

# 冬期間の河川における樋門の凍結状況について

(独) 寒地土木研究所 道東支所 ○矢野 雅昭  
寒地河川チーム 吉川 泰弘  
道央支所 石谷 隆始

津波の河川遡上による樋門・水門からの浸水対策として、ハード面においては樋門・水門の自動化・遠隔化等が有効と考えられている。津波は季節に因らず襲来するため、洪水期に限らず冬期においても樋門が機能することが求められる。冬期の樋門の機能については、厳寒期かつ積雪により現地に入ること自体が困難であるため、その機能については、現在、十分には把握されていない。本研究は、冬期における樋門の凍結状況や、樋門の開閉機能について現地調査を行い、冬期における樋門の機能を把握するとともに、その課題を明確にした。

キーワード：津波、樋門、冬期

## 1. はじめに

北海道は北米プレートに位置しており、北米プレートと太平洋プレートが衝突し沈み込むプレートの境界においては、日本海溝及び千島海溝を形成している。日本海溝及び千島海溝周辺では、これまでにマグニチュード 7、8 クラスの大規模地震が多数発生をしていることを受けて、平成 16 年 4 月には「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係わる地震防災対策の推進に関する特別措置法」が制定された。平成 18 年 2 月には、地震が発生した場合に著しい被害が生じる恐れがある地域を「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進地域」として指定している。北海道開発局では、平成 18 年 9 月に「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進計画」を定め、平成 18 年 12 月には「地震津波アクションプラン」を策定している。このアクションプランにおいて、津波ハザードマップの作成支援、地震津波情報の提供などのソフト対策と、河川における樋門・水門の自動化・遠隔操作化などのハード対策が示されている。

北海道の多くの河川は、気温の低下により結氷するため、これに伴い樋門・水門のゲート（以下、ゲート）の凍結が予見される。しかし、冬期間におけるゲート凍結の有無については、十分には把握されていない。ゲートが凍結して閉まらない状況下で、津波が発生し、河川水位が上昇した場合には、流水が堤内へと流れ、内水氾濫となることが想定される。地震は通年発生することから、冬期間のゲートの凍結状況及び開閉機能を把握することは、河川防災及び河川管理を考える上で重要である。

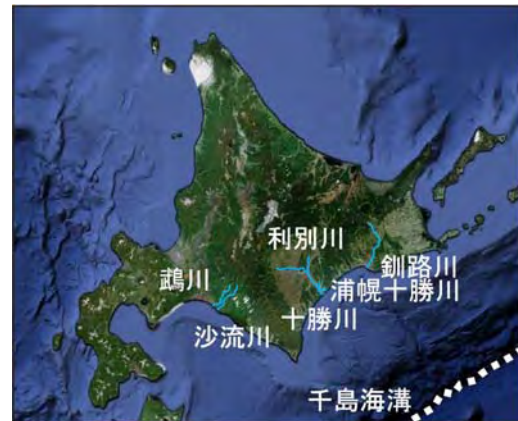


図-1 調査実施河川(Google Map)

本研究は、冬期間のゲートの凍結の現状を明らかにするため、吐き口水路の結氷状況調査及び実際に冬期にゲート操作を行うことによる、ゲートの開閉機能調査を実施した。そして、ゲート種類の違いによるゲート凍結状況の違いについての検討を行った。

## 2. 現地調査

### (1) 調査地点と調査期間

調査対象河川は、図-1に示す太平洋側の鶴川、沙流川、十勝川、利別川、浦幌十勝川、釧路川とし、ゲート種類に着目して、河口付近の9樋門、河口から離れた6樋門を選定し、計15樋門（ゲートの開閉機能調査は10樋門のみ）の調査を実施した。調査期間は平成21年1月～3月とした。

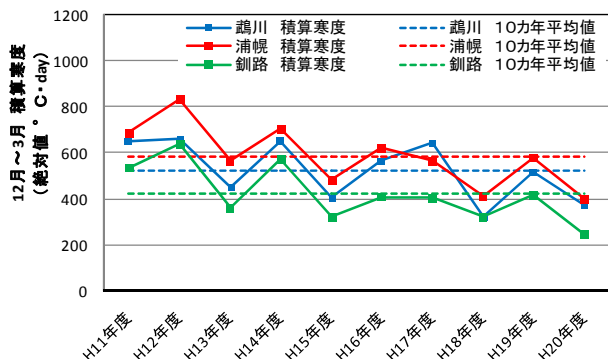


図-2 積算寒度 経年変化：  
鷓川、浦幌、釧路（気象庁）

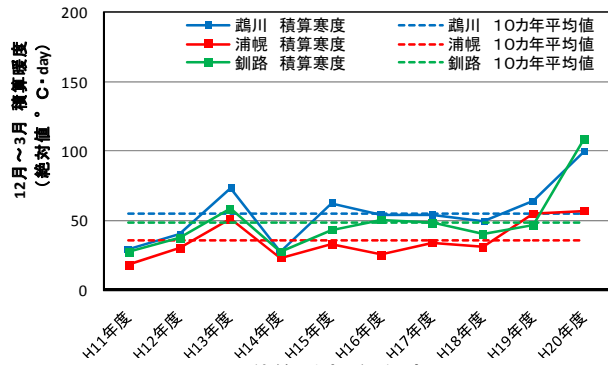


図-3 積算暖度 経年変化：  
鷓川、浦幌、釧路（気象庁）

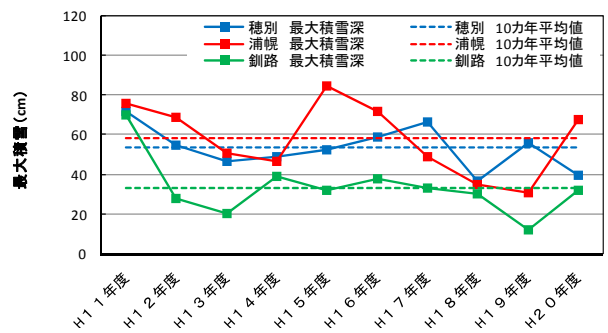


図-4 最大積雪深 経年変化：  
鷓川、浦幌、釧路（気象庁）

## (2) 調査年度の気象条件

調査を実施した平成20年度の気象条件を把握するために、平成11年度から20年度までの気象庁が観測した気象データを用いて算出した積算寒度、積算暖度を図-2、3に、最大積雪深を図-4に示す。

図-2、3より、平成20年度の気温について見てみると、積算寒度が過去10ヶ年平均値と比べて小さく、また、積算暖度が大きいことから、暖かい年度であったと推察できる。また、図-4より、平成20年度の最大積雪深について見てみると、過去10ヶ年平均値と比べて、鷓川は小さく、浦幌は大きく、釧路は同程度であったことが分かる。ここで、年度とは4月1日から翌年3月31日までの期間である。また、積算寒度、積算暖度とは、計算開始日からそれぞれマ

イナス、プラスの気温を積算した絶対値である。なお、積算寒度と積算暖度の計算期間は、12月1日から3月31日までとした。

## (3) 調査項目

ゲートの凍結状況を把握するため、吐き口水路のゲート付近において、気温、水温、氷板厚、有効水深、積雪深の調査を実施した。水温、氷板厚、有効水深は氷板上に1つ孔を空け測定し、積雪深は氷板上の任意の1点で計測した。河水は硬い氷板と、柔らかい晶氷に大別できるが、本調査はゲートの開閉に直接影響を与えると想定される硬い氷板に着目して調査を実施した。また、冬期間のゲートの開閉機能を調べるため、北海道開発局室蘭開発建設部、帯広開発建設部、釧路開発建設部の協力を得て、実際にゲートを稼働させることにより、冬期間でのゲートの開閉操作の可否、ゲート降下時間、開口高、開口面積等の調査を実施した。

## 3. 吐き口水路の結氷状況調査結果

### (1) 各河川の結氷状況

吐き口水路のゲート付近における、気温、水温、氷板厚、有効水深、積雪深の調査結果を表-1に示す。また、氷板厚が最大となる2月の調査データについて、各河川毎に下記に記述する。

#### a) 鷓川、沙流川

鷓川、沙流川の調査樋門では、鷓川A樋門、沙流川A樋門では結氷は見られず、その他の樋門では結氷が見られ、氷板厚は3.5～17.3cm、積雪深は0～6cmであった。

#### b) 十勝川、利別川、浦幌十勝川

十勝川、利別川、浦幌十勝川では、全ての調査樋門で結氷が見られ、氷板厚は6.0～69.0cm、積雪深は0～80cmであった。

#### c) 釧路川

釧路川では、全ての調査樋門で結氷が見られ、氷板厚は7.0～44.3cm、積雪深は0～4cmであった。

### (2) 本川と吐き口水路の氷板厚

2月上旬における各河川の本川の氷板厚と、吐き口水路の氷板厚を図-5に示す。この図での本川の氷板厚は川幅平均氷板厚を使用し、吐き口水路は1点での氷板厚を使用した。この結果、本川よりも吐き口水路の氷板が厚く、また、本川に結氷が見られなくても、吐き口水路で結氷している状況が見られる。よって、吐き口水路は、本川に比べ結氷しやすい箇所であると考えられる。

表-1 調査結果一覧

河川名・樋門名 ゲート形式	管路断面形状	調査結果					
		調査日(2009)	気温(°C)	水温(°C)	氷板厚(cm)	有効水深(cm)	積雪深(cm)
鶴川 鶴川A樋門 ローラー	1.5m ×1.5m ×1連	2/5	2.0	2.5	0.0	—	0
		2/27	3.5	5.0	0.0	—	0
		3/10	5.2	8.0	0.0	—	0
鶴川 鶴川B樋門 ローラー(遠隔)	2.0m ×2.0m ×2連	2/27	—	—	3.5	3.0	0
		—	—	—	—	—	—
鶴川 鶴川C樋門 自動開閉	1.2m ×1.5m ×1連	2/5	-3.0	0.5	16.0	70.0	2
		2/27	3.0	0.0	17.3	52.7	2
		3/10	3.5	1.0	0.0	—	0
鶴川 鶴川D樋門 自動開閉	φ1.80m ×1連	2/5	-0.3	0.0	5.3	4.7	4
		2/27	-4.0	0.0	6.3	1.7	6
		3/10	2.0	1.5	0.0	—	0
沙流川 沙流川A樋門 ローラー(遠隔)	2.0m ×2.0m ×1連	2/5	2.0	4.0	0.0	—	0
		2/27	7.0	13.0	0.0	—	0
		3/10	8.0	2.5	0.0	—	0
沙流川 沙流川B樋門 ローラー	1.2m ×1.5m ×1連	2/5	0.0	0.0	4.3	10.7	4
		2/27	3.0	0.5	5.5	8.0	2
		3/10	2.0	2.0	0.0	—	0
十勝川 十勝A樋門 門柱レス油圧	1.5m ×2.0m ×1連	1/21	-0.4	-0.1	38.0	6.0	11
		2/6	-2.0	-1.0	45.0	12.0	5
		2/23	-2.0	-0.3	46.0	12.0	45
十勝川 十勝B樋門 ローラー	2.0m ×2.0m ×2連	1/21	-2.0	0.0	25.0	11.0	12
		2/6	-0.9	-1.0	25.0	23.0	25
		2/23	-4.6	-1.0	33.0	15.0	80
利別川 利別川樋門 自動開閉	2.0m ×2.0m ×2連	3/9	3.0	1.5	23.0	26.0	28
		1/20	-0.3	0.0	8.0	7.0	23
		2/7	-3.0	-0.9	6.0	28.0	14
利別川 十勝D樋門 自動開閉	2.8m ×2.8m ×2連	2/24	-8.0	-2.0	41.0	0.0	54
		3/10	0.0	0.0	37.0	0.0	16
		1/20	-0.2	0.0	7.0	30.0	24
利別川 十勝E樋門 ローラー	4.0m ×3.0m ×3連	2/7	-0.5	-0.8	39.0	4.0	5
		2/24	-10.0	-1.0	11.0	9.0	13
		3/10	1.0	0.0	41.0	5.0	20
浦幌十勝川 浦幌十勝樋門 ローラー	1.5m ×2.0m ×1連	1/21	-0.4	-0.1	32.5	17.0	20
		2/6	-1.0	-1.0	53.0	10.0	32
		2/23	1.0	0.0	69.0	11.0	22
浦幌十勝川 十勝G樋門 自動開閉	1.5m ×2.0m ×1連	3/9	3.8	3.0	40.0	34.0	20
		1/21	-0.4	-0.1	23.0	50.0	0
		2/6	1.8	-0.5	45.0	30.0	0
釧路川 釧路A樋門 ローラー(遠隔)	2.5m ×3.5m ×2連	2/23	0.0	0.0	51.0	13.0	8
		3/9	5.8	2.5	42.0	35.0	0
		2/9	-2.0	-0.4	15.8	27.2	0
釧路川 釧路B樋門 自動開閉	2.0m ×2.0m ×2連	2/20	-5.0	0.0	7.0	26.0	0
		3/10	4.6	2.0	0.0	—	0
		2/9	-1.0	0.0	36.8	97.7	4
釧路川 釧路C樋門 自動開閉	2.0m ×2.0m ×2連	2/20	-5.0	0.0	44.3	80.7	0
		3/10	4.0	0.2	40.0	92.0	0

※網掛けは、氷板が観測された時の状況

#### 4. 冬期間のゲートの開閉機能調査結果

冬期間のゲートの開閉機能を確認するために、ゲートの開閉操作を行った。引上げ式ローラーゲート及び門柱レス油圧引上げ式ゲートは、機側操作または遠方操作により開閉機能の確認を行った。また、自動開閉ゲートは直接ゲートを手押しすることにより開閉機能の確認を行い、一部においては機側操作による確認を行った。調査結果を表-2に示し、各河川、各ゲート種類別に、調査結果を以下に記述する。

##### (1) 鶴川、沙流川

##### a) 引上げ式ローラーゲート

- ①調査樋門名： 鶴川B樋門 ゲート2門
- ②調査月日： 平成21年2月27日
- ③開閉操作方式： 遠方操作、閉操作は動力降下

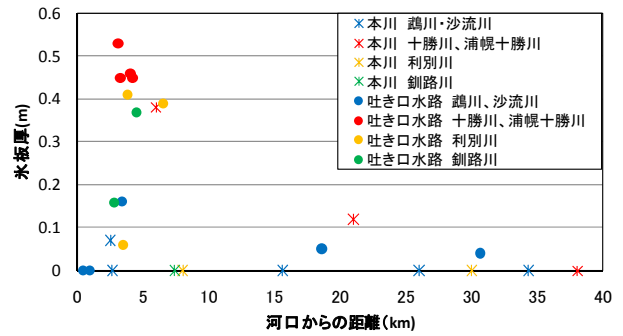


図-5 本川と吐き口水路の氷板厚(2月上旬)

表-2 冬期におけるゲート開閉機能の調査結果

河川名・樋門名 ゲート形式	管路断面形状	門位置	調査日(2009)	ゲート閉操作 方法	開閉操作 可否※1	ゲート降下に 要する時間	ゲート開口部 高さ※2	ゲート開口部 面積(m <sup>2</sup> )	開口部割合 (%)※3
鶴川・ 鶴川B樋門 ローラー (遠隔)	2.0m ×2.0m ×2連	上流	2/27	動力 降下	△	6分29秒	底板より 3cm	0.02	1
					△	6分34秒	氷板より 0cm	0.00	0
鶴川・ 鶴川C樋門 自動開閉	1.2m ×1.5m ×1連	—	2/5	手押し	○	—	—	0.00	0
					○	—	—	0.00	0
					○	—	—	0.00	0
鶴川・ 鶴川D樋門 自動開閉	φ 1.80m ×1連	—	2/5	手押し	○	—	—	0.00	0
					○	—	—	0.41	26
					○	—	—	0.00	0
沙流川・ 沙流川樋門 ローラー (遠隔)	2.0m ×2.0m ×1連	—	2/27	動力 降下	△	6分40秒	底板より 0cm	0.00	0
					○	—	—	0.59	28
十勝川・ 十勝B樋門 門柱レス油圧	1.5m ×2.0m ×1連	—	2/23	動力 降下	○	3分55秒	—	—	—
					○	—	—	0.16	6
					×	—	—	—	—
浦幌十勝川 浦幌十勝樋門 ローラー	1.5m ×2.0m ×1連	—	2/23	自重 降下	○	20秒	氷板より 24cm	0.00	0
					○	—	—	—	—
					○	—	—	—	—
浦幌十勝川 十勝G樋門 自動開閉	1.5m ×2.0m ×1連	—	1/21	手押し	○	—	—	0.00	0
					×	—	—	1.31	64
					×	—	—	1.31	64
釧路川・ 釧路A樋門 ローラー (遠隔)	2.5m ×3.5m ×2連	上流	2/20	自重 降下	○	55秒	底板より 15cm	0.07	1
					○	1分3秒	底板より 0cm	0.00	0
					○	—	—	—	—
釧路川・ 釧路B樋門 自動開閉	2.0m ×2.0m ×2連	—	2/9	—	○	—	—	—	—
					○	—	—	—	—
					○	—	—	—	—

※網掛けは、ゲートを全閉できなかった時の状況

※1 記号はそれぞれ下記の状況を示す

- ：正常に開閉操作を行えた
- △：開閉操作を行えたが、課題があった
- ×

※2 引き上げ式ローラーゲートについてのみ計測

※3 開口部面積÷氷板より上の管渠断面面積(%)

##### ④吐口水路の結氷状況：

上流側ゲートの一部分を除いて結氷しており、氷板厚は3.5cm、積雪は無かった。

##### ⑤調査結果：

遠方操作開始時に流れるはずの吹鳴等が鳴らなかったが、それ以外はゲートの開閉機能に問題は無かった。

閉操作完了後の状況として、下流側のゲートは、水路底部の均一な氷板の上にゲートが接地した



め開口部は生じなかった。しかし、吐き口水路の一部のみが結氷している上流側のゲートにおいては、水路底部の不均一な氷板の上にゲートが接地されたため、ゲート下部に0.02m<sup>2</sup>、氷板面より上の管渠開口面積に対して1%の開口部が生じた。この時の状況を写真-1, 2に示す。

- ①調査樋門名： 沙流川A樋門 ゲート1門
- ②調査月日： 平成21年2月27日
- ③開閉操作方式： 遠方操作、閉操作は動力降下
- ④吐口水路の結氷状況：  
氷板、積雪ともに無かった。

- ⑤調査結果：  
ゲート操作開始直前に、機械系統の不具合によりゲートが稼働せず、専門業者により復旧することとなった。その後、ゲート操作を行うことができ、開閉機能に問題は無かった。

閉操作完了後の状況として、吐き口水路に氷板、積雪などが無く、ゲート下部に開口部は生じなかった。この時の状況を写真-3に示す。

**b) 自動開閉ゲート**

- ①調査樋門名： 鷓川C樋門, 鷓川D樋門 ゲート1門
- ②調査月日： 平成21年2月5日、2月27日、3月10日
- ③開閉操作方式： 手押しによる開閉機能の確認
- ④吐口水路の結氷状況：

鷓川C樋門では、2月5日は氷板厚16cm、積雪深2cm、2月27日は氷板厚17.3cm、積雪深2cm、3月10日は氷板、積雪は無かった。鷓川D樋門では、2月5日は氷板厚5.3cm、積雪深4cm、2月27日は氷板厚6.3cm、積雪深6cm、3月10日は氷板、積雪は無かった。

- ⑤調査結果：  
鷓川C樋門と鷓川D樋門ともに3回の調査全てにおいて、ゲートが稼働することを確認できた。これは両樋門ともゲートが常に水面より高い位置にあるため、吐き口水路の氷板によりゲートが拘束されないことによる。しかし、鷓川D樋門のゲート下部の戸当りには、流水により生じた氷塊があり、これがゲートの全閉、水密性を損なう状態であることが確認された。これにより、側面部と上部に合わせて0.41m<sup>2</sup>、管渠開口面積に対して26%の開口部が生じると想定される。この時の状況を写真-4, 5に示す。

**(2) 十勝川、利別川、浦幌十勝川**

**a) 引上げ式ローラーゲート**

- ①調査樋門名： 十勝B樋門 ゲート2門
- ②調査月日： 平成21年2月23日
- ③開閉操作方式： 機側操作、閉操作は自重降下



閉操作前(11:21) 閉操作後(11:27)  
写真-1 鷓川 B 樋門：引上げ式ローラーゲート(H21. 2. 27)  
※赤枠：不均一な結氷により生じた開口部



※不均一な結氷により生じた開口部。

写真-2 鷓川 B 樋門 開口部拡大写真 (H21. 2. 27)



閉操作前(11:13) 閉操作後(11:20)  
写真-3 沙流川 A 樋門：引上げ式ローラーゲート(H21. 2. 27)

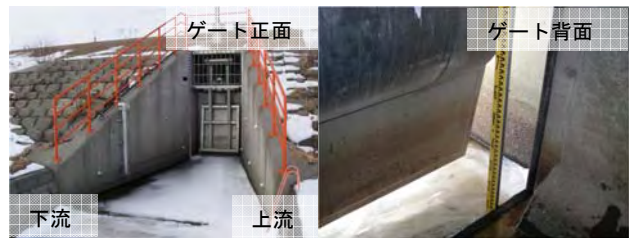


写真-4 鷓川 C 樋門：自動開閉ゲート (H21. 2. 27)

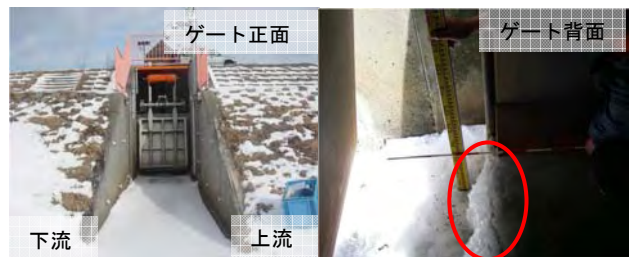


写真-5 鷓川 D 樋門：自動開閉ゲート (H21. 2. 27)  
※赤丸：底部の戸当りに流水により生じた氷塊

- ④吐口水路の結氷状況  
全面結氷しており、氷板厚33.0cm、積雪は不均一であり、上流ゲート付近で80cmであった。

- ⑤調査結果  
下流側のゲートはエンジンの不具合により稼働できなかったが、上流側のゲートは稼働でき、開閉機能に問題は無かった。

閉操作完了後の状況として、ゲートは吐き口水路の氷板上の不均一な積雪の上に接地されたため、ゲート下部に0.16m<sup>2</sup>、氷板面より上の管渠開口面積に対して6%の開口部が生じた。この時の状況を写真-6, 7に示す。

- ①調査樋門名： 十勝F樋門 ゲート1門
- ②調査月日： 平成21年2月23日
- ③開閉操作方式： 機側操作、閉操作は自重降下
- ④吐口水路の結氷状況：  
全面結氷しており、氷板厚69.0cm、積雪は不均一にあり、ゲート付近で22cmであった。

⑤調査結果

ゲートの開閉機能に問題は無かった。

閉操作完了後の状況として、ゲートは吐き口水路の不均一な積雪の上に接地したが、開口部は生じなかった。この時の状況を写真-8に示す。

b) 自動開閉ゲート

- ①調査樋門名： 十勝G樋門 ゲート1門
- ②調査月日： 平成21年1月21日、2月6日、2月23日、3月9日
- ③開閉操作方式： 手押しによる開閉機能の確認、機側操作による確認
- ④吐口水路の結氷状況：

全面結氷となっており、1月21日は氷板厚23cm、積雪無し、2月6日は氷板厚45.0cm、積雪無し、2月23日は氷板厚51cm、積雪深8cm、3月9日は氷板厚42cm、積雪は無かった。

⑤調査結果

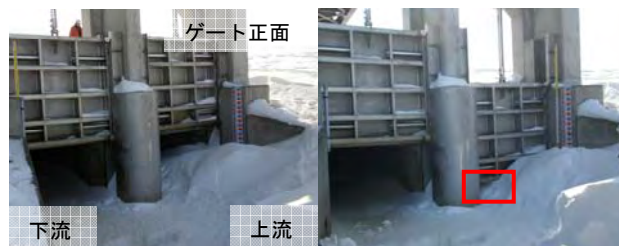
手押しによるゲートの開閉機能の確認により、1月21日の調査ではゲートは稼働したが、2月6日の調査から吐き口水路の氷板にゲート下部が拘束され稼働できなかった。2月23日には機側操作による動作確認も実施したが、同様に稼働できなかった。これにより、側面部と上面部に合わせて1.31m<sup>2</sup>、氷板面より上の管渠開口面積に対して64%の開口部が生じた。この時の状況を写真-9に示す。

c) 門柱レス油圧引上げ式ゲート

- ①調査樋門名： 十勝A樋門 ゲート1門
- ②調査月日： 平成21年2月23日
- ③開閉操作方式： 機側操作、閉操作は動力降下
- ④吐口水路の結氷状況  
全面結氷しており、氷板厚46.0cm、積雪深は不均一にあり、上流側のゲート付近で45cmであった。

⑤調査結果

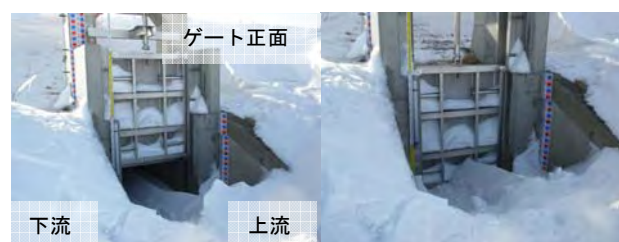
ゲートは管渠の上部から弧を描いて降りてきたが、ゲートが地面に対して垂直になる前に吐き口水路の氷板にぶつかり停止し、全閉できなかった。



閉操作前(14:12) 閉操作後(14:13)  
写真-6 十勝B樋門：引上げ式ローラーゲート(H21.2.23)  
※赤枠：不均一な積雪により生じた開口部



※積雪により生じた開口部  
写真-7 十勝B樋門 開口部拡大写真(H21.2.23)



閉操作前(14:45) 閉操作後(14:46)  
写真-8 十勝F樋門：引上げ式ローラーゲート(H21.2.23)

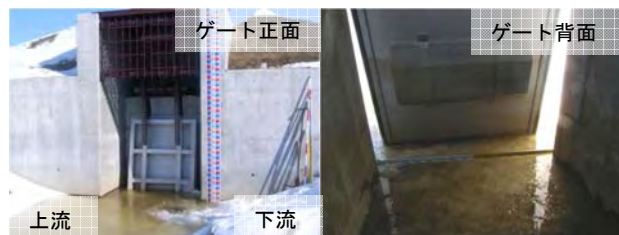


写真-9 十勝G樋門：自動開閉ゲート(H21.2.6)

閉操作完了後の状況として、ゲートが全閉できなかったことにより、ゲート側面部と上面部に開口部が生じ、その開口面積は0.59m<sup>2</sup>、氷板面より上の管渠開口面積に対して28%であった。この時の状況を写真-10, 11に示す。

(3) 釧路川

a) 引上げ式ローラーゲート

- ①調査樋門名： 釧路A樋門 ゲート2門
- ②調査月日： 平成21年2月20日
- ③開閉操作方式： 遠方操作、閉操作は自重降下
- ④吐口水路の結氷状況：  
本川上流側が一部結氷しており、氷板厚7cm、積雪は無かった。
- ⑤調査結果  
開閉機能に問題は無かった。  
閉操作完了後の状況として、吐き口水路に氷板





閉操作前(13:44) 閉操作後(13:48)  
写真-10 十勝A樋門：  
門柱レス油圧引上げ式ゲート(H21.2.23)

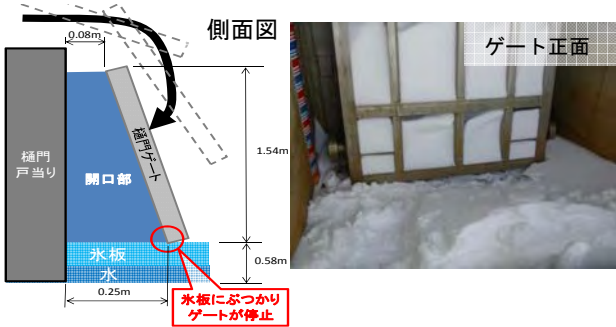


写真-11 十勝A樋門 閉操作後の概略図及び写真

が無い下流側のゲートにおいては、開口部は生じなかった。しかし、吐き口水路の一部が結氷している上流側のゲートにおいては、水路底部の不均一な氷板の上にゲートが接地されたため、ゲート下部に $0.07\text{m}^2$ 、氷板面より上の管渠開口面積に対して1%の開口部が生じた。この時の状況を写真-12に示す。

#### b) 自動開閉ゲート

釧路B樋門では、吐き口水路に40cm前後の厚い氷が確認されたが、ゲート前面のみが結氷しておらず、水深も深くゲートに近づくことが危険であったため、目視による調査のみを実施した。

- ①調査樋門名： 釧路B樋門 ゲート2門
- ②調査月日： 平成21年2月9日、2月20日、3月10日
- ③開閉操作方式： 目視による調査
- ④吐口水路の結氷状況：

ゲートの前面以外は結氷しており、2月9日は氷板厚36.8cm、積雪深4cm、2月20日は氷板厚44.3cm、積雪無し、3月10日は氷板厚40.0cm、積雪は無い状況であった。

#### ⑤調査結果：

目視調査の結果では、平成21年2月9日と2月20日のゲート状態から、内外水位差に追従してゲートが稼働していると考えられ、開閉機能に問題無い状況と考えられる。3月10日は、ゲート全面の氷板がさらに減少し、調査時にゲートが開閉動作している状況を目視で確認でき、開閉機能に問題無い状況であった。平成21年2月9日と2月20日の状況を写真-13に示す。



閉操作前(13:46) 閉操作後(13:47)  
写真-12 釧路A樋門：引上げ式ローラーゲート(H21.2.20)



H21.2.9 H21.2.20  
写真-13 釧路B樋門：自動開閉ゲート  
※水位に応じてゲートが開閉している状況

## 5. まとめ

- ①引上げ式ローラーゲートや門柱レス油圧引上げ式ゲートは冬期でも開閉操作が可能であったが、氷板及び積雪の影響により全閉できなかったものもあった。しかし、開口部は僅かであることから、津波による堤内地への流水の逆流量は少ないと推察される。
- ②自動開閉ゲートについては、吐き口水路の水面(氷板面)高さや、地域の気象条件によって、ゲート下部が氷板に拘束される場合があることが分かった。この場合、10～15度程度の開状態でゲートが固定されることから、その状態での内水氾濫の検証が必要と考えられる。
- ③今回の調査で、多くの樋門で開閉動作が健全に実施できたが、一部に機器の不具合により稼働できなかった樋門や、不具合からの復旧に数時間を要する樋門が見られた。これらの原因は冬期間に起因するものかは明らかではないが、冬期間の機器点検の実施により、解決できる不具合もあると考えられる。

謝辞：本調査及び取り纏めに対して、北海道開発局建設部河川管理課、室蘭開発建設部、帯広開発建設部、釧路開発建設部の方々にご協力を頂きました。記して謝意を表します。