

濁物質量が増加する現象がある。

ろ過閉塞障害は、緩速、急速ろ過のいずれのろ過地においても、未ろ過水中に残存した生物やろ過池で増殖した生物が特にろ過層表面付近に多くが抑留されることによって、ろ過層が異常な目詰まりを起こし、その結果、通常時より損失水頭の上昇速度が増加して、ろ過持続時間が短縮する現象である。急速ろ過方式の浄水処理では、凝集、沈殿の難しい生物がろ過閉塞の原因となる。緩速ろ過方式では、大型の動物プランクトンが原因となることがある。また、付着性の藻類がろ過膜上で繁茂した場合には、枯死した後にろ過閉塞を生じることがある。

ろ過漏出障害は、緩速、急速ろ過のいずれのろ過池においても、生物がろ過池を漏出し、その生物の種類や量によってろ過水の外観などを損ねる現象である。原水中で多量に増殖した生物が浄水処理工程で十分除去されずに出現する場合と、沈澱池やろ過池等の水道施設内で増殖した生物が原因となる場合がある。原水中の藻類、例えば、ミクロキスチスのように寒天質被膜に包まれた藻類では、前塩素処理によって寒天質が崩壊し、個々の細胞がばらばらになることで、ろ過池を通過しやすくなり、ろ過水濁度の上昇や着色などの原因となる。

異臭味障害は、水源及び水道施設内で増殖した生物が産生する臭気物質、あるいは生物の大量死によって生じた臭気物質が原因となり、給水栓水で異臭味が生じる現象である。生物に由来する異臭味の種類としては、かび臭(土臭)、生ぐさ臭(魚臭)、藻臭(青草臭)、芳香臭、腐敗臭等があるが、代表的なものは、かび臭と生ぐさ臭である。

浄水着色障害は、浄水中に漏出又は混入した生物によって給水栓水の濁度が上昇する現象である。消毒のみの浄水処理方式では原水に含まれる生物、ろ過設備のある浄水処理では漏出生物、貯水槽水道では貯水槽に増殖した生物などが原因となる。

浄水着色障害は、浄水中に漏出又は混入した生物によって給水栓水に色が着く現象で

ある。藍藻類や緑藻類で細胞径が数 μm の藻類や鉄細菌などが原因生物である。消毒のみの浄水処理方式では、鉄細菌が原因となる場合が多い。

肉眼的生物の流出障害は、給水栓から肉眼で確認できるサイズの生物(小動物)が発見される障害である。原因生物としては、線虫類、ワムシ類、カイアシ類、ユスリカ類等があげられる。

その他の障害としては、貝類等によるスクリーンや配管等の閉塞により水量が減少するもの(通水障害)、沈澱池やろ過池の壁に増殖した藻類がマット状に浮上し、外観を損ねるもの(外観異常)、壁面材等の表面の生物膜で増殖した生物が施設の腐食を助長させるもの、生物自身や生物由来の有機物等が関与して引き起こされるろ過池の不陸などがある。

独立行政法人水資源機構では、利根川、荒川、豊川、木曽川、淀川、吉野川および筑後川の7水系において、多目的ダム等の建設および管理を実施している。各施設では、水質の監視が行われており、結果が公表されている³⁾。それによると、アオコなどの植物プランクトンの異常発生は、平成20年は、51施設中24施設で39件、平成21年は21施設で47件、平成22年は23施設で49件発生した。また、主要施設では原則として毎月、植物プランクトンの種別調査が実施されている。

平成24年度は、水道システムにおいて障害を生じさせる生物のうち植物プランクトンについて、水源となっている水資源機構管理ダム等における近年の発生状況を把握することを目的として研究を行った。

B. 研究方法

水道における障害生物として、上水試験方法(2011年版)に掲載されている「水道における試験対象生物(障害生物)」のうち、植物プランクトンについて、独立行政法人水資源機構が管理しているダム・堰における発生状況を解析した。対象とした生物は、藍藻類10種類、珪藻類11種類、緑藻類23種類、

クリプト藻類 1 種類、黄金藻類 4 種類、渦鞭毛藻類 2 種類、ユーグレナ藻類 2 種類の計 53 種類である。

解析対象とした障害生物（植物プランクトン）の分類群を表 1 に示す。22 のダムおよび 4 つの河口堰の貯水池では、ほぼ毎月植物プランクトンの種別調査が行われている。平成 20 年から平成 22 年の 3 年間の出現状況を解析した。

C. 研究結果及び D. 考察

解析対象とした障害生物ごとに、平成 20 年から平成 22 年の 3 年間に於いて観察された年数を表 2 に示す。平均すると、各ダム・河口堰に於いて 31 種類の解析対象生物が観察された。また、32 種類の生物が半分以上のダム・河口堰で観察された。生物の種類別にみると、3 年間の中ですべてのダム・河口堰に於いて観察されたものは、珪藻類の *Asterionella*（アステリオネラ）、*Cyclotella*（キクロテラ）、*Fragilaria*（フラギリア）、*Navicula*（ナビクラ）、*Nitzschia*（ニッチア）、*Synedra*（シネドラ）、緑藻類の *Scenedesmus*（セネデスムス）、クリプト藻類の *Cryptomonas*（クリプトモナス）、渦鞭毛藻類の *Peridinium*（ペリジニウム）の計 9 種類であった。このうち、*Cyclotella*（キクロテラ：珪藻類）は 3 年間の各年すべてで観察された。また、解析対象の 53 種類のうち全く観察されなかったのは、藍藻類の *Synechocystis*（シネコキスチス）および黄金藻類の *Pseudokephyrion*（シュウドケフィリオン）2 種類のみであった。各生物が観察された施設数を図 1 に示す。

図 2 に示すように、最も多くの解析対象生物が観察されたのは、寺内ダム（福岡県）および利根川河口堰の 39 種類であり、味噌川ダム（長野県）が 17 種類と最も少なかった。

ある年において特定の障害生物が観察された場合 1 ポイントを付与し、施設別に 3 年間の合計ポイント（ある障害生物が 3 年間観

察された場合は 3 ポイント）を計算し、図 3 に示した。利根川河口堰のポイントが最も高く、筑後大堰が続いた。水系の下流に行くほど、ポイントが高く、様々な種類の障害生物が発生していることが判明した。逆に、味噌川ダム、草木ダム、矢木沢ダム、岩屋ダム、奈良俣ダムといった水系の上流部に位置する施設は、ポイントが低く、障害生物の発生が相対的に少ないことがわかった。

E. 結論

独立行政法人水資源機構が管理している 7 水系のダム等において、多目的ダム等の 51 施設中、アオコなどの植物プランクトンの異常発生は、平成 20 年：24 施設 39 件、21 年：21 施設 47 件、22 年：23 施設 46 件であった。上水試験方法に水道システムへの障害生物として記載されている植物プランクトン 53 種類のうち、平成 20 年から 22 年の 3 年間に於いて、平均すると、各ダム・河口堰に於いて 31 種類が観察された。また、32 種類の生物が半分以上のダム・河口堰で観察された。最も多くの解析対象生物が観察されたのは、寺内ダム（福岡県）および利根川河口堰の 39 種類であり、味噌川ダム（長野県）が 17 種類と最も少なかった。

G. 研究発表

該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）

該当なし

I. 参考文献

- 1) 日本水道協会、上水試験方法 2011 年版 VI. 生物編
- 2) 日本水道協会、生物障害を起こさないための浄水処理の手引き、平成 18 年 3 月
- 3) 独立行政法人水資源機構、水質年報（平成 20 年～平成 22 年

表1 水道における障害生物（植物プランクトン）分類群¹⁾

障害原因生物			施設運転管理に係る障害			水道水の品質に係る障害				その他の障害
			凝集沈殿処理障害	ろ過閉塞障害	漏出障害	異臭味障害	浄水着色濁障害	浄水着色障害	肉眼的生物の流出障害	
藍藻類	1	<i>Anabaena</i>	アナベナ	○	○	○	○	○		
	2	<i>Aphanizomenon</i>	アファニゾメノン	○		○				
	3	<i>Chroococcus</i>	クロオコックス			○		○		
	4	<i>Lyngbya</i>	リングビア	○						
	5	<i>Merismopedia</i>	メリスモベジア			○				
	6	<i>Microcystis</i>	ミクロキスチス	○	○	○	○	○	○	
	7	<i>Oscillatoria</i>	オシトリア		○		○			
	8	<i>Phormidium</i>	フォルミジウム				○			
	9	<i>Synechococcus</i>	シネココックス	○		○				
	10	<i>Synechocystis</i>	シネコキスチス			○				
珪藻類	1	<i>Achnanthes</i>	アクナンセス			○				
	2	<i>Asterionella</i>	アステリオネラ	○	○	○	○			
	3	<i>Aulacoseira</i>	オーラコセイラ	○	○	○	○			
	4	<i>Cyclotella</i>	キクロテラ	○	○	○	○	○		
	5	<i>Fragilaria</i>	フラギラリア		○					
	6	<i>Melosira</i>	メロシラ	○	○					
	7	<i>Navicula</i>	ナビクラ		○					
	8	<i>Nitzschia</i>	ニツシア	○	○	○		○		
	9	<i>Skeletonema</i>	スケルトネマ	○		○				
	10	<i>Stephanodiscus</i>	ステファノジスキス	○	○	○	○	○		
	11	<i>Synedra</i>	シネドラ	○	○					
緑藻類	1	<i>Ankistrodesmus</i>	アंकストロデスムス	○		○				
	2	<i>Carteria</i>	カルテリア			○				
	3	<i>Chlamydomonas</i>	クラミドモナス			○				
	4	<i>Chlorella</i>	クロレラ	○		○				
	5	<i>Glosterium</i>	クロステリウム		○		○			
	6	<i>Coelastrum</i>	コエラストルム			○				
	7	<i>Cosmarium</i>	コスマリウム			○				
	8	<i>Dictyosphaerium</i>	ジクチオスフェリウム	○		○				
	9	<i>Eudorina</i>	ユウドリナ			○	○			
	10	<i>Gloeocystis</i>	グロエオキスチス			○	○			
	11	<i>Golenkinia</i>	ゴレンキニア			○				
	12	<i>Micractinium</i>	ミクラクチニウム		○					
	13	<i>Oocystis</i>	オーキスチス			○				
	14	<i>Pandorina</i>	パンドリナ			○	○			
	15	<i>Pediastrum</i>	ペジアストルム		○					
	16	<i>Quadrigula</i>	クオドリグラ			○				
	17	<i>Scenedesmus</i>	セネデスムス			○	○			
	18	<i>Sphaerocystis</i>	スフェロキスチス		○	○				
	19	<i>Spirogyra</i>	スピログラ		○					配管等の閉塞
	20	<i>Staurastrum</i>	スタウラストルム		○		○			
	21	<i>Tetraedron</i>	テトラエドロン	○						
	22	<i>Tetraspora</i>	テトラスボラ		○					
	23	<i>Volvox</i>	ボルボックス				○			
クリプト藻類	1	<i>Cryptomonas</i>	クリプトモナス			○	○			
黄金藻類	1	<i>Mallomonas</i>	マロモナス		○		○			
	2	<i>Pseudokephyrion</i>	シュウドケフィリオン			○				
	3	<i>Synura</i>	シヌラ			○				
	4	<i>Uroglena</i>	ウログレナ			○	○			
渦鞭毛藻類	1	<i>Ceratium</i>	ケラチウム			○	○			
	2	<i>Peridinium</i>	ペリジニウム			○	○		○	魚の斃死
ユーグレナ藻類	1	<i>Euglena</i>	ユーグレナ			○				
	2	<i>Trachelomonas</i>	トラケロモナス			○				

表2 水資源機構管理ダム・堰(26施設)における障害生物(植物プランクトン)(平成20年~22年の3年間に観測された年数)³⁾

障害原因生物			矢木沢 ダム	奈良俣 ダム	下久保 ダム	草木ダ ム	浦山ダ ム	滝沢ダ ム	岩屋ダ ム	阿木川 ダム	味噌川 ダム	徳山ダ ム	高山ダ ム	青蓮寺 ダム	室生ダ ム	布目ダ ム	比奈知 ダム	一庫ダ ム	日吉ダ ム	池田ダ ム	早明浦 ダム	新宮ダ ム	富郷ダ ム	寺内ダ ム	利根川 河口堰	長良川 河口堰	旧吉野 川河口 堰	筑後大 堰	観測さ れた施 設の数	
藍藻類	1	Anabaena	アナベナ	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	3	2	3	3	3	2	1	0	0	0	3	2	0	0	1	14	
	2	Aphanizomenon	アファニゾメノン	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	
	3	Chroococcus	クロオコックス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	7	
	4	Lyngbya	リングビヤ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	3	
	5	Merismopedia	メリスモベジア	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	3	3	2	3	10	
	6	Microcystis	ミクロキスチス	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	3	3	2	3	3	0	0	0	0	1	2	2	1	0	11	
	7	Oscillatoria	オシトリア	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	2	1	1	1	0	0	2	0	1	1	1	3	3	2	3	16	
	8	Phormidium	フォルミジウム	0	1	1	2	2	1	0	1	0	1	1	0	1	3	0	1	1	1	0	1	0	3	3	2	3	19	
	9	Synechococcus	シネココックス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	10	Synechocystis	シネコキスチス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
珪藻類	1	Achnanthes	アクナンセス	3	3	2	3	3	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	3	3	3	1	3	3	3	20
	2	Asterionella	アステリオネラ	2	3	3	1	3	2	2	1	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	26
	3	Aulacoseira	オーラコセイラ	3	2	1	2	3	1	3	2	0	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	0	3	3	3	3	3	3	24
	4	Cyclotella	キクコレラ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26
	5	Frugilaria	フラギラリア	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26
	6	Melosira	メロシラ	1	0	0	0	2	2	0	2	0	1	3	3	3	3	3	0	3	2	2	3	1	3	3	3	3	3	20
	7	Navicula	ナビクラ	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	26
	8	Nitzschia	ニツチア	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26
	9	Skeletonema	スケレトネマ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	2	3	0	0	0	0	2	3	0	3	3	8	
	10	Stephanodiscus	ステファノジスキス	0	0	3	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	1	10	
緑藻類	11	Synechra	シネドラ	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	26
	1	Ankistrodesmus	アンクストロデスムス	1	2	1	0	0	1	0	3	0	3	3	3	3	3	3	3	0	2	0	1	0	2	3	3	1	3	19
	2	Carteria	カルテリア	2	2	3	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	3	0	11
	3	Chlamydomonas	クラミドモナス	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	0	1	2	3	2	1	2	2	3	3	3	2	25
	4	Chlorella	クロレラ	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	2	3	0	0	0	1	0	6
	5	Closterium	クロステリウム	0	0	2	1	1	1	1	2	0	0	2	3	2	3	3	3	1	1	0	2	0	2	2	2	1	0	19
	6	Coelastrum	コエラストルム	1	1	3	0	1	3	0	2	1	2	3	2	3	3	3	3	3	0	0	1	3	3	2	2	2	3	22
	7	Cosmarium	コスマリウム	1	1	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	0	2	14
	8	Dictyosphaerium	ジクチオスフェリウム	2	2	1	3	0	0	0	3	0	1	2	0	0	2	0	0	2	1	1	1	1	2	3	1	3	3	18
	9	Eudorina	ユウドリナ	1	1	2	0	3	2	2	3	1	2	3	3	3	3	3	3	0	0	2	2	3	3	3	0	1	3	22
	10	Gloeocystis	グロエコキスチス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	0	2	0	2	14
	11	Golenkinia	ゴレンキニア	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	1	6	
	12	Micractinium	ミクラクチニウム	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	3	2	9
	13	Oocystis	オーキスチス	3	3	3	0	3	3	1	2	0	3	0	0	0	1	0	0	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	19
	14	Pandorina	パンドリナ	1	2	1	2	2	1	0	2	0	2	1	0	3	2	1	0	1	3	0	2	0	2	2	0	3	3	19
	15	Pediastrum	ペジアストルム	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	1	3	3	2	3	2	0	0	0	0	3	3	3	3	3	14
	16	Quadrigula	クオドリグラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	17	Scenedesmus	セネデスムス	2	1	3	3	3	3	2	2	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26
	18	Sphaerocystis	スフェアロキスチス	0	0	3	0	0	0	3	3	0	3	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	3	1	0	0	3	1	18
	19	Spirogyra	スピロギラ	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	4
	20	Staurastrum	スタウラストルム	0	0	3	0	3	3	3	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	1	2	1	2	1	1	22
	21	Tetraedron	テトラエドロン	0	1	0	2	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	0	3	0	1	1	13
	22	Tetraspora	テトラスポラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2
	23	Volvox	ボルボックス	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	3	3	3	3	3	2	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
クリプト藻類	1	Cryptomonas	クリプトモナス	2	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	3	3	3	26
黄金藻類	1	Mallomonas	マロモナス	3	3	2	0	2	2	3	3	0	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	3	2	2	2	24	
	2	Pseudokephyrion	シュウドケフィリオン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	Synura	シヌラ	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	1	2	2	0	0	2	1	1	0	1	3	0	0	0	12
渦鞭毛藻類	4	Uroglena	ウログレナ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7
	1	Ceratium	セラチウム	0	0	2	0	2	0	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	0	0	2	2	3	0	1	0	2	18	
	2	Peridinium	ペリジニウム	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26
ユーグレナ藻類	1	Euglena	ユーグレナ	2	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	3	3	3	2	14
	2	Trachelomonas	トラケロモナス	2	2	1	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	1	3	0	1	0	11	
3年間で観測された生物の種類			25	30	30	22	29	28	23	35	17	30	34	29	31	35	32	30	31	35	25	36	30	39	39	34	38	36		

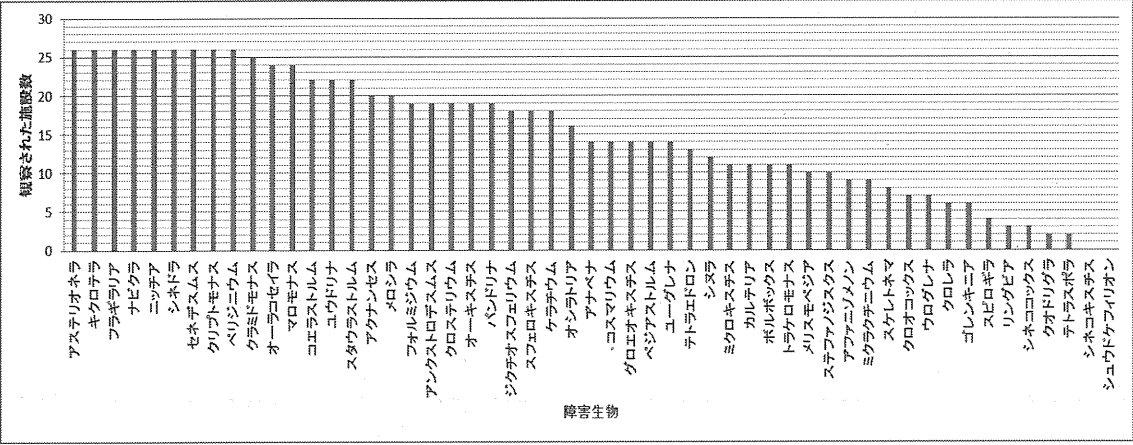


図1 障害生物（植物プランクトン）が観察された水資源機構管理施設の数
(平成20年～22年の3年間の中で観察された障害生物)³⁾

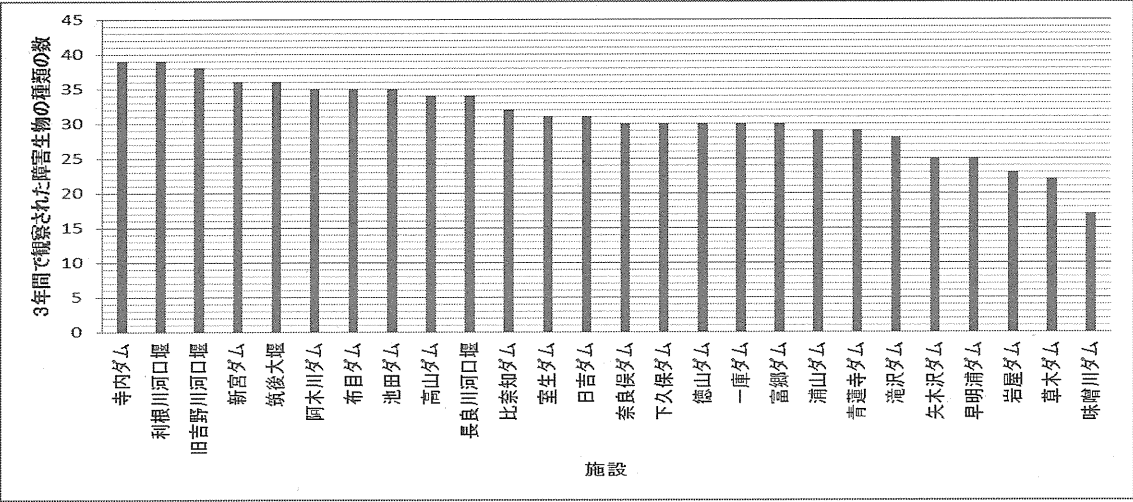


図2 水資源機構管理施設において3年間で観察された障害生物（植物プランクトン）の種類³⁾

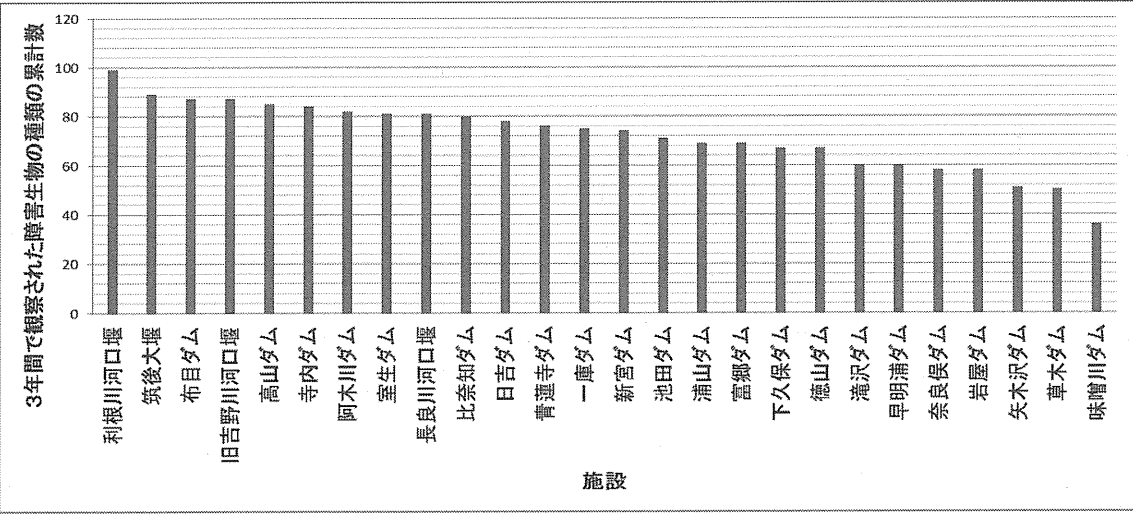


図3 水資源機構管理施設において3年間で観察された障害生物（植物プランクトン）の種類の数³⁾

分担研究報告書 4

生物障害に対応した省エネルギー型水道システムの開発

研究代表者	秋葉 道宏
研究分担者	高梨 啓和
研究協力者	下ヶ橋 雅樹

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策に関する研究」
分担研究報告書

研究課題：生物障害に対応した省エネルギー型水道システムの開発

研究代表者	秋葉 道宏	国立保健医療科学院 統括研究官
研究分担者	高梨 啓和	鹿児島大学大学院理工学研究科 准教授
研究協力者	下ヶ橋 雅樹	国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

生物障害発生時のエネルギー消費量の変化を明らかにするため、また、自然災害に対する浄水場の脆弱性を検討するために、浄水場へのアンケート調査を実施した。本年度は、アンケート調査票の策定とアンケート調査の実施、調査結果の集計、また予備的な解析を実施した。その結果、生物障害の発生により、多くの場合、浄水薬品の使用量や浄水発生汚泥量が増加する傾向が認められた。また、浄水薬品などを常時余分に貯蔵することが災害に対する中心的な対策になっていた。一方、今回のアンケート調査のみでは解析困難な項目があり、次年度以降のヒアリング調査が必要なが示された。また、地理情報システムを活用して自然災害に対する浄水薬品確保の脆弱性の評価を行える可能性があることなどが示された。

A. 研究目的

本検討では、国内の主要なダム貯水池および生物障害が発生している典型的な浄水場を対象としてヒアリング調査およびアンケート調査を実施し、対策に要する電力・薬剤使用量、費用等を調査することによって、各対策手法の費用対効果等を明らかとすることを目的とした。そして、水源および浄水場における対策手法の効果を比較検討し、さらに規制緩和効果等も考慮することで、最終的に、省エネルギーの観点から見た障害生物の発生に対応する最適な水道システムを提案することを目指す。

B. 研究方法

分担研究課題1「国内の浄水場における生物障害の発生および対策実態の把握」と協同でアンケート調査票の策定を行った。調査票は、生物障害発生時のエネルギー消費量の変化を検討するための「生物障害アンケート調査票」と、災害発生時の浄水場の脆弱性を浄

水薬品確保の観点から検討するための「浄水薬品の確保に関するアンケート調査票」の2種類を策定した。策定は、作成した素案をもとに、協力が得られた浄水場に事前アンケート調査およびヒアリング調査を実施し、修正点を抽出して改善することによって行った。策定したアンケート調査票に基づき、両アンケート調査を同時に実施した。また、アンケート調査結果の集計を上記分担研究課題1と協同で行った。さらに、解析に必要な原単位を文献研究などにより調査した。

C. 研究結果及びD. 考察

1) アンケート調査票の策定

1-1) 生物障害アンケート調査

当初、対策に要する電力消費量を調査する予定であったが、浄水場に対するヒアリング調査の結果、浄水場で使用する電力の大部分が送水などに用いるポンプ類の電力である場合が多く、生物障害の発生に伴って直接的に変化する電力量はほとんど存在しないこ

とが明らかになった。そこで、浄水薬品の使用量変化や浄水発生土の発生量変化に着目し、それらの生産や処理にかかる電力消費量やエネルギー消費量、二酸化炭素発生量を検討することとした。

生物障害発生時にどのような種類の浄水薬品の使用量がどの程度変化するのか、また、浄水発生土の発生量がどの程度変化するのかを調査した。別途文献調査などにより調査した各種原単位とあわせて検討することによって、生物障害発生時のエネルギー消費量の変化を検討可能か否か検討した。

検討の結果、主要なアンケート調査項目（以下、調査項目）として、障害の発生期間、発生した障害の種類毎の消毒剤、凝集剤、粉末活性炭、酸剤、アルカリ剤の使用率の変化、浄水発生土の変化を調査することとした。これらの調査項目とともに、基本的な項目として分担研究課題1「国内の浄水場における生物障害の発生および対策実態の把握」と共通で調査した項目である送水量、原因生物種などの項目をあわせて検討することとした。

1-2) 浄水薬品の確保に関するアンケート調査

各浄水場でどのような種類の浄水薬品をどこに立地している工場から調達しているかを調査することによって、浄水薬品の輸送にかかるエネルギー消費量および二酸化炭素発生量、災害発生時における輸送経路の脆弱性を評価できると考えた。また、災害時等の薬剤確保マニュアルの有無などを調査することによって、対策の進捗状況を調査できると考えた。

そこで、各浄水場でどのような種類の浄水薬品を使用しているかを調査した。また、それらの薬品の供給元となっている製造業者名と薬品工場の住所を調査することとした。あわせて、災害時等の薬剤確保マニュアルの有無、災害時等の薬剤確保方法、東日本大震災の際に薬品確保に支障が発生したかどうか、発生した場合の支障の具体的内容や対策について調査することとした。

2) アンケート調査の集計結果

2-1) 生物障害アンケート調査

障害の種類として、異臭味障害、ろ過漏出障害、ろ過閉塞障害、凝集沈殿処理障害、その他の障害（以下、障害種類）のように分類してアンケート調査を実施した。当初、生物種毎に解析を行う予定であったが、データ数が少なく、解析を行うことが困難であった。

障害が発生したと回答した浄水場に関して、消毒剤、凝集剤、粉末活性炭、酸剤、アルカリ剤の使用率の増減および浄水汚泥の発生量の増減（以下、変化率）について、障害発生の影響を検討した。変化率は、障害が発生していない平常時の値と障害発生時の値の比から1を差し引き、パーセント表記した。その結果、障害の種類と変化率の検討項目の組み合わせによっては、データ数が少なく解析が困難な場合が見受けられた。とくに、障害種類「その他の障害」については、4件しか報告されなかった。また、ろ過閉塞障害におけるアルカリ剤添加率については、アルカリ剤を添加しており、なおかつ添加量が変化した浄水場が1件もなかった。このため、障害種類「その他の障害」および「ろ過閉塞障害」におけるアルカリ剤添加率以外について、変化率をプロットして図1～4に示す。なお、異臭味障害が発生したために粉末活性炭を添加したが、障害が発生していないときには添加していないため、変化率を算出できない浄水場が114事例見受けられるなど、本研究で定義した変化率では解析できない場合があった。このため、次年度以降、解析方法を検討する必要がある。

図1～4に示したように、各変化率と平均送水量との間には明確な相関関係は認められなかった。また、ほとんどの障害種類、ほとんどの調査項目において、障害が発生することによって変化率が正の値になっており、障害発生に伴う浄水薬品使用率の上昇や汚泥発生量の増加が確認された。しかし、異臭味障害発生時における汚泥発生量の変化率のように、負の値も報告されていた。このよ

うな負の値が報告されている場合には、障害発生時の浄水量を一時的に減少させている可能性が考えられる。このため、今後、解析方法の検討や追加ヒアリングの実施などを検討する必要がある。

2-2) 浄水薬品の確保に関するアンケート調査

アンケート調査結果を集計した結果、同一の浄水場で複数の製造業者から浄水薬品を調達している場合と単一の製造業者から調達している場合があった。災害時等の薬剤確保方法についてのアンケート調査結果を集計したところ、常時余分に貯蔵することで対応している事業体が 78 事業体中 31 事業体（40%）あり、中心的な対策になっていた。次いで、優先契約先から入手と回答した事業体が 24 事業体（31%）あった。災害発生時における安定供給の観点からは、平時より複数の製造業者から調達することに意義が認められ得るため、提言の是非を今後検討することとした。

また、予備的に解析した結果、薬品の輸送距離に異常値が認められ、そのような場合には薬品工場の所在地が東京本社と回答されている場合などと考えられ、適切に記載されていない可能性があること、海外の工場から調達している場合の評価方法を検討する必要があることなどの課題が明らかになった。このため、これらの課題について、次年度以降に検討することとした。

さらに、輸送経路の道路の脆弱性を地理情報システム（GIS）と国土院数値地図の情報をを用いて解析することにより、図 5 にイメージを示すように評価可能と考えられ、次年度以降検討することとした。

また、災害時等の薬剤確保マニュアルの有無について集計した結果、マニュアルが有ると回答したのは 78 事業体中 4 事業体であった。一方、東日本大震災の際に薬品確保に支障が発生したかどうかについては、回答があった 77 事業体のうち 20 事業体が支障あったと回答しており、先の 4 事業体と比較して大

幅に多かった。すなわち、アンケート調査が行われた時点において、東日本大震災の経験がマニュアルの整備に繋がっていないことが窺え、改善の余地が示唆された。

3) 原単位の調査

浄水薬品などの製造にかかるエネルギー消費量原単位、二酸化炭素発生量原単位および電力消費量原単位を調査した。これらの調査結果を表 1～3 に示す。ほぼすべての原単位を調査することができたが、クロラミン製造における二酸化炭素発生量原単位のようにデータが得られていない項目がある。今後、引き続いて調査する必要がある。また、表 3 に示すように、複数の原単位が報告されている場合があり、解析方法を検討する必要がある。

また、本年度は製造にかかる原単位のみを調査した。今後は、製造工業から使用現場までの輸送にかかるエネルギー消費量や二酸化炭素発生量の影響を検討する必要がある。

E. 結論

生物障害発生時における浄水薬品の使用量や浄水発生汚泥量の変化を、アンケート調査により検討した。その結果、多くの場合、浄水薬品の使用量や浄水発生汚泥量は増加する傾向が認められた。これにより、それらの生産や処理にかかる電力消費量やエネルギー消費量、二酸化炭素発生量は増加することが示唆された。

災害時等の薬剤確保方法についてアンケート調査により検討したところ、常時余分に貯蔵することで対応している事業体が 78 事業体中 31 事業体（40%）あり、中心的な対策になっていた。

災害時等の薬剤確保マニュアルの有無についてアンケート調査により調査した結果、マニュアルが有ると回答したのは 78 事業体中 4 事業体であった。一方、東日本大震災の際に薬品確保に支障が発生したかどうかについては、回答があった 77 事業体のうち 20 事業体が支障あったと回答しており、先の 4

事業体と比較して大幅に多かった。このことから、マニュアルの整備を推進するなど、改善の余地が示唆された。

G. 研究発表

該当なし

1) 論文発表

下ヶ橋雅樹, 秋葉道宏. 水道におけるエネルギー・環境対策の現状と展望. 用水と廃水, **54**(10), pp.33-41, 2012.

2) 学会発表

該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

1) 特許取得

該当なし

2) 実用新案登録

該当なし

3) その他

該当なし

I. 参考文献

1) LCA 実務入門編集委員会 (1998) L C A 実務入門 資料編 Appendix3 より代表値を記載, 社団法人 産業環境管理協会, 東京.

2) 電力中央研究所 (1991), 電力中央研究所報告「発電のプラントエネルギー収支分析」,

<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/download/hQbbmDM1WBqqsUXSL9Mt2awzAfDDaUM8/report.pdf> (2013 年 2 月 時点)

3) 厚生労働省健康局水道課, 水道事業に関わる健康対策,

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/4/siryoul6.pdf>
(2013 年 1 月 時点)

4) 電気事業連合会 (2012), 電気事業における環境事業計画,

<http://www.fepec.or.jp/environment/warming/environment/pdf/2012.pdf> (2013 年 1 月 時点)

5) 社団法人 産業環境管理協会 (2002), 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発,

<http://sakura.js.yamanashi.ac.jp/~yosihiko/2002.pdf> (2013 年 1 月 時点)

6) 岩本徹, 丸山恒夫, 田中博幸, 加藤政志 (1996), プレコンバータ設置とその操業について, 資源と素材, 112, 383-386

7) 石灰石鉱業協会 (2012), 石灰石鉱業における地球温暖化への取組,

http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004606/pdf/2012_09_01.pdf (2013 年 2 月 時点)

8) 日本ソーダ工業 (2010), 電解ソーダ工業の電力消費量、買電・自家発電比率、電力原単位の推移,

http://www.jsia.gr.jp/data/guide2010_10.pdf (2013 年 2 月 時点)

J. 謝辞

アンケート調査の実施にあたり、ご協力いただいた水道事業体、日本水道協会関係者の方々に深くお礼申し上げます。また事前アンケートにご協力いただいた、神奈川県企業庁北村壽朗氏、東京都水道局及川智氏、川崎市上下水道局藤瀬大輝氏に感謝いたします。

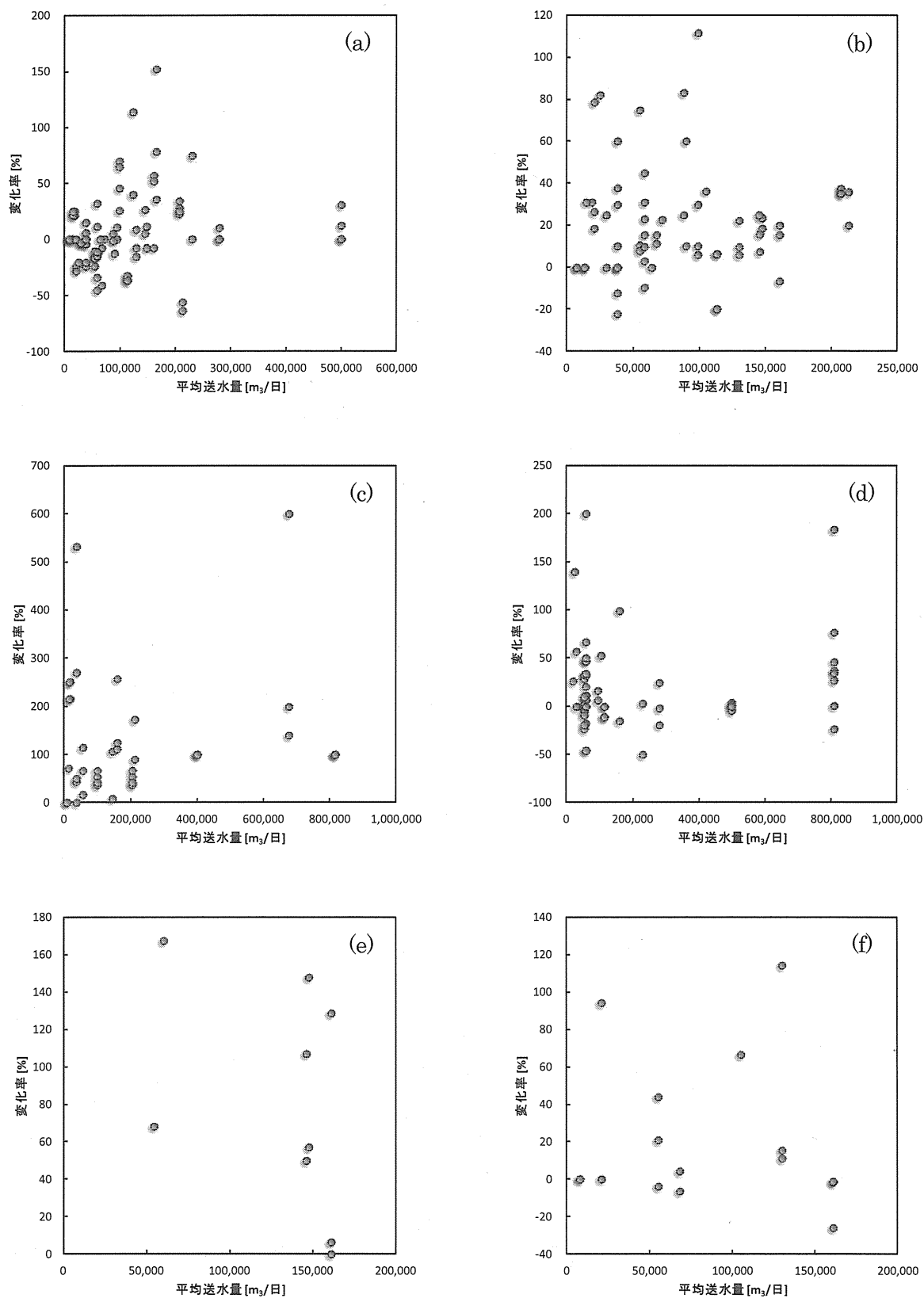


図1 異臭味障害の発生による消毒剤(a)、凝集剤(b)、粉末活性炭(c)、汚泥(d)、酸剤(e)、アルカリ剤(f)の使用量・発生量の変化

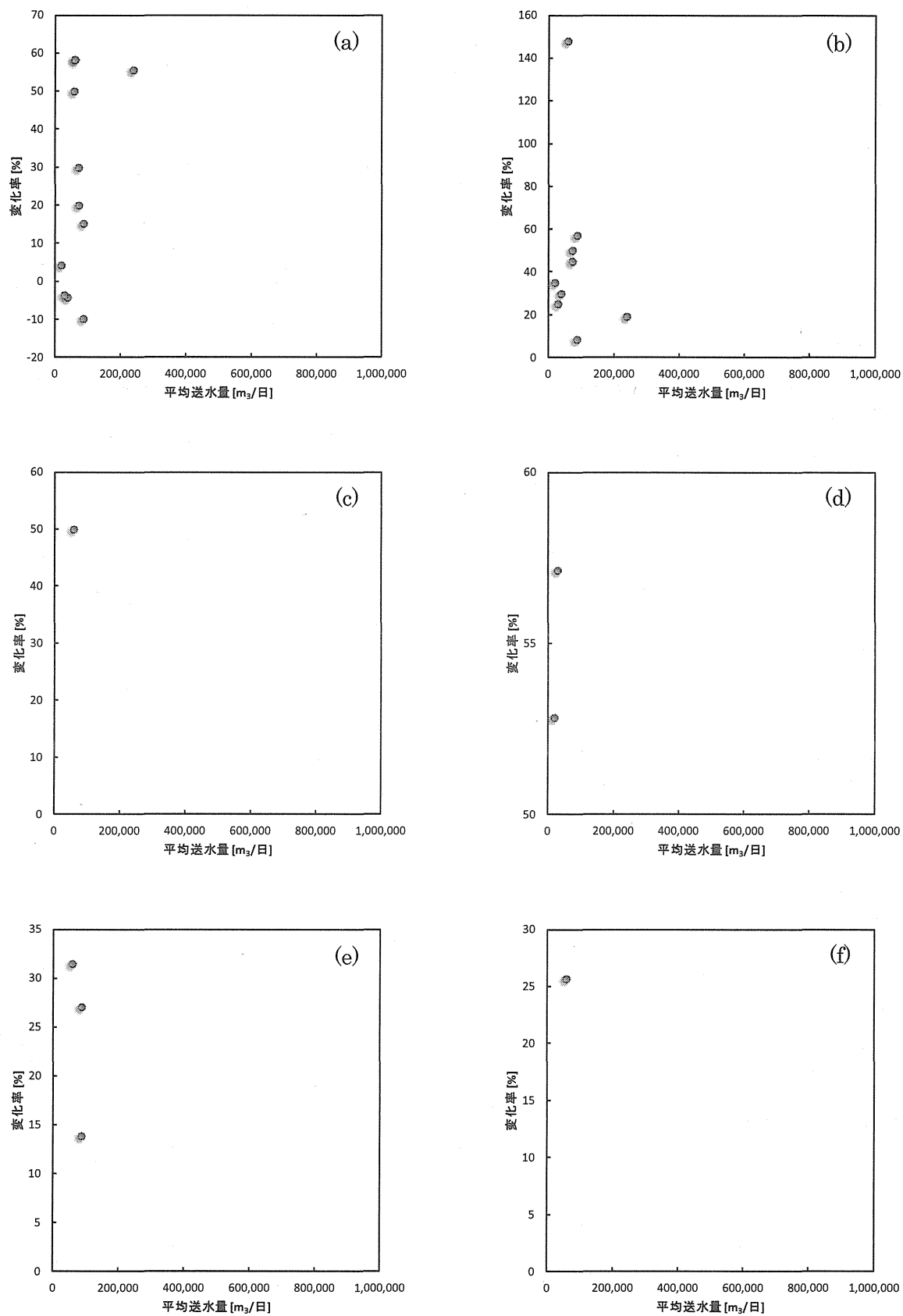


図2 凝集沈殿障害の発生による消毒剤(a)、凝集剤(b)、粉末活性炭(c)、汚泥(d)、酸剤(e)、アルカリ剤(f)の使用量・発生量の変化

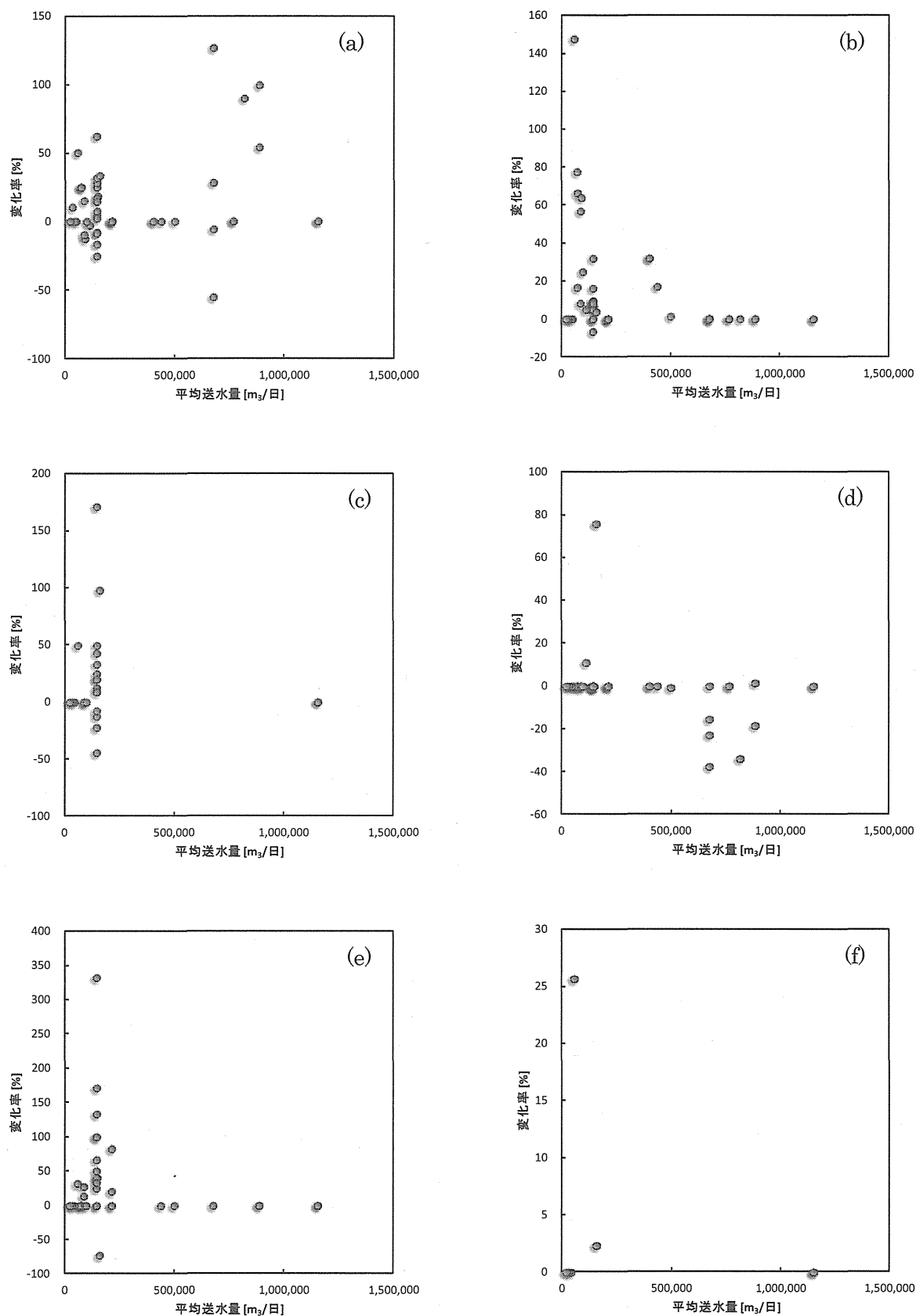


図3 ろ過漏出障害の発生による消毒剤(a)、凝集剤(b)、粉末活性炭(c)、污泥(d)、酸剤(e)、アルカリ剤(f)の使用量・発生量の変化

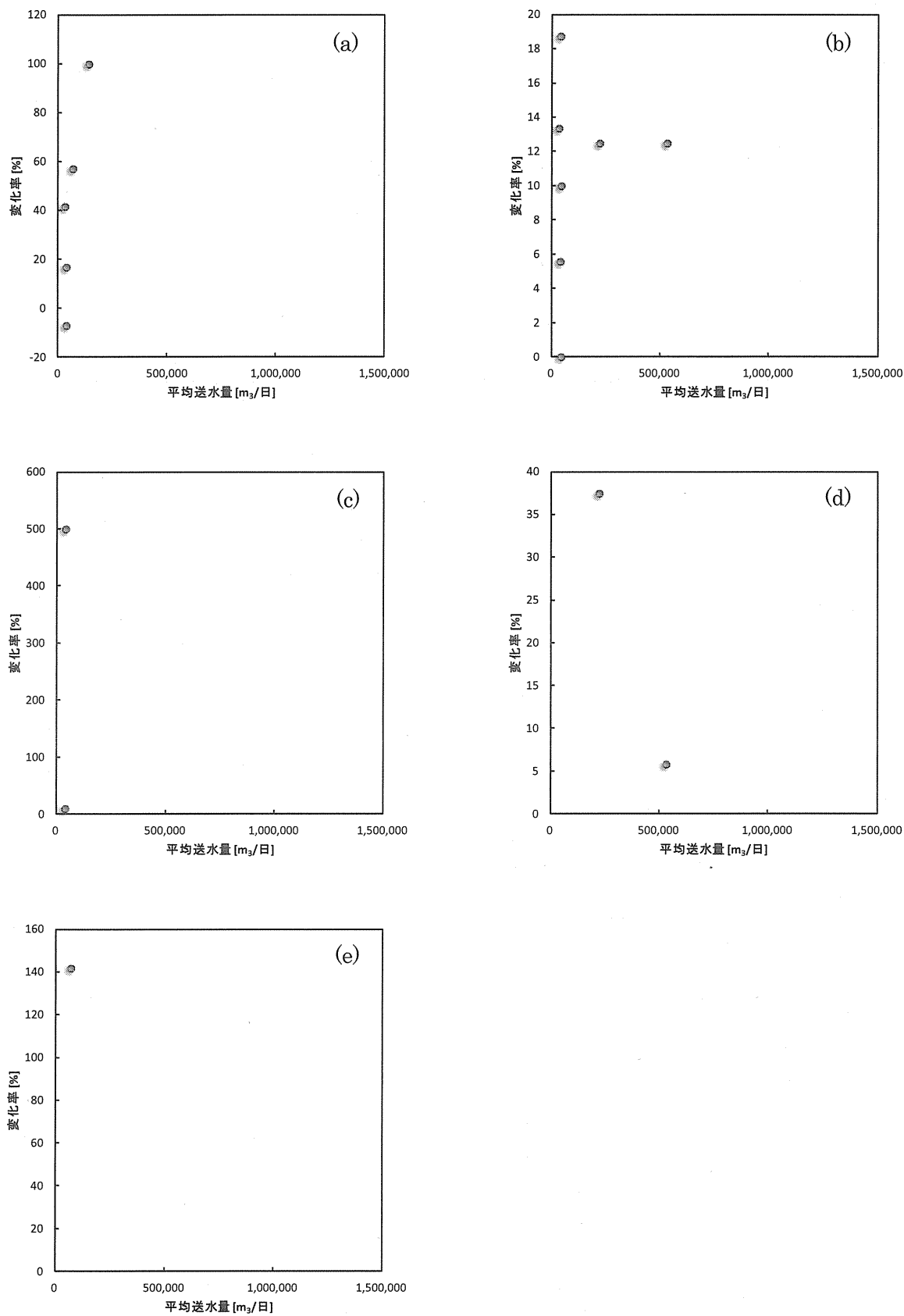


図 4 ろ過閉塞障害の発生による消毒剤(a)、凝集剤(b)、粉末活性炭(c)、汚泥(d)、酸剤(e)の使用量・発生量の変化



輸送距離の算出と経路のハザード評価のイメージ

図 5 輸送距離の算出と輸送経路のハザード評価のイメージ（作図：ArcGIS (ESRI)）

表 1 浄水薬品などの製造にかかるエネルギー原単位

原単位区分	エネルギー 原単位 MJ/(単位)	単位	出典
次亜塩素酸ナトリウム	3.93	MJ/kg	1
液化塩素	11.03	MJ/kg	1
クロラミン	—		
PAC	4.58	MJ/kg	1
硫酸アルミニウム	4.04	MJ/kg	1
活性炭粉状	70.09	MJ/kg	1
硫酸	1.17	MJ/kg	1
塩酸	2.73	MJ/kg	1
炭酸ガス	6.19	MJ/kg	1
石灰・消石灰	1.77	MJ/kg	1
炭酸ナトリウム	10.00	MJ/kg	1
苛性ソーダ	11.49	MJ/kg	1
電力	9.45	MJ/kWh	2
浄水処理	0.50	kWh/m ³	3

表 2 浄水薬品などの製造にかかる二酸化炭素発生量原単位

原単位区分	CO ₂ 原単位 kg-CO ₂ /(単位)	単位	出典
次亜塩素酸ナトリウム	0.321	kg-CO ₂ /kg	1
液化塩素	0.900	kg-CO ₂ /kg	1
クロラミン	—		
PAC	0.405	kg-CO ₂ /kg	1
硫酸アルミニウム	0.357	kg-CO ₂ /kg	1
活性炭粉状	6.207	kg-CO ₂ /kg	1
硫酸	0.087	kg-CO ₂ /kg	1
塩酸	0.222	kg-CO ₂ /kg	1
炭酸ガス	0.487	kg-CO ₂ /kg	1
石灰・消石灰	0.447	kg-CO ₂ /kg	1
炭酸ナトリウム	0.817	kg-CO ₂ /kg	1
苛性ソーダ	0.938	kg-CO ₂ /kg	1
電力	0.476	kg-CO ₂ /kWh	4

表 3 浄水薬品などの製造にかかる電力消費量原単位

原単位区分	電力 原単位	単位	出典	備考
次亜塩素酸ナトリウム	25	kWh/t	5	
液化塩素				
クロラミン				
PAC	667	kWh/t	5	
硫酸アルミニウム	4	kWh/t		
活性炭粉状				
硫酸	57	kW/t	6	
塩酸				
炭酸ガス				
石灰・消石灰	2.61	kWh/t	7	
炭酸ナトリウム	320	kWh/t		
	420	kWh/t	5	塩安法
	420	kWh/t		苛性ソーダ湿式法
苛性ソーダ	2445	kWh/t	8	苛性ソーダ乾式法

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kishida N., Konno Y., Nemoto K., Amitani T., Maki A., Fujimoto N. and Akiba M.	Recent trends in microorganism-related off-flavor problems in drinking water treatment systems in Japan.	Water Science and Technology: Water Supply	受理	—	—
藤本尚志, 村田 昌隆, 大西章博, 鈴木昌治, 矢島 修, 岸田直裕, 秋葉道宏	分子生物学的手法に よる浄水場における 濁度障害原因生物の 解明	水道協会雑誌	受理	—	—
下ヶ橋雅樹, 秋 葉道宏	水道におけるエネル ギー・環境対策の現状 と展望	用水と廃水	54(10)	33-41	2012

