

2 河川改修に関する技術

(1) 捷水路（ショートカット）・放水路

捷水路工事は、蛇行した河道を短絡させ、洪水流を速く下流部に流下させることができるほか、蛇行河道における河岸侵蝕について、直線化によって河道の平面形を安定させる働きをする。

蛇行河川の直線化という治水方法は、北海道の河川改修初期の基本であったが、必ずしも当初から捷水路が計画されていたわけではなく、明治 42 年岡崎文吉氏から北海道庁長官に提出された石狩川治水調査報告書では、河道の直線化は天然の河道の平衡状態を破壊するもので、新水路及び上流在来河床の維持が困難であることが指摘されている。この報告書により提唱された、河道の均衡を崩さず氾濫防止を図る放水路及び在来河道の改修方式は傾聴に値する計画論であるが、様々な議論経過を経て、捷水路方式が採用されたのである。

捷水路工事が本格的に実施されたのは、石狩川生振新水路であり、大正 7 年に着手し、13 年の歳月を経て昭和 6 年に通水された。これを皮切りに、多くの捷水路及び新水路が実施された。石狩川の大規模捷水路工事としては、夕張川の 11km（大正 11 年～昭和 11 年）及び豊平川の 6.5km（昭和 7 年～昭和 16 年）の新水路がある。

石狩川におけるこれまでに実施された捷水路・新水路は 35 区間、約 70km に及び、石狩川本川での最終通水は砂川新水路工事（昭和 39 年～昭和 44 年）であり、石狩川の支川では雨竜川捷水路事業（平成 7 年～平成 14 年）が最後の工事となった。

この結果、石狩川全体において、自然短絡も含め約 100km にも及ぶ河道が短縮されている。



図 3-1-2-1 石狩川 砂川捷水路（昭和 44 年 通水）

表 3-1-2-1 放水路等一覧表

区分	放水路	分水路	導水路	捷水路	計	備考
石狩川下流	1	4		30	35	放水路
石狩川上流		1			1	・石狩放水路
尻別川				3	3	・釧路川放水路
後志利別川				13	13	分水路
十勝川			1	9	10	・豊平川分水路
釧路川	1			30	31	・夕張川分水路
網走川				17	17	・幌向川分水路
常呂川				6	6	・幾春別川分水路
湧別川				2	2	・牛朱別川分水路
渚滑川				5	5	導水路
天塩川下流				9	9	・浦幌十勝導水路
天塩川上流				25	25	
留萌川				18	18	
計	2	5	1	167	175	

※大正 7 年に生振捷水路工事に着手以来、現在 (R3.4) まで

捷水路工事は、洪水時の水位を低減させ、洪水を速く流下させるほか、平常時の水位を下げ、河川沿川低湿地の排水を促進し、農耕地化を促進させ、北海道開拓を進める上で重要な役割を果たした。

この改修方式は、北海道の主要河川で行われ、十勝川の 16.0km に及ぶ統内新水路工事など、全道各河川において、約 200km に及ぶ捷水路工事が、昭和 50 年代まで施工されたのである。

放水路は、河川を直接海又は本川に放流し、水面勾配の増加による流量の増加及び流下時間の短縮

により流下能力の増大を図るものであり、釧路川及び石狩放水路が代表例である。

釧路川は、河口部に釧路市があり、河道拡幅等が困難であるため放水路を掘削して本川を切替え、その掘削土を築堤に利用し、釧路市の洪水に対する不安を一挙に解決した例である。

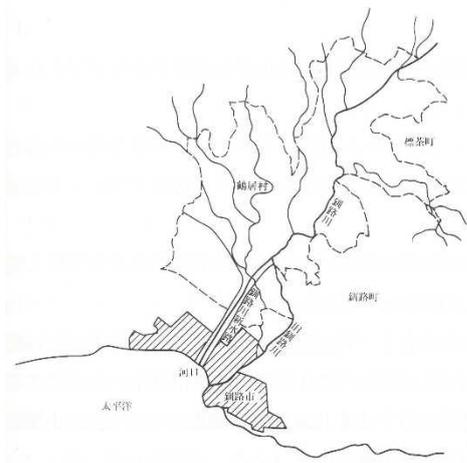


図 3-1-2-2 釧路川放水路位置図



図 3-1-2-3 釧路川放水路（昭和 5 年通水）

茨戸川は、石狩川本川の洪水時の高い水位の影響を長時間受け、自流を流下させることができず内水氾濫が絶えなかったが、茨戸川と本川を水門で切り離し、日本海に直接放流する「石狩放水路」が計画され、昭和 51 年度に着手した。昭和 56 年 8 月当時は工事中であったが、伏籠川、創成川流域に甚大な被害が発生したことから、本放水路の緊急通水を行った。翌年完成を前に、工事途中の石狩放水路は、未曾有の洪水に際し緊急にその機能を発揮することができたが、一年、工事の完成が早ければ、洪水被害を完全に防ぐことができたであろう。逆に、工事が一年遅れていれば緊急通水は不可能であり、治水工事の早期着工、早期完成の重要性が再確認される事例である。



図 3-1-2-4 茨戸川（石狩川）の浸水状況（昭和 56 年）



図 3-1-2-5 石狩川放水路（昭和 57 年完成）

近年の工事としては、牛朱別川分水路事業及び幾春別川新水路事業がある。牛朱別川分水路事業（永山新川）（昭和 62 年～平成 15 年）は、分水路掘削（地表から 5～10m の掘削）のほか、付替道路の橋梁の新設に伴い、橋台及び橋脚の根堀が分水路の河床高より更に掘り下げられるため、地下水の流動をいたるところで分断し、水位の低下を招くことが懸念された。その後、地下水への影響について調

査検討を行った結果、地下水位の低下が約6kmの広大な範囲に及ぶものと推定された。この地域の大半が地下水を飲用水として利用しているほか、雑用水及び園芸用として利用され、深度も浅く4~6mで枯渇が予測されたことから事前補償を行うこととし、水道・井戸補償を約5千箇所行った上で実施した工事であった。

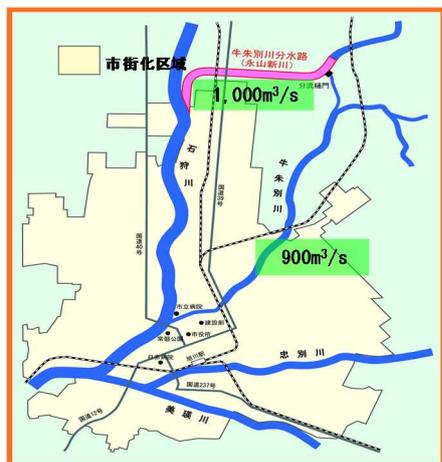


図 3-1-2-6 牛朱別川分水路事業箇所図



図 3-1-2-7 永山新川を石狩川上空より望む（平成15年度完成）

幾春別川新水路事業（平成4年～平成18年）は、延長約5.4kmの新水路河道掘削を始め、幾春別川右岸堤防と石狩川本川左岸堤防を兼用する背割堤の拡築などを実施することになり、河道掘削及び築堤盛土量約540万m³の大事業であった。事業箇所は石狩川中流域特有の泥炭性軟弱地盤であり、石狩川流域において何十年にもわたって培われてきた軟弱地盤対策のノウハウ並びに新工法及び新技術を総合的に駆使した難易度の高い工事となった。主な対策工法には、河道掘削では地下水による崩壊を防ぐシートウォール工法、丘陵堤では綿密な施工管理による段階盛土工法、土質改良による基礎地盤の強化では深層混合処理など、各種の軟弱地盤対策工法が採用された。また、構造物については、樋門の「函体推進工法」や「柔構造樋門」などが採用された。さらに、樋門の門柱レス化、ジオテキスタイルによる掘削法面の植生化などの新技術についても積極的に取り入れて実施した事業であった。

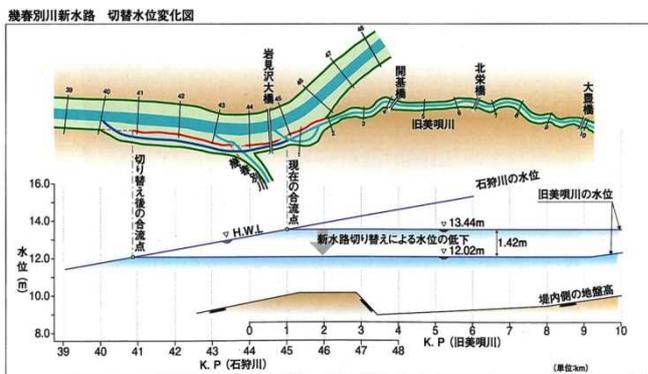


図 3-1-2-8 幾春別川新水路平面図、縦断面図



図 3-1-2-9 幾春別川新水路（平成18年度完成）

そのほかに、雨竜川捷水路（平成 7 年～平成 14 年）、千代田新水路（平成 7 年～平成 18 年）の事業が完成し、現在、千歳川の治水対策として、千歳川放水路計画に代わり流域内において実施し得る治水対策である、堤防の強化及び遊水地群の整備を実施している。

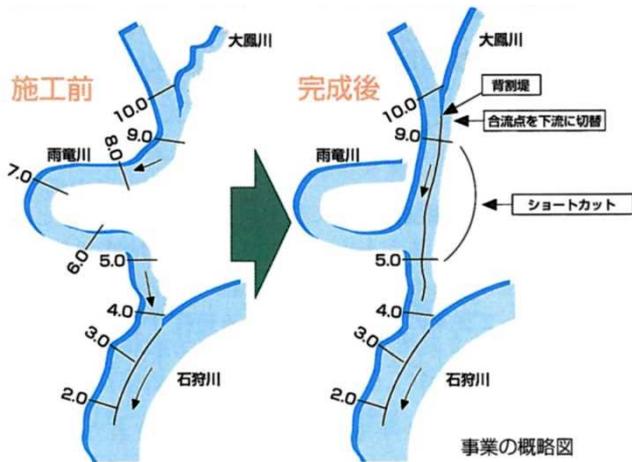


図 3-1-2-10 雨竜川捷水路着手前



図 3-1-2-11 雨竜川捷水路の事業概略



図 3-1-2-12 雨竜川捷水路事業（平成 14 年度完成）



図 3-1-2-13 千代田新水路（平成 18 年度完成）

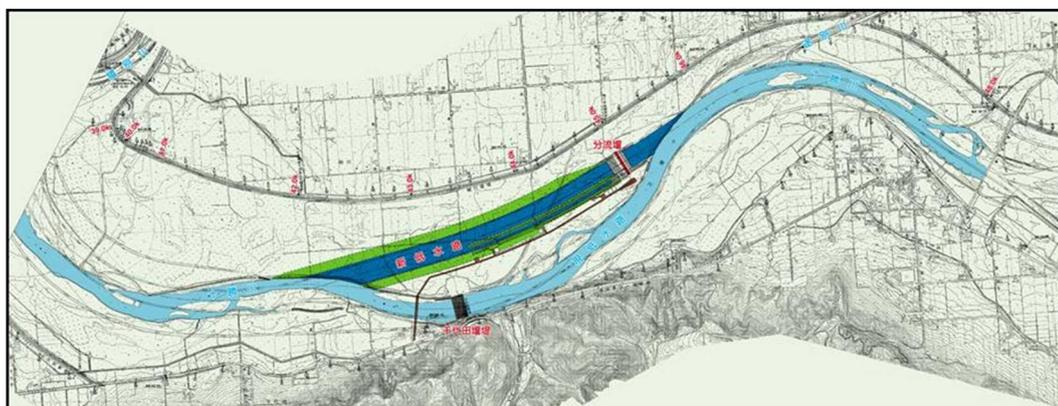


図 3-1-2-14 千代田分水路平面図

(2) 床止め

石狩川支川の夕張川や豊平川、十勝川などの大規模な捷水路には床止工を設置するなど、早くから河道の安定化が考えられていたことは注目されることである。

清幌床止は、夕張川の石狩川合流地点上流 9 km の地点に設置されている。当時、蛇行屈曲を繰り返しながら千歳川に合流していた夕張川を、直接石狩川に流下させるべく、14 年間の歳月を費やし昭和 11 年完成通水した夕張川新水路に、昭和 12 年に設置されたものである。

この床止めは、1 段 4 m の落差の床止を 2 段設置（合計落差 8 m）し、旧水路に比べて勾配が急になった新水路の洗掘を防止し、河床の安定に重要な役割を果たしてきたが、老朽化が進んだことや、床止による流下能力不足が生じていたことから改築工事が始まった。工事の問題点としては、軟弱な粘性土層が最大 25m の層厚を有すること、その下位の洪積層に被圧水頭 8~9m に達する 21~22tf/m² の高圧水の被圧地下水を有する砂礫層があること、さらに、新しい床止は長さ 750m、最大切深 13m の大規模な工事となり、工期が長期間にわたることなどから、切土斜面の安定及び被圧地下水の影響が懸念された。このため、安全率などの検討を行った結果、計器埋設による計測施工により対応可能と判断し、本施工の一部を先行して試験施工を行うこととした。本施工は、動態観測による現場計測施工も放置期間をおき、施工コントロール段階施工の管理を行うなど、非常に難しい工事であったが、昭和 61 年から平成 4 年までの 7 年間で完了した。



図 3-1-2-15 夕張川新水路通水後まもなくの状況
(昭和 12 年 6 月) 河床洗掘が 1 日 5.7m も進む



図 3-1-2-16 洪水時の床止付近の流況(昭和 56 年)



図 3-1-2-17 清幌床止（夕張川）（平成 4 年度完成）

豊平川中流部では、河道安定化（河床低下等）対策を主な目的として、7基の床止工が設置されている。床止工設置後 50 年が経過しており、床止本体の破損・空洞化が確認され、安全性評価として、整備計画規模の洪水を想定した場合、現況床止は安全性が著しく欠けており、このままでは河道安定化としての機能を果たすことができず、河床低下等により橋脚や低水護岸等の既設構造部に多大な被害が想定されるほか、堤防の安全性をも脅かすことが懸念される。

このため、床止工の改築が必要であり、重要度、周辺に対する影響などを考慮して対策の優先順位を設定し、また、魚道機能向上も含めて、平成 19 年度に 5 号床止工を、平成 20、21 年度に 6 号、7 号床止工を、平成 23 年度に 3 号床止工を、平成 26 年度に 8 号床止工を改築した。

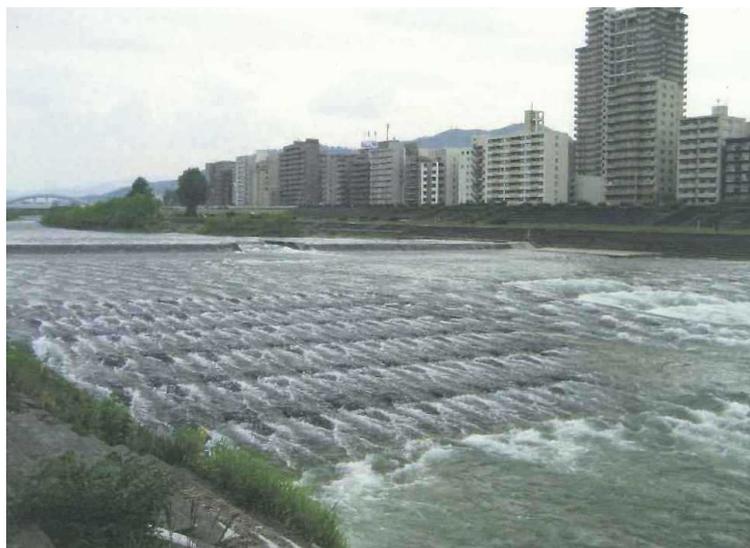


図 3-1-2-18 豊平川 5 号床止工（平成 19 年度完成）



图 3-1-2-19 豊平川 6・7号床止工（平成 21 年度完成）



图 3-1-2-20 豊平川 3号床止工（平成 23 年度改築）



图 3-1-2-21 豊平川 3号床止工完成図

(3) 堤防

昭和30年代初期の河川改修工事は捷水路建設が主体であり、当時の堤防の施工は、掘削計画箇所、土砂を掘削機（エキスカ）で土運車に積込み、機関車で築堤線まで運搬捨土し、敷均する方法であり、軟弱地盤地帯の築堤工事には極めて優れた工法であった。

その後、昭和36年、37年の連年の大洪水により、各河川が大浸水被害を受けたことにより、無堤地区の解消が大きくクローズアップされ、築堤主体の治水工事へと進んでいき、これと前後して昭和35年頃から急激にトラック施工が採用されるようになった。これは、機関車施工により軟弱地盤地帯の築堤基礎がある程度進捗し、トラックの走行が可能になったことや、相次ぐ災害により短期間で堤防を施工することができる工法を採用する必要性が高まったためである。

このように、一定期間において施工高の確保が求められる急速施工に対し、築堤盛土の際、圧密沈下や側方流動による堤内地への隆起、すべり破壊が生じ、軟弱地盤の対策工法の検討が迫られることとなったのである。このような中、豊平川支川月寒川において、昭和43年サンドコンパクションパイプ工法等による試験工事が実施されたのを皮切りに、軟弱地盤の処理工法は、築堤進捗のための必要条件として着実に拡大されていった。近年、北海道の軟弱地盤に設置される堤防については、その対策として法勾配のゆるやかな（法勾配が5～10割）大断面堤防が実施され、軟弱地盤対策及び漏水対策の効果に加え、残土処理・親水性の面からも期待されている。この大断面堤防（丘陵堤）は、昭和57年から石狩川右岸篠津築堤で始まり、現在、全国で実施されているスーパー堤防（越水や地震等に対しても破堤しない幅の広い堤防で、その上部は通常、都市的利用を行う。）に先駆けた堤防として画期的なものであり、治水史に残るものである。

表 3-1-2-2 直轄管理区間の堤防整備状況

水系名	直轄管理 区間延長	堤防延長			堤防延長				
		堤防必要区間 (a)	計画断面堤防 区間 (b)	(参考) b/a	暫定断面堤防 区間 (c)	(参考) c/a	無堤防区間 (d)	(参考) d/a	
北海道開発局									
石狩川	811.8	1,101.9	781.4	70.9%	265.8	24.1%	54.7	5.0%	
尻別川	24.2	31.4	30.8	98.1%	0.6	1.9%	0.0	0.0%	
後志利別川	51.0	59.6	56.8	95.2%	1.7	2.9%	1.1	1.9%	
鱒川	42.9	40.3	33.1	82.2%	4.1	10.2%	3.0	7.5%	
沙流川	20.8	22.7	15.7	69.2%	5.0	22.0%	2.0	8.8%	
十勝川	268.4	405.1	350.8	86.6%	50.0	12.3%	4.4	1.1%	
釧路川	102.8	106.3	58.9	55.4%	19.3	18.1%	28.1	26.5%	
網走川	65.7	61.2	48.5	79.3%	9.6	15.6%	3.1	5.1%	
常呂川	93.6	130.7	117.7	90.0%	10.0	7.7%	3.0	2.3%	
湧別川	31.5	42.2	34.6	82.1%	7.5	17.9%	0.0	0.0%	
渚滑川	24.5	26.8	20.5	76.7%	6.0	22.4%	0.2	0.9%	
天塩川	283.9	341.4	205.1	60.1%	96.9	28.4%	39.3	11.5%	
留萌川	31.3	24.7	15.7	63.7%	6.6	26.8%	2.3	9.5%	
合計	1,852.4	2,394.2	1,769.7	73.9%	483.1	20.2%	141.4	5.9%	

(平成30年3月末現在) (単位: km)



図 3-1-2-22 軟弱地盤上の堤防盛土が破壊した事例

また、北海道東部太平洋沿岸及び北海道西部日本海沿岸は地震多発地帯であり、平成5年の北海道南西沖地震、平成15年の十勝沖地震、平成30年北海道胆振東部地震を始め幾多の地震の発生により、特に、各河川の下流域に分布する軟弱地盤地帯において、沈下、すべり崩壊、亀裂、液状化など様々な堤防被害が発生したが、「被害の実態把握」、「堤防被災と原因調査」、「復旧工法に関する検討」など



図 3-1-2-23 丘陵堤と堤防天端保護工

種々の技術的課題に対し、研究機関とも連携を図りつつ迅速に解決し、いずれも短期間に仮復旧・本復旧を行い、安全を確保している。

下表に近年の主な地震並びに主な堤防被害及び復旧状況を示す。

表 3-1-2-3 地震による堤防被害と早期の復旧

生起年月日 地震名	被災水系	堤防被害の概要 (護岸・樋門等含む) 箇所数、総延長	仮復旧 完了日	本復旧 完了日
平成5年1月15日 釧路沖地震	十勝川	80箇所、23.8km	平成5年3月26日	平成6年3月22日
	釧路川	28箇所、11.2km	平成5年2月15日	平成6年3月末
	音別川	2箇所、2.1km	平成5年2月	平成6年1月17日
	和天別川	12箇所、1.7km	平成5年2月	平成6年2月28日
	標津川	1箇所、3.6km	平成5年2月	平成6年9月22日
平成5年7月12日 北海道南西沖地震	後志利別川	45箇所、9.8km	平成5年8月13日	平成6年3月29日
	尻別川	9箇所、2.8km	平成5年8月9日	平成6年3月25日
平成6年10月4日 北海道東方沖地震	十勝川	7箇所、0.8km		平成7年2月24日
	釧路川	31箇所、4.0km	平成6年10月10日	平成7年3月27日
	標津川	92箇所、2.1km	平成6年12月25日	平成7年3月27日
	和天別川	10箇所、0.2km		平成6年10月17日
平成15年9月26日 十勝沖地震	十勝川	69箇所、27.9km	平成15年12月1日	平成16年10月29日
	釧路川	5箇所、0.3km	平成15年11月14日	平成16年8月31日
	標津川	6箇所、0.5km		平成15年11月14日
	石狩川	2箇所、0.4km	平成15年10月7日	平成16年3月29日
平成30年9月8日 北海道胆振東部地震	茨戸川	1箇所、0.2km		令和元年6月11日
	石狩川下流	2箇所、1.2km		令和元年12月24日
	鶴川	7箇所、2.1km	平成30年9月13日	令和元年7月30日
	沙流川	1箇所、0.3km		令和元年7月30日



図 3-1-2-24 平成 5 年釧路沖地震 釧路川



図 3-1-2-25 平成 5 年北海道南西沖地震 後志利別川



図 3-1-2-26 平成 15 年十勝沖地震 十勝川
(北海道新聞社提供)



図 3-1-2-27 平成 15 年十勝沖地震 十勝川



図 3-1-2-28 平成 30 年北海道胆振東部地震 鶴川

十勝川本川音更町に建設された十勝川千代田実験水路は、新水路の一部を利用した実スケール（延長 1,300m、幅 30m、水路勾配 1/500）の実験水路施設であり、平成 19 年 4 月から運用を開始している。本施設を用いた実験・研究により、堤防破堤プロセス、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成果を得ることを目的としている。



図 3-1-2-29 千代田実験水路概要

また、堤防の漏水対策についても併せて進めている。堤防と地盤に漏水が起こりやすい条件があるところに、洪水が長時間継続することによって堤防が破壊された事例が発生していることから、堤防や基板の漏水を防止するための遮水を行うものである。例えば、網走湖周辺は、低平な地形において網走川の旧川が蛇行し、流路の変遷を繰り返してきた地域であり、表層に泥炭層、その下位には旧河道堆積物と考えられる緩い砂質土層が分布する互層地盤となっているが、平成 13 年の洪水時に 10 日間にわたり水位が高い状態が続いたことにより、基盤漏水が発生したため、その対策として、平成 14 年から平成 19 年までにかけて遮水矢板、遮水シート及び裏法尻ドレーン工法による漏水対策が実施されている。



図 3-1-2-30 網走川裏法尻ドレーン工法

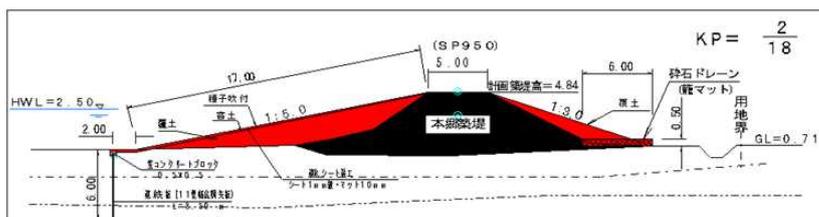


図 3-1-2-31 網走川漏水対策工標準図
(遮水矢板、遮水シート、裏法尻ドレーン工)

(4) 泥炭性軟弱地盤への対応

北海道の直轄管理河川の中下流域には、泥炭性軟弱地盤が広く分布しており、築堤時にすべり破壊や側方流動といった変状を生じるとともに、長期間にわたって大きな沈下が生じるなど、北海道内における治水事業の進展に大きな影響を及ぼした。このような中、昭和 36、37 年の連続洪水や昭和 50、56 年洪水などの甚大な水害が発生し、特に昭和 50、56 年洪水では、石狩川で激甚災害対策特別緊急事業が採択された。

このため、泥炭性軟弱地盤上においても築堤工事を早期に完成し、治水安全度の向上を図ることが喫緊の課題となり、本格的な軟弱地盤対策が講じられることとなった。

札幌市街を流れる月寒川及び望月寒川において、昭和 43 年からサンドコンパクションパイル工法を採用して築堤工事が行われ、その後、泥炭性軟弱地盤の広がる幌向川や旧美唄川などの石狩川支川や石狩川本川一部区間においても同工法が採用された。また、昭和 50 年洪水を契機に、築堤の早期完成を目指した急速施工への要望が高まり、北海道独自の技術としてパイルネット工法が開発されるとともに、様々な工法が導入され、短期間に連続堤の概成をみることができた。



図 3-1-2-32 サンドコンパクションパイルによる改良

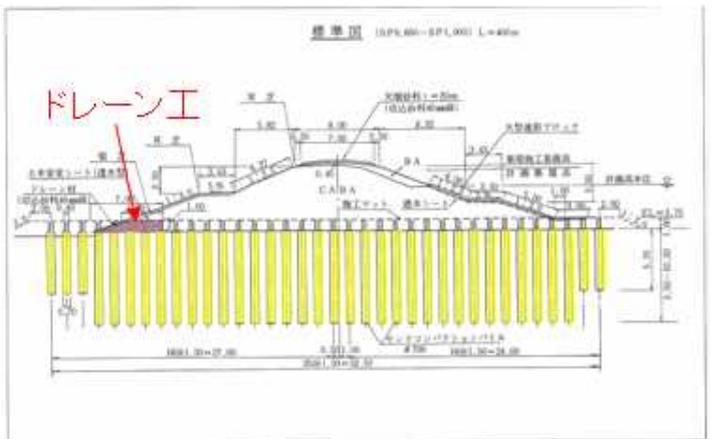


図 3-1-2-33 サンドコンパクションパイル標準図

【サンドコンパクションパイル工法】

鋼管を所定の深さに打ち込み、その中に砂を入れ、振動により締固めながら鋼管を引き抜き、砂柱と置き換える工法である。

その後、平成に入ってから、軟弱地盤対策工法の進展とともに、様々な工法が施工箇所の特徴を踏まえて採用されるようになってきた。

岩見沢地区の樋門箇所では、施工時に大型重機を用いない中圧噴射機械攪拌工法が採用されている。この工法は、バックホウを用いた機械攪拌工法であるため、安価で低変位であるといった特徴がある。

江別地区の清真布川築堤においては、昭和 50 年から 60 年にかけてほぼ全川でパイルネット工が施工されていたが、平成 15 年の十勝沖地震により被災した箇所では、パイルネット頭部のサンドマットが液状化したことから、その対策として、既設パイルネット工区間における地盤改良が可能である高圧噴射攪拌工法が採用された。この高圧噴射攪拌工法は、小型の施工機械によって直径 1 m 以上の改良体を構築することができ、杭などの異物があっても地盤改良が可能であるといった特徴がある。ま

た、近年においては、すべり破壊への対応や近接施工部の変状抑制の観点から、低変位型（排土式）の高圧噴射攪拌工法も採用されており、築堤の腹付け盛土に伴う樋門の継ぎ足しに対しても採用されている。



図 3-1-2-34 パイルネット工法



図 3-1-2-35 同左による鉄筋連結状況

【パイルネット工法】

基礎杭を方角に打ち込み、その頭部を鉄筋で連結し、その上にシートを敷設し、さらに砂を敷き盛土の基礎とする工法。

一方、北海道内においても有数の泥炭性軟弱地盤である幌向川においては、従来から使用されてきた深層混合処理工法では築堤完成のために大規模な対策が必要となることから、コスト縮減や環境への配慮の観点から、真空圧密工法の適用性を試験工事により検証した上で採用している。真空圧密工法は、負圧の作用により強制的に圧密を短時間で促進させ、地盤強度を増加させるとともに残留沈下を抑制する工法であり、深層混合処理工法に比べ工期は若干長くなるが、費用の面では約 1/3 と安価であり、かつ、発生土を軽減することができるといった特徴がある。

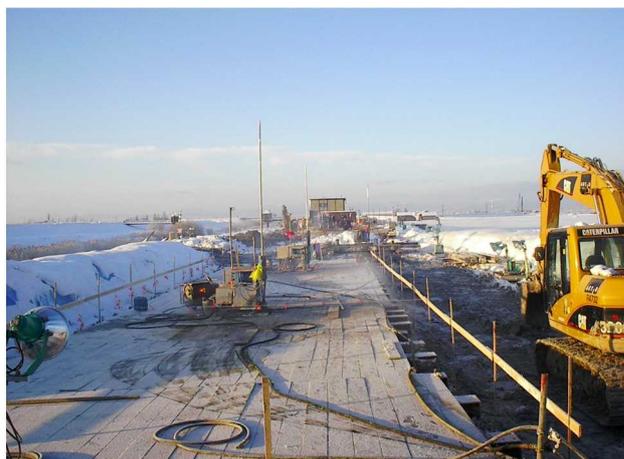


図 3-1-2-36, 37 清真布川の復旧工法（高圧噴射攪拌工法）

令和元年度に完成した千歳川遊水地事業では、当初、緩速載荷工法が採用されたが、泥炭層の厚さや鋭敏性が高い粘性土層などの影響により、所定の高さまで盛り立てることが困難な箇所が発生した。そこで、地質の調査解析を行い、現場条件に応じて真空圧密工法、深層混合処理工法等の軟弱地盤対策工法を活用することにより、盛土を完成させた。

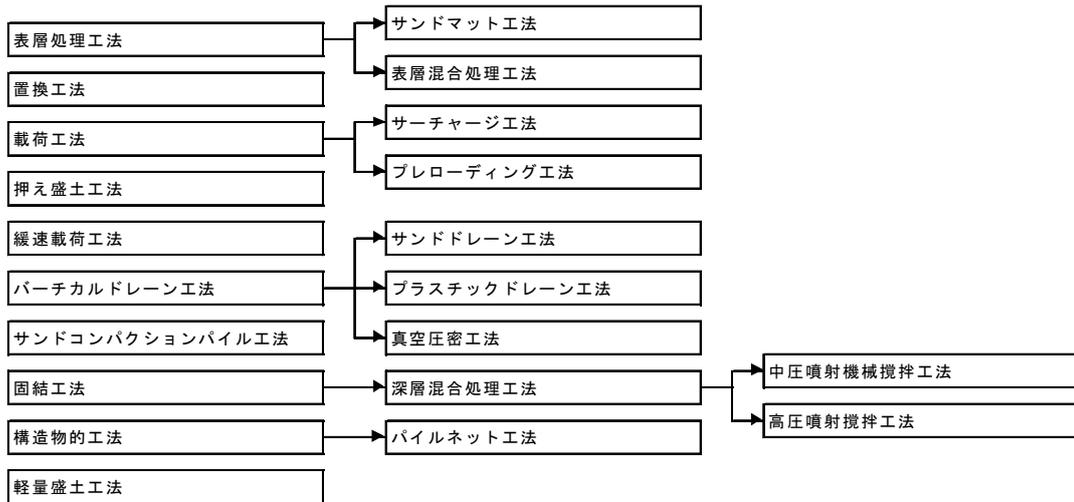


図 3-1-2-38 主な泥炭性軟弱地盤対策工（「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」を基に作成）

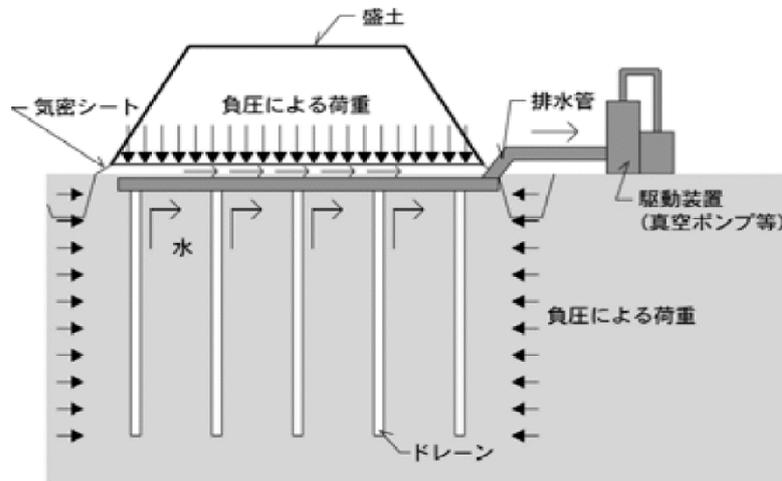


図 3-1-2-39 真空圧密工法の概念図



図 3-1-2-40 真空圧密工法の施工状況（築堤前）



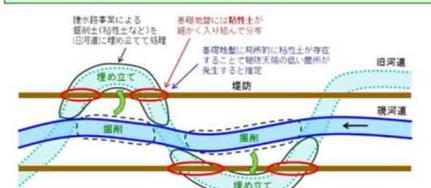
図 3-1-2-41 真空圧密工法の施工状況（築堤時）

(5) 釧路川堤防技術検討委員会

釧路地方では、停滞する前線の影響により平成28年8月20日から各地で雨が降り続き、翌日21日には台風第11号の影響により釧路川流域に強い雨が降り続いた。この大雨により、釧路川左岸45.8k付近(標茶町富士樋門上流地先)において、堤防の法面すべりなどの河川被害が発生した。平成28年8月の被災については、計画高水位まで水位が上昇するような大洪水ではなく、降雨のみに起因する被災を受けていた。釧路川の堤防強化対策を講じる上で、被災を受けた標茶左岸堤防の被災要因を現地調査や観測から得られた情報を基に解明し、大雨に強い堤防整備と併せて洪水に対して堤防の安全性を向上させることを目的に、釧路開発建設部は、河川工学、地盤工学などの専門的知識を有する有識者からなる「釧路川堤防技術検討委員会」を平成30年5月に設置し、釧路川の堤防強化対策を検討した。検討の概要は、以下のとおりである。

- 堤防法面材料が火山灰質の砂質土と火山灰質でシルトを多く含む粘性土の複合的な断面で構築されている釧路川の堤防においては、降雨により法面崩壊が繰り返し発生している。
- 現地調査及び実物大の堤防現地実験による降雨の浸透現象の観測結果や、降雨による堤体表層の強度観測結果を踏まえると、堤体表層の土質が火山灰質でシルトを多く含む粘性土の部分に、雨水が浸透して飽和度が上昇し、表層の強度が低下したことが被災原因であると結論づけた。
- 現況堤防の安定性確保のためには、堤防の川表及び堤防の川裏法面勾配の3割以上の緩傾斜化が必要となる。

- ① 釧路川の多くの旧河道と堤防の交点に粘性土が存在しており、天端の高低差の発生や詳細点検で把握しきれない不透水性地盤が存在。
- ② 雨水浸透で含水比が上がりやすく強度低下し易い釧路川堤防材料の特性から法面の変状が発生。
- ③ 一方、川裏が砂質土堤防であっても変状が発生。特に、基礎地盤が不透水性の場合、法尻の被災の危険性が高い。



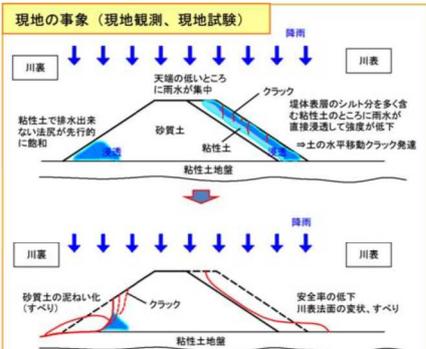
① 捷水路掘削により埋め立てられた旧河道跡と堤防交点



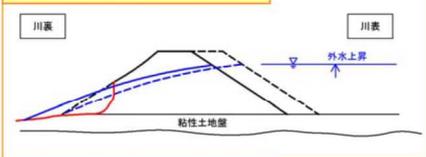
② 雨水の浸透により被災した堤防法面(H28.8)



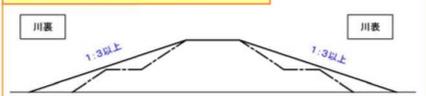
③ 降雨による川裏法尻の変状(現地試験)



釧路川堤防の考え方

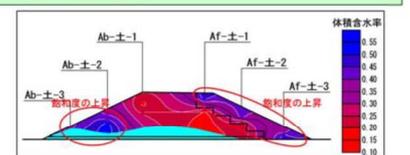


釧路川堤防の整備計画断面

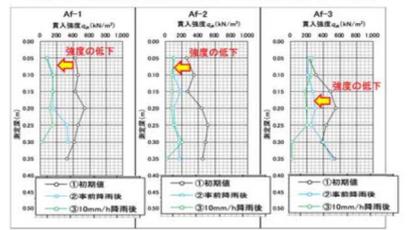


釧路川の堤防特性を踏まえ川表及び川裏法面勾配を3割以上とする

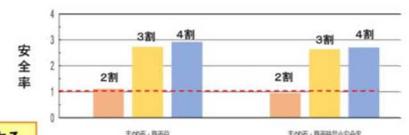
- ④ 川表法面に雨水が浸透し、法面全体が飽和状態になる。また、川裏法尻も先行的に飽和状態となる。
- ⑤ 雨水浸透後、法面全体の強度低下が発生。
- ⑥ 現地で得られた不飽和水理特性による安定解析結果から、現況の2割勾配では安定しない。



④ 降雨の堤体浸透(現地試験による体積含水率の変化)



⑤ 降雨時の強度低下(現地試験によるコーン強度)



⑥ 降雨による安全率の推移(安定解析)

(6) 排水機場

河川からの洪水氾濫を防御する築堤工事が進むと、堤防の内側に降った雨水を排水する、いわゆる内水対策が必要となる。特に石狩川の支川千歳川流域は、低平地で石狩川本川の洪水継続時間が長い
ため、内水被害が特に多い地域である。

このような背景から、昭和 32 年に千歳川流域で内水排除計画の調査を開始し、北海道で初めての河川事業による排水機場として、「6 号排水機場（排水量 16m³/s）」を昭和 39 年に着工し、昭和 42 年に完成、翌 43 年には「馬追運河排水機場（現在の排水量 40m³/s）」を完成させ、これまで（令和 2 年 4 月現在）に全道 35 か所 446m³/s を整備している。なお、設備の更新等に合わせて、順次ポンプの無水化（起動が迅速で、障害発生頻度・維持管理が軽減）及び遠隔操作化を進め、より安全度を高めている。

これら排水機場と平行して、排水場の整備も進めている。排水場とは、あらかじめポンプの設置場所のみを整備し、救急時のみ可搬式のポンプを取りつけて内水排除を行う施設であり、排水機場よりも排水量は小規模となるが、費用を抑えた整備が可能である。排水場は、昭和 63 年度からこれまで（令和 2 年 4 月現在）に、全道 3 水系 6 地区において 22 か所を整備している。



図 3-1-2-42 篠津川排水機場



図 3-1-2-43 同左ポンプ場



図 3-1-2-44 南 6 号排水機場（遠隔操作可能）



図 3-1-2-45 袋地排水場（排水訓練）

(7) 水門・樋門

水門・樋門は、平常時は流域内の水を河川に排水し、増水時には洪水が逆流してくるので、それを防止するためのゲートが設置された構造物である。水門は、堤防の高さまでがゲートとなっており、堤防部分が不連続な構造であるのに対し、樋門は、堤防部分がボックスカルバートにより連続し、堤外側にゲートが取り付けられる構造となっている。直轄区間に設置されている水門は、昭和39年に石狩川の支川、旧夕張川に設置された馬追運河水門を始め、昭和50年代から60年代にかけて建設されている。代表的なものでは、石狩放水路水門や篠津運河水門、平成22年に完成した神居川水門があるほか、遊水地の排水門がある。

また、維持管理費のコスト縮減への対応、樋門操作人の高齢化等の問題、津波対策等の観点から、自動開閉ゲート化、遠隔操作化を推進している。平成23年の東日本大震災時においては、釧路川の昭和樋門を遠隔操作により閉扉し、堤内側への浸水を防ぐなどの効果を発揮している。

表 3-1-2-4 水門等河川管理施設内訳表（令和3年3月末時点）

河川名	水門	排水機場	救急内水排水場	樋門・樋管
石狩川下流	15	26	8	582
石狩川上流	1			166
尻別川				37
後志利別川	1	2		59
鶴川				33
沙流川				23
十勝川	4	4	9	120
釧路川	1			45
網走川				42
常呂川				73
湧別川				22
渚滑川				5
天塩川下流				49
天塩川上流		1	5	171
留萌川		2		20
計	22	35	22	1,449



图 3-1-2-46 石狩川神居川水門



图 3-1-2-47 釧路川昭和樋門

(8) 護岸・水制

ア 護岸・水制

護岸は、流水の作用から河岸又は堤防を保護するために設けられる構造物である。護岸工法は、古くは岡崎式単床ブロック護岸、蛇籠護岸、木工沈床護岸、玉石張護岸などが行われ、布設足場としては、単床ブロック護岸では台棒足場施工法、蛇籠護岸では氷足場及び舟足場工法が取られてきた。また、石を材料とする工法は、連節コンクリートブロック護岸の普及や材料枯渇により昭和40年代には姿を消し、河川工事に本格的プレキャストコンクリートブロック製品が採用されたのは昭和46年からである。昭和55年には根固工設計指針、法覆工設計指針が策定され、以来、永久工法としての護岸・根固工が実施されてきた。今日では河川が洪水を安全に流下させるだけでなく、動植物の育成場所であるといった機能にも配慮し、生物の生息環境や生育環境の保全に配慮した多自然川づくりが推進されている。

また、豊平川・札内川などの高速流が発生する区間において、洪水時の洗掘・侵食対策として根固ブロックを高水敷に敷設することにより、堤脚保護を実施している。

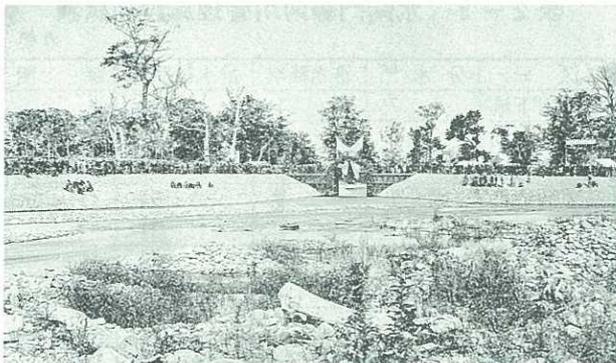


図 3-1-2-48 石狩川支川豊平川 鴨々川水門と堤防玉石張護岸 (明治 17 年)

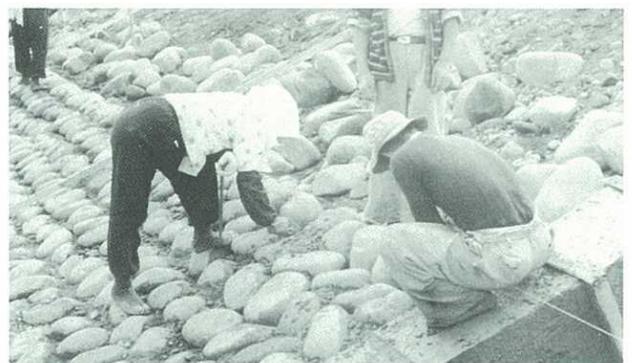


図 3-1-2-49 石狩川支川忠別川 玉石張護岸 (昭和 30 年以前)

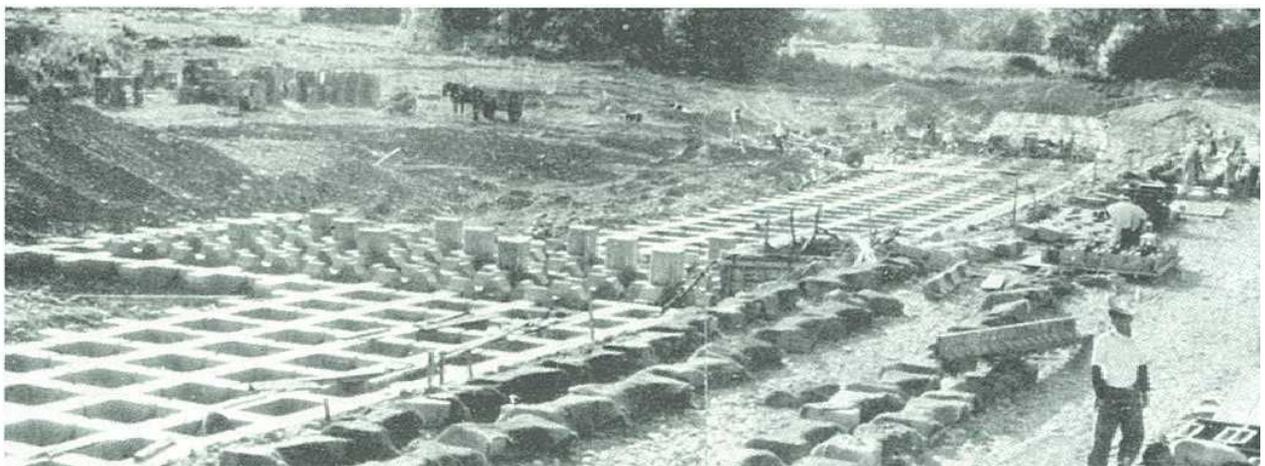


図 3-1-2-50 十勝川支川札内川低水路コンクリート根固工護岸 (昭和 34 年)



図 3-1-2-51 台棒足場施工状況



図 3-1-2-52 石狩川支川豊平川堤脚保護工施工状況

水制は、主として大河川の湾曲部等において、流水の方向を規制して低水河道を固定し、流水が河岸又は堤防に当たるのを防止するため、また、急流河川等において、流速を緩和し、流水の侵食作用から河岸又は堤防を保護するために設けられるものである。札内川は、複列網状河川で河道が不安定であるため、今日までに数百基の水制工を設置して、河岸及び堤防を保護している。



図 3-1-2-53 十勝川支川札内川札内橋附近の水制工



図 3-1-2-54 石狩川支川豊平川低水護岸

イ 伝統工法

古くから「水を治めるものは国を治める」と言われ、国家形成の上で治水は非常に重要な事業とされていた。先人達により、洪水の大きなエネルギーを上手く受け流すとの思想のもと、地場の木材や石などを使って、地域の気候・風土等に応じた治水工事が実施されてきた。これら伝統工法は、このような先人の知恵と経験が詰め込まれたものであった。その後、技術的進歩により、安定的な品質と強度が確保できるコンクリート工法の導入が進められ、安全な川づくりに寄与してきた一方で、伝統工法の衰退が進んだ。

環境に対する国民のニーズが高まり、平成に入ってから多自然型川づくり※が進められ、平成9年の河川法改正では「河川環境の整備と保全」が位置付けられた。このような中で伝統工法は、河川をよく見て、河川の気持ちを感じ、自然と折り合った多自然型工法そのものと見直され、平成14年の河川審議会答申に「伝統工法の伝承」が盛り込まれた。

このような背景を踏まえ、国土交通省では、「河川伝統工法導入の手引き（案）」の作成を目指し、調査・検討が進められた。平成 15 年には、ケース・スタディ河川として、十勝川水系札内川が選定され、札内川右岸 KP15 付近において、伝統工法を用いた水制工の試験施工を行った。水制工は、下記の 3 種類（各々 3 基）で、水制の長さ約 14m、配置間隔 30m とした。

- ・ 大聖牛（だいせいぎゅう）：牛枠の中で最も堅牢。菱牛とともに武田信玄が考案したといわれる。
- ・ 菱牛（ひしうし）：四角錐で安定性が高い。
- ・ 籠出し（かごだし）：蛇籠によって川の流れを制御する。

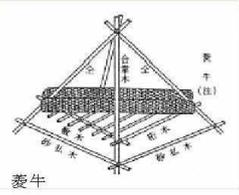
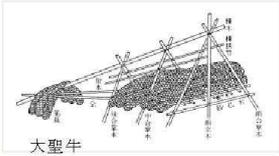
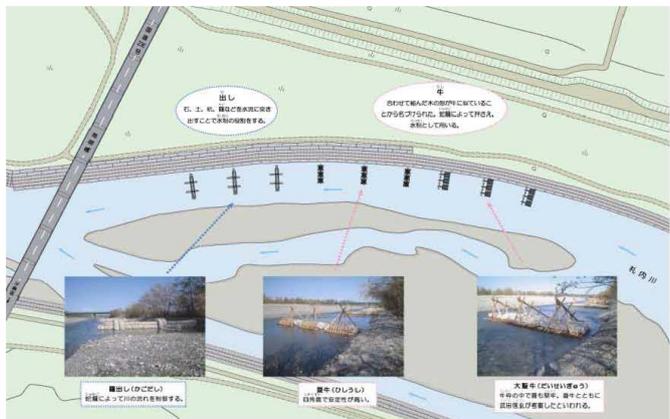
使用材料は、下記を使用した。

表 3-1-2-5 十勝川における伝統工法試験施工 使用材料等一覧表

資材名称	形状・寸法	選定経緯
丸太材	カラマツ間伐材、末口φ9～15cm、L=2.0～7.5m、9種類	適材を有する近傍の山を探して切り出し、製材して現地搬入。カラマツ丸太間伐材を利用し、地場産業である林業とも連携。
結束線	亜鉛メッキ鉄線 2種 3.2mm	「昭和 56 年度版 道路・河川工事仕様書」（北海道開発局）に記載のあったものを採用。
蛇籠中詰材	玉石、15～30cm	本来は現地調達が望ましいが、今回は管内で入手可能な玉石（産地：中札内村）を採用。

以上のような試験施工を通じて、展開図作成に当たっては、末口径だけでなく反対側の太い径も考慮し、棚敷木ピッチ等に余裕を持たせる等の留意点が確認されたほか、蛇籠に詰石できる会社が十勝管内では 2 社あったものの、熟練工が少なくなっている等の施工上の課題が確認された。

※ 多自然型川づくりでは、場所ごとの自然環境の特性への配慮を欠いた改修や他の箇所をまねるだけの画一的で容易な川づくりも見られたことから、平成 10 年及び平成 18 年に「多自然川づくり基本方針」が定められている。



施工1年後の航空写真 (H16.7撮影)

完成後



籠出し



菱牛



大聖牛

1年後



融雪出水時の状況 (大聖牛)
(H16.5.17撮影)



施工1年後の状況 (大聖牛)
(H16.8.27撮影)

図 3-1-2-55 十勝川支川札内川における伝統工法

(9) 遊水地

遊水地は、河川中流部における洪水の調節を図るため遊水地を配置し、洪水流を効果的に遊水地に貯留することにより、洪水位を低下させ、氾濫被害を軽減させるものである。遊水地の使用頻度は、下流の改修状況や洪水の特性によっても異なるが、貯留する機会が数十年に一度という場合が多いため、これらの遊水地は、農地・公園・水辺レクリエーションの場として利用される場合が多い。

伏籠川総合治水対策特定河川事業により設置されたモエレ沼遊水地及び札幌市のモエレ沼公園、石狩川の砂川遊水地及び砂川オアシスパークなどが代表的なものである。令和2年に全ての遊水地が完成した千歳川遊水地群の地内利活用についても、関係機関と調整を進めている。また、通常時は農地として利用する地役権方式の遊水地として、平成22年に完成した留萌川水系の大和田遊水地や、現在整備中である石狩川水系の北村遊水地がある。



図 3-1-2-56 砂川オアシスパーク（石狩川水系砂川遊水地）



図 3-1-2-57 留萌川水系大和田遊水地

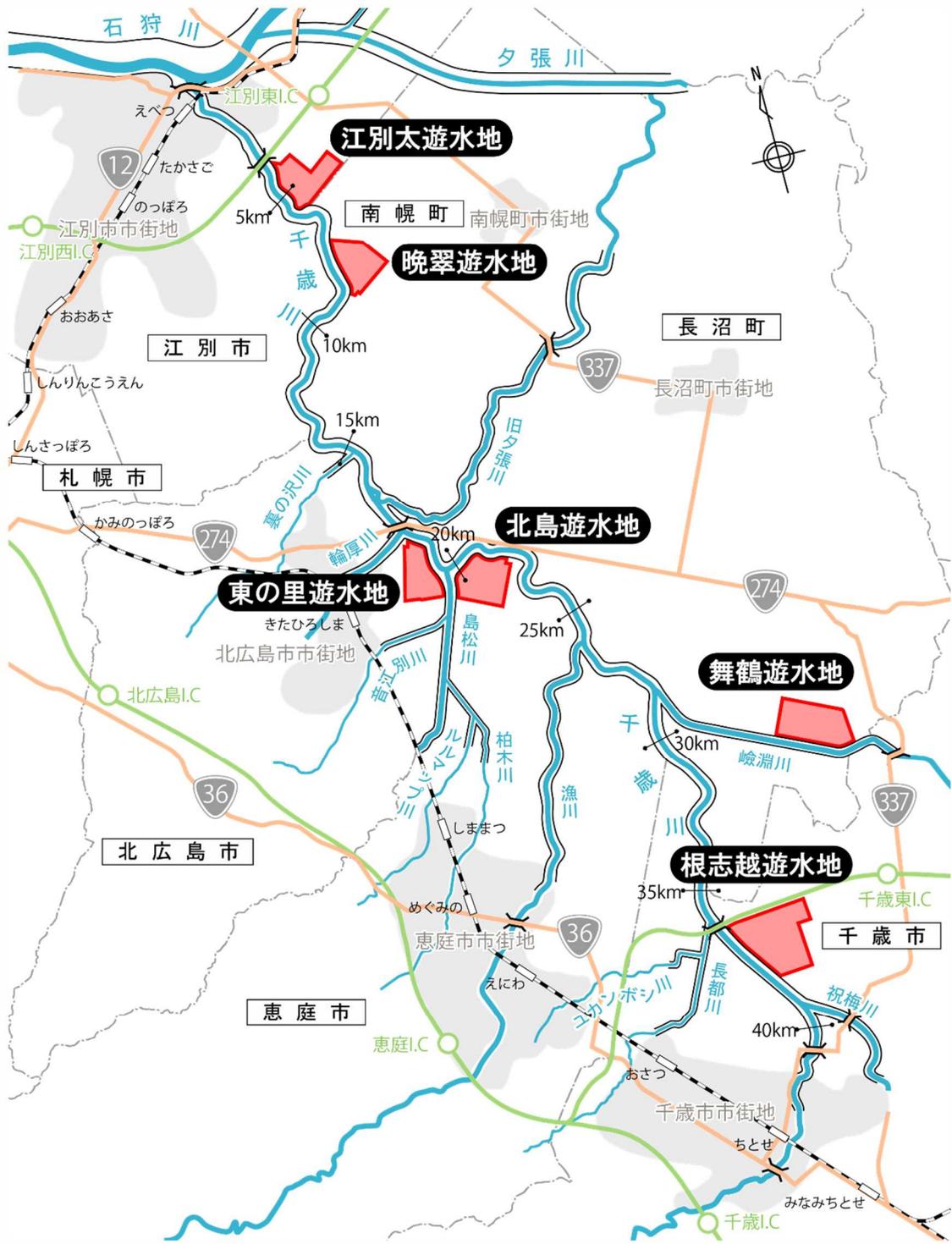


図 3-1-2-58 石狩川水系千歳川遊水地 位置図

(10)河川環境整備

都市河川の高水敷を都市環境の一部として整備を行うことにより、河川景観の美化と水辺空間の利用促進を図る事業が昭和46年から石狩川支川豊平川で始まり、高水敷の整正や護岸工事等が行われた。

現在は、まちづくりと水辺空間の利活用促進のために自治体が策定する「かわまちづくり計画」と連携し、総合水系環境整備事業の水辺整備事業を各地で実施している。

水環境を改善するための水環境整備事業としては、石狩川の旧川である茨戸川において、地元市町村、河川管理者、下水道管理者及び関係者が一体となって取り組む行動計画である「清流ルネッサンスⅡ」に基づき、浚渫、浄化用水の導入を実施している。また、網走湖においても浚渫、塩淡水境界層制御施設等を実施しており、浚渫土は地域の客土として有効利用されている。



図 3-1-2-59 豊平川における環境整備 (人々の利用状況)



図 3-1-2-60 網走湖浚渫土の有効利用

さらに、北海道の財産である豊かな自然環境を保全・再生し、次世代に引き継ぐため、自然再生事業を実施している。ラムサール登録湿地である釧路湿原を有する釧路川においては、有識者・関係者による公開の議論の下、長期的な目標としてラムサール条約登録当時の湿原環境の回復、当面の目標

として 2000 年時点の湿原環境の保全を目標として具体的施策「釧路湿原の河川環境保全に関する提言」が平成 13 年 3 月に取りまとめられた。この提言が、その後の自然再生法及び自然再生計画の礎となっている。

その後、釧路川茅沼地区において旧川の蛇行復元を、久著呂川において土砂流入対策のための沈砂池の設置を行うとともに、幌呂川における未利用地の湿原再生や、ヌマオロ川における旧川復元に着手している。蛇行復元については、指定河川である標津川でも実施しており、その内容については、釧路川の蛇行復元と共に、技術資料として取りまとめている。

また、渡り鳥の重要な中継地である鶴川河口部干潟の再生についても実施した。

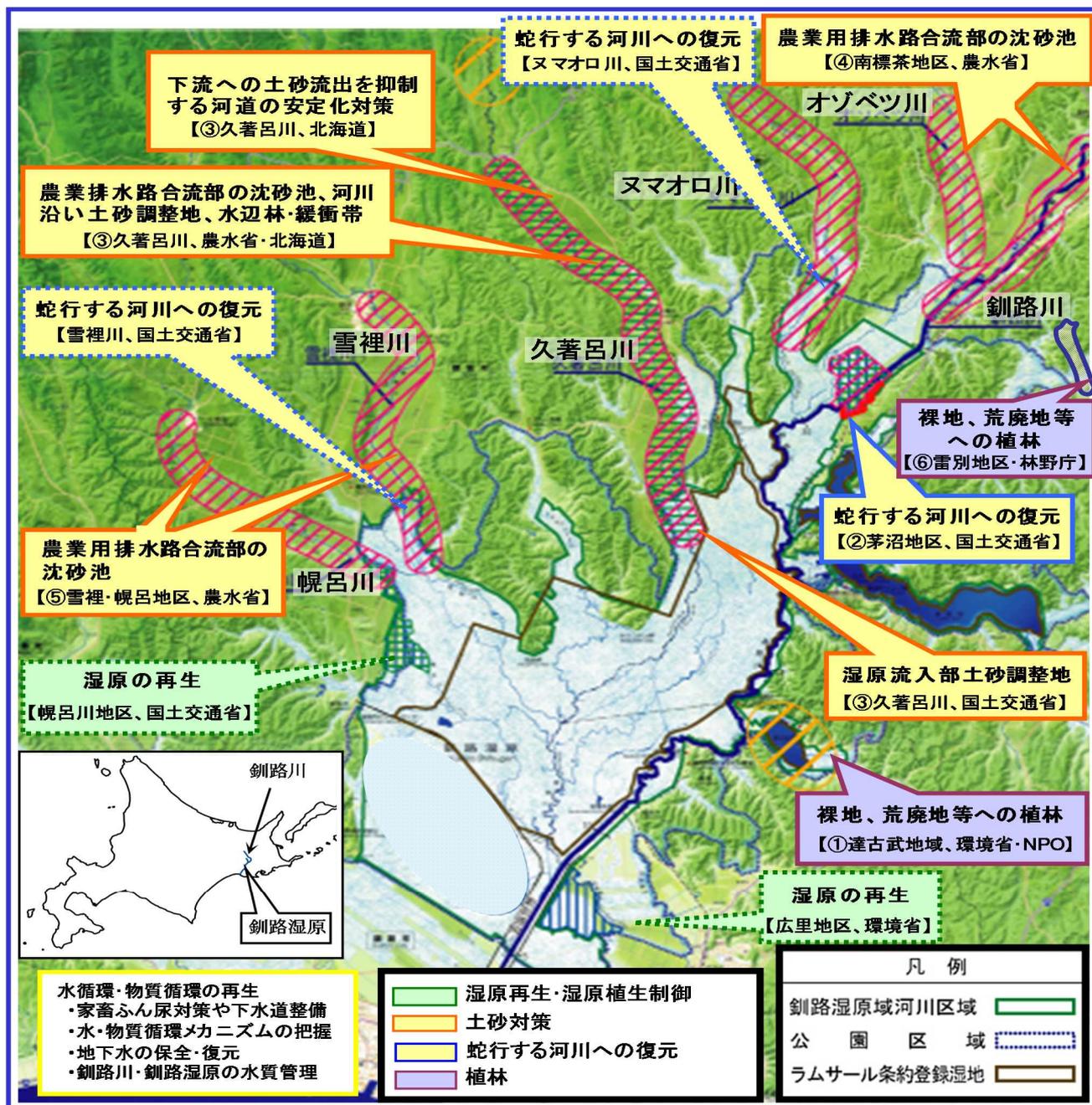


図 3-1-2-61 釧路湿原における取組状況

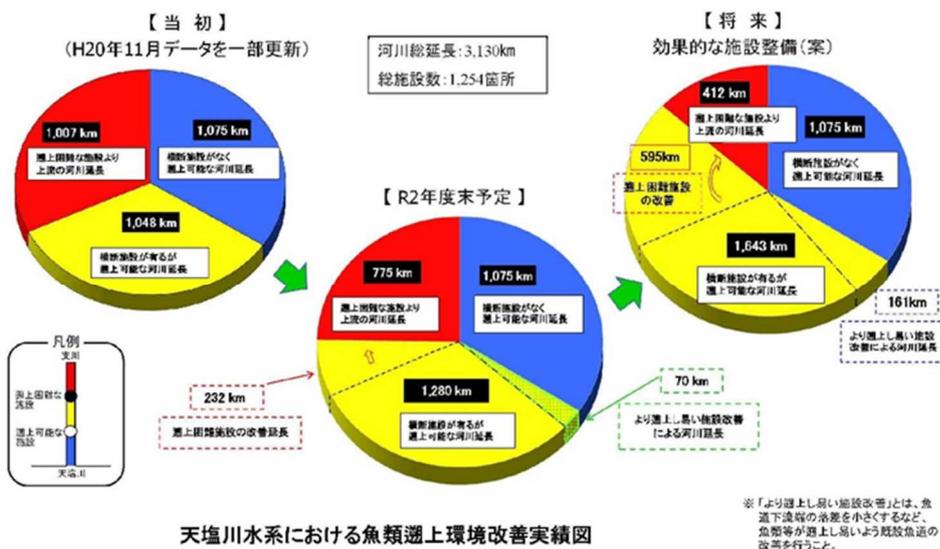
そのほか、石狩川上流の旭川市内を流れる牛朱別川は都市排水汚濁が進み、水質悪化と臭気によって河川の親水性を失っていたため、その区間の水質を改善する流水保全水路事業が実施された。

有数のサケ・マス遡上河川であり沿川住民のサケ遡上に対する熱意が高い石狩川は、平成6年に魚がのぼりやすい川づくりモデル河川に指定され、平成11年に策定された実施計画に基づき、河川横断工作物の改善を実施している。その結果、平成22年に旭川市内でサケの稚魚の孵化が確認されるなど、確実に環境が改善されている。

また、天塩川においては、サクラマスを始めとした魚類の生息環境保全のため、魚道の整備を関係機関と連携して実施している。一般の河川改修においても、全国的な多自然型川づくりに先駆けて、平成元年からアクア・グリーン・ストラテジーとして「魚・鳥・人に優しい水辺づくり」に取り組んでいる。このほか、シジミ資源に配慮した天塩川下流部の中水敷掘削断面の設定や、在来種を生かした生態学的混播混植法の積極的な採用などを実施している。



図 3-1-2-62 石狩川本川 旧花園頭首工魚道



天塩川水系における魚類遡上環境改善実績図

図 3-1-2-63 天塩川水系における魚類遡上環境改善状況



図 3-1-2-64 生態学的混播混植法による植樹実施状況