

寒冷地水域の水質改善のための導水効果の検証

RESEARCH ON THE EFFECT OF INTRODUCING WATER FOR WATER QUALITY IMPROVEMENT IN A COLD REGION

杉原幸樹¹・中津川誠²

Kouki SUGIHARA, Makoto NAKATSUGAWA

¹正会員 理修 (株) 福田水文センター (〒001-0024 北海道札幌市北区北24条西15丁目2-5)

²正会員 博士 (工学) 室蘭工業大学 大学院工学研究科 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1)

In the Barato River, eutrophication has been occurring because of urban effluent and river cutoff improvements. To improve the water quality, additional water has been conveyed into the Barato River since 2007. This study aims to evaluate the effects of such conveyance on water quality. At the Jyobukobon, BOD was found to increase by conveyance from the Sosei River and to decrease by conveyance from the Ishikari River. At the Tarukawa-Goryumae, BOD was found to decrease slightly by water conveyance from the Sosei River but to show no clear changes in the year after conveyance from the Ishikari River. To evaluate the effects of water conveyance, an ecosystem model was developed that enables year-round predictions, including for the freezing season. A water quality simulation for four consecutive years estimated a decrease in BOD by about 1.0 mg/L at the Jyobukobon and about 0.6 mg/L at the Tarukawa-Goryumae. Also, nitrogen density was estimated to decrease by water conveyance.

Key Words : *Water Conveyance, Water Quality, Ecosystem model, Barato River*

1. はじめに

都市化に伴い、流末水域や停滞性水域において水質汚濁が進行し、それらの水質改善のため流入負荷の削減が一定の効果をあげている¹⁾。しかし、負荷削減にも限界があり、さらなる水質改善のためには、底質改善や流況改善などの対策が必要となる。流況改善対策として、導水に注目すると、各地²⁾⁶⁾で浄化用水の導水が行われ、これら導水による水質の改善効果について、観測・検証が行われている。また、天野ら⁷⁾は印旛沼に導水を行った場合のシミュレーションを複数年行い、プランクトン比増殖速度を上回る回転率で通年の導水により、クロロフィルaの改善効果が得られると報告している。これらの結果から導水中には水質の改善が見られるが、導水の継続効果についての検証例はみられない。また、導水の停止により改善効果が消失する傾向や、導水により、汚濁水が流下するため、下流側の水質がさらに悪化する傾向がみられている。ここで、積雪寒冷地の水域では、結氷により通年での導水が困難な場合があり、断続的な導水による経年的な効果や、その検証の十分な検討はなされていない。

このため断続的な導水による効果を把握することが重要であり、さらに寒冷地では結氷期を経ることから、結氷

下の水質挙動を把握し、その影響を考慮する必要がある。

そこで、本研究は2007年より浄化用水の導水が継続されている茨戸川に注目し、導水による水質改善効果を検証することを目的とした。特に導水中の効果と導水を複数年行ったときの継続効果を明らかにすることを目指した。そのために、水質観測結果や導水量などのデータを整理し、現状の把握を行った。次に結氷を考慮した水質予測モデルを構築し、複数年の予測計算をおこない、断続的な導水の継続効果について検討した。

2. 対象流域

対象流域の茨戸川(図-1参照)は札幌市北部に位置し、石狩川のショートカットにより形成された延長約20km、平均川幅200m(最小部5m)、平均水深2.3m(最深部15m)で、平時の容量が約1,747万m³の水域である。茨戸川は2箇所の狭窄部(山口橋、観音橋)を有し、流動の阻害が起きている。さらに、下流部で志美運河を通じて石狩川と連結しており石狩川の背水影響、石狩湾の潮位影響を強く受けている。そのため、上部湖盆から生振3線に向かう流下方向の流れ(順流)と逆向きに溯上する流れ(逆流)を繰り返す水理構造を有し、滞留時間が8~20日の水域⁸⁾である。加

えて創成川、伏籠川から札幌市の下水処理排水が流入している。1980年からの公共用水域水質調査結果から生物学的酸素要求量(BOD)75%値の経年推移を図-2に示す。いずれの地点もかつては汚濁が進行していたが、1978～1999年にかけて行われた底泥の浚渫や1997年に下水処理場の高度処理設備が整備されてからは減少傾向が見られ、2000年以降は横ばいで推移している。

茨戸川のBODはクロロフィルa(Chl-a)と相関性が高く、プランクトンの内部生産が盛んで、局所的にアオコの発生がみられてきた。その対策として導水が計画された。2005年8月1日～8月21日に山口橋上流より石狩川河川水を1m³/sで24時間ポンプ導水した導水試験⁹⁾が行われた。2007年より段階的に本導水が行われ、導水事業の評価指標であるBODの改善効果を明確にする必要がある。

3. 導水の概要

現状で運用されている導水ルートは図-1に示す創成川ルート導水(以下、創成導水)と石狩川ルート導水(以下、石狩導水)であり、その概要を以下にまとめる。

①創成導水：2007年より創成川取水樋門から豊平川河川水を自然流下方式で取水し、創成川を経由して茨戸川に至る経路で実施されている。これまで、創成川の維持のため0.3m³/sを導水していたが、茨戸川浄化のため導水量を最大1.5m³/sまで増加させて運用している。

②石狩導水：2010年より石狩川導水樋門から石狩川河川水を自然流下方式で取水し、茨戸川最上流部に流入する経路で実施されている。石狩川導水樋門は石狩川への逆流防止、茨戸川への塩水流入防止を考慮し、ローラーゲート、オートゲート、塩水堰が設置されている。導水量は2010年実績では0～8m³/sの取水であった。

③導水実績：年間総導水量及び導水期間を表-1にまとめる。導水期間平均で創成導水量は0.69～1.05m³/s、石狩導水量は0.23m³/sに相当する。また、年間の総導水量は茨戸川の容量に対して71.69%～121.49%に相当する。他の事例^{2),3),4)}と比較すると、導水量自体は少なく、約1年で茨戸川の容量に相当する導水量となっていた。2007年以前の年間の創成導水量は茨戸川容量に対し約50%に相当し、2007年以降は導水量の増加により茨戸川河川水の交換が活発になっていることが推察される。

4. 観測結果

茨戸川における導水の経緯から2000～2004年の平均(導水のない状態)、2007～2009年の平均(創成導水のみ)の状態、2010年(石狩導水と創成導水共に実施された状態)の水質データを比較した。なお、データは水文水質データベース(国土交通省HP)及び北海道開発局で実施された調

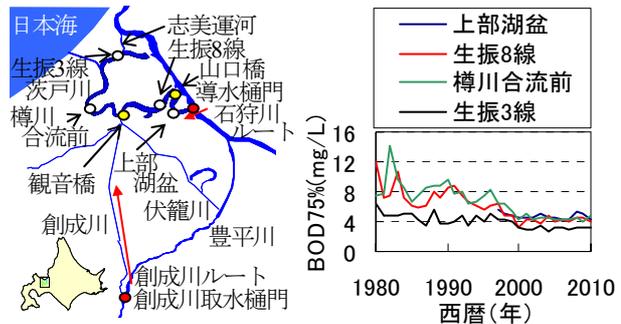


図-1 対象河川図

図-2 BOD75%値の推移

表-1 年間導水量の推移

	創成導水量 千m ³	導水期間	茨戸川容量に 対する導水量(%)
2007年	12524.1	8/20～11/30	71.69
2008年	17677.0	5/29～11/30	101.18
2009年	21224.3	5/22～11/30	121.49
2010年	15043.1	5/17～11/30	86.11

	石狩導水量 千m ³	導水期間	茨戸川容量に 対する導水量(%)
2010年	3545.1	6/1～11/30	20.29

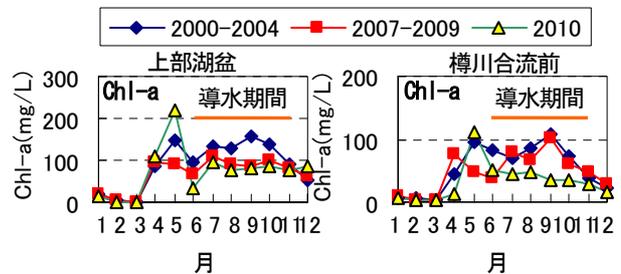


図-3 水質の年変動比較

査報告書^{10),11)}より入手した。図-1に示す石狩導水の導入口下流に位置する上部湖盆と茨戸川中流部にある樽川合流前の2地点に限定し、BOD、Chl-a、全窒素(T-N)、無機態窒素(I-N)、全リン(T-P)、無機態リン(I-P)について比較した。ここで、I-Nは硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニウム態窒素の合算、I-Pはオルトリン酸態リンを表す。

(1) 年周変動の変化

導水による年変動への影響を確認するため、図-3に上部湖盆と樽川合流前のChl-aの年周変動を示し、両地点に見られる特徴を以下にまとめる。

- ・導水期間の6月～11月は経年的に濃度が減少した。
- ・非導水期間の4月～5月は経年的にみると、濃度が減少した後、増加して一定した傾向を示さない。
- ・'00-'04年での9月の濃度上昇が2010年では消失した。
- ・2010年では5月の濃度が他年と比べて高くなった。

このように導水期間と非導水期間により年周変動の変化がみられ、差を定量化するため統計値として整理した。

(2) 上部湖盆での水質統計値の変化

上部湖盆での各水質項目の導水期間(6月～11月)にあたる6ヶ月の平均値、12ヶ月の平均値、BOD75%値の期間平均、石狩導水の導水原水の2010年の平均を表-2にまと

める。'07-'09と'00-'04の値の差を創成導水の効果、'10と'07-'09の値の差を石狩導水の効果、'10と'00-'04の値の差を2007年から創成導水や石狩導水を4年間継続した効果として比較した。6ヶ月平均の結果から導水期間中の変化として、以下の傾向が確認された。

- ・創成導水によりBODが増加し、他は減少する。
- ・石狩導水によりI-N, I-Pが増加し、他は減少する。
- ・4年間の導水を継続することでBOD 1.0mg/L, Chl-a 50 μ g/L, T-N 0.24mg/L, T-P 0.024mg/Lの濃度減少となり、I-N 0.1mg/L, I-P 0.003mg/Lの濃度増加となった。

この結果から導水により有機物の減少が顕著で、無機栄養塩の増加は石狩導水による負荷供給と藻類減少にともなう消費量の減少によるものと推察される。また、12ヶ月平均ではChl-aのように経年的に減少から増加に転じる項目もあり、図-3より非導水期の濃度が影響している。

(3) 樽川合流前での水質統計値の変化

表-3に樽川合流前の水質統計値と創成導水の2007年以降の原水の平均を示し、6ヶ月平均の傾向を以下に示す。

- ・創成導水によりI-Pは増加し、他の項目は減少した。
- ・石狩導水によりT-P, I-P, BODは増加し、他の項目は減少した。
- ・4年間の導水を継続することでBOD 0.3mg/L, Chl-a 35 μ g/L, T-N 0.97 mg/L, I-N 0.97mg/Lの濃度減少となり、T-P 0.006mg/L, I-P 0.009mg/Lの濃度増加となった。

樽川合流前ではT-N, I-Nの濃度減少が顕著であるが、T-P, I-Pは濃度が増加していた。導水原水水質と比較すると窒素、リンともに希釈されると推察される。しかし、I-Pは増加傾向となり、有機物の減少が顕著であることから、未消費のI-Pの蓄積が推定される。他の要因として流入SSや巻上げ供給の増加が想定されるが、検証できていない。また、12ヶ月平均ではChl-a, T-N, I-Nの経年的な減少、T-P, I-Pの経年的な増加が確認された。

(4) プランクトン組成の変化

図-4に樽川合流前での月毎のプランクトン現存量の組成比較図を示す。図中a, b, cは各々'00-'04年の平均、'07-'09年の平均、'10年の観測結果を表す。導水期間中の6月～9月は総現存量が経年的に減少し、特に7月、8月の藍藻(フォルミジウム)の減少が顕著である。また、各月の優先種は導水前後もほぼヒメマルケイソウであり、出現種はほぼ変化しなかった。なお、上部湖盆も同様の傾向であった。気象統計情報(気象庁HP, 石狩地点アメダス)より気温の平均は'00-'04年で9.8 $^{\circ}$ C、'07-'09年で9.43 $^{\circ}$ C、'10年で9.8 $^{\circ}$ Cであり、茨戸川への主な流入負荷源は下水処理排水¹²⁾で、排水放流量は年平均で3.3m³/sでほぼ変化はない。これより、気温は年々上昇傾向にあり、藻類増殖に有利であるが、図-4の6月～9月では藻類が年々減少し、導水の希釈や滞留時間短縮の影響が強いと推察される。

以上の結果から茨戸川の導水によるBODの減少効果は、

表-2 上部湖盆水質統計

		BOD	Chl-a	T-N	I-N	T-P	I-P	BOD75%
		mg/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
6ヶ月平均	'00-'04	4.9	124	1.52	0.09	0.124	0.012	-
	'07-'09	5.1	90	1.41	0.03	0.106	0.010	-
	'10	3.9	74	1.28	0.19	0.100	0.015	-
12ヶ月平均	'00-'04	3.6	87	1.69	0.56	0.098	0.016	4.6
	'07-'09	3.9	68	1.63	0.54	0.083	0.013	4.9
	'10	3.6	73	1.40	0.45	0.081	0.016	4.3
石狩導水原水		0.9	-	0.95	0.87	0.056	0.028	-

表-3 樽川合流前水質統計

		BOD	Chl-a	T-N	I-N	T-P	I-P	BOD75%
		mg/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
6ヶ月平均	'00-'04	4.4	76	4.53	3.60	0.106	0.018	-
	'07-'09	4.1	66	4.01	3.04	0.107	0.021	-
	'10	4.1	41	3.50	2.63	0.112	0.029	-
12ヶ月平均	'00-'04	4.1	53	5.47	4.67	0.114	0.035	4.6
	'07-'09	3.8	47	4.88	4.03	0.111	0.037	4.3
	'10	3.8	33	4.47	3.68	0.127	0.053	4.8
創成導水原水		0.8	-	0.40	0.31	0.012	0.008	4.8

■ 緑藻 ■ 珪藻 □ 黄色鞭毛藻 ■ クラフト藻 ■ 藍藻 ■ その他

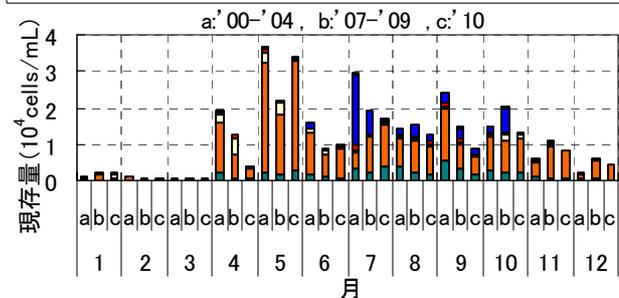


図-4 藻類組成比較図

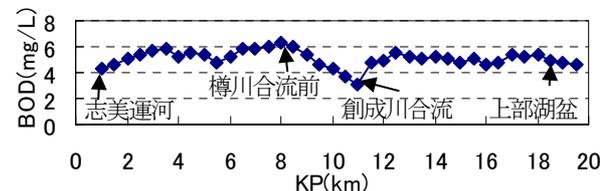


図-5 2009年BOD縦断分布

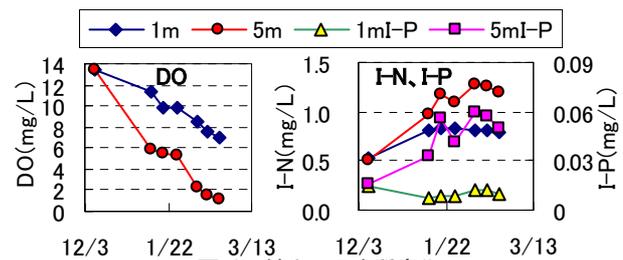


図-6 結氷下の水質変化

直接的な希釈と滞留時間の短縮による内部生産の減少に起因すると推察される。さらに、表-2、表-3からT-NやI-Nの減少、I-Pの増加が特徴的である。また、上部湖盆の創成導水によるBODの増加は、図-5に示す2009年11月4日に行われた縦断水質観測結果¹⁰⁾を参考すると、創成導水でKP 17付近の高濃度BODが上部湖盆に押し寄せられること、同様に樽川合流前での石狩導水によるBODの増加は石狩導水でKP11より上流の高濃度BODが押し出されることが原因と推察される。しかし、4年間の導水継続でBODの

6ヶ月平均は減少効果を示す。一方、BOD75%値の評価では非導水期間の水質が反映され、減少効果が低くなる。

ここで、図-6に2009年12月9日～2010年2月22日の結水下での上部湖盆における溶存酸素(DO)、I-N、I-Pの水質観測結果¹⁰⁾を示す。上部湖盆(全水深6m)の水深1m、5mでの経時変化から、下層からDOが減少し、嫌気溶出によりI-N、I-Pが供給され、解氷後の藻類増殖に影響すると推察される。図-3のChl-aも解氷後の導水が停止している4月～5月に高い値を示し、BOD75%値の増加要因となっている。そこで、経年的な導水影響を考慮すると、茨戸川の水質現象を再現でき、かつ、結氷影響を適切に評価できる水質予測が重要となる。予測により導水の有無による効果を見積り、導水の影響を評価することが可能となる。

5. 予測モデル

これまで、著者らは茨戸川の水質予測を行うため、鉛直2次元生態系モデルに氷の形成を加味したモデルを構築してきた。予測モデルの詳細は既報告^{8),9),12),13)}のため割愛するが、概要は対象水域を鉛直2次元メッシュ(水深方向0.5mと流下方向500m)に分割し、図-7に示す植物プランクトンを中心とした物質循環を各メッシュ内で想定した。

ここで、茨戸川の水質障害の要因がフォルミジウムなど浮遊性プランクトンであること、付着藻類調査が行われておらず、水質調査結果から付着性と浮遊性を区別できないため、付着藻類は考慮していない。また、表層のメッシュで図-8に示す熱移動を考慮し、表層温度(0℃以上は液体、0℃以下は固体として取り扱う)により、氷厚を0mか0.5mに固定化し、結氷を再現した。この際、水温0℃を閾値として水質算出項に巻上げ荷量=0、DOの再曝気供給量=0、透過光量=0、風速影響=0の条件を加えた。

気象条件や水位条件、導水量条件、負荷量条件を実測値をもとに与え、2007年1月1日～2010年12月31日までの再現計算を行った。上部湖盆と樽川合流前についての再現結果を図-9、図-10にBOD、I-N、I-Pに限定し、結果を示す。両地点、全ての項目で結氷を含め、複数年の再現ができた。

図-9より上部湖盆の2010年のBODは石狩導水に対応して年周変動が変化し、結氷期のI-N、I-Pはよく再現された。また、I-N、I-Pの計算値を直線回帰で近似すると4年間でI-Nは減少傾向、I-Pは増加傾向を示した。さらに、結氷期間中の溶出総量は年々減少する結果となった。著者らは冬季の気温上昇により、結氷期間が短縮され、栄養塩の溶出量が減少すると報告¹³⁾し、図-9において年々冬季のI-N、I-Pの溶出量が低下するのは気温上昇の影響と推察される。

図-10より樽川合流前では下水放流や支川流入の影響を強く受け、計算値では短期間の上下動が算出されている。しかし、I-N、I-Pは結氷期に濃度が増加し、夏季に減少する年周期の変動をよく再現し、直線回帰による年々のトレンドからI-Nが減少し、I-Pが増加する結果となった。

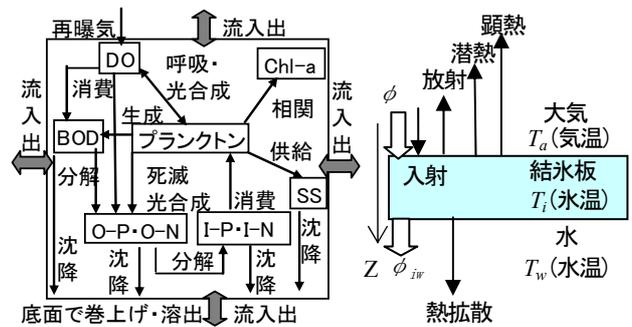


図-7 生態系モデル概念図 図-8 熱フラックス模式図

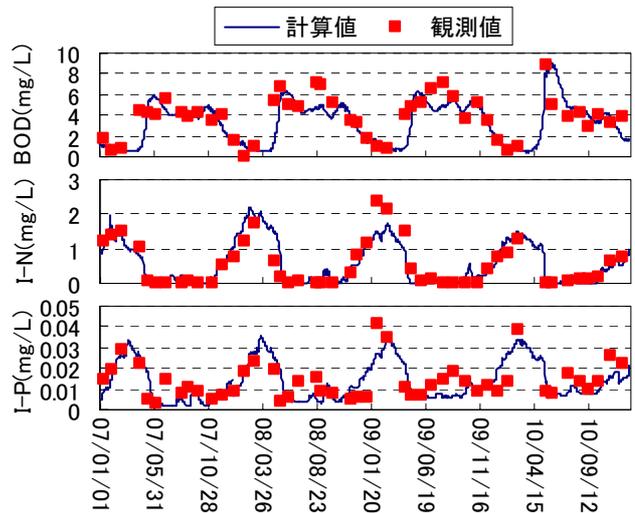


図-9 上部湖盆再現状況

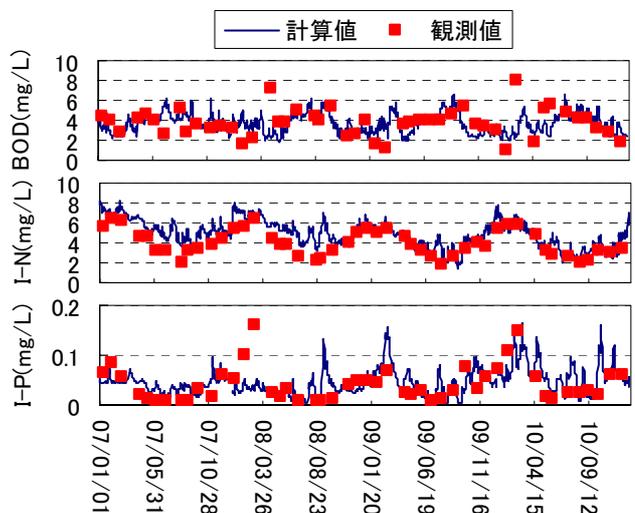


図-10 樽川合流前再現状況

6. 導水効果の試算

現状を再現できるモデルを構築し、越冬予測が可能となったため、導水の有無による長期間の水質予測を行い、導水による効果を試算した。変更条件は導水量と導水による流入負荷量の有無のみで、その他の条件は同一として予測計算を行った。つまり、2007年より創成導水や石狩導水を一切行わない仮定で予測計算を実施した。

まず、山口橋、観音橋、志美運河での自記式流向流速計

(アレック電子 Compact-EM)の30分間隔での連続観測結果^{10,11)}の流量と計算流量(出力間隔1時間)の6~11月の結果を導水状況毎に平均し、表-4で比較した。ここで、茨戸川の水利構造から導水で順流と逆流がどのように変化するかを確認するため、順流と逆流を各々に平均し、比較した。観測流量から導水開始後の2007年以降は'00-'04に比べ、山口橋や観音橋で順流、逆流ともに流量が増加し、狭窄部での交換が活発になり、滞留時間の短縮傾向を示唆した。一方で、志美運河では年々流出傾向が増加していた。

次に、計算結果の再現流量はほぼ観測流量と一致していた。導水無しの計算結果と比較すると、'07-'09の山口橋のように順流と逆流の合算は導水の有無によらずほぼ同値となるが、順流と逆流を分離することで導水により逆流量が増加していることがわかる。この結果から創成導水により観音橋の逆流量が増加し、石狩導水により上流から正味の順流量が増加する結果となった。

(1) 上部湖盆での予測結果

次に、計算値を月毎に平均し、再現計算結果から導水無しの試算結果を減じた値と月平均導水量を図-11に示す。水質変化量は導水の有無による濃度変化を表し、正值は導水により水質濃度が増加したこと、負値は導水により水質濃度が減少したことを表している。

図-11から2007年~2009年の創成導水中のBODの濃度減少は0~0.2mg/Lとなり、2010年の石狩導水中のBODは0~1.4mg/Lの濃度減少を示した。このとき、石狩導水の導水量が多いほど減少量が大きくなった。

I-Nは創成導水中にほぼ変化が見られず、石狩導水により濃度が減少する結果となった。これは、石狩導水と下流側(生振8線側)のI-N濃度は、上部湖盆のI-N濃度より高いが、逆流による負荷量が石狩導水による負荷量より高いため、導水によって順流が卓越すると上部湖盆への流入負荷量が減少する⁹⁾ことから、I-N濃度の計算値が減少する結果となる。観測結果とは逆の挙動となり、その要因は、計算上は大気からの窒素供給を考慮していないこと、順流傾向を過大評価している(表-4)こと、実態上は内部生産の減少によるI-N消費の減少などが考えられる。この結果から、計算上はたとえ導水負荷を供給しても、逆流負荷を上回らない限り、I-Nは増加しないことが示唆される。

I-Pは創成導水中にほぼ変化が見られず、石狩導水により濃度が増加する結果となり、観測結果と一致した。これは内部生産の抑制により消費されずに濃度が増加することと導水による負荷供給の結果である。なお、上部湖盆は窒素律速の内部生産形態¹²⁾であり、リン律速の内部生産に転換した場合でも、夏季のI-N濃度が低く、I-N負荷が低下する限りBODは増加しないと想定される。

(2) 樽川合流前での予測結果

図-11から創成導水中のBOD濃度の減少は0~1.0mg/Lで導水量の増加に伴って、減少量も大きくなる。石狩導水

表-4 流量統計の比較

		観測流量		再現流量		導水無し流量	
		順流	逆流	順流	逆流	順流	逆流
		m ³ /s					
'00 ~ '04	山口橋	1.1	-0.6	-	-	-	-
	観音橋	4.1	-3.1	-	-	-	-
	志美運河	15.2	-7.9	-	-	-	-
'07 ~ '09	山口橋	2.6	-1.8	2.0	-1.5	1.6	-1.1
	観音橋	7.3	-6.4	6.9	-6.1	6.0	-5.2
	志美運河	25.7	-19.5	25.5	-19.8	24.8	-20.4
'10	山口橋	2.8	-1.9	2.9	-1.6	2.5	-1.9
	観音橋	6.8	-6.2	7.1	-5.8	6.5	-5.8
	志美運河	37.6	-15.5	36.9	-16.9	34.9	-17.8

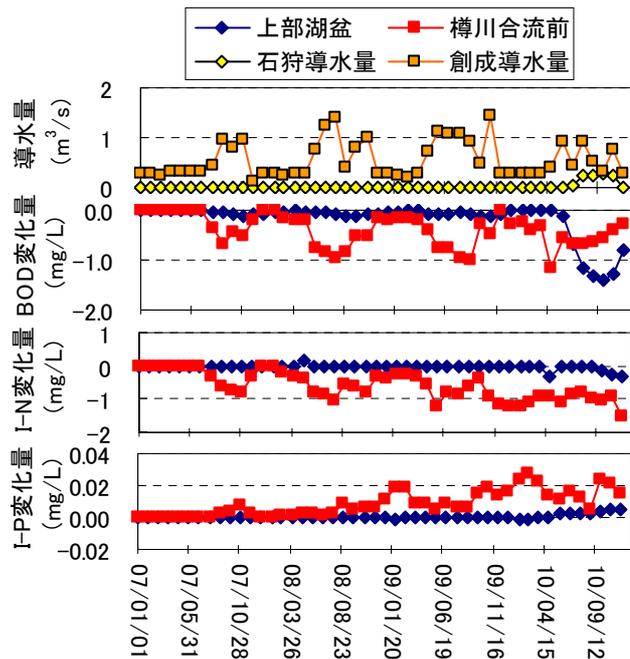


図-11 導水前に対する導水後の水質変化量

中のBOD濃度減少は0~0.8mg/Lで、石狩導水により若干、減少量が小さくなった。注目すべきは2008年から2009年の冬期間に濃度減少の効果が消失せず、次年度に繰り越される結果である。このため経年的な減少傾向がみられ、直線回帰の傾きから0.11mg/L/yearの継続効果となった。

I-Nは導水量に応じた下水排水の希釈と順流の卓越によって上流側の濃度が低いI-Nが流下することで濃度が減少する結果となり、観測結果の傾向と一致した。また、継続効果は0.25mg/L/yearの低下となった。

I-Pは下水排水を加味した導水原水が茨戸川のI-P濃度より高く、負荷供給となること、内部生産抑制による未消費分の蓄積、導水で沈降量が減少⁹⁾することで増加する結果となる。この結果は観測結果と一致した。また、継続効果は0.0037mg/L/yearの上昇となった。

以上の結果、導水による窒素の濃度減少が内部生産に影響し、BODの継続的な濃度減少に連動すると考えられる。また、導水による直接的な希釈効果に加え、複数年の継続で、さらなる減少効果が得られた。なお、樽川合流前ではI-Nが過剰に存在し、I-Pの増加はBODの増加要因と

なり、今後は、その影響を計算結果を含めて確認する必要がある。

(4) BOD75%値の比較

行政上の目標はBOD75%値で設定されることが多い、そこで、計算結果について月平均値から各年のBOD75%値を見積もった。表-5、表-6に再現計算と導水無し試算および計算上の導水による減少量、観測値との比較をまとめる。両地点とも観測値と再現計算のBOD75%はおおよそ傾向が一致していた。このとき、導水無し試算の結果は両地点とも年々増加しており、気温上昇による内部生産の増加と考えられる。このため、再現計算のBOD75%値も気温上昇の影響を受けて増加傾向を示し、導水による減少効果が相殺されたとみられる。この結果より本研究で構築したモデルにより、結氷や導水、気象などの影響を考慮することで、実現象を確認できた。

また、4年間導水を行ったときのBODの減少効果は上部湖盆で1.04mg/L、樽川合流前で0.63mg/Lと推定される。これは、観測値からの改善量とほぼ一致した。ただし、樽川合流前では、やや効果を過大評価しており、図-10の2010年5月頃のBOD計算値は観測値との差が大きくなっており、今後は解氷時の水質挙動を確認する必要がある。

以上の結果から、創成導水、石狩導水により茨戸川のBODは観測上も計算上もおおよそ1mg/Lの減少効果があることが明らかとなった。しかし、気温上昇等の要因により単年度毎の観測値(特にBOD75%値)に減少効果が表れない可能性も示唆された。一方で、導水を継続することで、I-Nが経年的に減少し、内部生産の減少、BODの減少となる効果が表れることがわかった。同時にI-P増加が確認され、石狩導水の継続とともに注視していく必要がある。

7. まとめ

本研究により得られた結果を以下にまとめる。

- ①観測値の解析から夏季のBODの減少効果は上部湖盆で1.0mg/L、樽川合流前で0.3mg/Lとなる。
- ②観測結果から結氷により導水停止やI-N、I-Pの溶出が起る。さらに気温上昇によりBODの減少効果が相殺されていることが確認された。
- ③観測結果から複数年の導水継続によりT-N、I-N、Chl-aが年々減少し、BODの減少となっている。
- ④上記の現象を予測計算により確認した。

寒冷地水質では気温上昇により結氷期間が短縮されると溶出量の減少となる。一方、解氷後は内部生産が活発となり水質悪化が想定される、これら相反する効果を本モデルを活用して、解氷期の水質挙動と気候変動の影響を解析し、より効果的な改善策のための一助としたい。

謝辞：本研究では北海道開発局札幌開発建設部河川計画

表-5 上部湖盆でのBOD75%値比較

	観測値	再現計算	導水なし試算	計算でのBOD減少量
2007年	4.20	4.25	4.29	-0.04
2008年	5.30	4.65	4.72	-0.06
2009年	5.20	4.94	5.01	-0.07
2010年	4.30	4.60	5.64	-1.04

表-6 樽川合流前でのBOD75%値比較

	観測値	再現計算	導水なし試算	計算でのBOD減少量
2007年	4.20	4.36	4.65	-0.29
2008年	4.50	4.62	4.72	-0.10
2009年	4.10	4.14	4.78	-0.64
2010年	4.80	4.52	5.16	-0.63

課よりデータを提供いただいた、ここに謝意を表する。

参考文献

- 1)吉川勝秀：流域都市論，鹿島出版会，2008。
- 2)山崎裕介，二瓶泰雄，猪爪高見，西村司：浄化用水量の変化が手賀沼の水質環境に及ぼす影響，河川技術論文集，第9巻，pp.505-510,2003。
- 3)竹内清文，柳沼昌浩，横山博保，富家雄一：河川浄化導水事業による水質改善効果評価に関する研究-綾瀬川・芝川における一考察-，河川環境総合研究所報告，第13号，pp.60-71,2007。
- 4)杉山広明，開地勇介，川本拓也，松尾直規：中川運河導水が堀川の水質に及ぼす影響に関する研究，土木学会年次講演会要旨集，第62巻，pp.2-146,2007。
- 5)中野晋，山下智，小津慶久，三井宏：導水による都市河川網の水質制御，水工学論文集，第35巻，pp.561-566,1991。
- 6)栃本味千代，前川勝郎，大久保博，大井章：導水による小牧川の水質改善について，農業土木学会全国大会講演要旨集，pp.474-475,2004。
- 7)天野邦彦，中西哲：富栄養化の進んだ湖沼における導水による水質改善に関する考察-印旛沼を事例にして-，水工学論文集，第52巻，pp.1267-1272, 2008。
- 8)濱原能成，加藤晃司，中津川誠：茨戸川の富栄養化に関する総合的解析その1-水収支，熱収支と流動の計算-，北海道開発土木研究所月報，No.613，pp.3-15, 2004。
- 9)杉原幸樹，中津川誠，秋山泰裕，坂井一治，益塚芳雄：茨戸川の水質改善に向けた導水効果の検証，河川技術論文集，第14巻，pp.491-496,2008。
- 10)北海道開発局札幌開発建設部：平成22年度 石狩川本支流水質調査外業務報告書，2011。
- 11)北海道開発局札幌開発建設部：茨戸川外水環境調査業務報告書，平成17年度～平成21年度。
- 12)杉原幸樹，濱原能成，加藤晃司，中津川誠：茨戸川の富栄養化に関する総合的解析その2-負荷収支の推定と生態系モデルによる水質シミュレーション-，北海道開発土木研究所月報，No.615，pp.10-24, 2004。
- 13)杉原幸樹，中津川誠，清治真人，結氷する停滞性水域の水質に対する気候変動の影響，水工学論文集，第54巻，pp.1525-1530,2010。

(2011. 9. 30受付)