

(10) 水環境におけるウイルス汚染の実態とその社会的影響

Viral pollution in an aquatic environment and its social impact

大村達夫*, 金子光美**, 大垣真一郎***
Tatsuo Omura*, Mitsumi Kaneko** and Shinichiro Ohgaki***

ABSTRACT

Nowadays, it has been reported that pathogenic viruses may be transmitted by water. However, in spite of a health significance of viruses in water, few reports on viral pollution in an aquatic environment have been published in Japanese journals for environmental or sanitary engineers. Therefore, in order to promote their interest in the viral pollution, the results of research on viral pollution which has been published in domestic and international journals are introduced in this paper together with authors' aspect.

KEYWORDS; viral pollution, enteric virus, viral transmission, aquatic environment

〔1〕はじめに 近年、上水道における前塩素処理や廃水処理における放流水の消毒過程からの、トリハロメタン等の有機塩素化合物の危険性が大きな問題として取り上げられている。一方、上・下水道における塩素消毒が公衆衛生の向上に寄与している効果はあまり論じられていない。確かに、数十年以前においては病原性細菌による伝染病の発生はしばしば報告されていたけれども、上・下水道の発達やそれに伴う塩素消毒の徹底により、病原菌による感染は完全とはいえないまでも、公衆衛生の面から見ると封じ込められた感がある。この点を反映して、塩素処理過程における前述した有機塩素化合物の生成が環境および衛生工学に携わる人々の関心を集めることは理解できることである。しかしながら、病原菌による伝染病は確かに封じこめられた感があるけれども、近年、水を介したウイルス性の感染症の発生がしばしば報告されてきている。この感染症に係わるウイルスは主に人や動物の排せつ物中に含まれる腸管系ウイルスであり、図-1に示すように種々な経路を経て、人や動物に再び感染する可能性がある。特に、腸管系ウイルスは、一般的に、前述した塩素消毒に対して病原菌や指標細菌よりも抵抗性があり、またこれら細菌にとって不利な環境条件においてより強い生存能力を有するという報告もある。このような水環境におけるウイルス汚染の危険性の観点から、環境および衛生工学的立場に立って、水中のウイルスに関する研究を充実させていく必要があるものと思われる。幸い、国際水質汚濁研究会議 (IAWPRC) の study group の中にウイルス班があり、水環境中のウイルス汚染に興味のある研究者が集り、2年毎にウイルスに関するセミナーを行なっている。このような group に呼応して我が国においても積極的に今後取り組んでゆく必要性を感じ、現在における水環境ウイルス汚染の実態とその社会的影響について文献調査を行ない、著者らの見解を述べることにした。

〔2〕水汚染に係わる腸内ウイルス ウイルスは一般に人や動物、微生物、植物および細菌に寄生して増殖するが、これら宿主以外に環境中では増殖することはない。そこで、どの宿主に寄生するかによってウイルスは表-1²⁾に示すように分類されている。すなわち、動物ウイルス、昆虫ウイルス、植物ウイルスおよび細菌に寄生して増殖するファージである。このうち水汚染に関して、最も重要なのは動物ウイルスである腸管系ウイルスである。腸管系ウイルスは人および動物の排せつ物中に含まれており、その種類は約100種類、糞便1g当り100万個といわれている。その中で病原性の主なものは、表-2²⁾に示す通りポリオ、コクサッキー、エコー、流行性肝炎ウイルス、アデノ、レオなどの各種ウイルスである。これらウイルスによる感染症の症状は表-2の中に示されるようなものである。

* 岩手大学工学部土木工学科; Department of Civil Engineering, Iwate University

** 摂南大学工学部経営工学科; Department of Industrial System Engineering, Setsunan University

*** 東京大学工学部都市工学科; Department of Urban Engineering, Tokyo University

表-1 ウイルスの分類²⁾

宿主	ウイルスの分類	核酸の種類
一般動物	動物ウイルス (animal viruses)	DNA
		RNA
昆虫	昆虫ウイルス (insect viruses)	
植物	植物ウイルス (plant viruses)	RNAがほとんど
バクテリア	バクテリオファージ またはファージ (bacteriophage or phage)	DNAが主
		RNA少数
放射菌	アクチノファージ (actinophage)	
カビ	マイコファージ (mycophage)	

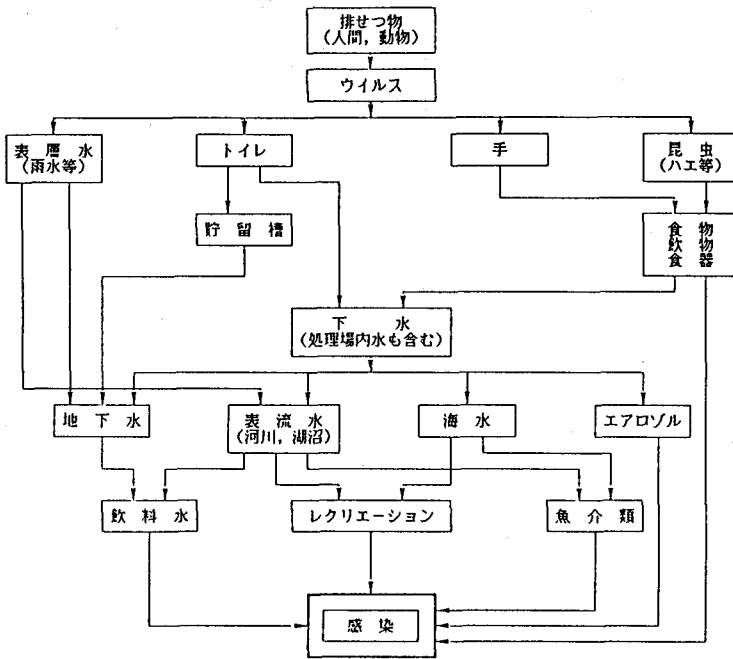


図-1 腸管系ウイルスの感染経路

〔3〕水環境のウイルス汚染 わが国における環境水中のウイルスの検索はほとんど行なわれておらず、わずかに公立衛生研究所において下水や河川水について調査が行なわれているにすぎない。これは、前述したように、環境および衛生工学に関心がある人々にとってウイルス汚染が興味あるものとなっていない点のほかに、ウイルスの検索にとって必要な装置および施設が不十分な点も考えられる。また、ウイルスの検出法とくに環境水からのウイルスの検出には大量のサンプルを必要とし、例えば飲料水は400～500Lまたはそれ以上、処理水も含めて比較的清潔な水は少なくとも20L以上、汚れている水はサンプル量はすくなくすむが、このように大量のサンプルからのウイルスの濃縮回収および誘出の技術の不完全さも調査が進展していない原因である。

このような状況において、公立衛生研究所で行なわれたウイルスの検索に関する調査結果が表-3⁴⁾、45)⁶⁾にそれぞれ示されている。これらはいずれも、ウイルスを定量的に調査した結果ではなく、綿タンボン法によりウイルスを回収しウイルスが存在するかしないかの判定を行なったものである。表-3は大阪府の河川水の結果であり5月から6月にかけての一時期を除いてほとんどの月でウイルスが検出されており、とくにレオウイルスの検出率が高いようである。表-4は東京都内で採取した下水検体のウイルス検索結果である。この表より、表-2に示されている腸管系ウイルスのほとんどが1967～1983年の毎年検出されており、特にポリオウイルスは幼児へのワクチンの投与による影響で高い頻度で検出されている。また、コクサッキーウイルスもポリオウイルスと同様に高い頻度で毎年検出され、次にアデノウイルスの順である。しかし、エコーウイルスとレオウイルスが検出される年とされない年がはっきりしており、エコーウイルスが検出される年は、レオウイルスが検出されないという相反的な傾向が見られる。このように、河川水や下水において腸管系ウイルスが高い頻度で検出される結果は水環境におけるウイルス汚染の防止と監視を十分徹底させる必要性を暗示するものである。一方、諸外国においては水環境中のウイルス汚染の検索は定性、定量的にかなり行なわれており、特に水資源に乏しい国々においては下水の

再利用の観点から特に関心がもたれている。各種水域におけるウイルスの99.9%(3log)不活性化されるまでの生存日数をAkino⁷⁾とJoyce⁸⁾の文献に基づいてリストされたのが表-5⁹⁾である。一般に水環境中のウイルスは種々な環境条件、例えば水温、濁度、pH、日射などによってその生存が左右される。表-5に示されるように、ウイルスはそれぞれの水域において数日から数ヶ月の範囲内でその活性を保ち続けることが出来るようである。また、水温が高い場合より低い場合のほうがより生存日数が長くなる傾向にあり、特に海水中や河川水中においてより顕著である。また、ポリオ、コクサッキー、エコーウイルスの間に各種水域での生存日数にあまり差異がない点は注目すべきことである。濁度に関し

ては高濁度のほうがよりウイルスの生存に有利に働くといわれている¹⁰⁾。また、金子¹¹⁾らのポリオウイルスを用いた実験において、ウイルスの 10^8 PFU/mlとSS 10mg/lを混合したとき、当初70%のウイルスがSSに移行しSSとの間でかなりの親和性を示し、その上ウイルスはSSに吸着されると外部からの不活性化作用に対する抵抗性が増加することを明らかにしている。すなわち、高濁度におけるウイルスの生存日数の増加を支持する結果となっている。光合成によるpHの増加により、酸化池内においてコリファージの不活性化が大きい¹²⁾こと、また大垣¹³⁾の光合成活動に伴うコリファージへの脱吸着現象の解明はウイルスの不活性化過程の複雑さを示すものである。

次に表-5の中では示されなかったが、地下水のウイルスによる汚染も重要である。1944年、アメリカのフィラデルフィア市付近のキャンプ場で発生した流行性肝炎は井戸水がウイルスによって感染されたことによるという結果もある¹⁴⁾。このキャンプ場から50m離れた素掘りの浄化槽が汚染源として特定され、ウイルスの土壤中移動も地下水汚染の重要なファクターと考えられる。このような地下水の汚染は下水の灌がい利用や汚泥の農地還元などに際して無視できない問題である。例えば下水の灌がい利用農地の周辺100mほど離れた井戸の30mの深さにポリオウイルスが発見された例¹⁶⁾や、E.Coliが検出されないような40mの深さの地下水にファージを検出した例¹⁷⁾もある。特に土壌中はウイルスにとって水環境と同様にかなり長い期間生存できるので十分な注意が必要と思われる。

以上述べてきたように、ウイルスは病原菌や指標微生物に較べて長期間自然環境水中でその活性を維持出来るのでウイルス汚染を安易に把えることは避けるべきである。

〔4〕 水および廃水処理におけるウイルスの除去 人および動物から排せつされるウイルスは必然的に上水道の原水または下水処理場の流入水の中に含まれることになる。特に浄水処理におけるウイルスの完全除去は達成されるべきであるが、現時点において塩素消毒後のウイルスのルーチ的な検索は行なわれていない。浄水処理における水質検査のマニュアルである上水試験法の最新版に初めてウイルス試験法の解説が載せられたばかりであり、今後の発展が期待される。また、下水処理過程におけるウイルスの検索は、浄水処理においてさえ上記のような状況であるのでほとんど行なわれていないのが現状である。人や動物由来のウイルスは下水道が整備されている地域においてほとんど下水処理場に集められ、処理場を経て環境中へ放出されるものと考えられる。したがって、処理場内で効率よくウイルスを除去できるならば水環境を公衆衛生の面から容易に保全することができるとであろう。

浄水処理システムは凝集沈殿、砂ろ過、消毒の一連の単位操作からなっており、ウイルス除去に関して

表-2 主な病原性腸管系ウイルス²⁾

ウイルスの分類	型の数	主な症状または病名
ポリオウイルス (polio viruses)	3	麻痺性、灰白髄炎
コクサッキーウイルス (coxsackie viruses)		
Aグループ	26	夏かぜ
Bグループ	6	脳膜炎、小児心筋炎
エコーウイルス (ECHO viruses)	29	下痢、呼吸器疾患
流行性肝炎ウイルス (hepatitis viruses)	1(?)	肝炎
アデノウイルス (adeno viruses)	30	呼吸器および目の疾患
レオウイルス (reo viruses)	3	発熱、下痢、呼吸器疾患

表-3 大阪府における河川水のウイルス分離成績⁴⁾

1987年	月	4			5			6			7			8			9			10			11			12			
	日	19	22		19	24		16	20		17	20		1	3		14	18		13	18		14	17		11	15		
汲取り水試験 タンポン水試料		+	ND	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
ポリオ	1																						●			○			
ポリオ	2	○			○															●	○		○	●			○		
ポリオ	3	○			○						○									○						○			
コクサッキー-B2																					○								
コクサッキー-B3	○		○	○							●	○	○	●	○	○	○												
コクサッキー-B5														○															
レ	オ			○							○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○			○	○	○	
未	同																			○									
定																													

表-4 東京都内定点における下水中のウイルス検査成績^{5,6)}

ウイルス		調査年次とウイルス検出検体数																
種類	型別	1967	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
ポリオ	1	1	1	2	4	2	5	1	3	10	1	3	4	5	9	21	11	9
	2	3	4	11	14	23	19	17	13	6	17	20	10	6	19	22	19	19
	3		1	2	2		3	1	3	5	11	19	4	3	11	21	12	6
コクサッキー-B	1		1	19									2	6				
	2						6			1		21	1		2	16		
	3			3	50		5	9	6	11	19	43	1		14	21	27	2
	4			1	10		1	20		2	30	21	10	8	29	15	2	20
	5	1	10				1	57	45			18	31	7	8	5		1
	6												1					
エコー	3						1									3		
	5																	2
	6														3			
	7	6		1	2									1				
	11					25						36	3			17		1
	16						1											
レオ	1		2	3	5	3	60	40	5	41	1				4			
	2									3								
アデノ	1									1			4	2	4	2	3	6
	2	1		1			1	3	3	6	3	1	3	4	3	3	2	2
	3				5	1	3	5	1	3	2							
	5	2						6	3	8	4		3	7	10	7	5	3
	6							6	3	4	9	1		2		1		3
	未定										8							
検体数		28	49	60	155	192	192	192	192	192	283	327	258	160	144	140	119	120

は最も消毒過程で期待できるわけであるが、凝集沈殿および砂ろ過のそれぞれの過程においても少なからず期待できる。ただし、ここで述べる除去という概念は水中からのウイルスの消失を意味し、不活性化されたウイルスを意味するものではない。表-6¹⁷⁾に浄水処理過程におけるウイルスの除去率が示されている。凝集プロセスは砂ろ過プロセスより多くのウイルスを除去することができる。これはウイルスが水中において負に帯電しており凝集剤の効果とくにアルミニウムは正の電荷を多く持っているので静電的な吸着によるウイルスの除去を期待できるからである。一方、砂ろ過においては砂粒子が負に帯電しているなどの効果によりあまりウイルス除去は期待出来ないようである。塩素消毒においては410g以上の不活性化が可能である。これらの過程を組み合わせた一連のパイロットプラントによる実験¹⁸⁾、すなわち、凝集沈殿、急速砂ろ過、活性炭吸着および塩素消毒においては、ファージおよび腸管系ウイルスの99.999%以上の除去率を達成している。このように、浄水処理においてこれらのプロセスが正常に運転されていればほとんど問題ないように思えるが、時として発生するウイルス性の感染症は不十分な処理が原因となることが多いという指摘³⁴⁾があり注意が必要である。

下水処理過程におけるウイルスの除去は処理方法によって異なる。一次処理すなわち沈殿処理のみの場合、ウイルスは下水中の浮遊物に吸着し除去される。この処理ではウイルスの50%以上の除去率は期待出来ないようである。ファージを下水中へ添加した時の一次処理におけるファージの除去率は32%~47%であったと報告されている¹⁹⁾。二次処理は主に活性汚泥処理であるがウイルスの除去に関してはかなり効果的であるといわれている¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾。普通、活性汚泥処理によって下水に含まれるウイルスは70%~90%程度除去される。活性汚泥によるウイルスの除去は概して活性汚泥フロックへ吸着によって成就されると考えられるが、Glass²²⁾らによればエアレーションを長くすれば吸着除去でなく、ウイルスは不活性化されることを明らかにしている。二次処理ではあるが散水ろ床法におけるウイルスの除去は活性汚泥法ほどは期待できないようである²³⁾。散水ろ床におけるウイルス除去は付着生物膜表面での吸着によるものであり、その除去率は25~40%程度といわれている。酸化池を利用した下水処理の場合は、酸化池内での処理水の滞留時間が数十日と長く、その間にウイルスの不活性化に及ぼす要因たとえば日光、pH、藻類などにさらされる機会がふえるためかなりのウイルス除去が期待できる。しかし、酸化池は気候や物理的な変動をうけやすくその除去率は0%~96%と幅広い結果が報告がされている。¹⁷⁾

以上、浄水処理および代表的な下水処理におけるウイルスの除去について述べてきた。しかし、浄水処

理においては原水中のウイルス存在量が少ないため、浄水処理過程におけるウイルスの除去効率を充分把握することが困難である。一方、下水処理過程においては、生下水中にウイルスを添加しその除去機能を調査できるので多くの研究がある。しかし、我が国においてはほとんど調査および研究がなされていない状況であり今後の調査、研究が期待される。

〔5〕 ウイルス汚染の指標微生物 水環境における病原菌の指標細菌としての大腸菌群のように、ウイルス汚染に対する指標微生物はまだ確立されていないのが現状である。実際、ウイルスの測定には数十日必要とし、また環境水中に多量に存在するとはかぎらないのでその測定方法が困難でありかつ費用がかかる。また、宿主細胞等の選定、維持にも課題が多い。このようなウイルスの直接的な測定より、もし水環境中で多量に存在しウイルスと同じような挙動を示し、測定が容易であり、迅速に測定結果が得られ、その測定に費用がかからないような指標が見つけれれば大変すばらしいことである。このような観点から、現在まで多くの研究者によって様々な微生物がウイルスの指標として考えられてきているが、現在最適な指標は見出されていないようである。

例えば、同じウイルスではあるが宿主が細菌であるファージは、形態、構造、化学組成の面から人間の腸管系ウイルスと非常に近く、水環境においてウイルスの $10^4 \sim 10^6$ 倍の濃度で存在している。また不利な環境条件においても抵抗性があり、かつ測定も経済的で簡単であり一日以内に結果を知ることができるので大変有利な指標として考えられている^{22, 24 \sim 30}。しかしながら、はたして水環境において腸管系ウイルスと挙動が同じか、または非常に似かよっているかどうか問題であり、この点について多くの研究者が様々な水環境中でその研究を行なっている。また、ファージのほかに、糞便性大腸菌群、腸球菌群、*Chlostridium perfringens*, acid-fast bacteria などが考えられているけれども、細菌は環境条件の変化に対する抵抗性の差異があるし、特定の環境においては細菌は増殖する可能性もあるので十分指標としての役割を果たすことができるかどうか疑問である^{31 \sim 33}。

このように、今のところファージが指標として有力のようであるが、様々な水環境中におけるファージの挙動が明らかにされればよりその指標性が具体化されるものと思われる。

〔6〕 ウイルス汚染の社会的影響 (ウイルス感染症を例として)

これまで、水環境中でウイルス汚染は公衆衛生的見地から好ましくないという立場に立って話を進めてきた。しかし、様々な水環境においてはたしてどの程度の汚染ならばウイルスの感染症を引き起こし社会に対して影響をおよぼすかという研究は我が国においてはほとんどない。ウイルスに感染する最少感染量 (minimal infectious dose) に関する議論が、IAWPRCのウイルスに関する study group で議論されており³⁵結論は出ていないが、IPFU (plaque forming unit) でさえも最少感染量として採用すべきであるという議論もある。例えば、非常に低いレベルで飲

表-5 様々な水環境におけるウイルスの生存^{7, 8)}

水 域	温度(℃)	ウイルス	生存日数
海、内湾	4~6	ポリオ 1	45~130
		ポリオ 2	9~60
		ポリオ 3	30
		コクサッキー-B 3	90
		エコー 6	30~88
		エコー 1	2~8
	20~25	ポリオ 1	5~8
		ポリオ 2	4~8
		ポリオ 3	3
		コクサッキー-B 1	2~28
		コクサッキー-B 3	4~15
		エコー 6	
感潮河川	20~25	ポリオ 1	6
		コクサッキー-B 1	3
		エコー	6
		レオ	5
	4~6	ポリオ 1	19~60
		ポリオ 2	75
		ポリオ 3	30~67
		コクサッキー-A 9	10~20
		コクサッキー-B 3	75
		エコー 6	60
河 川	20~25	エコー 7	15~26
		エコー 1 2	33
		ポリオ 1	3~20
		ポリオ 2	8
		ポリオ 3	8
		コクサッキー-A 9	8
	4~6	コクサッキー-B 3	2~3
		エコー 6	6~8
		エコー 7	7~16
		エコー 1 2	5~12
貯水池	4~6	ポリオ	27
		ポリオ(多種, タイプ不明)	21~52
		コクサッキー-A 9	6
		コクサッキー(タイプ不明)	18
		エコー 6	5
		エコー 7	22
	20~25	エコー 1 2	14
		エコー(多種, タイプ不明)	21~42
		ポリオ 1	3~6
		ポリオ(多種, タイプ不明)	10~22
		コクサッキー-A 9	<6
		コクサッキー-B 3	3
農場ため池	37	コクサッキー(タイプ不明)	8
		エコー 6	5
		エコー 7	4
		エコー 1 2	<6
		エコー(多種, タイプ不明)	12~24
		ポリオ 1	98

表-6 浄水過程におけるウイルス除去率¹⁷⁾

プ ロ セ ス	除 去 率 (%)
硬水軟化 石灰法	10~70
過剰石灰	>99.9
凝集・フロック形成	
硫酸アルミニウム	98~99.9
高分子電解質	36~99
塩化第2鉄	>99
凝連砂ろ過	22~96
急速砂ろ過(凝集沈澱と併用)	90~99.7
珪藻土ろ過	0~20
珪藻土ろ過(凝集剤膜形成)	>99
塩素消毒	>99.99

料水が汚染されている場合、非常に低い確率で人に感染する可能性があり、この人がキャリアとなり他の人へ感染させることになるかもしれない³⁵⁾³⁶⁾。また、飲料水における大腸菌群の基準を満足していてもウイルス感染症を引き起こした例が報告されており^{37, 38, 39)}、この点を考慮して飲料水の安全の基準として一般細菌数を採用すべきであるという考えもある³²⁾。

海、川、湖における水浴によるウイルス病の感染はまれであるがいくつか報告されている^{40, 41)}。また、貝類へのウイルスの汚染は高濃度に汚染された海水中で観測されている^{42, 43)}。また、貝類からの感染では水質が大腸菌群の基準を満足しているが、そこで得られた貝類より肝炎を引き起こした例がある⁴⁴⁾。以上のように、ウイルスの感染症の発生例は、ほとんどの場合大腸菌群による安全性の基準を満足していても起こる。したがって、将来の水不足などによる下水処理水の再利用や塩素消毒による有機塩素化合物の環境水への汚染を防止するための塩素消毒の代替技術の開発の可能性など、社会情勢の変化の中で、水環境中におけるウイルス汚染の正しい認識の重要性が増々大きくなるものと予想される。

〔7〕 まとめ 以上、現在までの水環境中のウイルス汚染に関する文献的調査の結果を簡単に述べてきたが、我が国においては外国に較べてウイルス汚染に対する関心があまりないようである。しかし、ウイルス感染症という社会的な影響を考えると、今後ウイルス汚染にまじめに取り組んでいく研究者が増加することを願っている。また、本論文を読んでいただけておわかりいただけたと思うけれども、ウイルス感染に関する研究はウイルス学、細菌学、工学、化学、公衆衛生、医学そして経済学の学際的な範囲内で行なわれるべきであり、今後これらの学問の間の研究の疎通をはかる必要がある。

参考文献

- 1) 日本水道協会；水中ウイルスの解説，p169,1986
- 2) 丘依矩；ウイルスと水汚染（Ⅰ），水質汚濁研究 Vol.3, No.2, pp99~104, 1980
- 3) 丘依矩；ウイルスと水汚染（Ⅲ），水質汚濁研究 Vol.4, No.1, pp51~55, 1981
- 4) 黒田孝一他；河川水中ウイルスの検索，日公衛誌，Vol.28, pp481~486, 1981
- 5) 岩崎謙二他；下水からのウイルスの分離，臨床とウイルス，Vol.6, pp265~269, 1978
- 6) 矢野一好他；下水のウイルス消長と不活化に関する研究，用水と廃水，Vol.27, pp39~45, 1985
- 7) Akin E.W. et al; Enteroviruses in ground and surface water, Proc. of 13th Water Quality conference, Urbana, Illinois, U.S.A., 1971
- 8) Joyce G. et al; Survival of enteroviruses and bacteriophage in pond waters, Jr. AWWA, Vol.59, No.4, p491, 1967
- 9) 丘依矩；ウイルスと水汚染（Ⅱ），水質汚濁研究，Vol.3, No.3, pp137~141, 1980
- 10) Clarke N.A. et al; Human enteric viruses in water, Int. Conf. on Water Pollu. Res., London, 1964
- 11) 金子光美他；水中ウイルスの塩素による不活化，水道協会雑誌，Vol.556, p72, 1981
- 12) Ohmura T. et al; Behaviour of coliphages in oxidation ponds, Water Sci. Tech. Vol.17, pp219~227, 1985
- 13) Ohgaki S. et al; Effect of sunlight on coliphages in an oxidation pond, Water Sci. Tech. Vol.18, No.10, pp37~46, 1986
- 14) Neefe J.R. et al; An epidemic of infectious hepatitis apparently due to a water borne agent, Jr. American Medical Assn., Vol.128, No.15, p1063, 1945
- 15) Dudoise S.M. et al; poliovirus survival and movement in sandy forest soil, Applied I. Env., Vol.31, p536, 1976
- 16) Mach W.L. et al; Isolation of poliomyelitis virus from contaminated well, Health Service Report, Vol.87, p271, 1972
- 17) 丘依矩；ウイルスの水汚染（Ⅳ），水質汚濁研究，Vol.4, No.2, pp103~110, 1981
- 18) Guy M.D. et al; The removal of virus by a pilot treatment plant, Water Research, Vol.11, No.5, 421, 1977
- 19) Naparstek J.D.; Virus removal in an activated sludge plant, Water and Sewage Works, Ref. No. R-16, 1976
- 20) Malina J. et al; Poliovirus inactivation by activated sludge, Jr. WPCF, Vol.47, pp2178~2183, 1975
- 21) Balluize S. et al; The persistence of poliovirus in activated sludge treatment, Jr. Hyg., Vol.80, pp237~242, 1977
- 22) Glass J.S. et al; Enterovirus and coliphage inactivation during activated sludge treatment, Water Research, Vol.14, pp877~882, 1980
- 23) Sherman V.P. et al; Virus removal in trickling filter plants, Water & Sewage Works, Ref. No. R-36, 1975
- 24) Builuz S.A. et al; The behaviour of f2 coliphage in activated sludge treatment, Jr. Hyg., Camb. vol.80, pp237~242, 1978
- 25) Grabow W.O.K. et al; Microbiological quality indicators for routine monitoring of wastewater reclamation systems, Prog. Wat. Technol. Vol.10, pp317~327, 1978
- 26) Grabow W.O.K. et al; Role of lime treatment in the removal of bacteria, enteric viruses, and coliphages in a wastewater reclamation plant, Appl. envir. Microbiol. Vol.35, pp663~669, 1978
- 27) Kott Y. et al; Coliphages survival as viral indicator in various wastewater quality effluents, Prog. Wat. Technol. Vol.10, pp337~346, 1978
- 28) Kott Y. et al; Bacteriophages as viral pollution indicators, Water Res. Vol.8, pp165~171, 1974
- 29) Nupen E. et al; Efficiency of ultrafiltration for the isolation of enteric viruses and coliphages from large volumes of water in studies on wastewater reclamation, Prog. Wat. Technol. Vol.12, pp851~863, 1980
- 30) Wentzel R.S. et al; Evaluation of coliphage detection as a rapid indicator of water quality, Appl. envir. Microbiol. Vol.43, pp430~434, 1982
- 31) Berg G. et al; Indicators of viruses in waters, In Indicators of Viruses in Water and Food (Edited by Berg G.), pp267~296, Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 1978
- 32) Grabow W.O.K. et al; Evaluation of acid-fast bacteria, *Candida albicans*, enteric viruses and conventional indicators for monitoring wastewater reclamation systems, Prog. Wat. Technol. Vol.12, pp803~817, 1980
- 33) Marzouk Y. et al; Relationship of viruses and indicator bacteria in water and wastewater of Israel, Water Res. Vol.14, pp1585~1590, 1980
- 34) IAWPRC Study Group on Water Virology; The health significance of viruses water, Water Res. Vol.17, pp121~132, 1983
- 35) Gamble W.E. et al; Viruses in drinking-water, Lancet pp425~428, 1979
- 36) Melnick J.L. et al; Viruses in water, Bull. Wild Hlth Org. Vol.56, pp499~508, 1978
- 37) Graun G.F. et al; Outbreaks of waterborne disease in the United States, J. Am. Wat. Wks. Ass. Vol.71, pp422~428, 1975-1976
- 38) Haley C.E. et al; Outbreaks of waterborne disease in the United States, infect. dis. Vol.141, pp794~797, 1980
- 39) Wilson R. et al; Waterborne gastroenteritis due to the Norwalk agent: clinic and epidemiologic investigation, Am. J. pub. Hlth Vol.72, pp72~74, 1982
- 40) Barrow G.I.; Microbial pollution of coasts and estuaries: the public health implications, Wat. Pollut. Control Vol.80, p221~230, 1981
- 41) Gabelli V.J.; Public health and water quality significance of viral diseases transmitted by drinking water and recreational water, IAWPR Post-Conference Seminar on Water Virology, Pretoria, Wat. Sci. Technol. In press, 1983
- 42) Appleton H.; Outbreaks of viral gastroenteritis associated with the consumption of shellfish, In Viruses and Wastewater Treatment (Edited by Goddard M. & Butler M.), pp287~289, Pergamon Press, Oxford, 1981
- 43) Grohmann G.S. et al; Oyster-associated gastroenteritis in Australia: The detection of Norwalk virus and its antibody by immune electron microscopy and radioimmunoassay, J. med. Viro. Vol.6, pp11~19, 1980
- 44) Portnoy B.L. et al; Oyster-associated hepatitis. Failure of shellfish certification programs to prevent outbreaks, J. Am. med. Ass. Vol.233, pp1065~1068, 1975