <現況・縦統型>

水田面積		
区分	西春	師勝 計
CB	16478	7147 23625
NB	6328	1125 7453
RB	6349	7973 14322
	29155	16245 45400



図一〇一 第一次灌漑・継続型

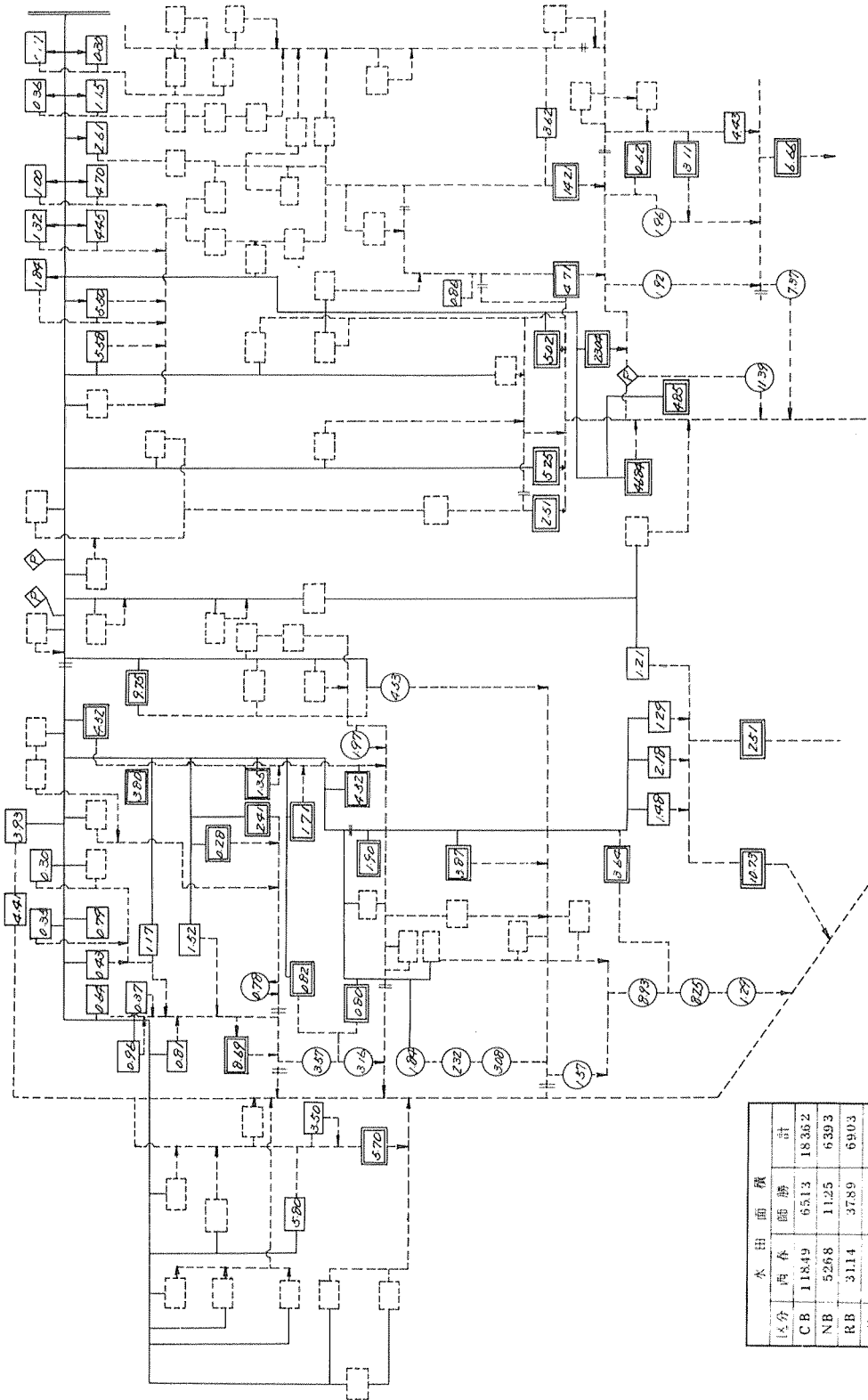


図-12 <第二次演習・線路型>

水田面積			
区分	内	師	計
CB	11849	6513	18362
NB	5268	1125	6393
RB	3114	3789	6903
計	20231	11427	31658

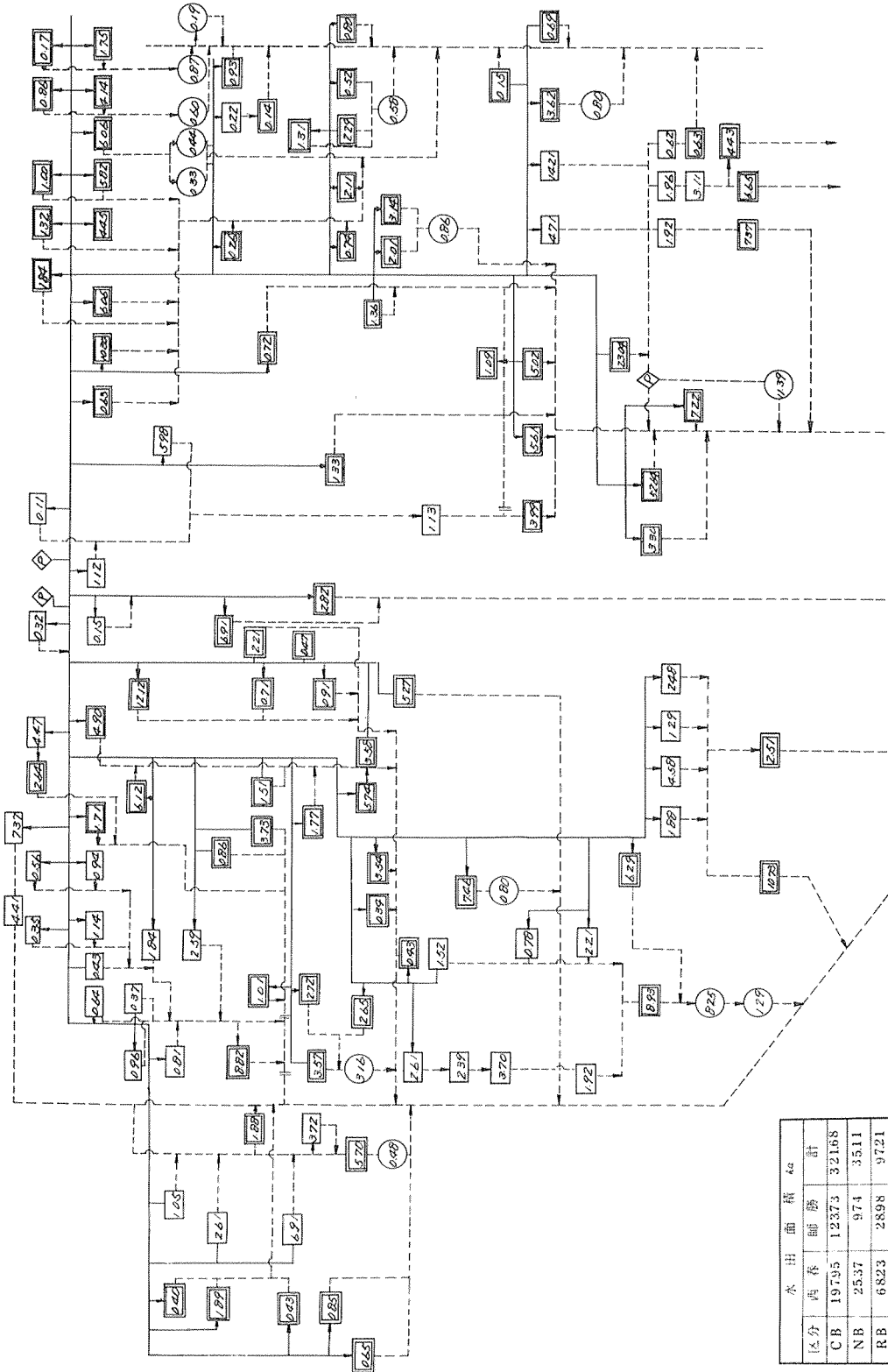


図-13 <現況・一部分離型>

水出面積 ha	
区分	西春 郵便 計
CB	19735 12373 32168
NB	2537 974 3511
RB	6823 2898 9721
計	29155 16245 45400

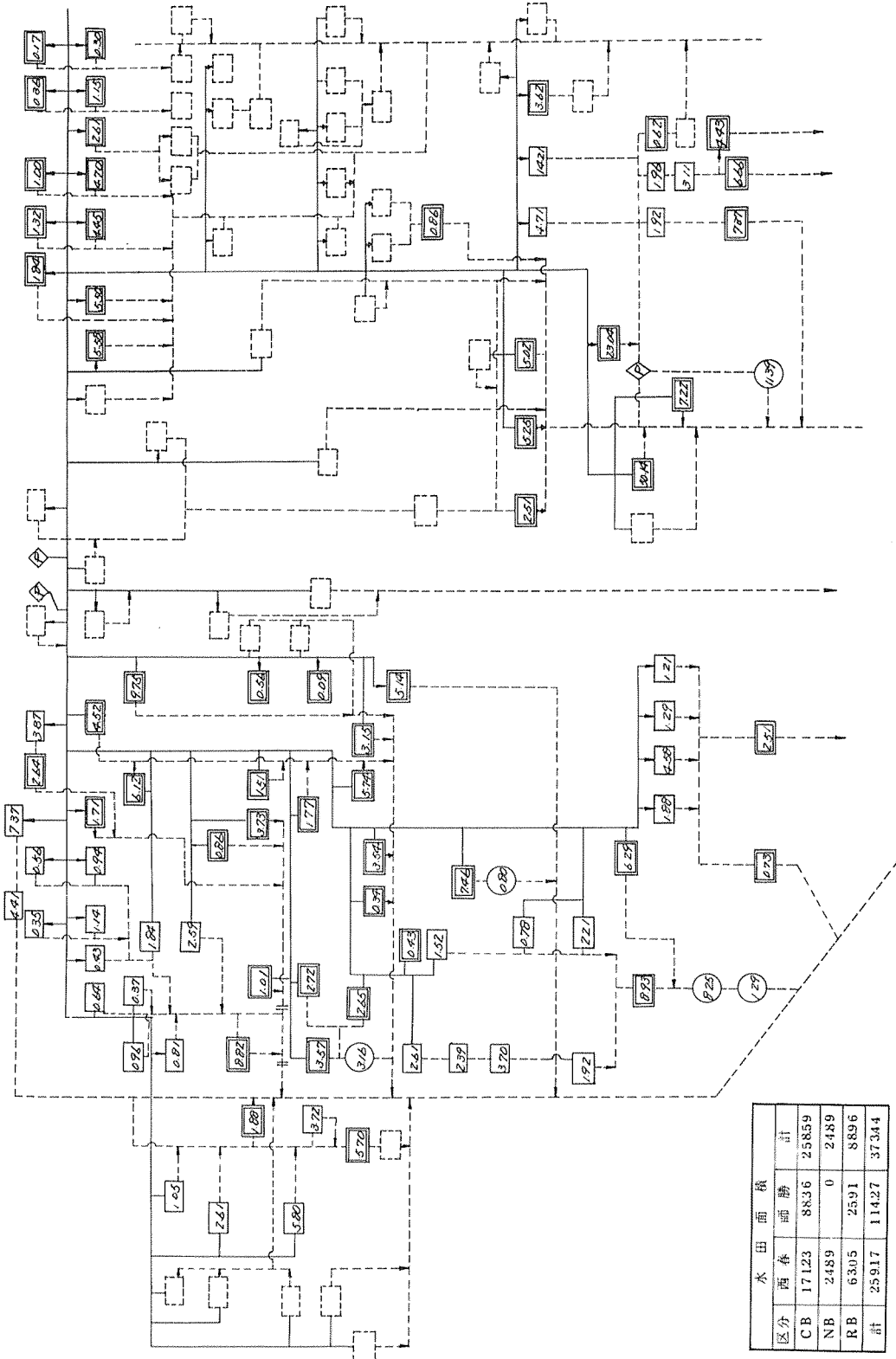


図-14 <第一次潰廃・一部分離型>

水田面積		計
区分	西春	8836
CB		25859
NB		0
RB		2489
計		37344

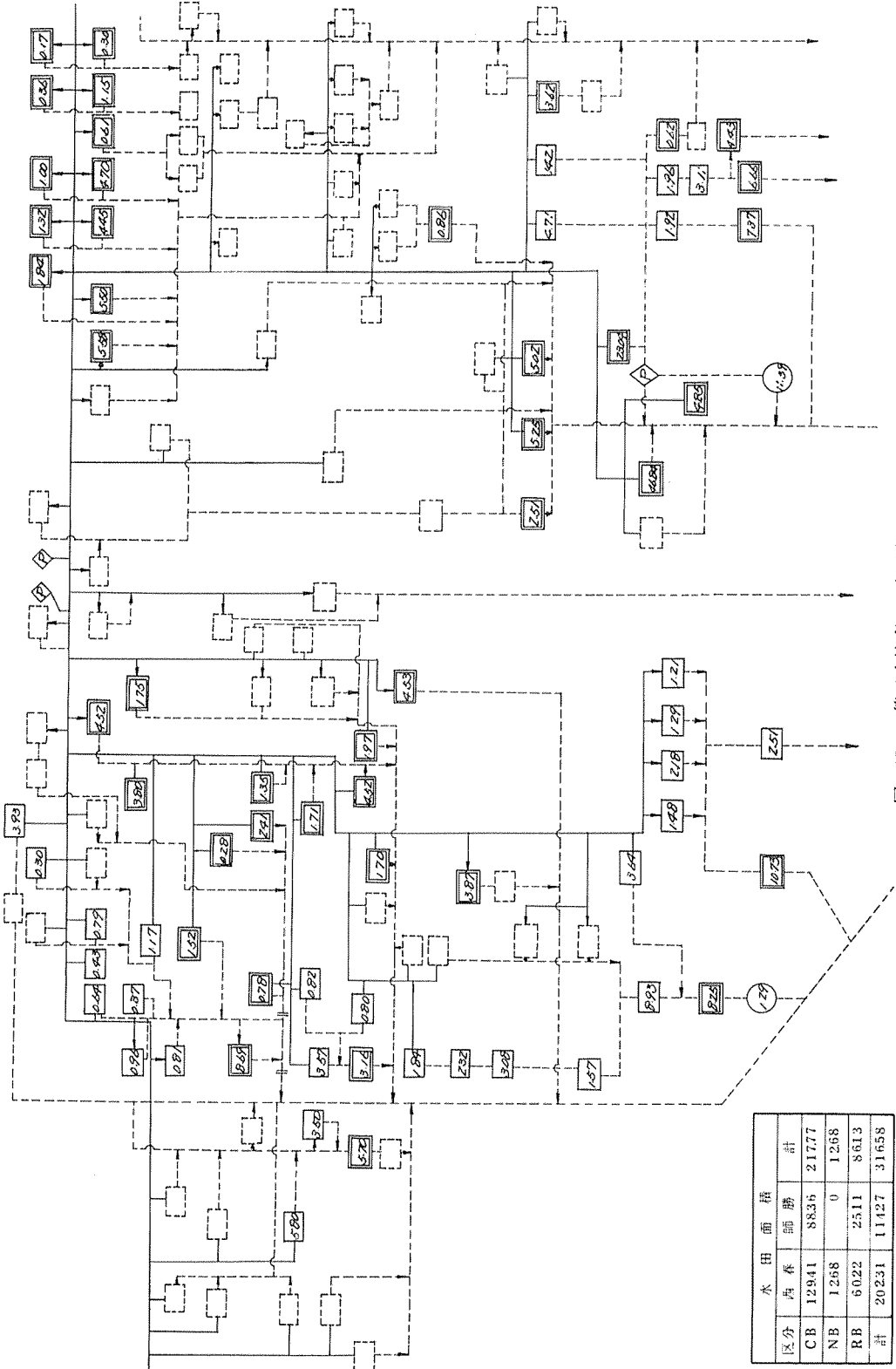


図-15 <第二次灌漑・一部分離型>

水田面積		
区分	畝数	計
CB	12941	8836
NB	1268	0
RB	6022	2511
計	20231	11427
		31658

表-19 必要水量, 還元量の減少量 (単位: $m^3/s, mm/day$)

		現況→第一次潰廃		第一次潰廃→第二次潰廃		現況→第二次潰廃	
		水量	水深	水量	水深	水量	水深
必要水量	継続型	0.120	12.7	0.100	15.2	0.220	13.8
	一部分離型	0.169	18.1	0.109	16.6	0.278	17.5
	完全分離型	0.205	22.0	0.145	22.0	0.350	22.0
還元量	継続型	0.030	3.2	0.031	4.7	0.061	3.8
	一部分離型	0.072	7.7	0.046	7.0	0.118	7.4
	完全分離型	0.112	12.0	0.079	12.0	0.191	12.0

注. 水深は (水量) $\times 86,400 \div$ (減少面積) で求めた。

らべて〈一部分離型〉では1.26~1.68倍, 〈完全分離型〉では2.40~2.61倍と必要水量のときよりも一層大きな水量になることが特徴である。これは, 反復利用度の低下にともなって還元量を支配するCBブロックの比率が大に, NBブロックの比率が小になっていく結果の反映である (表-17参照)。

ところで図-16, 17に示された直線の勾配 dQ/dA (Q は水量, A は水田面積) は, 必要水量, 還元量の変化率をあらわしている。 A を時間の関数 $A(t)$ と考えれば変化速度といいなおしてもよい。その実際的な意味は, 単位面積の変動によって, どの程度の水量が減少するか (減少の場合, 変化率は負となる) ということである。その関係を表わしたのが表-19である。必要水量については, 〈継続型〉で13.8mm/day, 〈一部分離型〉で17.5

mm/day, 還元量については〈継続型〉で3.8mm/day, 〈一部分離型〉で7.4mm/dayとなる。水田の単位面積当りの必要水量は22.0mm/day (減水深に相当する), 還元量は12.0mm/day (減水深-消費水深に相当する) であった。したがって, 地区全体でみた必要水量と還元量の変化率は, ブロック単位でみたそれに比べてかなり小さい値であることがわかる。このことは同面積の水田が減少し

ても反復利用のあり方によって, 地区全体でみた必要水量と還元量の変化には差が生じることをあらわしている。

最後に, これまでの考察を総合して必要水量と還元量の変化モデルを考える。図-18は, 図-16, 図-17で〈継続型〉と〈完全分離型〉によって上・下限を画された範囲において, 必要水量もしくは還元量がどのような推移をたどるのか, そのいくつかのパターンをモデル的

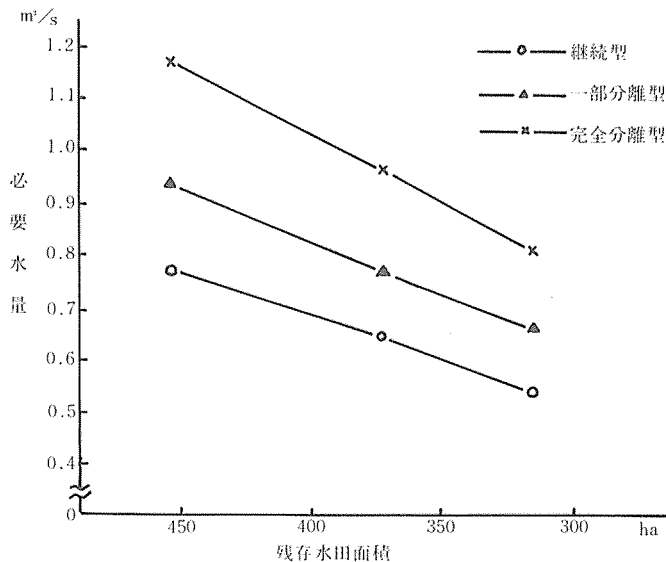


図-16 必要水量の変化

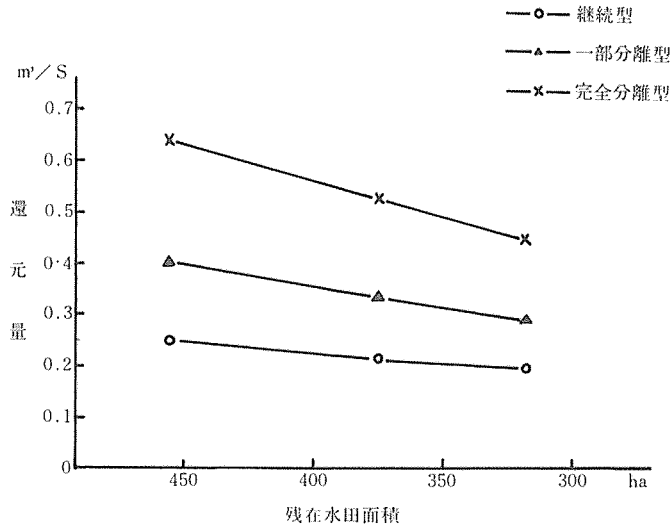


図-17 還元量の変化

に表わしたものである。

(A) ~ (C) は、水田の減少過程で〈継続型〉、〈一部分離型〉、〈完全分離型〉のまま水量が推移する場合のモデルである。(D) ~ (F) は、水田の減少とともに反復利用度が低下する場合のモデルである。(D) は〈継

続型〉から〈一部分離型〉へ、(E) は〈継続型〉から〈完全分離型〉へ、(F) は〈継続型〉から〈一部分離型〉を経由して〈完全分離型〉へ移行することをあらわしている。

これまで、何度かふれたように十五ヶ用水地区にお

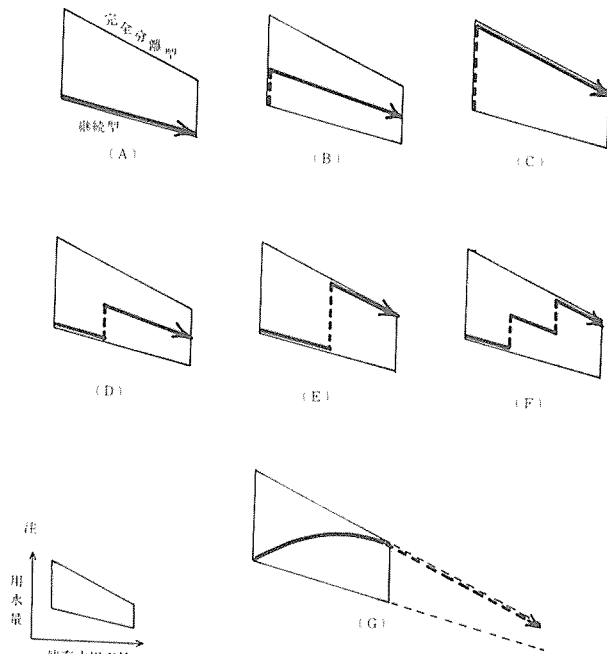


図-18 水量変化のモデル

いては反復利用が〈継続型〉の状態を将来にわたって維持することは考えられない。水質汚濁、用排兼用水路の排水路化により〈一部分離型〉となることは確定的な現実だからである。つまり、(B)、(D)、(F)のいずれかになるということである。しかし、〈一部分離型〉から〈完全分離型〉への移行については、不確定な要素が含まれる。水質改善対策（下水道事業など）、防災対策（河川整備事業）、農業基盤整備対策（圃場整備事業、パイプライン事業）などのあり方によって、〈一部分離型〉のまま止まる場合もあれば〈完全分離型〉となる場合もある。ただ都市化、混住化地域の趨勢としては、防災対策が優先され水質改善・農業基盤整備対策が立ち遅れるのが一般的な姿であった。こうしたことを考慮すると、〈一部分離型〉は次第に〈完全分離型〉に接近していくことになり、(F)のパターンとなる。(F)では水量が段階的に変化するが、傾向としてとらえるならば(G)に代替することができる。

(G)はいくつかの点で興味深い内容を含んでいる。第1に、水量が現時点よりも増大する局面（変化率であれば正の変化率を示す局面）をもつことである。第2に、〈完全分離型〉に接近する過程で水量が最大値を示す時点（変化率が0となる時点）がある。第3に、最大値を示した後はじめて水量が減少する局面（変化率が負となる局面）があらわれる、などの点である。先にみた神安地区、亀田郷地区の事例では必要水量が増加している事態を確認したが、(G)の傾向は、こうした現象を理論的によく説明している。

最後にこれまでの検討で捨象されていた、減水深についてふれておく。

減水深が水田面積の減少と反復利用度の低下に並行して変化した場合、(G)の傾向はどう修正されるだろうか。

減水深が増加の方向で変化するならば、〈継続型〉などの直線勾配が小さくなり、(G)の曲線は上に凸の傾向をさらに強める。反対に減少の方向で変化するならば、〈継続型〉などの直線勾配が大きくなり、(G)の曲線の上に凸の傾向は弱くなると考えられる。神安地区にくらべて亀田郷地区の取水量が急速に増加したのは、以上のようなことから説明される。

VI. ま と め

これまでの事例的、理論的な検討のまとめとして、水田用水における余剰水の形成メカニズムを整理する。

本論文では、必要水量とそれに対応した還元量を軸に議論してきたが、現実にはひき戻す意味で管理用水量を加味して考えることにする。

いま問題を単純化するために、管理用水量の必要水量に対する比率は常に一定であると仮定する（実際は水利施設の機能、用水管理体制のあり方、水源水量の制限性などによりこの比率は可変的である）。

必要水量を D_1 、その還元量を D_2 、管理用水量を含んだ必要取水量を Q_1 、管理用水量を含んだ地区外への還元量を Q_2 とすれば、

$$Q_1 = (1 + \alpha) D_1 \quad \dots (7)$$

$$Q_2 = D_2 + \alpha D_1 \quad \dots (8)$$

ここに α は管理水率である。

管理用水として取水された水量（ここでは αD_1 ）は、その全量が地区外へ表流水として還元するはずである。また、 Q_1 、 Q_2 の変動特性は前節で考察したように、図-18の(G)に示したパターンをもつと考えてよい。

以上の点を基礎として、農業用水における余剰水の形成メカニズムを吟味する。

図-19は余剰水の形成過程をあらわしたものである。図中で Q_a は既得取水量として当該地区が権利化している水量、 Q_b は当該地区が水系の下流地区に対して排水することを義務づけられている排水義務量である。この図から、反復利用が行われ一定量の排水義務量が存在する地区の余剰水の形成過程には、次のような性格の異った3段階が存在することがわかる。

1) $Q_1 \geq Q_a$ の段階

水田面積がA以上の段階であり、必要取水量が既得取水量を上回っているため余剰水は全く発生しない。水需給の厳しい水系では、既得取水量の制限をうけて必要取水量を満足することができず、当該地区内では渇水状況を呈することもあり、必要取水量の確保が最大の関心となる。この段階では、還元量が排水義務量を上回るため、下流利水との調整を考慮する必要がない。

2) $Q_1 < Q_a$ 、 $Q_2 \geq Q_b$ の段階

水田面積がAからA'の段階である。必要取水量が既得取水量よりも低下し、還元量が排水義務量を満

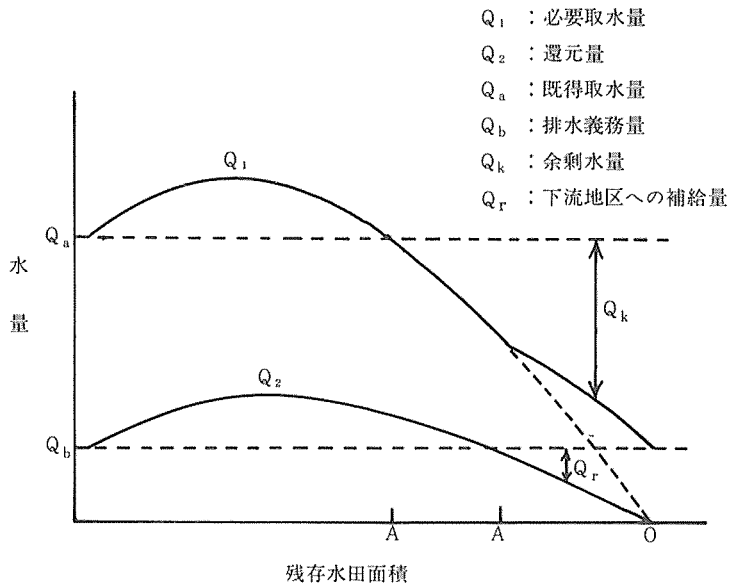


図-19 余剰水の形成過程

足しているから、必要取水量と既得取水量の水量差 ($Q_a - Q_1$) がただちに余剰水となる。

3) $Q_1 < Q_a$, $Q_2 < Q_b$ の段階

水田面積がA'以下の段階である。必要取水量は既得取水量よりも少量であるが、還元量が排水義務量を満足しなくなる。下流地区との調整の結果、排水義務量を維持しなければならない場合は、下流地区への補給量 $Q_r (= Q_b - Q_2)$ を必要取水量に付加して取水するか、あるいは下流責任放流量として放流しなければならない。その場合、発生する余剰水は $Q_a - (Q_1 + Q_r)$ となる。

一方下流地区との調整の結果、排水義務量を低下しう場合は、 Q_r が小さくなり、その分だけ余剰水は増量する。

余剰水の一般的な形成過程は以上のとおりであるが、反復利用がない（完全分離型）の地区では必要取水量、還元量の変化が直線的であり、その勾配も急（負の変化率が大）となるから余剰水の発生効率が高くなるという利点をもつ。

また、排水義務量を課せられない地区は3つの段階がなくなる結果、必要取水量が図中で点線に示した変化となり、2)の段階以降、余剰水の発生効率の低下はおこらない。

- Q_1 : 必要取水量
- Q_2 : 還元量
- Q_a : 既得取水量
- Q_b : 排水義務量
- Q_k : 余剰水量
- Q_r : 下流地区への補給量

最後に余剰水の形成メカニズムを吟味した結果えられた主要な結論を列挙しておく。

- 1) 反復利用のある地区では、水田面積の減少が、ただちに取水量の減量を可能とすることを意味しない。
- 2) 必要取水量は反復利用の低下にともなって増加する可能性をもち、その時は逆に新たな用水需要を形成する。
- 3) 必要取水量が低下していく局面では、排水義務量が余剰水形成の制約条件となる。
排水義務量が存在する場合は、余剰水の発生効率が低下する。
- 4) 余剰水（節水・転用可能量）は、以上のように水田面積、反復利用度、排水義務量などによって支配される。減水深の変化は、必要水量、還元量曲線を上下にスライドさせる要因となる。

あ と が き

本研究の一部は、昭和52年度文部省科学研究費の補助をえて行われたものである。本研究の調査、聴取りに際しては以下の方々にご協力いただいた。

新潟県農地部農地整備課、亀田郷土地改良区、大阪府農林部耕地課、神安土地改良区、農林水産省近畿農政局淀川水系農業水利調査事務所、愛知県農地林務部耕地課、西春町役場、師勝町役場、十五ヶ用水土地改良区、師勝

町土地改良区, 木津用土地改良区。

ここに謹んで感謝の意を表する。

また, 本研究のとりまとめにおいては昭和52年度の卒業論文専攻生である宇佐美松憲, 弘田忠士, 松本雅彦の諸君にご援助いただいた。これらの方々に深謝申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 亀田郷土地改良区編：水と土と農民, p. 23, 1976
水管理研究会編：水田の水管理と圃場整備, 地球出版, p. 5, 1972
- 2) 長崎明：地域開発と土地改良区, 農土誌, 47(10), p. 43, 1979
- 3) 長崎明：前掲2), p.44
- 4) 亀田郷土地改良区編：亀田郷土地改良史 p.250, 1976
- 5) 亀田郷土地改良区編：前掲4) p.350
- 6) 亀田郷土地改良区編：前掲4) p.350
- 7) 岡本雅美：水田農業田水の計画需要量の推定法, 水利科学No.2, 1973
農業土木学会編：農業土木ハンドブック, 改訂四版, p.188, 1979
- 8) 中川昭一郎：水田用水量調査計画法, 畑地農業振興会, p.71, 1967
- 9) 志村博康：現代農業水利と水資源, 東大出版会, p.103, 1977

Summary

In this paper, the variable characteristic of net water requirement was explained by means of case study and theoretical study.

In chap. 1, problem and method of the study were described.

In chap. 2, three elements which make up net water requirement (paddy field area, repeated use of water and water requirement in depth) were explained. Water requirement in depth was especially discussed in connection with urbanization.

In chap. 3, qualitative analysis of the variable characteristic of net water requirement was tried in case studies of the SHINAN water use district, ŌSAKA pref. and the KAMEDAGŌ water use district. NIIGATA Pref..

In chap. 4, a basic theory of the variable characteristic was proposed. Then, quantity of discharge was estimated with net water requirement.

In chap. 5, this basic theory was applied to the case of the JŪGOKA water district. AICHI Pref..

Brief contents of this paper are as follows;

1. In districts where repeated use of water is done, decrease of paddy field area is not always combined with loss in quantity of net water requirement.
2. The net water requirement possibly increases under reduction of repeated use. Then, new water demand occurs.
3. In the phase of decreasing net water requirement, obligatory quantity of discharge sets limits to form the surplus water requirement. In the case of existence of obligatory, the efficiency of occurrence of surplus water requirement decreases.
4. Thus, the occurrence of surplus water requirement is controlled by three elements; paddy field area, repeated use of water and obligatory quantity of discharge. The variation of water requirement in depth makes the variable curves of net water requirement and discharge to rise or fall.