

石狩川の氾濫特性の変化

Change of characteristic of flood in the Ishikari River

北海道大学工学部
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院

○学生員 佐藤翔太 (Shota SATO)
フェロー 鈴木英一 (Eiichi SUZUKI)
正会員 山口里実 (Satomi YAMAGUCHI)

1. はじめに

石狩川の本格的な治水事業は明治 43 年に着手した「北海道第一期拓殖計画」により捷水路工事を中心に始められ築堤整備へと移行していった。石狩川における主な捷水路工事は大正 7 年に生振で始まり、昭和 44 年砂川での通水により完了した。その後、築堤整備と河道内掘削を中心に治水事業が進められてきている。治水事業の進展によって石狩川流域の洪水被害が軽減され、流域の開拓にも大きく貢献してきた。過去の洪水氾濫を示した図-1 からも石狩川治水事業全体の効果は氾濫面積の減少より見る事が出来る。明治 37 年洪水の雨量は平均で 177mm/3 日、平成 13 年洪水では 171mm/3 日とほぼ同じであるにもかかわらず、平成 13 年洪水では氾濫がほとんど見られない。しかし個々の整備による具体的な効果は明確になっていない。本研究では過去に石狩川で起こった洪水の氾濫形態を比較することによって捷水路工事や築堤の効果をも明らかにすることを目的とする。去年の谷らの研究⁴⁾では明治 37 年洪水の考察より、原始河川と下流域における捷水路連続後の河川延長の違いによって水位低下の効果が明らかにされた。本研究では捷水路工事がほぼ完了した昭和 37 年洪水の氾濫形態をもとに、その前後でどのような氾濫特性の違いがあるのかを文献^{1), 3)}と数値解析によって検討した。

2. 明治 37 年洪水と昭和 37 年洪水

ほぼ原始河川の状態である明治 37 年洪水後から治水事業が進められ、昭和 37 年洪水の時点では下流域の砂川捷水路以外の本川捷水路が全て通水している状況であったが、築堤率は暫定堤防に対し 39%と未整備の部分も多くあった。

捷水路工事による効果を考察する上で、治水事業の中心が捷水路工事から河道内及び堤防整備に変わっていく時期に起きた洪水である点から石狩川の治水事業を再評価する上で昭和 37 年洪水は特に重要な洪水であると考ええる。

明治 37 年洪水と昭和 37 年洪水の図-1(a)と(b)を見ると、昭和 37 年洪水では、石狩川下流部の捷水路部分の浸水域が減少している。また、昭和 11 年に通水した夕張川新水路付近の幌向地区、千歳川流域の氾濫が減少している。中流部では浸水域が大きい、記録では堤防未整備部分からの氾濫も多いと報告されている¹⁾。上流部では一部の内水氾濫が見られた程度で連続堤防の効果が顕著に表れていると報告されている¹⁾。

明治 37 年洪水と昭和 37 年洪水の検討より特に夕張川新水路、捷水路について以下詳細に検討する。

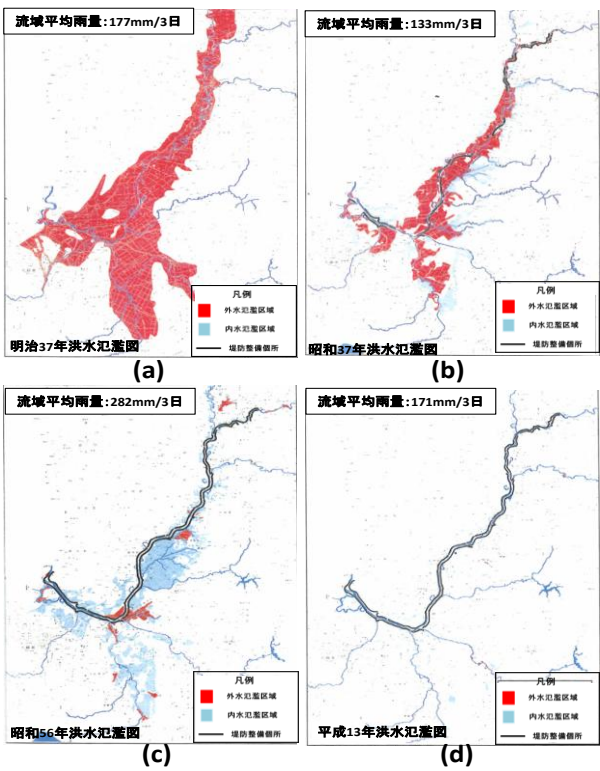


図-1 過去の洪水氾濫図

3. 夕張川新水路による洪水形態の変化

3.1 夕張川新水路³⁾

夕張川の新水路は大正 11 年 5 月に着工し、昭和 11 年 8 月に通水した。夕張川はかつて夕張太で千歳川に合流し、合流後は江別川と呼ばれ江別市内を流下している。栗山から夕張太までの河道の水面勾配は 1/1500～1/4000 と比較的緩流であったが、洪水時の水位上昇は約 6m にも及んだ。また、江別川は川幅 54～60m と狭く、水面勾配は 1/36000 という超緩流状態を示し、洪水時には約 6.6m の水位上昇とともに石狩川本川の逆流水も加えて長時間の氾濫滞水を繰り返していた。夕張川の新水路工事は夕張川を直接石狩川に分派して千歳川流域の洪水を軽減するとともに、夕張川沿川の 34800ha の洪水氾濫を防止することを目的とした。

表-1 夕張川新水路工事の計画諸元

計画流量	2280m ³ /s	低水路勾配	1/1200
延長	11357m	護岸	両岸護岸計画
旧河道延長	34000	堤防間隔	545m
低水路敷幅	72、108m(清幌床止工下流 72m、上流 108m)		

3.2 夕張川新水路による氾濫形態の変化

谷らの研究⁴⁾によって夕張・千歳川流域における氾濫挙動の検討がなされた。本研究では夕張川新水路によってその挙動にどのような影響が出たのかを平面二次元計算によって考察し、夕張川新水路および千歳川流域の氾濫特性を検討する。計算格子は平均 220mm メッシュを用い、夕張川新水路については施工された断面をメッシュに取り入れた。以下に流量と河道条件を示す。計算に用いた流量を図-2、3 に、計算の結果を図-4 に示す。

ケース A: 明治 37 年流量・原始河川状態

ケース B: 明治 37 年流量・下流部のみ捷水路

ケース C: 明治 37 年流量・下流部捷水路＋夕張川新水路

ケース D: 昭和 37 年流量・下流部捷水路＋夕張川新水路

図-4A と図-4B との比較から下流部捷水路による効果は谷らの研究⁴⁾で考察されている。図-4B と図-4C より夕張川新水路によって幌向地区の氾濫が解消している。ケース C でも B と同様に夕張川からの流れが千歳川に逆流している。これは合流地点での本川の水位が千歳川の水位よりも高くなっているために起きたと考えられる。

計算によると C では B に比べ洪水初期には夕張川から本川に流れ込む流量が多く、逆流が起こった時点での千歳川流域の氾濫域が小さい。B では逆流が始まる前までに本川に流れ込んだ流量はほとんどない。

図-4D と図-1(b) の昭和 37 年洪水浸水図を比べると、計算の方が千歳川の浸水域は小さい。これは上流部での捷水路・築堤も含めた河道整備を考慮していないため、千歳川合流点の水位が小さく計算されていると考えられる。

4. 捷水路の効果

次に、河道の一次元計算によって捷水路の詳細な効果と中・上流部の捷水路による影響を考察する。

4.1 一次元計算の概要

一次元計算では図-5 の複断面を用いて、一次元の不定流計算を行った。昭和 7 年、昭和 35 年時点での河道断面（平均河床高・最深河床高・高水敷高・低水路幅）及び延長を用いて、月形での昭和 37 年洪水流量が再現されるように計算区間上流端に流量を与えた。粗度はマンニングの粗度係数より合成粗度を考慮し、堤間は kp0～kp110 までの計画値 920m～820m を与えた。

図-6 は昭和 7 年と昭和 35 年の平均河床高を kp と対応させて比較したものである。横矢印が捷水路による距離変化で、縦の矢印が河道の整備や掃流力の変化による河床低下の変化だと考えられる。計算条件は以下に示す。

Run0: 昭和 35 年河道断面、延長は現在と同じ(新 kp)

Run1: 昭和 7 年河道断面、原始河道(旧 kp)

Run2: 昭和 7 年河道断面、下流部捷水路による延長短縮のみ考慮

Run3: 昭和 7 年河道断面、延長は現在と同じ(新 kp)

生振、篠路、石狩大橋、月形、橋本町の 5 つの観測地点での時間ごとの流量、水位を計算によって求めた。

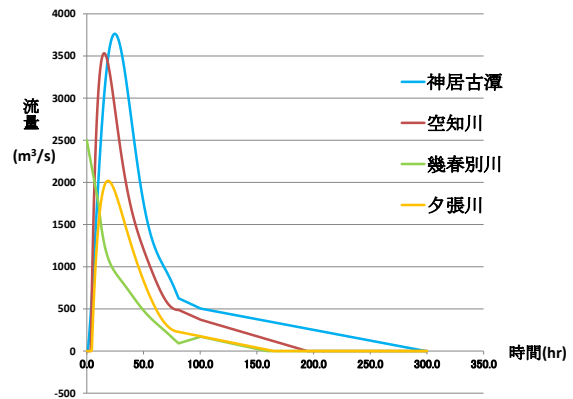


図-2 再現計算で用いた明治 37 年洪水流量グラフ⁴⁾

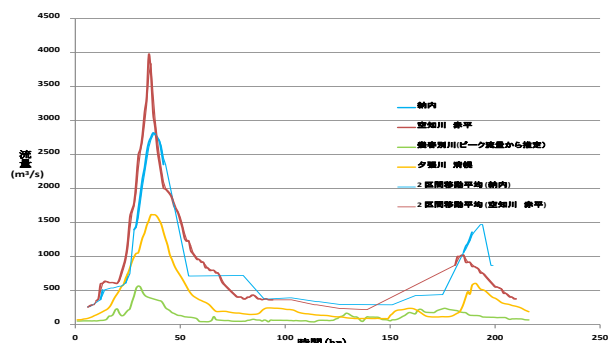
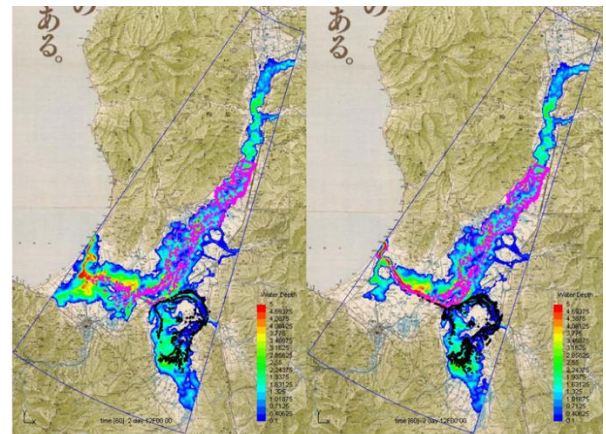
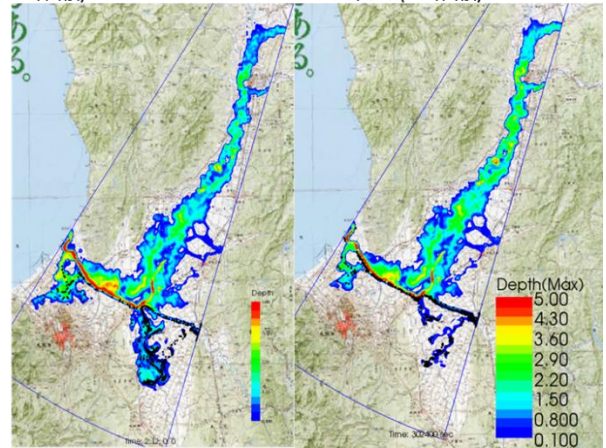


図-3 再現計算で用いた昭和 37 年洪水流量グラフ¹⁾



A: 明治37年流量 原子河川(60時間後)

B: 明治37年流量 下流ショートカット(60時間後)



C: 明治37年流量 下流ショートカット＋夕張川新水路(60時間後)

D: 昭和37年流量 下流ショートカット＋夕張川新水路(60時間後)

図-4 一次元計算氾濫図

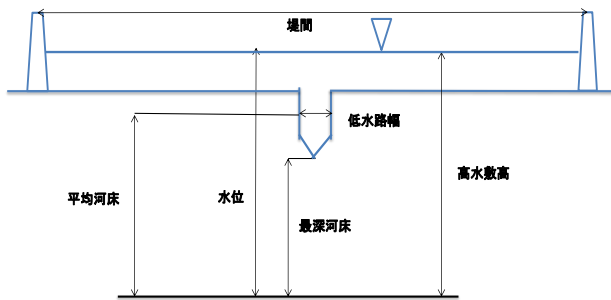


図-5 一次元計算横断概念図

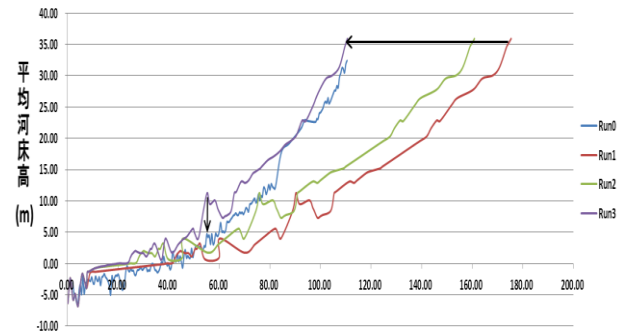
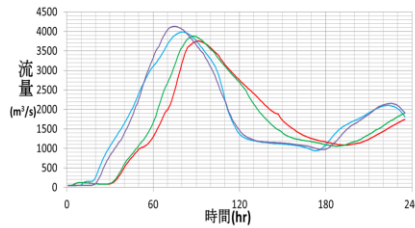
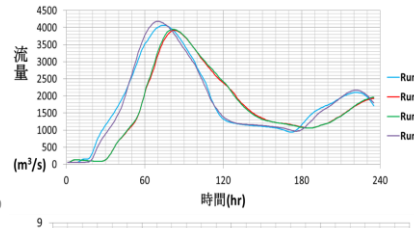


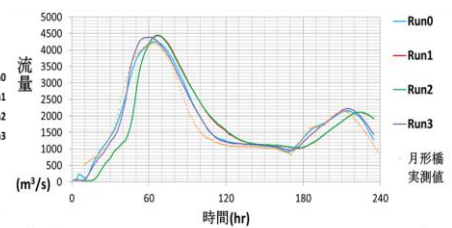
図-6 昭和7年、昭和35年 平均河床高グラフ



(a) 生振kp8.5



(b) 石狩大橋kp26



(c) 月形kp60

図-7 各観測点での流量・水位グラフ

4.2 結果及び考察

図-7 より以下のことが考察される。

Run2 は kp18km より下流部の4区間のみ捷水路を施工した条件で、原始状態の Run1 と比較すると、捷水路区間直下流の生振で水位低下が 1.1m と最も大きく、捷水路区間直上流の石狩大橋では 0.6m の低下が見られ、kp60km の月形では低下がほとんど見られない。

次に原始状態の Run1 とすべての捷水路を考慮した Run3 から、全区間の捷水路の効果をみると、すべての観測点でピークの早期化と水位低下が見られ、また流量に関しては下流観測所での増加が見られる。これは上流の氾濫の減少により、その分河道内の流量が増加したこと及び流路短縮により河床の勾配が急になり河道内の流速が増加した効果と考えられる。そのため、上流の捷水路の効果は下流に顕著に現れるものと考察する。

さらに当時の河道形状のままで全捷水路による流路短縮のみを仮定した Run3 と実際に河道の形状変化も考慮した昭和35年断面を用いた Run0 から、河道断面の変化と河床低下による影響を見ると、上流の月形及び石狩大橋で約1mの水位低下が見られ、下流生振では水位は0.5m上昇している。これは、図-6の平均河床高の変化に見られるように、kp26kmの石狩大橋から上流kp90kmまでの区間で1~5mと大きく河床低下しており、下流kp10km付近では低下していないためと考えられる。

5. 堤防の変遷

図-9は昭和32年、48年、51年時の堤防高のグラフである。昭和32年当時は未整備の部分や堤防の高さが低いことがわかる。昭和48年では全体的に堤防高が高くなっていて未整備の部分も少なくなっている。上流部での堤防高が高い特徴がある。51年時には48年時で未整備であった部分の整備が進められ暫定堤防の連続化が進められているのがわかる。昭和56年の洪水では暫定堤防で連続化していた。その後も堤防は盛り上げられ現在のものとなっている。

図-8には一次元計算で求めた各条件の最大水位のグラフに昭和32年当時の右岸と左岸の堤防高をプロットしたものである。月形(kp60)付近でRun0の水位は堤防とほぼ同じ高さである。一方、Run1~Run3の水位はほぼ堤防の高さを上回っている。このことから昭和37年洪水では中流部での氾濫はあったが、堤防を越えての氾濫は堤防の高さを大きく上回った氾濫ではなく、堤防の高さがあと一歩足りなかったことによる氾濫だとわかる。昭和37年洪水では中流部の堤防未整備地区からの氾濫は多く記録されているが、同時に暫定堤防完成による効果も記録されている¹⁾。昭和37年洪水での暫定堤防による効果はショートカットや河道整備による水位低下の効果も大きく関与していることが考察できる。

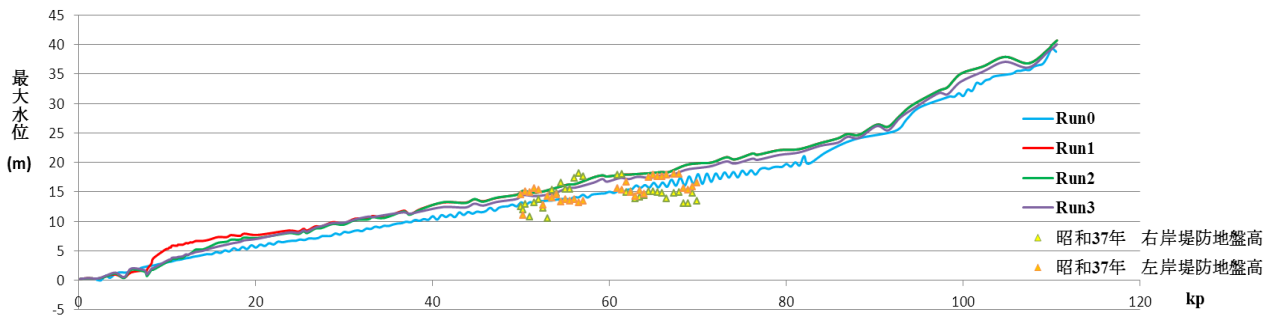


図-8 一次元解析 最大水位比較図

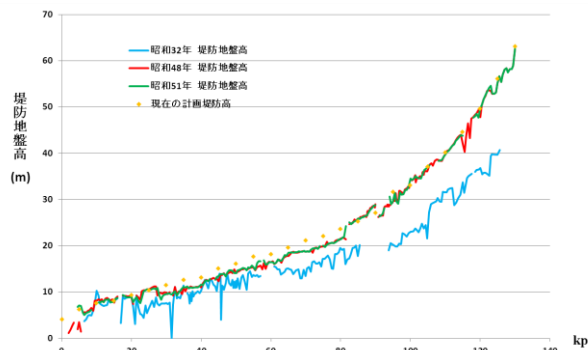
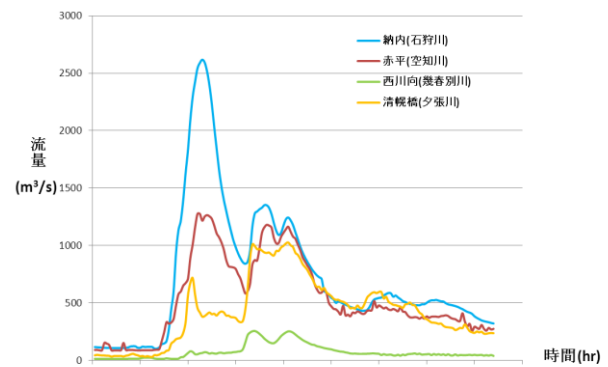
図-9 堤防の変遷¹⁾

図-10 平成23年洪水流量速報値(ダム効果なし)

6. 平成23年9月洪水に対する治水事業の評価

図-10は平成23年9月洪水時の石狩川流域河川の流量とダムに貯水された流量の速報値データからダムがなかった場合の流量を推定したグラフである。図-11は平面二次元計算でこの流量を全く改修されていない原始河川に流した場合の氾濫図である。図-4Aよりも氾濫域が小さいのは流量の差であると推測される。

実際には平成23年9月の洪水では氾濫はなかった。もし改修が行われていなければ、この様に大きな氾濫が発生したものと考えられる。

7. 終わりに

本研究では石狩川での昭和37年洪水とその前後の洪水から夕張川新水路、捷水路、築堤の影響を明らかにした。その結果を以下に示す。

- ・夕張川新水路によって幌向地区の氾濫が解消された。また、本川からの逆流による千歳川流域の氾濫の軽減効果もあった。
- ・捷水路によって河道の流下能力は向上する。また上流の捷水路の効果は下流に顕著に現れる。
- ・捷水路工事、築堤整備、河道掘削などの総合的な効果によって氾濫は防ぐことができ、現在までに行われた治水事業は洪水被害を大きく防止していることがわかった。

8. 謝辞

本論文の作成にあたって、北海道開発局からの情報提供を賜りました。また木村一郎氏(北海道大学大学院)には貴重なご意見を賜りました。ここに記して謝意を表します。

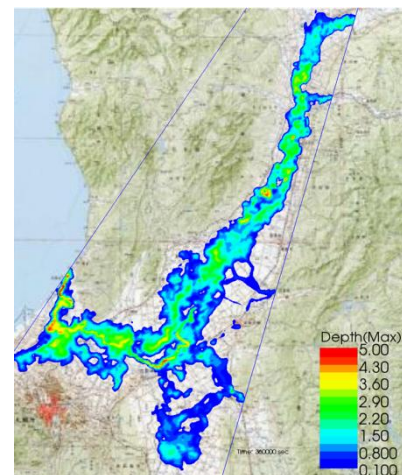


図-11 平成23年洪水流量再現計算氾濫図(100時間後)

参考文献

- 1) 北海道開発局：石狩川洪水報告書(昭和37年8月洪水、昭和50年8月洪水、昭和56年8月洪水)
- 2) 札幌開発建設部：石狩川流域図(ポスター)大正末期、現在：<http://www.sp.hkd.mlit.go.jp>
- 3) 山口甲、品川守、関博之：捷水路
- 4) 谷育美、鈴木英一、山口里美、岩崎理樹：治水事以前の石狩川流域における氾濫特性-明治37年洪水の氾濫形態-
- 5) 品川守：石狩川の捷水路とその効果に関する研究