

平成 23 年度

千秋公園堀水質浄化実施設計業務委託

報 告 書 抜 粋

平成 24 年 3 月



## 1. 業務概要

### 1-1. 業務の目的

本業務は、秋田市千秋公園にあるお堀(面積 27,456m<sup>2</sup>、容量 35,530m<sup>3</sup>)の水質改善を目的に、既往資料の収集整理及び現地調査により水質悪化の原因を把握した上で、水質改善対策を含めた全体計画の立案と植生浄化など具体的な対策案の実施設計を行うものである。

### 1-2. 業務概要

- 1) 業務名 : 平成 23 年度 千秋公園堀水質浄化実施設計業務委託
- 2) 業務箇所 : 秋田県秋田市千秋明徳町地内
- 3) 工期 : 平成 23 年 9 月 20 日 ～ 平成 24 年 3 月 9 日
- 4) 発注者 : 秋田市建設部公園課
- 5) 受注者 : 株式会社日水コン秋田事務所



## 2. お堀の水質・水量の現状

### 2-1. お堀の水質

お堀(大手門堀、穴門堀)の水質は、秋田市が5月、6月、8月、10月に上層・中層・下層の3水深で実施しており、その水質は表2-1、エラー! 参照元が見つかりません。、エラー! 参照元が見つかりません。示した通りである。

- 透明度は大手門堀 0.35m、穴門堀 0.5m、透視度は大手門堀 16cm、穴門堀 20cm と小さく、透明感がない。
- SS(懸濁物質)は大手門堀 34mg/L、穴門堀 26mg/L と流入河川(旭川)のSS(2mg/L)の17倍、13倍に増加している。SSの増加が透明感の低下につながっている。
- CODは大手門堀 7.9mg/L、穴門堀 9.4mg/Lm と高濃度である。CODの増加はSSの増加と藻類の増殖(内部生産)によるものと考えられる。
- 栄養塩(T-N、T-P)は、T-Nが0.6mg/L前後、T-Pが0.08mg/L前後と藻類が増殖するのに十分な濃度である。特に、T-P(総リン)は流入河川水の4倍にも増加している。
- T-Pの増加は、堀での底泥の巻き上げが影響していると考えられる。

表 2-1 お堀(大手門堀・穴門堀)の水質

項目	上中下	大手門堀			穴門堀			環境基準 湖沼B
		最小	最大	平均	最小	最大	平均	
透明度 (m)		0.1	0.5	0.35	0.2	1.0	0.5	
透視度 (cm)		8	26	16	8	47	20	
pH	上層	7.0	10.1	7.8	7.3	9.7	8.3	6.5~8.5
	中層	7.1	10.0	7.8	7.2	9.5	8.2	
	下層	7.0	10.0	7.7	7.2	9.4	8.1	
DO (mg/L)	上層	7.0	14	9.6	6.1	12	9.4	5以上
	中層	7.4	12	9.3	6.8	11	9.2	
	下層	6.8	12	9.2	6.5	10	9.0	
DO飽和度 (%)	上層	83	178	110	74	158	109	
	中層	86	152	106	82	144	106	
	下層	82	152	104	77	122	103	
COD (mg/L)	上層	5.2	19	7.9	5.5	17	9.4	5以下
	中層	4.9	18	8.4	5.2	16	9.4	
	下層	4.8	19	8.5	5.1	17	9.7	
SS (mg/L)	上層	20	59	34	7	56	26	15以下
	中層	21	71	38	7	57	28	
	下層	18	180	44	7	55	28	
大腸菌群数 (MPN/100mL)	上層	22	94,000	5,900	230	54,000	6,100	-
	中層	170	160,000	13,900	50	92,000	7,100	
	下層	80	160,000	15,200	40	54,000	5,800	
T-N (mg/L)	上層	0.22	1.8	0.59	0.29	1.5	0.65	0.6以下 IV類型
	中層	0.21	1.8	0.57	0.34	1.4	0.65	
	下層	0.24	1.8	0.57	0.35	1.3	0.65	
T-P (mg/L)	上層	0.014	0.17	0.074	0.025	0.19	0.082	0.1以下 V類型
	中層	0.014	0.18	0.075	0.023	0.19	0.083	
	下層	0.017	0.21	0.075	0.024	0.20	0.082	

※ 環境基準は水質の目安として記載したもので、基準値は設定されていない。

※ 年4回(5月、6月、8月、10月)の水質測定結果より最小・最大・平均を整理した。

## 2-2 お堀の底質

現地調査時(平成 23 年 10 月 17~18 日)に泥厚・臭気・DO・ORP を測定した。

### (1) 泥の堆積状況

- 大手門堀で 0.4~1m、平均 0.7m の泥が堆積していた。
- 穴門堀で 0.7~1m、平均 0.9m の泥が堆積していた。

### (2) 泥の性状

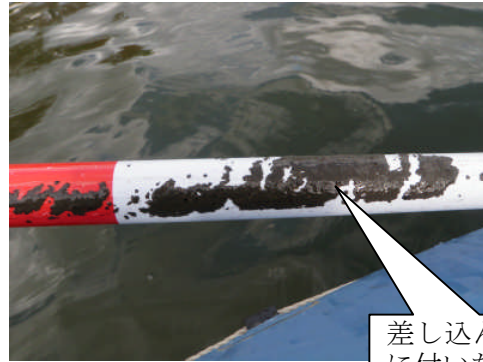
- 底泥は灰黒色、弱い硫化水素臭・藻臭を呈していた。
- DO が 0mg/L、ORP が -175mV と嫌気還元状態を呈していた。

表 2-2 お堀(穴門堀・大手門堀)の底泥調査結果

地点名	水深 m	泥深 m	DO mg/L	ORP mV	色	臭気
穴門堀1	1.6	1	0	-189	灰黒色	弱い硫化水素臭、藻臭
穴門堀2	1.8	0.8	0	-170		
穴門堀3	2.1	0.8	0	-172		
穴門堀4	2.1	0.7	0	-173		
穴門堀5	1.6	1	0	-172		
平均	1.8	0.9	0.0	-175		

地点名	水深 m	泥深 m
大手門1	0.6	1
大手門2	0.5	0.5
大手門3	0.4	0.4
大手門4	0.4	0.6
大手門5	0.3	0.6
大手門6	0.4	0.6
大手門7	0.8	0.85
大手門8	0.6	1
大手門9	0.6	0.7
大手門10	0.4	0.6
平均	0.5	0.7



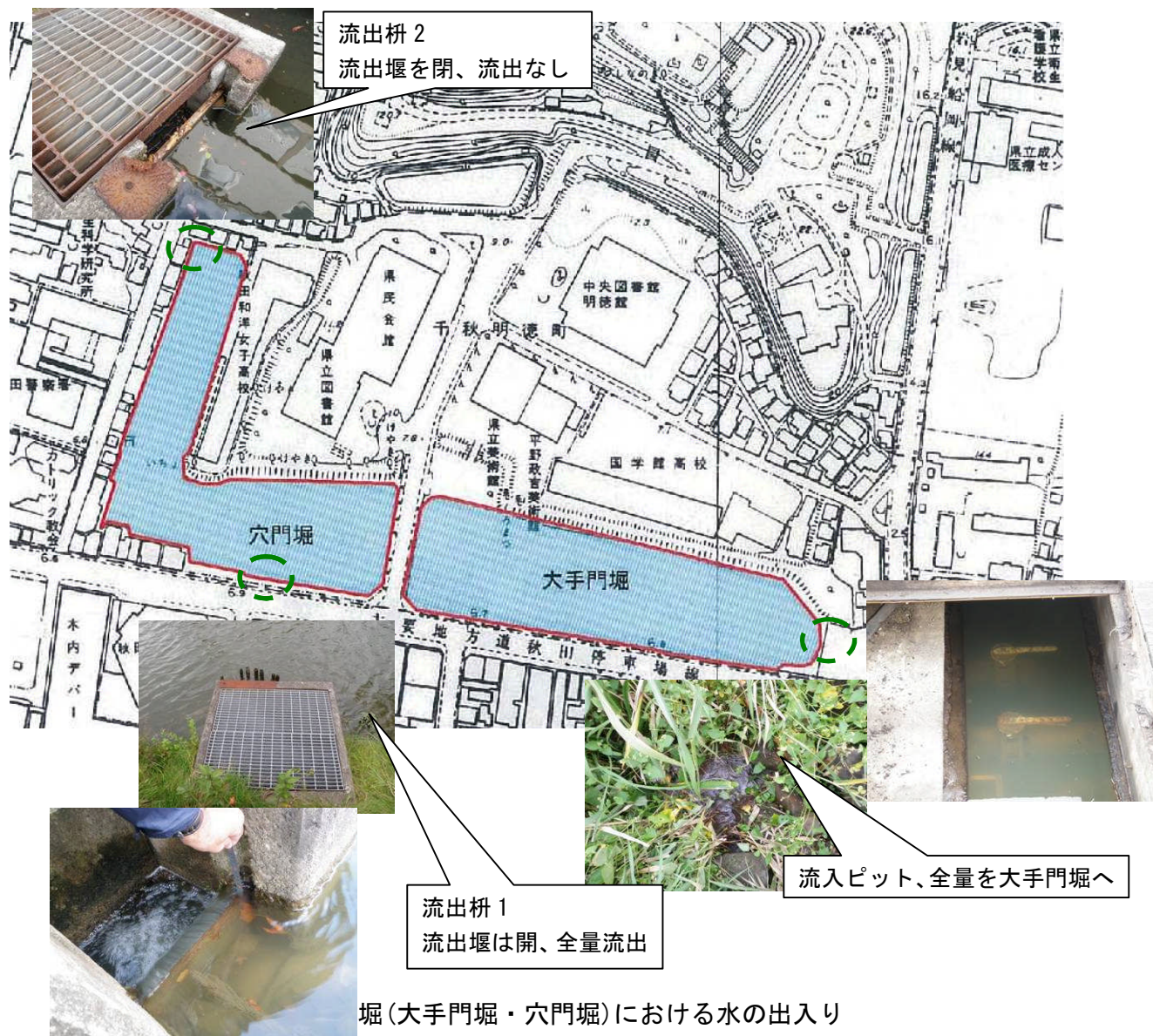
差し込んだ測深棒に付いた底泥

※ 平成 23 年 10 月 17~18 日に調査を実施

## 2-3 お堀の水量と滞留状況

### (1) 取水された河川水の流れ

- 旭川から取水された河川水は、送水管により大手門堀に全量が流入している。
- 大手門堀から穴門堀へと自然流下、排水柵1から越流し雨水排水管より旭川に戻る。



## (2) 流出水量の測定

流出柵 1 の越流堰で流速の測定、堰き公式による算定により、流出水量を算定した。

### 1) 流速測定による流量算定

- 越流堰からの越流流速 (V) 平均 0.407m/s
- 越流水深 (h) 平均 0.042m
- 越流 (B) 0.305m

以上より越流量  $Q$  は、 $0.407\text{m/s} \times 0.042\text{m} \times 0.305\text{m} = 0.00521\text{m}^3/\text{s} = \underline{450\text{m}^3/\text{日}}$

### 2) 四角堰き公式による流量算定

- $q = C \times B \times h^{3/2}$
- $C = 1.8$  とする

以上より越流量  $q$  は、 $1.8 \times 0.305 \times 0.042^{1.5} = 0.0047\text{m}^3/\text{s} = \underline{408\text{m}^3/\text{日}}$

### 3) 取水量と流出水量の比較

- 取水ポンプの流量計から算出すると、 $Q_p = 17.336\text{m}^3/\text{h} = 416\text{m}^3/\text{日}$
- 堀からの流出水量は、 $Q = 450\text{m}^3/\text{日}$ 、 $q = 408\text{m}^3/\text{日}$
- ポンプ取水した河川水が全量流入し、流出は流出柵 1 からのみ流出している。
- 蒸発散量や浸透を 0 と仮定する。

以上より、ポンプ取水量  $416\text{m}^3/\text{日} \approx$  流出柵 1 流量  $408 \sim 450\text{m}^3/\text{日}$

### (3) 水位計による流出水量の連続観測

お堀の水収支及び滞留状況を把握するため、流出枡1で流出水量の連続測定を実施した。

#### 1) 測定方法

- 流出枡 1 近傍に自記式水位計を設置し、穴門堀の水位を1時間ピッチで計測(図 2-2)。
- 水位の連続データを用いて、流出枡 1 の越流水深の連続データを算出。



図 2-2 穴門堀の水位連続測定状況

#### 2) 測定結果

- 流出枡 1 の越流水深データを用い、四角堰き公式により越流量を算定。
- 穴門堀からの流出水量は0~1600m<sup>3</sup>/日、平均 380m<sup>3</sup>/日と算定された。(図 2-3)

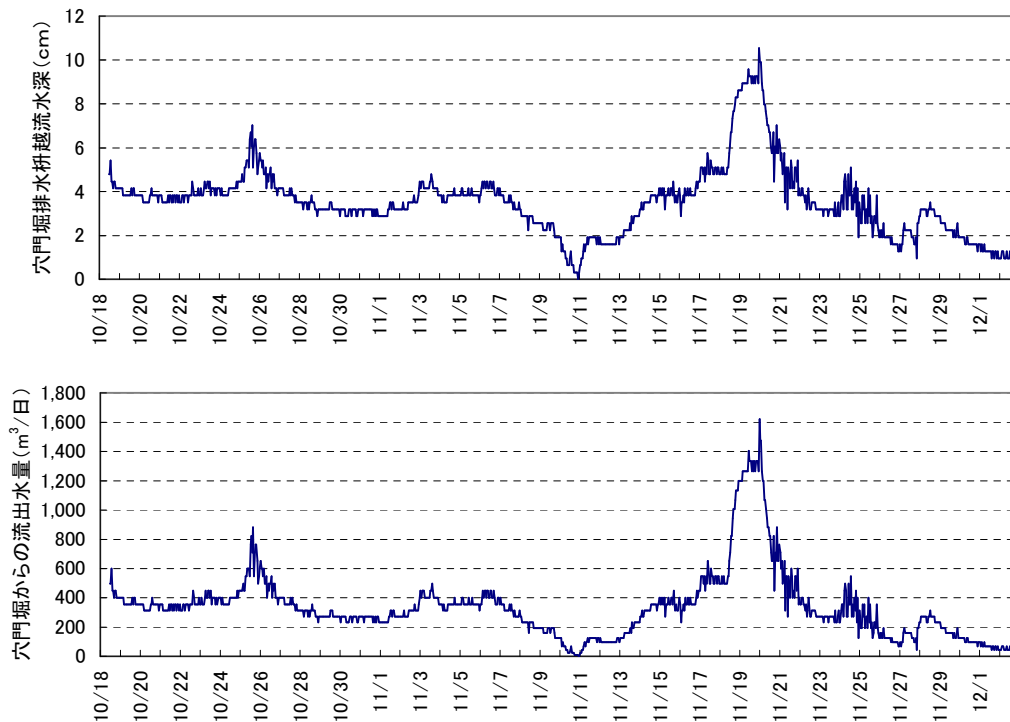


図 2-3 穴門堀流出枡 1 からの流出水量(平成 23 年 10 月 18 日~12 月 2 日)



#### (4) お堀の水収支と滞留時間

お堀からの流出水量、降水量、蒸発散量、浸透量よりお堀の水収支を算定し、お堀の滞留時間を算定した。

##### (4-1) 水収支の算定方法

- 流入量＝ポンプ取水量＋降水流入量、流出量＝流出枡 1 流出量＋蒸発散量＋浸透量。
- 降水流入量は秋田地方気象台の降雨量×面積×流出率より算定。
- 蒸発散量はペンマ式により算定、浸透量は 0 とした。

##### (4-2) 水収支によりポンプ取水量の推定

日単位での水収支計算結果を**エラー！参照元が見つかりません。**に示す。

- 日単位の水収支よりポンプ取水量を推定すると 400m<sup>3</sup>/日前後となった。
- 降雨による流入量が多くなる前後でポンプ取水量が増減した。これは、ポンプ取水量を収支計算から算出したためと考えられる。

そこで、ポンプ取水量を 16.7m<sup>3</sup>/時(400m<sup>3</sup>/日)、取水停止時は 0 として時間単位の水収支計算を行った。その結果を**エラー！参照元が見つかりません。**に示す。

- 流入量は降雨の影響を受けた急激な変動を示している。一方、流出量はお堀での貯留効果によって変動が抑えられている。
- 水収支計算かも、ポンプ取水量を **400m<sup>3</sup>/日程度**とするのが妥当であることが分かった。

##### (4-3) お堀の滞留時間

お堀(大手門堀、穴門堀)の滞留時間を算出し**エラー！参照元が見つかりません。**に示す。

- 滞留時間は堀容量÷流出枡 1 流出水量より算定しており、大手門堀が 30 日、穴門堀が 70 日、両方の堀で 100 日程度となる。
- 降水量が多い時は流出水量が増加し滞留時間が短くなっており、流出量が 1300m<sup>3</sup>/日での滞留時間は大手門堀が 9 日、穴門堀が 19 日、両方の堀で 28 日となる。

## 2-4 既往対策の効果検証

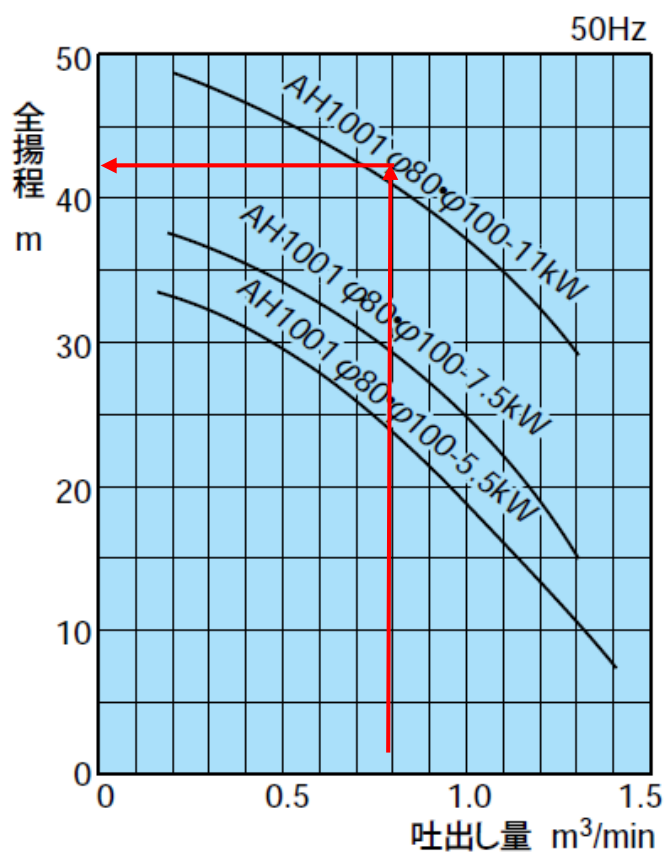
### (1) 取水施設と取水量

現状の取水ポンプ仕様

新明和製 AH1001-E11 水中ポンプ  
 $0.0135\text{m}^3/\text{s}(=0.81\text{m}^3/\text{min}) \times 11\text{kW} \times 2$  台

【新明和工業のポンプ説明書より抜粋】

口径 mm	ポンプ型式	接続型番		出力 kW	電圧 V	吐出し量-全揚程 m <sup>3</sup> /min-m		極数 P	本体質量 kg
		自動接続形	フランジ接続形			50Hz	60Hz		
80	AH1001	P80	F80	5.5	三相200	0.6-28.0	0.6-28.6	2	82
				7.5		0.8-29.5	0.8-31.0		92
				11		1.0-37.4	1.0-38.8		120
100	AH1001	P100	F100	5.5	三相200	0.6-28.0	0.6-28.6	2	82
				7.5		0.8-29.5	0.8-31.0		92
				11		1.0-37.4	1.0-38.8		120



AH1001-F100

(2) 既設の流量計による取水の確認

- ポンプ取水口に設置された流量計は、10.235m<sup>3</sup>/h(=0.171m<sup>3</sup>/min)と 7.101m<sup>3</sup>/h(=0.118m<sup>3</sup>/min)と表示していた。
- この値はそれぞれ設計値(0.8m<sup>3</sup>/min)の約 1/5、約 1/7 であり、設計通りの水量が取水できていない。

【取水ポンプ流量計の表示値(2011/10/18 10:11)】

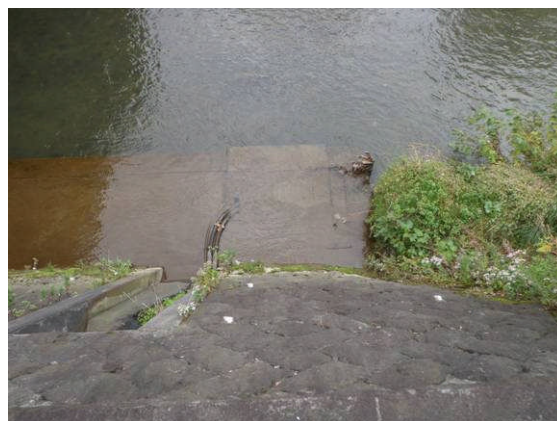


【取水ポンプ制御盤の電流表示(2011/10/18 10:00)】



【旭川左岸の取水ポンプ枡】

旭川水位 $\geq$ 0.47m           で 2 台稼働  
0.47 $>$ 旭川水位 $\geq$ 0.23    で 1 台稼働  
0.23 $>$ 旭川水位            で取水停止



(3) 取水ポンプの維持管理による取水量の増加

(3-1) 取水ポンプのメンテナンス

平成 23 年 10 月 28 日に行われたポンプメンテナンスの状況は以下の通りである。

2011年10月28日

千秋公園取水ポンプメンテナンス

取水ポンプ停止9:30

取水ポンプ再稼働14:30

内容:ポンプ引き上げ、外観洗浄、ストレーナー取り外し洗浄、ギヤオイル交換、ポンプピット内泥排し  
故障:流量計の液晶が全て点灯したままの状態になっている。時折流量が表示されるような状態。

流入:メンテナンス後に大手門堀の流入量が増えたようには見えない。

	時間	ポンプNo.1			ポンプNo.2		
		電流 (A)	流量 (m <sup>3</sup> /h)	圧力 (MPa)	電流 (A)	流量 (m <sup>3</sup> /h)	圧力 (MPa)
メンテナンス前	8:33	22	7.7	0.480	19.5	9.8	0.445
メンテナンス後	14:36	22	7.7	0.482	19.5	10.4	0.475

	時間	水位 (mm)
穴門堀放流枡水位	8:45	35
	15:08	32

【清掃前の電流計、圧力計、流量計の表示】



【旭川のポンプ井の清掃】

水中ポンプを引き上げ、ポンプ井に堆積した土砂を除去。

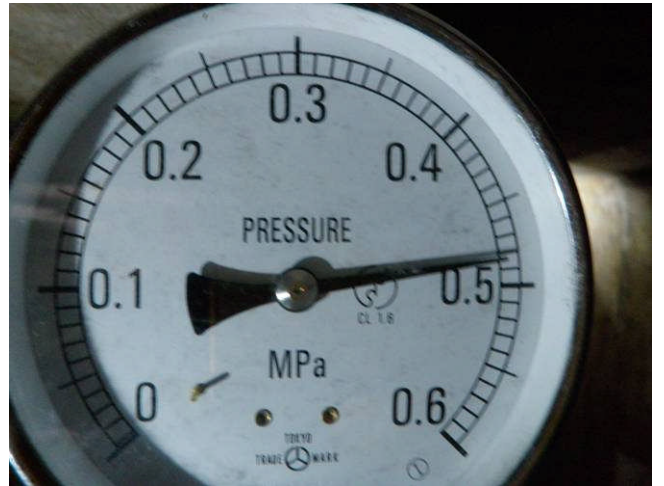


### 【水中ポンプの清掃】

水中ポンプを引き上げ、ストレーナー、フランジを外し、ストレーナー、フランジ、ポンプの回転翼に付着したゴミや泥を清掃。



【清掃後の電流計、圧力計、流量計の表示】





### (3-2) 取水ポンプメンテナンスで分かったこと

#### 1) ポンプ銘板から

- ポンプ仕様； $\phi 100 \times 0.8$  (No. 2=0.9) m<sup>3</sup>/min  $\times$  37mH  $\times$  11kw  $\times$  2 台
- 定格電流値；44A (200V  $\times$  11kw)
- 2 台運転時の所定流量；0.8+0.9=1.7m<sup>3</sup>/min

#### 2) ポンプ引き上げ時の状況から

- ポンプ吸込み部と管内壁に陶土状の泥が付着していた。

#### 3) ポンプメンテ前後のポンプ稼動状況

- 電流値・流量(計器指示値)・吐出圧共に、ほとんど変化なし
- 電流値から；定格電流値 44.0A に対しほぼ 45% の 20A を示していた
- 流量指示値から；所定流量 (1.7m<sup>3</sup>/min) に対し、流量指示値 0.26m<sup>3</sup>/min (=7.7+7.7=15.4m<sup>3</sup>/h) は、所定値の 15% である。
- 吐出圧から；吐出圧は、概ね 0.48MPa (=約 50m 水柱) を示しており、**ポンプ銘板の 37m を大きく上回る管の損失水頭がかかっている。**



### (3-3) 所見

- 現状ポンプの稼動状況は、ポンプ井及び水中ポンプを清掃しても所定能力を発揮していない。
- この原因として、泥が管の内壁に堆積していることが考えられ、特に**曲がり部・弁類の装着部の目詰まり**が著しいためと推察される。

#### (4) 導水施設調査

##### (4-1) 実施の方法

メンテにもかかわらず所定流量が出ない原因として、導水管内の詰まりが考えられ、特に、旧取水ポンプ室と末端のバルブ室の曲がり配管への泥集積が懸念された。

旭川からの導水量の確保が千秋公園堀の水質改善を早急に実施できる現実的な対策と考えられ、所定通りの導水量確保するため、導水管施設調査(清掃管理)を実施した。

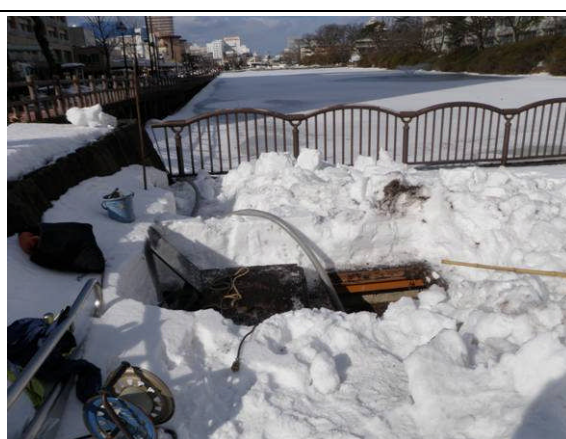
##### (4-4) 実施結果

実施状況を粘着性浮泥による下流側の送水管の目詰まり状況を把握するため、送水管の清掃点検を行った。実施状況を写真 2-1、写真 2-2 に示す。

- その結果、清掃時にかなりの量のスケールが排出されたが、清掃前後の送水量はほとんど変わらない結果となった。
- これは、送水管清掃が直管に付着したスケールの除去に限定され、曲管部分等のスケールが残り、結果的に配管損失水頭の減少幅が小さく水量増には至らなかったものと考えられる



取水ピット作業状況



放流ピット作業状況



取水ピット 管内目詰まり状況



取水ピット ポリピック挿入



取水ピット 流量計付近管内目詰まり状況



取水ピット ランチャー設置状況

写真 2-1 導水施設調査の実施状況(1)

平成 24 年 2 月 16～17 日、秋田市千秋公園の大手門堀・穴門堀



放流ピット No.1 洗管状況



放流ピット No.2 洗管状況



取水ピット 管内清掃後状況



放流ピット No.2 管内カメラ撮影



ポリピック摩耗状況



電流計 No.1 指示値上昇

写真 2-2 導水施設調査の実施状況 (2)

平成 24 年 2 月 16～17 日、秋田市千秋公園の大手門堀・穴門堀

### 3. 水質改善対策の基本方針

#### 3-1. 目標水質の検討

##### (1) 千秋公園の再整備計画

千秋公園は、久保田城築城から数えて 400 年、近代的公園として整備されてからも 100 年の長きにわたり、秋田市のシンボルとして市民と深く関わって来た。

秋田市では、この歴史を継承するとともに、豊かな自然環境を将来にわたって保全し、市の中心部に位置する公園として地域の活性化につなげる整備が必要であると考え、平成 9 年 2 月「千秋公園再整備基本計画」を策定し、「水と緑と歴史的資質を活かした市民による公園づくり」をテーマに掲げ再整備事業に取り組んでいる。(エラー! 参照元が見つかりません。)

この計画では、外堀(大手門堀・穴門堀)の整備について以下のように記述している。

##### 1) 基本的な考え方

- 石垣と天守閣を持たない久保田城において、堀の水は城跡としても千秋公園としても貴重な要素であり、秋田市の中心市街地にあって潤いのある貴重な自然要素となっている。
- 千秋公園の水景整備は、この外堀と内堀の保全と水質浄化をはじめ、本丸の滝・流れの再整備及び松下坂の滝の再生を行う。

##### 2) 文化ゾーンとしての整備

- 堀沿いの散策路と質の高い親水空間の創出。
- 景観との調和を図った建造物整備、水と緑整備 (外堀の水質浄化)。

##### 3) 水質浄化の方針

- 旭川からの取水とバツ気・循環による浄化
- 白鳥の糞害をなくすため、積極的な飼育は行わない方向で調整を図る
- ハスについては浄化作用が期待されるので、管理を現状どおり行う。

### お堀の水質浄化に対するニーズ

昭和 50 年ごろまでは千秋公園のお堀には貸しボートがあり、市民に利用されていた。

平成 19 年 4 月 24 日と 29 日に実施した「千秋公園のあり方に関する市民アンケート」結果によれば、

- 有効回答 500 票
- 「千秋公園で改善してほしいもの(複数回答)」の第一位は「堀の水をきれいにする」が 202 票と全回答数 912 の 22%を占めた。
- 有効回答の 40%、来訪者の 4 割がお堀の水質改善を望んでいることが分かった。

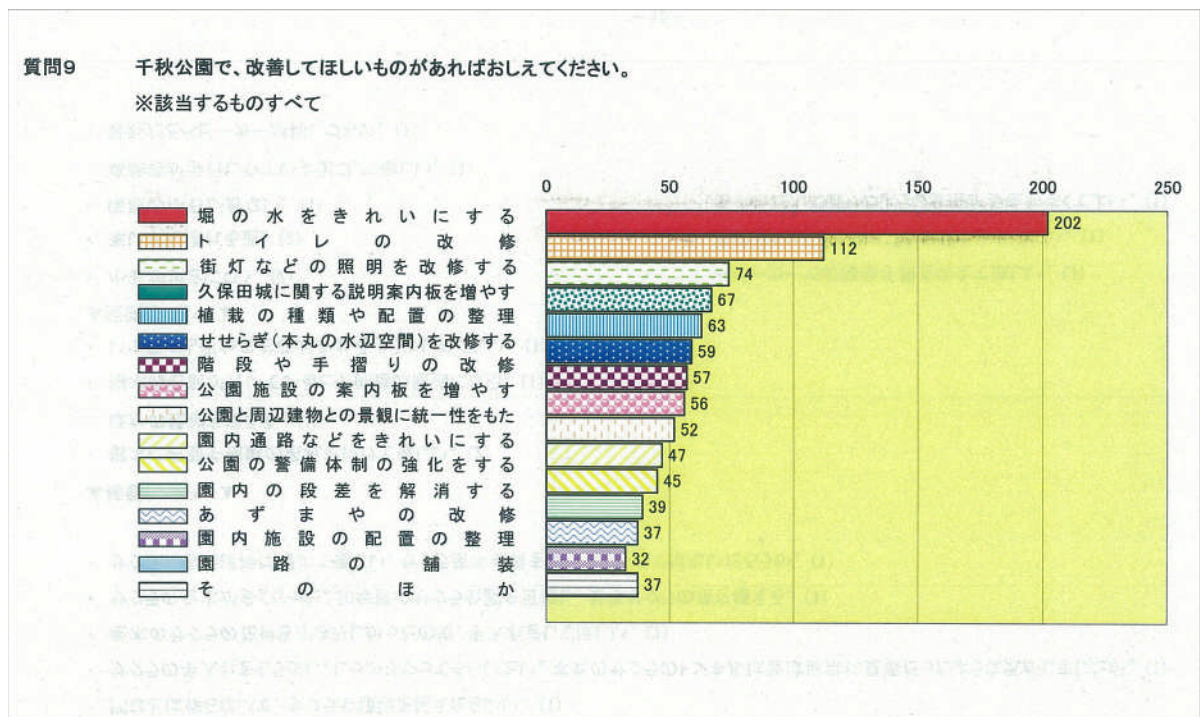


図 3-1 「千秋公園のあり方に関する市民アンケート」の結果(H19年4月)



写真 3-1 千秋公園のお堀での貸しボート(昭和 50 年、秋田市 HP より)

(2)水質目標の設定

1)お堀浄化の目標値設定事例

千秋公園については、昭和 55 年 10 月の「千秋公園堀の整備について」で、浄化計画の目標として表 3-1 に示した水質項目と目標値が設定されている。また、皇居、弘前城などにおける水質目標を表 3-2 に示す。

- 外観として透明度 0.5m 以上、もしくは透視度 50cm 以上を目標としている。
- 有機物による汚濁指標として COD 6mg/L 以下もしくは BOD 3mg/L 以下を目標としている。
- 皇居のお堀ではアオコ等の増殖を抑制するため、窒素・リン・クロロフィル a の目標を設定している。

表 3-1 過去の設定事例

水質項目	目標値
透視度	50cm以上
pH	6.5~8.5
DO	7.5mg/L以上
COD	5mg/L以下
BOD	5mg/L以下
SS	15mg/L以下

※ 千秋公園堀の整備について(昭和 55 年 10 月)：Ⅱ浄化の計画(1)浄化目標より

表 3-2 お堀の水質浄化対策における水質目標の設定事例

資料・事業 項目	穴門堀 大手門堀	皇居外苑濠	鶴ヶ城公園 お濠	篠山城濠	彦根城堀	城址公園 お堀	弘前城西濠	城内川
	千秋公園堀 の整備につ いて	皇居外苑濠 管理方針等 の策定	水環境改善 総合計画	篠山城濠 浄化事業	彦根城 浄化事業	アメニティ下 水道モデル 事業	弘前公園周 辺の水質等 の	城内川河川 浄化事業
	昭和55年10月	環境省 平成22年4月	会津若松 建設事務所 平成9年	兵庫県 篠山市 平成14年	滋賀県 彦根市 平成14年	大分県 大分市 昭和62年	弘前市・青森 河川国道事 務所・津軽ダ ム工事事務 平成20年	福岡県 北九州市 平成6年
透明度 (m)		1以上		1.2以上	0.5以上			
透視度 (cm)	50以上		50以上			70以上		
pH	6.5~8.5							
DO (mg/L)	7.5以上							
COD (mg/L)	5以下	6以下		5以下	5以下			
BOD (mg/L)	5以下		3以下				2以下	3以下
SS (mg/L)	15以下							
T-N (mg/L)		0.7以下						
T-P (mg/L)		0.05以下						
クロロフィルa (μg/L)		30以下			60以下			
色度 (度)						10以下		

## 2) 水質浄化の目標設定

千秋公園のお堀(大手門堀・穴門堀)に対する市民のニーズや利用目的、水質悪化の現状を踏まえ、水質浄化の目標(案)を表 3-3 のように設定した。

- 水質浄化対策をハード・ソフトの両面から総合的に実施することで得られる**計画目標**とそこに至るまでの**当面目標**の2段階を設定する。
- 水辺の景観や水面や水への接近接触を考慮し、「透明感のあるお堀」「アオコの発生や悪臭がないお堀」を目標とする。
- 「透明感のあるお堀」の目標水質を透明度・透視度、補助水質項目をSSとする。
- 「アオコの発生や悪臭がないお堀」の目標水質をCOD、補助水質項目を藻類の発生状況(クロロフィルa)及び臭いとする。

表 3-3 水質浄化の目標(案)

目標	水質項目	当面目標値	計画目標値
透明感のあるお堀	透明度	0.6m 以上	1.0m 以上
	透視度	25cm 以上	50cm 以上
	SS	20mg/L 以下	10mg/L 以下
アオコ発生や異臭がないお堀	COD	7mg/L 以下	5mg/L 以下
	アオコ発生抑制 (クロロフィルa)	アオコ発生抑制 (50 μg/L 以下)	アオコ発生無し (25 μg/L 以下)
	臭い	異臭がない	異臭がない

## (4) お堀の水質が悪化する原因

お堀では、①濁りや透明感の低下による景観の悪化、②着色や藻臭の発生による親水性の低下が5月～10月を主に毎年起こっている。(写真 3-2 を参照)

その原因は図 3-2 の様に整理することができる。

- 植物プランクトンの増殖と沈殿物の巻き上げによる濁りと透明度の低下



- 植物プランクトンの増殖による着色、異臭の発生

取水している旭川の T-N・T-P 濃度は低く、滞留時間が長くなると栄養塩が枯渇して植物プランクトンの増殖抑制が期待できる。

ところが、大手門堀・穴門堀は以下の理由により栄養塩は枯渇しにくい。

- お堀にはコイや水鳥が生息しており、来園者による給餌と排泄物によりお堀に栄養塩が供給される。
- 水深が浅く底に沈殿した泥の巻き上げにより窒素・リンが水中に供給される。

このため、水温が高くなる時期に植物プランクトン(藍藻類など)が増殖し、お堀の水質が悪化することを繰り返している。

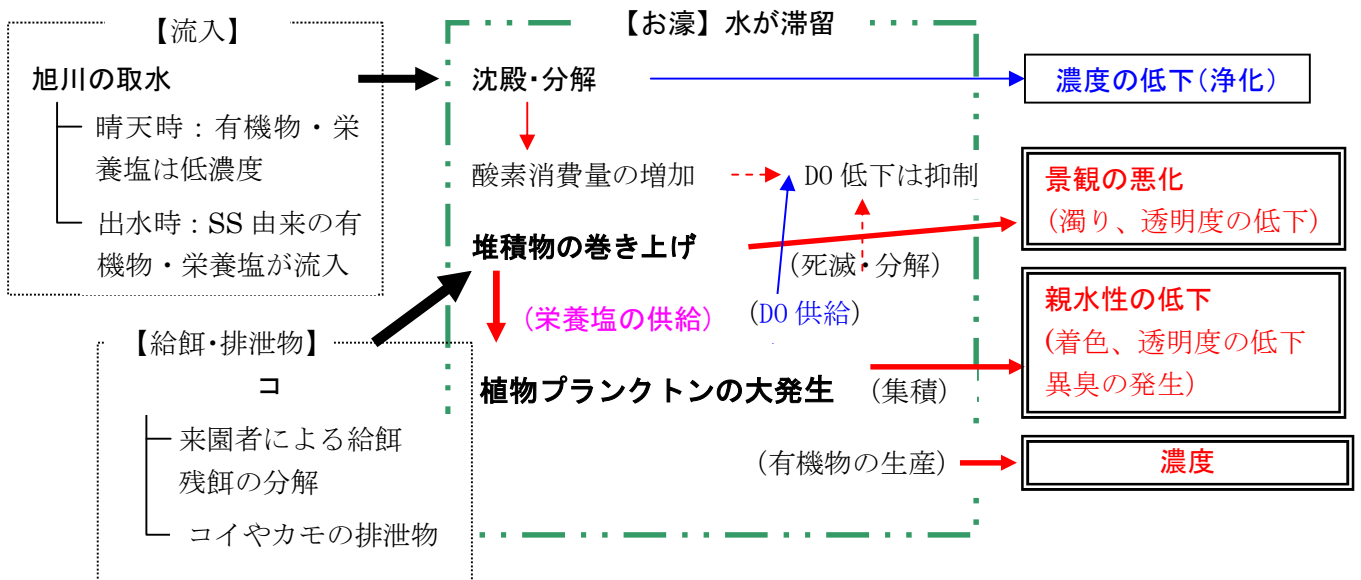


図 3-2 お堀(大手門堀・穴門堀)の水質悪化の模式図



流入水(旭川)  
: 透視度 50cm 以上

大手門堀  
: 透視度 15cm  
底泥の巻き上げによる濁り



穴門堀  
: 透明度 0.5m、透視度 20cm  
コイ、カモが生息  
: 藻類の増殖により緑褐色



穴門堀流出水  
: 透視度 20cm

写真 3-2 流入水・大手門堀・穴門堀・流出の水質状況(平成 23 年 9~10 月)

### 3-2. 原因・原理別の対策の方向性

#### (1) 大手門堀の水質浄化対策

大手門堀の水質悪化は、底泥の巻き上げと植物プランクトンの増殖が原因であり、特に、底泥の巻き上げによる濁り(SSの増加)の影響が大きい。

- ①平均水深 0.8m(0.3~1.2m)と浅く泥が堆積している。
- ②水の滞留時間は54日と植物プランクトンが増殖する十分な時間がある。
- ③風による吹送流やコイやフナの活動により泥が巻き上げられている。

従って、大手門堀では底泥の巻き上げを抑制することが第一番目の対策、その次ぎが植物プランクトンの増殖抑制対策となる。

#### (1-1) 底泥の巻き上げ防止対策

底泥の巻き上げ防止対策としては以下の対策が考えられる。

- 底泥が巻き上がらないよう水深を深く  
→滞留時間が長くなり植物プランクトンが増殖しやすくなる点に留意。
- 堀でなく水路する  
→泥が堆積し巻き上がらないように水路にしてしまう。  
→堀の景観が大幅に変化するため採用は難しい。
- 底泥を除去する。  
→大々的な浚渫工事は費用が嵩み実施が難しい。  
→ハスの刈り取りに時に干し上げ、表面の浮泥を除去する。
- **ハスによる巻き上げの防止**  
→堀に生育しているハスが底泥の巻き上げ防止に貢献している。
- **成長したコイやフナなどの除去**  
→ハスの刈り取りに時に干し上げ、大型のコイ・フナなどを捕獲除去する。
- 巻き上がったSSを除去  
→凝集沈殿・ろ過などの水処理施設によって除去できる。実施するためには相応の建設費と維持管理費が必要である。

#### (1-2) 植物プランクトンの増殖抑制対策

植物プランクトンの増殖抑制対策としては以下の対策が考えられ、底泥の巻き上げ防止対策と共通する部分が多い。

- 植物プランクトンが増殖しないように滞留時間を短縮  
→滞留時間が5日以下になるように**旭川からの導水量を多くする**。  
→池を小さくし水路にする。堀の景観が変化するため水路までの改変は難しい。
- 底泥除去による栄養塩回帰の減少  
→大々的な浚渫工事は費用が嵩み実施が難しい。  
→ハスの刈り取りに時に干し上げ、表面の浮泥を除去する。

- **ハスによる巻き上げの防止・遮光**  
 →堀に生育しているハスが底泥の巻き上げ防止することで栄養塩の回帰を抑制。  
 →遮光により植物プランクトンの増殖を抑制。これまでの知見では水面積の1/3をハスで覆うことで、遮光による効果が期待できる。
- **成長したコイやフナなどの除去**  
 →ハスの刈り取りに時に干し上げ、大型のコイ・フナなどを捕獲除去する。  
 →泥の巻き上げに加え排泄物の減少による効果も期待できる。
- **巻き上がったSS・植物プランクトン・栄養塩の直接除去**  
 →凝集沈殿・ろ過などの水処理施設によって巻き上がったSS・植物プランクトン・栄養塩を除去することから、大幅な水質改善が可能である。  
 →ただし、効果を得るために適切な施設とその維持管理が不可欠であり、相応の建設費と維持管理費の負担が必要となる。

## (2) 穴門堀

穴門堀は植物プランクトンが増殖するに適した条件を兼ね備えており、水質悪化は植物プランクトンが増殖することによる直接的間接的な水質変化が原因となっている。

①平均水深1.8m(1.5～2.5m)と底まで光が届く

②水の滞留時間は54日とで植物プランクトンが増殖する十分な時間がある。

③大手門堀から流入、コイ・フナ・水鳥の排泄物や残餌により十分な栄養塩が供給される。

従って、穴門堀では植物プランクトンの増殖を抑制することが対策の根幹となる。

- **植物プランクトンが増殖しないように滞留時間を短縮**  
 →滞留時間が5～10日以下になるように**旭川からの導水量を多くする**。  
 →池の滞留時間は5日以下が望ましいが、導水量だけで短縮が難しい場合は、水質が悪化する6～9月の渇水時には水深を浅くできるような工夫をする。  
 →この場合は、堀の景観変化や利用の制限が生じることから、恒常的ではなく、緊急時の臨時的な対応とすべきである。
- **底泥除去による栄養塩回帰の減少**  
 →大々的な浚渫工事は費用が嵩み実施が難しい。  
 →堀の維持管理・イベントの一環として干し上げを行い、その際に表面の浮泥除去を実施する。
- **植生帯や人工物による遮光**  
 →遮光により植物プランクトンの増殖を抑制する。  
 →これまでの知見では水面積の1/3を覆うことで、遮光による植物プランクトンの増殖抑制効果が期待できる。

- **成長したコイやフナなどの除去**
  - 堀の干し上げ時に大型のコイやフナなどを捕獲除去する。
  - 有機物の取り出し及び排泄物の減少による効果も期待できる。
- **巻き上がったSS・植物プランクトン・栄養塩の直接除去**
  - 凝集沈殿・ろ過などの水処理施設によって巻き上がったSS・植物プランクトン・栄養塩を除去することから、大幅な水質改善が可能である。
  - ただし、効果を得るために適切な施設とその維持管理が不可欠であり、相応の建設費と維持管理費の負担が必要となる。
- **水鳥や魚への給餌の禁止**
  - 穴門堀にはカモ等の水鳥やコイやフナなどの魚が生息しており、来訪者はそれらに給餌をしている。
  - 残餌の分解によるDO低下や栄養塩(窒素・リン)の水中への回帰による植物プランクトン増殖による水質悪化を抑制するため、水鳥や魚への給餌を禁止する。

### (3) お堀への適用

以上より、千秋公園のお堀(大手門堀・穴門堀)に適用する浄化対策を比較整理し、**エラー! 参照元が見つかりません。**に示す。

#### 1) 現在の対応策を継続増強する施策

- 旭川から取水しお堀に導水
- 大手門堀でのハス栽培とその管理

#### 2) 今後実施する必要がある施策

- お堀でのコイ・フナや水鳥への給餌の禁止
- お堀の干し上げ、コイ・フナの捕獲除去 →イベントとして実施

### 3-3. 導水による水質改善の可能性

#### (1) 堀の滞留時間

大手門堀及び穴門堀の水量をそれぞれ 11,184m<sup>3</sup>、24,346m<sup>3</sup>、流入量を 450m<sup>3</sup>/日とすると、堀の滞留時間はそれぞれ 25 日、54 日、合計で 79 日となる。

一方、設計値通りの流入水量(2,330m<sup>3</sup>/日)が確保できれば、大手門堀及び穴門堀の滞留時間はそれぞれ 5 日、10 日、合計で 15 日となる。

	面積(m <sup>2</sup> )	水量(m <sup>3</sup> )	平均水深(m)	流入量(m <sup>3</sup> /日)	滞留時間(日)
大手門堀	13553	11184	0.825	450	24.9
穴門堀	13903	24346	1.751	450	54.1
現状					79.0
大手門堀	13553	11184	0.825	2330	4.8
穴門堀	13903	24346	1.751	2330	10.4
設計値 (ポンプ2台 : 1.62m <sup>3</sup> /min)					15.2
大手門堀	13553	11184	0.825	1166	9.6
穴門堀	13903	24346	1.751	1166	20.9
設計値 (ポンプ1台 : 0.81m <sup>3</sup> /min)					30.5

※ 堀の水量は既往資料の値を採用した。

※※10/18 の測定では大手門堀は平均水深 0.65m(0.3~1.0m)、穴門堀は平均 1.7m(1.5~2.1m)

(2) 滞留時間と水質の関係

滞留時間の短くすることによって滞留時間が変化した、A池とBお堀について滞留期間とクロロフィルaの関係を図3-3に示す。

- 滞留時間に比例してクロロフィルaが増加、滞留時間20日までは直線的に増加。
- A池では滞留時間が30日～40日でクロロフィルa増加がピーク、その後は減少。
- Bお堀では20日でもまだ増殖しており、栄養塩が枯渇しにくいことが分かる。

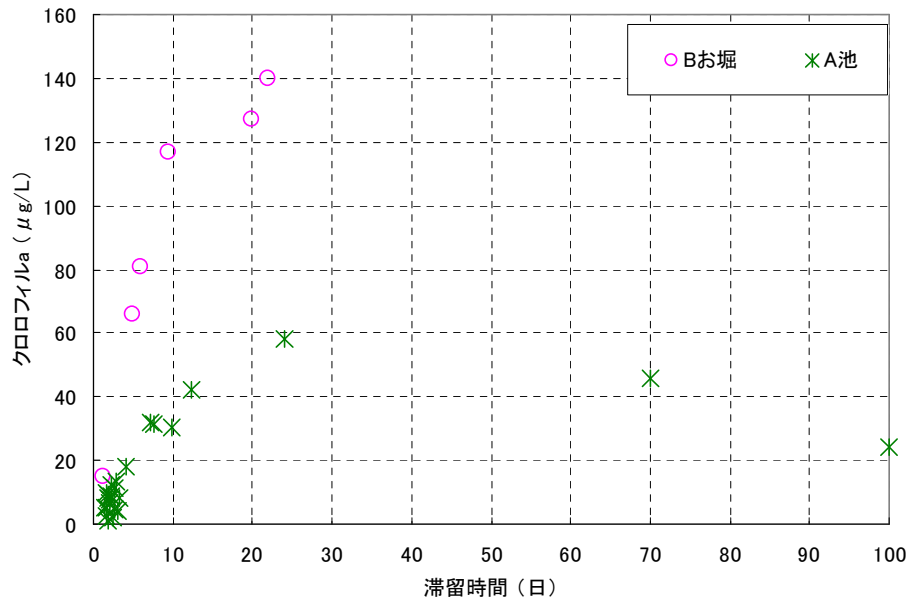


図 3-3 A池・Bお堀における滞留時間とクロロフィルaの関係

表 3-4 導水による水質改善の実施例

実施対象	導水量	日導水量	容量	滞留時間	水源	備考
	m3/s	m3/日	(m3)	(日)		
千秋公園お堀	0.027	2330	35500	15	河川水(旭川)	設計値
			11200	4.8		大手門堀単独
			24300	10.4		穴門堀単独
	0.005	450	35500	78.9		実績
会津若市松鶴ヶ城お堀	0.3	25920	53000	2.0	猪苗代湖	実施中
郡山市開成山公園五十鈴湖	0.049	4230	28800	6.8	河川水(猪苗代湖)	計画
北九州市小倉城お堀	0.04	3500	17500	5	小熊野川	設計値
大分市城址公園お堀	0.081	7000	28000	4.0	下水高度処理水	実績
	0.104	9000	28000	3.1	下水高度処理水	設計値
広島市堀川(広島内堀)	0.278	24000	70000	2.9	旧太田川	設計値
手賀沼	10	864000	5600000	6.5	河川水(利根川)	実施中

(3) 滞留時間短縮による水質改善効果の予測

1) お堀の負荷収支

取水量と滞留時間	旭川	大手門堀		穴門堀	
	取水量 (m <sup>3</sup> /日)	容量 (m <sup>3</sup> )	滞留時間 (日)	容量 (m <sup>3</sup> )	滞留時間 (日)
現況	400	11,200	28.0	24,300	60.8
改善※	2,320		4.8		10.5

※ポンプ能力の取水

水質 (mg/L)	旭川	大手門堀		穴門堀	
	① 水質	② 水質	①-② 濃度変化	③ 水質	②-③ 濃度変化
COD	4.0	8.0	+4.0	9.5	+1.5
T-N	0.50	0.58	+0.08	0.65	+0.07
T-P	0.030	0.075	+0.045	0.083	+0.008

負荷量 (kg)	大手門堀			穴門堀		
	① 取水負荷量	② 現存量	①-② 変化量	③ 取水負荷量	④ 現存量	③-④ 変化量
COD	44.8	89.6	+44.8	194.6	230.9	+36.3
T-N	5.6	6.5	+0.9	14.1	15.8	+1.7
T-P	0.34	0.84	+0.50	1.80	2.02	+0.22

※ 取水負荷量とは堀の水が1回入れ替わる間に堀に入る栄養塩負荷量

※ ①取水負荷量=旭川水質×日取水量×大手門堀滞留時間

※ ③取水負荷量=大手門堀水質×日取水量×穴門堀滞留時間

※ 現存量=堀水質×堀容量

2) お堀における負荷の増加量

日負荷量 (kg/日)	大手門堀	穴門堀
COD	1.6	1.8
T-N	0.03	0.09
T-P	0.018	0.011

※ 日負荷量=変化量÷滞留時間

3) 滞留改善による水質変化の予測 (試算)

水質 (mg/L)	旭川	大手門堀		穴門堀	
		現況 滞留時間28日	予測 滞留時間4.8日	現況 滞留時間60.8日	予測 滞留時間10.5日
COD	4.0	8.0	4.7	9.5	5.5
T-N	0.50	0.58	0.51	0.65	0.55
T-P	0.030	0.075	0.038	0.083	0.042

※ 大手門堀予測水質=取水水質(旭川水質)+日負荷量×滞留時間÷堀容量

※ 穴門堀予測水質=取水水質(大手門堀予測水質)+日負荷量×滞留時間÷堀容量



#### 4) 透明度・透視度の推定

既往の水質調査結果より、COD・SS と透明度・透視度の関係は図 3-4 のように表現することができる。この図を用い、COD が低下した時の透明度と透視度を推定した。

- COD が 6mg/L の時の透明度は 0.7m、透視度は 35cm となる。
- COD が 5mg/L の時の透明度は 1.0m、透視度は 50cm となる。

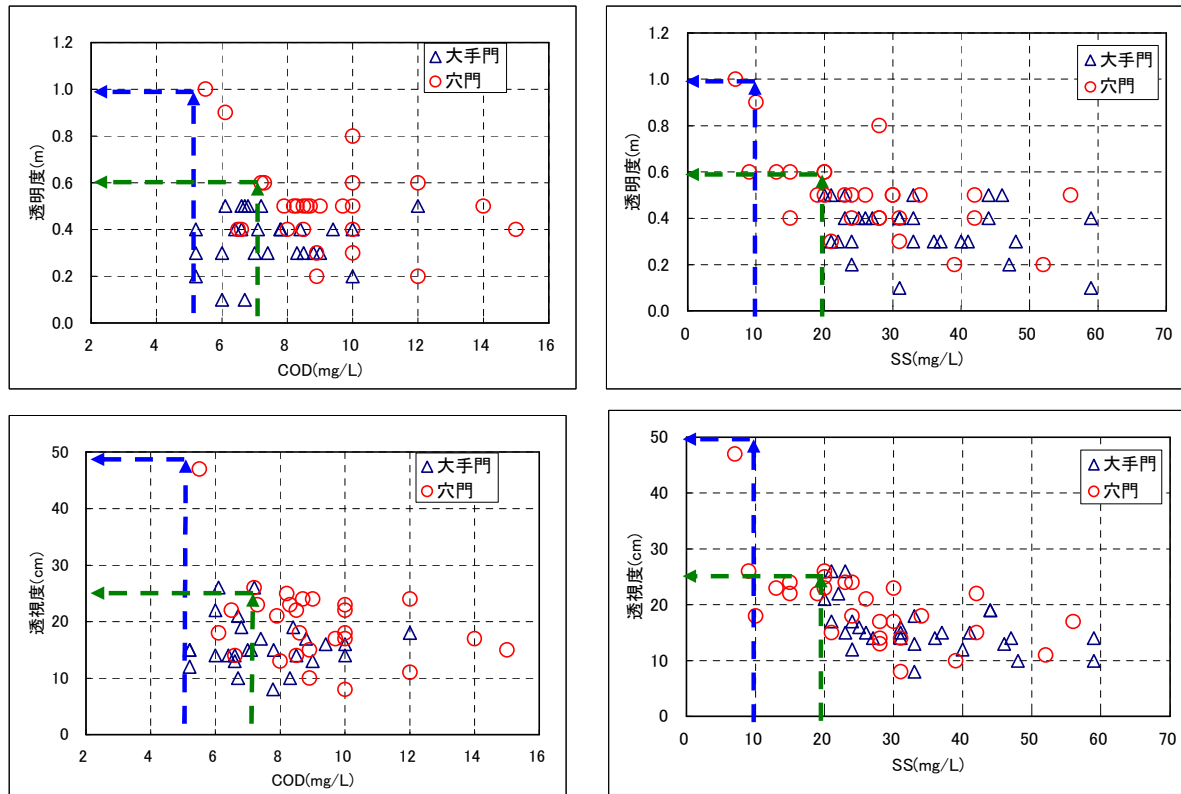


図 3-4 COD・SS と透明度・透視度の関係

※大手門堀と穴門堀の水質調査結果より作成