

多自然型川づくり河道模型制作手法について

研究第二部 主任研究員 美 寺 寿 人
研究第二部 次 長 関 克 己
研究第二部 主任研究員 樋 口 経 太

1. はじめに

平成2年度より全国的に展開されている多自然型川づくりは、各地におけるパイロット事業の進捗や拡大にともなって、河川工学面、生物学面、景観面や施工手法など基本的事項にかかる技術的知見が蓄積され、自然環境や景観に配慮した川づくりの要件が次第に解明・整理されつつある。

しかしながら、河川の特性に応じた変化や多様性を特徴とする多自然型川づくりでは、計画・設計・施工の各段階の検討にあたり、従来の検討手法や設計図書だけでは、河道とこれに対応する生物の生息の場の状況などが十分に表現しえないことがあるので、設計意図やイメージの伝達に支障が生じたり、各段階での、あるいは技術者相互の意見交換や意見疎通が十分に得ないなどの問題点も指摘されている。

そこで、三次元での表現特性に優れた模型による検討手法を多自然型川づくりに取り入れ、設計内容の検討や施工指示などにも援用できるよう、河道模型の製作手法や基本形状を検討し、設計・施工段階のツールとして活用していくことによって、従来の設計図書や検討手法の短所を補い、さらに「楽しく・簡単に」をチャッチフレーズに、多自然型川づくりに携わる技術者自身が簡便に製作でき、設計・施工段階の円滑化に寄与できることを目標とした。このことは、すなわち、デザインの管理やその価値の位置づけをする事でもある。

よって本研究は、河道模型の活用方策や縮尺（スケール）そして、模型の基本構成（台板、基盤材、自然環境部材、点景部材の素材や製作手法）などについて検討を行った。

模型で表現する必要のあるモノとしての対象は、①河川の地形②生物の生息空間としての場であり、①はその形成要因から河道全体、低水路、砂礫帯、水際線、窪地などがある。両者の場の持つ特性を容易に表現するために河川と模型の縮尺との関連をまず、検討することが重要である。

そこでここでは模型製作の中で重要な縮尺（スケール）の検討を中心に述べる。

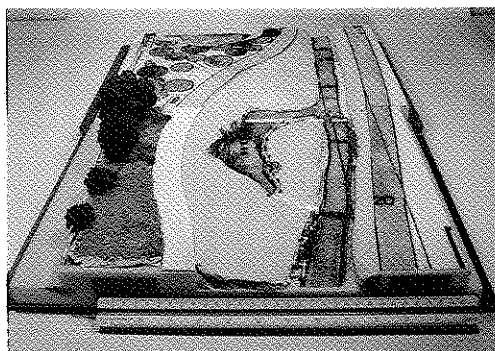


写真 多自然型川づくり河道模型試作品

2. 多自然型川づくりにおいて模型の位置づけ

多自然型川づくりにおいて調査・計画段階から設計・施工・追跡調査に至る各段階における課題を整理するとともに、模型が役割を果たせるか様々な観点から整理した。その結果を、表-1に示す。

表-1より各段階での役割を果たすことが可能であるとともに、全体をつなぐ面からも役立つことがわかる。

表-1 多自然型川づくりにおける課題と河道模型による援用の適性

調査/計画/設計/施工段階の区分	多自然型川づくりにおける主要課題	河道模型の援用適性	摘 要
全般的事項	▷多自然型川づくりの特性に応じた検討手法・表現手法の確立	① 対象箇所の特性に応じた整備手法を個別に考える作業と従来の検討手法を補充する手立ての確立	○ ・図面+河道模型+パース+写真などによる総合的・多面的な検討手法の確立
		② 関連分野からの技術的援用や専門家と意見交換を行うための推進体制（共通の言葉・検討素材）の整備	◎ ・専門分野が異なっても理解できる共通の言葉・検討素材として河道模型を活用
		③ 多自然型川づくりの設計思想を具現化していくために、施工段階に重要事項や留意点を伝えるための的確な表現手法の検討	◎ ・三次元的な変化が目で見えてわかり、その場で具体的な箇所を指摘できる長所の活用
事前調査	▷河川環境の特性を効率よく把握・整理するための調査手法やチェックリストなどの整備	① 多自然型川づくりに必要な調査項目と調査方法の検討	・別途検討が必要
		② 調査資料の蓄積と活用方法の検討	・別途検討が必要
基本方針の設定	▷多自然型川づくりの理念と調和した河川環境の整備と保全	① 河川環境を高めるために必要な水辺空間の全体像の把握	○ ・小縮尺模型による鳥瞰的な全体把握
		② 人の利用空間と自然環境保全空間の適正な設定と配置計画	○ ・小縮尺模型による全体把握と中縮尺模型による要所の把握
		③ 多種多様な生物に生育基盤を提供できる整備手法の検討	○ ・水界から陸域にかけての連続的な生育基盤形成の検討
河道計画	▷河川特性と調和した変化や多様性のある河道の最適形状の検討方法	① 平面計画上の留意点と具体的な蛇行形状や水際線の出入りの付けた	◎ ・河道模型によるシミュレーションや専門家からの指導素材
		② 平面計画、縦・横断計画と調和した河川形態型の変化（瀬と淵の配置）	◎ ・ ” ” ”
		③ 外力や自然環境、固有の景観に配慮した横断形状の変化	◎ ・ ” ” ”
		④ ワンド・分派など河道内における特徴的な変化の与えかたや設置位置	◎ ・ ” ” ”
工法検討	▷導入する工法の妥当性や環境・景観変化の事前評価	① 導入工法の種別・施工範囲について、河川工学や生物学などの専門家から具体的な指導を仰げるよう、施工前に評価できる検討体制や手法の確立	◎ ・ ” ” ”
		② 導入工法による自然環境への影響や景観変化の事前予測と最適工法の選定	◎ ・ ” ” ”
		③ 河川類型や対象生物毎の適応工法の検討	・別途検討が必要
設計段階	▷整備イメージの確認、設計意図などの表現・伝達方法の工夫や改善	① 設計者が整備イメージや経年変化を予測しながら設計できる手法の確立	◎ ・図面からイメージしにくい三次元の連続的な変化の把握
		② 事例写真、イメージスケッチなどによる設計図書の補充	△ ・各種手法の相互補充や視点場などの設定・検討
		③ CG、模型など三次元的な表現特性に優れた表現・伝達方法の導入	◎ ・各種手法の相互補充や視点場などの設定・検討
		④ 設計・発注・施工者間でコミュニケーションが図れる設計手法の導入	◎ ・目で見えてわかり、その場で具体的な箇所を指摘できる長所
施工段階	▷実情にあった施工手法、現場監理手法の開発	① 代替材料や機械化施工の導入・開発	△ ・代替素材を導入した場合の景観シミュレーションなど
		② 既設護岸や建設廃材のリサイクル法の開発	・別途検討が必要
		③ 現場指示や現場打合せを簡略化するための援用手法の開発	○ ・河道模型を用いた事務所打合せなど
		④ 工法毎の検収や出来型管理方法の検討	○ ・河道模型による事前検討や打合せ
追跡調査	▷調査結果の解析と計画・設計・施工各段階へのフィードバック	① 科学的で実用的な調査・解析手法の検討	
		② 河道計画・設計の際の資料としての活用	○ ・河道模型によるシミュレーションや専門家からの指導素材
		③ 施工方法など現場へのフィードバックの充実と的確な伝達手法の確立	◎ ・河道模型を用いた要点的説明や伝達など

注：河道模型の援用適性 ◎：援用が大いに期待できる、○：援用が期待できる、△：間接的な援用が期待できる、無印：別途援用手法の検討が必要

3. 河道模型の縮尺および表現内容の検討

模型で表現する必要があるモノは、①河川の地形②生物の生息空間としての場であり、①はその形成要因から河道全体、低水路、砂礫帯、水際線、窪地などがある。両者の場の持つ特性を容易に表現するために河川の規模と模型の縮尺との関連を検討する。

縮尺設定を決定する際にまず、模型の製作・表現上における一般的な活用条件と制約条件を整理する必要がある。

① 模型の表現内容や再現範囲・精度は、まず縮尺によって制限・規定される。次いで、製作に投入できる作業時間、費用、材料の加工性、製作者の技量、作業スペースなどによっても、ある程度左右される。

② 模型の縮尺と表現内容の関係は、設計図面や地図などと同様に、大縮尺模型（例えば1/10~50）になればなるほど、対象箇所を大きく詳細にかつ実形に近く表現できる。ただし、対象箇所の周辺区域を含めた大縮尺模型を製作するには、スペースや時間などを多く要するので、大縮尺模型の製作範囲は、比較的、狭い範囲に限られ、模型化できる範囲と模型で表現できない周辺状況との脈絡は把握しづらくなる。

③ 反対に、小縮尺模型（例えば1/500~1,000）になるほど、対象箇所は小さく総描され、詳細はばやけるが、周辺環境を含めた範囲を表現できるので、対象箇所における全体イメージの把握は容易になる。

④ 今回研究を行った多自然型川づくりにおける模型製作は、計画から実施段階に至る過程での、形態検討や設計意図・施工イメージを伝達するための手段・道具であることから、河道模型についても、図面と同様に計画や設計の進捗段階に応じて、漸次、縮尺を変えながら、小縮尺の全体模型から大縮尺の部分模型へと、複数の模型を作り替えながら検討を進めていくのが理想的である。

⑤ しかし、現実面では、通常の計画・設計作業に課せられた時間的・経済的な制約のなか

で、検討を進めていかねばならないことが多いので、1ヶ所の多自然型川づくり対象箇所について、進捗段階毎に縮尺を変えながら、多数の河道模型を製作することが難しい場合もあり得る。

⑥ そこで、河道模型を1~2点しか製作できない場合の縮尺設定に際しては、

- a. 製作目的や活用方法に応じて、縮尺によって規定される表現特性を使い分ける。
- b. 図面などの二次元的手法では表現困難な内容を中心に模型で表現することなどを基本としながら、河道模型の縮尺を適切に定めていくことが重要である。

以上のことを表-2に縮尺区分による表現特性の比較としてを示した。

つぎに、河川の持つダイナミズムや広がりなどの空間特性と模型の縮尺との関連を整理する。

① 河道模型の場合、対象とする河川のスケール（河幅や空間のひろがり）などの空間特性が大きな要素となる。その場合、配慮すべきこととして、一般に大河川では、河幅など水平方向の広がりが大きくなるが、山付区間を除く大半の箇所では、垂直方向の比高は相対的に小さいことがあげられる。

② 製作スペースなどの制約から、大河川を対象に小~中縮尺模型を製作した場合、堤防天端~河床の比高が模型上で小さく表現され、河岸の起伏など垂直方向の要素によって規定される状況が的確に表現されないケースも考えられる。

③ したがって、河岸の起伏など垂直方向の決定要素を重視する場合は、平面方向における必要範囲など他の表現要素を勘案しながら、例えば1/100など、一定以上の再現精度を有した縮尺を選定することが重要である。

図-1に河道模型の縮尺による表現特性のモデルを示した。

縮尺の絶対的な基準はないので、目的や具体的な表現内容に応じた縮尺を選定することが重要である。各段階におけるそれらの縮尺は、次

表-2 縮尺区分による表現特性の比較

縮尺区分	標準的な縮尺	製作・表現上の活用条件	製作・表現上の制約条件	幅50m×延長200 mの再現に必要なスペース(H)と比高5 mの模型表現寸法〔V〕
小縮尺模型	1/1000 ~1/500	<ul style="list-style-type: none"> 沿川状況を含めた全体イメージの表現や把握に適した縮尺 河川の規模にもよるが、比較的、小スペースで製作可能 微細な加工はできないが、広い範囲の概略形状を表現した模型は、比較的、短時間で製作可能 	<ul style="list-style-type: none"> 河道の平面形・横断形の概況は表現できるが、微地形の表現は困難 河道の整備イメージについて、同縮尺の図面からでも想起できる場合もある 河岸の微起伏や護岸工の詳細などは表現困難 樹木や護岸などは、記号や省略化した表現となるため、景観検討用途には不適當 河幅の狭い小河川では、製作に要する手間に比較して活用効果があまり期待できない場合もある 	(単位: cm) > 1/1000 H: 5×20 V: 0.5
				> 1/500 H: 10×40 V: 1.0
中縮尺模型	1/300 ~1/100	<ul style="list-style-type: none"> 全体イメージと各部位の形態の特徴とが、比較的、バランスよく表現できる縮尺 水際線の出入りや河岸の起伏など河道形状の三次元的な変化について、ほぼ的確に表現できる 1/100程度を採用すれば、護岸など構造物の概ねの形状なども表現できるが、詳細表現については製作に技術と時間が必要 樹木の樹形や植生の概況も表現できるので、景観検討にも活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 製作や設置に比較的、大きなスペースが必要である 河川の規模と縮尺にもよるが、表現範囲が片岸などに限定される場合もある (大河川を1/100で表現する場合、堤内地を含めた広範囲を模型化することは、大きな製作スペースを必要とすることから現実的には困難) 	> 1/300 H: 20×70 V: 1.7
				> 1/200 H: 25×100 V: 2.5
				> 1/100 H: 50×200 V: 5.0
大縮尺模型	1/50 ~1/10	<ul style="list-style-type: none"> 全体状況の表現よりは、部分の詳細表現に適した縮尺 河道形状の三次元的な変化について、施工段階に必要な詳細までの確に表現できるが、広範囲の表現には適さない 護岸など構造物や自然石などの形状・寸法の表現が可能であり、施工指示にも活用できる 	<ul style="list-style-type: none"> 製作や設置に大きなスペースが必要である 河川の規模にかかわらず、広い範囲を模型化することは現実的には困難であり、局所的な範囲の表現に限定される 表現精度を重視する場合、製作時間や製作技術が必要 	> 1/50 H: 100×400 V: 10.0
				> 1/30 H: 170×670 V: 16.7
				> 1/10 H: 500×2000 V: 50.0

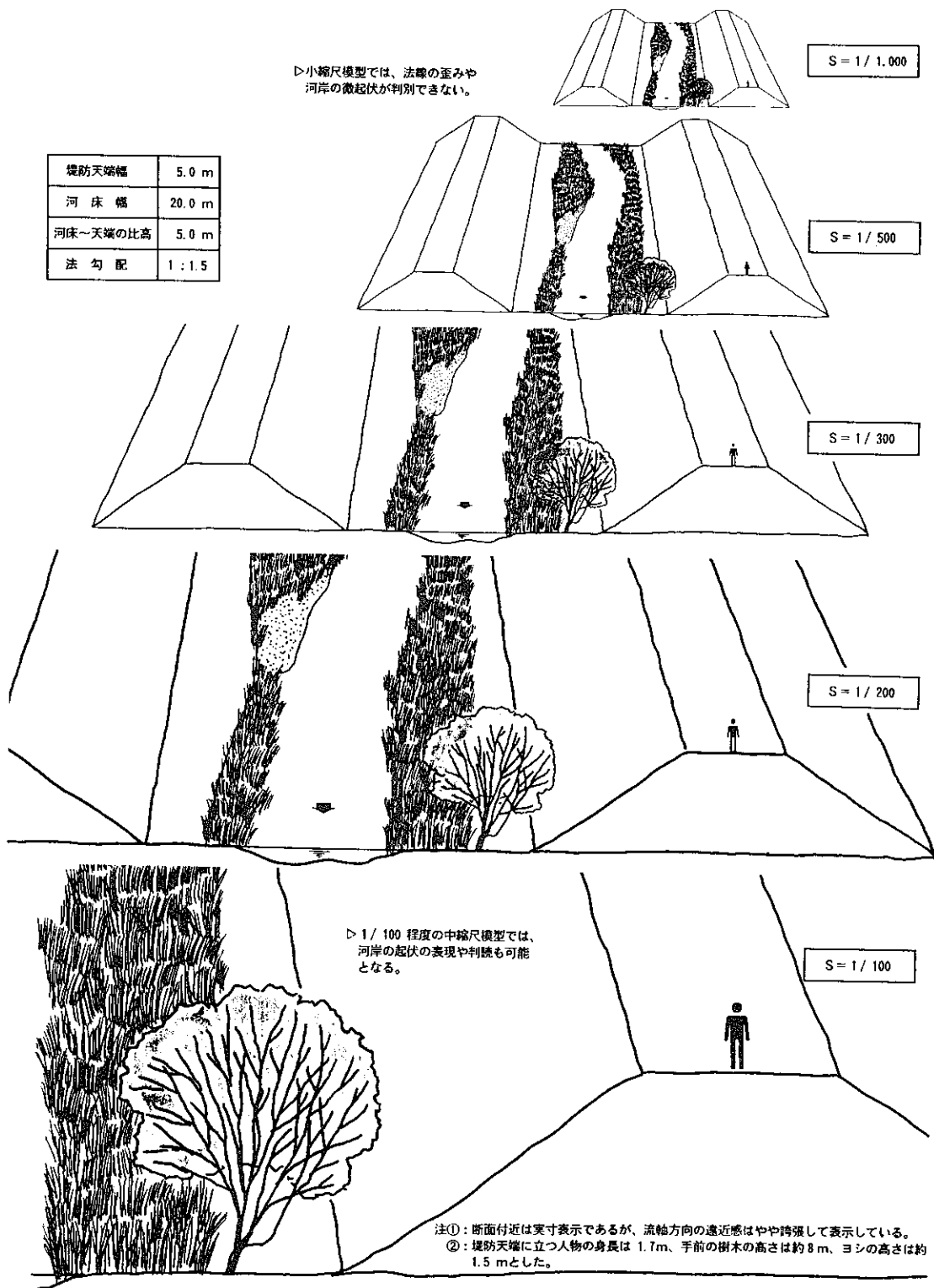


図-1 河道模型の縮尺による表現特性のモデル図

の通りである。

- ① 全体計画の検討段階：河道の基本形状の特徴を表現できる縮尺
- ② 概略設計段階：施設など構成要素の形態的な特徴がわかる縮尺
- ③ 詳細設計～施工段階：詳細の特徴を的確に表現できる縮尺

計画や設計の初期段階から詳細な大縮尺模型をつくる必要性は乏しいし、また、基本方針や河道形状など基本的な事項が定まるまでは、詳細模型を作ること自体に無理が多い。模型による設計支援が比較的、普及している建築などの分野においても、縮尺を決定する絶対的な基準はなく、地域計画・都市計画などが1/500以上、建築計画が1/150～1/500、詳細計画が1/1～1/50縮尺などが一般的な目安とされている。

河川の場合には、全体計画が1/1,000～1/5,000、実施計画が1/500～1/2,500、詳細計画が1/10～1/100などが多く見られる。

多自然型川づくりにおける河道模型の縮尺についても、検討過程、製作目的、表現内容、対象河川の規模や特徴などを総合的に勘案しながら、進めることが大切である。

図-2は、基本計画から詳細設計に至る検討の各段階毎に主な製作目的を設定し、河道模型による具体的な表現内容を整理しながら、河川の規模を考慮に入れた縮尺を例示したものである。縮尺設定の要件と標準的な縮尺は次のとおりである。

- ① 全体計画の検討段階：1/1,000～1/300前後
 - a. 直線区間や湾曲区間など平面形の基本形状、水衝部など河岸防御が必要な治水上の重要箇所が表現できること。
 - b. 築堤・掘込河川の種別や横断構成など基本的な横断形状が表現できること。
 - c. 対象箇所を特徴づけるワンドや分派、河岸や護岸勾配など概況の表現は必要であるが、

護岸や樹木など構成要素個別の形態や色調については、記号化や省略してもよいと考えられる。

- d. 河川空間の類型区分として、人の利用を誘導する整備ゾーンなのか、自然環境の保全や創出を優先する保全ゾーンなのかを判別できることが望まれる。
- ② 概略設計の検討段階：1/300～1/100前後
 - a. 基本的な河道形状に加えて、河床形態型、水際線や護岸法線、河岸の起伏など対象箇所の河川特性を形成する諸要素について、形態的な特徴の表現が必要である、河床材料の種別や色調もできるだけ表現できることが望ましい。
 - b. 護岸工や河川敷の植生などについても、形状や種別、概ねの位置などの判読ができることが必要である。
 - c. 寸法や構造面での再現精度は、極端な違和感が感じられない程度に柔軟に対応する。
- ③ 詳細設計の検討段階：1/50～1/10前後
 - a. 基本的には、多自然型川づくりにおいて整備上のポイントとなる水際線付近の詳細形状や導入工法の構造・特徴などを表現するための部分的な模型としての利用を前提とする。
 - b. 前記①および②の基本形状や形態的な特徴に加えて、護岸工・根固工の諸元や使用する自然石など構成要素個々の標準的な寸法・形状・色彩とばらつきの許容程度、整備しようとする河道形状に則した具体的な配置位置の表現が必要と考えられる。
 - c. ただし、寸法や構造、質感の再現精度は、模型材料や加工方法によっても左右される。また、図面表示や実物を提示しての指示も可能であるので、大縮尺模型であるからといって、展示模型のように全体にわたって精緻なものをつくる必要はなく、製作目的や条件に応じた柔軟に対応していくこととする。
 - d. なお、部分模型をつくる部位と対象箇所の全体との調和を常に把握することが重要なこ

河道模型の縮尺		小縮尺模型		中縮尺模型		大縮尺模型						
検討段階と製作目的		1/1000	1/500	1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/50	1/30	1/20	1/10
全体計画	▷全体イメージの把握 ▷基本方針の設定 ▷河道計画の概略検討	■		■								
概略設計	▷河道計画の検討 ▷導入工法の概略選定 ▷施工者への概略説明			■		■						
詳細設計	▷導入工法の選定、諸元の設定 ▷施工者への詳細指示			■		■		■				
備考	※ 小縮尺から大縮尺へと段階的な製作ができないで、詳細設計段階で初めて模型を導入する場合は、詳細を略したラフなものでもよいので、全体や周辺環境を把握できる中縮尺模型を並行的につくることが望ましい。											

注①： ■：河幅100 m以上の大河川、 ■：河幅100 m未満の中小河川

②：上記の縮尺は目安であり、個々の河川の特性や多自然型川づくりの内容に応じた設定が必要と思われる。

図-2 河道模型における模型縮尺の目安

とから、製作条件が許される場合は、詳細を省いたラフなものでも良いので、1/300～1/100前後の中縮尺模型を並行的に作製していくことが望まれる。

また、各縮尺模型における表現内容をまとめると表-3のとおりとなる。

4. おわりに

最後に、本研究を進めるにあたり、実際に河道模型の試作を建設省熊本工事事務所の皆さんに協力して頂いた。試作を通じての感想は、「簡単に製作できるとともに、新たな川づくりの楽しさを感じられた。」とのことであった。

今後は、コンピュータグラフィックやフラクタル手法と連携させたり、あるいは、河川水辺の国勢調査による植生図や河道調査等の成果を活用して、生物の生息空間としての河川の場の

特性を表現できるように調査・研究を進めたい。

表-3 縮尺区分と各縮尺模型の主な表現内容

縮尺 区分	摘 要	主な製作目的	模型による表現が必要な要素と主な表現内容		河川の規模と縮尺設定の例	
			主な表現要素	表現が必要な具体的な内容（代表例）	大河川	中小河川
小 縮 尺 模 型	<ul style="list-style-type: none"> 概ね 1/500 程度までの小縮尺模型 河川の規模などによって異なるが、基本的な河道形状の特徴が表現できること 護岸や樹木などの形状は表現できなくとも可 沿川堤内地を含む範囲を模型化することを前提とする 	<ul style="list-style-type: none"> 全体イメージの把握 基本方針の設定 	<ul style="list-style-type: none"> 対象箇所の立地条件や周辺環境 河道の平面・横断形状と連続的な変化 河岸の概略形状と特徴的な変化 護岸工など構造物の施工範囲 自然環境や河川景観の類型 河川空間の類型区分 	<ul style="list-style-type: none"> 沿川土地利用の概況 直線区間、湾曲区間、水衝部の位置 築堤・掘込河川の種別 単断面・複断面の種別 護岸工の計画区間 河岸や護岸勾配の概況 河岸緑化や植樹が可能な概ねの範囲 ワンドや分派など河川を特徴づける地形の有無 利用空間や自然環境保全空間などの種別 	1/1000 ~ 1/500	1/500 (~ 1/300)
中 縮 尺 模 型	<ul style="list-style-type: none"> 1/300 ~ 1/100 程度の模型 水際線の出入りや河岸付近の微地形をできるだけ確に表現できること 法勾配は正確に表現する 河床材料、護岸工や樹木など主な構成要素の形態的特徴を表現できること 	<ul style="list-style-type: none"> 河道計画の検討 導入工法の戦略選定 施工者への戦略説明 	<ul style="list-style-type: none"> 平面・横断形状の特徴や連続的な変化 護岸工など構造物の施工範囲や位置 自然環境や河川景観の概況 	<ul style="list-style-type: none"> 概ねの河幅、低水路幅、河床形態型の区分 水際線や護岸法線の形状 河床材料の種別や色調 河岸や護岸の具体的な形状や勾配 護岸工など導入工法の種別 自然石など導入素材の概ねの寸法・形状・色調 自然石などの概ねの配置位置 緑化可能な具体的な範囲 樹木や草本植生の概ねの種別（樹姿・草丈） 	1/300 ~ 1/100	1/200 ~ 1/100
大 縮 尺 模 型	<ul style="list-style-type: none"> 1/50 程度の大縮尺模型 河岸などの細かい起伏に加えて、護岸の細部形状や基本構造、自然石の粒径、配置なども表現できること 模型化する範囲を限定した部分模型を前提とする 	<ul style="list-style-type: none"> 導入工法の選定、諸元の設定 施工者への詳細指示 	<ul style="list-style-type: none"> 平面・横断形状の詳細と連続的な変化 護岸工など構造物の形状、構造や寸法 構造物周辺の自然環境や河川景観の状況 	<ul style="list-style-type: none"> 河岸や河床の形状の詳細 水際線や護岸法線の形状の詳細 河岸の微起伏の状況 護岸工などの構造物の諸元・素材 自然石など導入素材の寸法・形状、色彩 自然石などの具体的な配置位置 緑化範囲と具体的な緑化工法の種別 樹木や草本植生の種別 	1/50 ~ 1/30	1/50 ~ 1/30

注：河川の規模の区分 大河川；河幅100 m以上、中小河川；河幅100 m未満を想定