

調査の目的

下流の河川の川底が低下したり海岸の侵食がさらに進行するなどの問題を軽減するためにも、できるだけ自然に近いかたちでバランスよく土砂を下流に流す「総合的な土砂管理」が必要です。その一環として、出し平ダムと宇奈月ダムの連携排砂が必要となっています。

しかし、宇奈月ダム下流河川では、河床が低下傾向にあり、その原因はダムから流下する大粒径土砂が不足しているためと考えられています。

このため、平成27年度より宇奈月ダム貯水池内に存在する大粒径土砂の移動状況調査を実施しています。

調査スケジュール

平成26年度

連携排砂・通砂における宇奈月ダム貯水池内の大粒径土砂移動の実態把握が必要
⇒大粒径土砂の移動状況調査により土砂移動の実態を把握

【大粒径土砂移動状況調査】

◆機器の性能確認調査の実施
大粒径土砂の移動状況調査に使用する発信器の性能等を確認

平成27年度～
平成30年度

平成30年度は4年目
平成29年度連携排砂（中止）を踏まえ、当初計画より1年延長

◆大粒径土砂の移動状況調査の実施
宇奈月ダム上下流の大粒径土砂移動の状況を把握

平成30年度

◆対策案の検討・選定

◆大粒径土砂の移動状況調査の結果整理
宇奈月ダム上下流の大粒径土砂移動の状況を評価

平成31年度～

◆対策案の試験実施・評価

実施済み

今年度

実施予定

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について (結果)

調査概要

発信器を埋め込んだ礫（トレーサー）を用いて、1回目排砂（6月27日～6月29日）および2回目排砂（7月5日～7月7日）における大粒径土砂の移動を追跡するトレーサー調査を実施した。加えて、連携排砂時における水理情報を把握するため、UAV撮影および水位観測を行った。

調査項目

- ◆トレーサー調査
 - ・トレーサー設置
 - ・トレーサー探索
- ◆水理観測
 - ・UAV撮影
 - ・水位観測

トレーサー調査工程

図-1にトレーサー調査の実施工程を示す。

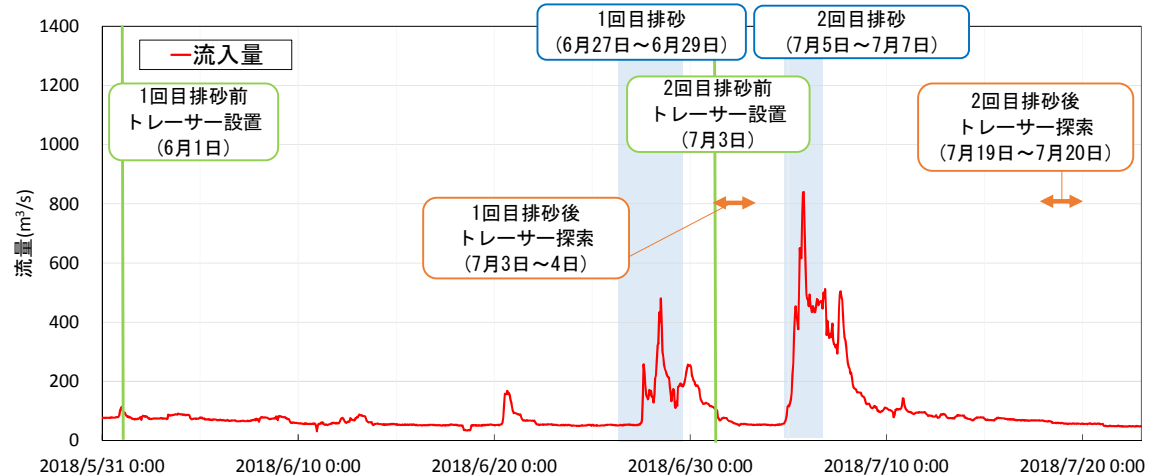


図-1 トレーサー調査工程

トレーサー設置概要

トレーサー設置状況を表-1に、トレーサーの設置位置を図-2へ示す。トレーサーは、流木回収船から貯水池に投入する方法を用いて設置した。

表-1 トレーサー設置状況

設置場所	発信機タイプ	粒径	1回目設置タイミング	個数	2回目設置タイミング	個数	
21.6k (B)	高出力	40cm	1回目排砂前 (6月1日)	2	2回目排砂前 (7月3日)	2	
		50cm		2		2	
22.4k 左岸 (C1)	標準	10cm	1回目排砂前 (6月1日)	2	-	-	
		20cm		2		-	
	高出力	30cm		2		2回目排砂前 (7月3日)	1
		40cm		1			1
		50cm		1			1
22.4k 右岸 (C2)	標準	10cm	1回目排砂前 (6月1日)	2	-	-	
		20cm		2		-	
	高出力	30cm		2		2回目排砂前 (7月3日)	1
		40cm		1			1
		50cm		1			1
1回目設置個数合計			20	2回目設置個数合計		8	

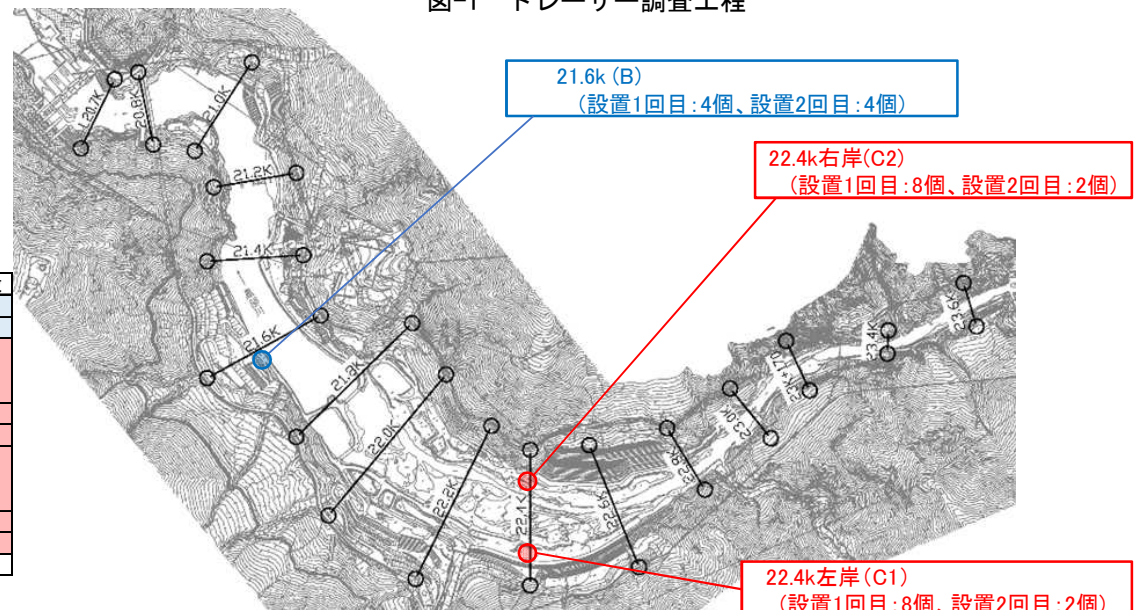


図-2 トレーサー設置位置

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について (結果)

トレーサー探索結果

トレーサー探索の結果一覧を表-2に、トレーサー設置位置および発見位置図を図-3にそれぞれ示す。
 以下にトレーサー探索結果をまとめる。設置した全28個のうち16個のトレーサーが1回目排砂後または2回目排砂後に発見された。未発見のトレーサーは、50cmのトレーサーがダム下流で発見されていることからダム下流へ流送された可能性が高いと考えられる。

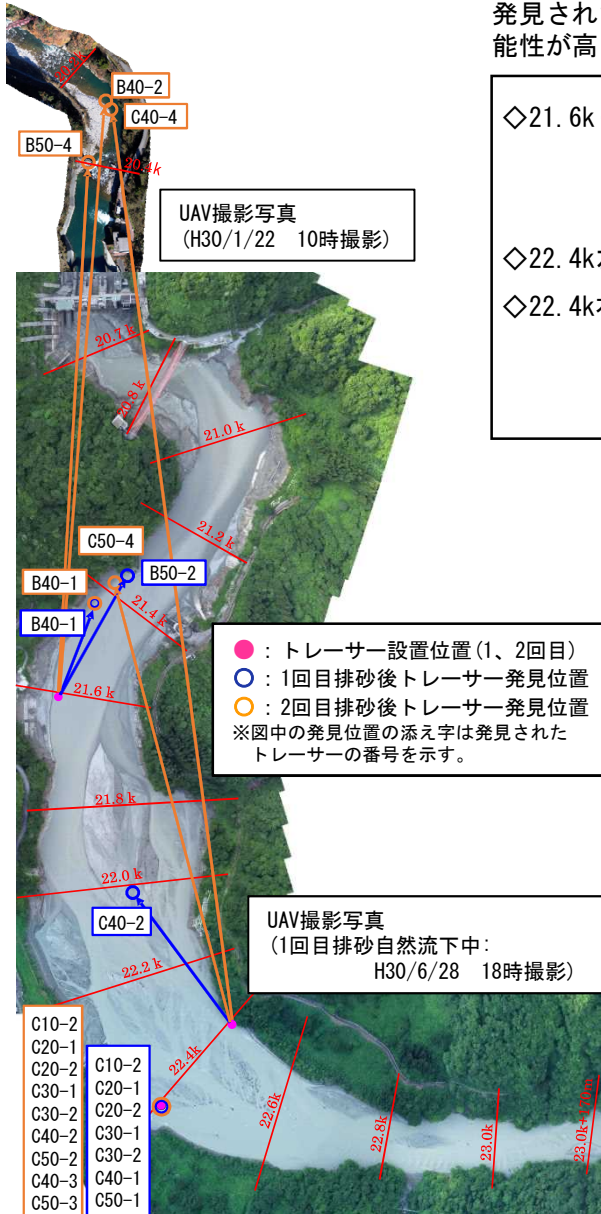


図-3 トレーサー設置位置と発見位置

- ◇21. 6k (B)
 - ・1回目排砂前に設置した40cm、50cmのトレーサーは、1回目排砂後に約170m～250m下流で1個ずつ発見された。
 - ・1回目排砂前に設置した40cmのトレーサー1個と2回目排砂前に設置した50cmのトレーサー1個は、ダム堤体より約350mおよび約250m下流でそれぞれ発見された。
- ◇22. 4k左岸 (C1) ・1回目に設置した10cmのトレーサー1個を除いた全てのトレーサーが設置位置付近で発見された。
- ◇22. 4k右岸 (C2) ・1回目排砂後に40cmのトレーサーが約400m下流で発見された。
 - ・2回目排砂後に2回目排砂前に設置した40cm、50cmのトレーサーそれぞれ1個ずつがダム堤体より約350m下流および設置位置より約1020m下流で発見された。
 - ・10～30cmのトレーサーはいずれも発見されなかった。

表-2 トレーサーの探索結果一覧

設置場所	設置タイミング	発信機タイプ	粒径	トレーサー番号	1回目排砂後調査 (7/3～7/4)	2回目排砂後調査 (7/19～7/20)			
					移動状況	移動状況			
21. 6k (B)	1回目排砂前 (6月1日)	高出力	40cm	B40-1	設置位置より約170m下流	1回目排砂後発見地点			
			40cm	B40-2	未発見	宇奈月ダム堤体より約350m下流			
			50cm	B50-1	未発見	未発見			
	2回目排砂前 (7月3日)	高出力	50cm	B50-2	設置位置より約250m下流	2回目排砂後は未発見			
			40cm	B40-3	-	未発見			
			40cm	B40-4	-	未発見			
22. 4k左岸 (C1)	1回目排砂前 (6月1日)	標準	10cm	C10-1	未発見	未発見			
			10cm	C10-2	設置位置付近	設置位置付近			
			20cm	C20-1	設置位置付近	設置位置付近			
			20cm	C20-2	設置位置付近	設置位置付近			
			30cm	C30-1	設置位置付近	設置位置付近			
			30cm	C30-2	設置位置付近	設置位置付近			
	2回目排砂前 (7月3日)	高出力	40cm	C40-1	設置位置付近	設置位置付近			
			50cm	C50-1	設置位置付近	設置位置付近			
			40cm	C40-3	-	設置位置付近			
			50cm	C50-3	-	設置位置付近			
			22. 4k右岸 (C2)	1回目排砂前 (6月1日)	標準	10cm	C10-3	未発見	未発見
						10cm	C10-4	未発見	未発見
20cm	C20-3	未発見				未発見			
20cm	C20-4	未発見				未発見			
30cm	C30-3	未発見				未発見			
30cm	C30-4	未発見				未発見			
2回目排砂前 (7月3日)	高出力	40cm	C40-2	設置位置より約400m下流	2回目排砂後は未発見				
		50cm	C50-2	未発見	未発見				
		40cm	C40-4	-	宇奈月ダム堤体より約350m下流				
			50cm	C50-4	-	設置位置より約1020m下流			

水理観測結果

◆観測状況

水位低下中および自然流下中における水理観測状況を表-3にまとめる。
また、UAV観測を行った範囲と水位観測を行った測線を図-5に示す。
さらに、水理観測時の宇奈月ダム運用図を図-4.1~4.2に示す。

表-3 水理観測状況

実施期間	観測項目	実施状況	観測時間
1回目排砂 (6月27日~6月29日)	UAV撮影	○	6/28 12時~18時の計7回
	水位観測	○	6/28 7時・9時・11時~18時の計10回
2回目排砂 (7月5日~7月7日)	UAV撮影	×(降雨のため未実施)	-
	水位観測	○	7/7 6時50分~9時50分の計4回

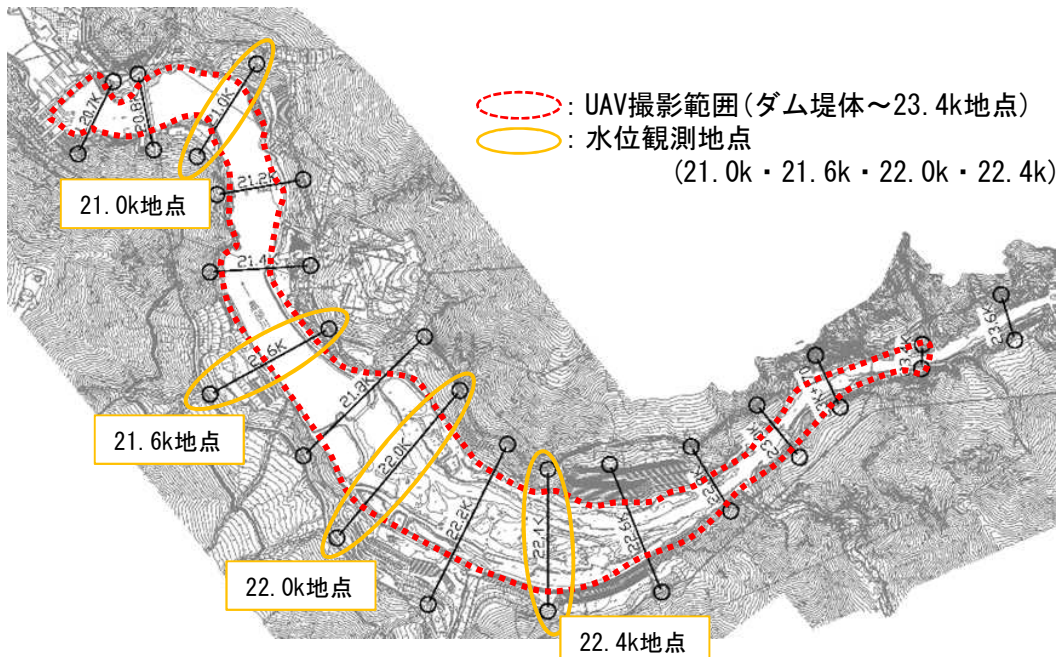


図-5 水理観測地点

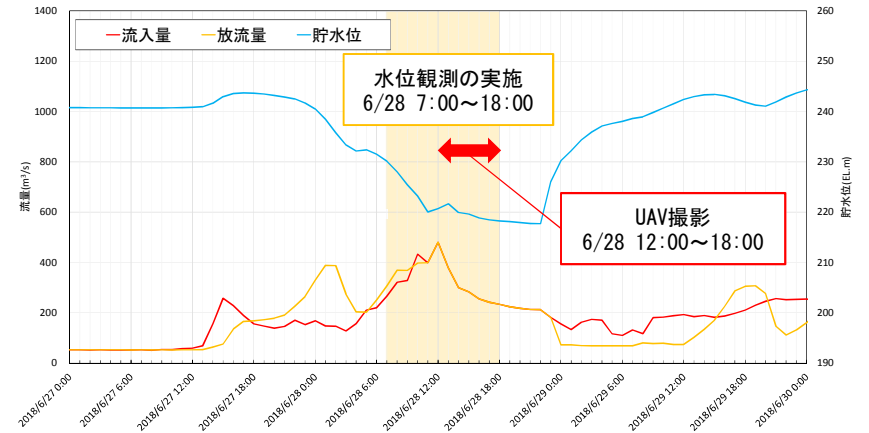


図-4.1 宇奈月ダム運用図
(1回目排砂：6/27~6/29)

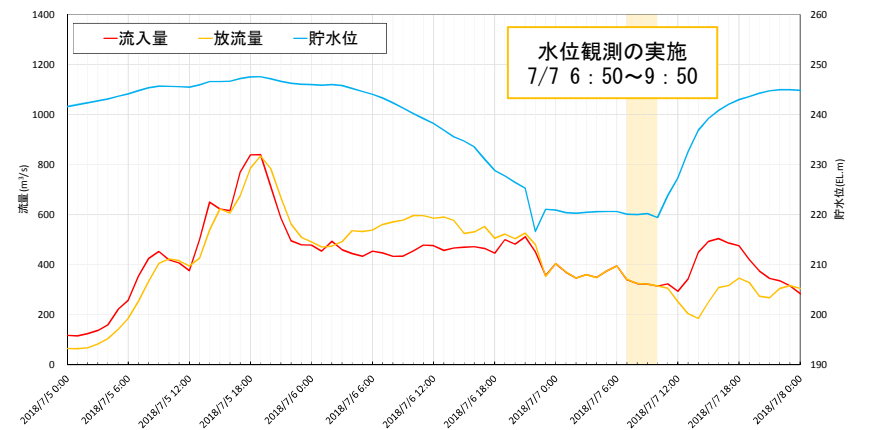


図-4.2 宇奈月ダム運用図
(2回目排砂：7/5~7/7)

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について (結果)

◆UAV撮影

1回目排砂におけるUAV撮影写真を図-5.1~5.2に示す。
また、UAV撮影を行った期間の宇奈月ダム運用図を図-6に示す。

UAV撮影写真より、21.6k~22.0kあたりに中州ができ、トレーサーを設置した21.6k付近では、左岸側に主流が発生している様子がうかがえる。一方、22.4k地点では12時には主流が右岸側にあり、その後、右岸側、左岸側の両岸に、18時では左岸側に発生しているようである。

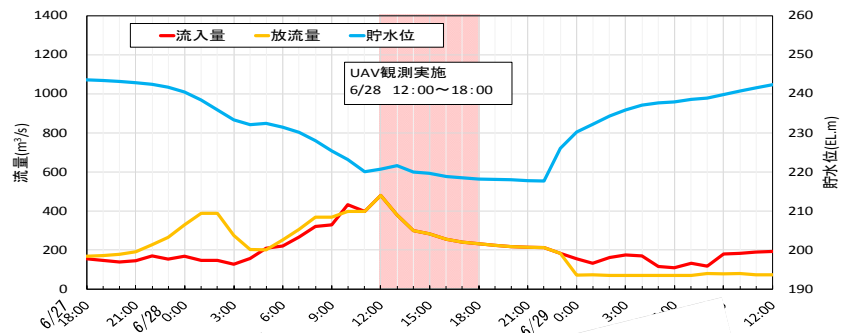


図-6 宇奈月ダム運用図(1回目排砂)

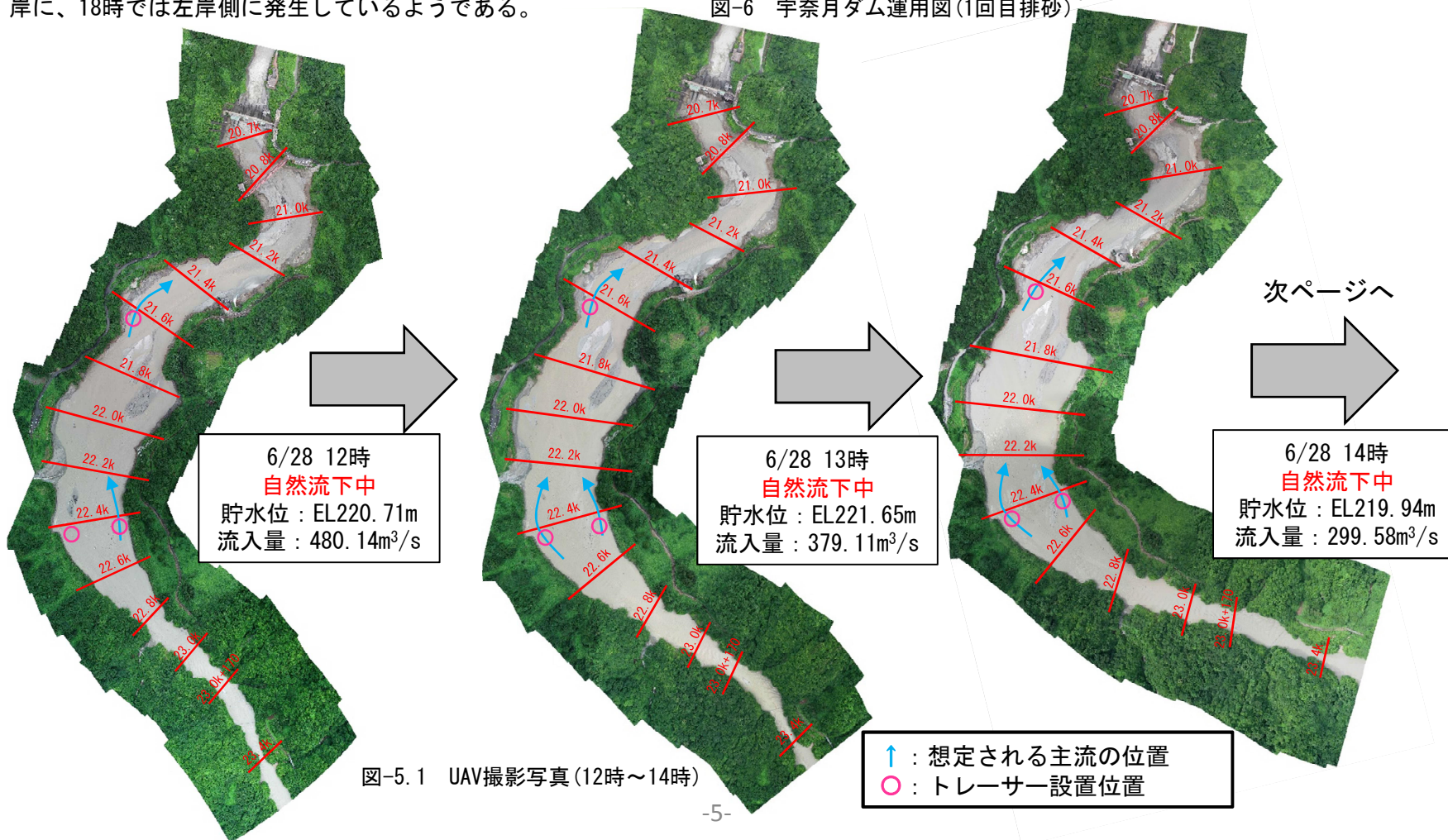


図-5.1 UAV撮影写真(12時~14時)

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

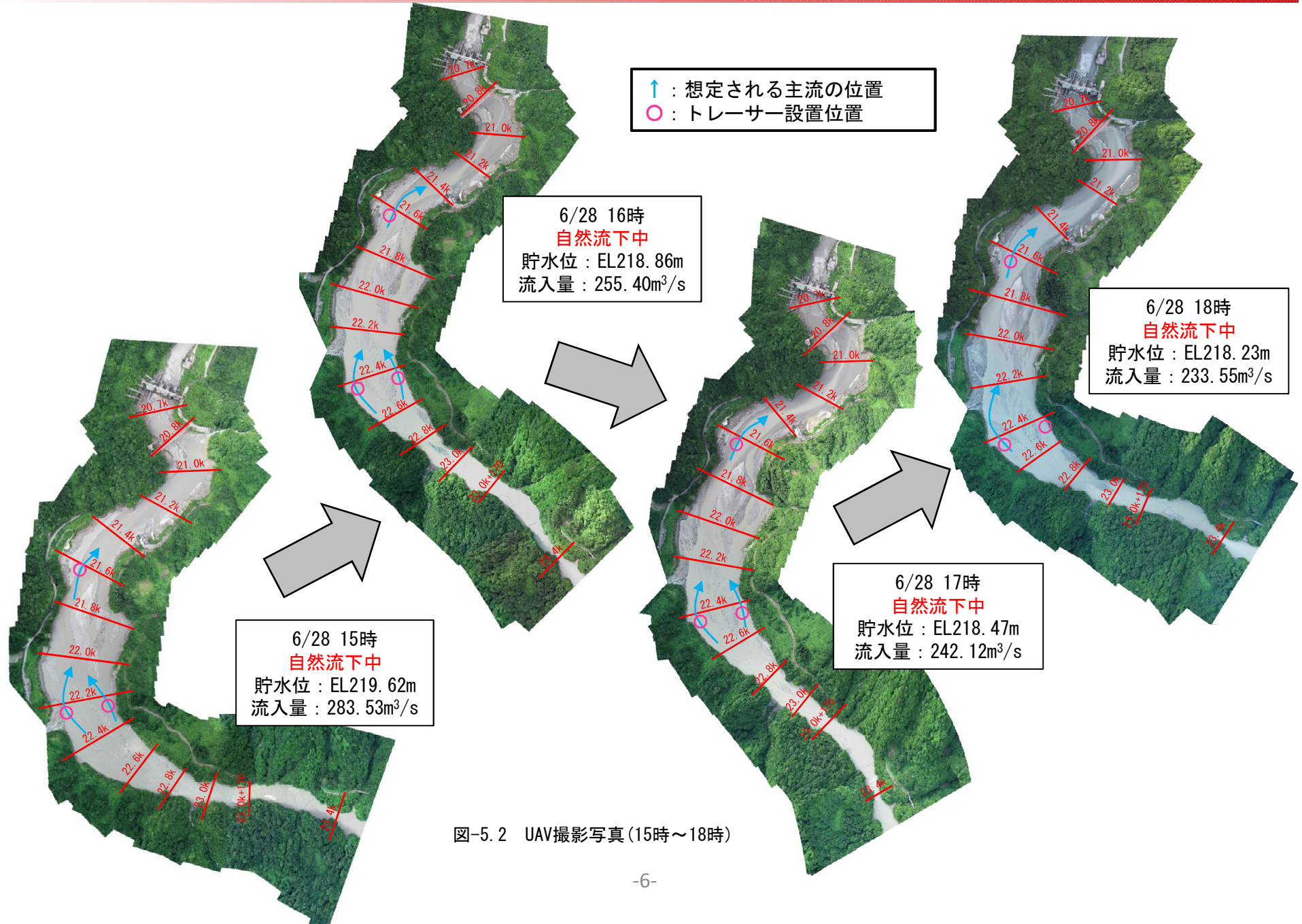


図-5.2 UAV撮影写真(15時~18時)

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について (結果)

◆水位観測結果【1回目排砂】

1回目排砂における、水位観測結果を図-7~10に示す。

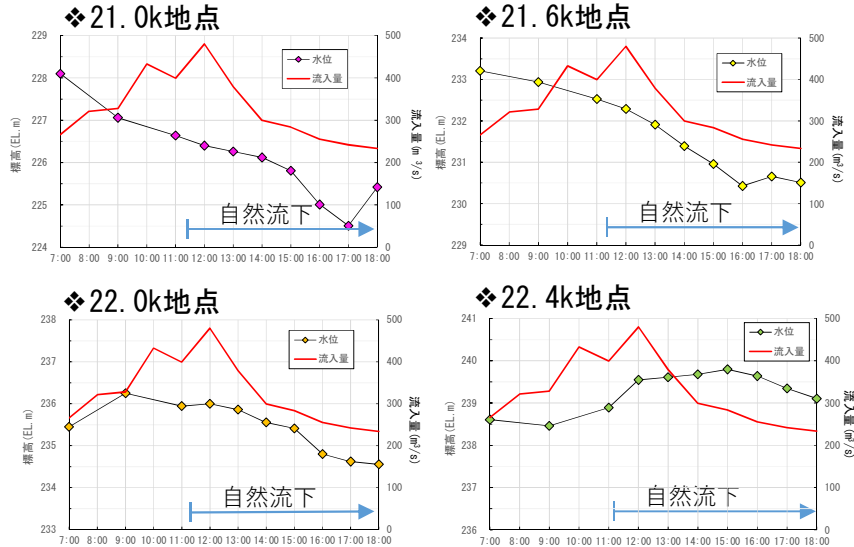


図-7 流量と水位の時間変化

21.0k地点、21.6k地点、22.0k地点と22.4k地点では、水位変化の傾向が異なる。21.0k地点、21.6k地点、22.0k地点では、自然流下に入っても始めは水位が低下するが16時頃から定水位となり、流量、水位、河床高ともに安定したと考えられる。一方で、22.4kでは、自然流下に入ってから水位が上昇している。これは、上流からの土砂流入による堆積で水位が上昇したものと考えられる。

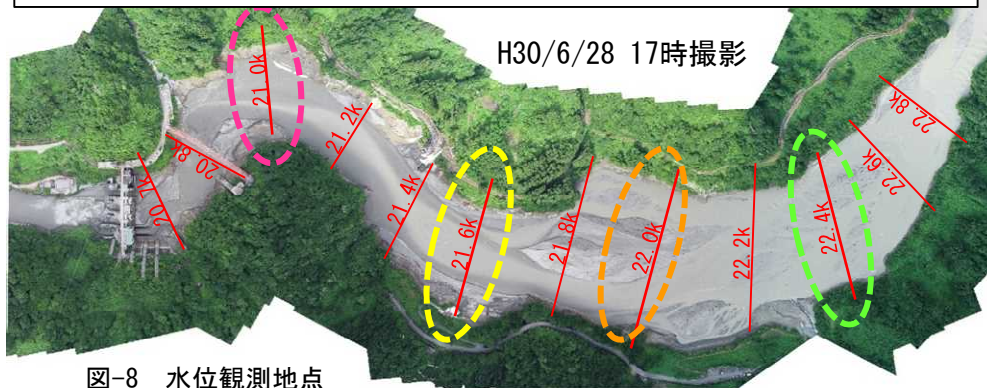


図-8 水位観測地点

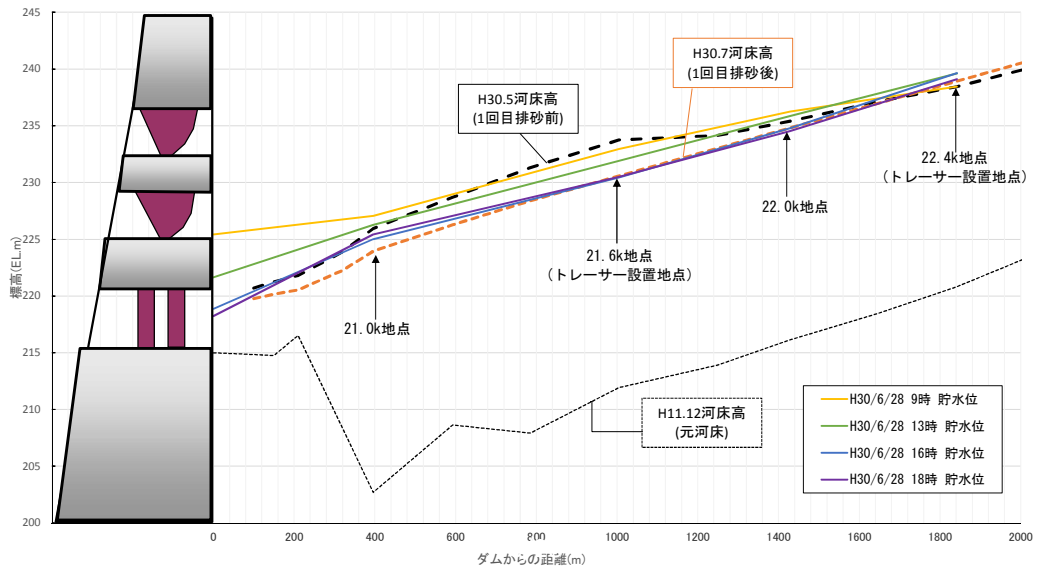


図-9 宇奈月ダム貯水池の縦断面図(1回目排砂)

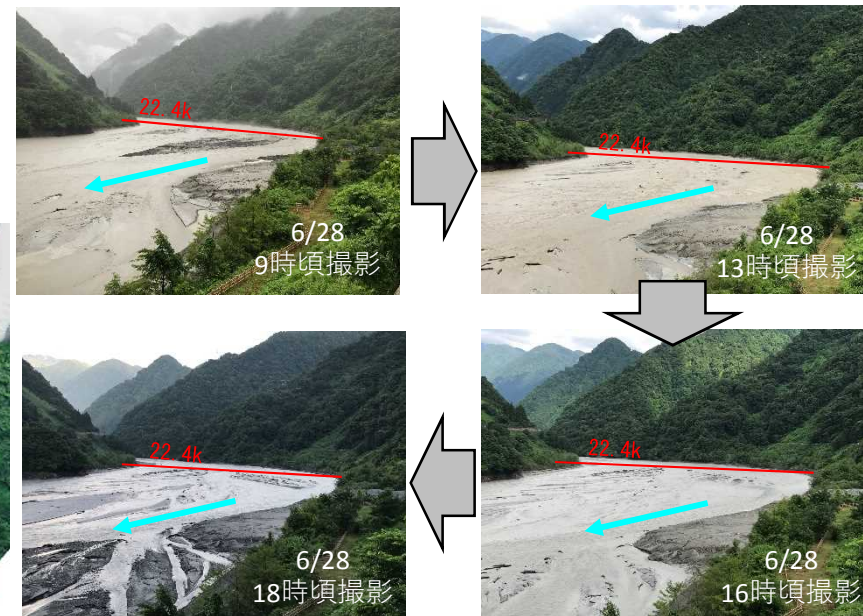


図-10 水位観測時の写真
(1回目排砂:22.4k地点下流左岸より撮影)

平成30年度 大粒径土砂の移動状況調査について (結果)

◆水位観測結果【2回目排砂】

2回目排砂における、水位観測結果を図-11～14に示す。

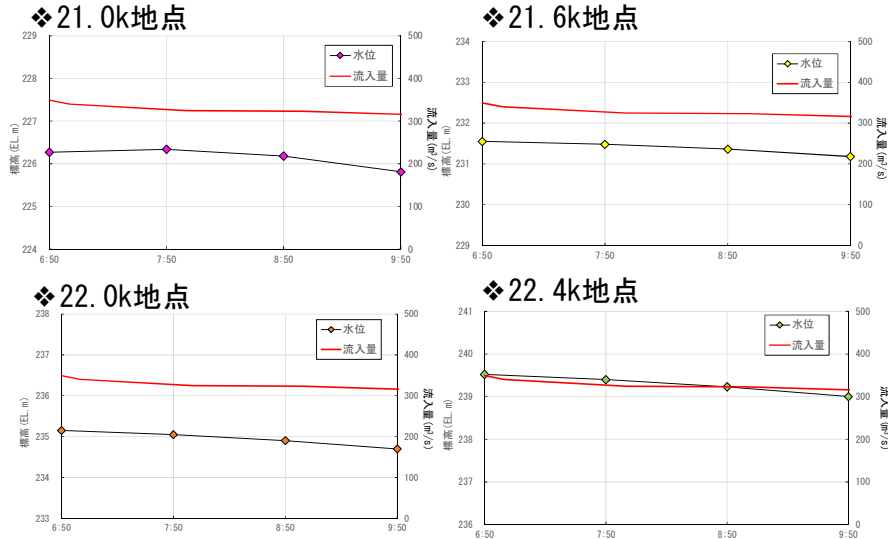


図-11 流量と水位の時間変化

観測時が自然流下の後半であるため、大きな水位変動は認められない。

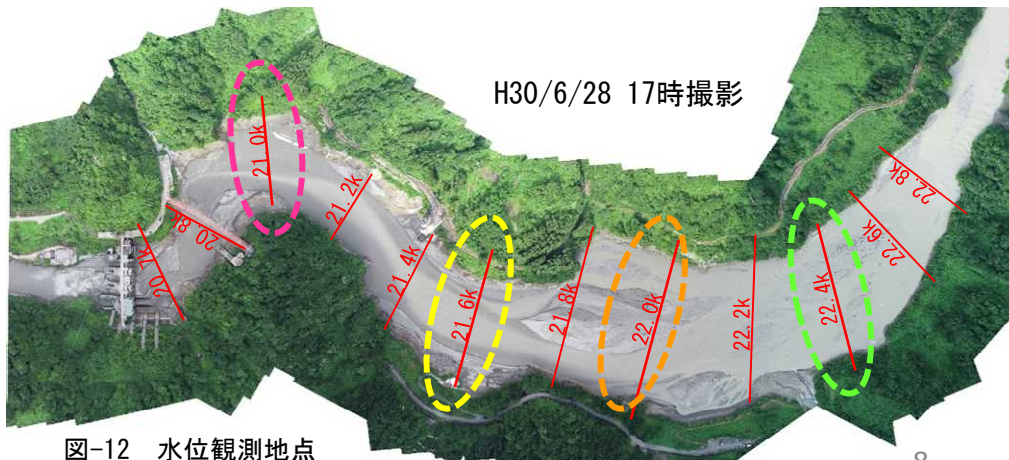


図-12 水位観測地点

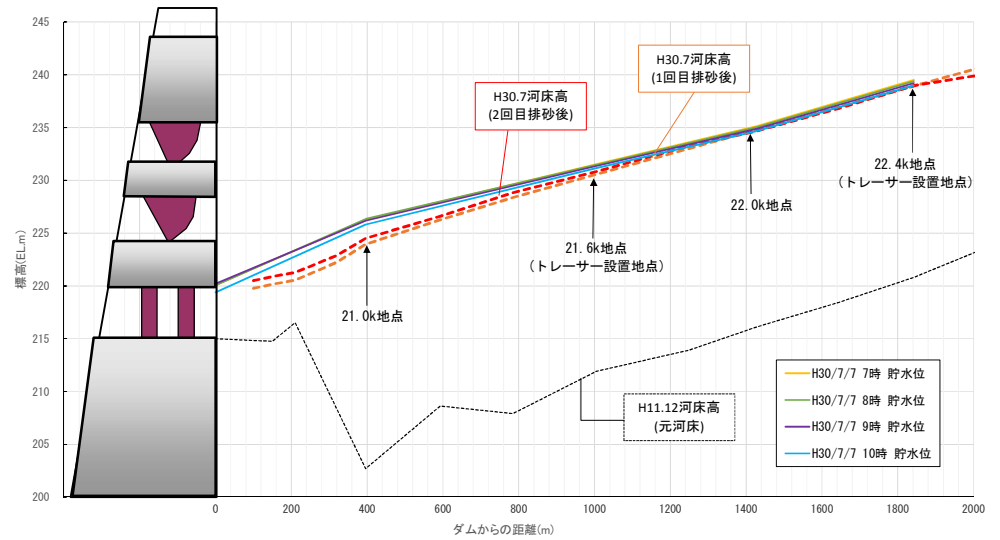


図-13 宇奈月ダム貯水池の縦断面図(2回目排砂)

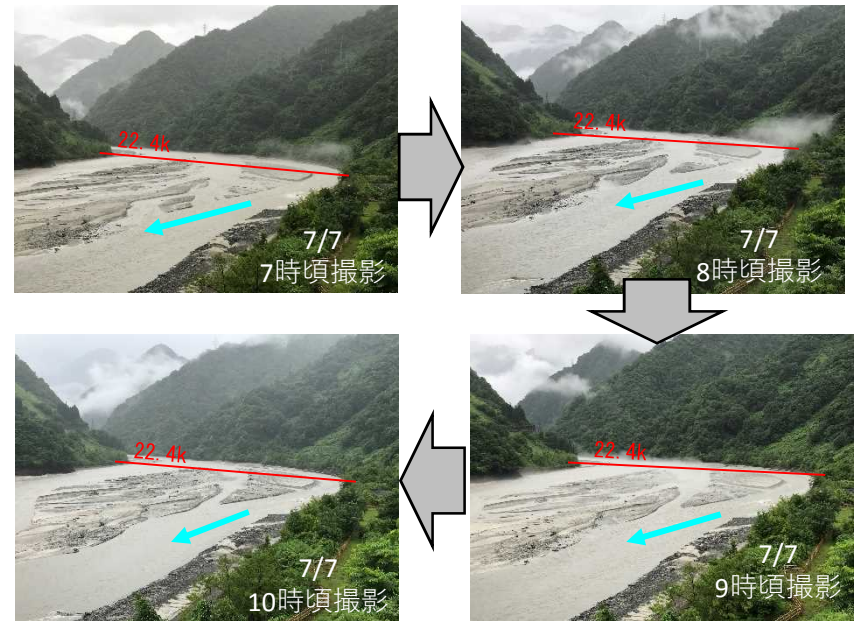


図-14 水位観測時の写真
(2回目排砂:22.4k地点下流左岸より撮影)

大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

H27～H30大粒径土砂移動調査結果まとめ

平成27年度から平成30年度にかけて行われた大粒径土砂の移動調査におけるトレーサーの移動状況について表-4にまとめる。

表-4 トレーサーの探索結果一覧

設置位置	粒径	移動状況(各年最大値)				H27～H30年調査 最大移動距離	
		H27年度調査時	H28年度調査時	H29年度調査時	H30年度調査時		
					1回目排砂		2回目排砂
自然流下中の平均流量		170 m ³ /s	182 m ³ /s	排砂中止 (参考:7/1～7/7平均流量579m ³ /s)	297 m ³ /s	373 m ³ /s	
自然流下期間	7/2 7:30～12:00	6/25 20:45～6/26 4:30			6/28 10:40～22:00	7/6 21:50～7/7 9:50	
自然流下時間	4時間30分	7時間45分			11時間20分	12時間	
20.8k (湖面橋)	10cm	-	未発見	-	-	-	未発見
	20cm	-	未発見	-	-	-	未発見
	30cm	-	ダム堤体より約1300m下流	-	-	-	ダム堤体より約1300m下流
	40cm	設置位置付近	ダム堤体より約1180m下流	-	-	-	ダム堤体より約1180m下流
	50cm	設置位置付近	ダム堤体より約1110m下流	-	-	-	ダム堤体より約1110m下流
21.6k	10cm	-	-	-	-	-	-
	20cm	-	-	-	-	-	-
	30cm	-	-	-	-	-	-
	40cm	-	-	設置位置付近(河川状態でない)	設置位置より約170m下流	ダム堤体より約350m下流(※1)	ダム堤体より約350m下流
	50cm	-	-	設置位置付近(河川状態でない)	設置位置より約250m下流	ダム堤体より約250m下流	ダム堤体より約250m下流
22.4k (左岸)	10cm	-	設置位置より約400m下流	未発見	未発見	未発見	設置位置より約400m下流
	20cm	-	設置位置より約80m下流	設置位置より約20m下流	設置位置付近	設置位置付近	設置位置より約80m下流
	30cm	-	設置位置より約280m下流	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置より約280m下流
	40cm	-	設置位置付近	未発見	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近
	50cm	-	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近	設置位置付近
22.4k (右岸)	10cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見
	20cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見
	30cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見
	40cm	-	-	-	設置位置より約400m下流	ダム堤体より約350m下流	ダム堤体より約350m下流
	50cm	-	-	-	未発見	設置位置より約1020m下流	設置位置より約1020m下流
22.6k	10cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近
	20cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近
	30cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近
	40cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近
	50cm	設置位置付近	-	-	-	-	設置位置付近
23.4k下流 (吊り橋)	10cm	-	未発見	設置位置より約970m下流	-	-	設置位置より約970m下流
	20cm	-	未発見	設置位置より約850m下流	-	-	設置位置より約850m下流
	30cm	-	-	設置位置より約880m下流	-	-	設置位置より約880m下流
	40cm	-	-	-	-	-	-
	50cm	-	-	-	-	-	-

- は未調査を示す

※1 1回目排砂前に設置したトレーサー

大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

◆まとめ

表-4より、調査結果をまとめる。また、図-15に粒径別に推定される移動経路を、調査結果の最大移動距離を踏まえて示す。

・ 20. 8k地点

ダム堤体より下流でトレーサーが発見されたことから、20. 8k地点（湖面橋付近）に流下してきた土砂は、そのままダム堤体より下流へ移動する可能性が高い。【H28】

・ 21. 6k地点

設置位置より下流およびダム堤体より下流でトレーサーが発見されたことから、21. 6k付近に流下してきた土砂は、下流へ移動、または流量規模が大きければダム堤体より下流へ移動する可能性が高い。【H30】

・ 22. 4k地点（左岸）

30cm以下のトレーサーが設置位置より下流で発見されたことから、30cm程度までの土砂は下流へ移動する可能性が高いが移動距離は小さい。【H28】

・ 22. 4k地点（右岸）

40～50cmのトレーサーが設置位置より下流およびダム堤体より下流でトレーサーが発見されたことから、22. 4k地点の右岸側に流れてきた土砂は下流へ移動する可能性が高い。【H30】

・ 22. 6k地点

有意な土砂移動は見られなかった。【H27】しかし、上流側である吊り橋から投入したトレーサーは22. 6k地点を通過し流下していることから【H29】、当該地点でも流量規模の異なる場合や、土砂が主流に位置していれば移動する可能性が考えられる。

・ 23. 4k地点下流

設置位置より下流でトレーサーが発見されたことから、土砂は下流へ移動する可能性が高い。【H29】

※【 】は調査結果の年度を意味する

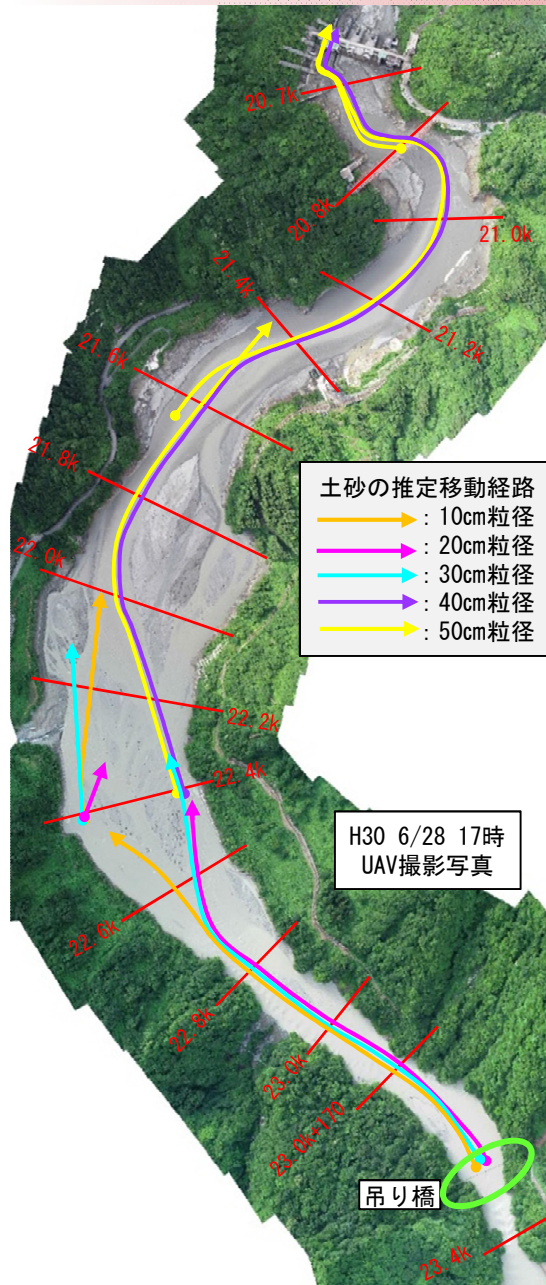


図-15 土砂の推定移動経路

大粒径土砂の移動状況調査について（結果）

◆評価

- ・これまでの調査結果から、上流河道から流下し貯水池内に流下する大粒径土砂は、何度かの排砂（自然流下）や流量規模が大きい排砂（自然流下）を経て、ダム堤体付近まで到達してダム下流へ移動する可能性があると考えられる。
- ・ただし、大粒径土砂は一定以上の掃流力がない限り移動しにくい。また、移動したとしても、それより小さい粒子に比べ移動速度は小さくなる。
- ・そのため、相当量の大粒径土砂を、早期に下流河川に供給させるためには、何らかの対策が必要と考えられる。

表-5 大粒径土砂移動状況（湖内22.4kまで）

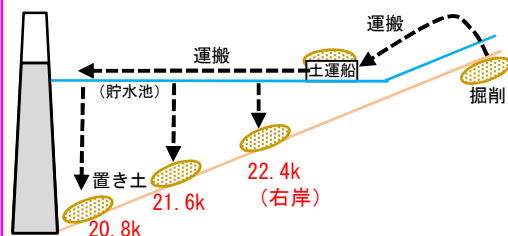
地点	大粒径土砂の宇奈月ダム下流への移動について
20.8k	◎
21.6k	○（流量規模大で◎）
22.4k左岸	△
22.4k右岸	○（流量規模大で◎）

◎：大粒径がダム下流へ移動する可能性有
 ○：流量規模が大きければ大粒径がダム下流へ移動する可能性有
 △：大粒径がダム下流へ移動しない可能性有

◆対策案

大粒径土砂の設置位置と宇奈月ダム堤体より下流への移動状況を表-5にまとめる。これらより、以下の3つの対策案が考えられる。また、これら3つの対策案を組み合わせた複合案も考えられる。

案1：湖内輸送



上流河道で掘削した土砂を湖内に置き土し、排砂・通砂時に流下させる。
 表-5より、20.8k地点に置き土すれば、流量規模に関わらず、排砂・通砂時にダム堤体より下流へ移動すると思われる。また、21.6k地点および22.4k地点右岸に置き土した場合でも、流量規模によってはダム堤体より下流へ移動する可能性があると考えられる。

案2：導流堤施工

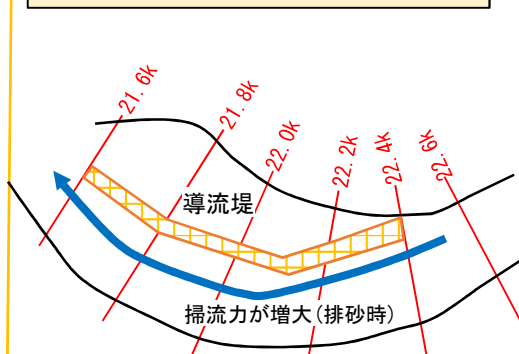
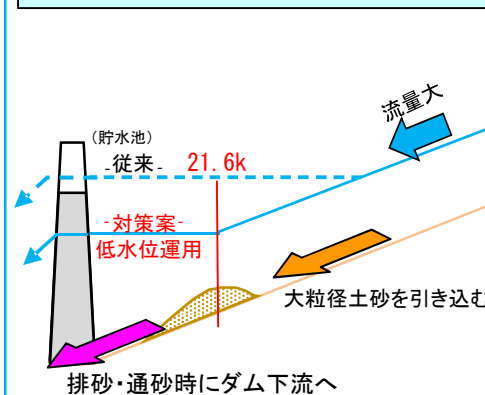


表-5より、21.6k地点および22.4k地点右岸では、流量規模が大きい、つまり掃流力が大きければ、大粒径土砂はダム堤体より下流へ移動する可能性が高いと考えられる。
 よって、排砂時に21.6k地点～22.4k地点の主流部をある程度固定し川幅を狭めて、掃流力を増大させれば、大粒径土砂がダム堤体より下流へ移動する可能性がさらに高くなると考えられる。

案3：低水位運用



一定期間、可能な限り低水位を保ち、貯水池上流部の大粒径土砂を貯水池内に引き込む。
 貯水池上流部の大粒径土砂を21.6k地点付近まで引き寄せることができれば、表-5より、排砂・通砂時において、流量規模にもよるが大粒径土砂がダム堤体より下流へ移動する可能性が高いと考えられる。