

石狩川流域の仮想水による治水事業の効果に関する検討

石狩川開発建設部 計画課 ○植村 繁生
 時岡 真治
 三浦 敦禎

石狩川の計画的な改修事業は、明治43年から始まり間もなく100年を迎えようとしている。石狩低平地は泥炭性の湿地環境から我が国を代表する穀倉地帯へと大きく変貌し、捷水路事業をはじめとする治水事業はこの発展に大きく貢献した。

本検討は、石狩川流域における農地面積が異なる年代等を比較対象として、過去100年にわたる治水事業の効果および地域発展への効果を定量的に評価、検証するために、「仮想水」を指標として石狩川における治水事業の効果を検討するものである。

キーワード：仮想水、治水事業効果、河川の水位、土地利用状況、洪水氾濫面積

1. 背景

石狩川の計画的な改修事業は明治43年に石狩川治水事務所が設置され北海道第一期拓殖計画がスタートしたことから始まる（図-1参照）。石狩川の治水対策は、安全な地域社会の形成を目指し、洪水被害を軽減するために河川の水位を低下させることを目的として行われてきた。また、食料増産を目的として、泥炭地の湿地環境が広く分布していた石狩低平地において農地開発の促進に寄与することも目的の一つとして行われてきた。その結果、石狩川流域は我が国を代表する穀倉地帯へと変貌を遂げた。

一方、我が国の食料自給率は39%（農林水産省、平成18年、カロリーベース）¹⁾と低く、農作物を輸入に頼っているのが現状である。それに対して、北海道の食料自給率は195%であり、全国の中で最も農作物を生産している食料基地として大きな役割を担っている。その農作物を生産する過程においては多量の水資源が使われており、国際的な穀物の輸出入等はあたかも「バーチャルウォーター（仮想水）を輸出入している」と考えられている²⁾。東京大学沖教授らによると、海外から日本に輸入された仮想水量は、2005年で約800億m³（835.8億m³）と推計されている（図-2参照）³⁾。

こうした背景から、石狩川治水事業の目的の一つでも

あった農地開発により農地面積が増大したことに着目して、石狩川流域における農地面積が異なる年代等を比較対象とし、農作物の統計データおよび水消費原単位（ある製品の単位量を生産するのに必要な水量）²⁾に基づき、消費地域（本検討においては石狩川流域外）において消費（輸入）した農作物を作るのに本来必要であった水量として定義される「仮想水」について、石狩川流域の生産量と消費量を推定し、この仮想水量（生産量と消費量の差）から石狩川における治水事業の効果を検討するものである。



2005年バーチャルウォーター輸入量 (単位: 億m³年)

図-2 2005年仮想水輸入量

出典：平成18年度アジア・太平洋地域における水と衛生に関するデータ収集・整理等検討業務報告書、日本水フォーラム、環境省

	M30	M40	T1	T10	S1	S10	S20	S30	S40	S50	S60	H1	H10	H15	H16	H17	H18	H19	H20
計		M42 計画流量8,350m ³ /s (対雁) (石狩川治水計画調査報告文)	M43 第1期拓殖計画		S2 第2期拓殖計画		S21	S28 石狩川改修全体計画	S39 S40 工事実施基本計画策定	S57 基本高水流量9,300m ³ /s (石狩大橋)					H16 基本方針策定	H17 夕張川・千歳川河川整備計画	H18 稚春別川河川整備計画	H19 豊平川河川整備計画	H20 空知川河川整備計画
事		M43 本格的な治水工事着手																	
備		T7 石狩川捷水路工事 (29箇所)							S44										
考	M37 7月に大洪水	M43 石狩川治水事務所創設	T11 8月に大洪水					S26 北海道開発局発足	S39 新河川法施行	S50 8月に大洪水	S56 8月上旬に大洪水								

図-1 石狩川治水の沿革

2. 石狩川の治水事業

石狩川における治水事業は、北海道第一期拓殖計画をスタートして現行計画に至るまでに、捷水路事業、河道掘削、堤防整備、洪水調節施設整備等が行われてきた。

捷水路事業は、石狩川が洪水時に河岸侵食を起こして流路が定まらないまま石狩原野を縫流していたことから、平常時、洪水時の水位低下を目的として、大正7年の生振捷水路から工事が始まり、砂川捷水路を昭和44年に通水して完了した⁴⁾。これら29箇所の捷水路によって、石狩川は約50年間で約60kmが短くなった。

河道掘削は、石狩川KP2～54区間において昭和32年から始まり平成18年までに洪水を安全に流下させることを目的として行われ、完成断面を目指し整備を継続して進めている。図-3のとおり、昭和41年と平成15年の河積を比較すると、明らかに河積は増大している。そうした河道掘削の河積確保により流下能力を向上させている。

石狩川本川の堤防整備は、洪水氾濫防御を目的として滝川市街築堤整備（大正14年完成）を皮切りに、捷水路事業の発生土が活用された。捷水路事業箇所周辺では堤防整備が進められたが、断続的であり堤防機能としては不十分であった。昭和28年「石狩川改修全体計画」においては、捷水路事業による洪水疎通能力が一定のレベルに達したことから、堤防整備計画が明記された。堤防は連続して初めて機能を発揮するため、その計画にお

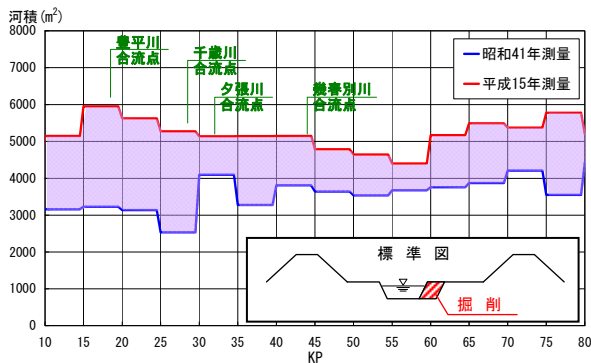


図-3 河積縦断面図

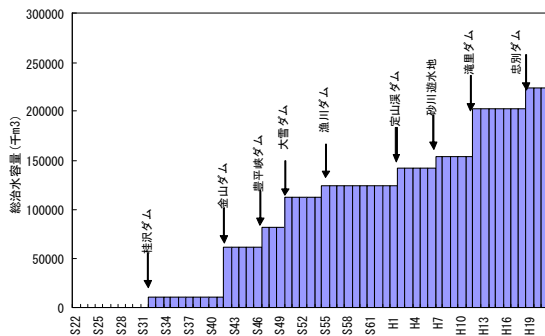


図-4 洪水調節容量

いては連続堤防の早期完成を重点事項として暫定堤防整備を優先している。その結果昭和40年代で連続堤防が概成したが、昭和50、56年洪水^{5),6)}では破堤や越水による浸水被害が発生している。そのため、現在においても河川整備計画に基づき完成堤防の整備を継続して進めている。

洪水調節施設整備は、昭和26年にダム事業に着手してから現在に至るまで8つのダムと1つの遊水地が完成している。それらの洪水調節施設は、223,400千m³の洪水調節容量を有し（図-4参照）、洪水氾濫防御に大きく寄与している。

3. 治水事業の効果

捷水路事業、河道掘削、堤防整備、洪水調節施設整備等が行われてきたことにより、治水事業の効果がどの程度あるのかを検証するために河川の水位、土地利用状況および洪水氾濫面積について整理した。なお、治水効果を比較する年代については、後述する仮想水算出の年代と統一するため、昭和30年代と現在とを比較することとする。

河川の水位について経年変化を検証するため、図-5に石狩大橋地点（石狩川KP26付近）における昭和30年代と現在の水位と流量の関係を表した。同じ流量に対して水位が低下していることを示しており、水位差の大きいところでは約3m低下している。この図から、捷水路事業や河道掘削等の治水事業が河川の水位低減をもたらしたと考えられる。

土地利用状況について、昭和30年頃と現在を比較すると（図-6）、現在においては土地利用の高度化が進み、農地面積は昭和30年頃に比べて約130km²増加している。これは、河川の水位が低下したことが結果として地下水位の低減に寄与していると想定される。さらに年代を遡り、明治30年頃と比べると、農地面積は約1,000km²も増えている。計画的な改修事業が明治43年から始まったことから、農地面積の増加は捷水路事業等による治水事業の効果として考えられる。なお、農地面積は石狩川下流域における面積である。

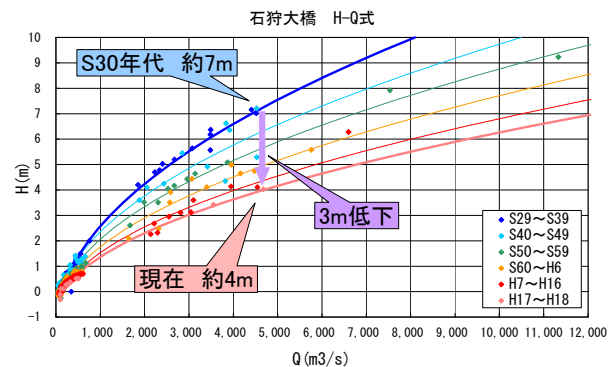


図-5 石狩大橋地点の水位と流量の関係

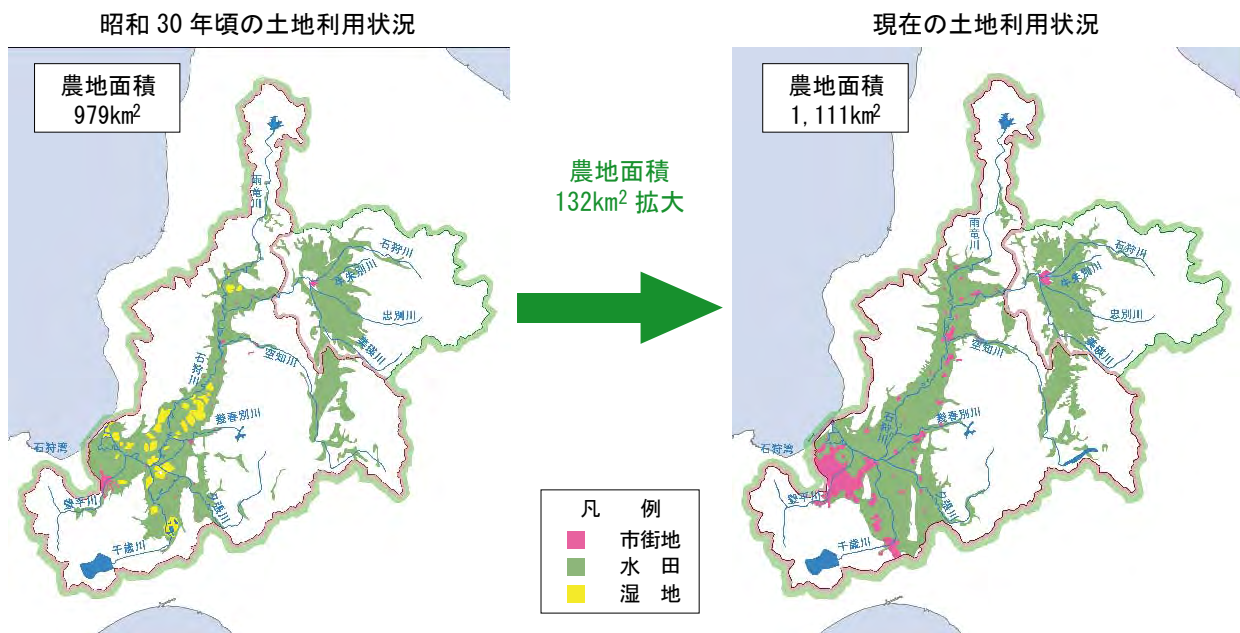


図-6 土地利用の高度化

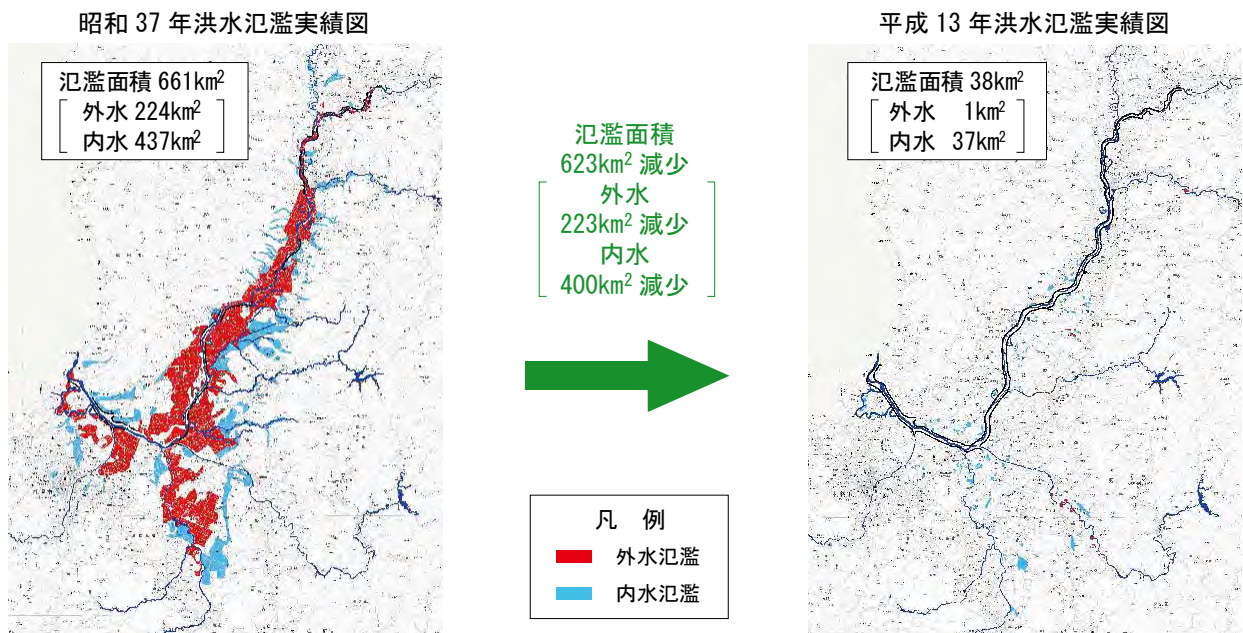


図-7 S37洪水とH13洪水の氾濫面積

表-1 S37およびH13洪水の雨量と流量 (石狩大橋地点)

年次	雨量(mm/3日)	流量(m3)
昭和37年	140	4,410
平成13年	171	6,600

洪水氾濫面積について、昭和37年洪水⁷⁾と平成13年洪水⁸⁾を比較すると(図-7)、H13洪水においては洪水氾濫面積がS37洪水に比べて約620km²も減少した。H13洪水の3日雨量と流量ともにS37洪水のそれらより大きいにも係らず(表-1参照)、洪水氾濫面積が大幅に減少したのは堤防整備等による治水事業の効果として考えられる。その理由は、図-8に示すグラフで説明できる。この図

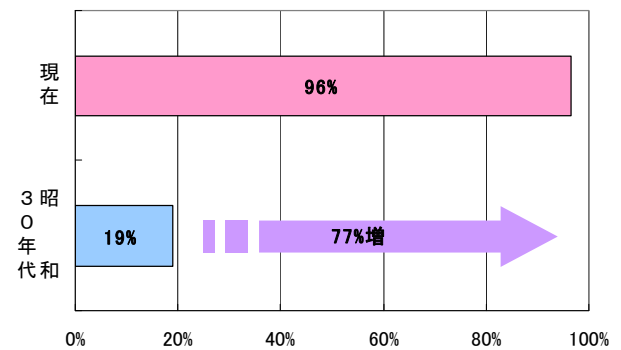


図-8 石狩川下流の堤防整備延長

は、石狩川下流域の昭和30年代（築堤工事台帳）および平成20年（築堤現況調書）までに、それぞれ整備された堤防延長の整備率である。ここで言う「整備率」は計画堤防延長に対する完成堤あるいは暫定堤の整備延長の割合である。昭和37年の整備率は約19%であるのに対して、現在においては約96%とほぼ概成しており、堤防整備は洪水氾濫面積の減少に大きく寄与している。

また、前述したとおり昭和40年代までに堤防は暫定堤による連続化整備が行われたが、昭和50、56年洪水では破堤や越水による甚大な被害が発生した。昭和50年以降、現在も進めている完成堤の整備により、平成13年洪水では破堤や越水の被害をなくし、洪水氾濫面積を軽減した。もちろん堤防のみならず、洪水調節施設整備によるダムや遊水地の効果は大きい。

4. 仮想水量の算出

仮想水量の算出にあたっては畜産物や工業製品も対象であるが、石狩川治水事業の効果は農業に大きく寄与していることから、本検討では農作物を対象とする。また、石狩川流域において生産されている農作物作付面積は、「北海道農林水産統計年報（総合編）平成18年～平成19年」⁹⁾によると13品種がある（図-9参照）が、本検討では作付面積の割合が多い米、小麦、大豆を対象とする。これら3品種の生産量および消費量は、「昭和35年度主要農作物市町村別作付面積並びに収穫高」¹⁰⁾および「平成19年度食料需給表」¹¹⁾に掲載されているため、昭和35年と平成18年の仮想水量を算出することとした。なお、この二年代の数値によって算出された仮想水量は、治水事業の効果と関連付けることが可能となる。

生産に係わる仮想水量の算出方法は以下のとおりである。米、小麦および大豆のそれぞれについて、生産量は「北海道農林水産統計年報（総合編）平成18年～平成19年」⁹⁾による石狩川流域46市町村の合計値とした。この

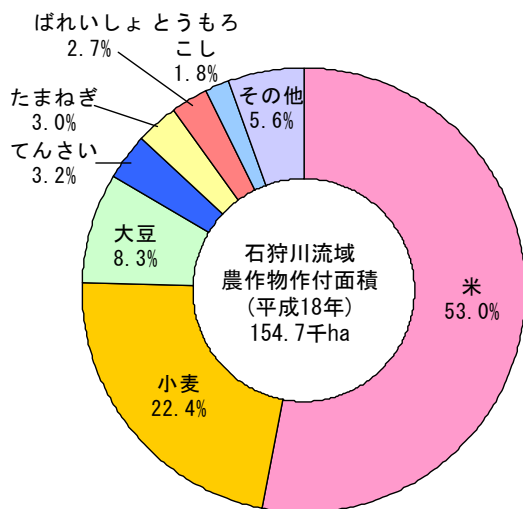


図-9 石狩川流域の農作物作付面積 (H18)

合計値に、沖教授らによって算出されている水消費原単位（ある製品の単位量を生産するのに必要な水量）²⁾を乗じることにより、平成18年の農作物に係わる生産の仮想水量を表-2にそれぞれ算出した。

同様に、「昭和35年度主要農作物市町村別作付面積並びに収穫高」¹⁰⁾による生産量および水消費原単位から、昭和35年の農作物に係わる生産の仮想水量を表-3にそれぞれ算出した。

消費に係わる仮想水量の算出方法は以下のとおりである。「平成19年度食料需給表」¹⁰⁾は消費量が用途別に飼料用、種子用、加工用、粗食用などに分類されているが、飼料用と加工用はそれぞれ畜産物、工業製品の仮想水量算出時に計上されるため、本検討においては種子用と粗食用を対象とする。なお、「平成19年度食料需給表」¹⁰⁾は全国値としてまとめられているため、石狩川流域における数値（消費量）に変換する必要がある、変換方法は表-4のとおりである。上記の方法により「平成19年度

表-2 農作物の生産に係わる仮想水量 (H18)

品目	石狩川流域 農作物生産量(千t) A	水消費原単位 (m ³ /t) B	仮想水量 (千m ³) A*B
米	466.8	3,300	1,540,440
小麦	116.1	2,100	243,810
大豆	32.3	2,500	80,750
計	615.2	-	1,865,000

表-3 農作物の生産に係わる仮想水量 (S35)

品目	石狩川流域 農作物生産量(千t) A	水消費原単位 (m ³ /t) B	仮想水量 (千m ³) A*B
米	536.5	3,300	1,770,450
大豆	7.0	2,100	14,700
小麦	2.7	2,500	6,750
計	546.2	-	1,791,900

表-4 石狩川流域における消費量への変換方法

用途	変換方法
種子用	全国の農作物生産量に対する石狩川流域での生産割合から石狩川流域の消費量を算出
粗食用	全国人口に対する石狩川流域の人口割合から石狩川流域の消費量を算出

表-5 農作物の消費に係わる仮想水量 (H18)

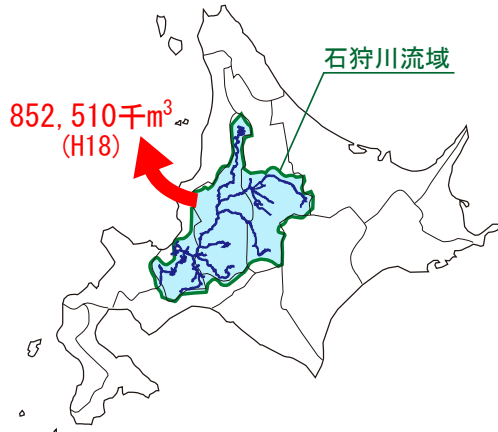
品目	石狩川流域 農作物消費量(千t) A	水消費原単位 (m ³ /t) B	仮想水量 (千m ³) A*B
米	209.1	3,300	690,030
小麦	127.6	2,100	267,960
大豆	21.8	2,500	54,500
計	358.5	-	1,012,490

表-6 農作物の消費に係わる仮想水量 (S35)

品目	石狩川流域 農作物消費量(千t) A	水消費原単位 (m ³ /t) B	仮想水量 (千m ³) A*B
米	251.9	3,300	831,270
小麦	65.7	2,100	137,970
大豆	11.2	2,500	28,000
計	328.8	-	997,240

表一 農作物の仮想水量の年次比較

年次	単位：千m ³		
	生産量の 仮想水量A	消費量の 仮想水量B	収支 A-B
昭和35年a	1,791,900	997,240	794,660
平成18年b	1,865,000	1,012,490	852,510
差b-a	73,100	15,250	57,850



図一 石狩川流域の仮想水量概念図

食料需給表（平成18年値）」¹⁰から消費量を算出し、これに水消費原単位を乗じて、平成18年の農作物に係わる消費の仮想水量を表一にそれぞれ算出した。

同様に、「平成19年度食料需給表（昭和35年値）」¹⁰による消費量および水消費原単位から、昭和35年の農作物に係わる消費の仮想水量を表一にそれぞれ算出した。

上記で算出した生産および消費の仮想水量の収支は表一のとおりで、石狩川流域において農作物3品種の仮想水は各年代とも生産量が消費量を上回っている。その仮想水量は、平成18年において852,510千m³である。これは、図一のように農作物を流域外に出荷することによりあたかも「バーチャルウォーター（仮想水）852,510千m³を出荷している」と考えられる。あるいは「852,510千m³の仮想水が流域外で消費された」と言える。参考までに、「852,510千m³」というボリュームは札幌ドーム(1,580千m³)¹²の約540杯分である。

5. まとめと考察

本検討では、石狩川流域における農地面積が異なる昭和30年代と現在を比較対象として、過去100年にわたる治水事業の効果および流域発展への効果を定量的に評価、検証するために、「仮想水」を指標として治水事業の効果について考察した。

治水事業については、捷水路事業、河道掘削、堤防整備、洪水調整施設整備等が進められて、河川の水位、土地利用状況および洪水氾濫面積について検証し、以下のことが確認できた。

- ・河川の水位は昭和30年代から現在に至るまでに石狩大橋地点において約3m低下していることがわかった。

- ・昭和30年頃に比べて現在においては土地利用の高度化が進み、農地面積は約130m²増えた。
- ・洪水氾濫面積は、平成13年洪水の3日雨量と流量ともに昭和37年洪水のそれらより大きいにも係らず、洪水氾濫面積は平成13年洪水の方が小さく、約620km²も減少させた。

このような治水効果が発現されている昭和30年代から現在において、農作物3品種について「57,850千m³」の仮想水が流域外に出荷されたこととなる。これは治水事業効果の一つと考えられ、地域発展の観点からは土地利用の高度化に大きく寄与し、我が国の水資源供給に貢献していると考えられる。間接的には、流域内人口の増加、農業生産高の増加、工業生産高の増加にも寄与していることが想定される。

以上のように、本検討では石狩川流域における「仮想水」を治水事業効果の指標とした考察を行った。今後は、仮想水と治水事業効果の因果関係をより強く結び付けるために、治水事業の効果を表現する指標を増やしたり、水位低減や氾濫面積などの治水効果量について精度を向上させることが重要となる。そして、石狩川（下流）整備計画に記載されているとおり、次世代に引き継ぐことができる安全で活力に満ちた地域社会を形成することを基本理念として、今後の石狩川流域における治水事業の実施にあたっての基礎資料とする必要がある。

参考文献

- 1) 農林水産省：平成18年(確定値)の都道府県別食料需給率
http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/pdf/ws.pdf
- 2) 東京大学 沖大幹：世界の水危機、日本の水問題 2003.7
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/>
- 3) 日本水フォーラム、環境省：平成18年度アジア・太平洋地域における水と衛生に関するデータ収集・整理等検討業務報告書
- 4) 山口甲、品川守、関博之：捷水路
- 5) 財団法人北海道開発協会：昭和50年洪水報告書
- 6) 財団法人北海道開発協会：昭和56年洪水報告書
- 7) 石狩川治水事務所：昭和37年洪水報告書
- 8) 北海道開発局：平成13年洪水報告書
- 9) 農林水産省北海道農政事務所統計部：北海道農林水産統計年報（総合編）平成18年～19年
- 10) 農林省札幌統計調査事務所：昭和35年度主要農産物市町村別作付面積並びに収穫高
- 11) 平成19年度食料需給表（農林水産省大臣官房食料安全保障課）
- 12) 札幌市：札幌ドームの容積（株式会社札幌ドーム）
<http://www.sapporo-dome.co.jp/dome/index.html>