

夜次鉍滓堆積場への流入水の水質・水量調査結果 (その2)

2000年5月

核燃料サイクル開発機構
人形峠環境技術センター
環境保全課

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒708-0698 岡山県苫田郡上斎原村1550

核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター
施設管理部 管理課

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:Co-ordination Section. Facility Management Division. Ningyo-Toge Environmental Engineering Center. Japan Nuclear Cycle Deveopment Institute 1550, Kamisaibara-son, Tomada-gun, Okayama-ken, 708-0698, Japan

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Deveopment Institute) 2000

夜次鉍滓堆積場への流入水の

水質・水量調査結果（その2）

長沼政喜^{*-1}，滝 富弘^{*-1}

滝本定男^{*-2}，牧田彰典^{*-2}

要 旨

人形峠環境技術センターにある夜次鉍滓堆積場に流入している坑水は、既設の坑水処理施設で坑水中のウラン及びラジウムの処理を行い、岡山県と上齋原村の環境保全協定に定める敷地境界における河川水に係わる管理目標値以下であることを確認した後、河川へ放流している。しかし、夜次鉍滓堆積場については、当初の建設目的は終了しており環境保全対策の一環として、より適切かつ有効な管理を実施していくために措置する計画にある。

夜次鉍滓堆積場を措置するにあたり、処理水量の減量化の一環として夜次鉍滓堆積場に流入している各水系について、処理を必要とするものを明確にすることを目的に水質・水量調査を行った。

調査の結果、水質については岡山県と上齋原村との環境保全協定に定める敷地境界における河川水に係わる管理目標値と比べると、ウランは各水系とも管理目標値以下であるが、ラジウムは各水系とも管理目標値を超えており、従来どおり坑水処理が必要であることを確認した。

水量については、雨水が各水系に流入していたことから監督官庁の了解を得て大排水溝の雨水分離工事、露天採掘場跡地の地表表流水の分離、製錬転換施設西側法面の雨水排水送水先変更工事を行った。雨水分離対策後の調査期間は短いですが、露天採掘場跡地からの送水量については、雨水分離前の降雨量が同じ年と比べて約40%の減量となり、改善効果を確認した。

*-1 核燃料サイクル開発機構人形峠環境技術センター 環境保全技術開発部 環境保全課

*-2 人形峠原子力産業株式会社

目 次

1. 緒 言	1
2. 坑水調査範囲	1
3. 調査内容	1
3.1 大排水溝	
3.2 露天採掘場跡地，見学坑道，ダム下湧水	
3.3 降雨量	
3.4 水質分析	
4. 調査結果	2
4.1 大排水溝	
4.1.1 水質	
4.1.2 水量	
4.2 露天採掘場跡地	
4.2.1 水質	
4.2.2 水量	
4.3 見学坑道	
4.3.1 水質	
4.3.2 水量	
4.4 ダム下湧水	
4.4.1 水質	
4.4.2 水量	
5. 調査結果のまとめ	6
5.1 水質	
5.2 水量	
6. 調査結果に対する考察	6
6.1 大排水溝へ流入している峠2号坑坑水の影響	
6.2 一時貯留水槽に集水した坑水の処理	

6.3 各水系の水質比較

6.4 雨水流入水低減化策

7. 結 言.....

9

表一覧

表4-1	大排水溝に流入している各水系の水質分析値と 排水基準値との比較	1 0
表4-2	各水系の水質分析値と排水基準値との比較	1 1
表4-3	露天採掘場跡地の表流水分離前と後の水量比較	1 2
表6-1	降雨量と水量の比較	1 3

図一覧

図2-1	鉱さいダムへ流入している各水系	1 4
図3-1	大排水溝へ流入してくる各水源	1 5
図3-2	峠2号坑集水ピットからの仮設配管経路	1 6
図4-1	大排水溝へ流入している各水源における ウラン濃度と水量との関係	1 7
図4-2	大排水溝へ流入している各水源における ラジウム濃度と水量との関係	1 7
図4-3	大排水溝に関する水量推移	1 8
図4-4	露天採掘場跡地集水ピットのウラン濃度と水量との関係	1 9
図4-5	露天採掘場跡地集水ピットのラジウム濃度と水量との関係	1 9
図4-6-1	露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移	2 0
図4-6-2	露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移	2 1
図4-6-3	露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移	2 2
図4-7	見学坑道集水ピットのウラン濃度と水量との関係	2 3
図4-8	見学坑道集水ピットのラジウム濃度と水量との関係	2 3
図4-9-1	見学坑道集水ピットに流入している水量推移	2 4
図4-9-2	見学坑道集水ピットに流入している水量推移	2 5
図4-9-3	見学坑道集水ピットに流入している水量推移	2 6
図4-10-1	ダム下ピットに流入している水量推移	2 7
図4-10-2	ダム下ピットに流入している水量推移	2 8
図4-10-3	ダム下ピットに流入している水量推移	2 9
図5-1	各水系の平均水量における水量バランス	3 0

図5-2	雨水分離対策前の夜次鉱滓ダムに流入してくる 各水系の最小・最大水量	3 1
図6-1	廃水処理フロー	3 2
図6-2	各水系における硫酸イオン濃度と水量との関係	3 3
図6-3	各水系におけるナトリウムイオン濃度と水量との関係	3 3
図6-4	各水系におけるナトリウムイオン濃度 ラジウム濃度との関係	3 4
図6-5	各水系における硫酸イオン濃度とラジウム濃度との関係	3 4
図6-6	各水系における硫酸イオン濃度と鉄イオン濃度との関係	3 5
図6-7	各水系におけるウラン濃度とラジウム濃度との関係	3 5

写真一覧

写真3-1	大排水溝を流末端とする水系のサンプリング箇所	3 6
写真3-2	ダム下湧水の送水経路及びサンプリング箇所	3 7
写真3-3	露天採掘場跡地サンプリング箇所	3 8
写真3-4	見学坑道サンプリング箇所	3 9

1. 緒言

人形峠環境技術センター内の夜次鉍滓堆積場（以下「鉍滓ダム」という）を措置するにあたり、処理水の減量化の一環として鉍滓ダムに流入している各水系について、処理を必要とするものを明確にすることを目的に水質・水量調査を行った。

その調査結果について報告する。

2. 坑水調査範囲

鉍滓ダムに流入している水系は、①大排水溝、②露天採掘場跡地、③見学坑道、④ダム下湧水、⑤鉍滓ダムへの降雨を起点とした5つの経路がある。今回調査を行った水系は、鉍滓ダムへ直接流入する降雨については水質的に問題がないことから、①から④の水系について調査を行った。

各水系の流送経路を図2-1 に示す。

3. 調査内容

3.1 大排水溝

図3-1 に示すように大排水溝には、峠2号坑坑水及び濃縮工学施設敷地等の浸透水が流入している。大排水溝の水質に大きく影響を与えていると考えられる峠2号坑坑水と濃縮工学施設敷地等からの浸透水とを分離させて、処理を必要とするものを明確にすることを目的に水質・水量調査を行った。

峠2号坑坑水と濃縮工学施設敷地等からの浸透水とを分離する手段として、峠2号坑集水ピットに水中ポンプを設置（仮設）し、鉍滓ダムまで仮設配管を布設して坑水を排水することにより、大排水溝を流末とする水源毎の水質・水量を調査した。

図3-2 に仮設経路を示す。

水質調査のためのサンプリングは、峠2号坑集水ピットの貯留水の送水開始から1ヶ月間休日を除く毎日及び、その後1週間に1回の頻度で行った。サンプリング箇所を以下に示す（写真3-1 参照）。

- (1) 峠2号坑集水ピットからの水中ポンプによる排水
- (2) 濃縮工学施設造成時に地下水を導水するために埋設されたコルゲート管の流末
- (3) 峠2号坑集水ピットからの排水を導水するために埋設されたポリエチレン管
- (4) 大排水溝壁面上側の塩ビ配管A
- (5) 大排水溝壁面下側の塩ビ配管B
- (6) 旧製錬所西側法面からの湧水

各サンプルは、サンプリング後に水温、pHを測定した後、少量の硝酸を加えてpHを1程度にして、分析するまでの期間保存した。

水量調査は前述のサンプリング箇所と同じ場所で行った。

峠2号坑集水ピットからの排水量は、仮設した電池内蔵型積算電磁流量計で連続測定したが、他の水量は前述の水質調査と同時に容器に所定時間採水して水量（3回測定の平均値）を求めた。

3.2 露天採掘場跡地、見学坑道、ダム下湧水

水質調査のためのサンプリングは、写真3-2～4に示す箇所において3～4日間雨が継続して降り続いた後、もしくは大雨が降った後、また3～4日晴天が続いた後に行った。

各サンプルは、サンプリング後にpHを測定した後、少量の硝酸を加えてpHを1程度にして、分析するまでの期間保存した。

水量調査は、ダム下湧水は既設のプリンター付き積算流量計により毎日測定し、露天採掘場跡地及び見学坑道は、休日を除き積算流量計の数値を読み取り水量を求めた。

3.3 降雨量

降雨量は、安全管理課がセンター内に設置している気象観測設備で観測されたデータを用いた。

3.4 水質分析

水質調査のために採取したサンプルの水質測定を以下の方法により行った。

(1)pHの測定

堀場製作所製F-22型pH計で行った。

(2)U-238 ,U-234の定量

東洋テクニカ製アルファ線測定装置7401型で行った。

(3)Ra-226の定量

エマネーション法で行った。

(4)全 α の定量

アロカ製低バックグラウンド放射能自動測定装置LBC-480型で行った。

(5)陽イオンの定量

日本ジャーレルアッシュ製高周波プラズマ発光分光分析装置ICAP-577型で行った。

(6)陰イオンの定量

横河製イオンクロマトアナライザーIC7000型で行った。

4. 調査結果

4.1 大排水溝

4.1.1 水質

各水系の水質分析結果を表4-1に示す。

(1)放射性物質

- ① 旧製錬所西側法面からの湧水におけるウラン濃度は図4-1に示すように、 4.77×10^{-4} ～ 4.96×10^{-4} Bq/ml と6系統の排水の中で最も高くほぼ一定の濃度で推移していた。しかし、岡山県と上齋原村との環境保全協定に定める敷地境界

における河川水に係わる管理目標値（以下「管理目標値」という） 1×10^{-3} Bq/ml 以下であり、ウランは処理しなくてもよい水質レベルであった。

- ② ラジウムは、図4-2 に示すようにある幅ではほぼ一定であり水量とラジウム濃度の相関関係は認められなかった。
- ③ 水量の多い峠2号坑坑水、コルゲート管及びポリエチレン管のラジウム濃度はいずれも管理目標値（Ra-226： 3.7×10^{-5} Bq/ml）よりも1桁高い。また水量の少ない塩ビ配管A、B及び旧製錬所西側法面からの湧水におけるラジウム濃度は一時的に管理目標値以下となったが、概ね管理目標値を超えていた。
- ④ 全 α は、峠2号坑水だけが概ね当センターで定める放流水槽から排出する排水に係わる管理基準値（以下「管理基準値」という） 1×10^{-3} Bq/mlを少し超えていた。

(2)その他の物質

- ① その他の物質で特徴的なことは、大排水溝を流末端とする他の水源に比べて峠2号坑坑水は鉄及び硫酸が多いことにある。硫酸鉄は水に溶解しやすいことから峠地区には、他の水源に比べて硫酸鉄を含む鉱物が多く存在しているものと推察される。
- ② 鉄濃度は、塩ビ配管A及び旧製錬所西側法面からの湧水を除いて瀬戸内海環境保全特別措置法に定める事業所排水の申請書届出値（以下「届出値」という） 1mg/l を超えていた。鉄以外の成分は全て届出値以下であった。

4.1.2 水量

水量調査結果を図4-3 に示す。

(1)峠2号坑坑水

- ① 峠2号坑集水ピットの水量は、排水を開始した後急激に減少したが、排水開始してから約2週間後に水量は安定し、恒常状態になったものと考えられる。
- ② 調査期間を通じ、水量は降雨の影響を受け、降雨に対して2～3日程度の遅れで変動を示す。

(2)コルゲート管

- ① 調査を開始してからコルゲート管からの水量は極めて変動が激しく、峠2号坑排水との関連は認められない。
- ② 調査期間を通じ、水量は降雨の影響を受け、降雨に対して1～2日程度の遅れで変動を示す。

(3)ポリエチレン管

- ① コルゲート管とポリエチレン管との水量が、全く反対の挙動をとっている。
- ② 調査期間を通じ、単独の水量では降雨の影響は明確ではないが、コルゲート管との合計水量では、降雨に対して1～2日程度の遅れで変動を示す。

(4)塩ビ配管 A

- ① 調査期間を通じ、降雨に対して1日程度の遅れで変動を示す。
- ② 水量は概ね安定しており、降雨以外の変動要素は認められない。

(5)塩ビ配管 B

- ① 調査期間を通じ、降雨に対して1日程度の遅れで変動を示す。
- ② 水量は概ね安定しており、降雨以外の変動要素は認められない。

(6)旧製錬所西側法面からの湧水

- ① 調査期間を通じ降雨とほぼ連動して増減しており、降雨に対して1日程度の遅れで変動を示す。
- ② 水量は概ね安定しており、降雨以外の変動要素は認められない。

4.2 露天採掘場跡地

4.2.1 水質

水質分析結果を表4-2 に示す。

(1)放射性物質

- ① ウラン濃度は、管理目標値より少し高かった。
- ② 図4-4 に示すように、水量の増減に関係なくウラン濃度はほぼ一定の値を示した。
- ③ ラジウム濃度は、管理目標値よりも2桁近く高かった。
- ④ 図4-5 に示すように、水量の増減に関係なくラジウム濃度はほぼ一定の値を示した。
- ⑤ 全αは、管理基準値を少し超えていた。

(2)その他の物質

鉄、マンガンイオン濃度は、届出値を超えていたがそれ以外の成分は全て届出値以下であった。

4.2.2 水量

水量調査結果を図4-6-1 ～3 に示す。

- (1) 露天採掘場跡地の地表表流水は、監督官庁の了解を得て平成10年12月24日から河川へ流すこととした。平成11年1月から12月までの水量を調査した結果、表4-3 に示すように過去の年間の降雨量がほぼ同じ年の水量と比べて、約40%の減量となり改善効果を確認した。
- (2) 調査期間を通じ水量は降雨の影響を受け、降雨に対して1～2日程度の遅れで変動を示す。

4.3 見学坑道

4.3.1 水質

水質分析結果を表4-2 に示す。

(1)放射性物質

- ① ウラン濃度は管理目標値以下であり、処理しなくてもよい水質レベルであった。また図4-7 に示すように、水量の増減に関係なくウラン濃度はほぼ一定の値を示した。
- ② ラジウム濃度は、水量が468 m³/日と増量した日を除いて管理目標値より少し高かった。
- ③ 図4-8 に示すようにデータ数は少ないが、見学坑道からの坑水は水量が多くなるとラジウム濃度は低くなる傾向が見られた。
- ④ 全αは、調査期間を通じ管理基準値以下であった。

(2)その他の物質

他の水系と比べて特徴的なことは、硫酸、鉄、マンガンの各イオン濃度が非常に低いことである。このことから陽イオンと陰イオンのバランスを見た場合、陰イオンが不足することから、炭酸イオンが存在するのではないかと推測される。

この坑水は、導水管途中で炭酸鉄が酸化されて水酸化鉄になってその鉄分が導水管途中で蓄積しているのではと考えられる。

その他の物質は、全て届出値以下であった。

4.3.2 水量

水量調査結果を図4-9-1～3 に示す。

水量は降雨の影響を受け、降雨に対して1～2日程度の遅れで変動を示す。

3月中旬頃に最大水量が記録されているが、降雨と融雪の影響と考えられる。このような水量の増大は見学坑道からの坑水だけであり、他の水系は雨水分離対策の効果により融雪の影響は顕著に見られない。

4.4 ダム下湧水

4.4.1 水質

水質分析結果を表4-2 に示す。

(1)放射性物質

- ① ウラン濃度は管理目標値以下であり、処理しなくてもよい水質レベルであった。
- ② ラジウム濃度は、管理目標値を少し超えていた。

(2)その他の物質

鉄イオン濃度だけが届出値を少し超えていた。

4.4.2 水量

水量調査結果を図4-10-1～3 に示す。

水量は降雨の影響を受け、降雨に対して直ちに変動を示す。

5. 調査結果のまとめ

表4-2 に示す大排水溝の水質データは、大排水溝を流末端とする各水源の水質と水量データから、計算により求めた数値である。

図5-1 に各水系の雨水分離対策を講じた後の平均水量における水質データを示す。

5.1 水質

- (1) ウラン濃度は、露天採掘場跡地からの坑水だけが管理目標値を超えるが、鉾葎ダムに替わる一時貯留水槽を建設し各水系の坑水を集水した場合には、希釈効果で管理目標値以下となり処理しなくてもよい水質レベルになる。
- (2) ラジウム濃度は、各水系とも管理目標値を超えており処理を必要とすることを確認した。
- (3) 鉄イオン濃度は、見学坑道からの坑水以外は届出値を超えており、各水系を集水しても届出値は超えるものと推察され、処理を必要とする。
- (4) マンガンイオン濃度は、露天採掘場跡地からの坑水だけが届出値を超えているが、ウランと同様に各水系を集水することにより、希釈効果で届出値以下となり処理しなくてもよい水質レベルになる。
- (5) 以上のことから、鉾葎ダムに流入している各水系は、ラジウム濃度及び鉄イオン濃度が管理目標値、届出値を超えることから、処理を必要とすることを確認した。

5.2 水量

- (1) 雨水分離対策後の調査期間は短いですが、露天採掘場跡地からの坑水量は、雨水分離前の降雨量がほぼ同じ年と比べて約40%の低減化となった。
- (2) 雨水分離対策を施す以前の平成5年から10年までの水量データを基に、日及び年の最小・最大水量を図5-2に示す。
各水系の年間最大総水量は約189,000 m³であり、水量比率は大排水溝が最も高く約46%、露天採掘場跡地、見学坑道の各約22%、ダム下湧水の約10%となる。平成10、11年度に行われた大排水溝の雨水分離工事、露天採掘場跡地の地表表流水の分離、製錬転換施設西側法面の雨水排水送水先変更工事による雨水流入低減対策の改善効果については、今後も調査を継続し改善の効果を確認する。

6. 調査結果に対する考察

6.1 大排水溝へ流入している峠2号坑坑水の影響

濃縮工学施設敷地等からの浸透水は、ウラン鉬石を採掘していた峠2号坑坑水の水質とは異なるものと予想された。そこで処理を必要とする水量の減量化を期待して大排水溝に流入している峠2号坑坑水及び、濃縮工学施設敷地等からの浸透水を分離し

て各水源の水質・水量調査を行った。

その結果、ウラン濃度は各水源とも管理目標値以下であったが、ラジウム濃度は旧製錬所西側法面からの湧水を除いて管理目標値を超えていた。峠2号坑坑水、コルゲート管及びポリエチレン管からのラジウム濃度はほぼ同様な値を示し、大排水溝壁面上、下の塩ビ配管からのラジウム濃度はそれよりも低い値であった。

峠2号坑坑水と濃縮工学施設敷地等からの浸透水とは、ラジウム濃度が少し異なるだけで水質的に大きな違いはなかった。

6.2 一時貯留水槽に集水した坑水の処理

各水系からの坑水を鉱滓ダムに替わる一時貯留水槽を建設し集水した場合に管理目標値、管理基準値及び届出値を超えるのは、ラジウム、全 α 、鉄イオンである。

これら成分は、既存の廃水の処理法である次亜塩素酸ナトリウム溶液の添加により鉄は水酸化鉄として除去される。ラジウムは塩化バリウム溶液を加えることにより、廃水中の硫酸イオンと反応して生成する硫酸バリウムとの共沈法で除去され、処理後のラジウム、全 α 、鉄イオンは、それぞれ許容値以下になることを確認した。その処理フローを図6-1に示す。

6.3 各水系の水質比較

各水系の水質データを基に特徴的な成分を抽出し、それぞれの成分を各水系間で比較した場合にどのような傾向を示すかについて考察した。

(1)硫酸イオン濃度及びナトリウムイオン濃度と水量との関係

①各水系における硫酸イオン濃度と水量との関係を図6-2に示す。この図から分かるように、硫酸イオン濃度は露天採掘場跡地が最も高く、ダム下湧水、峠2号坑坑水、大排水溝、見学坑道の順となる。また水量との関係を見ると、見学坑道を除く各水系は水量の増減に関係なくある幅で硫酸イオン濃度は変化しており、その変動幅が最も大きいのは露天採掘場跡地からの坑水であった。

見学坑道の硫酸濃度は、水量が $30\text{ m}^3/\text{日}\sim 470\text{ m}^3/\text{日}$ と変化しても硫酸イオン濃度はほとんど変化せず、平均で $20\text{ mg}/\ell$ であった。

②ナトリウムイオン濃度と水量との関係を図6-3に示す。ナトリウムイオンについては、特に排水規制がないことから分析を行わなかった。しかし、露天採掘場跡地は、過去にヒープリーチング施設からの中和残さ（水酸化ナトリウム溶液による中和）を埋め戻した経緯があることより、特にナトリウムイオン濃度の分析を行った。また、露天採掘場跡地からの坑水との比較をする意味で見学坑道からの坑水についても同様に分析を行った。

図6-3から分かるように露天採掘場跡地からの坑水中のナトリウムイオン濃度は、見学坑道の坑水（平均 $4\text{ mg}/\ell$ ）に比べて8～15倍高く、硫酸イオン濃度と水量との関係と同様に水量の増減に関係なくある幅でナトリウムイオン濃度は変化している。また、見学坑道からの坑水中のナトリウムイオン濃度も同様に水量が大幅に増減してもほぼ一定の値で推移していた。

以上①、②から、露天採掘場跡地からの坑水は他の水系の水質に比べて、硫酸イオン濃度は高い傾向にあり、ナトリウムイオン濃度も見学坑道からの坑水に比べて特に高いことがわかった。露天採掘場跡地の採掘前又は中和残さを埋め戻す前の地下水の水質データが把握されていないことから比較できないが、ヒープリーチング施設からの中和残さに付着していると思われるナトリウムイオンが何らかの影響を与えているかもしれない。

(2)ナトリウムイオン濃度及び硫酸イオン濃度とラジウム濃度との関係

①露天採掘場跡地及び見学坑道からの坑水中のナトリウムイオン濃度とラジウム濃度との関係を図6-4 に示す。データが少ないために顕著な傾向は見られないが、露天採掘場跡地からの坑水中のナトリウムイオン濃度の変化に対してラジウム濃度は、ほとんど一定の値で推移していた。

②各水系における硫酸イオン濃度とラジウム濃度との関係を図6-5 に示す。この図からダム下湧水を除く各水系において、硫酸イオン濃度の変化幅の範囲で各水系を比較すると、硫酸イオン濃度が高い水系程ラジウム濃度も高いといった傾向が見られる。

(3)硫酸イオン濃度と鉄イオン濃度との関係

各水系における硫酸イオン濃度と鉄イオン濃度との関係を図6-6 に示す。この図から分かるように、露天採掘場跡地及び、峠2号坑坑水は硫酸イオン濃度の増加に伴って鉄イオン濃度も増加している。特に露天採掘場跡地からの坑水は、その傾向が特に強く硫酸濃度依存性が顕著に現れている。

(4)ウラン濃度とラジウム濃度との関係

各水系におけるウラン濃度とラジウム濃度との関係を図6-7 に示す。この図から分かるように見学坑道からの坑水を除く各水系において、ウラン濃度の変化幅で各水系を比較すると、ウラン濃度が高い水系程ラジウム濃度も高い傾向にあるといえる。

6.4 雨水流入水低減化策

雨水流入低減化策として、本来処理しなくてもよい雨水が各水系に流入していたことから、監督官庁の了解を得て大排水溝の雨水分離工事（平成11年6月30日完了）、露天採掘場跡地の地表表流水の分離（平成10年12月24日完了）、製錬転換施設西側法面の雨水排水送水先変更工事（平成11年12月17日完了）を行った。

調査期間は短いですが、露天採掘場跡地からの坑水量の低減で分かるように1水系については、雨水流入低減化策の改善効果を確認することができた。表6-1 に平成6年から11年までの降雨量と各水系の水量を示す。

更に雨水低減化策として考えられるのは、露天採掘場跡地の地表表流水の地下浸透防止策工事があげられる。

本調査で得られた露天採掘場跡地からの水量データを基に降雨の地下浸透割合を推測した。推測するにあたって、恒常的な地下水量を晴天が長く続いた期間から水量約13,505m³/年と推定した。鉾澤ダムへの送水量(23,200m³/年)から恒常的な水量を差し引いた水量(9,695 m³/年)が降雨の地下浸透水量と考え、この値を露天採掘場跡地の集水面積25,400m²と雨量2,477mm から求めた降雨量62,916m³/年で除して計算した。概算ではあるが、降雨量の約15% が地下に浸透しているもの推測される。

降雨の地下浸透を極力抑えるための対策として、1 ゴムまたはプラスチックのシートで覆い、覆った後に覆土し芝を吹き付け緑化する方式、2 粘性土または薬剤を混合した土質で覆土し、その上に芝を吹き付け緑化する方式、3 現状の芝を剥ぎ水勾配を修正し、その後にポリエチレンと酢酸ビニール系の芝を吹き付け緑化する方式、が考えられる。以上の3方式については、経済性(耐久性を含む)と安全性を考慮した上で比較評価しなければならないが、現状での水勾配が十分であれば、3の植生方式が経済的と考える。

7. 結言

将来鉾澤ダムを措置するにあたり、鉾澤ダムに替わる一時貯留設備が必要となる。一時貯留設備の負荷を軽減する観点からも、処理を必要とする坑水を明確にするために、鉾澤ダムへ流入している各水系の水質・水量調査を行った。

調査の結果、各水系ともにラジウム濃度が管理目標値を超えていおり、処理しなければならないことを確認した。しかし、露天採掘場跡地からの坑水を除く水質は法令値以下の水質レベルにあり、管理目標値を設定した時と現状では事業内容も異なっており、管理目標値に係わる考え方について、今後整理していく必要があると考える。

以 上

表4-1 大排水溝に流入している各水系の水質分析値と排水基準値との比較

調査期間：平成11年8月18日～平成12年3月30日

水質項目	法令値	管理目標値	管理基準値	届出値	峠2号坑	判定	コルゲート管	判定	ポリエチレン管	判定	塩ビ配管A	判定	塩ビ配管B	判定	旧製練所湧水	判定
U-238 (Bq/ml)	$<2 \times 10^{-2}$	$<1.1 \times 10^{-3}$	—	—	$3.86 \times 10^{-5} \sim 5.06 \times 10^{-5}$	○	$2.91 \times 10^{-5} \sim 4.49 \times 10^{-5}$	○	$1.47 \times 10^{-4} \sim 1.66 \times 10^{-4}$	○	$1.75 \times 10^{-5} \sim 2.20 \times 10^{-5}$	○	$8.22 \times 10^{-5} \sim 1.09 \times 10^{-4}$	○	$4.77 \times 10^{-4} \sim 4.96 \times 10^{-4}$	○
Ra-226 (Bq/ml)	$<3 \times 10^{-3}$	$<3.7 \times 10^{-5}$	—	—	$3.22 \times 10^{-4} \sim 6.15 \times 10^{-4}$	△	$1.99 \times 10^{-4} \sim 2.83 \times 10^{-4}$	△	$2.17 \times 10^{-4} \sim 2.47 \times 10^{-4}$	△	$3.05 \times 10^{-5} \sim 5.83 \times 10^{-5}$	△	$2.71 \times 10^{-5} \sim 7.23 \times 10^{-5}$	△	$2.09 \times 10^{-5} \sim 3.70 \times 10^{-5}$	○
全α (Bq/ml)	—	—	$<1 \times 10^{-3}$	—	$7.11 \times 10^{-4} \sim 1.08 \times 10^{-3}$	△	$3.31 \times 10^{-4} \sim 4.77 \times 10^{-4}$	○	$3.8 \times 10^{-4} \sim 4.2 \times 10^{-4}$	○	$3.23 \times 10^{-5} \sim 1.62 \times 10^{-4}$	○	$8.89 \times 10^{-5} \sim 2.83 \times 10^{-4}$	○	$5.88 \times 10^{-4} \sim 6.06 \times 10^{-4}$	○
Fe (mg/l)	<10	—	—	<1.0	21.8～26.2	×	4.9～10	△	2.2～3.0	△	0.1～0.2	○	3.3～5.1	△	0.2～0.5	○
Mn (mg/l)	<10	—	—	<3.0	2.3～2.6	○	2.2～2.5	○	2.0～2.1	○	0.6～2.1	○	2.1～2.8	○	1.1～1.3	○
F (mg/l)	<15	—	—	<0.5	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○
Cd (mg/l)	<0.1	—	—	<0.005	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○
Pb (mg/l)	<1	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
Cr (mg/l)	<2	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
As (mg/l)	<0.5	—	—	<0.02	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○
Cu (mg/l)	<3	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
Hg (mg/l)	<0.005	—	—	<0.0005	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○
Zn (mg/l)	<5	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
pH	5.8～8.6	—	—	5.8～8.6	5.96～6.58	○	6.32～7.0	○	5.57～6.32	○	6.78～7.35	○	6.01～6.45	○	6.11～6.55	○

※ 峠2号坑薬水ビットからの排水量がほぼ恒常状態に達した後

- ：法令値、管理目標値、管理基準値、規制値以下
- △：管理目標値、管理基準値、規制値以上法令値以下
- ×：法令値、管理目標値、管理基準値、規制値以上

表4-2 各水系の水質分析値と排水基準値との比較

調査期間:大排水溝は平成11年8月～平成12年2月、その他の水系は平成11年1月～平成11年12月

水質項目	法令値	管理目標値	管理基準値	届出値	大排水溝	判定	露天採掘場跡地	判定	見学坑道	判定	ダム下湧水	判定
U-238 (Bq/ml)	$<2 \times 10^{-2}$	$<1.1 \times 10^{-3}$	—	—	$6.27 \times 10^{-5} \sim 9.32 \times 10^{-4}$	○	$8.50 \times 10^{-4} \sim 1.48 \times 10^{-3}$	△	$2.11 \times 10^{-4} \sim 4.36 \times 10^{-4}$	○	$1.30 \times 10^{-5} \sim 8.10 \times 10^{-5}$	○
Ra-226 (Bq/ml)	$<3 \times 10^{-3}$	$<3.7 \times 10^{-5}$	—	—	$2.51 \times 10^{-4} \sim 2.82 \times 10^{-4}$	△	$1.20 \times 10^{-3} \sim 1.81 \times 10^{-3}$	△	$2.97 \times 10^{-5} \sim 1.74 \times 10^{-4}$	△	$4.60 \times 10^{-5} \sim 1.20 \times 10^{-4}$	△
全α (Bq/ml)	—	—	$<1 \times 10^{-3}$	—	$6.24 \times 10^{-4} \sim 7.95 \times 10^{-4}$	○	$2.97 \times 10^{-3} \sim 5.65 \times 10^{-3}$	△	$<5.00 \times 10^{-4} \sim 9.00 \times 10^{-4}$	○	$7.00 \times 10^{-5} \sim 3.90 \times 10^{-4}$	○
Fe (mg/l)	<10	—	—	<1.0	16～19	×	14.2～27.5	×	0.11～0.52	○	2.28～2.45	△
Mn (mg/l)	<10	—	—	<3.0	2.2～2.4	○	3.18～5.81	△	0.06～0.3	○	1.20～1.56	○
F (mg/l)	<15	—	—	<0.5	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○	<0.5	○
Cd (mg/l)	<0.1	—	—	<0.005	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○	<0.005	○
Pb (mg/l)	<1	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
Cr (mg/l)	<2	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
As (mg/l)	<0.5	—	—	<0.02	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○	<0.02	○
Cu (mg/l)	<3	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
Hg (mg/l)	<0.005	—	—	<0.0005	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○	<0.0005	○
Zn (mg/l)	<5	—	—	<0.1	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○	<0.1	○
pH	5.8～8.6	—	—	5.8～8.6	6.69～7.06	○	5.98～6.20	○	6.04～6.56	○	6.37～6.76	○

※ ○:法令値、管理目標値、管理基準値、規制値以下
 △:管理目標値、管理基準値、規制値以上法令値以下
 ×:法令値、管理目標値、管理基準値、規制値以上

表4-3 露天採掘場跡地の表流水分離前と後の水量比較

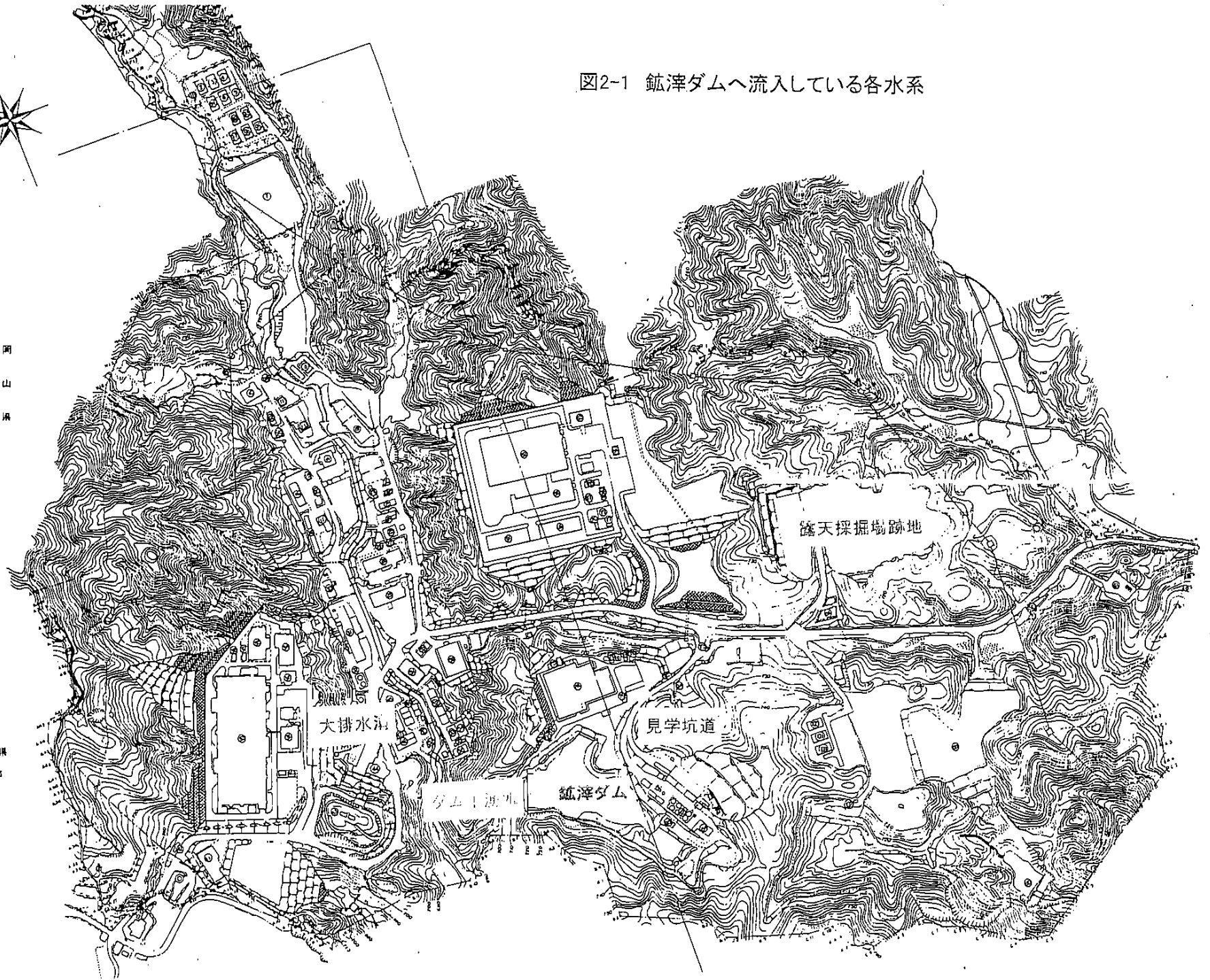
		降雨量(mm)	水量(m ³ /年)
表流水分離後	平成11年	2,477	23,200
表流水分離前	平成10年	2,424	33,268
	平成9年	2,864	39,588
	平成8年	2,307	36,505
	平成7年	2,460	38,138
表流水分離前の平均		<u>2,514</u>	<u>36,875</u>

表6-1 降雨量と水量の関係

水系	年 (1月～12月)	日雨量(mm)			日水量(m ³)			月雨量(mm)			月水量(m ³)			年雨量(mm)	年水量(m ³)
		最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均		
露天採掘場跡地	平成6年	0	97	5	15	273	49	14	337	137	260	4,419	1,330	1,640	15,956
	平成7年	0	89	7	27	567	109	76	457	205	1,111	8,075	3,178	2,460	38,138
	平成8年	0	13	6	30	563	96	77	286	192	1,480	8,170	3,042	2,308	36,505
	平成9年	0	142	8	27	380	108	49	705	239	1,131	5,596	3,299	2,864	39,588
	平成10年	0	185	7	27	306	93	51	427	202	1,058	4,308	2,772	2,424	33,268
	平均	0	123	7	25	418	91	53	442	195	1,008	6,114	2,724	2,339	32,691
	平成11年	0	121	7	22	159	67	120	359	207	1,117	3,089	1,933	2,477	23,200
見学坑道	平成6年	0	97	5	9	697	60	14	337	137	408	5,971	1,696	1,640	20,351
	平成7年	0	89	7	9	401	80	76	457	205	433	6,408	2,404	2,460	28,851
	平成8年	0	13	6	30	711	107	77	286	192	1,208	10,176	3,314	2,308	39,771
	平成9年	0	142	8	17	549	107	49	705	239	766	6,935	3,209	2,864	38,509
	平成10年	0	185	7	17	599	82	51	427	202	685	4,418	2,480	2,424	29,764
	平成11年	0	121	7	21	628	78	120	359	207	864	6,827	2,366	2,477	28,396
	平均	0	108	7	17	598	86	65	429	197	727	6,789	2,578	2,362	30,940
大排水溝*	平成6年	0	97	5	110	576	193	14	337	137	3,790	10,075	5,856	1,640	70,276
	平成7年	0	89	7	123	580	228	76	457	205	4,298	10,033	6,939	2,460	83,264
	平成8年	0	13	6	87	510	209	77	286	192	3,205	9,911	6,387	2,308	76,644
	平成9年	0	142	8	88	561	221	49	705	239	3,580	8,940	6,754	2,864	81,046
	平成10年	0	185	7	58	548	238	51	427	202	5,737	9,391	7,219	2,424	86,631
	平均	0	105	7	93	555	218	53	442	195	4,122	9,670	6,631	2,339	79,572
ダム下湧水	平成6年	0	97	5	26	87	55	14	337	137	1,096	2,087	1,675	1,640	20,094
	平成7年	0	89	7	26	81	44	76	457	205	914	1,874	1,331	2,460	15,974
	平成8年	0	13	6	24	96	47	77	286	192	953	2,122	1,423	2,308	17,072
	平成9年	0	142	8	26	84	42	49	705	239	1,005	1,526	1,274	2,864	15,292
	平成10年	0	185	7	3	74	42	51	427	202	1,005	1,569	1,268	2,424	15,214
	平成11年	0	121	7	21	98	44	120	359	207	868	1,613	1,342	2,477	16,102
	平均	0	108	7	21	87	46	65	429	197	974	1,799	1,386	2,362	16,625
各水系の平均の合算値(但し、露天採掘場跡地だけは平成11年の数値を用いた)		—	—	—	153	1,399	417	—	—	—	6,940	21,347	12,528	2,385	150,337

※大排水溝は、平成11年に峠2号坑坑水を分離し、水質・水量調査を約7ヶ月にわたり実施したため平成10年までのデータを採用した。

図2-1 鉱滓ダムへ流入している各水系



尾 子 系
河 田 系
千 原 系

尾 子 系
河 田 系
千 原 系

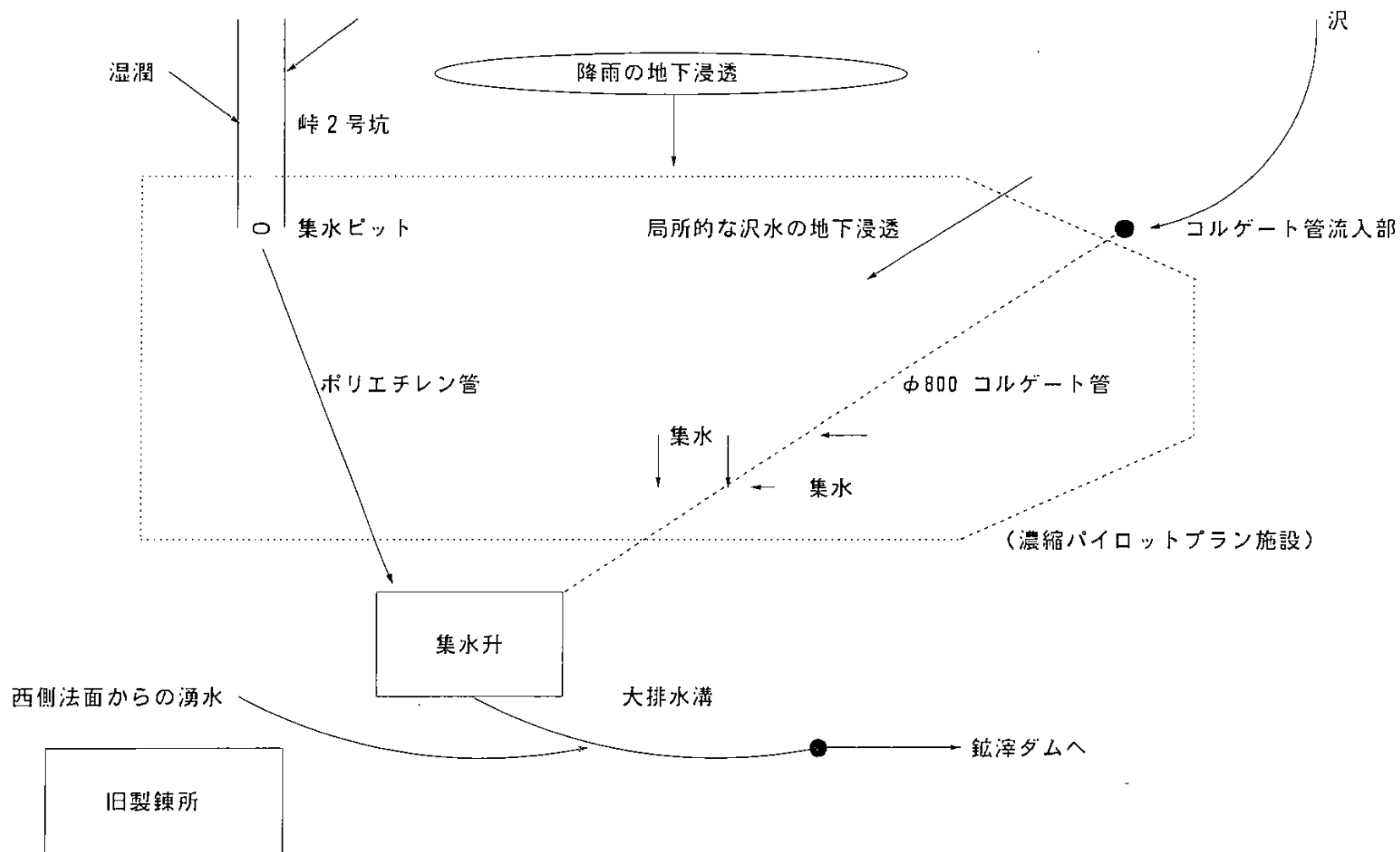
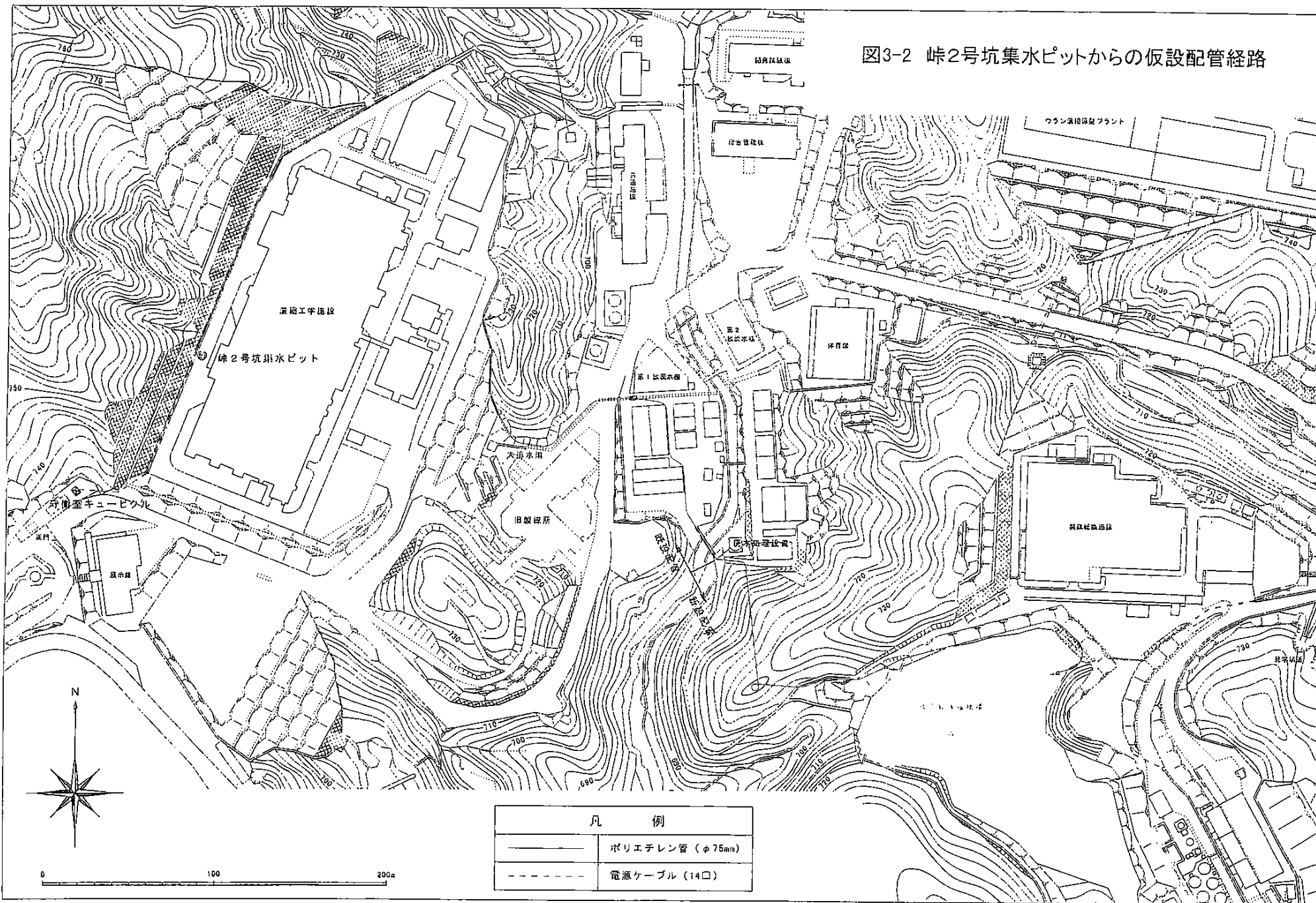




図3-1 大排水溝へ流入してくる各水源

図3-2 峠2号坑集水ピットからの仮設配管経路



凡 例

	ポリエチレン管 (φ75mm)
	電源ケーブル (14口)

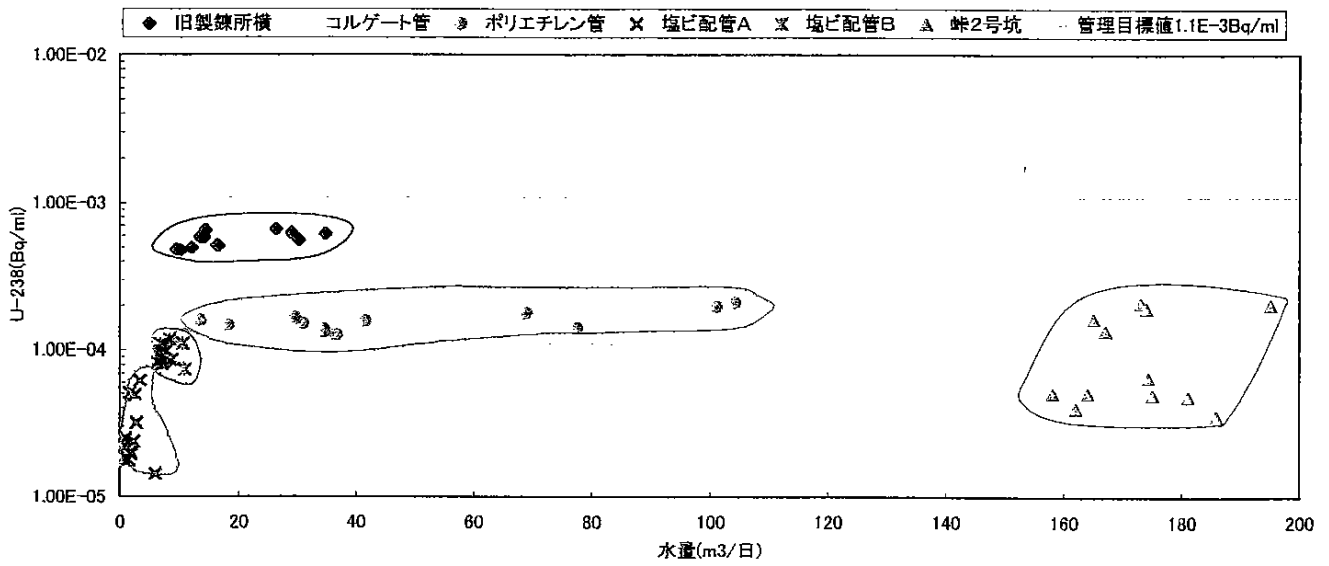


図4-1 大排水溝へ流入している各水源におけるウラン濃度と水量との関係

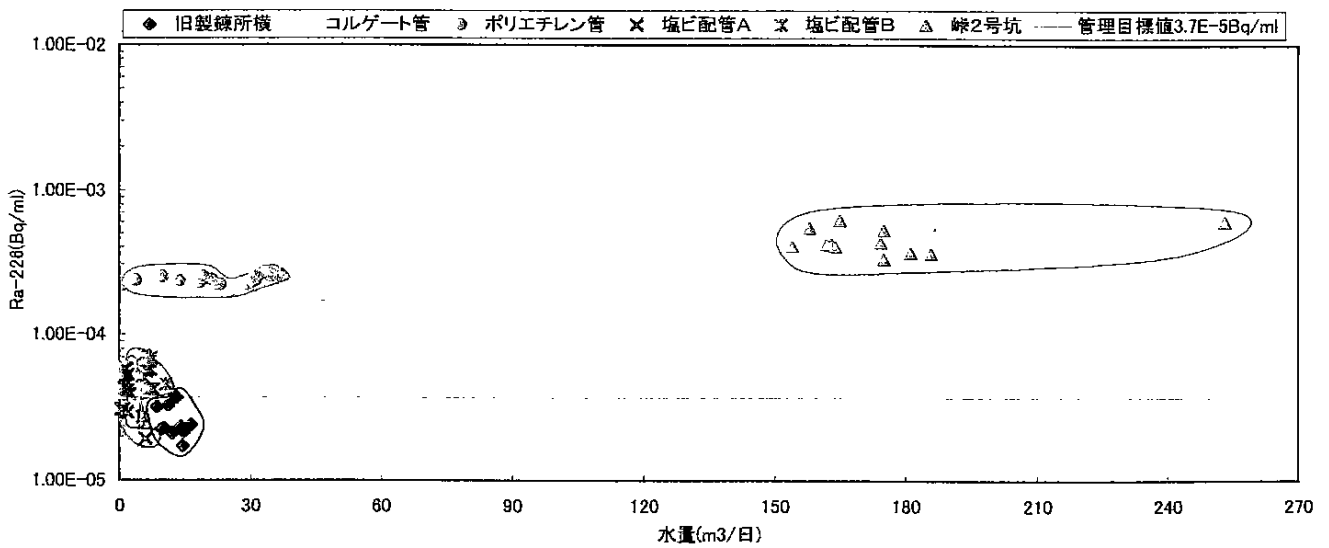


図4-2 大排水溝へ流入している各水源におけるラジウム濃度と水量との関係

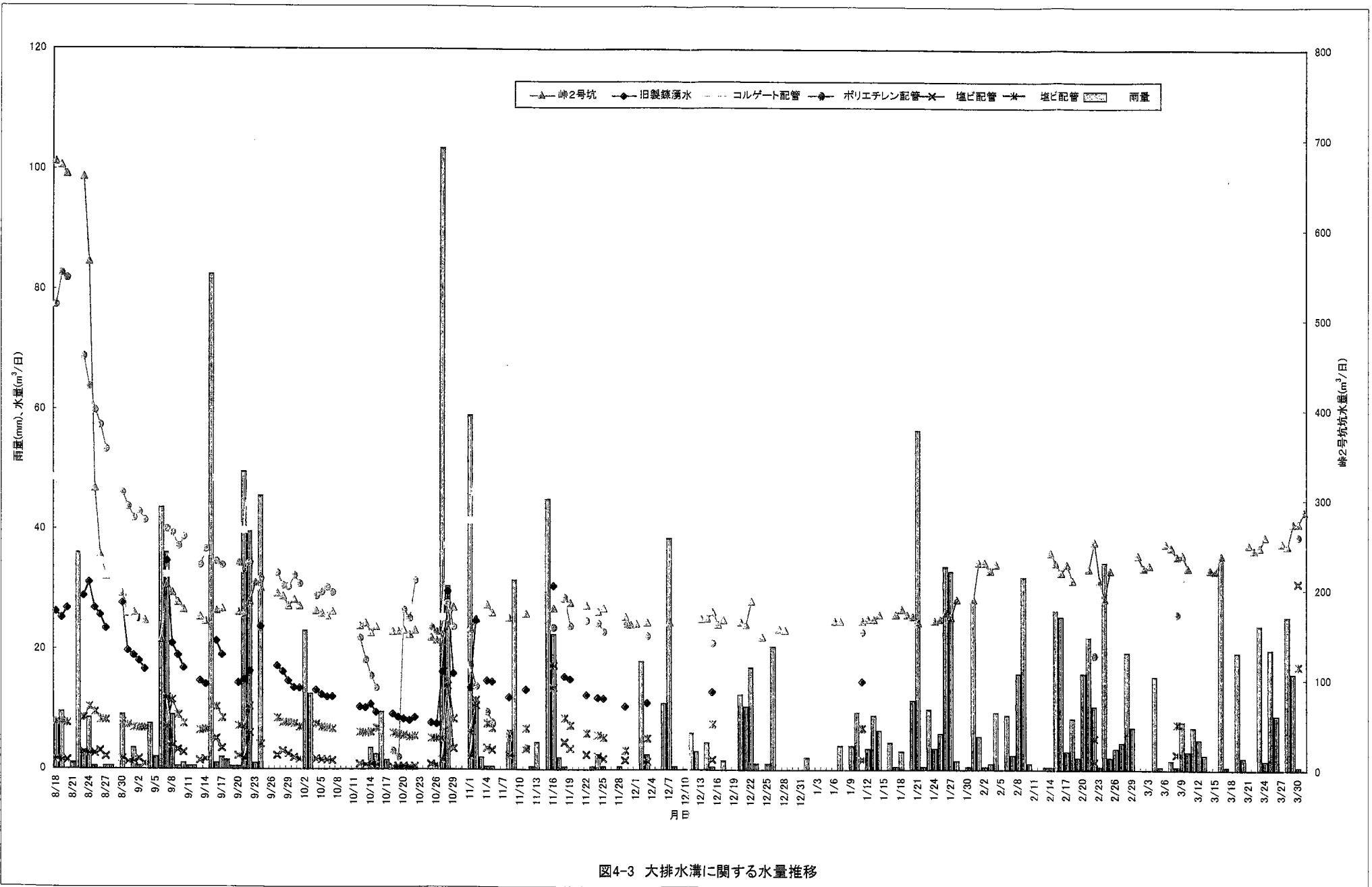


図4-3 大排水溝に関する水量推移

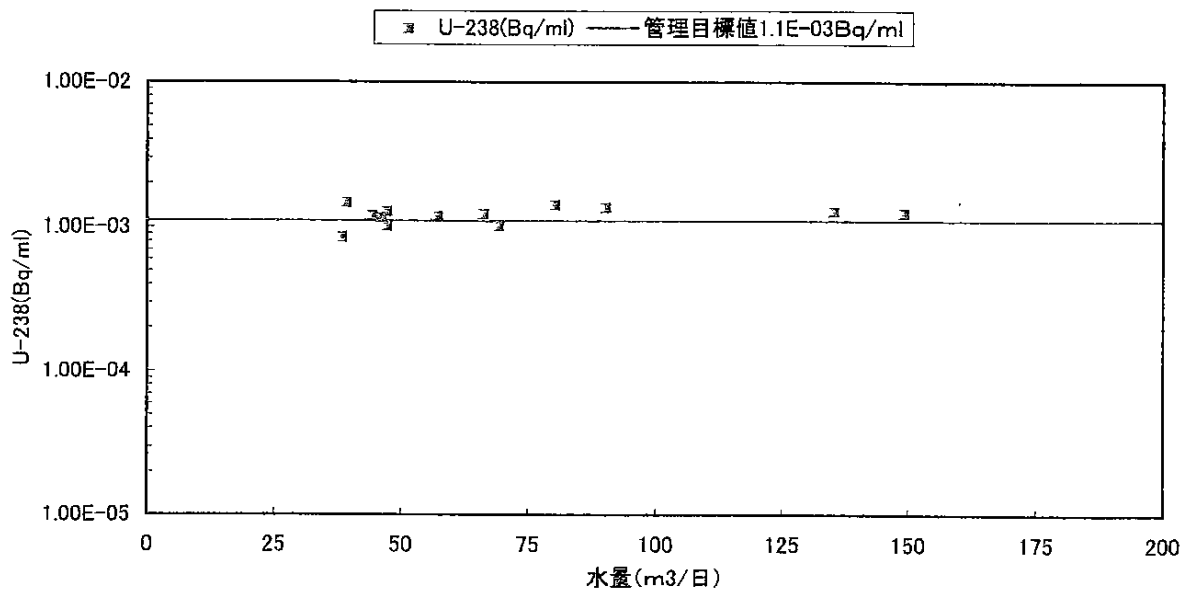


図4-4 露天採掘場跡地集水ピットのウラン濃度と水量との関係

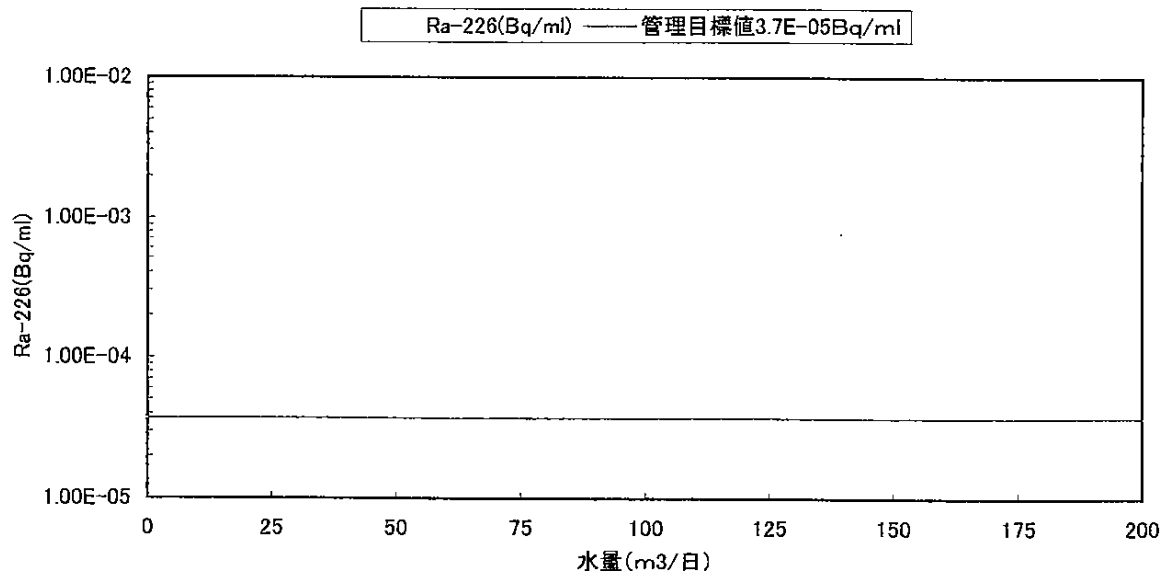


図4-5 露天採掘場跡地集水ピットのラジウム濃度と水量との関係

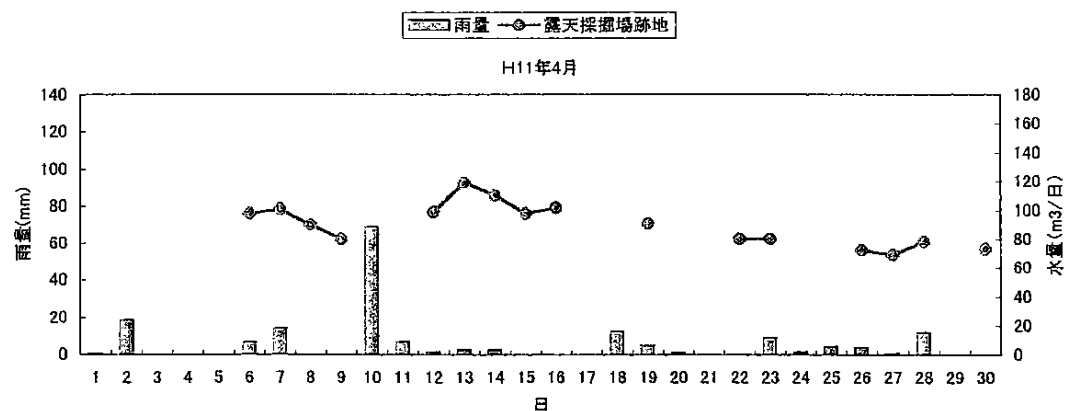
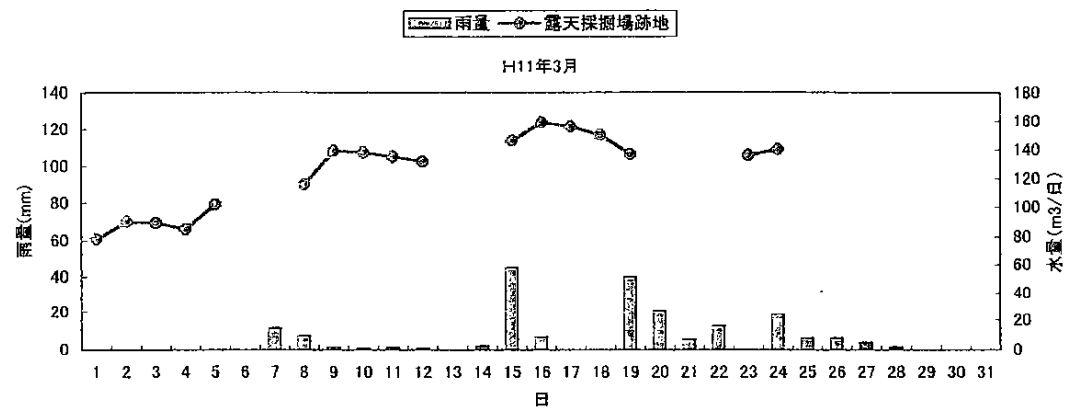
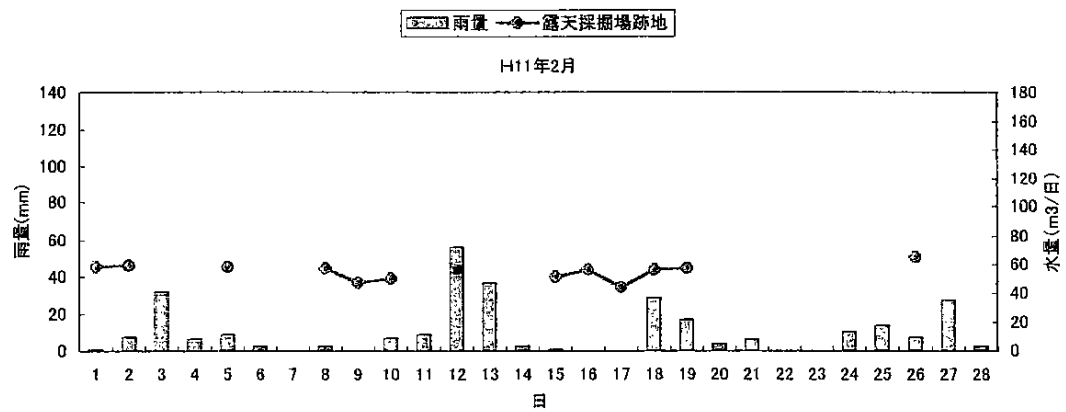
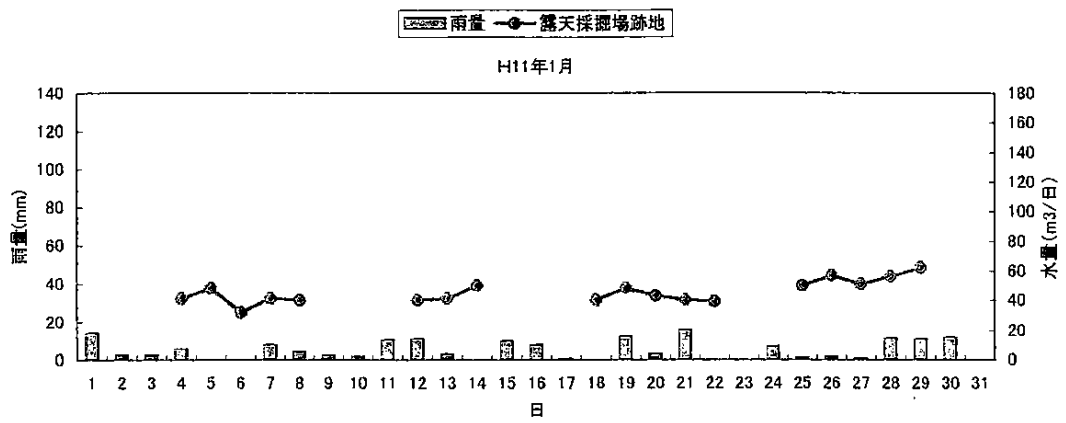


図4-6-1 露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移

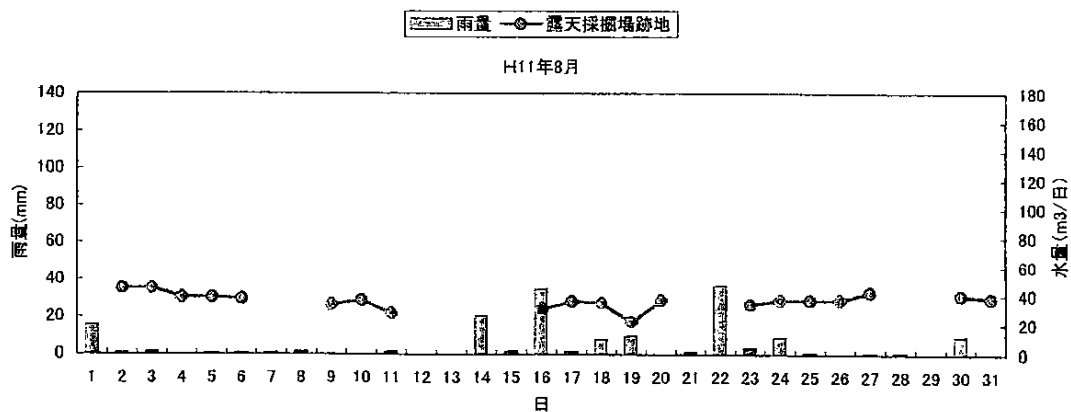
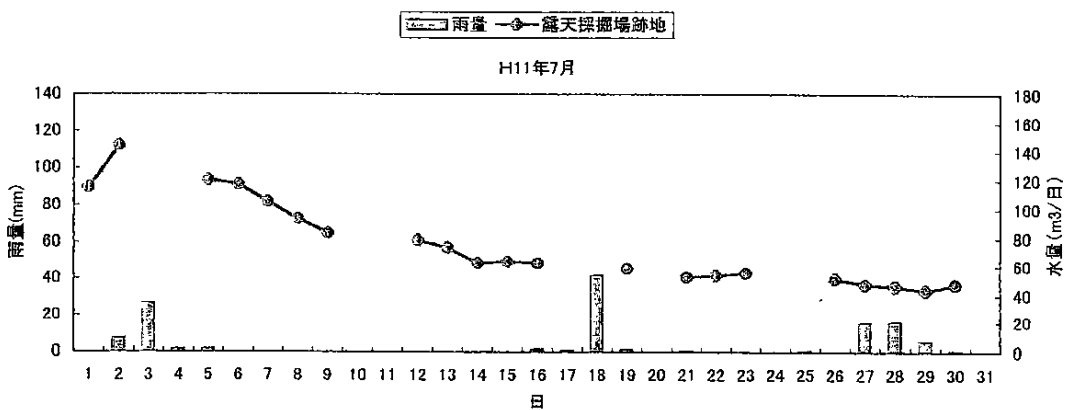
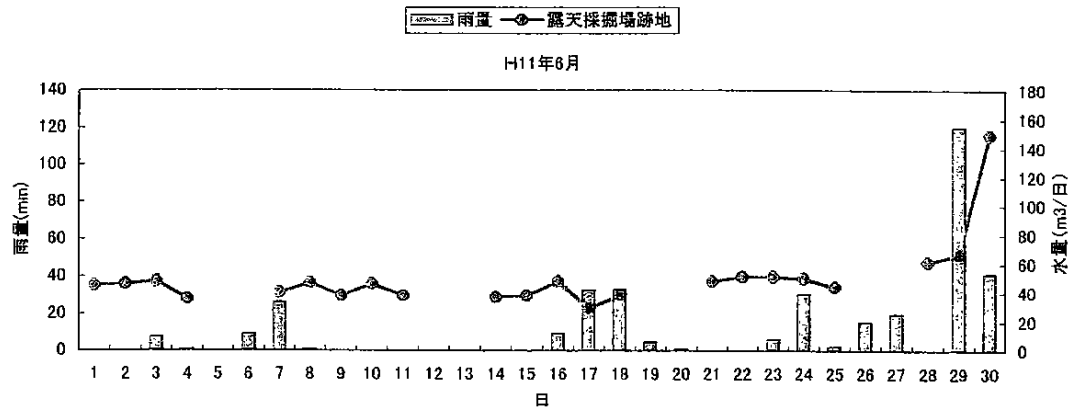
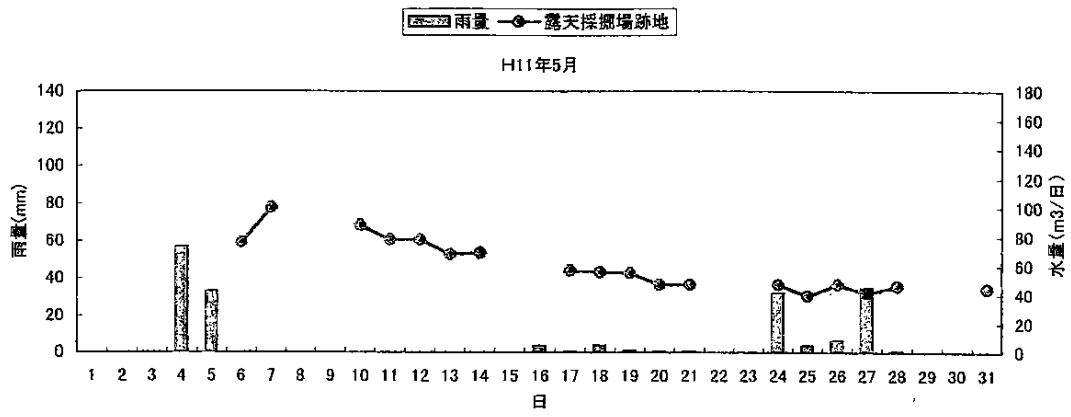


図4-6-2 露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移

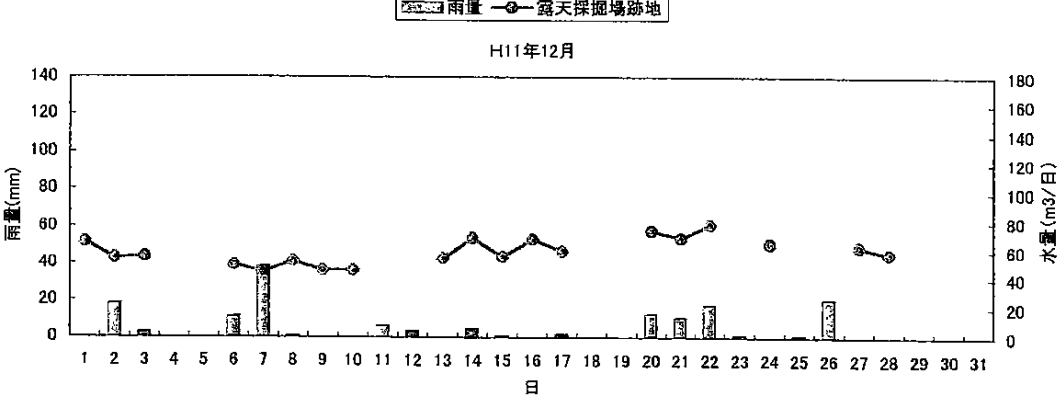
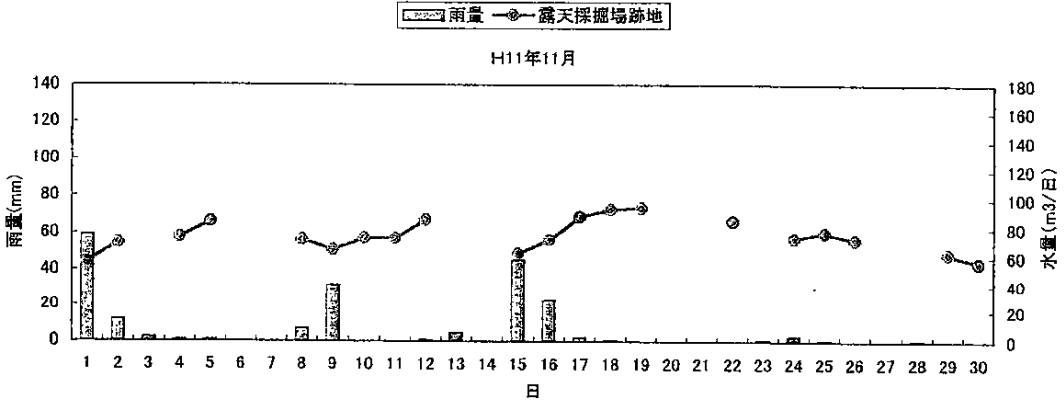
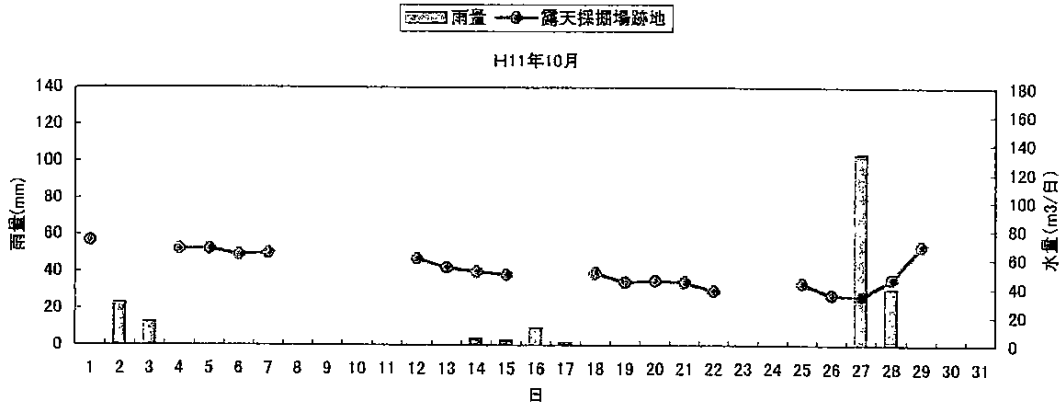
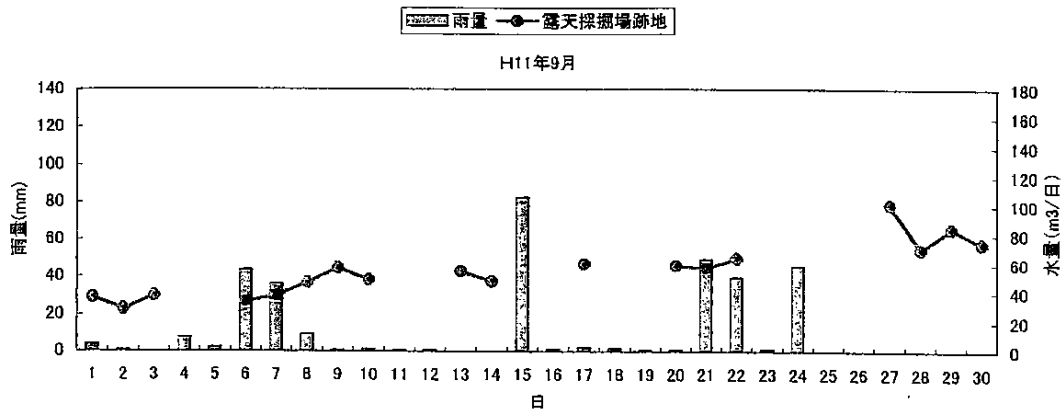


図4-6-3 露天採掘場跡地集水ピットに流入している水量推移

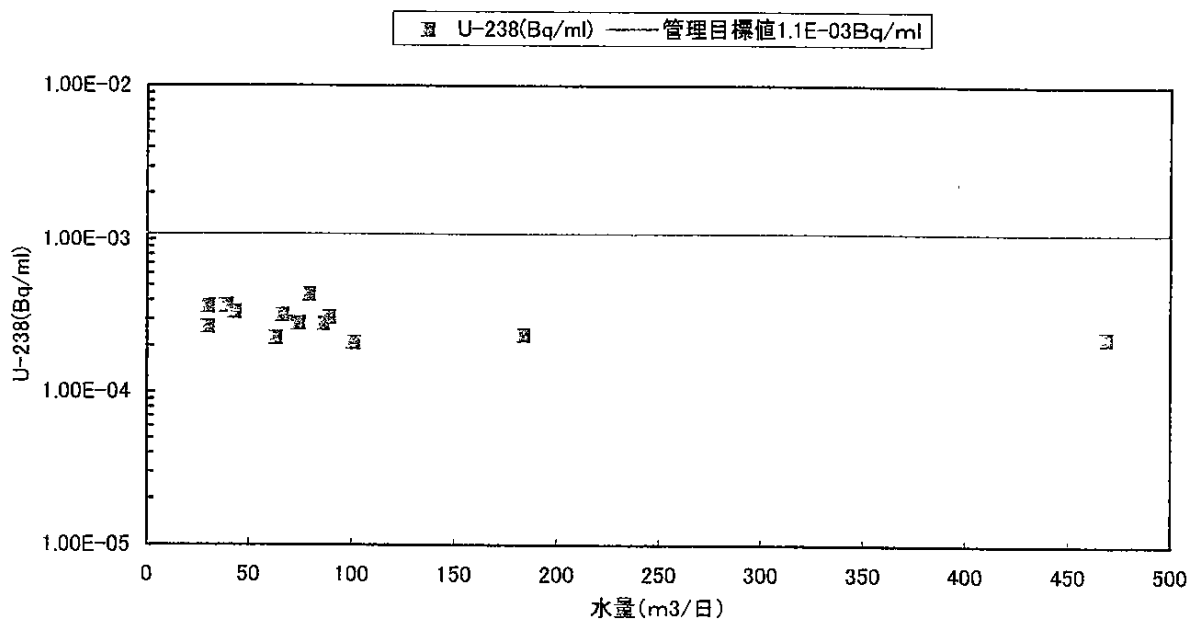


図4-7 見学坑道集水ピットのウラン濃度と水量との関係

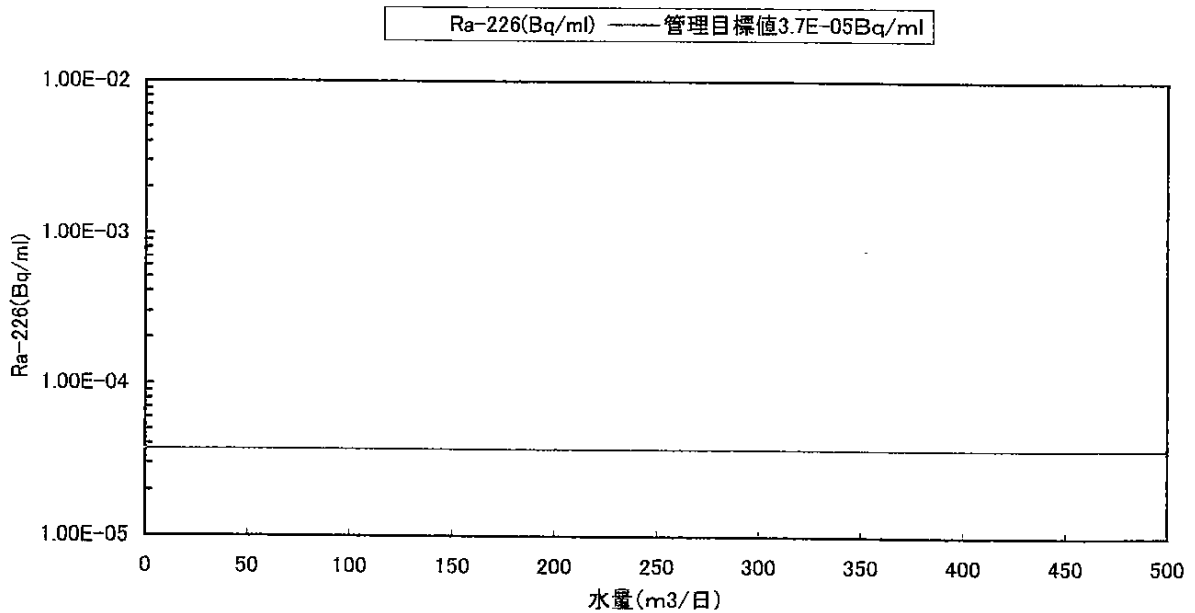


図4-8 見学坑道集水ピットのラジウム濃度と水量との関係

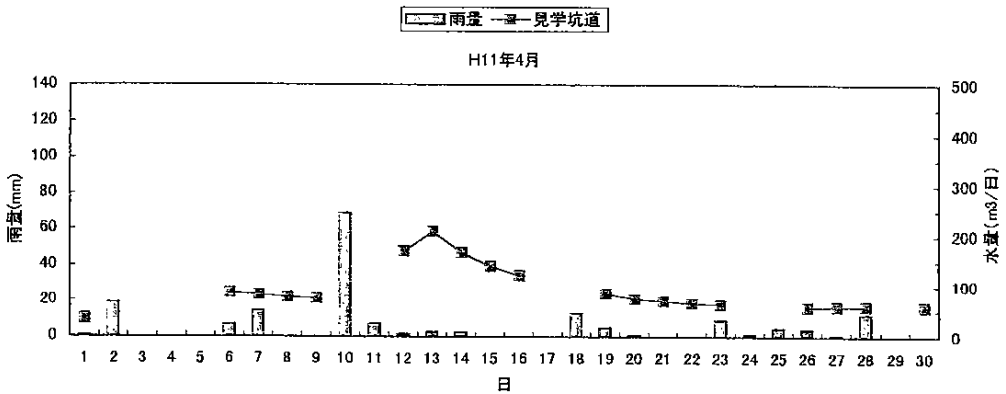
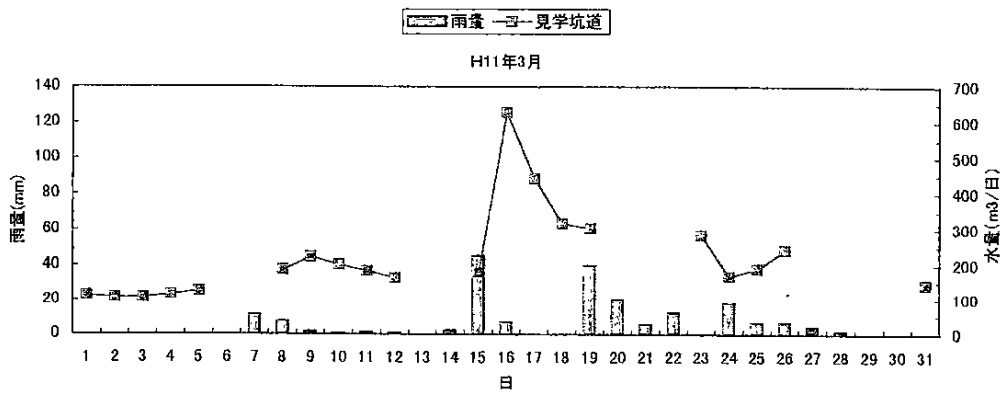
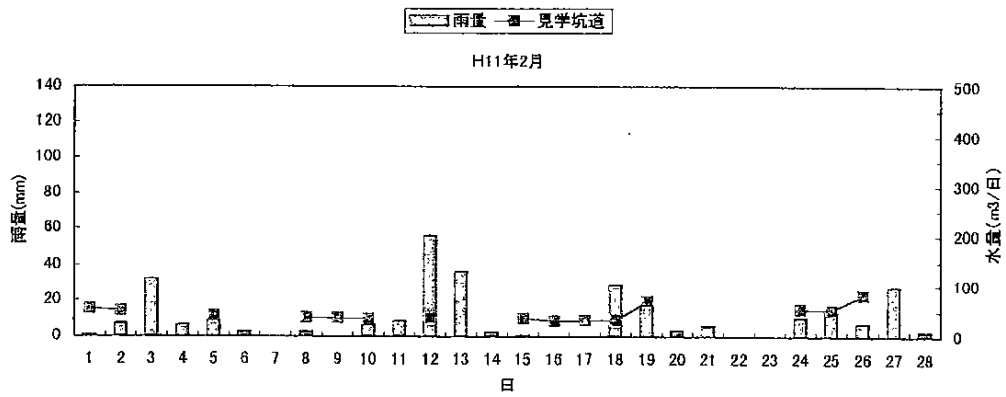
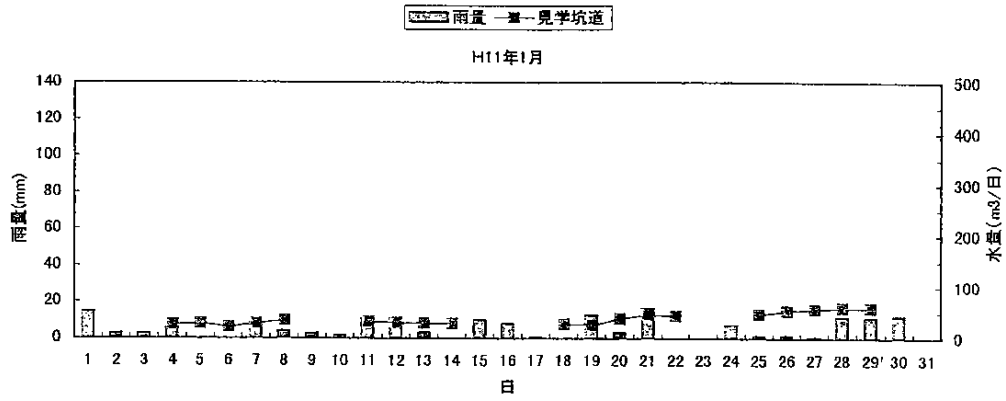


図4-9-1 見学坑道集水ピットに流入している水量推移

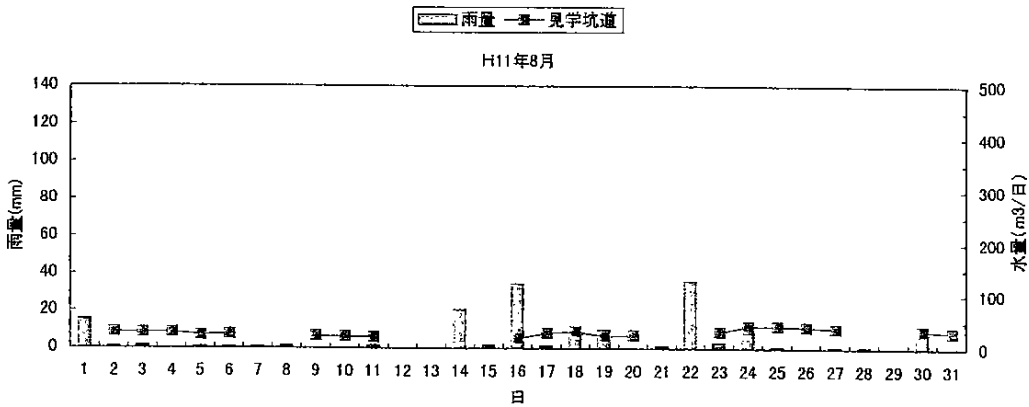
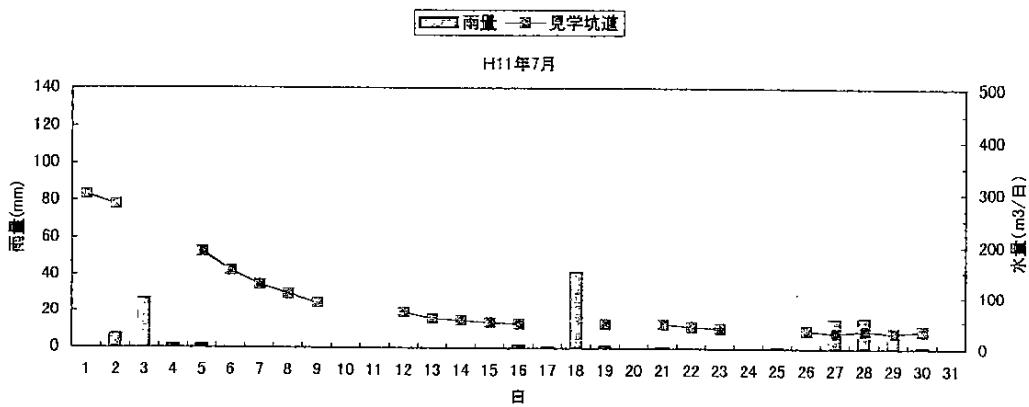
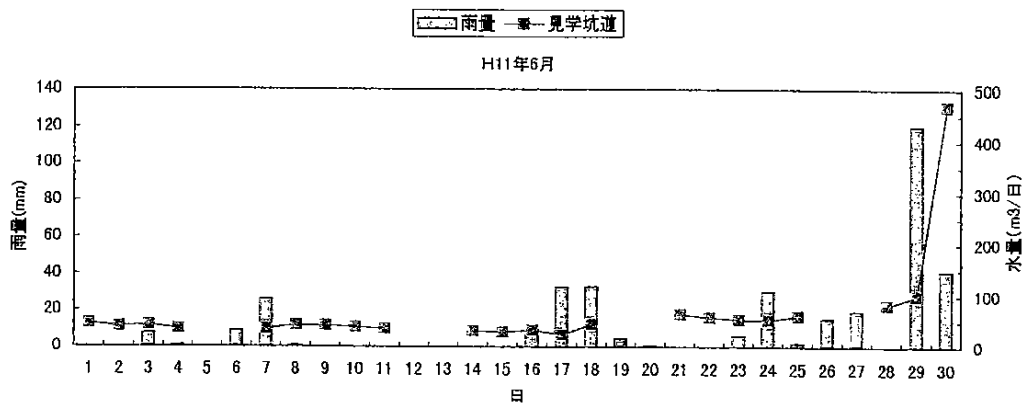
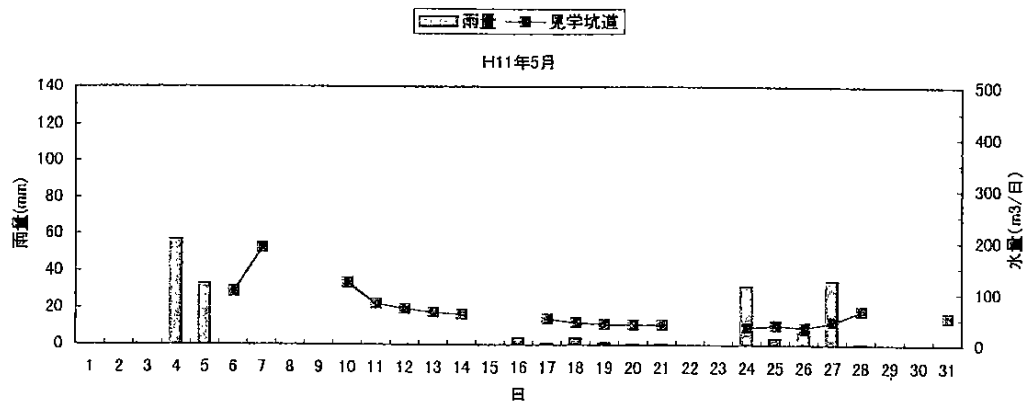


図4-9-2 見学坑道集水ピットに流入している水量推移

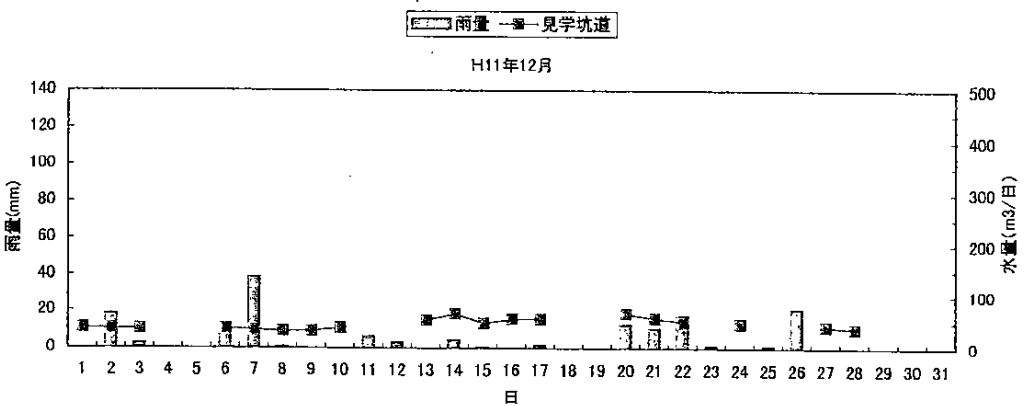
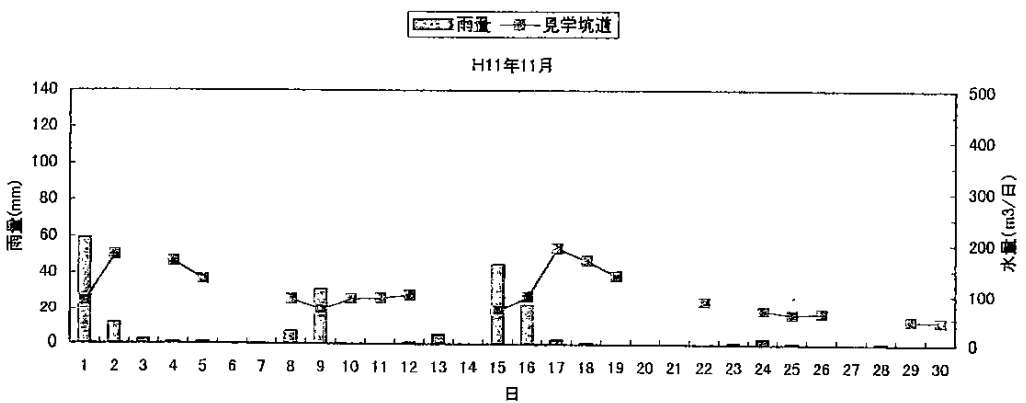
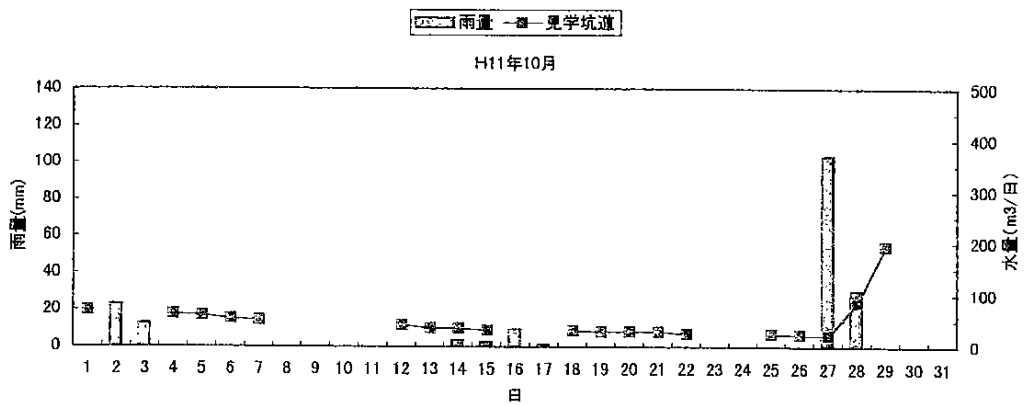
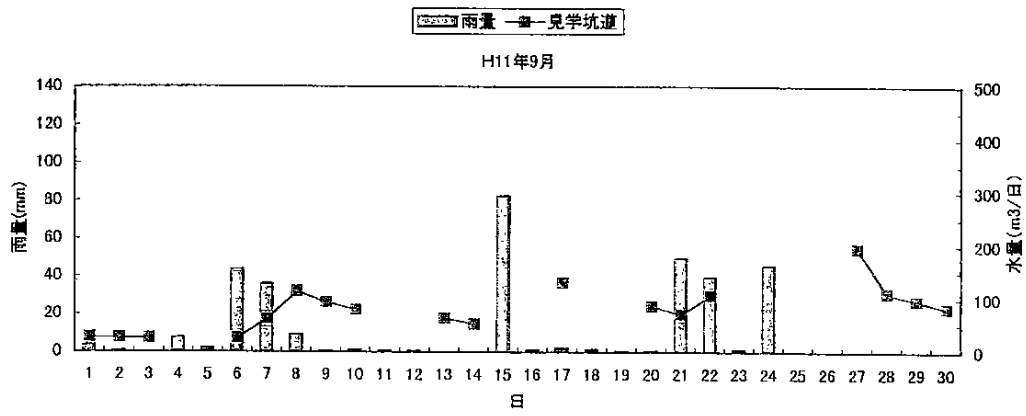


図4-9-3 見学坑道集水ピットに流入している水量推移

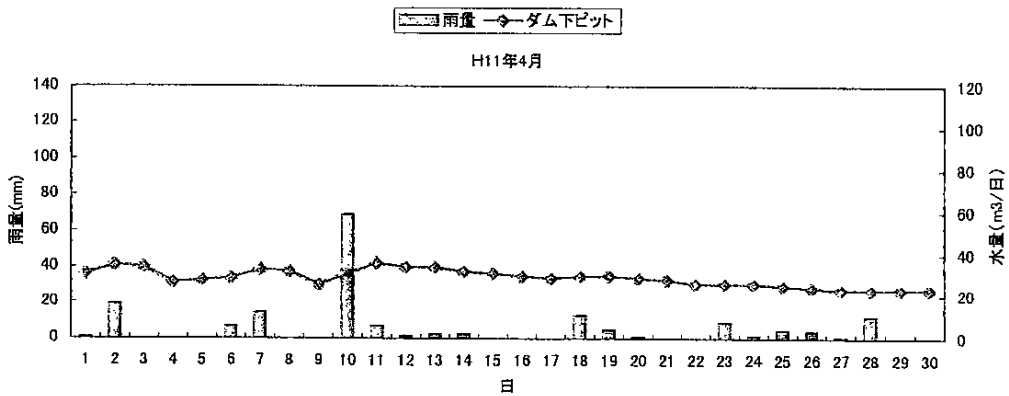
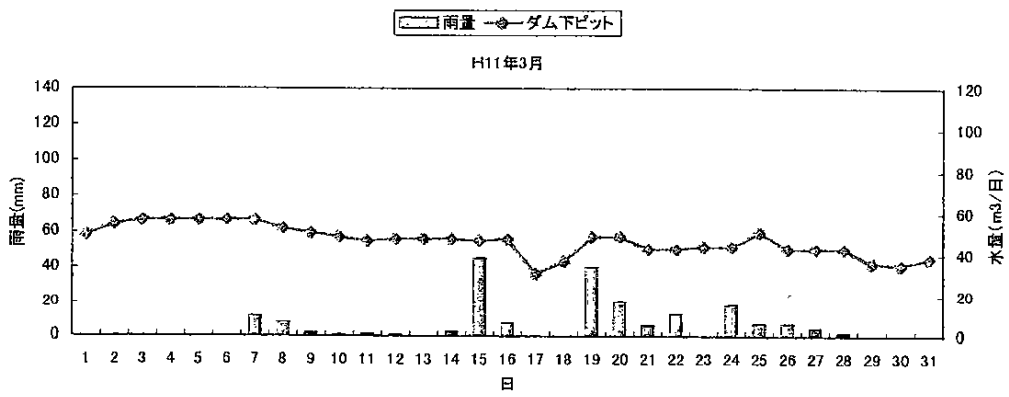
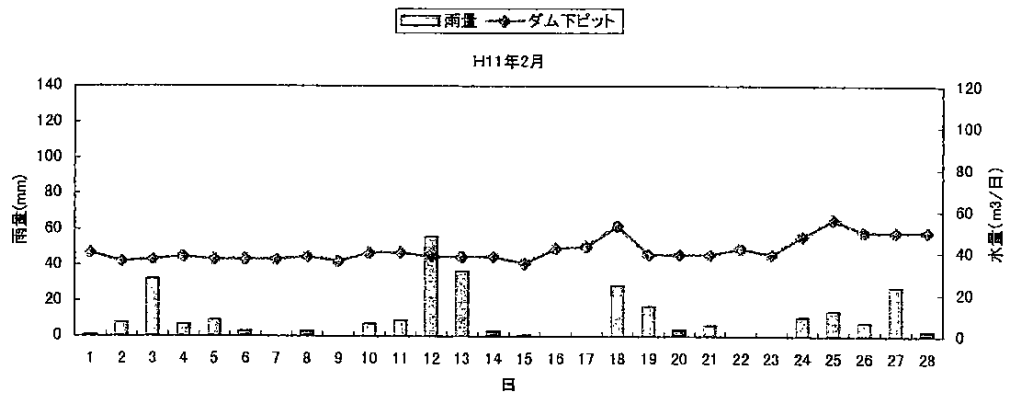
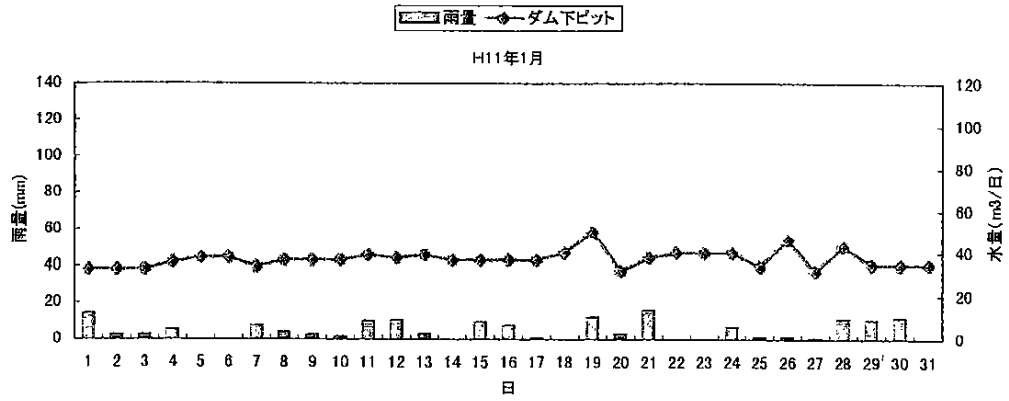


図4-10-1 ダム下ピットに流入している水量推移

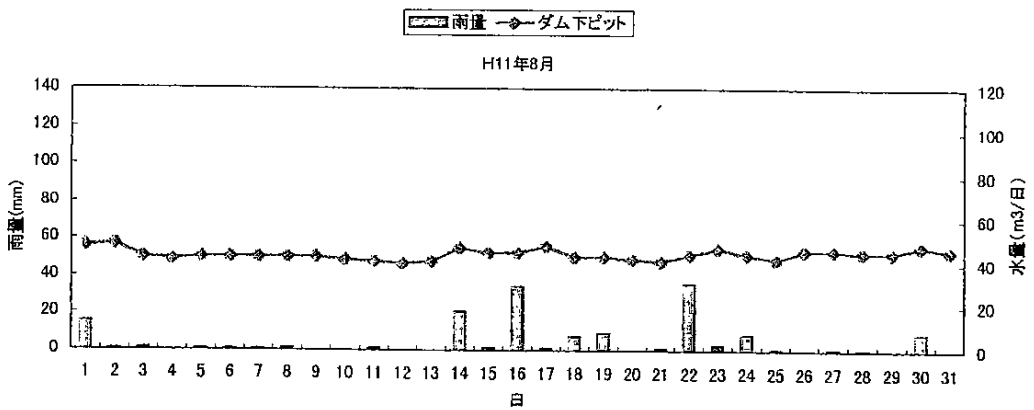
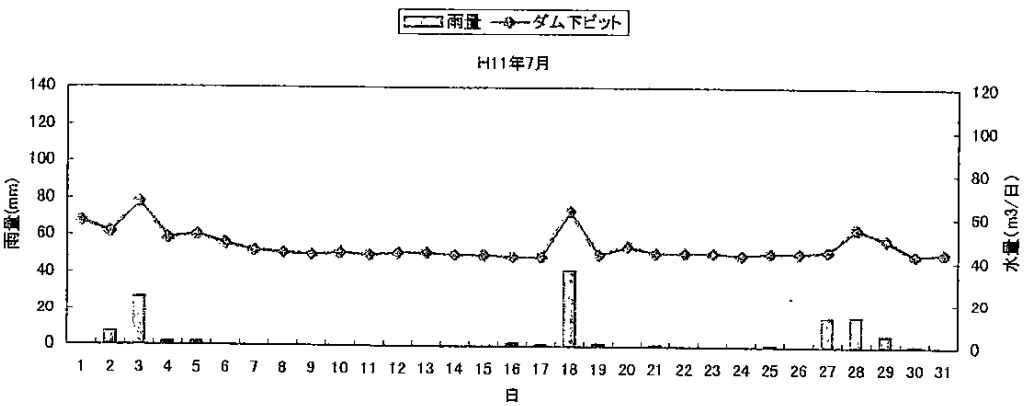
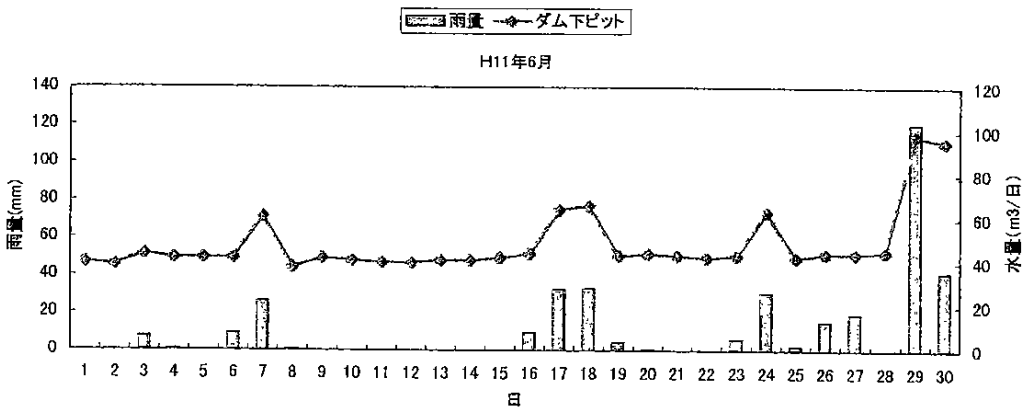
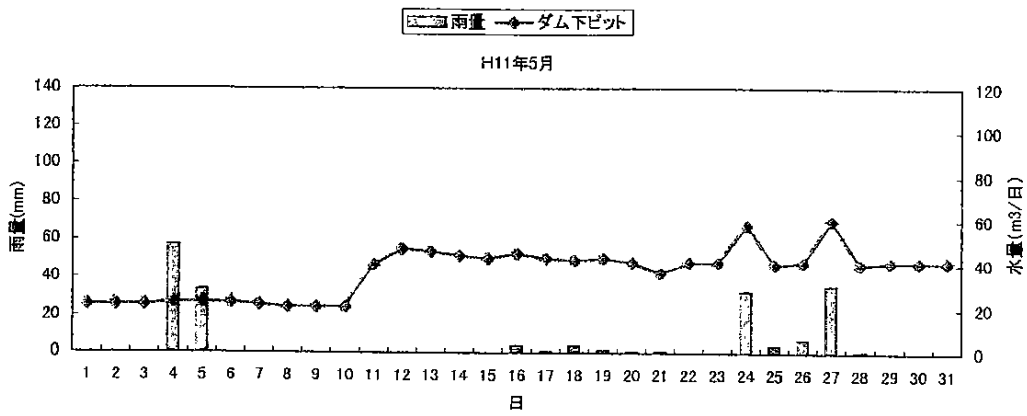


図4-10-2 ダム下ピットに流入している水量推移

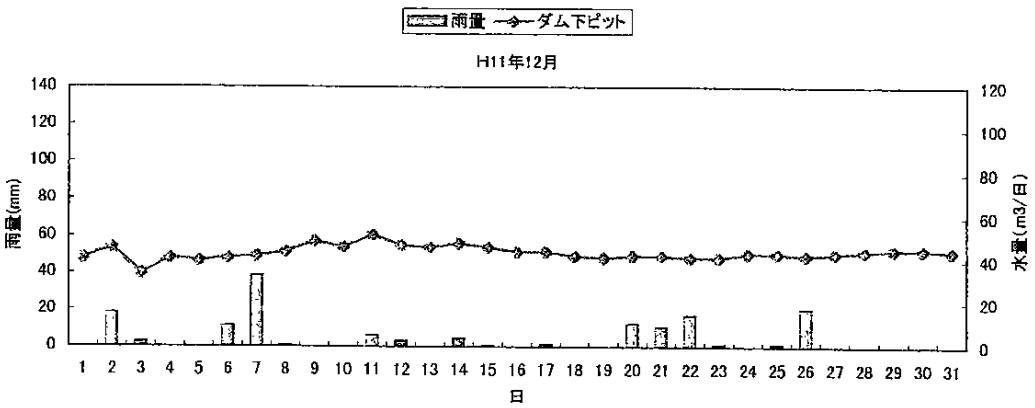
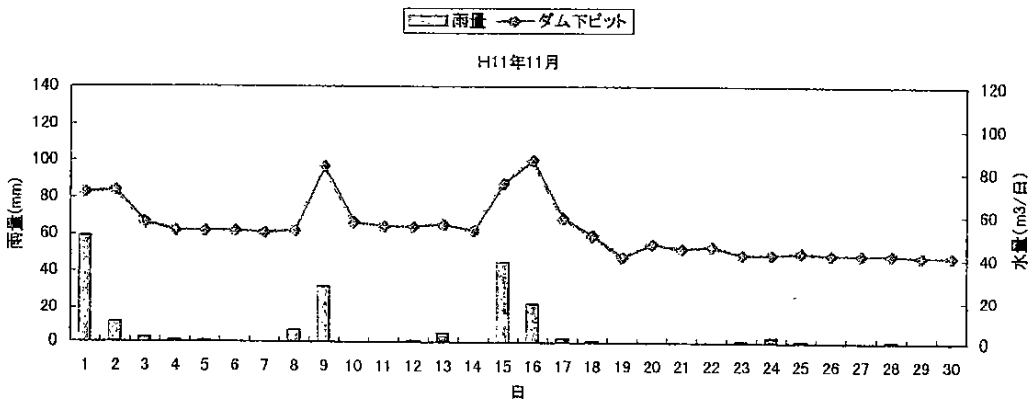
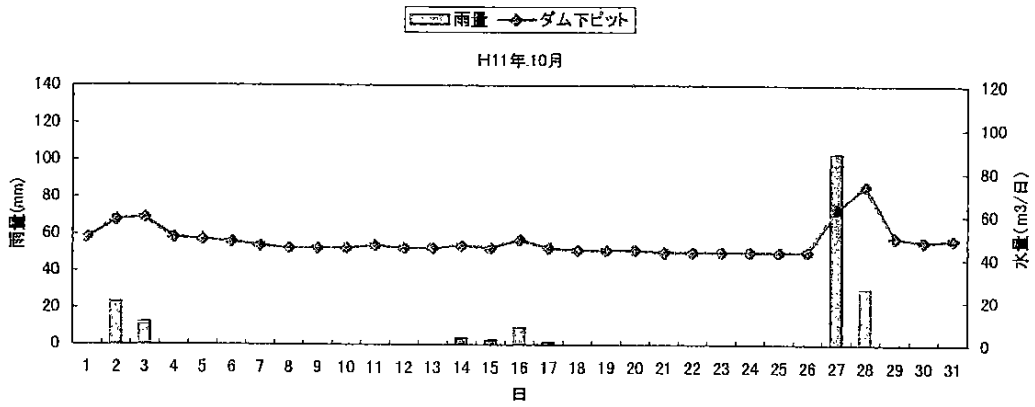
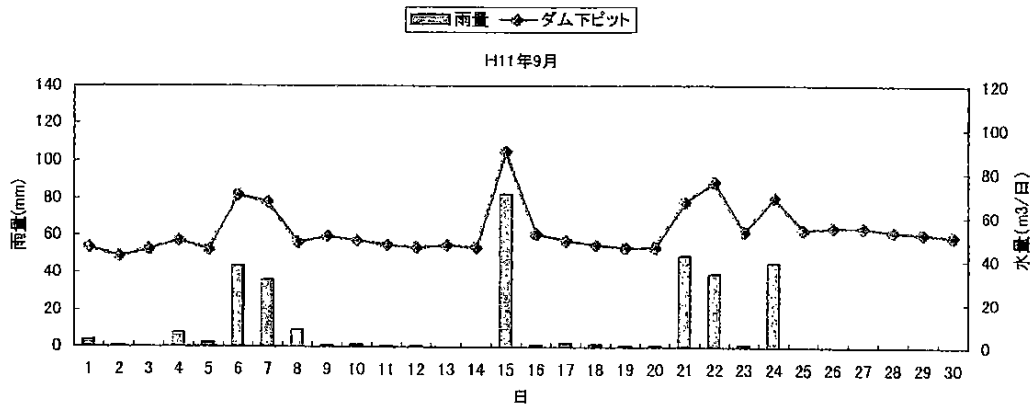
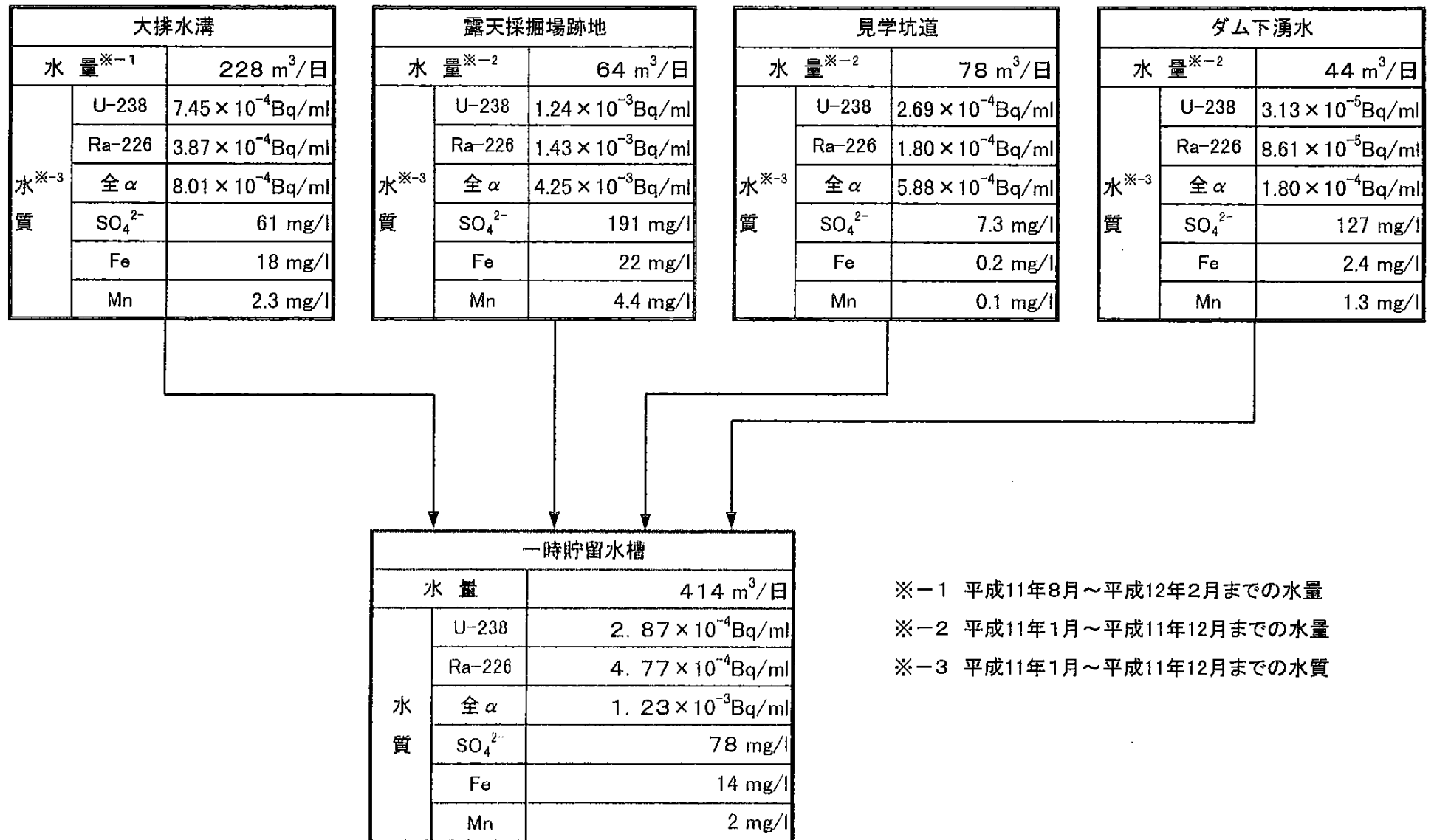


図4-10-3 ダム下ピットに流入している水量推移



※-1 平成11年8月～平成12年2月までの水量
 ※-2 平成11年1月～平成11年12月までの水量
 ※-3 平成11年1月～平成11年12月までの水質

図5-1 各水系の平均水量における水量バランス

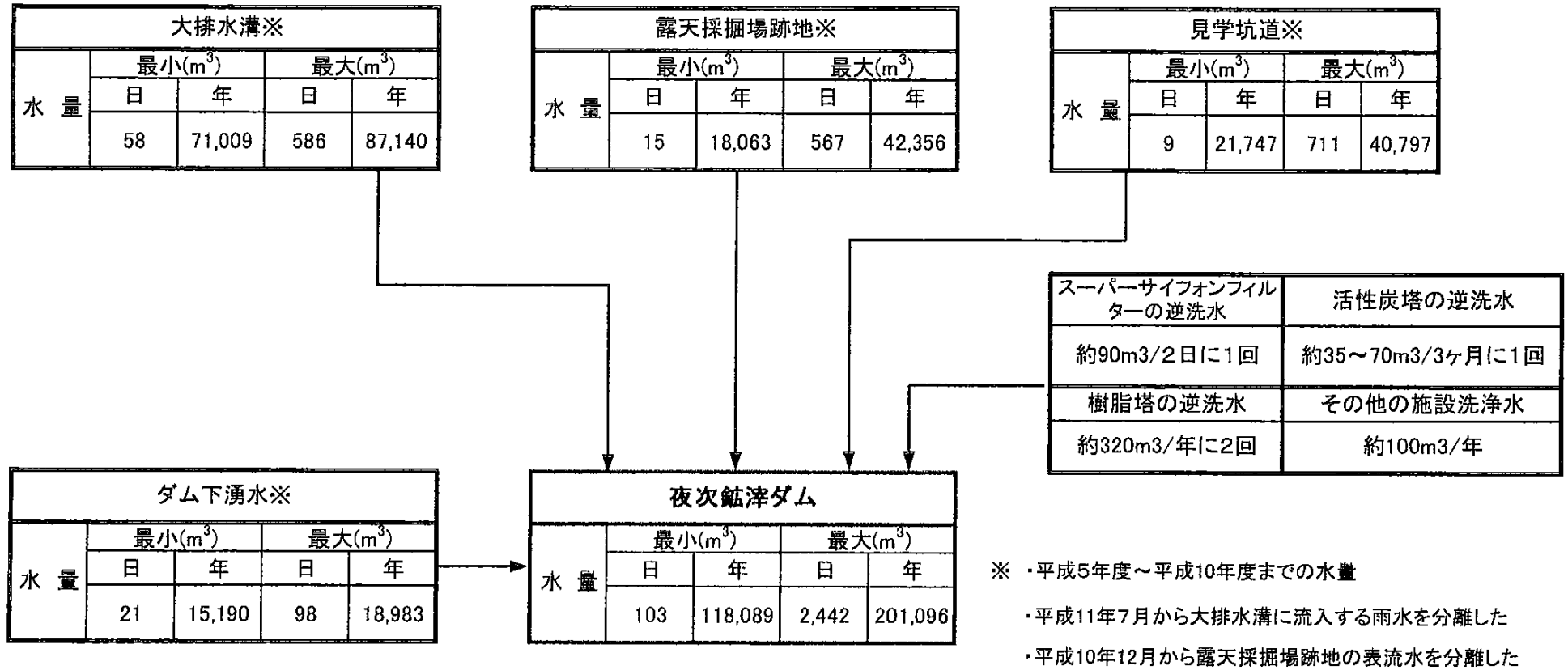
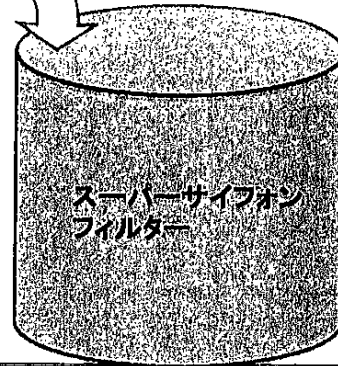


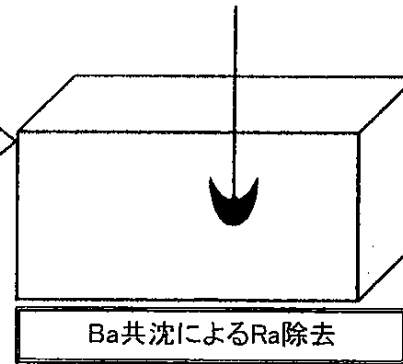
図5-2 雨水分離対策前の夜次鉾津ダムに流入してくる各水系の最小・最大水量

露天採掘場跡地	
全 α	4.20×10^{-3} Bq/ml
U-238	1.36×10^{-3} Bq/ml
Ra-226	1.6×10^{-3} Bq/ml
Fe	23 mg/l

次亜塩素酸ナトリウム



スーパーサイフォンフィルター出口	
全 α	2.10×10^{-3} Bq/ml
U-238	1.36×10^{-4} Bq/ml
Ra-226	1.1×10^{-3} Bq/ml
Fe	<0.1 mg/l



上澄み液	
全 α	1.37×10^{-4} Bq/ml
U-238	9.38×10^{-5} Bq/ml
Ra-226	< 3.7×10^{-5} Bq/ml
Fe	<0.1 mg/l

図6-1 廃水処理フロー

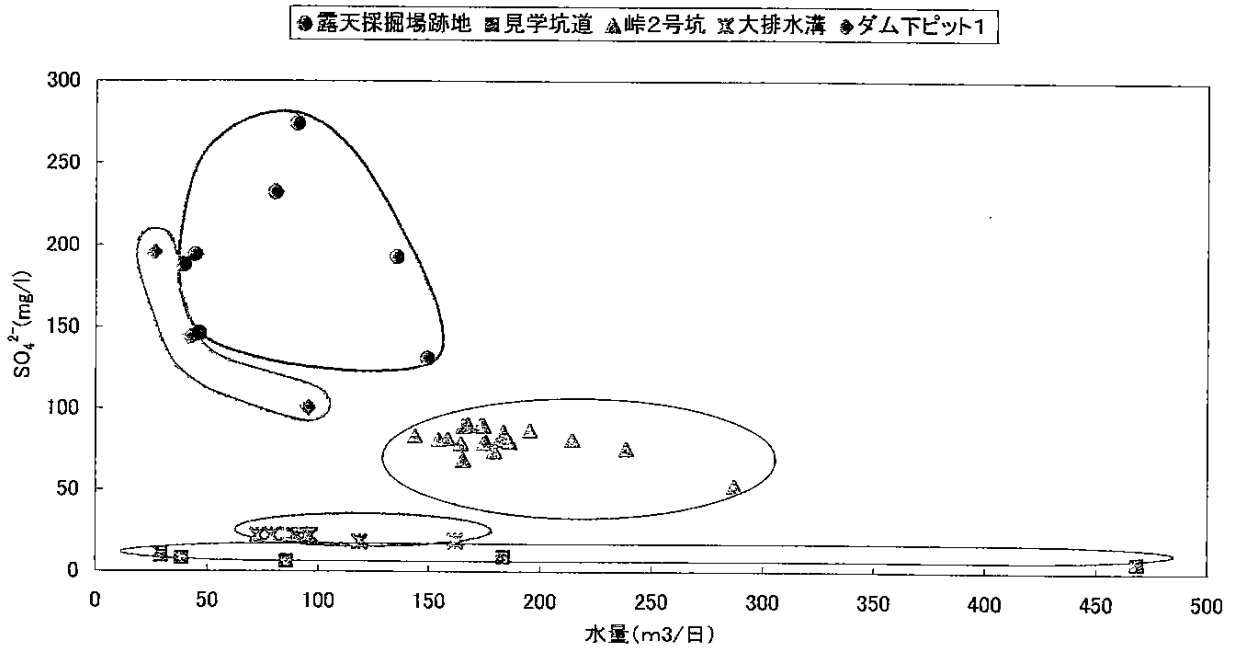


図6-2 各水系における硫酸イオン濃度と水量との関係

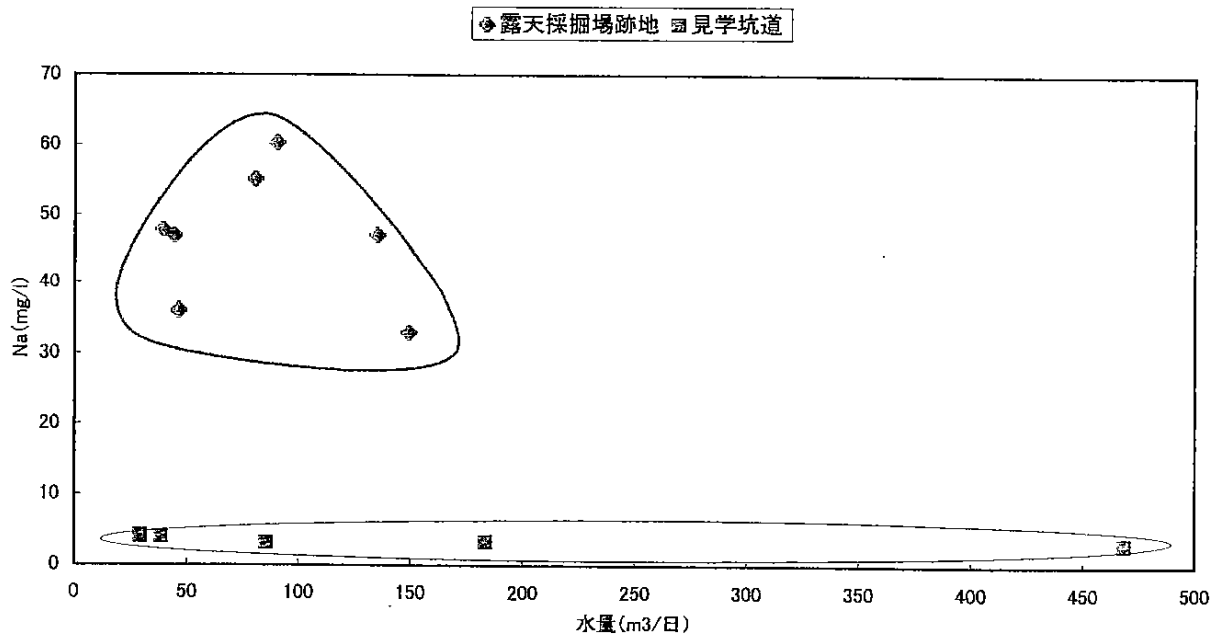


図6-3 各水系におけるナトリウムイオン濃度と水量との関係

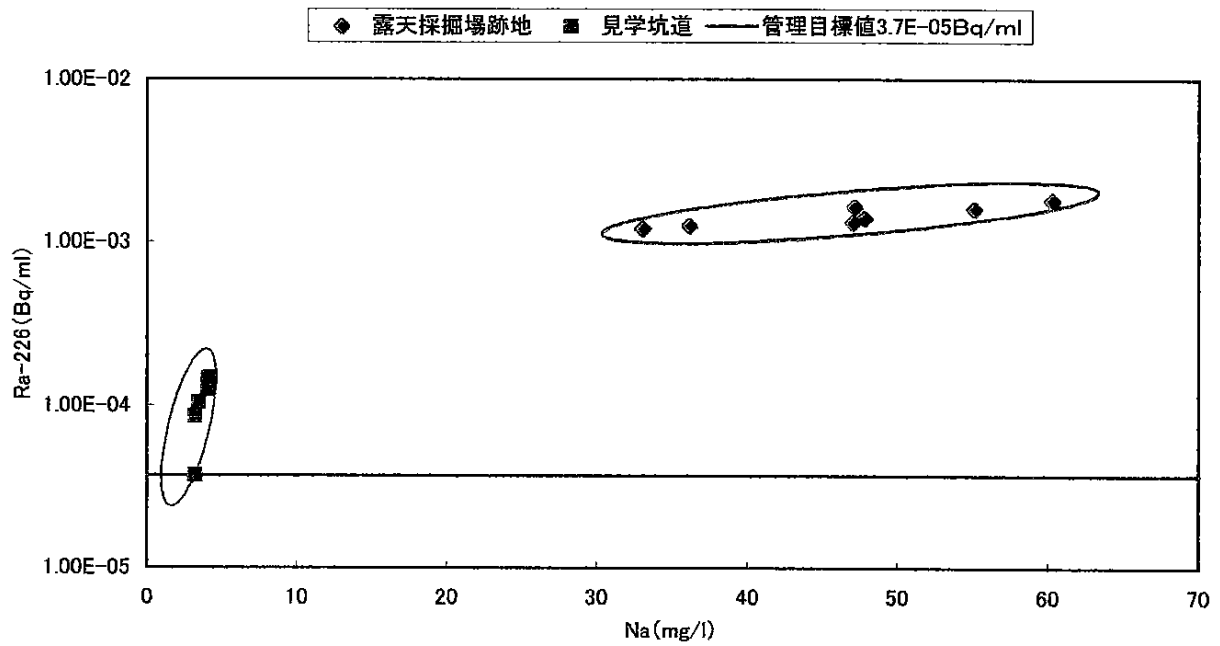


図6-4 各水系におけるナトリウムイオン濃度とラジウム濃度との関係

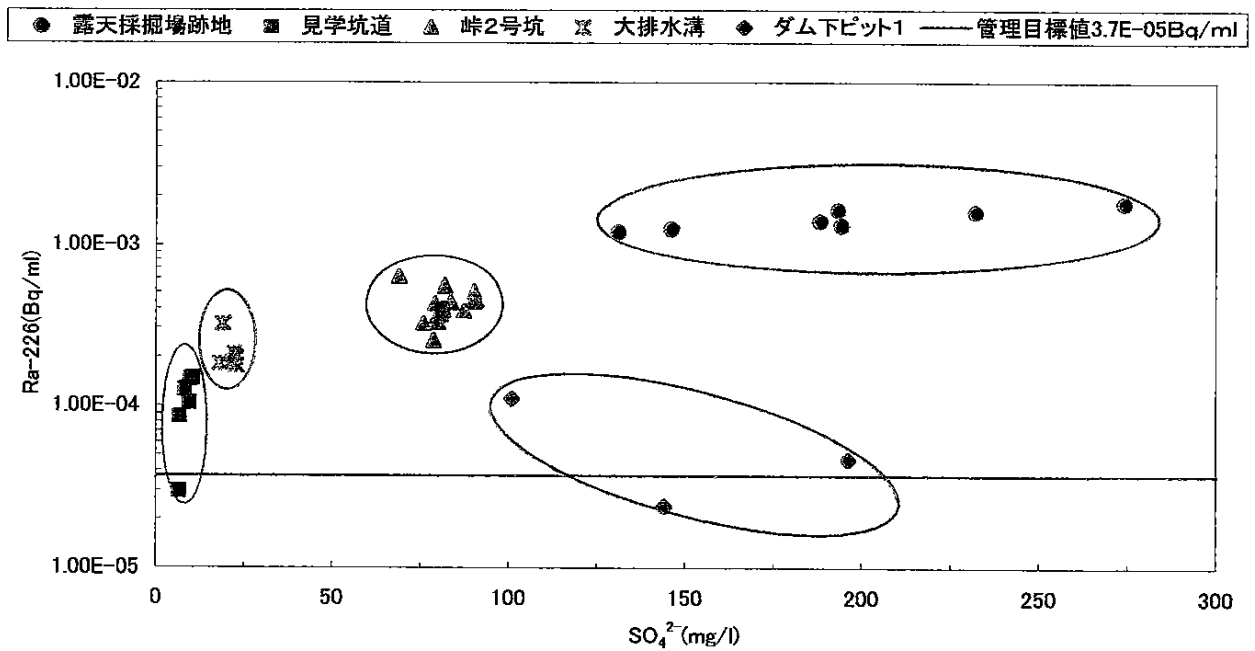


図6-5 各水系における硫酸イオン濃度とラジウム濃度との関係

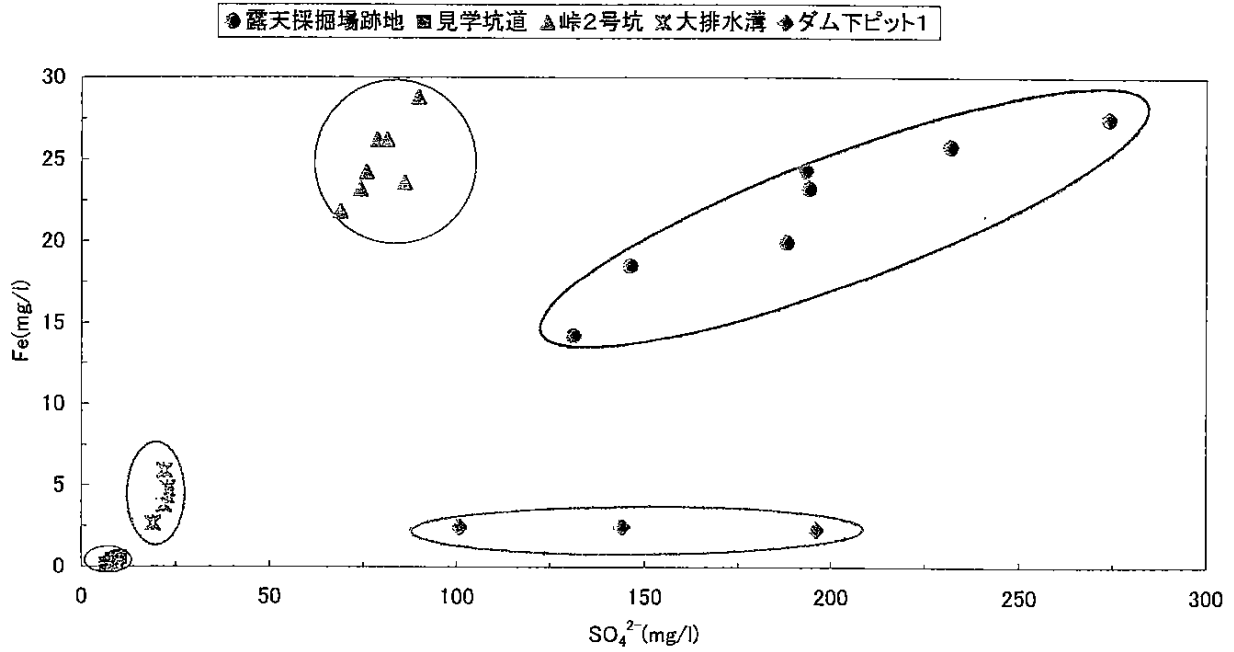


図6-6 各水系における硫酸イオン濃度と鉄イオン濃度との関係

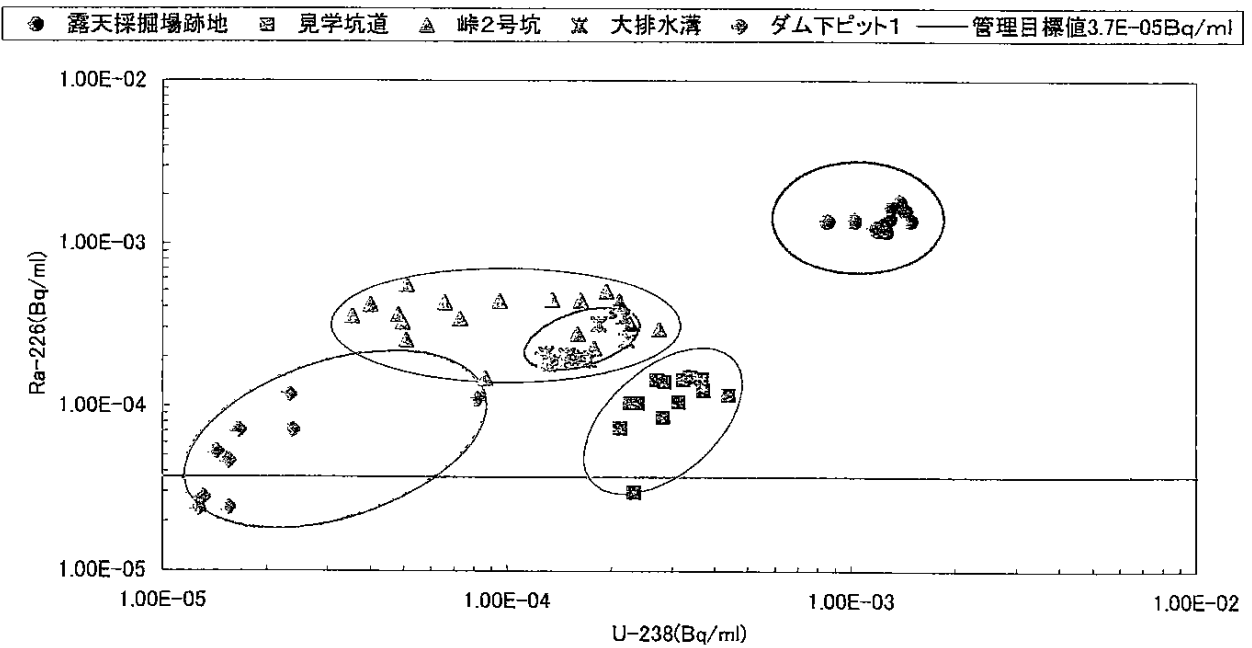


図6-7 各水系におけるウラン濃度とラジウム濃度との関係

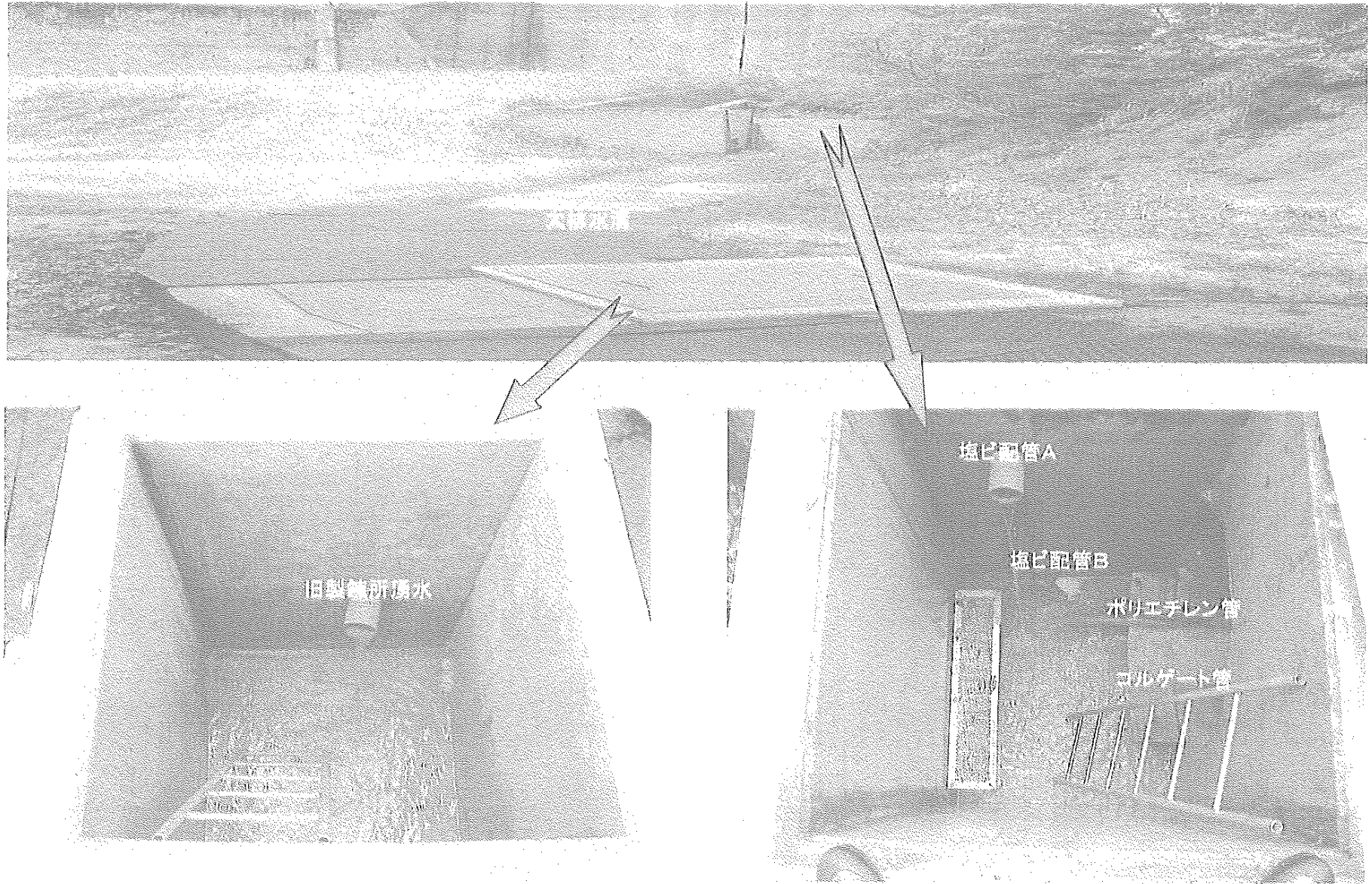


写真3-1 大排水溝を流末端とする水系のサンプリング箇所

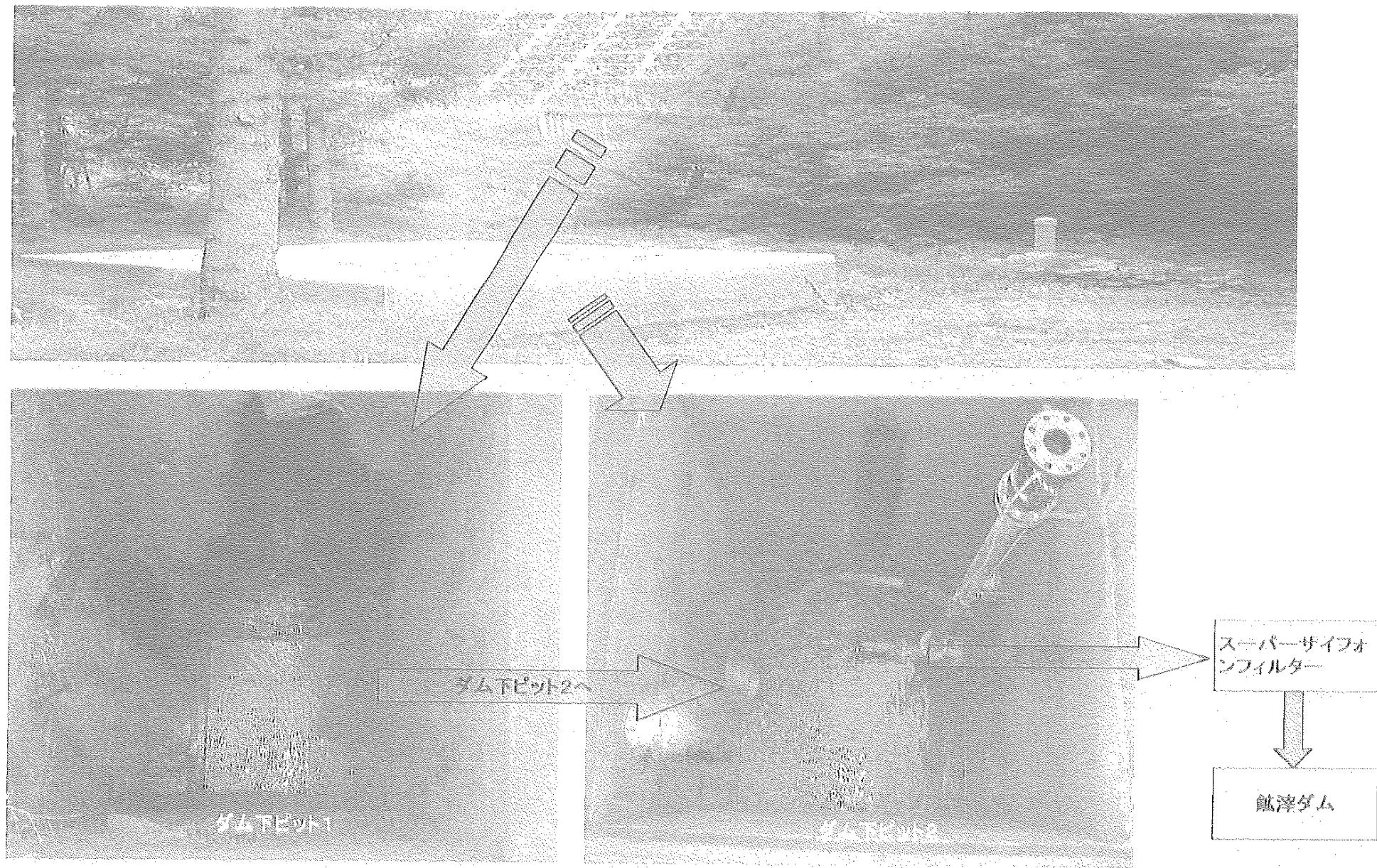


写真3-2 ダム下湧水の送水経路及びサンプリング箇所

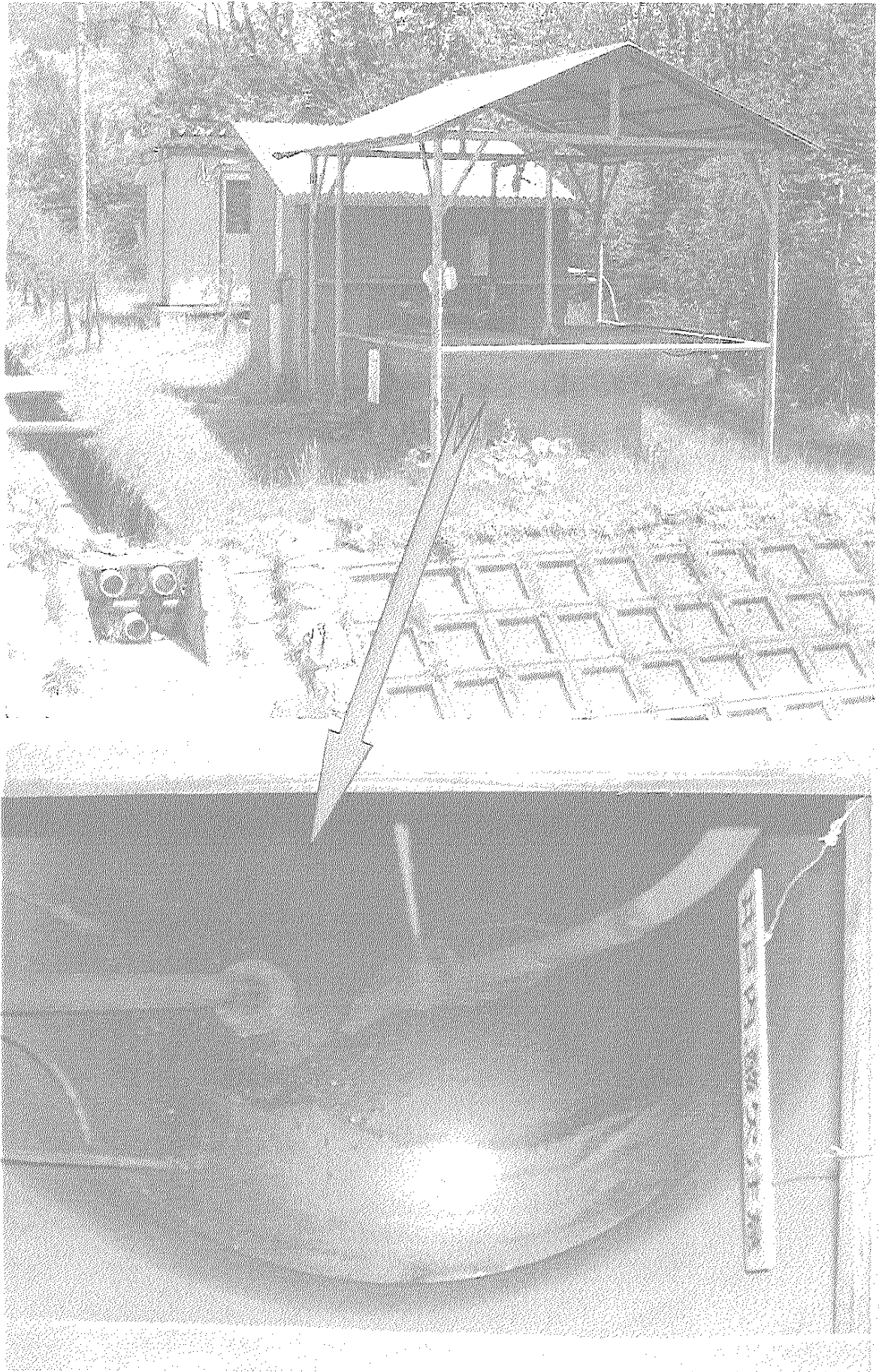


写真3-3 露天採掘場跡地サンプリング箇所

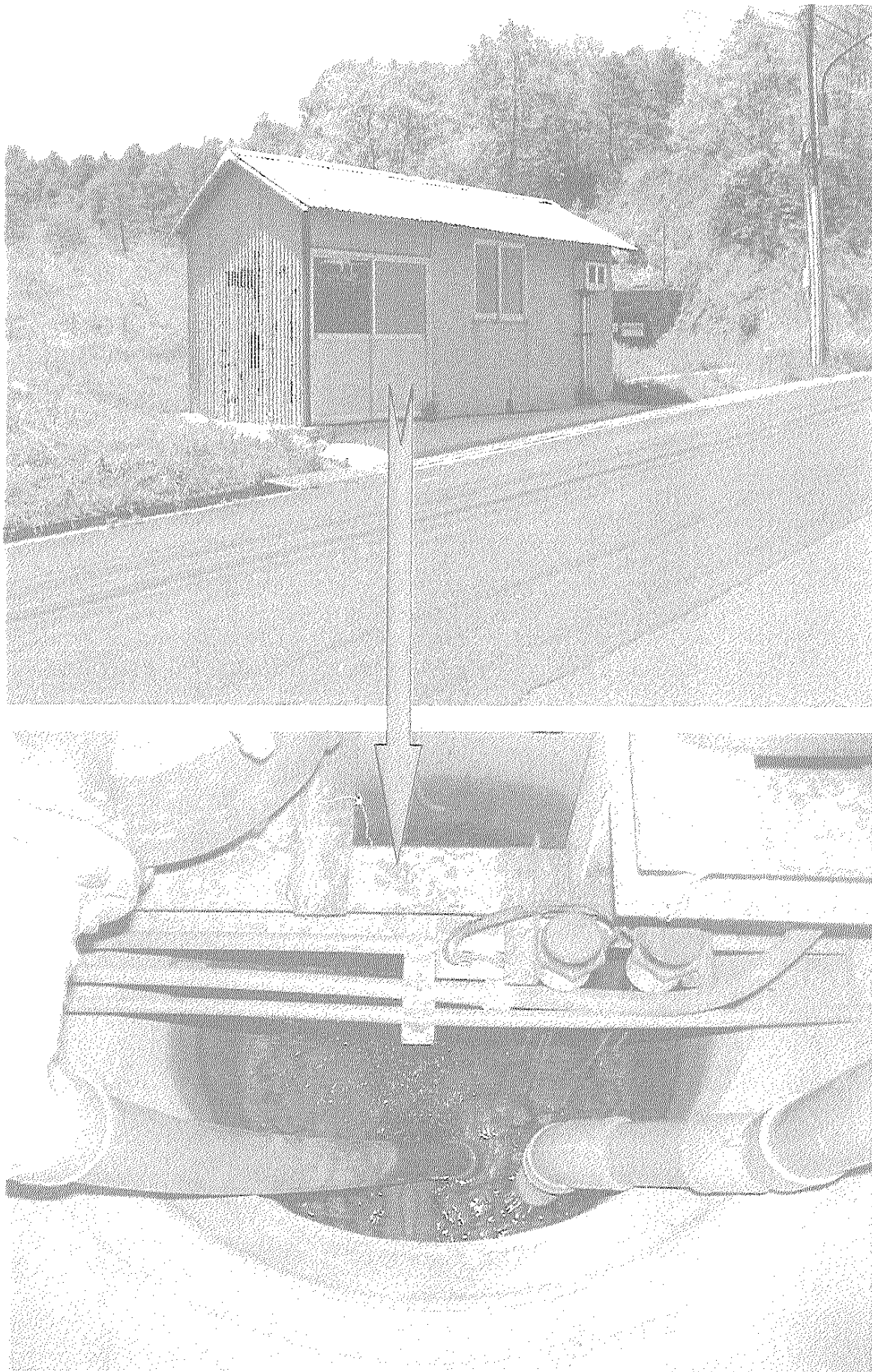


写真3-4 見学坑道サンプリング箇所