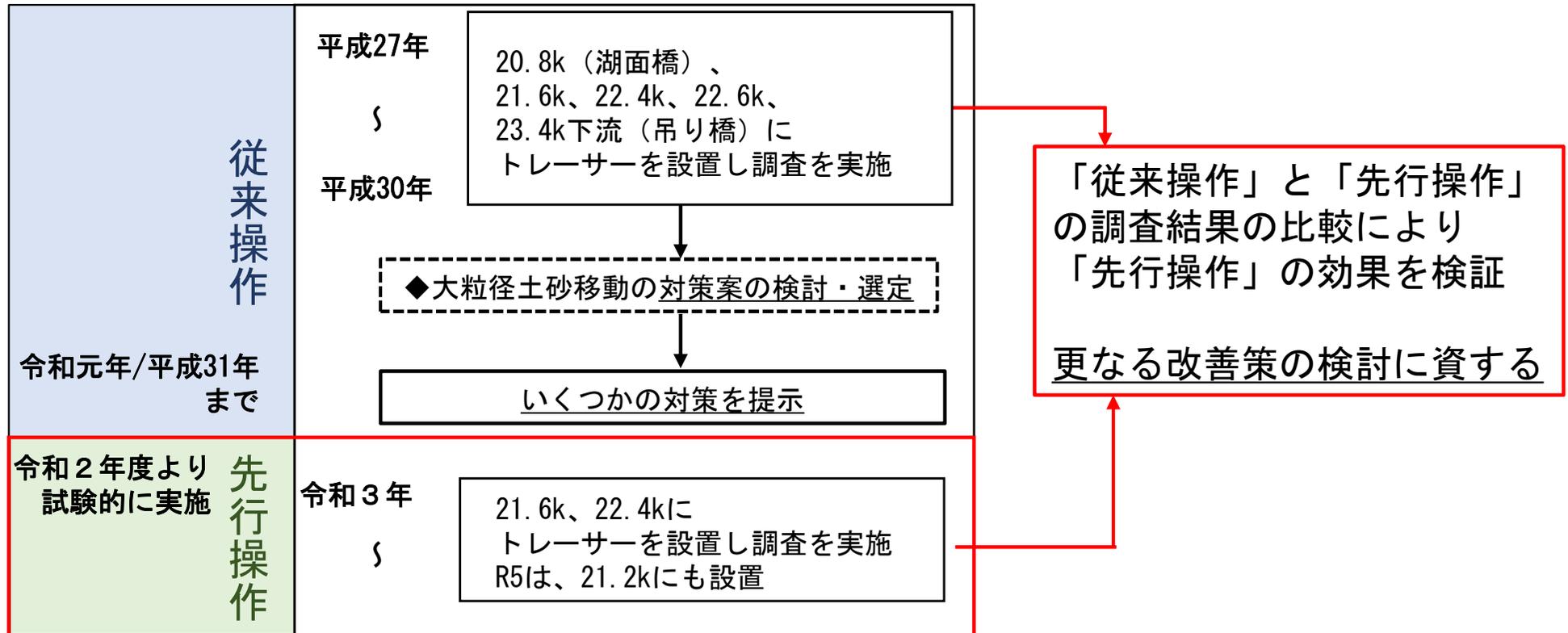


令和5年度 大粒径土砂の移動状況調査について

調査の目的

令和5年度に実施する連携排砂を対象に既往（平成27年～平成30年、令和3年）に実施した調査と同様の大粒径土砂の移動状況を把握することを目的とした調査を行う。既往調査を「従来操作」の調査結果とし、本調査結果と比較することで、「先行操作」の効果を検証する。

大粒径土砂移動調査



◆トレーサー：発信器を埋め込んだ礫

①発信器・ピンガー

- ・標準タイプ：電池寿命約2か月、通信距離約10m
10～30cmの粒径の礫に使用
- ・高出力タイプ：電池寿命約1か月、通信距離約40m
40～50cmの粒径の礫に使用
- ・ピンガー：電池寿命約3ヶ月、約200m～500m
20～40cmの粒径の礫に使用



発信器



ピンガー



探索状況（左：貯水池、右：下流河川）

令和5年度 大粒径土砂の移動状況調査について

調査内容

◆調査の概要

トレーサー（発信器を埋め込んだ礫）を用いて、排砂・通砂時における大粒径土砂の移動を追跡する調査を実施した。

◆トレーサーの設置位置

21.2k（左右岸）、21.6k、22.4kの4箇所にてトレーサーを設置。
※21.2kは、既往調査結果より多くのトレーサーが留まっていた地点であり、排砂等によりその後の動態をモニタリングする。

表-1 トレーサーの設置状況

設置場所	地点	トレーサーNo	粒径 (cm)	発信器タイプ	設置日
21.2k右岸	A-1	A-1-10-1	10	標準	5/29
		A-1-20-1	20	標準	5/29
		A-1-20-2	20	ピンガー	6/9
		A-1-30-1※	30	標準・ピンガー	5/29
		A-1-40-1	40	高出力	5/29
		A-1-40-2	40	高出力	6/30
		A-1-40-3	40	ピンガー	5/29
		A-1-50-1	50	高出力	5/29
		A-1-50-2	50	高出力	6/30
合計9個(青色)					
21.2k左岸	A-2	A-2-10-1	10	標準	5/29
		A-2-20-1	20	標準	5/29
		A-2-20-2	20	ピンガー	6/9
		A-2-30-1	30	標準	5/29
		A-2-40-1	40	高出力	5/29
		A-2-40-2	40	高出力	6/30
		A-2-40-3	40	ピンガー	5/29
		A-2-50-1	50	高出力	5/29
		A-2-50-2	50	高出力	6/30
合計9個(赤色)					
21.6k	B	B-10-1	10	標準	5/29
		B-10-2	10	標準	5/29
		B-20-1	20	標準	5/29
		B-20-2	20	標準	5/29
		B-20-3	20	ピンガー	6/9
		B-30-1	30	標準	5/29
		B-30-2	30	標準	5/29
		B-40-1	40	高出力	5/29
		B-40-2	40	高出力	6/30
		B-40-3	40	ピンガー	5/29
		B-50-1	50	高出力	5/29
		B-50-2	50	高出力	6/30
合計12個(緑色)					
22.4k	C	C-10-1	10	標準	5/29
		C-10-2	10	標準	5/29
		C-20-1	20	標準	5/29
		C-20-2	20	標準	5/29
		C-20-3	20	ピンガー	6/9
		C-30-1	30	標準	5/29
		C-30-2	30	標準	5/29
		C-40-1※	40	標準・ピンガー	5/29
		C-40-2	40	高出力	6/30
		C-40-3	40	ピンガー	5/29
		C-40-4	40	ピンガー	5/29
		C-50-1	50	高出力	5/29
		C-50-2	50	高出力	6/30
合計13個(黄色)					

赤枠はピンガー入り

※：ピンガーと発信器併用

21.2k（右岸） 計9個（3）
21.2k（左岸） 計9個（2）
21.6k 計12個（2）
22.4k 計13個（4）

トレーサー設置 計43個（11）

※（ ）書きはピンガー一個数

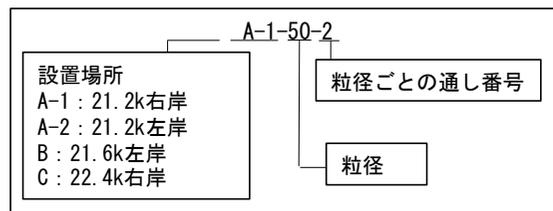


図-1 ナンバリングのルール

◆トレーサーの設置状況

トレーサーの設置状況を表-1に示す。
なお、トレーサーは図-1のルールでナンバリングを行った。また、トレーサーの設置位置を図-2に示す。

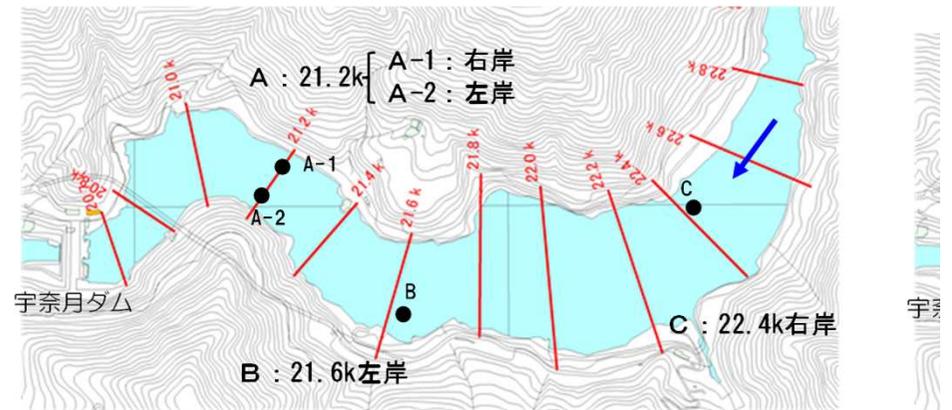


図-2 トレーサーの設置位置

◆調査工程、探索範囲

＜トレーサーの投入＞

- ・1回目（5/29）：発信器とピンガーを埋め込んだ礫。（高出力タイプ8個、標準タイプ18個、ピンガー5個の計31個）
※内、高出力タイプと標準タイプにそれぞれピンガーを1個ずつ併用
- ・2回目（6/9）：ピンガーを埋め込んだ礫（4個）を設置。
- ・3回目（6/30）：高出力発信器の電池切れ対応の礫（8個）を設置

＜探索範囲＞

- ・貯水池内～新山彦橋（20.0k）付近にて実施
※2回目探索では、新山彦橋～想影橋（19.0k）、音沢大橋（16.2k）付近でも実施。

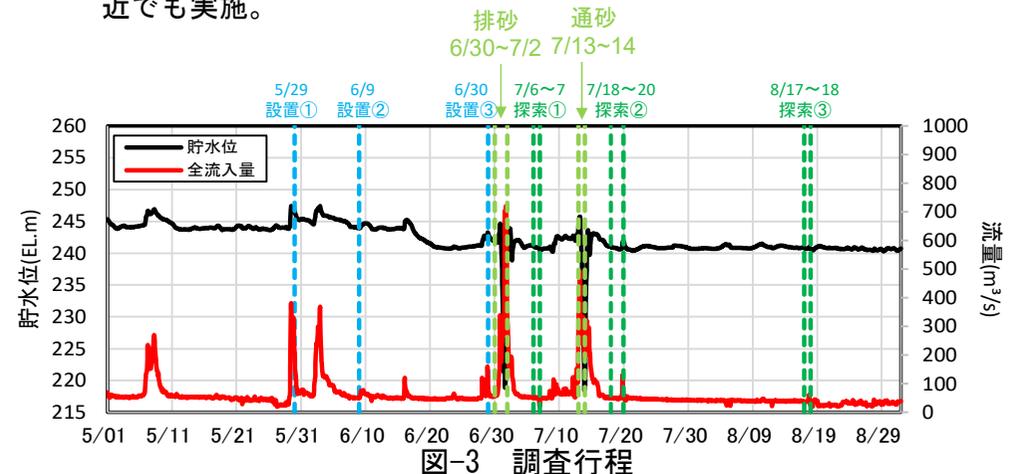


図-3 調査行程

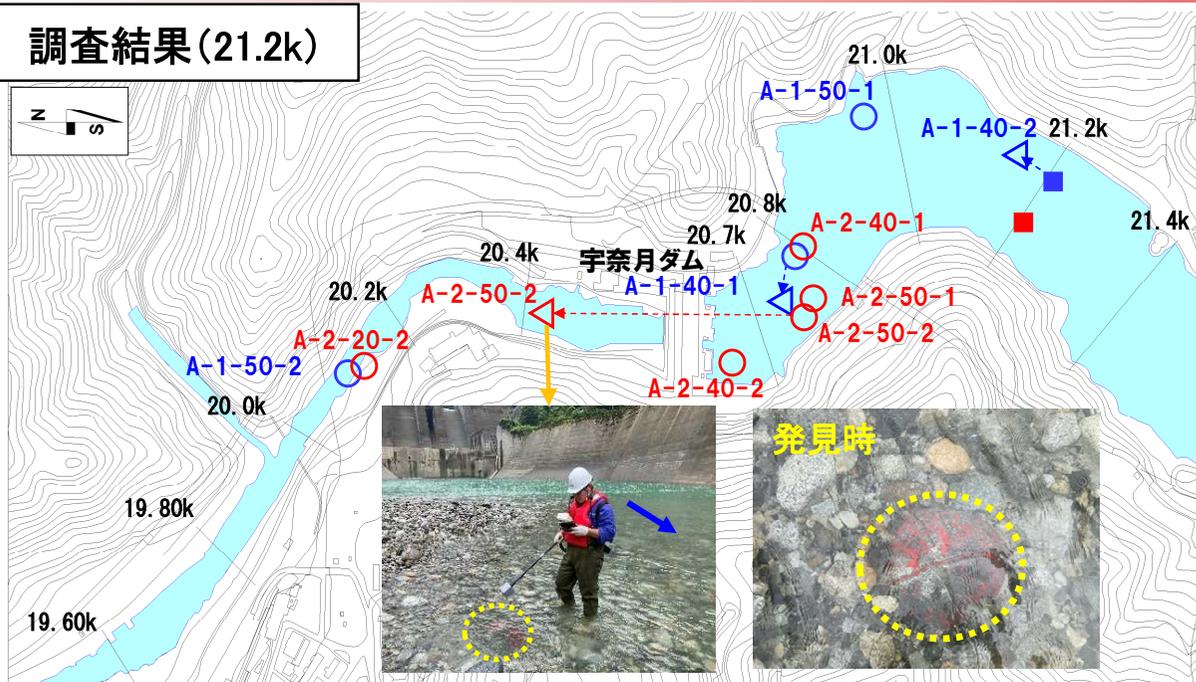
調査結果

- 21.2kトレーサーは、排砂後調査（2個）及び通砂後調査（1個）で宇奈月ダム下流河道にて確認された。他のトレーサーも投入場所よりも下流で確認されており、排砂・通砂時に移動していることが伺える。過年度調査では、当該地点で留まる傾向があったが、排砂・通砂を繰り返すことで下流に移動していくことが確認された。
- 21.6kトレーサーは、通砂後調査（1個）で宇奈月ダム減勢池で確認された。ただし、そのトレーサーは排砂後調査では確認されておらず、何時のタイミングで到達したかは不明である。他のトレーサーも投入場所より下流で確認されており、排砂・通砂により移動していることが伺える。過年度同様に、21.0k～21.2k付近で留まっている傾向が伺えた。
- 22.4kトレーサーは、排砂後調査により投入場所よりも下流に移動していることが確認された。しかし、通砂後調査では、トレーサーの位置は確認されているものの、排砂後調査で確認された位置とほぼ同位置で確認されている。
- 今回の調査では、各地点とも粒径の大きな40～50cmのトレーサーの移動が多く確認されているが、粒径の小さい10～30cmのトレーサーは、確認個数が少なくその動態が把握しづらい状況であった。ダム下流の探索範囲や探索方法について工夫が必要である。
- ピンガーを用いた調査を試行したが、設置したトレーサーの内、追跡できたものは少ない状況であった（3個/11個）。移動が確認されなかった要因として、土砂により音波の発信が遮られた可能性がある。また、ダム下流河道での探索も受信器の活用が水中部に限られるなど探索方法の課題が挙げられる。

まとめ

- 先行操作の実施により自然流下時間が長く確保されることで、土砂移動が活発となり多くのトレーサーが移動したと推測され、先行操作による効果が伺えた。
- 10～30cmのトレーサーは、電波の通信距離が短いこともあるが、ダム下流や探索範囲外に移動している可能性がある。移動が確認されたトレーサーは少なく土砂動態の把握が困難であった。

調査結果(21.2k)



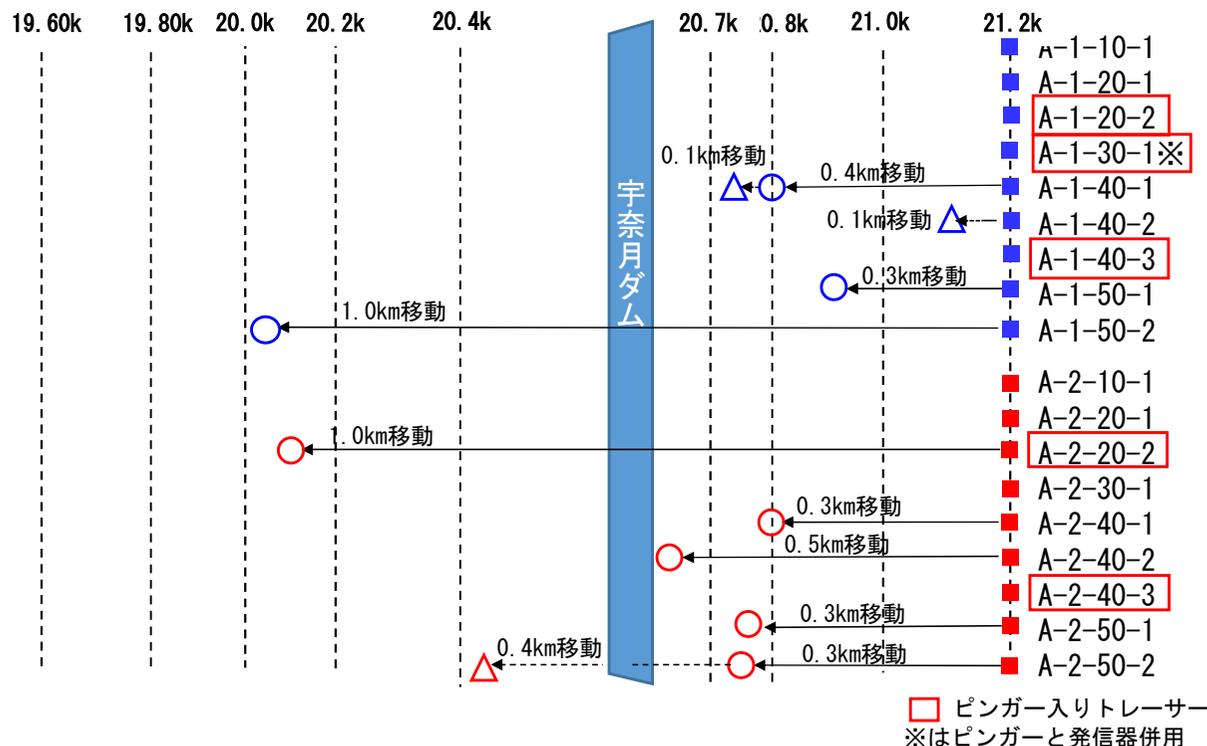
トレーサーの設置位置および発見位置を図-4に示す。

◆調査結果

- 21.2k地点 (右岸)
- ・40~50cmのトレーサーが設置位置から約0.1~1.0km下流で確認された。
 - ・21.2k右岸に設置したトレーサーが宇奈月ダム堤体より約0.5km下流(移動距離約1.0km)まで移動した。
 - ・40cm (A-1-40-1) のトレーサーは、通砂により再移動が確認された。
 - ・50cmのトレーサーが、21.0k右岸側の水衝部とダム下流で確認されるなど流下方向に違いが見られた。
 - ・ピンガー入りトレーサーは確認できなかった。

- 21.2k地点 (左岸)
- ・20~50cmのトレーサーが設置位置から約0.3~1.0km下流で確認された。
 - ・トレーサーは、主に貯水池内20.7~8kmの左岸付近で確認された。
 - ・排砂時に20.8k左岸付近に流下していた50cm (A-2-50-2) のトレーサーが、通砂後にダム堤体から約0.2km下流(移動距離約0.4km)で確認された。
 - ・20cm (A-2-20-2) のピンガー入りトレーサーが、ダム下流の20.1kの左岸側で確認された。

- ・21.2kに設置した18個(左右岸計)のうち、左岸5個、右岸4個のトレーサーの移動を確認した。
- ・粒径の小さい10~30cmのトレーサの確認数が、少ない。

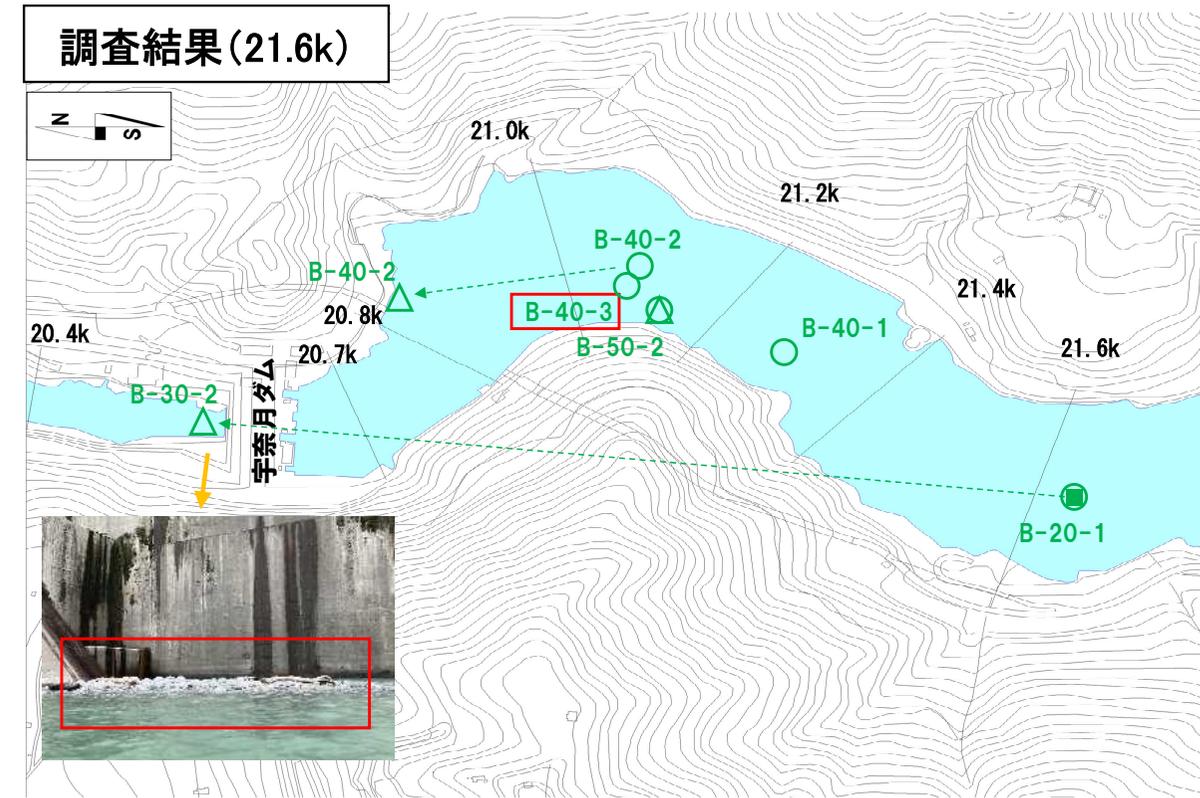


トレーサーの移動距離

- : トレーサー設置位置
- : トレーサー発見位置 (排砂後)
- △ : トレーサー発見位置 (通砂後)
- ← : 排砂後移動軌跡
- ←--- : 通砂後移動軌跡
- ←--- : 通砂後のみ確認 (移動軌跡不明)

図-4 トレーサーの設置位置と発見位置(21.2k右岸・左岸) - 4 -

調査結果(21.6k)



トレーサーの設置位置および発見位置を図-5に示す。

◆調査結果

○21.6k地点

- ・ 40~50cmのトレーサーが、設置位置から約0.3~0.6km下流で確認された。
- ・ 30cm (B-30-2) のトレーサーが、通砂後の調査により約0.9km下流のダム減勢池で確認された。
- ・ 40cm (B-40-2) のトレーサーが、排砂後に確認された箇所から約0.3km下流で確認された。
- ・ 40cm (B-40-3) のピンガー入りトレーサーの移動が確認された。
- ・ トレーサーの移動は確認されているものの、21.0~21.2k付近で留まる状況が伺えた。

- ・ 21.6kに設置した12個のうち、6個のトレーサーの移動を確認した。
- ・ 粒径の小さい10~30cmのトレーサーの確認数が、少ない。

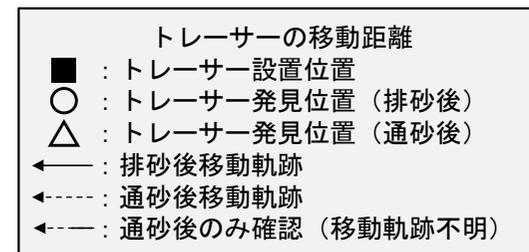
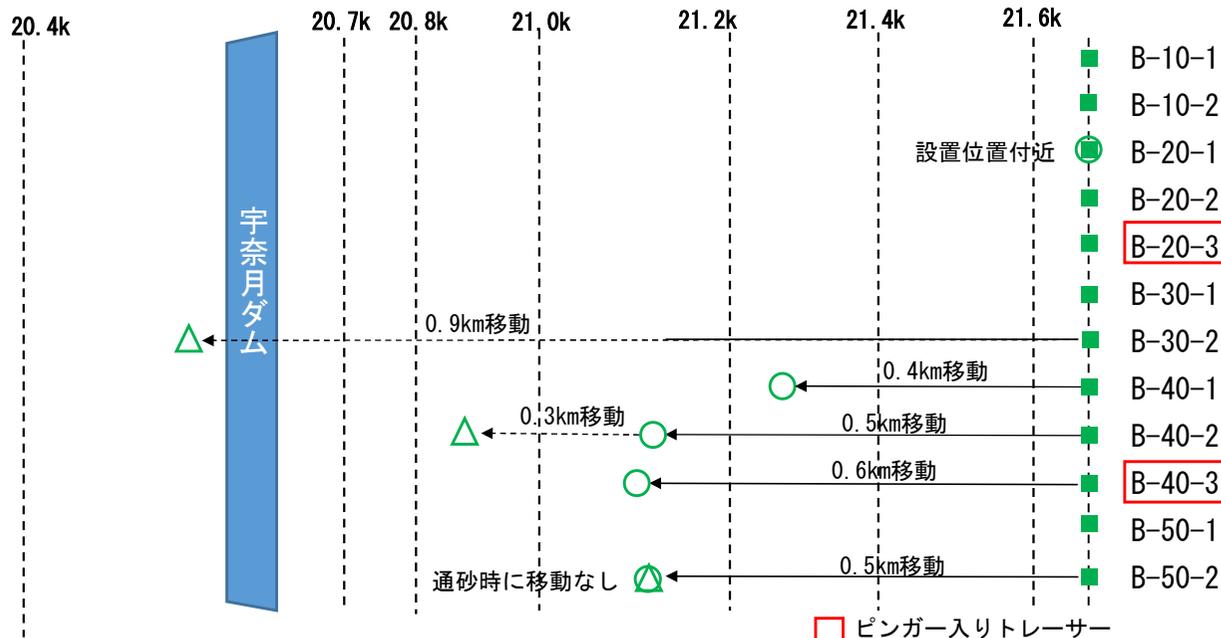
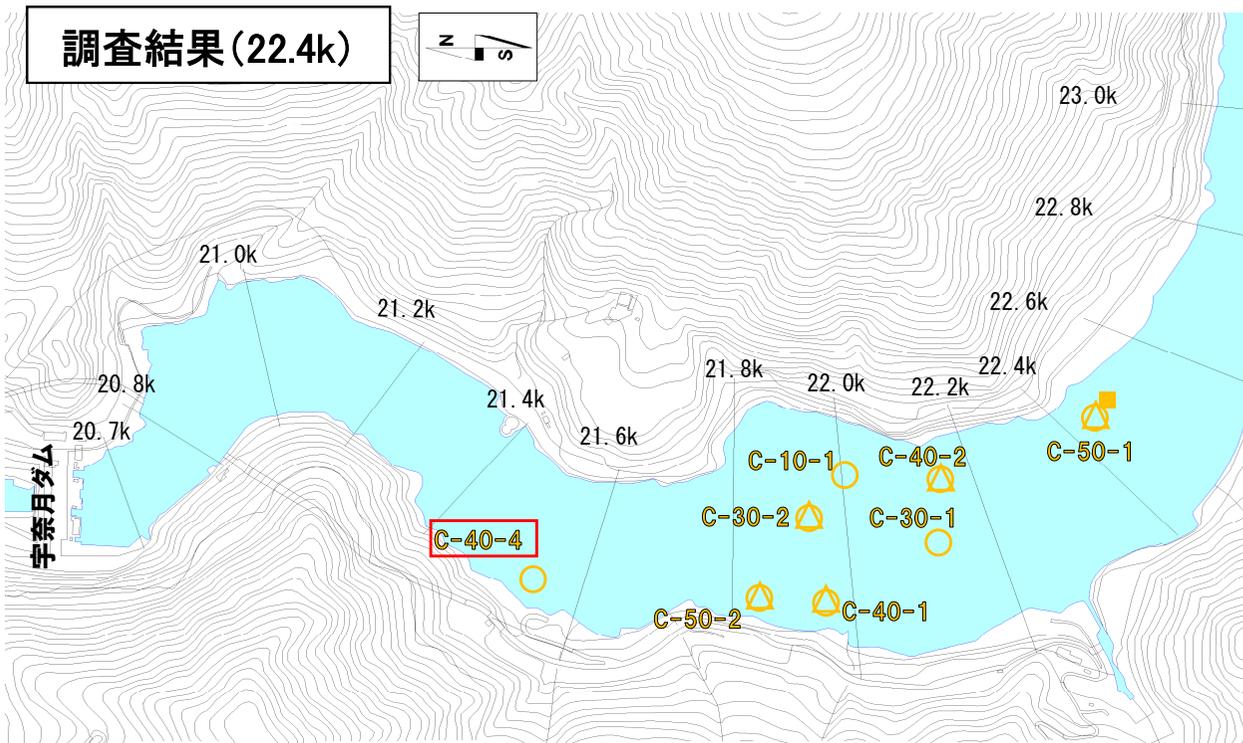


図-5 トレーサーの設置位置と発見位置 (21.6k) - 5 -

調査結果(22.4k)



トレーサーの設置位置および発見位置を図-6に示す

◆調査結果

○22.4k地点

- ・50cm (C-50-1) のトレーサーは、設置位置付近で確認されたが、他のトレーサーは設置位置から約0.3～0.9km下流で確認された。
- ・40cm (C-40-4) のピンガー入りトレーサーの移動が確認された。
- ・従来の発信器とピンガーを併用したトレーサー (C-40-1) は、22.0kの左岸側で発見されたが、ピンガー受信器での反応は確認されなかった。
- ・排砂後調査で確認された30cm～50cmのトレーサーは、通砂後調査ではいずれも排砂後調査で確認された箇所と同じ位置で確認された。

- ・22.4kに設置した13個のうち、8個のトレーサーの移動を確認した。
- ・粒径の小さい10～20cmのトレーサーの確認数が、少ない。

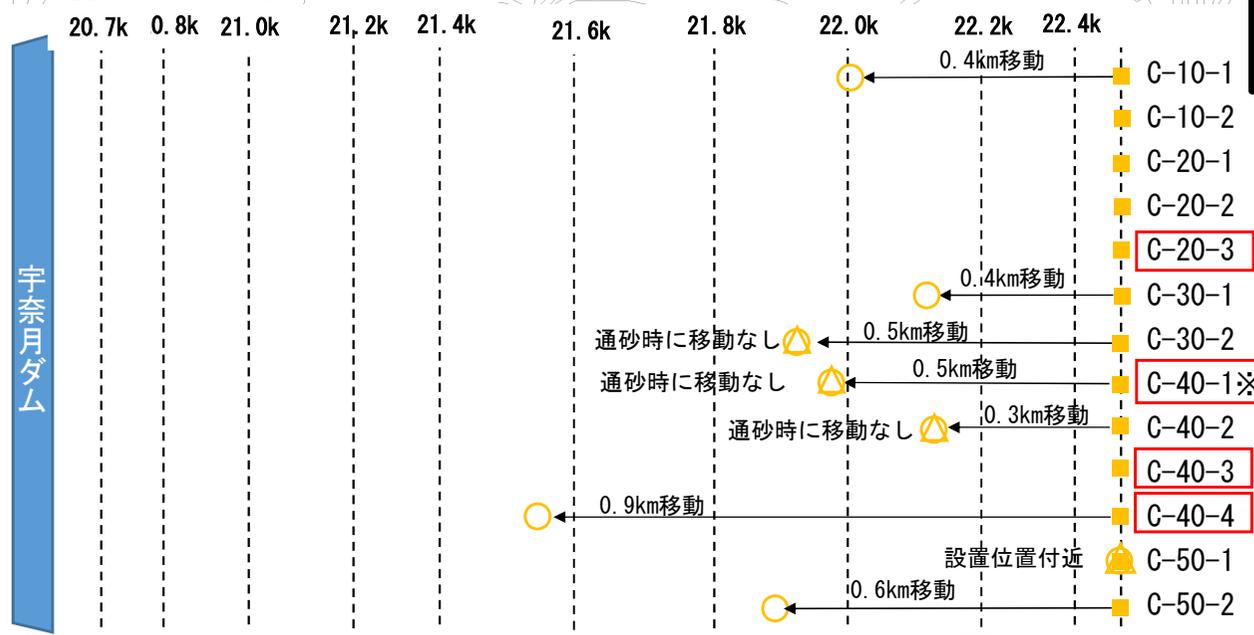


図-6 トレーサーの設置位置と発見位置 (22.4k)

□ ピンガー入りトレーサー
※はピンガーと発信器併用

トレーサーの移動距離

- : トレーサー設置位置
- : トレーサー発見位置 (排砂後)
- △ : トレーサー発見位置 (通砂後)
- ← : 排砂後移動軌跡
- ←--- : 通砂後移動軌跡
- ←--- : 通砂後のみ確認 (移動軌跡不明)

トレーサーの移動状況の比較

平成27年度～平成30年度の従来操作及び令和3年度～令和5年度の先行操作時におけるトレーサーの最大移動状況について表-2にまとめる。

表-2 トレーサーの探索結果一覧
 従来操作 ← | → 先行操作

設置位置	粒径	H27年度調査時	H28年度調査時	H29年度調査時	H30年度調査時		H27～H30調査での 最大値 【従来操作】	令和3年度調査時 【先行操作】	令和4年度 【排砂未実施により調査不可】	令和5年度調査時	
					1回目排砂	2回目排砂				排砂	通砂
自然流下中の平均流入量		171 m ³ /s	186 m ³ /s	排砂中止	287 m ³ /s	428 m ³ /s		189m ³ /s	排砂中止	273m ³ /s	227m ³ /s
宇奈月ダム自然流下期間		7/2 7:30～12:00	6/25 20:45～6/26 4:30	(参考: 7/1-7/7平均流入量579m ³ /s)	6/28 10:40～22:00	7/6 21:50～7/7 9:50		7/6 2:50～13:00	(参考: 8/20-8/21 平均流入量167m ³ /s)	7/13 21:40～7/14 1:30	7/13 21:40～7/14 1:30
宇奈月ダム自然流下時間		4時間30分	7時間45分		11時間20分	12時間		10時間10分	5時間50分	3時間50分	
移動状況(最大移動距離)											
20.8k (湖面橋)	10cm	-	未発見	-	-	-	-	-	-	-	-
	20cm	-	未発見	-	-	-	-	-	-	-	-
	30cm	-	ダム堤体より約1300m下流 (総移動距離: 約1500m)	-	-	-	-	ダム堤体より約1300m下流 (総移動距離: 約1500m)	-	-	-
	40cm	設置位置付近	ダム堤体より約1180m下流 (総移動距離: 約1380m)	-	-	-	ダム堤体より約1180m下流 (総移動距離: 約1380m)	-	-	-	-
	50cm	設置位置付近	ダム堤体より約1110m下流 (総移動距離: 約1310m)	-	-	-	ダム堤体より約1110m下流 (総移動距離: 約1310m)	-	-	-	-
21.2k右岸	10cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	20cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	30cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	40cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	設置位置より約400m下流 (総移動距離: 約1040m)	設置位置より約500m下流(※1)
	50cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	設置位置より約450m下流 (総移動距離: 約1040m)	排砂後と同位置
21.2k左岸	10cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	20cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	ダム堤体より約420m下流 (総移動距離: 約960m)	排砂後と同位置
	30cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	40cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	設置位置より約500m下流	排砂後と同位置
	50cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	設置位置より約300m下流	ダム堤体より約200m下流(※1) (総移動距離: 約700m)
21.6k	10cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	20cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	設置位置付近	未発見
	30cm	-	-	-	-	-	-	-	排砂未実施により調査不可	未発見	ダム堤体より約10m下流 (総移動距離: 約900m)
	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) (総移動距離: 約1350m)	ダム堤体より約350m下流(※1) (総移動距離: 約1350m)	未発見	排砂未実施により調査不可	設置位置より約600m下流	設置位置より約800m下流(※1)
	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 (総移動距離: 約1250m)	ダム堤体より約250m下流 (総移動距離: 約1250m)	設置位置より400m下流	排砂未実施により調査不可	設置位置より約400m下流	排砂後と同位置
22.4k (左岸)	10cm	-	設置位置より約400m下流	未発見	未発見	未発見	未発見	-	-	-	-
	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 (中央部)	10cm	-	-	-	-	-	-	設置位置より約1200m下流	-	-	-
	20cm	-	-	-	-	-	-	設置位置より約1200m下流	-	-	-
	30cm	-	-	-	-	-	-	未発見	-	-	-
	40cm	-	-	-	-	-	-	ダム堤体より約900m下流 (総移動距離: 約2700m)	-	-	-
	50cm	-	-	-	-	-	-	設置位置付近	-	-	-
22.4k (右岸)	10cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	未発見	排砂未実施により調査不可	設置位置より約400m下流	排砂後と同位置
	20cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	未発見	排砂未実施により調査不可	未発見	未発見
	30cm	-	-	-	未発見	未発見	未発見	設置位置より約600m下流	排砂未実施により調査不可	設置位置より約900m下流	排砂後と同位置
	40cm	-	-	-	設置位置より約400m下流	ダム堤体より約350m下流 (総移動距離: 約2150m)	ダム堤体より約350m下流 (総移動距離: 約2150m)	設置位置より約400m下流	排砂未実施により調査不可	設置位置より約900m下流	排砂後と同位置
	50cm	-	-	-	未発見	設置位置より約1020m下流	設置位置より約1020m下流	設置位置より約1400m下流	排砂未実施により調査不可	設置位置より約600m下流	排砂後と同位置
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

最大移動距離の色分け

青字: 設置位置付近 ピンク字: 宇奈月ダム湖内での移動 赤字: 宇奈月ダム堤体を越えての移動

※1: 排砂・通砂後調査により確認