

十勝川千代田実験水路に関する報告書

平成 17 年 3 月

十勝川千代田実験水路運営準備委員会

はじめに

十勝川千代田新水路事業は、河口から 45km 付近、十勝川中流部に位置し、観光や地域のシンボルとして土木学会選奨の土木遺産に指定（平成 16 年）されている千代田堰堤を存置しつつ、右岸側の高水敷に新たな低水路を掘削し、新低水路の上流側に分流堰を設置するものである。また、近傍で整備が進められている十勝エコロジーパーク事業と連携を図り、周辺環境に配慮し、治水安全度を向上させる事業として平成 7 年度に着手し、平成 18 年度の完成、平成 19 年供用開始を目指して鋭意進められている。

十勝川千代田実験水路運営準備委員会は、千代田新水路の一部を実験水路として活用するに当たり、千代田実験水路の整備、運営、実験計画立案等について学術的な見地から検討・審議を行うため、平成 16 年 1 月から平成 17 年 3 月まで 5 回に亘る委員会を開催してきた。

検討・審議に際しては、平成 12 年 1 月の千代田実験水路整備検討委員会の提言を踏まえ、その後の事業進捗や施設の詳細検討、並びに近年頻発する水害時の被災形態等を勘案し、今後実施すべき研究テーマ、実験に必要となる施設の基本構造、計測機器等について報告書としてまとめるとともに、これまでの議論を踏まえ、以下のように提言する。

1. 研究テーマ・スケジュールは、研究の進捗状況、災害の発生や他の研究・知見を踏まえ、適宜、見直しを行うこと。
2. 当初設置される実験用計測機器は、各研究テーマ共通の基本機器であり、実験内容に応じて追加・変更、開発を行うこと。
3. 共同研究の実施に際しては、学識経験者など共同研究者の公募・選定方法、研究の進め方、成果の取扱いなどに関してルールを定め、透明性を確保すること。
4. 実験で得られたデータおよび研究成果は原則公開とし、広く河川技術の向上に資するよう配慮すること。

最後に、事業完了後速やかに実験に移行できるように、関係機関の更なる検討を期待する。

平成 17 年 3 月 10 日

十勝川千代田実験水路運営準備委員会

委員長 清水 康行

目 次

1. 研究テーマと実験スケジュール	1
1.1 研究テーマの必要性和期待される成果	1
1.2 研究テーマと実験スケジュール	3
2. 実験水路の基本構造及び諸元	6
2.1 実験水路の基本諸元	6
2.2 諸元決定根拠	11
3. 実験概要	13
3.1 予備実験	13
3.2 研究テーマIII-1：越水・浸透による破堤メカニズムの研究	14
3.3 研究テーマI：河床変動など土砂移動に関する研究	16
3.4 研究テーマII：河道内樹木の密度と抵抗に関する研究	17
3.5 研究テーマIII-2：多自然型工法や河岸の保護機能に関する研究	18
4. 実験の観測施設	19
4.1 観測施設の概要	19
4.2 主要観測施設の詳細	21
【添付資料】	26
1. 委員会規約	26
2. 各委員会の概要	28

1. 研究テーマと実験スケジュール

1.1 研究テーマの必要性和期待される成果

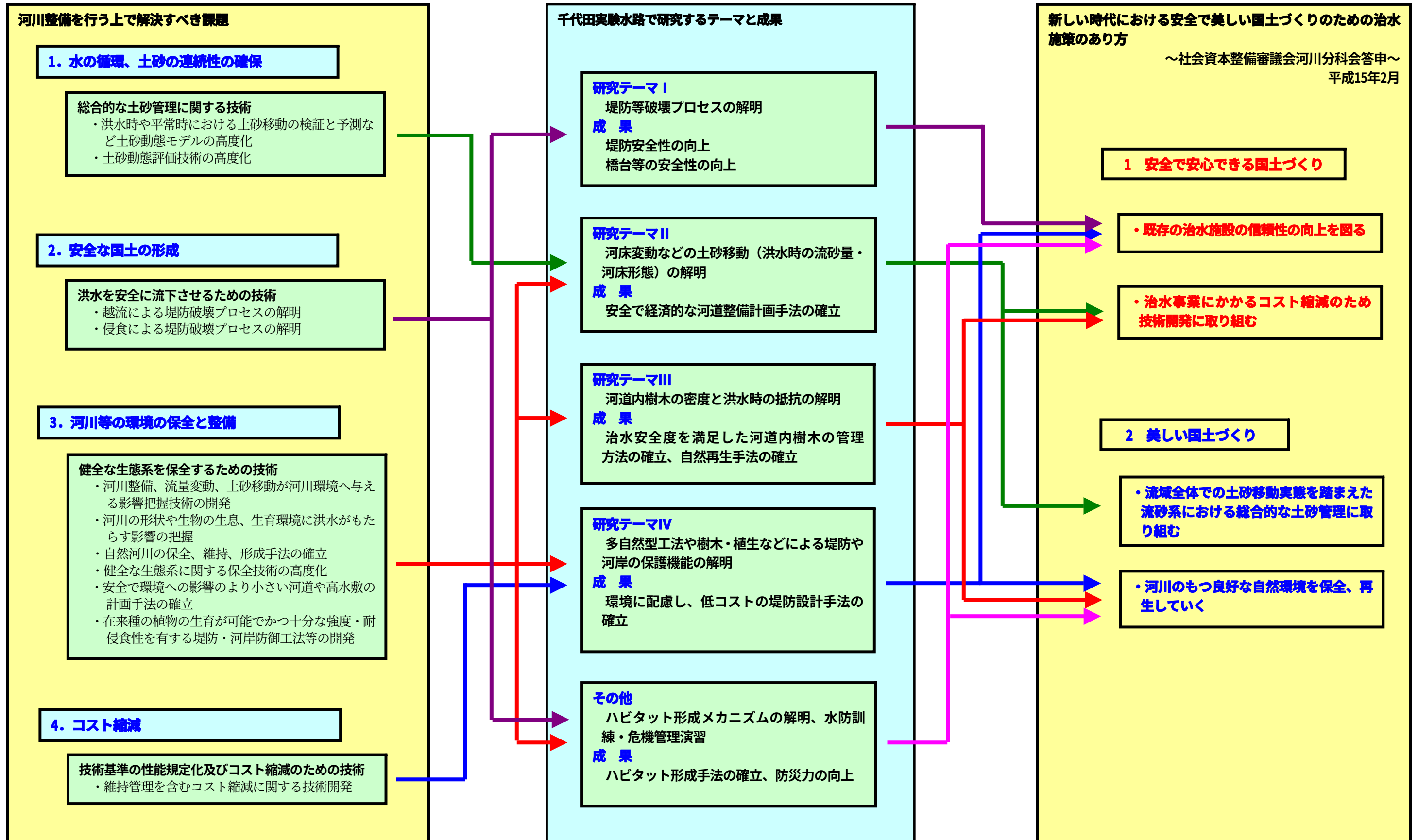
河川整備の課題を解決するには、縮尺効果の影響を受けにくい千代田実験水路を用いた実験・研究が有効であることが、平成 12 年 1 月の「十勝川千代田実験水路整備検討委員会」で提言された。

その後の事業進捗や施設の詳細検討を踏まえ、実験水路の必要性を確認し、本施設による解決可能な課題と期待される成果を、表-1.1 にとりまとめた。

近年、洪水被害が頻発している中小河川の規模は、千代田実験水路の基本諸元（水路幅 30m、勾配 1/500、実験可能最大水量 200m³/s）と同程度であり、千代田実験水路は中小河川の実物大模型といえることができる。

この千代田実験水路を用いた実験・研究により、堤防破壊プロセス、河床変動などの土砂移動、河道内樹木の密度と洪水時の抵抗、多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能等を解明し、安全で安心できる国土づくりや美しい国土づくりに資することが成果として期待される。

表-1.1 研究テーマの必要性と期待される成果



1.2 研究テーマと実験スケジュール

千代田実験水路で研究可能なテーマを、以下を基本として設定し、委員会における討議・審議を経て5つの主テーマ、23の詳細なテーマにとりまとめた。

- ・「十勝川千代田実験水路整備検討委員会」で設定した基本3研究テーマを踏襲。
- ・土木学会が開催している「水工学に関する夏期研修」及び「2004年度・河川技術に関するシンポジウム」における論文集を参考に、近年重要課題とされている研究テーマであり、かつ、千代田実験水路で実験可能な研究テーマを実験研究テーマに追加した。

とりまとめた5つの主テーマは、テーマⅠ「堤防等破壊プロセスに関する研究」、テーマⅡ「河床変動など土砂移動に関する研究」、テーマⅢ「河道内樹木の密度と抵抗に関する研究」、テーマⅣ「多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能に関する研究」、テーマⅤ「その他」として測定方法・機器の開発試験などである。主テーマおよび詳細テーマの内容、テーマ毎に期待できる研究成果および行政上の成果を表-1.2に示した。

実験スケジュールは、当初、各実験研究テーマの緊急性、経済性を考慮しつつ、実験水路の特性を把握できる河床変動に関する研究テーマを最初に、その後、樹木に関する研究テーマ、最後に最も実験水路の改変を伴う河岸の保護機能と破壊プロセスに関する研究テーマの順とした。また、各研究テーマの実験研究期間は3～4年とした。

その後、昨年度の洪水被害実態を踏まえ、河床変動に関する研究テーマの前に、横越流を伴う破堤実験を実施することとした。表-1.3に実験スケジュールを示す。

なお、委員会における「多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能と破壊プロセスに関する研究」は、とりまとめの段階で「多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能に関する研究」と「堤防等破壊プロセスに関する研究」に分離した。

また、研究テーマⅣおよびⅤの詳細テーマの一部は新水路で実施する予定である。

表－1.2 実験研究テーマと期待される成果

主テーマ	詳細テーマ	実験水路で期待できる成果の例	行政上の成果
研究テーマⅠ 堤防等破壊プロセスに関する研究	1. 越流による堤防破壊のメカニズムに関する研究	・越流による堤防破壊過程を目視することができ、堤防破壊メカニズムの検証ができる。	安全で経済的な堤防強化方法の確立
	2. 堤防侵食破壊メカニズムの研究	・侵食による堤防破壊過程を目視することができ、堤防破壊メカニズムの検証ができる。	
	3. 実河川の側岸侵食・崩壊機構の研究	・河岸の側岸侵食・破壊メカニズムを検証し、護岸の適切な設計方法に資する。	
	4. 橋梁のアバット洗掘破壊に関する研究	・アバット周辺の洗掘過程を時間的・空間的に測定する事ができ、対策検討に資する。	治水安全度の高い堤防・構造物設計手法の確立
研究テーマⅡ 河床変動など土砂移動に関する研究	5. 実河川の中小規模河床波の形成・発達・消滅過程と流れの構造の解明	・洪水中の水位、流速、流量、河床形状を時間・空間的に連続測定することができ、河床波の形成・発達・消滅過程と流れの構造を明らかにできる。 ・洪水中の最大洗掘深を把握することにより適切な根入れ深を算出できる。	安全で経済的な河道整備計画手法の確立
	6. 実河川の中小規模河床波と抵抗則ならびに流砂量の検証	・洪水時の河床波による粗度係数の精度向上により、経済的で精度の高い河道計画策定に資する。 ・流砂量測定方法の改善・開発を行うことができる。かつ、流砂量を把握することにより河道全体の土砂管理方法の策定に資する。	
	7. ダム下流の河床状況変化（粗粒化など）に関する研究	・実際と同じような幅広い粒度分布を持つ混合粒径河床の動態の解明に資する。	流砂系における土砂管理方法の確立
研究テーマⅢ 河道内樹木の密度と抵抗に関する研究	8. 河道内樹木の密度と抵抗に関する研究	・洪水中の樹木の状況（揺動など）、樹木周りの流れの状況を把握することができ、樹木の抵抗係数評価精度の向上に資する。 ・樹木の抵抗係数精度向上による適切な河道計画策定に資する。 ・河道内樹木の適正な管理方法の策定に資する。	治水安全度を満足した河道内樹木の管理方法の確立 自然再生手法の確立
	9. 河道内樹木群による流体抵抗係数、境界混合係数に関する研究	・樹木群流体抵抗係数・境界混合係数向上により適切な数値計算モデル、河道計画策定に資する。	
	10. 流木を伴う流下形態の研究	・2次流発生河川内の流木流下メカニズムの解明により、流木が河川(堤防等)に与える影響を解明。	
研究テーマⅣ	11. 多自然型工法による河岸の保護機能の研究	・河道水理条件に適合した、適切で経済的な多自然型工法の選定・設計に資する。	安全で、環境に配慮し、低コストの堤防や河岸設計手法の確立

主テーマ	詳細テーマ	実験水路で期待できる成果の例	行政上の成果
研究テーマⅣ 多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能に関する研究	12. 樹木・植生による堤防や河岸の保護機能の研究	・自然河岸の保存指針の策定、堤防や河岸沿いの樹木管理方法の提案に資する。	安全で、環境に配慮し、低コストの堤防・河岸設計手法の確立
	13. 保護工の性能比較試験	・多様な環境保全型ブロックの適用条件を細分化、明確化することができる。 ・「護岸の力学設計法」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」等の護岸工法選定基準等の精度向上に資する。	
その他	14. 流量・流砂量観測と既存・新規測定装置の検証	・河床高、洗掘深測定方法に関する試験及び実証を行い、測定方法を確立することができる。 ・浮遊砂、掃流砂観測方法に関する試験及び実証を行い、測定方法を確立することができる。	現地観測手法の開発・精度向上
	15. ハビタット形成メカニズムの解明（新水路でも実施）	・実際と同じような幅広い混合粒径河床について、瀬と淵の形成・維持機構、表層材料の配置決定機構（マイクロハビタット）の解明が期待される。	ハビタット形成手法の確立
	16. 新水路の洪水攪乱が生態系に与える影響調査	・洪水前後の新水路内生態系の調査・比較により洪水攪乱が生態系に与える影響を明らかにすることができる。 ・生態系からみた保全・再現すべき河川の姿とその整備手法策定に資する。	
	17. 砂州への植生侵入メカニズムの研究	・新水路における定期的な生態系調査を行うことにより、砂州への植生侵入メカニズム解明に資する。	
	18. 実河川における複断面流れの機構研究	・複断面河道における流れを時間・空間的に連続測定することができ、数値計算モデルの精度向上に資する。	安全で経済的な河道整備計画手法の確立
	19. 橋脚による流木閉塞メカニズムに関する研究	・流木閉塞の過程を目視することができ、流木閉塞メカニズムの解明と対応策の検討に資する。	河道内流木管理方法の確立、構造物の安全性向上
	20. 水防訓練	・木流し、破堤箇所への復旧など実河川では演習困難な水防工法訓練ができる。 ・水防団、自治体担当者、町内会など多種多様な人が訓練に参加が可能。	防災能力の向上
	21. 危機管理演習	・任意の流量を設定した洪水時救助訓練を実施することができ、かつ訓練の安全性を確保するのが容易。	
	22. 堤防越水対策水防資材の機能検討	・土嚢に代わる設置が簡易な堤防越水対策工等の試験を行うことができ、より簡易で安価な水防資材開発に資する。	堤防安全性・防災能力の向上
	23. アイスジャムに関する研究	・結氷河川におけるアイスジャムによる河道閉塞の過程を目視することができ、アイスジャムによる河道閉塞過程の解明に資する。	結氷河川の流下能力把握・流量観測精度の向上
	テーマ等文字色の凡例、赤文字：基本研究4テーマ、青文字：新水路実験テーマ		

表ー1.3 年度別実験スケジュール

	年度	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31～	
分流堰本体	本体																				
	ゲート																				
管理橋																					
管理棟	管理棟＋実験用倉庫＋電気設備																				
新低水路	掘削																				
実験水路基本施設	背割堤							水路内築堤		直線水路へ改造			蛇行水路へ改造					10m水路へ改造			
	計測設備																				
	実験付帯施設																				
実験水路運営準備委員会立ち上げ、開催 →実験水路アドバイザー委員会、実験検討会へ移行																					
予備実験						実験計画	予備通水	予備実験													
実験水路実験																					研究成果
Ⅰ堤防等破壊プロセスに関する研究	1.越流による堤防破壊のメカニズムに関する研究					実験計画	準備	堤防 芝生養生		成果発表	成果発表										安全で経済的な堤防強化方法の確立
	2.堤防侵食破壊メカニズムの研究(蛇行水路)																実験計画		成果発表		
	3.実河川の側岸侵食・崩壊機構の研究(蛇行水路)																実験計画		成果発表		
	4.橋梁のアバット洗掘破壊に関する研究													実験計画	アバット設置				成果発表		治水安全度の高い堤防・構造物設計手法の確立
Ⅱ河床変動など土砂移動に関する研究 (直線水路)	5.実河川の中小規模河床波の形成・発達・消滅過程と流れの構造の解明					実験計画	準備	基本実験		実験計画			成果発表	成果発表							安全で経済的な河道整備計画手法の確立
	6.実河川の中小規模河床波と抵抗則ならびに流砂量の検証					実験計画	準備	基本実験		実験計画			成果発表	成果発表							流砂系における土砂管理方法の確立
	7.ダム下流の河床状況変化(粗粒化など)に関する研究												実験計画			成果発表					
Ⅲ河道内樹木の密度と抵抗に関する研究 (直線水路)	8.河道内樹木の密度と抵抗に関する研究										実験計画	ハット苗植	実験計画	水路内植樹			成果発表				治水安全度を満足した河道内樹木の管理方法の確立、自然再生手法の確立
	9.河道内樹木群による流体抵抗係数、境界混合係数に関する研究										実験計画				樹木間引		成果発表				
	10.流木を伴う流下形態の研究															実験計画			成果発表		
Ⅳ多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能に関する研究	11.多自然型工法による河岸の保護機能の研究(蛇行水路)																実験計画			報告	成果発表
	12.樹木・植生による堤防や河岸の保護機能の研究(蛇行水路)										実験計画	ハット苗植	実験計画	水路内植樹					成果発表	成果発表	
予備実験								越水・浸透破壊実験	土砂移動に関する研究				植生を伴う研究				多自然型工法等の研究				
その他	14.流量・流砂量観測と既存・新規測定装置の検証									公募			成果発表	報告	成果発表						現地観測手法の開発・精度向上
	15.ハビタット形成メカニズムの解明									実験計画 準備			成果発表	報告	成果発表						ハビタット形成手法の確立
	18.実河川における複断面流れの機構研究																実験計画		報告	成果発表	安全で経済的な河道整備計画手法の確立
	19.橋脚による流木閉塞メカニズムに関する研究															実験計画		成果発表			河道内樹木管理方法の確立、構造物の安全性向上
	20.水防訓練								計画準備												防災能力の向上
	21.危機管理演習								計画準備			報告	成果発表	報告	成果発表					報告	成果発表
	22.堤防越水対策水防資材の機能検討							実験計画			報告	成果発表	報告	成果発表						報告	成果発表
	23.アイスジャムに関する研究									成果発表	成果発表										堤防安全性・防災能力の向上
																	実験計画	(橋脚閉塞)	実験計画	(河岸侵食)	結果河川の流下能力把握・流量観測精度の向上
新水路(実験水路以外)実験																					
Ⅳ多自然型工法・堤防の河岸の保護機能に関する研究		12.保護工の性能比較試験(背割堤)						実験計画	公募	実験準備		公募	報告	公募	報告	公募	報告	公募	報告	成果発表	安全で、環境に配慮し、低コストの堤防・河岸設計手法の確立
その他	15.ハビタット形成メカニズムの解明 (生物繁殖を伴う)							実験計画	実験準備			報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	ハビタット形成手法の確立
	16.新水路内の洪水攪乱が生態系に与える影響調査							実験計画	実験準備			報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	
	17.砂州への植生侵入メカニズムの研究							実験計画	実験準備			報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	
											報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表	報告	報告	成果発表		

2. 実験水路の基本構造及び諸元

2.1 実験水路の基本諸元

実験可能流量、水深、流速等を検討の結果、実験水路の基本諸元を下記の通り設定した。なお、詳細設計により一部変更になる場合がある。

【千代田実験水路の基本諸元】

- ・実験水路断面： $B \times H = 30.0\text{m} \times 4.0\text{m}$
- ・実験水路延長： 全長 $L = 950\text{m}$ （直線水路 $L_1 = 600\text{m}$ 、蛇行水路 $L_2 = 300\text{m}$ 、沈砂池 50m ）
- ・基本勾配： $i = 1/500$
- ・背割堤： 天端幅 $B = 5.0\text{m}$ 堤防高さ $H = 4.0\text{m}$
- ・沈砂池： $B \times L \times H = 30\text{m} \times 50\text{m} \times 1.5\text{m}$ （有効 1.0m ）
- ・整流＋給砂区間： $L = 160\text{m}$
- ・破壊実験用堤防（蛇行部）： 天端幅 $B = 5.0\text{m}$ 堤防高さ $H = 3.0\text{m}$
- ・越水破堤実験堤防：天端幅 $B = 3.0\text{m}$ 堤防高さ $H = 3.0\text{m}$
- ・掃流砂観測橋： 幅 $B = 6.0\text{m}$ 支柱ピッチ @ 10m
- ・蛇行水路形状： 蛇行半径 $R = 150\text{m}$
- ・接続水路区間： $L = 200\text{m}$ （下流側沈砂池 $L = 50\text{m}$ 含む）

上記の基本諸元に基づいた、実験水路基本計画図を次頁以下に添付する。

- ・河床変動実験時（直線整備：平成 23 年度想定）：図一2.1 直線整備詳細図
図一2.2 直線整備断面図
- ・植生実験時（蛇行整備：平成 26 年度想定）：図一2.3 蛇行整備詳細図
図一2.4 蛇行整備断面図

図-2.1 直線整備詳細図

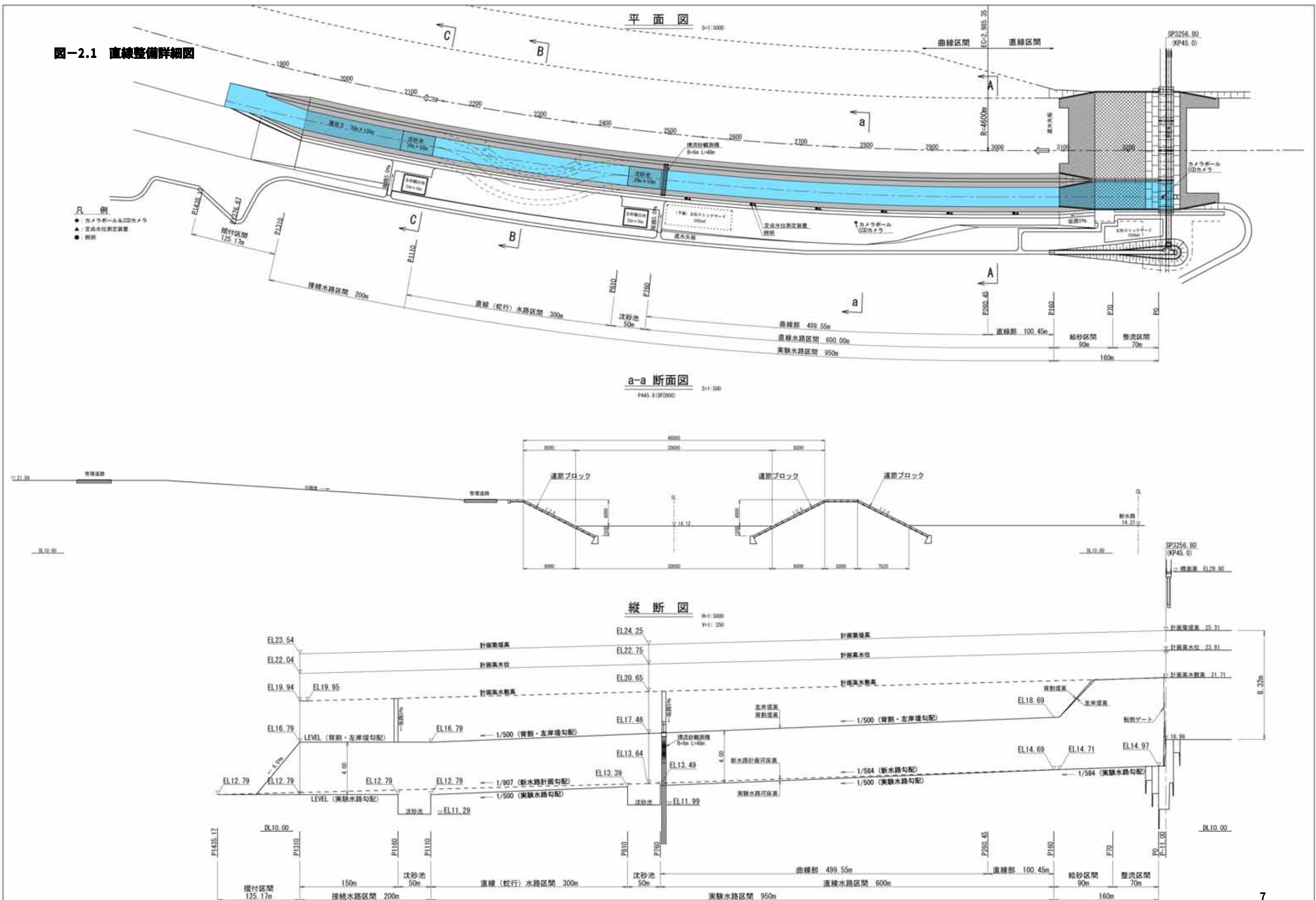
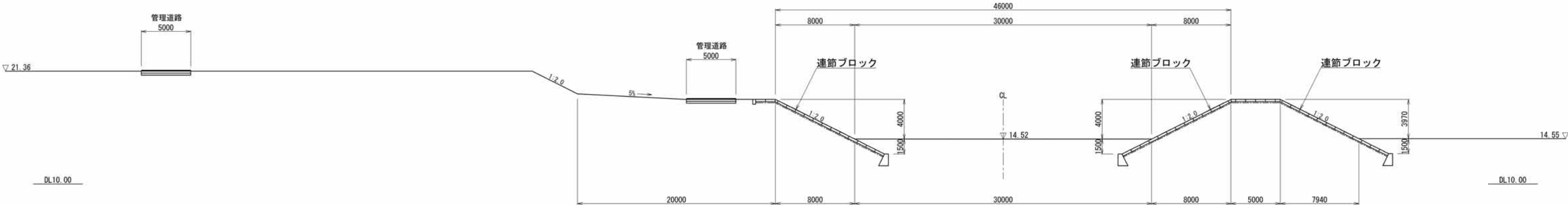


図-2.2 直線整備断面図

A-A 断面図

P245.8 (SP3000.0)

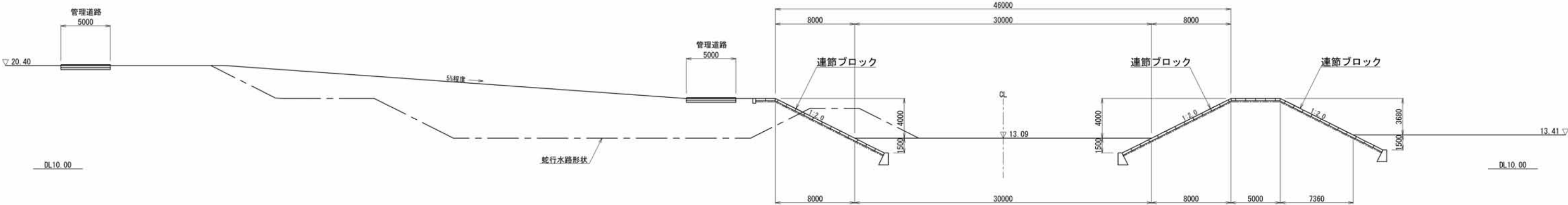
S=1:400



B-B 断面図

P960.0 (SP2285.8)

S=1:400



C-C 断面図

P1110.0 (SP2135.8)

S=1:400

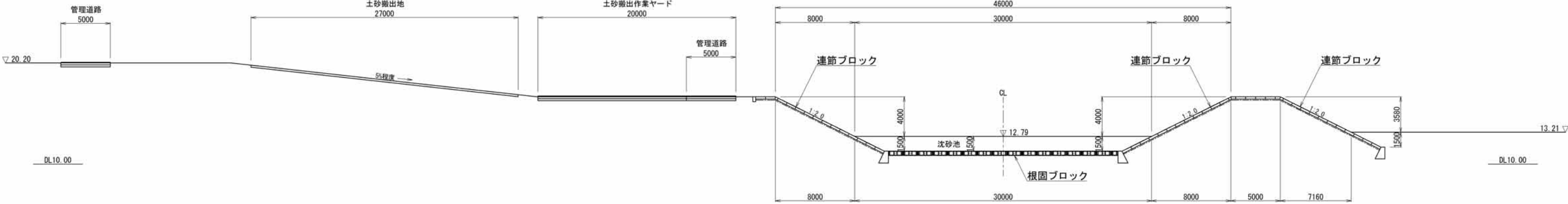
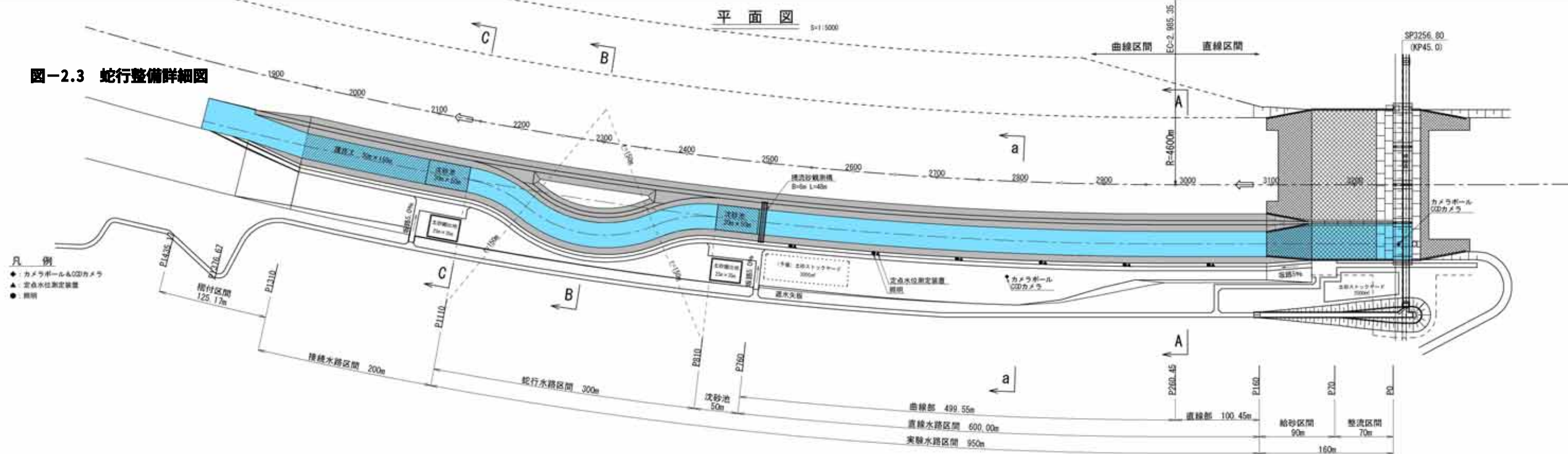


圖-2.3 蛇行整備詳細圖



a-a 断面图

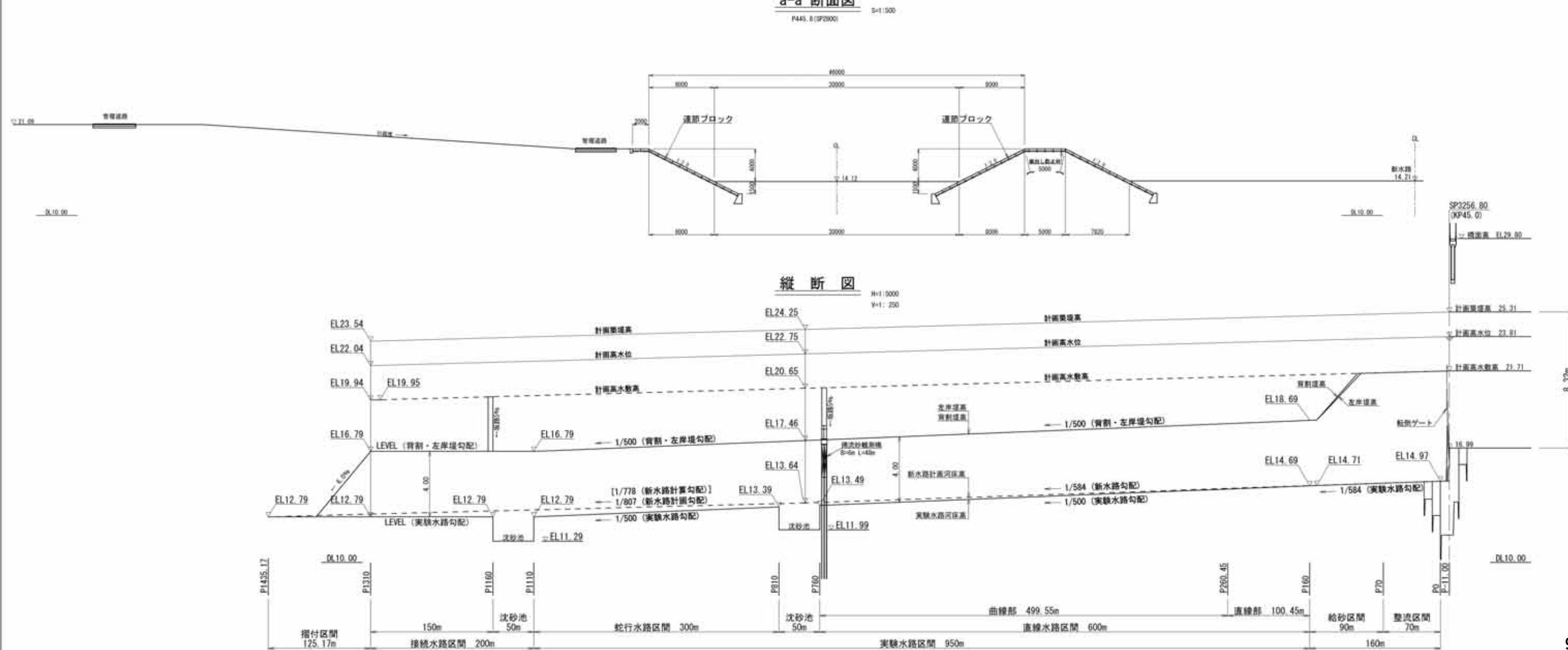
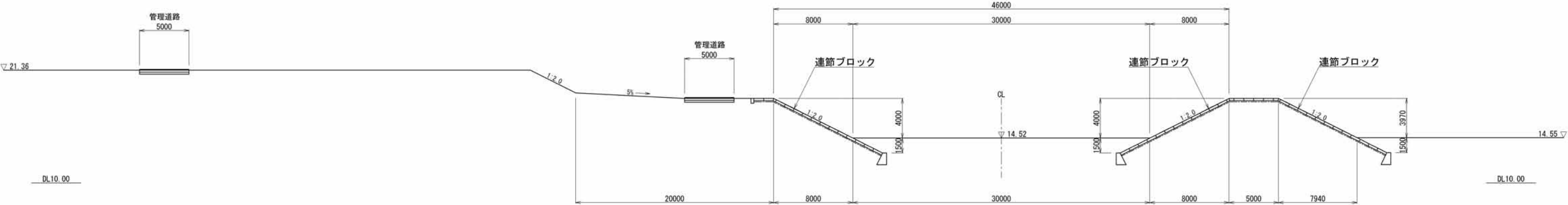


図-2.4 蛇行整備断面図

A-A 断面図

P245.8 (SP3000.0)

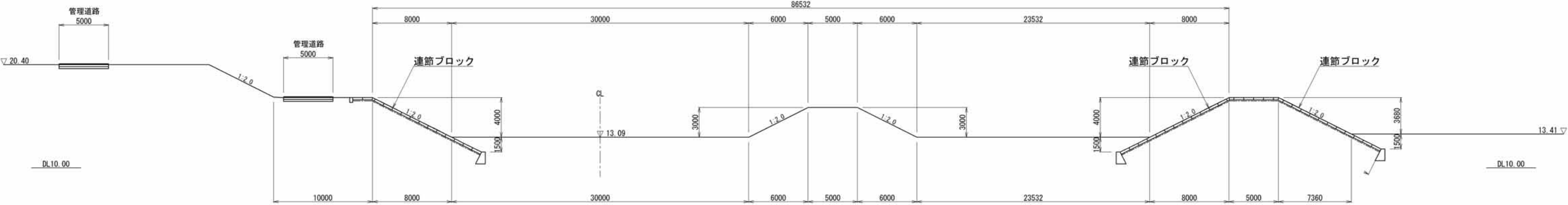
S=1:400



B-B 断面図

P960.0 (SP2285.8)

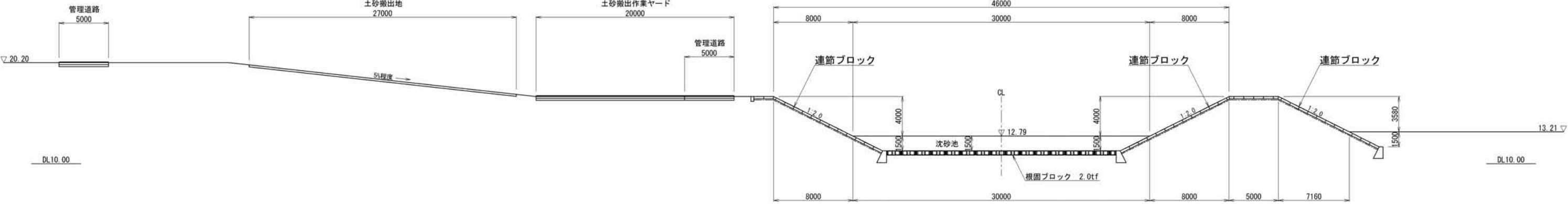
S=1:400



C-C 断面図

P1110.0 (SP2135.8)

S=1:400



2.2 諸元決定根拠

千代田実験水路施設に対して、諸元決定根拠を以下の表にまとめた。

表-2.1 実験水路施設の諸元決定根拠

項 目	基本構造・諸元	決定根拠又は方針
背 割 堤	1) 天端幅：B=5.0m 2) 堤防高さ：H=4.0m 3) 法面勾配：1：2.0 4) 護岸及び天端構造：連節ブロック、粗度 0.027	1) 天端における観測機器の設置や観測・測定、車両（4 t ユニック程度）の通行・作業が可能な幅として 5m とした。 2) 前委員会で提案された基本形状に基づき、実験条件を照査して決定した。 3) 「構造令」第 22 条（法勾配 50%）及び中小河川の標準法面勾配より決定した。 4) 護岸は、連節ブロック、想定粗度係数 $n=0.027$ とする。
沈 砂 池	1) 形状：B×L×H=30m×50m×1.0m V=1500m ³ 2) 構造	1) 沈砂池実験 7 時間通水の推定沈砂量 224～1,148m ³ より、V=1,500m ³ で決定した。 2) 端部の根掘れ防止及び砂の搬出作業のため、根固め工を設置する。端部及び根固めの構造は、高さが変更可能で、且つ、設置・撤去可能な構造とする。
整流区間 及び給砂区間	1) 整流区間＋給砂区間：L=160m 2) 給砂区間：L=120m 投入ヤード 20m×30m 3) その他	1) 堰の設計より、護床工 A=97.5m、護床工 B=59.0m、計 L=156.5→160m とした。 2) 給砂区間は、給砂方法検討実験（流量 100m ³ /s 時の最適土砂投入位置は、実験水路の上流端より上流約 120m、ゲート堰軸下流約 40m）結果より設定した。 上流に 20m×30m の砂投入場所（作業ヤード）を確保した。 3) 給砂量が約 100m ³ /hr のため、実験の時間サイクルと給砂方法の詳細を検討する。
破壊実験用堤防 （蛇行部）	1) 天端幅：B=5.0m 2) 堤防高さ：H=3.0m 3) 法面勾配：1：2.0 4) 護岸	1) 背割堤と同じ幅とした。（実験条件により変更有り） 2) 背割堤高-1.0m とした。（同 上） 3) 背割堤と同じ勾配とした。（同 上） 4) 護岸工の詳細構造は、今後実験計画等により検討する。
越水破堤実験用 堤防	1) 天端幅：B=3.0m 2) 堤防高さ：H=3.0m 3) 法面勾配：1：2.0 4) 護岸	1) 30m 水路内で実験可能な規模とした。（実験条件により変更有り） 2) 背割堤高-1.0m とした。 3) 背割堤と同じ勾配とした。 4) 護岸工の詳細構造は、今後実験計画等により検討する。

項 目	基本構造・諸元	決定根拠又は方針
蛇行水路の形状	1) 蛇行半径：R=150m	1) 十勝川水系等の蛇行形状（波長／振幅=8～12）を参考として、R=150m（波長／振幅=7.4）とした。 河川の最小蛇行半径として、川幅の5倍程度以上と設定した。
掃流砂観測橋	1) 幅：B=6m 2) 支柱：ピッチ約 10m 3) 構造：仮設橋として設置・撤去の容易な構造、且つ流水力を考慮	1) 作業半径 10m の 3tf 吊より 20t ラフタークレーンを想定して、アウトリガー最大張出 5.8m、及び作業構台の一般的幅員 6m を参考として B=6m とした。 2) 掃流砂採砂器への影響ないピッチとして、最低 8m 必要なことから、水路幅を考慮して約 10m とした。 3) 基本構造として設置・撤去可能な仮設橋とする。 支柱・基礎工で解体可能な構造とする。
接続水路区間	1) 接続水路区間：L=200m 2) 整流区間	1) 下流側沈砂池 50m、整流区間 $5 \times B=150\text{m}$ 、計 L=200m とした。 2) 根固めブロック（2tf 型）の形状を検討する。

3. 実験概要

3.1 予備実験

平成18年度に予備通水、19年度に予備実験を実施する。

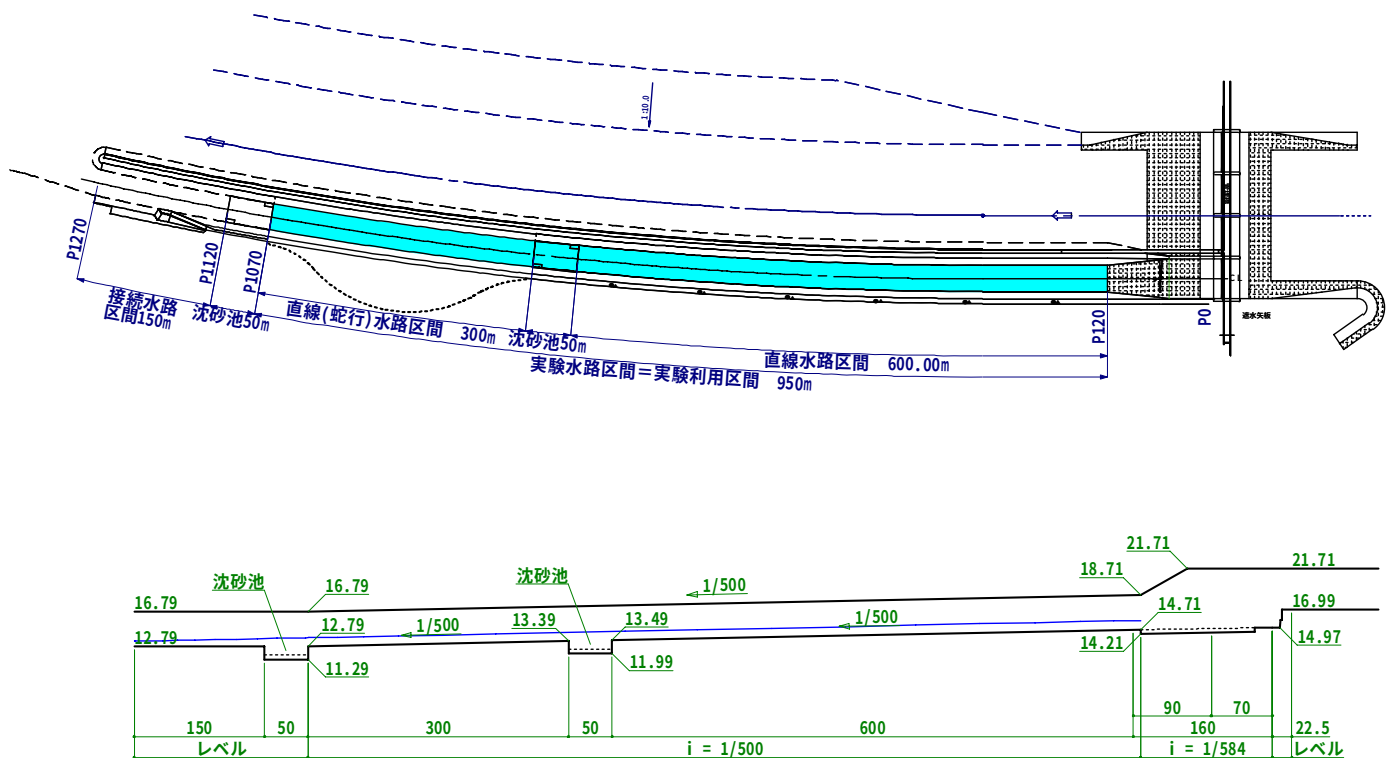
予備実験は、水路機能、各観測機器の機能検証を目的として実施する。河道形状は、河床変動など土砂移動に関する研究の基本形状（勾配 1/500）とし、水路特性を把握する。

予備実験＋研究テーマⅠ基本実験

年	年度	項 目	河道形状と内容
1	H17	予備実験計画立案	
2	H18	予備通水	
3	H19 前	実験準備 予備実験 ・ゲート機能に関する実験 ・整流機能の検証 ・流量観測 ・実験施設機能を検証 ・実験水路より下流への影響を検証 ・観測機器動作を検証	実験水路基本形状 (直線区間 950m、勾配 1/500、幅 30m)
4	H19 後	研究テーマⅡ、基本実験 (1/500) (3-3 テーマⅡ実験にも重ねて記述)	勾配 1/500、実験区間 600m、現地河床材料(dm=11mm)実験 流量・流砂量測定装置実験

予備実験＋研究テーマⅠ基本実験

(直線水路で実施、勾配 1/500)



3.2 研究テーマⅠ：堤防等破壊プロセスに関する研究

研究テーマⅠは、堤防や橋梁アバット等の破壊プロセスを明らかにする実験である。実験では天端アスファルトの有無など堤防条件を変えて横越流による破堤を再現し、越水破堤過程の特性を調べる。

破堤実験方法としては背割堤の一部を利用する案と実験水路内に破堤用堤防を設ける案が考えられる。両案について実験時の流況、洪水時の安全性、施工費用等を比較検討し、実験検討会（仮称）において最適案を決定する。

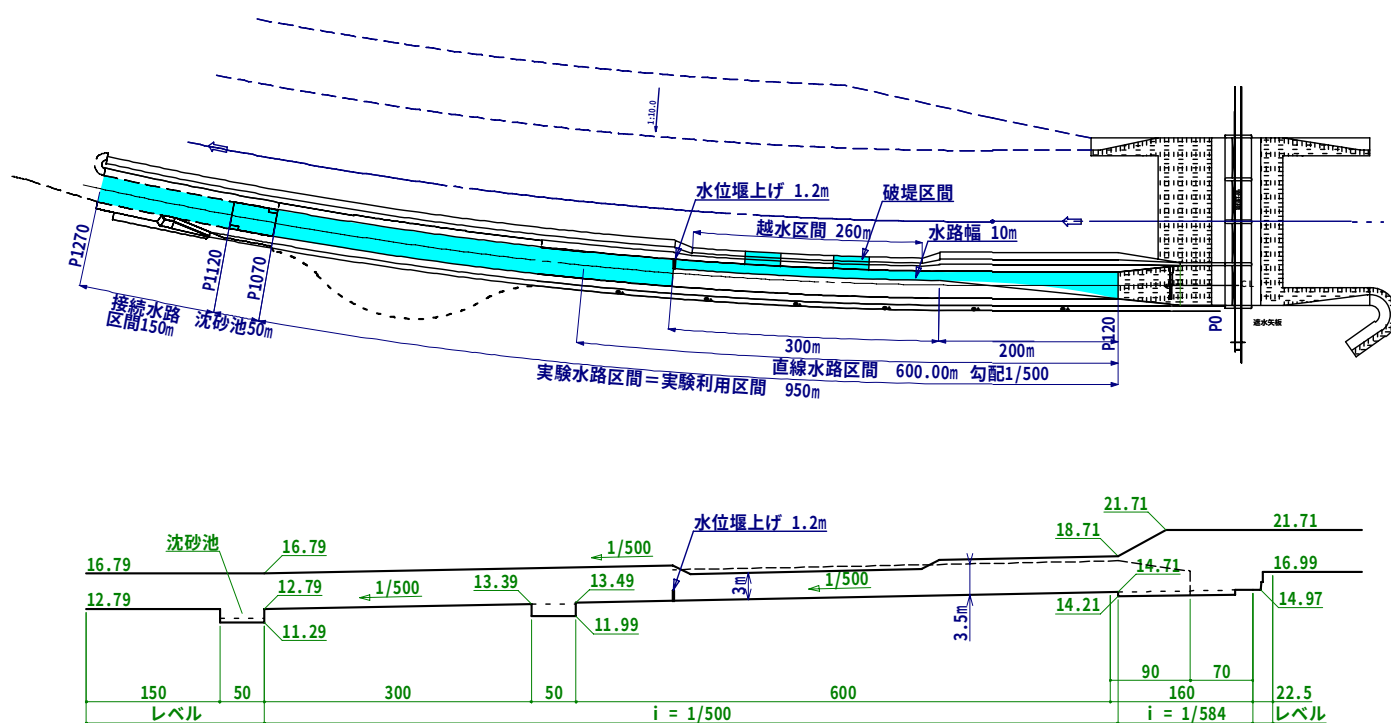
年	年度	項 目	河道形状と内容
1	H17	越水破堤実験計画	破堤に関する実験全体計画策定
2	H18	実験準備	
3	H19	越水堤防築造	芝生養生
4	H20	越水破堤実験	越水破堤実験 2 回（堤体内水圧観測）、越水対策水防資材実験
5	H21	越水破堤実験	越水破堤実験 1 回、越水対策水防資材実験 水防訓練、危機管理演習、7ハット設置
6	H27	橋梁7ハット実験	橋梁アバット洗掘実験 1 回
7	H28	橋梁7ハット実験	橋梁アバット洗掘実験 1 回
8	H29	堤防侵食実験 側岸侵食実験	堤防侵食実験（蛇行水路） 側岸侵食実験（蛇行水路）

ここでは、背割堤の一部を利用する案を示す。

【背割堤一部越水案】

背割堤の一部に越水区間を設け、横越流による破堤状態を再現する。

この場合は、左岸側に築堤して、堤防幅を狭くする。新水路からの影響を少なくするためできる限り上流に設定する。



背割堤の一部を利用する案と実験水路内に破堤用堤防を設ける案の特徴などを下表に示す。

	背割堤の一部を利用する案	実験水路内に破堤用堤防を設ける案
越水堤防	背割堤を一部改造する。	実験水路内に設置
越水区間	堤防破壊箇所は、周囲に比べ天端高さを低く設定することにより任意に設定する。	堤防破壊箇所は、周囲に比べ天端高さを低く設定することにより任意に設定する。
水路幅	10m	5m～10m
堤内地幅	制限なし 新水路側 80m 程度確保可能	5m～10m
観測について	撮影は背割堤上下流側からしかできない。または、新水路内に撮影箇所を設ける。ただし出水時の安全性確保が必要。	越水後の流況撮影は背割堤上から可能
下流への土砂流出対策	破堤箇所下流の新水路内に沈砂池等を設ける必要あり。	実験水路内沈砂池で対応可
洪水時	越水区間が 3m と低いとため、出水時に新水路側から越水の可能性あり。	実験水路内は下流からの堰上げは発生するが、流れはなく安全
定点水位計	左岸側を狭めるため、定点水位計は利用不可。別途右岸側に可搬式水位計を設置する必要あり。	定点水位計は左岸側に設置されているため観測可能
その他の研究への影響	背割堤を利用した「保護工の性能比較実験」の範囲は狭くなる。	影響は少ない

3.3 研究テーマII：河床変動など土砂移動に関する研究

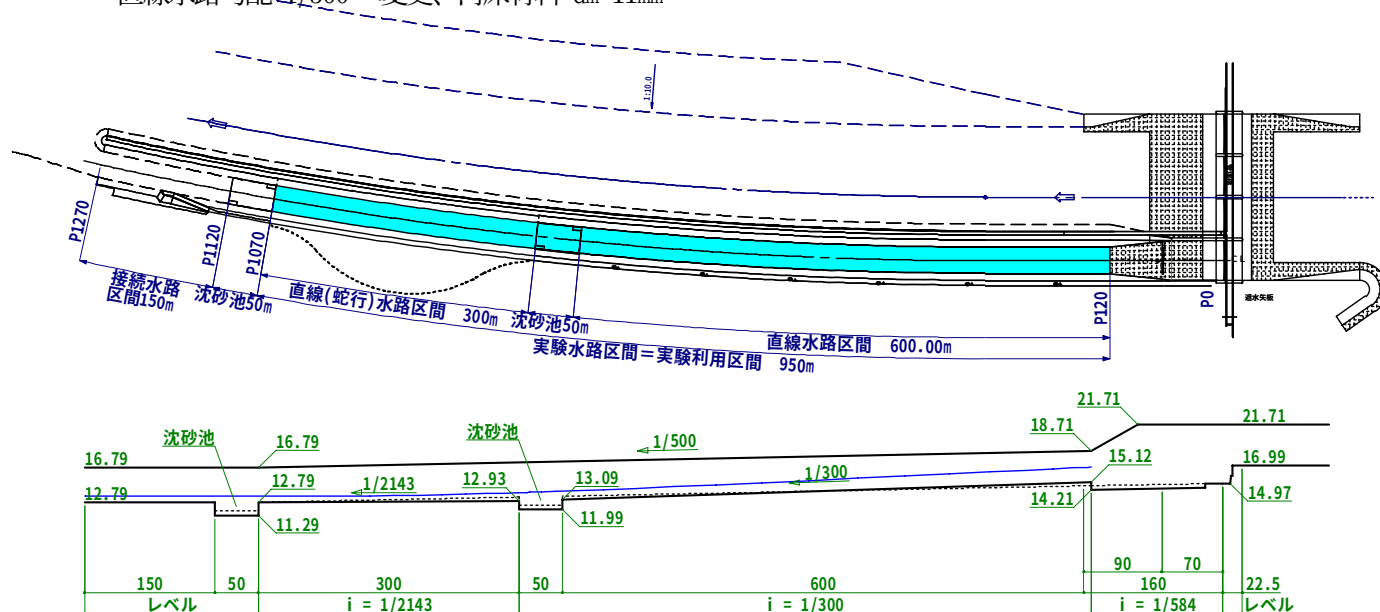
研究テーマIIは、主に、安全で経済的な河道整備計画手法を確立するため、河床変動特性を把握する実験である。破堤実験の後、実施する。水路特性を把握する基本実験を予備実験と同年時に実施しているので、ここではそれ以外の条件を実施する。同時に、ハビタット実験、流量・流砂量観測装置実験を実施する。

年	年度	項 目	河道形状と内容
1	H17	実験計画立案	予備実験終了後実施するよう計画
2	H19	基本実験(1/500)	実験区間勾配 1/500 基本実験実施
3	H21	実験準備	
4	H22	縦断勾配変更 (1/300)	蛇行区間撤去→直線水路化 実験区間勾配 1/300 実験 ハビタット実験、流量・流砂量測定装置実験 水防訓練、危機管理演習実施
5	H23	河床材料置換 (5mm) 縦断勾配変更(1/500)	実験区間勾配 1/300 のまま 平均粒径 5mm に河床材料置換 実験区間勾配 1/500 に変更 ハビタット実験、流量・流砂量測定装置実験 水防訓練、危機管理演習実施 実験終了後粗粒砂へ河床材置換 (30mm)
6	H24	河床材料置換(30mm) (河床固定化実験) 縦断勾配変更(1/300) 縦断勾配変更(1/500)	実験区間勾配 1/300 実験 平均粒径 30mm、最大粒径 100mm で粗粒化実験 実験区間勾配 1/500 に変更 ハビタット実験、流量・流砂量測定装置実験 水防訓練、危機管理演習実施 蛇行区間造成、蛇行区間勾配 1/500

※ 移動しやすい 5mm 実験砂は H23.4～8 月短期間とする

基本実験 (H22)

直線水路勾配 1/300 へ変更、河床材料 $d_m=11\text{mm}$



平成 23 年、24 年に河床勾配、河床材料を変更

3.4 研究テーマIII：河道内樹木の密度と抵抗に関する研究

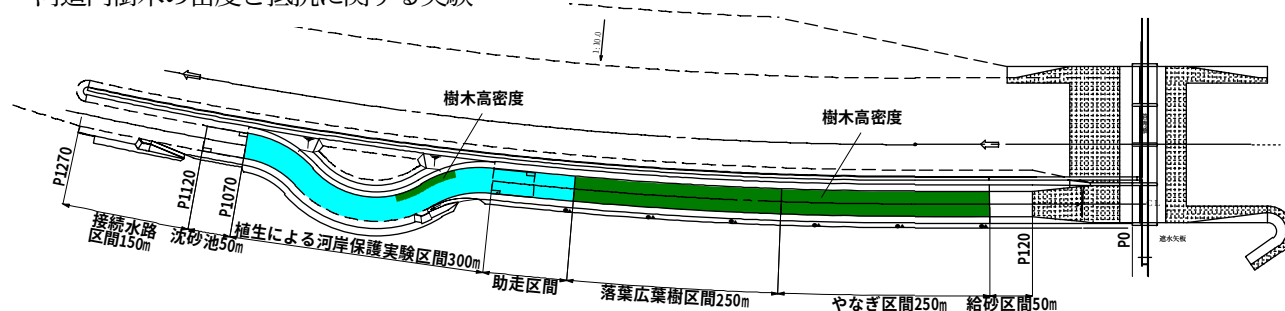
研究テーマIIIは、河道内樹木の密度、抵抗、境界混合係数等に関する研究を、実物大樹木を利用して実施する。樹種は、十勝川の代表的な樹木を採用し、現場でポット苗として育成する。本実験テーマ最終年に流木による掃流砂観測橋を利用した橋脚閉塞実験、流下形態実験を実施する。

樹木が設置されている期間は、水防訓練、危機管理演習は実施しない。

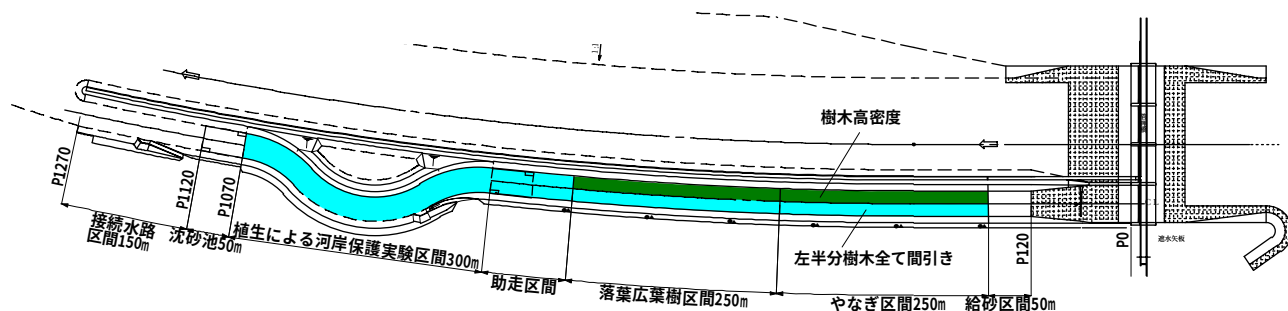
年	年度	項目	河道形状と内容
	H22	実験計画立案	
	H23	ポット苗植樹	樹木育成エリアに 3000 本植樹 ヤナギ（オノエヤナギ、エゾノキヌヤナギ） 落葉広葉樹（ハルニレ）
1	H24	実験準備	
2	H25	水路造成	蛇行水路造成、蛇行区間勾配 1/300
		水路内植樹	ヤナギ(250m、蛇行部 100m)、落葉広葉樹(250m)水路内植樹
3	H26	実験樹木高密度 実験樹木中密度 実験樹木小密度	高密度で河道内樹木と抵抗に関する実験 実験終了後、樹木を間引く 中密度実験、実験終了後さらに間引き。 小密度実験 実験終了後、水路左半分間引き、右半分密度増加、養生
4	H27	半分樹木高密度 半分樹木中密度 半分樹木小密度	高密度で境界混合実験 蛇行区間で樹木河岸保護機能実験 実験終了後、樹木を間引く 中密度で境界混合実験、実験終了後さらに間引き。 小密度で境界混合実験、実験終了後、樹木撤去
5	H28	樹木による河岸 保護効果実験	蛇行区間で樹木河岸保護機能実験 流木流下形態実験、橋脚への流木閉塞実験 アイスジャムに関する実験（橋脚閉塞）

直線水路勾配 1/500、蛇行水路勾配 1/500

河道内樹木の密度と抵抗に関する実験



樹木群の流体抵抗係数、境界混合係数に関する実験

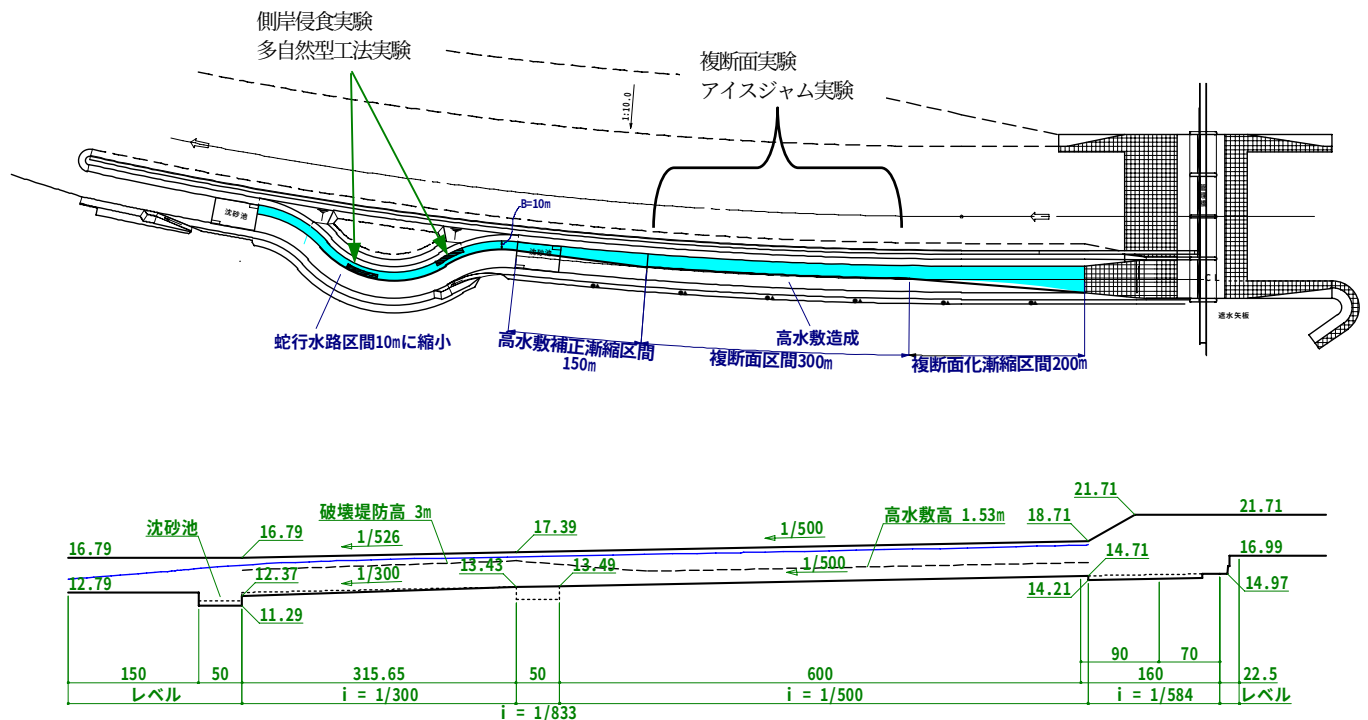


3.5 研究テーマⅣ：多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護機能に関する研究

研究テーマⅣは、多自然型工法や樹木・植生などによる堤防や河岸の保護に関する実験を実施する。同時に、上流の直線水路を利用して複断面実験の流れ実験、アイスジャム実験等を実施する。

年	年度	項 目	河道形状と内容
1	H28	実験計画	侵食、多自然、複断面等の実験全体計画策定
2	H29	多自然型工法実験 複断面実験	蛇行区間勾配 1/300 6 種類の工法実験実施、 複断面実験流れの機構実験 水防訓練、危機管理演習
3	H30	多自然型工法実験 複断面実験	6 種類の工法実験実施（つづき） 複断面実験流れの機構実験、アイスジャム実験（河岸侵食） 水防訓練、危機管理演習

直線区間複断面化
側岸侵食実験（H29）
多自然型工法実験（H29～H30）
複断面実験（H29～H30）
アイスジャム実験（河岸侵食）（H30）



4. 実験の観測施設

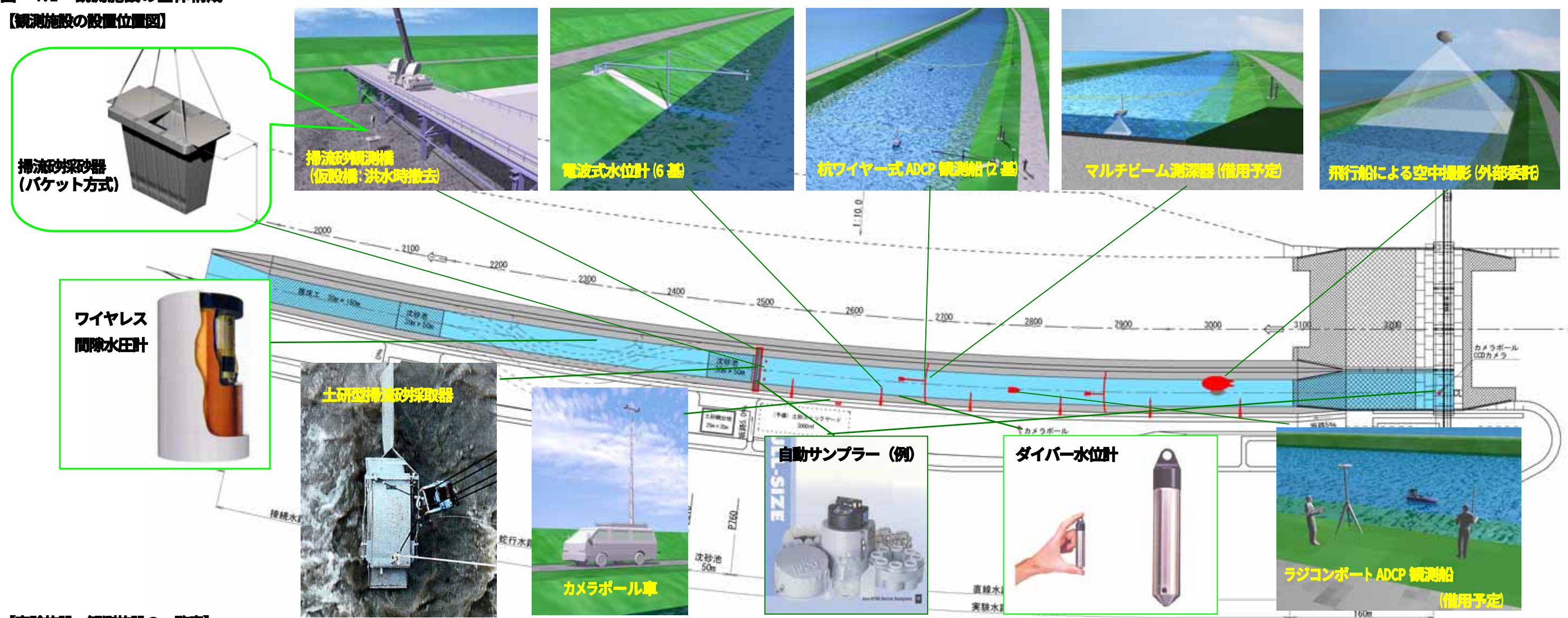
4.1 観測施設の概要

平成 19 年の予備実験から平成 30 年の 12 年間に実施が予定されている各研究テーマの実験観測施設として、将来的に実験テーマ・スケジュールの見直しが行われる可能性を考慮しつつ、必要最小限の機器を導入することにした。

観測すべき水理量等については、委員会の意見を踏まえて設定し、観測機器の種類、導入数等を決定した。主な観測機器としては、実験水路の縦断水位把握が、重要となることから電波式水位計を 100m 間隔で 6 基設置することとし、精度良く連続的に観測することが可能とした。水路内の流速、流向については、杭ワイヤー式 ADCP 観測船およびラジコンボート ADCP 観測船を用いることとした。

全体構成を図-4.1 に、各観測機器を図-4.2 から 4.9 に示す。

図-4.1 観測施設の全体構成
【観測施設の設置位置図】



【実験施設・観測施設の一覧表】

項 目	諸 元
実験水路基本形状	幅 30m、護岸勾配 1:2.0、水路高 4.0m、河床勾配 1/500、全長 1000m
実験施設	
整流区間	L=70m
給砂区間	L=90m
給砂方法	上流給砂区間にダンプによる事前投入
移動観測施設	杭ワイヤー式
沈砂池	30m×50m×1.5m (有効 1.0m) : 2 基
掃流砂観測橋	第 1 沈砂池直上に設置 (幅員 6m)
土砂搬出地	25m×35m
土砂ストックヤード	2500m ²
樹木育成ヤード	有
実験水路用照明	6 基
データ収集方法	管理棟へ収集 (堰管理施設光ファイバーまたは無線 LAN 利用)

項 目	諸 元
観測施設	
水位	定点水位計電波式水位計 6 基 (水位標併設) (ダイバー水位計 (必要数))
流速・河床高 (観測船利用)	船数 2 艘 (杭ワイヤーにより操作) ADCP 流速プロファイラー 超音波測深器 (水位、流速は測定可)
観測船位置測定方法	高精度 GPS 方式、(観測船上)
河床高検証機器	色つき砂利埋め込みによる検証
借用予定観測施設	ラジコンボート ADCP 観測船 マルチビーム測深器 (杭ワイヤー式船に搭載予定)
掃流砂量	バケット方式で実験初期、中期、後期観測 (6 基予定) 土研型掃流砂採取器 1 器 (掃流砂観測橋より操作)
浮遊砂	上流管理橋、下流掃流砂管理橋で揚水ポンプ + 自動サンプラーによる採水
映像撮影	固定 CCD 2 基 (上流管理橋、直線水路傍 (堰管理施設)) + カメラポール車 1 基 各実験対象地点: カメラポール搭載車 (必要に応じて飛行船、ヘリコプターカメラ委託)
堤体内水位	ワイヤレス間隙水圧計
地下水位計	周辺の既存地下水位計を利用

4.2 主要観測施設の詳細

ここで、主な観測施設の諸元、精度等について説明する。

(1) 杭ワイヤー式観測船（水中流速、河床高計測）

水面幅が30m以上であり、横断方向に連続的にかつ同じ位置で何度も測定することができるように杭ワイヤー式観測船を用いる。

表-4.1 杭ワイヤー式 ADCP 観測船の詳細

項 目	杭ワイヤー式 ADCP 観測船の諸元
搭載観測機器	ADCP 流速プロファイヤー、ボトムトラッキング 超音波測深器、データロガー、データ発信器、バッテリー GPS 移動局
ADCP 仕様	精度：1cm/s 移動平均観測必要時間：3 秒 不感帯：観測層厚 10cm で 10cm 観測層：最小 1cm、一般的に 10～20cm
GPS 仕様	精度：水平 1cm、鉛直 2cm、観測周期：5Hz
ボート形式	双胴船形式：利点 ・ 観測機器を中央に設置でき、船が安定している。 ・ 水の抵抗が少ない
ボート仕様	長さ 2.0m×幅 1.5m 駆動力無し
測定範囲	杭設置した 2 測線付近のみ 但し、杭位置を変更することにより測定範囲の移動は可能
測定特性	ボートの位置の静止は比較的簡単
技術開発	ワイヤーによるボート操作開発必要
安 全 性	特に問題なし

利 点	比較的安全で、精度の高い測定が可能 エンジン停止によるボート流出の心配がない 2カ所同時に観測可能
欠 点	一洪水で観測できる範囲に限られる ワイヤー弛み対策が必要
備 考	ラジコンボートに比べて、観測精度が高く安全であるため採用した。

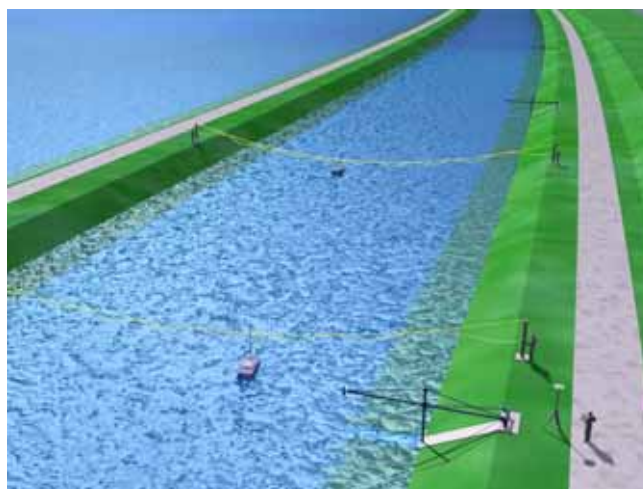


図-4.2 杭ワイヤー式 ADCP 観測装置イメージ図

(2) 定点水位観測装置

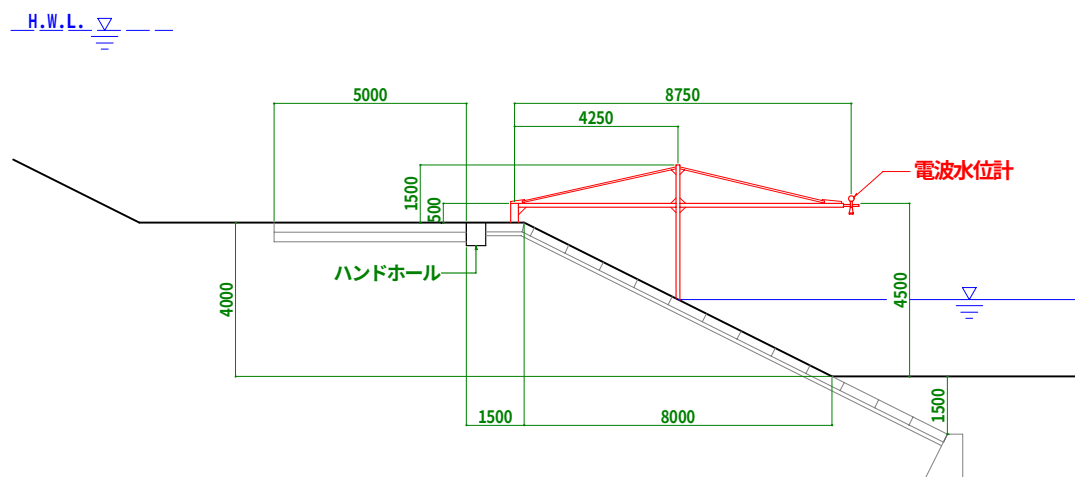
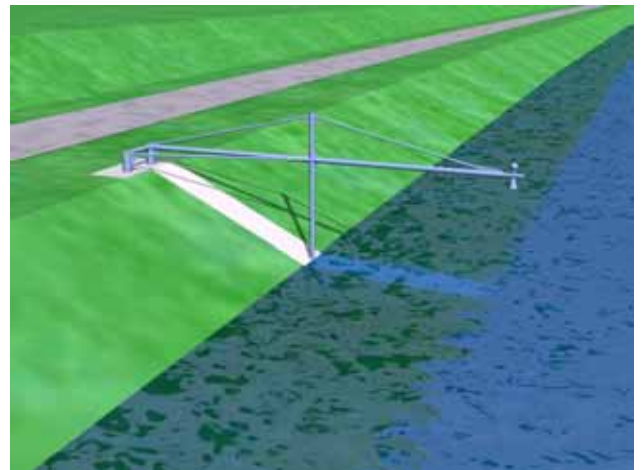
実験水面がセンサー不感帯域に入らないように、護岸より若干高いところにセンサーを設置し、実験終了時・洪水発生時には取り外し可能な構造とする。

表－4.2 定点水位測定装置に必要な条件

必要条件	自動的で、かつ、時系列的に観測可能なこと 河床変動が大きいと、河床内、護岸内に計測機器の設置は不可能 洪水時にできる限り流水の阻害にならないようにすること。 測定精度は1cm以下 測定間隔は1分以下
計測方法	直接対象地点の水位測定可能な非接触式水位計が望ましい 引込式では速度水頭だけ水位が上昇する
設置基数	直線水路区間全6基
設置間隔	100m
データ転送方法	水位計→信号変換器→信号伝送器→データ収集盤に全6基の水位データを収集し、光ファイバーまたは無線LANにより管理棟にデータ転送する。

表－4.3 定点水位測定装置（電波式水位計）の特性

計測方式	電波水位計
測定特性	風の影響は受けない 支持棒により護岸部で流水阻害発生
精度	1cm
不感帯範囲	0m
センサー部重量	3～4kg
予備実験	必要なし
実験期間中 洪水時対応	実験毎に設置 洪水時撤去
実験期間外	支持棒等全て撤去
経済性	安価
維持管理	精度チェック
補足設備	水位標



図－4.4 定点水位測定装置（着脱式電波水位計）イメージ図

(3) 掃流砂観測装置

掃流砂観測装置については、本実験水路で新規研究・開発する。

表-4.4 掃流砂観測装置諸元

項 目	掃流砂観測装置の諸元
水理条件	水路形状：水路底幅＝30m、護岸勾配 1:2.0、河床勾配 1/500 流量 $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ 流速 $U=1.77\text{m/s}$ 摩擦速度 $u_* = 0.18\text{m/s}$ 河床材料 $d_m = 11\text{mm}$
掃流卓越状態となる沈降速度	$W_f = u_* / 1.08 = 0.18 \times 100 / 1.08 = 16.7\text{cm/s}$
掃流卓越状態となる砂粒径	2.8mm（基本的に 2.8mm 以上の砂は捕捉）
設 置 数	6 基＝3 回（通水初期、中期、後期）×2 箇所（左岸、中央）
構 造	材質：ステンレス製 橋上からのロープ操作により、蓋の開閉が可能な構造
引き上げ方式	実験通水後、掃流砂観測橋上からクレーンにより引き上げる （通水中の掃流砂採砂器の引き上げはしない）



図-4.5 採砂器イメージ図

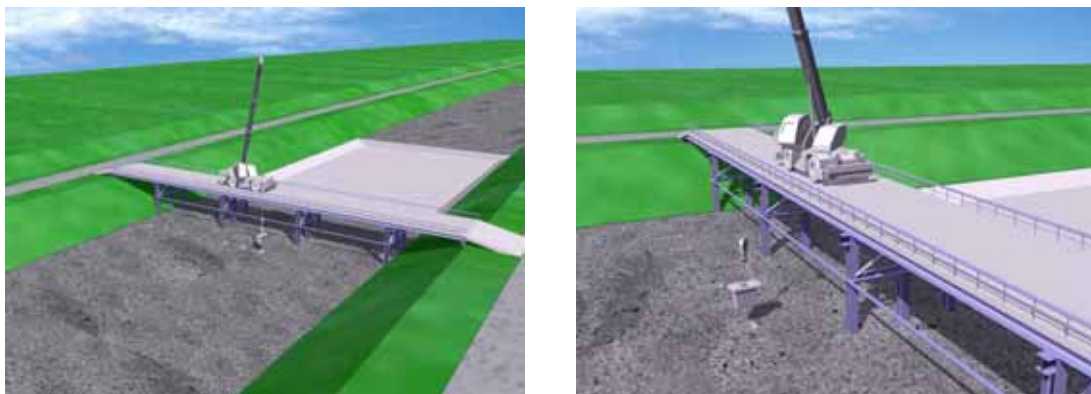


図-4.6 掃流砂採砂器回収イメージ図

(4) ラジコンボート ADCP 観測船

表-4.5 ラジコンボートを用いた ADCP 観測装置

項目	ラジコンボート ADCP 観測船の諸元
搭載観測機器	ADCP 流速プロファイラー、ボトムトラッキング データロガー、データ発信器、バッテリー、GPS 移動局（ADCP 以外のシステムは不明）
ADCP 仕様	精度：3cm/s（水深 1m 時） 移動平均観測必要時間：3 秒（推定） 不感帯：観測層厚 10cm で 10cm（推定） 観測層：最小 1cm、一般的に 10～20cm
GPS 仕様	精度：水平 1cm、鉛直 2cm、観測周期：5Hz（新規搭載必要）
ボート形式	単胴船形式：（写真参照）
ボート仕様	長さ 2.5m×幅 1.5m（推定） 船上部プロペラ 1 基（舵取り方法は不明） リモートコントロールシステム
測定範囲	実験河川全区間
測定特性	定点にボートを静止することは困難
技術開発	高精度 GPS 機器搭載必要 舵取方法を再検討する必要あり
安全性	エンジン停止時のボート回収装置が実験下流端に必要

利点	借用するため、費用が安価
欠点	ボートの静止が困難なため精度が悪い 船底に舵があると、水深が浅い場合、観測不可



写真-4.1 ラジコンボート写真

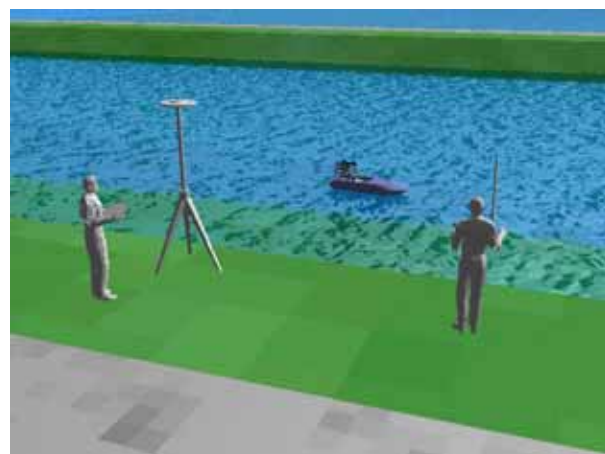


図-4.7 ラジコンボート式 ADCP 観測イメージ図

(5) 移動撮影機器：ポールカメラ車

表-4.6 ポールカメラ車の諸元

項 目	諸 元
車 輈	ワンボックスタイプ (4WD ガソリン)
カメラスペック	高感度デジタルビデオカメラ、立体視用 として2台（静止画撮影にも利用）
カメラ周辺機器	防水用カメラハウジング 雲台及びカメラコントローラー
伸縮ポール	高さ 15m（油圧式もしくは電動式） ポールコントロール装置
記録装置	HDD・DVD レコーダー ノート PC、モニター ケーブル関係
車輈特別外装	ルーフデッキ、後部手動ジャッキ 車外照明
車輈特別内装	各種コントローラー操作配電盤 コンセント類、インバーター 充電器設備、機器バッテリー増設 機器搭載ラック、車内照明



図-4.8 ポールカメラ車イメージ

(6) 堤体内水圧計：ワイヤレス間隙水圧計（堤体内水位測定に利用）

表-4.7 ワイヤレス間隙水圧計の諸元

項 目	諸 元
システム構成	地上部：地上通信送受信アンテナ データ送受信制御器 データ処理装置（PC） 地中部：ワイヤレス間隙水圧計
データ送信器 寸法・重量	直径 120mm、長さ 205mm 重量 3.5kg
測定範囲	機種により 0.1Mpa～1.0Mpa
水位精度	0.5%FS 以内
測定頻度	6回／1hr～1回／日程度 （自由に設定可能）
データ収録回数	3600 回以上
電池寿命	測定頻度 1回／1日、送信頻度 1回／7 日で約 10 年
通信距離	土中 100m

ワイヤレス間隙水圧計外観



寸法：径 120mm×高さ 205mm

図-4.9 ワイヤレス間隙水圧計

【添付資料】

1. 委員会規約

○帯建治第45号

十勝川千代田実験水路運営準備委員会規約を次のように定める。

平成15年9月16日

帯広開発建設部長 小林 博 史



十勝川千代田実験水路運営準備委員会規約

(目的)

第1条 本委員会は、十勝川千代田実験水路の実験にかかわる事項について検討する。

(組織)

第2条 本委員会は別表の委員をもって組織する。

2 委員は、帯広開発建設部長が委嘱する。

3 委員の任期は2年とする。

4 委員長は、委員が互選する。

5 委員会の運営上特に必要とするとき委員長は委員以外の者を参加させることができる。

(委員長の職務)

第3条 委員長は会務を総括する。

2 委員長に事故があったときは、委員長があらかじめ指定する委員がその職務を代理する。

(委員会の召集等)

第4条 委員会は、委員長が召集する。

2 委員会は原則として公開で行うものとする。

(事務局)

第5条 委員会の事務局は帯広開発建設部治水課に置く。

2 事務局は委員会の運営に必要な事務を処理する。

(雑則)

第6条 この規約に定めるもののほか、委員会の運営に関して必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

(附則)

1 この規約は、平成15年9月16日から施行する。

表-1 委員会のメンバー

・委員				
長谷川 和義	北海道大学大学院	工学研究科	教授	
清水 康行	北海道大学大学院	工学研究科	助教授	
泉 典洋	東北大学大学院	工学研究科	助教授	
戸田 祐嗣	名古屋大学大学院	工学研究科	講師	
藤田 光一	国土技術政策総合研究所	環境研究部	河川環境研究室	室長
末次 忠司	国土技術政策総合研究所	河川研究部	河川研究室	室長
渡邊 康玄	(独)北海道開発土木研究所	環境水工部	河川研究室	室長
中津川 誠	(独)北海道開発土木研究所	環境水工部	環境研究室	室長
原 俊哉	北海道開発局	建設部	河川計画課	河川企画官
(平成 15 年度：今日出人河川企画官)				

2. 各委員会の概要

委員会	開催日時	開催地	議 事 事 項
第 1 回	平成 16 年 1 月 9 日	札幌市	1. 十勝川千代田実験水路整備検討委員会 (前委員会) の概要 2. 前委員会からの経過 3. 千代田実験水路の必要性 4. 研究テーマ 5. 実験使用可能流量と期間 6. 実験条件とスケジュール 7. 実験水路基本形状 8. 観測施設 9. 実験水路の検討課題 10. その他 (次回委員会の開催日時等)
第 2 回	平成 16 年 3 月 4 日	帯広市	・ 現地見学会 1. 『第 1 回委員会』の発言要旨 2. 委員会の役割 (案) 3. 実験水路運営方法 (案) 4. 研究テーマと実験スケジュール (案) 5. 観測施設 (案) 6. 実験を行う上での留意点 7. その他 (次回委員会の開催日時等)
第 3 回	平成 16 年 9 月 1 日	札幌市	1. 『第 2 回委員会』の発言要旨 2. 委員会の役割 (確認) 3. 基本研究テーマの現状と実験内容 4. 実験スケジュールの検討 5. 観測方法と測定装置 6. 実験水路の基本構造及び諸元 7. 実験水路の運営方法 (共同研究について) 8. その他 (質問事項の回答等)
第 4 回	平成 16 年 12 月 9 日	札幌市	1. 『第 3 回委員会』の発言要旨 2. 研究テーマと年度別スケジュール (確認) 3. 予備実験について 4. 観測施設 (確認) 5. 実験水路運営方法とアドバイザー委員会について 6. 共同研究について 7. その他 (質問事項の回答等)
第 5 回	平成 17 年 3 月 10 日	札幌市	1. 『第 4 回委員会』の発言要旨 2. 研究テーマと年度別スケジュール (確認) 3. 実験内容と条件 (案) 4. 予備実験 (確認) 5. 観測施設 (確認) 6. 運営方法と委員会 (確認) 7. 共同・活用研究 (確認) 8. その他