



土木研究所資料

亀の瀬地すべり地における不飽和浸透の計測

平成9年4月

建設省土木研究所
砂防部地すべり研究室

Copyright © (1997) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

亀の瀬地すべり地における不飽和浸透の計測

地すべり研究室 研究員 石濱 茂

要旨

本資料は、平成元年度から平成4年度に、亀の瀬地すべり地内において、鉛直不飽和浸透の計測を行った結果について報告するものである。本調査は地すべり地内の不飽和浸透特性を明らかにするため、土壌水分計を1 m, 3 m, 5 m, 7 m, 9 mの深さに設置して計測を行った。計測結果および浸透流解析結果より、地表面に降った雨は、全てが地下深部まで浸透するのではなく、難透水層上に達したものは難透水層上をそのまま流れ、それ以外が地下深部まで浸透し、すべり面の間隙水圧は降った雨全てによって変動するわけではなく、その一部によって変動するものと推定された。

キーワード：地すべり，不飽和浸透，浸透流解析，土壌水分計，現地計測

ま え が き

本資料は、平成元年度から平成4年度に、亀の瀬地すべり地内において、鉛直不飽和浸透の計測を行った結果について報告するものである。

一般に地すべりの発生原因の多くは、降雨が地下に浸透し地下水となることによって、地下水位やすべり面に作用する間隙水圧を上昇させた結果、斜面が不安定化し地すべりを発生させるとされている。しかし、その地下水の流入経路についてはいまだ不明な点も多く、十分な調査と解明が望まれる。現在一般的な地下水調査は、主に飽和地下水を主体にした調査であり、降雨が不飽和領域を通過し飽和帯に至って地下水になるまでのいわゆる不飽和浸透についての調査は行われていない。このため不飽和浸透過程についてはほとんど解明されていない状況であり、今回の調査はその解明のための第一歩である。

平成 9 年 4 月

地すべり研究室 石 濱 茂



目 次

1. 調査目的	1
2. 調査位置	2
3. 土壌水分計	4
4. 設置方法	5
5. 排水量の計測	8
6. 計測期間	10
7. 計測結果	12
8. 考 察	46
8. 1 浸透理論による考察	47
8. 2 浸透流解析による考察	49
9. まとめ	55

1. 調 査 目 的

本調査の目的は、地すべり地内の不飽和浸透、特に地すべり斜面中央部（縦断的に見て）の平坦地における降雨の浸透状況とその不飽和浸透特性について明らかにするために実施したものである。通常地すべり地の地下深部へ浸透する地下水は、滑落崖等の亀裂帯から侵入すると考えるのが普通である。しかし、滑落崖等の亀裂帯以外の場所へも当然降雨があるわけで、このような降雨による水は、どのような経路をたどって地下へ浸透あるいは地表へ流出していくのか不明である。今回はこの点を明らかにするために、地すべり地内に鉛直方向に5つの土壌水分計を設置して土壌水分量の変化の測定を行った。

計測においては、特に以下の3点の解明に的を絞って実施している。

- ①降雨は地下深部まで浸透しているのか？
- ②浸透しているとすれば、均質的な浸透なのか？
- ③浸透している場合の不飽和浸透特性は？

なお今回土壌水分計を集水井内の側壁に設置したため、集水井へ流れ込む水が浸透したものか、地下深部から流れ込むものなのかを確認することが可能であることから、集水井からの排水量も同時に計測を行っている。

2. 調査位置

本調査を行った地すべり地は、大阪府柏原市にある亀の瀬地すべり地であり、金剛山地と生駒山地を東西に横断する大和川の峡谷部北側に位置する。亀の瀬地すべり周辺の地質は、基盤は花崗岩を主体としており、これを覆って第三紀の噴出物である二上層群の明神山火山岩とドロコロ火山岩が分布している。明神山火山岩は主として大和川左岸の地すべりの無い地帯に分布し、右岸の地すべり地側にはドロコロ火山岩が分布する。地すべり地を形成しているのは主にドロコロ火山岩である。

本地すべり地は大きく清水谷と峠の2つのブロックに分けられ、清水谷ブロックは縦に長い地すべりで活動方向もはっきりしているが、峠ブロックは横に長い地すべりでブロックもその中でいくつか分割されブロック間において活動方向が相互に影響与えるため複雑な動きをしている。

土壌水分計を設置した位置は、清水谷ブロックの中央部よりやや上部の平坦地にある22号集水井内である。図-1に設置位置、図-2に地質縦断面図を示す。また設置位置の状況を写真-1, 2に示す。

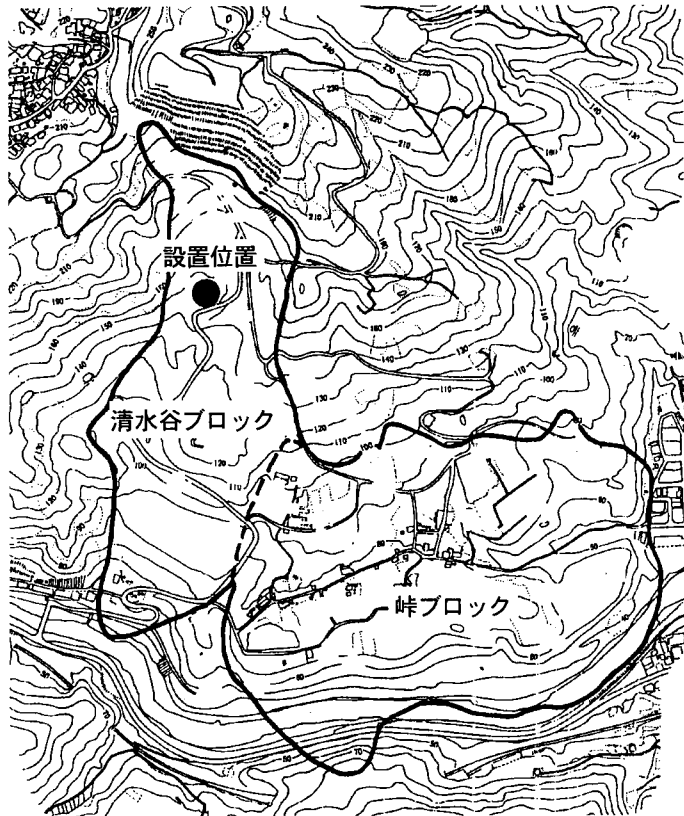


図-1 設置位置平面図

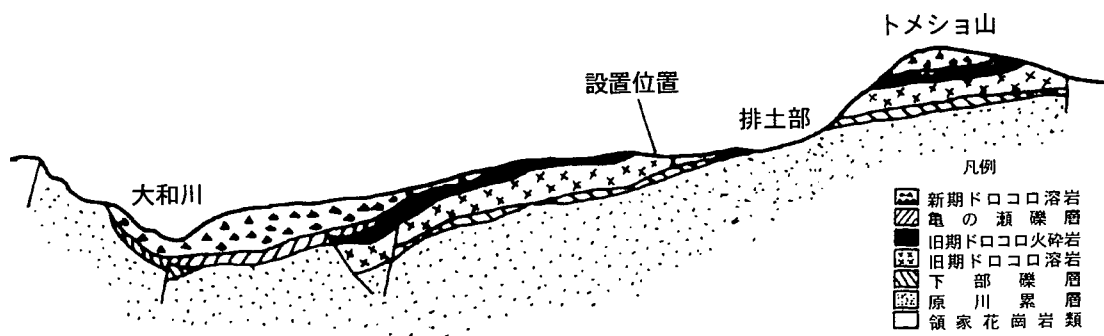
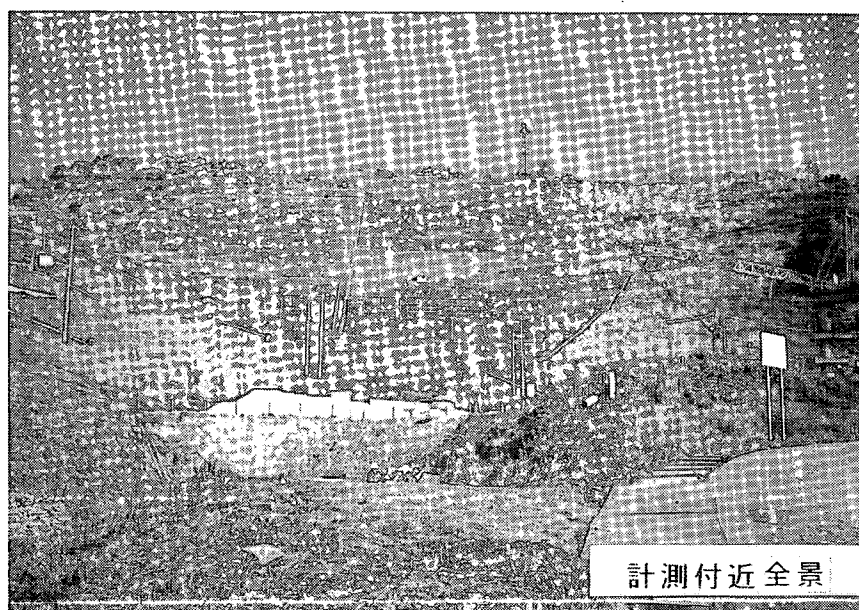


図-2 地質縦断面図



計測付近全景

写真-1 計測付近全景

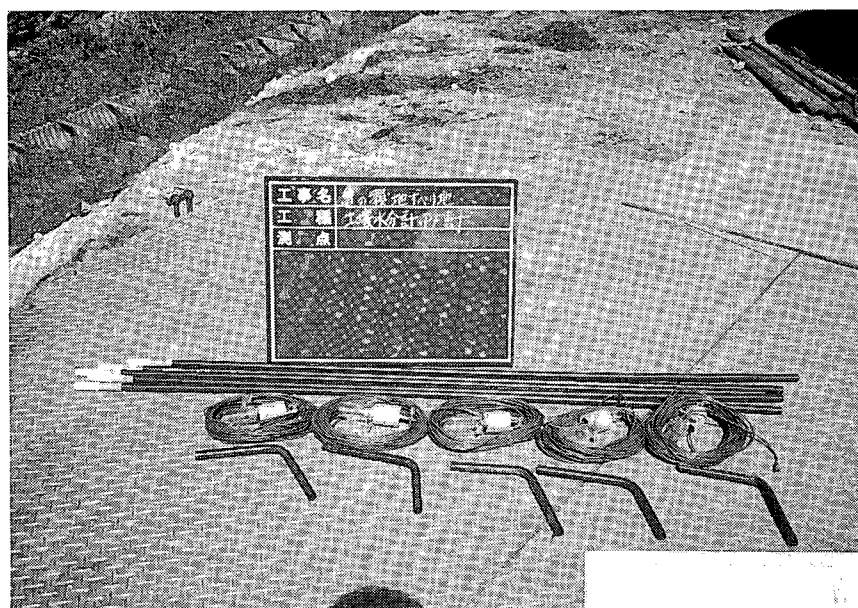


22号集水井全景

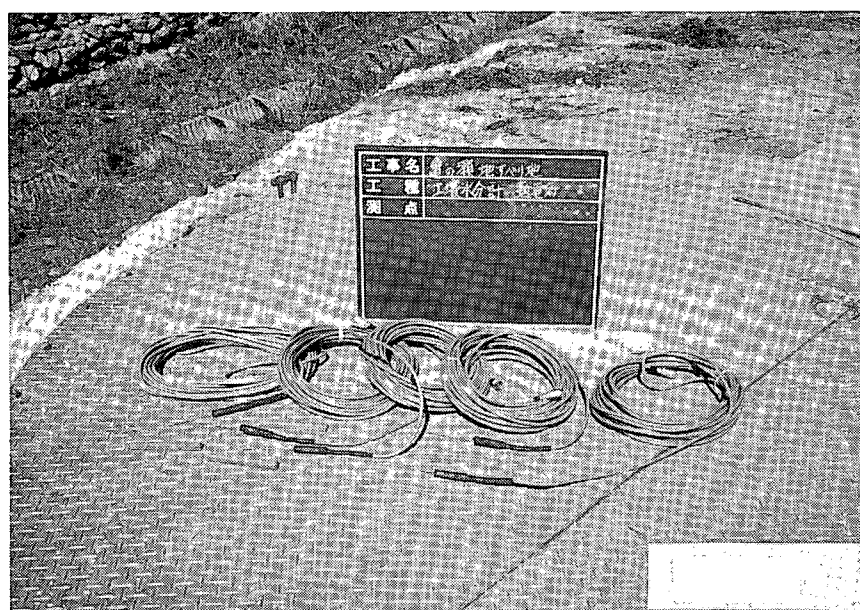
写真-2 22号集水井全景

3. 土 壌 水 分 計

計測に使用した土壌水分計は、圧力センサー型の土壌水分計（写真－3）と熱伝導型の土壌水分計（写真－4）の2種類である。圧力センサー型の土壌水分計は、先端に取り付けたポーラスカップからの水の出入りの変化を圧力センサーが感知してサクションを直接計るものであり、熱伝導型の土壌水分計は、センサー周辺の水分を加熱しその熱伝導率を測定し、事前に測定しておいた熱伝導率と水分量の関係から土壌水分量に変換するものである。今回は、どちらの土壌水分計が地すべり地に適しているかを検討する意味も含めて両方共使用し同時に計測を行った。



写真－3 圧力センサー型の土壌水分計



写真－4 熱伝導型の土壌水分計

4. 設 置 方 法

土壌水分計の設置は、今回の調査目的が鉛直浸透を計ることが目的であるので、地表面から深さ方向に1 m, 3 m, 5 m, 7 m, 9 mの位置に5つ設置した。設置の方法は、圧力センサー型の土壌水分計が水タンクとセンサー部との距離をあまり長くとることができないことから地表面からではなく、図-3に示すように集水井の側壁から地中へ約1.2mの位置に設置した。なお、2つの土壌水分計は平行に約1 m離して設置している（写真-5, 6, 7）。また、計測期間の途中から、測定結果の検証のため新たに1 mの位置に集水井からではなく地表面から土壌水分計を設置して計測を行った。なお、この時データ収録装置の測定点数に限りがあったので、9 mの測定を中止している。

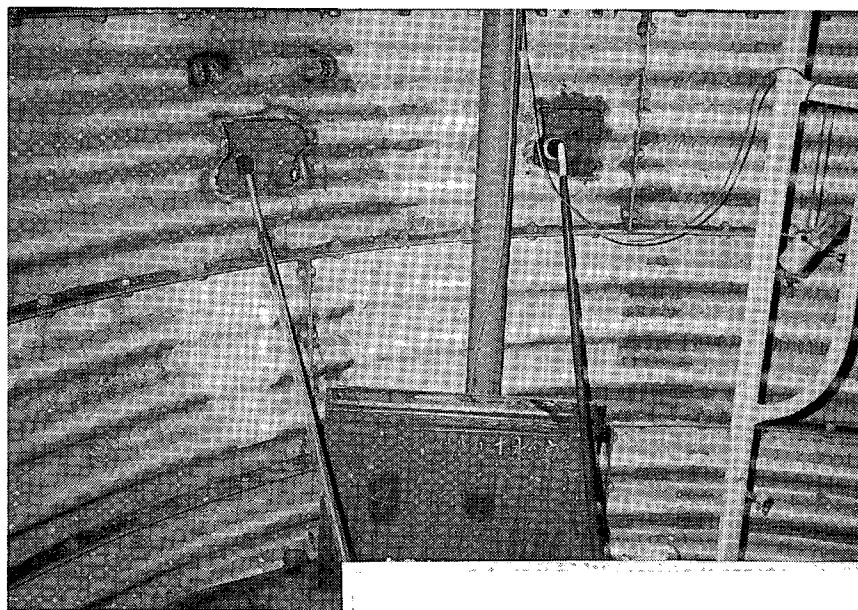


写真-5 土壌水分計設置状況

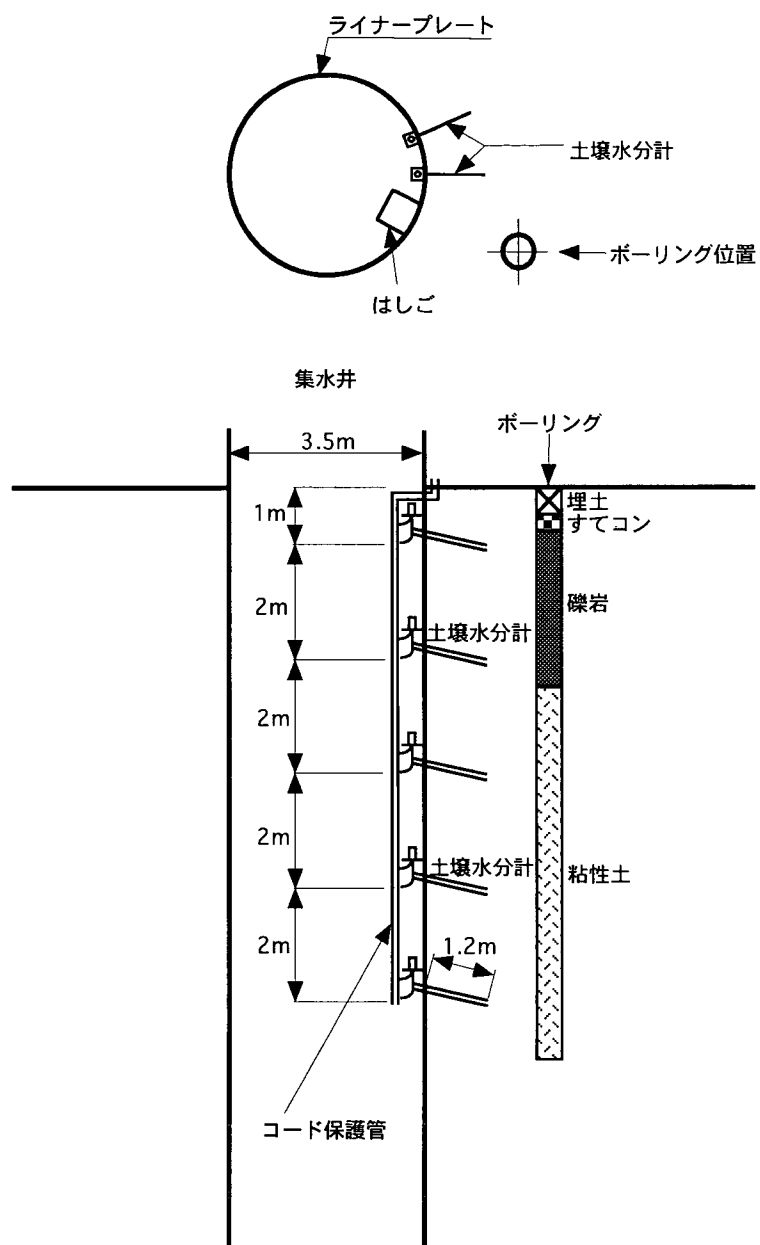
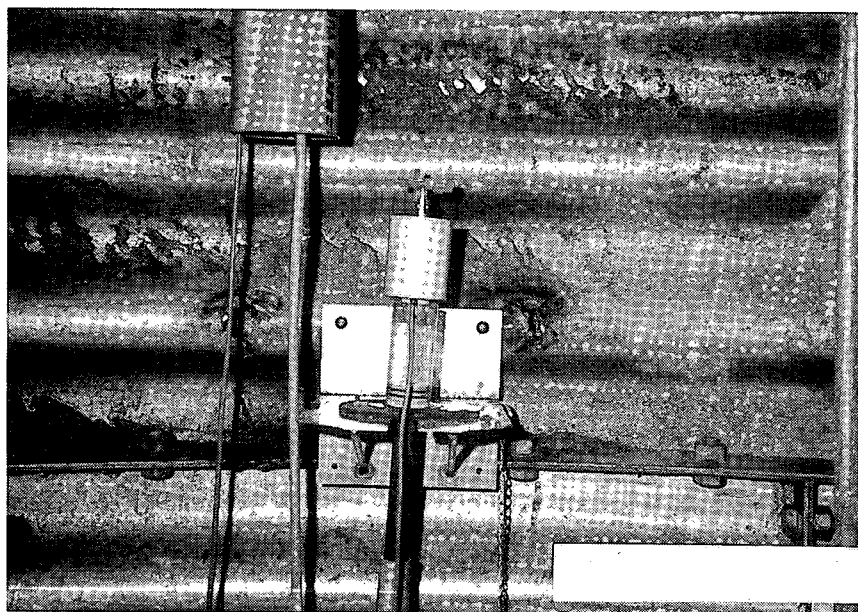
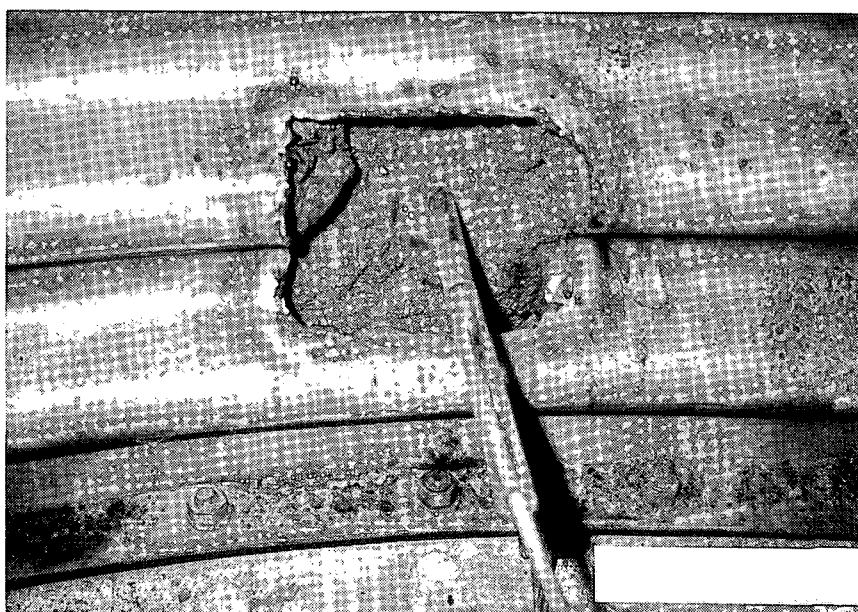


図-3 土壌水分計の設置概要



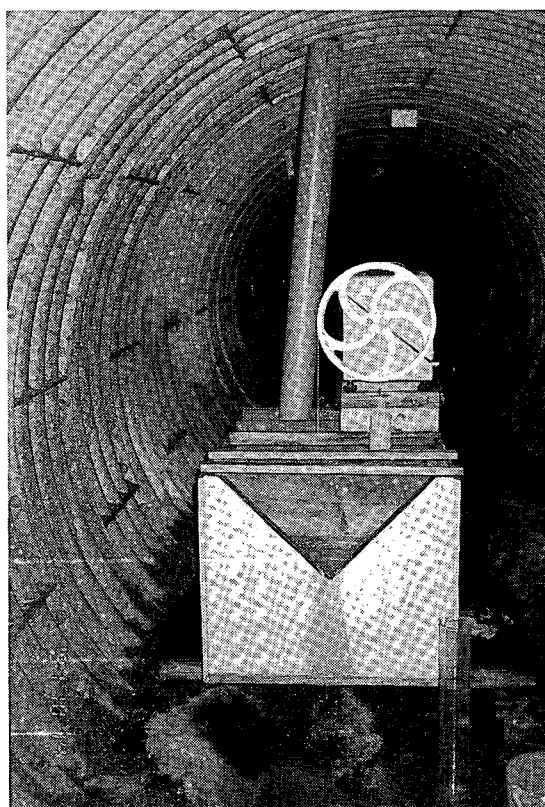
写真－6 圧力センター型土壌水分計の設置状況



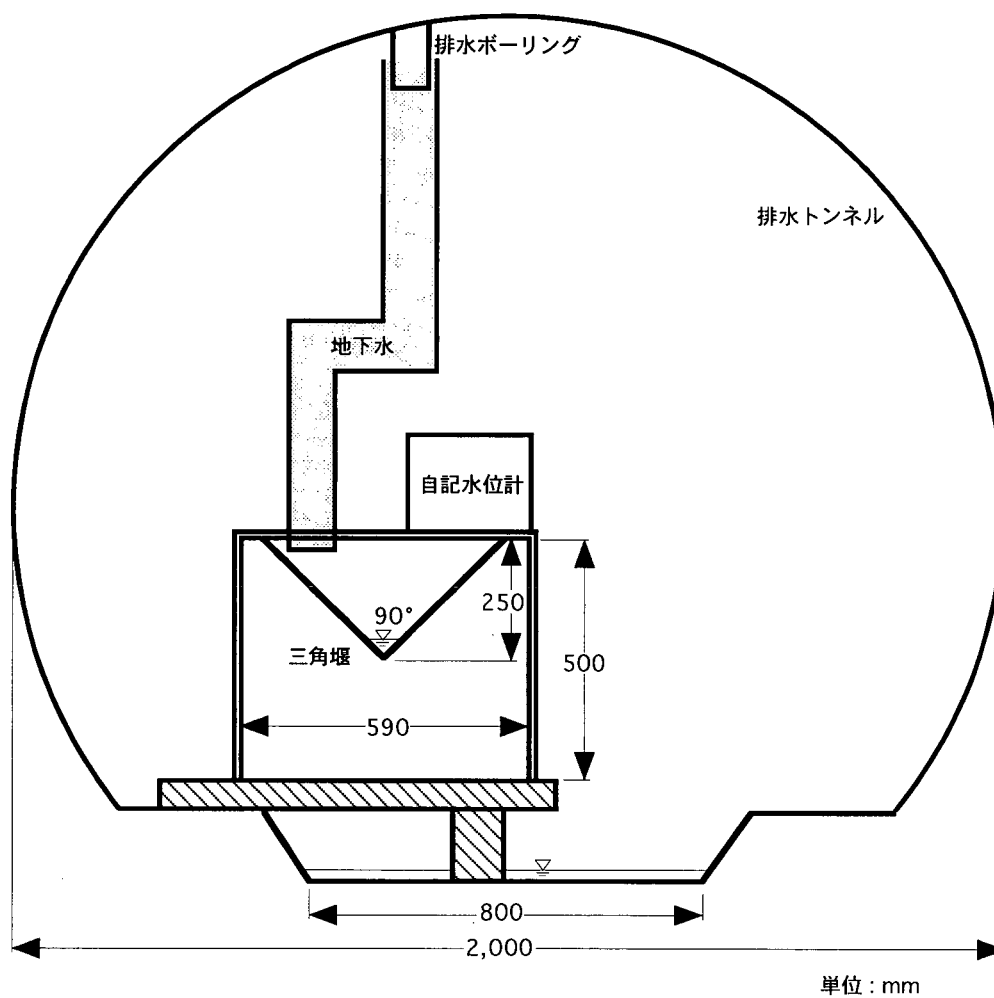
写真－7 熱伝導型土壌水分計の設置状況

5. 排水量の計測

排水量の測定は、集水井から排水トンネル内に排水されている排水ボーリングからの水を三角堰に排水させ、三角堰の水位の変化を自記記録計を用いて記録し測定するものである。三角堰の設置概要図を図－４，設置状況を写真－８に示す。なお、三角堰は縦900mm×横590mm×高さ500mmのものを合板で自作し使用している。



写真－８ 三角堰の設置状況



図－４ 三角堰の設置概要図

6. 計 測 期 間

計測期間は、表－ 1 に示す通りである。なお計測間隔は 1 時間である。

表-1 計測期間

年	1990												1991											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SK-5608A									←						→			←						→
IDL-1600							←								→			←						→
排水量										←					→			←						→
備考	1991年9月より、1mの日周期変動の確認のため、9mを集水井からではなく、地表面から1mの位置に設置しなおして計測を実施 【測定深度1、3、5、7、9m】 【測定深度1、3、5、7、地表面1m】																							

年	1992												1993											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SK-5608A				←			→										←							→
IDL-1600					←		→																	
排水量					←		→											←						→
備考	1992年のデータは、バッテリーの電圧不足により、一部不良データあり 地表面1mのSK-5608Aが水タンク凍結により、故障のため不良データ 【測定深度1、3、5、7、地表面1m】 1993年は、IDL-1600では水分量が多く正確なデータが取れないと判断したため測定を中止 【測定深度1、3、5、7m】																							

7. 計 測 結 果

計測結果を図－5～70に示す。なお、途中センサーの不良等で欠測や明らかな不良データがあるが、そのまま載せてある。

本来ならば、圧力センサー型の土壤水分計と熱伝導型の土壤水分計は同じ土壤水分量の変化を測定しているので、同じ変動パターンを示すはずであるが、今回の測定結果では明らかに両者の間に違いが見られる。まず圧力センサー型の土壤水分計についてであるが、これは1 m, 3 mで日周期変動が見られ、その中で降雨との良い相関が見られる。そして、5 m, 7 m, 9 mについては日周期変動は見られないが降雨との良い相関が見られ、1～9 mにおいて若干のずれはあるものの降雨に対してほぼ同時に変化している。一方熱伝導型の土壤水分計については、1 mでは降雨との非常に良い相関を示しているが、他の3～9 mについては全く変動していない。

両者の計測結果は、一方は降雨は地下深部まで浸透するという結論を導くのに対し、もう一方は降雨は地表面付近までは浸透するが、地下深部へは浸透しないという結論を導き出す結果となっている。これについてどちらが正しいかを検討を行った結果、熱伝導型の土壤水分計については、熱伝導型を測定するため、浸透水を一度加熱する必要があるが、この場合飽和状態に近いすなわち含水量が非常に高い場合には水の流れが速すぎるため、加熱する前に水がどんどん流れてしまい浸透水を熱することができなくなるため、その結果測定値に変化が表れないという特性があり、今回設置した位置での土の状況を観察した結果土壤の水分量が非常に多く感じられたため、水の流れが速すぎて測定できなかったものと判断できる。また、排水量の計測結果を見ると、降雨時には多くの排水が見られるが、無降雨時にも排水が見られることから、非常に水分量が多いことが伺える。したがって、圧力センサー型の土壤水分計の方が今回の場合実際の現象を正しく捕らえていると判断される。

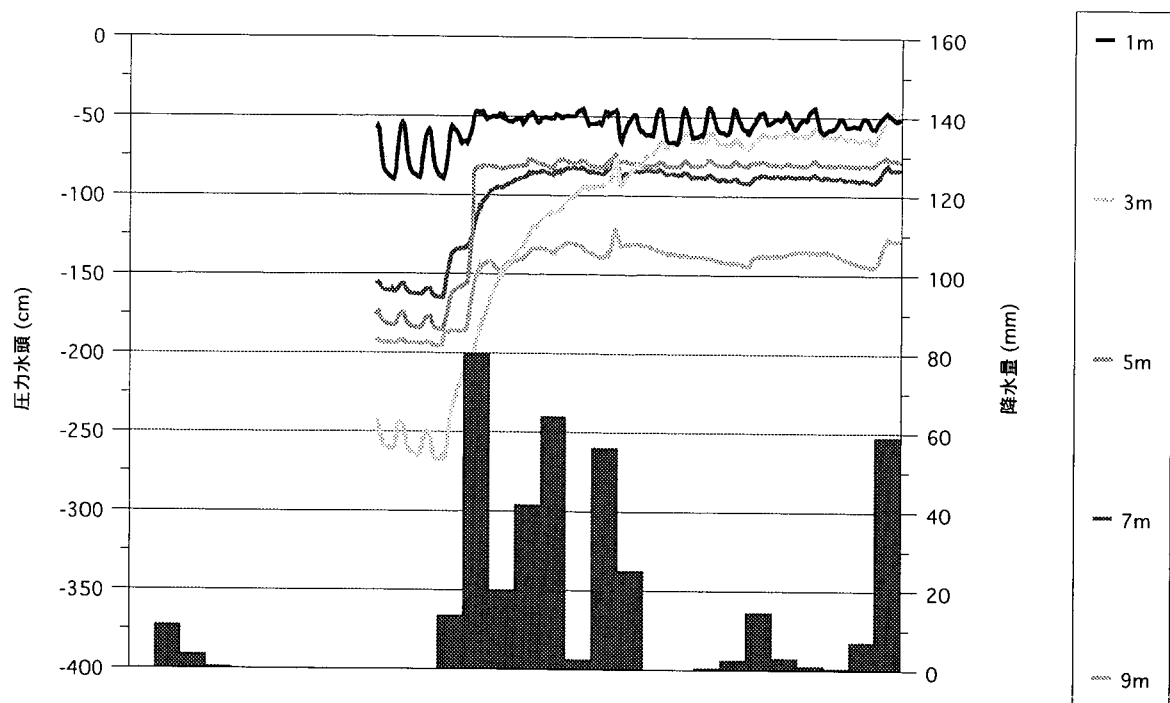


図-5 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (90年9月)

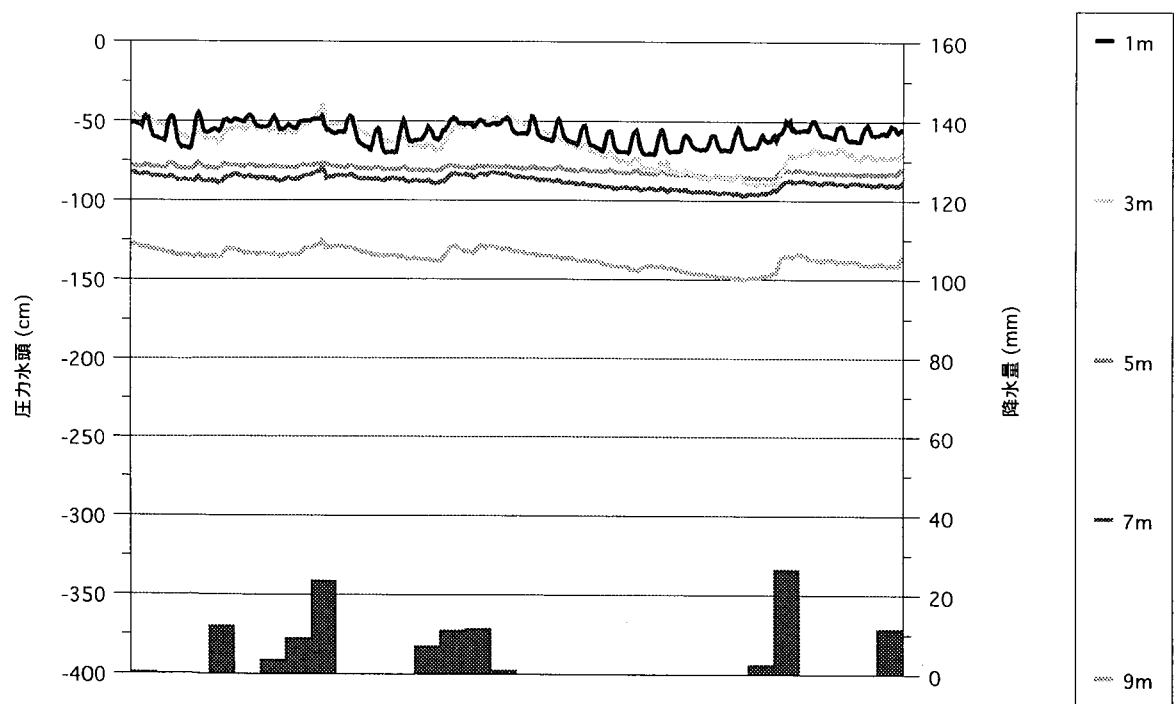


図-6 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (90年10月)

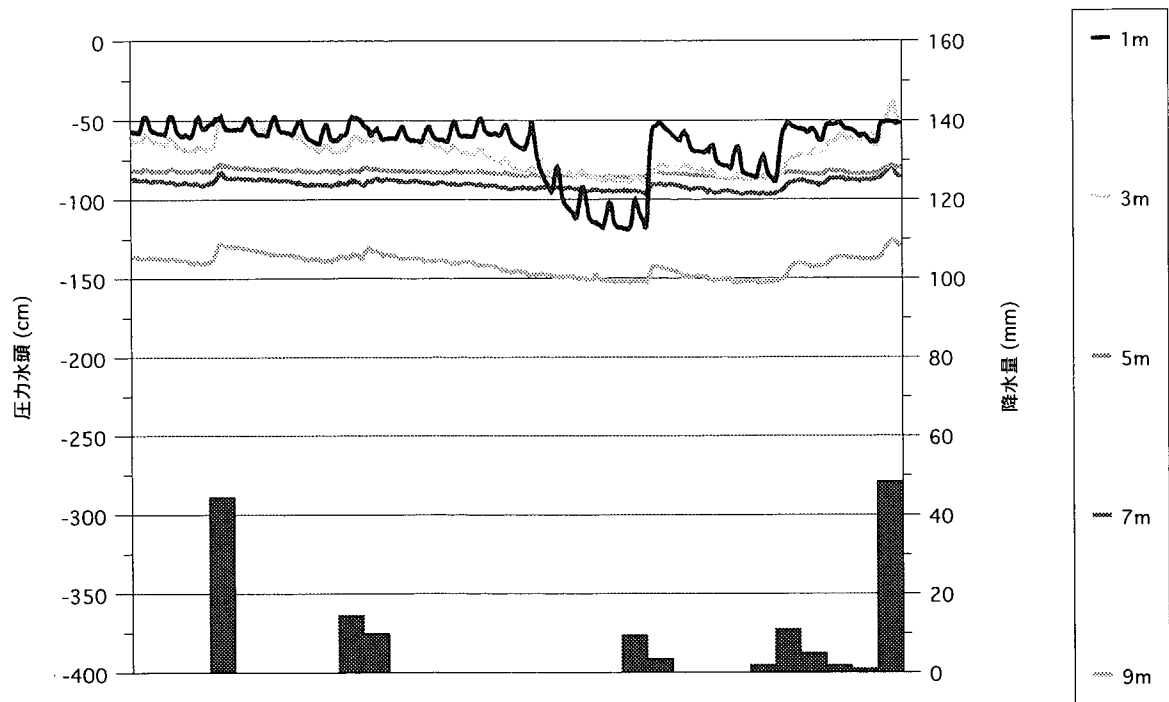


図-7 圧力センサー型土壌水分計の計測結果（90年11月）

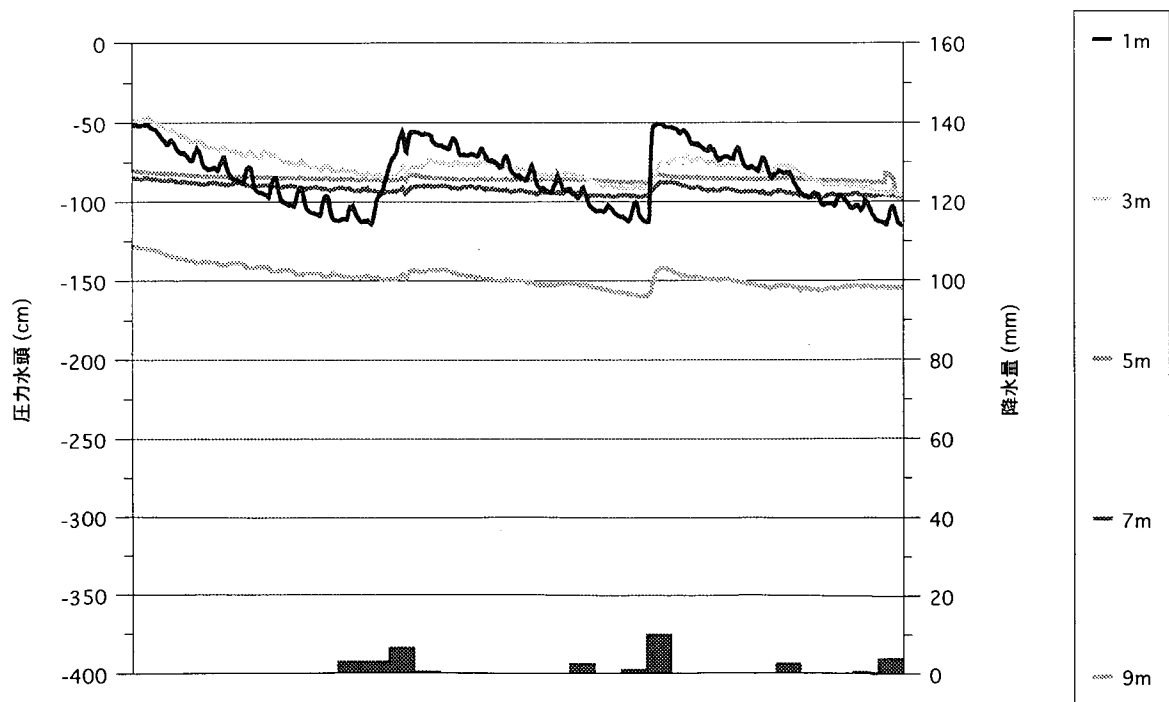


図-8 圧力センサー型土壌水分計の計測結果（90年12月）

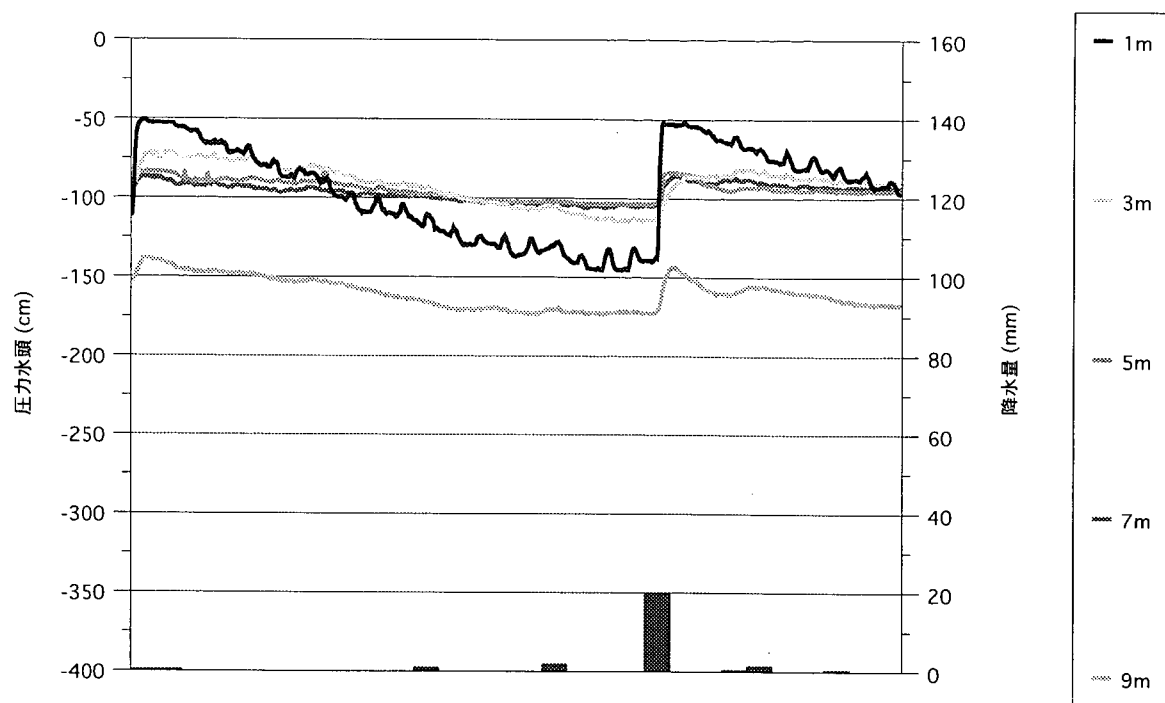


図-9 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年1月)

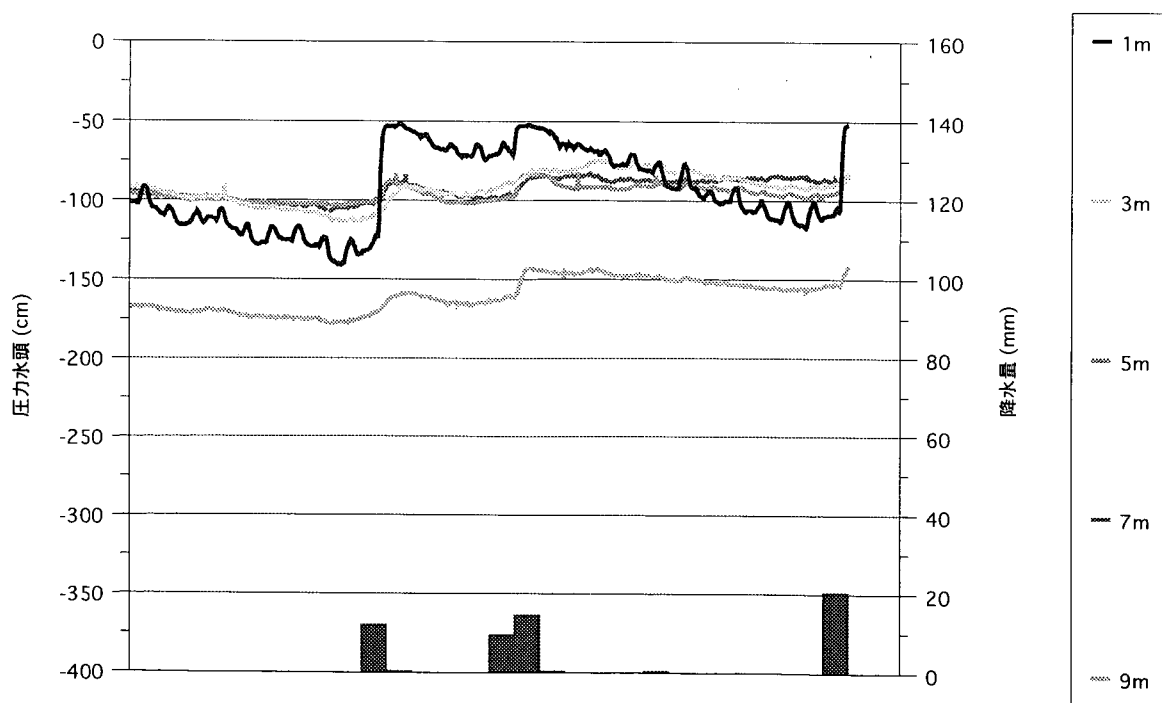


図-10 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年2月)

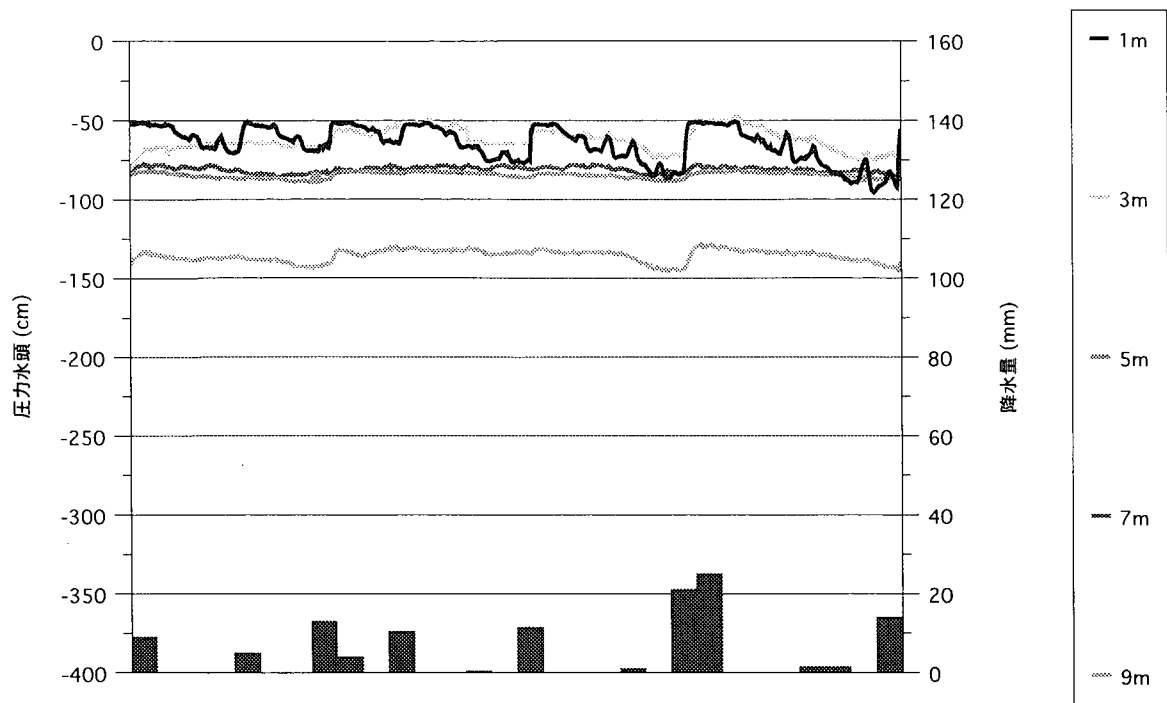


図-11 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年 3月)

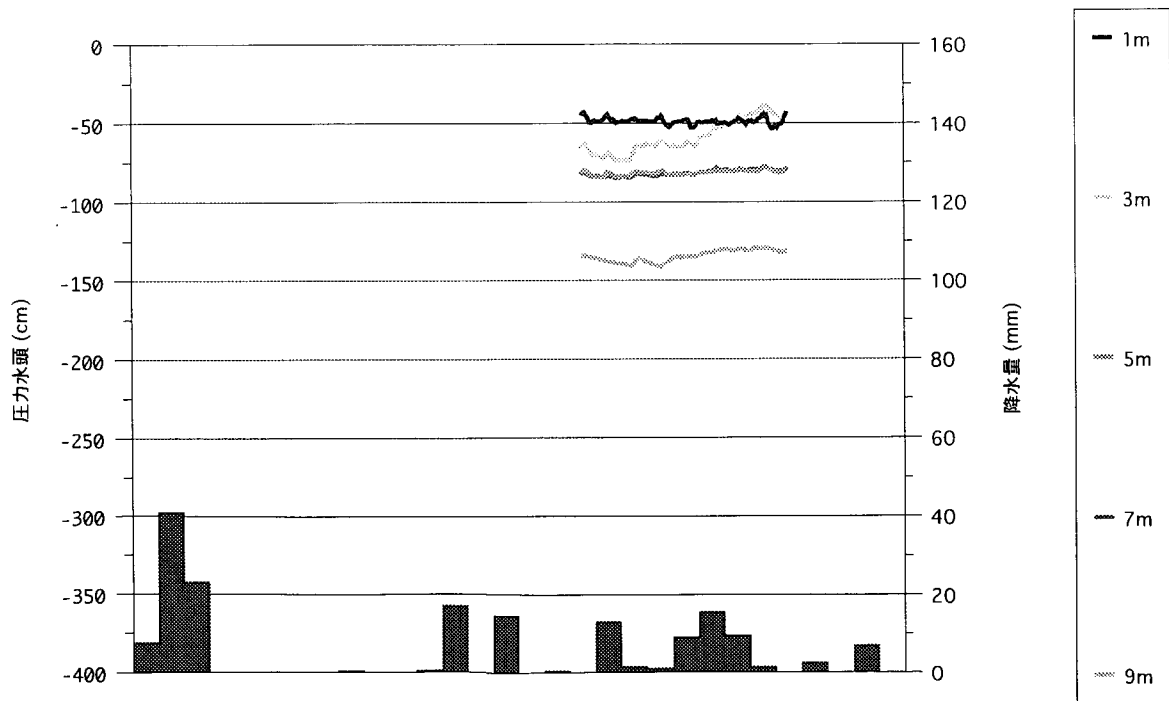


図-12 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年 6月)

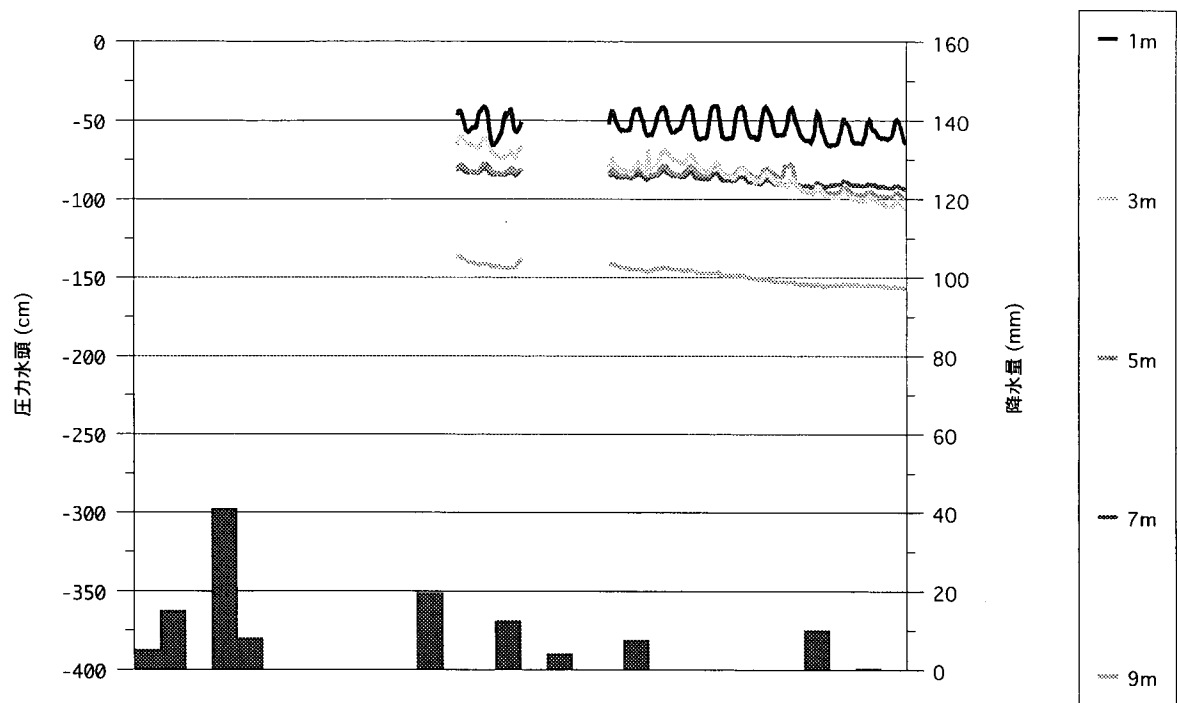


図-13 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年7月)

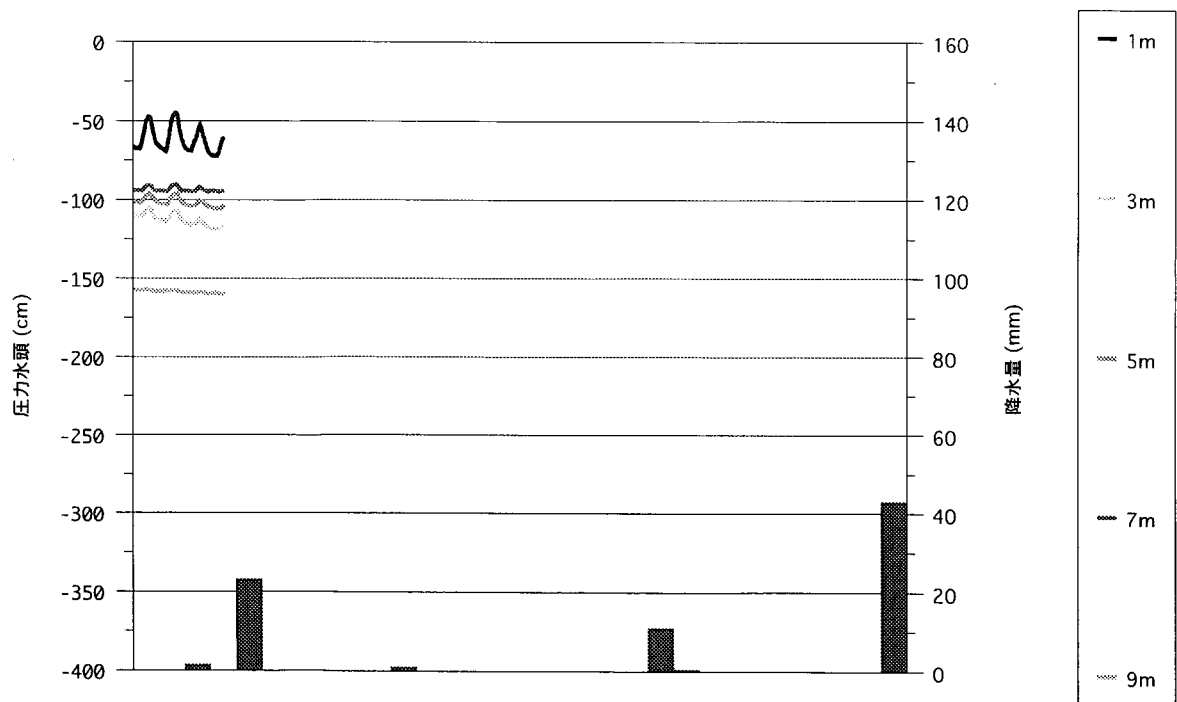


図-14 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年8月)

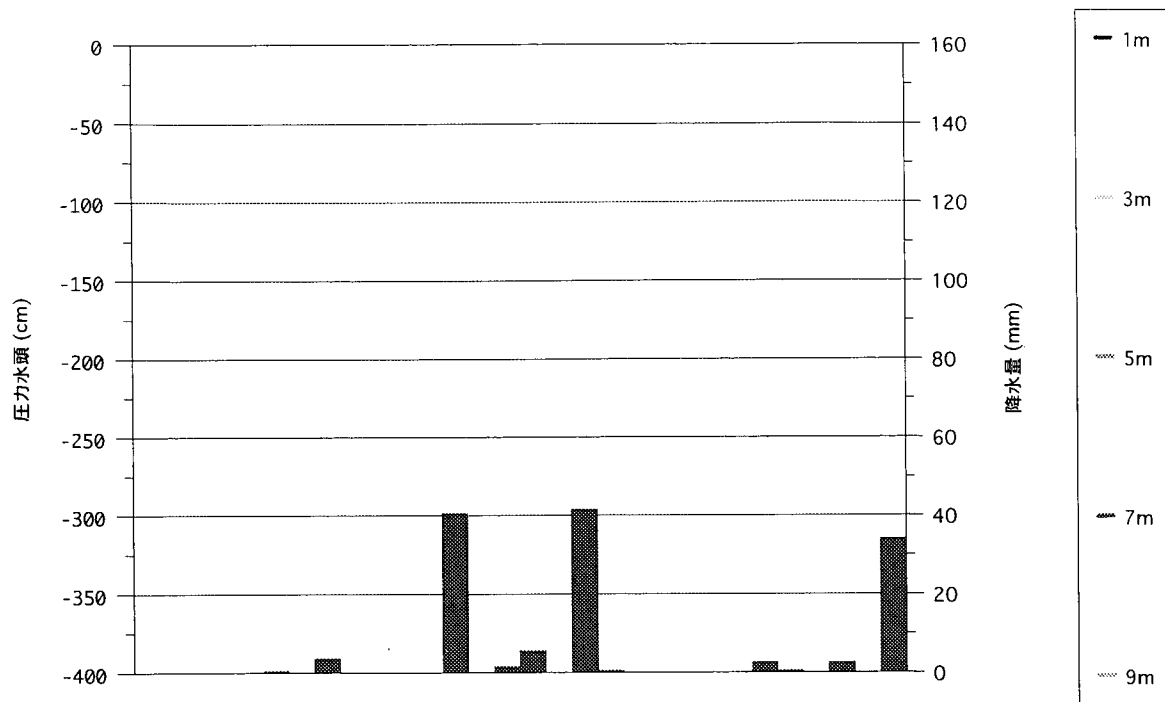


図-15 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年 9月)

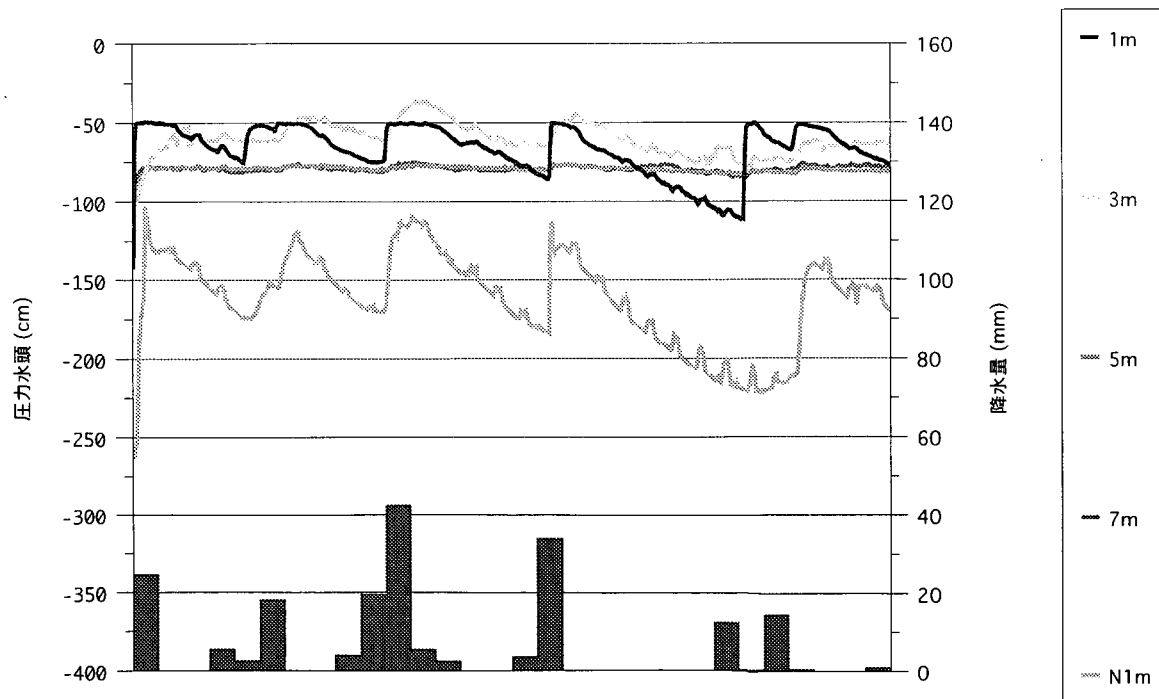


図-16 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年10月)

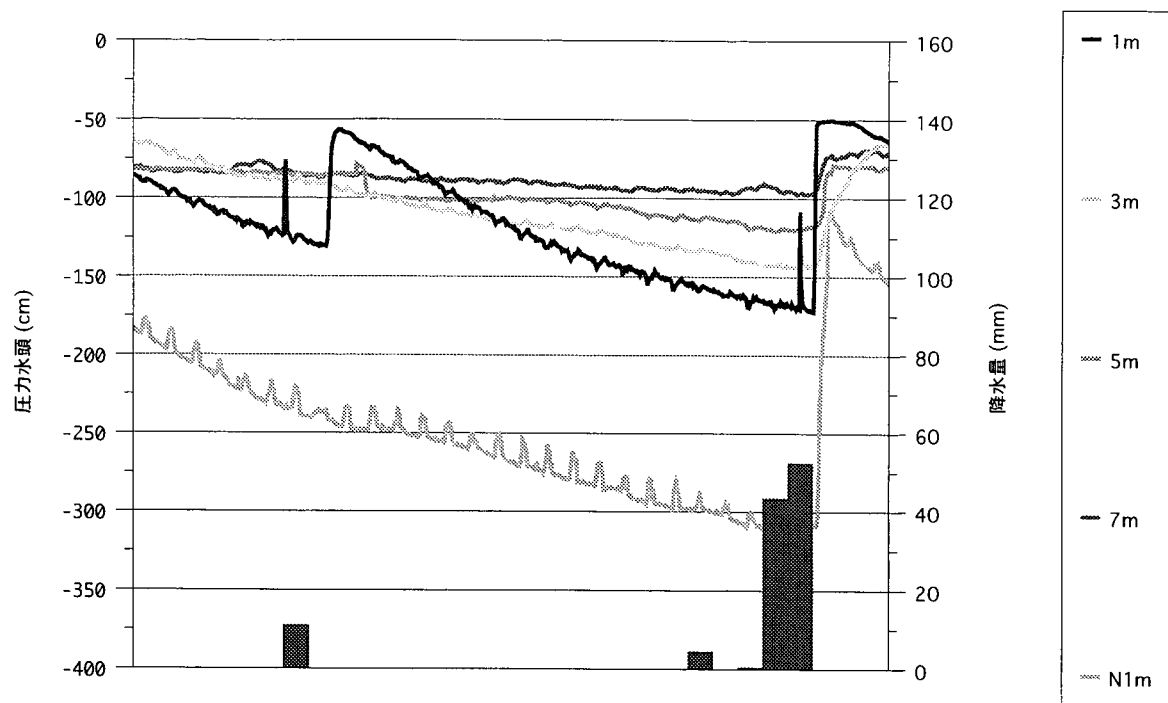


図-17 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年11月)

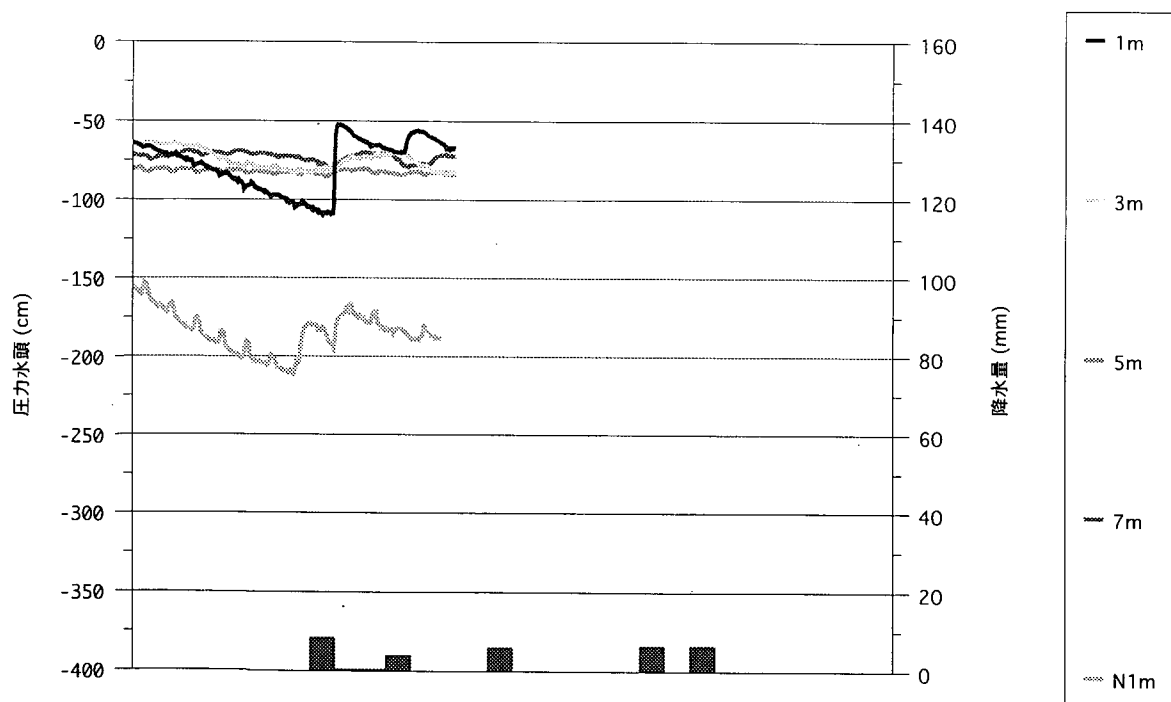


図-18 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (91年12月)

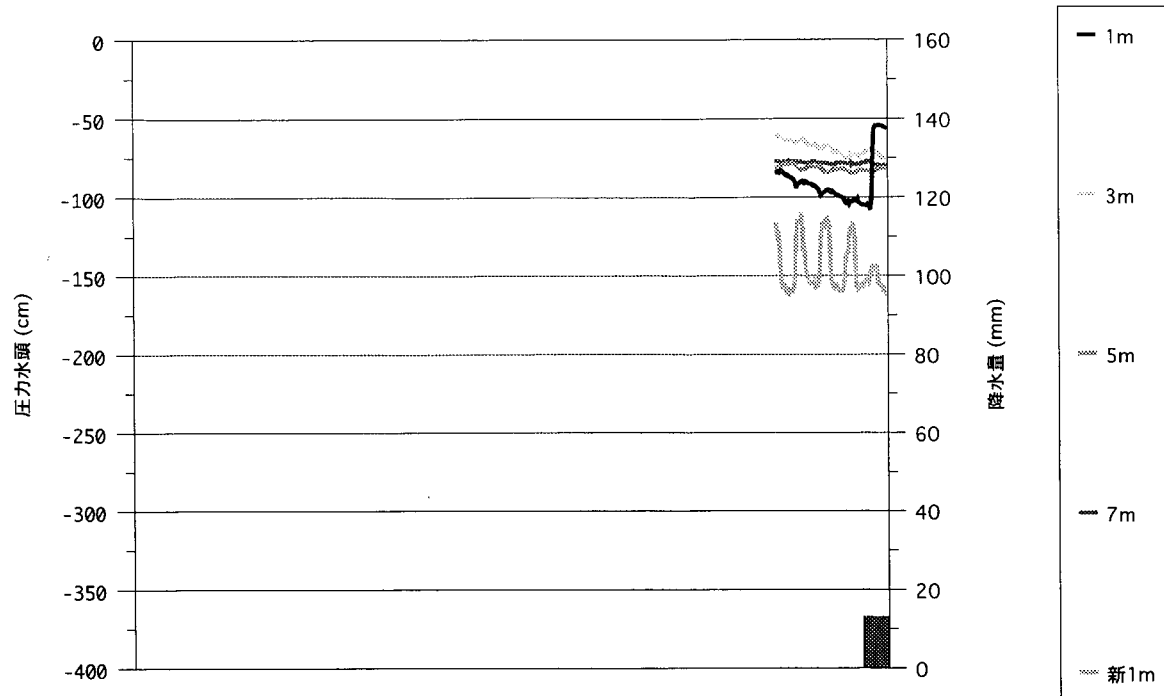


図-19 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (92年 4 月)

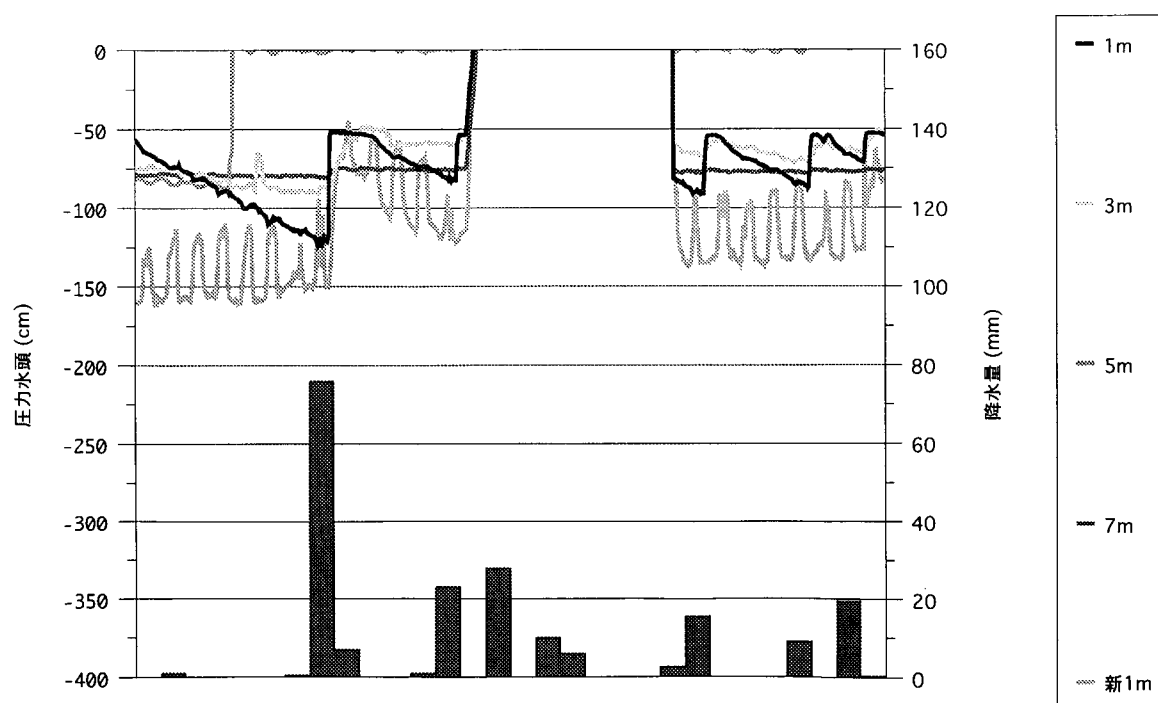


図-20 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (92年 5 月)

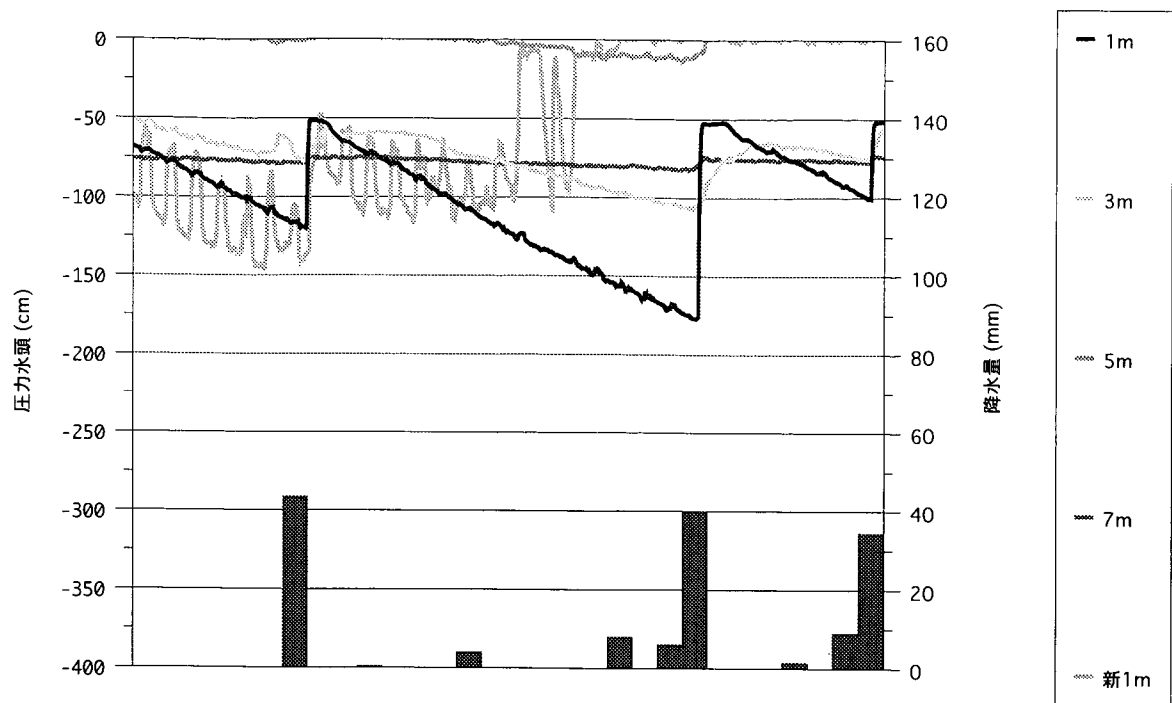


図-21 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (92年 6 月)

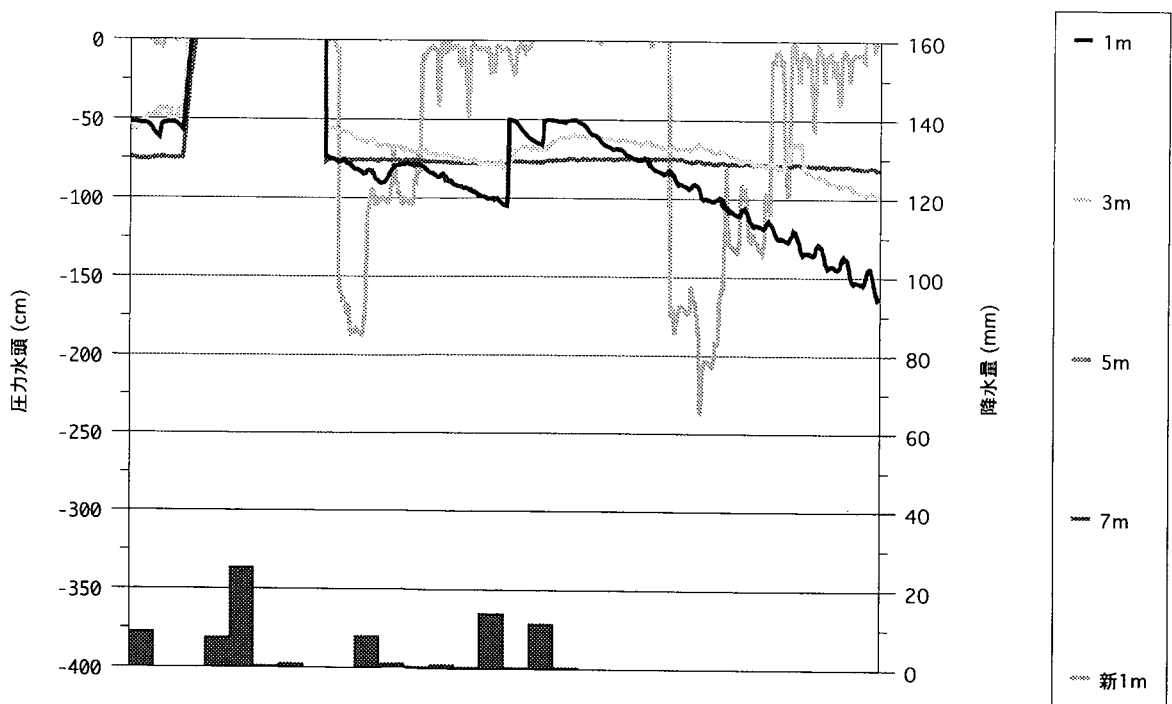


図-22 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (92年 7 月)

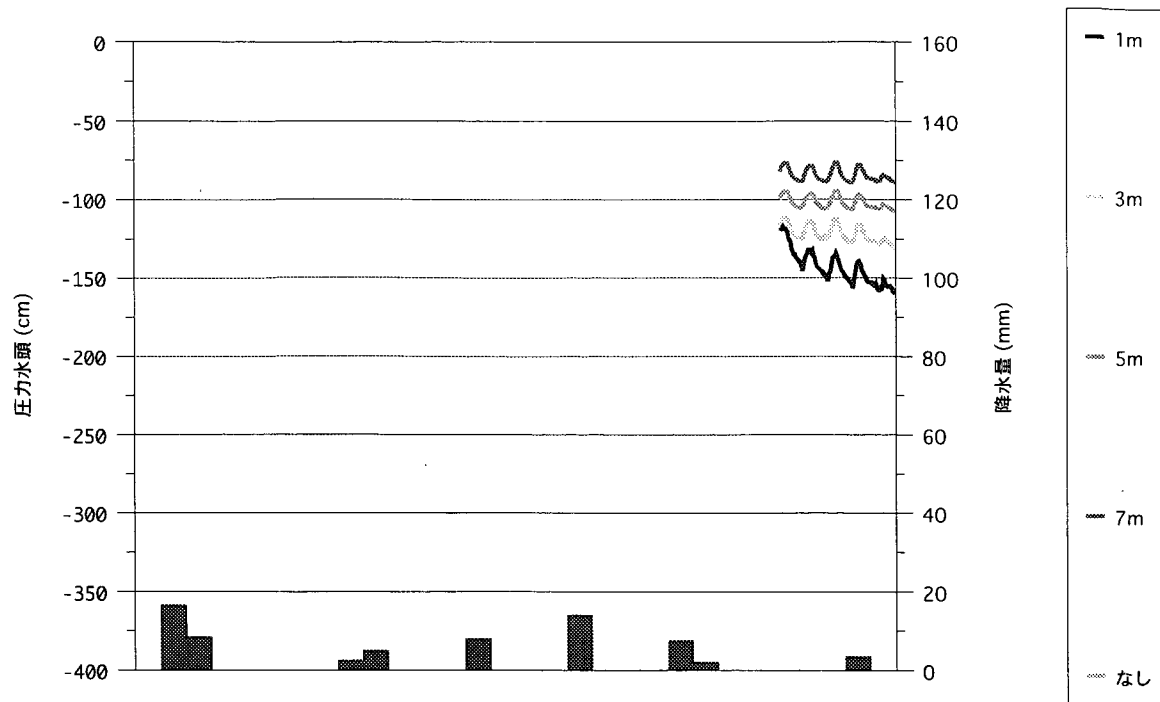


図-23 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年 5月)

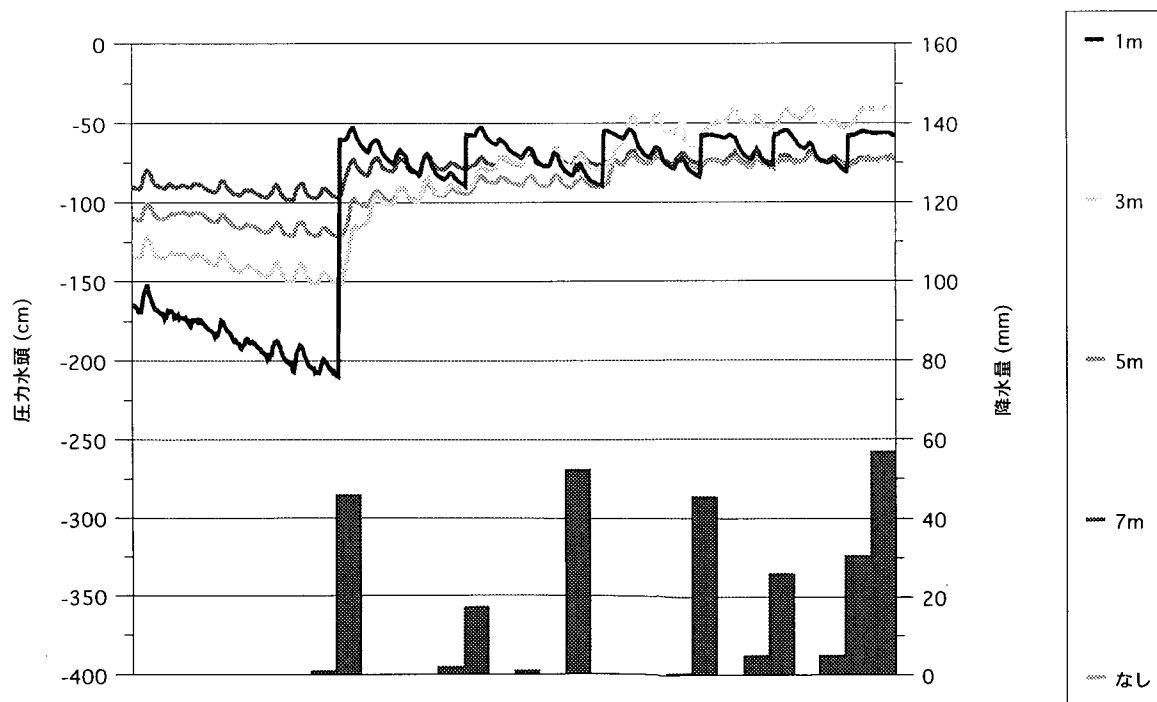


図-24 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年 6月)

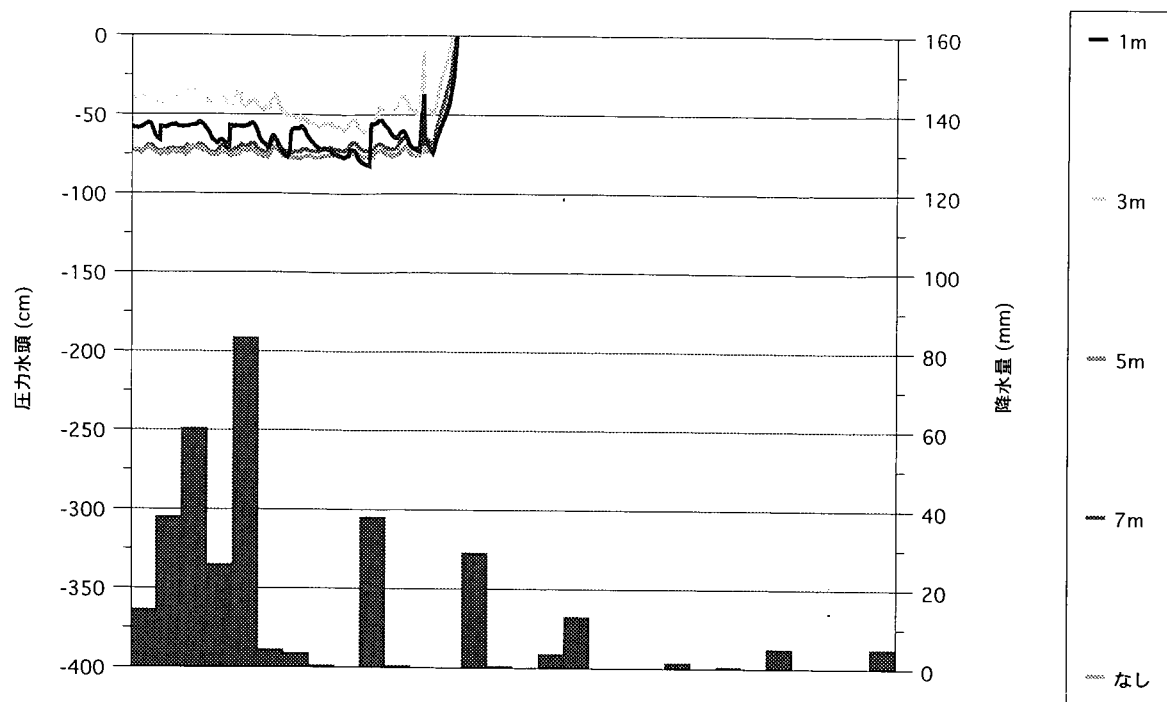


図-25 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年 7 月)

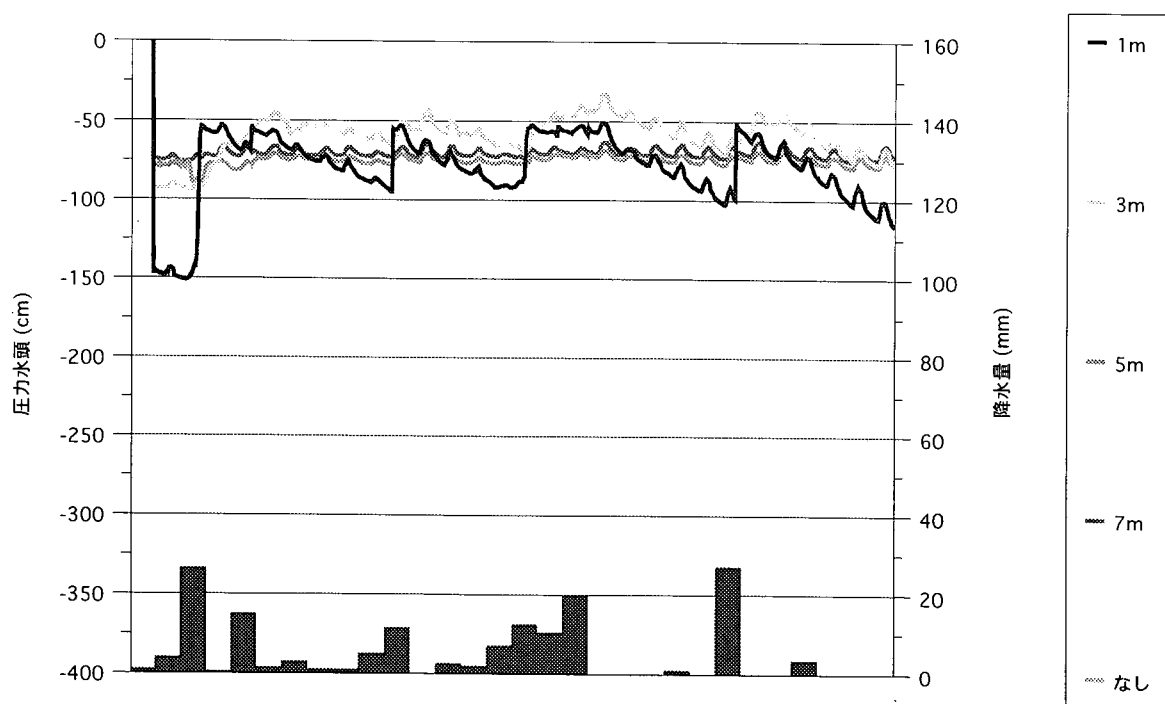


図-26 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年 8 月)

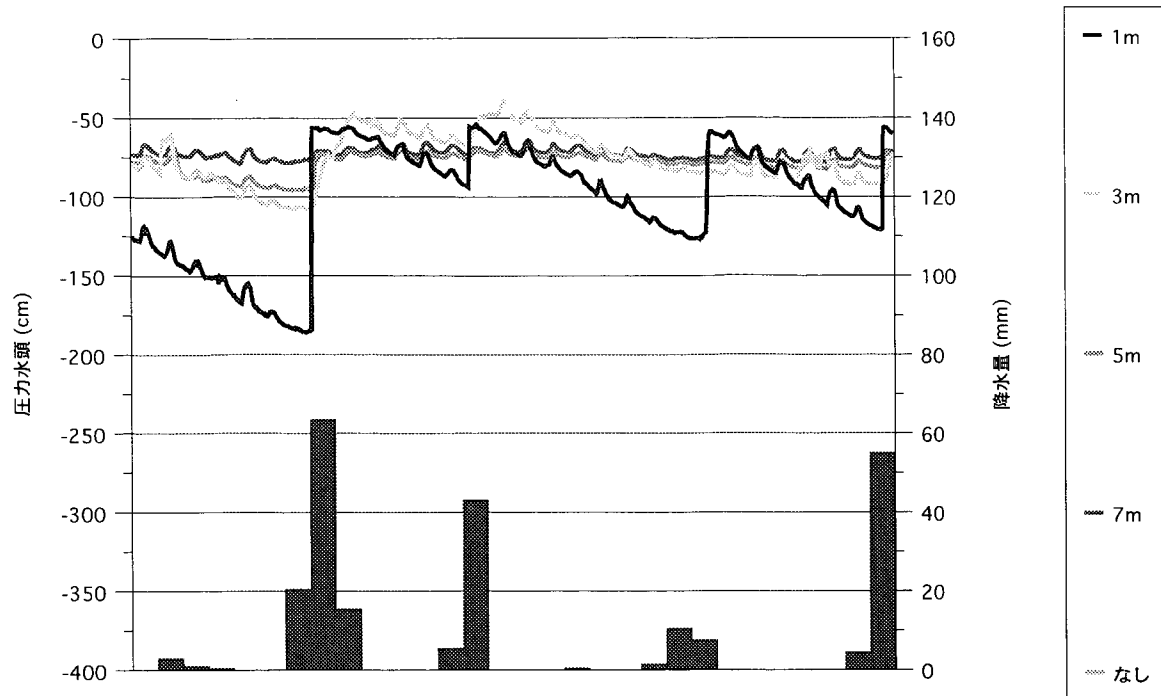


図-27 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年 9 月)

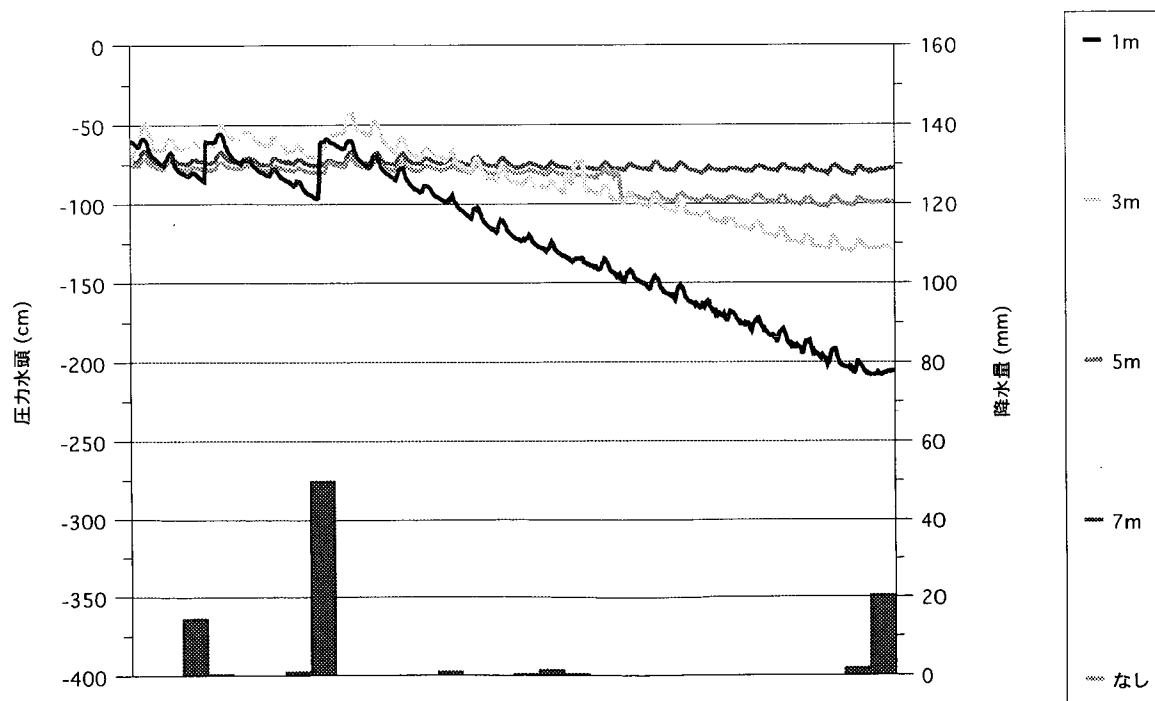


図-28 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年10月)

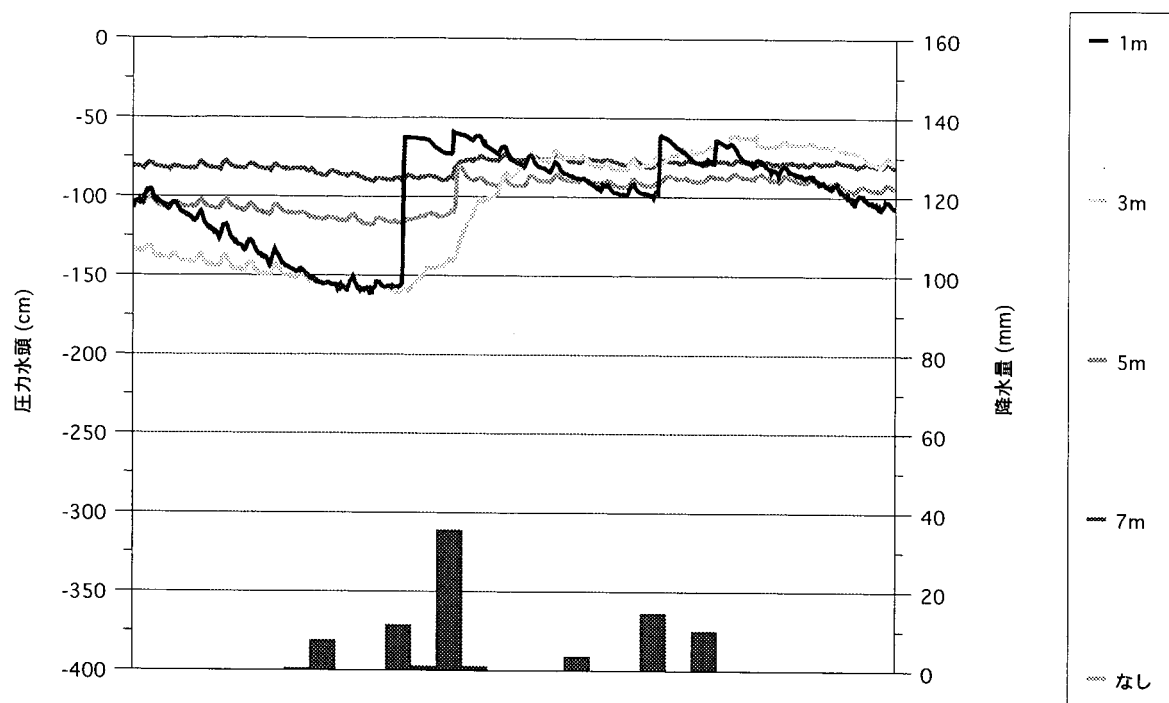


図-29 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年11月)

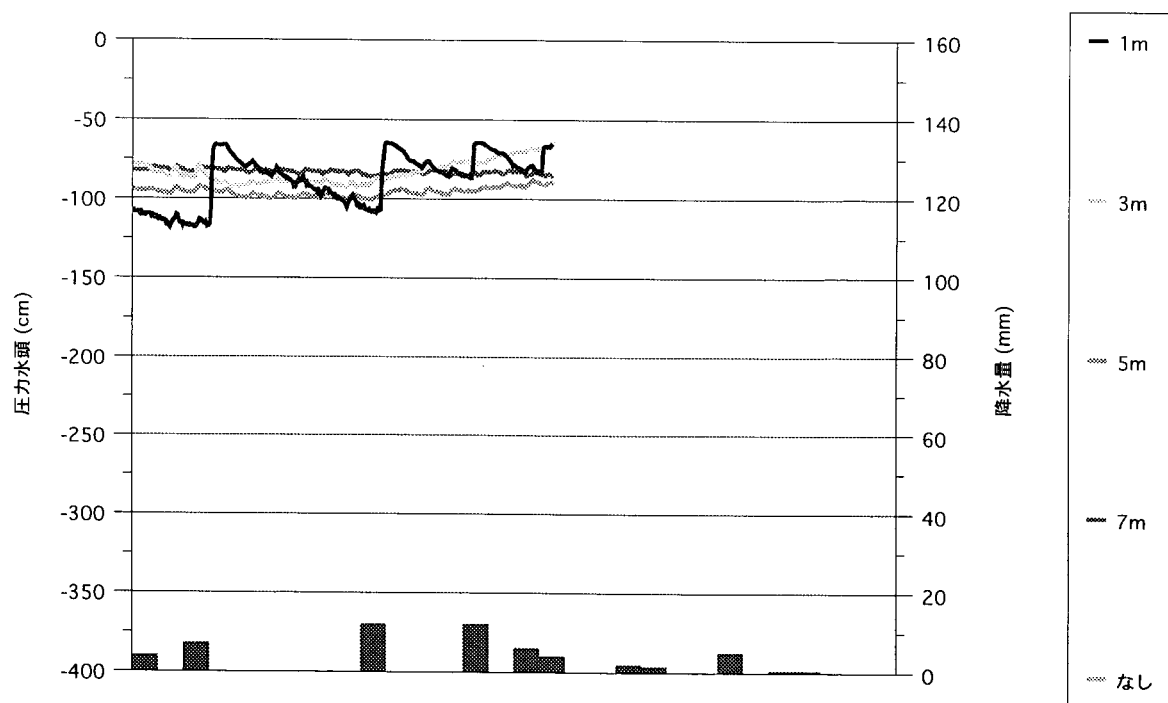


図-30 圧力センサー型土壌水分計の計測結果 (93年12月)

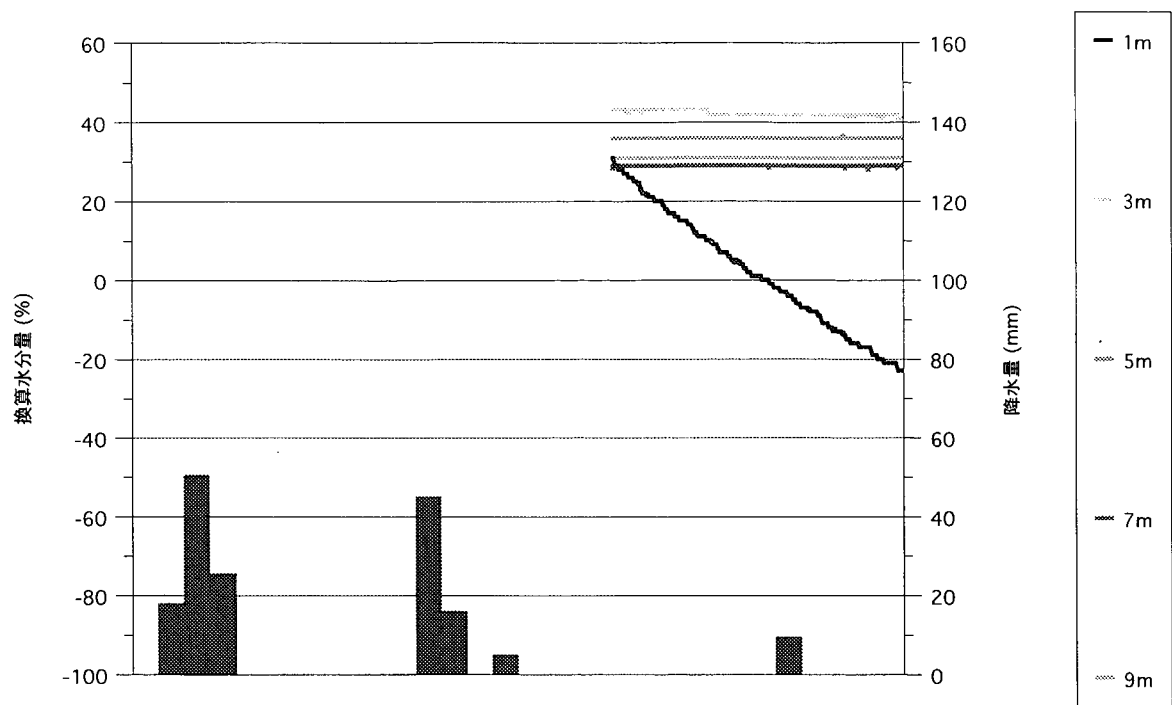


図-31 熱伝導型土壤水分計の計測結果 (90年7月)

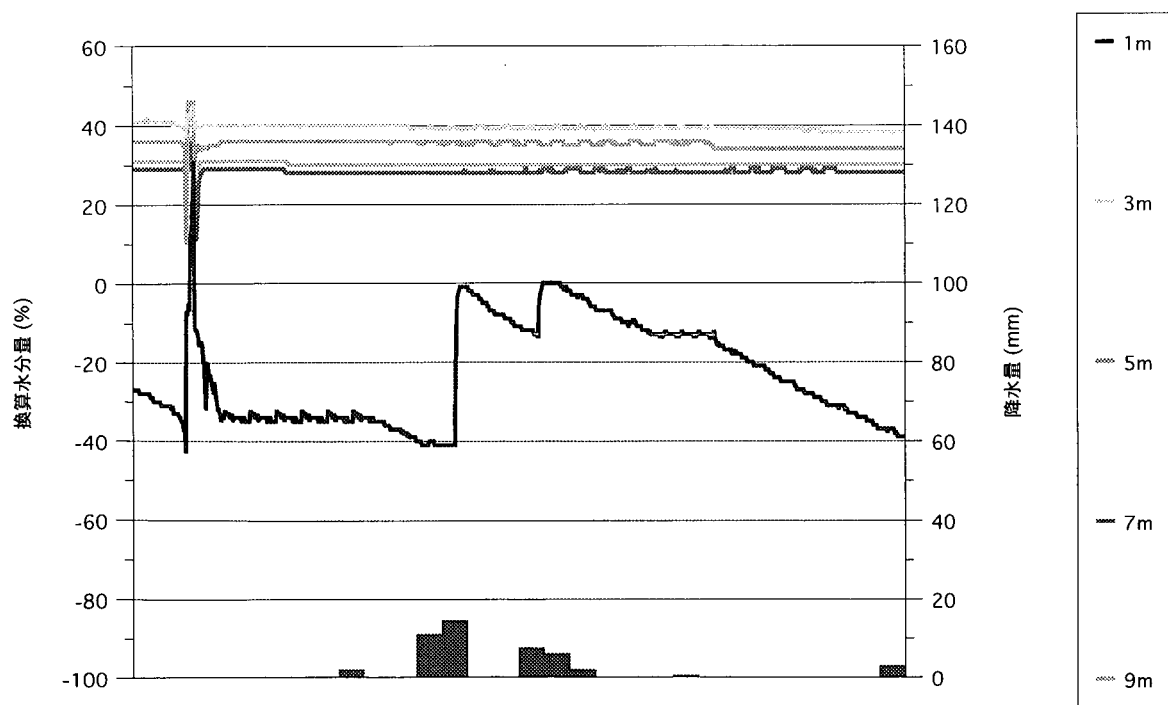


図-32 熱伝導型土壤水分計の計測結果 (90年8月)

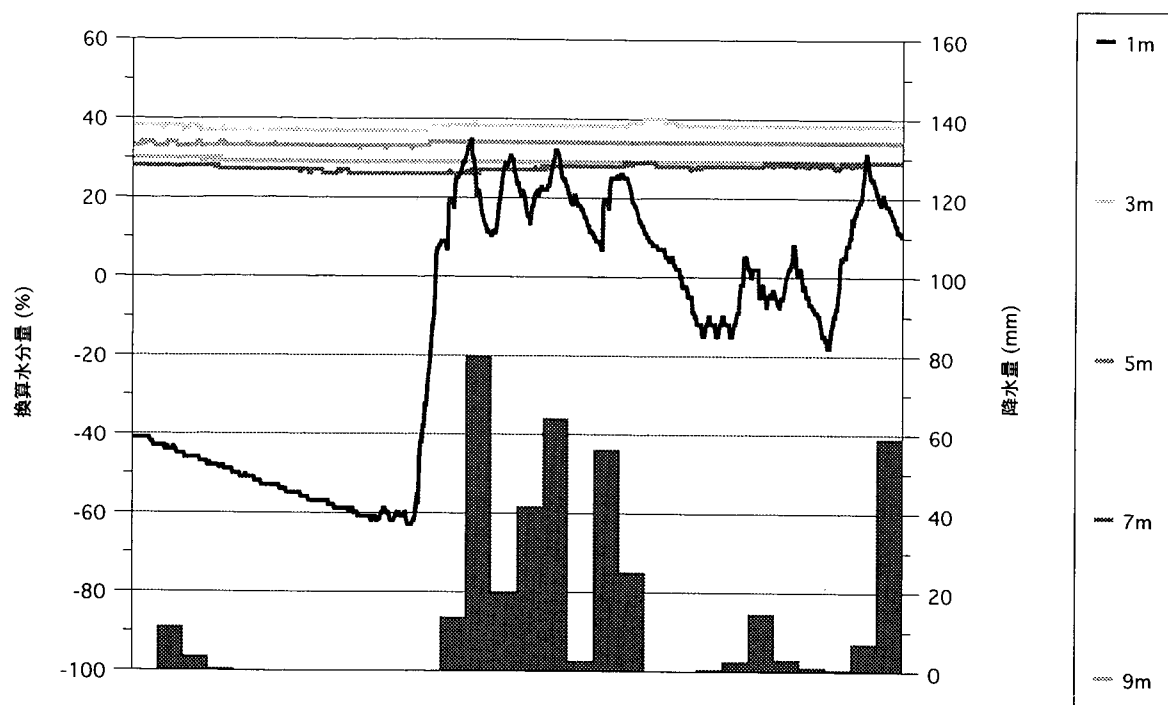


図-33 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (90年9月)

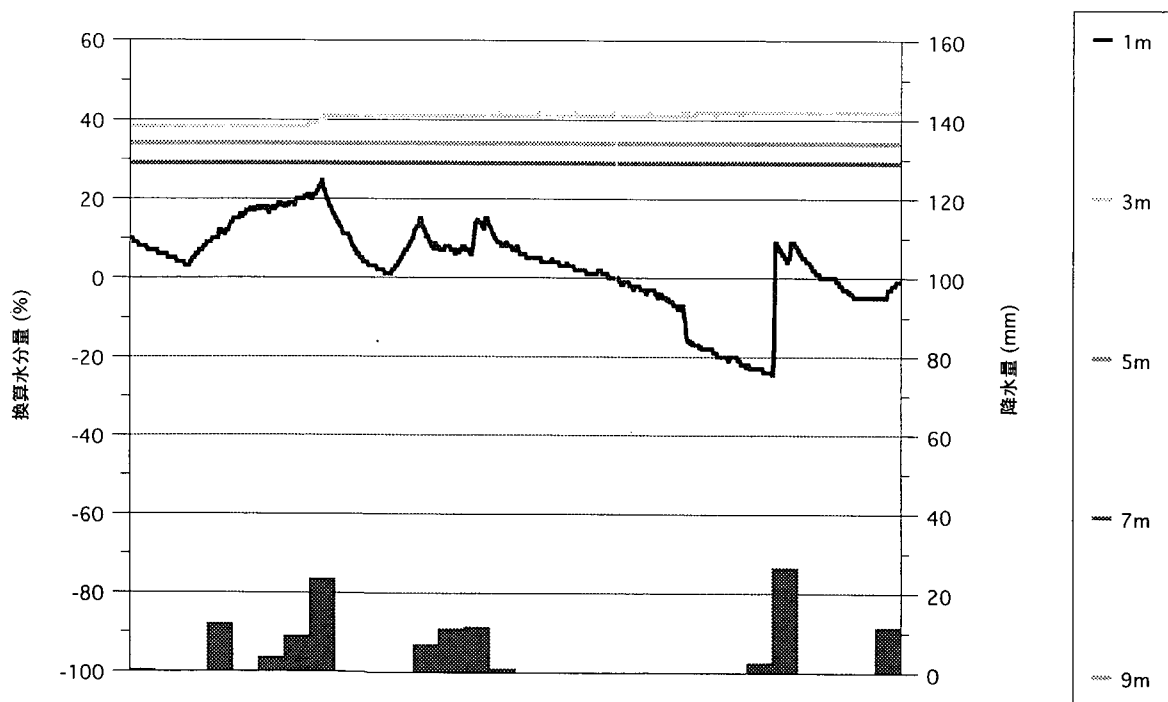


図-34 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (90年10月)

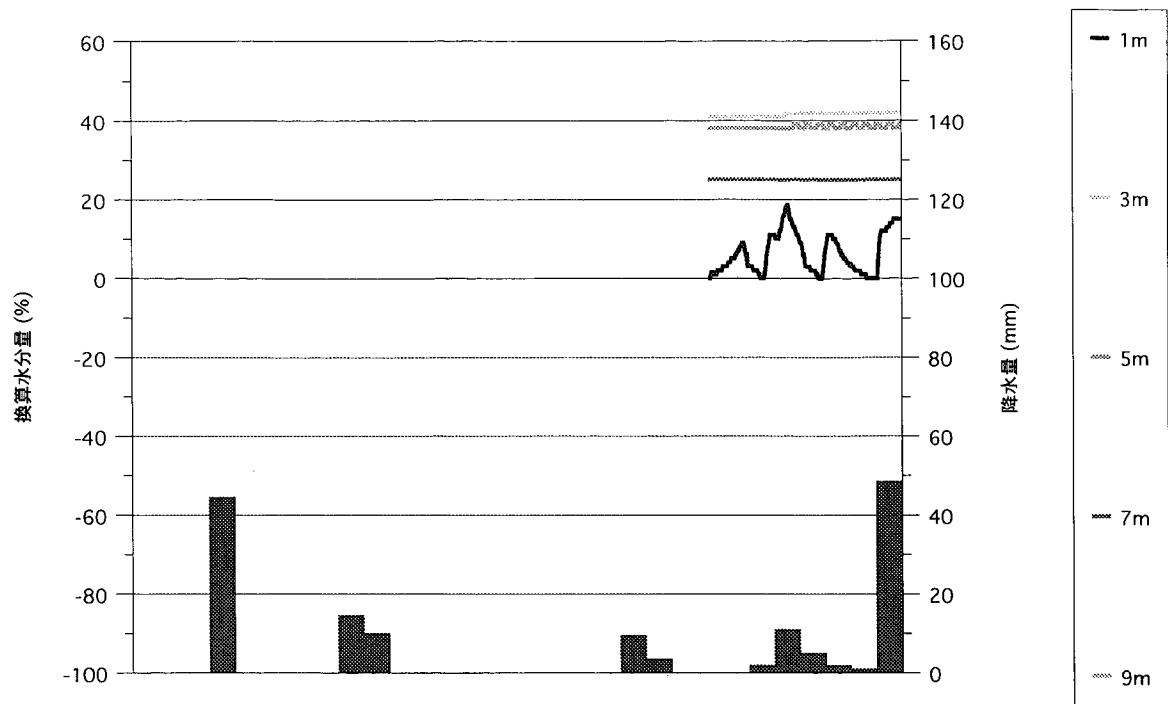


図-35 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (90年11月)

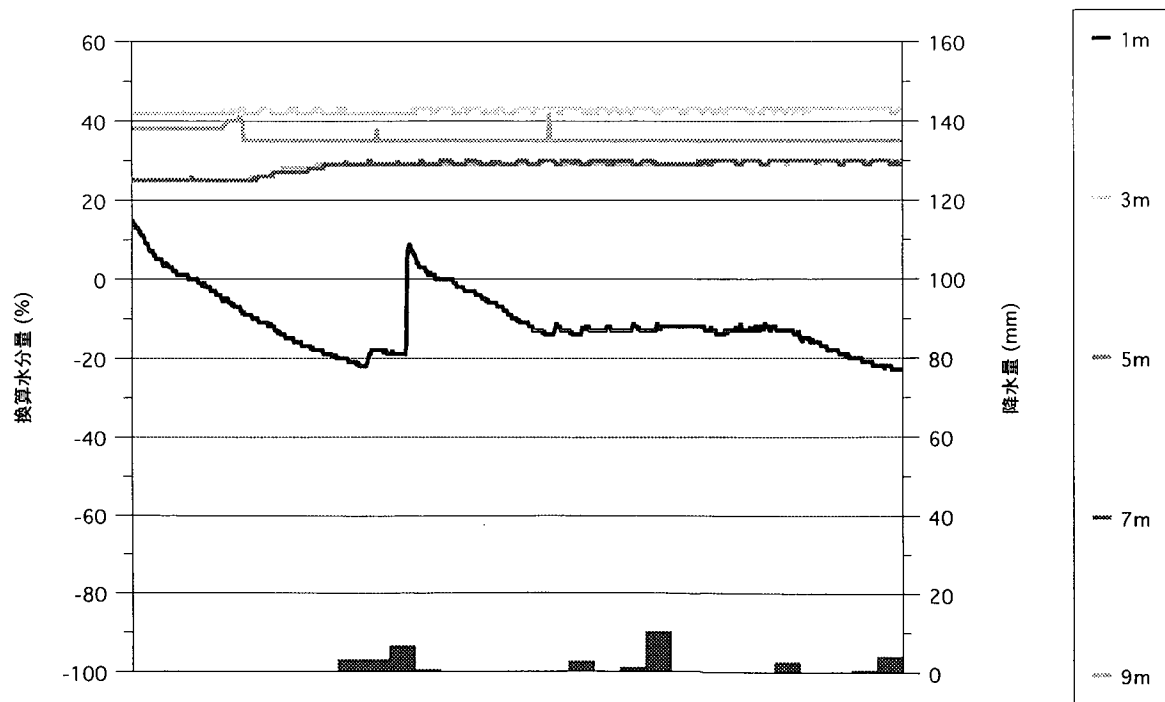


図-36 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (90年12月)

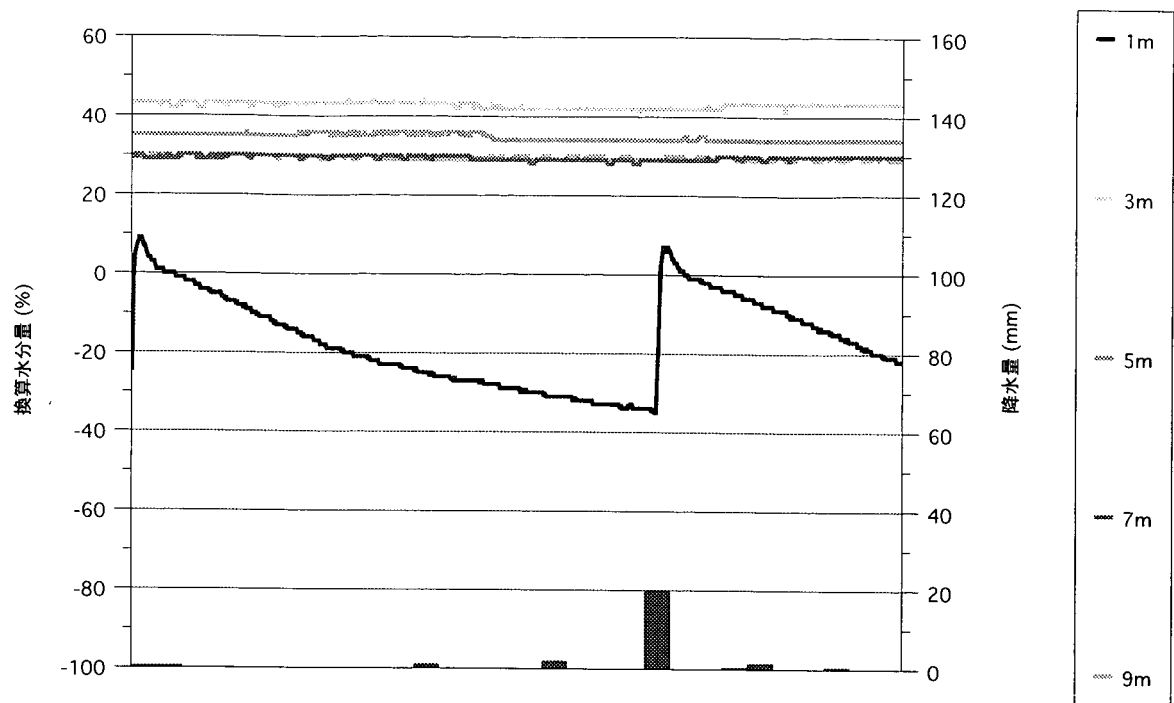


図-37 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年1月)

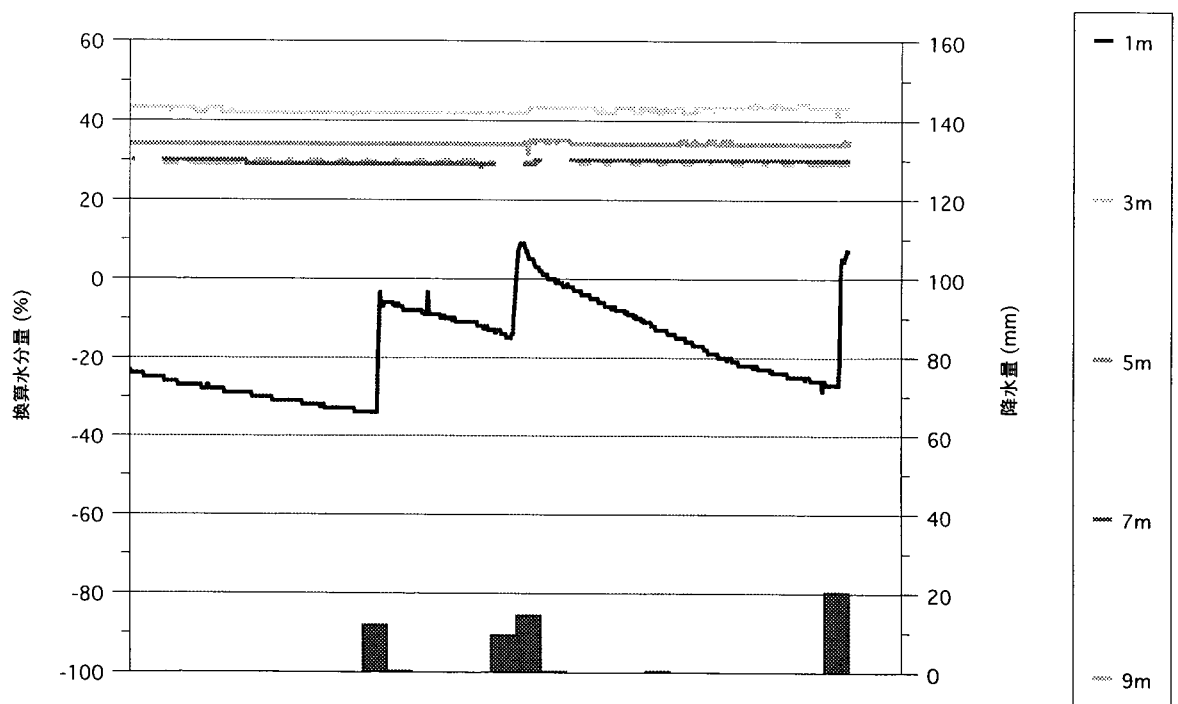


図-38 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年2月)

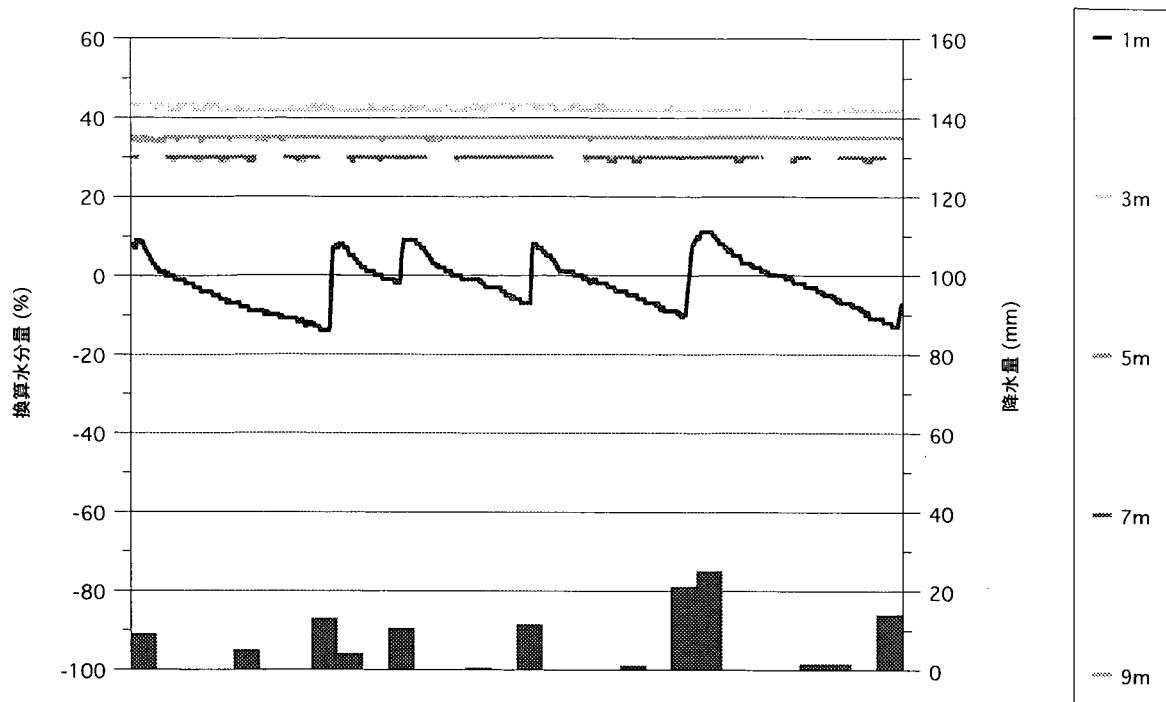


図-39 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年3月)

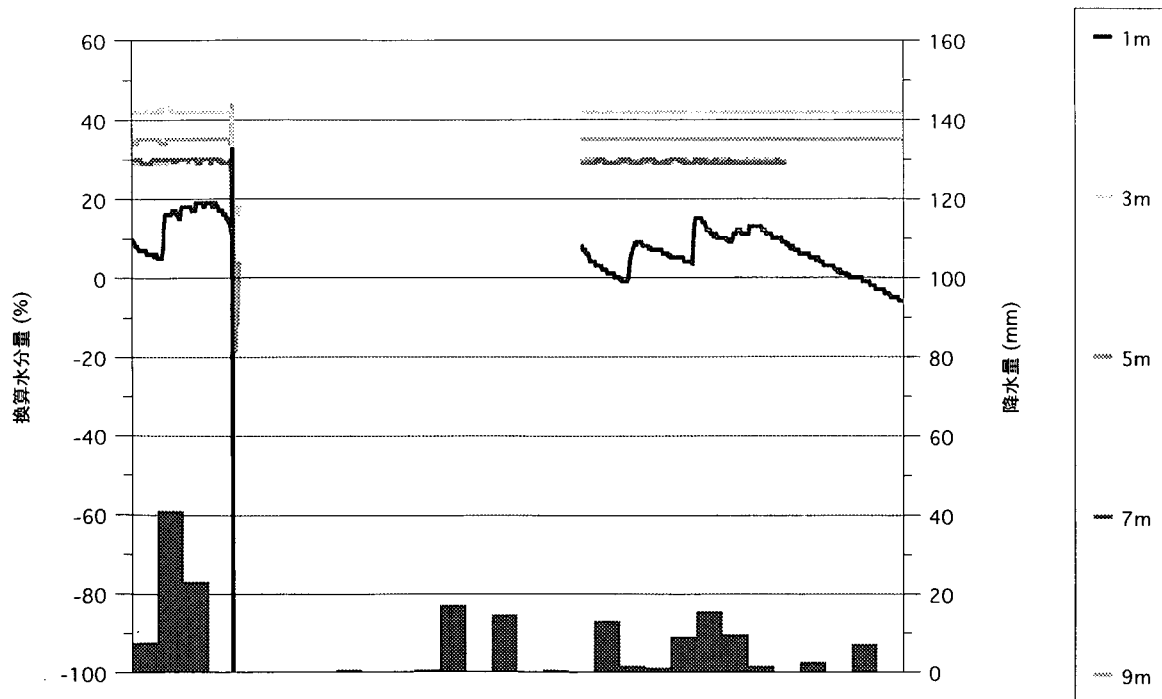


図-40 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年6月)

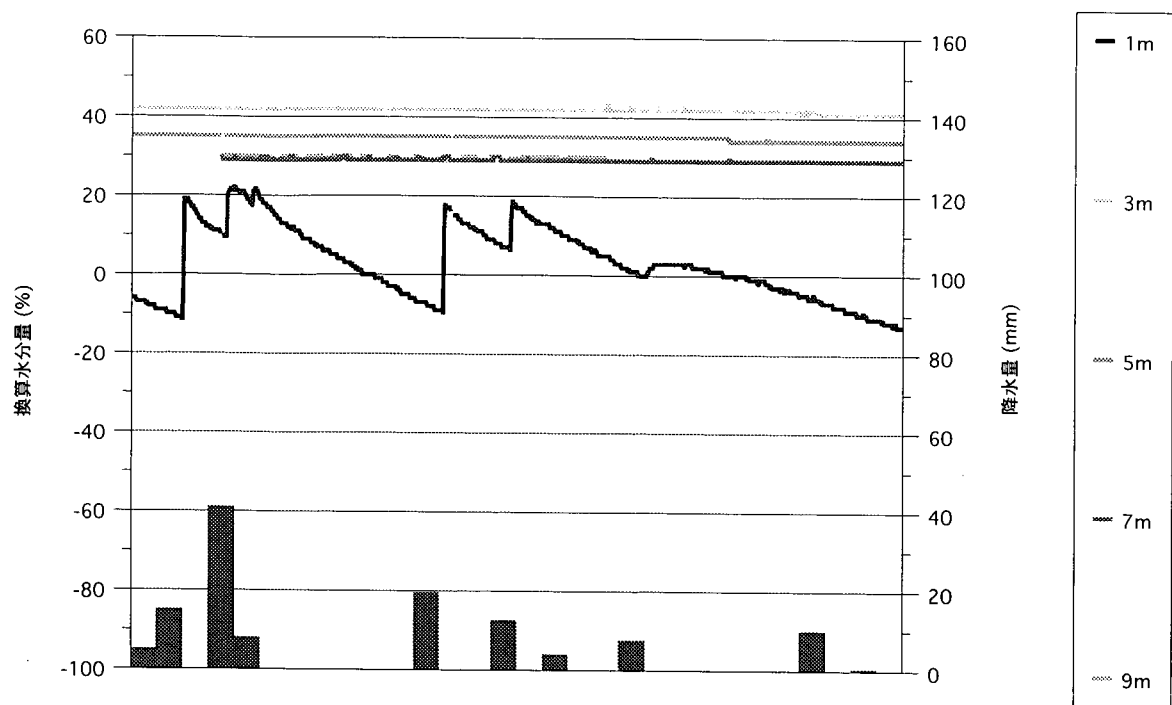


図-41 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年7月)

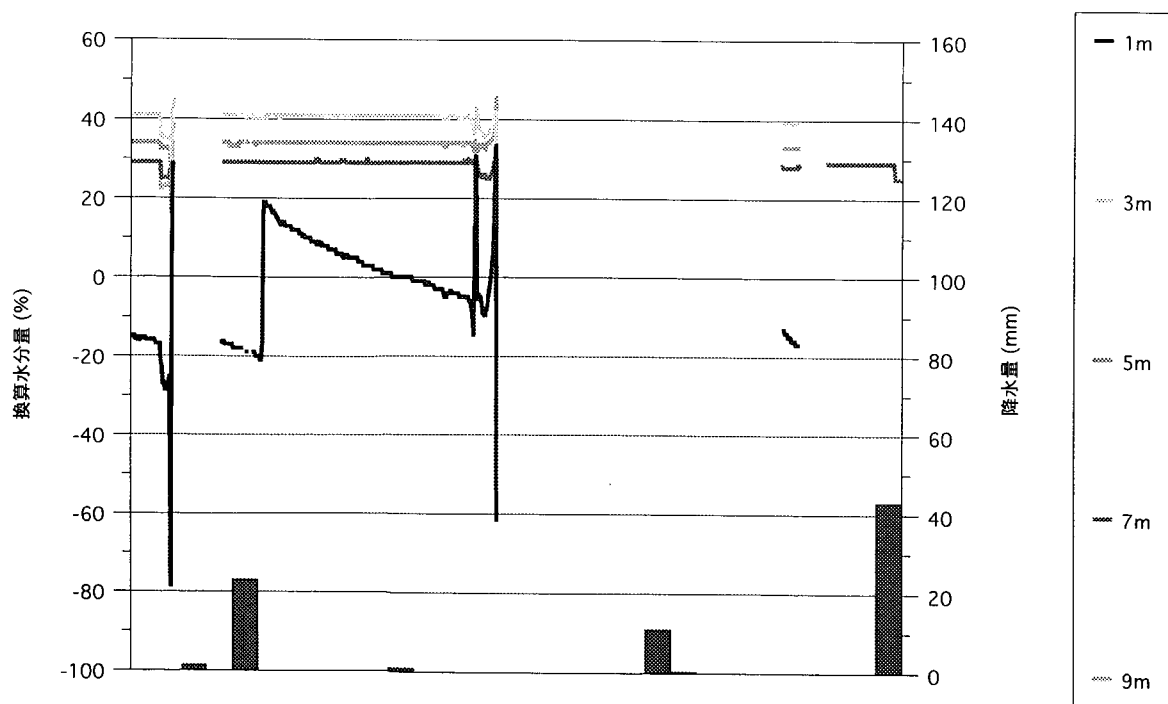


図-42 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年8月)

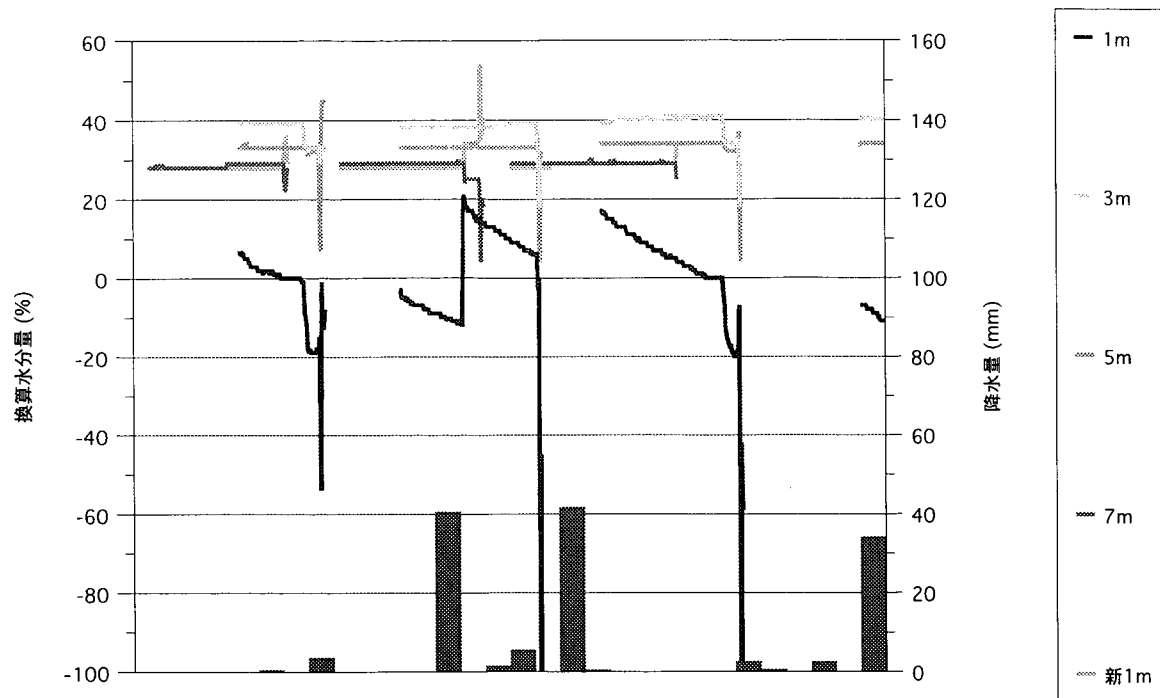


図-43 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年9月)

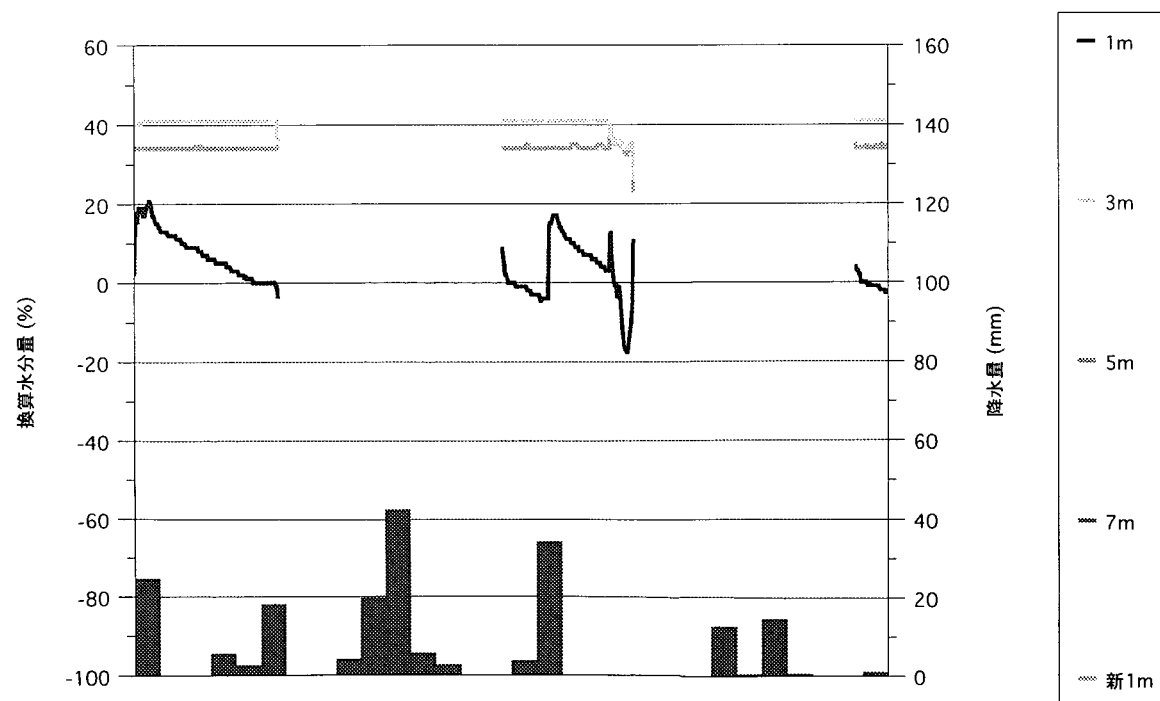


図-44 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年10月)

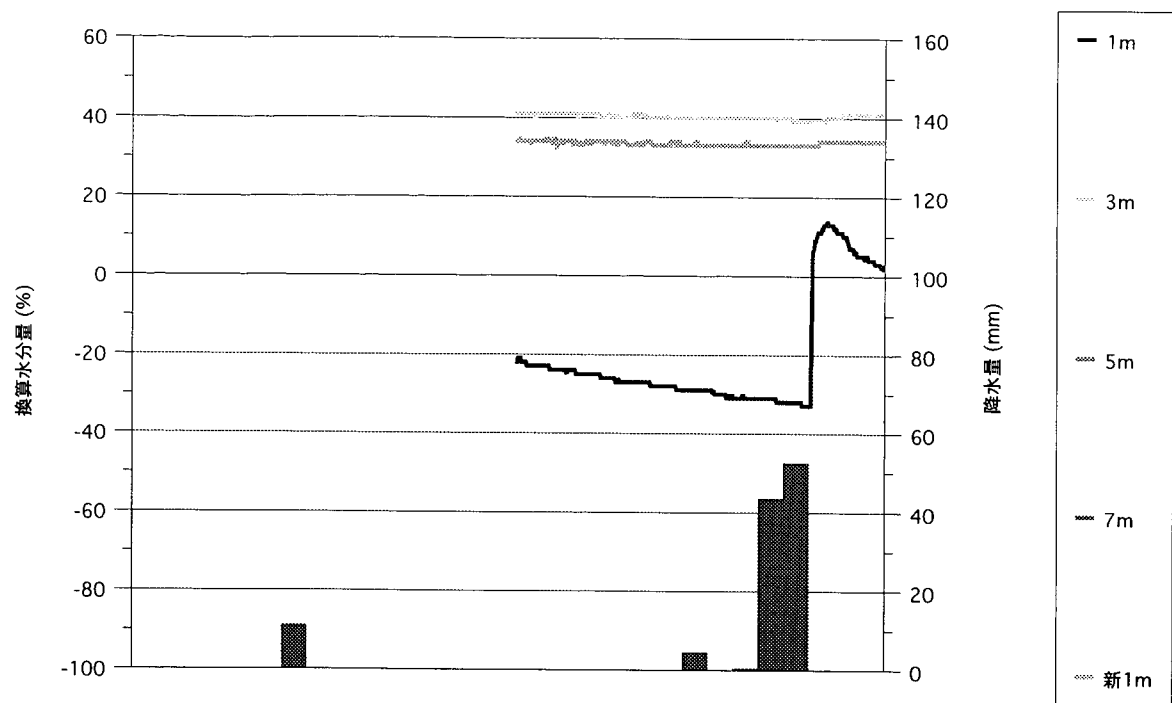


図-45 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年11月)

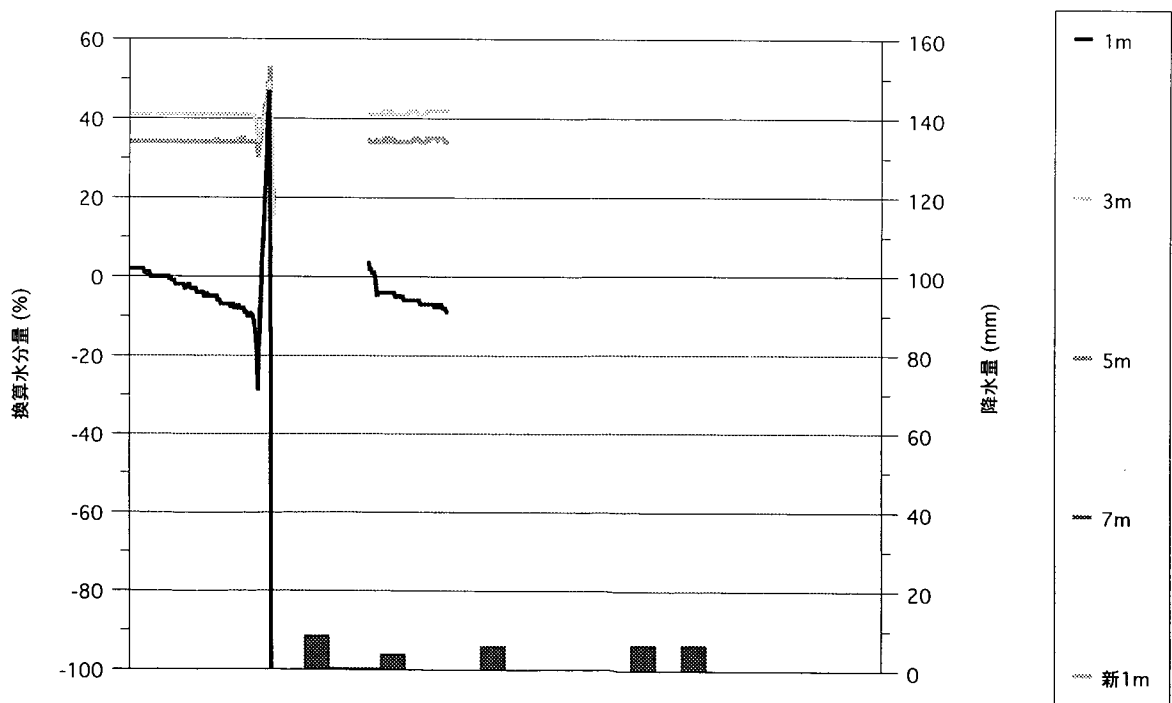


図-46 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (91年12月)

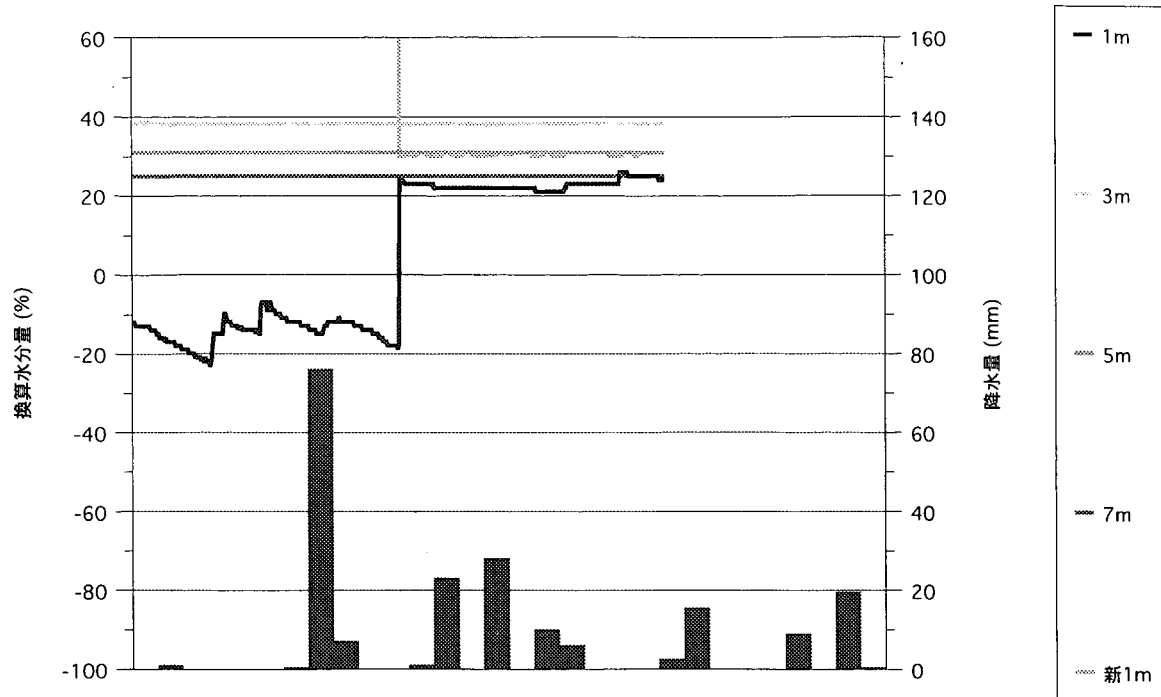


図-47 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (92年 5 月)

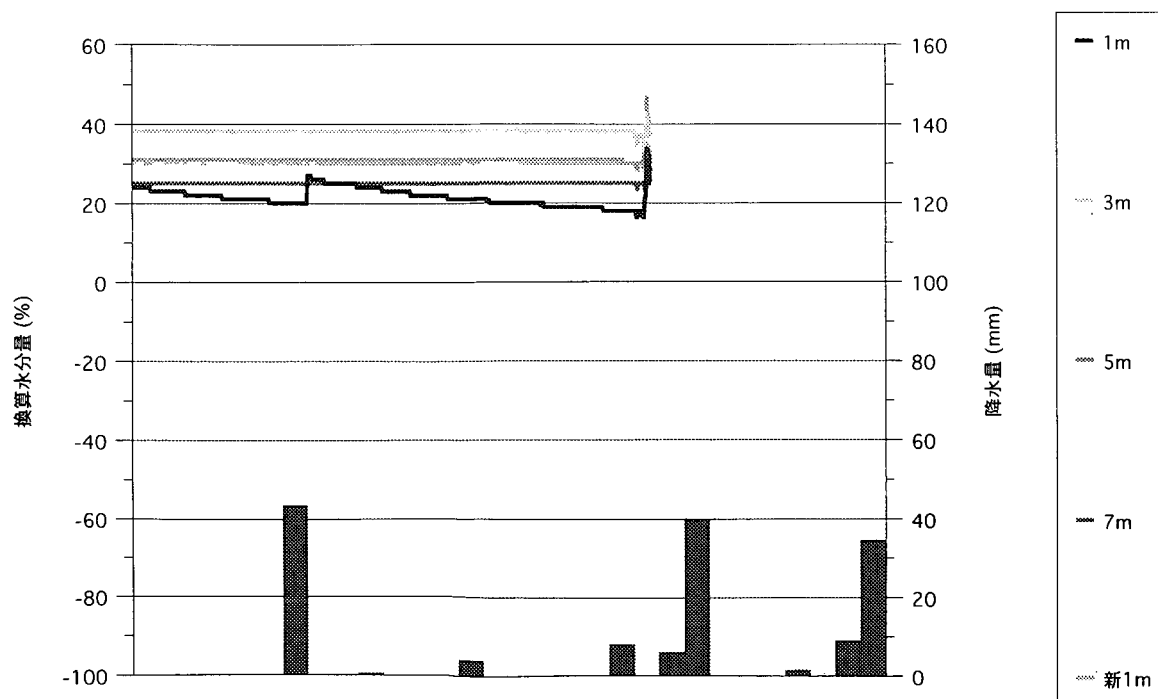


図-48 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (92年 6 月)

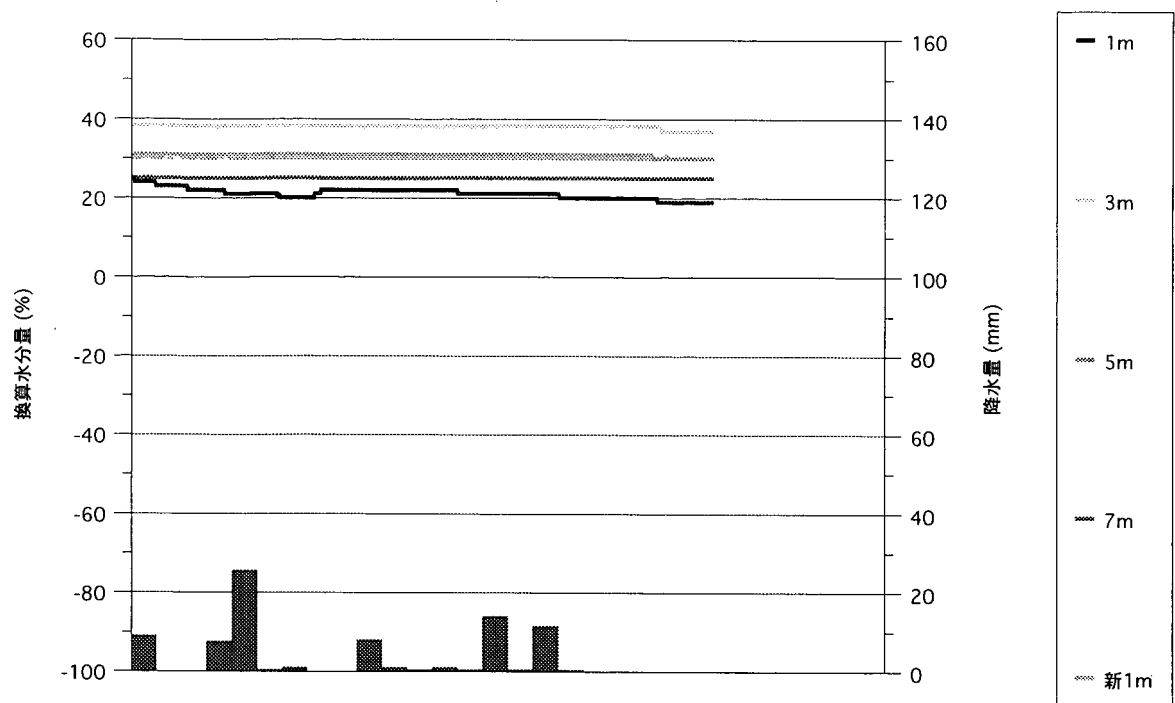


図-49 熱伝導型土壌水分計の計測結果 (92年7月)

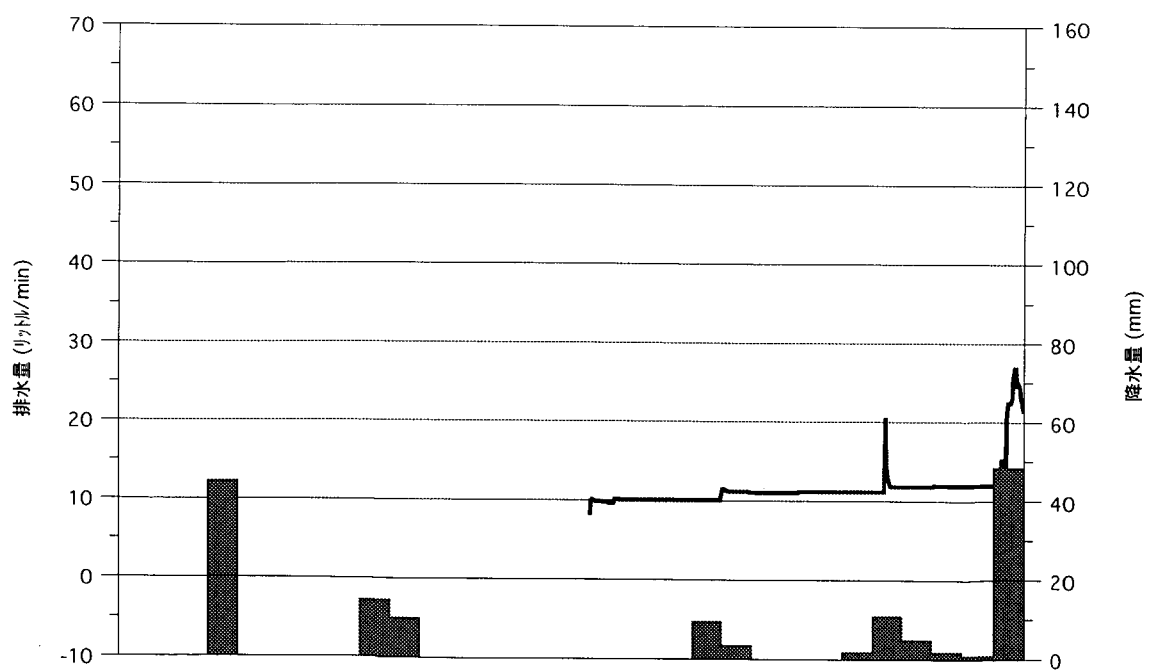


図-50 排水量の計測結果 (90年11月)

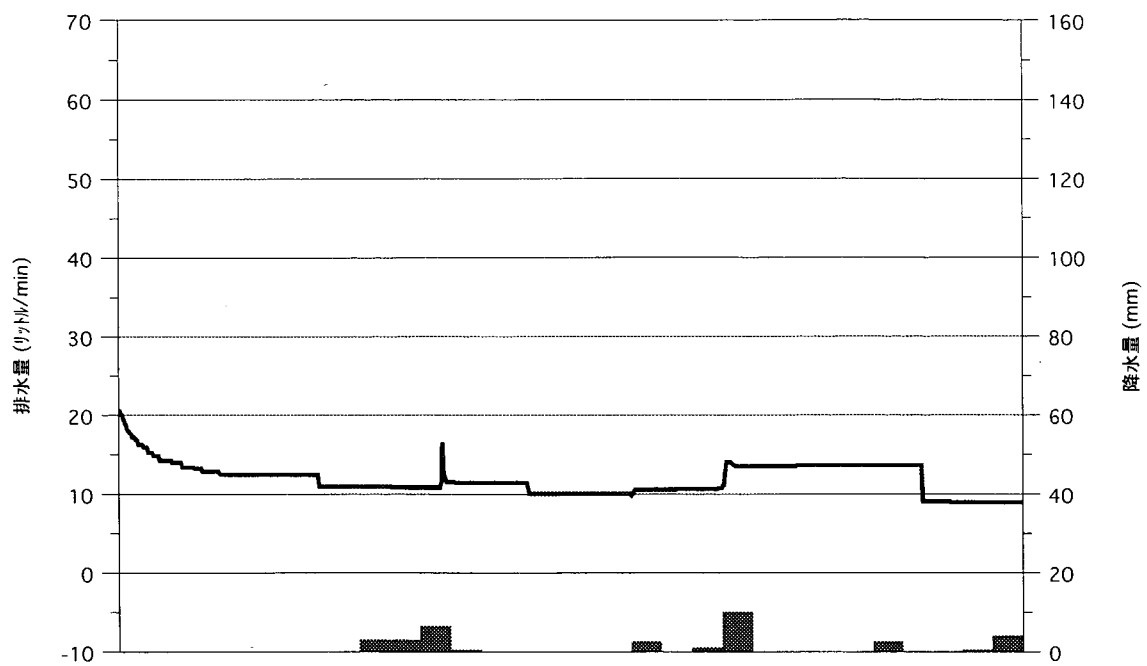


図-51 排水量の計測結果 (90年12月)

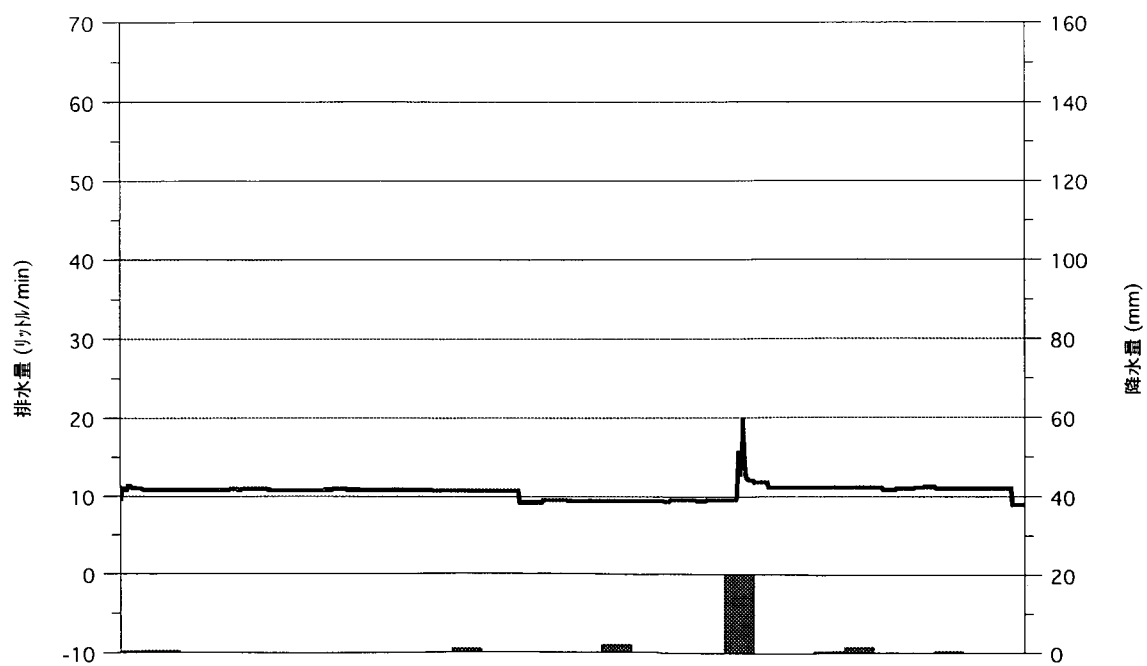


図-52 排水量の計測結果 (91年1月)

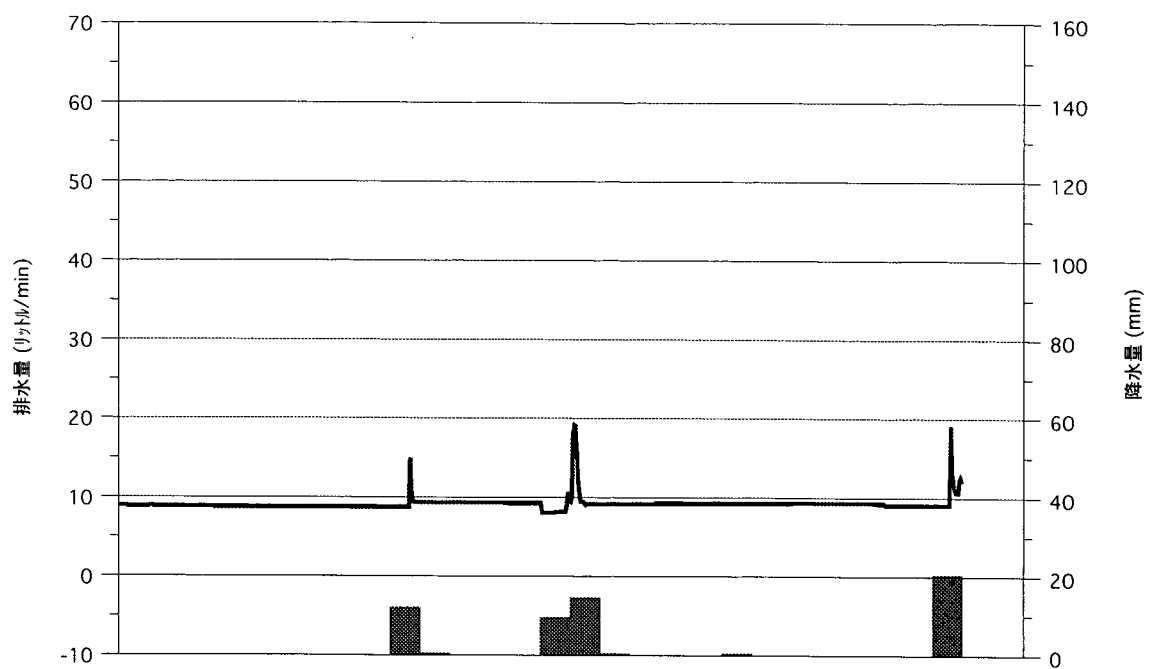


図-53 排水量の計測結果 (91年 2 月)

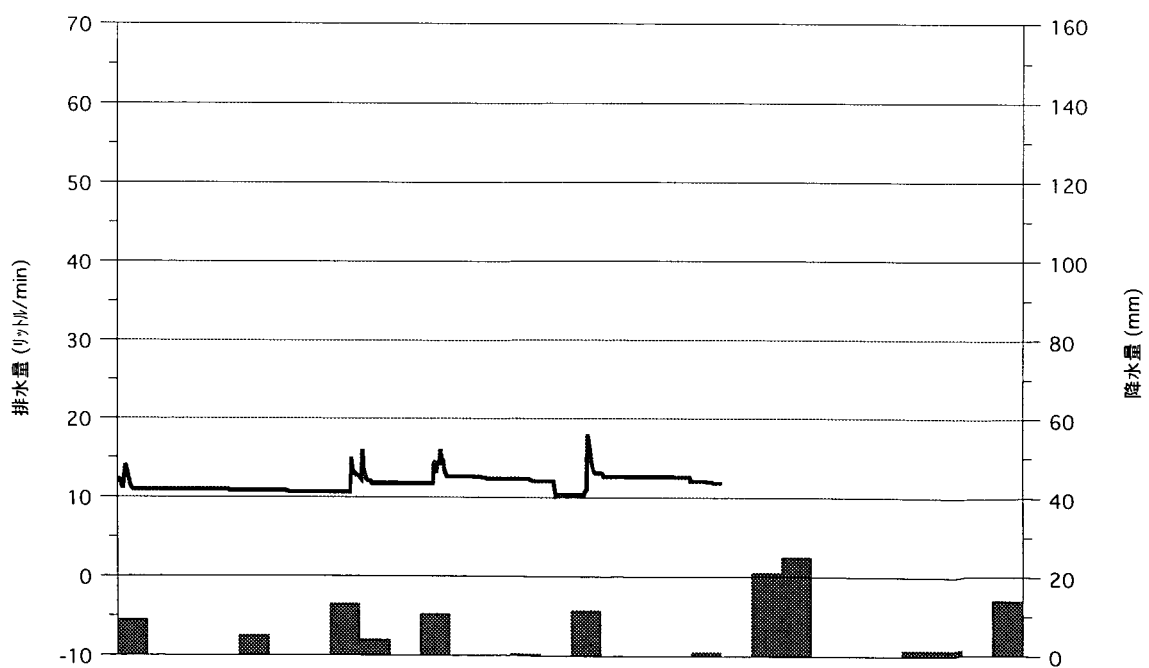


図-54 排水量の計測結果 (91年 3 月)

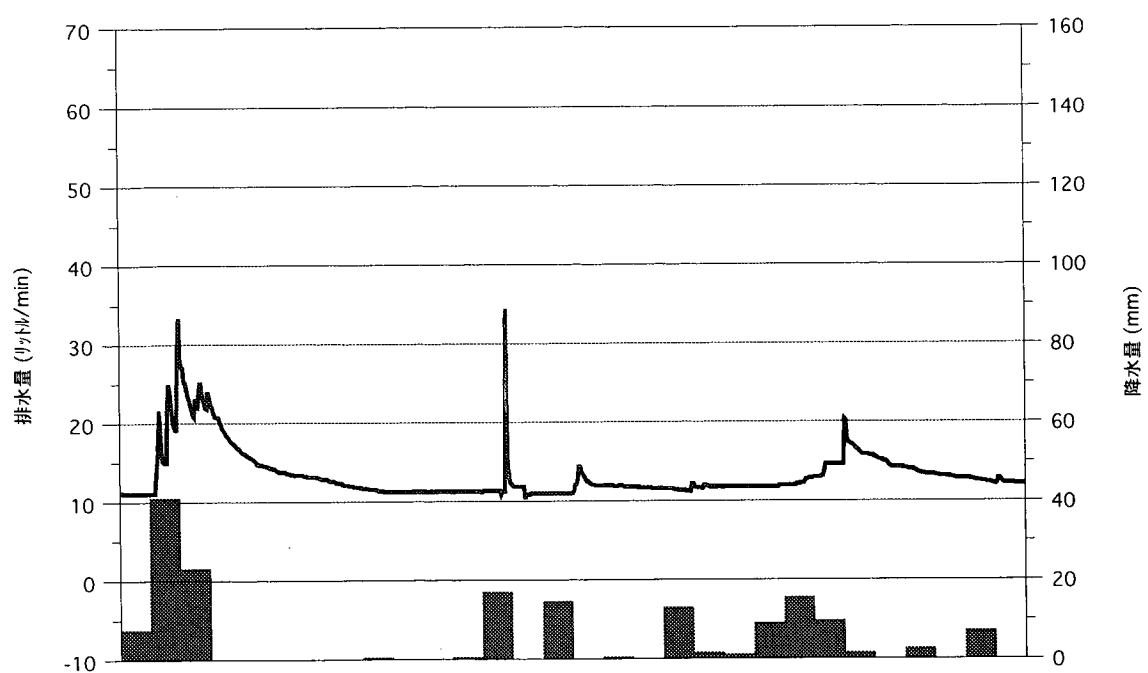


図-55 排水量の計測結果 (91年 6 月)

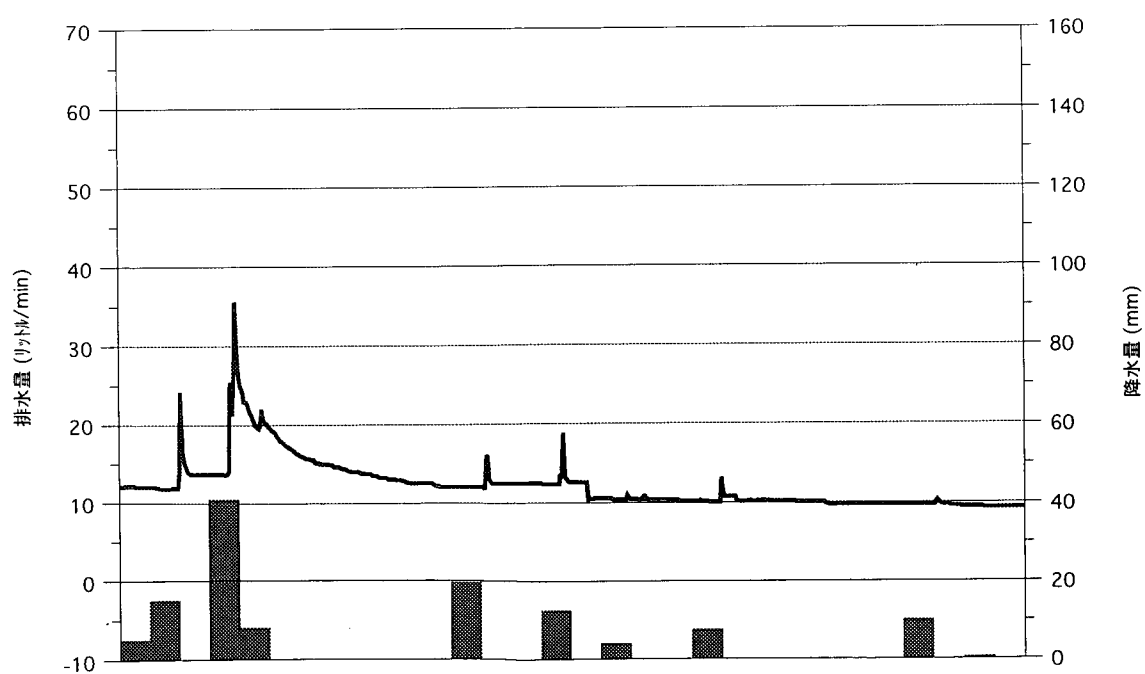


図-56 排水量の計測結果 (91年 7 月)

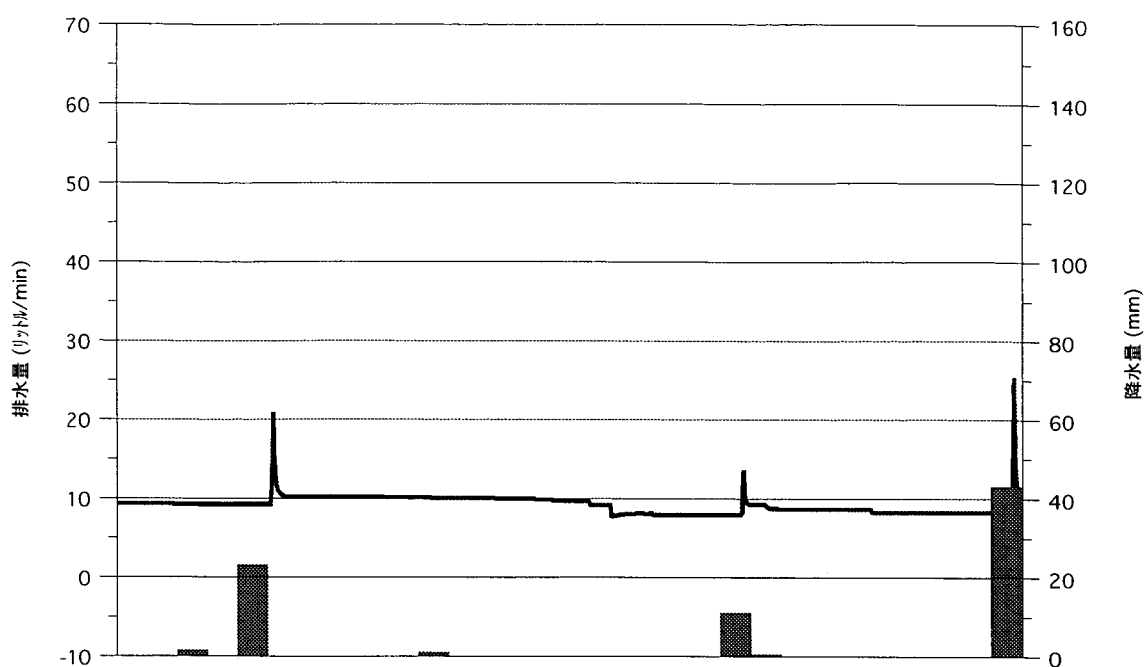


図-57 排水量の計測結果 (91年 8 月)

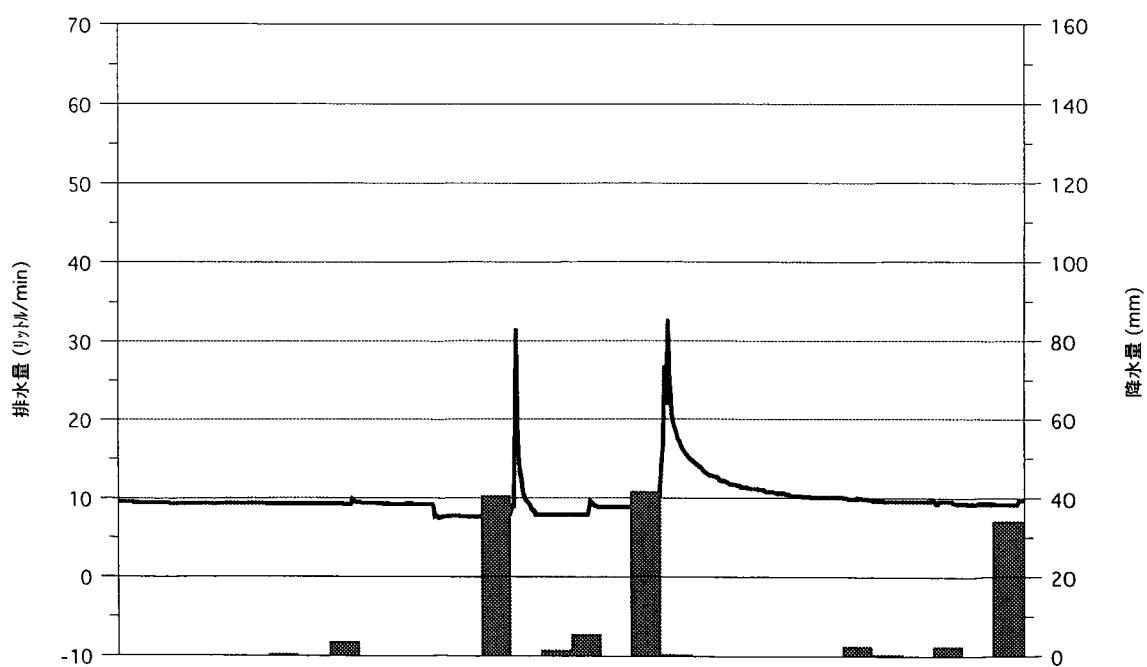


図-58 排水量の計測結果 (91年 9 月)

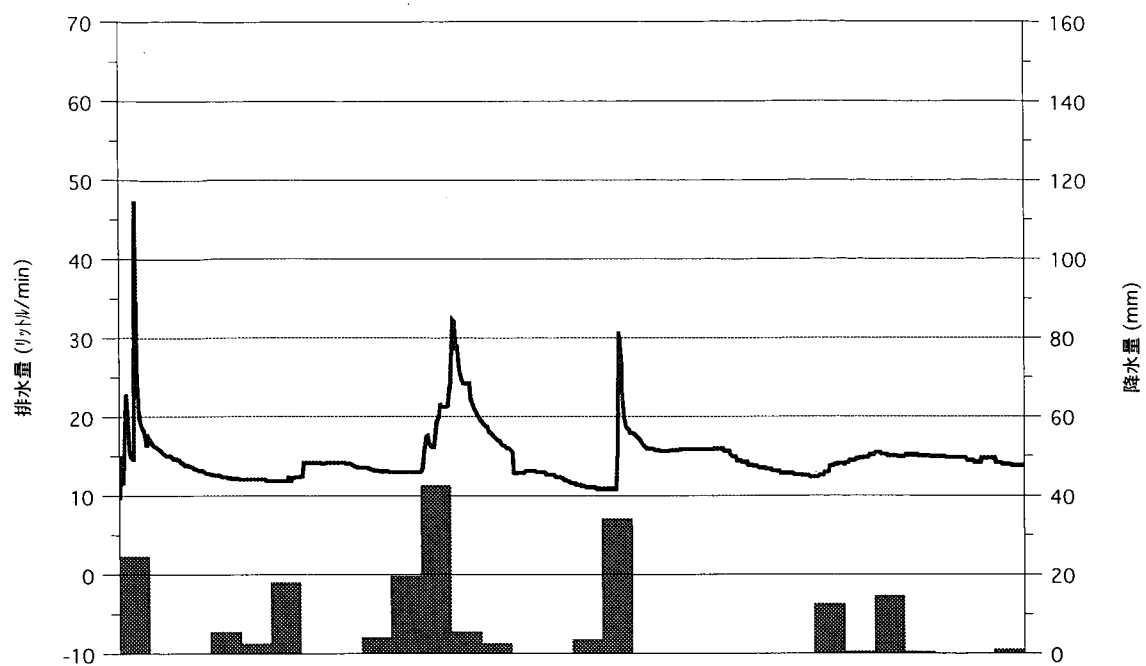


図-59 排水量の計測結果 (91年10月)

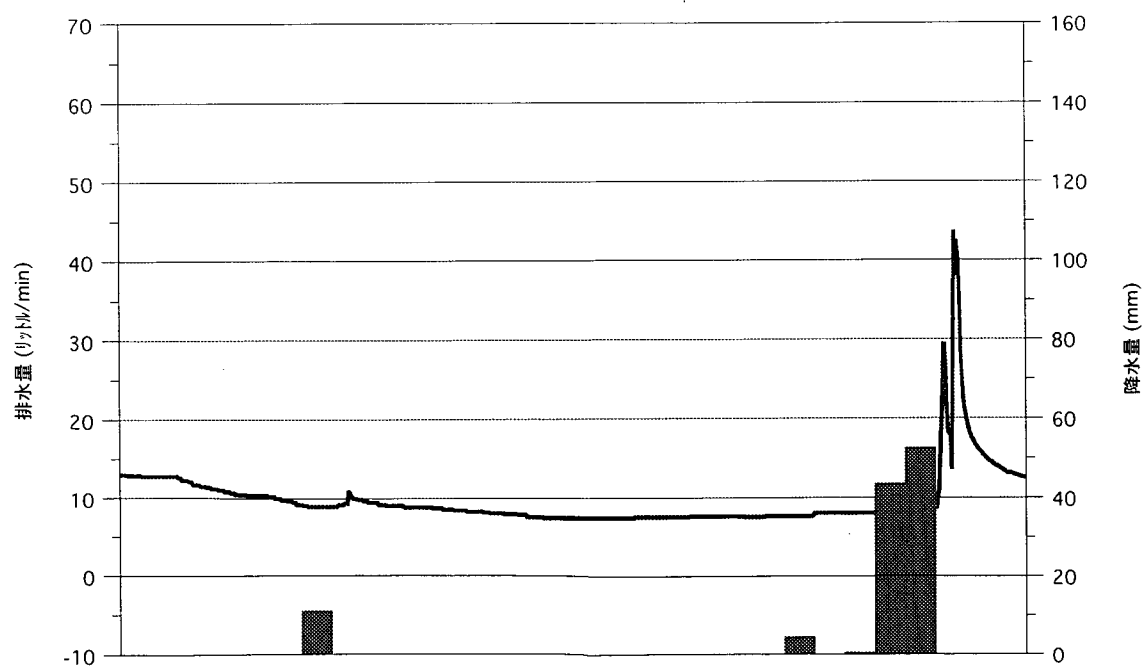


図-60 排水量の計測結果 (91年11月)

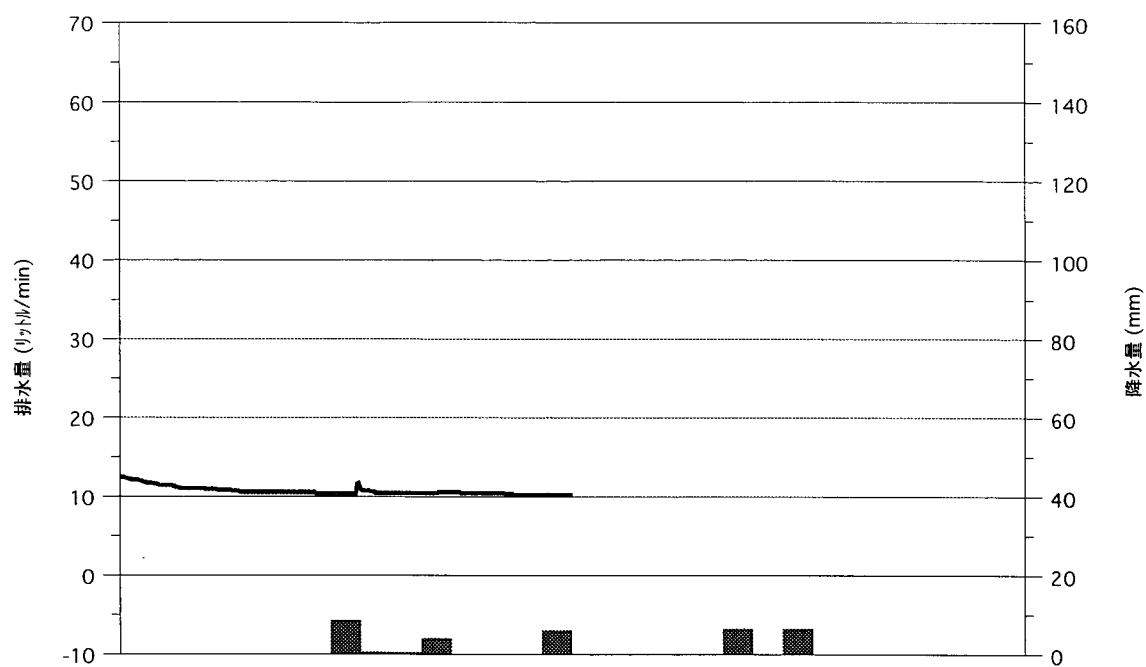


図-61 排水量の計測結果 (91年12月)

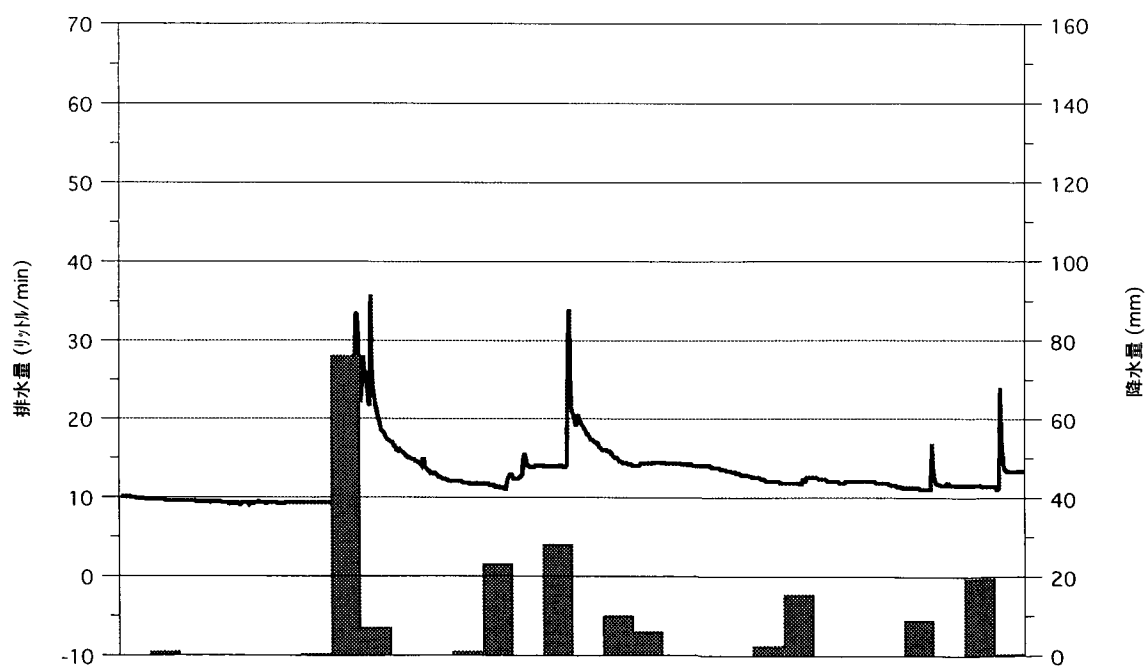


図-62 排水量の計測結果 (92年 5 月)

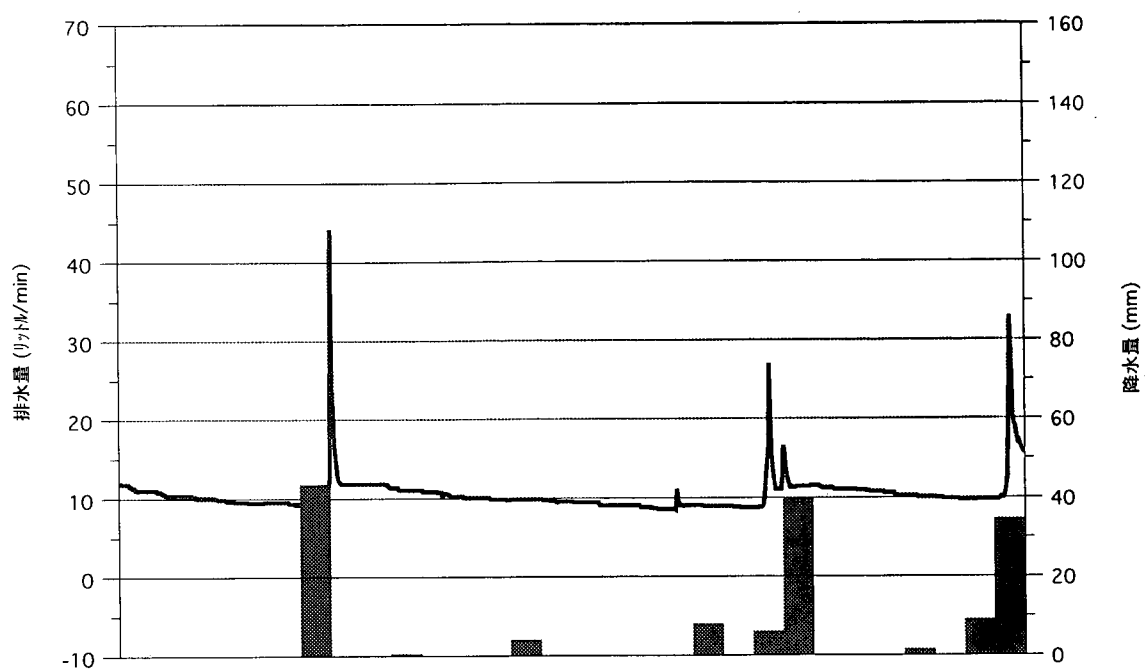


図-63 排水量の計測結果 (92年 6 月)

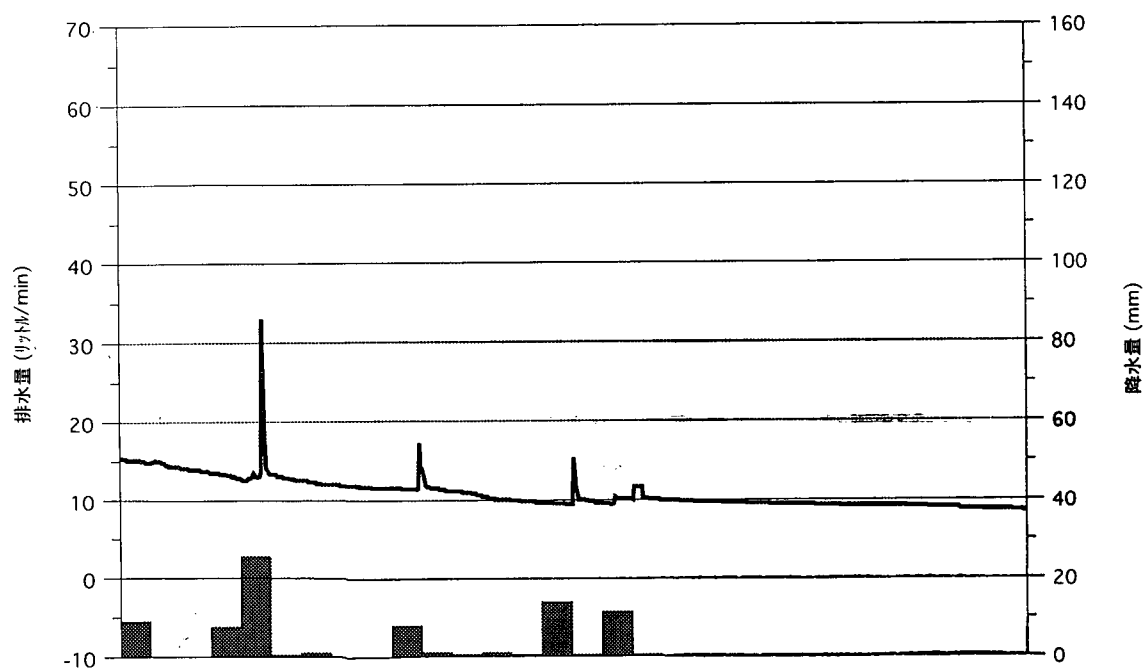


図-64 排水量の計測結果 (92年 7 月)

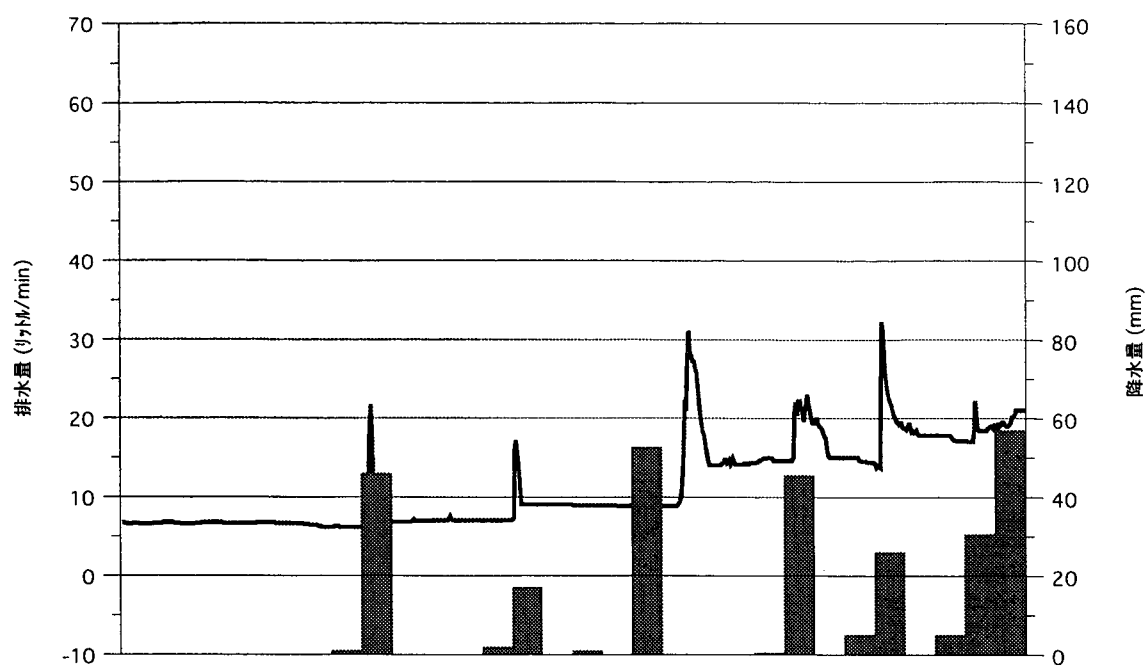


図-65 排水量の計測結果 (93年 5 月)

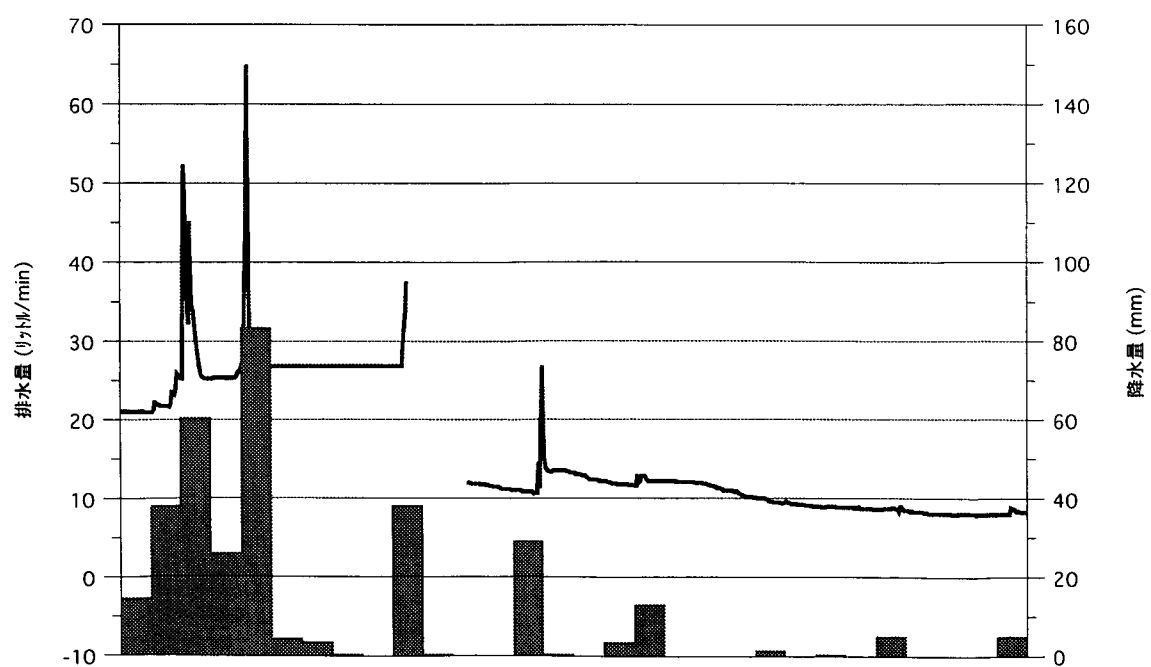


図-66 排水量の計測結果 (93年 7 月)

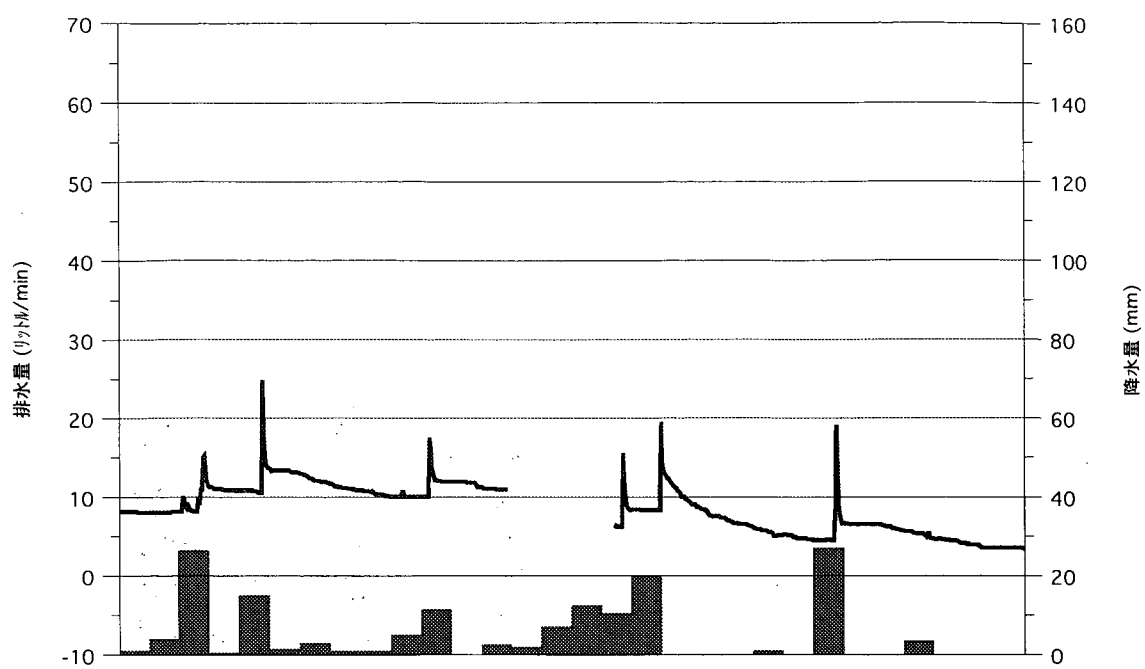


図-67 排水量の計測結果 (93年 8 月)

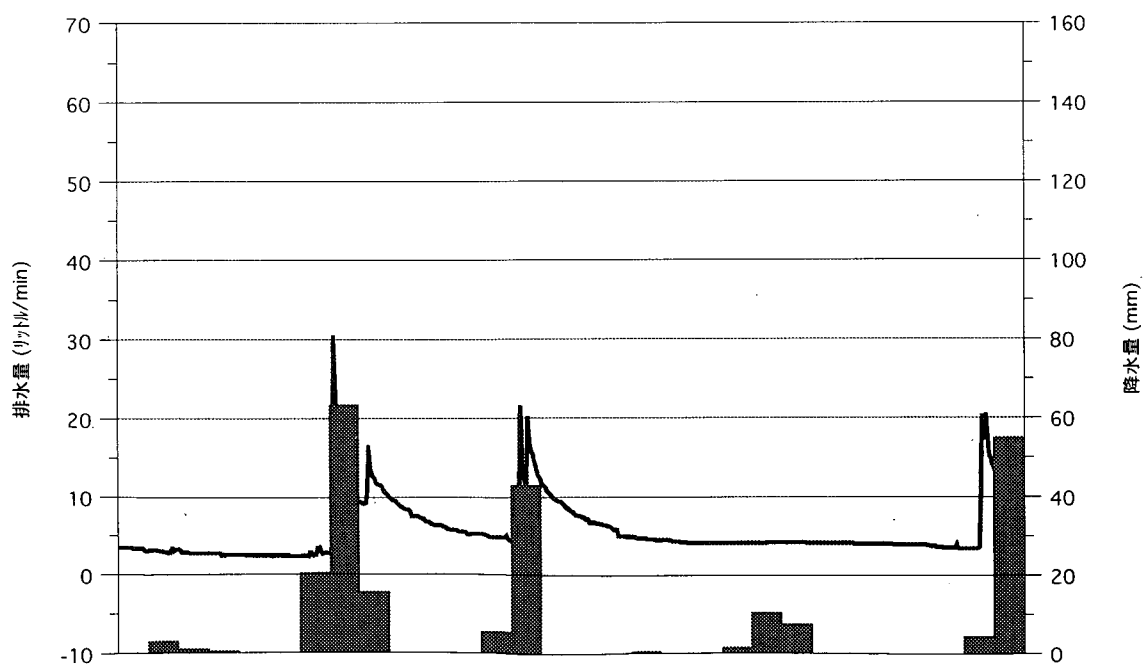


図-68 排水量の計測結果 (93年 9 月)

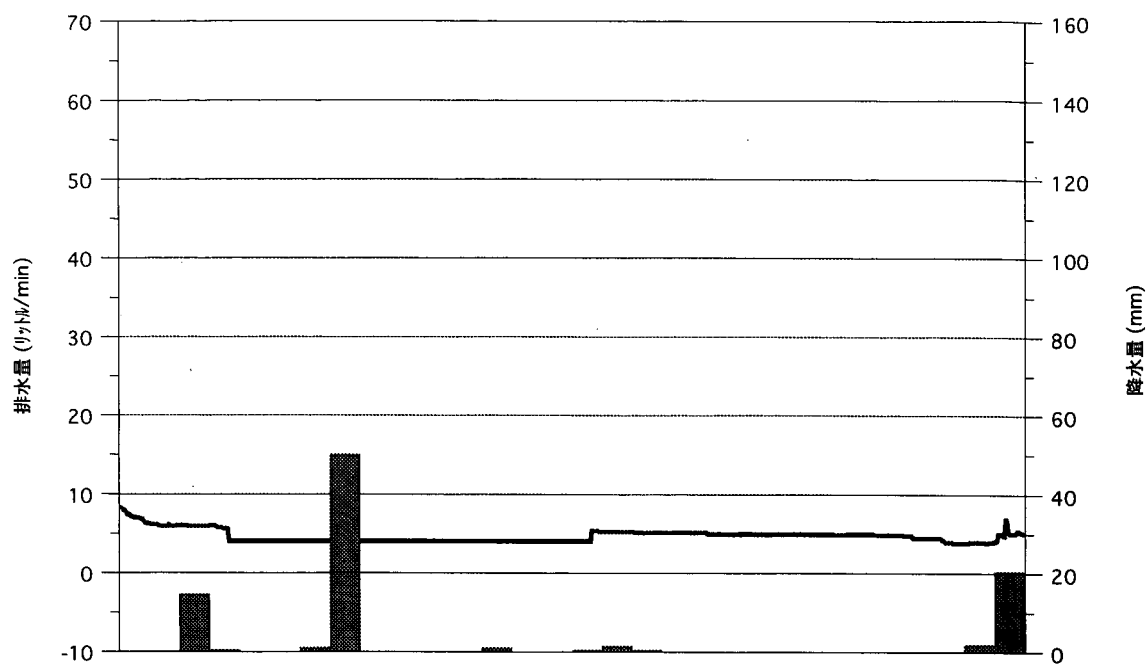


図-69 排水量の計測結果 (93年10月)

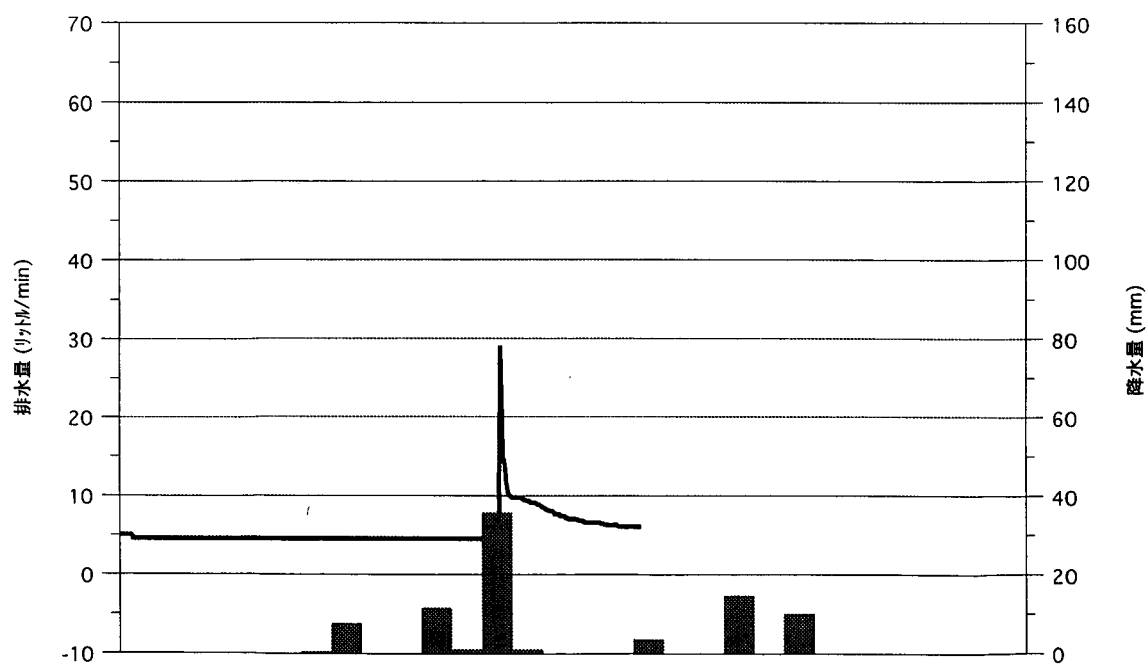


図-70 排水量の計測結果 (93年11月)

8. 考 察

計測結果の項で述べたように、今回の計測結果では圧力センサー型の土壤水分計によって測定されたデータの方が信頼性が高いと判断されたので、その結果から推定されることについて考察を行う。まず、計測結果（図-71参照）から言えることとして、

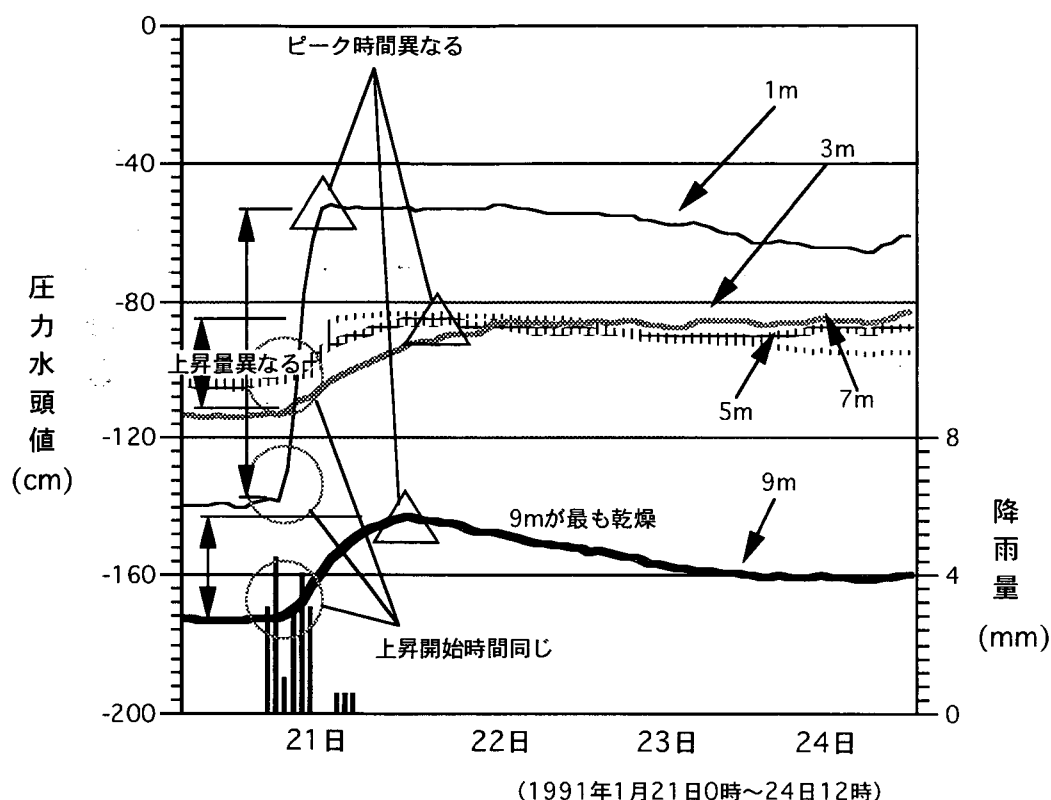


図-71 測定結果拡大図

- ①各深度における圧力水頭値は、均質斜面ならば深度が増すごとに大きくなるはずであるが、今回の測定結果では深度に無関係な値になっており、特に今回に測定の中で最も深い深度9 mにおいては反対に最も小さな値となっている。
- ②降雨量がいくら多くても圧力水頭値はある一定値以上にはなっていない。
- ③圧力水頭値の変化には季節的変動が見られ、比較的降雨の多い時期では圧力水頭値が大きく降雨との反応が小さいのに対し、降雨の少ない時期では圧力水頭値の変化が大きく、少ない降雨量でもその上昇量は大きい。
- ④降雨による圧力水頭の上昇は地下深部まで見られ、全ての深度においてほぼ同時に上昇を開始している。また深度1 mを除いてその上昇量はほぼ等しい。

なお、深度1 mでは大きな日変動が見られているが、これは土壤水分計が気温変化の影響を受けているのか、あるいは気温変化により土の間隔が収縮した結果圧力水頭値が変化したためと考えられるがいずれにせよ土塊の浸透特性とは無関係のものであると推論している。

8.1 浸透理論による考察

以上述べた計測結果から見られる現象を、飽和・不飽和浸透理論に基づいてその理由について考察を行った結果を以下に示す。

①について

これは各深度における地盤の保水特性曲線の違いはもちろんであるが、さらに斜面内にはいくつかの難透水層が存在し、降雨があった場合その浸透水は難透水層上までは鉛直浸透するがそこからは大半が難透水層上を難透水層に平行な浸透（以下、単に水平浸透という）となり、一部が難透水層を通過して鉛直浸透する。そしてこの難透水層が斜面上部まで存在している場合には降雨終了後も斜面上部からの水平浸透がありしかも不飽和領域であるため浸透速度も小さく、難透水層上では常に高い状態にあるためその圧力水頭値は大きくなっているものと考えられる。当地区の土層はこの難透水層が複数存在するためこのような複雑な状態になっているものと推定される。

②について

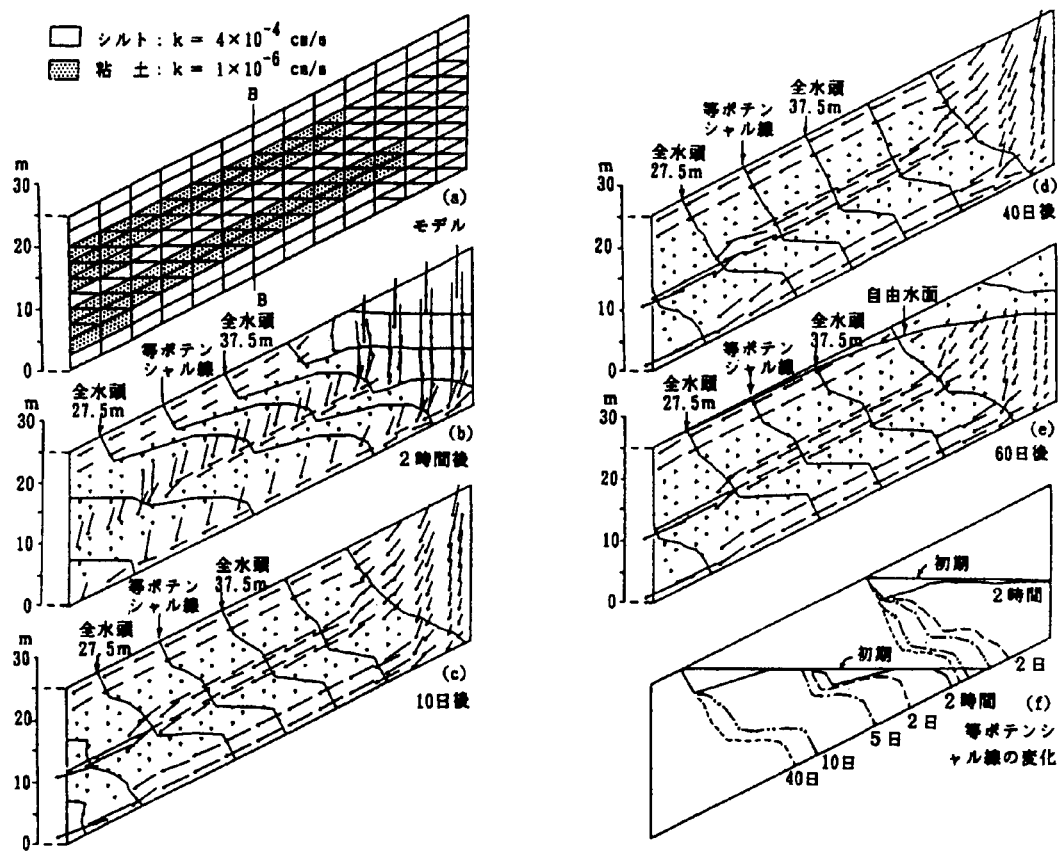
これは通常の浸透では、ある土層内に一定の降雨による浸透水が長時間にわたって浸透している場合、始めのうちは土層内の圧力水頭値は小さいため排水量が増加することにより圧力水頭が上昇しこれに伴って排水量も増加する。その後ある圧力水頭値になると排水量と流入量が同じになるためそれ以上の圧力水頭値の上昇はなくなる。したがって今回はこれと同様の現象が起きているものと考えられる。また、地盤の保水特性曲線において限界毛管水頭が大きい場合には圧力水頭値がゼロにならなくてもそれ以上の水分量の取り込みが不可能となるので圧力水頭値はそれ以上にならないということも同時に考えられる。

③について

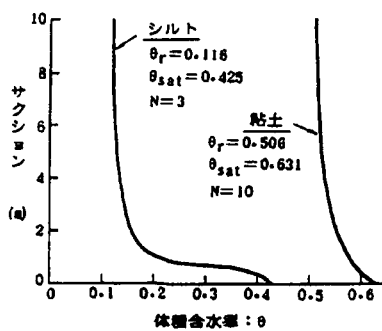
これは降雨量が多い季節は浸透水が多いため、土中の水分量が高くそれが減少するためには長時間必要である。このため水分量が低下する前に次の降雨による浸透水があるため、常に土中内の水分量が高いものと考えられる。反対に降雨量が少ない季節では土中の水分量は低いため排水による水分量の低下は短時間で行われ、このため水分量が低下した後に次の降雨による浸透水があるため大きな変動が見られるものと推定される。

④について

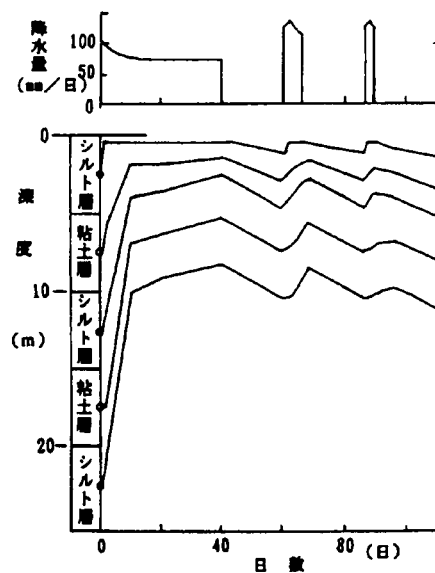
これについては川上ら¹⁾によって、自然斜面の土層構造を、斜面内に複数の難透水層を有し難透水層と難透水層の間の透水層は斜面上部では地表面付近の透水層と連続するような斜面モデルを用いて飽和・不飽和浸透流解析により数値実験を行った結果、降雨により全ての深度で同時に圧力水頭値が上昇を開始し、最も地表面に近い層を除いてその変動幅はほぼ同じものとなっており（図-72参照）、今回の計測結果と同様の傾向を示していることから、このモデルと同様の土層構造であることが推定される。



(a) 斜面内雨水浸透の数値実験



(b) 地盤材料の保水特性



(c) 斜面中央部B-Bの水頭変化

図-72 川上他¹⁾による解析結果

8.2 浸透流解析による考察

以上のことを検証するために、二次元飽和不飽和浸透流解析により解析を行った。本来ならば、計測地点の地盤条件や計測結果に合うように解析断面、土層構造、パラメータ、境界条件等を設定するのが妥当であるが、この場合解析範囲や境界条件、不飽和浸透特性あるいはメッシュ分割、解析ステップ時間など様々な条件に対して検討を行う必要性が生じ、多大な労力と時間が必要になり、また、コンピュータの容量や計算時間あるいは解の収束性等の問題もあるため、今回は定量的な解析を行わず圧力水頭値の挙動のみについて説明できるような定性的な解析を行った。具体的には、現地 conditions を単純かつ必要最小限再現するように解析断面、境界条件をあらかじめ決定しておき、これに対して不飽和浸透の計測結果から得られた各深度における圧力水頭値の変化状況に合うように土層構造及び透水係数を試行錯誤的に決定した（図-73）。なお今回の解析においては、3 m、5 m、7 m でほぼ同じ圧力水頭値及び変動傾向を示しているため、3 m、5 m を検討対象から除外し、1 m、5 m、9 m の3地点について検討を実施した。

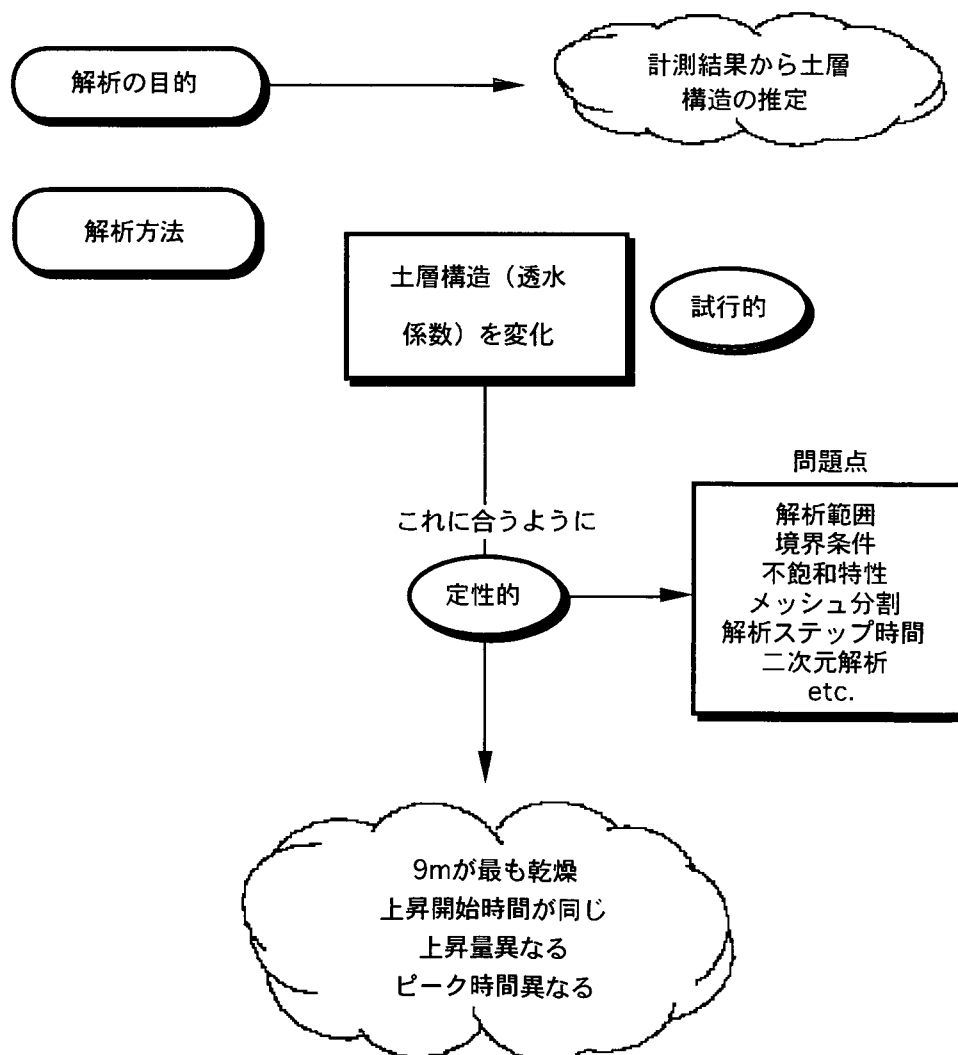


図-73 解析方法

解析は土層構造や各層の透水係数を様々に変化させて、今回の計測結果の傾向をうまく再現できる条件を見つけ出した。解析の手順としては、初期状態を斜面内の全ての点で水頭がゼロの条件からスタートさせ、斜面内に水頭値がほぼ定常状態になるように降雨を一定量降らせた後、晴天・降雨・晴天を繰り返すことにより行った（図-74）。なお、降雨条件を図-75に、解析断面を図-76に示す。

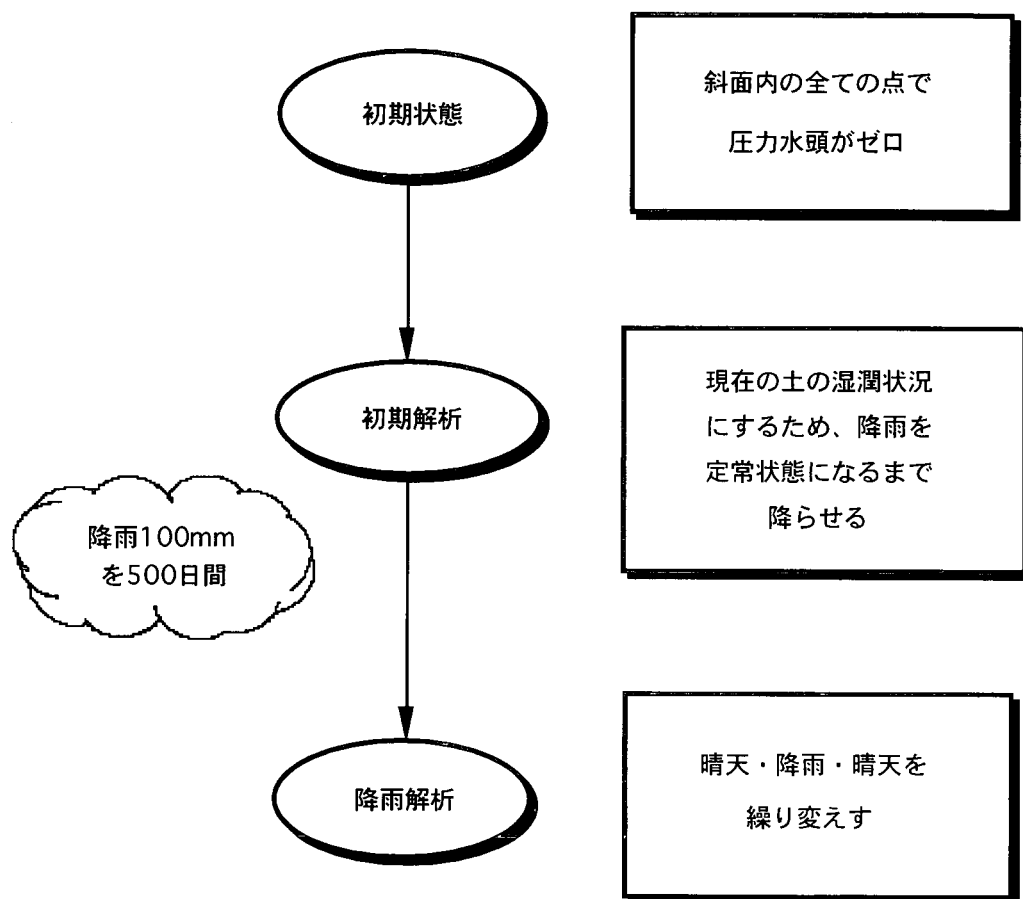


図-74 解析手順

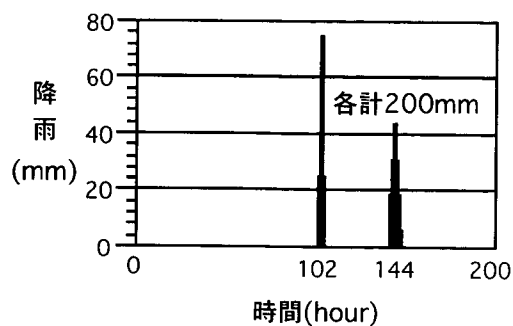


図-75 降雨条件

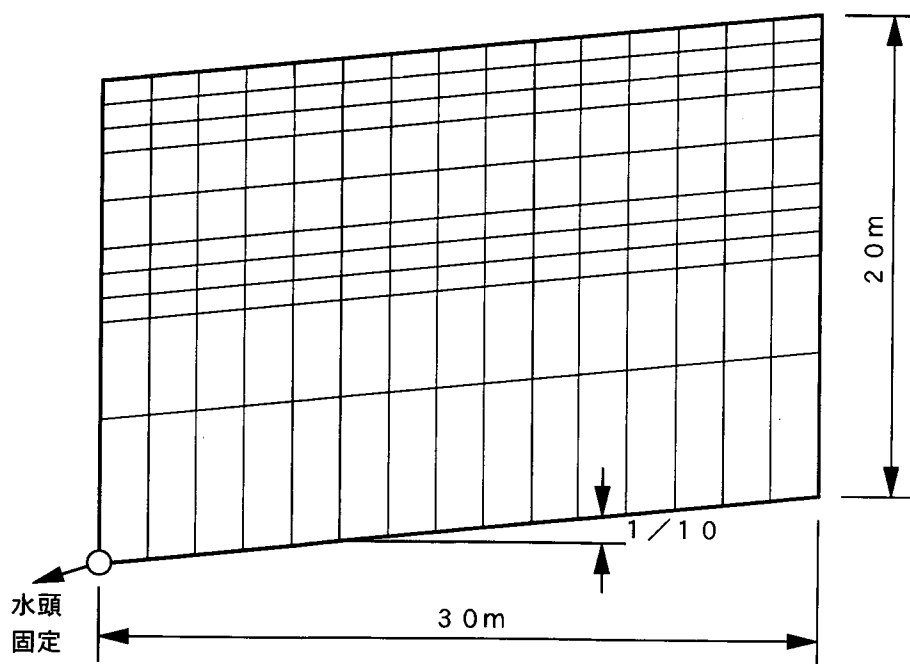


図-76 解析メッシュ図

まず始めに、均質の場合の解析結果（図-77, 78）であるが、1 mでの降雨に対する変動幅が大きく相関性は高いが、深度が深くなるほど圧力水頭値が大きく湿潤状態になっており、計測結果を正しく表していないことがわかる。次に、不均質ではあるが難透水層がない場合について解析結果（図-79, 80）では、均質の場合の解析結果よりも9 mにおける変動幅が大きくなっているものの深くなるほど湿潤状態になるという傾向は変わらない。次に、不均質で難透水層を考慮した場合の解析結果（図-81, 82）では、1 mでの変動幅が大きく9 mでも変動が見られ、なおかつ9 mが最も乾燥している結果となっており、今回の計測結果を最もよく再現できている。

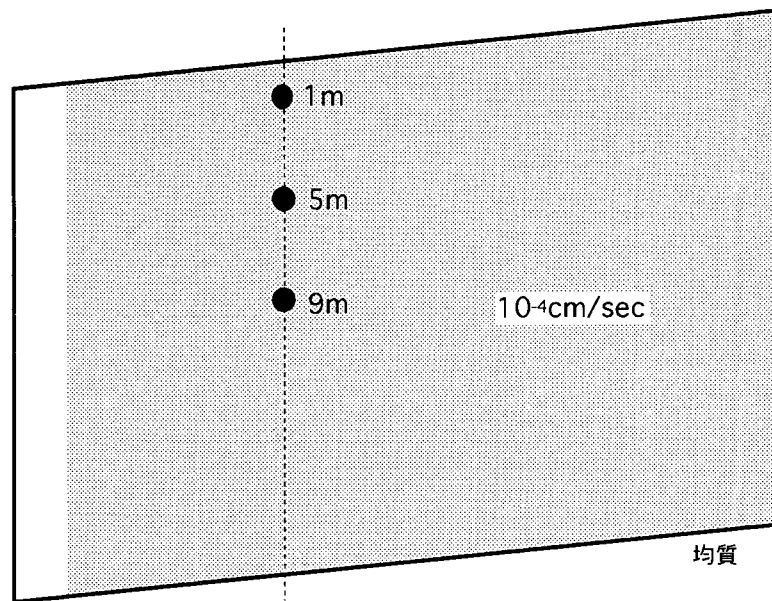


図-77 解析断面 1

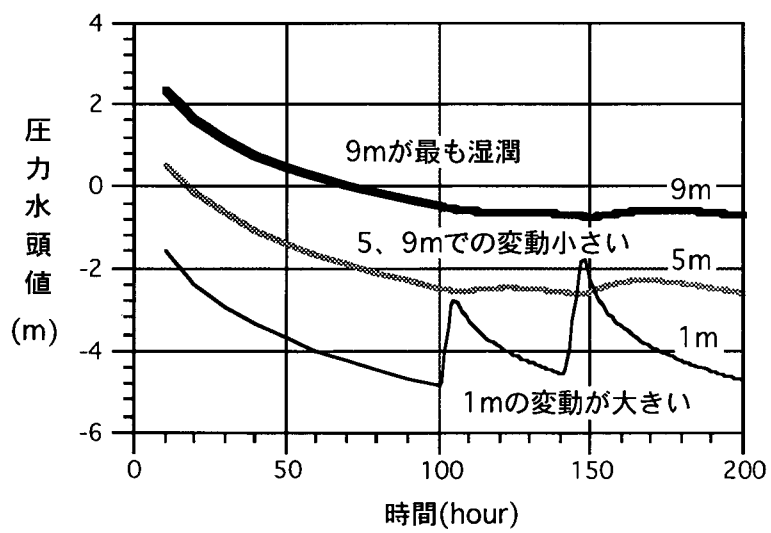


図-78 解析結果 1

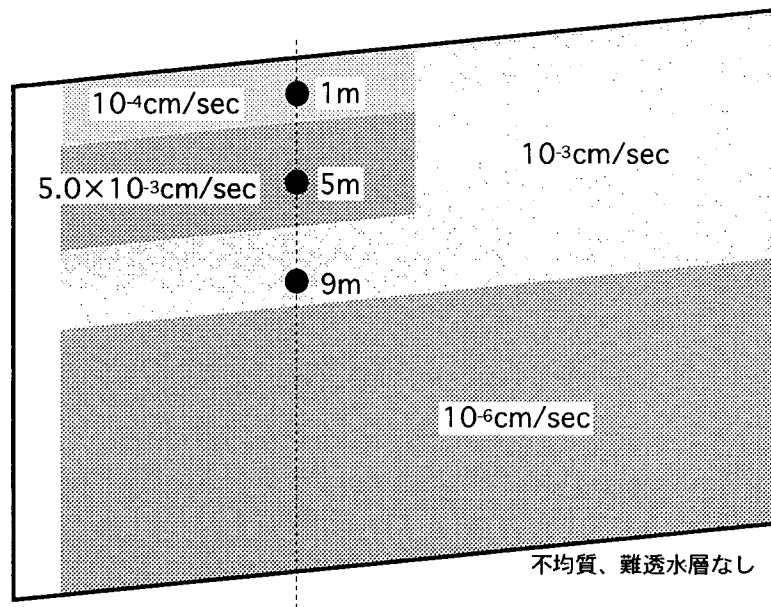


図-79 解析断面 2

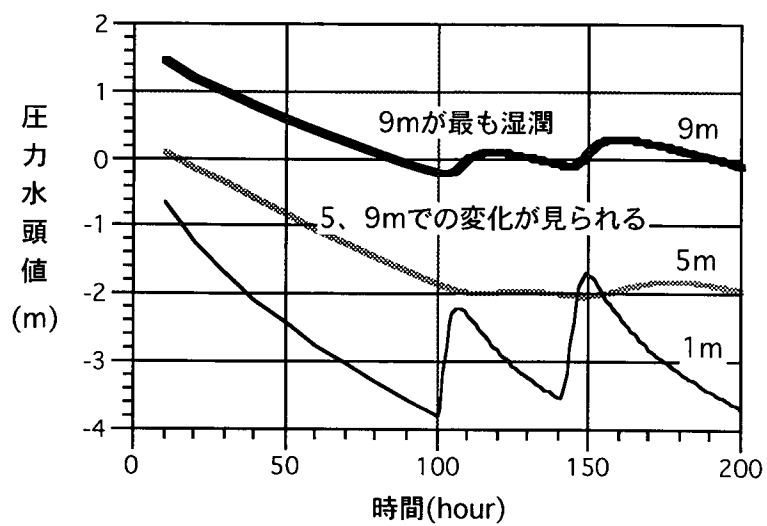


図-80 解析結果 2

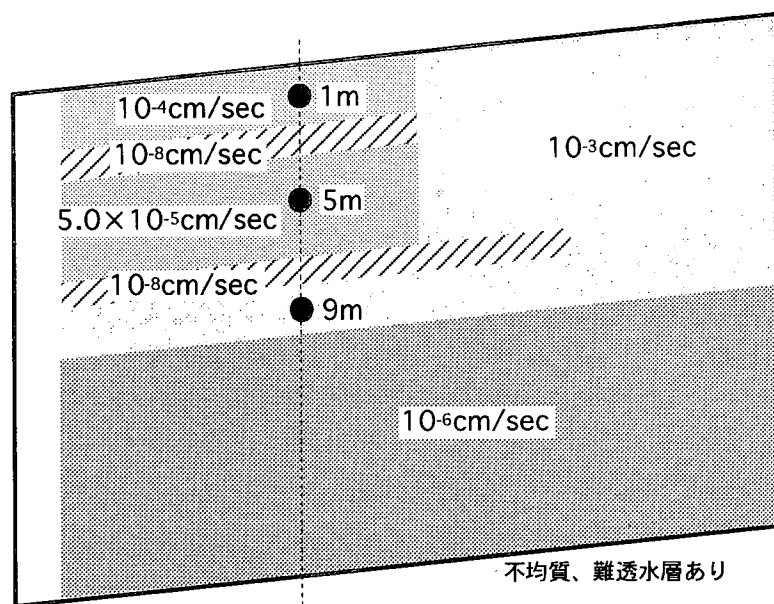


図-81 解析断面 3

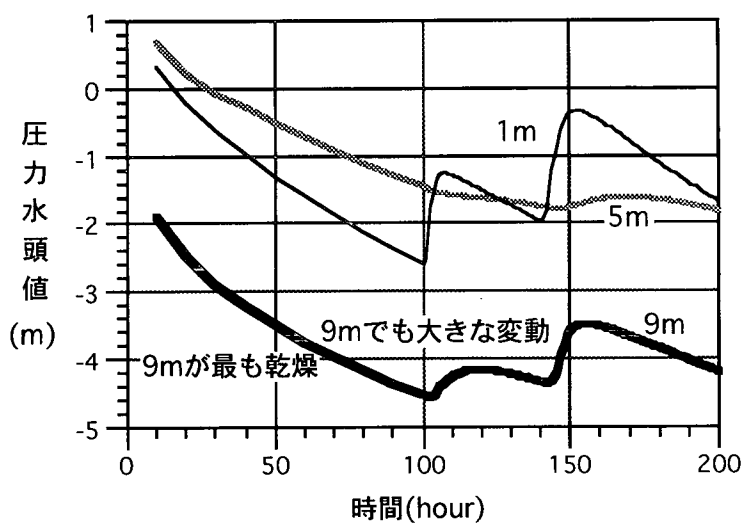


図-82 解析断面

9. ま と め

以上の考察結果を整理すると、浸透状況は、地表面に降った雨がA層とB層を浸透し、B層に降った雨はC層まで浸透するがC層は透水性が悪いので鉛直下方向へ浸透する量は少なく、大半はB層内を流れる。このため、B層での水頭値の変化が大きくなる。一方A層に降った雨は一部B層へ浸透するが大半は鉛直下方向に浸透し、E層上に達した分はその上を流れD層内を浸透する。D層では透水性がB層、E層に比べ小さいため変動は小さい。また、E層よりも上流側で浸透した雨はF層まで浸透し、一部F層内を浸透するがその他はE層とF層の間のA層内を浸透し、ここでは透水性が良いため降雨に対する反応も大きいと考えられる（図-83参照）。

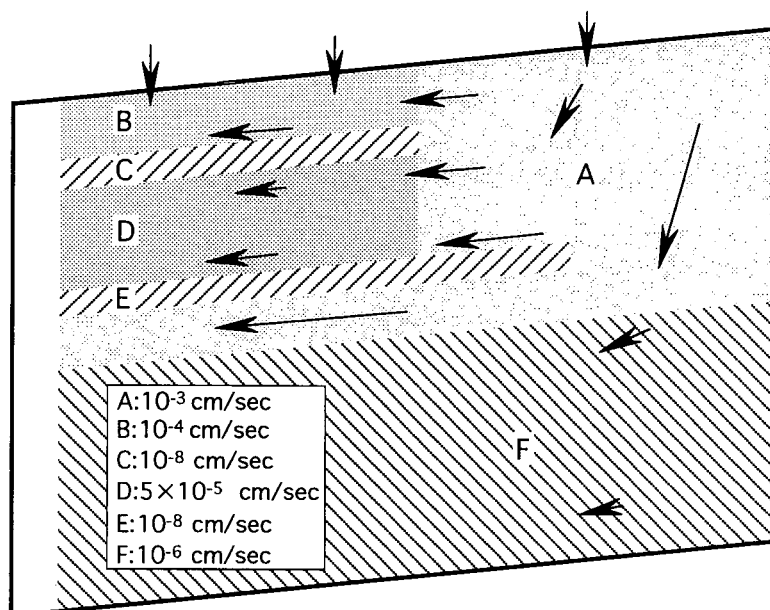


図-83 浸透状況の説明

したがって、地表面に降った雨は、全てが地下深部まで浸透するのではなく、難透水層上に達したものは難透水層上をそのまま流れ、それ以外が地下深部まで浸透する。つまり、すべり面の間隙水圧は降った雨全てによって変動するわけではなく、その一部によって変動するものと推定される。

あ と が き

以上地すべり地内の不飽和浸透の計測結果について述べてきたとおり，地すべり地内の水文学的な土層構造はきわめて複雑であることが推定される。したがって，地すべり地内の浸透を浸透流解析によって評価しようとする場合には，かなりの量の調査が必要となるわけで，コスト的に大きな問題となる。今後はもう少し低コストの計測方法の開発や簡便で精度の高い解析方法が開発されることによって，地すべり地内の降雨浸透特性が解明されることを期待する。

最後に，計測に当たってご協力いただいた近畿地方建設局大和川工事事務所調査課の方々に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 川上他：水頭変動からみた自然斜面内の地下水の流れ，土木学会論文報告集，Vol.23，Nop. 3
1983
- 2) 石濱：地すべり地における不飽和浸透の計測，第31回地すべり学会研究発表講演集，1992
- 3) 石濱：地すべり地における不飽和浸透の解析，第32回地すべり学会研究発表講演集，1993