

◆ 報 文 ◆

砂防えん堤水抜き暗渠からの土砂流出への対応

栗原淳一* 山越隆雄** 田方 智*** 若林栄一****

1. はじめに

砂防えん堤には施工中の仮排水や堆砂後の水圧減少などの目的で水抜き暗渠が設けられる¹⁾。砂防えん堤の上流側に土砂が堆積すると、水抜き暗渠が閉塞されることが多い。しかしながら、なんらかの原因で水抜き暗渠から土砂が突出すると下流へ土砂が流出し、下流の河床上昇や周辺の環境悪化等、人家等へ影響が生じる可能性がある。本報告は、全国から報告された砂防えん堤の水抜き暗渠からの土砂の突出発生事例とその対応事例について取りまとめたものである。

2. 発生事例のとりまとめ

2.1 報告された事例数

平成16年に行った調査の結果、全国から54の突出事例の報告があった(直轄砂防事業25事例、補助砂防事業29事例)。そのうち、39事例でその対策に関する報告があった。写真-1ならびに写真-2に水抜き暗渠からの土砂突出の状況を示す。写真-1は、上から3段目の水抜き暗渠から土砂が流出している状況である。

また、報告のあった54箇所の地質分類を図-1に示す。堆積岩が最も多く37%を占める。次いで花崗岩で15%であり、地質分類による関係は特にみられず、どのような地質状況でも起こる現象であるといえる。

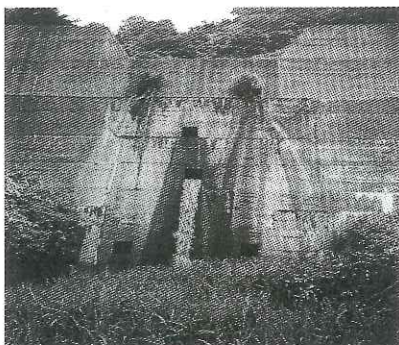


写真-1 土砂突出の状況

報告は全国各地からなされており、突出を起こした事例の地域性はないと考えられる。

2.2 えん堤竣工から土砂突出までの経過年数

図-2に示すように、土砂の突出が発生した時期は、最近5年以内に発生したものがほとんどであるが、これは近年になって土砂の突出の事例が

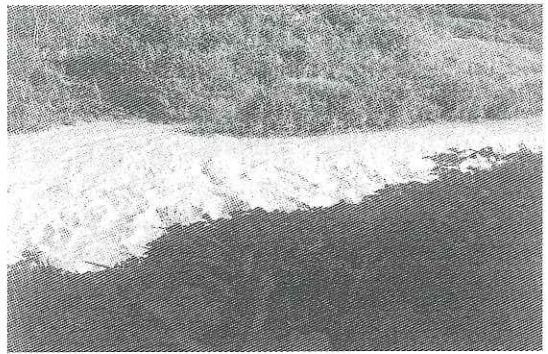


写真-2 下流に流出する土砂

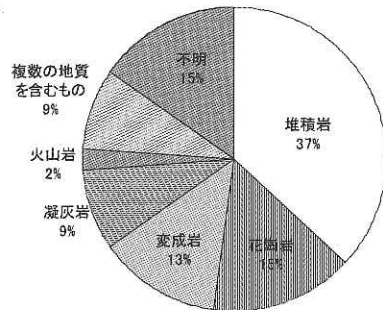


図-1 地質分類

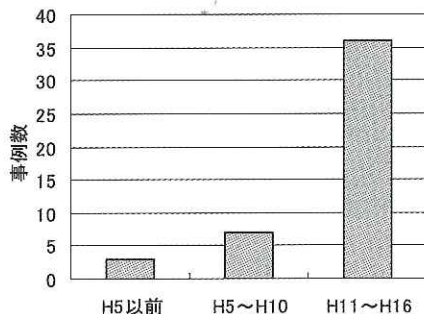


図-2 突出発生年の分布

Countermeasure Against Abrupt Sediment Discharge from Drainage Holes of Sado Dam

増えてきたのではなく、記憶にあるものが今回報告されたものと考えられる。また、突出が発生した砂防えん堤の竣工年は昭和28年から平成14年までにわたっているが、図-3に示すように竣工から突出発生までの経過年数は、5年以内という事例は少なく、10年を超えると急増する。これはえん堤上流にある程度の堆砂が進むまでに数年を要し、その後何らかの原因で土砂が流出していることを示唆するものである。

2.3 突出が発生した溪流の特徴

土砂が突出したえん堤が設けられている溪流の特徴を示す。まず、溪流の流域面積についてみると、10~50km²の流域面積をもつ溪流で最も多く発生している(図-4)。また、0.5km²以下の流域でも発生しており、今回報告のあった事例のうち最も小さい流域面積は0.14km²であった。後述するように、常時流水がある溪流で突出は発生していることから一定の面積以上の流域で発生すると考えられるため、この流域面積は突出発生の目安(下限値)になるとと思われる。

次に、図-5に溪流の元河床勾配について示すが、1/20~1/30勾配で最も多く発生している。また、1/10勾配以上の急な溪流でも多く発生しているのが読みとれるが、1/100以下の緩い勾配でも発生している事例もある。

図-6に突出前のえん堤上流側の堆砂率を示す。80~100%の堆砂があったえん堤からの突出が約60%を占め、堆砂率50%以上では88%と非常に

多くなっており、堆砂が進んでいるえん堤で突出が多くみられる。

2.4 河床材料の粒径

土砂が突出したえん堤周辺の河床材料の最大粒径を図-7に示す。最大粒径は8cm~1.5mまでの範囲であった(粒径分布調査あるいは目視調査による)が、ほとんどのケースにおいて、最大粒径は1m以下である。

2.5 流出土砂量

水抜き暗渠からの流出土砂量の頻度分布を図-8に示す。流出土砂量は100~1000m³のものが最も多い。中には、堆砂量のはほぼ全てが流出した事例も確認されている。また、図-9にえん堤の高さ

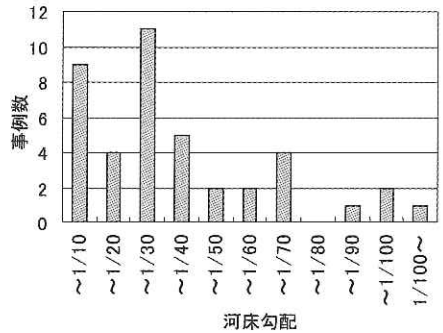
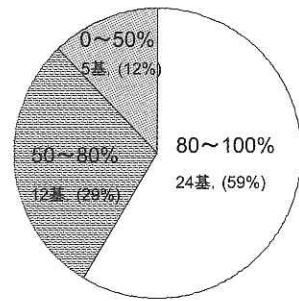


図-5 突出が発生した溪流の河床勾配



()内は、全体に占める割合

図-6 突出前のえん堤堆砂率

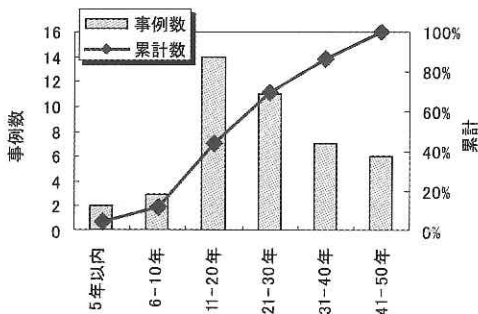


図-3 竣工からの経過年数と土砂突出発生事例数

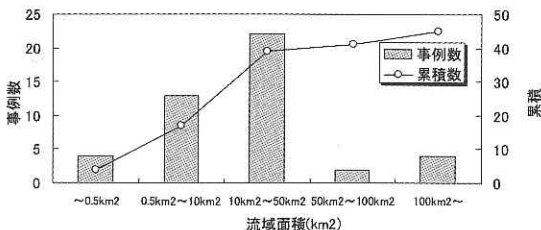


図-4 突出が発生した溪流の流域面積

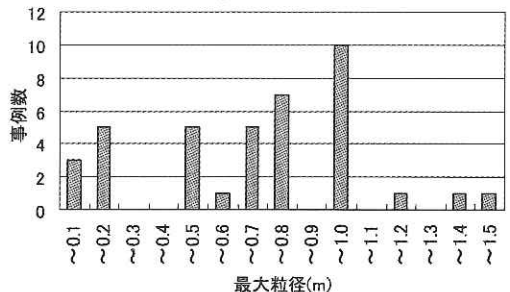


図-7 最大粒径の頻度分布

と流出土砂量の関係を示す。えん堤の高さと流出土砂量の間にも明らかな相関は認められない。溪流幅にも影響されるが、一般にえん堤の高さが高くなると堆砂量は大きくなる傾向にあると考えられる。しかしながら、水抜き暗渠からの突出は必ずしも満砂の状態が発生しているわけではなく、最下段の水抜き暗渠しか閉塞していない状態でも発生していることから(2.7参照)、えん堤の高さと流出土砂量の間にも必ずしも相関が認められないものと考えられる。次に、図-10に流域面積と流出土砂量の関係を示す。必ずしも流域面積が大きいほど流出土砂量も多いわけではないが、流域面積に対する流出土砂量の上限值の目安は図-10中から読みとることができる(図中に破線で上限値を

示す)。

2.6 水抜き暗渠の大きさ

土砂の突出を起こした水抜き暗渠一孔あたりの面積は、 0.04m^2 (縦 0.2m ×横 0.2m)から 5.6m^3 (縦 2.8m ×横 2.0m)の範囲にあった。図-11にその頻度分布を示すが、全体の29%が 0.5m^2 以下、78%が 1.0m^2 以下であり、特に大きな暗渠において土砂の突出が集中しているわけではない。一般に水抜き暗渠の大きさは $0.2\sim 1.0\text{m}^2$ 程度であり、発生頻度は少ないものの一般的な砂防えん堤の水抜き暗渠から土砂が突出することがあり得ると考えた方がよい。図-12に暗渠面積と流出土砂量の関係を示す。暗渠面積が大きい場合には流出土砂量も多くなる傾向がみられる一方、暗渠面積が $1.0\sim 2.0\text{m}^2$ 程度の場合には流出土砂量に幅があり、暗渠面積が小さいからといって流出土砂量が少なくなるとは限らない。前述したように堆砂量や突出の位置も関係しているためと考えられる。

次に突出した土砂の最大粒径と暗渠孔の短辺長の関係を見る。図-13に示すように暗渠孔の短辺長が 50cm 未満での暗渠からの突出の発生事例は非常に少ない。図-14に暗渠の短辺の長さ(円形の場合は直径)を最大粒径で除したものと流出土砂量との関係を示すが、暗渠面積と流出土砂量の関係と同様、短辺長/最大粒径の値が大きい場合には流出土砂量が多くなっている一方、短辺長/

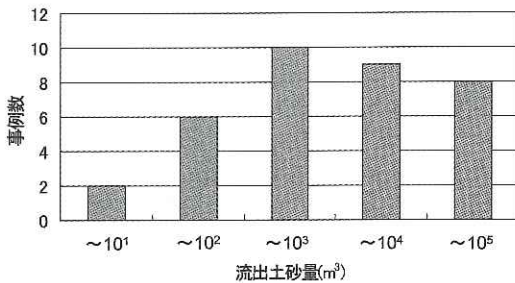


図-8 突出した土砂量の頻度分布

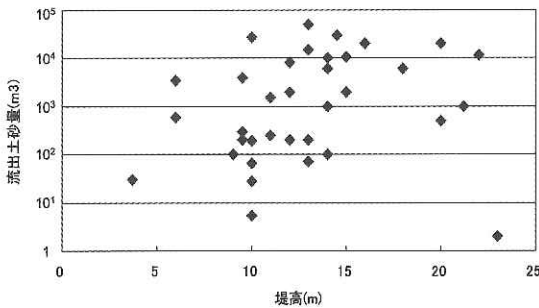


図-9 えん堤の高さと流出土砂量の関係

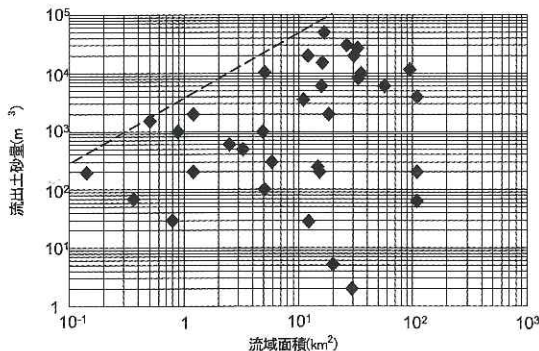


図-10 流域面積と流出土砂量の関係

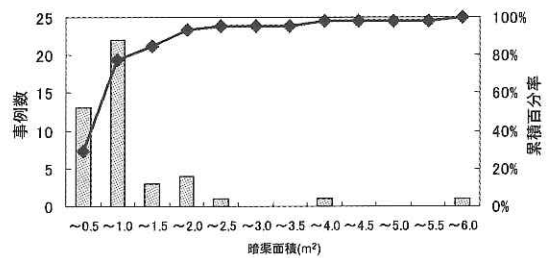


図-11 水抜き暗渠一孔あたりの面積の頻度分布

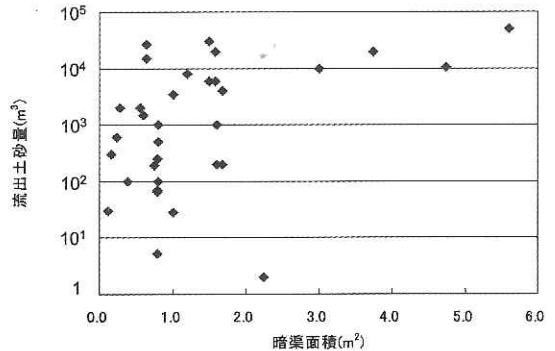


図-12 暗渠面積と流出土砂量の関係

最大粒径の値が小さい場合には流出土砂量は広い範囲に分布する傾向がみられた。

2.7 水抜き暗渠の位置

水抜き暗渠は1段もしくは設置高さを変えて複数段に千鳥状に設けられる。土砂の突出を起こした暗渠の位置を整理した結果、最下段のみ堆積・閉塞した状態で突出した事例が46事例中11事例あった(暗渠孔が1段しか設置されていなかった場合(9事例)も含む)。それ以外の事例は、複数段の暗渠が閉塞しており、そのうちのいずれかの段の暗渠から土砂が突出したもので、どの段から突出したかの内訳を図-15に示す。締め固めの度合いが比較的緩く、また流水に近い最上段の暗渠から突出した事例が49%と最も多いが、堆砂してからの年数が最も長く、締め固めの度合いも高いと思われる最下段の暗渠からの突出も34%あった。この結果をみる限り、どの暗渠孔から突出しやすいかを特定することは困難である。また、複数段の段にまたがって突出するケースも確認された。

2.8 土砂の突出を起こした原因

突出原因に関するアンケート調査結果では、水抜き暗渠上流側に堆積した流木が腐食することで上流側に堆積している土砂を支える強度が低下し、均衡状態が崩れたことが原因ではないかという報告が最も多かった。その数は報告のあった46事例中の63%にあたる29事例であった。流木の腐食を原因とすることについては、突出した土砂の中に腐食した流木を確認したことから、そのような

推測につながったものと考えられるが、確定には至っていない。また、流木に限らず礫等の閉塞物が何らかの作用により流出したことが原因であると報告した事例や、上流の堆砂地で試掘を始めたところ土圧バランスが崩れて土砂が突出したという報告もあった。

2.9 その他

その他、今後の参考になるとと思われる事項について以下に示す。

- ・水抜き暗渠からの土砂の突出は、常時流水がある溪流で発生していた。
- ・水褥池(本堤と副堤の間に水通しからの落下水を減勢させるために設けられる池)をもつ副えん堤で、本堤の水抜き暗渠の底面が副えん堤の水通し天端より低い位置にあるために、水褥池の土砂が洗掘されて土砂の突出を起こしたとする報告があった。

3. 突出に対する対応策の状況

水抜き暗渠から土砂が突出した場合、何らかの資材を用いて土砂の流出を防ぐ措置がとられている。図-16に対策工事の種別内訳を示す。大きく分類すると鋼材による対策、コンクリートを用いた対策、現地石等を用いた対策、スリット化、各種工法の組合せに分類された。

3.1 鋼材を用いた対策

H鋼や鋼製桁を用いた対策事例が19事例報告さ

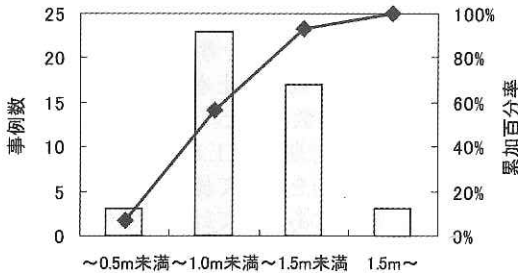


図-13 水抜き暗渠の短辺長の頻度分布

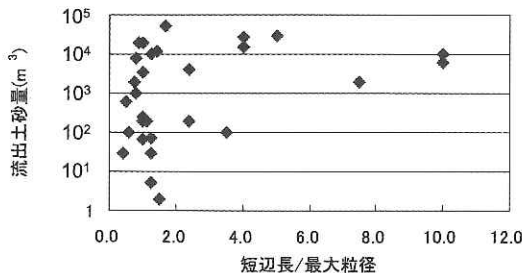


図-14 短辺/最大粒径と流出土砂量の関係

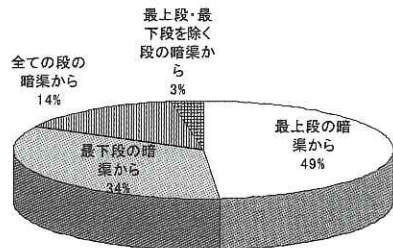


図-15 突出した水抜き暗渠の位置

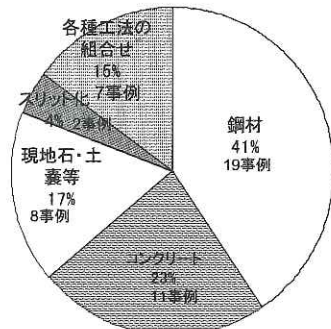


図-16 対策工事の種別内訳

れた。報告された全事例のうち、40%程度を占めており最も多く採用された工法である。対策後も水を通すタイプの材料も多く、完全に閉塞することによる上流側の水圧上昇は軽減される。しかしながら、上流に堆積している土砂が細粒土砂の場合には間隙から土砂が流出することも懸念されるため、鋼材の部材間隔に留意することが必要である。また、設置する際には、鋼材が何らかの作用により動いてしまい、水抜き暗渠の位置からずれてしまうことを防ぐために、ボルト等でしっかり固定する必要がある。写真-3に鋼材を用いた事例を示す。

3.2 コンクリート材を用いた対策

コンクリート蓋やコンクリートブロック等のコンクリート製品を用いた対策事例が11事例報告された。この中には暗渠孔が完全に閉塞するものもあった。設置の際には鋼材と同様、しっかりと固定させる必要がある。写真-4にコンクリート材を用いた対策事例を示す。

3.3 現地石・土嚢等を用いた対策

現地にある巨石や大型土嚢等を用いた事例が8事例報告された。簡易な材料であり、応急的な対策工として設けられることが多い。ただし、これらの資材は、例えば設置した巨石がその後何らかの作用によりずれたり、土嚢が劣化して土嚢内

の土砂が流出することが予想されるなど、安定性や耐久性の点から危惧される面があるので、必要に応じて改めて別の恒久対策を検討する。なお、布団籠は、施工が容易であるという利点と、鉄線(亜鉛引)の腐食による耐久性に難点があることから応急対策として使用されてきたものが多い²⁾。一方で河川事業を中心に恒久対策として使用されているものもあり、耐食、耐候性に優れたアルミニウム製品も使われるようになってきている³⁾。このようなことから、布団籠は、非常に酸性の高い溪流などでは恒久対策として扱うことは難しいが、それ以外の場合で土砂の流出を防ぐ措置に恒久対策として使用することは可能と思われる。その場合には各種参考資料^{4),5)}を参照されたい。写真-5に布団籠を用いた事例を示す。

3.4 スリット化した事例

対策として砂防えん堤をスリット化した事例が2事例報告された。スリット化を行う場合には、透過型砂防堰堤技術指針(案)⁶⁾等を参照し、山脚や溪岸の固定効果や溪床勾配緩和効果の有無、減水時のスリットからの流出土砂を堆積させる下流側の空間の確保など、砂防計画し問題がないことを十分確認してから実施する必要がある。

3.5 各種工法を組み合わせた対策事例

上記の各種工法を組み合わせた事例が7事例報告された。鋼材と土嚢や鋼材と根固工の組み合わせ等の事例がある。この場合、鋼材等についてはしっかりと固定させる必要がある。写真-6に鋼材スクリーンと袋詰根固工の事例を示す。

3.6 その他の留意事項

上記の他に、以下の事項を考慮する必要がある。
 ・施工にあたり、流水の止水に非常に苦勞したという報告が多数あった。その対応策として、流水が少ない時期に施工を実施したものや、小型の作業台船を用いて施工を行った報告があった。施工にあたっては、流水の切り替え

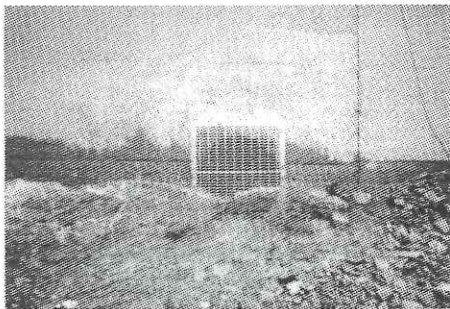


写真-3 鋼製蓋を用いた事例

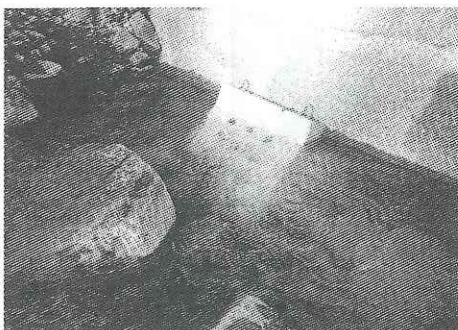


写真-4 コンクリート蓋を用いた事例



写真-5 布団籠を用いた事例



写真-6 鋼材スクリーン+袋詰根固工

方法について検討しておく必要がある。

- ・突出が発生した溪流またはその周辺は、粒径や水抜き暗渠の形状が類似して、同様の突出が発生することが考えられる。これらについても、必要に応じて対応するのが望ましい。
- ・下流の民家等の保全対象や魚類の生息地等に対し、土砂が突出した場合に影響が大きいと判断される場合には、事前に対策工事を実施するのが望ましい。
- ・土砂の突出が認められた水抜き暗渠に対して対策を実施したものの、その後未対策の暗渠から再び土砂が突出した事例があった。対策を行う場合には、突出を起こした暗渠に加え、未突出の暗渠孔についても合わせて対策するのが望ましい。
- ・鋼材などを用いた対策工は、えん堤の上流側で施すことが望ましいが、堆積土砂の掘削が大変で応急的に下流側で実施する場合がある。その場合、後に恒久的な対策を上流側で施す必要がある。なお、堆積土砂の掘削時に水抜き暗渠から土砂が突出する場合もあるので注意を要する。

4. おわりに

全国から報告された水抜き暗渠からの土砂の突出の実態、またその対策に関する調査を行った。その結果、総発生事例は少ないものの土砂が突出するケースが報告された。また、竣工後5年以上が経過し、常時流水がみられる箇所が発生している点が共通していることが明らかとなった。また、対策としては、鋼材、コンクリート材、現地石・土嚢等を用いた事例、えん堤をスリット化した事例、これら各種工法を組み合わせた事例に分類された。最も多く用いられた工法は鋼材を用いたもので、全体の40%を占めた。

今回は実態的な整理に主眼を置いたが、今後は突出の原因についてさらに調査・研究を進める必要がある。

参考文献

- 1) 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準（案）同解説・設計編〔II〕, p.18、平成9年10月
- 2) 最新土木工事ハンドブック編集委員会編集：最新土木工事ハンドブック, p.818、昭和53年6月
- 3) 最新斜面・土留め技術総覧編集委員会編集：最新斜面・土留め技術総覧, p.195、平成3年8月
- 4) 例えば、(財)国土開発技術研究センター編：護岸の力学設計法、山海堂, p.26、平成12年6月
- 5) 例えば、国土交通省河川局治水課：鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準（案）（平成13年1月河川局治水課事務連絡）, p.27、平成13年1月
- 6) 建設省砂防部砂防課：透過型砂防堰堤技術指針（案）, p.17、平成13年1月

栗原淳一*



独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム上席研究員
Junnichi KURIHARA

山越隆雄**



独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム主任研究員、農博
Dr.Takao YAMAKOSHI

田方 智***



独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム交流研究員
Satoshi TAGATA

若林栄一****



(前) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム交流研究員
Eiichi WAKABAYASHI