

# 総降水量と水害被害額に基づく長期の治水事業評価の試みと石狩川への適用

田口 哲明\*・加賀屋 誠一\*\*

## An Attempt on the Evaluation of Longtime Flood Prevention Works Based on the Relation between Total Precipitation and Flood Damage and the Application of it to the Ishikari River

Tetsuaki TAGUCHI \* and Seiichi KAGAYA \*\*

### Abstract

This paper examines how to evaluate the effect of flood control projects in the Ishikari River that has been carried out for about 100 years since the end of the Meiji era. It is useful to this analysis to compare the amount of total rainfall with the magnitude of flood disaster converting into dimensionless parameter that happened in the past. The current safety level to the flood of the Ishikari River could be estimated to correspond about 180mm of the three days rainfall averaged in the river basin by using this technique. However, we should note that this height of safety that river has in flood can change somewhat by the difference of the distribution pattern of the rainfall. It is necessary to show such a standard to the local residents along the river in order to increase their concern with flood damage though there is such a matter that needs attention.

キーワード：治水事業評価, 水害, 無次元化, 石狩川, 治水史

Key words : evaluation of flood prevention works, flood damage, conversion into a dimensionless variable, the Ishikari River, history of flood prevention works

\* 株式会社アドバンスリサーチ  
Advance Research Co., Ltd.

\*\* 北海道大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Hokkaido University

本論文に対する討論は平成23年2月末日まで受け付ける。

## 1. 序論

洪水に対する石狩川等大河川の治水安全度は、長年にわたる治水事業の成果によってかつてに比べると高いものとなり、地域住民の安全な暮らしを下支えしている。このことは誰もが認めることと思われるが、他方、その安心感と水害体験の減少による地域の防災意識低下が懸念されている。このため洪水ハザードマップの公表等の努力がなされているが、現況河川の治水能力の限界を評価しそれを地域住民に分かり易く説明することも重要なことであると思われる。

石狩川を含め大河川の治水施設は一般的に年超過確率 1/100以下という降雨量を対象として長期計画が策定されその目標に向けて整備途上にあるが、事業の進展によって整備水準は全体として徐々に高まり、総体としての安全度は向上していくはずである。このため、過去に発生した水害についてその要因を数量化し、水害発生時までの治水事業進展による被害軽減度を計測できれば治水事業の成果を実証することが可能となり、逆にその評価時点における河川の治水能力の限界を知ることができる。

ただし、以下のような二つの問題があるため、そのような分析を厳密に行うことは困難なことである。

一つは洪水氾濫の原因となる外力の河川に対する負荷は、降雨の量と分布という二つの要素で与えられるため、仮に治水施設整備水準を一定レベルに固定しても降雨の量のみでは洪水氾濫の規模を一義的に説明できないという問題である。

もう一つは、長期間に及ぶ治水事業の継続中に地域の社会経済環境は変動することである。水害は雨水の氾濫という物理現象によって引き起こされる社会現象である。氾濫区域に資産の蓄積や農業などの生産活動がなければ氾濫があっても水害とはならず、地域の経済規模が大きいかほど同程度の氾濫であっても被害は大きくなる。このため水害による社会的なダメージの大きさを把握するためには、被害の実数のみではなく地域の経済規模との相対関係をも考慮すべきであるが、その経済規模は時代とともに成長、変動している。

図1はこれらの関連性を模式的に表現したものである。

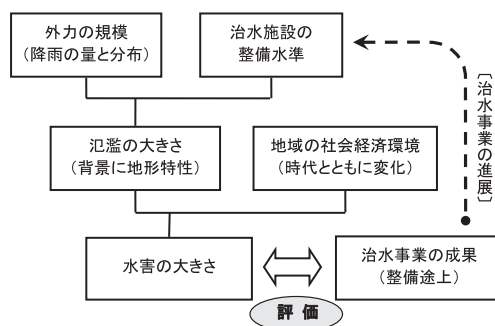


図1 治水事業と水害との関連及びその評価模式図

本研究は、過去の大水害による洪水被害とその原因となった外力の大きさを無次元化して指標とし、その比較によって治水事業の成果を検証する手法を提案するものであり、その手法によって、石狩川におけるおよそ100年間の治水事業による成果を対応する外力の大きさによって評価することを試みたものである。

## 2. 水害の大きさと治水効果に関する考察

### 2.1 外力の規模と水害の大きさとの関係

外力の規模が河川の治水能力を超えない規模であれば氾濫を生じることなく水害も発生しないことは当然であり、河川が自然状態で氾濫を生じない外力に対応する能力がその河川が備えているもとの治水能力である。

このような河川の自然状態における治水能力を、より大きな規模の外力に対しても水害を発生させないように高めていく行為がハード対策としての治水事業であり、その目標とする外力の大きさを例えば確率論上の期待値として100年に1回生起すると想定される雨量に設定して治水計画を立案し事業が行われる。

図2は、整備途上の河川で治水施設整備水準を一定としたとき、一般的に外力と水害との関係がどのようになるかを模式的に表現したものである。

図中、点Nは対象河川に備わっているもともと

の治水能力に対応する外力の規模を表し、点Aは評価時点における当該河川の治水能力に対応する外力の規模である。従って、外力がAを超えなければ水害とはならず、 $N \sim A$ の長さは評価時点までに実施された治水施設整備によって高められた治水能力の増分ということになる。

点 $a_1$ は、このような一定の治水能力のもとで $A_1$ という外力によって $D_1$ という水害が発生したことを示し、点 $a_2$ も同様に $A_2$ という外力によって $D_2$ という水害が発生したことを示す。外力 $A_1$ はAを超えるものの比較的小規模の外力で、水害も小さな規模であったという事象を想定している。これに対して $A_2$ は、堤防が越水破堤に至るような大きい外力であって、 $D_2$ は破堤等により水害が急激に大きなものとなることを想定している。

曲線A-aをここでは「外力～被害曲線」と呼ぶことにする。このような概念は、水害による一般被害額について初めて河川別に統計がまとめられた「昭和36年水害統計」においてすでに示唆されており<sup>1)</sup>、治水施設整備水準を一定としたときの外力の規模と水害の大きさとの関係を分析するうえで有用なものである。

なお、図中に破線で示した曲線は、超過洪水にも対応するため流域対策などソフト面の減災対策を強化することを含めた治水<sup>2)</sup>によって検討されている概念を、「外力～被害曲線」のイメージで描

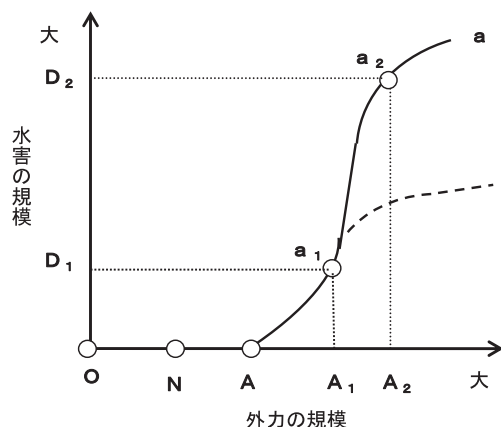


図2 外力と水害との関係（外力～被害曲線）

いたものであるが、本研究の目的は現在までのハードな治水対策による治水効果を過去の水害実績の分析によって検証することにある。

## 2.2 「外力～被害曲線」と治水効果

「外力～被害曲線」は河川の治水能力が一定という条件のもとに描かれるもので、この曲線が治水事業の進展とともに変動することになる。図3はその長期に及ぶ動きを模式的に表現したもので、治水事業の進展とともに河川の治水能力は $A \rightarrow B \rightarrow C$ と増大することとなり、「外力～被害曲線」はブロック矢印で示した方向に変動していくものと考えられる。なお、点Pは治水計画の目標としている外力規模を示しており、整備途上の河川は点Pまで治水能力を高める目標に向かって治水事業が進められていることになる。治水施設整備が完了した時点でこの規模の外力までは水害を防止できることとなるが、その状況下であっても自然現象である外力は点Pを超えることはあり得るのであり、その場合は曲線P-pでイメージされるような大水害発生の可能性はある。

すなわち、長期に及ぶ治水事業の進展はこの図上のブロック矢印が示していることとなり、数値的には「外力～被害曲線」の横軸との交点にあたる外力の動きで治水事業の効果を評価できる。見方を変えれば、その交点で示される外力の規模が、その時点における治水能力の限界を示している。

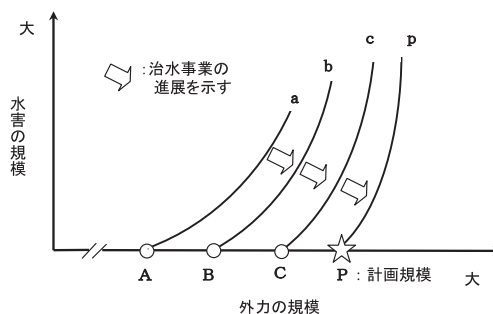


図3 治水事業の進展に伴う「外力～被害曲線」の動き

### 2.3 実河川への適用と無次元量の導入

外力と水害との関係及び長年の治水事業による効果については以上のように考察することができるが、実河川を対象にしてその水害や治水の歴史資料から「外力～被害曲線」を描くことは現実的には不可能であり、従ってそれを治水事業の進展に伴う曲線群として時系列的に表現することもできない。何故なら、水害は数年あるいは数十年に一度という少ない頻度で発生する事象であるため、曲線を描くに足るデータ数を得ることができないからである。

むしろ、水害の原因となった外力の大きさと水害の規模によって定まる洪水の位置が、その時点の治水能力を示す「外力～被害曲線」の線上にあるという想定の下に過去の水害を分析することが必要なこととなる。このことをイメージとして図に描いたものが図4である。図4において、 $F_i$ で示される点は記録に残っている数年に一度という規模の大洪水であり、時点*i*における河川の治水能力と外力との相対関係によって発生した水害の規模が定まっていることを表す。図中の破線は洪水  $F_i$  が発生した時代の「外力～被害曲線」を想定したものであり、 $F_i$ をつなぐ矢印が時間の経過を示している。水害には至らなかった中小規模の外力（降雨）の実績は全て図の横軸上にあると考えて良いことになる。

また、序論で述べたとおり、水害による社会的なダメージの規模はその時代における地域の社会経済状況によって左右されるため、単に浸水面積

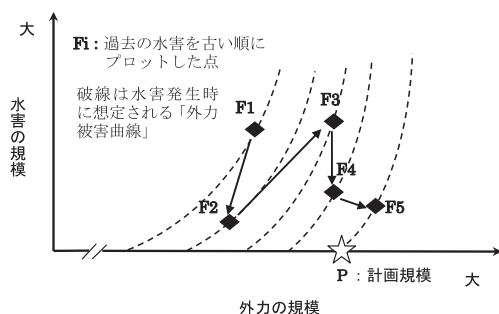


図4 治水事業の進展による水害の位置づけの推移

や浸水戸数あるいは被害額の実数を指標として用いるのでは過去に発生した複数の水害規模を相対的に正しく評価することができない。この問題は、何らかの無次元量を指標に導入して水害規模の比較を行うことで解決可能となる。例えば、

$$\text{被害度} = \text{総被害額} / \text{流域内総生産額}$$

という指標が考えられる。

また外力に関しては、降雨分布を定量的に把握することは困難であるため降雨の量に代表させてその大きさを計測することとし、降雨分布の違いによる外力の差については、対象となる洪水事象毎に降雨分布の影響を考察することが現実的な方法である。この外力の指標についても、水害原因となった降雨量の治水計画目標としている降雨量に対する比で無次元化するほうが指標としての普遍性を保つことができる。

本研究では、以上のような考え方に基づいて、石狩川を対象にこれまでに実施されてきた治水事業の評価を行った。

### 3. 石狩川の治水と水害の歴史

石狩川は、幹川流路延長268km、流域面積14,330km<sup>2</sup>という流域面積では利根川に次ぐ我が国第二の大河川である。流域内には札幌市、旭川市など46市町村を擁し、流域内人口は3,133千人（平成17年国勢調査）で、面積で全道の17%の地域に全道人口5,628千人（同）の56%が集中する北海道経済の中核をなす地域となっている。図5に石狩川流域の位置図を示す。

治水事業が本格的に行われるのは明治43年（1910）からであり、その歴史は我が国としては比較的浅いと言える。図6は、昭和元年（1926）から平成14年（2002）までの各年に発生した最大雨量（石狩大橋基準点上流域平均3日雨量の各年最大値）を棒グラフで示し、この間の石狩川治水事業の重要事項と主な洪水を時系列で併記したものである。この図から石狩川で大水害となったときの雨量規模や治水事業進展の経過と水害との関係を窺い知ることができるが、治水事業の評価に先立って、以下にその歴史を概観する。



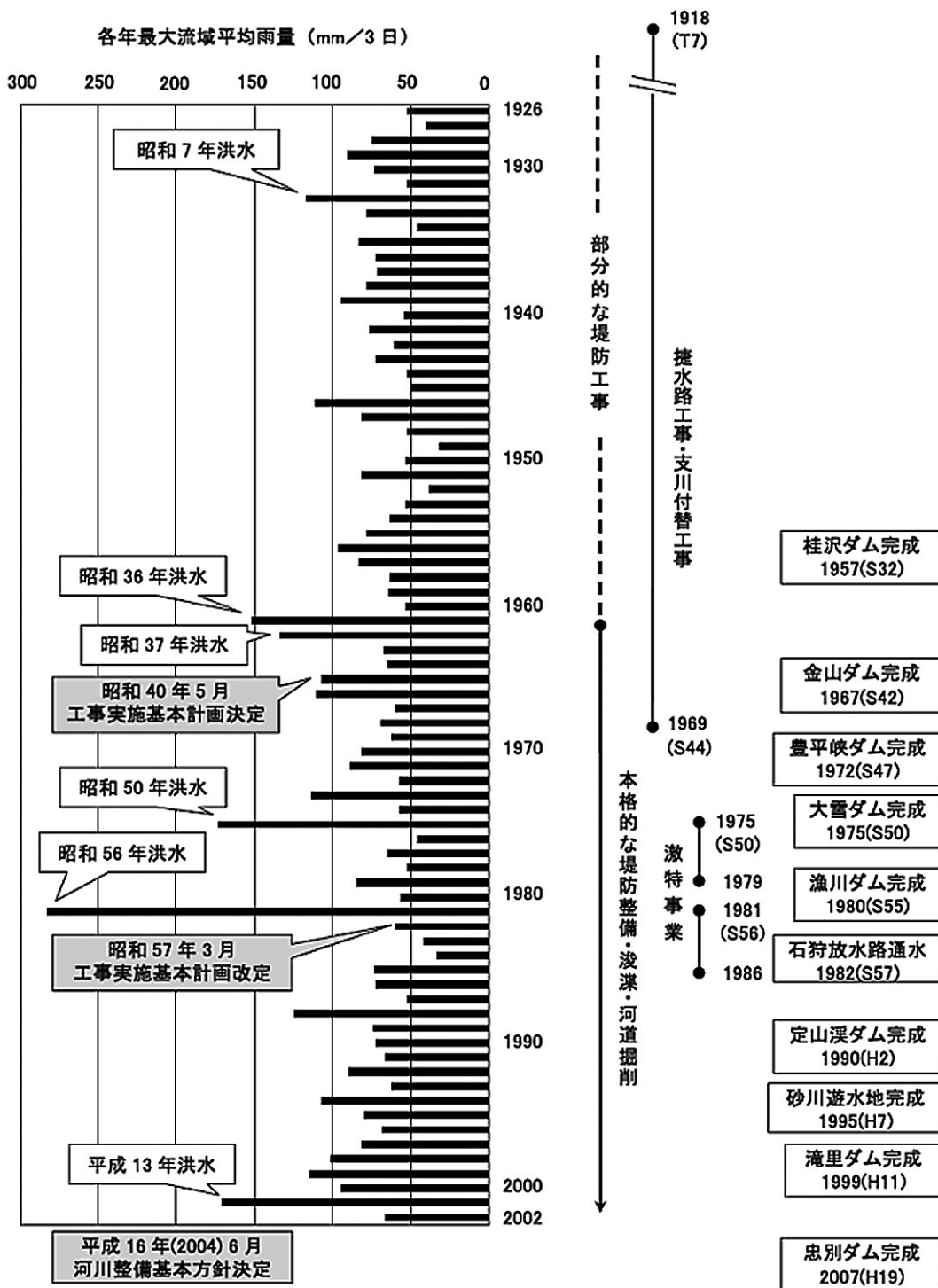


図6 昭和元年以降に生じた各年最大降水量及び洪水と治水事業の動き

発生し、堤防が連続堤になっておらず未整備区間が残されていることの問題が大きな課題として顕在化した。一方、最初の多目的ダムである桂沢ダムが昭和32年（1957）に完成しており、これら洪水時にはその洪水調節機能を十分に発揮したことが記録されている<sup>13,14)</sup>。

### 3.3 昭和40年代～昭和56年洪水

昭和36年、同37年の水害を経て石狩川治水の重点は捷水路工事から無堤地区解消に移り、堤防の整備を最重点事項として事業の促進が図られる。昭和40年（1965）5月には昭和39年制定の新河川法に基づく石狩川水系工事実施基本計画が決定し、治水の基本となる石狩大橋基準地点の基本高水流量は9,300m<sup>3</sup>/secと定められた<sup>15)</sup>。

その後10年が経過して、暫定断面ながら本川堤防が連続した昭和50年（1975）8月、昭和36、37年洪水を上回る洪水が発生し、本川でも数カ所で溢水破堤するなど大水害となった<sup>16)</sup>。この洪水後、被災が顕著であった石狩川本川下流部及びその関連支川は新たに制度化された激甚災害対策特別緊急事業（以下、激特事業）の対象となり、計画高水位の高さであった一連の暫定堤防の高さを5ヵ年で同水位プラス50cmに高上げして対策を講じることとなった<sup>17)</sup>。

激特事業は泥炭軟弱地盤地帯の難工事を克服して計画通り完了したが、そのほぼ1年後の昭和56年（1981）8月、流域平均雨量282mmという昭和50年洪水時をさらに100mm以上上回る豪雨が発生して石狩川は大洪水となった。堤防は激特事業実施区間を含む本支川数カ所で溢水破堤、低平地では内水氾濫も顕著で総氾濫面積は昭和50年洪水時の2倍にも及ぶものであった<sup>18,19)</sup>。このため、激特事業実施済み区間の直下流部等を対象として再度激特事業が採択され、一連区間について計画高水位プラス2m（完成堤防高さ）に堤防を高上げし合わせて河道掘削による流下能力の増大が図られた<sup>20)</sup>。

この間、支川空知川金山ダムなど4ヵ所の多目的ダムが完成している。また、札幌市北部に位置する茨戸川を直接日本海に結ぶ石狩放水路は、完

成直前の昭和56年洪水で緊急通水を行って市街地浸水の拡大を抑止する大きな効果を発揮し、翌昭和57年（1982）秋に改めて通水となった<sup>21)</sup>。

### 3.4 昭和57年～現在

昭和50年洪水以降石狩川水系工事実施基本計画改定に向けた検討が急がれていたが、昭和56年洪水発生によってその内容の大幅な見直しを行い、基本計画は昭和57年（1982）3月に改定された。その計画は基本とする目標安全度を1/100から1/150に改め、石狩大橋基準地点で計画降雨量を260mm/3日とし、基本高水流量18,000m<sup>3</sup>/sec、このうち洪水調節施設群によって4,000m<sup>3</sup>/secを調節して河道分担流量を14,000m<sup>3</sup>/secとするもので、これに対応する事業として新たなダム・遊水地事業、千歳川放水路事業、河川改修事業等が計画されたのである<sup>22)</sup>。

以降、この計画に基づいて下流部の浚渫工事、堤防強化のための丘陵堤工事が重点的に進められ、洪水調節施設としては砂川遊水地、滝里ダム等が完成するなか、平成16年（2004）6月には新河川法に基づく河川整備基本方針が決定する。この基本方針では千歳川放水路事業を中止とするなどの変更がなされたものの、治水計画の基本事項は工事実施基本計画の考え方が引き継がれている<sup>23)</sup>。石狩川の治水事業は、その後決定された河川整備計画に基づいて継続実施中であり今日に至っている。

このような動きの中で、平成13年（2001）9月に総雨量では昭和50年洪水の雨量と同等の降雨があり石狩川はかなり大きな出水となった。しかし、石狩大橋基準地点の最高水位は昭和50年洪水時のそれより1.6mも低く、浸水による一般被害は低地のごく一部にみられたのみであった。昭和50年、平成13年の両洪水を比較すると降雨の時間分布に大きな違いがあり、外力としては平成13年のほうがかなり穏やかであるという差異があったことがわかっているが、長年にわたる河道改修や治水施設整備の効果が平成13年洪水の状況に現れたものと評価することができる<sup>24,25)</sup>。

### 3.5 氾濫原の土地利用の変化

石狩川治水の歴史は以上の通りであるが、一方、時代とともに土地利用はどのように変化して

きたかを、石狩川137km地点の神居古潭狭窄部より下流の石狩川氾濫原約1,680km<sup>2</sup>を対象として見たものが表1、及び図7である<sup>26)</sup>。

表1 石狩川氾濫原土地利用の変遷（神居古潭下流）

地目	(km <sup>2</sup> )						
	明治29年 1896	明治42年 1909	大正5年 1916	昭和10年 1935	昭和30年 1955	昭和40年 1965	昭和60年 1985
田	5.75	63.54	197.65	414.40	460.01	970.26	767.09
畑	149.51	533.93	678.79	563.14	519.25	277.22	342.95
農耕地 小計	155.26	597.47	876.44	977.54	979.26	1,247.48	1,110.04
森林	530.16	189.27	101.47	91.40	92.35	60.31	53.96
湖沼	15.26	15.52	14.74	15.56	15.13	5.91	7.71
原野	779.74	707.00	501.03	397.70	387.58	123.34	118.96
森林等 小計	1,325.16	911.79	617.24	504.66	495.06	189.56	180.63
市街地	3.94	6.66	9.67	24.96	27.57	53.17	171.24
その他 (河川, 道路等)	214.09	182.53	176.09	172.28	177.55	189.23	217.53
合計	1,698.45	1,698.45	1,679.44	1,679.44	1,679.44	1,679.44	1,679.44

(出典：山口甲・品川守・関博之：捷水路，(財)北海道河川防災研究センター，10p, 1996.)

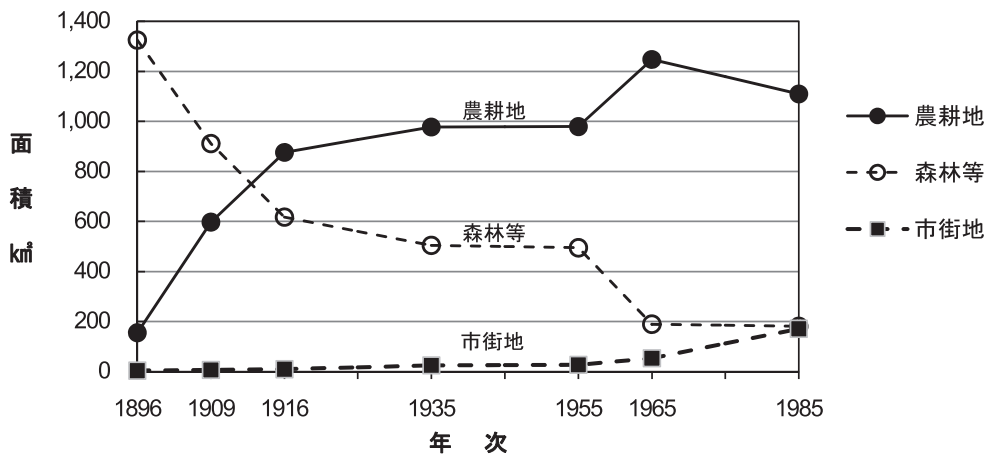


図7 石狩川氾濫原土地利用の変遷（神居古潭下流）

これらのデータは各年代の5万分の1地形図から地目別の面積を求めて得られたものであるが、開拓の進捗により、明治時代の末期に急速に氾濫原の森林・原野が減少して農耕地が拡大していったことがわかる。昭和30年(1955)以降の農耕地の増大は、石狩川下流部右岸の広大な泥炭地帯を

新規開田する篠津地域泥炭地開発事業(1955~1971)など戦後の灌漑排水事業の成果によるものであるが、石狩川のショートカットによる水位低下や治水対策の進捗もその背後にあって寄与したと考えられている<sup>27,28)</sup>。



### 4. 石狩川治水事業の評価

明治末以降約100年間に及ぶ石狩川の治水事業と水害の歴史を概観したが、水害の原因となった外力と被害の大きさを第2章に述べた手法によって無次元化して分析し、これまでの石狩川治水事業の評価を試みることにする。

#### 4.1 主要洪水の出水状況と被害状況

明治31年、同37年洪水及図6に示した洪水のうち詳細な洪水記録が残されている5洪水の計7洪水を主要洪水として、その出水状況及び被害状況をまとめると表2のようになる。

表2の「出水の状況」欄のうち総雨量は、水害

表2 主要洪水の出水状況と被害状況

			明治31年 洪水	明治37年 洪水	昭和36年 洪水	昭和37年 洪水	昭和50年 洪水	昭和56年 洪水	平成13年 洪水	
出水の 状況	降雨期間 (西暦年月日)		1898. 9.6~8	1904. 7.9~11	1961. 7.24~26	1962. 8.2~4	1975. 8.22~24	1981. 8.4~6	2001. 9.9~9.12	
	総雨量 (mm)	流域平均	不詳	不詳	152	133	173	282	171	
		代表 地点	札幌	157	177	137	203	175	294	153
			旭川	163	152	122	95	194	297	169
	石狩大橋 (計画高水位 8.75m)	最高水位 (m)	8.24	7.76	7.00	7.16	7.92	9.23	6.28	
		観測流量 (m³/s)	不詳	1,980	4,410	4,568	7,530	11,330	6,600	
		氾濫戻し 流量 (m³/s)	不詳	8,350	5,846	8,145	8,620	12,080	6,600	
氾濫面積 (km²)	外水氾濫	1,488	1,255		437	108	67	1		
	内水氾濫	—	—		224	165	491	37		
	計	1,488	1,255	523	661	273	558	38		
被害の 状況	人的 被害	死者・行方不明 (人)	112	6	18	7	9	2	0	
		負傷 (人)	29	2	4	19	4	2	0	
	浸水 面積	農地 (ha)	40,650	42,470		18,131	31,025	70,521	1,989	
		宅地・その他 (ha)		11,584			5,249	13,300	6	
		計 (ha)	40,650	54,054	33,614	35,997	36,274	83,821	1,995	
	家屋 (棟)	全壊・流失	2,010	148	8	449	43	8	0	
		半壊・破損	285	2,019	17	13,221	70	27	0	
		床上浸水	13,839	7,245	4,584		5,270	5,660	7	
		床下浸水	2,508	3,303	5,032	5,883	6,672	16,231	68	
		計 (棟)	18,642	12,715	9,641	19,553	12,055	21,926	75	
	被害額 (百万円)	一般 資産 等	一般資産& 営業損失	0.18	0.06	1,678	3,104	8,478	21,026	90
			農作物	2.10	1.84	2,970	5,045	8,947	35,683	768
			計	2.28	1.90	4,648	8,149	17,425	56,709	858
		公益事業等施設				1,553	926	252	0	
		公共土木施設等		0.45	1,081	3,547	6,235	23,323	9,061	
	合計 (百万円)	2.28	2.35	5,729	13,249	24,586	80,284	9,919		

(参照資料)

明治31年、37年洪水 (文献3)、文献4)、文献5))

昭和36年洪水出水状況 (文献13)、同被害状況 (建設省河川局河川計画課:昭和36年水害統計, pp88-89, 建設省河川局, 1962.)

昭和37年洪水出水状況 (文献14)、文献19)、同被害状況 (建設省河川局河川計画課:昭和37年水害統計, pp74-75, 建設省河川局, 1963.)

昭和50年洪水出水状況 (文献16)、文献19)、同被害状況 (建設省河川局河川計画課:昭和50年水害統計, pp494-495, p555, p577, 建設省河川局, 1977.)

昭和56年洪水出水状況 (文献16)、文献19)、同被害状況 (建設省河川局河川計画課:昭和56年水害統計, pp136-137, p330, pp590-591, 建設省河川局, 1983.)

平成13年洪水出水状況 (文献24)、同被害状況 (国土交通省河川局河川計画課:平成13年水害統計, p10, pp228-249, 国土交通省河川局, 2003.)

の規模に最も大きく関わる独立変数である。他方、基準地点における最高水位や氾濫面積等は、図1に示したように外力の規模と治水施設の整備水準という要因によって従属的に決まる物理量である。

ただし、降雨分布の要因や降雨流出過程に影響する流域の地被状態や湿潤状態などの要因については、先ずはできるだけ単純な視点で過去の出水を比較するためここでは除外して現象をみることとし、これらの要因については必要に応じて別途考察を加えることとする。

一方、表2の「被害の状況」に掲げた各指標によって過去の水害の大きさを比較することができるが、浸水面積や被害額の実数では昭和56年洪水が突出している。

#### 4.2 外力及び被害の無次元量による比較

第2章に述べた手法で過去の水害を比較するため、表2に示したデータから外力及び被害状況の無次元量を導入する。

##### (1) 外力の無次元化

外力は流域平均雨量で代表させ、無次元化のための分母には現治水計画の計画降雨量を用いることとする。すなわち、

$$r_i = R_i/R_p$$

$$\left( \begin{array}{l} r_i : \text{洪水 } F_i \text{ の無次元外力} \\ R_i : \text{洪水 } F_i \text{ の流域平均雨量} \\ R_p : \text{評価時点における対象河川の} \\ \quad \text{計画降雨量} \\ F_i : \text{主要洪水} \\ \text{添字 } i : \text{主要洪水発生時点の古い順} \\ \quad \text{に付した番号} \end{array} \right)$$

計画降雨量  $R_p$  は大洪水を経験して変更されることがあり、実際、石狩川の現計画降雨量は昭和56年洪水後に新たに260mm/3日と設定されたものであるが、無次元外力としてこの現治水計画の計画降雨量に対する各実績洪水時の雨量の比率を用いるのは以下の二つの理由による。

① 計画降雨量変更の有無に関わらず、各既往洪水発生時点までの治水施設整備の効果が、現治

水計画の計画目標に対してどの程度の達成度であるかということ、既往洪水の外力の大きさから同一の基準で評価できる。

② 治水施設整備水準の他河川との比較を、それぞれの河川で生じた水害実績を比較することにより評価することが可能となる。すなわち、河川毎に治水計画の目標規模がその重要度に応じて定められ、その降雨特性に基づいて計画降雨量が定められているので、各河川で生じた洪水による被害の大きさも何らかの方法で無次元化し、これを上記無次元量で比較することにより、各河川の計画目標に対する達成度という共通の基準によって治水施設整備水準の差異を考察することが可能となる。

##### (2) 被害の無次元化

洪水被害の大きさに関する指標は表2に示されるように多岐にわたるが、その地域経済に及ぼしたダメージの度合いを測る指標として、2.3に述べたとおり、

$$\text{被害度} = \text{総被害額} / \text{流域内総生産額}$$

という無次元量が適切と考えられる。

しかし、市町村単位の総生産額という統計は一般的には整備されていないため流域内総生産額を把握することは困難である。このため、流域内という区域で統計データを得ることが可能な農業生産額に対する農作物被害額の比率をもって水害が地域経済に及ぼした影響度を代表させることとし、これを農業被害度と呼ぶことにする。すなわち、

$$d_i = D_i/A_i$$

$$\left( \begin{array}{l} d_i : \text{洪水 } F_i \text{ の農業被害度} \\ D_i : \text{洪水 } F_i \text{ による農作物被害額} \\ A_i : \text{洪水 } F_i \text{ 発生時における流域内} \\ \quad \text{農業生産額} \end{array} \right)$$

なお、表2の洪水毎に農作物被害額は一般資産等被害額の過半を占めており、その合計被害額に占める割合も平成13年洪水を除いて最も大きいので、農作物被害額はある程度水害全体の大きさを代表しているものと考えられる。

ここに、無次元化の母数となる既往主要洪水発

表3 既往主要洪水時の石狩川流域内農業生産額

対象洪水	明治31年洪水	明治37年洪水	昭和36年洪水 昭和37年洪水
統計年	明治30年 (1897)	明治36年 (1903)	昭和33年 (1958)
農業生産額 (百万円)	3.91	10.12	37,948
対象洪水	昭和50年洪水		
統計年	昭和49年 (1974)	昭和50年 (1975)	昭和51年 (1976)
農業生産額 (百万円)	217,420	234,116	237,877
3ヵ年平均	229,804		
対象洪水	昭和56年洪水		
統計年	昭和55年 (1980)	昭和56年 (1981)	昭和57年 (1982)
農業生産額 (百万円)	267,681	263,286	295,658
3ヵ年平均	275,542		
対象洪水	平成13年洪水		
統計年	平成12年 (2000)	平成13年 (2001)	平成14年 (2002)
農業生産額 (百万円)	259,600	255,800	247,160
3ヵ年平均	254,187		

(参照資料)

明治30年及び明治36年 (文献4), pp75-78.)  
 昭和33年 (北海道総務部統計課, 北海道市町村勢要覧, 昭和35年刊)  
 昭和49~50年 (農林省北海道統計情報事務所, 北海道市町村別農業統計, 昭和51年及び昭和52年)  
 昭和51年~平成13年 (農林省北海道統計情報事務所, 北海道農林水産統計年報, 昭和53年~平成14年)  
 平成14年 (農林水産省北海道統計情報事務所・北海道農林統計協会協議会, 北海道農林水産統計年報, 平成15年)

生時の流域内農業生産額は表3のとおりであるが、これは以下のようにしてその時代の最も信頼できるデータを採用したものである。

すなわち、各洪水による農業被害度を計測するためにはその時代のできるだけ平年的な農業生産額を母数として用いる必要があるため、洪水発生年とその前後の年3ヵ年の農業生産額の平均値を母数として用いることを基本とした。ただし、毎年市町村別農業生産額の統計が整備されているのは昭和48年以降の農林水産省北海道統計事務所のデータであり、それ以前の市町村別統計としては昭和31年、昭和33年の2ヵ年について北海道市町村勢要覧に農業生産額の統計が収録されているのみであるため、昭和36年、同37年洪水時に対応する農業生産額としては直近である昭和33年の生産額を用いた。また、明治時代に関しては、前出の「石狩川治水計画調査報告」の経済に関する調査に「石狩川流域内ノ富力」として、明治30年、同36年、同40年の農業生産額の調査結果が示されているので、明治31年、同37年洪水のときの農業生産額としてはこれら洪水の前年の生産額を採用とした。

なお、表3において、農業被害額がとくに大きかった昭和56年洪水の年の流域内農業生産額がその前後の年と比べて大きくは減少していない理由は、全体として米の生産は減少したものの、氾濫がごくわずかであった石狩川上流域や支川空知川流域の米以外の農業生産額がかなり大きかったことによるものである。

(3) 既往主要洪水の無次元外力と農業被害度の比較

以上の考え方で、表2及び表3のデータを用いて無次元化した外力の大きさと農業被害度を求めたものが表4である。ただし、明治31年洪水 (F1)、同37年洪水 (F2) の流域平均雨量  $R_i$  は、雨量データ

表4 外力と農業被害の無次元量

主要洪水		明治31年洪水	明治37年洪水	昭和36年洪水	昭和37年洪水	昭和50年洪水	昭和56年洪水	平成13年洪水
洪水番号 $F_i$		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
外力	$R_i$ (mm)	160	165	152	133	173	282	171
	$R_p$ (mm)	260	260	260	260	260	260	260
	$r_i$	0.62	0.63	0.58	0.51	0.67	1.08	0.66
農業被害	$D_i$ (百万円)	2.10	1.84	2,970	5,045	8,947	35,683	768
	$A_i$ (百万円)	3.91	10.12	37,948	37,948	229,804	275,542	255,110
	$d_i$	0.54	0.18	0.08	0.13	0.04	0.13	0.003

が存在する札幌と旭川両地点雨量の平均値とした。

表4から、発生の古い順に洪水毎の外力及び農業被害を比較すると図8～図11のようになる。

被害の大きさを比較するためにデフレーターを用いて異なる時点間の価格修正を行なうことも考えられるが、その方法では過去の水害による被害の大きさを評価時点の価格によって比較することは可能となるものの、水害発生時の地域経済に及ぼした影響度を計測することはできない。

図8、図9から、昭和56年洪水(F6)が外力も被害の大きさも突出して大きい水害であったということ、平成13年洪水(F7)は外力が昭和56年洪水(F6)以外の洪水とほぼ同等であるにもかかわらず被害は極めて小さかったことが理解でき、その外力が平成13年時点における治水施設整備水準を示していることが推定される。しかし、これらの図によって明治以来の長期間にわたる治水事業進展の効果を被害の大きさとの関連で読み取ることは困難である。

一方、図10からは過去のほとんどの大水害が計画降雨量のほぼ50%～70%という外力規模で発生していたことや、昭和56年洪水(F6)の外力規模は計画降雨量を約10%超える大雨で、他と比較しても極度に大きい負荷であったことがわかる。同時に図11をみると、農業被害度は昭和56年洪水(F6)であっても昭和37年洪水(F4)と同等であるなど明治以降全体として減少の傾向を示しており、ここに、図8、図9ではわからない治水事業進展の効果が農業被害度の変化に現れているものと考えて良いであろう。

また、図11から、明治31年洪水(F1)について、被害額の実数では今日からみると微少にみえたものの、地域経済に及ぼした影響度は昭和56年洪水(F6)の4倍以上に及ぶ大きいものであり、当時の開拓に深刻な影響を与えた大水害であったことを改めて認識させられる。

### 4.3 石狩川治水事業の評価

第2章で述べた考え方によって表4のデータをもとに、主要洪水時の外力と農業被害との関係を図4の概念を念頭に置きながら図示したものが

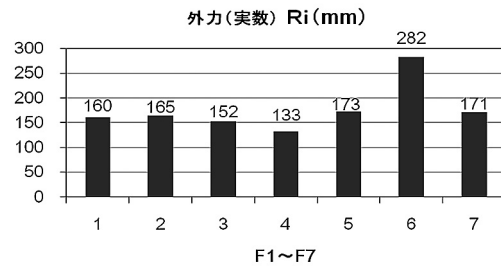


図8 主要洪水の外力(実数)の比較

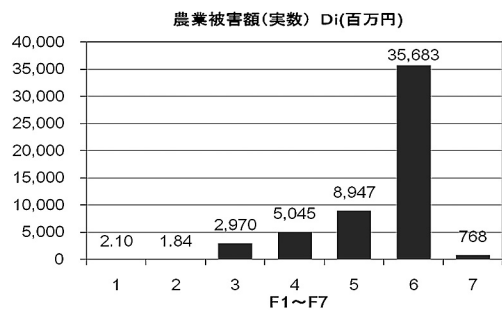


図9 主要洪水による農業被害額(実数)の比較

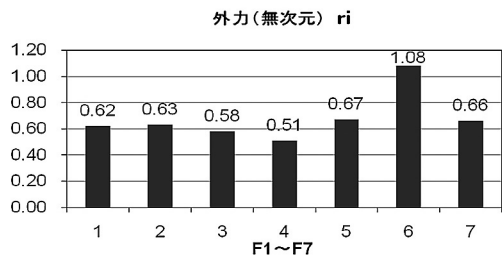


図10 主要洪水の外力(無次元)の比較

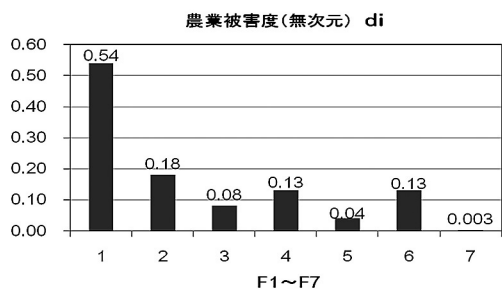


図11 主要洪水による農業被害度(無次元)の比較

図12である。図中、F1～F7は表4の洪水番号であり、これらをつなぐ矢印が2.2で述べたような各洪水間の時間経過による治水事業進展の動きあるいはその効果を表している。また、図中の星印

は外力の無次元量が1，農業被害度が0という点であり、現在継続中の治水事業は外力～被害曲線の横軸との交点がこの星印の点に到達することを目標に進められていることになる。

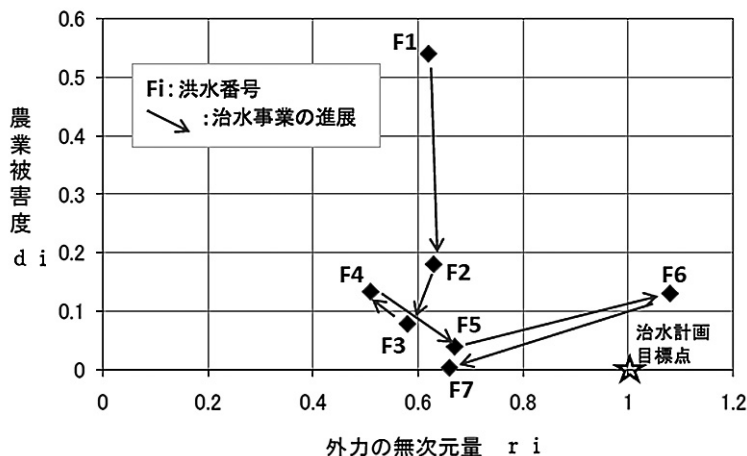


図12 主要洪水の外力と農業被害度の関係およびその変動

図12によると、F3→F4という動きのみがより小さな外力にもかかわらず被害度が増加するとい動きになっているが、それ以外は、無次元外力が0.6前後のほぼ同等の外力に対して治水事業の進展とともに農業被害度は減少していったことが確認できる。また、すでに述べたように、F6については外力が計画降雨量を超える大雨であったため甚大な被害をもたらしたが、被害度としてはF4と同等の位置にある。このことは治水事業の進展によって被害度は抑えられたとも言えるが、昭和37年洪水(F4)による地域経済への影響度が昭和56年洪水(F6)に匹敵する甚大なものであったことをも示している。

F3とF4については、連年の洪水であるため治水施設の整備水準に顕著な差はなかったと考えられるが、降雨継続時間がF3洪水の38時間(岩見沢)に対してF4洪水では30時間(同)と短く、この時間分布の差によって外力による河川への負荷としては降雨が集中したF4洪水の方が大きかったためF4の農業被害度がF3より大きかったものと考えられる。この負荷の違いについては、表2の出水状況データのうちF4洪水の氾濫戻し

流量がF3洪水の1.4倍であったことから確認することができ、図12ではそれを表現できないことは外力として総降雨量のみを指標とすることの限界であろう。

また、F1→F2と農業被害度が激減した動きをみると明治31年から同37年の間に治水の安全性が急速に高まったように見えるが、3.1に述べたとおりこの間は石狩川で本格的な治水工事が行われたとは言えず、F1→F2という動きはこの間に流域内農業生産額が約2.6倍と急速に拡大したため被害額は同程度であったものの被害度は大幅に減少したことを示すものである。

このように図12の解釈にあたって留意すべき事項は少なからずあるが、ほぼ自然河川状態であった明治31年洪水(F1)から平成13年洪水(F7)までの主な水害の記録をもとに、約100年間という長期に及ぶ治水事業進展による安全度向上の経過を図上に表現することができた。この図上で、F7の被害度はほぼ横軸上にあるので、水害全体を直接扱ったものではなくその代替として農業被害を用いた分析によるものではあるが、これが石狩川における現況の治水施設整備水準を示唆しているも

のと考えられる。

平成13年洪水（F7）の無次元外力の大きさは0.66であるが、この洪水の最高水位は表2にあるとおり昭和50年洪水時（F5）よりかなり低いもので図6に掲げた砂川遊水地への越流もなく、また同じ図にある激特事業等の河道改修による効果にも大きなものがあり、当時の河道にはかなりの余裕があった。このようなことを考慮すると、降雨分布の違いによって河道への負荷をとくに大きくするようなことが無ければ、現況の治水施設で農業被害に代表されるような一般被害に関しては無次元外力で0.7程度まではほぼ安全になったとみなすことが妥当と考えられる。逆に、それを超える外力に見舞われた場合には未だその大きさによって水害になる危険が大きいということになる。この臨界点を実数に戻すと、さきに述べたとおり石狩川の計画降雨量は260mm/3日であるから、流域平均降雨量で180mm/3日に相当する。

## 5. 結論

(1) 本報告は、過去の洪水データに基づいて治水事業進展の効果を検証し、その結果として治水施設整備水準を降雨量によって大局的に評価しようとしたものである。

検討の結果、時代とともに変動する指標を無次元化して水害実績を時系列的に比較することにより、長期間に及ぶ治水事業の効果及び現況の河川が備えている治水安全度を推定する手法を提案することができた。

(2) その手法を石狩川に適用して検討した結果、29カ所の捷水路及び支川付け替え工事、河道改修や堤防工事、8カ所のダム等洪水調節施設の建設等、明治末以降約100年間に及ぶ治水事業の総合的な成果として、総降雨量に着目した場合、石狩川の現況治水安全度は流域平均3日雨量で約180mmという水準にあると考えられることがわかった。

逆に降雨量がこの大きさを超えるような場合には、水防活動など水害防止のための危機管理対策が必要なことになる。

(3) 本報告においては石狩川水系全体を対象に

代表基準地点（石狩大橋基準地点）で分析・評価を行ったが、同様の検討を支川単位で行うことができれば、よりきめ細かく石狩川水系全体の治水安全度を評価することができる。最近の全国的な局所的豪雨災害の発生状況を考慮するとそのような検討の意義は大きいものがある。また、水系全体の視点からは支川毎の分析が降雨の地域分布特性をふまえた評価をすることにもつながるであろう。この場合、分析に足るだけの十分なデータを支川単位で得ることができるかどうか課題となる。

(4) 過去の実績洪水に基づき降雨の量のみで治水安全度を評価した結果は厳密なものとはいえないが、一般住民に分かり易く、説得力もあると思われる。このため、このような評価を行うことは、一般的に水害体験が減少しているなかで、治水施設整備水準の現状や治水能力の限界についての理解を深め、水害に対する防災意識を高めるうえで有用なことである。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、被害状況を示す水害統計の提供及び石狩川流域内農業生産額のとりまとめにご協力頂きました（財）石狩川振興財団に深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 建設省河川局河川計画課：昭和36年水害統計，pp. 6-10，建設省河川局，1962.
- 2) 国土交通省：国土交通白書2008平成19年度年次報告，ぎょうせい，pp. 71-72，2008.
- 3) 北海道開発局石狩川開発建設部：石狩川治水史，（財）北海道開発協会，pp. 229-257，1980.
- 4) 浅田英祺：覆刻石狩川治水計畫調査報全文，石狩川サミット実行委員会，pp. 22-28，1999（原著1899）.
- 5) 北海道：明治31年9月北海道洪水概況，北海道，1898.
- 6) 浅田英祺・北倉公彦：石狩川流域100年の歩み，石狩川サミット実行委員会，pp. 5-29，1997.
- 7) 前出の4)，43p.
- 8) 北海道：新撰北海道史第六巻史料二，北海道廳，pp. 861-865，1936.

- 9) 坂本直寛他 2 名：石狩川治水請願及理由並びに略図，出版者不明，1899.
- 10) 田口哲明・加賀屋誠一：石狩川の治水と地域合意の歴史に関する研究，地域学研究，Vol. 37, No. 4, pp. 1051-1054, 2007.
- 11) 岡崎文吉：大正五年度石狩川治水事業施工報文，pp. 3-5, 北海道廳，1917.
- 12) 前出の 3)，pp. 668-671.
- 13) 昭和36年 7 月洪水石狩川洪水報告書，pp. 8-10, 北海道開発局石狩川治水事務所，1962.
- 14) 昭和37年 8 月洪水石狩川洪水報告書，pp. 17-18, 北海道開発局石狩川治水事務所，1963.
- 15) 前出の 3)，pp. 640-652.
- 16) 昭和50年 8 月洪水石狩川洪水報告書，pp. 401-432, 北海道開発局石狩川開発建設部，1976.
- 17) 前出の 3)，pp. 691-697.
- 18) 北海道開発局石狩川開発建設部監修：石狩川昭和56年 8 月洪水報告書，pp. 23-25, (財)北海道開発協会，1984.
- 19) 続石狩川治水史編集委員会：続石狩川治水史，pp. 25-36, 北海道開発局石狩川開発建設部・旭川開発建設部，2001.
- 20) 前出の19)，pp. 342-351.
- 21) 前出の19)，pp. 179-198.
- 22) 前出の19)，pp. 77-90.
- 23) 国土交通省河川局，石狩川水系河川整備基本方針，[http://www.sp.hkd.mlit.go.jp/kasen/09kawazukuri/02seibikeikaku/05pdf\\_ichiran/pdf/housin.pdf](http://www.sp.hkd.mlit.go.jp/kasen/09kawazukuri/02seibikeikaku/05pdf_ichiran/pdf/housin.pdf), 2009年 9 月 1 日.
- 24) 国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部：石狩川水系石狩川（下流）河川整備計画，22p., 国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部，2007.
- 25) 北海道開発局石狩川開発建設部広報官監修：アタグリーンいしかり Vol. 14, pp. 7-10, (財)北海道開発協会，2002.
- 26) 山口 甲・品川 守・関 博之：捷水路，(財)北海道河川防災研究センター，pp. 8-11, 1996.
- 27) 前出の 6)，pp. 83-93.
- 28) 前出の26)，pp. 224-227.

(投稿受理：平成21年11月25日  
訂正稿受理：平成22年 5 月 6 日)