

石狩川下流の開発と堤防整備の歴史について

(株) エーティック 瀬川 明久*1
 (株) エーティック 港 高学*2
 日本大学理工学部 工博 吉川 勝秀*3

石狩川下流の石狩平野は、ほぼ全域が泥炭性軟弱地盤の氾濫原である。この平野開発は、明治初期から北海道開発の重点施策とされ、幾多の開発計画が策定されて進められた。

一方、地域社会からは、大雪や洪水などによる災害への安全基盤として堤防などの早期整備が強く要請されていたが、当初から農地開発や堤防などの社会資本整備は遅延し、戦後になって漸く安定的に進行している。この遅延要因は、気象や地形地質などの自然特性の他、戦争に伴う緊縮財政の影響などであり、堤防は現在も完成断面を目標に整備途上である。

本論文は、この開発と堤防整備について、地形地質の特性分析と共に、開発計画と堤防整備、及び土地利用と堤防整備に関わる歴史的な考証を行った。この考証に基づき、氾濫原開発と堤防整備の動向及び堤防決壊を想定した氾濫状況分析を行い、堤防の役割と問題を考察した。その結果、氾濫原の安全確保は、連続堤防の弱点解消が有効な対策であることを述べ、これらから、今後の堤防整備と安全確保に関わる新しい考え方を示した。

【キーワード】堤防整備の歴史、地域開発計画、泥炭性軟弱地盤

1. はじめに

石狩川下流の主に泥炭性軟弱地盤¹⁾から成る氾濫原は石狩平野と呼ばれ、積雪寒冷地で洪水常襲地帯であるため、その安全基盤を堤防に依存している。この平野開発は、北海道開発の重点施策として、明治初期から幾多の開発計画に基づき進められてきた。一方、地域社会は多発する大水害に苦しみ、治水対策の早期着手を強く要請していたが、戦争や国家財政の影響により堤防整備などは遅延し、暫定断面堤防が連続したのは、開拓使設置から100年後の1970年頃である。この堤防は、1975年²⁾と1981年³⁾の洪水により、堤防の沈下、漏水及び樋門周辺漏水に起因する決壊により大水害が発生し、堤防による確実な安全性の確保には至らなかった。その後は、計画断面で整備するようになり、現在に至っている。これまでの堤防整備に関わる歴史的サイクルは、開発先行→洪水災害→堤防建設→地盤沈下→洪水災害→堤防強化の図式であり、開拓地などの洪水防御を急いだ姿が伺える。堤防の質的安全性は、地盤や盛土材の多様な変化に加えて多くの施工技術を駆使しているため堤防は不均質になり、特に樋門などの接続部では弱点が生じやすい問題が存在している。

今後の堤防整備では、このような歴史的な開発計画と堤防整備の関わりを分析し、課題を抽出して役立てることが、安全性の高い堤防管理に必要であると考えられる。

本流域の開発と治水に関わる研究成果は、治水対策と開発経緯^{4),5)}、捷水路効果と開拓状況⁶⁾、治水事業と開発政策と土地利用⁷⁾などがある。

本論文では、地域開発と堤防による安全基盤構築の歴史的な関わりを考証し、今後の堤防整備と安全管理のあり方について述べた。

研究概要は、①石狩平野の地形地質特性分析、②開発計画、③土地利用と治水計画、④堤防整備の歴史的な関わりについて考証し、その動向分析及び堤防決壊を想定した氾濫状況分析の結果から堤防の役割と課題を考察し、今後の堤防整備と安全確保に関わる新しい考え方を示した。

2. 石狩川下流の位置と流域概要

石狩川下流は、図-1に示す北海道中央部に位置する一級河川石狩川流域(L=268 km, A=14,330 km²)の内、河口から神居古潭(L=138.5 km, A=9,237.1 km²)までの流域である。



図-1 石狩川下流流域図

*1 技術研究所 011-644-2845
 *2 河川水工部 011-644-2845
 *3 社会交通工学科 047-469-5228

E-mail:a.segawa@a-tic.co.jp
 E-mail:minato@a-tic.co.jp
 E-mail:yoshikawa@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

3. 石狩川下流の地形地質

石狩川下流の地形地質が、洪水に脆弱であり、堤防に弱点が生じやすい原因を把握するため、その形成過程、特性及び問題点を分析した。

(1) 石狩川下流の地形形成の概要

石狩川下流の石狩平野は石狩低地帯とも呼ばれ、北海道の第四紀更新世後期以降に図-2 (a) から (b) へ変化した地形変遷に起因して形成^{8), 9)}された。

図-2 (a) は、約 38 万年前頃の北海道であり、この時期の北海道は石狩低地帯で 2 つに分かれており、内陸側への海域範囲は、現河口から約 60 km 上流の月形付近に達していたと考えられている。

図-2 (b) は現在の地形であり、約 3 万年前頃に生じた支笏カルデラの噴出物である支笏火山噴出物により太平洋側が埋め立てられ、これに遮られた古石狩川は、必然的に日本海側にその河口を持つことになった。このような石狩低地帯の形成過程から、石狩川下流は自然的に軟弱な細粒土砂が厚く堆積した。また、地表は平坦になって湿地化し、泥炭を主とする超軟弱な泥炭性軟弱地盤が形成されたことにより、開発や建設物に悪影響を及ぼす根本的な問題が存在することになった。

(2) 捷水路による河川地形形成と安全性への影響

図-3 は、石狩川下流の開拓前の河道と捷水路を示したものである。

石狩川治水計画¹⁰⁾は、水害防止と石狩低地帯の乾燥化のため、捷水路工事により洪水疎通能力向上と農地開発を図るものであり、1910年に策定された。この捷水路計画¹¹⁾は、その後の洪水災害に基づき改定され、1899年の河口～音江間 231.7 km の河道⁴⁾は、図-3 の上表に示す 29 箇所¹⁾の捷水路工事で 75.8 km 短縮した他、自然短縮による 24.5 km を加えて 100.3 km 短縮され、現在の 131.4 km になった。現在の河川地形は、本川の河道改修に加えて豊平川、夕張川、幌向川、幾春別川、美唄川の他、多数の支派川が新水路に変わって形成された。

この新水路により、堤防法線の位置は、自然堤防から外れて泥炭性軟弱地盤の中に設定されたため、河川周辺の乾燥化が促進されて開発には有利になったが、堤防などの建設物は超軟弱な地盤の強度と沈下の影響を強く受けるようになった。

(3) 石狩低地帯の地形概要

図-4 は、石狩低地帯の全体的な形状を示す地形概要図¹²⁾である。石狩低地帯は、石狩河口から江別を経て千歳付近まで延長 58 km、幅 12~20 km、江別から上流方向の砂川付近まで延長 50 km、幅 6~20 km である。この低地帯には、周辺山地から多数の支派川が流入し、平坦部には篠津、幌向、美唄などの泥炭性軟弱地盤の原野が広がっている。

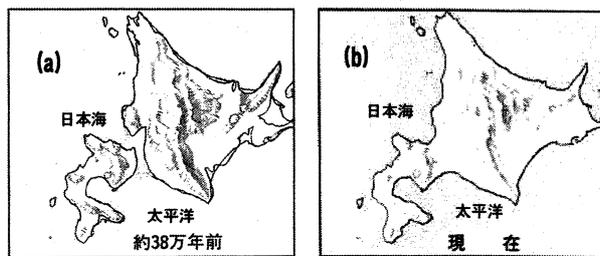


図-2 石狩川下流の地形変遷^{8), 9)}

番号	本川捷水路名	捷水路	旧河道	着工年月	通水年月
1	生 摺	3.7km	18.2km	1918.10	1931.5
2	当 別	2.8	4.2	1924.7	1933.5
3	篠 第2	0.9	2.1	1919.6	1921.9
4	篠 第1	1.6	3.0	1922.4	1925.12
5	対 雁	2.3	5.9	1923.4	1933.8
6	巴 農	1.5	4.9	1935.4	1938.5
7	砂 浜	0.8	1.6	1934.6	1938.9
8	下 達	1.5	3.0	1934.5	1939.9
9	六 葉	0.7	1.3	1937.4	1942.9
10	鶴 達	0.7	1.3	1937.4	1942.5
11	鶴 丘	1.9	2.8	1934.4	1941.7
12	上 新	1.0	1.7	1940.4	1943.10
13	狐 森	1.1	2.5	1940.4	1949.9
14	川 上	0.3	0.5	1937.6	1949.11
15	括 木	2.1	4.6	1939.4	1940.10
16	大 曲	1.2	3.7	1941.5	1955.10
17	礼 内	0.8	2.5	1939.4	1956.10
18	砂 川	3.0	6.5	1964.6	1969.11
19	アイヌ地	1.2	2.5	1941.5	1951.10
20	菊 水	1.0	1.5	1942.5	1947.9
21	池 前	2.4	6.0	1939.5	1941.9
22	朝 の 首	0.7	4.0	1938.10	1939.5
23	江 第2	2.9	3.8	1956.11	1960.11
24	六 戸	1.2	3.2	1960.5	1961.11
25	芽 生	1.2	3.2	1946.5	1953.10
26	福 田	0.5	1.0	1951.8	1951.9
27	中 島	1.0	2.5	1953.5	1955.3
28	広 第2	0.9	17.5	1954.7	1955.11
29	広 第3	2.3	5.5	1951.12	1953.7
計		42.0	117.8	75.8km短縮	

記号	支川名	捷水路	旧河道	着工年月	通水年月
a	石狩放水路	2.5km		1977.3	1981.8
b	豊平川	6.7	11.5km	1932	1941.7
c	庫 別	2.6	5.5	1949	1954
d	夕 張	11.1	34.0	1922	1936
e	幌 向	4.5	2.6	1959.5	1965
f	幾春別川	5.7	15.0	1935	1949
g	美唄川	1.9	20.5	1924	1925

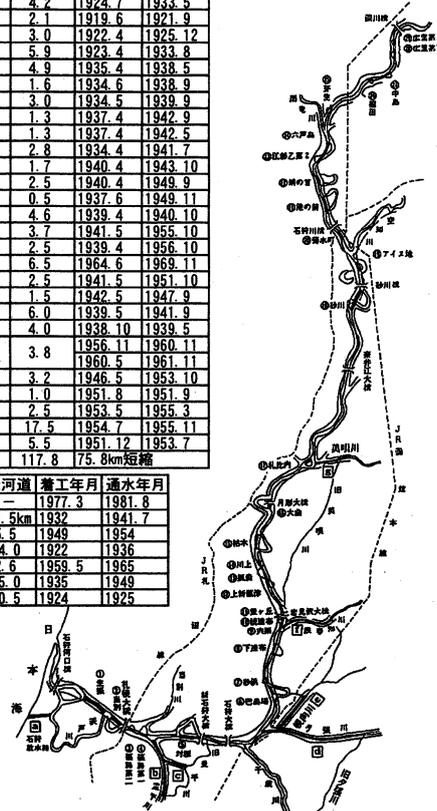


図-3 石狩川本支川捷水路位置図¹¹⁾

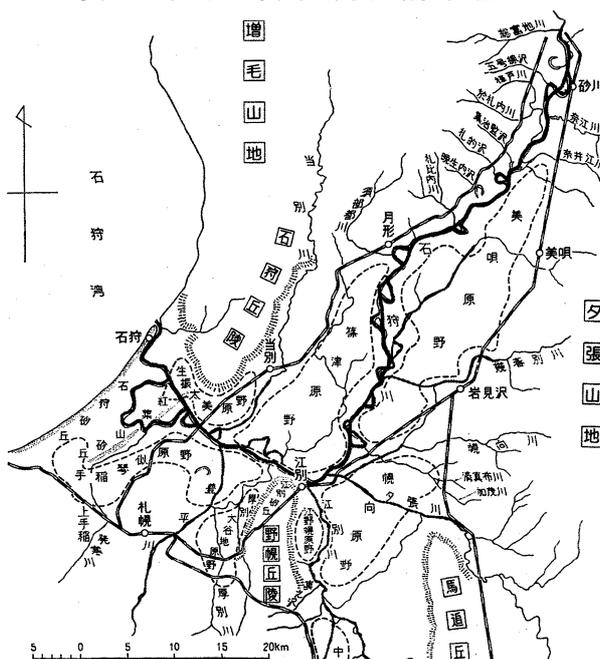


図-4 石狩低地帯地形概要図¹²⁾

地盤標高は、江別付近 6.5~8.0m、岩見沢付近 8.0~10.0m、美唄付近 14.0~17.0m、千歳川周辺 5.5~8.0m であり、地盤勾配は、約 1/3,000~1/5,000 と緩やかである。氾濫原全体は、周辺山地からの流入水が貯留しやすく、平坦な低湿地が多いため、排水性に劣る洪水に脆弱な特性が形成された。

(4) 泥炭分布と工学的性質

図-5 は、石狩川下流の泥炭分布図であり、国土庁の土地分類図¹³⁾に基づき、ミズゴケ・ホロムイソゲなどよりなる高位泥炭 (Hp)、ワタスゲ・ヌマガヤなどよりなる中間泥炭 (Tp)、ヨシ・スゲ・スギナなどよりなる低位泥炭 (Lp) で表した。

石狩低地の表層土質は泥炭、泥炭質土、粘土・シルト、砂・砂礫で構成される。泥炭の工学的性質¹⁴⁾は、コーン貫入指数 $qc=0.05\sim0.4\text{MN/m}^2$ 、含水比 $W=200\sim700\%$ 、圧縮指数 $Cc=3\sim11$ であり、高含水比で圧縮性が高く非常に脆弱である。

泥炭は地表面積の約 70% を占め、泥炭層厚は 2.0~6.0m、泥炭層を含めた軟弱層厚は 10~30m であり、これを主体とする地盤を泥炭性軟弱地盤と呼び、堤防安全性を低下させる問題の地盤である。

図-6 は、この地盤の堤防盛土による一般的な沈下形態の事例¹⁵⁾であり、その沈下量は堤防高の 110% である。この沈下形態から、樋門の周辺堤防に、写真-1¹⁶⁾に示すような不等沈下や変状などの問題が必然的に発生することは明らかである。

(5) 石狩低地帯の地盤沈下の実態¹⁴⁾

泥炭性軟弱地盤の乾燥化を目的とした取排水路や捷水路などの基盤施設は、北海道第 1 期拓殖計画後半から第 5 次治水事業 5 力年計画 (1910~1980 頃) までに整備され、これに伴い地盤沈下も大きく進行した。以下に、地盤沈下の実態と土地利用や堤防などの安全性への影響について分析した。

図-7 は、1957~1979 年までの 22 年間の三角点改測記録を比較した地盤沈下量分布図であり、図中の沈下量は、10 cm 以下 (I)、10~30 cm (II)、30~60 cm (III)、60~90 cm (IV)、90 cm 以上 (V) の 5 ランクに分類した。

地区別の地盤沈下量は、石狩川右岸の江別下流は 20 cm 以下であるが、その上流は 10~90 cm 以上である。石狩川左岸では 10~30 cm が多いが、幌向川、幾春別川、旧美唄川などの新水路周辺では 10~90 cm 以上である。

この左右岸の地盤沈下の大きな地区は、図-5 に示した高位や中位の泥炭地であり、そこに新水路が開削され、低湿地の乾燥化が進んだ一方で地表の排水性が低下し、堤防や樋門などの建設物は地盤沈下の影響を強く受けることになった。

図-8 は、高位泥炭が分布する美唄地区の 1968 年地形図、及び 1979 年水準測量の 11 年間の比較による地盤沈下実態である。

地盤沈下量は 20~120 cm であり、年平均最大沈下量は 10.9 cm に達し、測点沈下量は 1.0km 付近が大きく、2.0~5.6km の間は農地造成などで標高が高くなった部分も見られる。また、美唄川下流の北村役場の三角点改測記録では、1922~1973 年までの 51 年間の比較結果は、100~200 cm の範囲が多く、最大で 320 cm に達している。

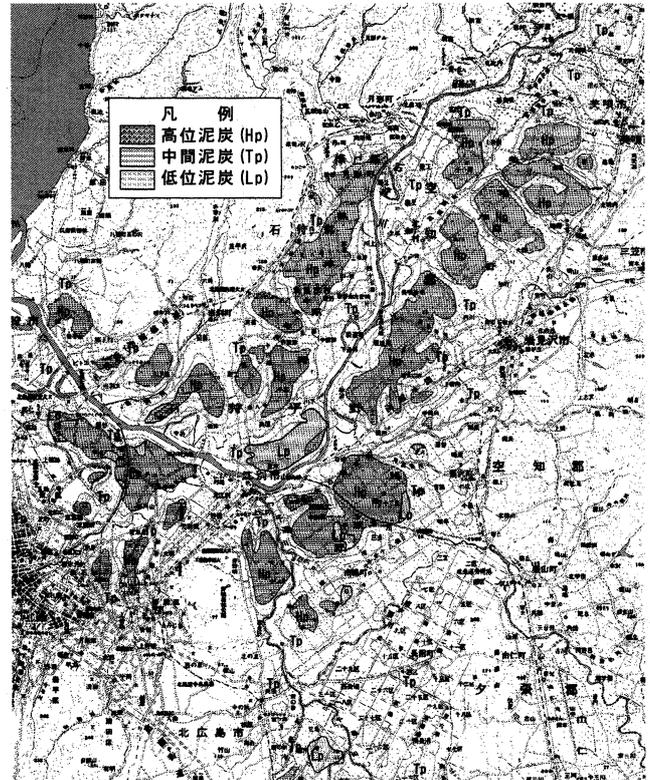


図-5 石狩川下流泥炭分布図¹³⁾

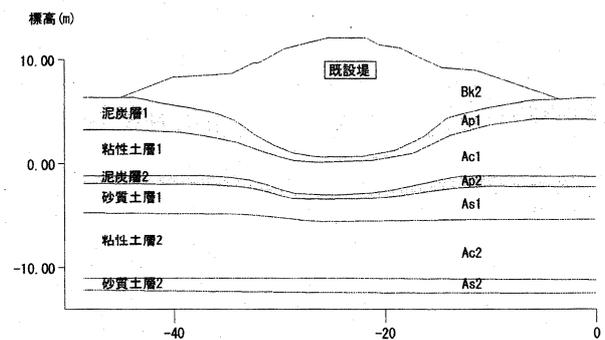


図-6 泥炭性軟弱地盤の堤防沈下実態¹⁵⁾

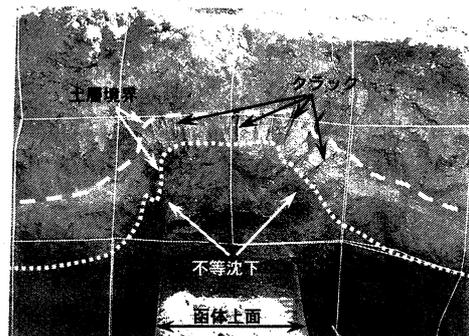


写真-1 樋門周辺の不等沈下実態¹⁶⁾

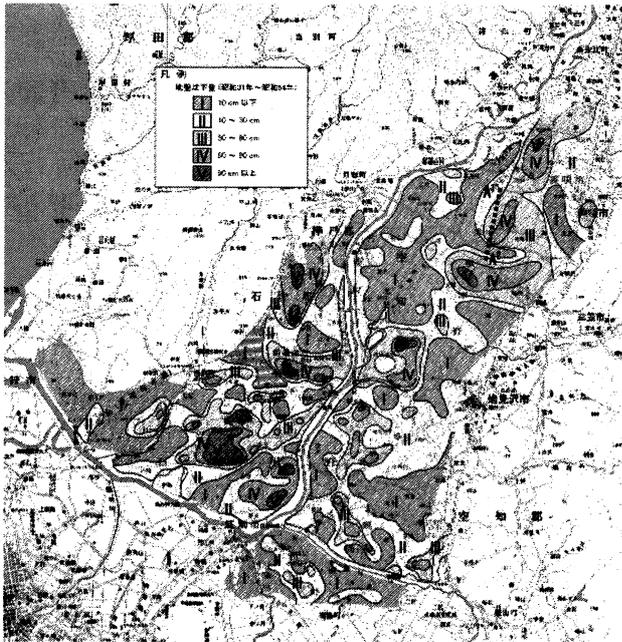


図-7 地盤沈下量分布図 (1957~1979) ¹⁴⁾

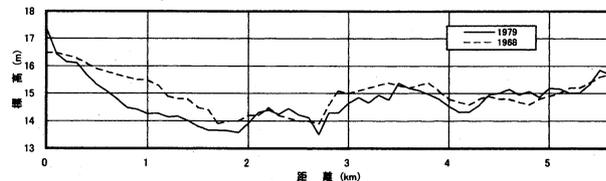


図-8 美唄地区 A1-A2 測線地盤沈下実態図 ¹⁴⁾

4. 開発計画と堤防整備の歴史 ⁴⁾⁻⁷⁾

石狩川下流の明治初期から 140 年に亘る開発計画、及び明治中期から 90 年に亘る治水計画と堤防整備の歴史的な関わりについて考証した。

(1) 1868 年：函館裁判所時代

明治政府は、ロシアの南下政策の対抗手段として北海道の急速な開発施策を取り込み、1868 (明治 1) 年に函館裁判所を設けたが、函館戦争の影響により 1 力年で廃止になった。

(2) 1869~1882 年：北海道開拓使時代

1869 年に北海道開拓使を札幌に設置し、石狩平野開発は北海道開発の重点施策として位置付けられた。開発は札幌周辺から始まり、1871 年頃から 1878 年にかけて札幌、当別、琴似、江別などに移民、仙台士族、屯田兵などが入植した。河川工事は、札幌本府防御のため、豊平川鴨々水門上下流に堤防延長 1.9 km 余などを建設した。石狩川は、舟運と漁業のための小規模な維持管理の他は、水害に苦しみつつも財政事情などから、氾濫原開発の安全基盤である堤防工事は行われていない。

(3) 1883~1885 年：三県一局時代

1883~1885 年に夕張川沿いの広島、千歳、岩見沢、野幌などに移民入植が点的に行われたが、

開拓使の権限分割と全国的な大不況の影響を受けて開拓は進展せず、治水対策は行われてない。

(4) 1886~1900 年：北海道庁初期

1886 年に北海道庁が設置され、その開拓政策に基づき 1887~1895 年にかけて新琴似、篠路、滝川、沼貝などに屯田兵が入植し、千歳、夕張、幌向の各原野は、1892 年に室蘭線開通と馬追運河開削に伴い開発は急速に進行し、1896 年の石狩川下流の人口は約 15 万人に達した。氾濫原開発が進展し始めた 1898 年洪水では、氾濫面積が 15 万 ha に達して悲惨な被害を被った。この大洪水の後には、北海道治水調査会と石狩川治水同盟会が設立されて根本的な治水計画の必要性が貴衆院に請願され、この翌年の 1899 年から河川調査に着手した。

この頃の治水工事は、舟運のための応急的工事が行われていたが、開発草創期から好転しない財政事情により河川改修工事は行われず、氾濫原開発の安全基盤に関する計画は策定されていない。

(5) 1901~1909 年：北海道 10 年計画

この計画は、北海道拓殖の重要性から、その進捗を図る目的で立案されたが日清・日露戦争の影響で予算確保が難しくなり、見るべき成果もなく 1909 年に打ち切りになっている。このため治水事業は、石狩川、千歳川、空知川などの測量調査及び流木処理などの応急的工事のみである。

この状況の中で、1904 年に 1898 年を上回る大洪水が発生して氾濫面積は 13 万 ha に達し、相次ぐ大水害により流域住民の開拓意欲は大きく減退した。

北海道庁技師岡崎文吉は、この洪水から対雁地点の計画高水流量を 30 万立方尺 (8,348 m³/sec) とする石狩川治水計画調査報文 ¹⁷⁾ を提出した。

(6) 1910~1926 年：北海道第 1 期拓殖計画

この計画は、拓殖を目標とする財源確保と情勢変化への対応を図り、北海道拓殖の充実を図る事業であり、1924 年までの 15 力年計画で着手されたが、財政事情により 1928 年に繰り延べになった。

1910 年に石狩川治水計画が策定され、対雁下流の 1.9 万 ha の浸水除去、浸水未開地の 0.94 万 ha の農地開発の基盤作り及び重要市街防御を目的として 1910 年に石狩川第 1 期工事に着手した。この工事は、捷水路開削を主体とした 10 箇年計画であり、本格的な堤防を建設するものではなかったが、財政事情により 1928 年まで繰り延べられている。

堤防計画は、1918 年着手の生振捷水路工事に伴って左右岸堤防 28 km が初めて図上に示された。

この時代の堤防計画は、1906 年の対雁生振間改修工事設計平面図で図-9 の断面図 ¹⁷⁾ が記載されているが法線の表記がなく、1917 年の図-10 ⁶⁾ の石狩川治水計画平面図で初めて法線が明確に示された。

対雁新水路の基礎地盤は泥炭層厚 7m 前後であ

り、盛土施工では沈下とすべりで難儀し、盛土量は計画断面の2.5倍以上を必要とした。

堤防工事は、堤々間909m、余裕高1.5m、天端幅9.1m、堤内法勾配2割、堤外法勾配3割、法面植生施工を含めて延長28.8kmの内、1部を残し、実施盛土量389万 m^3 、出来高率79.6%をもって第2期拓殖計画中期の1937年に完了している。

重要市街地堤防は、第1期拓殖計画で計上された滝川市街は1924～1925年の工期で、延長3.4km、余裕高0.9m～1.2m、左右法勾配2.5割、天端幅2.7m、水門1箇所、兼用道路などが完了し、洪水防御への役割が期待された。また、深川市街堤防は、第2期拓殖計画の1936年に竣工している。

この計画期間(1910～1926)の石狩川治水費は、予算額2,379万円、支出額1,437万円、実施率60%であり、予算面からも治水対策が進まなかったことは明らかである。

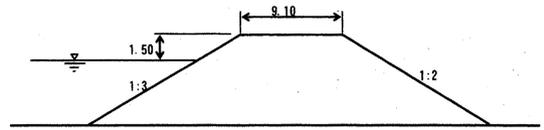


図-9 石狩川左右岸堤防横断面図(1910)¹⁷⁾

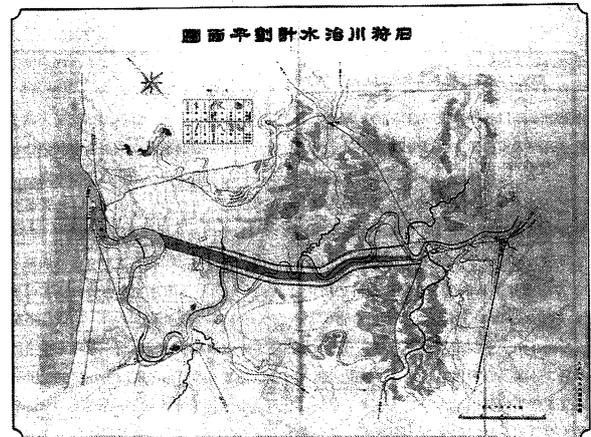


図-10 石狩川治水計画断面図(1917)⁶⁾

(7) 1927～1945年：北海道第2期拓殖計画

この計画は、第1期計画の根本的方針を継続し、20箇年をもって未墾地開拓、移民招来、資源開発、人口と食糧問題の解決などの国策を踏まえて立案された。なお、北海道への河川法適用は、制定から38年後の1934年11月である。

治水工事は、1932年に氾濫面積14万haに達した大洪水を契機に河口～対雁に加えて、石狩川第2期工事として1936年から11カ年で対雁～月形間の5.8万haの浸水除去、洪水浸水区域内2.2万haの開発促進及び美唄川と幌向川の治水工事を目的に着手した。本計画の重点は捷水路工事であり、工事実績は1918～1933年の15年間で生振、当別、篠路第1、篠路第2、対雁に亘る河道が28.3kmから13.8kmになった。堤防工事は、対雁～月形間の左右岸65.2km、堤々間820m、天端幅7.2m、両法2.5割で計画された。実績は、右岸の対雁～月形間34.4km、左岸の江別～美唄川合流点間30.8kmを盛土量222万 m^3 で建設した。豊平川、当別川、美唄川、須部都川では、洪水防御効果の早期発現と掘削土処理を目的にした輪中構想による整備に着工した。この輪中とは、本支川の一連の堤防で囲まれた地区のことであり端部は山付きである。

図-11は、1937年末における捷水路と堤防工事の計画を示す石狩川治水工事平面図¹⁰⁾であり、堤防の完成・計画区間に加えて、月形上流の予定区間が示されている。図上測定では、堤防計画延長は361km、完成は104kmである。洪水防御効果は、輪中構想が完了した札幌市街と当別地区で出現し、他は無堤部があり期待できない。

1941年には、月形～深川間の開拓と洪水防御を目的として、石狩川第3期工事が17年計画で着手された。この工事は、本川7箇所、支川5箇所の低水路工事を施工するものであるが戦争のため見るべき成果はなく、1946年に第2期拓殖計画と共に打ち切りになった。

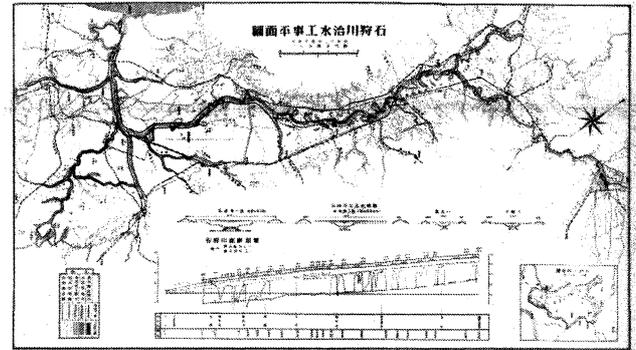


図-11 石狩川治水工事断面図(1937)¹⁰⁾

に打ち切りになった。

第2期拓殖計画期間(1927～1946)の石狩川治水費は、予算額95,846万円、支出額54,294万円、実施率56%であり、治水対策は戦争などの影響により計画の半ばで終了している。

(8) 1946～1951年：戦後の混乱期

我が国は敗戦により、国土の30%、農耕地の45%を失った。緊急国策として政府は、復員者対策と食糧増産などの緊急課題の受け入れ先として北海道を最重要視し、20万戸の入植と6.3万haの開墾を目的とする緊急開拓事業実施要領(1945.11)を閣議決定した。また、北海道の公共事業費は、1947年から拓殖費を開発費に改めた。

戦後混乱期の5ヶ年間の台風などによる河川災害額は269,000万円に達したが、河川工事予算額105,623万円、実績額46,312万円、実施率43%であり、効果が見られる治水工事は行われていないが、この期間中の1949年頃から、河川工事費は増加傾向を示している。この時代の河川改修は、捷水路以外は災害復旧などの応急的工事が主体であり、本格的な治水対策は、混乱期以降に石狩川改

修全体計画が策定（1953）されてからである。

(9) 1952～1970 年頃：北海道開発法初期

1950 年に北海道拓殖計画の大改革になる北海道開発法が成立し、北海道開発庁・開発局が設置されて北海道総合開発計画が策定された。計画期間は、第 1・2 次、各々の 5 力年の 10 力年（1952～1961）であり、戦争により挫折した北海道第 2 期拓殖計画の農林漁業の振興と開発に加え、工業・都市・物流などを含む広範な発展計画である。

石狩川下流治水対策は、この計画においても重要課題として位置付けられた。1951 年からの捷水路工事継続と共に、1953 年の全体計画では無堤地区解消と本支川の整備水準に配慮しつつ、**図-12**に示す暫定堤防⁴⁾による整備工事に着手した。

1960 年には、第 1 次治水事業 5 力年計画が策定され、その後は、高度経済成長などを背景に堤防の整備速度は急速に上昇している。

無堤地区解消途上の 1962 年に石狩大橋洪水流量 8,100 m³/sec、氾濫面積 6.6 万 ha に達する大水害が発生した。この洪水を克服するため、1967 年から石狩川治水全体計画策定に着手した。1970 年頃には、本川と主要支川で暫定堤防が概成し、石狩川下流の洪水防御機能は向上したと考えられた。

(10) 1970 年頃～現在：連続堤防概成以後

暫定堤防が概成して間もない 1975 年に、氾濫面積 2.9 万 ha の大水害が発生²⁾した。

氾濫は、地盤沈下に伴い暫定堤防も沈下したため、天端高不足により計画高水位以下の洪水位で 21 箇所が越水し、堤防の役割を十分に果たせなかった。この洪水後、堤防安全度調査や定期測量による堤防高管理が行われた他、激甚災害対策特別緊急事業による堤防嵩上げが実施された。

図-13は、天端高を計画高水位+0.5m とする本支川の新暫定断面堤防⁴⁾であり 1980 年に完成した。

この翌年の 1981 年 8 月前期に氾濫面積 6.1 万 ha、後期に氾濫面積 0.6 万 ha の大洪水が発生³⁾し、前期洪水では、各観測所で計画高水位を上回る洪水位が記録され、基準点石狩大橋の氾濫戻し流量 12,080 m³/sec は観測史上の最大記録になった。

堤防災害は、堤防沈下箇所の越水や法すべりが多発し、決壊は、これらの箇所と堤防と樋門周辺の漏水などの質的問題により 12 箇所が発生した。

この洪水後に、再び激甚災害対策特別緊急事業が実施され、工事実施基本計画も改定して石狩大橋の計画高水流量は 14,000 m³/sec に設定⁶⁾された。

本川の堤防断面は、泥炭性軟弱地盤における堤防と地盤の安定化、低湿地の長時間洪水、掘削土処理などの対策を目的として、堤防一般部は、**図-14**に示す丘陵堤断面⁵⁾になり、地盤沈下や浸透に対して、ある程度の安全性の向上が図られた。

樋門箇所は、**図-15**に示す法勾配 5 割の断面⁵⁾

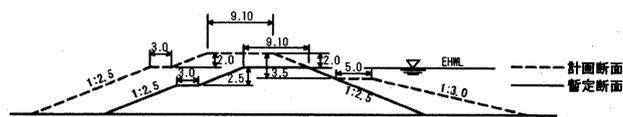


図-12 河口～江別間の暫定堤防⁴⁾ (1953～)

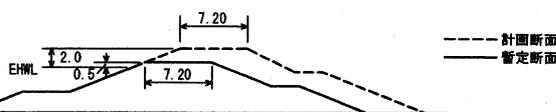


図-13 江別～美唄間の新暫定堤防⁴⁾ (1975～)



図-14 河口～深川間の丘陵堤⁵⁾ (1982～)

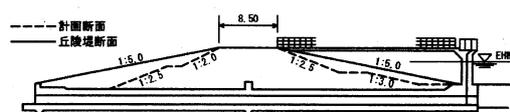


図-15 樋門箇所の断面形状⁵⁾ (1982～)

になったが、堤防決壊に繋がり易い空洞化などの変状に対する長期的な安全対策は研究途上であり、弱点解消に至っていないのが実態である。

5. 土地利用と堤防整備の進展状況⁴⁾⁻⁷⁾

石狩川下流の土地利用と堤防整備の進展状況を分析し、地域社会の安全基盤構築への堤防の役割について検討した。なお、堤防計画延長は、改修計画策定年に近い土地利用図を修正した資料⁶⁾から図上で求めた。氾濫区域内¹⁸⁾の土地利用面積⁶⁾と流域人口（石狩・空知支庁から厚田・浜益を除く）は、既存資料^{19),20)}を用い、土地利用図は代表的な時代について記載した。

(1) 1896 年の土地利用

図-16は、開拓草創期の 1896 年の土地利用を示し、石狩川沿いは泥炭性軟弱地盤を主体とする低湿地であり未開原野である。氾濫原中央部では石狩川が紆余曲折し、千歳川流域には大きな湖沼が点在している。土地利用は、札幌周辺、江別、岩見沢、滝川などの市街地と氾濫原周辺の水害が少ない地域に僅かな耕地が点在し、その面積は、耕地 1.5 万 ha、市街地 0.04 万 ha を合わせて 1.6 万 ha であり、氾濫原の約 10%が開発された。

(2) 1910 年の堤防計画と 1909 年の土地利用

4. (6)、**図-10**に示したように、1910 年の初めての石狩川治水計画における堤防計画は、生振～対雁間の捷水路左右岸堤防の 28 km である。

土地利用の 1896～1909 年の推移は、耕地は札幌周辺、夕張川、幾春別川、空知川などの下流域や比較的標高の高い氾濫原周辺部の開拓が進んで 6.0 万 ha になり、市街地は札幌と地方都市で 0.07 万 ha、全体で 6.1 万 ha が開発されたが、泥炭性軟

弱地盤は開発されていない。

(3) 1926年の堤防計画と1916年の土地利用

北海道第1期拓殖計画の最終期に当たる1926年頃の堤防計画は、石狩川第1期工事に夕張川新水路の左右岸堤防が加わって54kmになったが、戦争と戦後恐慌による財政緊縮の影響により、実質的な工事は行われていない。

土地利用の1910～1926年の推移は、耕地は札幌圏、氾濫原周辺部の洪水頻度の少ない地区及び当別・篠津地区の開発が進み耕地8.8万ha、市街地0.1万haになり、全体で8.9万haが開発された。

(4) 1937年の堤防計画と1935年の土地利用

4.(7)、図-11に示した堤防計画は、1932年洪水後の捷水路計画に伴う対雁～月形、豊平川、千歳川、夕張川、幌向川、美唄川などの左右岸堤防であり、延長は361kmと大幅に増えているが財政悪化により工事は遅延し、計画延長の約1/3が完成した程度の低い進捗状況である。

土地利用の1926～1937年の推移は、耕地は氾濫原中央に進出して9.8万haになり、市街地は都市圏域で広がり0.25万haに増え、全体では10万haを越えた。湿地は、1896年の約1/3になった。

(5) 1957年の堤防計画と1953年の土地利用

図-17は、戦後の1957年の堤防計画と1953年土地利用を示したものである。

石狩川改修全体計画が1953年に策定され、戦後復興や食糧増産などの国策に基づいて石狩川下流の農地開発を進展させるため、幌向川新水路計画などが取り込まれた。同年8月に大水害が発生して全体計画の早期着手が要請されたため、堤防計画は本川その他、支派川の50%に拡大して1957年の延長は649kmに大きく増加している。

土地利用の1935～1953年の推移は、耕地は9.8万haと変わらず、市街地は0.28万haに増えたが、全体では10万haと変化していない。湿地は、農耕地開発に伴い点在化している。

(6) 1967年の堤防計画と1965年の土地利用

堤防計画は、1962年大洪水後の計画改定に基づき、旧美唄川水系などが取り込まれ、1957年から130km増加して775kmになった。

土地利用の1953～1965年の推移は、高度経済成長期を背景にして、耕地は氾濫原全域に進出して12.5万haになった。市街地は、都市周辺で拡大して0.53万haになり、双方で13.0万haになって氾濫原の90%が開発された。湿地は、茨戸川や千歳川などに僅かに点在する状況になった。

(7) 1985年の堤防計画と土地利用

図-18は、1985年の堤防計画と土地利用を示し

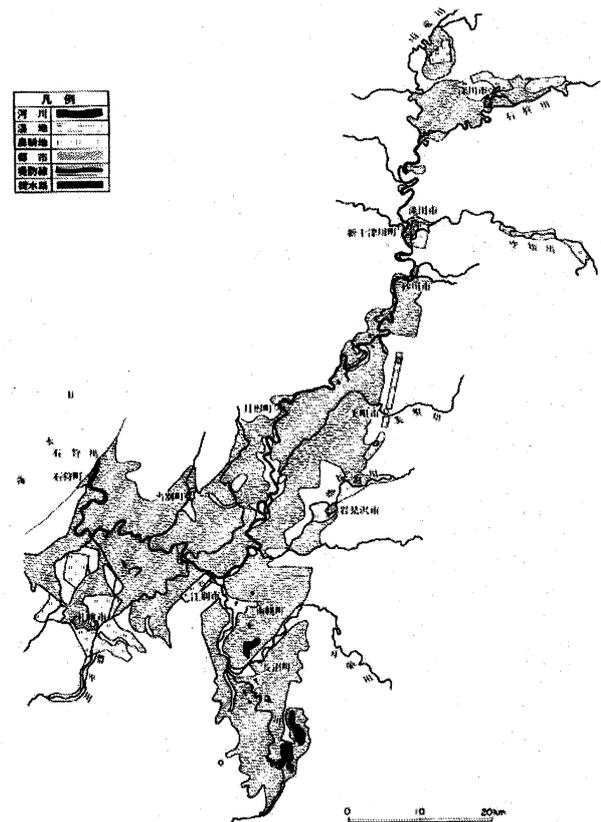


図-16 1896年土地利用図⁶⁾

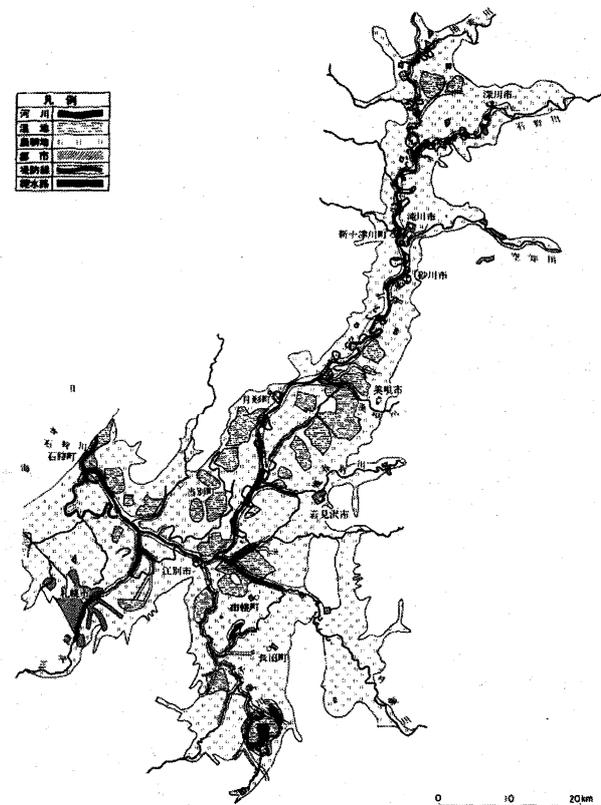


図-17 1957年堤防計画、1953年土地利用⁶⁾

たものである。堤防計画は、2度の大洪水(1975、1981)後の1982年の工事実施基本計画改訂に伴い、氾濫原全体を防御する形になり、延長は1967年か

ら 160 km 増加して 938 km になった。

土地利用の 1965～1985 年の推移は、耕地面積は 11.1 万 ha と減少し、市街地は札幌と地方都市で耕地からの転換が進んで 1.7 万 ha になり、全面積は 12.8 万 ha と僅かに減少した。湿地は、地図上から消滅し、遊水機能は期待できなくなった。

6. 氾濫原開発と堤防整備の動向分析

4 項及び 5 項の結果から、表-1 に示した明治中期から現代までの 90 年間に亘る堤防計画、土地利用、流域人口の推移、図-19 に示した北海道開発計画、石狩川治水計画、堤防計画の推移に基づき、その動向と特性を分析した。

(1) 開拓草創期から北海道第 2 期拓殖計画まで (1890～1945) の動向

表-1 と図-19 の起点は、北海道庁初期 (1896 頃) であり、氾濫平野は 10% 程度が開発された無改修時代の状況である。北海道 10 年計画 (1910) 頃までの土地利用は、洪水頻度の少ない氾濫原周辺部から進んで氾濫原の 40% が開発され、流域人口は、56.6 万人になった。

石狩川治水計画は、1898 年と 1904 年の大洪水後の 1910 年に、捷水路開削を主体として策定されたが、着手は 1915 年に繰り延べになっている。

北海道第 1 期拓殖計画 (1910～1926) の時代は、戦争や恐慌などの影響により土地利用や流域人口の伸びは鈍化し、堤防工事は、捷水路左右岸及び滝川市街堤防以外の工事は行われていない。

北海道第 2 期拓殖計画 (1927～1946) 初期の 1932 年大水害を契機にして石狩川第 2 期工事が計画 (1936 以降) された。堤防計画は、本支川合計で 361 km になり、その内 1/3 が完成したが、堤防による洪水防御効果が期待できるのは札幌市街と当別地区であり、その他は無堤箇所が多く、洪水防御機能はない。耕地面積は、1916 年頃から伸びが見られないが、流域人口はやや伸びている。

このように、明治から終戦期までの 55 年間は、流域人口は大きく増加し、土地利用は洪水頻度の少ない地区を主体に氾濫原の 70% が開発された。

しかし、堤防整備は強い社会的要請があったにもかかわらず、戦争、財政事情及び計画範囲などから、本支川の一部を除き、広大な泥炭性軟弱地盤など大半が無堤地区である。

(2) 戦中戦後の混乱期 (1945～1951 年頃) の動向

第 2 期拓殖計画は、1946 年に打ち切りになり、同年に緊急開拓実施要領が閣議決定されたが本格的な治水対策は行われていない。この時代の堤防は、財政事情から 1950 年頃までほとんど建設されず、耕地開発などを支援する状況ではなかった。

土地利用は、泥炭地である幌向・篠津・美唄原

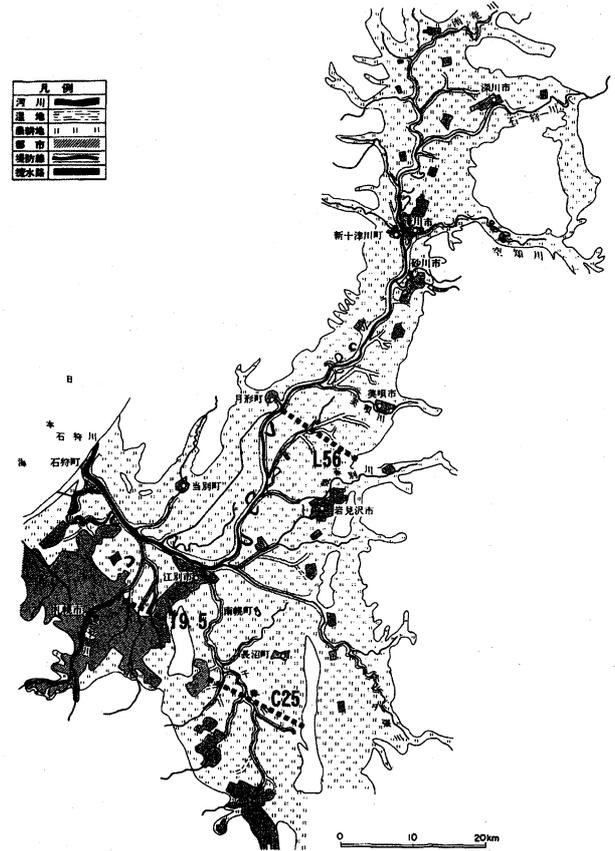


図-18 1985 年堤防計画・土地利用⁶⁾

表-1 氾濫原開発と堤防計画の推移

改修計画策定年	堤防計画延長 (km)	氾濫原内の土地利用面積 (ha)		流域人口 (人)	備考
		耕地	市街地		
1896 (明治29) 年	0.0	15,526	394	(1896) 15,920	(1890) 149,760 計画なし
1910 (明治43) 年	28.0	59,927	666	(1909) 60,593	(1910) 565,500 着手1918
1926 (昭和01) 年	53.8	87,644	967	(1916) 88,611	(1920) 565,050
1937 (昭和12) 年	361.4	97,754	2,490	(1935) 100,244	(1935) 729,634
1946 (昭和21) 年	—	—	—	—	(1946) 951,114
1957 (昭和32) 年	649.2	97,926	2,757	(1953) 100,683	(1955) 1,477,005
1967 (昭和42) 年	775.1	124,748	5,317	(1965) 130,065	(1965) 1,693,402
1985 (昭和60) 年	938.3	111,004	17,124	(1985) 128,128	(1985) 2,323,914

注1: 堤防計画延長は図上測定値。注2: 土地利用面積計と流域人口の () 内は統計年。注3: 流域人口の 1890、1910 年は推定値、1920～1955 は北海道市町村勢要覧、1965、1985 は国勢調査

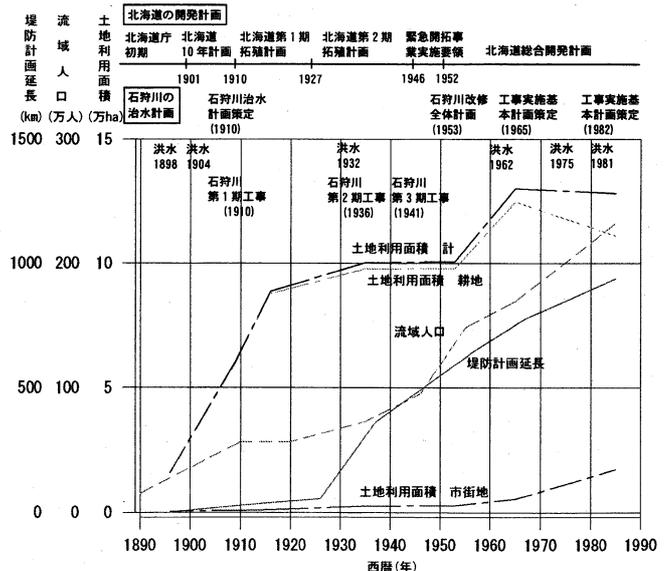


図-19 開発計画と堤防計画の動向

野が無堤のため増加はなく、流域人口は復員者対策により 1946 年頃から急増している。

(3) 北海道総合開発計画初期 (1952~1970 年頃) の動向

社会経済情勢は、1950年に北海道総合開発計画が策定された頃から発展し初め、1953年頃から再び土地利用の進展傾向が上昇している。

1952年から北海道総合開発計画が着手され、1953年には石狩川改修全体計画が策定された。堤防整備計画は、無堤地区解消が掲げられて1957年の堤防計画延長は約649kmに増えた。

1965年に工事实施基本計画が策定され、1967年の堤防計画は支派川を取り込み775kmと伸張した。連続堤防は、1970年頃に暫定断面で概成し、氾濫面積6.6万haに達した当時の戦後最大洪水(1962)を克服できると期待された。

流域人口は169万人と増加傾向が継続し、市街地は0.53万ha、耕地面積は12.5万haに増加して氾濫原の90%が開発される状況になった。

(4) 近年の堤防整備 (1970年頃以降) の動向

4. (10) で述べた通り、暫定断面堤防概成後の2度の洪水を契機に工事实施基本計画が改定された。

堤防計画は、計画高水流量規模の洪水から地域社会を守るため計画断面の施工になり、河道拡幅、遊水地、堤防と樋門部の質的強化に関する調査研究などを総合的に実施する方針が示された。

1985年の堤防計画延長は938kmになり、無堤地区はほぼ解消された他、堤防や河道拡幅などが進捗して1981年洪水を克服できる状況に近づいた。

1985年の統計資料では、流域人口は約233万人に増加したが、耕地面積は約11.1万haと初めて減少している。市街地面積は札幌市周辺や地方都市で耕作地などの市街化が進み、1.7万haに大きく増加している。

7. 堤防が守る氾濫原の状況分析 ^{3)-6), 21), 22)}

石狩川下流の一般的な泥炭層厚は5.0m程度、安定的な堤防盛土高¹⁾は5~6m、発生沈下量は盛土高の約70%であり、過大な沈下や地盤破壊のため堤防嵩上げが難しい実態にある。計画高水位の設定では、泥炭性軟弱地盤の特性と長時間洪水を考慮して河道拡幅、遊水地、ダムなどにより水位低減を図り、堤防計画高の嵩上げを抑制している。

この背景を踏まえ、石狩川下流の堤防が、洪水から堤内地の安全確保を図っている実態と特性について、既存資料や大横断図に基づき分析した。

大横断は、5. (7)、**図-18**に示すL56、C25、T9.5の3測線について堤防決壊を想定し、計画高水位を氾濫水位とした場合の氾濫状況を表した。

(1) L56・北村地区

図-20は、石狩川左岸KP=56.0km付近から旧美唄川を渡り第1幹川上流に至る大横断図であり、

主に農村地帯である。本支川の堤防高は、5.0~7.0m、石狩川の計画高水位による浸水深は2.0~7.0mであり、影響範囲は旧美唄川まで約5.0km、これを越えた場合は第1幹川上流まで約10.0km到達する。氾濫区域は、旧美唄川右岸68.0km²、左岸111.0km²、1981年の洪水継続時間は96時間であり、氾濫区域全体の90%が浸水している。

(2) C25・千歳川地区

図-21は、千歳川KP=25.0km付近から恵庭市、北広島市、長沼町に至る大横断図であり、北広島市と長沼町の市街地及び農村地帯が分布する。

本支川の堤防高は4.0~7.0m、千歳川の計画高水位による浸水深は2.0~4.0mである。その影響範囲は、左岸で島松川まで約4.0km、島松川を越えると約6.5km、右岸は山際まで約7.0km到達する。

氾濫区域は、北広島市6.1km²、恵庭市34.3km²、長沼町158.1km²、1981年の洪水継続時間は150時間であり、氾濫区域全体の65%が浸水している。

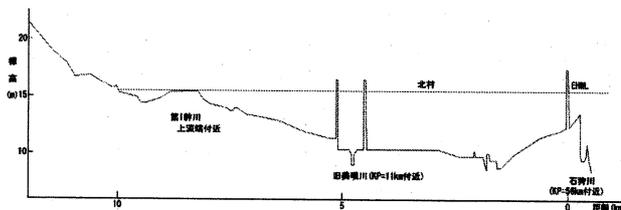


図-20 L56、北村地区の想定氾濫状況

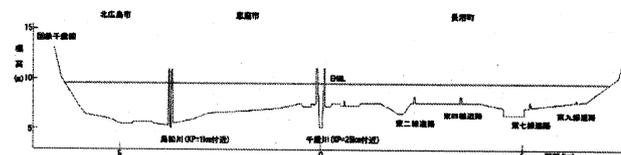


図-21 C25、千歳川地区の想定氾濫状況

(3) T9.5・豊平川左岸地区

図-22は、都市河川地区である豊平川右岸KP=9.5km付近から望月寒川、月寒川、厚別川、野津幌川を経て野幌台地に至る大横断図であり、旧豊平川を境に市街地と農村地帯で2分している。

この氾濫原の元来の地盤高は5.5~7.0mであり、市街地は盛土地が多い。堤防高は豊平川が5.0m、他の4支川は3.0~4.5mである。

豊平川の計画高水位は支川より1.5m高く、高水位は支川堤防高を超えて5.1km先の野幌台地に至り、浸水深は3~4.5mに達し、その影響範囲は望月寒川まで1.2km、月寒川まで1.7km、厚別川まで3.4km、野津幌川まで4.3kmである。氾濫区域は5地区、面積は4.1~22.6km²である。地形は、河川が狭い間隔で流下し、地盤沈下地帯であるため流入水や氾濫水が貯留し易く、排水機能は低い。

表-2は、これらの氾濫区域内の人口¹⁹⁾や河川施設などを示したものであり、氾濫原は堤防により

(3) 堤防が守る氾濫原の状況

図-20~22 に示した泥炭性軟弱地盤の3測線の分析結果から、各地区の河川地形は、堤防に囲まれた下流閉鎖型の形態を示し、周辺からの流入水排除が難しい状況である。堤防高は4.0~7.0mであり、地盤特性からの限界盛土高に達している。

浸水深は2.0~7.0m、氾濫範囲は近隣堤防まで1.2~5.0kmであり、1981年洪水の堤内地盤高以上の洪水継続時間は86~150時間である。

これらの分析結果や既往洪水例から、各地区で決壊が発生した場合は、一連堤防が囲む輪中形態の地区、或いは平野全体に氾濫は広がって浸水時間は長く、一般家屋は水没する。都市河川では、各地区で0.9~3.5万人に達する被災人口、莫大な蓄積資産、変状把握が難しい多数の樋門箇所などによる甚大な氾濫災害の危険性が潜在している。

今後、堤防決壊を確実に防止するためには、堤防の質的管理、強化対策、安全管理及び被害想定に関する技術開発が必要である。

9. 新しい堤防整備のあり方²⁴⁻²⁶⁾

石狩川下流における開発と堤防の歴史的な関わりを概観すると、明治以来、氾濫原の90%が開発され、多数の市街地や大食糧基地が構築されて流域人口は230万人を越えた。しかし、氾濫原の地形地質などの自然特性に変化はなく、地盤沈下は市街地や農耕地の再開発に伴い進行している。

堤防整備は、開発先行と洪水被害の増大を憂慮しつつ、約60年で連続堤防を概成させて開発支援への意志を明確に示した。なお、近年の堤防一般部は丘陵堤などの強化対策が進行中であるが、完成までの歳月と費用確保の見通しは立っていない。

樋門箇所は、空洞化などの変状把握が技術的に難しく、安全対策や水防対策が後手に回り易いため連続堤防の弱点²⁷⁾として課題を残している。

以上のように開発の進展は著しいが、地盤特性や地盤沈下などに起因する堤防の安全性や洪水防御機能の低下要因が存在し、依然として洪水氾濫に対する危険性の解消が難しい実態にある。

今後、洪水氾濫が発生した場合、現在の社会経済環境から、その被害高や社会的影響は、既往災害からは想定できない規模になると推測される。

石狩川下流の洪水意識調査²⁸⁾では、①洪水の経験は無い72%、②洪水への不安は無い42%、③堤防などの整備が進み洪水の不安は無い25%と、洪水に対する危機感の低い回答が得られている。

この回答から、住民の治水対策の捉え方を推察すると、約70%の住民は「洪水による氾濫災害は起こらない」ことを前提としていることが端的に表れている。この社会的要請と権利意識から、堤防決壊により氾濫災害が発生した場合は、「自然災害の防御は難しい」と社会が容認することは考え

られず、詳細な説明責任が必要になる。これらの問題を踏まえ、本流域の恒久的な安全確保を図るため、以下に新しい堤防整備の考え方を示した。

(1) 輪中構想を基本とする堤防整備計画

1) 近年の堤防整備は2次的段階に至り、計画は河川別の積み上げである。しかし、実際の洪水防御や氾濫の形態は、8(3)項で述べたように輪中の形態と同様である。一方、洪水防御への社会的要請は高度化し、地域別の詳細な情報を求めている。

情報開示では、地域の分割方法、堤防の弱点、災害状況、整備効果、優先順位などに関し、判り易い説明が必要になる。これらを考慮すると、輪中構想は地域別の積み上げ計画のため、地域開発や堤防整備の実績取り込みが容易であり、社会環境変化に柔軟に対応できると考えられる。

2) 輪中のハザードは、地盤と堤防の土質特性、施工履歴、地盤沈下実態、堤防と樋門周辺の不等沈下や変状、土地利用などであり、輪中別の質的特性や社会条件の把握により被害想定が容易になる。

3) 輪中の弱点選定は、多変量解析²⁹⁾などを用い、氾濫水の動向は氾濫解析を行う。この結果と2)の項目を重ね合わせて、各輪中の氾濫に対するデータを地図¹⁹⁾などで表すことにより、一般社会に対し、弱点の特性や面的分布の説明が容易になる。

(2) リスク管理のあり方

1) 各輪中のリスクは、各ハザードが降雨、洪水などの外力に誘発されて生じる氾濫災害、堤防災害、社会環境破壊などである。これらの発生確率や災害規模は、近年の集中豪雨の発生頻度などを含めて分析し、輪中別に機能やリスクの評価を行うことが堤防安全管理の信頼性向上に繋がる。

2) リスクの形態や規模は、外力、災害形態、氾濫地区の動向により変化し、氾濫地区は浸水位により浸水面積、被害高、災害対策や避難方法などが変化する。従って、輪中別にハザードとリスクの関係を表わすシナリオを複数作成する。

3) リスク規模は、堤防や樋門周辺の変状実態、土地利用や社会環境への影響、氾濫水の処理方法などから想定シナリオに基づき算定する。

4) リスク評価は、想定シナリオに基づき、堤防の安全性と輪中内の社会的条件を組み合わせ、輪中間の關係に配慮して最小被害になる対応方針を決定する。また、実際の災害発生時では、シナリオと相違する現象が生じることから、実現象を柔軟に反映し、公開を前提にしたシステムを作成する。

5) リスク対策は、輪中毎に点検監視のためのモニタリングを行い、洪水予測と合わせて堤防災害などを推定し、安全管理を行う。また、社会協同による安全強化、広報、教育訓練、マニュアル作成、社会環境対策などに幅広く対処する。

今後の石狩川下流の堤防整備は、治水対策への

財政問題や社会環境などを考慮すると流域全体を同じレベルで整備することは不可能である。

現実的な対処法として、輪中構想に基づきハザードを検知してリスクを算定し、優先順位を考慮して安全化を図ることにより、比較的少ない投資額で短期間に効果が発揮できる利点がある。

また、地域社会が受け入れ可能な堤防安全管理を行うため、新技術を取り入れ連続堤防の弱点を解消し、早期に確実な安全基盤を構築することが社会の要請を反映することになると考えられる。

【参考文献】

- 1) (財) 北海道開発協会：泥炭性軟弱地盤における河川堤防の設計・施工指針、p7、15、16、1982
- 2) 石狩川開発建設部：昭和 50 年 8 月石狩川洪水報告書、1976
- 3) (財) 北海道開発協会：昭和 56 年洪水報告書（総括編）、1982
- 4) (財) 北海道開発協会：石狩川治水史、1980
- 5) 石狩川開発建設部、旭川開発建設部：続石狩川治水史、2001
- 6) 山口甲、品川守、関博之：捷水路、1996
- 7) 館谷清、山口甲：北海道の治水、1987
- 8) THE GEOLOGIC DEVELOPMENT OF THE JAPANESE ISLANDS、1965
- 9) 日本列島地質構造発達史、1970
- 10) 北海道庁河川課：北海道河川概要、1939
- 11) 国土交通省河川局：石狩川水系河川整備基本方針説明資料 4-7、2004
- 12) 地質調査所：沖積低地の地質調査及び地質図表現の新方法について—石狩平野—、p8、1972
- 13) 国土庁土地局：土地分類図、北海道 I（石狩・後志・胆振）1975、北海道 II（空知）1977
- 14) 北海道開発局：石狩川特殊軟弱地域開発基盤整備事業推進調査報告書、1982
- 15) 石狩川開発建設部：平成 16 年度堤防安全検証業務報告書、2005
- 16) 石狩川開発建設部：厚別川上流築堤工事開削調査報告書、1984
- 17) 岡崎文吉：石狩川治水計画調査報文、1909
- 18) (財) 河川情報センター：洪水氾濫危険区域図、p5~6、1993
- 19) 総務省統計局：平成 17 年度国勢調査、全国・都道府県・市町村別人口、2005
- 20) 北海道新聞社：北海道年鑑、1946~1955
- 21) 石狩川開発建設部：水害危険情報地図、1981
- 22) 北海道開発局：石狩川水系豊平川河川整備計画、2006
- 23) 河川管理課：北海道直轄河川樋門樋管水門排水機場実態表、2005
- 24) (社) 日本河川協会：建設省河川砂防技術基準（案）、1999
- 25) 瀬川明久：河川堤防の漏水対策技術第 3 版、p234~283、(財) 北海道河川防災研究センター、2004
- 26) 末次忠司：現場技術者のための河川構造物維持管理の実際、2005
- 27) 三木博史：「土構造物の性能設計の最近の動向」河川堤防、道路分野における現状と課題、北海道土木技術会、講演会資料-3、2006
- 28) 鈴木英一：河川堤防漏水調査技術講演会、資料-1、石狩川開発建設部、1999
- 29) 瀬川明久、加納敏行、南波幸吉：多変量解析による漏水危険度評価について、北海道開発局技術研究発表会、1980

The history of flood plain development and the levee construction of the Ishikari River down stream

Akihisa SEGAWA¹・Takanori MINATO²・Katsuhide YOSHIKAWA³

The agriculture development of Ishikari River down stream plains began at early period of Meiji. It was the important measure of the country, and we had many plans for such development programs. However, the prewar development speed was very slow because this area was snow cold district, peaty soft ground zone, and flood frequent occurrence zone. Postwar and the development finally kept smoothly.

The early maintenance of the levee which was a safe base of the community was request of the communities. However, the levee maintenance is affected by a natural condition, war, financial circumstances, and there is it in the maintenance way now.

In this article, I considered relations of flood plain development and the levee construction of the Ishikari River down stream historically. The concrete contents is the history of a formation process of flooding surface, flood plain development program, and the levee construction, development of the land use and the levee construction of the surface flood plain.

In addition, I considered the role that a levee served as from these histories.

As a result of consideration, I made clear that the reliability improvement for safe security of the flood plain society. Furthermore, for lasting safe security of the future flood plain society, I showed the ideal method of a new levee security system of administration.