

曾木の滝分水路設計における地形デザインの方法論に関する研究

Research on Methodology of Ground Design in Flood Diversion Channel of the Sogi Falls

遠山 浩由

Hiroyuki TOYAMA

The aim of this research is to find out the methodology of ground design for flood diversion channel of Sogi falls project. This is done as a part of an urgent project for disaster of extreme severity (GEKITOKU) in Sendai River. The project is required to control the flood, the landscape, and the amenity in a short term. Firstly, the actual condition of the flood diversion channel development in Japan was analyzed. This analysis is to locate the GEKITOKU project in the history of development. Secondly, the process of the project is outlined by the analyzing method after the analyses are classified into 6 stages. Finally, the technique of the ground design in this project is clarified and the knowledge about the ground design is obtained. The knowledge obtained here is considered as a contribution to not only the flood diversion channel design project but also other ground design projects.

Key Words: flood diversion channel, ground design, historical development, methodology, Sogi falls

1. 序論

1.1 背景

土木事業では扱う対象の大きさゆえ、今日における道路建設のための山地開削や洪水対策のための河道拡幅など、大規模な地形改変が一般的に行なわれている。それらの多くは、河川砂防技術基準など、基準化された土木技術に従って設計・施工される場合が多い。

しかし、矩形断面等による周辺地形と馴染み難い土木構造物が多く見受けられ、それらの見え方に違和感を覚えざるを得ない。基準に従うことや地形の履歴を真新しく塗り替える行為は否定しないが、“地形形状を改変することへの配慮”が対象物から感じ取れないことに疑問を覚える。土木事業が地形形状を大きく変えてしまう性格を持つ以上、土木技術者は地形形状を改変する行為、すなわち“地形のデザイン”に対して十分な配慮を行なうべきではないだろうか。中村良夫は交通行動における仮想行動の視点において、切土面に関して次のように述べている。



図-1 鹿児島県伊佐市曾木の滝

切土はあたかも自己が地形を切断しながら進んでいくような、筋感覚的抵抗を伴うものである。切土面と地形の接触の見えが鋭利なほど、この心理的機制は強く働くのである¹⁾。

中村は運転者の地形の見えから感じる景観体験に関して述べているが、筋感覚的抵抗という地形が観察者に与える心理的影響は、運転行動に限らず日常の中に溢れていると考える。筆者の疑問は、観察者に心理的影響を及ぼしやすい地形に対して機械的に地形改変を行い、自然に馴染まない形を創り上げていく設計思想にある。

一方、現在鹿児島県伊佐市（旧大口市）の曾木の滝周辺にて分水路整備が進められている（図-1）。この事業は、河川激甚災害対策特別緊急事業（以下、激特事業とする）の一環として行なわれている。事業の背景には、平成 18

年7月の薩摩地方北部を中心とした記録的な豪雨による甚大な家屋浸水被害がある（写真-1）。曾木の滝分水路整備事業は概ね5ヵ年間で（平成22年完了）を目標に実施されており、川内川本川における洪水の一部を分水路へ分担させる計画となっている。

さらに、分水路周辺は多くの観光客で賑わう観光地となっており、景観を配慮した分水路形状が求められ、平成19年7月より分水路の景観検討が行なわれている（写真-2）。激特事業であるため短期間で成果を求められているが、日本の放水路（分水路）開発史の中では比較的早い工期となっている。その条件の下、分水路の景観検討や議論はシームレスに行なわれ、現在施工の段階に至っている。

筆者は、曾木の滝分水路整備事業における景観検討手法を考察し蓄積する事は、一つの事例として今後の土木事業に対して有益な資料と成り得ると考えている。

1.2 目的

曾木の滝分水路整備事業において、シームレスな景観検討を可能としたのは、検討手法と検討主体の関係性に要因がある。一方、検討手法には検討主体が持つ設計思想が含まれていると考える。

そのため本研究では、①我が国における放水路（分水路）の開発実態を整理した上で、②曾木の滝分水路整備事業の位置付けと特徴を明らかにし、③曾木の滝分水路整備事業における景観検討の手法と主体の関係に着目し、手法がどのような役割を持っていたか考察を行なう。本研究の主目的は、曾木の滝分水路景観検討における仕組みの地形デザインに対する有効性を示し、汎用性のある地形デザイン手法の一知見を見出すことである。

1.3 研究の流れ

まず、2章では我が国における放水路（分水路）開発実態を明らかにした上で、曾木の滝分水路整備事業の位置付けと特徴を整理し、本研究における地形デザインの視点を明らかにする。3章では、曾木の滝分水路の景観検討プロセスを概説する。4章では、検討プロセスで用いられた手法の考察を行ない、曾木の滝分水路における地形デザイン手法の枠組みを明らかにする。以上の流れを図-2に示す。

2. 研究対象

2章では、研究対象である曾木の滝分水路整備事業（以下、本事業とする）の概要を整理し、その特徴を明らかにした上で、本研究における地形デザインの位置付けと定義を行なうことを目的としている。2.1節において本事業の概要を整理し、2.2節で我が国における放水路（分水路）の開発実態を整理した上で本事業の特徴を明らかにしている。2.3節では、以上を踏まえて本研究における地形デザイン思想の位置付けと定義を行なっている。



写真-1 曾木の滝周辺における水害状況
(国土交通省川内川河川事務所より提供)



写真-2 曾木の滝

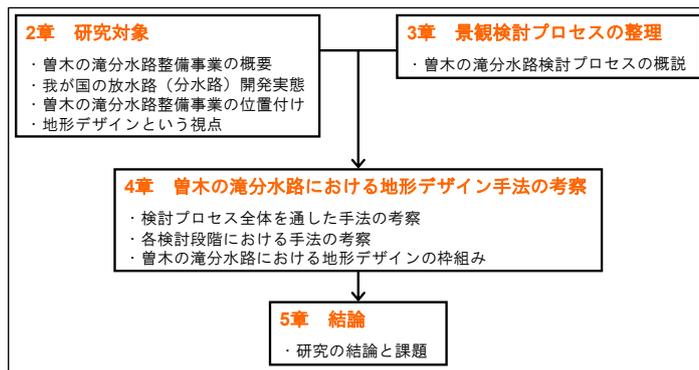


図-2 本研究の構成

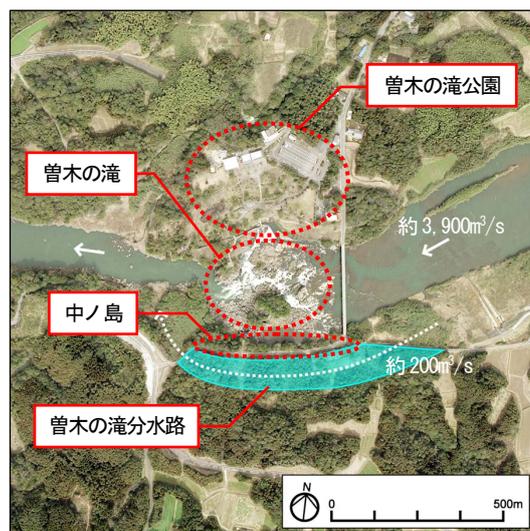


図-3 曾木の滝分水路と周辺の位置関係
(航空写真：国土交通省川内川河川事務所より提供)

筆者一部加筆

2.1 曾木の滝分水路整備事業の概要

激特事業の一環として行なわれている本事業は、本川流量約 3,900m³/s のうち約 200m³/s を高水分流によって分水路へ分担させる計画となっている（前頁図-3）。計画当初は、河床幅約 60m、施工延長約 700m となる大規模工事が検討されていた。しかし曾木の滝は、一帯に広がる岩場から水が流れ落ちる“東洋のナイアガラ”として、多くの観光客で賑わう観光地となっている。そのため、周辺から分水路の長大法面が非常に目立ち、滝が織り成す良好な景観が崩れてしまうという課題が指摘されていた。

これを受けて平成 19 年度に、学識経験者・市長・地元商工会・観光協会の関係者・地域住民の代表者から構成される「曾木の滝分水路景観検討委員会」が設立され、現在まで 3 回開催されている。曾木の滝分水路景観検討委員会（以下、委員会とする）では、分水路の治水機能や景観的課題に対する意見が出され、また分水路掘削に伴う中ノ島を含めた利活用に対しても意見が出されている。分水路建設における前提条件を整理した上で、委員会では「周辺地形に馴染み、平時の利活用が可能となる分水路」が本事業の基本方針として打ち出された（表-1）。

以上の通り、曾木の滝分水路には、

洪水を安定的に流せること（安全性）、周辺と馴染んでいること（調和性）、分水路を人が利用できること（利用性）の 3 要素が求められている。また本事業は、『景観検討委員』、『国土交通省』、『コンサルタント』、『大学』、『施工業者』の 5 主体によって検討が進められている（表-2）。さらに、検討課題・内容に応じて 6 段階を経て検討が進められており、分水路形状を検討する道具として 13 ツール用いられている（図-4）。各検討段階における検討内容の詳細は 3 章にて後述する。

2.2 洪水分派河道の開発史からみる曾木の滝分水路整備事業の位置付け

放水路と分水路は工学的には定義が異なるが、どちらも洪水分流の機能を有することを考えると、同じ洪水分派河道（以下、洪水分派河道は、「放水路」「分水路」を指す言葉として用いる）として捉えることができる。放水路とは、本川から分流し湖海・他川へ放水する水路であり、分水路とは、本川から分流し同じ本川へ放水する水路である²⁾。

本節では、2.2.1 項において、日本における放水路開発の実態が記された岩屋隆夫の「日本の放水路」と、河道計画に関する技術史とその時代背景が記された山本晃一の「河道計画の技術史」をもとに、放水路開発の実態とその時代背景を整理している。2.2.2 項では、洪水分派河道の開発史における本事業の位置付けを行なっている。

2.2.1 近年における放水路開発史³⁾⁴⁾

我が国において、開発年数が明らかな放水路は、現在まで 296 事例存在する（現存するものは 223 事例⁵⁾）。そもそも放水路は、明治期以前は「悪水路」や「洪水路」などと呼ばれており、放水路と呼ばれるようになったのは明治期以降のことである。その多くは洪水処理施設として建設されたが、他にも戦国大名による城郭防衛を目的としたもの、運河として利用する利水施設など様々である。明治期以前の放水路開発における最短開発場所の選定は、開発主体で

表-1 本事業における前提条件

場所的条件	分水路周辺は観光地であり、周辺からの眺望に配慮を行なう必要がある。
機能的条件	大規模掘削を必要とし、平時は水が流れない巨大な地形の溝としてその場に残る。
形状的条件	大規模掘削によって現況地形が大きく改変されることより、景観に配慮した分水路形状を検討する必要がある。
制度的条件	激特事業であるため、短期間で計画から施工までを行なう必要がある。

表-2 本事業における関係主体

景観検討委員	分水路の治水性・景観性・利活用性に対して意見を述べる。
国土交通省	曾木の滝分水路整備事業の事業主体。主体間の意見調整を行う。
コンサルタント	設計業務を事業主体から受託し、分水路の設計を行なう。
大学	模型・VR等を作成し、分水路の景観検討を行なう。
施工業者	分水路を実際に施工する。

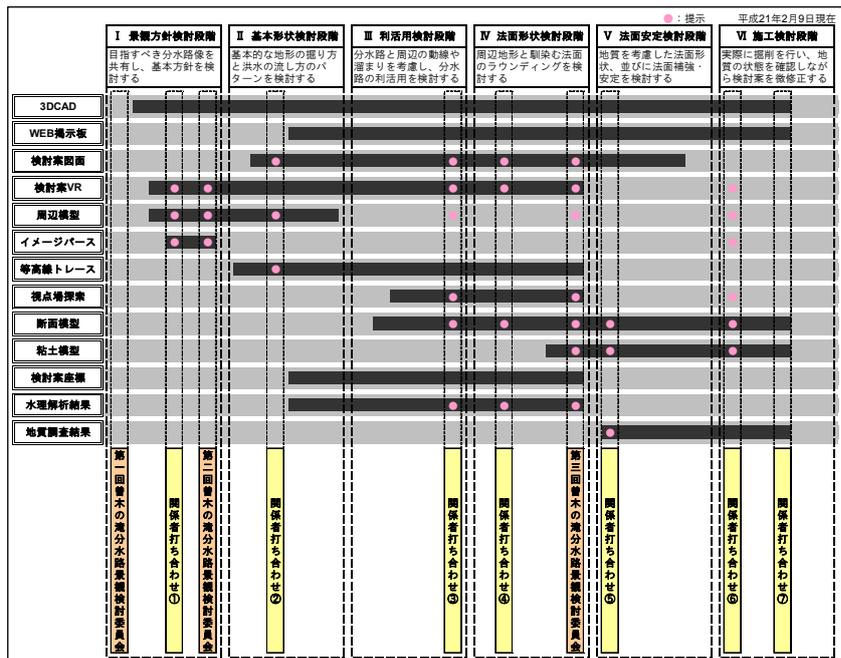


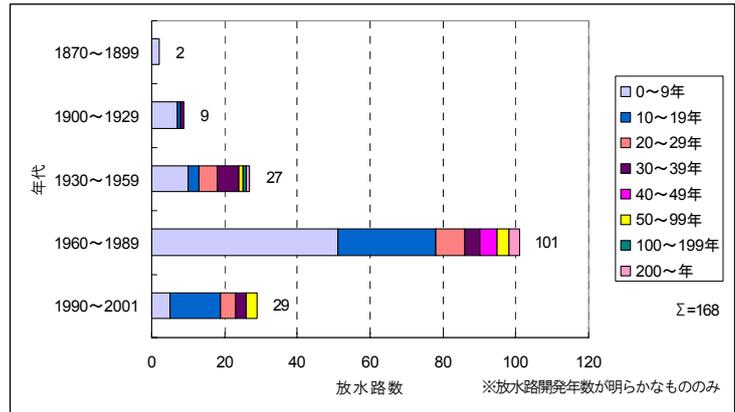
図-4 本事業における検討ツール

ある藩の役人や流域住民の長年にわたる地形の観察によって初めて可能としていた⁶⁾。一方、治水技術が進んでいなかったため、大河川の流水をコントロールすることが難しく、中小河川を対象に開発されていた。

このような長年にわたる地形の観察、流量や水位の観測という実績に支えられ、巧妙な洪水の分流方法や構造によって施工に適した場所が選定され新川が開発されていた。鎖国政策の中で、我が国独自の技術体系のもとで放水路開発が進められていたことを伺うことができる。

明治期に入ると、オランダ人技術者によって欧米の治水技術が日本に持ち込まれ、放水路開発が活発に行なわれる(表-3)。以下では、明治期以降の放水路開発実態を整理する。

表-3 放水路の開発経過年数毎の放水路数
(参考文献3)を基に、筆者作成



(1) 近代的治水技術の導入 (明治初期~明治中期)

最初に来日したドールンは、明治6年(1873)、オランダ人技術者の河川改修の考え方や技術手段の概要が示された『治水総論』を発表する。この中では、今日における河道計画に必要な各種用語の説明や河川構造物の技術的説明がされており、河道計画に関する教科書・指針として河川を司る当時の役人に読まれた⁷⁾。

またオランダ人技術者達は、実際にオランダにて分流工事の失敗を経験していたこと等から、放水路開発に関して否定的な立場であった。しかし、国内では明治期以前からの新川開発に対する開発要望が強く、治水に関する世論の高まりを見せていた。そのため、明治8年(1875)に、リンドウの提案によって中止となった大河津分水路工事が再開し、明治23年(1890)には、デレーケが新淀川の放水路開発を内務省土木局長の古市に提案する⁸⁾。放水路開発が途切れることなく進められてきた背景には、当時の河川を巡る放水路開発の圧力という日本国内の動向がある。

(2) 河川法の制定と直轄高水工事 (明治中期~明治後期)

治水工事は多くを地方費によって実施されていたが、到底府県単独で支えきれぬものではなかった。これを受けて、明治29年(1896)に『河川法』が制定される。ここで初めて、国による河川の直轄管理や直轄事業が法という枠組みの中で可能となった。また、大型土木機械の投入、自然素材から人工素材への変化、藩政時代にはない現川の流量・水位観測が行なわれるなど、技術面の向上が見受けられる⁹⁾¹⁰⁾。

一方、オランダ人技術者と日本人技術者の双方が関わった大規模新川開発において、施工の中で放水路という名称が一般化され、徐々に普及するようになる¹¹⁾。しかし岩屋はこれに関して、「放水路という新川を施工することだけが先行し、(中略)河川工学図書の放水路定義が混乱した¹²⁾」としている。つまり、放水路の定義が曖昧に扱われ、放水路の機能や役割に関して議論されてこなかったことを指摘している。

(3) 治水技術の標準化の兆し (明治後期~戦中)

明治後期は、世界的な近代産業の発展期であり、実験水理学の発展と水理学の体系化が進み、日本においても水理実験の重要性が認識され始める。大正期に入ると、明治期に欧米技術を学んだ官僚技術者と大学教授が、自身の実践経験を踏まえて河川工学書を作成する¹³⁾。

これに伴い、大正期から第二次世界大戦中の時期は放水路開発の過渡期を迎える。この時期の放水路の多くは、計画から10年未満という短期間で通水に至っている。しかし、この時期は中小河川において放水路開発が行われており、大河川を対象にした放水路は、着工したもののなかなか完成に至らなかった。また、明治33年(1900)から昭和4年(1929)の間に、放水路の分流構造物の多様化が見られる¹⁴⁾。岩屋はこの時期を、放水路開発史上で重要な位置を占める転換点として位置付けている¹⁵⁾。

(4) 治水技術の法令化と標準化 (戦後~現在)

昭和に入ると、単に河川の改修理論では改修計画が打ち立てられない場面が多くなり、治水計画に統制的な視点が必要とされる。これを受けて、過去の経験を踏まえた河川工学書が出版され、多くの学生の教科書として使用される。

さらに、この時期は事業数の増加や頻発する水害が背景となり、河道計画に関する法制度が整いつつある(表-4)。ここで注目すべきは、昭和51年(1976)の『改訂建設省河川砂防技術

表-4 河道計画に関する法制度
(参考文献4)を基に、筆者作成

年代	法制度の公布
明治29年(1896)	河川法
昭和33年(1958)	建設省河川砂防技術基準
昭和39年(1964)	新河川法
昭和51年(1976)	改訂建設省河川砂防技術基準(案)
昭和53年(1978)	解説・河川管理施設等構造令
昭和60年(1985)	河川砂防技術基準(案)改訂
平成9年(1997)	河川法改正
平成9年(1997)	改訂河川砂防技術基準・同解説
平成12年(2000)	改訂解説・河川管理施設等構造令

基準（案）』の中に、「新川の開削」として捷水路と放水路が初めて基準に盛り込まれたことである。このことは旧基準には含まれておらず、都市部の土地区画整理に伴う新川開削の事例が増大したことが背景にある。これに伴い、放水路開発も全国諸河川において行なわれ、放水路開発は成長期を迎える。放水路の多くは、計画から10年～19年を経て通水し、以前と比べて事業の短縮化が図られている。これが可能となった背景には、法制度・基準の充実化と事業のメニュー化が挙げられる。

制定された様々な治水技術に関する基準は、当初はあくまで基準としての位置付けでしかなかった。しかし、国と民間コンサルタントの分業化、事業数の増加、基準が記された河川工学書の増加が影響し、基準が強力な法的拘束力を持つようになった。その結果、場所固有の特性を重視されることが少なくなり、機械的に治水事業が行なわれ始める¹⁶⁾。河道計画に必要であった治水技術の標準化は、結果として明治期以前は一般的であった“地形をよく観察し、それに基づいて川を掘る”という思想を薄れさせてしまったと考えられる。

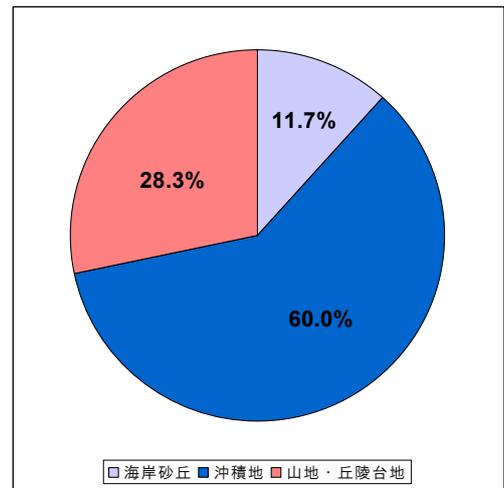
以上をまとめると、以下のように整理される。

- (1) 明治期に入り、オランダ人技術者を中心として各地で治水目的の河川改修が実施される。彼等は放水路工法を否定したが、国内で沸騰していた新川開発の圧力により、放水路開発が進められていた。
- (2) 河川法の制定による国の直轄改修に伴い、施工の近代化と機械化、また耐久性が高い施工材料が用いられるようになる。一方で、放水路の定義と役割が十分に吟味・検証されることなく、各地で開発されていた。
- (3) 国庫補助の増大により、放水路の分流構造物の多様化が始まり、中小河川を中心に放水路開発が行なわれる。また、治水技術の標準化が求められるようになり、河川工学書が発刊されるようになる。
- (4) 昭和に入り、治水技術の法令化、建設機械の近代化と大型化、事業のメニュー化が進む。これに伴い、放水路開発年数が短縮され、現在までに日本全国で多くの放水路が基準に従って施工されるようになる。

続いて放水路の開発場所を見てみると、表-5 に示すように、圧倒的に沖積地における開発が行なわれている。これに対し、岩屋は放水路開発の実態を調査した上で、地盤を形成する地質条件との因果関係は見受けられず、「地盤の高さ方向の変化、つまり地形条件こそが放水路開発を規定する最大の要因¹⁷⁾」とし、沖積地以外における放水路開発自体は特殊性を伴ったものではないとしている。

本事業と同じ山地・丘陵台地の開発実態をみると、全放水路296中82水路の開発が行なわれている。山地・丘陵台地の放水路は、山地と台地に囲まれ放流先の選択の余地が無くなり、これまで河川が流れたことのなかった場所を掘削した開発事例がほとんどである¹⁸⁾。これらの多くは山間低地の水害防止を目的としており、開発においては地形が狭く、かつ放流先に最も接近する場所を選定する努力が行なわれている。このことより、施工の難易度が高い場所における施工の必然性と、如何に土工量を減らし早く放流するかという思想が伺える。

表-5 放水路開発場所の地形条件
(参考文献3)を基に、筆者作成)



2.2.2 曾木の滝分水路整備事業の特徴

ここでは、2.2.1項を踏まえて、本事業の前提条件別に洪水分派河道の開発史における位置付けを行う。

(i) 場所的条件

岩盤が広がった場所における本事業の開発行為自体は、洪水分派河道の開発史において特徴的なことではない。一方、観光地における開発事例として、原鶴分水路（筑後川）や湯之尾分水路（川内川）などが挙げられる。そこでは、“観光地を如何に避けるか”という平面線形の工夫が行なわれていれる¹⁹⁾。しかし、それらが“実際に周辺から如何に見えるか”という検討にまで至った事例は見受けられない。観光地でなければ景観検討が求められる事が無かった可能性を踏まえると、観光地という場所的条件は曾木の滝分水路の一つの特徴として挙げられる。

(ii) 機能的条件

大規模掘削を伴うことは、洪水分派河道である以上避けられない。また、分流形式と平時に水が流れない状況は、他事例においてごく一般的であり、特徴的なことではない。よって、曾木の滝分水路の機能的条件に関しては、これまで行なわれた洪水分派河道の開発と違いは見受けられない。

(iii) 形状的条件

洪水分派河道の開発において、地形条件に即した最短経路の選定など、平面・横断・縦断形を総合的に捉えた検討

は一般的に行なわれている。しかし、それらは“土工量を如何に減らしながら、洪水を如何に早く流すか”という施工的・治水的な思想のもと行なわれており、“如何に周辺地形に馴染ませるか”という景観的な思想においてではない。景観的な思想が含まれた事例は洪水分派河道の開発史においてほぼ皆無である。3章で後述するが、曾木の滝分水路では、結果として標準断面が存在しない分水路が検討されている。

(iv) 制度的条件

法制度の整備と建設機械の大型化を迎えた戦後における多くの洪水分派河道は、計画から通水まで10～19年かかっている。それらは大河川を対象としたものが多く、安全性を重点的に追及したものである。本事業は安全性に加えて調和性、利用性も求められており、激特事業という性格上それらの検討は短期間で行なう必要がある。これまでどれだけの洪水分派河道が激特事業に指定されたか不明だが、筆者は少なくとも“激特事業に指定されたこと”が特徴的なのではなく、激特事業にて“景観を配慮する”ことが特徴的であると考える。洪水分派河道の開発において、周辺からの眺めや周辺と馴染むといった調和性が求められる事例はまず見受けられない。

以上の通り、曾木の滝分水路には“観光地という場所において、景観に配慮した分水路検討・設計・施工を短期間で行なうこと”が求められている。このような事例は過去に見受けられず、現在施工中である曾木の滝分水路が理想形に近い状態で完成すれば、洪水分派河道の開発史において、初めて対象物周辺まで含めた景観的な思想を取り入れた事例と言うことができる。

2.3 地形デザインという視点

2.2節で整理した洪水分派河道の開発実態を踏まえると、本事業における分水路開発は、近世以降では一般的であった“地形をよく観察し、それに基づいて川を掘る”という思想を再確認していると言うことができる。言い換えれば“地形のデザイン”を試みようとしている。地形という対象の特徴として、平面・横断・縦断形が密に関係し合うこと、施工してみなければ地質などの設計条件を確定しにくい曖昧性を有することが挙げられる。

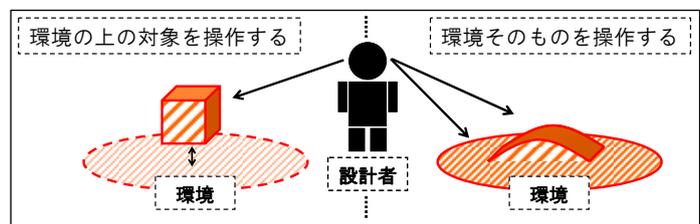


図-5 本研究における地形デザインの位置付け

また地形デザインと一言で表しても、例えば都市公園のような微地形のラウンディングによる修景から、曾木の滝分水路のような大規模な地形改変までその範疇は広範囲にわたる。前者は部分の変更が全体の形に与える影響は少ない場合が多いが、後者は部分の変更が全体の形に与える影響が非常に大きい。それは、後者の方が3次元の環境そのものを操作する度合いが高いためであり、部分の操作のみでは到底対応できない。大規模な地形改変は、部分と全体が入れ子になった、既存地形と一体化した対象を扱う行為として位置付けられる(図-5)。本事業は、例えば河川敷における修景とは異なり、地形を開削し新川を丸ごと一本創りあげようとしている。

本研究で言う地形デザインとは、単に地形を操作すれば良いということではなく、部分の操作と全体を相互に捉えながら一つの環境を創り出す行為を指している。そこで、本研究における地形デザインの思想を「様々な視点を統合した、3次元の環境を一つの解として既存地形に提示すること」と定義する。本事業における様々な視点とは、安全性・調和性・利用性といった設計条件のことである。それらの設計条件は個別に達成されていくものではなく、それぞれが相互に関係し合う非線形性を有している。さらに地形という対象の曖昧さゆえ、実際の地質の状態を確認しながら施工を行うといった、“現場で創りながら考える”という思想が重要となる。

一方、伊藤等は日本庭園のデザイン方法を参考にし、自然の河川・水辺の空間デザインの方法論を“非決定型のデザイン”として提唱している²⁰⁾。具体的には、デザインパーツのすり合わせを行ない、施工の段階にまでデザイン行為が及ぶような、実際の水理学的影響を当初設計に加味する“見試し”として述べている。既往研究では日本庭園のデザインと河川空間のデザインについて、前者が「もともと何もなかった場所に自然風景を模倣した縮景をつくる」のに対し、後者は「従前からある地形を実際の風景とし、美しく整える」ものと位置付けた上で、両者のデザインの差異を示している²¹⁾。

伊藤等が述べる見試しは、本研究における地形デザイン思想と通じる部分が多い。しかし、伊藤等は地形の表層部分の修景を扱っているのに対し、本研究では地形そのものを構造体として扱っている点において、両者で扱う地形デザインの意味合いが大きく異なっている。本研究における地形デザインでは、曖昧な設計条件なりにも設計の段階から詳細な地形形状の検討が要求される。そして施工の段階において、一時的な仮掘削によって実際の地質状況を確認し、設計案の微修正・検討を行なう。すなわち、設計段階においてデザインパーツを組み合わせていくことでは到底対応できないような、設計のシビアさという点において異なる。

3. 景観検討プロセスの整理

3章では、本事業における景観検討プロセスを整理することを目的としている。対象とする期間は、景観検討が本格的に始まった第一回曾木の滝分水路景観検討委員会（平成19年7月）から現在（平成21年2月）までである。分水路検討の6段階において、主体の表記を『 』、検討に用いたツールの表記を【 】として整理する。

一方、実際の検討プロセスは、検討の場・主体・手法が複雑に絡み合いながら進んでいる。そのため、本章では検討ツールの用いられ方をでき得る限り明快に理解すべく、地形デザインにおける重要な転機に焦点を絞って検討プロセスを概説する。

3.1 景観方針検討段階

この段階では、矩形断面による分水路の長大法面が周辺から目立ってしまう課題が挙げられ、分水路の景観方針を検討することが求められていた。それに対して、模型やVRを作成しながら現況地形と当初案の欠点を明確にすることを進めている。

①【3DCAD】による基盤データの作成

『大学』では、景観検討の初めに【3DCAD】を用いて現況地形の基盤データを作成する（次頁表-6②）。基盤データは、LPデータ、施工用平面図、国土地理院発行の地形図などを用いて作成している。その基盤データを用いて、分水路建設予定地と周辺の関係性を把握するために、3Dモデリングマシンによって【周辺模型】と3Dビューアソフトによって当初案の

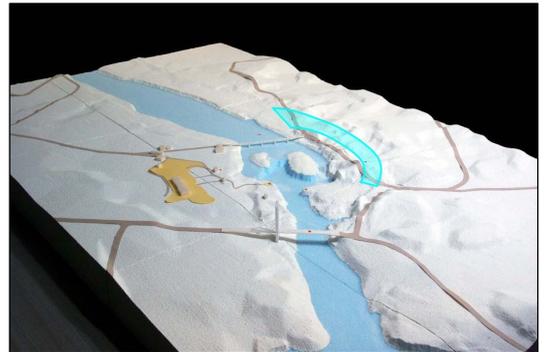


写真-3 【周辺模型】 (S=1:1000)

【検討案 VR】を作成した（写真-3）（図-6）。【周辺模型】では分水路と周辺の位置関係を把握し、【検討案 VR】では周辺からの分水路法面の見え方を把握することに用いた。

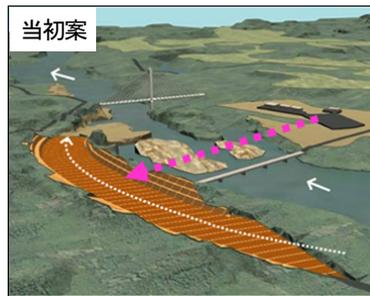


図-6 現況と当初案の周辺からの眺め

そもそも基盤データを作成した経緯としては、微地形まで模型で再現したいという意図、デジタルデータ（LPデータ等）が揃っていた状況、CADデータと高い互換性を有する3Dモデリングマシンと3Dビューアソフトが揃っていた状況があったためである。基盤データにより一度に2つの検討ツールが作成できたことと、一般的な景観検討模型の作成にかかる時間の短縮化を可能とした。

②委員会における【検討案 VR】と【イメージパース】の提示

第二回曾木の滝分水路景観検討委員会では、『景観検討委員』より分水路の治水計画に関して意見が挙がっていた（次頁表-6⑤）。具体的には、当初計画における分水路河床幅の根拠と、平時は水が流れないことに対する景観上の問題が指摘されている。また委員会の途中では、【周辺模型】を囲みながら住民代表の『景観検討委員』より「この場所から曾木の滝が一番美しく見える」など、地元住民が良いと感じる視点場を教えた（写真-4）。



写真-4 【周辺模型】による検討風景

その後、当初案の【検討案 VR】によって分水路法面の見え方を検討する。この時、委員会の場所である市民ホールの3DモデルをVR上の分水路河床に設置する。これは、住民代表の『景観検討委員』に当初案のスケール感を持たせるための工夫である。如何に地形に馴染まないかを伝えた

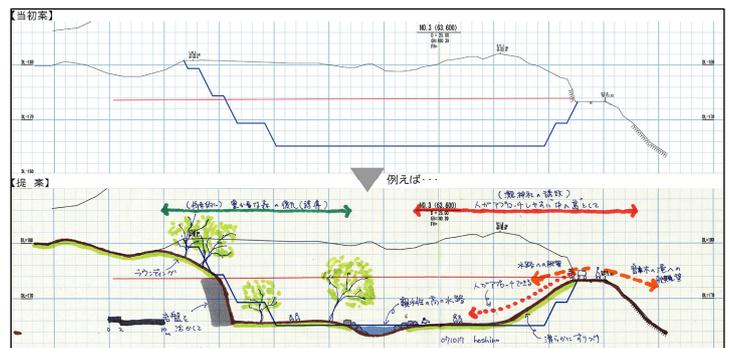


図-7 【イメージパース】

表-6 I：景観方針検討段階の検討プロセス

段階	関係主体			
	景観検討委員	国土交通省	コンサルタント	大学
I 景観方針検討段階	<課題> ・矩形断面によって設計された当初案は、周辺から長大法面が目立ってしまう。			
	①	【H19.7.20】第一回曾木の滝分水路景観検討委員会 治水計画への留意 ●治水効果に対する質問。 ●分水路の必要性の懸念。 ●住民生活への影響の懸念。 分水路の景観に対する留意 ●周辺地形に馴染んでいない。 ●線形が連続的過ぎる。	治水計画の概要説明 ●期待事業と分水路計画の概要説明。	
	②		影響と効果の調査 ●検討会での意見に対する調査。 ●調査結果の集約。	高解像度データ作成 ●【3D-CAD】を用いて分水路検討のベースとなる地形データを作成。
	③			【周辺環境】の作成 ●3Dモデリングマシンを用いて【周辺環境】を作成。 当初案の【検討案VR】の検討 ○周辺から分水路法面が非常に目立つ。 ○矩形断面であるため、小路が不自然。
	④	【H19.10.22】関係者打ち合わせ(1) 影響と効果に関する調査結果の調査 ●次回委員会に関する打ち合わせ。	【周辺環境】による検討 ●分水路と周辺の位置関係の検討。 当初案の【検討案VR】による検討 ○周辺から分水路法面が目立つ。 【イメージパース】による分水路景観の共有 ●【イメージパース】を打ち合わせの場で作成し、目指すべき分水路像を共有。	
⑤	【H19.10.31】第二回曾木の滝分水路景観検討委員会 分水路河床橋に対する留意 ●分水路河床橋の橋脚を示して欲しい。 分水路の景観に対する留意 ●周辺から分水路法面の見え方を検討して欲しい。 ●曾木の滝周辺に広がる良好な視点場の発掘を行なって欲しい。 分水路の利活用に対する留意 ●分水路の多目的利用の可能性を検討して欲しい。 ●中ノ島の利活用を検討して欲しい。 ●日常的な通水を前提として分水路内の利活用を検討して欲しい。	前回委員会での留意に対する回答 【周辺環境】による検討 当初案の【検討案VR】による検討 【イメージパース】による分水路景観の共有		
	<成果> ・周辺地形に馴染み、平時の利活用が可能となる分水路という基本方針。 ・治水性、景観性、利活用に配慮するという留意事項。			

後、【イメージパース】を用いながら「このような分水路になると良い」という理想形を提示した（前頁図-7）。この工夫からは、“如何に住民代表と合意形成を図るか”という思想とともに、検討ツールの見せ方に戦術性が伺える。

以上の経緯を踏まえて、「周辺地形に馴染み、平時の利活用が可能となる分水路」という景観方針が打ち出された。今後は、景観方針に則った具体的な分水路の形を検討していくことが課題となる。

3.2 基本形状検討段階

この段階では、周辺から分水路法面が見えにくい法線のパターンを検討し、大まかな分水路の骨格を検討している。基本的な洪水の流し方をパターン出した後、『コンサルタント』に水理解析を依頼し、安全性・調和性双方において実現可能な案を決定する。

①分水路建設予定地の地形形状把握のための【等高線トレース】

建設予定地は地形の起伏が入り乱れる場所であり、景観検討を行なうためには現況地形の詳細な形状把握が必要であった。そこで、標高170m(図中黄緑)・175m(図中緑)・180m(図中茶)の主曲線をトレースし、特徴的な地形形状の把握を行なった(図-8)(次頁表-7①)。図-8 中点線は、「現況地形の形状を如何に残すか」という思想のもとで抽出した箇所である。地形の専門家でなくとも、自分の手でトレースを行なうことと視覚的に地形形状を把握できるため、詳細に現況地形の地形条件を読み解くことが可能であった。その後、【等高線トレース】を用いながら検討案を作成していく。

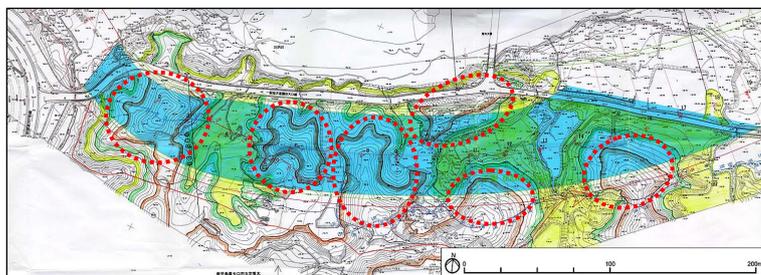


図-8 【等高線トレース】

②主体間での情報共有・議論の場としての【WEB 掲示板】の導入

関係者打ち合わせ(2)の後、『大学』は遠隔地にいる主体間での情報共有・議論の場として【WEB 掲示板】を導

表-7 II：基本形状検討段階の検討プロセス

段階	関係主体				
	景観検討委員	国土交通省	コンサルタント	大学	施工業者
II 基本形状検討段階	<p>＜議題＞</p> <p>・周辺から分水路法面が見えにくい法線のパターンを検討すること。</p> <p>・基本的な洪水の流し方を検討すること。</p>				
	①				<p>分水路建設予定地の地形形状把握</p> <ul style="list-style-type: none"> ●【等高線トレース】を行い、分水路建設予定地の地形形状を把握する。 ●階層的な地形形状を抽出する。
	②				<p>A・B・C案の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●【周辺模型】と【等高線トレース】を用いて、【検討案図面】を作成。
	③		<p>【H19.11.19】関係者打ち合わせ(2)</p>		<p>【断面模型】の提示</p>
					<p>【等高線トレース】による検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●残すべき地形形状を主体間で共有 <p>A・B・C案の【検討案図面】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主体間で各案の法線パターンを確認
			<p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆分水路の利活用を前提として関係者間の調整を行なう。 ◆曾木の海周辺に広がる良好な視点場の情報提供をしに依頼する。 	<p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆A・B・C案の水利解析を行ない、実現可能な案を提示する。 ◆今後の大学案の水利解析を行なう。 ◆日常的な通水可能重を検討する。 	<p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆周辺からの分水路法面の見え方を考慮した景観検討を行なう。 ◆日常的な通水を前提とした景観検討を行なう。 <p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆中ノ島の利活用を検討する。 ◆曾木の海周辺の視点場を把握する。
	④				<p>A・B・C案の【検討案図面】を【WEB掲示板】へ提示</p>
⑤				<p>A・B・C案の【検討案座標】の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ●A・B・C案の【検討案図面】から【検討案座標】を抽出。 	
⑥				<p>A・B・C案の【検討案VR】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●A・B案は周辺から分水路が見えにくい。 	
⑦				<p>A・B・C案の【水利解析結果】の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ●A・B・C案の【水利解析結果】を【WEB掲示板】へ提示 ○A案は洪水を安定的に流す事が困難。 ●B・C案は洪水を安定的に流す事が可能。 	
				<p>＜成果＞</p> <p>・治水性、景観性ともに実現性の高いB案を検討ベースとする。</p>	

入する(表-7④)。これにより、主体間が非同期・分散の状態にいても、常に互いの情報を共有し合うことと議論し合うことで、相手の動きを把握することが可能となる。関係者のヒアリングによって、「【WEB 掲示板】によって全体の動きを把握することができ、自分が今何をすべきか考えられる状態であられた²²⁾」との意見をj得ている。

③【検討案 VR】による分水路法面の見え方の比較検討

分水路法線(洪水の流し方)が異なるA・B・C案を作成後、『コンサルタント』は水利解析を行ない、『大学』は【検討案 VR】によって周辺からの眺めを比較検討している(図-9)(表-7⑤)。図-9に示す通り、周辺から見えにくいのはA・B案であることがわかる。

この頃は荒い状態での地形デザインを行っており、分水路法線から立体的に検討するには、【3DCAD】による補佐が無ければ不可能であり、【検討案 VR】はこの頃の検討に欠かせない検討ツールであった。

以上の経緯を踏まえて、安全性と調和性双方よりB案が実現可能と判断され、B案を検討ベースとして決定する(図-10)。今後はB案を骨格とし、安全性・調和性・利用性を踏まえて分水路検討を行なっていくことが課題となる。

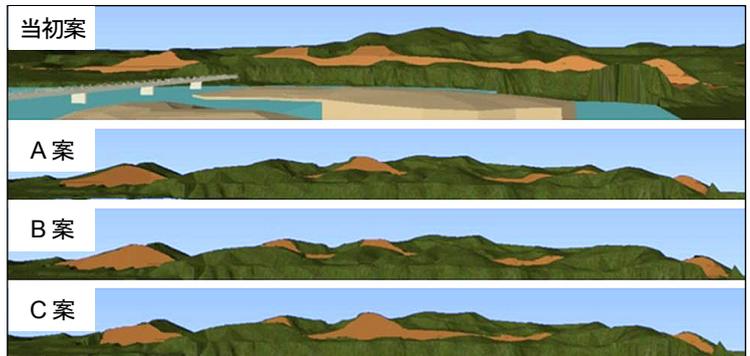


図-9 A・B・C案の周辺からの法面の見え方

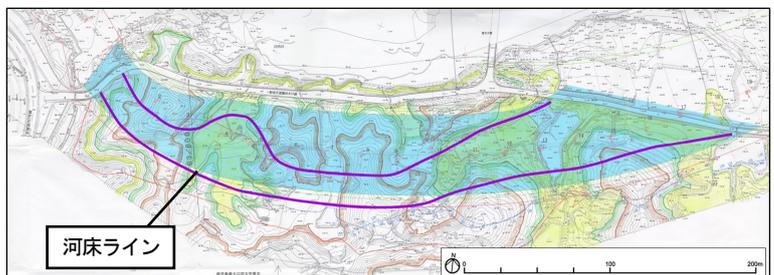


図-10 B案平面図

3.3 利活用検討段階

分水路の大枠が決定した後、この段階では分水路の利活用(動線・溜まり)を念頭に置きながら、平面・横断・縦断形を検討していく。平時の利活用に関しては、第二回委員会での意見を受けて、関係者打ち合わせ(2)において「せせらぎ水路程度の通水を行なうことを前提とする」といった方向性が検討されている。そのため、分水路内の動線と併せて、せせらぎ水路の設置検討を行ないながら、周辺に馴染む分水路形状を模索している。

①簡易な景観検討模型としての【断面模型】

B3・4案の【検討案図面】作成後、“早く簡単に作れる模型で、実際に手で考えながら景観検討を行ないたい”とい

表-8 III：利活用検討段階の検討プロセス

段階	関係主体				
	景観検討委員	国土交通省	コンサルタント	大学	施工業者
	<概要> ・分水路河床の利活用（アメニティ）を検討すること。 ・分水路と中ノ島のアクセシビリティを検討すること。				
①				B2案の検討 ●【等高線トレース】を用いて、【検討案図面】を作成。	
②				B2案の【検討案図面】を【WEB提示機】へ提示	
③			B2案の【検討案図面】の抽出 ●B2案の【検討案図面】から【検討案座標】を抽出。	B2案の【検討案VR】の検討 ●周辺から分水路法面は見えにくい。 ●法面の小段が不自然。	
④			B2案の【水理解析結果】の算出		
⑤			B2案の【水理解析結果】を【WEB提示機】へ提示 ○縦断勾配に変化があるため、洪水を安定的に流せない。 ●治水的に優位な縦断勾配の提案。		
⑥			平時における過水可搬量の提示 ●昔木の池の安定的な源下に影響を与えない流量（1m ³ /s）	B3・B4案の検討 ●【等高線トレース】を用いて、【検討案図面】を作成。	
⑦				B4案の【検討案図面】を【WEB提示機】へ提示	
⑧			B4案の【検討案図面】の抽出 ●B4案の【検討案図面】から【検討案座標】を抽出。	B4案の【検討案VR】の検討 ●周辺から分水路法面は見えにくい。 ●法面の小段が依然として不自然。	
⑨			B4案の【水理解析結果】の算出	【視点探索】の検討 ●昔木の池を望む良好な視点場を調査し、視点場の関係図を作成。	
⑩			【H19.12.26】関係者打ち合わせ（3） B4案の【水理解析結果】を提示 ●一区間で射流が発生するが、洪水を流すことは可能。 射流区間に対する検討 ●粗度係数の設定に関する検討。 ●洪水時の射流がもたらす分水路への影響の検討。 【層切詳細】の提示 B4案の【検討案図面】の提示 B4案の【検討案VR】の検討 B4案の【断面模型】の検討 ○法面の小段が、周辺と馴染まない。 ○分水路空間にメリハリがなく、単調に見える。しょう。 ●小段に関する、構造標準の確認。 【視点探索】の提示	今後の作業内容 ●射流がもたらす影響の検討。 ●粗度係数の再検討。	今後の作業内容 ●法面の小段を撤去し、全体的に緩やかなラウンディングを検討する。 ●全体的にメリハリのある分水路を検討する。 ●より詳細な分水路検討のために、【断面模型】の断面数を増やす。
	<概要> ・分水路縦断勾配（洪水流下断面とせせらぎ水路の幅み分け）の決定。 ・分水路と中ノ島のアクセシビリティ、並びに分水路内部の動植物と灌まり空間の位置付け。				

う思想のもと、横断を立ち上げて並べただけの【断面模型】を作成する（写真-5）（表-8⑦）。非常にシンプルな模型ではあるが、「景観はアイレベルで視る」という景観の本質をついた模型である。今後、この【断面模型】を用いながら景観検討を行なっている。

②主体間での【断面模型】を用いた検討

『大学』は、関係者打ち合わせ（3）において B4 案の【断面模型】を提示し、主体間で模型を囲みながら景観検討を行なう（表-8⑩）。検討の結果、法面の小段・洪水流下断面の形状の不自然さや、分水路空間にメリハリがないという調和性に関する問題点が挙げられた。それに対し、法面の小段を撤去し、緩やかな法面のラウンディングを検討することが望ましいという見解で一致した。簡易模型ではあったが、主体間で十分に分水路形状の検討を行なうことができ、検討案に対する課題を的確に見出すことができている。すなわち、合意形成の場において【断面模型】が有効に活用されていた。

以上の経緯を踏まえて、利用性を踏まえた分水路形状の骨格は一段落し、今後は法面の緩やかなラウンディング形状とメリハリのある分水路形状を検討することが課題となる。

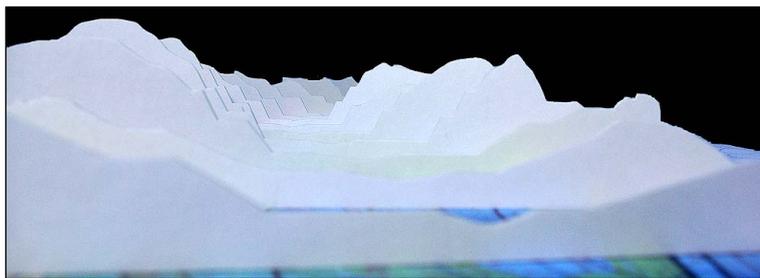


写真-5 B4案【断面模型】(S=1:500 25mピッチ)

3.4 法面形状検討段階

この段階では、分水路法面が如何に自然に見えるか検討を行なっている。しかし、調和性を重視した B5 案に対して安全性における問題が発生した。それを踏まえて、この段階では主に法面形状を検討すると同時に、如何に安全性

での課題を克服するかという法面形状の微修正を行なっている。

① **【3DCAD】**による詳細な景観検討で必要な新規横断面の抽出

これまで、管理断面 25m ピッチという幅のある横断面で法面形状を検討していたが、この段階においてはさらに詳細な法面形状の検討が必要とされていた。そこで、上述した基盤データから**【3DCAD】**を用いて、管理断面間に新

表-9 IV：法面形状検討段階の検討プロセス

段階	景観検討委員	国土交通省	関係主体 コンサルタント	大学	施工業者
	<p>＜課題＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・法面の緩やかなラウンディングを検討すること。 ・分水路空間にメリハリを持たせること。 				
①					<p>新規横断面の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ●【3DCAD】を用いて、基盤データより新規横断面を抽出。
②					<p>B5案の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●【等高線トレース】を用いて、【検討案図面】を作成。
③					<p>B5案の【検討案図面】を【WEB掲示板】へ提示</p> <p>B5案のCADデータ化</p> <ul style="list-style-type: none"> ●B5案の【検討案図面】を【3DCAD】を用いてCADデータ化。 <p>B5案の【断面構築】を作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ●柔らかな法面形状であり、周辺に馴染んでいる。
④					<p>B5案の【検討案座標】の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ●B5案のCADデータから【検討案座標】を抽出し、【WEB掲示板】へ提示。 <p>B5案の【検討案VR】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●法面が緩やかなラウンディングによって、周辺に馴染んで見える。
⑤					<p>B5案の【断面構築】写真を【WEB掲示板】へ提示</p> <p>B5案の【水運解析結果】の算出</p>
⑥					<p>B5案の【水運解析結果】を【WEB掲示板】へ提示</p> <ul style="list-style-type: none"> ●程度係数$n=0.035$にて洪水を流す事が可能。 ○連続的な射流区間が存在し、予測困難な跳水現象を起こす可能性がある。 ○連続的な射流を抑制する必要がある。
⑦					<p>【H20.2.8】関係者打ち合わせ (4)</p> <p>【水運解析結果】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●射流を抑制するために、分水路中央部分で拡幅を行わないたい。 <p>B5案の【検討案図面】の検討</p> <p>B5案の【検討案VR】の検討</p> <p>B5案の【断面構築】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●射流抑制の検討を【断面模型】を用いながら行なう。 ○河道を拡幅すると、分水路空間の分節が薄れてしまう。 <p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆沿水的に優位な分水路各口の形状を検討 <p>今後の作業内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆河運拡幅案の検討。 ◆【断面模型】の間に粘土を詰めて立体的な検討を行なう。
⑧					<p>B6a-h-c案の検討</p> <p>B6a-h-c案の【断面構築】を作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ○左岸を拡幅すると、分水路の見え方が不自然になる。(B6b-c不相当)
⑨					<p>B6a案の【検討案図面】を【WEB掲示板】へ提示</p> <p>B6a案の【断面構築】写真を【WEB掲示板】へ提示</p> <p>B6a案のCADデータ化</p> <ul style="list-style-type: none"> ●B6a案の【検討案図面】を【3DCAD】を用いてCADデータ化。 <p>B6a案の【検討案VR】の検討</p>
⑩					<p>B6a案の【検討案座標】の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ●B6a案のCADデータから【検討案座標】を抽出し、【WEB掲示板】へ提示。 <p>B6a案の【水運解析結果】の算出</p>
⑪					<p>B6a案の【水運解析結果】を【WEB掲示板】へ提示</p> <ul style="list-style-type: none"> ○射流区間の射流は軽減されたが、上流で新たな射流が発生。 ●狭小部分の一断面をB5案に戻したい。⇒B6a2案の提案
⑫					<p>B6a2案の【断面構築】を作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ●分水路の見え方に不自然さはない。 ●分水路空間の分節は抑えられている。 <p>B6a2案の【検討案VR】の検討</p>
⑬					<p>B6a2案の【断面構築】写真を【WEB掲示板】へ提示</p> <p>B6a2案の【粘土構築】を作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ●断面の盛り付け方を検討する。 <p>【視点場探索】の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ●【粘土模型】を用いて、分水路内に視点場を設置し、【視点場探索】を完成させる。
⑭					<p>【H20.3.18】第三回曾木の滝分水路景観検討委員会</p> <p>検討案の概要説明</p> <p>【周知検討】の提示</p> <p>B6a2案の【水運解析結果】の提示</p> <p>B6a2案の【検討案図面】の提示</p> <p>B6a2案の【検討案VR】の提示</p> <p>B6a2案の【断面構築】の提示</p> <p>B6a2案の【粘土構築】の提示</p> <p>【視点場探索】の提示</p>
⑮					<p>分水路の景観に対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ミニメーションを検討して欲しい。 <p>中ノ島の利活用に対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ●中ノ島に桜と紅葉を植えて欲しい。 ●中ノ島に花火大会時に利用できる広場を設けて欲しい。 ●分水路・中ノ島・曾木の滝公園を一体的に捉えた動線計画を行って欲しい。
⑯					<p>＜成果＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・緩やかな法面形状の創出。 ・メリハリのある分水路空間の創出。 ・治水面における視覚（射流）の抑制。

規横断面を増やした(写真-6)(前頁表-9①)。検討を重ねるごとに刻々と変化する状況に対して、【3DCAD】は新規横断面の抽出という景観検討を補佐する役割を担っていた。

②安全性における課題を反映した【断面模型】による景観検討

法面のラウンディングと分水路形状にメリハリを持たせた B5 案に対し、【水理解析結果】では「粗度係数 (n) を 0.045 から 0.035 に変更することで、洪水を流すことは可能」と判断されたが、「分水路狭小区間において連続的な射流が発生し、予測困難な跳水現象が起こる可能性がある」と課題が提示される(前頁表-9⑥)。予測困難な跳水現象は、管理用通路以上に洪水が溢れる可能性を否定できなかったためである²³⁾。



写真-6 B5 案【断面模型】(S=1:500 12.5m ピッチ)

それを受けて関係者打ち合わせ(4)を行ない、射流抑制に関して『コンサルタント』より狭小区間において 6m の拡幅を行なう提案がされる(前頁表-9⑦)。この案に対し、実際に B5 案の【断面模型】をその場で削りながら、拡幅後どのように見えるか検討を行なった(写真-7)。ここで『国土交通省』の担当者の方が、「狭小部分を削ると、せっかくの分水路空間の分節が薄れてしまう」という調和性に関する問題点を指摘する。ここでの検討を踏まえて、今後は河床拡幅のパターンを検討する必要性が出てきた。



写真-7 【断面模型】による検討風景

③住民代表の『景観検討委員』との合意形成のための【粘土模型】

射流を最小限に抑えることができた B6a2 案を踏まえて、『大学』はこれまで検討ツールとして用いてきた【断面模型】に粘土を詰めた【粘土模型】を作成する(写真-8)(前頁表-9⑮)。その背景には、住民代表の『景観検討委員』に立体的かつ視覚的に分水路イメージを把握して欲しいという思想がある。これは『国土交通省』からの要請であり、この事にも検討ツールの見せ方に戦術性が伺える。



写真-8 B6a2 案【粘土模型】(S=1:500)

その後の第三回曾木の滝分水路景観検討委員会では、検討成果を『景観検討委員』へ提示する(前頁表-9⑰)。『国土交通省』を含めた事務局から検討過程の概要説明が行なわれた後、『大学』が【断面模型】と【粘土模型】を用いながら『景観検討委員』へ検討案の説明を行ない、B6a2 案の合意形成を図った(写真-9)(図-11)。



写真-9 【粘土模型】による検討風景

以上を踏まえて、安全性・調和性・利用性の視点を包含した分水路形状が完成した。しかし、この段階においては地質が不明なまま検討案を作成しており、【地質調査結果】を踏まえた分水路検討が必要な状態であった。今後、【地質調査結果】と B6a2 案を照らし合わせ、修正箇所がある場合はその検討が求められる。

3.5 法面安定検討段階

この段階では、【地質調査結果】を踏まえた分水路形状を検討する。地質と B6a2 案を照らし合わせてみると、法面に補強が必要な箇所が存在し、その対策が迫られる。如何に法面安定を図るか、また法面の見え方をどのように演出するかが課題となった。

それに対して『大学』は【断面模型】を作成し、主体間で模型を用いながら景観検討を行ない、地質を踏まえた検討案を模索する。

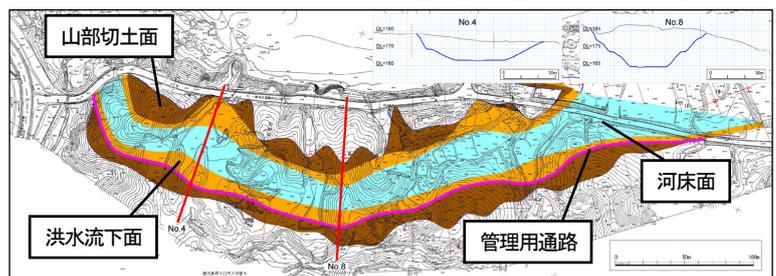


図-11 B6a2 案平面・横断図

表-10 V：法面安定検討段階の検討プロセス

段階	関係主体				
	県環境委員	国土交通省	関係主体 コンサルタント	大学	施工業者
V 法面安定検討段階	関係主体 <議題> ・法面の安定・補強の検討を必要とする断面が存在すること。				
	①	【H20.7.11】関係者打ち合わせ(5)		【地質調査結果】の提示 ○B6a2案で法面が安定しない箇所が存在する。 法面安定・補強の必要箇所の確認 ●【地質調査結果】をもとに、検討を必要とする断面の確認を行う。 ●新鮮凝灰岩の層は、直で立ち上げる事が可能。 ○粘土質（シラス）の層は、さらに法面勾配を緩くするか、補強が必要。 ○法面の場合に対する対策を行わなければならない。	
	②	B6a2案の【粘土層】の検討 B6a2案の【断面模型】の検討		今様の作業内容 ●地質結果を考慮した案と提示すること。	
	③	B7a・b案の検討 【地質調査結果】をもとに、【検討案図面】を作成。		B7a・b案の【検討案図面】を【WEB提示案】へ提示	
	④	B7a・b案の【断面模型】を【WEB提示案】へ提示		B7a・b案の【断面模型】を作成 ○高案とも異なる地層面が同じ断面に混在しており、法面の見え方が不自然。	
	⑤	B7c案の検討 【地質調査結果】をもとに、【検討案図面】を作成		B7c案の【断面模型】を作成 ●地質境界線に沿ったラウンディングによって、法面の見え方が自然になる。	
	⑥	B7c案の【断面模型】を【WEB提示案】へ提示		B7c案の【断面模型】を【WEB提示案】へ提示	
	⑦	B7c案をもとに詳細設計を進める		B7c案の【粘土層】を【WEB提示案】へ提示	
	⑧	<成果> ・地質調査結果を踏まえた法面勾配の検討。 ・地質境界線に基づいた法面のラウンディング形状			

① 【地質調査結果】を反映した【断面模型】による景観検討

調査中であった【地質調査結果】が関係者打ち合わせ(5)で提示され、シラスを含む粘土質層において、法面勾配が急過ぎることや、雨水による侵食などが指摘された。これを受けて、地質条件を踏まえた法面形状を検討することが求められる(表-10①)。打ち合わせ後、『コンサルタント』よりB7a・b案が提示され、『大学』は【断面模型】を用いて法面の見え方を検討する。その結果、地質表面の見え方が不自然であることがわかった(表-10④)。【断面模型】による地質を踏まえた検討は、断面の板に地質境界線を描いただけである。それでも十分に法面の見え方を検討することが可能であった。それを踏まえて、『大学』は地質境界線に着目し、境界線に沿ったラウンディングを検討したB7c案を作成した(図-12)(表-10⑥)。

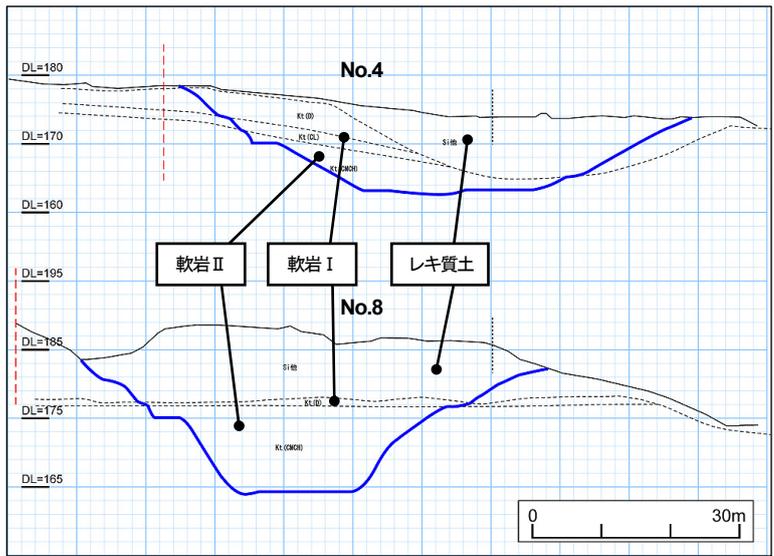


図-12 B7c 案横断面図



写真-10 現在の施工状況
(平成21年1月下旬、筆者撮影)

以上の経緯を踏まえて、地質を反映したB7c案に対して『コンサルタント』は【3DCAD】を用いて詳細設計を進めていく。しかし、B7c案という分水路の理想形は提示できたものの、それが施工可能かは実際に掘削してみなければわからない。すなわち、今後は“現場で創りながら考える”という検討が求められている。

3.6 施工検討段階

この段階は、実際に掘削を行い、地質状況の確認と掘削方法を検討する段階である。また、平成20年度は完成形を掘るのではなく、後から手を加えられるような余裕を持たせた掘削(仮掘削)を行っている(写真-10)。現在はこの段階の途中であるため、平成21年2月までの検討プロセスを整理する。

表-11 VI：施工検討段階

段階	関係主体				
	景観検討委員	国土交通省	関係主体 コンサルタント	大学	施工業者
VI 施工 検討 段階	<p>●：検討内容 ○：観測 ◇：今後の検討項目 青：安全性 赤：観測性 緑：利用性</p> <p>＜課題＞ ・余裕を持たせた掘削を行い、実際の地質状況を確認・検討すること。</p>				
	①	[H20.11.20] 関係者打ち合わせ (6)	<p>【断面模型】の提示</p> <p>【イメージパース】の提示</p> <p>B6a2案の【検討案VR】の提示</p> <p>【視点調整】の提示</p> <p>B7c案の【断面模型】の提示</p> <p>B7c案の【粘土模型】の提示</p>	<p>これまでの検討過程の概要説明</p> <p>●施工業者に向けてプレゼンする。</p> <p>●B7c案の【断面模型】【粘土模型】を用いながら、分水路理想像を伝える。</p>	
	②	[H21.1.22] 関係者打ち合わせ (7)	<p>今後の施工の工程を確認する。</p> <p>●施工進捗状況を、【WEB指示板】へ写真付きで報告することを確認。</p>	<p>B7c案の【断面模型】【粘土模型】を施工業者へ渡す</p>	<p>事前の安全確認</p> <p>●安全確認、及び施工シミュレーションの場において、B7c案の【粘土模型】を使用する。</p> <p>●オペレータに必ずB7c案の【粘土模型】を見せて、分水路イメージを共有する。</p>
③	[H21.1.22] 関係者打ち合わせ (7)	<p>粘土質の層に対する備慮</p> <p>○想定よりも弱く、B7c案の法面形状を再検討する必要がある。</p> <p>○法面上部のガリ侵食が懸念される。</p>	<p>施工用の【検討案図面】を寄付した。設計案の検討</p>	<p>実際の地質状況の報告</p> <p>●岩は想定よりも硬い。</p> <p>○粘土質の層は、想定よりも弱い。</p>	
		<p>今後の作業内容</p> <p>●ランディングの実現のための検討。</p> <p>●設計案に基準線を設けること。</p> <p>●横断数を増やして設計を行なうこと。</p>		<p>施工上の履順に関する意見</p> <p>○基準断面（基準線）が存在しないため、施工をする事が困難。</p> <p>○安全基準の問題で、延々と続く法面のランディングが施工困難。</p> <p>○設計案の横断面数を増やして欲しい。</p>	

①『施工業者』間のイメージ共有としての【粘土模型】

『施工業者』を交えた関係者打ち合わせ (6) では、【断面模型】と【粘土模型】を用いながら、これまでの検討過程と分水路の理想像を『施工業者』に伝える (写真-11) (表-11①)。ここでは、特に“現場で創りながら考える”という思想の共有に重点を置いていた。また、現場での景観検討やイメージ共有に用いて欲しいという意図から、【断面模型】と【粘土模型】を『施工業者』へ譲渡する。その後、現場では重機オペレーターなど『施工業者』間による安全確認や施工シミュレーションに【粘土模型】が使用されている。



写真-11 現場打ち合わせ風景

4. 曾木の滝分水路における地形デザイン手法の考察

4章では、3章を踏まえて検討プロセスにおける転機に着目し、景観検討の手法がどのように地形デザインに対して有効に働いていたか明らかにすることを目的としている。

4.1節では、検討プロセス全体を通した手法の考察を行ない、4.2節では各検討段階における手法の考察を行なっている。4.3節では、以上を踏まえて、本事業の地形デザイン手法の枠組みを明らかにし、地形デザイン手法に対して一知見を見出している。

4.1 検討プロセス全体を通した手法の考察

検討プロセス全体を通して、全ての段階で一貫して用いられている検討ツールは【3DCAD】のみである。ここで【3DCAD】から派生する検討ツールを整理すると次頁図-13のようになる。これより分かる事は、【3DCAD】はほぼ全ての検討ツールの根本に位置していることである。

さらに、【3DCAD】が検討プロセスに与えた効果を見てみると、検討が進む中で一度に様々な情報を蓄積し、求められる情報を容易に取得可能であったことがある。例えば、フリーハンドの【検討案図面】をCADデータ化し、そこから【検討案座標】を取得して水理解析で用いたことや、詳細に分水路法面を検討するために、基盤データから新

規横断面を取得したことなどである。【3DCAD】は様々な情報を蓄積することで、他の検討ツールで必要な情報の変換・出力をするなど、情報の管理を行っていた。

一方【3DCAD】自体は、直接的に分水路の形を考え、一つの検討案として出す行為にあまり関与していないことから、検討案を出す行為に対して補佐的な役割を担っていたと考えられる。しかし、詳細設計の段階では、分水路設計は【3DCAD】によって行なわれている。このことは、景観検討で行なってきた様々な情報が、CAD データとして蓄積された状態で詳細設計に移れる事を意味している。

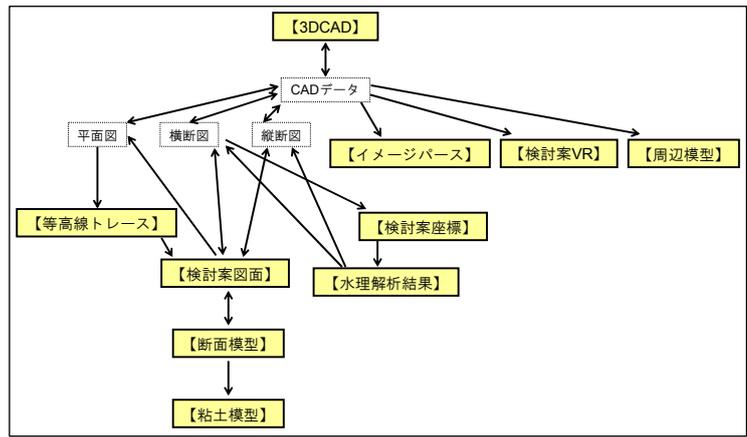


図-13 【3DCAD】と他の検討ツールとの関係性

一方、【WEB 掲示板】は、非同期・分散の主体間による情報の共有の場として用いられていた（図-14）。例えば、【水理解析結果】を掲示板に添付し治水的評価を伝えることや、【断面模型】の模型写真を添付し景観的评价を伝えるなどである。このことは、それぞれの主体が持っている情報を一度に蓄積することで、いつでも自由に閲覧し活用できることを示している。それにより、主体が非同期・分散の状態にいても、相手が現在何を検討しているのか把握でき、それを踏まえて今何をすべきか検討することが可能となる。すなわち、【WEB 掲示板】は【3DCAD】と同様に、情報の蓄積ツールとしても地形デザインに対して有効に働いていたと考えられる。

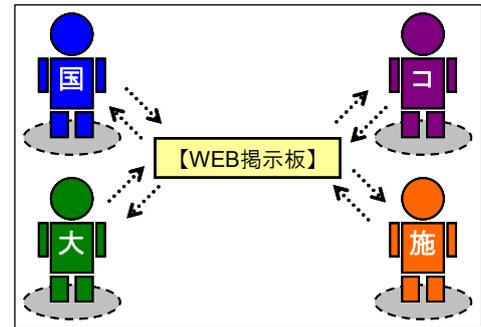


図-14 【WEB 掲示板】と主体の関係性

4.2 各検討段階における手法の考察

3章で述べたとおり、本事業では検討ツールの見せ方・伝え方に戦術性が伺える。検討プロセスから伺える戦術性とは、“誰に” 伝えるために、“どのように” 可視化させ提示するかということである。本節では以上のような視点において検討段階における検討ツールの考察を行なう。

①基本方針の軸を確立させた【検討案 VR】と【イメージパース】

そもそも【検討案 VR】と【イメージパース】自体は、今日の景観検討や合意形成の場で一般的に用いられており、検討ツール自体は特徴的なものではない。特筆すべきは、それらの見せ方とタイミングである。

委員会という場所は“案を了承する場”であり、そのような場所において、誰に・どのように伝えるかが肝となる。上述した通り、住民代表の『景観検討委員』にとって身近な建物を【検討案 VR】上に設置することで当初案の持つ課題を伝え、その後【イメージパース】によって理想とする分水路像を見せている（図-15）。この見せ方によって、主体間で分水路基本方針の軸が確固たるものとなり、後に安全性（治水・地質）に関する課題が挙げられても方向性にブレが生じにくかった。委員会の場における【検討案 VR】と【イメージパース】による情報の共有が、後の地形デザインに対して有効に働いていたと考えられる。

②状況に応じた【断面模型】の柔軟な対応

【断面模型】は、当初は“簡単に・早く作りたい”という思想のもと、利活用検討段階以降の景観検討に用いた。しかし、後に当初の思想以上に地形デザインにとって重要な役割を担うようになる。

検討が進むにつれて、小段が周辺に馴染まない、射流が発生する、地質の関係で法面が安定しないといった、大きく3つの課題が挙げられた。それらの課題に対し、【断面模型】一つで“断面を増やす・断面を削る・断面に描く”という簡単な対応によって解決策を見出している（次頁図-16）。それが可能であったのは、【断面模型】が簡単な構造をしていたためである（次頁写真-12）。

一方、水理解析を行なう技術者は座標計算を行なう場合が多いため、普段から横断面を“見慣れている”。つまり、

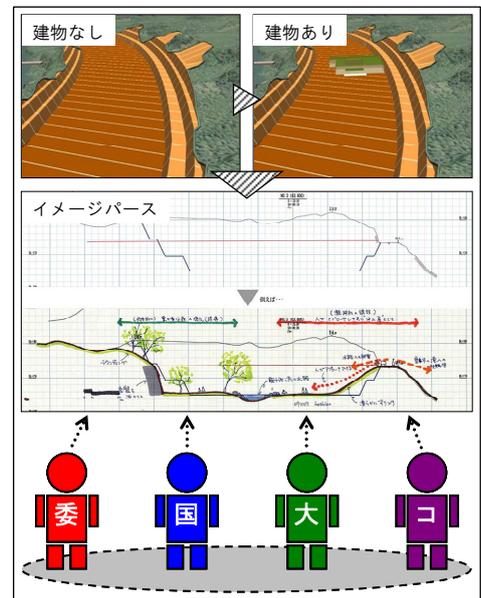


図-15 基本方針の軸の確立

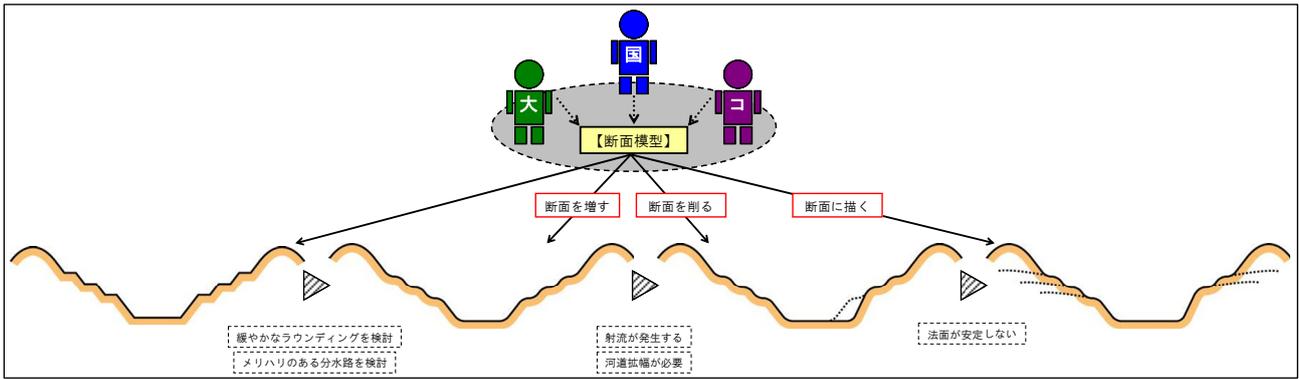


図-16 課題に対する【断面模型】の対応

【断面模型】と【水理解析結果】は、横断面を用いる主体（検討内容）によってアウトプットは異なるものの、根本にある思想は同じである（図-17）。そのため『国土交通省』、『コンサルタント』、『大学』といった技術者（専門家）間において、簡単な【断面模型】を介して検討（対話）でき、検討案に対する安全性の確認・照査や分水路イメージを共有することが容易となった。



写真-12 真上から見た【断面模型】

以上を踏まえると、【断面模型】は仕組みの簡単さによって、様々な課題に対して柔軟にイメージの可視化が行なえ、主体間で模型を介した情報の共有と確認が行なえたと考察できる。これは【断面模型】という物が重要なのではなく、主体間の思想の根本が同じであったことと、検討ツールの柔軟さ（汎用性）が重要となる。

③住民との合意形成のための【粘土模型】

【粘土模型】は、前頁図-13で示した通り【断面模型】が無ければ作成し難い検討ツールである。【粘土模型】には、断面間の擦り付けを立体的に可視化させる役割もあるが、住民代表の『景観検討委員』との合意形成を図ることに主な役割がある。【断面模型】が技術者間の合意形成に有効な検討ツールであれば、【粘土模型】は技術者以外の主体との合意形成に有効な検討ツールと言える（図-18）。それは住民代表の『景観検討委員』には横断面で考えるという思想が備わっていないためであり、言い換えれば日頃から横断面を“見慣れていない”ためである。

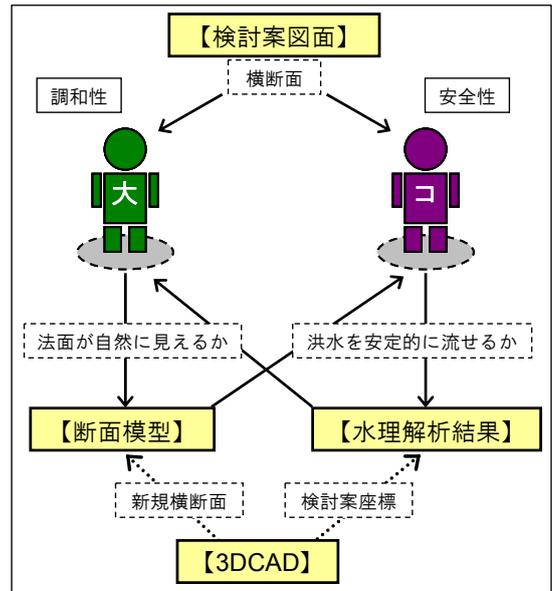


図-17 横断面という思想

一方、立体的に分水路イメージを可視化し、伝達するツールであれば、電子模型である【検討案 VR】も同じ役割を果たしている。ところが、第三回曾木の滝分水路景観検討委員会では【粘土模型】と【検討案 VR】どちらも提示されていたにもかかわらず、実際に住民が主に目にし、イメージを把握しようとしていたのは【粘土模型】の方であった。【粘土模型】と【検討案 VR】の違いは幾つかあるが、根本的に異なるのは“主体間で囲むことができるか”であろう。主体の目が模型周辺に遍在し、手に取れるほど身近にあるという点において異なっている。囲むことで模型を介した“対話”の構図になりやすいが、囲めなければ“講義”のような一方の構図になってしまう。分水路イメージの共有と了承を行なう場において、【粘土模型】を囲んだ“対話”の構図が、より主体間における情報の共有を促すことに有効である。しかし、第一回曾木の滝分水路景観検討委員会

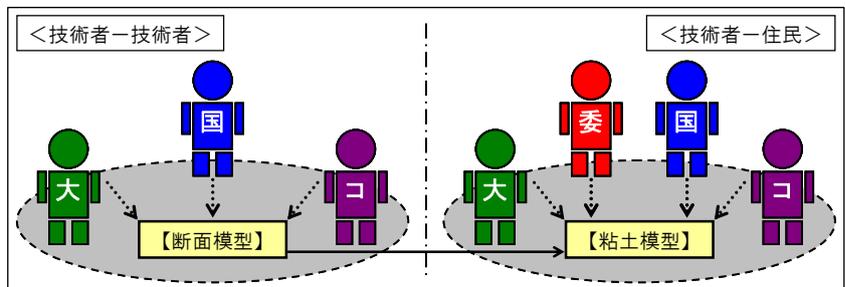


図-18 場における主体に応じた検討ツールの使い分け

異なるのは“主体間で囲むことができるか”であろう。主体の目が模型周辺に遍在し、手に取れるほど身近にあるという点において異なっている。囲むことで模型を介した“対話”の構図になりやすいが、囲めなければ“講義”のような一方の構図になってしまう。分水路イメージの共有と了承を行なう場において、【粘土模型】を囲んだ“対話”の構図が、より主体間における情報の共有を促すことに有効である。しかし、第一回曾木の滝分水路景観検討委員会

では、【検討案 VR】は当初案の課題を共有するという欠かせないものであった。このことから、検討内容、課題、場の変化に応じて、情報の共有という役割が【検討案 VR】から【粘土模型】へと移り変わったと考えられる。

4.3 曾木の滝分水路における地形デザインの枠組み

本事業の検討プロセスは、ある課題に対して検討を行ない、その成果が基本方針に則っているか見直すことで新たな課題が生まれるという流れが伺える（図-19）。基本方針を軸としてスパイラル状にサイクルを回しており、これは本事業における地形デザインに限らず広く一般的な土木デザインに言える。

一方、本事業の設計条件である安全性、調和性、利用性を一つの分水路という形に落とし込むために用いた検討ツールは、「情報の蓄積」、「情報の共有」、「情報の確認」の3要素で整理できる（図-20）。以下に3要素の特徴を以下に示す。

・「情報の蓄積」 - Stock -

情報（アナログ情報やデジタル情報）を一度に蓄積・管理することで、検討プロセスを円滑に回す補佐的な役割を持つ。

・「情報の共有」 - Communication -

情報を主体間で視覚的に把握できるように可視化させ、意思疎通と共有を図る役割を持つ。

・「情報の確認」 - Check -

情報に対して技術的、専門的知見に基づいた評価を提示する役割を持つ。

図-20 をみると、本事業で用いた検討ツールは一つのツールに対して多機能であることが伺える。扱う対象が曖昧性を有した3次元の地形そのものであるため、要求される設計条件も密接に絡み合う関係にある。それに対し、多機能なツールが検討のフェーズにおいて同時的に用いられることで、分水路設計がシームレスに、かつ形状の検討に有効に働いたと考察できる（図-21）。同時的に用いることの必然性は、前述した地形の特徴にある。例えば【断面模型】によって安全性と調和性を相互に検討するなど、地形デザインでは一方を変更すれば他方に影響を与えるために、検討ツールを同時的に用いる事が重要となる。様々な視点を統合し、一つの環境として既存地形に提示するための手段として、3要素の検討ツールの同時的な利用が必要不可欠となる。

ところで本事業では、実際には初めからこのような検討ツールの流れやプロセスを完全に意識できていたわけではない。他事例においては、具体的な検討ツールやプロセスは異なった様相を呈すると考えられる。ここで重要なことは、3要素を満たす検討ツールを同時的に用いることであり、このことは他事例においても適用できるものである。そこで、以下に地形デザインにおいて重要な知見を3要素の視点に沿って整理しておく。

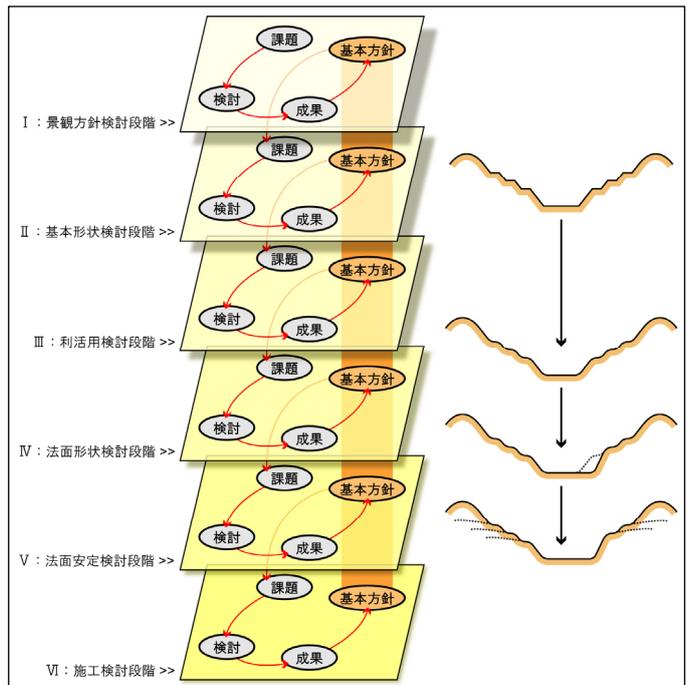


図-19 本事業の景観検討プロセスの流れ

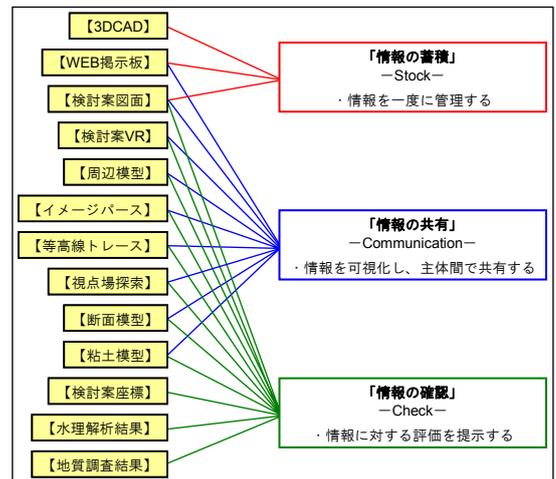


図-20 検討ツールの位置付け

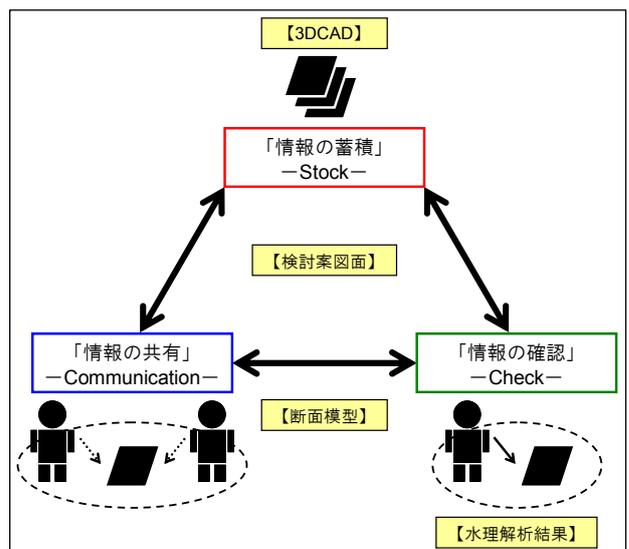


図-21 曾木の滝分水路の地形デザインの枠組み

・「情報の蓄積」 - Stock -

検討に関する様々な情報は、段階（状況）の変化に対応できる状態（例えばデジタルデータ）で蓄積し、情報の変換・出力が容易であること。

・「情報の共有」 - Communication -

関係主体が共有できるように、思想の根本部分に沿った形で可視化し、検討の場と主体に適した（応じた）形によって意思疎通を図ること。

・「情報の確認」 - Check -

主体が持つ情報はでき得る限り簡潔に示し、事業に関わる多くの主体が理解し得る状態で提示すること。

「情報の確認」ツールにおける思想の根本を捉え、それを可視化する「情報の共有」ツールはどのような状態で用いるべきかの見極めが重要となる。本事業では、水理解析の思想が横断面であり、それを可視化させた【断面模型】を用いたために、関係主体間での意思疎通がスムーズに進み施工の段階まで用いられている。また、本事業では13種類の検討ツールを用いているが、これだけ多くの検討ツールを用いなければ、本研究で定義する地形デザインができないわけではないことをここで述べておく。

5. 結論

本研究では、曾木の滝分水路整備事業における地形デザインの方法論を明らかにすることを目的とした。そのために、我が国の洪水分派河道の開発史における曾木の滝分水路の位置付けと特徴を整理し、検討ツールの役割と特徴を位置付けた上で、本事業の地形デザイン手法の枠組みを考察した。その成果は以下の通りである。

- (1) 我が国における洪水分派河道の開発実態を整理し、本事業の特徴は“観光地という場所において、景観に配慮した分水路検討・設計・施工を短期間で行なうこと”であるとし、洪水分派河道の開発史の中において重要な位置付けを担うことを示した。その上で、本研究における地形デザインの思想を「様々な視点を統合した、3次元の環境を一つの解として既存地形に提示すること」と定義した。
- (2) 本事業における検討内容と課題に着目し、「景観方針検討段階」、「基本形状検討段階」、「利活用検討段階」、「法面形状検討段階」、「法面安定検討段階」、「施工検討段階」の6段階毎の検討内容の概説を示した。
- (3) 検討プロセスの一連の流れと検討段階に焦点を当てて検討ツールと主体の関係性を示し、検討ツールの特徴を「情報の蓄積」、「情報の共有」、「情報の確認」の3要素に整理した。その上で、本事業における地形デザイン手法の枠組みと、地形デザイン手法に対する一知見を示した。

本研究で得られた知見は、分水路設計に限らず他の地形デザインを行なう際の一助となると考える。また、現在施工検討段階にあり、その後の現場における分水路建設の考察を行なうことが今後の課題として挙げられる。つまり、“現場で創りながら考える”という設計思想及び実行は現在進行形のものであり、検討案も理想形に近い状態である。

重要な事は、シームレスな仕組みを構築することではなく、その仕組みで良いモノを創り上げられるかである。本事業では現在のところ、施工における安全基準と理想形に近い状態で創りあげる施工方法の2点において課題が残されている。それらの課題を如何に克服し、地形デザイン手法が如何に現場で有効に働くかが重要となる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、いつも本質的・的確なご助言とご指導を賜った星野裕司准教授には深く感謝申し上げます。先生からは、本研究のみならず査読論文やプロジェクトを通して様々なことを学ばせて頂きました。とくに私の無責任な態度が現れた際、“責任とは何か”というお話を貴重なお時間を割きながらもご指導頂きました。また、修士一年から研究室が別となりましたが、小林一郎教授には研究やプロジェクトを通してご指導賜りました。特に、KL2の学外活動においてご助言を頂き、先生からは“社会とは何か”ということ学ばせて頂きました。星野裕司准教授、小林一郎教授のお二方より頂いた学びの場は、私を大いに成長させるものでした。言葉では言い表せないほど感謝しております。両先生だけではなく、田中尚人准教授にも大変お世話になりました。私が4年生のときに、先生に噛み付いてしまったことを今でもはっきりと思い出せます。先生の叱咤激励に対して応えることに精一杯でしたが、先生からは“勢いとは何か”という事を学ばせて頂きました。

また、国土交通省川内川河川事務所の中島康彦氏、株式会社東京建設コンサルタントの鶴田益平氏、宮崎正和氏には、曾木の滝分水路整備事業に関するヒアリング調査の際に大変お世話になりました。お三方の貴重なお時間だったにも関わらず、私のヒアリングに対してお答え頂き深く感謝しております。

曾木の滝分水路は、私が修士一年から幸運にも研究室の学生として関わることができました。私は“地形”と言うものに興味があり、今考えてみると、卒業論文と査読論文(景観・デザイン研究論文集)では「状況景観的視点に基づく眺望計画に対する一提案 - 熊本県三角港を対象として - 」と題して“地形の捉え方”に関して研究し、修士論文では“地形の創り方”といった、『捉えて・創る』という一連の流れができているようにも思えます。

このような研究が行えたのも、研究室という器があったからだと思います。星野研は本当にキャラが濃かった。星野准教授からは、たまに「星野研は外に出る系じゃないもんねー」と言われていましたが、外に出る系ではない(と見られている)私たちの研究室内の日常は、笑い声の耐えない大変な状況でした。その源である、修士二年の今井洋人さん、山下雄史君には、施設設計工学研究室(小林研)の頃から大変お世話になりました。個性がバラバラだった3人でしたが、二人と過ごした3年間は本当に楽しかった。また色々な話で盛り上がりましょう。さらに、施設設計工学研究室(現・空間情報デザイン研究室)で同輩だった竹下史郎君、松尾健二君にも大変お世話になりました。大学院から研究室は別になりましたが、よく研究室にお邪魔させて頂いていました。近いうちに私のCADの先生になってください。地域風土計画研究室(田中研)の井口直君、塩田幸司君にも大変お世話になりました。シュツとしたお二人の立ち振る舞いに男らしさを感じていました。今度は是非男らしさをご教授下さい。

現在曾木の滝分水路は施工中であり、最後までプロジェクトに関われなかったことが唯一の心残りです。完成したときには、熊本から絶対見に行きます(洪水時に)。施工に関して様々な課題が残っていますが、是非とも良い分水路を創って頂きたいと願っています。ということで、星野研の中川君と小林研の高尾君、後は頼みましたよ。

最後に家族について。まず、大学での専攻は違うけれども、歩く道は同じ土木となった兄へ。不安が絶えない弟でしょうがこの先も宜しくお願い致します。そして両親へ。幼い頃から世話を焼いてしまった私ですが、結果としてお二人の生まれ故郷である熊本にて社会人となります。どれだけチャレンジできるかまだわかりませんが、熊本の風景づくりに尽力を注いでいきます。6年間、何事も無く大学を無事に卒業できるのも両親の支えがあったからこそです。深く感謝しております。今度は私が両親へ恩返しをする番です。熊本の地にて技術者として修行を積みながら、両親への親孝行をしていく次第です。でも一人前になるまで待つてね…。

24年間私を支えてくださった家族に深く感謝し、本研究の結びとさせていただきます。

平成21年2月9日

遠山 浩由

参考文献・補注

- 1) 中村良夫：交通行動に関連した景観体験の空間意味論的考察, 国際交通安全学会誌, Vol.2, No.2, p.59, 1979.
- 2) 土木学会編：第四版土木工学ハンドブック I, 技報堂出版, p.1813, 1993.
- 3) 岩屋隆夫：日本の放水路, 東京大学出版会, 2004.
- 4) 山本晃一：河道計画の技術史, 山海堂, 1999.
- 5) 前掲 3), pp.107-109.
- 6) 前掲 3), p.52.
- 7) 前掲 4), p.124.
- 8) 前掲 3), pp.59-60.
- 9) 前掲 3), pp.62-63.
- 10) 前掲 4), p.209.
- 11) 前掲 3), p.72.
- 12) 前掲 3), p.72.
- 13) 前掲 4), pp.249-250.
- 14) 前掲 3), pp.83-84.
- 15) 前掲 3), p.84.
- 16) 前掲 4), pp.412-413.
- 17) 前掲 3), p.35.
- 18) 前掲 3), p.277.
- 19) 関係者へのヒアリングの際、九州における分水路の事例を教えて頂き、原鶴分水路と湯之尾分水路の 2 事例に関して情報提供をして頂いた。
- 20) 伊藤登・天野光一：日本庭園方式のアースデザインによる河川空間整備, 土木計画学研究・講演集, No.19(1), pp.309-312, 1996.
- 21) 前掲 20), p.309.
- 22) 詳細設計を行なう担当者の方より、「WEB 掲示板によって他主体の動きを把握でき、今自分に必要な検討・情報提供などのタイミングを図ることがしやすかった」というヒアリング結果を得ている。
- 23) 水理解析の担当者の方より、「連続的な射流が発生し、予測不可能な跳水現象によって洪水が越水することを否認なかった」というヒアリング結果を得ている。