

# 1 知多半島の水源転換に関する検討

## (2) 長良導水の管内滞留水に係る課題の検討

## 1 はじめに

長良川河口堰開門調査の実施に伴い長良導水を岩屋ダムに振り替えた場合の課題検討として、平成 26 年度に課題抽出及び検討を行い、開門調査を行う場合の導水管内滞留水の処分方法が課題となっている。

管内滞留水の水質が悪化した場合は多大な処分費が必要となるため、平成 27 年度は管内滞留水が時間経過によりどの程度悪化するかを把握するための原水水質調査を実施した。調査結果（下表のとおり。）では、臭気について検体ごとに異なったり、根拠の特定されない数値の挙動を示しており、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会利水チームから、サンプルの取り方等に課題があるとの見解が示された。

### ○採取日当日

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	1	検体 No	2	検体 No
水温	℃	6月22日		24.7			
電気伝導度	mS/m			12.9			
pH値				7.2			
臭気				厨芥臭	厨芥臭	厨芥臭	
（臭気強度）				-	-	-	
2-MIB	ng/L			2.2	1.8	2.0	
ジェオスミン	ng/L			4.1	3.7	5.1	
アンモニア態窒素	mg/L			0.28	0.28	0.28	
DO	%			87.0	87.0	87.0	
DOC	mg/L			1.7	1.7	1.6	
TOC	mg/L			3.4	3.1	3.1	

### ○1か月後

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	4	検体 No	5	検体 No
水温	℃	7月28日		27.7			
電気伝導度	mS/m			12.6			
pH値				6.9			
臭気				厨芥臭	厨芥臭	厨芥臭	
（臭気強度）				-	-	-	
2-MIB	ng/L			6.0	5.3	8.1	
ジェオスミン	ng/L			5.2	5.5	6.4	
アンモニア態窒素	mg/L			0.13	0.19	0.17	
DO	%			73.0	61.5	68.6	
DOC	mg/L			1.0	1.0	1.0	
TOC	mg/L			2.1	2.3	2.0	

○3か月後

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	7	検体 No	8	検体 No
水温	℃	9月25日		24.7			
電気伝導度	mS/m			13.8			
pH値				7.0			
臭気 (臭気強度)				<b>硫化水素臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	
2-MIB	ng/L			50	50	50	
ジェオスミン	ng/L			5.0	5.2	5.9	
アンモニア態窒素	mg/L			3.4	3.2	3.2	
DO	%			0.04	0.04	0.03	
DOC	mg/L			24.0	18.3	22.1	
TOC	mg/L			1.1	1.0	1.0	
				1.1	1.1	1.2	

○6カ月後

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	10	検体 No	11	検体 No
水温	℃	12月24日		15.4			
電気伝導度	mS/m			12.7			
pH値				6.8			
臭気 (臭気強度)				<b>藻臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	
2-MIB	ng/L			-	100	10	
ジェオスミン	ng/L			1.3	5.2	4.2	
アンモニア態窒素	mg/L			< 1	4.6	1.2	
DO	%			< 0.01	0.17	0.02	
DOC	mg/L			13.6	16.3	16.1	
TOC	mg/L			0.7	1.0	0.8	
				1.3	1.5	1.6	

○1年後

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	13	検体 No	14	検体 No
水温	℃	12月24日		24.1			
電気伝導度	mS/m			12.5			
pH値				6.8			
臭気 (臭気強度)				<b>微藻臭</b>	<b>微藻臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	
2-MIB	ng/L			-	-	30	
ジェオスミン	ng/L			2.0	2.6	9.0	
アンモニア態窒素	mg/L			< 1	< 1	4.1	
DO	%			0.02	0.01	0.06	
DOC	mg/L			22.0	14.3	14.1	
TOC	mg/L			0.7	0.8	0.9	
				2.2	1.8	2.3	

## ○1年半後

項目	単位	検査結果					
		検査月日	検体 No	16	検体 No	17	検体 No
水温	℃	12月24日		16.1			
電気伝導度	mS/m			12.3			
pH値				6.9			
臭気 (臭気強度)				<b>硫化水素臭</b>	<b>藻臭</b>	<b>硫化水素臭</b>	
				1	-	5	
2-MIB	ng/L			<1	<1	1.3	
ジェオスミン	ng/L			<1	<1	<1	
アンモニア態窒素	mg/L			<0.01	<0.01	<0.01	
DO	%			13.0	18.7	16.8	
DOC	mg/L			0.6	0.6	0.7	
TOC	mg/L			0.8	0.9	2.4	

このため、採水方法を再考するとともに愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会から提案のあった「プチ開門」を想定し、新たなサンプルを用い水質変化について確認を行うこととした。

## 2 新規調査

### (1) 検討目標

「プチ開門」の実施を想定した1週間経過後の水質変化の把握及びこれまでの調査結果の反省を踏まえたより適切な採水方法及び保管方法による調査方法を構築し、これによる水質調査を行い「プチ開門」の期間も含めた滞留水の水質変化を把握し、長良導水復元時の滞留水処分方法を想定するための基礎資料とする。

### (2) 採水方法等の改善

#### <挙動が異なる傾向を示した原因及び対策について>

前回調査で水質検査結果が異なる挙動を示すのは、別々のビンで採水しているため、ビンごとの汚泥量や質の違いが生じ、厳密に同一水の経時変化とは言えなかったことが原因と考えられる。

このため新規調査では同一汚泥原水の経時変化を調べるため、一つの容器から一定期間ごとに分取して測定を行うこととする。

また、前回調査でのサンプルの保管は長良導水路管内の嫌気状態と同じ条件としているため、今回の調査でも嫌気状態を保つことが可能な調査方法とする。なお、前回調査の水質検査結果から原水中の溶存酸素は減少傾向が継続しており、この結果からも嫌気状態が継続するような検査方法とする必要があることが分かっている。

#### <採水及び保管方法等>

新規調査は密閉性が高く開閉可能な7.5 L袋に原水を分取し、経過期間ごとにこの容器の水を用い水質試験を行うこととし、各試験で必要量を使用した後は空気を抜いた状態で再密閉し恒温器で遮光保管することとする。

また、硫化水素臭の原因物質の状態及びアンモニア態窒素の硝化の状態を調べるため、硫酸イオン並びに硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素を測定項目に追加することとする。

#### <継続調査と新規調査の比較>

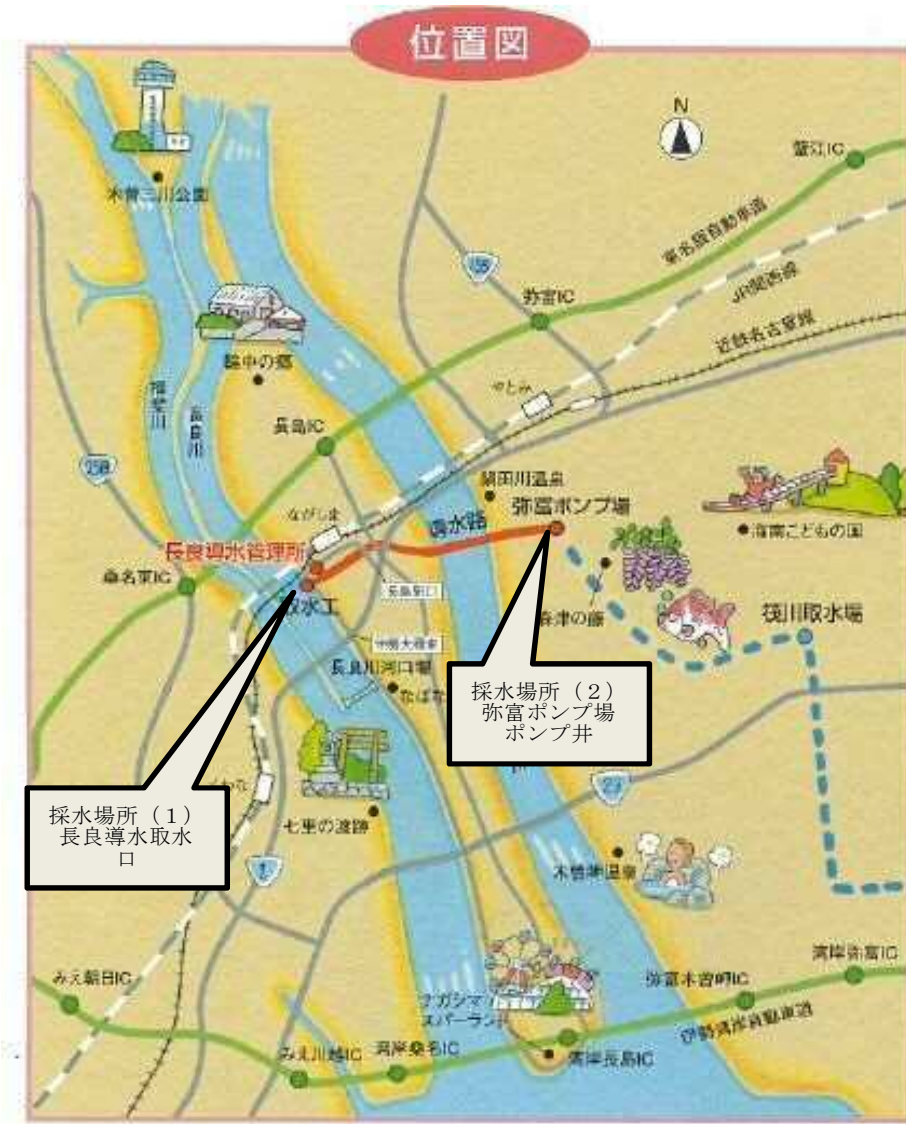
	継続調査	新規調査
採水方法	複数の1 Lビンに採水	1つの7.5 L袋に採水
保管方法	常温暗所で遮光保存	恒温器（17℃）遮光
測定項目	電気伝導度、pH、臭気、かび臭物質（2MIB及びジェオスミン）、DO、DOC、TOC、アンモニア態窒素態窒素	左記に加え、硫酸イオン、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素
測定時期	1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、1年、1年半	左記に加え、1週間

### (3) 検討作業手順

開門調査をプチ開門（1週間程度）、1～3か月の短期間、6ヵ月、1年以上の長期間の場合を含め複数のイメージを想定し、その期間が経過した後の水質調査を行う。水質調査の方法は、以下のとおりとする。

#### ■調査方法

- 1) 検体採取場所は弥富ポンプ場ポンプ井の底層部分とし、原水と底泥を均一に攪拌して7.5L袋に分取する。
- 2) 水質調査は、採水時、一定期間保存後（1週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月、1年、1年半）の計6回とし、保存期間中の検体は知多浄水場の原水平均水温17℃となるよう恒温器で遮光保存する。
- 3) 水質調査項目は、電気伝導度、pH、臭気、かび臭物質（2-MIB及びジェオスミン）、DO（溶存酸素）、DOC（溶存性有機炭素）、TOC（全有機炭素）、アンモニア態窒素、硫酸イオン、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素とする。
- 4) 比較検体として、長良導水取水口付近の河川水を2本の1Lビンに採水し、採水時と一定期間保存後（1年半後を想定）の水質を調査する。



水資源機構パンフレットより抜粋



弥富ポンプ場採水状況



長良導水取水口採水状況

### 3 水質検査の結果

平成29年3月1日に採取した長良導水取水口付近（2検体）及び弥富ポンプ場ポンプ井（3検体）の検体の測定結果をそれぞれの採取場所及び検査日ごとに整理した。

#### （1）長良導水取水口付近

長良導水取水口にて採水した試料は、滞留水とは異なるので、参考として2検体の採取とし、うち1検体について採取日当日に水質試験所で検査を行った。

その結果を右表のとおり整理した。この採水日の原水水質としては、質的に問題のない良好な結果だったと言える。

○採水日当日（3月1日）

項目	単位	結果
		3月1日
臭気		厨芥臭
（臭気強度）		-
2-MIB	ng/L	<1.0
ジェオスミン	ng/L	1.4
アンモニア態窒素	mg/L	0.1
硫酸イオン		6.7
硝酸態窒素		0.56
亜硝酸態窒素		0.01
DO	%	118.0
DOC	mg/L	0.6
TOC	mg/L	0.8



## (2) 弥富ポンプ場ポンプ井

弥富ポンプ場ポンプ井にて採水した検体を採取日当日及び1週間後、1カ月後、3か月後、6か月後、1年後、1年半後（平成30年9月測定予定）に水質試験所で検査することとした。その結果を次頁のとおり整理した。

長良開門調査経年変化表

	項目	単位	H29年					H30年	
			弥富P場	1週間後	1ヵ月後	3ヵ月後	6ヵ月後	1年後	1年半後
			3月1日	3月8日	4月17日	6月6日	9月11日	3月5日	9月3日
A	水温	℃	-	17.5	18.2	25.4	17.5	17.6	
	電気伝導度	mS/m	12.3	13.3	22.3	32.5	42.6	29.3	
	pH値	-	7.2	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	
	臭気		どぶ臭	厨芥臭+土臭	どぶ臭	硫化水素臭+どぶ臭	硫化水素臭+どぶ臭	硫化水素臭	
	(臭気強度)		-	-	-	-	-	50	
	2-MIB	ng/L	18	17	18	22	36	12	
	ジェオスミン	ng/L	24	12	14	16	22	<1	
	アンモニア態窒素	mg/L	2.4	2.7	6.6	12	15	0.16	
	硫酸イオン	mg/L	7.3	6.5	3.7	5.1	0.4	13.8	
	硝酸態窒素	mg/L	0.57	0.23	0.08	<0.02	<0.02	2.5	
	亜硝酸態窒素	mg/L	0.013	0.76	0.010	<0.004	<0.004	0.044	
	DO	%	85.6	11.4	11.2	7.8	6.5	7.1	
		mg/L	8.3	1.1	1.0	0.7	0.6	0.7	
	DOC	mg/L	2.5	1.1	1.3	2.0	3.1	1.6	
TOC	mg/L	18	9.1	7.9	49	27	58		
B	電気伝導度	mS/m	12.3	13.1	19.8	26.2	32.8	35.6	
	pH値	-	7.2	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	
	臭気		どぶ臭	厨芥臭+土臭	どぶ臭	硫化水素臭+どぶ臭	硫化水素臭	硫化水素臭	
	(臭気強度)		-	-	-	-	-	50	
	2-MIB	ng/L	18	17	17	21	30	33	
	ジェオスミン	ng/L	24	11	13	14	17	16	
	アンモニア態窒素	mg/L	2.4	2.6	5.5	9.4	11	14	
	硫酸イオン	mg/L	7.3	6.6	2.1	5.6	<0.1	0.7	
	硝酸態窒素	mg/L	0.57	0.19	0.08	<0.02	<0.02	<0.02	
	亜硝酸態窒素	mg/L	0.01	0.74	0.05	<0.004	<0.004	<0.004	
	DO	%	85.6	7.7	8.0	6.2	6.3	6.0	
		mg/L	8.3	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	
	DOC	mg/L	2.5	1.0	1.2	1.8	2.0	1.8	
	TOC	mg/L	18	16	18	56	40	63	
C	電気伝導度	mS/m	12.3	12.6	18.4	21.3	31.5	32.3	
	pH値	-	7.2	7.0	7.0	6.8	7.0	7.1	
	臭気		どぶ臭	厨芥臭+土臭	どぶ臭	硫化水素臭+どぶ臭	硫化水素臭	硫化水素臭	
	(臭気強度)		-	-	-	-	-	50	
	2-MIB	ng/L	18	16	15	16	19	32	
	ジェオスミン	ng/L	24	10	11	9	11	12	
	アンモニア態窒素	mg/L	2.4	2.3	4.6	6.8	7.0	10	
	硫酸イオン	mg/L	7.3	6.7	3.0	<0.1	<0.1	0.2	
	硝酸態窒素	mg/L	0.57	0.35	0.08	2.4	<0.02	<0.02	
	亜硝酸態窒素	mg/L	0.01	0.82	0.05	0.01	<0.004	0.008	
	DO	%	85.6	7.3	7.8	6.7	7.1	6.6	
		mg/L	8.3	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	
	DOC	mg/L	2.5	1.0	1.2	1.4	1.5	1.4	
	TOC	mg/L	18	12	23	49	36	110	

#### 4 検査結果の検証

検体を採取した日は、3月1日で初春のどんよりとした天候だったが、弥富ポンプ場ポンプ井の試料水については、滞留水ではないこともあり、底泥部の水で若干の臭気は感じられたものの、比較的良好な水質で、水道原水として問題のない状態であるものと考えられる。



7. 5 L袋へ分取状況

#### ○採取日当日

弥富ポンプ場で採取した検体を水質試験所に運び、その日のうちに3本の検体を検査したが、臭気物質（2-MIB及びジェオスミン）は水質基準を上回っており、いずれもどぶ臭だった。前回調査の検体と比較すると2-MIBで約9倍、ジェオスミンで約6倍、アンモニア態窒素で約9倍、TOC（全有機炭素）で約5倍となったが、この原因は原水と底泥を混合する際に底泥の割合が前回調査に比べ多くなったためと思われる。

#### ○1週間後

採水当日は高い値を示した溶存酸素の値が、1週間後にはいずれの検体においても大きく減少し嫌気状態になっている。この溶存酸素の減少は、TOC（全有機炭素）も減少していることから、微生物の活動による有機物の分解に伴って酸素が消費されたことが一因と思われる。また、臭気物質であるジェオスミンは、いずれも減少しているが、臭気はどぶ臭から厨芥臭と土臭に変化している。

## ○一か月後

1週間後の測定と比べるとアンモニア態窒素がいずれも上昇している、一方、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素はいずれも減少している。このことからアンモニア態窒素の上昇は、嫌気状態の下でこれらの物質の還元が進んだ結果によるものと思われる。

臭気物質であるジェオスミン及び2-MIBは、わずかに上昇している。

## ○三か月後

アンモニア態窒素、ジェオスミン及び2-MIBは、引き続き増加傾向を示している。その他の値については、TOC（全有機炭素）を除き大きな変化はないが、TOC（全有機炭素）についてはいずれの検体でも大きく上昇している。

また、臭気については硫化水素臭が発生しており低酸素状態において腐敗が進行していると思われる。

なお、水温が大きく上昇しているが、これは恒温器の一時的な不調のためである。

## ○六か月後

アンモニア態窒素、ジェオスミン及び2-MIBは、引き続き増加傾向を示している。

また、臭気については、土臭が消え3検体とも硫化水素臭に変化している。この原因は原水中の硫酸イオンが減少していることから、嫌気状態のもとで硫酸イオンの還元が進み硫化水素が発生したことが原因と思われる。

また、TOC（全有機炭素）についてはいずれの検体でも前回測定値から減少している。

各検体の測定値は概ね同じ傾向を示しているが、検体ごとの測定値の開きが目立ってきた。これは検体の底泥の含み具合によるものと考えられる。

## ○一年後

硫化水素臭の臭気強度が、いずれの検体でも50となっており、これまでと比べ非常に高い値となっている。また、TOC（全有機炭素）については、6ヵ月後の測定値はいずれの検体でも減少していたが、今回の調査ではいずれの検体でも大きく上昇している。

## まとめ

導水管内の滞留水については、前回調査で認められた強い臭気は無かったが、溶存酸素濃度の減少に伴い硫酸イオンの還元が進み硫化水素臭が発生している。また、時間の経過とともにアンモニア態窒素濃度が高くなる傾向があることから、水道原水としては適当とは言い難い。

1週間程度であれば、アンモニア態窒素濃度の上昇は見られない。しかしながら、DO（溶存酸素）が減少しており嫌気状態となっているため、底泥中で固体として存在していた金属類が還元されイオンとなり水中に溶出してくることが懸念される。なお、一般的にマンガンや鉄はかなりの濃度で底泥中に存在しており、これらがイオンとして水中に溶出した場合には再度、酸化するために通常処理以上に次亜塩素酸ナトリウムの注入が必要となる上、不足した場合にはマンガンがマンガン砂（接触酸化でマンガンを除去するには、同時に次亜塩素酸ナトリウムが存在することが条件）で捕捉されず、浄水処理水が着色することになる。

1ヵ月後以降の結果は、アンモニア態窒素濃度が高くなっているが、アンモニア態窒素による影響で次亜塩素酸ナトリウムの消費量を増大させるなど浄水処理過程での残留塩素濃度のコントロールが困難となるため、この水がそのまま水道原水として利用されることは適当でない。なお、長良導水取水口地点の水には微量のアンモニア態窒素が定常的に含まれているが、知多浄水場までの導水管を流下する間に減少し、浄水処理に影響を与えることはない。

また、前回調査と比較すると臭気やアンモニア態窒素濃度の挙動に大きな違いが認められたが、これは検体の保管方法及び原水と底泥の混合割合の違いが原因と推測される。しかしながら、道路に布設された導水管内の水温や開門調査時に導水管内に滞留する水の水質はさまざまであることが想定されることから、両調査結果を踏まえて対応を検討する必要があると思われる。

これまでの調査から短期間なら浄水処理に影響のある臭気強度やアンモニア態窒素の上昇が少ないことが分かっているため、今後は、これらの測定値が上昇する前までの期間にするとともに、新たに測定が必要と考えられることが判明した金属類の溶出状況を新たな検体で確認することを検討していくこととする。