

地域水環境の保全と農業水利施設の 管理手法に関する基礎研究

(課題番号 09876063)

平成9年度～平成10年度科学研究費補助金 (萌芽的研究)

研究成果報告書

平成11年3月

研究代表者 山村善洋

(宮崎大学農学部講師)

は し が き

本研究は文部省平成9～10年度科学研究費補助金（萌芽的研究）を受け、遂行されたものである。

研究組織：研究代表者 山村善洋（宮崎大学・農学部 講師）

研究経費

平成 9 年度	1, 8 0 0 千円
平成 1 0 年度	4 0 0 千円
<hr/>	
計	2, 2 0 0 千円

研究発表

口頭発表

山村善洋，南九州地域の畑地かんがい事業完了地区の水利用の実態，
農業土木学会全国大会講演会，1999年8月（投稿済み発表予定）

出版物（分担）

都城市市史編さん委員会編，都城市史 通史編（第1編都城の自然，
第5節，都城盆地の気象），1997年9月，都城市発行

農林水産省構造改善局編 土地改良施設管理基準 -用水機場編- 基準書
1999年3月 農業土木学会発行予定

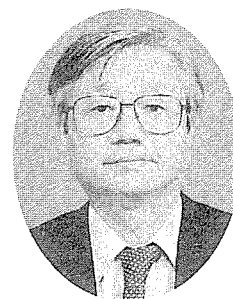
農林水産省構造改善局編 土地改良施設管理基準 -用水機場編- 技術書
1999年3月 農業土木学会発行予定

研究種目：萌芽的研究

研究代表者：農学部 講師 山村善洋

交付金額：2,200千円（平成9年度～平成10年度）

研究課題名：地域水環境の保全と農業水利施設の管理手法に関する
基礎研究



山村善洋

研究の内容と展望

農業用水を農業・農村の活性化と地域水環境の保全に

宮崎市近隣の南九州火山灰土壌地帯は、元来、河川水、湧水、地下水あるいは溜池を水源とする天水依存型の農業地帯である。ところが、この地域は戦後の50年の間に、土地利用形態の変化、特に都市域における農地の減少や河川改修等によって水文環境が相当に変化し、河川水位や地下水位の低下、あるいはため池や湿原の減少等の水環境の変化が生起している。その結果、気温の上昇と湿度の低下、霧の発生量の減少等の気象環境変化が認められている。

このような水環境の変化が進行する中で、ダム・堰・調整池、水路、パイプライン等の建設を含む農業水利事業が完了したり、進行中であつたり、あるいは今後着工する地域がある。

ところで、農業水利事業とは新たな水環境創生事業に他ならない。卑近な事例として高鍋防災ダムがある。築造され30年経過し、ダムの効果が発揮されていると同時に、湿原が出現し、今その保存のあり方と環境教育の一環として注目を浴びている。

今年の無降水・猛暑による早魃被害が報じられた一方で、一ツ瀬地域の水利事業完了地域ではその効果が報じられた。この様に農業用水は単に安定した作物生産や営農上の観点から、農業・農村の活性化に貢献するばかりでなく、作物生産のプロセスそのものが周辺の大気・微気象環境を良好にし、用水として使用される過程において、地表水として、あるいは地中水・地下水として3次的に地域水環境に影響を及ぼしている。このように農業用水は地域水環境の保全に対して公益的機能をもっている。農業用水も取水・利用には制限があり、水利施設の観点からの用水管理のあり方が重要な課題となっている。

一方、地球レベルの問題として、乾燥地における灌漑事業により土壌の塩類集積で不毛の地になったり、地下水依存の灌漑の結果、地下水枯渇に陥り農業が成り立たなくなった地域がある。これは持続的農業を営むためには長期的な地域水環境の保全を考慮した農業の水管理が如何に重要であるかを示唆している。このような観点から、本研究は水利用実態調査と農業水利施設が地域に及ぼす波及効果等の実態調査に主眼をおいたフィールド科学を指向する。

農業用水の多目的利用と地域用水としての意義と用水管理のあり方

農業用水の多目的利用が進行すると同時に、近年地域水環境が色々な観点から注目され、議論されるようになってきている。地域水環境を考える場合、農業用水としての地域用水は非常に重要な意味をもつ。地域における農業用水は、場所と時間によってその様子を変化させる。貯水池、ため池、ファームポンドの水は静止した水面をもち、用水路（開水路）の水は流れており、様々な流況を呈することによって水環境を形成している。一方、パイプライン（管水路）内の水は圧をもってパイプ外に現われることによって初めてその意義を確認することができる。このように同じ水量の農業用水であっても、その存在状況によって、またその使用目的によって価値は異なる。すなわち、同じ量の水であっても質が異なる。圧を保ったパイプの水であって初めて散水が可能となり、また圧の大きさの程度の違いによって利用方法が異なったものとなる。緩やかな勾配の法面をもち、せせらぎの音を発する流れの開水路であって初めて、またきれいな（清浄で臭いのない）水を湛えた水面であって初めて親水公園としての機能をもつことになる。

さらに、利用できる農業用水が確保されていると、この水を利用することによってこの水が地域の水環境、地域環境が変化する。例えば地下水が補給・強化される（上場地区）との事例があり、また気温・湿度環境が緩和されるという効果が期待される（地域水環境の保全と利水）。一方、最近、地下水の水質汚染、地下水の水位低下や枯渇等の地下水を含む地域水環境が悪化している地域が増加している。

このような状況の下で農業用水の保全・確保は重要性を増しており、地域の気象特性・土壌特性・地形特性を考慮した灌漑方法や灌漑水量の決定法の検討、および灌漑目的以外の営農に関わる農業用水の必要量の検討は緊急を要する課題となっている。また、農業用水が事業により確保されている地域では、異常気象による水需要の短期変動、営農状況の変化による水需要の長期変化に対応した水管理が重要性を増している。

本報告書では、一ツ瀬川土地改良区の実例に基づいて、南九州地域の畑地かんがい実施地区の水利用の実態を述べ、ここ1～2年急速に普及したインターネット利用による気象情報の収集結果を参考に水管理のあり方について考察した。この気象情報の収集事例について参考資料として添付する。さらに平成8～10年度農水省施設管理室の『土地改良施設管理基準 -用水機場編-』作成に参画した。本科学研究費のタイトルに重複する部分を担当した。本報告書を印刷する時点までに印刷ができあがっていないので、その原稿のコピーを巻末に綴じ込んでいる。

南九州地域の畑地かんがい実施地区の水利用の実態 (一ツ瀬川土地改良区水管理データに基づく水利用量と利用実態)

水利事業が完了し水利用条件が自由化された地域においては、水利用の多目的化が進み、補給灌漑目的以外の水利用実態は多様化している。例えば、冬季には火山灰土壌が乾燥し季節風による土壌飛散風食防止のための散水、保温蓄熱用の水封チューブやトンネル栽培、茶の防霜目的の散水がある。一方、夏季にはハウス内外における防暑用散水、ハウス土壌の除塩やたばこ連作障害防止のための湛水防除等がある。

一方、補給灌漑目的の場合にも栽培作物が多種類化し、栽培方法が露地栽培・ハウス栽培・雨除け栽培等に分化し、水利用機器の開発と発達により、灌水方法が多様化している。その結果、地表灌漑一散水灌漑一点滴灌漑と灌漑方式の違いにより、全面灌水から部分灌水まで実質灌水面積が栽培面積に比較し差異が生じ、灌水量は実質単位面積当たり少なくなる。また、栽培作物による栽培体系（栽培暦）の多様化により、各作物のと生育ステージにズレが生じる。さらに、作物によっては生育ステージによって灌水方法と灌水量が異なる。それは水分ストレスの掛け方が、作物の品質改良、収量増加という灌水の目的が明確化されたことにより、有効水分の上限・下限の設定範囲が狭くなっていることに関連する。すなわち、必要なだけの水使用という合理的（節水型）水利用に寄与している。

さらに、年間を通じて最もポテンシャル蒸発散量が大きく、最も灌水量が多いと考えられる真夏猛暑の夏季には、高温障害を回避するために露地栽培の作付け率が低い。したがって、結果として補給灌漑用水としての使用水量が少ない。

以上の理由から、一昨1997年までの水利用実態の特徴として以下のことがあげられていた。特徴1として使用灌漑水量が計画灌漑水量と比較して少ないことが挙げられる。これが1994年の早魃までの事例であった。

水需要の特徴2として灌水の時間帯がある。一例として1994年干ばつ年をみると、夏期における猛暑の時期の作物への水分補給目的の灌水は、夕刻17時頃から始まり20時～21時に灌水量のピークに達しその後徐々に減少し、気温が日最高になる13時前後には灌水量はゼロになっている。すなわち、需要主導型の配水システムにおいては灌水の時間の集中化が発生している。

これには2つの大きな理由が考えられる。その一つは灌水した水分の温度異常上昇を避け作物への生理障害を防止すること、他の一つは猛暑下での灌水の作業条件の回避である。この灌水の時間帯の実態は、ローテーションブロックによって機械的に灌水の時間帯を分けて灌水することが不可能であることを意味しており、灌漑計画は無視できない重要な意味を持っている。

水需要の特徴3として、利用目的の多様化と使用時間帯の限定がある。農業用水の利用目的が多様化しており、作物への水分補給灌漑以外の目的に利用されている。その一つに茶栽培における新芽の時期の霜による被害防止のための散水灌漑がある。霜注意報が出されると、深夜から気温の上昇し始める夜明けまで散水を継続し、茶の葉面で水結させその潜熱によって異常に葉温が低下しないようにして凍霜害を防

止している。凍霜害防止以外に夏期における畜舎・ハウス等のクーリング用の散水利用がある。このような利用目的が明確に限定されている場合、利用時間帯を変更することは不可能である。

ところが、昨1998年の4月から6月の長雨、日照不足と8月の異常高温、降水量不足による早魃は水利用状況にも過去にない事象が発生した。昨1998年の8月のデータは1994年の早魃年と使用量が大きく異なり倍増している。

8月のこの時期この地域の早期水稲は収穫を終えている。この時期の使用量は月使用量が100万 m^3 未満であったが、今年は240万 m^3 、最大日使用量12.4万 m^3 、日平均使用量8.0万 m^3 と記録的な使用水量を記録している。

日平均使用量8.0万 m^3 とは畑地面積1,200haとして6.7mm/dに相当し、同様に最大日使用量12.4万 m^3 は10.0mm/dに相当する。これらの値はポテンシャル蒸発量より大きい。

この理由について、一ツ瀬土地改良区で聞き取りを行った。その結果、夏季における新たな水利用法として次のことが始まっている。

樹園地（茶）での施肥後の効果を発揮させるために十分な灌水を行い肥料分を根に吸収させる方法が採られ始めたこと。その結果は効果抜群であるといわれている。

播種前の乾燥した土壌を十分に給水し保水させること。且つ、地温の異常上昇を防止するために散水すること。この水利用による効果も非常に大きいことが実証された。

ポテンシャル蒸発散量に作物係数を乗じることによって基準蒸発散量を推定できる。この値に栽培面積を掛けることによって推定必要水量を算定できる。この計算を各作物毎に行って、その合計を求めることによって当該地区全域での推定必要水量が算定される。

ところが、以上述べたことから畑地灌漑において使用されている水量を、畑地かんがい計画において用水量算定の基準とされているポテンシャル蒸発散量から推定される水量と比較すると、使用水量を蒸発散量から推定することは困難である。水使用の実態が補給灌漑以外にあるからである。

水利用の実態を考慮した水管理のあり方および配水管理のあり方

水利用の実態に対応するには気象・水象の観測あるいは瞬時（毎定時）データの収集が重要となる。

【水使用の時間帯集中への対応】

配水管理は供給主導型、需要主導型に分けられる。

供給主導型の場合には供給可能量および需要に応じた配水管理が可能であるが、需要主導型の場合には供給量を調整・操作不可能。したがって、需要主導型に対応可能な施設（施設容量、施設配置、施設のタイプ・規模）の設計が必要となる。

インターネット利用による気象情報の収集結果

研究室および我が家のコンピュータからの接続により得られた代表的なものを示す。

- 図 1 台風接近時の1997年9月16日04時および16日11時における台風予想進路図 (気象庁発表, http://www.aix.or.jp/imoc/typ/typ_0.htm) および高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
- 図 2 1997年9月12日, 9月16日集中豪雨時における気象情報収集管理システム (宮崎大学農学部) 記録データ
- 図 3 宮崎地方長雨・日照不足による農作物被害甚大であった, 1998年4~6月におけるひまわり画像
高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
- 図 4 ~ 図 5 宮崎地方梅雨明けから猛暑・早魃の発生し始める, 1998年7月~8月におけるひまわり画像と水蒸気画像
高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
- 図 6 1998年10月4~1999年2月におけるひまわり画像
高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
- 図 7 1998年7月10日九州地区 風向・風速, 日照, 気温
西都市 13時 34℃
日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
- 図 8 ~ 図 10 高知県豪雨被害甚大
四国地区 降水量 (1) ~ (3) 1998年9月24~25日
日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
- 図 11 ~ 図 12 1998年10月17日台風接近・通過時降水量
日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
九州地区 降水量 (1)

巻末資料

農業土木学会全国大会講演会, 1999年8月 (投稿済み発表予定)
農林水産省構造改善局編 土地改良施設管理基準 一用水機場編一 技術書
1999年3月 農業土木学会発行予定 原稿 p26-p60

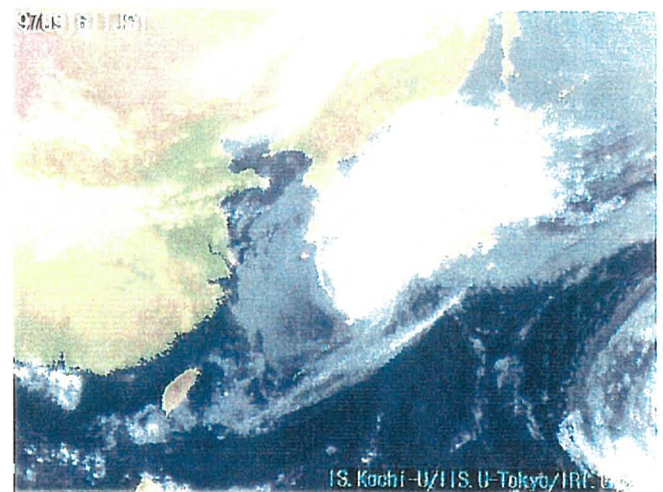
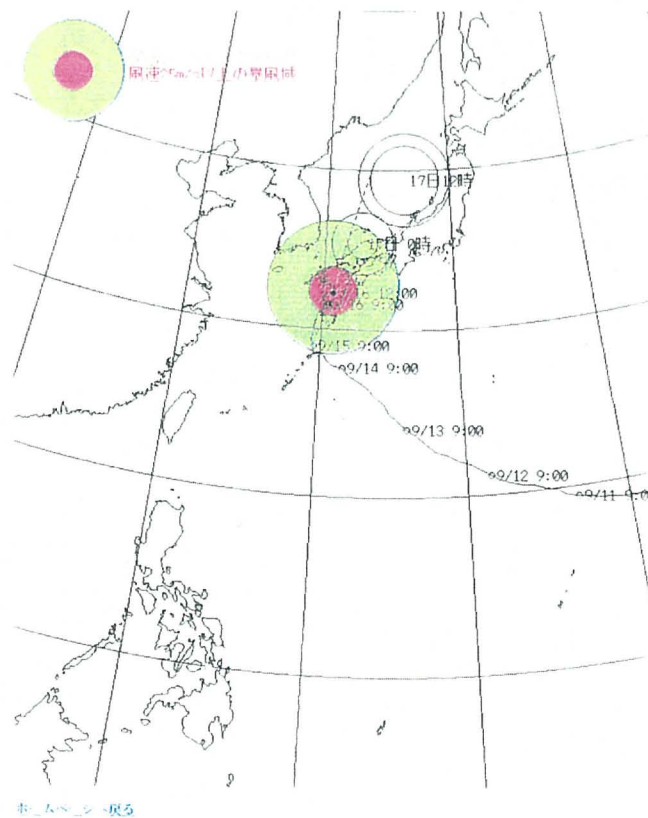
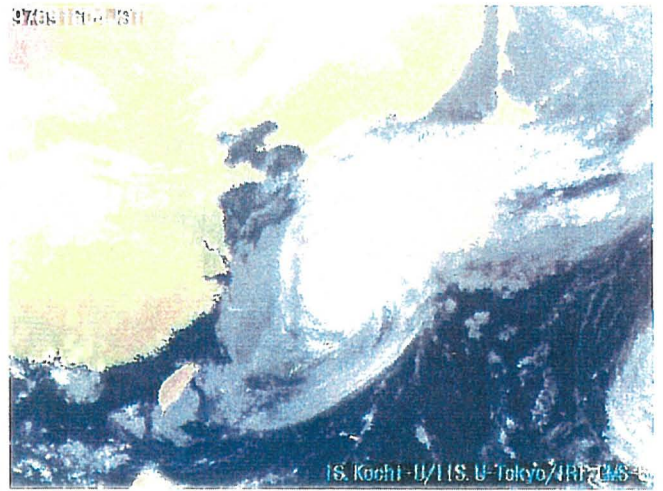
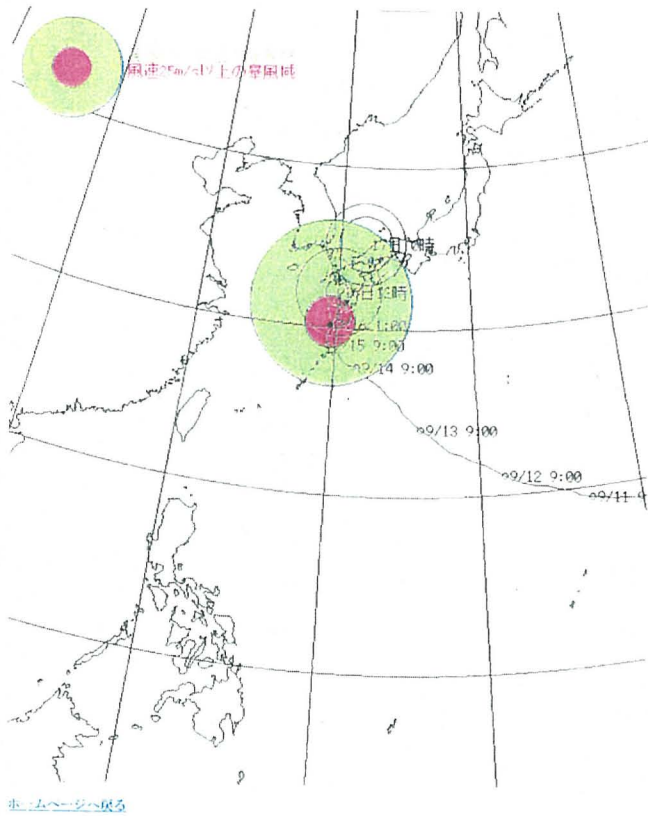


図1 台風予想進路図（気象庁発表）および高知大学気象情報頁
 (http://www.aix.or.jp/imoc/typ/typ_0.htm , <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
 1997年9月16日04時, 16日11時

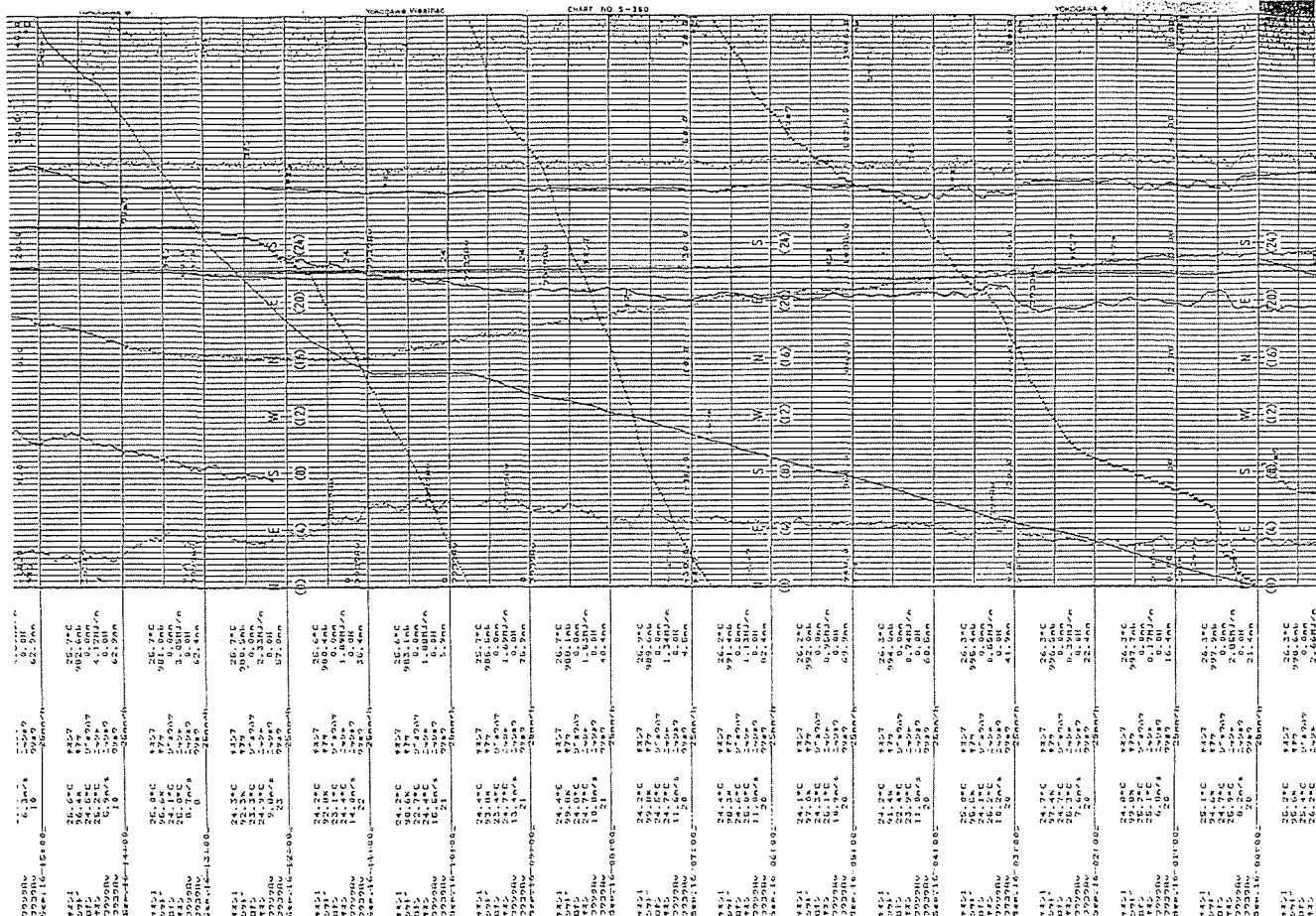
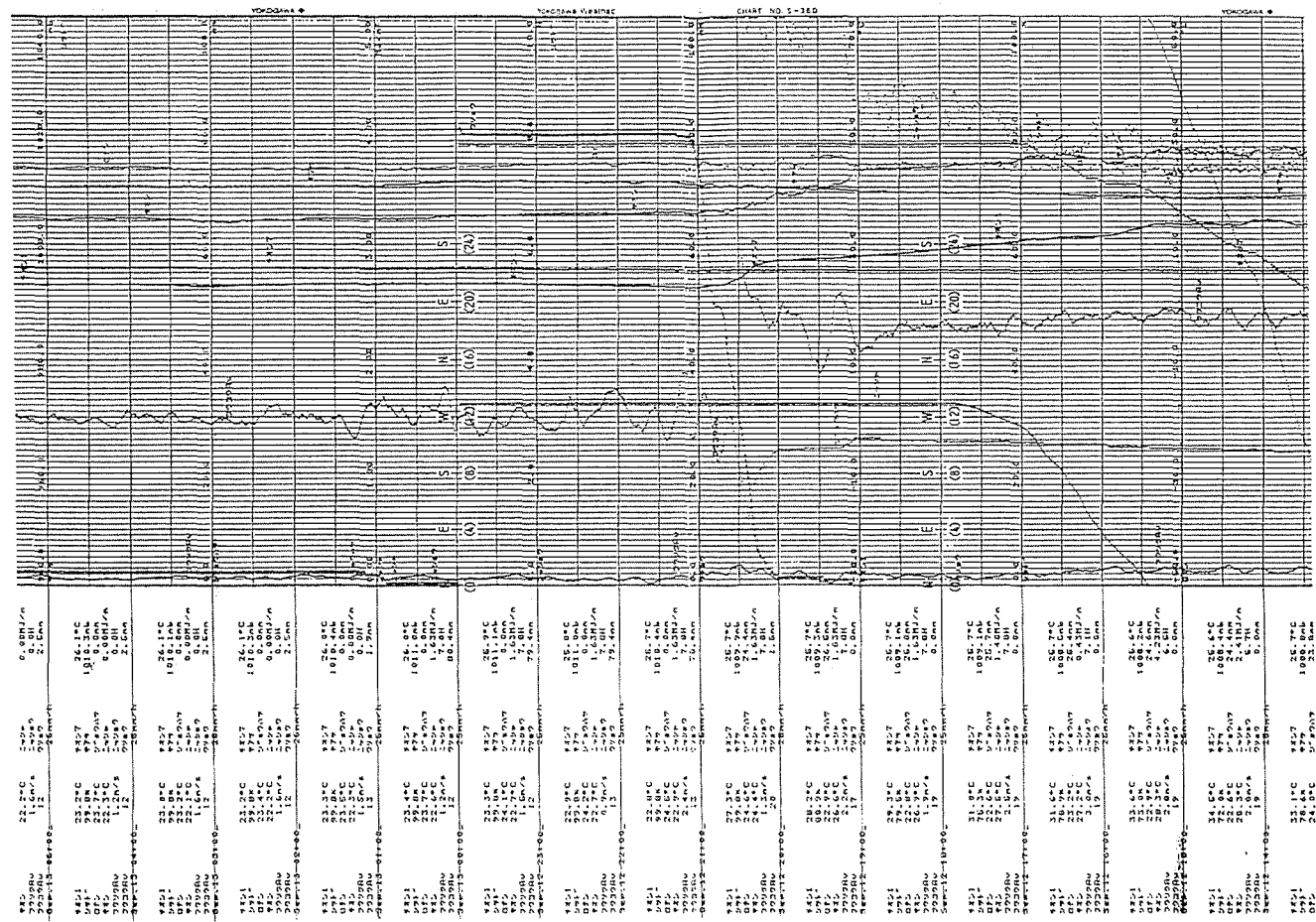
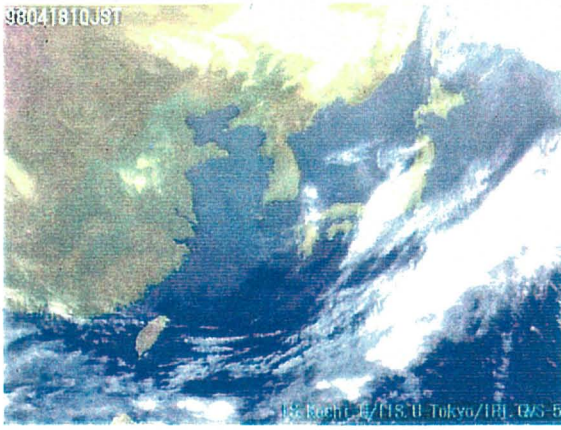
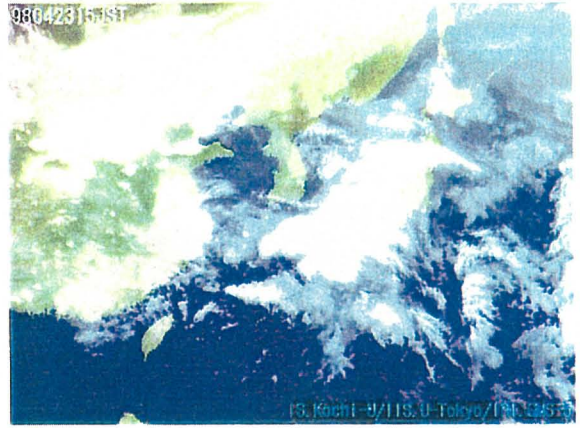


図 2 気象情報収集管理システム (宮崎大学農学部) 記録データ
1997年9月12日, 9月16日



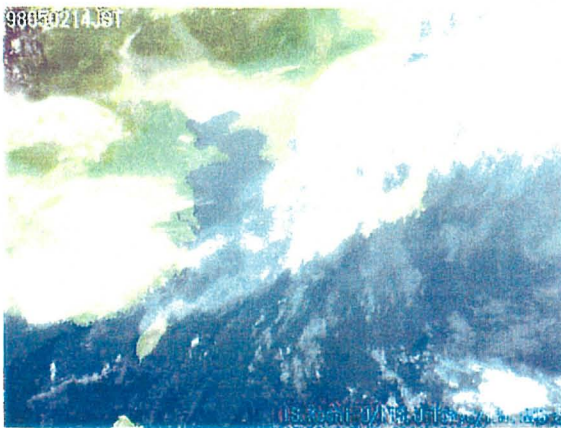
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



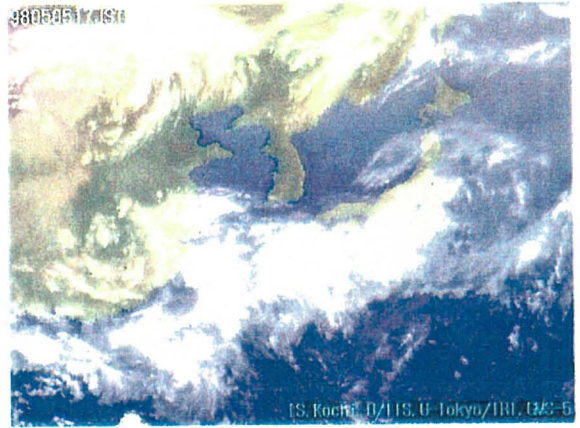
JPEG 画像 640x480 x 114

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



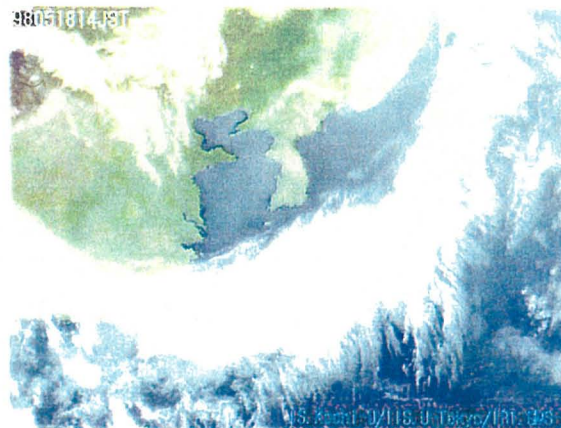
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



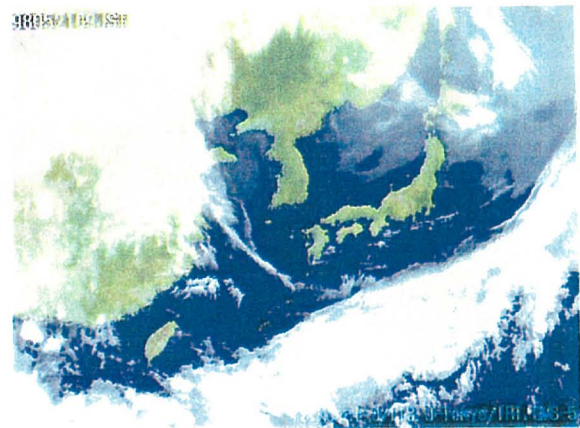
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>

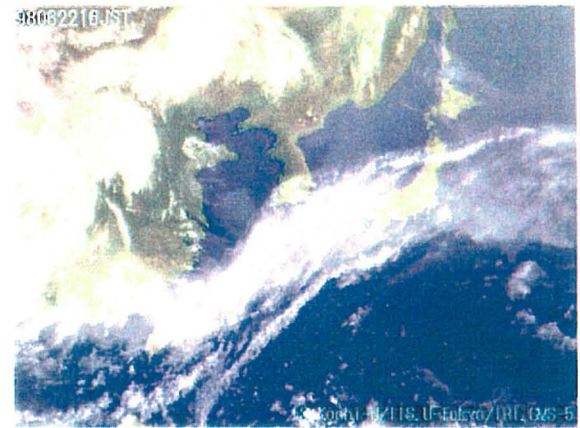
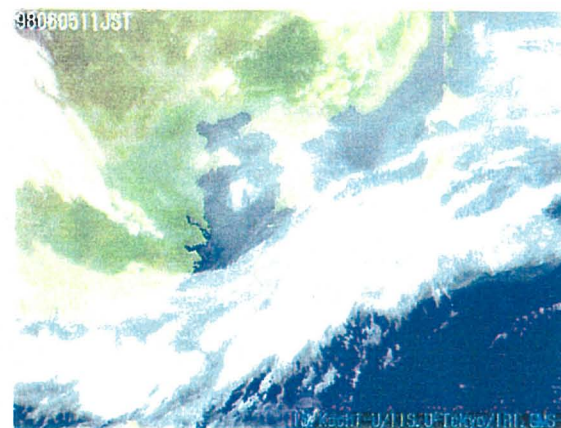
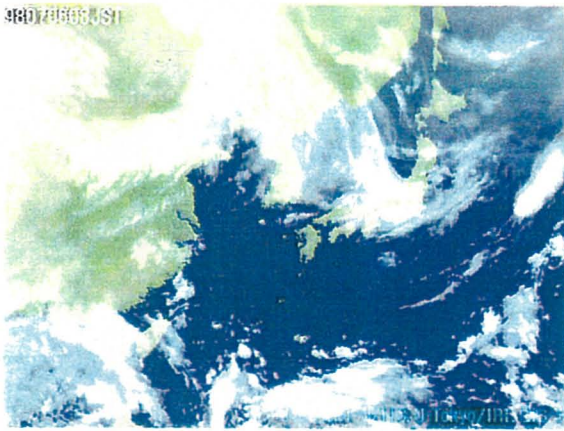


図 3 高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
1998年4~6月 ひまわり画像



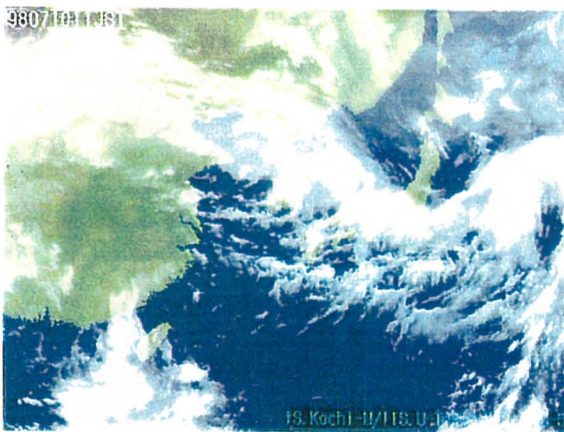
IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00latest.jpg>



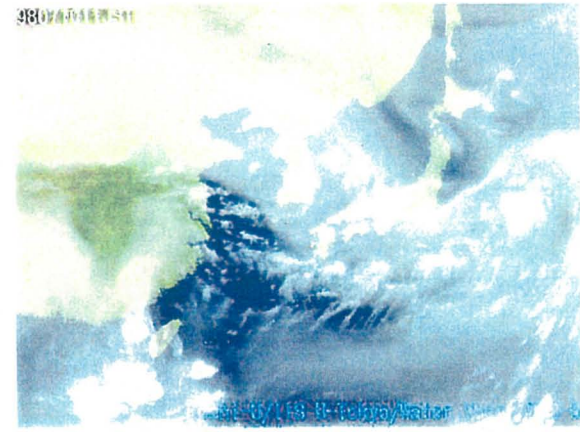
IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/IV/00latest.jpg>



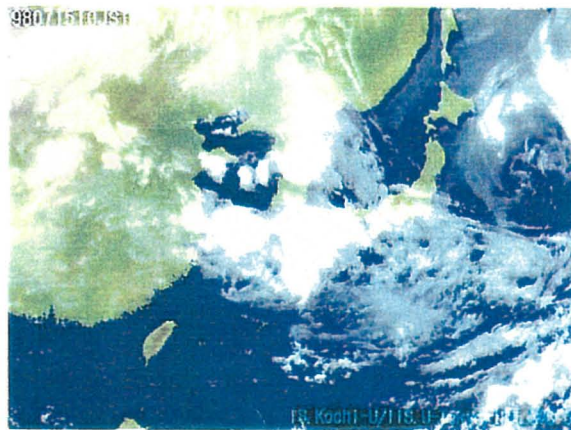
IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00latest.jpg>



IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/IV/00latest.jpg>



IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00latest.jpg>



IEEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/IV/00latest.jpg>

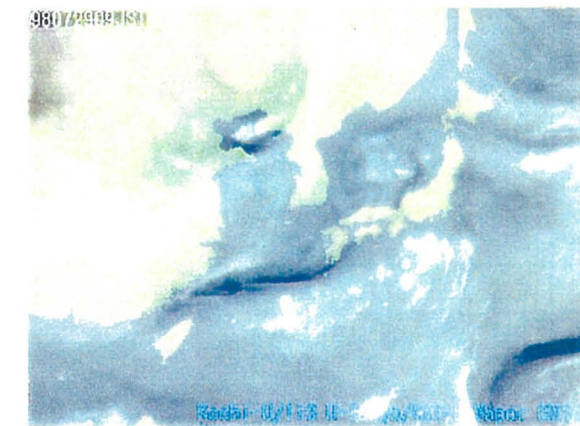
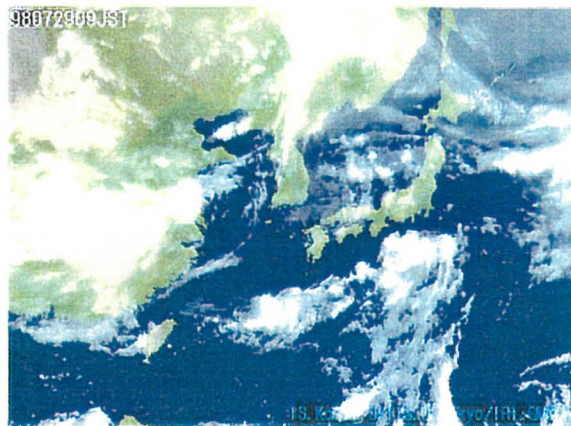
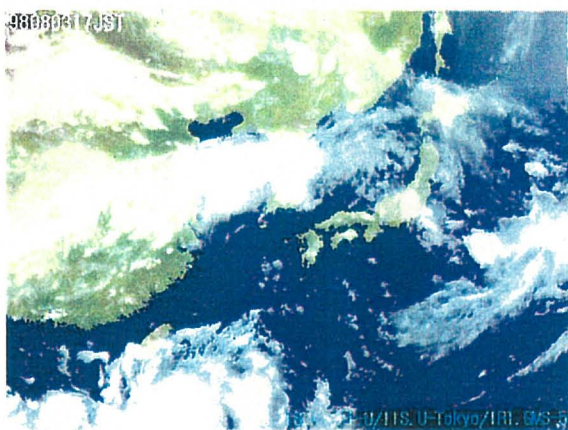
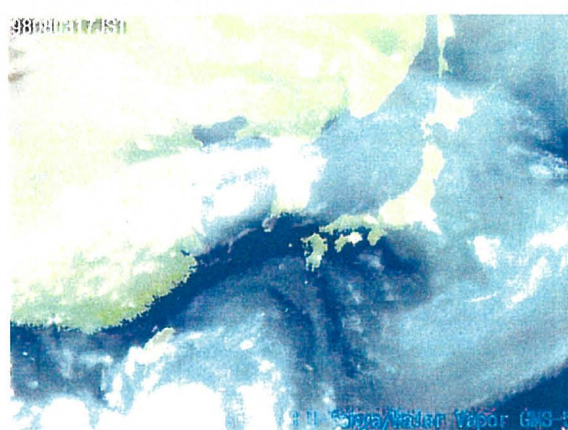


図 4 高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
1998年7月 ひまわり画像 水蒸気画像



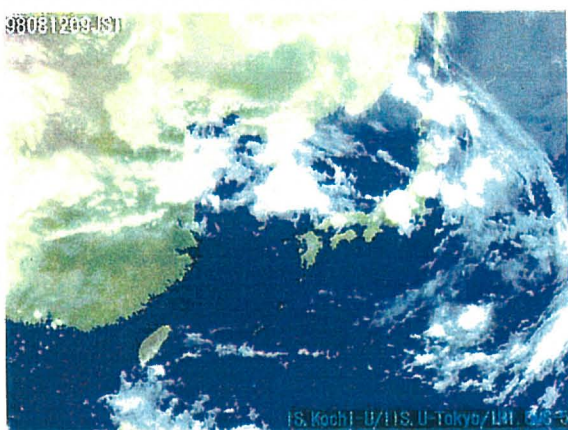
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00/atest.jpg>



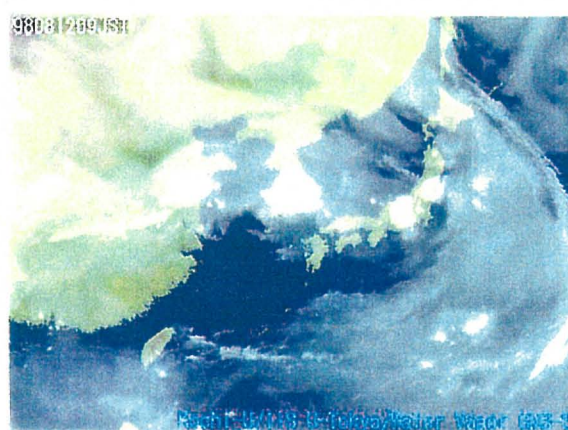
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/WV/00/atest.jpg>



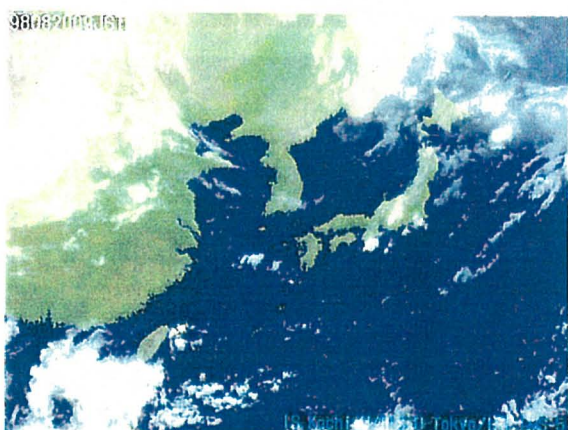
JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00/atest.jpg>



JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/WV/00/atest.jpg>



JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/EE/00/atest.jpg>



JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/WV/00/atest.jpg>

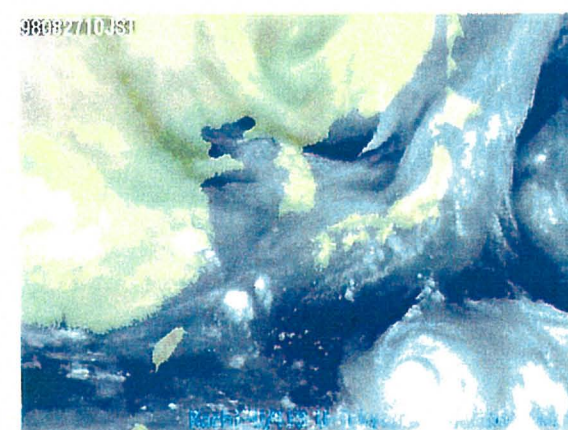
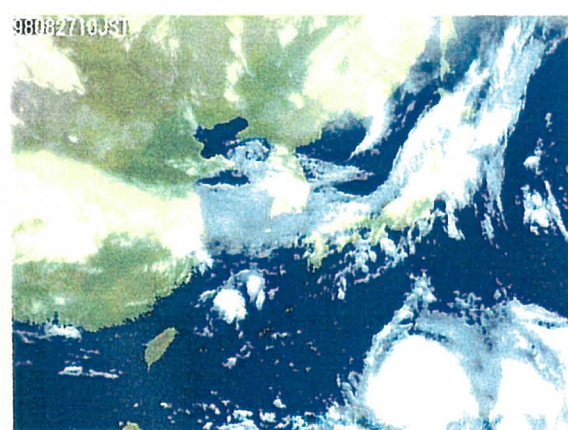
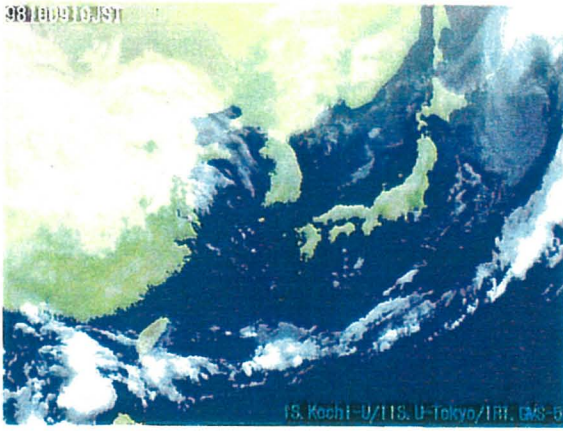


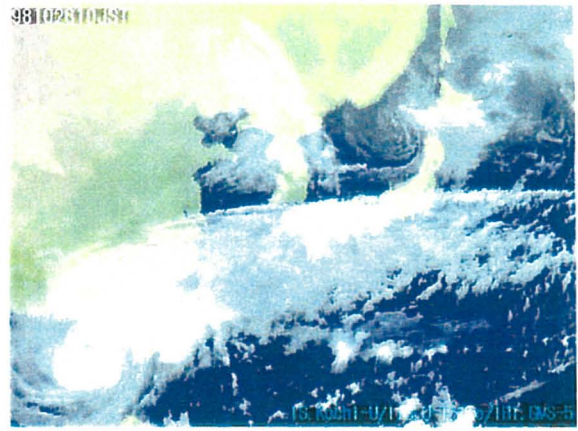
図 5 高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
1998年 8月 ひまわり画像 水蒸気画像



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

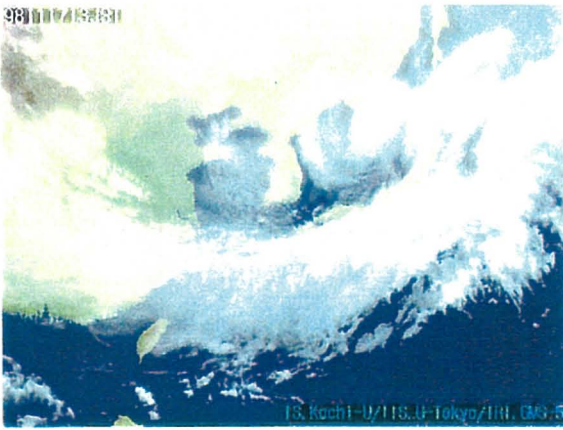
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

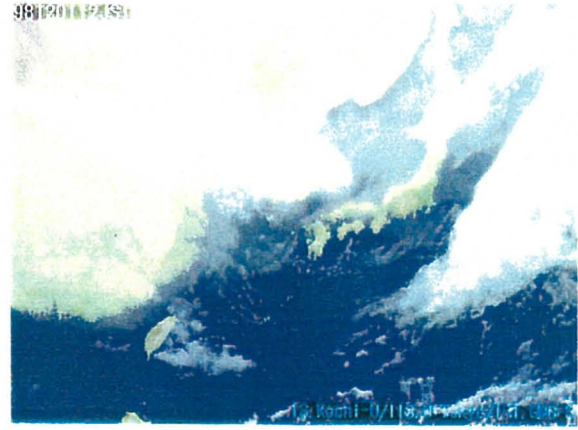
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

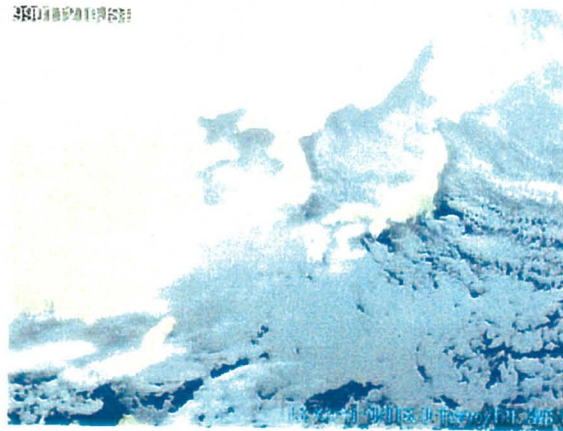
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

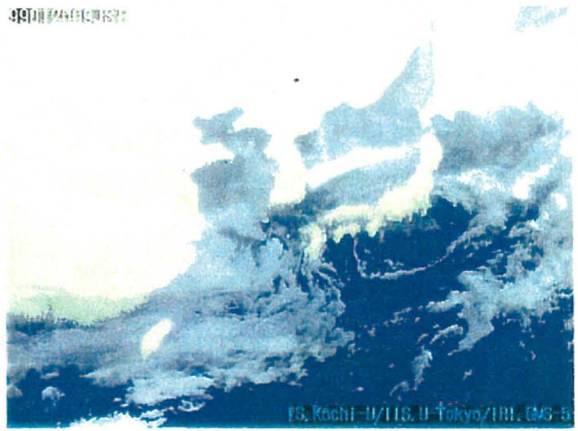
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

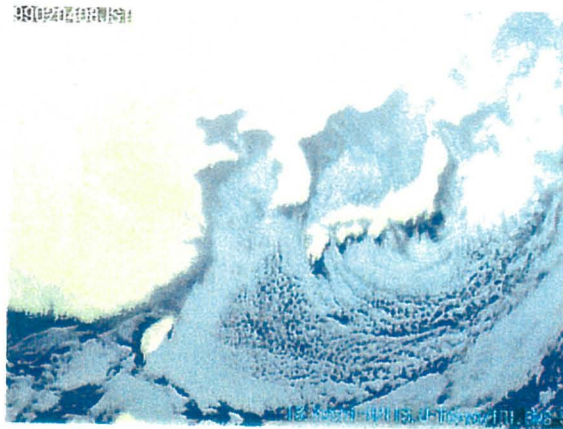
<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



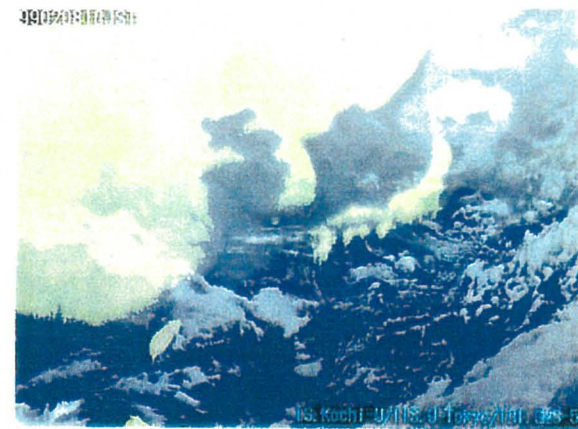
IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

JPEG image 640x480 pixels

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/FE/00Latest.jpg>



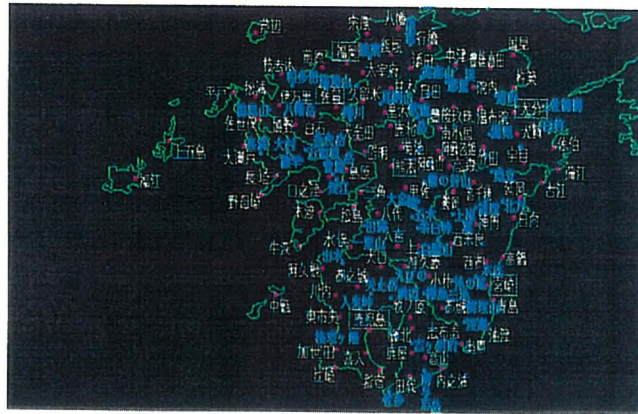
IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5



IS, Kochi-U/ITS, U-Tokyo/IRI, IMS-5

図 6 高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)
1998年10月～1999年2月 ひまわり画像

アメダス



日本気象協会

アメダス

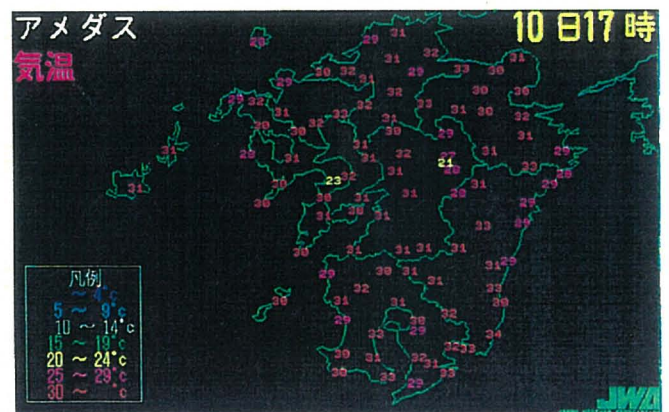
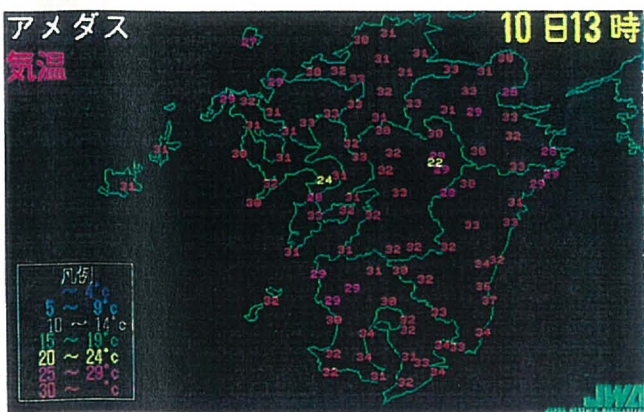
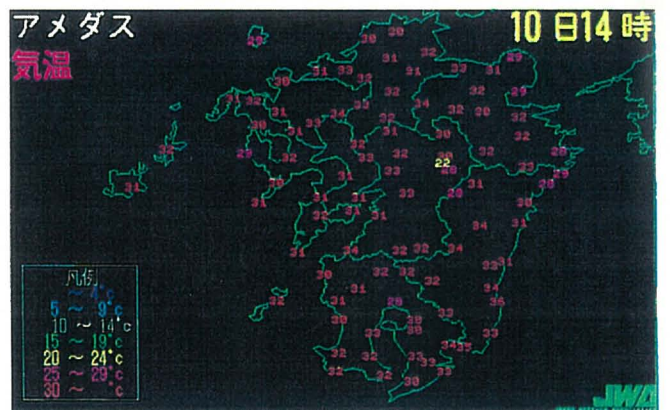
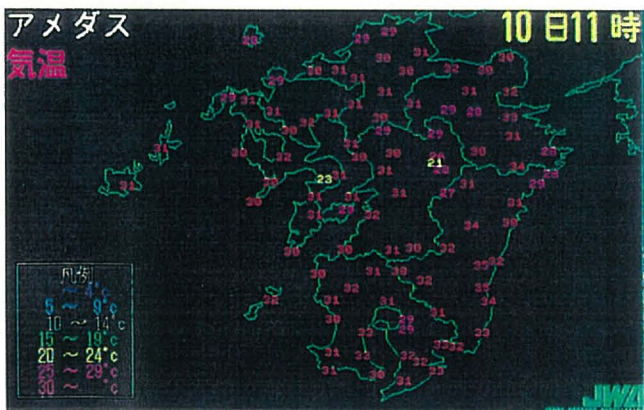
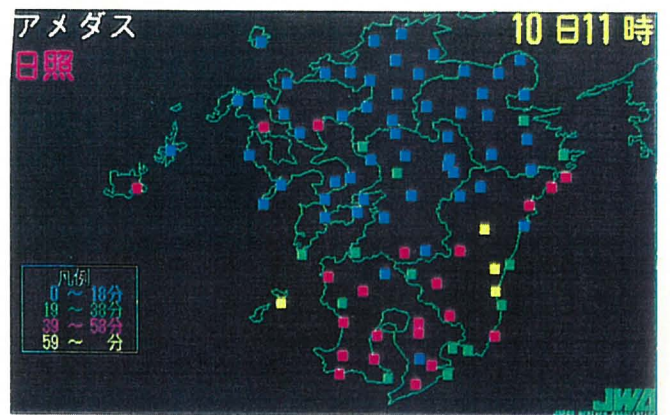


図7 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
1998年7月10日 九州地区 風向・風速, 日照, 気温

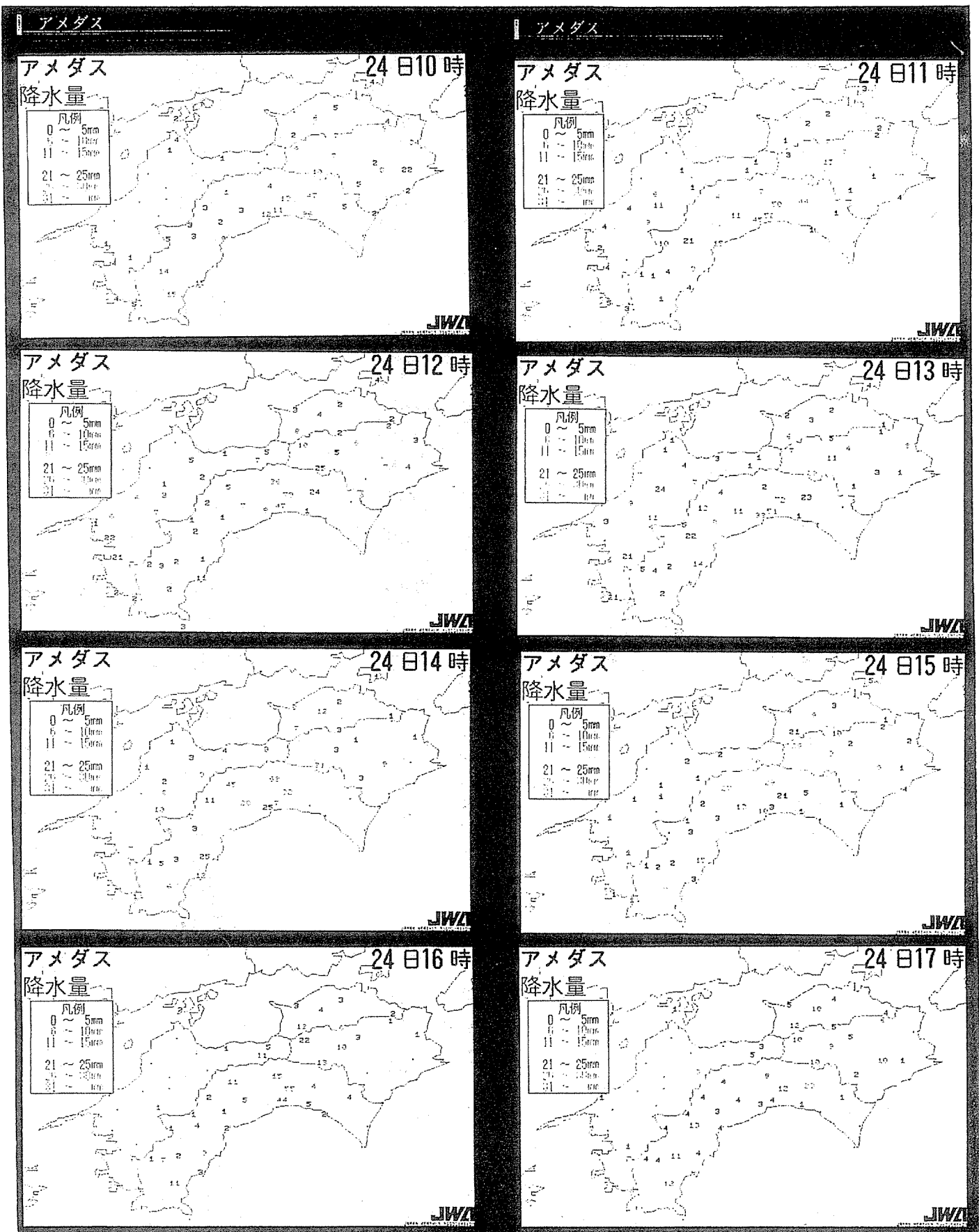


図8 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
 四国地区 降水量 (1) 1998年9月24日

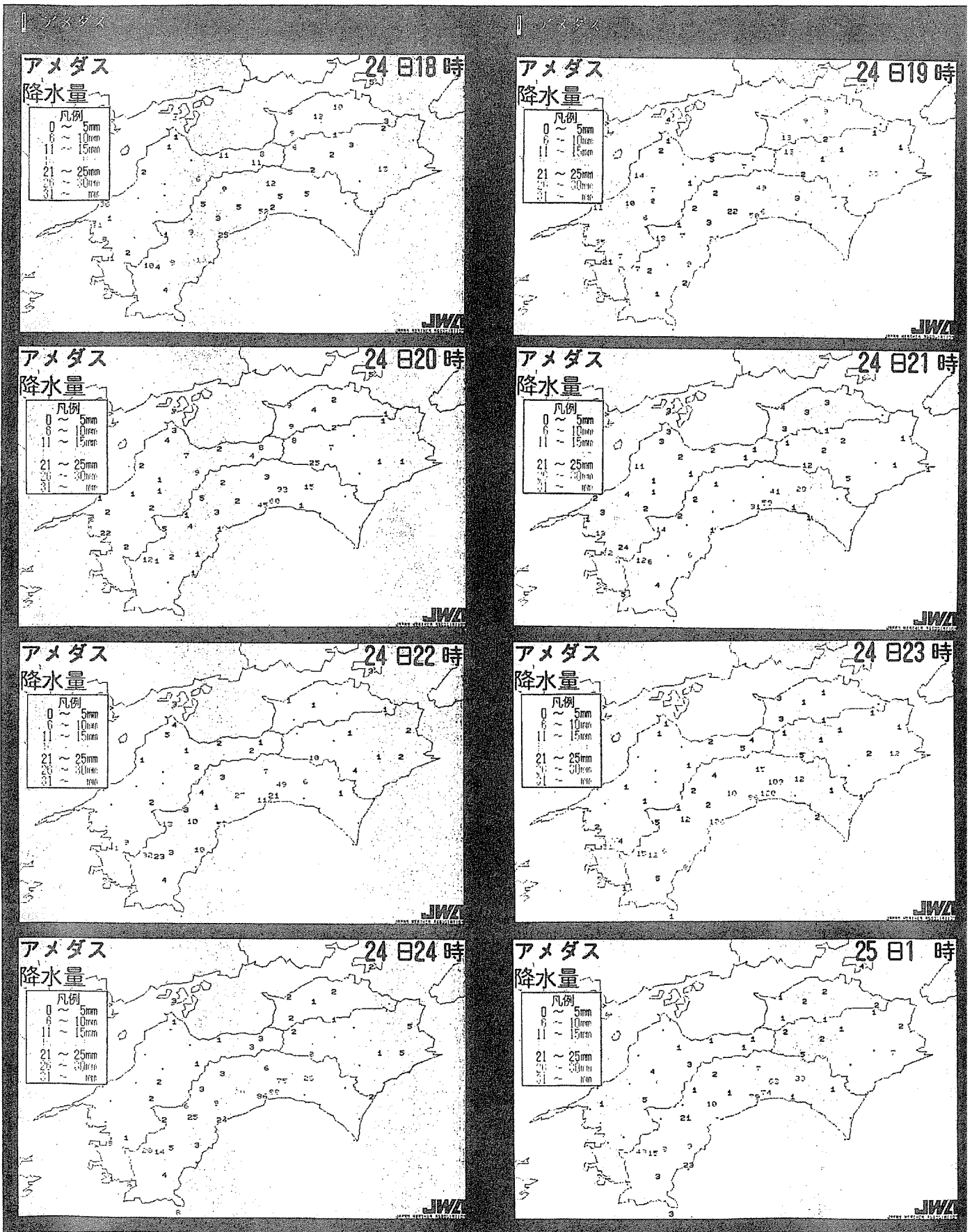


図9 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
 四国地区 降水量 (2) 1998年9月24日~25日



図10 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
 四国地区 降水量 (3) 1998年9月25日

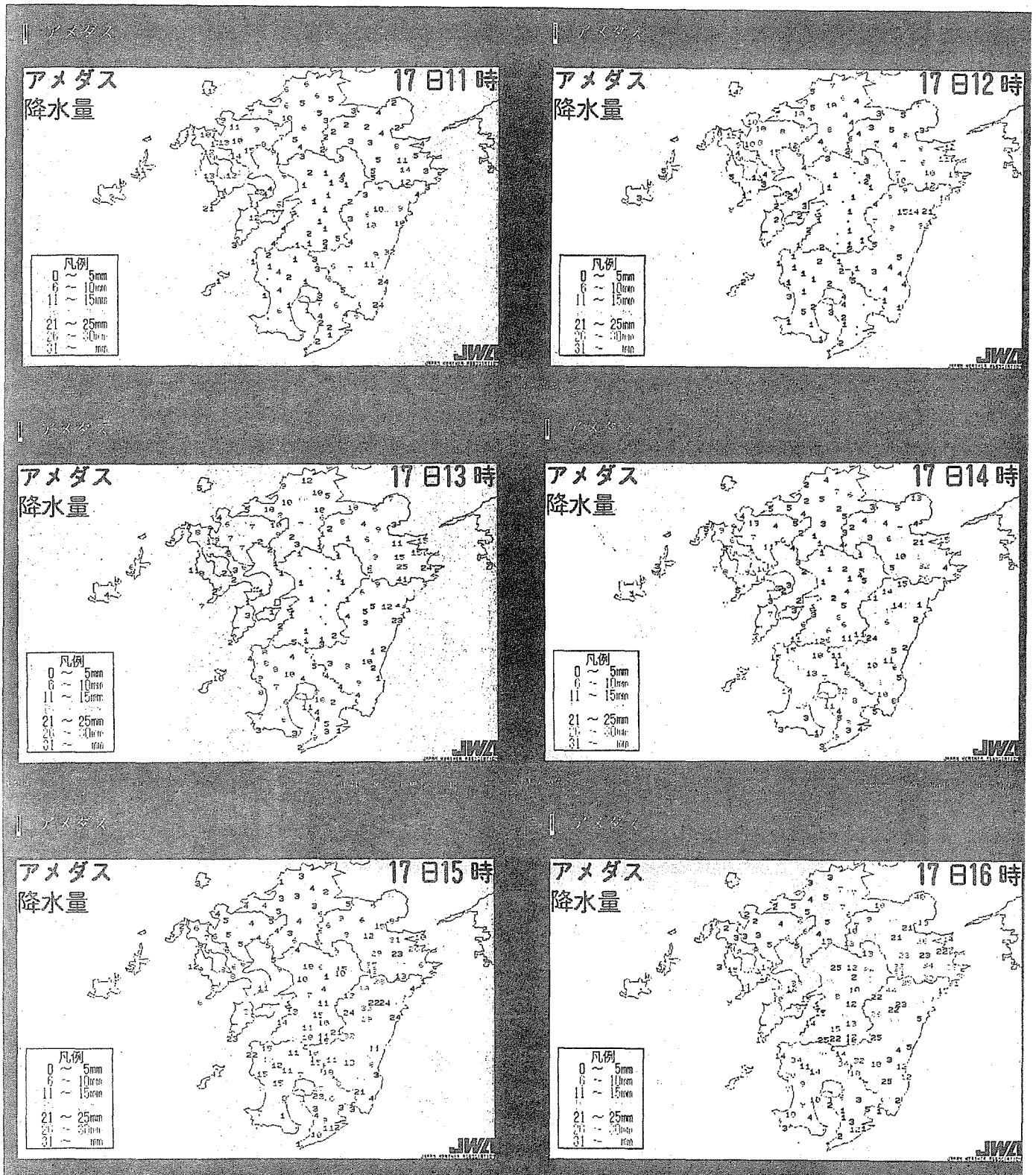


図11 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
九州地区 降水量(1) 1998年10月17日

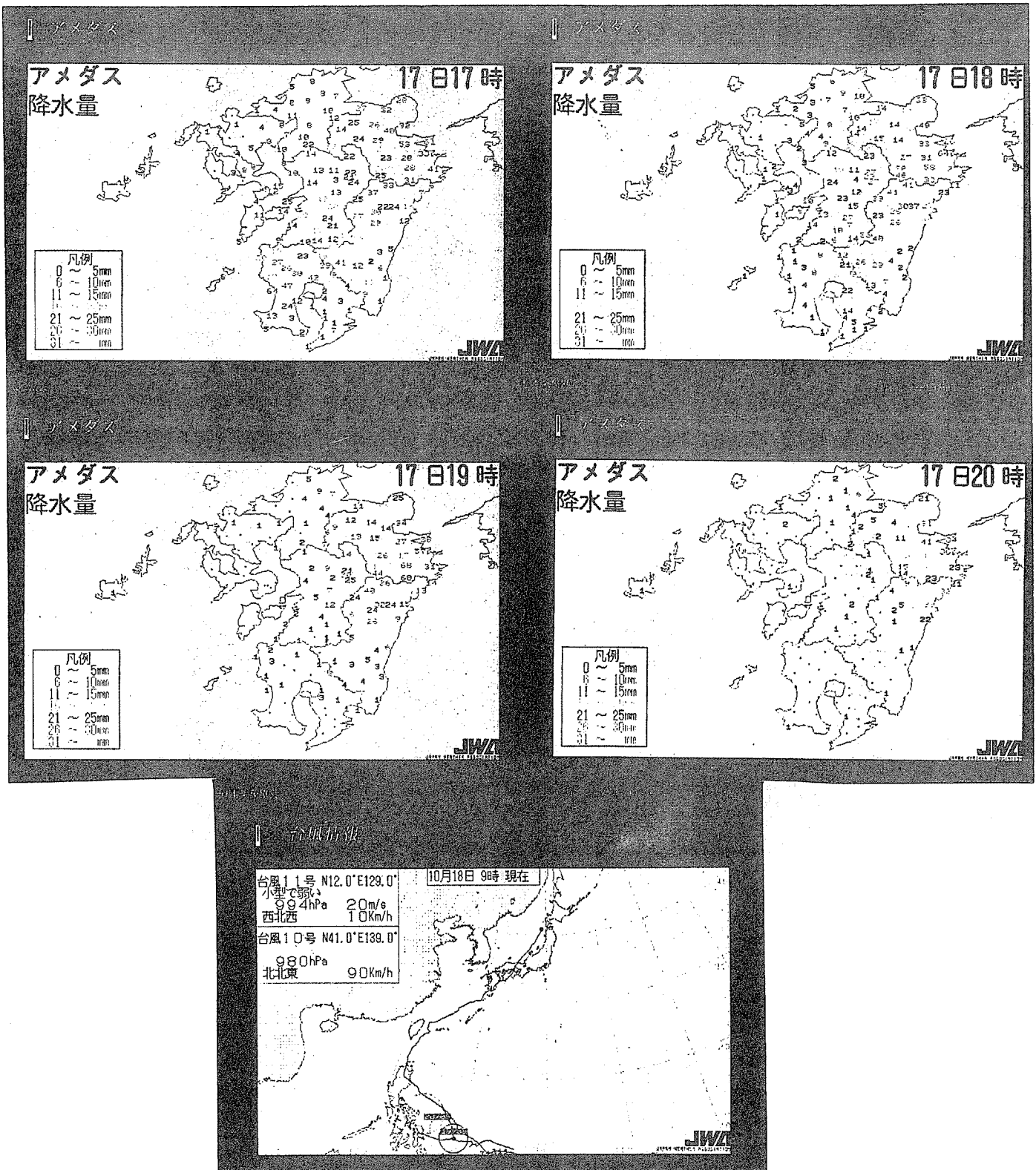


図12 日本気象協会 アメダス (<http://www2.tenki.or.jp/cgi-bin/amedas/amd1>)
九州地区 降水量 (2) 1998年10月17日

南九州地域の畑地かんがい事業完了地区の水利用の実態

宮崎大学農学部 山村善洋

1. はじめに 水利事業が完了し水利用条件が自由化された地域においては，水利用の多目的化が進み，補給灌漑目的以外の水利用実態は多様化している。本報告では，一ツ瀬川土地改良区水管理データに基づく解析結果について報告する。例えば，冬季には火山灰土壌が乾燥し季節風による土壌飛散風食防止のための散水，保温蓄熱用の水封チューブやトンネル栽培，茶の防霜目的の散水がある。一方，夏季にはハウス内外における防暑用散水，ハウス土壌の除塩やたばこ連作障害防止のための湛水防除等がある。これらの多目的水利用の定着によって農業用水の使用量は経年的に増加し続けている。

一方，水利事業本来の補給灌漑目的の場合には，栽培作物が多種類化し，栽培方法が露地栽培・ハウス栽培・雨除け栽培等に分化し，水利用機器の開発と発達により，灌水方法が多様化している。その結果，地表灌漑—散水灌漑—点滴灌漑と灌漑方式の違いにより，全面灌水から部分灌水まで実質灌水面積が栽培面積に比較し差異が生じ，灌水量は実質単位面積当たり少なくなる。また，栽培作物による栽培体系（栽培暦）の多様化により，各作物のと生育ステージにズレが生じる。さらに，作物によっては生育ステージによって灌水方法と灌水量が異なる。それは水分ストレスの掛け方が，作物の品質改良，収量増加という灌水の目的が明確化されたことにより，有効水分の上限・下限の設定範囲が狭くなっていることに関連する。すなわち，必要なだけの水使用という合理的（節水型）水利用に寄与している。さらに，年間を通じて最もポテンシャル蒸発散量が大きく，最も灌水量が多いと考えられる真夏猛暑の夏季には，高温障害を回避するために露地栽培の作付け率が低い。したがって，結果として補給灌漑用水としての使用水量が少ないという実態がある。

2. 水利用実態の特徴 以上の理由から，一昨1997年までの水利用実態の特徴として以下のことがあげられていた。

特徴1 使用灌漑水量が計画灌漑水量と比較して少ないことが挙げられる。これが1994年の早魃までの事例であった。

特徴2 灌水の時間帯がある。一例として1994年干ばつ年をみると，夏期における猛暑の時期の作物への水分補給目的の灌水は，夕刻17時頃から始まり20時～21時に灌水量のピークに達しその後徐々に減少し，気温が日最高になる13時前後には灌水量はゼロになっている。すなわち，需要主導型の配水システムにおいては灌水の時間の集中化が発生している。これには2つの大きな理由が考えられる。その一つは灌水した水分の温度異常上昇を避け作物への生理障害を防止すること，他の一つは猛暑下での灌水の作業条件の回避である。この灌水の時間帯の実態は，ローテーションブロックによって機械的に灌水の時間帯を分けて灌水することが不可能であることを意味しており，灌漑計画上無視できない重要な意味を持っている。

特徴3 利用目的の多様化と使用時間帯の限定がある。農業用水の利用目的が多様化しており，作物への水分補給灌漑以外の目的に利用されている。その一つに茶栽培における新芽の時期の霜による被害防止のための散水灌漑がある。霜注意報が出されると，深夜か

ら気温の上昇し始める夜明けまで散水を継続し、茶の葉面で氷結させその潜熱によって異常に葉温が低下しないようにして凍霜害を防止している。凍霜害防止以外に夏期における畜舎・ハウス等のクーリング用の散水利用がある。この様な利用目的が明確に限定されている場合、利用時間帯を変更することは不可能である。

3. 新たな水利用の実態 昨 1998 年の 4 月から 6 月の長雨、日照不足と 8 月の異常高温、降水量不足による早魃は水利用状況にも過去にない事象が発生した。昨 1998 年の 8 月のデータは 1994 年の早魃年と使用量が大きく異なり倍増している。8 月のこの時期この地域の早期水稲は収穫を終えている。この時期の使用量は過去、月使用量が 100 万 m^3 未満であったが、1998 年は 240 万 m^3 、最大日使用量 12.4 万 m^3 、日平均使用量 8.0 万 m^3 と記録的な使用水量を記録している。日平均使用量 8.0 万 m^3 とは畑地面積 1,200ha とし 6.7 mm/d に相当し、同様に最大日使用量 12.4 万 m^3 は 10.0 mm/d に相当する。これらの値はポテンシャル蒸発量より大きい。一ツ瀬土地改良区では、この理由について、夏季における新たな水利用法として以下のことが始まっていることと考えている。

その一つとして、茶園での水利用として、施肥後の効果を発揮させるために十分な灌水を行い肥料分を根に吸収させる方法が採られ始めたこと。その効果は抜群であるといわれている。この利用法はまだ一部であって、今後の普及次第では使用量の増加が考えられる。他の一つとして、秋作物の播種前に、乾燥した土壌に十分に灌水し保水させ、発芽条件、生育条件の改善をはかること。且つ、地温の異常上昇を防止するために散水すること。この水利用による効果も非常に大きいことが収量・品質の両面から実証された。

4. 畑地灌漑計画用水量と水使用量の实態 ポテンシャル蒸発散量に作物係数を乗じることによって基準蒸発散量を推定し、この値に栽培面積を掛けることによって推定必要水量を算定できる。この計算を各作物毎に行って、その合計を求めることによって当該地区全域での推定必要水量が算定される。

結果を図に示す。以上述べたことから畑地灌漑において使用されている水量を、畑地かんがい計画において用水量算定の基準とされているポテンシャル蒸発散量から推定される水量と比較すると、使用水量を蒸発散量から推定することは困難である。水使用の実態が補給灌漑以外にあるからである。

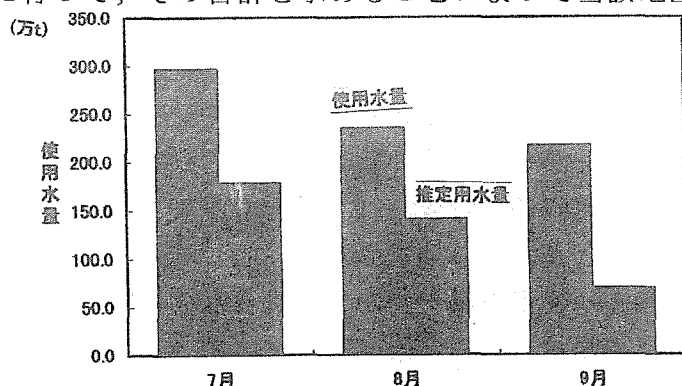


図 一ツ瀬川土地改良区における配水量 (使用水量)と推定使用水量 (1998年7~9月)

5. まとめ (水利用の実態と用水計画) かつて、水源に乏しく恒常的に水不足の‘水’条件不利地域であった地域に、いつでも使いたい量の水利用が可能になると、その使用目的はいわゆる学習によって次々に増加していくことが実証されている。目的の多目的化による水使用量の増加と、一方では灌水方法の最適化・合理化による灌水量の減量が進行している。さらに、天水依存地域であった地域では、灌漑水の二次効果として地下水の補給強化が生じており、地域水環境の保全・改善に公益的機能効果を発揮している。これらについては長期的な追跡調査が重要である。農業用水は狭義な灌漑用水のみとしてだけでなく広く営農に関わる用水としてとらえる必要があることを水利用の実態は示唆している。

6. 気象・水象の観測及び解析方法

用水機場の管理を行うに当たっては、用水機場地点及びその近傍の気象・水象の所要項目について効率的かつ経済的にデータを収集し、気象特性等を把握するとともに、取水管理及び配水管理に資するものとする。なお、観測には、必要な精度の機器を選定の上、適切な場所に設置しなければならない。

6.1 気象、水象の観測

用水機場は運転操作の目的から一般的にその稼働する時期・時間帯は不定期である。従って、用水機場の管理上必要な取水可能量や用水量の需要予測のため、用水機場地点及びその近傍において、気象・水象の観測が必要である。観測項目については各用水機場の水源の特徴や受益地域の水利用特性を考慮して決定するが、一般的な観測対象項目を表-6.1に示す。

用水機場の取水水源には河川、ダム、湖、調整池、水路及び地下水があり、用水機場の管理にはこれら水源の取入れ口における水位・流量が重要な情報となる。なお、用水機場は、取入れ口、導水路、吸水槽、ポンプ設備、吐水槽などから構成されるが、用水機場の水位は吸水槽の水位を指すこととする。また、取入れ口水位は関連する頭首工・ダム等のデータを参照する。

更に、他機関の観測データが活用できる場合は、その活用を図るべきである。用水機場の管理（施設の管理制御については表-6.2を参照）に関わる平常時及び異常時における観測施設及び観測回数の一例を表-6.3、表-6.4に示す。ここで異常時とは、渇水時、洪水時、洪水警戒時及び予備警戒時のことをいうが、用水機場の場合は特に渇水時の気象・水象の観測データと用水機場管理施設の観測データが重要な意味を持つ。

また、収集された気象・水象の観測データについては、その地域の利水等の基礎資料として整理集約し、有効活用に努める。

なお、河川からの取水の場合、河川の流況については、必要に応じて土地改良施設管理基準（頭首工編）の規定に準ずる。

表-6.1 気象・水象の観測対象項目

事項	項目	頻度
気象	天候・気温・降水量	毎日
	蒸発量・日射量・日照時間 ・風向・風速・気圧・湿度	
水象	用水機場（吸水槽、吐水槽） の水位、地下水位（地下水が 取水源の場合）	稼働時の み毎日
	積雪深・水温・結氷、水質 河川の水位・流量・放流量 ・取水量（河川取水の場合）	定期

表-6. 2 管理制御施設における管理制御項目

管 理 事 項			
対象施設名	監 視		制 御
	項 目	センサー	
取 入 れ 口	取 水 位 取 水 量 機 器 動 作	水 位 計 流 量 計 開 度 計	ゲートの開閉 バルブの開閉
用 水 機 場 (加 圧 機 場)	吸 込 水 位 吐 出 水 位 流 量 圧 力 機 器 動 作	水 位 計 水 位 計 流 量 計 圧 力 計 開 度 計	ゲートの開閉 バルブの開閉 ポンプの運転

(土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水(水田),P.93より加工引用)

表-6. 3 観測施設及び観測の回数 (平常時)

観 測 対 象 項 目	観 測 施 設				観測の回数
	名 称	位 置	観測機器	伝送方式*	
用水機場の 降 水 量	〇〇用水機場 雨量観測所	〇〇県△番地先 〇〇用水機場	雨量計	直送方式 あるいは テレメータ 方式等	毎日1回 (非常時に おいては 表-6.4)
吸水槽水位 あるいは 地 下 水 位	吸水槽 水位観測所 地下水 水位観測所	〇〇県△番地 〇〇県△番地	自記水位計 自記水位計		
吐水槽水位	吐水槽 水位観測所	〇〇県△番地	自記水位計		
降 水 量	〇〇〇〇 雨量観測所	〇〇県△番地 (標高〇〇m)	自記雨量計		
取 水 量	〇〇用水 機場管理所	〇〇県△番地	流量計		
配 水 量	〇〇流量 観測地点	〇〇県△番地	流量計		
積 雪 深	〇〇〇〇 雨量観測所	〇〇県△番地 (標高〇〇m)	積雪尺		

*伝送方式については管理施設と各観測施設の位置関係・データ量等を考慮して決定
(土地改良事業計画設計基準 設計「ポンプ場」 技術書P.515参照)

表-6.4 異常時における観測対象項目及びその最少回数

観測対象項目	渇水時	洪水時	洪水警戒及び予備警戒時
河川の水位	1日毎	1時間毎	1時間毎
降水量	1日毎	1時間毎	1時間毎
吸水槽の水位	1時間毎	1時間毎	1時間毎
吸水槽からの揚水量	1時間毎	1時間毎	1時間毎
吐水槽の水位	1時間毎	1時間毎	1時間毎
吐水槽からの配水量	1時間毎	1時間毎	1時間毎

注) 各用水機場の状況と必要に応じて観測間隔を更に短くする。

表-6.1に示す観測内容及び必要性については、次の通りである。

(1)天候

毎日の晴・曇・雨・雪等の状況を記録しておくことは、流出解析・環境評価や他の観測値の点検の上で重要である。

(2)気温

気温の観測は、異常高温、異常低温、凍霜害の予報及び流出解析に際しての雨・雪の判定、積雪量・融雪量の計算、あるいは蒸発量・蒸発散位の計算のための基礎資料として重要である。

(3)降水量

利水特に渇水時の取水・配水管理及び洪水時におけるゲート操作のための基本的な情報源として、降水量観測は重要である。これには自記雨量計を用いることを原則とする。積雪地帯では降雪量の観測も重要である。降雪量の観測は、ヒーター付きの雨量計等を用いて降水量として観測し、降雪量を降水量に換算する。

(4)河川、ダム、湖沼等の水位・流量

河川、ダム、湖沼等の水位・流量のデータは、取水源の状況を把握する上で重要である。河川やダムから情報が得られない場合や独自にデータが必要な場合は、自記水位計等を設置して観測を行う。

(5)取水量

用水機場本来の目的として必要な農業用水の取水及び計画的な利水を行うために、取水量の把握は必要不可欠である。取水量の算定法には、用水路に設置された水位計のデータに基づき水位流量曲線から算定する方法や、用水機場の水位及び取入れ口のゲート開度から算定する方法がある。

(6)用水機場の水位

用水機場の水位（用水機場地点の吸水槽水位、地下水位）の観測は、利水管理上、洪水時等の安全管理上重要である。

(7)揚水量

用水機場の揚水量を利水管理、配水管理のため超音波流量計等にて測定し、原則として自記記録する。

(8)蒸発量

用水管理・長期流出解析・水収支解析の基礎資料として、蒸発量の観測は重要であり、継続的な観測が望ましい。通常、標準蒸発計 (class A pan) を使用する方法がとられている。蒸発計は自記水位計併設方式のものが望ましい。

(参照 気象観測の手引き 毛利茂男著 (財)日本気象協会 P.93-P.95)

なお、鳥類や犬等小動物による飲水害、冬期の結氷による欠測に注意する必要がある。標準蒸発計以外の小型蒸発計を使用する場合には、標準蒸発計との対応関係を明確にしておく必要がある。

(9)日射量・日照時間

日射量・日照時間については、蒸発量・蒸発散位の算定、用水管理、あるいは、水温変化の予測等、営農上の参考資料として役立つ。

(10)風向・風速

平常時の風向・風速は、環境評価や蒸発散位の推定その他の資料となり、強風時のそれは瞬間値ではなく、10分間平均値を記録する自記風向風速計を設置して観測することが望ましい。沿岸地域の樹園地の場合、台風等の強風による潮風害(塩害)が発生する可能性がある。これを予防し、被害を防止するため、風向・風速を観測することが望ましい。

(11)気圧

気圧の計測記録は、台風や低気圧の通過状況等の判断材料として利用できる。

(12)湿度

湿度は、天気予想や蒸発量の欠測補完、蒸発散位の算定に利用でき、かつ異常乾燥注意報の予報等に重要なデータであるので、基礎的なものとして観測しておくことが望ましい。

(13)積雪深

積雪深は、積雪尺を流域内に複数設置することにより、春先の融雪流出量の予想に役立つことが多い。

(14)水温及び結氷

冷水障害が問題となる地域では水温の監視が、また、冬期結氷のある地域では結氷の有無や開始終結時期等の状況把握が重要である。

観測項目と目的の基本は、図-6.1に示すとおりである。

(15)水質

水道用水あるいは工業用水といった都市用水との共同施設の場合は、定期的に水質検査を行い、水の安全性を確認するものとする。検査項目、検査方法については、関係機関と協議して定める。

また、農業用水についても必要に応じて水質検査を行うのが望ましい。

利水管理に関する観測項目と目的の概要は、図-6.1に示すとおりである。

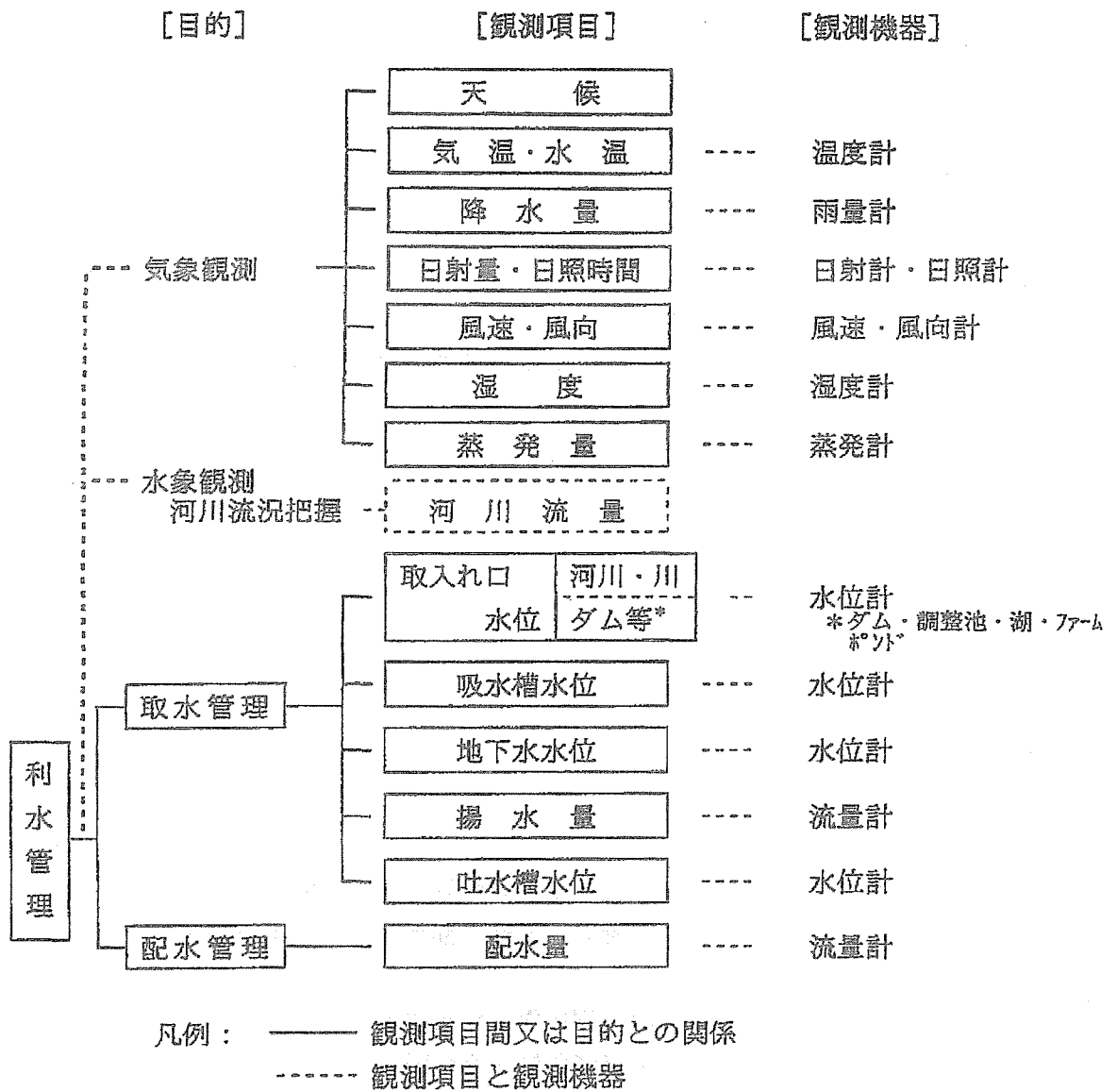


図-6.1 利水管理に関する観測項目と目的の概要

6.2 観測施設の設置及び観測

6.2.1 観測施設の設置

用水機場の管理にとって重要な取入れ口（河川、ダム、湖沼）、吸水槽、吐水槽の各水位、揚水量及び降水量等の観測に関しては、適切な観測施設の仕様及び設置場所を以下のとおり選定する。

なお、上流にダム等がある場合、そこで観測されている降水量、流入量、放流量、貯水量等の時々刻々のデータは、用水機場の管理に活用するようにする。

(1) 水位観測施設

1) 水位計

水位計は、フロート式又は圧力式等、構造が簡単で故障の少ないものがよい。アナログ型自記記録計の場合には、少なくとも1cm以下の水位変化が解読可能で、かつ、紙送り速度が6mm/h程度のもので選ぶものとする。用水機場地点の河川水位が河川の計画高水位を超えた場合にも対応できるよう、水位計は用水機場地点の堤防高さまで完全に記録できるものとする。

また、水位計の設置に併せて水位記録の点検用に量水標の併設が必要である。用水機場の管理上必要とされる水位の時々刻々の情報伝達は、直送方式又はテレメータ方式等による。

近年は電子機器の進歩に伴い、メモリーカード、ICカード、メモリーパック等各種の記憶媒体にデータを記録し、パソコンでデータを整理する方式がかなり普及してきているので、これらの方式を併用するのもよい。

2) 設置場所

用水機場の水位の観測は、取水による水位の影響のない場所、上流からの流入水の影響のない場所、風波の影響のない場所で、管理上都合の良い場所を選定の上、原則として量水塔を設置して行う。

取入れ口の上・下流に河川水位の情報を得るために水位計を設置する場合も、原則として量水塔を設置して収納する。上流における水位観測は、用水機場地点での流入量の予測に活用できるようにするため、なるべく時間的余裕が期待できる地点で行う。水位計の設置場所の選定は、テレメータ方式等に都合のよいという点を除けば、通常の河川におけるそれと同じである。すなわち、なるべく河道の直線部であって、河床勾配の安定している断面変化の少ない場所、土砂の流入の少ない場所、取水による水位の影響のない場所、常時流水のある場所及び維持管理が容易な場所（道路近傍であることなど）を選定すればよい。

(2)降水量観測施設

1)雨・雪量計

雨量計は、0.5mm/1 転倒又は1.0mm/1 転倒の転倒升式雨量計が望ましい。現地で自記記録をする場合の記録計は、自記紙の紙送り速度6mm/h程度のもとする。メモリーカード、ICカード、メモリーバック等各種の記憶媒体にデータを収録し、パソコンでデータを整理する方式を併用するのも一つの方法である。

時々刻々の情報伝達の必要な場所の雨量データの伝送は、直送方式又はテレメータ方式等による。

雪量計としては、ヒーター付き雨量計の使用が現段階では最良の方法といえる。雪量計を積雪尺と読み替えることもあるが、綿密な計画に従って流域内に多くの積雪尺を立て、頻繁に踏査観測をするのでなければ流域内平均降雪量の推定精度は疑問である。しかし、これらの観測値は春先の融雪流出量の概略予想に役立つことが多い。積雪尺は、気温と降水量から推定される積雪量の点検用を兼ね、雨量計の近傍に設置することが多い。

2)設置場所

用水機場流域の流域降水量が的確に把握できるよう、地形特性、降水特性を充分考慮して、観測施設を設置する。

雨量計は、特に風の影響の少ない場所で、建物や樹木等の影響を受けにくい場所に設置する。すなわち、なるべく平坦な広い場所の中央部に設置する。高い建物等の近くに設置する場合には、その建物の高さの4倍以上離すことが望ましい。

また、将来の開発についても調査し、長期間継続して観測できる地点及び観測所の維持管理が容易な地点を選定する。

(3)取水量（揚水量）観測施設

1)流量計・水位計

取水量（揚水量）は、用水路等に設置されたフロート式水位計、圧力式水位計等による水位データから水位流量曲線を用いて算定する方法、用水機場の水位と取入れ口ゲート開度から算定する方法、あるいは、用水路等に設置された超音波流量計、電磁流量計等により計測する方法がある。何れの方式を採用する場合にも、所定の流量精度が確保できるとともに、維持管理が容易な方式とする必要がある。

なお、水位計で取水量（揚水量）を観測する場合には、水位計の仕様は(1)、1)に準ずればよい。

2)設置場所

正確な取水量（揚水量）を把握するため、流量観測や維持管理に便利な地点を選ぶ必要がある。具体的には、断面変化のない流れが安定している地点、観測計器の点検整備の行いやすい地点を選ぶ必要がある。

また、水位流量曲線から流量を求める場合には、下流水位の影響の少ない地点とする必要がある。

(4)気温観測施設

融雪量解析を行う場合等に必要な気温観測施設も以下を準用する。

1)温度計

温度計は、原則として通風筒式の白金抵抗温度計を用いることが望ましい。気温測定は、受感部の空気以外との熱交換を除くため、通風筒あるいは百葉箱等の適当な日除けをつけて放射熱交換を防ぐ必要がある。

2)設置場所

気温の測定高度は地上約1.5mとする。気温は測定場所の地表の状態や周辺との位置関係に左右されるので注意が必要である。具体的には、測定地点としては、建物や樹木等の日陰にならない水平な場所を選び、芝を植え、時々刈り込みをして短くしておく必要がある。

【参考】水管理制御方式技術指針（観測設備編）：構造改善局

観測施設の設置場所等の詳細については、農林水産省構造改善局制定の「水管理制御方式技術指針（観測設備編）」を参考とする。

6.2.2 観測要領

観測要領を表-6.5に例示する。この表において最小単位は、通常の利水管理を想定して定めたものであり、更に詳細な観測精度を必要とする場合は必要に応じて運用する。

なお、これらのデータ整理作表に際しては、観測時間や最小単位は明示しておく。

表-6.5 気象・水象の観測要領

項	目	観測時間	最小単位	備考
気象	天候	0-24		
	気温	9	0.1 °C	
	最高気温	0-24	//	
	最低気温	0-24	//	
	日平均気温	0-24	//	
	降水量	9-9	1.0 mm (又は0.5 mm)	
	//	0-24	//	
	蒸発量	0-24	0.5 mm (又は1.0 mm)	
	日射量	0-24	0.1 MJ/ (m ² d)	
	日照時間	0-24	0.1 h	
	風向	9	16 方位	
	風速	9	0.1 m/s	
	最大風速	0-24	//	
	気圧	9	1.0 hpa	
	湿度	9	1.0 % (又は0.5 %)	
積雪深	9	1.0 cm		
水象	用水機場の水位	9	1.0 cm	注) 但し、河川管理者との協議に伴い精度変更される場合がある。
	(貯水量)	9	1,000 m ³ 等	
	取水量※	9-9	0.1 m ³ /s又は1,000 m ³ /d等, 最大貯水量の1/1,000程度を目安として定める	
	河川流量	9	0.1 m ³ /s	
	水温	9	0.1 °C	
	結氷	9		
その他	天気予報			気象官署の予報 テレビ等の報道
	警報 季節事象			

※は有効数字2桁 (又は3桁) で表示する。

【参考】気象・水象観測データの整理様式の例

気象・水象の観測データは、将来の用水機場管理や各種の計画の基礎資料として極めて有用なものであるから、例えば、次のような要領で利用しやすいように整理しておくことが望まれる。

なお、近年パソコンが普及していることからパソコン等によるデータの活用等も考えられるので、フロッピーディスク等にデータを保存しておくことも有用である。

毎日の観測値等のとりまとめの例として、

様式－1 ○○用水機場 管理日報（例）、

様式－2 ○○用水機場 管理月報（例）

を示す。

〔様式 - 1 ○○用水機場 管理日報 (例) 〕

年 月 日 (曜日)

時刻	気温	降水量	吸水槽水位		吐水槽水位		揚水量 ①	自然 流入量 ②	取水量 ①+②	配水量		備 考
			最低	最高	最低	最高				幹線1	幹線2	
	°C	mm/h	m	m	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1:00												
2:00												
3:00												
4:00												
5:00												
6:00												
7:00												
8:00												
9:00												
10:00												
11:00												
12:00												
13:00												
14:00												
15:00												
16:00												
17:00												
18:00												
19:00												
20:00												
21:00												
22:00												
23:00												
24:00												
Max	°C	mm/h	m	m	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	日最大・最高
Min	°C	mm/h	m	m	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	日最小・最低
Ave Σ	°C	mm/d	m	m	m	m	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	日積算・平均

〔様式 - 2 ○○用水機場 管理月報 (例) 〕

年 月

日	気温	降水量	蒸発量	吸水槽水位		吐水槽水位		揚水量 ①	自然 流入量 ②	取水量 ①+②	配水量		備 考
				最低	最高	最低	最高				幹線 1	幹線 2	
	°C	mm/d	mm/d	m	m	m	m	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Max	°C	mm/d	mm/d	m	m	m	m	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	月最大・最高
Min	°C	mm/d	mm/d	m	m	m	m	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	月最小・最低
Ave	°C	mm/d	mm/d	m	m	m	m	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	×1000m ³ /d	月平均
計		mm/m.	mm/m.	---	---	---	---	×1000m ³ /m	×1000m ³ /m	×1000m ³ /m	×1000m ³ /m	×1000m ³ /m	月積算

6.3 河川流況等の把握

6.3.1 河川流況の把握

用水機場の利水管理のためには、降水量や長期の河川流況の把握が必要である。河川直接取水の用水機場の場合は、一般に洪水や高水の直接影響を受けない施設になっているものと考えられる。そこで、用水機場の場合、河川の流況として重要なのは、豪雨や長雨による洪水や高水の場合ではなく、河川から取水する時期、用水機場を稼働させる必要のある時期及び渇水時期の河川流況である。但し、取入れ口の操作管理上、河川水位情報（場合によっては河床変動の状況を含む）や、洪水時における河川水位の上昇予測等の情報が必要であることは当然のことである。

1) 河川流況と取水可能量との関係

河川取水の場合、水利使用規則に、期別毎に最大取水量が決められている。河川の流況が良好であっても、期別毎の取水可能量の上限が決められている。また一方、少雨のため河川の流況が渇水状態に近づくと、節水が必要となる。従って、河川取水の場合、河川の流況は取水管理上、非常に重要な意味を持っている。

2) 河川流況と用水機場の稼働状況との関係

用水機場の稼働状況は受益地域の必要水量によって決まる。受益地における必要水量の状況に応じて取水量、配水量は決定されることになるが、一般的には必要水量の増加と河川の流況とは相反するものとなる。何故ならば、必要水量は受益地域での有効雨量の減少に伴って増大するものであって、この様な状態の時期には河川の流量は減少するからである。その結果、少雨時の河川の流量の長期予測と必要水量の予測は非常に重要な意味を持つ。

6.3.2 少雨時の河川流量の長期予測

(長期流出解析 ータンクモデルによる日流量の計算ー)

(1) タンクモデル

長期流出解析は水資源計画や水利用計画などに利用される。長期流出解析では長期間のデータを対象にし、場合によっては10年以上の流量を解析することもある。このように長期にわたる流出減少を解析するため、降水だけでなく蒸発散も考慮する。更に、冬期に積雪が見られる流域では、積雪・融雪も対象にする。

タンクモデルは、菅原によって提案されたモデルであり、わが国における代表的な長期流出解析手法の一つである。このモデルは図-6.2に示すように、側面に1~2個の流出孔、底面に1個の浸透孔を持つタンクを直列にいくつか並べて、河川流量を求める方法である。長期流出解析には4段型タンクモデルがよく使われる。

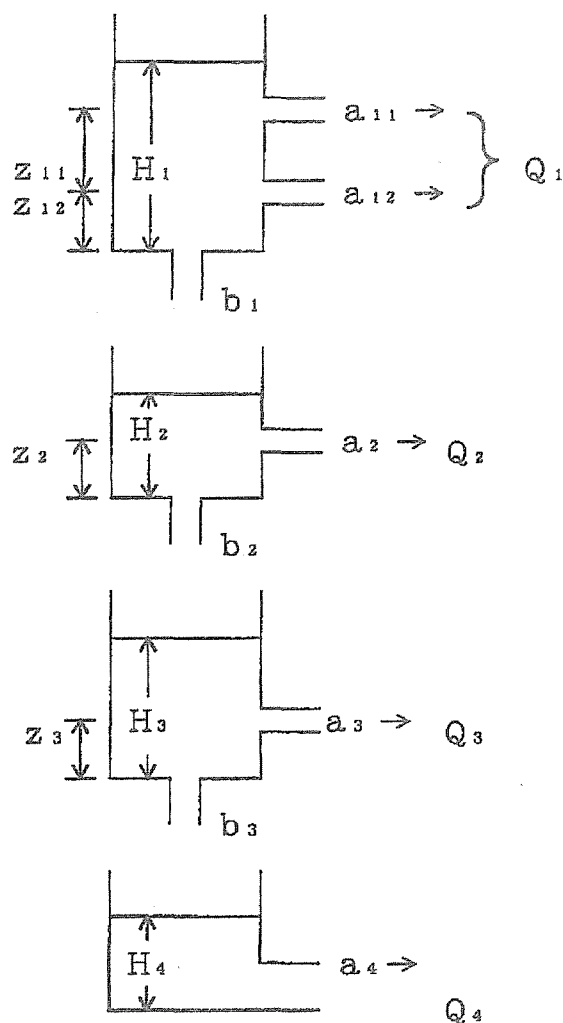


図-6.2 タンクモデル

流域降雨は最上段タンクに注入する。第2段以下のタンクは、すぐ上のタンクの浸透孔からの水を受ける。各タンク内の水は、一部は側面の流出孔から外部（河道）に流出、一部は底面の浸透孔からすぐ下のタンクに浸透する。各タンクの流出孔からの流量の和を河川流量とする。

晴天日には蒸発があるが、これは上段のタンクから優先的に差し引く。

また、側面流出孔は底面よりも少し高い位置にある。このようにしておくと、晴天続きでタンクが空になっているところに、小雨があってもタンク内の水は流出孔高には達せず、雨水は下のタンクに浸透してしまい計算流量は殆ど増えない。これは、晴天後の雨水は地中に浸透した後、地下水となってゆっくりと河道に流出することに対応している。

このモデルは、複数段のタンクで流域表層条件を表現していること、複数の側面流出孔で降雨・流出の非線形性を表現していることなどから、長期流出にはよく適応するとされている。

(2) 流出計算

タンクモデルによる計算は簡単である。すなわち、孔の高さ z よりもタンク貯留高 H が大きい場合にのみ流出があるとし、その流出高 (mm/d) は、孔の高さを超える水深 ($H - z$) に比例するものとしている。また、浸透量 (mm/d) は水深に比例するものとする。

日単位の長期流出解析では、計算の単位時間 Δt も 1 日とする。流量・雨量・蒸発量の単位は mm/d、水深や孔の高さは mm、孔の係数は d^{-1} の単位である。この場合の計算手順は次のようである。

① 第 1 段タンクの計算

n 日目に降水量 r_n (mm/d) があれば、前日の貯留残高 h_{n-1} にこれを加えて、この日の第 1 段タンクの水深 H_n (mm) は、

$$H_n = h_{n-1} + r_n \Delta t$$

また無降雨ならば、当日の蒸発量 E_n (mm/d) を用いて、次のようにする。

$$H_n = h_{n-1} - E_n \Delta t$$

② いま図-6.2のように、 $H_n > z_{11} + z_{12}$ とすると、この日の第 1 段タンクからの流出量 q_n (mm/d)、浸透量 p_n (mm/d) は次のようになる。

$$q_n = a_{11} \cdot (H_n - z_{11} - z_{12}) + a_{12} \cdot (H_n - z_{12})$$

$$p_n = b_1 H_n$$

この p_n は、その日の第 2 段タンクへの供給量である。

③ 従って、この日の残高 h_n (mm) は、

$$h_n = H_n - q_n \Delta t - p_n \Delta t$$

④ 同様の計算を第 2 段以下のタンクについても行う。

⑤ 各タンクからの流出高 q の和をこの日の計算流量とする。

⑥ 次の日の計算を行うために、 $n \rightarrow (n+1)$ として、①へいく。

なお、上記各式において、 $\Delta t = 1$ 日であることから、 Δt の記号が省略されているのが普通である。

上述の計算において、無降雨日が続き、最上段の水深が $E_n \Delta t$ 以下又は 0 になったならば、不足分は第 2 段タンクから差し引く。第 2 段タンクも空になったならば、不足分は第 3 段タンクから差し引く、……、と蒸発量が不足した量はそのすぐ下のタンクから順次差し引くようにするのが一般的である。

(3) モデル定数

タンクモデルの未知定数 (図-6.2 参照) には、流出孔高 $z_{11} \sim z_{13}$ 、流出孔係数 $a_{11} \sim a_{14}$ 、浸透孔係数 $b_1 \sim b_3$ がある。これらの定数決定を自動的に行う方法もいくつか提案されているが、実測ハイドログラフと計算ハイドログラフを目視で比較しながら、試行錯誤的に決めてもよい。その際、以下のわが国山地流域のモデル定数の範囲あるいは標準的な値が参考になる。

	山地流域のモデル定数の範囲	標準的な値
Z ₁₁	20 ~ 50	25
Z ₁₂	5 ~ 15	15
Z ₂	5 ~ 15	15
Z ₃	5 ~ 50	15
a ₁₁	0.08 ~ 0.30	0.2
a ₁₂	0.03 ~ 0.20	0.2
a ₂	0.02 ~ 0.15	0.05
a ₃	0.003 ~ 0.06	0.01
a ₄	0.001 ~ 0.005	0.002
b ₁	0.10 ~ 0.35	0.2
b ₂	0.03 ~ 0.15	0.05
b ₃	0.06 ~ 0.08	0.01

なお、流出孔・浸透孔の係数は1以下の正の値とし、各タンクについて流出孔と浸透孔の係数の和は1以下にする。これらの孔の定数は下段のタンクほど小さくするのが普通である。

(4)積雪量・融雪量の推定

積雪は山頂付近から起こると考えられるが、これを表現するため流域を標高に応じて4地帯に分け、各地帯の気温が0℃を超えるならば雨として降水量を取り扱う。この雪は気温と雨によって融けると考える。なお、積雪量・融雪量は水深換算値で行う。

積雪・融雪の具体的な計算手順は次の通りである。

①流域を標高別に4分割し、面積-高度曲線などから各地帯の面積比率 w_k ($k=1, \dots, 4$)を決める。(標高の低い方から第1地帯, 第2地帯, ...とする。)

②次式で、第 n 日目の気温観測地点の日平均気温 T_0 を推定する。

$$T_0 = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 \quad \text{又は} \quad T_0 = 0.6 T_{\max} + 0.4 T_{\min}$$

ここに、 T_{\max} , T_{\min} : 気温観測地点における日最高及び日最低気温。

③地帯 k の日平均気温 T_k (°C) を求める。なお、 T_k は標高が100m高くなるごとに0.6℃低下するものとして、次式から求める。

$$T_k = T_0 - 0.6 \cdot (L_k - L_0) / 100$$

L_k : 第 k 地帯平均標高 (m), L_0 : 気温観測地点標高 (m)

$T_k \leq 0^\circ\text{C}$ ならば④にいき、 $T_k > 0^\circ\text{C}$ ならば⑤にいく。

④日降水量 r_k を雪とし、これを次式のように積雪量 s_k (mm) に加える。

$$(s_k + r_k \Delta t) \rightarrow s_k$$

次に、雨 $r_k \rightarrow 0$, 融雪量 $m_k \rightarrow 0$ と置いて、⑥にいく。

⑤ T_k が0℃を超えるから、 r_k を雨として、次式で融雪可能量 m_k (mm/d) を求める。

$$m_k = \beta T_k + r_k T_k / 80$$

ここに、 β は定数であり、 $\beta = 6$ としてよい。

⑤-1 融雪により積雪量は減少するので、 $s_k \geq m_k \Delta t$ ならば、次のように置いてから⑥にいく。

$$(s_k - m_k \Delta t) \rightarrow s_k$$

⑤-2 $s_k < m_k \Delta t$ ならば、 m_k に見合う積雪量がないので、次のように m_k を頭打ちに

してから⑥に行く。

$$m_k = s_k / \Delta t, s_k = 0$$

⑥全ての地帯の積雪量・融雪量を計算する。(k=1, 2, 3, 4)

⑦第1段タンクへの入力r (mm/d)を求める。これは雨と融雪量の和であり、第k地帯の面積割合 w_k を用いると、次のようになる。

$$r = \sum_{k=1}^4 w_k \cdot (r_k + m_k)$$

⑧このrを用いて、その日の日流出高を計算する。

⑨次の日の計算をするために、 $n \rightarrow (n+1)$ として、②へいく。

(5)地域降水量・蒸発量の推定

一般に、降水量は地域毎に異なる。各地域に降水量観測地点がある場合には、その観測値をその地域降水量に利用してよい。降水量観測値のない地域では、他の地域降水量の観測値から推定する。特に標高が高いと冬期には雪で観測点に近づけないため、観測を休止するところが多い。従って、標高の高い第3, 4地帯の降水量は、低地の第1, 2地帯の降水量よりもかなり多く割り増しにする。(そうしないと、水収支が合わない場合が多い。)

計算に用いる蒸発量 (mm/d) は流域蒸発散量であり推定しにくいものであるが、菅原は計器蒸発量の月合計値 (mm) を月の日数で除して日平均値 E_p (mm/d) を求め、次のようにすればよいとしている。

$$\begin{aligned} \text{流域平均蒸発散量 } E &= E_p ; (\text{日降水量}) \leq 1 \text{ mm/d} \\ &= 0 ; (\text{日降水量}) > 1 \text{ mm/d} \end{aligned}$$

ただ、雨天日の蒸発は、解析者の判断に基づき、 αE_p ($0 \leq \alpha < 1$) の蒸発散があるとするところもある。

また、計器蒸発量の資料が入手できない場合には、推定蒸発散位を代用してもよい。蒸発散位の推定にはPenman (ペンマン) 式やMakkink (マッキンク) 式等がある。

6.3.3 蒸発散量の推定

蒸発散量は水文循環において重要な要素で、前述の流出解析に必要なばかりでなく、用水事業計画においても重要な意味を持っており、土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水 (水田), 同(畑)の中で詳細に述べられている。この計画基準では、かんがい基準年についての蒸発散量を基準蒸発散量と定義し、これをPenman蒸発位に基づいて算定することになっている。ところで、作物生産の場である圃場での蒸発散量の推定は、利水管理上日々変化する気象条件に対応して変化する必要水量の推定をするために重要であり、また水管理に積極的に活用すべきである。以下に、蒸発散量の推定法について述べるが、推定に必要な気象データは日射量、気温、湿度、風速の4項目であって、

今後の用水機場の利水管理にはこの程度の基本的な気象要素を測定可能な気象観測システムは必需品と考えられる。測定と同時にP.44に示すプログラムによって蒸発散量の推定結果も利用できる。

(1)蒸発散位の定義と推定法

Penman (1948) は水面からの蒸発量を，気象4要素の日照時間（日射量），気温，湿度，風速データに基づいて算定する方法を提唱した。この方法で算定される蒸発量がPenman蒸発位あるいはポテンシャル蒸発量と定義されている。

このPenman法を改良修正し，有効土壌水分が充分であって，草丈の短く，完全に地表面を覆った草地からの蒸発散量を推定する式が提唱された。この修正Penman式により算定される蒸発散量を蒸発散位あるいはポテンシャル蒸発散量と定義している。

蒸発散位の推定法にはいくつかの方法が提案されてきたが，現在最も一般的に採用されている推定法は修正Penman法によるものである。以下に，修正Penman法の概要を説明するが，以降この修正Penman法（式）を単にPenman法（式）ということにする。

(2)Penman法による蒸発散位の推定

Penman法による蒸発散位の推定には，日射量，気温，湿度，風速の気象データがあればよい。日射量データがない場合には，日照時間のデータから日射量を推定して行うこともできる。Penman法は熱収支法と空気力学的方法とを組み合わせた方法であるため，組合せ法とも言われる。Penman法による蒸発散位の推定値を ET_{pen} とすると， ET_{pen} (mm/d換算値) は次式で表される。

$$ET_{pen} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n - G}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u) (e_s - e_a)$$

ここで， Δ : 平均気温における飽和水蒸気圧曲線の勾配 (hPa/°C)

γ : 乾湿計 (サイクロメータ) 定数 (hPa/°C)

L : 蒸発の潜熱 (MJ/kg)

R_n : 純放射量 (MJ/m²/d)， G : 地中熱流量 (MJ/m²/d)

$f(u)$: 風速関数， u : 風速 (m/s)

例えば， $f(u) = 0.26 \cdot (1.0 + 0.54u)$

$e_s - e_a$: 飽差 (hPa；飽和水蒸気圧 (e_s) と水蒸気圧 (e_a) との差)

但し，ここに記した単位の取り方，風速関数の与え方は一例である。

Δ ， γ ， L 及び飽差 ($e_s - e_a$) は平均気温，湿度が与えられると求められる値であり，地中熱流量 G は通常 R_n と比較して無視できる大きさである。(一般的に $G \approx 0$) また，純放射量は，日射量データから計算によって推定できる。

以上のことから、Penman法による蒸発散位の推定は、現在では通常行われている気象観測で得られる日射量、気温、湿度、風速の気象データによって可能になっており、しかも簡単なベーシックプログラムによって、これらのデータを入力すれば容易に蒸発散位の推定値を得ることができる。

(3)蒸発散量の推定

蒸発散位は気象条件によって決まる値であるが、作物が栽培されている圃場からの蒸発散量（実蒸発散量）は、蒸発を引き起こす気象状態と、水を放出する側の作物と圃場の水分状態によって決まる。一般に用水計画では、気象の影響を蒸発散位で表し、作物の特性と圃場の状態による影響を作物係数で表し、その積として蒸発散量を推定する方法が採られている。

$$\text{蒸発散量} = \text{作物係数} \times \text{蒸発散位}$$

従って、かんがいに必要な用水量を推定する際に、この気象条件から蒸発散位を推定することは今後の用水機場の管理上必要不可欠な業務になると考えられる。

この蒸発散位と配水量の実態の一例を図-7.3(P.53)に示している。

(4)Penman法による蒸発散位の推定プログラム

Penman法による蒸発散位の推定計算プログラムの一例を以下に示す。

```

Penman法によるETpen計算プログラム (一例)
100 REM PENMAN ET CALCULATION PROGRAM          : ペンマンETの計算
110 INPUT "SUNRAD-THEOR";SRT                    : 大気外理論日射量 (MJ/m2/d)
120 INPUT "SUNRAD-OBSER";SRO                    : 日射量 (観測値) (MJ/m2/d)
130 INPUT "MEAN AIR TEMP";TA                    : 日平均気温 (観測値) (°C)
140 INPUT "MEAN REL HUMID";RH                   : 日平均湿度 (観測値) (%)
150 INPUT "MEAN WIND SPEED";U                  : 日平均風速 (観測値) (m/s)
160 ES=6.11*EXP(17.4*TA/(239+TA))                : es (hPa)
170 EA=RH/100*ES                                  : ea (hPa)
180 DVP=ES-EA                                     : 飽差 (hPa) = es - ea
190 DEL=ES*17.4*239/(239+TA)2                  : Δ (hPa/°C)
200 RAM=2.50-0.0024*TA                            : L (MJ/kg)
210 GAM=0.66                                       : γ=0.66 (hPa/°C)
220 FU=0.26*(1.00+0.54*U)                         : 風速関数
230 IF SRT=0 THEN 260                             : 純放射量推定式が得られている場合
240 ALWR=(0.325-0.044*SQR(EA))*11.7*10-3       : 有効長波放射
      *(273+TA)4*(1.22*SRO/SRT-0.18)/23.4
250 RN=(1-0.2)*SRO-ALWR                          : 純放射量 (MJ/m2/d)
255 GOTO 270
260 RN=0.72*SRO                                   : 純放射量 (MJ/m2/d)
270 ETP=DEL/(DEL+GAM)*RN                          : ETpen (cal/d換算値)
      + GAM/(DEL+GAM)*FU*DVP
280 ETPEN=ETP/RAM*10                              : ETpen (mm/d換算値)
290 PRINT TA,RH,U,SRO,ETPEN                      : 計算結果の出力 (Display)
300 LPRINT TA,RH,U,SRO,ETPEN                    : 計算結果の出力 (Printer)

```

純放射量を大気外理論日射量のデータを用いて推定する場合を示しているが、純放射量推定式(260)が得られている場合には、大気外理論日射量を用いて計算する必要はないので、110のSRT=0とし、240、250の計算を省略する。

(5)蒸発散位の計算例

Penman法による蒸発散位の算定には、先述のように気象データとして日射量、気温、湿度、風速の4項目が必要である。ところで、これらのデータが分、時間、日の時間単位の積算値あるいは平均値として得られているかによって、その時間単位に対する蒸発散位が計算で求まる。実用的には蒸発散位の計算値は通常1日単位で得られれば充分であるので、1時間毎のデータを記録・保存できる観測システムを準備すればよいと考えられる。以下に日データに基づく計算結果の一例を、宮崎大学農学部気象観測露場データを用いて示す。ここでは干ばつ年であった1994年7月12日の計算例と、1日毎のデータに基づく計算結果を月報として整理した一例を示す。

Penman法によるET_{pan}計算結果 (一例) 1994.7.12

```

100 REM PENMAN ET CALCULATION PROGRAM : ペンマンETの計算
110 SRT=0 : 大気外理論日射量 (MJ/m2/d)
120 SRO=27.2 : 日射量 (観測値) (MJ/m2/d)
130 TA=28.4 : 日平均気温 (観測値) (°C)
140 RH=71.1 : 日平均湿度 (観測値) (%)
150 U=2.5 : 日平均風速 (観測値) (m/s)
160 ES=6.11*EXP(17.4*TA/(239+TA)) : es (hPa)
    =6.11*EXP(17.4*28.4/(239+28.4))
    =38.78
170 EA=RH/100*ES : ea (hPa)
    =71.1/100*38.78
    =27.57
180 DVP=ES-EA : 飽差 (hPa) = es - ea
    =38.78-27.57
    =11.21
190 DEL=ES*17.4*239/(239+TA)2 : Δ (hPa/°C)
    =38.78*17.4*239/(239+28.4)2
    =2.255
200 RAM=2.50-0.0024*TA : L (MJ/kg)
    =2.50-0.0024*28.4
    =2.43
210 GAM=0.66 : γ=0.66 (hPa/°C)
220 FU=0.26*(1.00+0.54*U) : 風速関数
    =0.26*(1.00+0.54*2.5)
    =0.611
230 IF SRT=0 THEN 270 : 純放射量推定式が得られている場合270へ

    純放射量をこの日の大気外理論日射量 (41.8 MJ/m2/d) から推定する場合
240 ALWR=(0.325-0.044*SQR(EA))*11.7*10-8 : 有効長波放射
    *(273+TA)4*(1.22*SRO/SRT-0.18)/23.4
    =(0.325-0.044*√27.57)*11.7*10-8
    *(273+28.4)4*(1.22*27.2/41.8-0.18)/23.4
    =55.7/23.4 =2.38
250 RN=(1-0.2)*SRO-ALWR : 純放射量 (MJ/m2/d)
    =0.8*27.2-2.38 =19.38
255 GOTO 270

*大気外理論日射量は理論式若しくは数表を参照して求める。
260 RN=0.72*SRO : 純放射量推定式 (MJ/m2/d)
    =0.72*27.2
    =19.58

```

$$\begin{aligned}
 270 \text{ ETP1} &= \text{DEL}/(\text{DEL}+\text{GAM}) * \text{RN}/\text{RAM} && : \text{ETpen1 (第1項)} \\
 &= 2.255/(2.255+0.66) * 19.58/2.43 \\
 &= 6.23 \\
 275 \text{ ETP2} &= \text{GAM}/(\text{DEL}+\text{GAM}) * \text{FU} * \text{DVP} && : \text{ETpen2 (第2項)} \\
 &= 0.66/(2.255+0.66) * 0.611 * 11.21 \\
 &= 1.55 \\
 280 \text{ ETPEN} &= \text{ETP1} + \text{ETP2} && : \text{ETpen (mm/d換算値)} \\
 &= 6.23 + 1.55 \\
 &= 7.78
 \end{aligned}$$

以上の計算結果より、Penman法による1994.7.12の蒸発散位は7.78mm/dとなる。
同様にして得られた1994年7月の計算結果を月報として以下に示す。

日	平均気温 (°C)	平均湿度 (%)	平均風速 (m/s)	日射量 (MJ/d)	ETpen1 (mm/d)	ETpen2 (mm/d)	ETpen (mm/d)	蒸発量 (mm/d)	降水量 (mm/d)
1	28.2	80.7	2.1	19.71	4.50	0.94	5.44	5.4	0.0
2	28.5	79.3	2.2	21.32	4.89	1.04	5.93	5.7	0.0
3	28.5	80.8	2.2	23.92	5.49	0.96	6.45	5.1	0.0
4	28.6	78.2	2.3	26.06	5.98	1.12	7.10	6.5	0.0
5	27.7	83.0	2.4	24.70	5.61	0.88	6.49	4.2	0.0
6	29.4	74.7	2.8	25.05	5.81	1.48	7.29	5.9	0.0
7	29.4	75.2	2.8	24.69	5.72	1.45	7.17	5.7	0.0
8	27.8	85.8	2.3	25.24	5.74	0.72	6.46	5.0	0.0
9	27.5	90.5	2.1	22.04	4.99	0.45	5.45	5.0	0.0
10	28.1	83.1	2.2	23.80	5.43	0.84	6.27	4.6	0.0
11	28.5	74.2	2.8	26.60	6.10	1.48	7.58	5.2	0.0
12	28.4	71.1	2.5	27.20	6.23	1.55	7.78	6.2	0.0
13	28.8	77.1	2.4	25.80	5.94	1.21	7.15	5.1	0.0
14	28.6	85.5	2.5	24.40	5.60	0.78	6.38	5.0	0.0
15	28.7	85.1	2.6	24.50	5.63	0.82	6.45	5.1	0.0
16	29.1	84.6	2.3	24.50	5.66	0.80	6.46	4.4	0.0
17	28.5	87.8	2.2	23.50	5.39	0.61	6.00	5.2	0.0
18	28.0	87.2	2.2	24.00	5.47	0.63	6.10	4.3	0.0
19	28.1	81.0	2.3	20.76	4.74	0.97	5.70	5.2	0.0
20	27.3	84.2	2.3	22.93	5.18	0.79	5.97	6.4	0.0
21	27.3	87.0	2.3	21.63	4.89	0.65	5.54	5.8	0.0
22	28.2	77.4	2.2	17.03	3.89	1.12	5.02	5.3	0.0
23	26.5	88.9	3.8	8.82	1.97	0.75	2.72	2.0	33.5
24	24.7	92.3	3.7	2.16	0.47	0.49	0.96	0.6	61.5
25	26.1	86.1	2.4	8.48	1.88	0.70	2.58	1.3	6.5
26	28.2	83.0	1.7	14.28	3.26	0.74	4.00	4.0	0.5
27	26.6	93.9	1.8	12.13	2.71	0.27	2.98	1.9	18.0
28	27.2	90.7	2.3	21.72	4.90	0.47	5.36	4.4	0.0
29	26.8	91.8	1.6	9.69	2.17	0.34	2.51	2.2	0.0
30	27.1	90.6	2.0	15.61	3.52	0.44	3.95	3.0	0.0
31	27.1	93.6	2.7	11.77	2.65	0.35	3.00	2.0	23.0

7. 利水管理

利水管理は、取水管理と配水管理に区分される。用水機場での取水に当たっては水利使用規則に基づくとともに、水源の状況と受益地の管農状況等を考慮して適切に管理し、その記録を保存する必要がある。また、濁水時には受益地内部の調整及び利水者間での調整が必要となることから、水利協議会、施設を共用する他種利水者とで組織する水利調整協議会において、更に他の水利使用者とで構成する水系レベルの節水対策協議会等がある地域では、当該組織を通じてあらかじめその対応を検討しておくことが望ましい。

7.1 取水管理

7.1.1 取水調整

農業用水の取水に当たっては、水利権の範囲で行う必要があるため、年間取水計画を作成し、これに基づき取水する。

取水を円滑に進めるためには、「4. 管理の組織」で述べた管理組織による指揮命令系統の確立と権限・責任の明確化が必要である。

他の利水使用者である農水・上水・工水等の利水者との調整が必要な場合には代表者等による水利調整協議会において、利水者毎の実情に応じた組織体制を確立し、取水調整を行うことも必要である。

適正な取水調整の方法は、送配水システムにより異なるが、地域の状況を充分把握するとともに、取水量・分水量の変化における水系全体への影響をも考慮し、適正な取水調整に努めなければならない。

取水計画に基づき円滑に取水管理及び配水操作管理を行うためには、各農家がルールを厳守し、給水栓等の取水操作において過大取水とならないよう、十分な自覚を持って行うよう指導を強化する必要がある。

7.1.2 取水記録

取水に関するデータの適切な記録、整理及びその蓄積は、適正な取水管理、設備の維持管理に不可欠である。また、ポンプ運転記録は、設備機能の経年変化の傾向把握や点検、整備に当たっての資料として重要である。

しかるに、ポンプ設備の大規模・自動化及び広域化により、その施設の公益性が高くなり、故障・事故に対する信頼性が近年益々重要となってきた。また、必要電力の消費量も大きくなってきており、長期間にわたる効率の良好な維持が必要となってきた。このため、常時監視状況を記録に残し、設備の機能の経年変化の傾向を把握するとともに、故障発生等の予知が可能となるように、施設の運転記録、操作状況の分析を行い、維持管理におけるトラブル等を最小限に押さえるようデータの整理を行う必要がある。

【参考】運転日誌の例

〇〇用水機場運転日誌(例)

年 月 日 曜日

時刻	電力 (KW)		電圧 (KV)		電流 (A)		電力率 (%)		換算電力量計 KwH 指针 (×100)		水位 (cm)		電圧 (V)		電流 (A)		起動		停止		井間度 (%)		温度(°C)		電動機		2号機		3号機		4号機		備考			
	項目	時刻	電圧	電流	電力率	換算電力量計	内水位	外水位	電圧	電流	起動	停止	井間度	Lg	Os	2号機		3号機		4号機		温度(°C)		電動機		2号機		3号機		4号機		備考				
																電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧	電流	電圧
0																																				
1																																				
2																																				
3																																				
4																																				
5																																				
6																																				
7																																				
8																																				
9																																				
10																																				
11																																				
12																																				
13																																				
14																																				
15																																				
16																																				
17																																				
18																																				
19																																				
20																																				
21																																				
22																																				
23																																				
24																																				
運転時間																																				
氣象																																				
前日累計																																				
日計																																				
累計																																				
項目																																				
時刻																																				
	6																																			
	12																																			
	18																																			
	24																																			
天気																																				
外氣 °C																																				
室溫 °C																																				
記事																																				

7.2 配水管理

7.2.1 配水の基本的考え方

農業用水を有効に利用するため、気象、水象等の状況を充分把握した上で、かんがい及びその他の水利用の状況を考慮して、必要な水量の安定的供給を図ることを配水の基本とする。

必要な水量とその配水に関して、図-7.1に水利用の形態と配水管理との関係を示す。配水管理のあり方は、水利用の形態が通年であるか否か、その必要水量は変化するか否か、必要水量を取水可能であるか否か、また、取水（揚水）した後、配水操作が可能であるか否か、供給主導型であるか需要主導型であるかによって大きく異なることになる。用水機場の実揚程は、低平地の比較的小さいものから、台地上の農地への比較的大きいものまで幅広く、その利用形態から生じる特性により相当異なる。従って、水利用形態に応じて、受益地の必要水量は地区内の必要取水量を用水機場に接続する吐水槽、ファームポンド（以下FPと略す）、調整池、上段ポンプによって確実に揚水・配水される必要がある。また、用水機場の維持管理には、揚水に運転経費がかかるので、必要な水量の正確な予測、及びそれに基づく揚水管理・配水管理が重要である。

7.2.2 配水機構と配水組織

用水機場に関連する配水管理は配水機構（正確には取水・揚水から配水までのメカニズム）及び配水組織（配水システム）によって、その管理方式が異なる（参照：表-7.1、図-7.2 略図 OPEN, CLOSE）。

用水機場に関連する配水機構は以下のような取水、揚水、配水の組合せが考えられる。

- ① 取水 = 揚水 = 配水
- ② 取水 ≠ 揚水 = 配水
- ③ 取水 = 揚水 ≠ 配水
- ④ 取水 ≠ 揚水 ≠ 配水

①は、取水と揚水と配水が一体、②は、揚水と配水が一体、となった機構を指す。①の場合、配水管理は取水管理によって、②の場合、配水管理は揚水管理によって決定され、配水管理が単独にできるものではない。③は、取水と揚水が一体となった機構で、配水が取水・揚水とは独立した機構を指す。④は、取水と揚水と配水が全く独立した機構を指す。従って、用水機場に関連する配水管理は取水・揚水・配水機構がどのタイプであるかによってその管理形態が異なる。

ところで、用水機場に関連する配水管理は揚水後の配水システムにおいて特殊な場合を除き基本的に、オープンタイプかクローズドタイプであるかによって供給主導型・需要主導型の2とおりの管理方式をとることになる。（参考：設計基準 パイプライン 2.3 水管理形式の区分を参照）

需要主導型においては需要量に相当する水量を前述の配水機構の各タイプに応じて、それぞれ取水段階、揚水段階において対応し、使用される水量を揚水することになり、配水操作は実質不可能である。（参照：P.52【参考】配水池、FP等の水位管理）

従って、用水機場に関連する配水管理は実質的に供給主導型の配水システムにおいて

のみ可能となる。需要主導型の場合には水量が不足すると考えられる場合には、需要者に節水を呼びかけ使用水量を減少させることで実質的な対応を行う必要がある（図-7.1参照）。

【参考】水管理形式の概要及びパイプライン形式との関係

水管理形式	需要主導型の水管理	供給主導型の水管理
概 要	上水道の水管理と同じく、需要者が必要とき給水栓が操作され、その需要量をまかなうように給水されるもの。	水需要者がその分水希望量（たとえば、半旬毎等）を事前に管理者（供給者）に申し込み、管理者が調整のうえ水配分表を作成し、申し込み量または調整量の範囲と時期にのみ給水するもの。
パイプライン形式との関係	<p>①クローズドタイプまたはセミクローズドタイプパイプラインの大部分は、需要者主導型の水管理に対応することが可能である。</p> <p>②オープンタイプパイプラインでも、下流定置ゲート等を導入すれば、論理的には可能であるが、現実には困難と考えるよい。</p> <p>③需要量に追従して水源（ポンプ等）水量を供給できるパイプラインシステムが必要である。</p>	<p>①オープンタイプのパイプライン（開水路系）で多く採用されている上流定値の水管理方式である。</p> <p>②クローズドタイプまたはセミクローズドタイプパイプラインでも、分水量を管理者（供給者）が遠方制御などで規制できるシステムとした場合は、供給者主導の水管理ができる。</p> <p>③管網配管内では、供給者主導の水管理は事実上困難である。</p>

（土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」平成10年3月 農林水産省構造改善局 P.109）

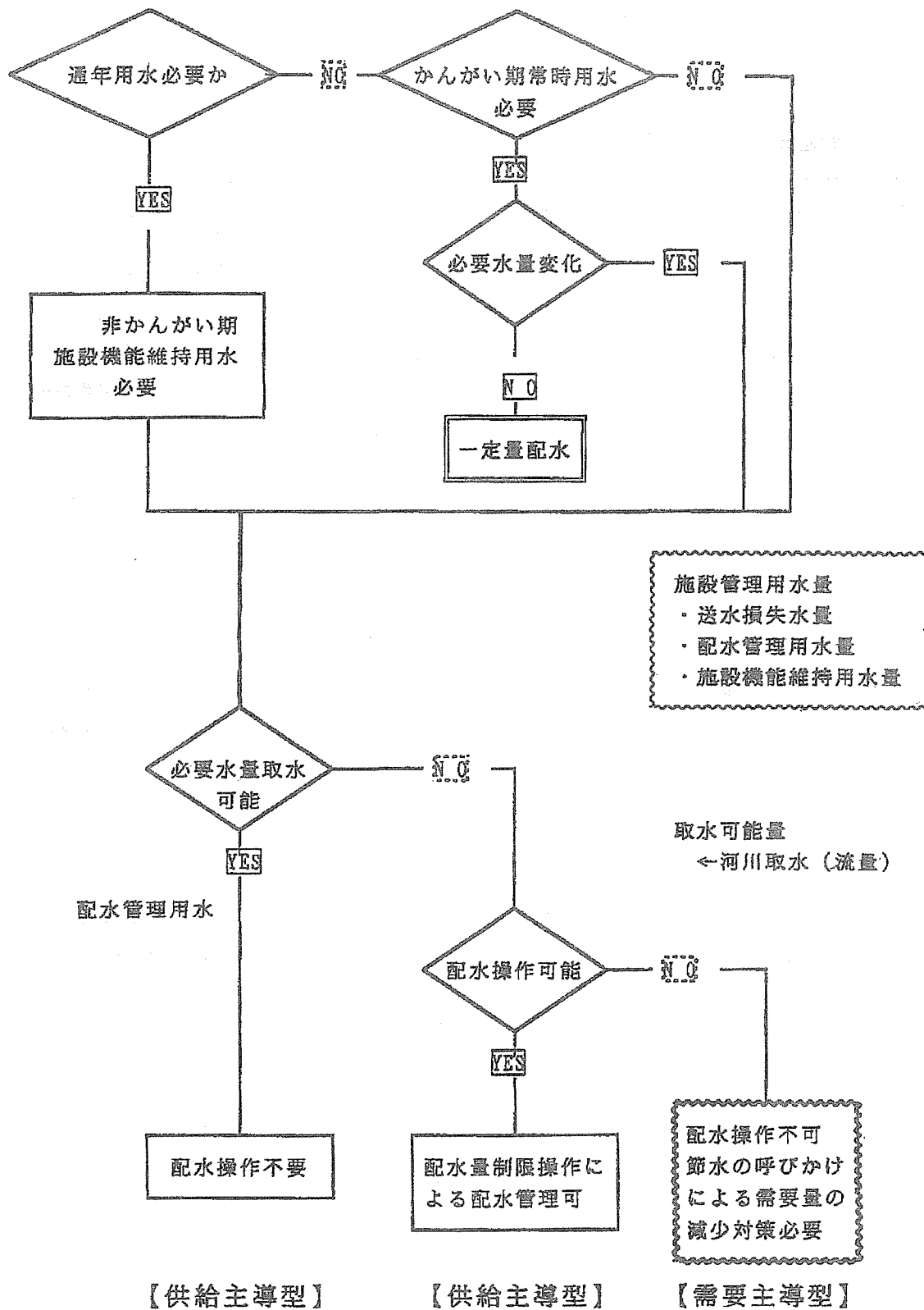


図-7. 1 水利用の形態と配水管理<参照 P.49 7.2.1配水の基本的考え方>

7.2.3 配水管理の基本事項

配水管理を考える上で、2つの基本事項がある。その一つは水利権に關与する取水可能量に対する配水量であり、他の一つは取水形態と配水方式に關連する管理形態である。水利用の形態と配水管理の關連のフローを概念図として図-7.1に示す。

(1) 取水可能量

取水量に關しては水利権の關係から期別に可能取水量が設定されている。受益地の必要水量はこの水量を上限として配水可能である。従って、配水管理においてこの期別取水可能量が基準となる。必要水量が可能取水量の限界を超える場合や必要水量が可能取水量限界以内であっても、施設容量はかんがい基準年について計画・決定されているため、必要水量不足の状況は当然生起し、配水管理が必要となる。

更に、年間での総取水量が水利権で規制されている場合には、前述の瞬時取水量と同時に総取水量を常時把握しておく必要がある。

(2) 配水管理形態

配水管理形態は、需要主導型と供給主導型の2形態に大別される。このうち配水管理が実質的に可能なのは供給主導型においてであり、需要主導型配水システムの場合には需要者側の各受益農家の水使用管理（節水）に依存することになる。

従って、以下に述べる配水管理は、供給主導型配水システムにおいてのみ可能である。

供給主導型配水システムにおける配水管理は、各受益地の水使用申請量に基づき全受益地の必要水量を算定し、配水量を決定する。この配水量の上限は当然取水可能量である。この水量は気象・水象及びかんがい・利水状況から推定される必要水量と比較・参考して決定されることが望ましい。（参照 表-7.1及び図-7.2(1)(2) 略図 [OPEN](#), [CLOSE](#)）

【参考】配水池、FP等の水位管理

配水池、FP等については常時満水位を確保することが原則である。供給主導型の場合には配水量操作が可能であるので、配水池、FP等について常時満水位を確保することは容易である。しかし、需要主導型の配水方式の場合には、常時満水位を確保するためには、需要量に伴う水位低下に見合う取水・揚水が必要であって、このことは取水可能量に問題がなく、しかも揚水が経費的にも可能な場合に限られる。

従って、配水池、FP等については満水位を確保することは状況に応じて対応することになる。

7.2.4 基準配水量の策定

揚水量＝配水量の場合、及びこれに準ずる場合には、配水量は以下の様に定義される。

配水基準水量は、土地改良計画設計基準 設計「ポンプ場」に定義される、地区のかんがい方式、かんがい期間等を考慮して平年次について決定される常時揚水量に相当する水量とする。

この水量は用水機場の維持管理に必要な年間必要経費算定の参考にするものであって、現実の配水管理の基準として使用されるものではない。

一方、同基準で定義される、計画基準年次における計画最大揚水量に相当する配水量を計画最大配水量とする。

但し、常時揚水量が実際に使用される水量（配水量）と大きく異なる場合には、配水基準水量は、実態にできるだけ合致するように修正した値を用いることとする。（下記参考参照）

計画と実態との水使用量の差異を検討し、実態に合致する配水量を修正配水基準水量とする。その理由には、「計画時点と受益面積が変化した」、「栽培作物が変化した」、「灌漑方法が変化した」、「水使用が多目的になった」等が考えられる。

【参考】用水ポンプ場の揚水量の決定（設計基準「ポンプ場,P.26」）

用水ポンプ場の計画揚水量は、地区のかんがい方式、かんがい期間等を考慮して計画基準年次と平年次について、それぞれ期別用水量を基に計画最大揚水量と常時揚水量を決定する。

(1)計画最大揚水量

計画基準年次における計画地区の期別必要水量のうち最大水量について決定する。

(2)常時揚水量

過去10ヶ年の有効雨量を基に毎年の期別用水量の検討を行い、最も頻度の高い年間の期別用水量を常時揚水量とする。

【参考】配水管理と蒸発散位データとの関連

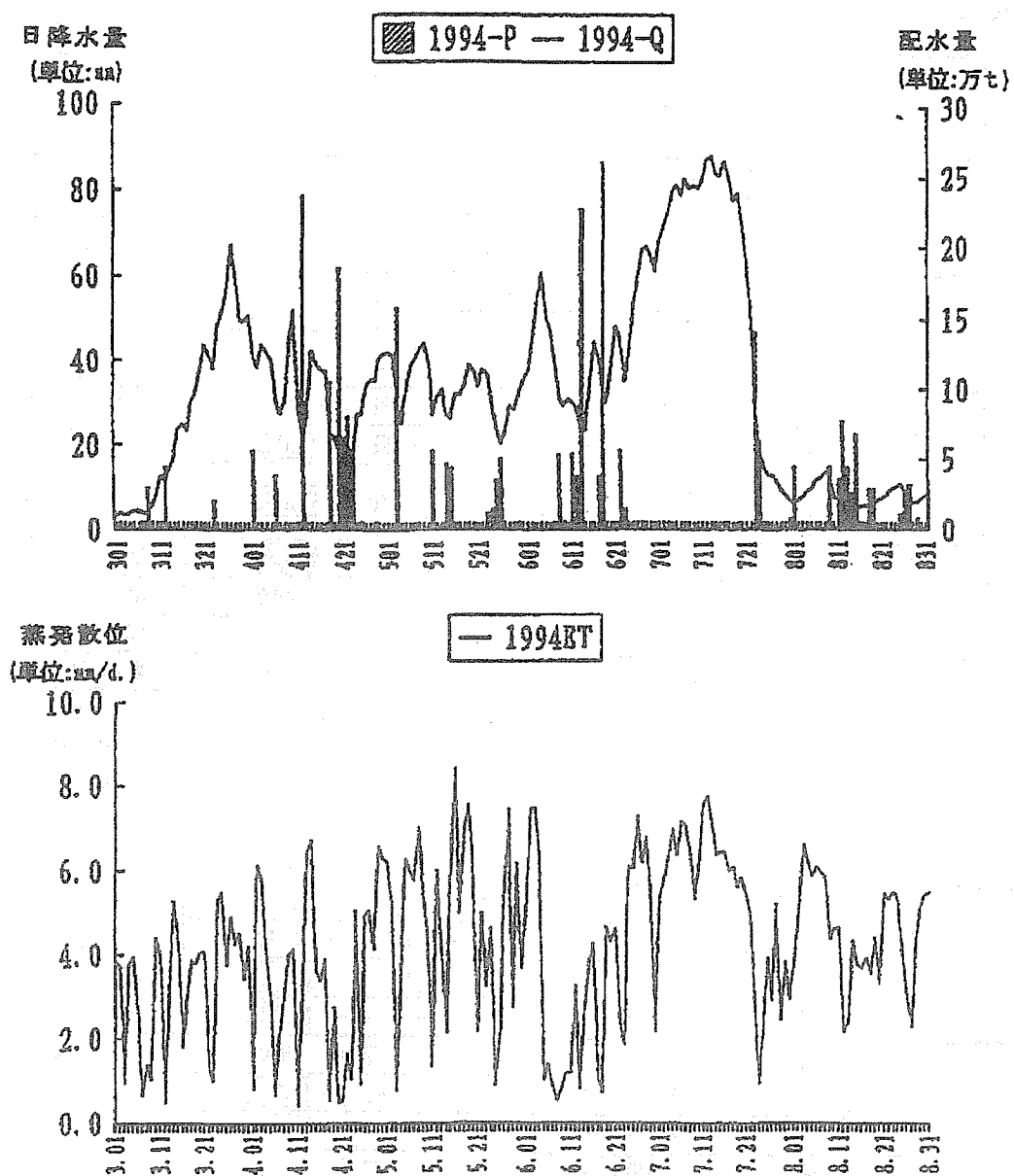


図-7.3 日降水量と東原調整池からの配水量及び蒸発散位の経日変化との関係
一ツ瀬川土地改良区 1994年3月～8月の事例

注 当地区では畑作は通年，早期水稻が3月中旬から7月下旬に栽培される
蒸発散位は当地区と約30km離れた宮崎大学気象観測データから算出推定

【参考】 平成8年度国営造成施設実態調査（九州農政局土地改良技術事務所）の結果

表-7. 1 - 用水機場取水形態と配水方式 < 参照：図-7. 2 略図 >

資料No 略 図	施設数	記号	水源 — 用水機場	OPEN — 受益地	配水方式	
				CLOSE — 受益地		
①	36	①-0	[D・R・L]—< Ri >—・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		①-C	[D・R・L]—< Ri >—・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
①'	18	①'	[D・R・L]—< Ri >—・P —	CLOSE—	需要主導型	
④	25	④-0	< Ri >—・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		④-C	< Ri >—・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
④'	10	④'	< Ri >—・P —	CLOSE—	需要主導型	
②	37	②-0	[D・R・L]—・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		②-C	[D・R・L]—・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
		④-C	< Ri >—	{ FP }—	CLOSE—	需要主導型
		②-C	[D・R・L]—・P —	{ FP }—	CLOSE—	需要主導型
②'	17	②'	[D・R・L]—・P —	CLOSE—	需要主導型	
③	6	③-0	[D・R・L]—・P —・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		③-C	[D・R・L]—・P —・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
③'	1	③'	[D・R・L]—・P —・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑤	114	⑤-0	(Ca)—・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		⑤-C	(Ca)—・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
⑤'	140	⑤'	(Ca)—・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑥	13	⑥-0	(Ca)—・P —・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		⑥-C	(Ca)—・P —・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
⑥'	8	⑥'	(Ca)—・P —・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑦	12	⑦-0	{ FP }—・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		⑦-C	{ FP }—・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
⑦'	48	⑦'	{ FP }—・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑧	0	⑧-0	{ FP }—・P —・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		⑧-C	{ FP }—・P —・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
⑧'	2	⑧'	{ FP }—・P —・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑨	17	⑨-0	WELL —・P —{ FP }—	OPEN—	供給主導型	
		⑨-C	WELL —・P —{ FP }—	CLOSE—	需要主導型	
⑨'		⑨'	WELL —・P —	CLOSE—	需要主導型	
⑩	2	⑩-0/C	< Ri >—	{ FP }—	OPEN—	供給主導型
		⑩-C	< Ri >—・P —	{ FP }—	CLOSE—	需要主導型
		⑩-C	[D・R・L]—・P —	{ FP }—	CLOSE—	需要主導型

施設総数 516 内取水形態不明 12

・註・

- ・P ・：用水機場
- [D・R・L]：ダム・調整池・湖
- { FP }：ファームポンド
- < Ri >：河川
- (Ca)：川・水路
- WELL：井戸

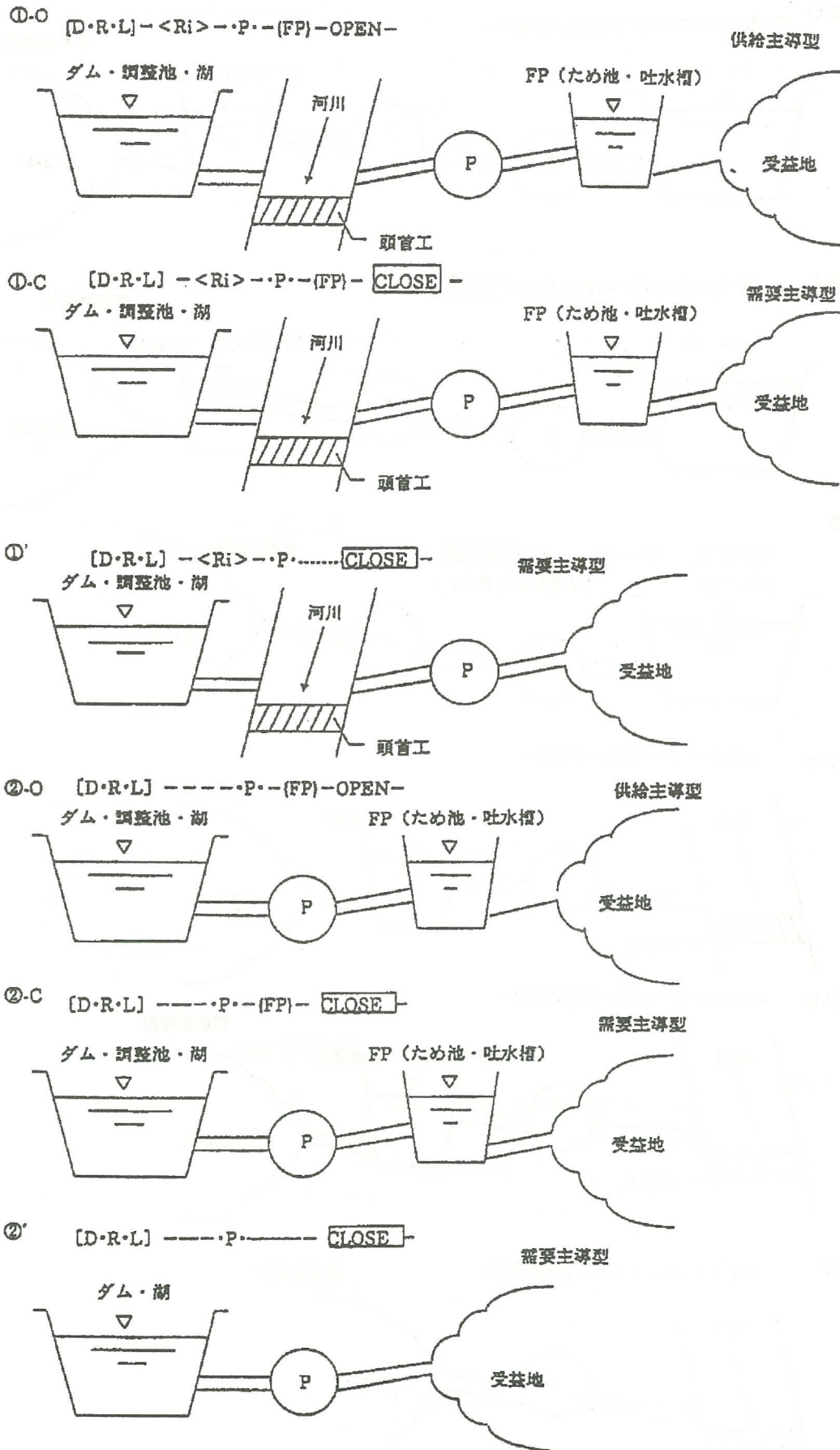
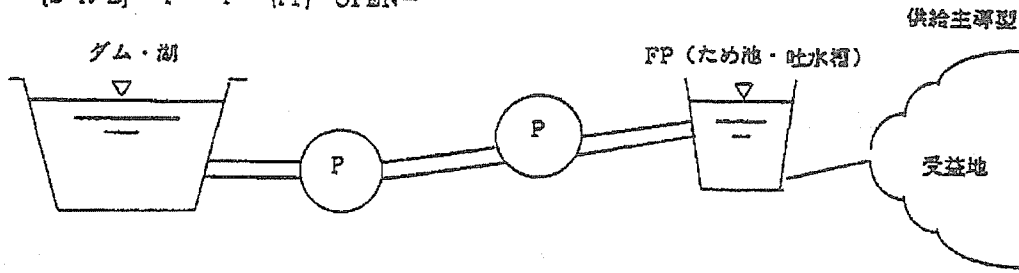
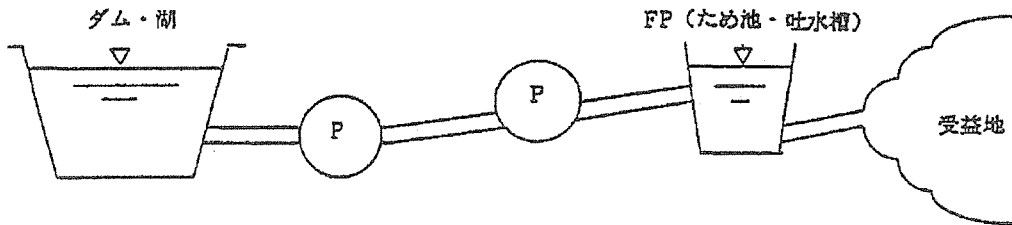


図-7.2 用水機場取水形態と配水方式 (1)
(需要主導型・供給主導型)

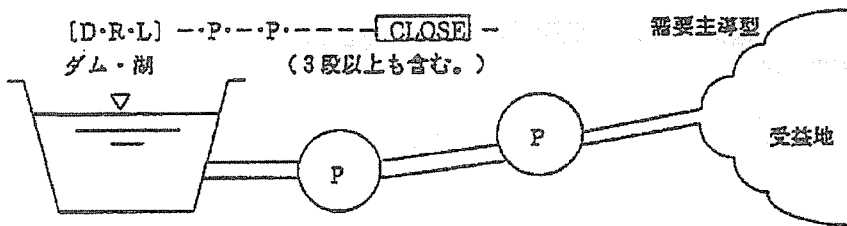
③-O [D·R·L]--P--P--(FP)-OPEN-



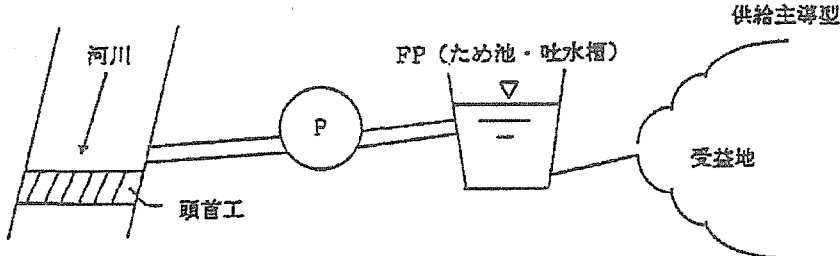
③-C [D·R·L]--P--P--(FP)-CLOSE-



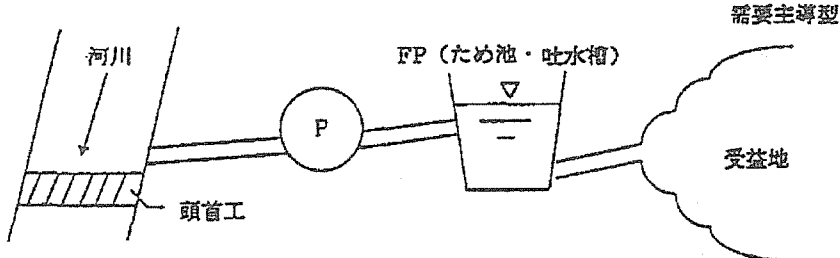
③' [D·R·L]--P--P---[CLOSE]--
(3段以上も含む。)



④-O <Ri>--P--(FP)-OPEN-



④-C <Ri>--P--(FP)-CLOSE-



④' <Ri>--P---[CLOSE]--

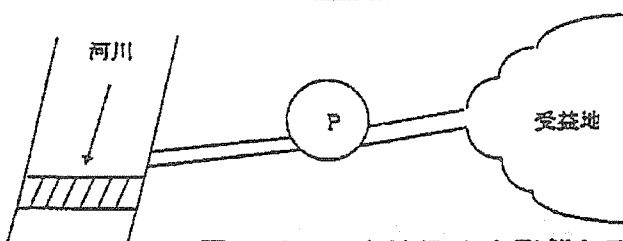


図-7.2 用水機場取水形態と配水方式(2)
(需要主導型・供給主導型)

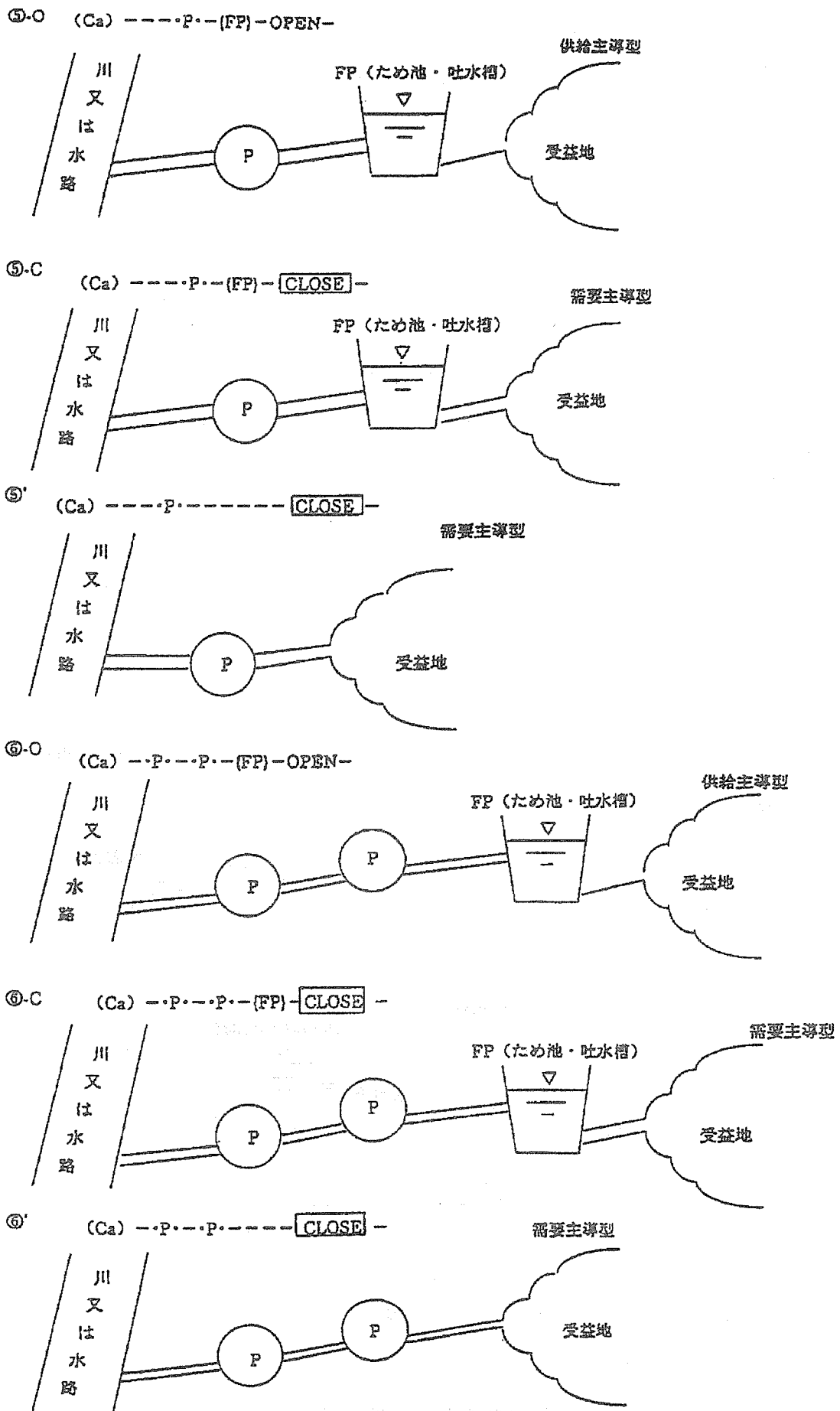


図-7.2 用水機場取水形態と配水方式 (3)
(需要主導型・供給主導型)

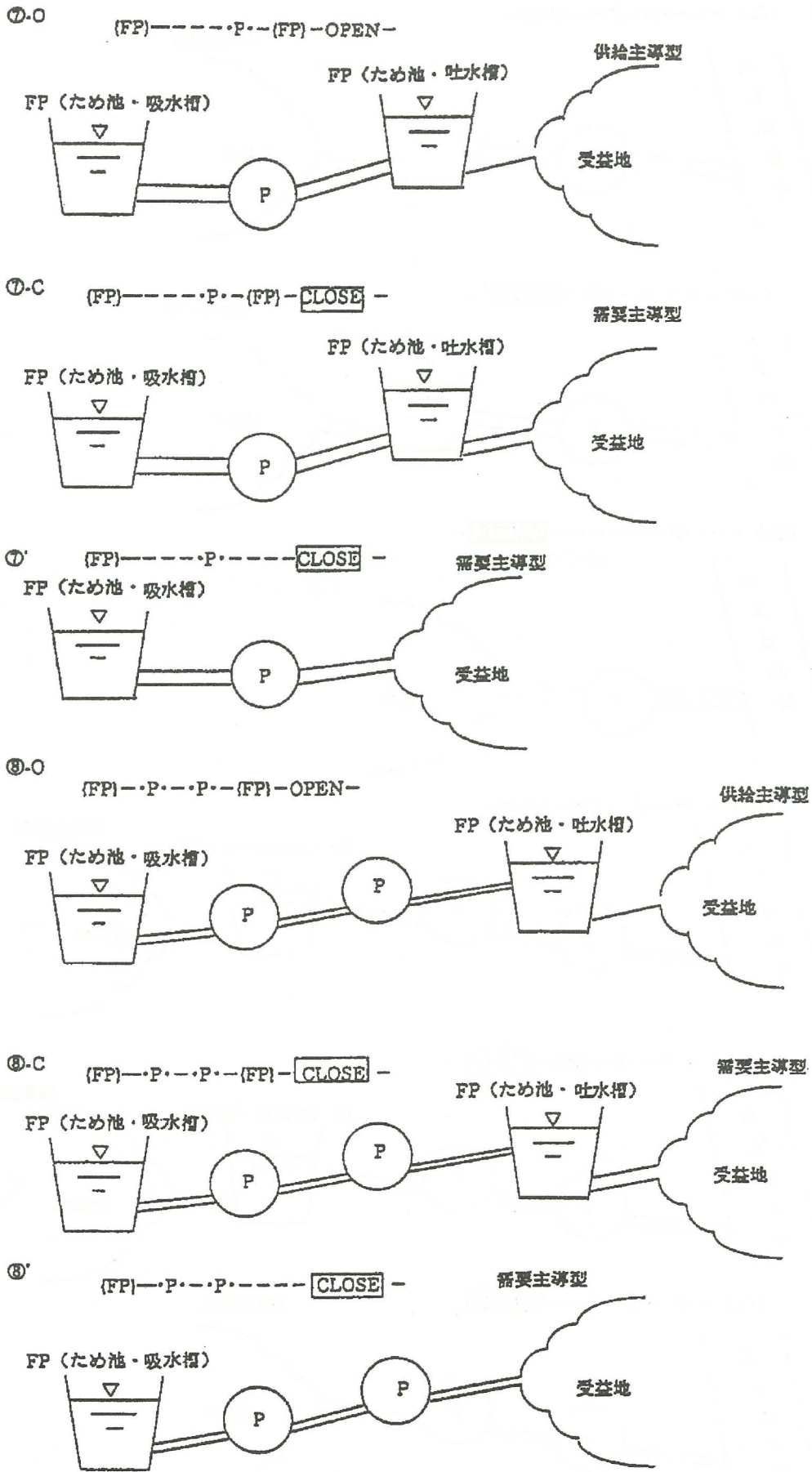
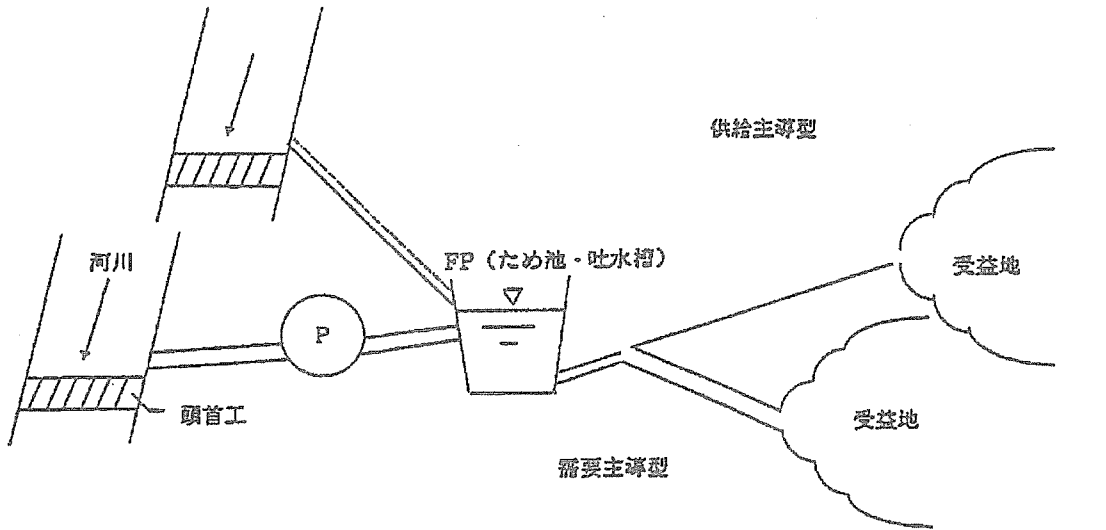


図-7.2 用水機場取水形態と配水方式 (4)
(需要主導型・供給主導型)

⑨ 地下水利用

⑨-O	WELL	-----P.-- (FP) - OPEN	供給主導型
⑨-C	WELL	-----P.-- (FP) - CLOSE	需要主導型
⑨'	WELL	-----P.----- CLOSE	需要主導型

⑨-O/C <Ri>-----
 <Ri>----P.---- (FP) { OPEN
 [CLOSE]



⑨-C <Ri>-----
 [D・R・L]----P.---- (FP) - [CLOSE] -

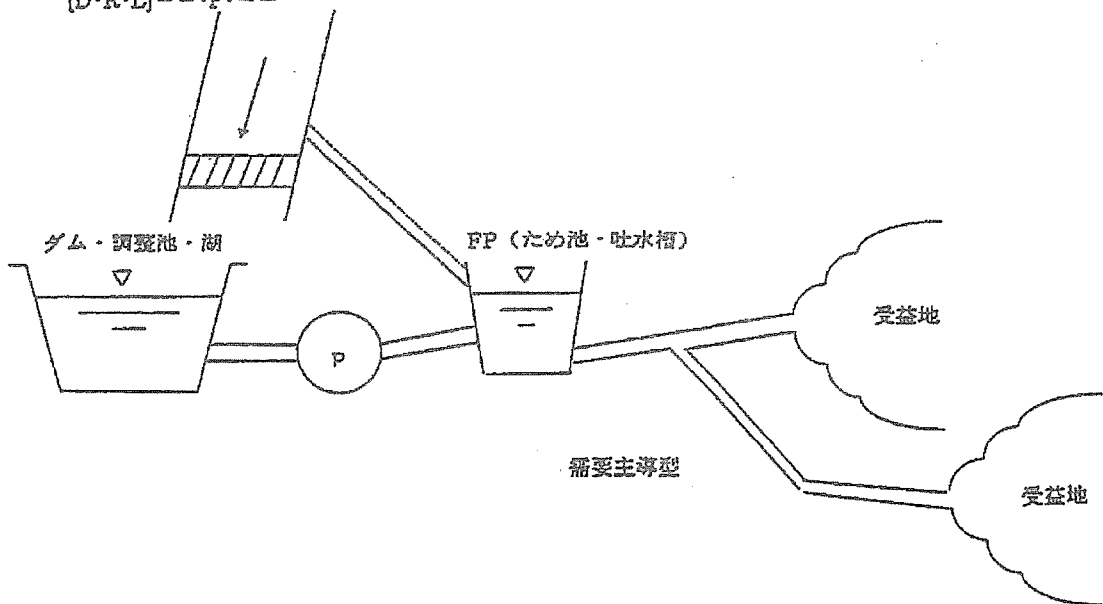


図-7.2 用水機場取水形態と配水方式 (5)
 (需要主導型・供給主導型)