

中島地下ダムの水収支解析

中国四国農政局 永田 聡
 ○中国四国農政局 楠本 岳志

1. はじめに

中島地下ダムは、図-1に示す愛媛県温泉郡中島町に農林水産省が実験を目的として建設したもので、このダムを使って、海岸平野を形成する未固結堆積物中の地下ダムの効果について調査を行っている。今回、揚水試験の結果をもとに貯留モデルによる水収支解析を行ったので報告する。

中島地下ダムの諸元は、堤長87.70m、堤高24.84m、締切断面積1,357.09m²で、貯留体積277,000m³、地表流域0.62km²である。帯水層は砂礫層からなり、難透水性の粘土層を挟んで上位が不圧層、下位が被圧層となっている。帯水層の透水係数は $1 \times 10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/secである。

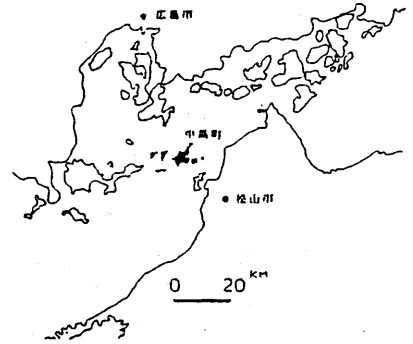


図-1 調査地区位置図

2. 貯留モデル

今回の解析では、図-2に示すようにダム周辺の流域を分割した。ここで用いたモデルの概念図を図-3に、タンクの連結の概念図を図-4に示す。ここで地下水盆地については、ダムの上流下流それぞれを3つのブロックに区分し（図-2、ブロック2、5、8）、さらに地表系、不圧地下水系および被圧地下水系に区分した。また、山地については11ブロックに分割し（図-2、ブロック1、3、4、6、7、9、10、12、13、15、16）、地表系のみ設定した。

なおタンクの連結にあたっては、図-4に示すように地表から地下水（不圧層）へのかん養に時間遅れをとるために、地表系と不圧地下水系の間で中間貯留のタンクを設けた。

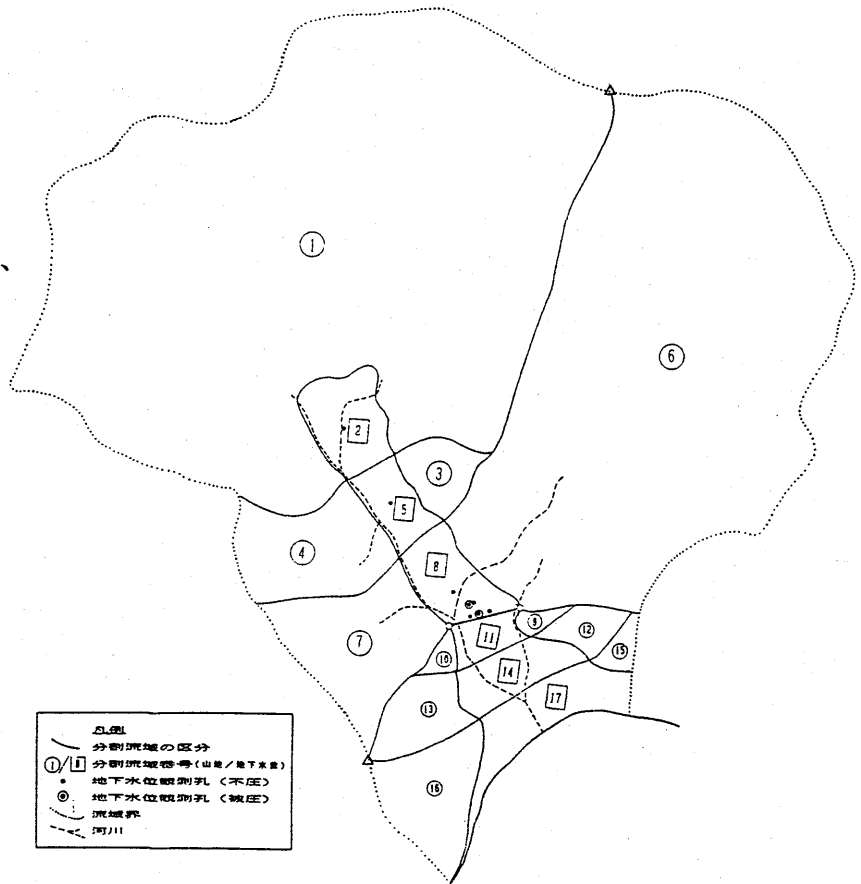


図-2 流域分割図

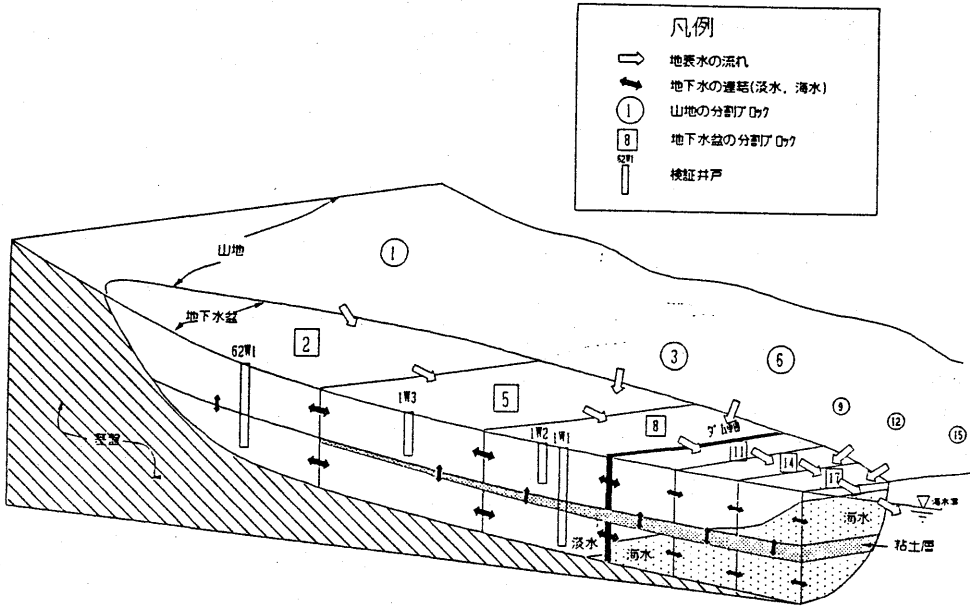


図-3 モデル概念図

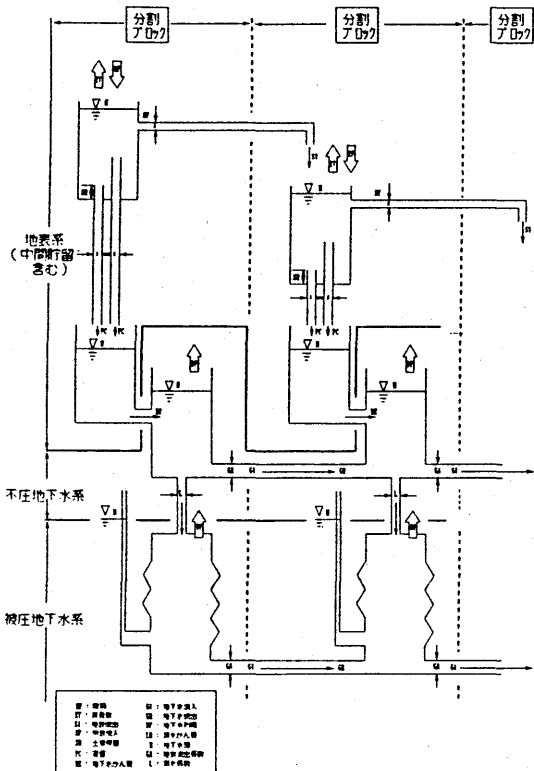


図-4 タンク連結概念図

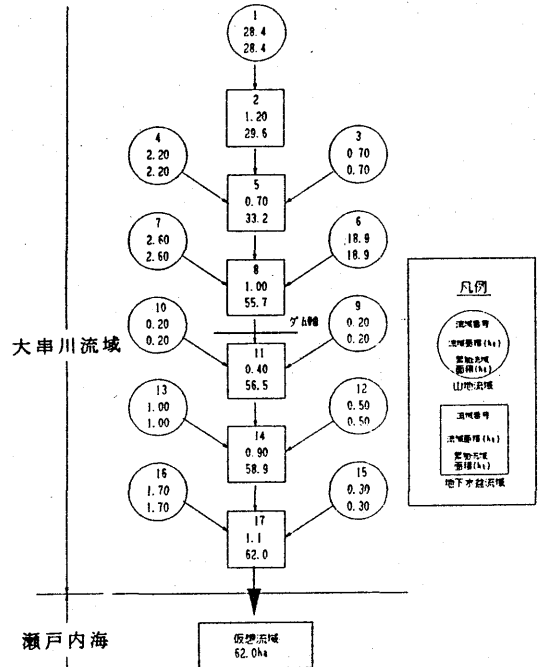


図-5 地表水のブロック別流域面積とその流れ

3. 現況水収支解析結果

上記のモデルを用いて現況地下水面について再現を行った結果を図-6に示す。観測水位と計算水位との差は最大で20cm程度であり、ひじょうに良好な再現性を示している。

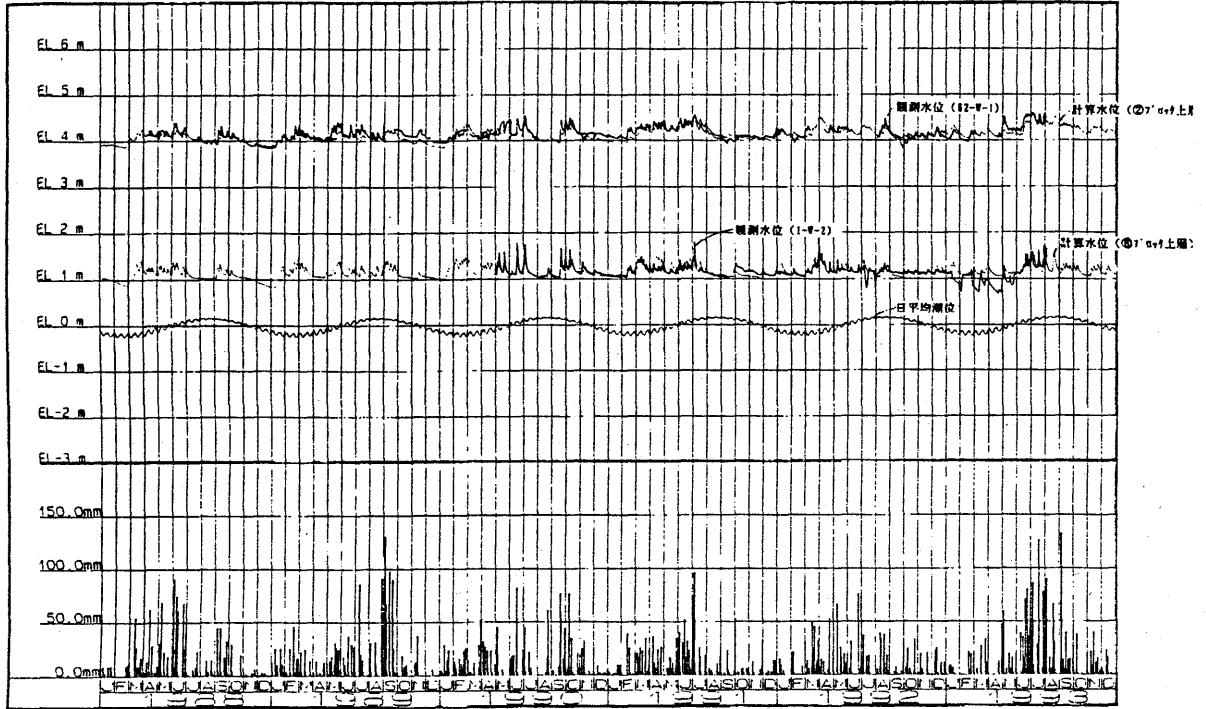
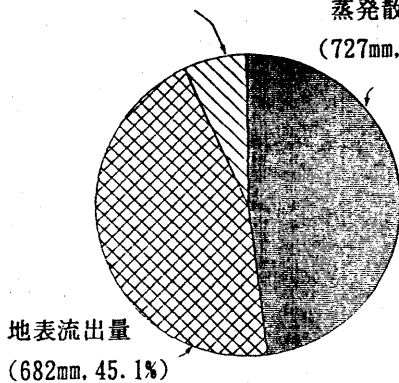


図-6 モデル検証結果

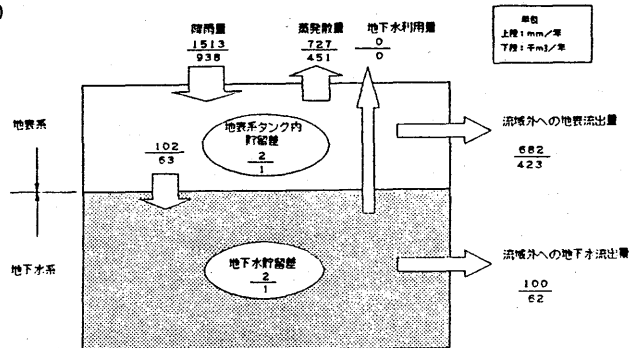
このモデルによって、本地区の現況の水収支を解析した結果を図-7に示す。本地区では、降水量のうち48.1%が蒸発散によって失われ、45.1%が地表流出によって海に至る。地下にかん養されるのは6.6%で、昭和51年から平成5年の平均では年間100mm、流域全体では62,000m³となった。なお、この期間の年平均降水量は1,513mmであった。

地下水流出量(100mm, 6.6%)

蒸発散量
(727mm, 48.1%)



各収支の割合



現況水収支

図-7 中島地区の現況水収支結果 (昭和51年~平成5年の平均値)

4. 揚水に伴う地下水位および塩淡境界の変化

上記のタンクモデルを用いて、揚水に伴う地下水位（地下水頭）および塩淡境界の変化の解析を行った結果を図-8に示す。計算は1976年から1993年までの18年間について実施した。図左端の欄において、地下水かん養量は流域全体の合計、地下水位や塩淡境界の⑧⑩⑭⑯は図-2に示すブロック番号に同じで、不圧帯地下水、被は被圧地下水を示す。また、揚水量は半旬ごとの量を示し、漏水量は+側が下流への流れ、-側が上流への流れの量を示している。

計算の条件は、図-2のブロック②と⑧の不圧帯水層を揚水の対象とし、②からは $90\text{m}^3/\text{日}$ 、⑧からは $180\text{m}^3/\text{日}$ 、合計 $270\text{m}^3/\text{日}$ の揚水を毎年6月1日から10月31日までの153日間連続して行うこととした。なお、揚水量は②⑤⑧の各ブロック内に掘削した井戸において実施した揚水試験の結果をもとに、揚水量の合計が最大となり、かつ不足量が発生しないよう上記モデルによる計算によって求めた。また、淡水と海水の密度をそれぞれ1.000、1.025とし、塩淡境界は面として扱い、拡散領域は考慮していない。計算の結果の概略を下記に示す。

- ①地下水位（地下水頭）は、ダムの上流側下流側ともに揚水期には低下するものの、非揚水期の間に初期値まで回復する。
- ②ダム上流側の不圧帯水層内⑧の塩淡境界は揚水期には上昇するものの地下水面までは達しず、また非揚水期にはもとの深度にまで回復する。
- ③ダム下流側の不圧帯水層内⑩⑭⑯の塩淡境界の変動は、海に近いものほどその幅が大きいが、それぞれ非揚水期には初期値にまで回復する。
- ④非圧帯水層内の塩淡境界は、年々上昇を続けているが、ダム上流側⑧では、1993年には塩淡境界はほぼ平衡状態に達しており、これより大幅に上昇して不圧帯水層内に浸入することはないものと考えられる。

これらのことから、上記の条件での継続的な揚水が可能であるといえ、ダムによる塩水浸入阻止の効果が確認できた。ダム上流側の地下水盆各ブロックの不圧帯水層の基底標高を表-1に示す。また、上記18年間のダム依存量、ダム利用量、ダム累加容量からみた不足側の10年確率に最も近い年は1978年であった（年降水量は 875mm で108年確率、地下かん養量は85年確率）。

表-1 地下水盆の不圧帯水層の基底標高（EL-m）

ブロック	②	⑤	⑧
基底標高	EL-0.6m	EL-2.0m	EL-3.9m

5. まとめと今後の課題

通常は塩淡境界の変動については用いないタンクモデルに、今回は密度差を与えることで塩淡境界の変動を含めた水収支解析を行った結果、地下水面の変動とともに塩水浸入の概形を把握することができた。その結果、本地区においては地下ダムの効果によって海からの塩水の浸入が阻害され、6月1日から10月31日の153日間にわたって $270\text{m}^3/\text{日}$ 、年間 $40,000\text{m}^3$ 程度揚水することが可能であることが明らかになった。

なお、さらに精度を向上させ、ダムの運用上の管理基準を策定するため、下記のような解析を進めていく必要がある。

- ①今回のモデルでは各ブロック内の水位は平均値で示しているため、実際に揚水した場合には井戸部分では地下水位が大きく低下する。
- ②ダム下流側の各ブロックに設置した地下水観測孔内では、電気伝導度値で最大 $7,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度の半鹹水しか観測されていない。このため、淡水と塩水（海水）との間に拡散領域を設定し、より小さい密度差での解析が必要である。

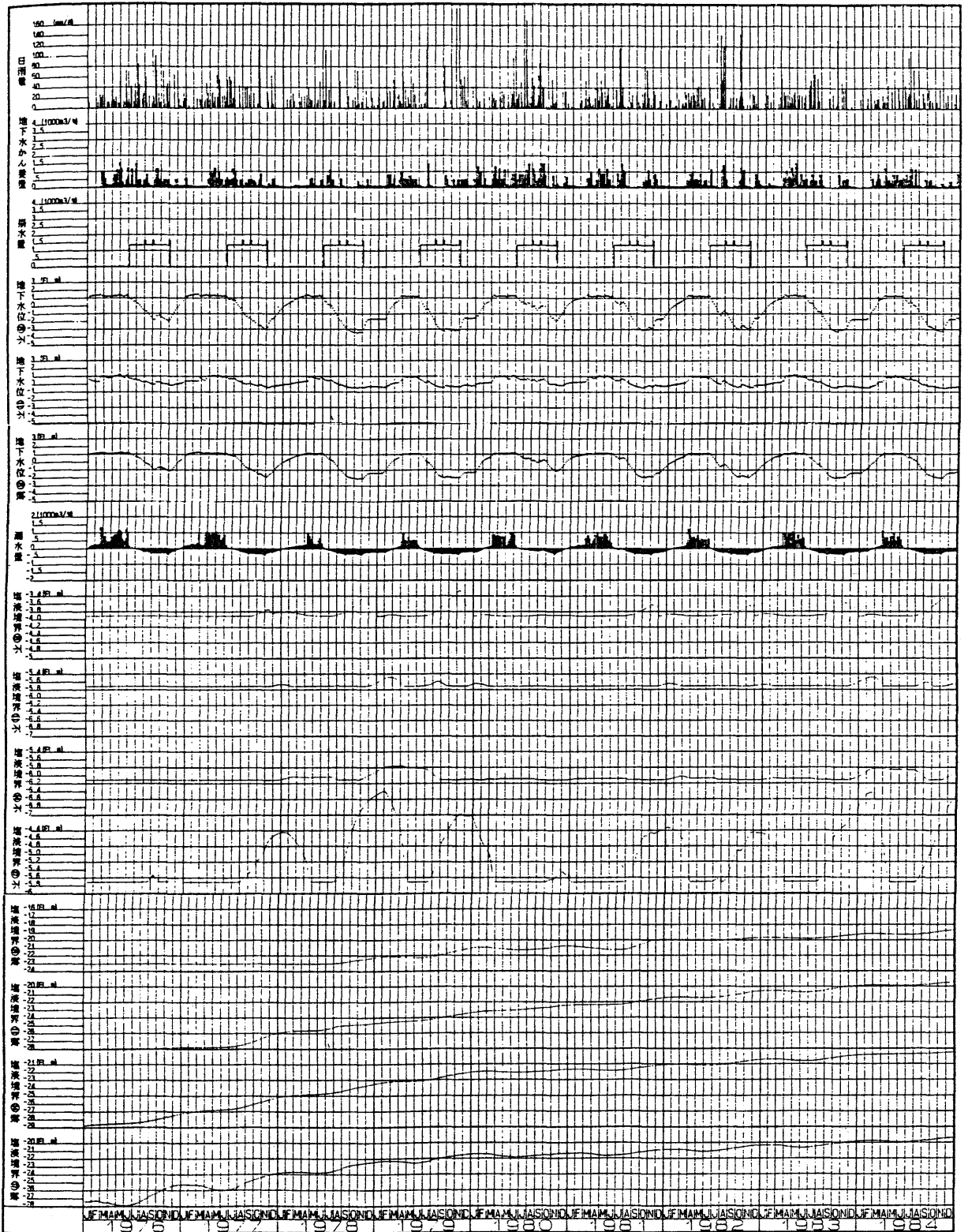


図-8a 揚水に伴う地下水位および塩水境界の変化 (1976年~1984年)

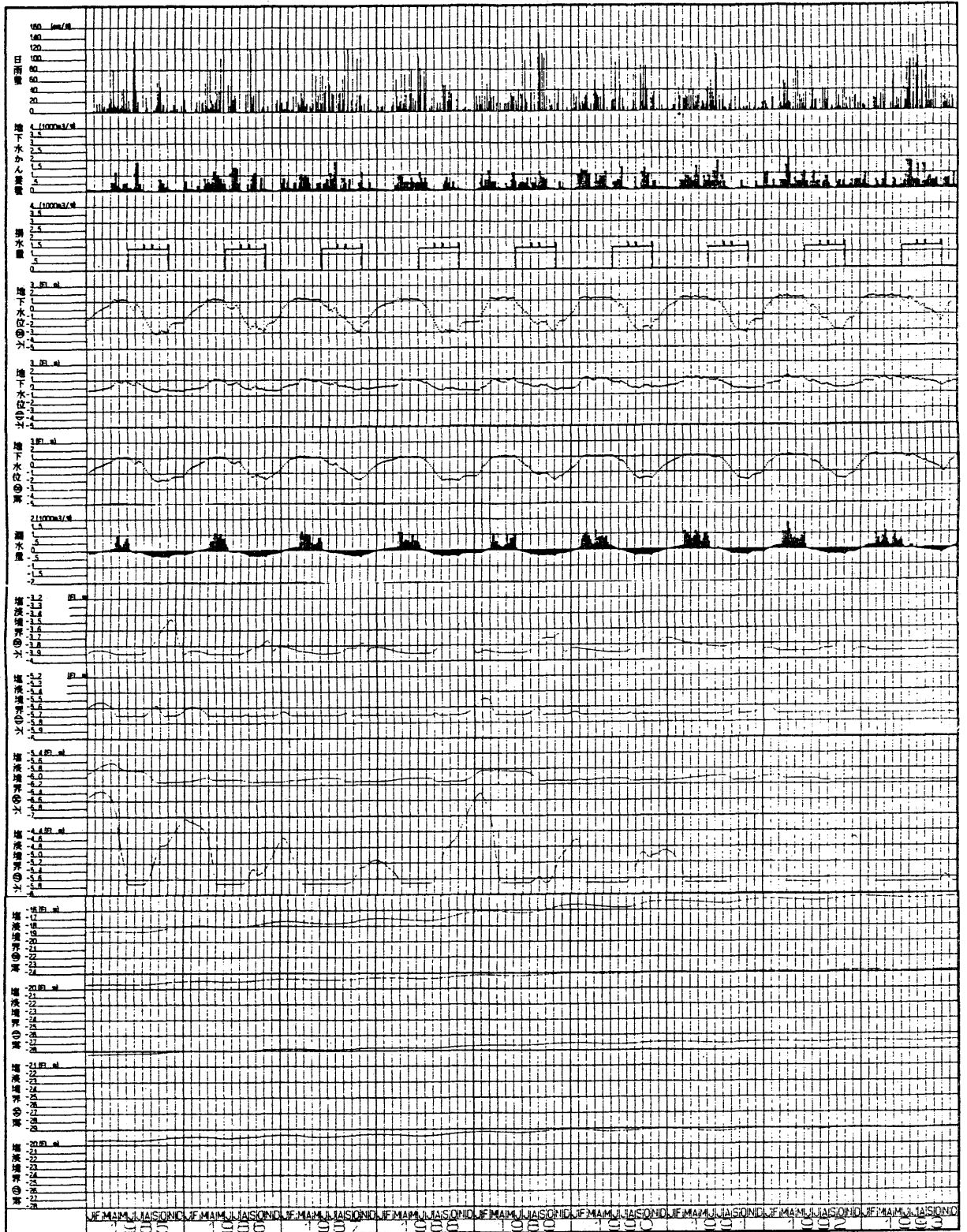


図-8b 揚水に伴う地下水位および淡塩境界の変化（1985年～1993年）