

# 鷲尾岳地すべり地における地下水の浸透機構に関する研究

岸本良次郎

農業土木試験場造構部造構第4研究室

大平成人

農業土木試験場企画連絡室

## Seepage of Groundwater at Washiodake Landslide Area

By

Ryojiro Kishimoto and Naruto Ohhira

*Agricultural Engineering Research Station, Ministry of Agriculture  
and Forestry, Tokyo*

### Abstract

The mechanism of groundwater seepage and the hydraulic characters of the ground were observed at Washiodake, a typical landslide area in Hokusho region, Nagasaki Prefecture, Japan. Many deep and wide cracks are characteristics of this area. Seventeen piezometers (of standpipe type) were settled in 7 boreholes with a technique recently established by one of the authors. One to four piezometers can be settled at different depths in a single borehole by this method. Observation of the groundwater level in the stand-pipes, once a day as a rule, has been continued. The results are shown in graphs, and some types of fluctuation of the groundwater level are discussed.

### 目 次

1. 緒 言 .....	151	4.4 セメント層の注入作業 .....	155
2. キレツの踏査 .....	152	4.5 ピエゾメーターの設置作業 .....	155
3. 施設の構造 .....	152	4.6 以後の作業 .....	155
3.1 構造の概要 .....	152	5. 測定法 .....	155
3.2 構造の詳細 .....	154	6. 観測結果 .....	156
4. 埋設法 .....	154	6.1 観測点, 観測期間 .....	156
4.1 概 要 .....	154	6.2 観測結果 .....	156
4.2 セメントの配合設計と注入精度 .....	154	6.4 考 察 .....	156
4.3 砂 層 .....	155	7. 地盤の弾性波速度の測定 .....	157

#### 1. 緒 言

北松型地すべりの総合研究の一環として当場が分担したテーマは、地下水の浸透機構であり、おもに鷲尾岳試験地において調査観測を行なった。すなわち、①まず地下水状況の予測のためのキレツの状況の踏査を行ない、②つぎに、7孔のボーリングの各孔それぞれに1～4段の深さに合計17個の測管の間ゲキ水圧計を埋設して、③測管内

水位の変動を長期観測して浸透機構を研究し、④簡易弾性波探査を行なって岩の水理地質の性質の参考資料を得た。

キレツの調査と簡易弾性波探査は大平が行ない、この地区に大規模に発達するキレツの状況の一部を知ることができた。なお、補足的な現地調査が残されているので今回の報告は中間報告である。

間ゲキ水圧計の埋設と長期観測は岸本が当場管

野勇新技官の協力のもとに行なった。

当初の計画では、ボーリング孔7孔合計20個の水圧計を埋設する予定であったが、事前に予想した地層が欠けていた孔があったことなどのために、結局17個となった。また、長期観測は43年11月に着手されたばかりで必要で十分な期間のデータは得られていない。また、この研究の前提として、細いボーリング孔内に3~4段に埋設されしかも信頼できるデータを得られる施設を作ることをまず開発しなければならなかった。

以上のことから今回は、観測施設の構造と埋設法の概要を主に報告する。観測データの解析は後の機会に行なうこととし、今回は予備的考察のみ行なり。また、利用の便から現在までに得られたなまのデータは今回報告しておく。

この研究には総合研究に参加した多くの機関とともに防災センターの担当官のかたがたの御援助を得た。また、データに併記してある雨量のデータは気象研究所の三寺技官から御提供いただいたものである。深謝する次第である。

## 2. キレットの踏査

測点設定の参考に供するため、設定に先立って、地区内のキレット状況の踏査を行なった。踏査は昭和42年3月12日を主とし、その後数回に分けて補足調査した。踏査によって明らかになったおもな点はつぎのとおりである。

① 地区東南端、山頂付近に見られるもっともいちじるしいキレットは、直径約230mの半円形をなしており、落差は最大15mに達するが、東北方向に次第に減少し、ついに不明瞭になる。その内側は陥没している。

② その西南端は溝状になって西南方向に突出し、約100m連続し、深さ3m幅0.5m程度の溝になって終っている。

③ ①のキレットの西北端は、不規則に分岐し、多数の深い溝となっている。その東側には直径約10mに達する円形の陥没孔があり、またその下段には、砕けた岩塊が散乱している。

④ それらの溝は、渓流上(ボーリングD10と調査井の中間)でいったん1本にまとまるが、渓流の反対側の斜面ではまた2本になる。

⑤ その2本の溝のうち、東北側のものは特に深く、その中は2段に分かれて陥落しており、最大深さ40m、最大幅20mに達する。溝の側面

には2カ所に炭層が露出している(なお、その約150m南側には蓮坑旧坑口がある)。

⑥ その約60m北側に鬼突二坑旧坑口がある。その付近には小さな陥没孔が数個見られる。

⑦ つぎの渓流に達するあたりでキレットはさらに複雑に分岐し、地表に露出した岩盤が東南—西北方向の多数の平行した深い溝で分断されている。この渓流の水は深く伏流し、雨の時も地表の流水はほとんど見られず、伏流水の音がはっきり聴きとれる部分がある。

⑧ 以上のほか、前記(東側)の沢に平行して、長さ約400mにわたって蛇行しているキレットがある。その性状は全長にわたってほぼ同一で、幅約10mの平行した2本のキレットからなり、その中間が陥没している。

## 3. 施設の構造

### 3.1 構造の概要 (図-1)

間ゲキ水圧計は各ボーリング孔内に1~4段に埋設されたが(表-1)、この施設の構造の概要

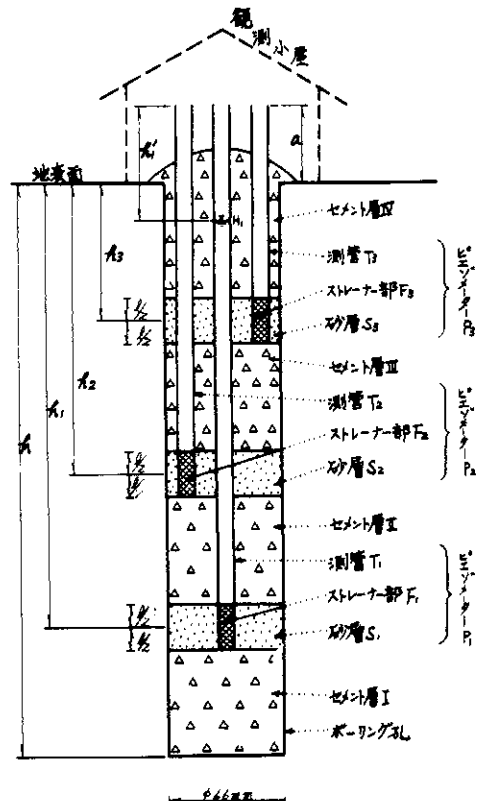


図-1 施設の構造

表-1 計器設置状況と管内水位の変動型

孔 No	地点の性格	測点No	ストレーナー部の砂層		測管内の水位の変動型	備考
			埋設深さ(m)	周辺土層		
D 3 b	斜面下部	1	28.9 ~ 29.8	○37炭層	降雨	下方約1m逸水カ所
		2	14.25 ~ 16.25	硬い砂岩	降雨	
D 4 b	尾根筋中部	1	50.55 ~ 52.8	○36炭層	傾向	逸水カ所
		2	26.8 ~ 27.8	○37炭層	不変	
		3	21.0 ~ 22.5	硬い砂岩	不変	
		4	14.0 ~ 15.0	硬い砂岩と硬い砂質頁岩との境界	不変	
D 5 b	尾根筋中部	1	33.2 ~ 34.7	○37炭層	不変	逸水カ所
		2	18.5 ~ 20.0	硬い砂岩	降雨	
		3	5.9 ~ 7.25	○37 ~ ○38 中間無名炭層	降雨	
D 6 b	尾根筋上部	1	38.45 ~ 39.95	○37炭層	傾向	
		2	15.4 ~ 16.4	硬い砂岩	不変	
D 7 b	斜面下部	1	9.4 ~ 10.8	○37炭層	降雨	
D 10 b	沢筋上部	1	33.5 ~ 35	○37炭層	降雨	下方約1m逸水カ所
		2	22.0 ~ 23.1	レキまじり粘土	不変	
		3	15.3 ~ 16.8	もろい砂岩	不変	
D 11 b	沢筋上部	1	41.8 ~ 43.55	○37炭層	降雨	下方約2m逸水カ所
		2	31.6 ~ 34.3	粘土まじり頁岩	降雨	
		3	15.8 ~ 16.8	○37 ~ ○38 中間無名炭層	不変(少し降雨)	

を3段に埋設したものを例に説明する。(注)

洗浄済みの深さ $h$ のボーリング孔内において、水圧を測定すべき深さを $h_1, h_2, h_3$ の3段とする。 $h$ から $h_1 + l/2$ の間は非測定区間で、セメント層Iを充てりして水密にしてある。層I上に、深さ $h_1$ における地下水圧を測定するためのピエゾメーター(ピエゾメーター $P_1$ )が作られている。ピエゾメーター $P_1$ は、下端に長さ $l$ のストレーナー部 $F_1$ を持ち上端は地表上にいたる測管 $T_1$ と、ストレーナー周返の砂層 $S_1$ (長さ $l$ )とよりなる。深さ $h_1$ における

地下水は砂層 $S_1$ とストレーナーを通過して測管内に流入して、その地下水圧に相当する点 $H_1$ まで上昇して平衡する。測管上端から $H_1$ までの深さ $h_1'$ を測定すれば地下水圧を知ることができる。砂層 $S_1$ より上はセメント層IIによって水密にしてある。層IIに同様のピエゾメーター $P_2$ が作られている。同様に、ピエゾメーター $P_3$ を作り、その上もセメント層IVで水密にしてある。層IVは地表より盛り上げ地表水の流入を防ぐ。 $h_1', h_2', h_3'$ を電気水位計を用いて測定する。

(注) このタイプの間ゲキ水圧計の構造と埋設法の詳細は農業土木学会誌Vol.36 No.1 0.p.p.23~28参照

施設の概要は上のようであるが、この施設は予想された試験地の地下の状況などから原則として次の条件を満すように設計された。①孔径66mmのボーリング孔を用いる。②施設の埋設深さは最大60~70m程度で、3段の計器設置が可能。③この施設を用いて浸透係数、流動径路、水質などの調査のための採水を行ない得る。④水位変動が大きい地点でも小さい地点でも、水柱高1cmの変動を検出する。⑤原則として長期・1回/日観測。⑥観測者の技術水準は満足することができる。

### 3.2 構造の詳細

#### (1) 測管

細いボーリング孔に3本の測管が立っており、しかも後述のように埋設時には注入管も孔内にそう入する必要があること、およびストレナー部周辺の水圧と測管内の水圧とのタイム・ラグを減ずる必要があることのために、測管はできるだけ細いことが望ましい。反対に丈夫であり、測定を容易に正確にするためにはある程度の太さが必要である。

また、材料の購入・輸送と埋設作業を容易にするためには管長には限度があり、管の継ぎ足しと取り外しが容易であり、材料には市販品を用いる必要がある。長期間高い測定精度を保つためには管内壁をなめらかにし、管の継ぎ手を水密にし、耐腐食性でなければならない。

以上のことから、測管にはガス管——呼称オインチ(内径9.2mm, 外径13.8mm, 肉厚2.3mm), 長さ5.5m, 白管, ねじなし——を用いた。この管を継ぎ足したり、切断したりして所要長を得た。継ぎ手はこの管を長さ7cmに切断したものを用い、水密を期するためねじを長く切った。また、既製品の継ぎ手は太すぎるので使用しなかった(写真-1)。

#### (2) ストレナー部

ストレナー部は長い観測期間を通じ、目つまりを起さず、気泡がたまらず、常に精度の高い観測を保証する構造でなければならない。

以上のことから、ストレナー部にも上述のガス管を用いた。この管端から2~50cmの間に孔——径3mmの孔を6列、列間間隔5mm, 千鳥——をあけた。削孔部管底にフタをねじ込んだ後、K社製クレモナフィラメント汙過布53200を2~3重に巻いてテープとシンチュウ針金で固定した(写真-2)。ストレナー部と上部の測管

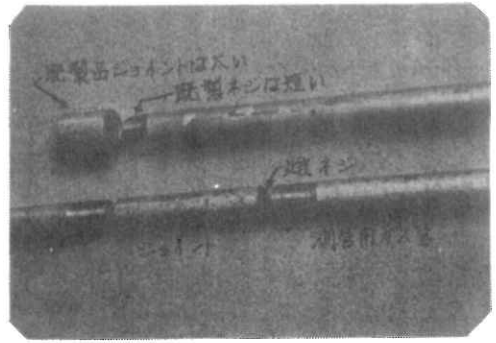


写真-1 測管とジョイント  
(上は既製品, 下はこの施設)

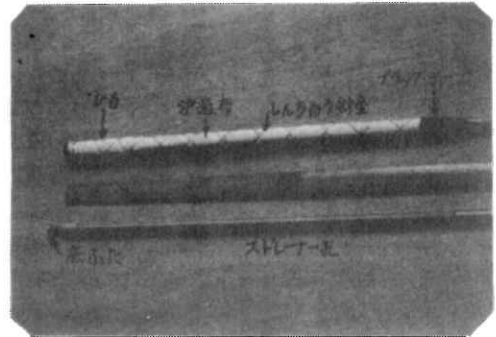


写真-2 ストレナー部  
(下はストレナー小孔と底ぶたを示し、  
上は汙過布を巻いた状況)

との継ぎ手は(1)と同様である。

- (3) 砂層, セメント層  
4.でのべる。

### 4. 埋設法

#### 4.1 概要

上記の管をボーリング孔内の所定深さに立て、孔内空所に砂層またはセメント層を充テンして施設は完成するのであるが、この充テンに工夫を要した。それは充テンされた層に所定の深さと精度を保たせる必要があることのほか、深い細孔内の作業であったからである。

#### 4.2 セメントの般合設計と注入精度

充テン作業時のセメントの分離を防いで出来上がったセメント層の水密を期するとともに、作業を正確かつ容易にするために注入法——注入管を孔

内の所定深さにそう入して、セメント・ペーストはこの管内を自然流下させる——を用いた。

このセメント・ペーストの配合比を表-2に示す。この配合によりペーストは表-3の注入用細管内を容易に流下して所期の目的を達することができた。なお、実際の作業には配合用の計算図表を用いて作業の正確を期した。こうすると、一般の場合注入厚の精度は約5%であった。

表-2 セメントの配合比(重量)

配 合	配合比	備 考
セメント	1	
フライアッシュ	0.17	
ベントナイト	0.017	
水	0.50	
ボゾリス Ⅱ5	0.02	
マノール	0.01 (ボーリング孔口付近まで孔内水がある場合)	
	0.002 (孔内水面が深い場合)	

(注) 孔内に多量のユウ水がある場合には、マノールをもっと増やす。

表-3 セメント・ペースト、砂の注入管径

孔内に立っている管の本数	硬質塩ビ管(VP管)			
	呼 称	内径(mm)	外径(mm)	肉厚(mm)
0 または 1	35	35	42	3.5
2 または 3	20	20	26	3

しかし、ボーリング孔内には大キレットと推定される部位があり、ここでは注入したペーストが一部流去して所定の注入厚を得る作業は難行した。今後の改良すべき点はここにあると考えられる。

また、反対に孔壁がくずれて孔がせまくなっていると推定される部位があり、ここでは所定の厚さ以上に注入されがちであった。このようなところでは、やや少なめに注入を行ない、セメントが固結後検尺して残りを注入することにより精度を高めることができた。

#### 4.3 砂 層

砂層は測管の集水域を広げ、フィルター布とともに目つまりを防ぐために作られるが、孔内に空所ができたり、砂層内に空気がたまらないようにする必要がある。また、作業中セメントを充填すべき部位の孔壁を砂で汚染しないようにすることも必要であった。

今回は、セメントの場合と同様装置を用い、同様方法で標準砂を水と共に注入した。

注入精度の問題点はセメントの場合とほぼ同様大キレットと孔壁のくずれた部位の注入法であった。

#### 4.4 セメント層の注入作業

つぎに実際に行なった注入作業の概要を以下セメント層Ⅱについて例示する。

まず注入装置を図-2の要領で孔内に組み立てた。つぎに図-3の要領でセメントを注入した。注入中は注入管の下端を常に孔底にたまったセメント内にそう入してセメントの分離を防いだ。作業終了後装置を引上げて洗った翌日セメントがほぼ固まったところで孔深を検尺して記帳した。注入が所定厚さに達しなかった場合のことは既に述べた。

#### 4.5 ビエゾメーターの設置作業

固定したこのセメント層Ⅱの上にまず注入装置を前と同様にして組み立て、セメントの注入と同様の要領で、標準砂を水と共に若干注入した。砂層上に、注入管の組み立てと同様の方法で、測管T<sub>1</sub>を孔内に組み立てた。ジョイントにはペンキを塗って水密を

期した。さらに砂を注入して砂層S<sub>1</sub>が所定厚さになるようにした。注入完了後孔深を検尺して記帳した。こうしてビエゾメーターP<sub>1</sub>が完成する。

#### 4.6 以後の作業

砂層S<sub>2</sub>の上から同様にセメントを注入した。室内試験によれば、砂層上に直接セメントを注入しても(強い下降流がなく、砂が飽水していれば)セメントは砂中に流入しない。以下同様の作業をくり返す。

施設完成後は測管の地上立上り部を約50cmに切断して後、小屋掛けして雨水の浸入を防いだ。

### 5. 測定法

測定は電気水位計により、1極は測管壁に接続し、他の1極を測管内に下して水面を検出した。指示器には通常のテスターを用いた。測管が細く、水面を検出する方の極とコードにもっとも工夫を要した。すなわち、極の先端の面積を広くして水との接触面積を大にし(接触面積が小さいと極が

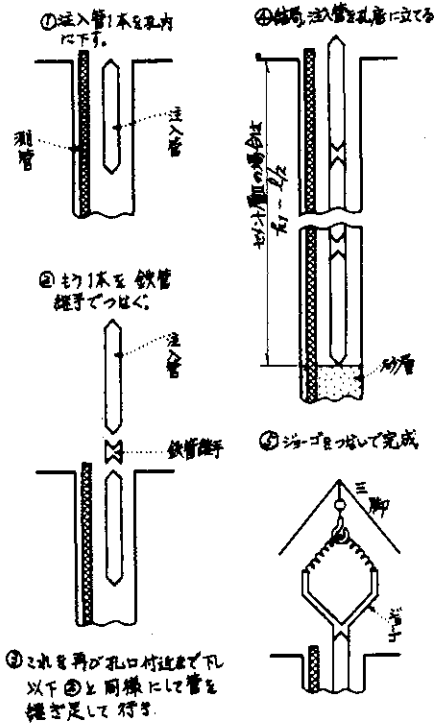


図-2 注入装置の組み立て  
(測管T<sub>1</sub>が立っている状態の例)

着水してもテスターがあまり振れず、観測精度が低下する)、極のまわりは絶縁物で被い、コードは多数の真チユウの短管内を通して荷重を増加させてある。この極とコードは長期間観測するうちはいたむから時々点検して更新する必要があった。

## 6. 観測結果

### 6.1 観測点、観測期間

前述のようにして作られた観測施設を表-3に示す。なお、ボーリング地点と柱状図は防災センターから報告されるので省略する。

観測は昭和43年1月1日から開始され現在も継続中である。原則として1回/日観測である。(44年4月、5月は2回/週観測)。

### 6.2 観測結果

観測結果を地表から測管内水面までの深さの変動曲線として、図-4～図-9に示す。図では毎日観測を実線で結び、欠測日は点線で結んである。

なお、図には日降水量を併記してある(気象研究所三寺技官提供による)。

## 6.3 考察

観測期間は未だ短かく1年のサイクルを経過しておらず、予定している別種の現地観測も未だ行なわれていないので、今回の報告では、観測結果に関して定性的な予備的考察を行なうだけとする

### (1) 同一地点

同一地点でも深さによって異なる層があり、その中にそれぞれの性質の地下水がある。どの地点でも深い層の地下水の標高は浅い層のそれより高い。

### (2) 測管内水位の変動型

各測定の見管内の水位の変動型が大体次の三型に分られる。

① 常にほぼ一定不変の水位を保つ型(不変型と仮称)。

② 降雨に敏感に反応する型。すなわち、降雨後1～3日で最高位に達して後急速に低下する型(降雨型)。

③ 降雨にも多少反応するらしいが、原因未詳の周期の長い傾向的昇降を示す型(傾向型)。地すべりによる水みちの変化または諸排水工事の影響があるかも知れない。

各測点のタイプを表-3に示す。

### (3) 各層の性格

① C37:問題のC37は概して降雨型が多く、ことに地表にキレットの発達している沢上部のD11-b, D10-bおよび下部松浦線沿線のD3-b, D7-bにこの性質が著しい。

尾根筋上部のD6-bは傾向型であり、尾根筋中部のD5-bとD4-bは不変型である。

② C36:地すべり面より深部のC36(尾根筋中部のD4-b孔だけ)は傾向型である。これはD6-bの性格と、尾根筋中部のC37が不変型であることと関連さして考えると興味深い。

### (4) まとめ

① 不変型は不透水層内の水位変動であり、降雨型はキレット内の水位変動およびキレットに通じた透水層内の水位変動と考えられる。

② この地区の硬岩は不透水層であり、地下水は主に硬岩内のキレットと炭層および軟弱部を通過して流動している。

③ 地下水はこれら透水部内を地下浅部から深部へ、斜面上方から下方へ流れている。

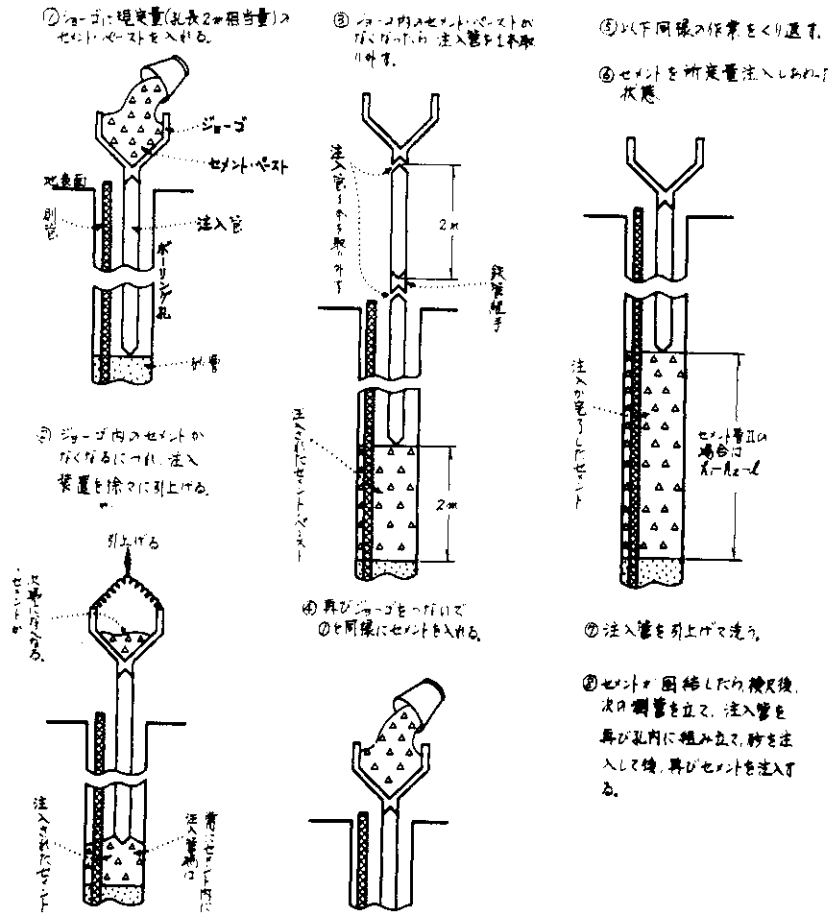


図-3 セメントの注入作業例  
(割管T<sub>1</sub>が立っている状態の例)

7. 地盤の弾性波速度の測定  
地盤の土木地質的性質の一環として、弾性波(縦波)の伝バ速度の測定を行なった。測定は地

表7カ所および調査井内で実施し、震源は打撃により、測定はソノタイマーを用いた。その詳細は別に発表する予定である。

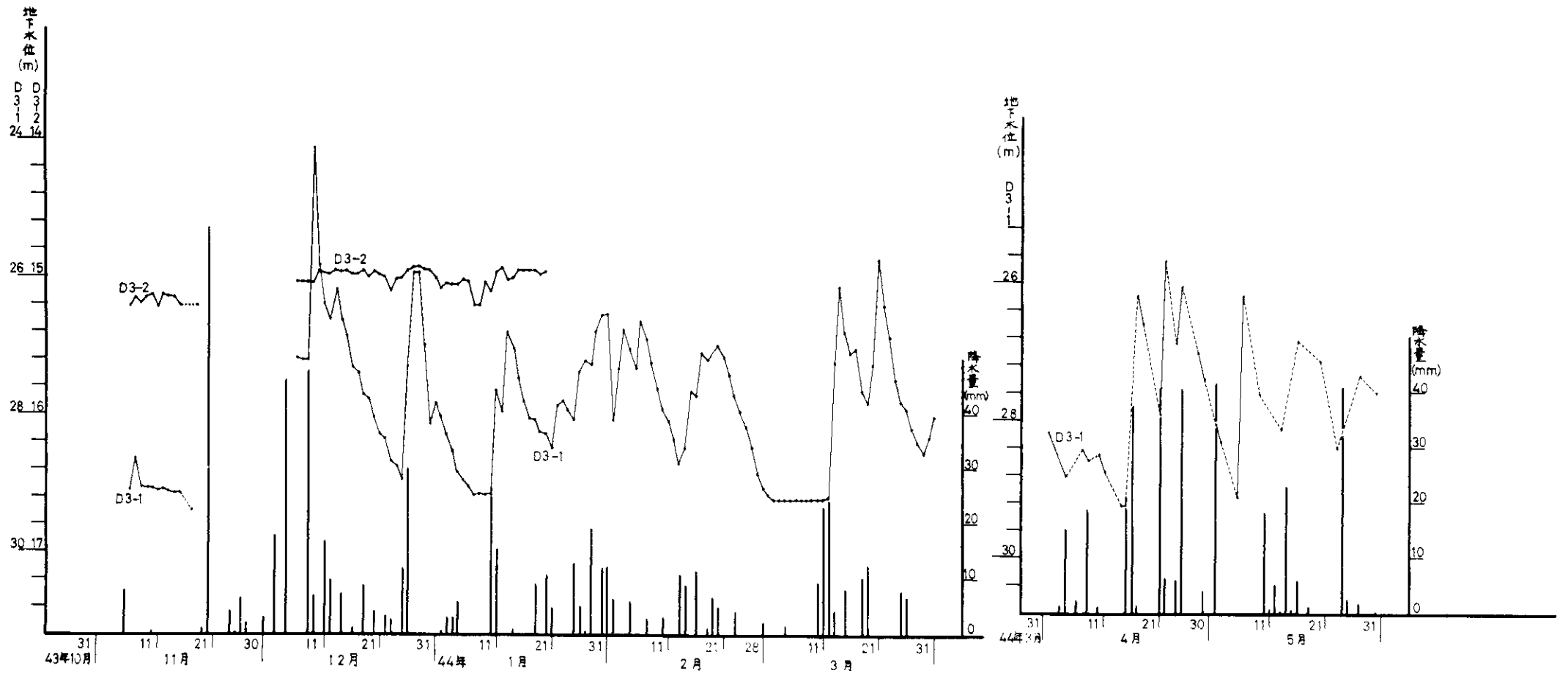


図 - 4 水位変動曲線 ( D3 )



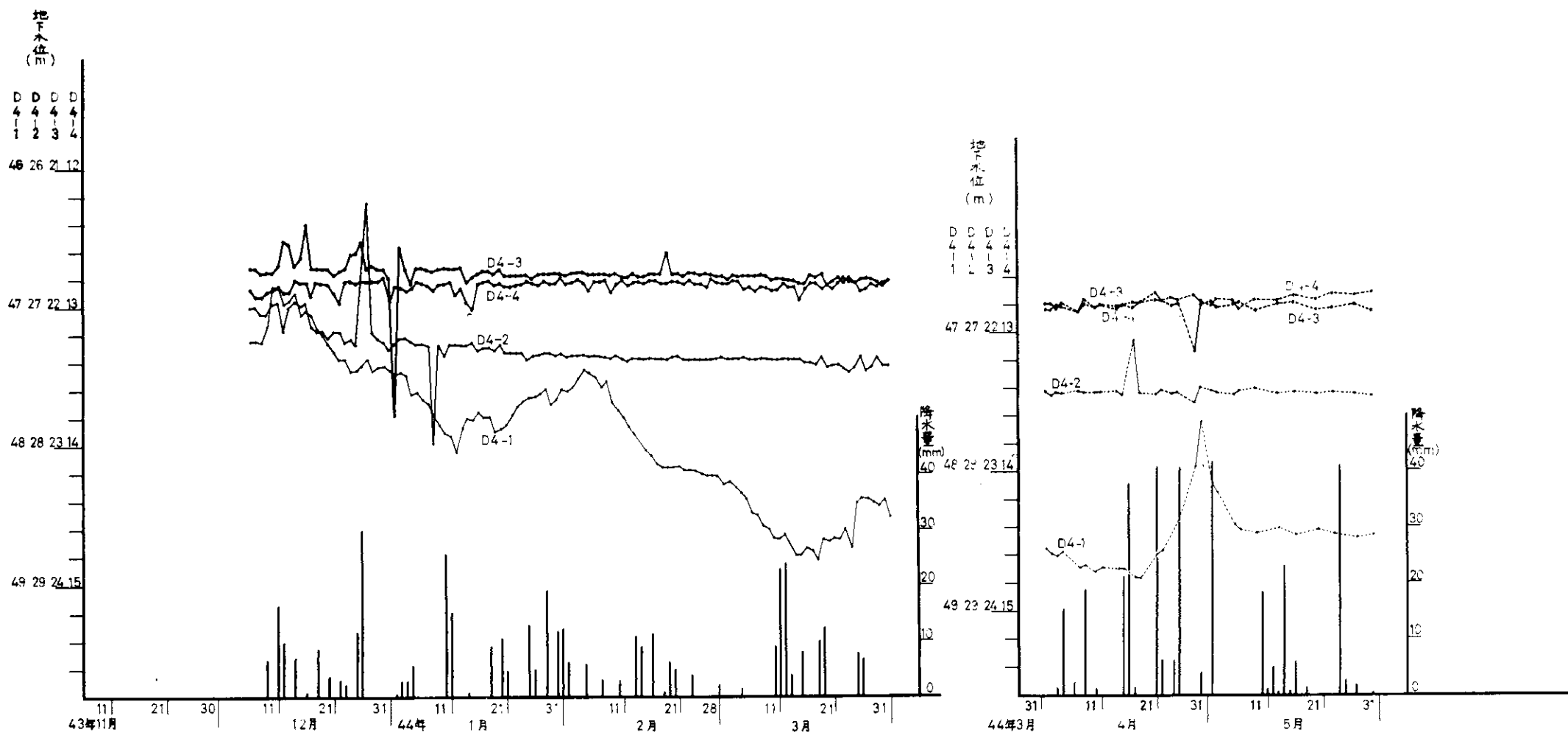


図 - 5 水位変動曲線 (D4)

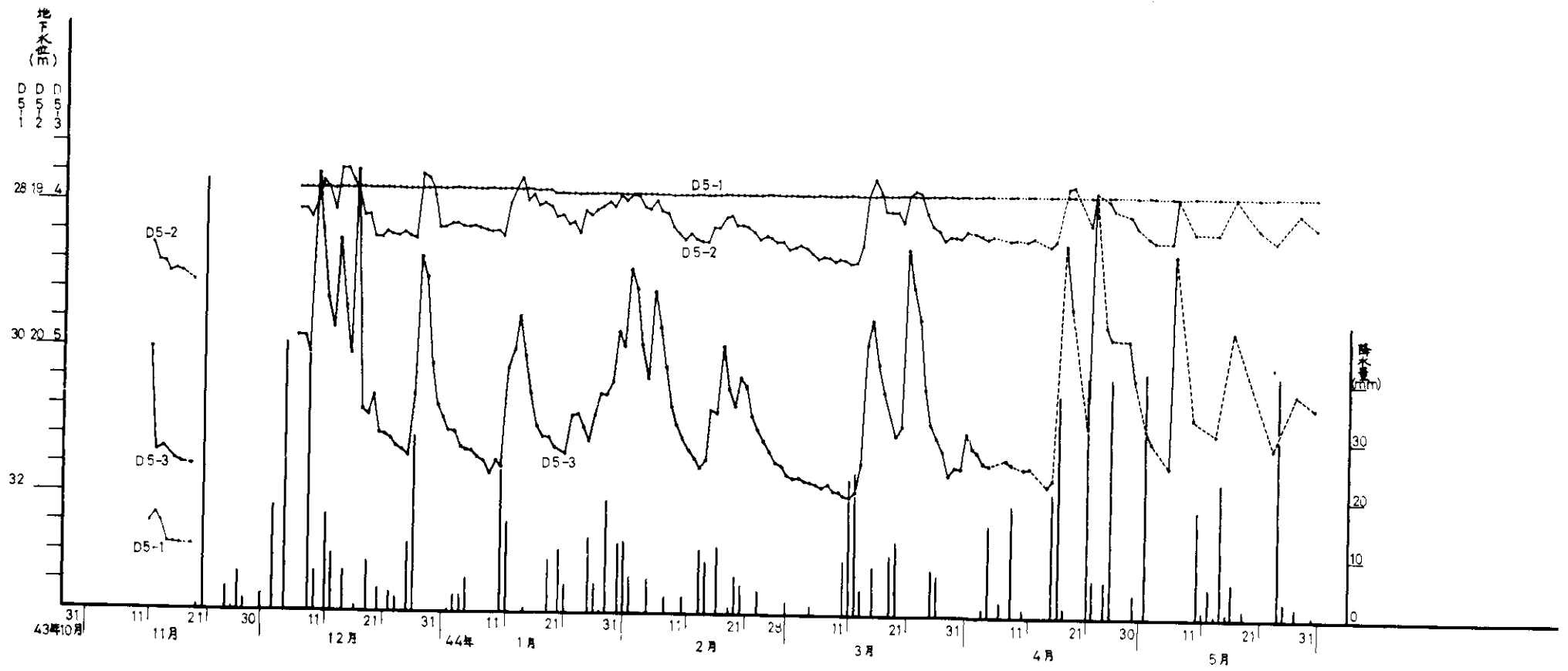


図 - 6 水位変動曲線 (D5)

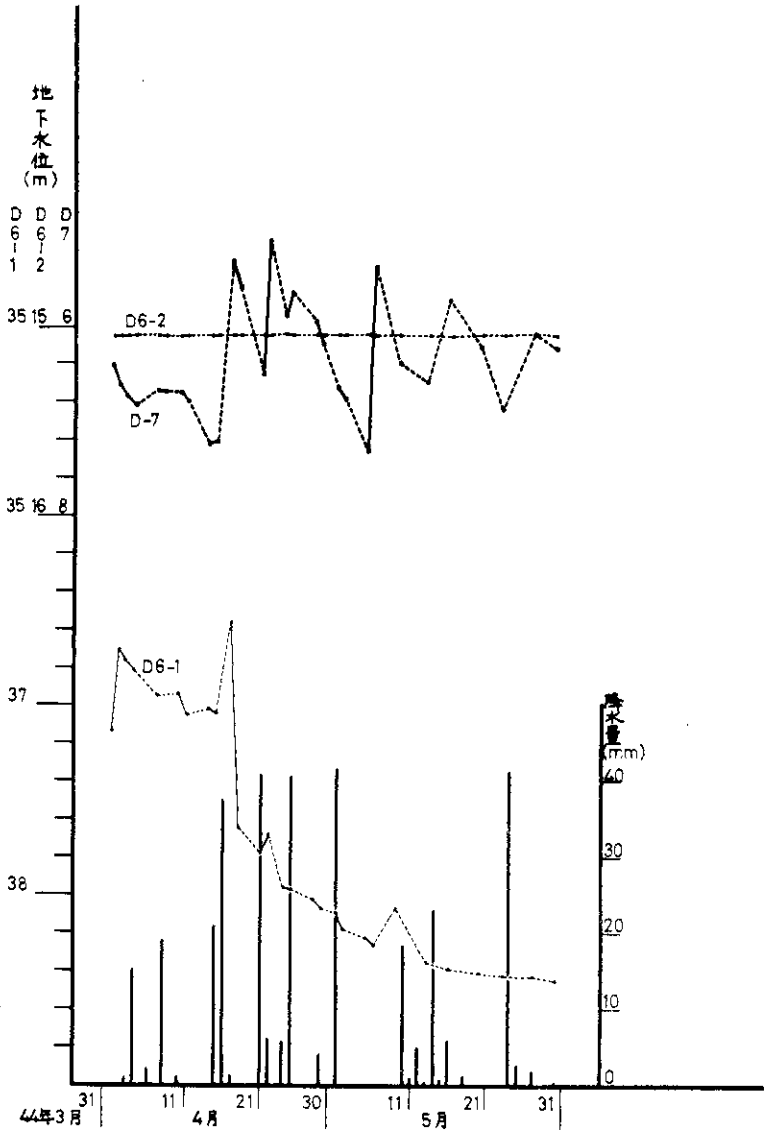
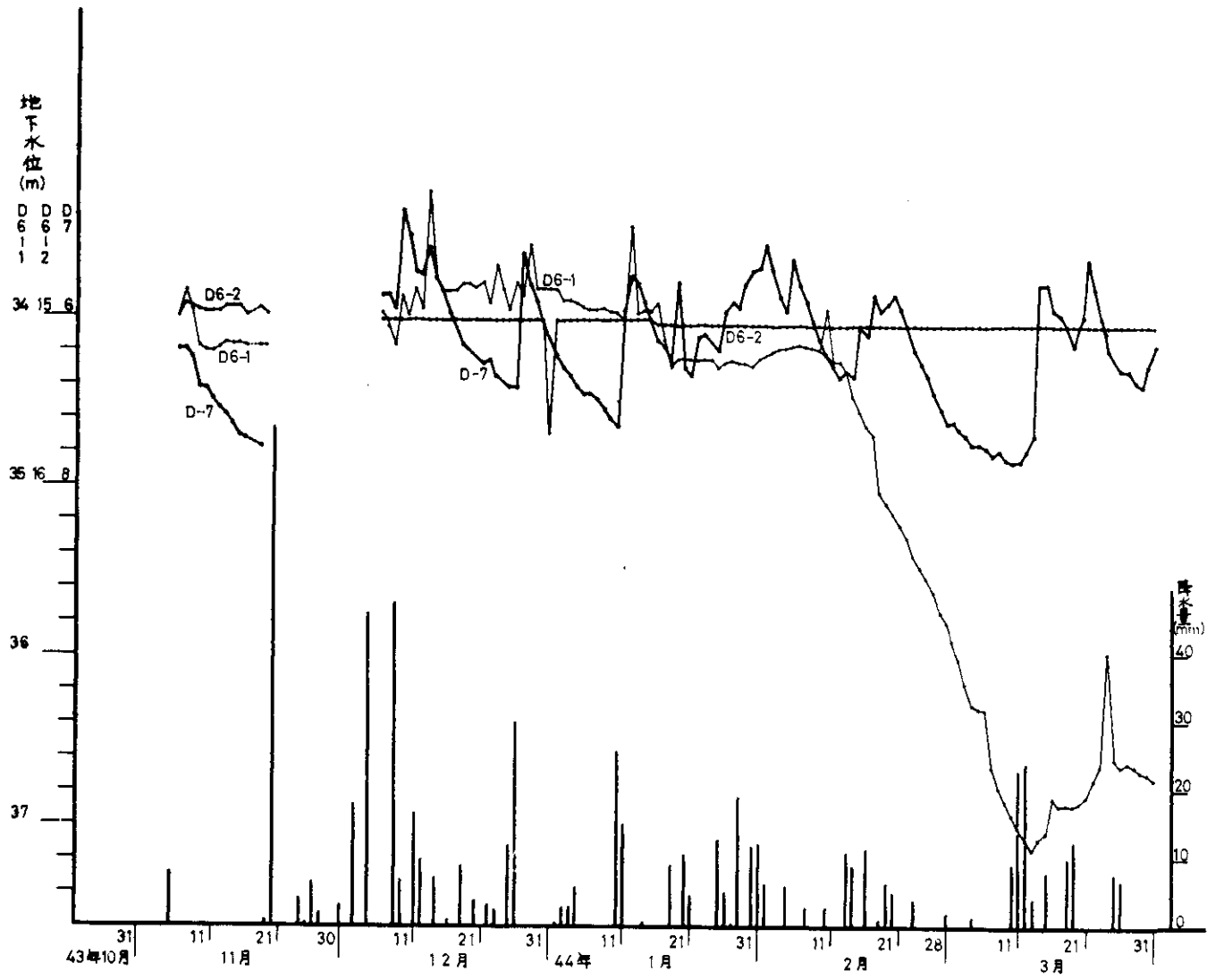


図 - 7 水位変動曲線 (D6, D7)

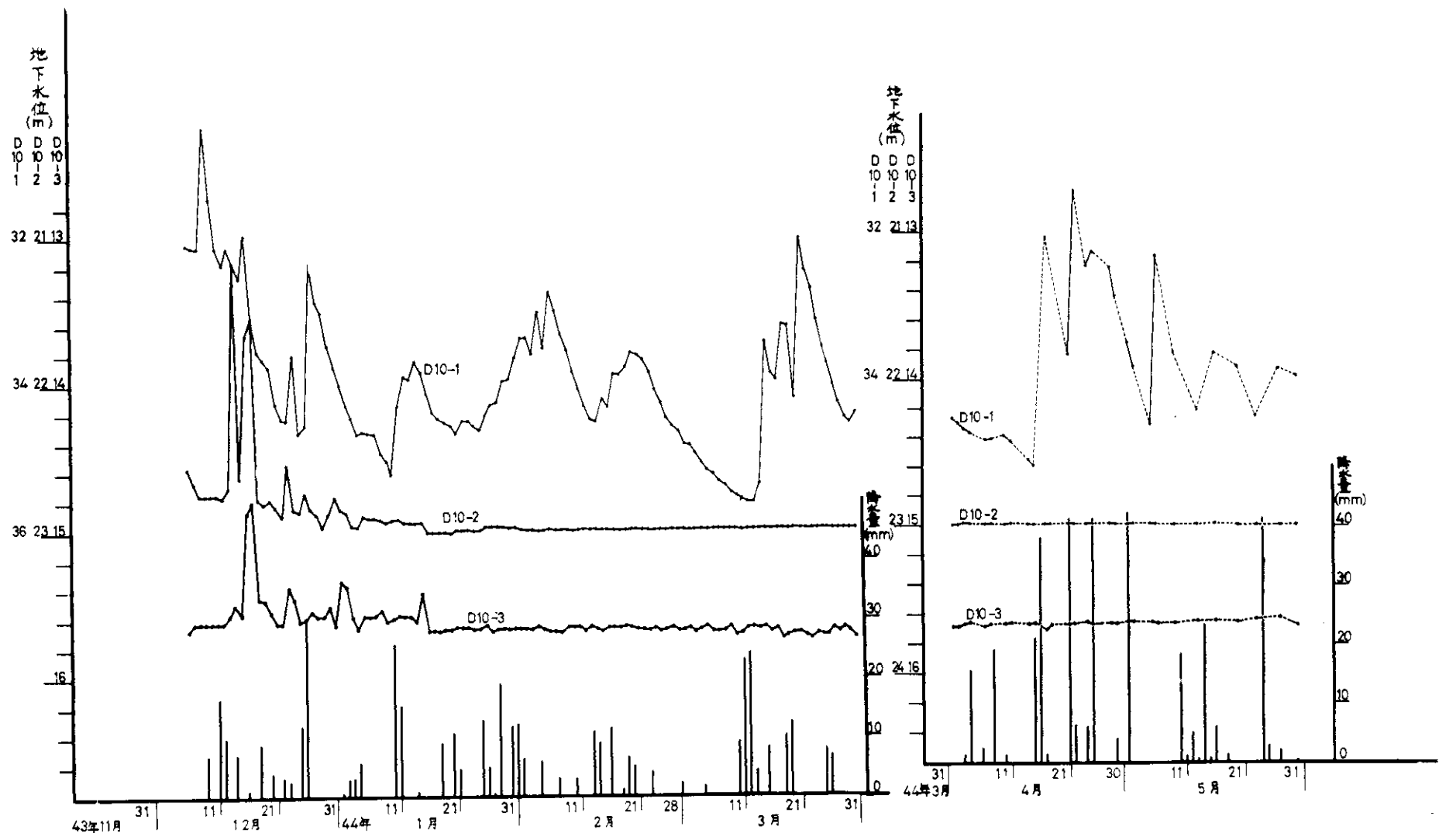


图-8 水位变动曲线 (D10)

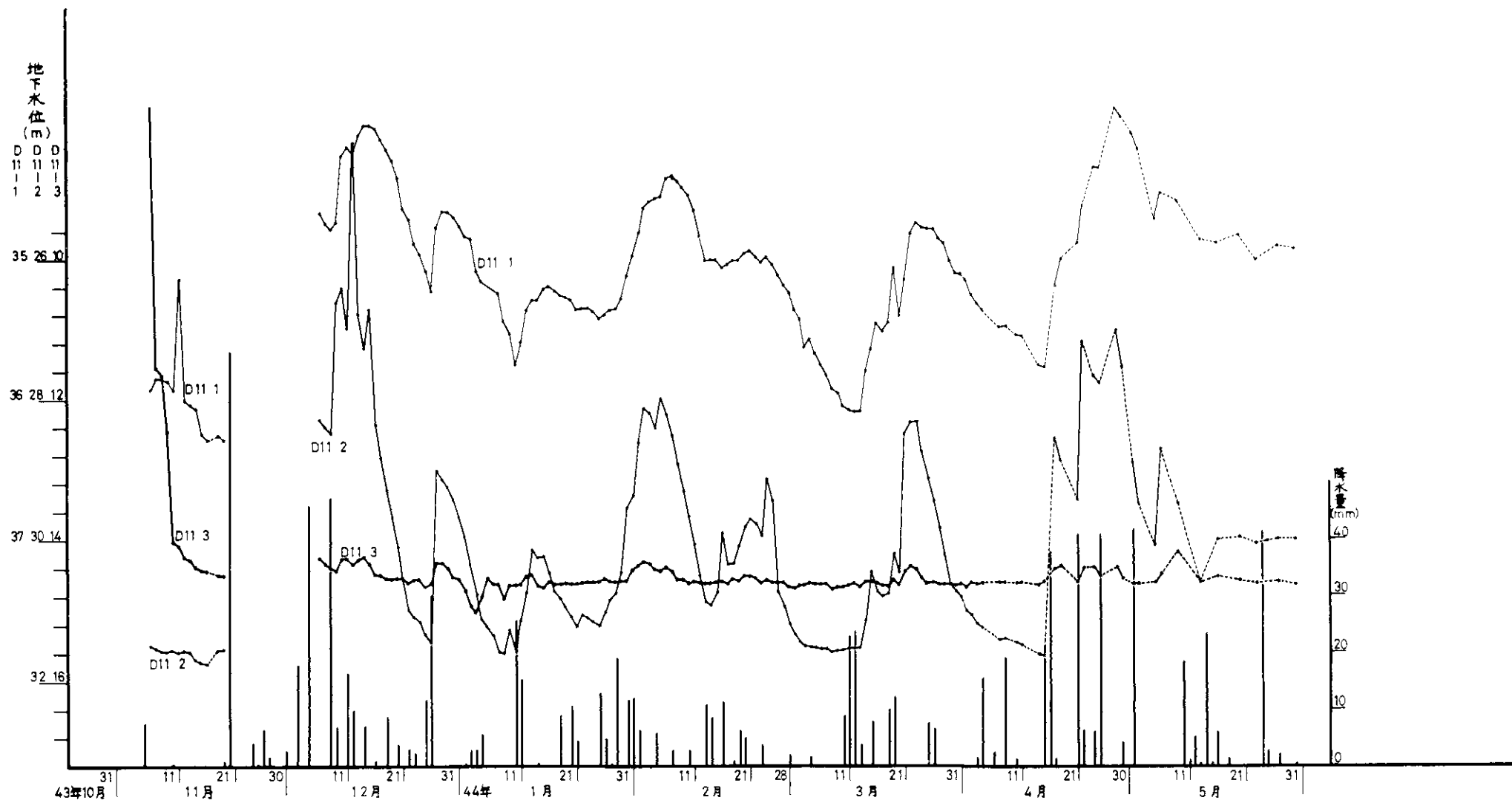


図 - 9 水位変動曲線 (D11)