

多自然型川づくりにおける覆土工に関する検討

Studies on Soil Covering Work in Nature-oriented River Works

研究第四部	主任研究員	舘	敏	彦
研究第四部	次	長	石	橋 良 啓
研究第四部	主任研究員	竹	内	義 幸
研究第四部	主任研究員	小	林	浩 一
研究第四部	主任研究員	荒	川	晴 夫

近年、多自然型川づくりとしてコンクリートを使わないあるいはコンクリートの見えない川づくりが進められており、なかでもカゴマットを主体としたカゴ工法の採用が多くなっている。また、カゴ工法の補助工法として覆土工の採用も多く見られるようになっているが、中小洪水での覆土の流出被害も多くなっている。これらの中には、河道特性（セグメント）から見て不適切な導入事例も見られる。

そこで本稿は、全国及び九州地方整備局管内の施工事例等をもとに、覆土工の適用範囲、浸食・流出防止方法等を整理・分析した結果を踏まえ、河道特性（セグメント）に応じた覆土工の適切な導入の考え方を提案するものである。

キーワード：覆土工、被災事例、河道特性、補強工法

In recent years, in nature-oriented river works, river works that do not use concrete or where the concrete is not visible are being carried out, and there are many that use the cage mat procedure which is characterized by cage mats. Also, while soil covering work is frequently adopted as a work procedure supplementing the cage mat procedure, there are also many instances of damage consisting of the soil coverings being washed away during medium or small scale floods being sustained. Among these instances can also be seen examples of inappropriate introduction of the procedure from the standpoint of the river channel characteristics (segments).

Accordingly, this paper makes proposals on thinking on the appropriate manner of introducing soil covering work that is in keeping with the river channel characteristics (segments), bearing in mind the results of having put together and analyzed the applicable range of soil covering work, procedures for the prevention of erosion and the prevention of soil being washed away, based upon instances of works carried out throughout the nation and in the areas under the jurisdiction of the Kyushu Regional Development Office.

Keywords: Soil Covering Work, Instances of Damage Sustained,
River Channel Characteristics, Reinforcing Work Procedures

1. はじめに

これまでの全国での被災調査等からみると、被災事例の3割が覆土工で発生しており、主な原因として、河道特性（セグメント）による適用の判断が充分でなかったり、完成後の経過年数が浅く植生の生育が不十分であったと予想される箇所であったことなどが考えられる。

平成11年度は、覆土工の水際部の浸食防止や植生が生育するまでの間の土砂流出防止等について、計画、設計、施工、管理等の各段階で工夫した事例についてアンケート調査を実施し、覆土構造、植栽方法、浸食・流出防止方法等による分類や代表事例の現地調査を行ったが、浸食・流出防止方法の別と被災の有無や外力について、定量的な検討に至らなかった。

そこで、平成12年度は、カゴ工法の補助工法としての覆土工等について、全国の既存資料に加え、台風の来襲が多く災害の発生しやすい九州地方整備局管内の大河川から中小河川での施工事例等を収集し、適用範囲、浸食・流出防止方法、覆土流出の有無、出水後の変化等を整理・分析した。本稿は、その結果を踏まえ、河道特性（セグメント）に応じ

た覆土工の適切な導入の考え方を提案するものである。

2. 多自然型川づくりの工法の実態把握

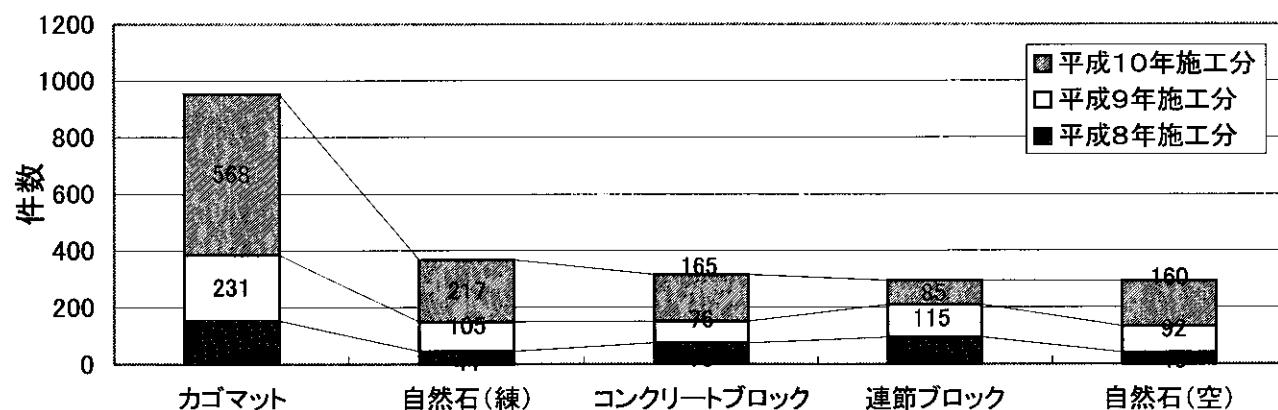
（1）工法の実態

多自然型川づくり実施状況調査・追跡調査結果（平成8～10年施工分）をもとに、これまでに採用された工法（護岸工法を対象）を経年的にみると、カゴマットを採用した例が年々増加している。〔図－1〕

（2）カゴ工法の実態

カゴ工法としてはカゴマット、フトン籠、蛇カゴがあげられるが、これらをまとめて、施工された箇所の河道特性（セグメント別）をみる。平成8～10年度施工分（累計値）を全国値で見ると、直轄事業ではセグメント2－1、2－2での採用率が高く、補助事業ではセグメント1、2－1で高くなっている。

〔表－1〕



図－1 多自然型川づくりの工法採用状況

表－1 セグメント別カゴ工法件数の割合（H8～H10累計）

セグメント	直 轄 事 業			補 助 事 業		
	全件数	カゴ工法	カゴ工法の採用率(%)	全件数	カゴ工法	カゴ工法の採用率(%)
1	201	31	15	1,604	397	25
2－1	355	91	26	509	132	26
2－2	158	42	27	450	94	21
3	63	10	16	198	33	17

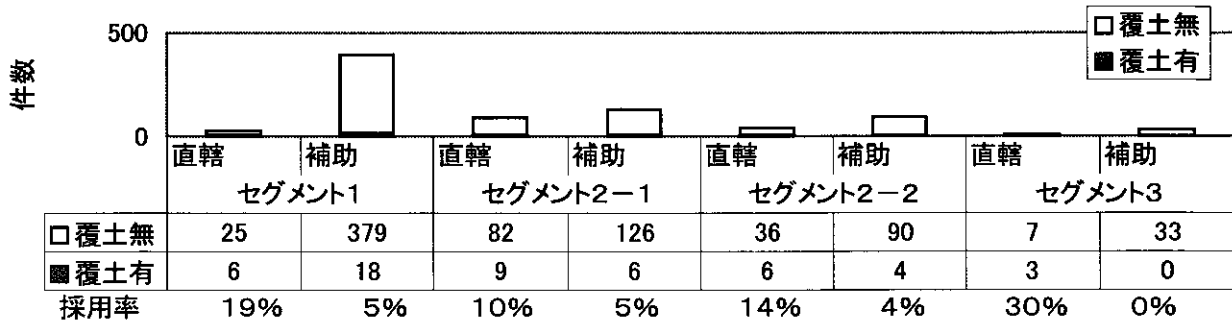


図-2 セグメント別カゴ工法の覆土採用件数

工 法		流 速 (m/s)						
		0	1	2	3	4	5	6
覆 土	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時		○	○	○	○	○	
植 生	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時				○		○	
植生ロール	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時		○		○			
木柵等	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時			○		○		
自然石(空)	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時				○		○	
自然石(練)	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時					○		○
鉄線カゴ類	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時			○	○	○	○	
木工沈床	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時		○					
水 制	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時					○		
コンクリート	計画高水流量流下時	←						→
	被災洪水のピーク時				○	○	○	

注) データが不明な事例は除外

図-3 工法と流速・被災事例の関係

(3) カゴ工の覆土の状況

近年、植生の早期回復や景観の保全等を目的とした、カゴ工の補助工法としての覆土工の採用が多くなっている。平成8～10年度において全国で施工されたカゴ工のうち、河道特性(セグメント)毎に、覆土を行った箇所の件数を見てみると、直轄ではセグメント2-1での採用件数が比較的多く見られるが、セグメント3で3割の箇所で採用され若干高いものの、他のセグメントでは相対的には1～2割程度の採用率となっており、顕著な差はみられない。一方、補助では、セグ

メント1での採用件数が多く見られるが、相対的にはいずれのセグメントでも、4～5%程度の採用率となっている。〔図-2〕

(4) 覆土工の構造等

多自然型川づくり実施状況調査から、覆土工を併用した工法を見ると、直轄ではカゴマットが最も多く、次いで連節ブロックを採用している。一方、補助ではカゴマットが圧倒的に多く、次に植生ブロックが採用されている。

(5) 覆土工の被災事例

平成10年10月に実施した「多自然型川づくり実施状況調査・追跡調査」の「被災調査」で報告された事例をみると、直轄40件、補助25件である。

被災した事例の内訳を工法別に見ると、覆土の被災が多い。

「被災洪水のピーク時」における流速に着目すると、被災は、1.5m/s以上の範囲でみられる。〔図-3〕

被災原因として、「多自然型河岸防御工の洪水時挙動（平成7年8月）、建設省土木研究所」では、洪水により多自然型河岸防御工が変形した事例を個別に分析しており、覆土工法について以下のようにまとめられている。

●洪水に対する強度について

覆土工法は、既設護岸等の上に河床材料や工事発生土、場合によっては客土を盛土して、緩勾配化するとともに、表面に植生が再生することを期待した工法で、覆土自体は治水機能を持たない。

このため、他の工法に比べ洪水時に流出しやすい傾向があり、特に急流河川において顕著に表れる。

●植生等による補強効果について

覆土の表面に植生を繁茂させたり、植生ネットをおくことによって流水に対する耐浸食性が向上するが、流速が著しく大きい場合などでは、表面に植生があっても覆土が流出した事例もある。

●河道特性と覆土の適応性の関係について

覆土材料の安定性は流水のせん断力と材料の限界掃流力の大小により決まるので、大きなせん断力の発生する急流河川では覆土材料に大粒径のものが要求される。緩勾配化、多孔質化など、覆土工法と同様の効果を得るものならば、強度の点で覆土よりも有利な工法、例えばカゴ工等を用いるべきであると言える。カゴ工の隙間に粘着性土などで間詰めしておけば、そこに植生の再生を期待することができる。

(6) 覆土工の課題

以上をまとめると、次の課題があげられる。

- ・覆土工は、表面に植生が再生することを期待したもので、他の工法に比べて、洪水時に流出しやすい。このため、どこでも採用できるものではなく、河道特性を考慮した上で採用の可否を検討する必要がある。
- ・事例の中には、急流河川で採用しているものがあるが外力の度合いから被災する可能性は極めて高い。また、緩流河川では、洪水時の流速が遅いために、

かくし護岸としてのカゴ工等を必要としない場合もある。このため、覆土工やかくし護岸の適用の範囲を定めておく必要がある。

- ・覆土工はこれまでの結果から概ね流速3.5m/s以上で被災が多くなっているが、植生の状況や工法によっても耐流速性が異なる。このため、植生の回復状況を考慮した上で覆土の適用範囲を設定しておくことも必要である。
- ・覆土は植生が回復することである程度の外力に耐え得る場合があるが、植生回復の方法の違いによっては法面や法止めを補強することで耐流速性を高めることができる。河道特性や植生の回復状況を踏まえた補強工法の適用範囲も設定しておく必要がある。

3. 覆土工の構造等による分析

平成11年度のアンケート結果を建設省と都道府県に区分した上で、補強工法の有無や施工位置により、Aタイプ（補強工法無し）、Bタイプ（法面部に補強工法有り）、Cタイプ（法尻部に補強工法有り）、Dタイプ（法面部及び法尻部に補強工法有り）の4タイプに分類し、そのタイプ毎にセグメントと被災の有無、流速、施工位置について、それぞれ分析した。なお、法面部の補強工法としては、植生シート、法枠など、法尻部の補強工法としては、木柵、捨石などが施工されている。

(1) 覆土工法の被災状況

被災の有無では、補強工法を法面部と法尻部の両方に行ったもの（Dタイプ）は被災が無く、補強工法の効果が見られる。

セグメント別に見ると、覆土工の採用率が高いセグメント1から2-2の範囲では、Aタイプの被災件数が比較的多いものの、B、Cタイプの被災も少なからず発生している。

また、セグメント1から3における被災件数は、徐々に減少している。〔図-4、5〕

(2) 被災時の流速と施工位置

平成11年度アンケート結果のうち、被災時の流速と施工位置が判明している事例を対象として、タイプ毎の耐流速性について分析する。

①Aタイプ

Aタイプでは、水裏部で流速1m/s、水衝部で2m/s程度で被災している事例がある一方で、水衝部、水裏部で流速4~5m/sでも流出していない事例もあり、流速との明確な関係は見られなかった。

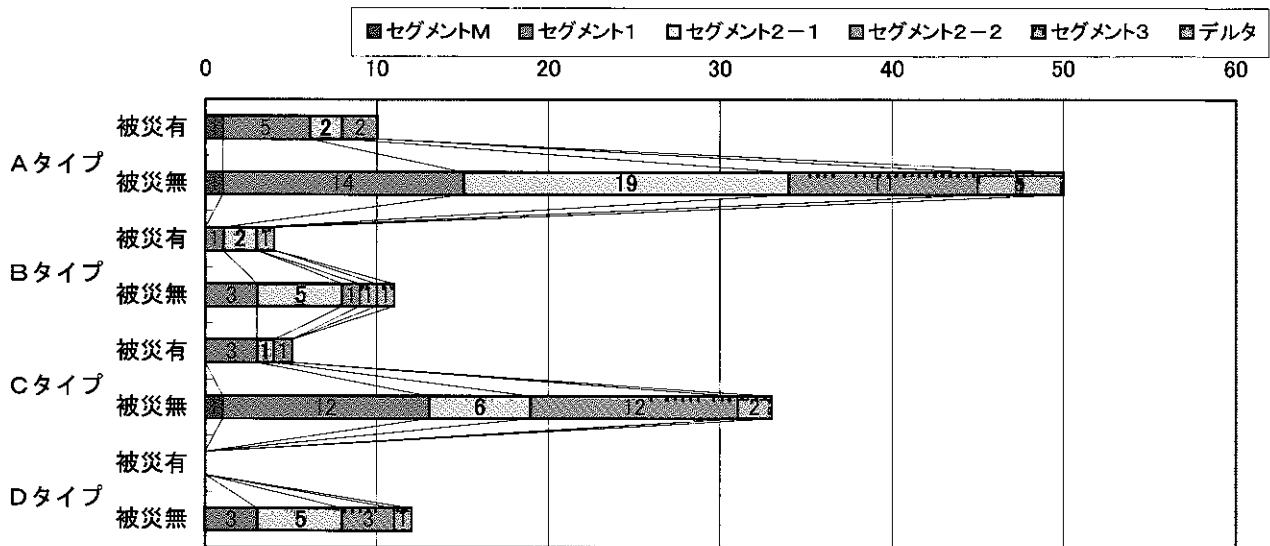


図-4 覆土工法のタイプ別被災・セグメント分類

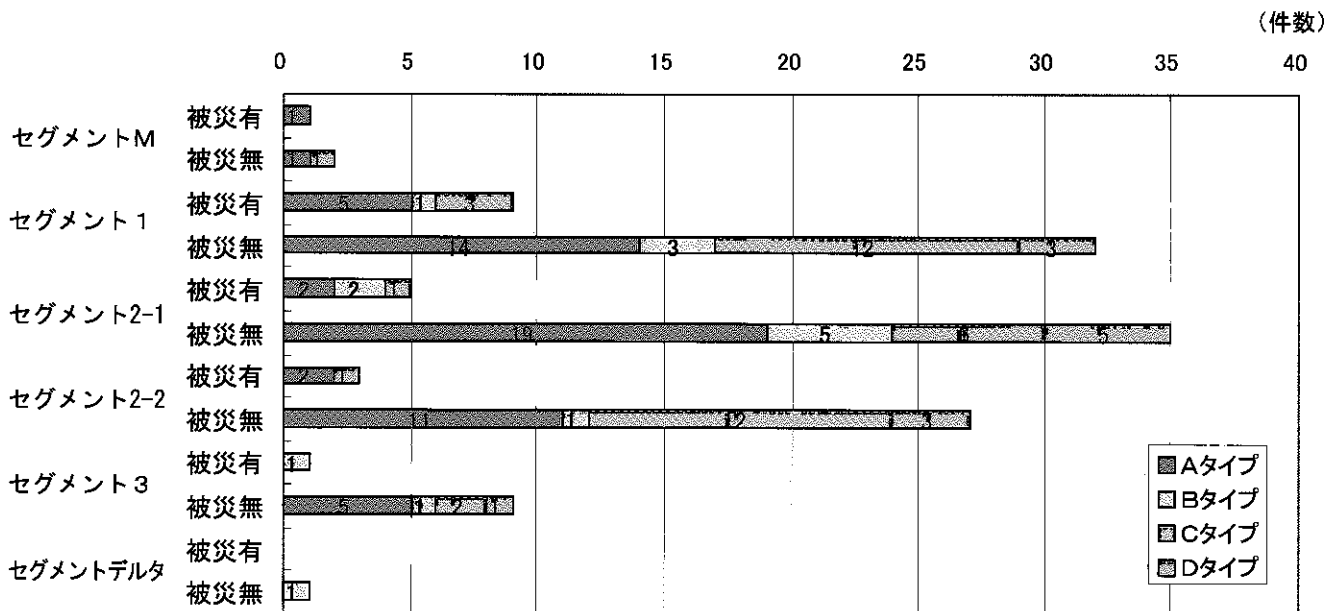


図-5 覆土工法のセグメント別被災・タイプ分類

②Bタイプ

Bタイプでは、水衝部、水裏部とも流速1~3m/sで被災はみられないが、3m/s以上で被災している事例がある。

③Cタイプ

Cタイプでは、水衝部で流速1m/sで被災している事例は見られるものの、被災の発生する割合は低くなっている。

④Dタイプ

今回のデータにおいては、水衝部、水裏部、直線部ともに4m/s程度でも流出していない。

各タイプの特徴として、Aタイプは、ピーク時流速が低い場合でも被災が見られることから、堀込み河道で直線部や水裏部などの限られた箇所に用いるべきであると思われる。

Bタイプは、法面部の補強を行うもので法面全体の

浸食防止に効果があり、1～3m/s で被災が見られないことから、Aタイプより浸食防止効果が高く、築堤河川にも拡大できると思われる。

Cタイプは、法尻部に補強を行うもので洗掘防止効果が大きく、被災の発生割合はA、Bタイプに比べ低くなっていることから、掘込み河道の水衝部でも適用が可能と考えられる。

Dタイプは、BとCの併用であり、築堤河川の水衝部にも適用が可能と考えられる。

〔表-2〕

4. カゴ工法における覆土工の効果の分析

カゴ工法の補助工法として覆土等を施工した箇所と施工しなかった箇所における施工後の土砂の浸食・堆積、植生の回復などの状況変化について、九州地方整備局管内の大河川と中小河川を対象に調査を行い、河道特性に応じた覆土工の効果について評価・分析を行った。

①セグメント別件数と覆土工法の有無

全体でのカゴ工を行った箇所を見るとセグメント1が最も多く、次いでセグメント2である。そのうち覆土を行った箇所は6割強であり、セグメント別ではセグメント2-1での施工が多い。〔図-6〕

②植生回復の有無

覆土工を行った箇所と覆土工を行っていない箇所での植生回復の状況を見ると、覆土を行った箇所では植生が回復している割合が高い。覆土工を行っていない箇所では回復度が低い。〔図-7〕

③施工位置からみた植生回復の状況

カゴ工を施工した位置から植生回復の状況（写真判断による）を見ると、覆土工を行った箇所では植生回復がみられるのは緩やかな湾曲部の水裏部が多い。また、覆土工を行っていない箇所では植生の回復がみられているのはごくわずかで、大半が植生が回復していない。〔図-8、9〕

表-2 タイプ別の被災時の流速と施工位置

Aタイプ

流速 m/s	1～2		2～3		3～4		4～5		5～	
被災	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
水衝部		3	2	7	2	4		1	1	
水裏部	1	1	1	1	1			1		
直線部		1		1		1				

Bタイプ

流速 m/s	1～2		2～3		3～4		4～5		5～	
被災	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
水衝部		1		2	1	1				
水裏部		1			1	1			1	
直線部										

Cタイプ

流速 m/s	1～2		2～3		3～4		4～5		5～	
被災	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
水衝部	1	6		4	2	2		2		
水裏部		1		3		1		1		
直線部			1							

Dタイプ

流速 m/s	1～2		2～3		3～4		4～5		5～	
被災	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
水衝部		2								
水裏部		2				1				
直線部										

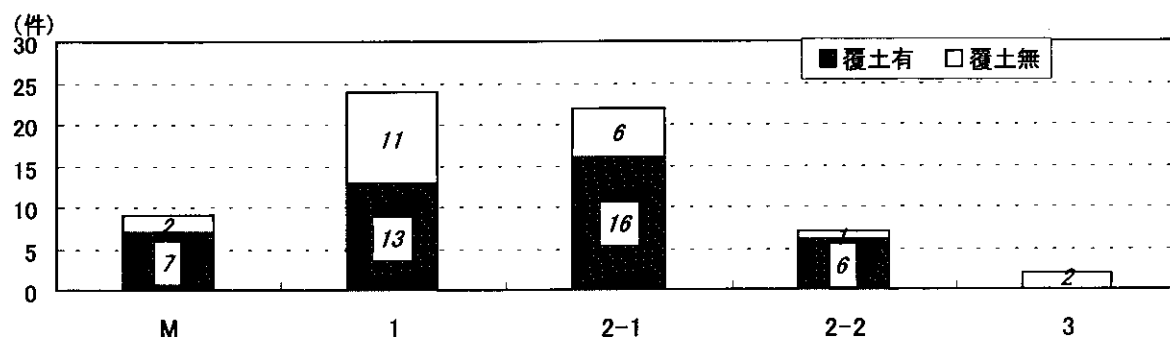
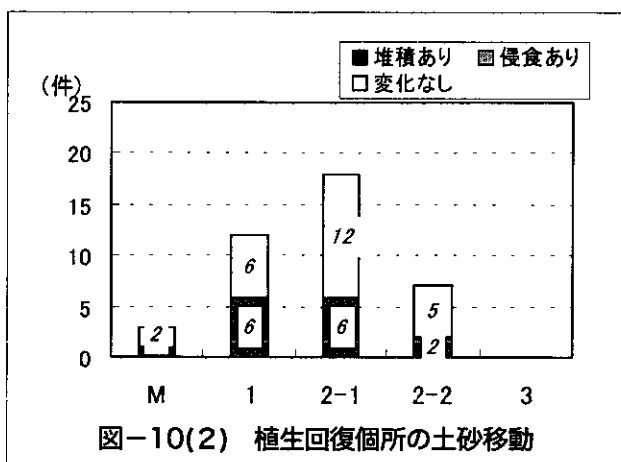
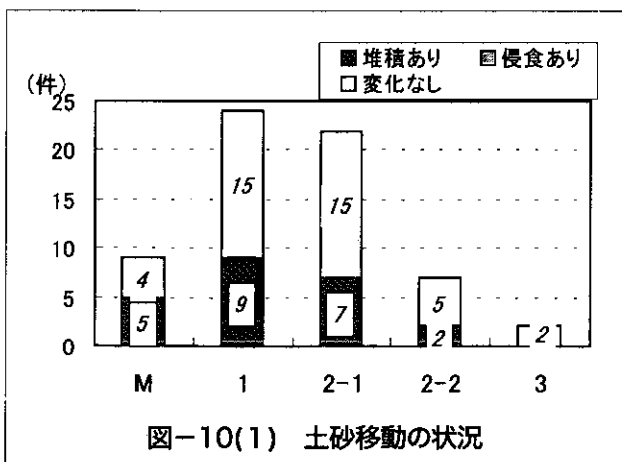
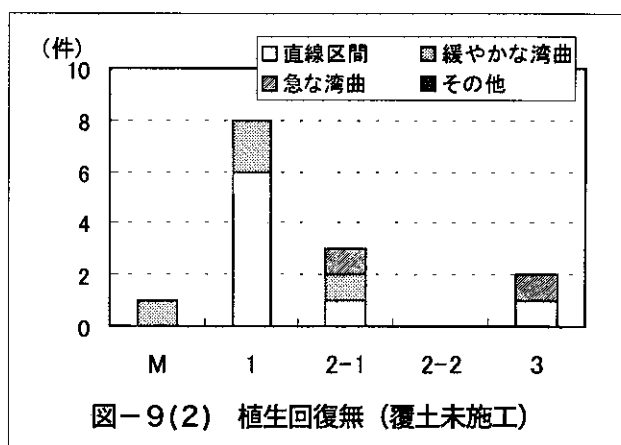
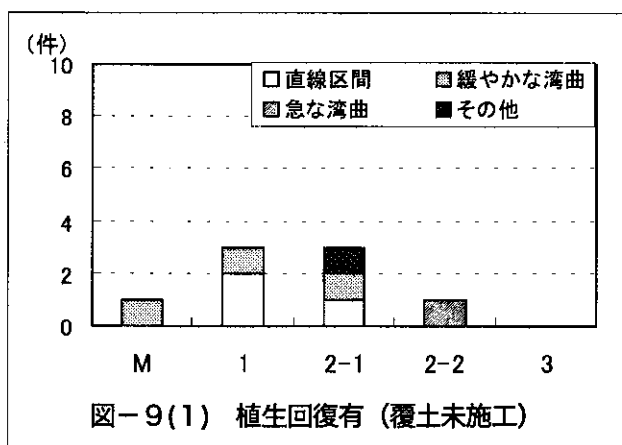
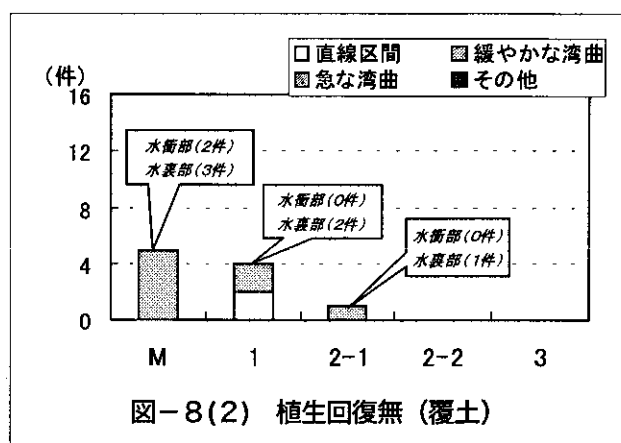
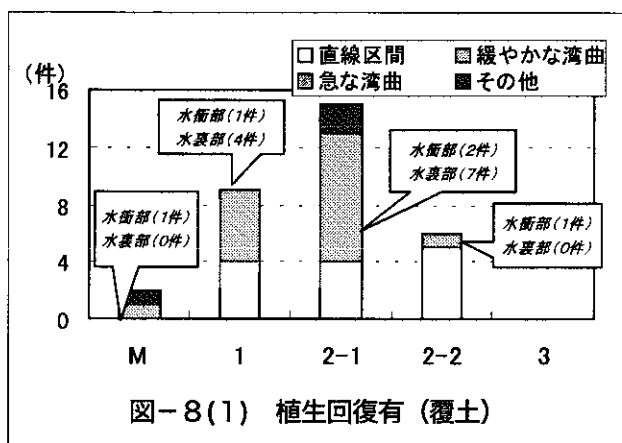
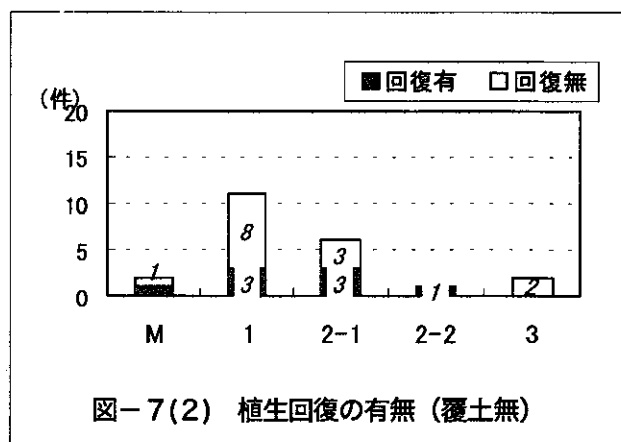
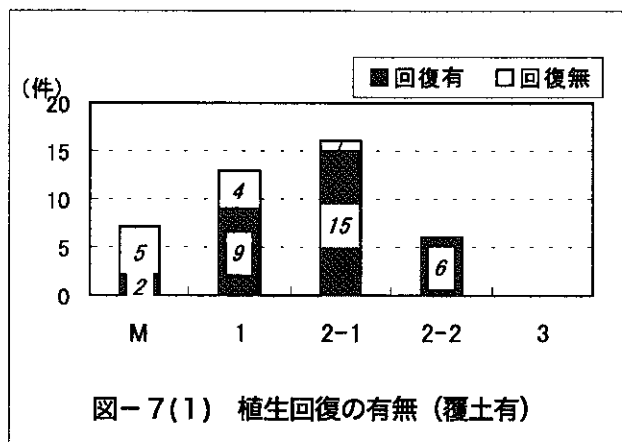


図-6 覆土工法の有無



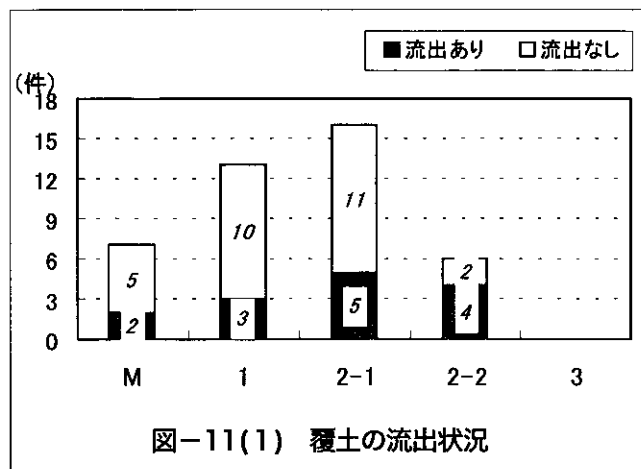


図-11(1) 覆土の流出状況

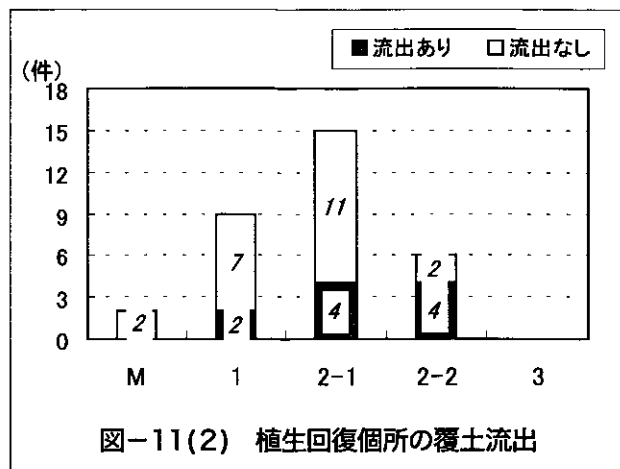


図-11(2) 植生回復個所の覆土流出

④土砂の移動と植生回復の状況

植生が回復した箇所における土砂移動について見てみると、「堆積有り」は4割弱で、カゴ工を施工した全体箇所での「堆積有り」とほぼ同様な割合となっており、植生の回復と土砂の堆積の関係は明確にはなっていない。〔図-10〕

⑤覆土の流出と植生回復の状況

覆土が流出した事例は3割程度であり植生回復箇所でも同程度の流出が見られ、明確な差は見られない。〔図-11〕

5. 覆土工の適用範囲の検討

上記の分析結果を踏まえ、覆土工の河道特性からみた適用範囲や河道特性に応じた浸食防止方法等の採用の適否を検討し、図-12のフロー図のように示す。

まず、セグメント分類による検討を行い、セグメント1、M及び3については覆土を適用しないものとする。

次に、ピーク時流速の範囲による検討を行い、3.5 m/s 以上では、覆土を適用しないものとする。

さらに、湾曲部、水衝部、掘り込み、築堤等の状況により、覆土工法の補強工法について適用を検討することで、覆土を実施する際の適否や補強工法の選定について、基本的な考え方を示すことができる。〔図-12〕

6. 結論

近年の多自然型川づくりでは、カゴ工法が多く見られ、植生の早期回復等を目的とした覆土工の採用も多く見られるが、セグメント1～2での採用事例も多くあり中小洪水での覆土流出等の被災も見られる。しかし、法面部、法尻部に流出防止の補強工法を実施したものは被災が見られず、防止効果が見られる。

九州地方整備局管内での事例を分析したところ、覆土工により植生の回復に効果が見られた。

これらの分析をもとにセグメント分類、ピーク時流速、河道の線形、特性等による覆土の採用の適否及び補強工法の選定の考え方を示した。

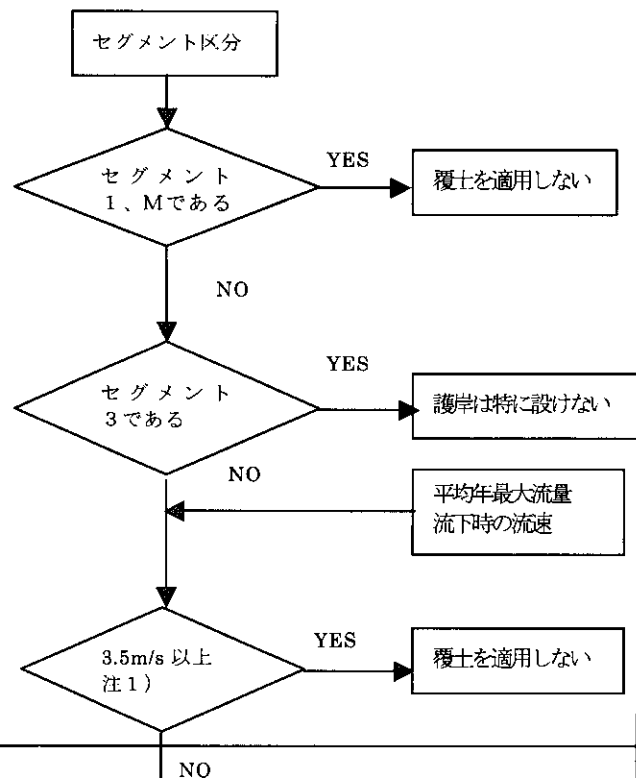
7. おわりに

今回、実際の現場での施工例をもとに、セグメント分類、ピーク時流速、河道特性による覆土工の選定についてのフロー図を提案しましたが、限られた現場数の中で、必ずしも十分なものにはならなかったと思います。今後、多くの現場での事例をもとに、さらに使いやすいものにしていく必要があると考えておりますので、考え方の一つの例としてご利用いただき問題点などをご指摘いただければ幸いですと考えております。

本研究を進めるにあたって、ご指導、ご助言を頂きました国土交通省河川局、九州地方整備局並びに施工事例の調査にご協力して頂きました関係各位に対し、深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 池内幸司・増田信也・浅利修一・北田健夫・館 敏彦(1999): 多自然型川づくりにおける河岸部の被災に関する調査、リバーフロント研究所報告第10号
- 2) 館敏彦・池内幸司・小林浩一・竹内義幸・荒川晴夫・小松豊(2000): 多自然型川づくりにおける水際の工法に関する事例分析について、リバーフロント研究所報告第11号
- 3) 宇多高明・藤田光一・平林桂・是沢毅(1995): 多自然型河岸防御工の洪水時挙動、建設省土木研究所



凡例

補強工法	
A タイプ	補強なし
B タイプ	法面部に補強工法あり
C タイプ	法尻部に補強工法あり
D タイプ	法面部および法尻部に補強工法あり

注 1) 財団法人リバーフロント整備センター(1999):多自然型川づくりにおける河岸部の被災に関する調査、リバーフロント研究所報告書第 10 号より

注 2) 補助工法については、「護岸の力学設計法」などで構造の安定が照査できるものについては、現況の水理条件に応じて安定性を照査するものとする。

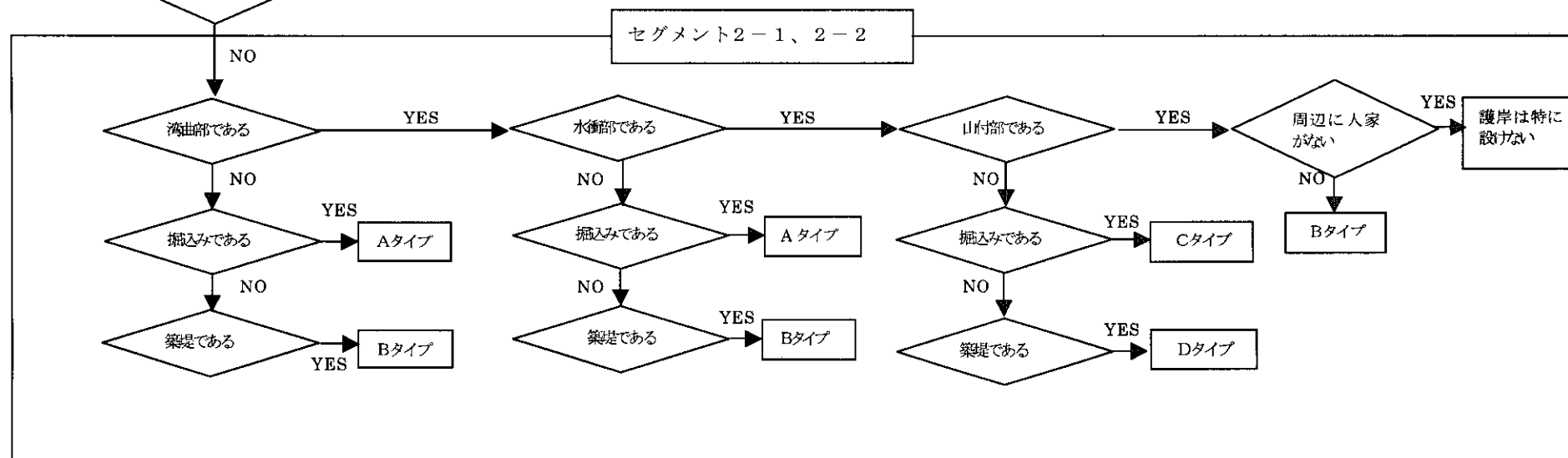


図-12 覆土工の適用区分