

## 参考資料編

参考1. 感染性胃腸炎とノロウイルス .....	1
参考2. ノロウイルスの分析手法 .....	5
参考3. ノロウイルスの挙動実態調査 .....	8
参考4. 既往文献調査による下水処理プロセスのウイルス除去効果 .....	57
参考5. 関連調査 .....	65
参考6. ノロウイルスの用量反応 .....	70
参考7. リスクアセスメント手法による処理目標水質の検討例 .....	72
参考8. 用語解説 .....	74
参考資料編参考文献 .....	77



## 参考1： 感染性胃腸炎とノロウイルス

### 1.1 感染性胃腸炎

#### 1.1.1 感染性胃腸炎の概要

感染性胃腸炎は、「感染症法に基づく医師及び獣医師の届出について」では、「細菌又はウイルスなどの感染性病原体による嘔吐、下痢を主症状とする感染症である。原因はウイルス感染（ロタウイルス、ノロウイルスなど）が多く、毎年秋から冬にかけて流行する。また、エンテロウイルス、アデノウイルスによるものや細菌性のももみられる。」とされている。

ウイルス：ノロウイルス、サポウイルス、ロタウイルス、エンテロウイルス、アデノウイルス等

細菌：サルモネラ、カンピロバクター、エルシニア、病原大腸菌、腸炎ビブリオ等

寄生虫：クリプトスポリジウム、アメーバ赤痢、ジアルジア（ランブル鞭毛虫）等

日本における感染性胃腸炎及び原因微生物の疫学的データは、次の3種により把握されている。

#### ①食中毒統計 (<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/index.html>)

食中毒が疑われる場合に食品衛生法に基づき、24時間以内の医師の届出によって保健所が病原微生物の検査を行い、厚生労働省にウイルス性食中毒として報告される。

#### ②感染症発生動向調査(IDWR)(週報) (<http://idsc.nih.go.jp/idwr/index.html>)

感染性胃腸炎は、5類感染症定点把握疾患に定められてとりまとめられている。保健所ごとに定められた小児科定点から毎週、各保健所に報告され、都道府県ごとにまとめられた後、国立感染症研究所でとりまとめられる。クリプトスポリジウム、アメーバ赤痢など個別の疾患として集計されているものは感染性胃腸炎患者数から除かれる。

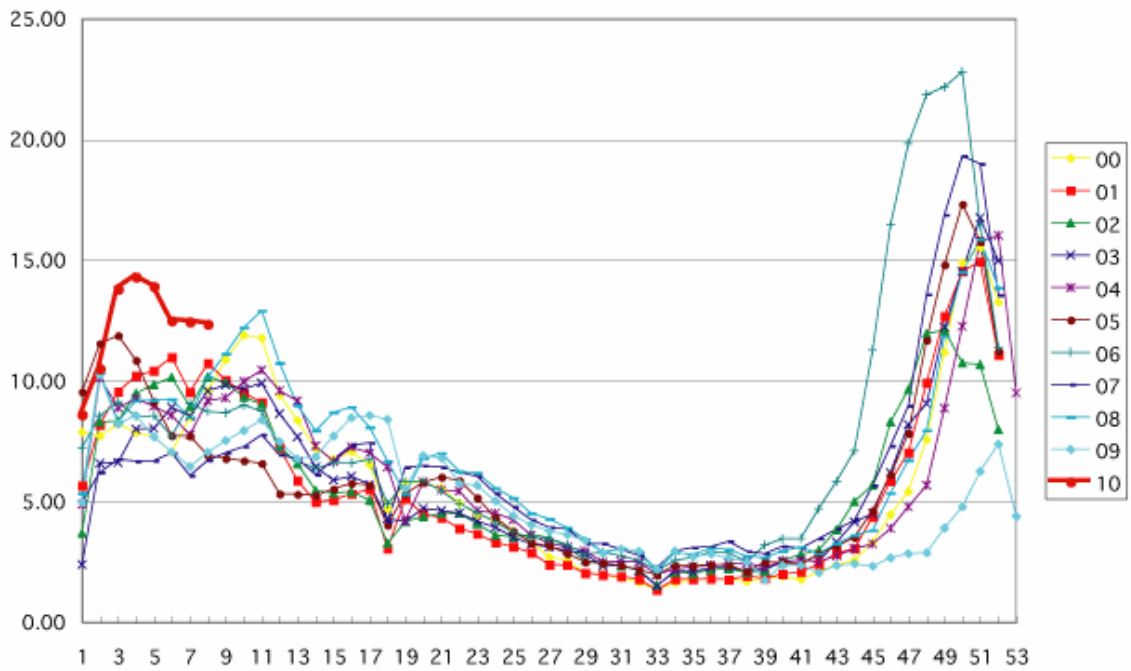
#### ③病原微生物検出情報(IASR)(月報) (<http://idsc.nih.go.jp/iasr/index-j.html>)

①②の調査に限らず、地方衛生研究所で検査されたもの全てが集計される。

#### 1.1.2 感染性胃腸炎の流行状況

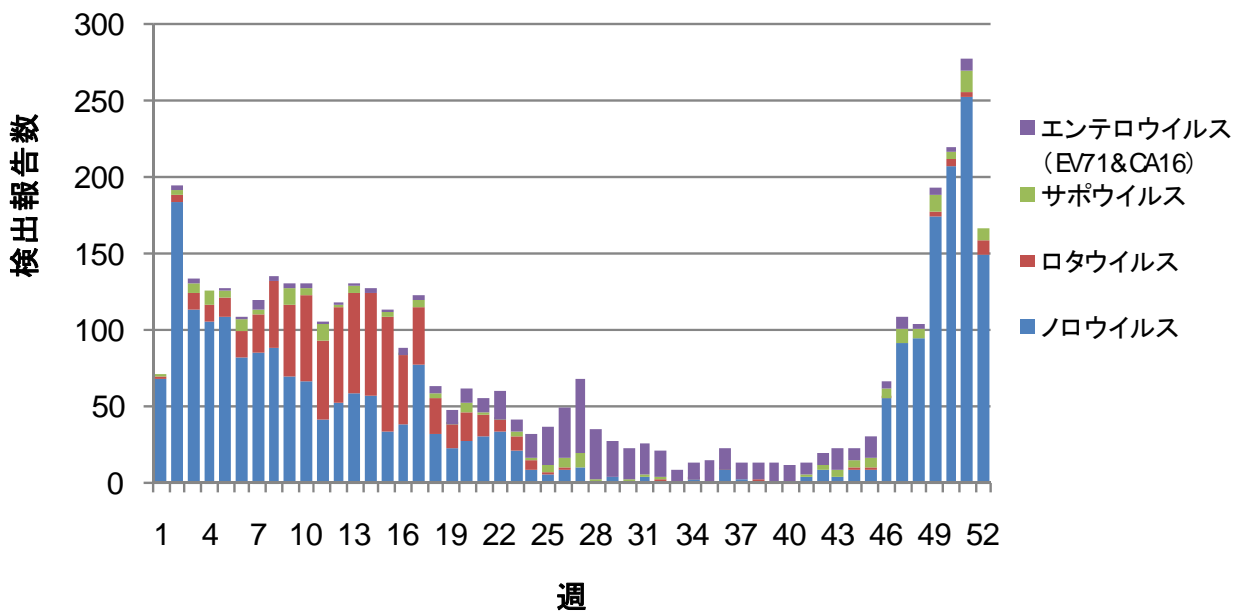
感染性発生動向調査による感染性胃腸炎の患者報告数の推移を図 1.1 に示す。例年の感染性胃腸炎の流行は49週から53週（11月下旬から12月下旬）にピークを迎え、翌年の20週ごろ（5月上旬）までは比較的報告数が多い。21週を超えると徐々に減少し、40週ごろが最も報告数が少なくなる。

また、病原微生物検出情報から2008年の感染性胃腸炎原因ウイルス（ノロウイルス、ロタウイルス、エンテロウイルス）の検出件数を図 1.2 に示す。検出報告数は、ノロウイルスの流行が46週（晩秋）から始まり51週（12月中旬）にピークとなっており、ロタウイルスも7週（2月下旬）から19週（5月）にかけて流行しているが、感染性胃腸炎患者の大部分がノロウイルスを原因微生物にしていることがうかがえる。



出典：感染症情報センター（感染症発生動向調査(週報)，定点機関からの報告）  
平成 22 年 3 月 12 日現在

図 1.1 感染性胃腸炎の定点当たり患者報告数



感染症情報センター（病原微生物検出情報(IASR)，地研からの報告）を図化

図 1.2 ウイルスの検出状況(2008 年)

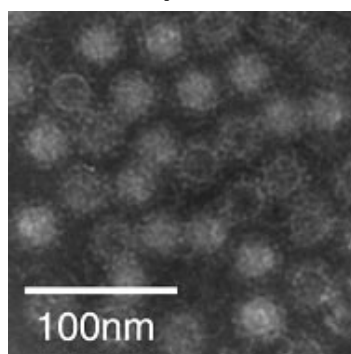
## 1.2 ノロウイルスの特徴 (Norovirus)

### 1.2.1 ノロウイルスの概要

昭和 43 年 (1968 年) に米国のオハイオ州ノーウォークという町の小学校で集団発生した急性胃腸炎の感染者の糞便からウイルスが検出され、発見された土地の名前を冠して、ノーウォークウイルスと呼ばれた。その後、電子顕微鏡下でその形態が明らかにされ、ウイルスの中でも小さく球形である (図 1.3) ことから「小型球形ウイルス (SRSV)」の通称も用いられてきた。

ICTV (国際ウイルス分類委員会 : International Committee on Taxonomy of Viruses) の 第 7 次報告が 2002 年に公表され、「ヒトに胃腸炎を起こすカリシウイルス科ウイルス」の分類体系と名称が確立した。国内では暫定的に SRSV (小型球形ウイルス) と呼ばれていたが、2003 (H15) 年、厚生労働省の通達によりノロウイルスと呼ばれることとなった。

ノロウイルスは、カリシウイルス科 (Family *Caliciviridae*) のノロウイルス属 (Genus *Norovirus*) に分類される RNA ウイルス (プラス一本鎖 RNA) で、RNA を覆う外殻の形態は、正 20 面体で直径 27~40nm である<sup>4)</sup>。



出典：神奈川県衛生研究所  
<http://www.eiken.pref.kanagawa.jp/index.html>

図 1.3 ノロウイルス透過型電子顕微鏡写真

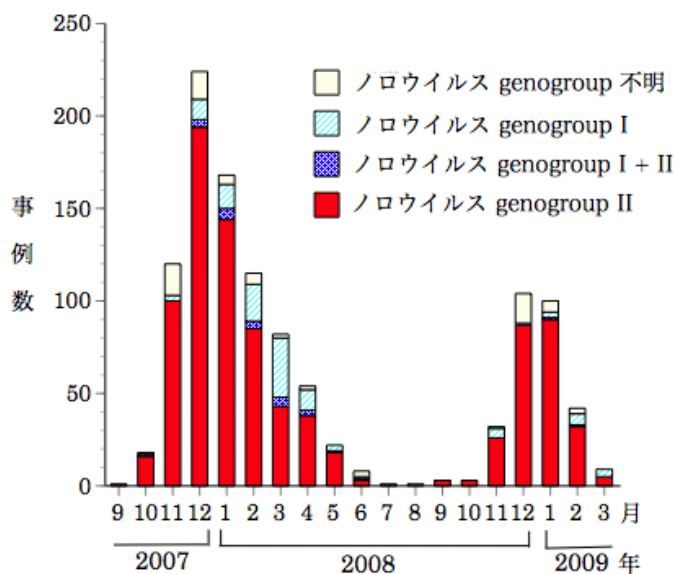
カリシウイルス科の分類体系を表 1.1 に示す。人に病原性を有するものは、ノロウイルス属とサポウイルス属の 2 つである<sup>9)</sup>。

表 1.1 カリシウイルス (Caliciviridae) の分類<sup>9)</sup>

属 (Genus)	種 (type species)	株 (Strain)
<i>Norovirus</i> ノロウイルス	<i>Norwalk virus</i> (NV) ノーウォークウイルス	Norwalk, Southampton, Desert Shield, Chiba, BS5 など(G I) Hawaii, Lordsdale, Camberwell, U201, Alpatron など(G II) 他に <i>Bovine enteric calicivirus</i> (ウシ腸管性カリシウイルス), <i>Murine norovirus</i> (マウスノロウイルス), <i>Swine norovirus</i> (ブタ腸管性カリシウイルス) など
<i>Sapovirus</i> サポウイルス	<i>Sapporo virus</i> (SV) サッポロウイルス	Sapporo, Manchester, Houston, Parkville など <i>Porcine enteric sapovirus</i>
<i>Vesivirus</i> ペジウイルス	<i>Feline calicivirus</i> (ネコカリシウイルス) <i>Vesicular exanthema of swine virus</i> (ブタ水疱疹ウイルス)	Urbana, F9, Japanese F4 など Bovine calicivirus, Primate calicivirus, San Miguel sea lion virus など
<i>Lagobirus</i> ラゴウイルス	<i>European hare syndrome virus</i> <i>Rabbit hemorrhagic disease virus</i> (ウサギ出血熱ウイルス)	GD など FRG, AST89, BS89 など

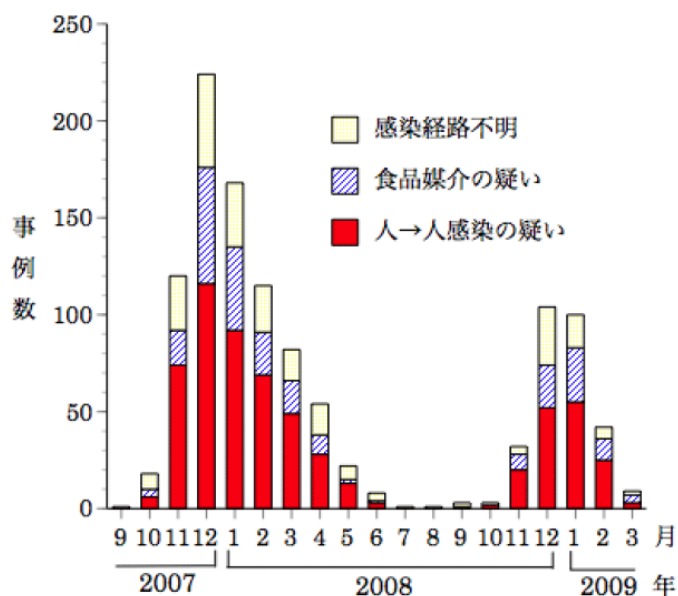
また、遺伝子は大きく分けて2つの遺伝子群 Genogroup I (G I) 及び Genogroup II (G II) があり、さらにそれぞれ15と18あるいはそれ以上の遺伝子型に分類される<sup>2)</sup>。なお、我が国における感染性胃腸炎の流行の大部分はG IIが原因である<sup>4)</sup>(図1.4参照)。

ノロウイルス属には、ウシ、ブタ、ネズミ等に感染する株も確認されてきているが、人に感染したとする報告はない<sup>9)</sup>。また、人に感染するノロウイルスも、人以外に感染しないとされており、環境水中で増殖することはない<sup>9)</sup>。本報告書における調査の対象は、ノロウイルス属のG I及びG IIであり、特に表記しない限り人に感染するノロウイルスを意味するものとする。



出典：病原微生物検出情報 (IASR)  
<http://idsc.nih.gov/iasr/prompt/graph/norof1.gif>

図 1.4 ノロウイルス感染集団発生の月別推移(タイプ別)



(病原微生物検出情報：2009年3月26日現在報告数)

出典：病原微生物検出情報 (IASR)  
<http://idsc.nih.gov/iasr/prompt/graph/norof2.gif>

図 1.5 ノロウイルス感染集団発生の月別推移(感染経路)

## 参考2： ノロウイルスの分析手法

ここではノロウイルスの分析手法について記すが、以下の点に留意する必要がある。

ノロウイルスは、ヒトの体内以外で増殖が確認されておらず、現在でも培養する方法が確認されていない。ノロウイルスの検査には、遺伝子検出技術を活用した手法が用いられることが多いが、この方法では、ウイルスの遺伝子配列の中の特定の部分のみの存在を確認しているものであるため、ウイルスの粒子の確認はできない。また、ウイルスの感染性の有無の判定もできない。

### 2.1 ノロウイルスの一般的な分析手法

#### 2.1.1 ノロウイルスの検査手法

厚生労働省では、食品（貝類）や糞便からのノロウイルスの検出法をとりまとめ、平成15年食安監発第1105001号（最終改正平成19年5月14日、食安監発第0514004号）で通知している。これによると、RT-PCR法とリアルタイムPCR法\*（以下、リアルタイムRT-PCR法という。）の2種類が定められている。RT-PCR法の場合、PCR反応後に電気泳動でPCR陽性の判断を行い、さらに、確認試験としてハイブリダイゼーションや遺伝子配列を調べ、ノロウイルス陽性の判断を行う。リアルタイムRT-PCR法はRT-PCR法よりも検出感度が良く、ハイブリダイゼーションが同時に行われることから、短時間で結果が得られるという利点があるうえ、定量的な評価ができる。

その他の検査手法としては、NASBA法やLAMP法等の遺伝子検査手法が開発されている。また、簡易試験として、ELISA法、イムノクロマト法などの抗原抗体反応を利用した検査手法も開発されているが、これらの手法は、主に感染者の糞便を対象としており、検出感度が低い。

表 2.1 ノロウイルスの検出手法の例

主な検出法	検出技術	長所・短所等
RT-PCR法	遺伝子検出	PCR後に電気泳動や遺伝子配列を調べる必要があり、定性性がある。
リアルタイムRT-PCR法	遺伝子検出	検出感度が高く、定量性もあるが、機器や試薬が高価である。
NASBA法	遺伝子検出	高額な機器が不要であり、目視での判定が可能であるが、遺伝子解析はできない。
LAMP法	遺伝子検出	高額な機器が不要であり、目視での判定が可能であるが、遺伝子解析はできない。
ELISA法	抗原抗体反応	手軽に測定でき短時間で結果が得られるが、検出感度が低い。
イムノクロマト法	抗原抗体反応	手軽に測定でき短時間で結果が得られるが、検出感度が低い。

\* リアルタイムPCR：Real Time PCR、リアルタイムRT-PCR等で表記される場合もある。本報告書では「リアルタイムRT-PCR」と表示する。なお、RT-PCRの“RT”は“reverse transcription”（逆転写）の略である。

### 2.1.2 ノロウイルスの感染性の評価手法

ノロウイルスに関しては、培養系が見出されていないことから、検出されたウイルスの感染性を明らかにすることはできない。形態学的にノロウイルスと類似しているネコカリシウイルス、イヌカリシウイルスを代替としたデータが参考として用いられている<sup>9)</sup>。また、ノロウイルス属のうち、組織培養により増殖できるのはマウスノロウイルス（人には感染しない）のみ<sup>9)</sup>であり、感染性に関する研究への利用が行われてきている。

### 2.1.3 環境水からノロウイルスを分析する際の前処理手法

環境水（河川・湖沼水、海水、流入下水・処理水・再生水など）中のノロウイルスは、感染者の糞便及び吐しゃ物中に含まれるウイルス濃度と比べウイルス濃度が低いことから、最も検出感度が高いリアルタイム RT-PCR 法を利用しても前処理として濃縮操作が必要となる。

環境水からウイルスを濃縮する一般的な方法として、試料水をろ過してろ過膜面にウイルスを吸着し、少量の誘出液により誘出することで濃縮する膜ろ過法と、試料水にポリエチレングリコールを混合して遠心分離し、沈殿物に濃縮するポリエチレングリコール法（以下、PEG 沈殿法）が主に用いられている。

膜ろ過法は、使用する膜の種類や誘出液の種類により数種類が提案されている（表 2.2 参照）が、誘出液にビーフエキスをを用いる方法は、後段の工程で RNA 抽出や PCR による分析の効率を阻害するといわれている。また、1枚の膜に多量の試料水をろ過すると検出濃度が低下するといわれている<sup>26)</sup>ため、試料水中の SS 量を目安に1枚の膜でろ過する量を決定することが望ましい。

PEG 沈殿法は、1回の遠心分離にかけられる上限量が遠心機の仕様によって決まってしまうため、大量の試料を処理する場合、作業に長時間を要する場合がある。また、SS と合わせて濃縮されるため、SS 量が多いと後段の工程で RNA の抽出効率が影響を受けると言われており<sup>26)</sup>、濃縮水量を調整することが望ましい。

この他にも超高速遠心分離、セルロース吸着凝集法等があるが、膜ろ過法や PEG 沈殿法と比べると高額な機器を用いることや、操作が煩雑であることから最近ではあまり利用されていない。

表 2.2 ウイルス濃縮方法の比較

濃 縮 方 法		手 順
①	陽電荷膜を用いた膜ろ過法 (ビーフエキス誘出)	1) 試料を陽電荷膜でろ過し、膜に吸着させる。 2) ビーフエキス+グリシン NaOH バッファーをろ過し、誘出する。 3) 誘出後 pH を 7 に調整する。
②	陰電荷膜を用いた膜ろ過法 (ビーフエキス誘出)	1) 試料に陽イオンを加えて陰電荷膜でろ過し、膜に吸着させる。 2) ビーフエキス+グリシン NaOH バッファーをろ過し、誘出する。 3) 誘出後 pH を 7 に調整する。
③	陰電荷膜を用いた膜ろ過法 (アルカリ誘出)	1) 試料に陽イオンを加えて陰電荷膜でろ過し、膜に吸着させる。 2) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> をろ過し、陽イオンを膜から洗い流す。 3) NaOH をろ過し、誘出する。 4) 誘出後 pH を 7 に調整する。
④	PEG 沈殿法	1) 試料にポリエチレングリコールと NaCl を添加する。 2) 遠心分離を行い、上澄みを取り除く。 3) 沈渣に水を加え分散する。



## 2.2 遺伝子検出技術を用いたノロウイルスの定量分析（リアルタイム RT-PCR 編）

ここでは遺伝子検出技術を利用した検出手法の一例としてリアルタイム RT-PCR の概略について述べる。リアルタイム RT-PCR は逆転写 (RT) 反応とリアルタイム PCR を組み合わせた方法である。操作は①RNA の抽出、②DNase 処理、③逆転写反応、④リアルタイム PCR の順に行い濃度を算出する。

### ①RNA の抽出

ノロウイルスは RNA をキャプシド (外殻) と呼ばれるタンパク質で囲い込む構造をしている。タンパク質変性剤を用いてキャプシドを分解し、RNA を取り出す。RNA 抽出用のキットが市販されている。(反応液量の一例：140  $\mu$ L の試料から 70  $\mu$ L の RNA 抽出液を得ることができる。)

### ②DNase 処理

リアルタイム PCR 反応液中に余計な DNA が含まれていると、正確に測定できない可能性があるため、DNA 分解酵素 (DNase) を用いて、RNA 抽出液中の DNA を分解する。(反応液量の一例：30  $\mu$ L 反応系で①の RNA 抽出液 25  $\mu$ L を加える。)

### ③逆転写反応

リアルタイム PCR では DNA を検出するため、RNA を鋳型として cDNA を合成する。(反応液量の一例：50  $\mu$ L 反応系で②の DNase 処理した反応液 30  $\mu$ L を加える。)

### ④リアルタイム PCR

リアルタイム PCR は、目的とする cDNA の配列の一部を特異的に増幅し、蛍光色素をもつ試薬を用いて増幅量をリアルタイムで検出して定量することができる。特異的な増幅は、目的とする cDNA ごとに設計したプライマーと呼ばれる短い DNA の断片を用いることで可能となる。原理的には 1 回の増幅反応あたり 2 倍に増幅することができ、45 から 50 回増幅反応を繰り返し測定する。増幅回数と蛍光強度をから cDNA のコピー数を求めることができる。(反応液量の一例：逆転写反応液 5  $\mu$ L を用い、厚生労働省の通知<sup>3)</sup> では、この反応液中に目的とする cDNA が 10 コピー以上で陽性と判定している。)

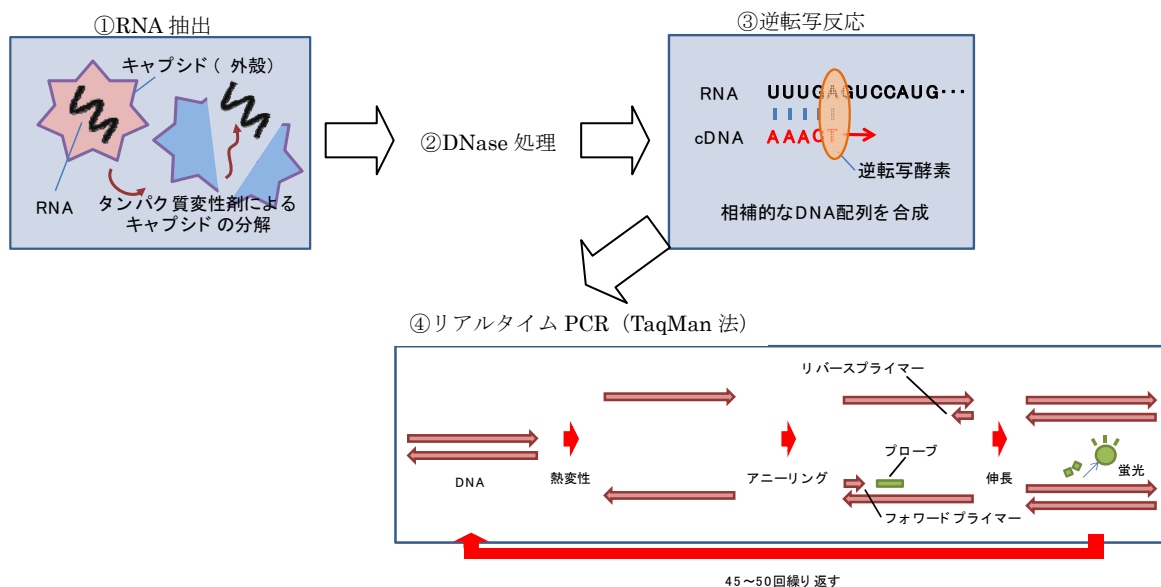


図 2.1 リアルタイム RT-PCR 法の分析フロー (概略)

### 参考3： ノロウイルスの挙動実態調査

挙動実態調査を行った各下水処理場の処理フロー、試料の採水地点および調査実施年度は、「下水道におけるウイルス対策に関する調査委員会 報告書」P.5 表 3-1 のとおりである。

なお、L、M、N 処理場は平成 19 年度流行期に 2 回、O 処理場は平成 19 年度流行期に 2 回、平成 20 年度非流行期に 1 回、流行期に 4 回の調査を実施した。

### 3.1 調査方法

#### 3.1.1 採水箇所

下水処理施設におけるウイルスの挙動を確認するために、各処理プロセスで採水を行うものとした。なお、調査年度により、採水を行わない場合もあり、表 3.1 及び図 3.1 は基本的に対象とした箇所を示したものである。

表 3.1 基本的な採水箇所

採水地点		処理場																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
①	流入下水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
②	生物処理水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
③	消毒前その他処理水(ろ過など)			○						○								○	○
④	消毒後放流水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑤	消毒後その他処理後放流水(ろ過など)								○		○								
⑥	再生処理消毒前水(ろ過など)	○										○							
⑦	再生処理消毒後水	○					○			○	○	○							

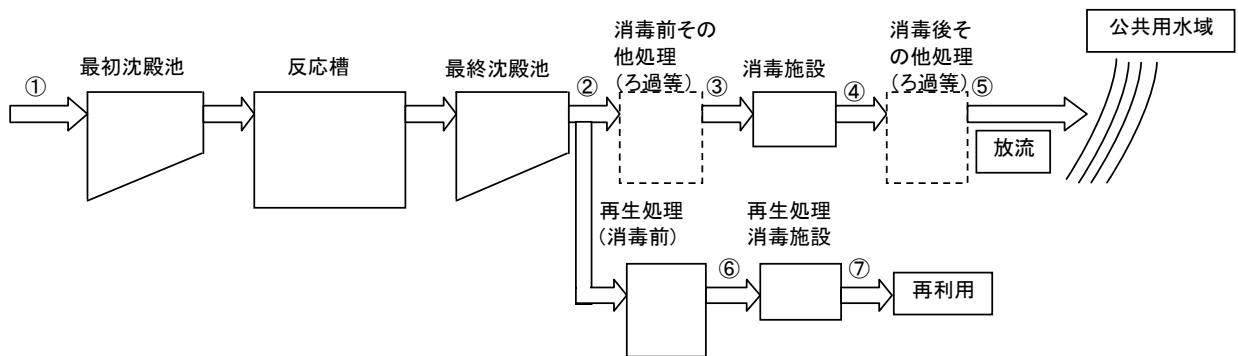


図 3.1 基本的な採水箇所

### 3.1.2 採水時間の設定

採水は、ノロウイルス濃度が1日のうち最も高いと想定される時間帯に行った。処理場内では基本的に流入水の水塊を追跡する形（図 3.2 参照）で、日平均水量における滞留時間を考慮してスポット採水により行なった。

また、基本的に降雨による影響のない日を調査日とした。

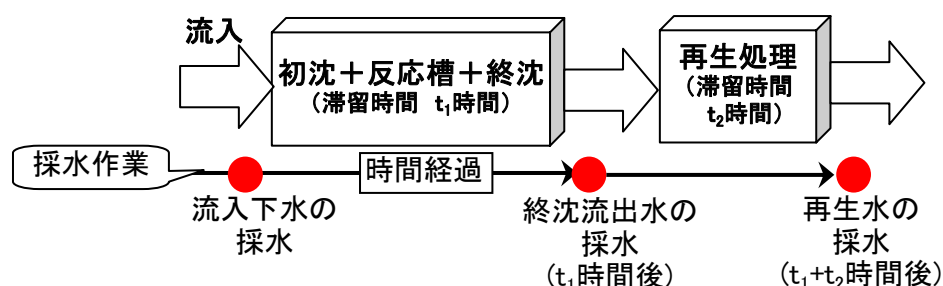


図 3.2 下水処理場における採水方法の概念図（水塊を追いかける形）

### 3.1.3 試料の採水及び保存方法

ノロウイルス分析用の採水瓶はポリエチレン製、電子線滅菌済みのものを使用した。採水箇所においてバケツ等により試料を一旦採取し、対象となる試料水で採水瓶を一度ゆすいだあと、空気が入らないように採水瓶口いっぱいまで試料水を投入した。各試料の採取場所、採取水深、試料水量を、表 3.2 に示す。

採水後、冷暗所で保存し、速やかに分析機関へ送付し、分析に供するものとした。なお、平成 21 年度からは塩素消毒後試料について、採水直後に残留塩素の中和処理を実施した。

表 3.2 ノロウイルス分析用採水方法

試料		採取場所	採取水深	試料水量
①	流入下水	ポンプ井（沈砂除去後の水）、 または最初沈殿池流入水路	表層でないこと (スラムの影響考慮)	0.5L
②	生物処理水	最終沈殿池の流出水	規定せず	1.5L
③	消毒前その他処理水 (ろ過など)	消毒前に設置されたるろ過施設 等の流出水	規定せず	5.0L
④	消毒後放流水	消毒施設流出水（必要接触時間 等が確保された水、及び河川水 等と混合していない水）	規定せず	1.5L (前段に③ がある場 合は 5.0L)
⑤	消毒後その他処理後 放流水（ろ過など）	消毒後に設置されたるろ過施設 等の流出水	規定せず	5.0L
⑥	再生処理消毒前水 (ろ過など)	再生処理消毒施設前に設置さ れた再生処理施設の流出水	規定せず	5.0L
⑦	再生処理消毒後水	再生水供給口、 または再生水受水槽	規定せず	5.0L

### 3.1.4 分析項目及び方法

調査実施において、他の水質項目も合わせて測定し、結果の解析に供するものとした。

表 3.3 基本的な分析項目

測定項目	分析方法
NoV G I	陰電荷膜法(濃縮)⇒リアルタイムRT-PCR法
NoV G II	陰電荷膜法(濃縮)⇒リアルタイムRT-PCR法
水温	下水試験方法
pH	下水試験方法
濁度	下水試験方法
SS	下水試験方法
大腸菌数	上水試験方法(特定酵素基質培地法)
大腸菌群数	下水試験方法(H19年度のみ)

### 3.1.5 調査実施日

平成 19 年度～平成 21 年度に行った挙動調査採水日を表 3.4 に示す。

表 3.4 挙動調査の実施日

処理場	挙動調査の採水日									
	H19年度		H20年度				H21年度			
	(流行期)		(非流行期)	(流行期)		(非流行期)	(流行期)			
A	2/25～26		10/7～8	11/17～18	12/1～2	2/9～10	11/12～13	11/24～25	12/9～10	1/27～28
B	2/27～28		10/14～15	12/10～11	1/28～29	2/18～19	10/26～27	12/1～2	12/15～16	1/18～19
C	2/26	3/18	10/8	12/2	1/20	2/4	10/19	11/24	12/9	1/25
D	2/27～28		10/6～7	12/3～4	1/26～27	2/2～3	10/21～22	12/2～3	12/14～15	1/12～13
E	2/20～21		10/8～9	11/18～19	1/26～27	2/4～5	10/21～22	12/2～3	12/8～9	1/25～26
F	3/3～4		-	-	-	-	-	-	-	-
G	2/20～21		10/14	11/26	1/7	2/17	10/19～20	11/16～17	11/24～25	1/18～19
H	-		9/30～10/1	12/1～2	1/13～14	2/9～10	10/21	11/25	12/8	1/13
I	-		10/6	11/17	11/25	12/8	10/27～28	12/1～2	12/14～15	1/12～13
J	-		10/7～8	11/19～20	12/3～4	1/27～28	10/20～21	11/25～26	12/7～8	1/13～14
K	-		10/6～7	11/25～26	12/9～10	3/10～11	10/19～20	11/16～17	11/30～12/1	1/18～19
L	3/12	3/18	-	-	-	-	-	-	-	-
M	3/12	3/17	-	-	-	-	-	-	-	-
N	3/10	3/17	-	-	-	-	-	-	-	-
O	3/10	3/17	9/11	11/5	11/26	12/16	1/6	-	-	-
P	-		10/7	11/17	12/24	1/14	-	-	-	-
Q	-		10/3	11/17	12/25	1/8	-	-	-	-
R	-		-	-	-	-	-	12/15	1/6	1/19

### 3.2 ノロウイルスの分析・解析手法

#### 3.2.1 ノロウイルスの検出手法

下水試料におけるノロウイルスの検出は、検出感度が高く定量性があることからリアルタイム RT-PCR 法を選定した。

下水中のノロウイルスを濃縮する手法としては、分析手法にリアルタイム RT-PCR 法を用いるため、陰電荷膜を用いた膜ろ過法（アルカリ誘出）（以下、陰電荷膜法という）と PEG 沈殿法を選定した。PEG 沈殿法は、分析機関での遠心機台数、処理容量による制約などの課題があり（表 3.5 参照）、流入下水・処理水・再生水などの環境水試料の分析には検水量が多く必要となることから、本調査では、比較的簡単に濃縮率を高くできる陰電荷膜法により前処理を行うものとし、検出濃度レベルを一定に保つため、膜 1 枚当りのろ過量は SS 負荷量が 1mg 以下となるように調整<sup>26)</sup>した。また、濃縮倍率を高めるために、陰電荷膜法の誘出液を限外ろ過により二次濃縮を行った。

なお、一部の処理場で、PEG 沈殿法による前処理についても同時に行い、陰電荷膜法と PEG 沈殿法による前処理手法が検出濃度に与える影響の比較を行った結果では、図 3.3～図 3.4 に示すように、陰電荷膜法に比べ、PEG 沈殿法による検出濃度の方が高い傾向であった。図 3.3～図 3.4 に示す検出濃度の比較は、陰電荷膜法及び PEG 沈殿法の検出濃度を高める<sup>26)</sup>ため、膜及び抽出カラムへの濃縮試料の SS 負荷量を、それぞれ 1mg/枚以下、0.1mg/カラム以下に統一している。

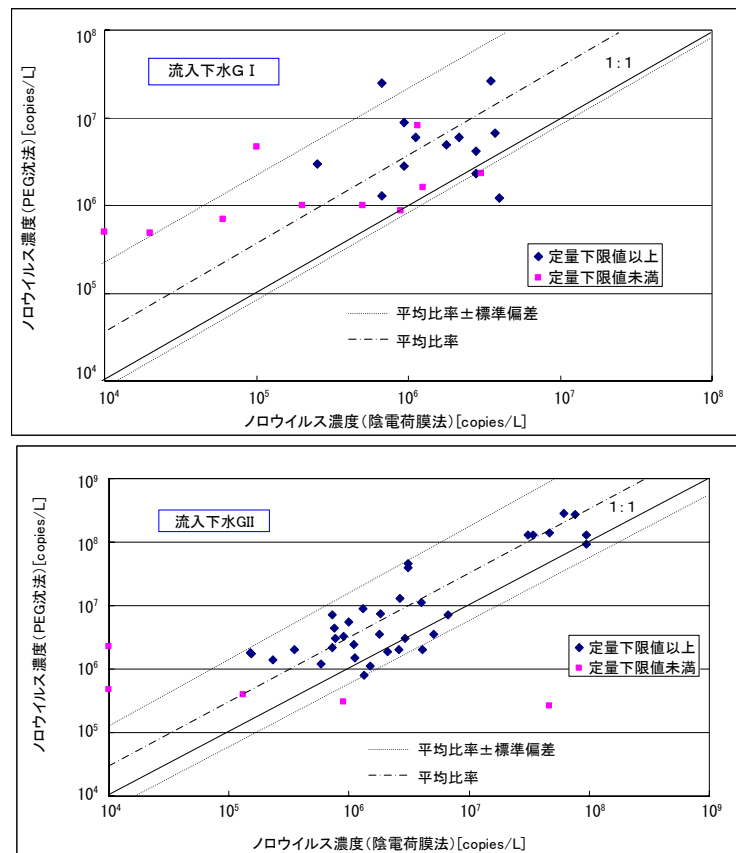


図 3.3 流入下水における濃度比較

※陰電荷膜法によるノロウイルス濃度を対象として、定量下限値以上、定量下限値未満の表記をしている。

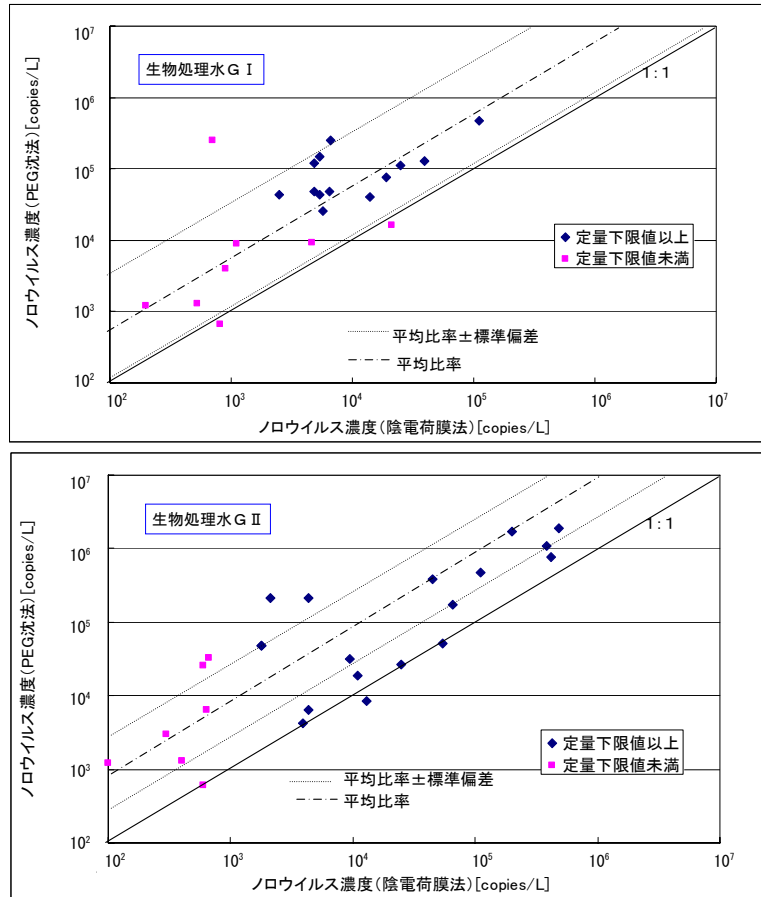


図 3.4 生物処理水における濃度比較

※陰電荷膜法によるノロウイルス濃度を対象として、定量下限値以上、定量下限値未満の表記をしている。

表 3.5 下水試料における陰電荷膜法と PEG 沈殿法の比較

項目		陰電荷膜法	PEG 沈殿法
検出濃度		PEG 沈殿法と比較すると検出濃度が低い傾向にある。	陰電荷膜法と比較すると検出濃度が高い傾向にある（最大 1 桁程度）。
作業性	人為的誤差	膜の目詰まりに注意する必要があるが、人為的誤差の要因は少ない。	上清の捨て方・回収の仕方やペレットの分散のさせ方等に注意を要する。
	作業効率	器具（フィルタホルダー、膜）を複数セットすれば、一人で複数の試料を効率よく濃縮することも可能である。	濃縮水量を増やす、または一度に複数の試料を取り扱う場合に、遠心機の性能（1 回あたりの処理水量）への依存度が大きくなる。
経済性		分析費用は同程度である。	
		SS 濃度の高い試料（流入下水等）の場合、膜枚数が多くなるためコストが高くなる傾向がある。	ノロウイルス濃度の低い試料（再生水等）に対し、検出限界値を低くするために濃縮水量を増やす場合でも、試薬・器具にかかるコスト増はほとんどない。

### 3.2.2 定量手法

ノロウイルスの定量は、リアルタイム PCR で増幅される部分が既知濃度に調整された高濃度試料（標準試料）を 10 倍段階希釈し、それぞれの蛍光強度と増幅回数から検量線を作成した。検量線からリアルタイム PCR 反応液中の濃度を測定し、前段の検査手法中の濃縮倍率を計算し試料濃度とした。検量線によって定量された定量値の単位は、copies とし、試料の濃度単位は copies/L とした。また、作成した検量線において、PCR 反応あたり 10copies を定量下限値、1 copy を検出下限値として、検出下限値以下のものを不検出（ND：Not Detected）とした。なお、標準試料は、感染者糞便検体から独自に調整したものを用いており、一部の試料には国立感染症研究所から提供を受けた標準試料を用いた。

平成 19 年度の調査の一部については、標準試料を用いずに最確数法（MPN 法）により濃度を算出した調査地点がある。リアルタイム RT-PCR 法による MPN の算出には、リアルタイム PCR の操作を行う際に cDNA 溶液を 10 倍希釈 3 連法の要領で希釈して PCR を行い、蛍光強度の増加を観察して陽性／陰性を判断し、MPN を求めた。ここでは、MPN 法によって算出された試料の濃度単位も含めて全て copies/L と記載する。

それぞれの分析手法において、分析結果に大きな差がないことを事前に確認した。なお、分析を実施した 3 機関のそれぞれの定量方法を、表 3.6 に示す。

表 3.6 ノロウイルスの定量方法

	濃縮	RNA抽出	RNA検出
a 機関	陰電荷膜法 (SS1mg/膜程度に調整)	QIAamp	RealTime qPCR法
b 機関	陰電荷膜法	QIAamp	MPN-RealTime qPCR法 (3連法)
c 機関	陰電荷膜法 (SS1mg/膜程度に調整)	QIAamp	RealTime qPCR法

### 3.3 挙動実態調査結果

#### 3.3.1 ノロウイルス濃度の実態調査の結果

##### 1. 流入下水中のノロウイルス濃度

報告書 P.8 に示す図 3-1 流入下水中のノロウイルス濃度を表 3.7 に示す。

表 3.7 流入下水中のノロウイルス濃度（報告書図 3-1 に対応）

(単位 : copies/L)

採水月	9・10月		11月		12月		1月		2月		3月	
処理場	[A,B,C,D,E,G,H,I,J,K,O,P,Q処理場]		[A,C,E,G,H,I,J,K,O,P,Q処理場]		[A,B,C,D,E,H,I,J,K,O,P,Q,R処理場]		[A,B,C,D,E,G,H,I,J,K,O,P,Q,R処理場]		[A,B,C,D,E,G,H処理場]		[F,K,L,M,N,O処理場]	
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II
検出試料数 ／ 総試料数	8/22	12/22	14/20	17/20	23/24	23/24	22/22	22/22	13/13	13/13	10/10	10/10
最小値	$5.0 \times 10^3$	$5.0 \times 10^3$	$1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	$3.7 \times 10^3$	$3.7 \times 10^3$	$4.0 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$	$2.5 \times 10^5$	$3.9 \times 10^5$	$8.3 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$
最大値	$5.0 \times 10^5$	$7.4 \times 10^5$	$5.6 \times 10^6$	$3.4 \times 10^7$	$3.5 \times 10^6$	$9.5 \times 10^7$	$1.7 \times 10^7$	$8.2 \times 10^7$	$1.8 \times 10^7$	$5.1 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	$1.6 \times 10^6$
平均値	$3.2 \times 10^4$	$3.2 \times 10^4$	$9.9 \times 10^4$	$3.2 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5$	$6.9 \times 10^5$	$1.4 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$2.6 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$	$4.1 \times 10^6$	$6.3 \times 10^5$
中央値	$1.3 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$	$1.7 \times 10^5$	$3.2 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$	$6.7 \times 10^5$	$1.3 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$4.6 \times 10^6$	$7.1 \times 10^5$

##### 2. 放流水中のノロウイルス濃度

報告書 P.9 に示す図 3-2 放流水中のノロウイルス濃度を表 3.8 に示す。

表 3.8 放流水中のノロウイルス濃度（報告書図 3-2 に対応）

(単位 : copies/L)

処理方式	標準活性汚泥法 +塩素消毒		標準活性汚泥法+ 繊維ろ過+塩素消毒		高度処理活性汚泥 法+塩素消毒		一部高度処理+塩 素消毒		高度処理活性汚泥 法+凝集剤添加+ 塩素消毒	
処理場	[B,E,G,I-1処理場]		[C処理場]		[A,H処理場]		[F,K,O処理場]		[J処理場]	
時期	非流行期(調査月:9月,10月)									
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II
検出試料数 ／ 総試料数	2/7	0/7	0/2	0/2	1/3	0/3	1/2	1/2	0/2	0/2
最小値	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$9.1 \times 10^1$	$9.1 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$
最大値	$5.6 \times 10^3$	$1.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$2.8 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$	$1.2 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$
平均値	$2.2 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	—	—	—	—	—	—	—	—
中央値	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	—	—	—	—	—	—	—	—
時期	流行期(調査月:11月~3月)									
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II
検出試料数 ／ 総試料数	22/24	19/24	4/7	3/7	13/14	9/14	8/9	7/9	1/6	2/6
最小値	$1.0 \times 10^2$	$8.0 \times 10^1$	$7.7 \times 10^1$	$7.7 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$
最大値	$1.1 \times 10^5$	$4.3 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$3.6 \times 10^3$	$8.1 \times 10^4$	$4.2 \times 10^3$	$2.7 \times 10^5$	$7.6 \times 10^4$	$6.0 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$
平均値	$2.8 \times 10^3$	$9.0 \times 10^2$	$2.8 \times 10^2$	$2.2 \times 10^2$	$2.0 \times 10^3$	$5.1 \times 10^2$	$8.8 \times 10^3$	$2.5 \times 10^3$	$1.6 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$
中央値	$1.9 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$	$1.2 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$2.2 \times 10^3$	$4.5 \times 10^2$	$9.7 \times 10^3$	$4.2 \times 10^3$	$1.3 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$
処理方式	高度処理活性汚泥法 +繊維ろ過+塩素消毒		高度処理活性汚泥 法+オゾン消毒		オキシデーショ ン デイツ法+塩素消 毒		長時間エアレーシ ョン法+塩素消毒		膜分離活性汚泥法 (凝集剤添加)	
処理場	[I-2処理場]		[D処理場]		[L,M処理場]		[N処理場]		[R処理場]	
時期	非流行期(調査月:9月,10月)									
種類	G I	G II	G I	G II	非流行期は測定していない					
検出試料数 ／ 総試料数	0/1	0/1	0/2	0/2						
最小値	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$						
最大値			$7.5 \times 10^1$	$7.5 \times 10^1$						
平均値			—	—						
中央値			—	—						
時期	流行期(調査月:11月~3月)									
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II
検出試料数 ／ 総試料数	1/3	0/3	2/7	2/7	1/4	0/4	2/2	2/2	0/3	0/3
最小値	$3.8 \times 10^1$	$3.8 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.9 \times 10^1$	$2.9 \times 10^1$	$1.1 \times 10^5$	$1.2 \times 10^2$	$3.4 \times 10^1$	$3.4 \times 10^1$
最大値	$1.0 \times 10^2$	$5.0 \times 10^1$	$2.9 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$	$1.5 \times 10^3$	$3.4 \times 10^1$	$3.0 \times 10^5$	$2.9 \times 10^3$	$3.5 \times 10^1$	$3.5 \times 10^1$
平均値	—	—	$8.2 \times 10^1$	$6.3 \times 10^1$	$8.1 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$	—	—	—	—
中央値	—	—	$5.0 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$	$3.2 \times 10^1$	$2.9 \times 10^1$	—	—	—	—



### 3. 再生水中のノロウイルス濃度

報告書 P.10 に示す図 3-3 再生水中のノロウイルス濃度を表 3.9 に示す。

表 3.9 再生水中のノロウイルス濃度（報告書図 3-3 に対応）

(単位 : copies/L)

処理方式	高度処理活性汚泥法(+塩素消毒)+砂ろ過+オゾン(+塩素消毒)		高度処理活性汚泥法+繊維ろ過+塩素消毒+オゾン		高度処理活性汚泥法+凝集剤添加+塩素消毒+砂ろ過+オゾン+活性炭		高度処理活性汚泥法+凝集沈殿+オゾン+砂ろ過+塩素消毒		一部高度処理+砂ろ過+オゾン	
処理場	[H,K-2処理場]		[I-2処理場]		[J処理場]		[A処理場]		[F処理場]	
時期	非流行期(調査月:9月,10月)									
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	非流行期は測定していない	
検出試料数/総試料数	0/4	0/4	0/1	0/1	0/2	0/2	0/1	0/1		
最小値	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$		
最大値	$7.5 \times 10^1$	$7.5 \times 10^1$			$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$				
平均値	$3.7 \times 10^1$	$3.7 \times 10^1$			—	—				
中央値	$3.2 \times 10^1$	$3.2 \times 10^1$			—	—				
時期	流行期(調査月:11月~3月)									
種類	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II	G I	G II
検出試料数/総試料数	2/12	1/12	0/3	0/3	0/6	0/6	1/8	0/8	0/1	1/1
最小値	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$
最大値	$1.3 \times 10^4$	$8.0 \times 10^2$	$3.8 \times 10^1$	$3.8 \times 10^1$	$3.8 \times 10^1$	$3.8 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$		
平均値	$4.4 \times 10^1$	$3.5 \times 10^1$	—	—	$2.9 \times 10^1$	$2.9 \times 10^1$	$3.9 \times 10^1$	$3.2 \times 10^1$		
中央値	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	—	—	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$	$2.5 \times 10^1$		

### 3.3.2 感染性胃腸炎の流行と流入下水中のノロウイルス濃度

感染性胃腸炎患者の多くは、ノロウイルス感染症患者であり、ノロウイルス感染症患者の糞便中にはノロウイルスが多量に存在するため、感染性胃腸炎の流行期には、下水処理場への流入下水中のノロウイルス濃度が高くなる傾向にある。

感染性胃腸炎患者数の動向としては、図 1.1（参考 1 参照）に示すように例年 12 月をピークに患者数が増加し、その後は緩やかに減少する。流入下水中のノロウイルス濃度は、図 3.5 に示すとおり、12～1 月にピークを迎えた後緩やかに減少する傾向にあり、ピークは若干遅れるものの患者数の増加傾向とほぼ同様の傾向を示した。

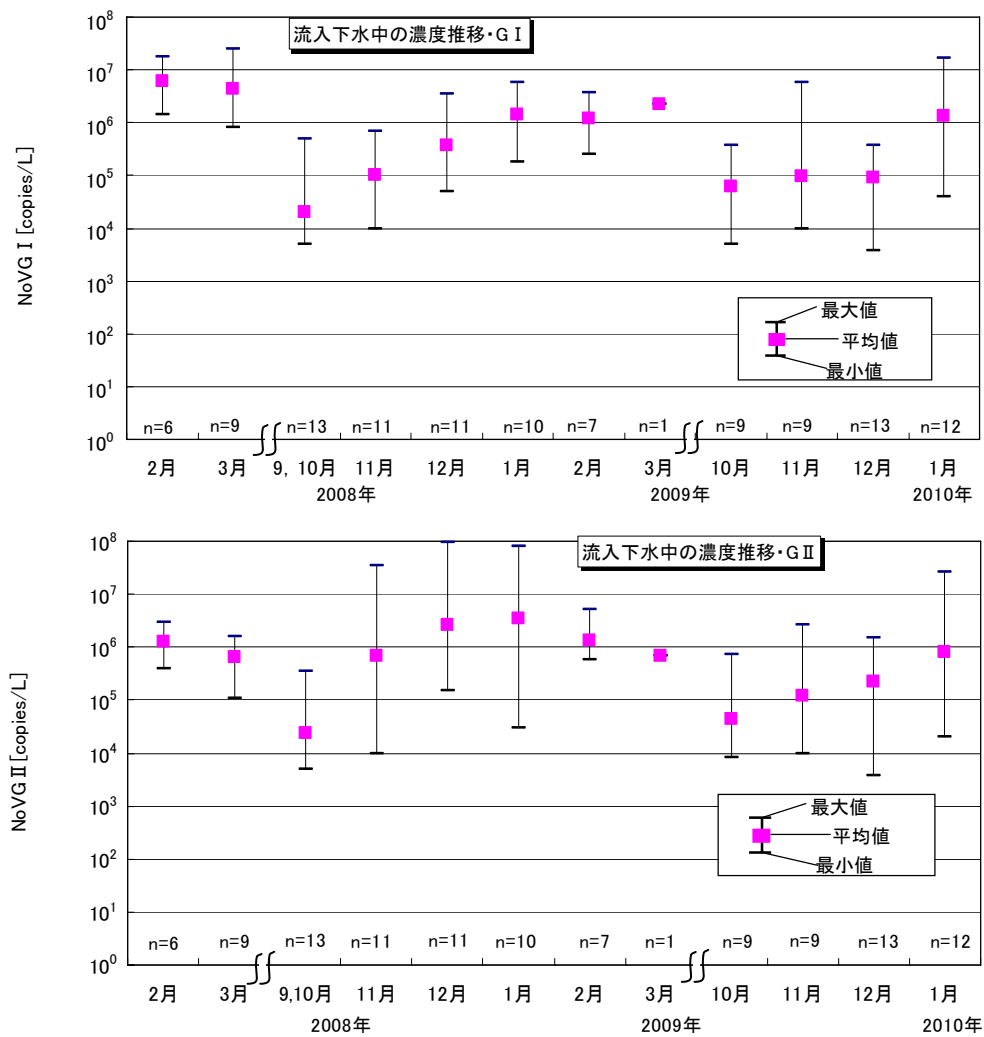


図 3.5 流入下水中のノロウイルス濃度推移

また、図 3.6 に示すように挙動調査を実施した都市において、定点<sup>1</sup>当りの感染性胃腸炎患者数（定点当り平均報告数＝定点からの全報告数÷定点医療機関数、週報）と流入下水中のノロウイルス濃度を比較すると、各都市において若干のばらつきはあるものの、当該の都市全域または処理場の最寄保健所の定点当りの患者数増加の傾向と、ほぼ同様の傾向を示していた。また、患者数の低下に合わせて流入下水中のノロウイルス濃度が低下する傾向は見られなかった。これは、ノロウイルス感染者の症状消失後も 1 週間ほど（長いときは 1 ヶ月程度）便中に排出される期間が続くとされていることによるものと考えられる。なお、この傾向は、関連調査で行なった比較的小規模な処理場における調査結果（参考 5 参照）においてもほぼ同様の傾向であった。

これより、都市全域または処理区内における患者数の増加により、流入下水中のノロウイルス濃度の増加傾向がある程度知ることが可能であると推測される。

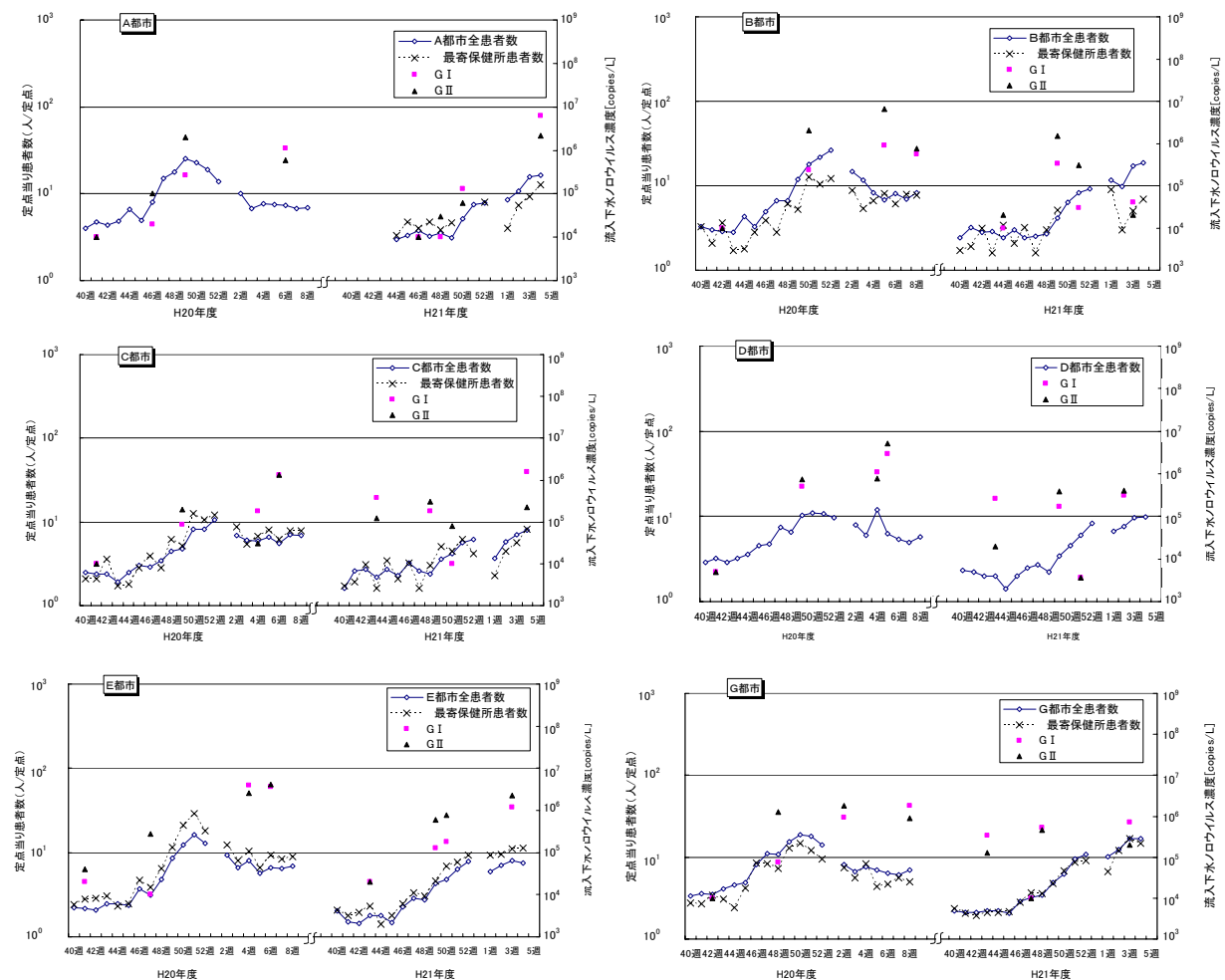


図 3.6(1) 各都市における流入下水中のノロウイルス濃度と感染性胃腸炎患者報告数

(\*A 都市の 2008/2009 シーズンの区別感染状況バックデータは入手不可。)

(\*D 都市の 2009 年区別感染状況データは、調査時点で未公開。)

<sup>1</sup> 定点：全国の指定された医療機関。感染性胃腸炎患者数は全国の約 3,000 箇所の小児科の病院または診療所から報告される。

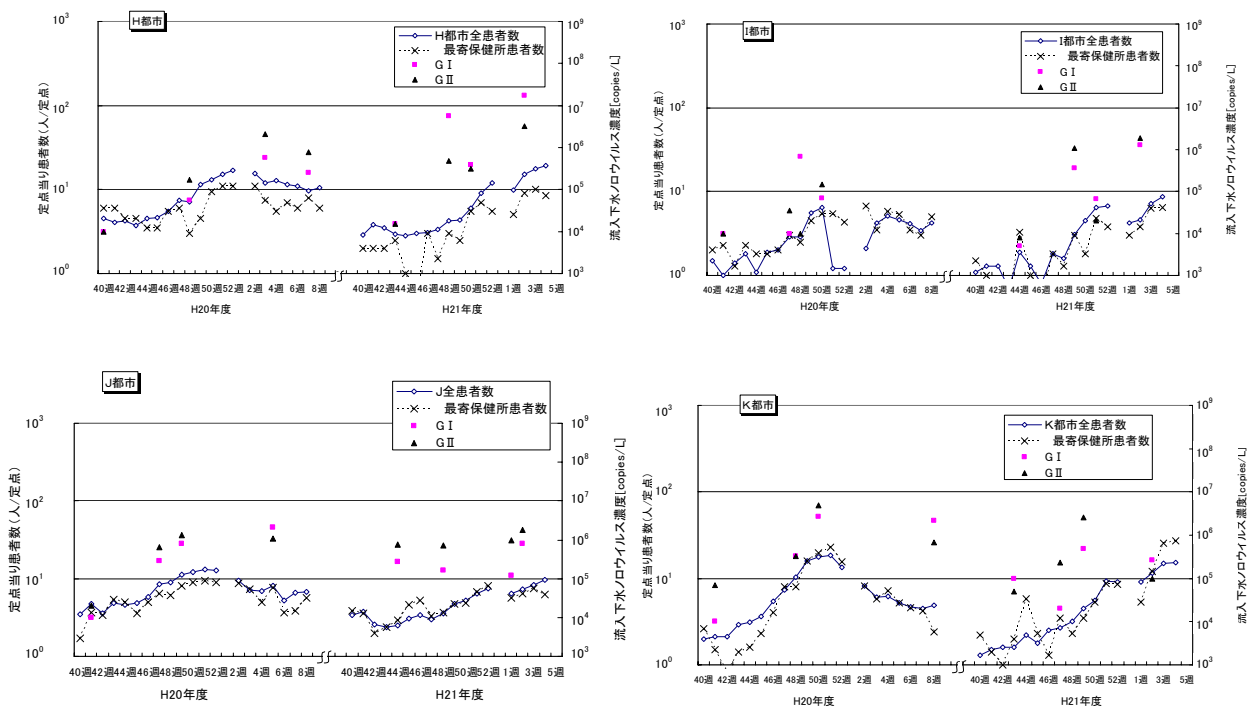


図 3.6(2) 各都市における流入下水中のノロウイルス濃度と感染性胃腸炎患者報告数

### 3.3.3 下水道施設におけるノロウイルスの挙動

#### 1. 下水処理場におけるノロウイルス除去効果

報告書 P.11 に示す下水処理場におけるノロウイルス除去効果を表 3.10 に示す。

表 3.10 下水処理場におけるノロウイルス除去効果（報告書図 3-4 に対応）

（単位：％）

処理方式	生物処理 +塩素消毒 (流入下水～放流水)		生物処理 +塩素消毒+繊維 ろ過+塩素消毒 (流入下水～放流水)		生物処理 +オゾン (流入下水～放流水)		生物処理 +繊維ろ過 +塩素消毒 (流入下水～放流水)		生物処理 (凝集剤添加) +塩素消毒+砂ろ過 (流入下水～放流水)		生物処理(+消毒) +再生処理 (流入下水～再生水)		膜分離活性汚泥法 (凝集剤添加) (流入下水～放流水)	
	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII
処理場	[A,B,E,F,G,H,I-1, K,L,M,N,O処理場]		[C処理場]		[D処理場]		[I-2処理場]		[J処理場]		[A,F,H,I-2,J,K-2 処理場]		[R処理場]	
種類	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII
最小値	88.9	90.0	99.15	99.60	99.943	99.75	99.942	99.69	99.88	99.50	99.75	99.69	99.987	99.987
最大値	99.99988	99.9955	99.9938	99.9941	99.9977	99.9980	99.9923	99.9980	99.988	99.9923	99.99955	99.99948	99.99975	99.99987
中央値	99.25	99.85	99.90	99.83	99.984	99.988	99.986	99.971	99.964	99.985	99.9907	99.9941	99.99946	99.9980
平均値	99.56	99.86	99.913	99.90	99.988	99.987	—	99.973	99.963	99.977	99.9932	99.9917	—	—
標準偏差 (対数値)	0.91	0.71	—	—	—	—	—	—	—	—	0.66	0.72	—	—
試料数	(n=49)	(n=55)	(n=8)	(n=8)	(n=7)	(n=7)	(n=3)	(n=4)	(n=7)	(n=8)	(n=29)	(n=34)	(n=3)	(n=3)

※流入下水中のノロウイルス濃度と放流水あるいは再生水中のノロウイルス濃度から算出した除去率を示す。

※生物処理+消毒の内 H 処理場は、塩素消毒後の採水試料を対象としている。

※データ数  $n \leq 3$  のとき、最大、最小を表示。

データ数  $n$  が  $10 > n \geq 4$  のとき、平均、最大、最小、及び中央値を表示。

※データ数  $n \geq 10$  のとき、平均、最大、最小、中央値、及び標準偏差を表示。

#### 2. 下水処理ユニットプロセス毎のノロウイルス除去効果

##### 1) 生物処理（膜分離活性汚泥法は除く）におけるノロウイルス除去効果

報告書 P.12 に示す生物処理方式ごとのノロウイルス除去効果を表 3.11 に示す。なお、生物処理前後の濃度の関係、流入下水中のノロウイルス濃度と除去効果の関係等の詳細は、P.21～27 に示す。

表 3.11 生物処理方式ごとのノロウイルス除去効果（報告書図 3-5 に対応）

（単位：％）

処理方式	標準活性汚泥法		高度処理活性汚泥法		高度処理活性汚泥法 +凝集剤添加		オキシデーション ディッチ法		長時間 エアレーション法	
	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII
処理場	[B,C,E,G,I-1,K-1 処理場]		[A,D,H,I-2,K-2 処理場]		[J処理場]		[L,M,Q処理場]		[N処理場]	
種類	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII	GI	GII
最小値	94.8	96.5	87.0	97.0	99.87	99.50	98.9	99.55	88.1	99.73
最大値	99.983	99.989	99.958	99.974	99.988	99.9923	99.990	99.983	99.60	99.953
中央値	98.8	99.75	99.05	99.75	99.963	99.985	99.60	99.78	—	—
平均値	99.03	99.74	99.22	99.75	99.952	99.977	99.78	99.85	—	—
標準偏差 (対数値)	0.57	0.54	0.59	0.52	—	—	—	—	—	—
試料数	(n=36)	(n=41)	(n=28)	(n=32)	(n=7)	(n=8)	(n=7)	(n=7)	(n=2)	(n=2)

※データ数  $n \leq 3$  のとき、最大、最小を表示。

データ数  $n$  が  $10 > n \geq 4$  のとき、平均、最大、最小、及び中央値を表示。

データ数  $n \geq 10$  のとき、平均、最大、最小、中央値、及び標準偏差を表示。

## 2) 消毒処理における効果

報告書 P.13 に示す消毒処理におけるノロウイルス減少効果を表 3.12 に示す。なお、消毒処理前後の濃度の関係、消毒前のノロウイルス濃度と減少効果の関係等の詳細は、P.29～40 に示す。

表 3.12 消毒処理における効果（報告書図 3-6 に対応）

(単位：%)

消毒方法	塩素消毒		オゾン消毒	
処理場	[A,B,E,F,G,H,I-1, J,L,M,N,O処理場]		[D,H,K処理場]	
種類	G I	G II	G I	G II
最小値	-76.4	-86.4	31.6	50.0
最大値	99.00	97.6	99.77	99.22
中央値	40.0	50.0	96.3	87.5
平均値	53.5	49.3	96.9	92.7
標準偏差 (対数値)	0.51	0.53	0.73	0.67
試料数	(n=49)	(n=48)	(n=20)	(n=13)

※生物処理後の塩素消毒を対象とし、ろ過処理水を原水にするものは除く。

※データ数  $n \leq 3$  のとき、最大、最小を表示。

データ数  $n$  が  $10 > n \geq 4$  のとき、平均、最大、最小、及び中央値を表示。

データ数  $n \geq 10$  のとき、平均、最大、最小、中央値、及び標準偏差を表示。

## 3) 砂ろ過処理・繊維ろ過処理におけるノロウイルス除去効果

報告書 P.13 に示す砂ろ過処理・繊維ろ過処理におけるノロウイルス除去効果を表 3.13 に示す。なお、砂ろ過処理・繊維ろ過処理前後の濃度の関係、砂ろ過速度と除去効果の関係等の詳細は、P.42～48 に示す。

表 3.13 砂ろ過処理・繊維ろ過処理におけるノロウイルス除去効果（報告書図 3-7 に対応）

(単位：%)

処理方法	砂ろ過		繊維ろ過	
処理場	[H,J,K処理場]		[I-2処理場]	
種類	G I	G II	G I	G II
最小値	-42.1	-3.13	90.5	87.3
最大値	99.75	99.67	—	96.3
中央値	84.4	87.4	—	—
平均値	85.1	86.6	—	—
標準偏差 (対数値)	0.76	0.64	—	—
試料数	(n=14)	(n=12)	(n=1)	(n=2)

※砂ろ過の原水は、塩素消毒後処理水を含む。

※データ数  $n \leq 3$  のとき、最大、最小を表示。

データ数  $n$  が  $10 > n \geq 4$  のとき、平均、最大、最小、及び中央値を表示。

データ数  $n \geq 10$  のとき、平均、最大、最小、中央値、及び標準偏差を表示。

### 3. 生物処理前後の除去効果(膜分離活性汚泥法は除く)

#### 1) 流入下水中の濃度と生物処理後の濃度の関係(膜分離活性汚泥法は除く)

実態調査結果として、流行期および非流行期の流入下水中のノロウイルス濃度および生物処理後のノロウイルス濃度を図 3.7、図 3.8 に示す。

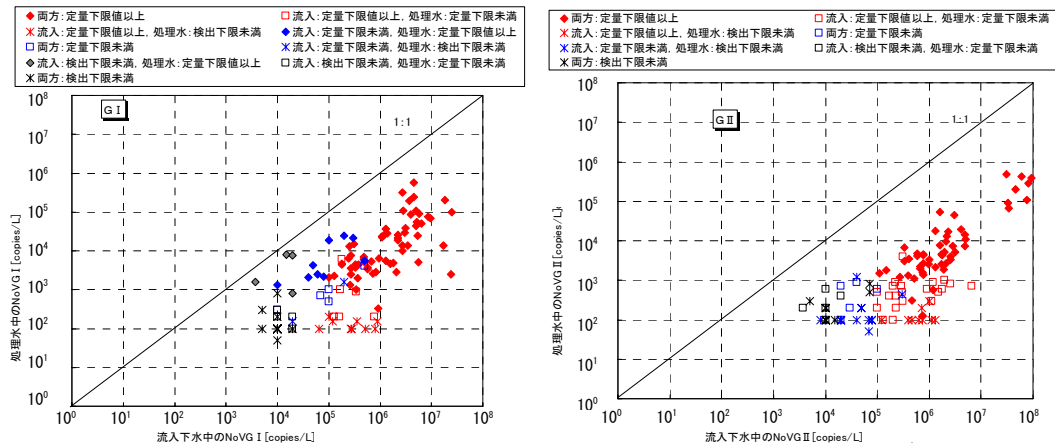


図 3.7 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度

※処理場数：17 箇所

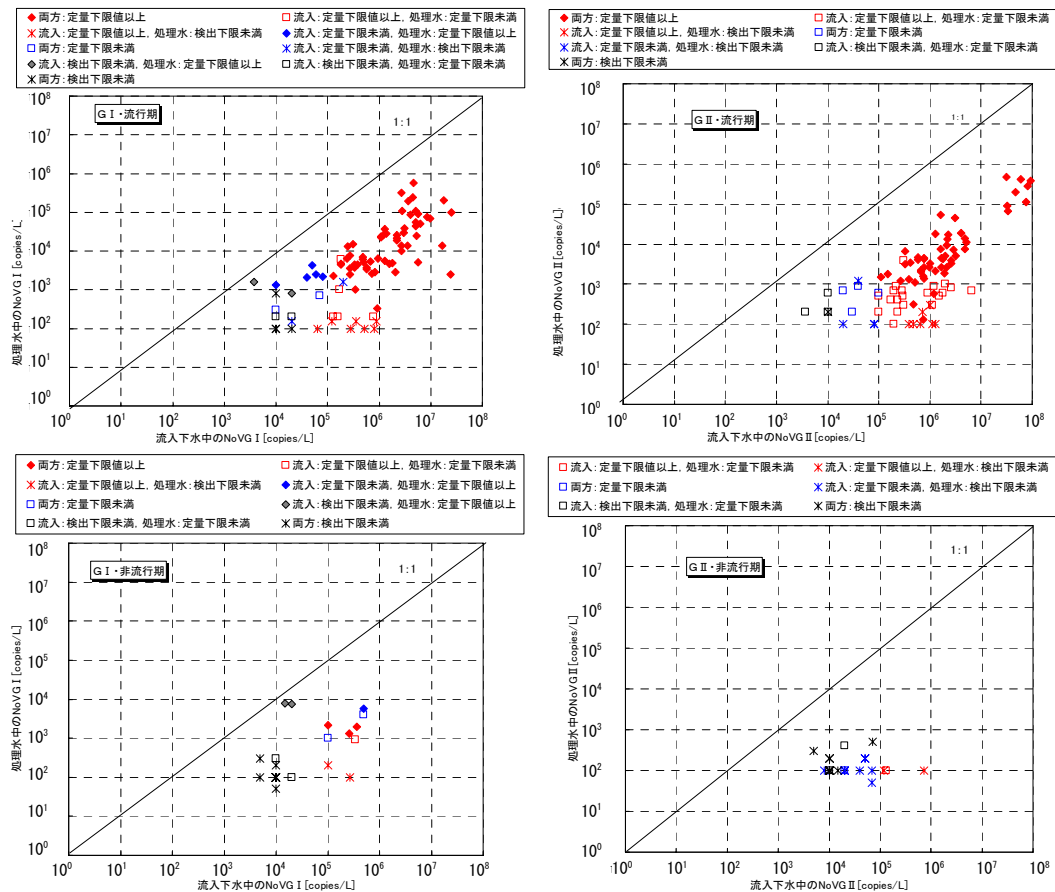


図 3.8 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度 (流行期・非流行期別)

※処理場数：17 箇所

さらに処理方式別（標準活性汚泥法、高度処理活性汚泥法、一部高度処理、OD法・長時間エアレーション法）に分け、流行期および非流行期別の流入下水中のノロウイルス濃度および生物処理後のノロウイルス濃度を図3.9～図3.15に示す。

なお、ここで整理する高度処理活性汚泥法には、凝集剤(ポリ塩化アルミニウム)添加を併用している処理場のデータを含めている。

図3.9、図3.10に示すとおり、流行期においては、流入下水中のノロウイルス濃度は標準活性汚泥法、高度処理活性汚泥法ともに $1 \times 10^7$ copies/L程度以下に対して、処理水では、GIは $1 \times 10^5$ copies/L程度以下、GIIは $1 \times 10^4$ copies/L程度以下の状況であった。

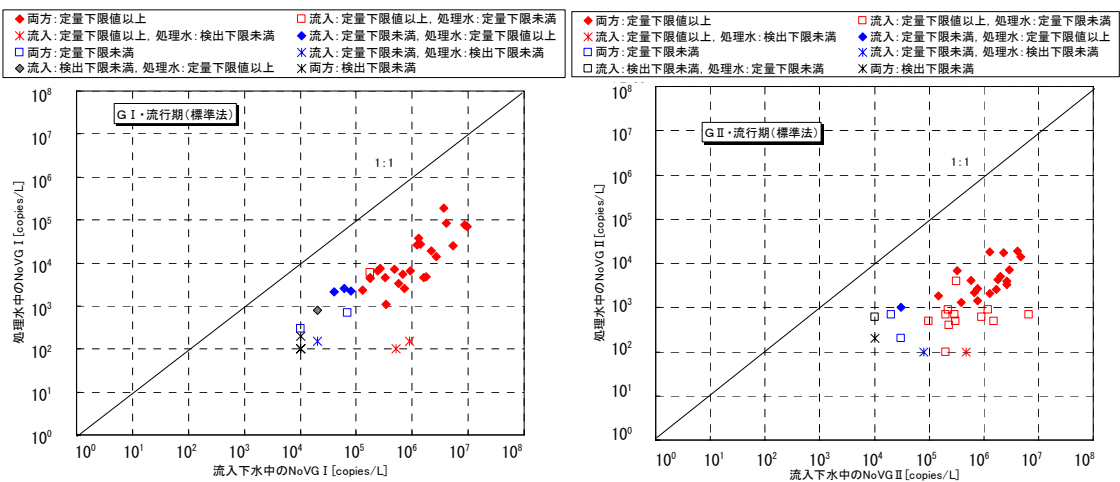


図 3.9 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（流行期・標準活性汚泥法）  
処理場数：6箇所

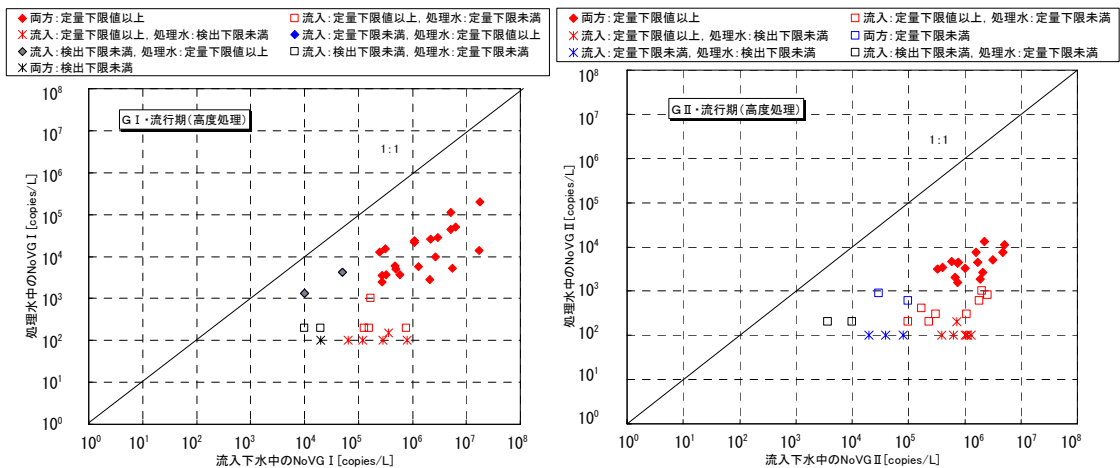


図 3.10 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（流行期・高度処理活性汚泥法）  
処理場数：6箇所



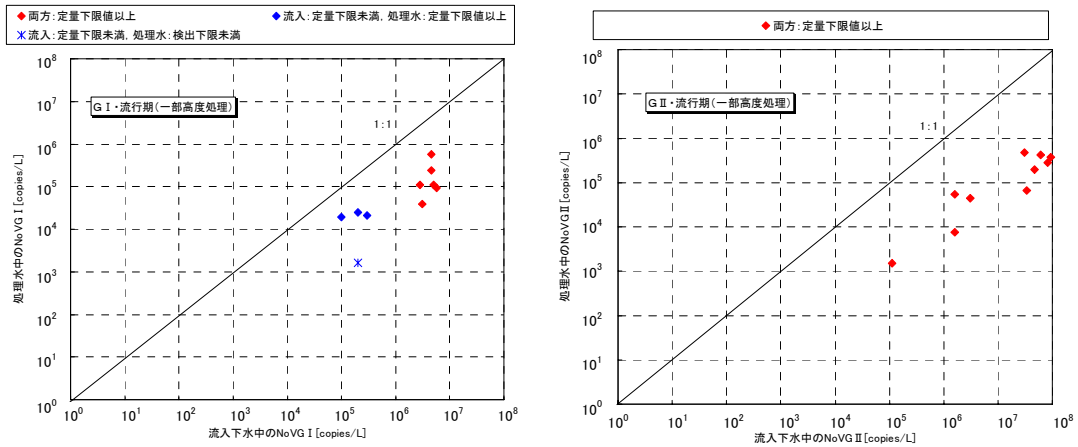


図 3.11 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（流行期・一部高度処理）  
処理場数：3 箇所

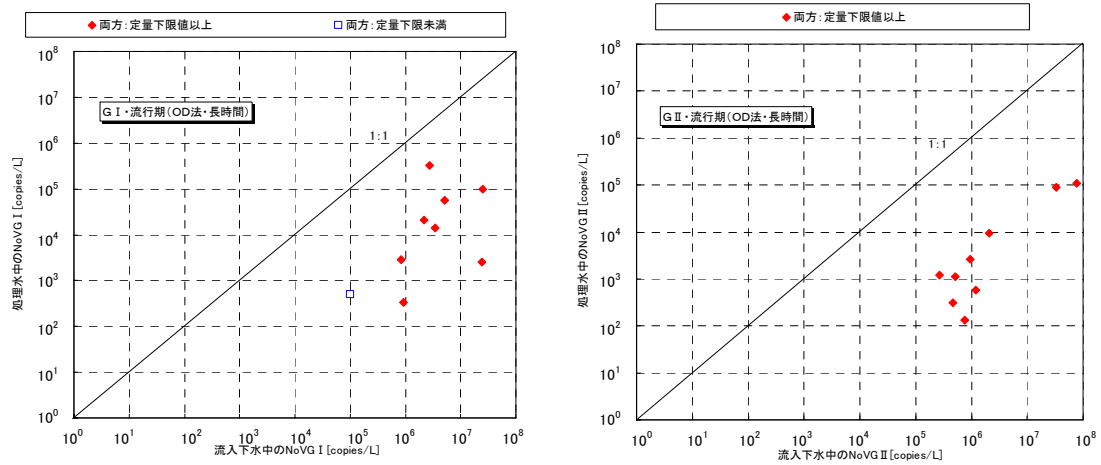


図 3.12 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（流行期 OD法・長時間アクリーション法）  
処理場数：4 箇所

図 3.13～図 3.15 に示すとおり、非流行期においては、流入下水中のノロウイルス濃度は G I、G II とも  $1 \times 10^6$  copies/L 以下であり、処理水は G I で  $1 \times 10^4$  copies/L 以下、G II で  $1 \times 10^3$  copies/L 以下であったが、全体的にノロウイルス濃度が低くばらつきが多いものとなった。

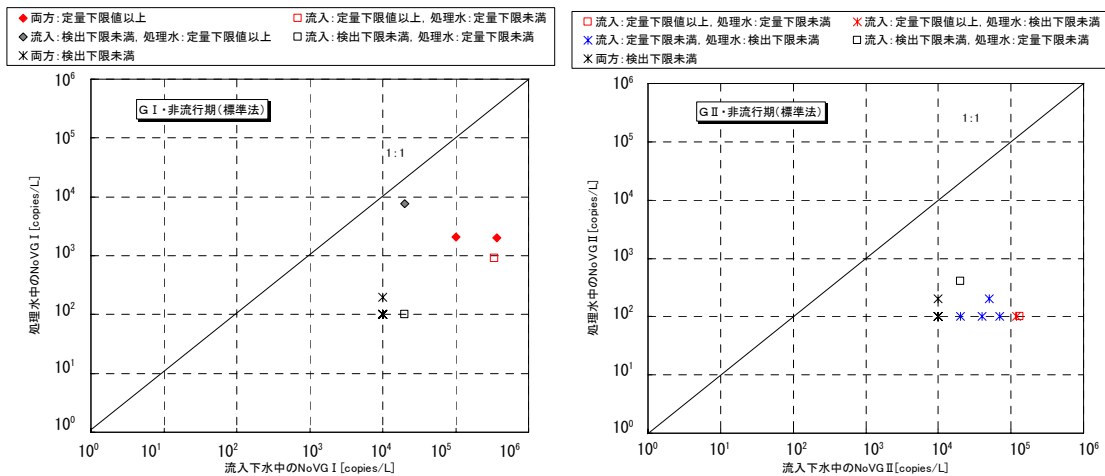


図 3.13 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（非流行期・標準活性汚泥法）  
処理場数：6 箇所

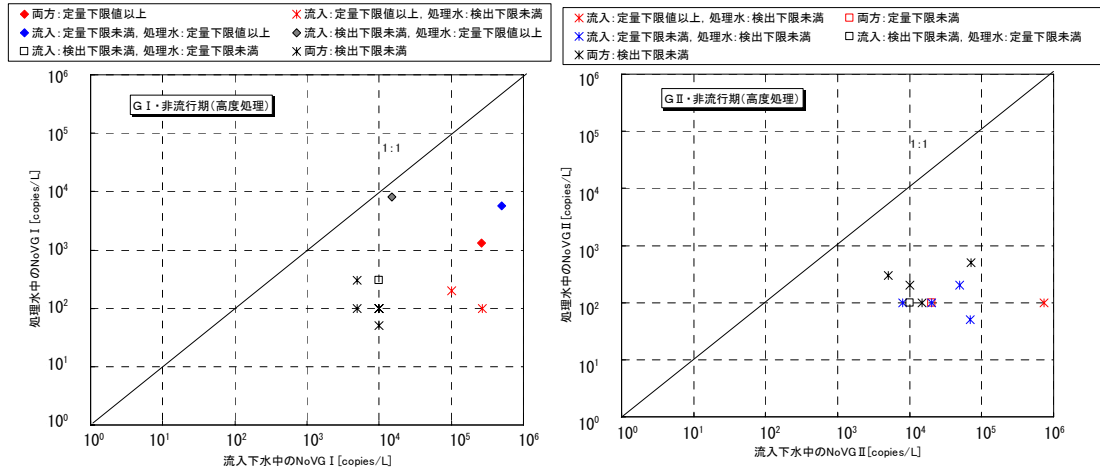


図 3.14 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（非流行期・高度処理活性汚泥法）  
処理場数：6 箇所

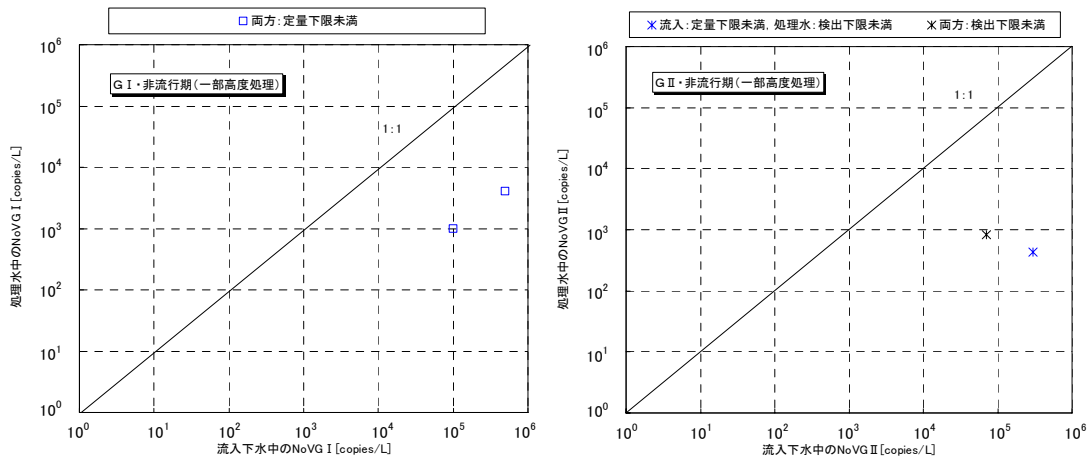


図 3.15 流入下水—生物処理後のノロウイルス濃度（非流行期・一部高度処理）  
処理場数：2 箇所

※なお、OD 法・長時間アレーション法における非流行期の調査は行っていない。

2) 生物処理における除去効果(膜分離活性汚泥法は除く)

生物処理(流入下水～最終沈殿池流出水)によるノロウイルスの除去効果は、処理前後が定量下限値以上のデータでG Iではおおむね87.4%～99.9900%(0.9Log～4.0Log)、G IIではおおむね96.84%～99.984%(1.5Log～3.8Log)であった。流入下水および処理水いずれも定量下限値以上のデータを対象とした平均値はG Iで約99.00%(2.0Log)、G IIで約99.68%(2.5Log)であり、感染者の多いG IIの方がG Iと比べて0.5Log程高い対数除去率であった。

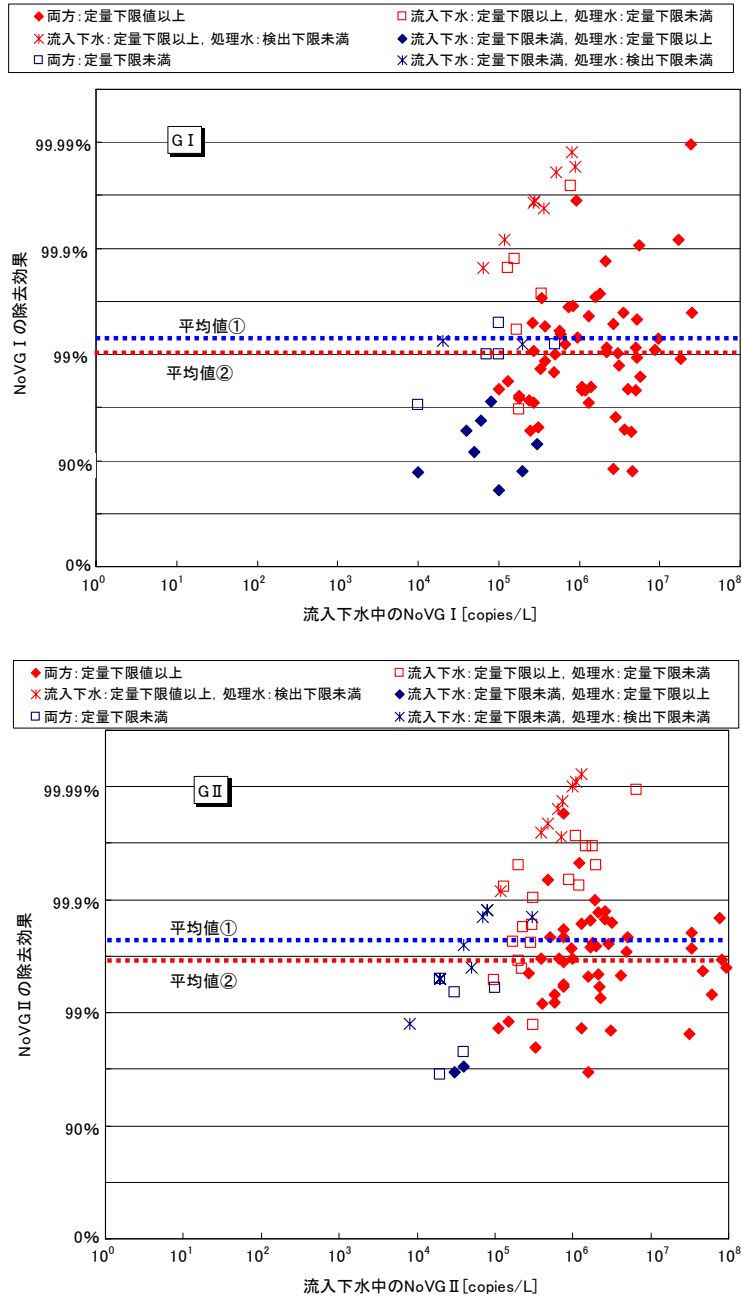


図 3.16 流入下水中のノロウイルス濃度と生物処理での除去効果

※平均値①は、流入下水が検出下限値以上のデータを対象としている。

平均値②は、流入下水および処理水いずれも定量下限値以上のデータを対象としている。

※処理場数：17 箇所

3) 生物処理方式の違いによる除去効果の差異

各処理方式における流入下水中のノロウイルス濃度と生物処理における除去効果を図 3.17～図 3.20 に示す。各処理方式とも流入下水中のノロウイルス濃度と除去率との関係に顕著な関係性は見られなかった。

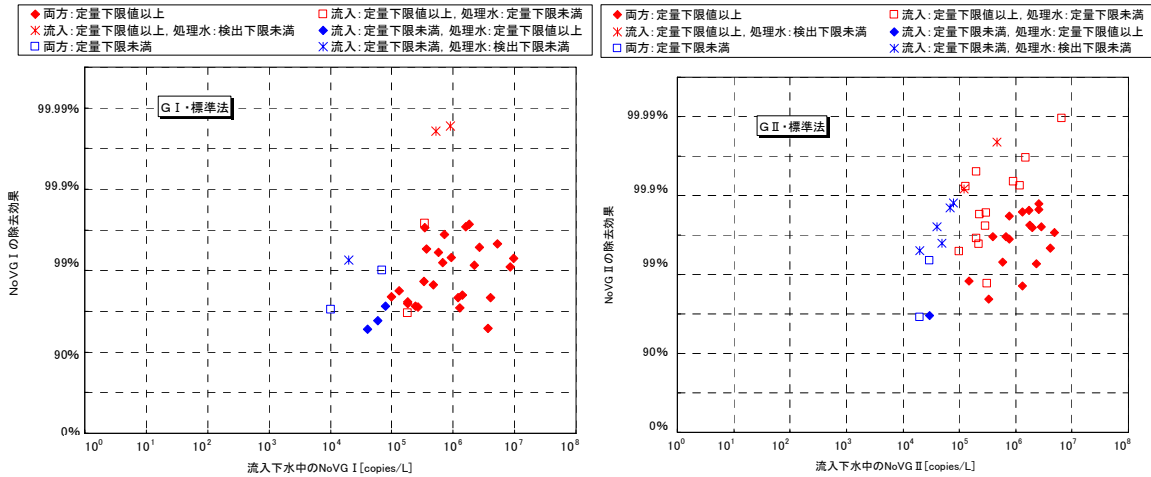


図 3.17 流入下水中のノロウイルス濃度と処理方式ごとのノロウイルス除去効果 (標準活性汚泥法)

※処理場数：6箇所

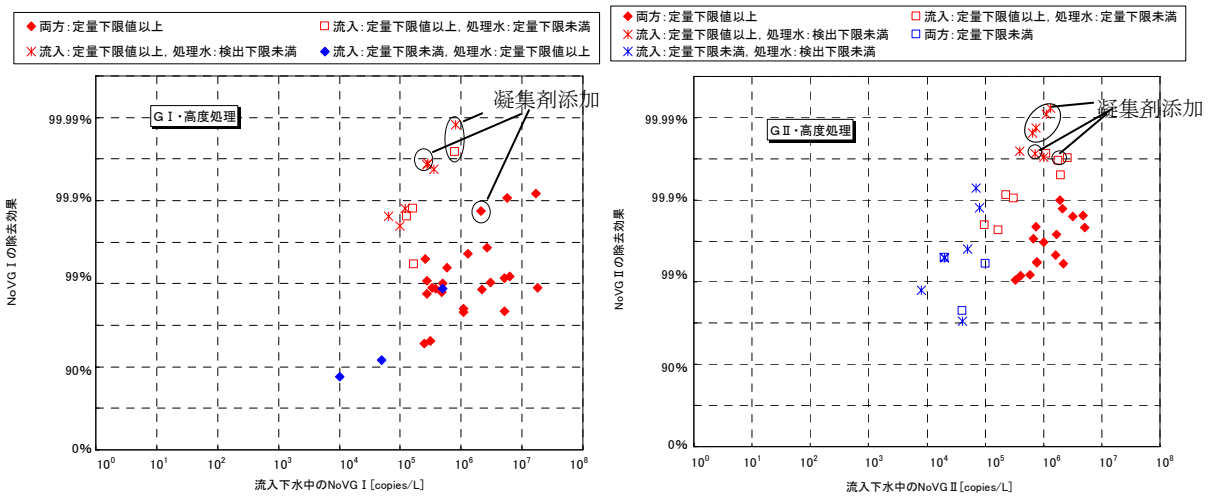


図 3.18 流入下水中のノロウイルス濃度と処理方式ごとのノロウイルス除去効果 (高度処理活性汚泥法)

※処理場数：6箇所

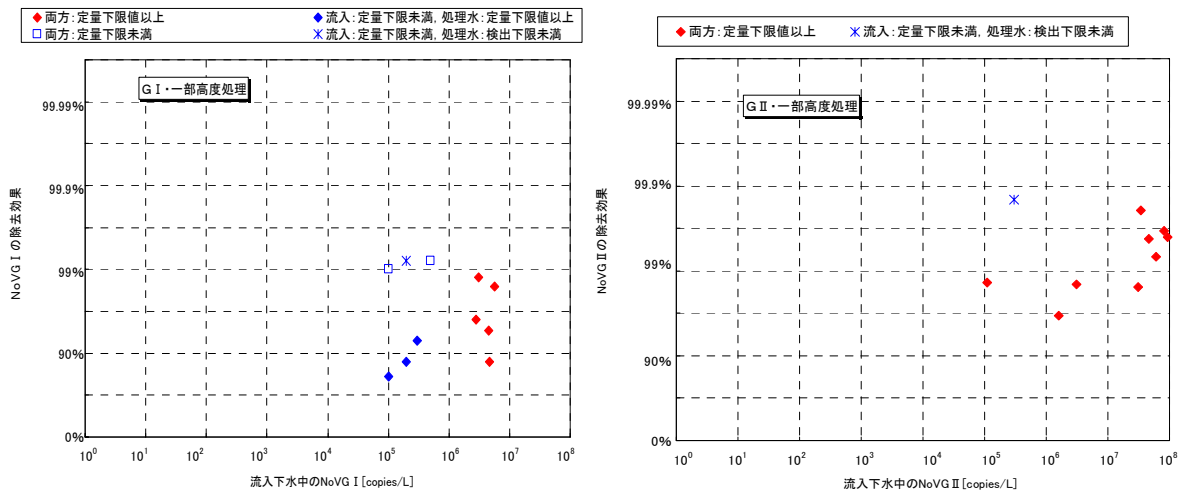


図 3.19 流入下水中のノロウイルス濃度と処理方式ごとのノロウイルス除去効果  
(一部高度処理)

※処理場数：3 箇所

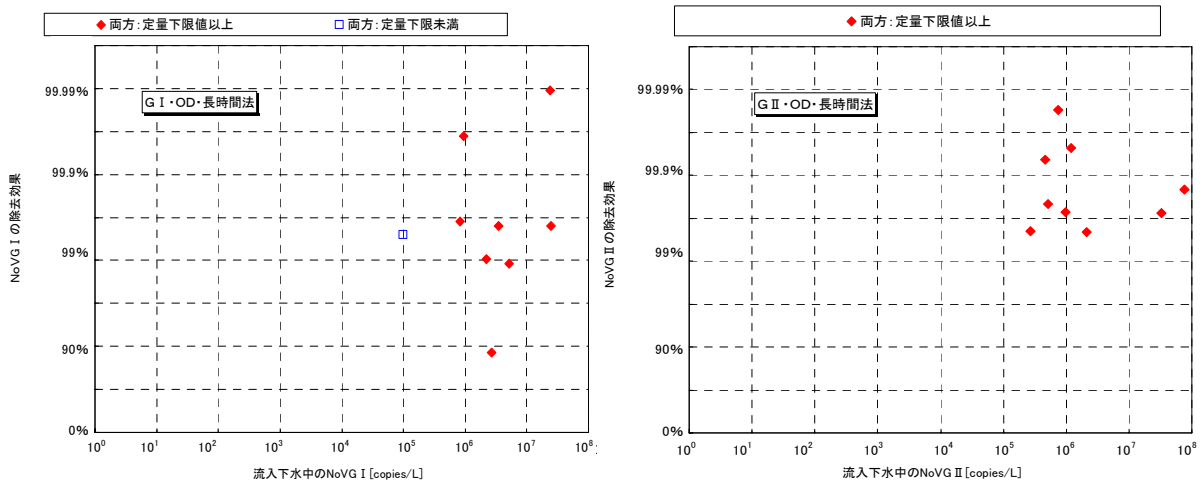


図 3.20 流入下水中のノロウイルス濃度と処理方式ごとのノロウイルス除去効果  
(OD法・長時間エアレーション法)

※処理場数：4 箇所

#### 4. 膜分離活性汚泥法による除去効果

膜分離活性汚泥法を採用している下水処理場において、流入水及び膜ろ過水を採水（時刻はそれぞれ 10:00、15:00）し、ノロウイルス濃度を測定した結果（表 3.14 参照）、流入水中のノロウイルス濃度が上昇しているものの膜ろ過水からはいずれの試料においても検出下限値未満であった。

表 3.14 ノロウイルス調査結果

(単位：MPN-copies/L)

採水日	試料名	ノロウイルス		検出下限値
		GI	GII	
2009年12月15日	流入水	$2.6 \times 10^5$	$2.6 \times 10^5$	$1.8 \times 10^3$
	膜ろ過水	ND	ND	$3.5 \times 10^1$
2010年1月6日	流入水	$6.3 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$	$1.7 \times 10^3$
	膜ろ過水	ND	ND	$3.4 \times 10^1$
2010年1月19日	流入水	$1.4 \times 10^7$	$2.6 \times 10^7$	$1.7 \times 10^3$
	膜ろ過水	ND	ND	$3.5 \times 10^1$

なお、同じ下水処理場の異なる系列で、濃縮倍率を上げて追加調査した結果(表 3.15 参照)、膜ろ過水からノロウイルスが検出されたものの、除去率は約 99.999% (5Log) であった。

表 3.15 ノロウイルス追加調査結果

(単位：MPN-copies/L)

採水日	試料名	ノロウイルス		検出下限値
		GI	GII	
2010年2月2日	流入水	$5.0 \times 10^5$	$1.3 \times 10^7$	$1.6 \times 10^3$
	膜ろ過水	$5.6 \times 10^0$	$2.3 \times 10^1$	$4.7 \times 10^0$

## 5. 消毒による効果

### 1) 塩素消毒

#### (1) 塩素消毒前後のノロウイルス濃度の関係

実態調査結果として、流行期、非流行期の生物処理後の処理水を対象とした塩素消毒前後、および生物処理後に繊維ろ過した処理水を対象とした塩素消毒前後のノロウイルス濃度を図 3.21～図 3.28 に示す。なお、処理方式として標準活性汚泥法と高度処理活性汚泥法に分けて示す。

図 3.21、図 3.22 に示すとおり、流行期における生物処理後の処理水（消毒前）のウイルス濃度は、標準活性汚泥法、高度処理活性汚泥法ともに G I では  $1 \times 10^5$ copies/L 程度以下、G II では  $1 \times 10^4$ copies/L 程度以下に対して、消毒後では標準活性汚泥法、高度処理活性汚泥法ともに G I では  $1 \times 10^5$ copies/L 程度以下、G II では  $1 \times 10^4$ copies/L 程度以下であり、顕著な濃度の違いは認められない状況であった。

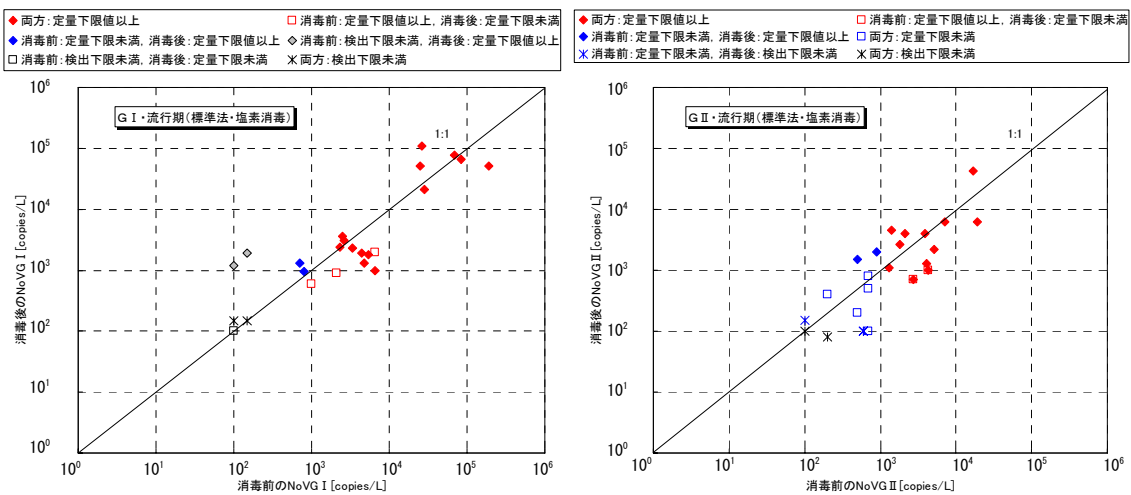


図 3.21 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（流行期・標準活性汚泥法）

※処理場数：4 箇所

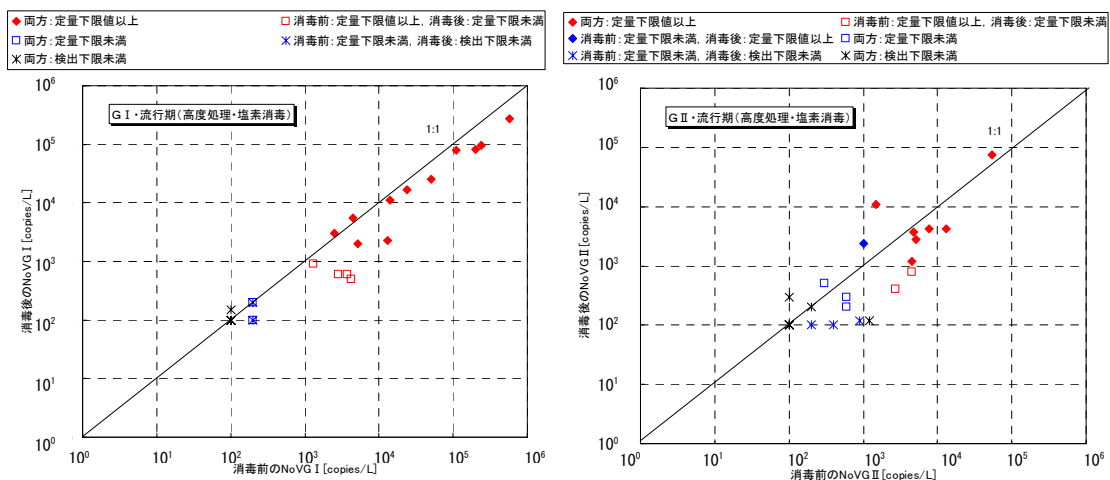


図 3.22 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（流行期・高度処理活性汚泥法）

※処理場数：5 箇所

図 3.23、図 3.24 に示すとおり、非流行期における生物処理後の処理水を対象とした塩素消毒前後のノロウイルス濃度は、流行期と同様に顕著な違いは認められない状況であった。

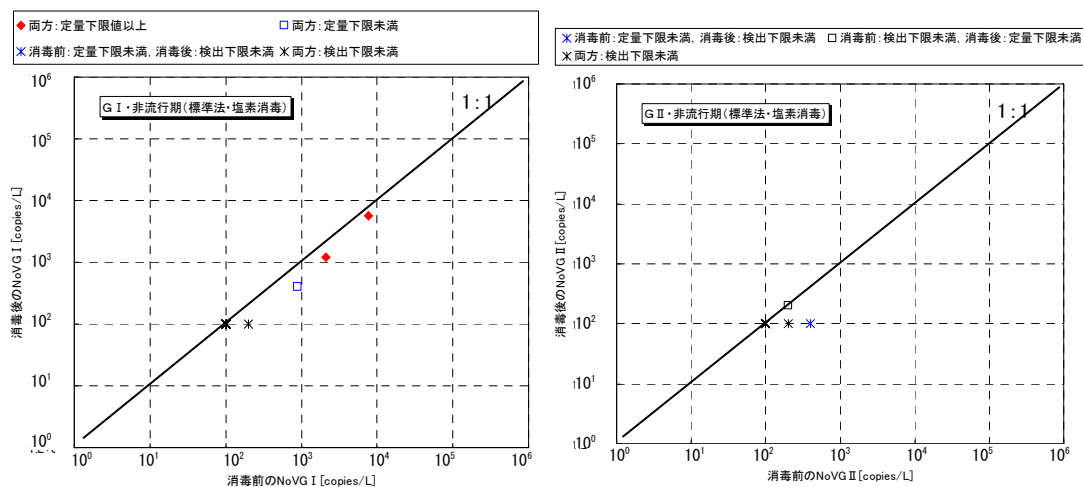


図 3.23 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（非流行期・標準活性汚泥法）  
※処理場数：4 箇所

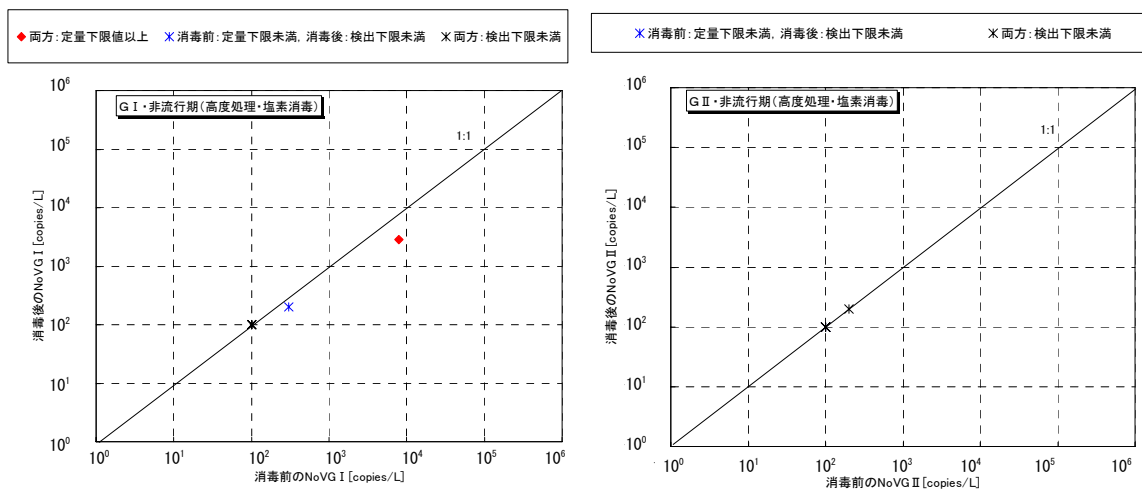


図 3.24 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（非流行期・高度処理活性汚泥法）  
※処理場数：3 箇所



流行期の標準活性汚泥法および高度処理活性汚泥法後の繊維ろ過処理水における消毒前後のノロウイルス濃度は、図 3.25、図 3.26 に示すとおり、一部やや低下するデータも見られるが、顕著な差はみられなかった。

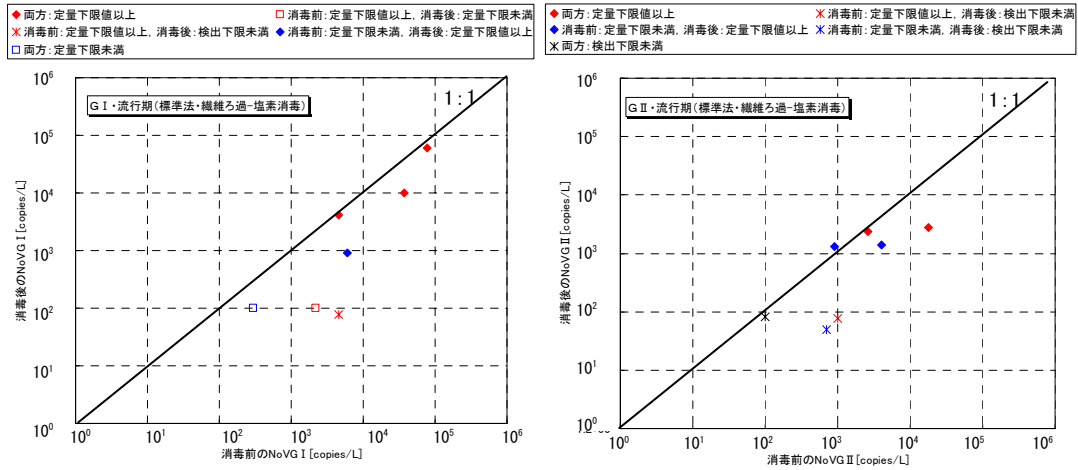


図 3.25 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（流行期・標準活性汚泥法＋繊維ろ過）  
※処理場数：1箇所

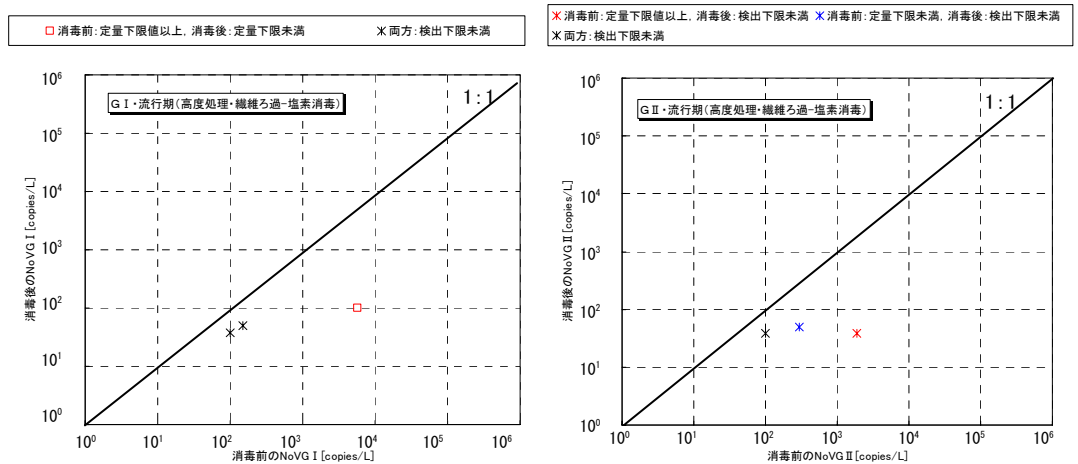


図 3.26 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（流行期・高度処理活性汚泥法＋繊維ろ過）  
※処理場数：1箇所

非流行期の標準活性汚泥法および高度処理活性汚泥法後の繊維ろ過処理水について、図 3.27、図 3.28 に示すとおり、消毒後のノロウイルス濃度は、データ数は少ないが、全て検出下限値未満となった。

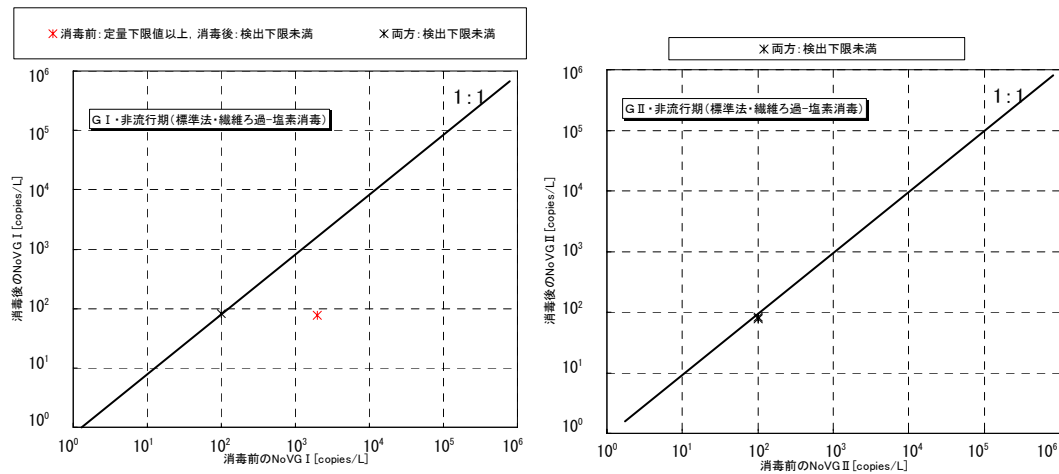


図 3.27 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（非流行期・標準活性汚泥法＋繊維ろ過）  
※処理場数：1 箇所

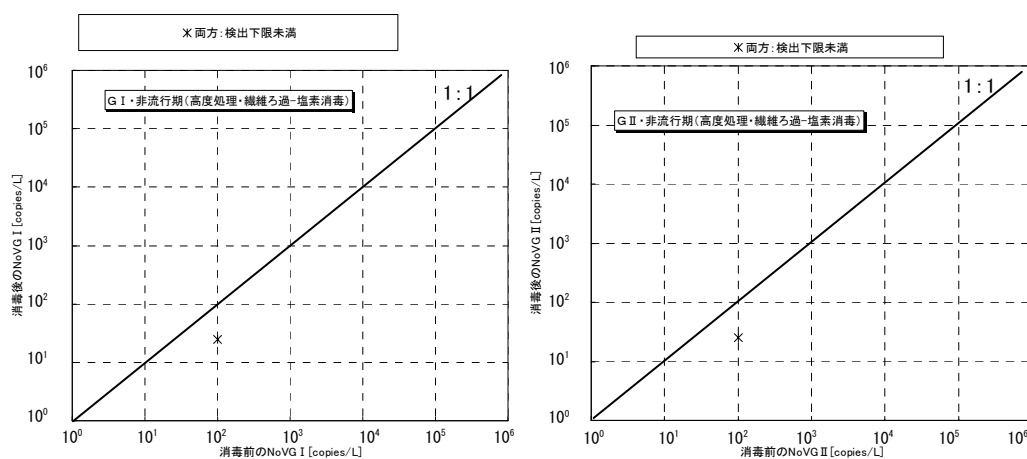


図 3.28 塩素消毒前後のノロウイルス濃度（非流行期・高度処理活性汚泥法＋繊維ろ過）  
※処理場数：1 箇所

(2) 塩素消毒による効果

図 3.29 に示すとおり、塩素消毒前のノロウイルス濃度と減少効果には顕著な関係性は見られなかった。

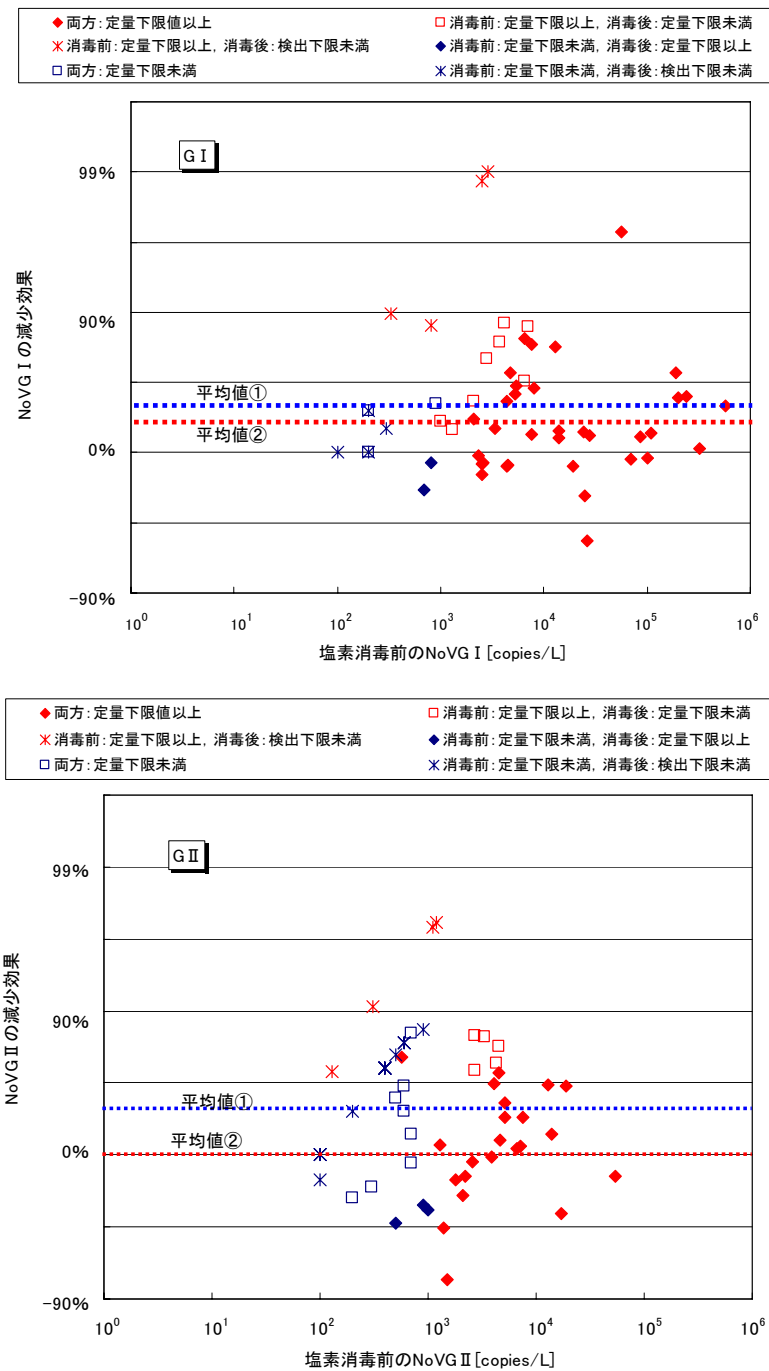


図 3.29 塩素消毒前のノロウイルス濃度と消毒後減少効果

※平均値①は、消毒前の試料濃度が検出下限値以上のデータを対象としている。  
 平均値②は、消毒前後の試料濃度がいずれも定量下限値以上のデータを対象としている。  
 ※原水が、生物処理後の繊維ろ過処理水であるデータは含んでいない。  
 ※処理場数：12 箇所

塩素注入率毎の減少効果についても、図 3.30 に示すとおり、注入率 2.5mg-Cl/L 以下の範囲では、塩素注入率とノロウイルスの減少効果とは顕著な関係性は見られなかった。

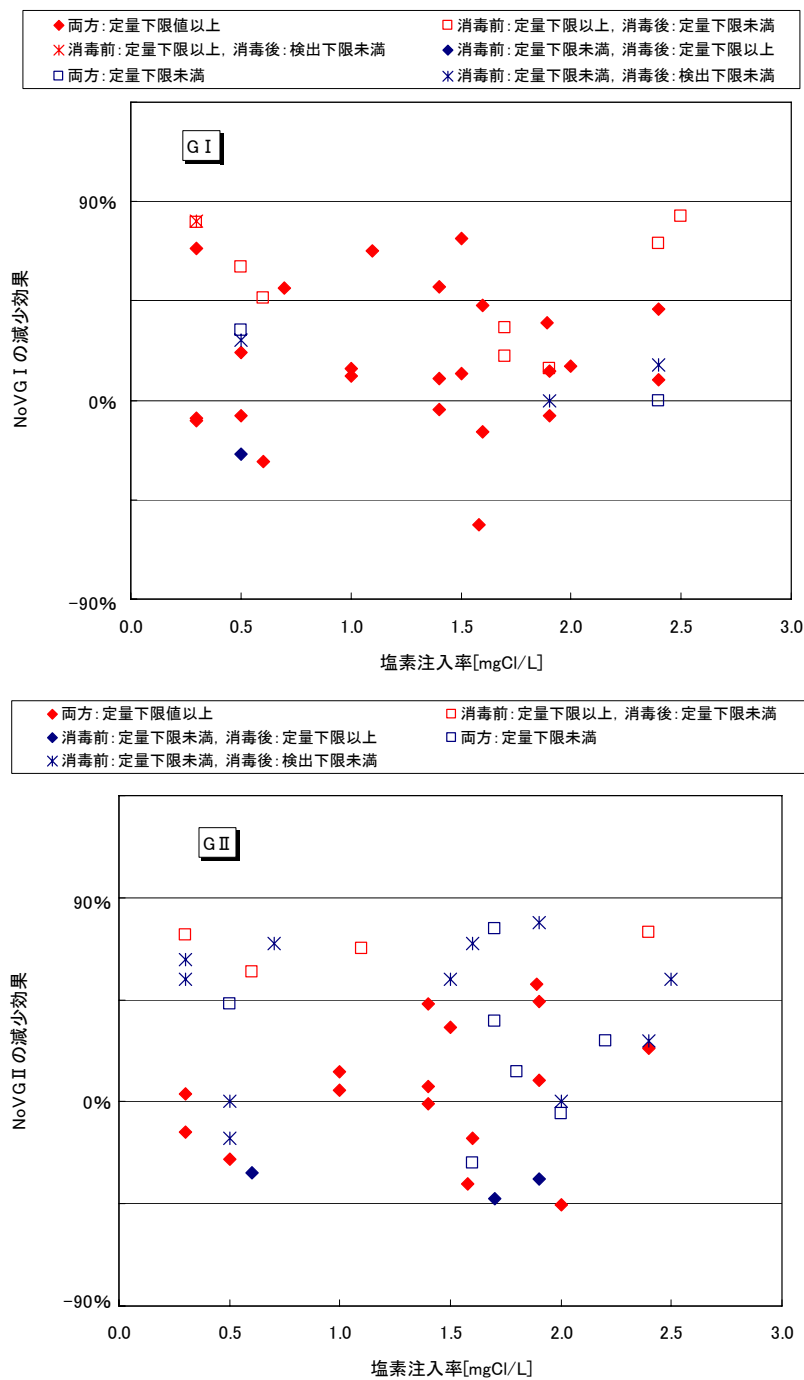


図 3.30 塩素注入率と消毒前後でのノロウイルス減少効果

※塩素注入率は、調査当日の数値である。  
 ※原水が生物処理後の繊維ろ過処理水であるデータは含んでいない。  
 ※処理場数：9箇所

また、平成 21 年度調査のみであるが、消毒後の試料採取時に測定した全残留塩素濃度と平均接触時間の積から CT 値を算出し、CT 値と減少効果の関係を図 3.31、図 3.32 に示した。生物処理後の処理水を対象とした塩素消毒では、図 3.31 に示すとおり、全残留塩素による CT 値が 30 未満の場合では減少効果との関係性が見られない。

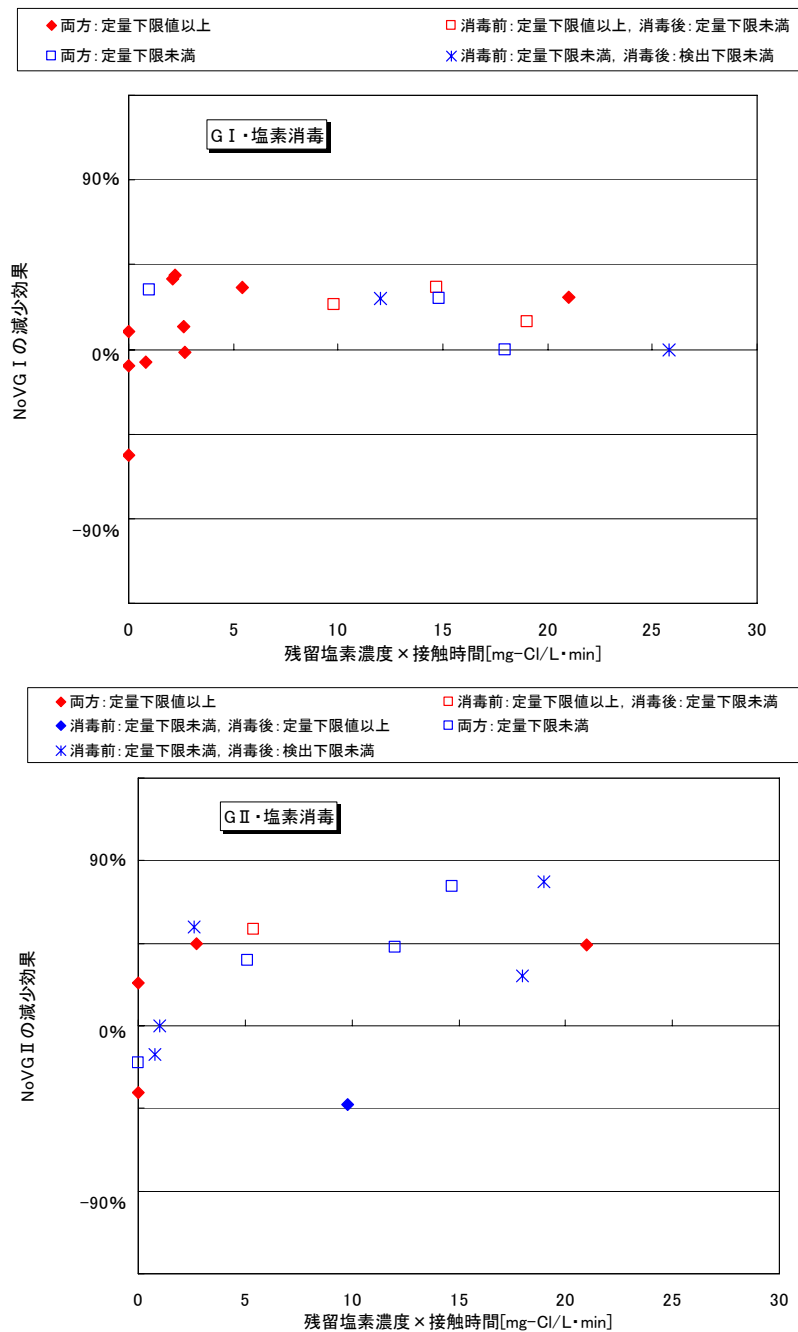


図 3.31 全残留塩素による CT 値とノロウイルスの減少効果(塩素消毒のみ)

※処理場数：6 箇所

生物処理後に繊維ろ過を行った処理水を対象とした場合（2 処理場：標準活性汚泥法と高度処理活性汚泥法）では、残留塩素濃度がほとんど ND であったため、図 3.32 に示すとおり、全残留塩素による CT 値が低くなっており、同様に減少効果との関係性が見られない。

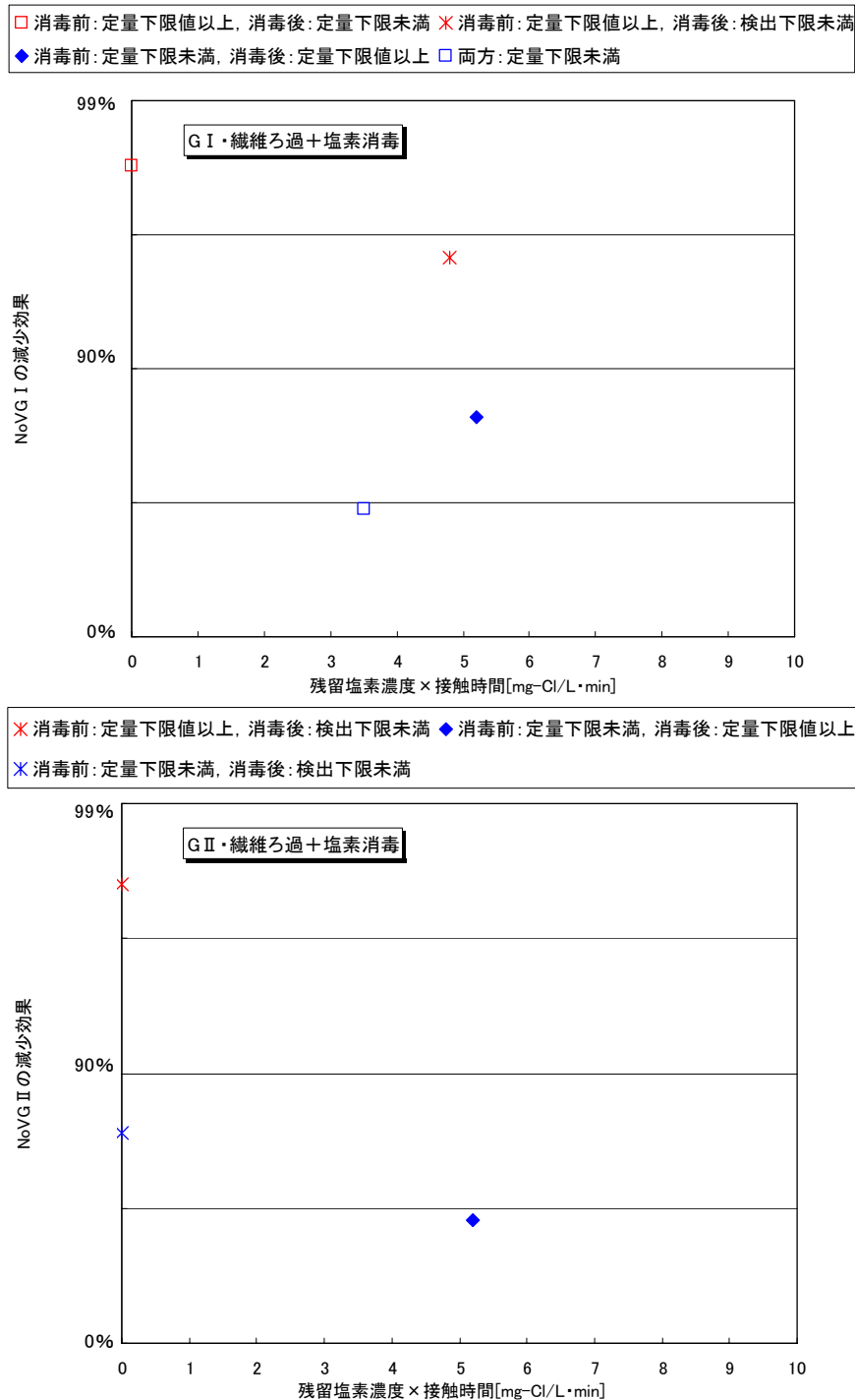


図 3.32 全残留塩素による CT 値とノロウイルスの減少効果(繊維ろ過+塩素消毒)

※処理場数：2 箇所

## 2) オゾン消毒

### (1) オゾン消毒前後のノロウイルス濃度の関係

実態調査結果として、流行期、非流行期の生物処理後の処理水を対象とした、放流水系統のオゾン消毒前後、および再生水系統のオゾン消毒前後のノロウイルス濃度を図 3.33～図 3.36 に示す。生物処理後の処理水をオゾン消毒して放流している調査対象処理場は 1 か所であり、生物処理方式は高度処理活性汚泥法である。

放流水系統のオゾン消毒においては、図 3.33 に示すとおり、流行期の消毒前後ともノロウイルス濃度は検出下限値程度の低いもので、消毒前に比べ消毒後は低くなるものの、ばらつきが大きい状況であった。また、図 3.34 に示すとおり、非流行期におけるデータ数は極めて少ない状況であった。

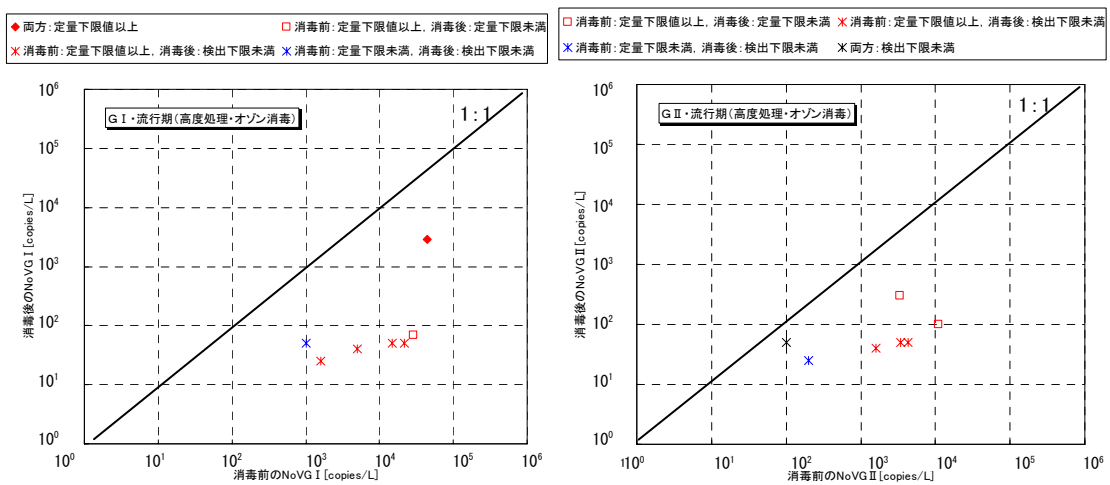


図 3.33 オゾン消毒前後のノロウイルス濃度（流行期・高度処理活性汚泥法）放流系統  
※処理場数：1 箇所

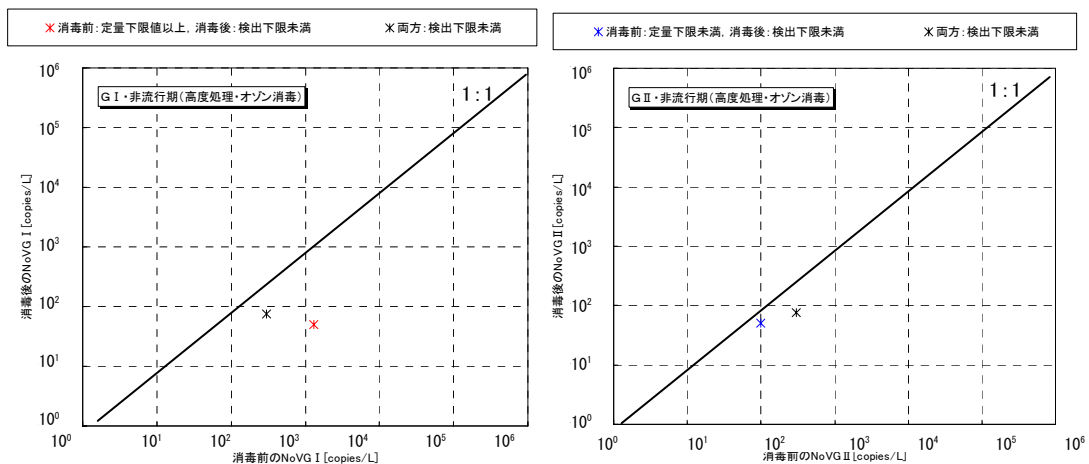


図 3.34 オゾン消毒前後のノロウイルス濃度（非流行期・高度処理活性汚泥法）放流系統  
※処理場数：1 箇所

再生水系統でのオゾン消毒前後のノロウイルス濃度を図 3.35、図 3.36 に示す（オゾン消毒を含む再生処理に関する複合的な結果は後述する）。オゾン消毒後には検出下限値未満の値となっている場合が多かった。

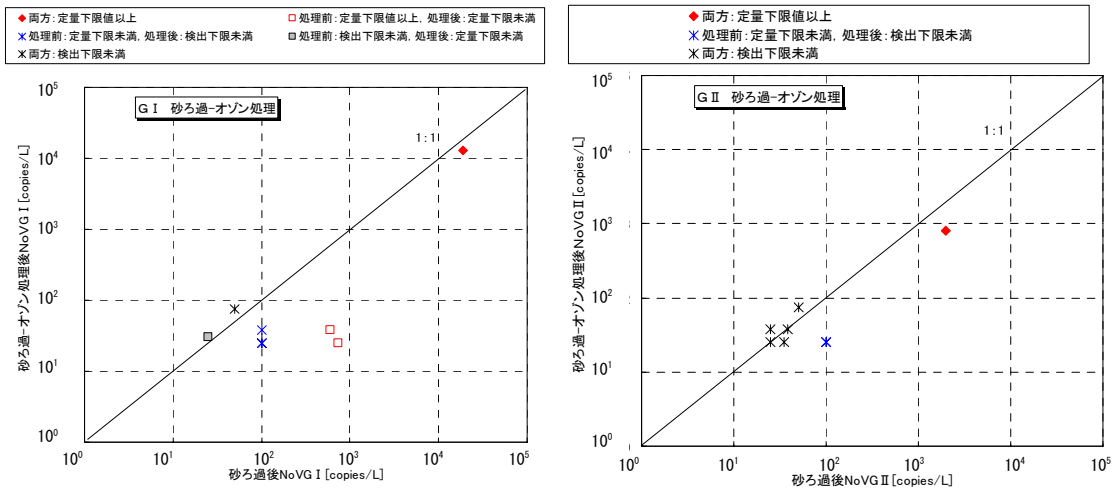


図 3.35 砂ろ過水のオゾン消毒前後のノロウイルス濃度  
再生水系統（砂ろ過前に塩素消毒あり）

※処理場数：1 箇所

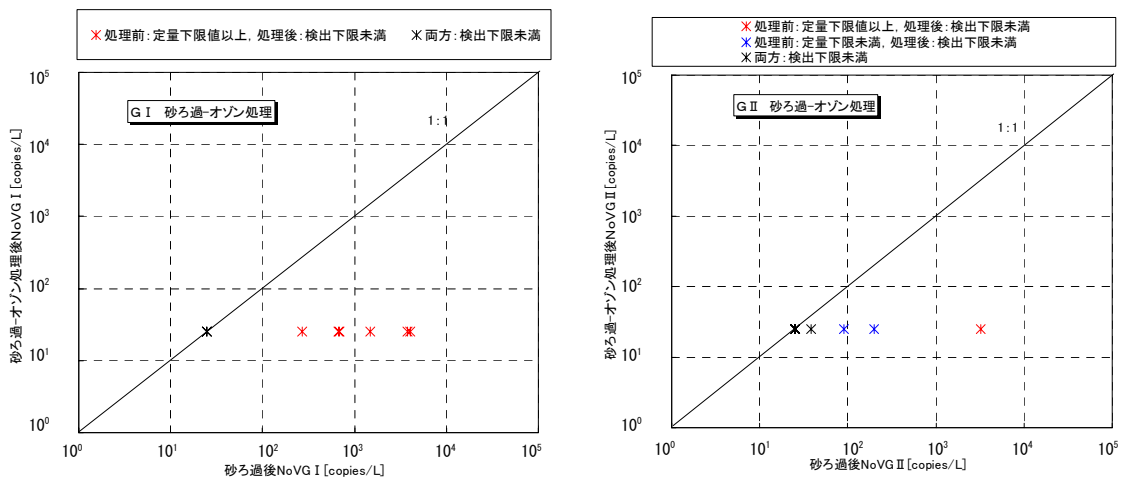


図 3.36 砂ろ過水のオゾン消毒前後のノロウイルス濃度  
再生水系統（砂ろ過前に塩素消毒なし）

※処理場数：1 箇所



(2) オゾン消毒による効果

放流水系統のオゾン消毒によるノロウイルスの減少効果については、図 3.37 に示すとおり、消毒前が定量下限値以上のデータで、おおよそ G I で 93.7%~99.75% (1.2Log~2.6Log)、G II で 90.0%~99.00% (1.0Log~2.0Log) であった。

再生水系統のオゾン消毒については、図 3.38 に示すとおり、G I、G II とともに 1 データを除きオゾン消毒後はいずれも検出下限値未満であった。

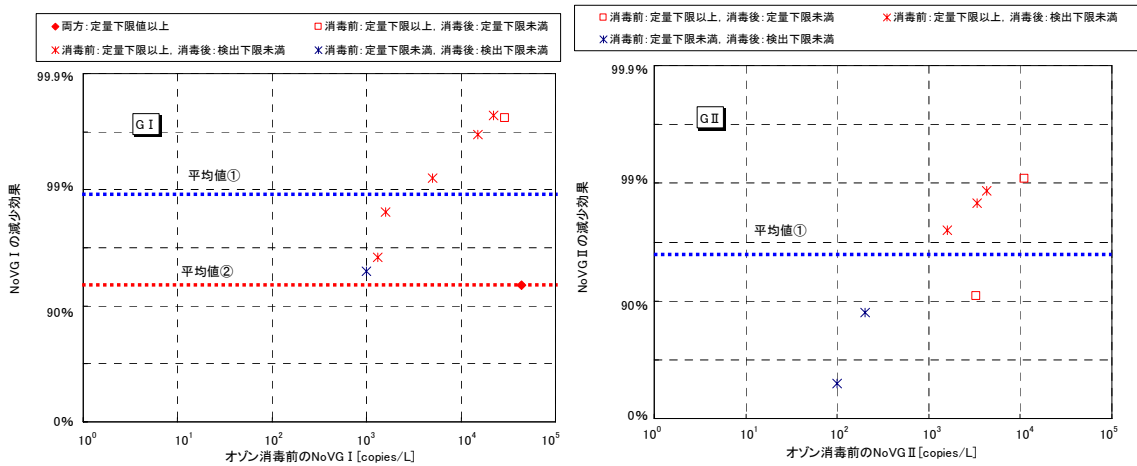


図 3.37 オゾン消毒前のノロウイルス濃度と消毒後減少効果 (放流水系統)  
※処理場数：1 箇所

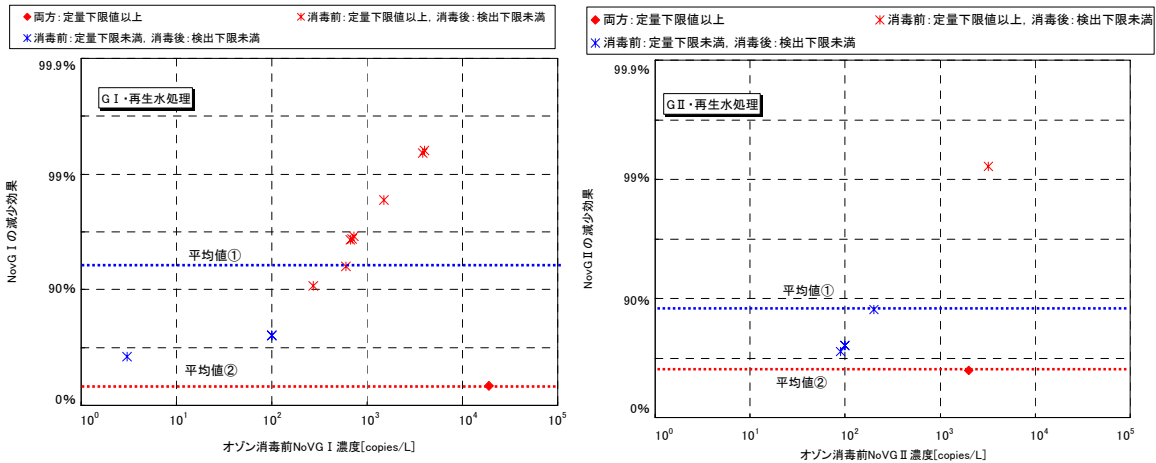


図 3.38 オゾン消毒前のノロウイルス濃度と消毒後減少効果 (再生水系統)

※処理場数：2 箇所

※平均値①は、消毒前の試料濃度が検出下限値以上のデータを対象としている。

平均値②は、消毒前後の試料濃度がいずれも定量下限値以上のデータを対象としている。

オゾン注入率毎のノロウイルスの減少効果については、図 3.39 に示すとおり、放流水系統、再生水系統共に、オゾン注入率が高い方がノロウイルス減少効果はやや高くなる傾向が見られた。

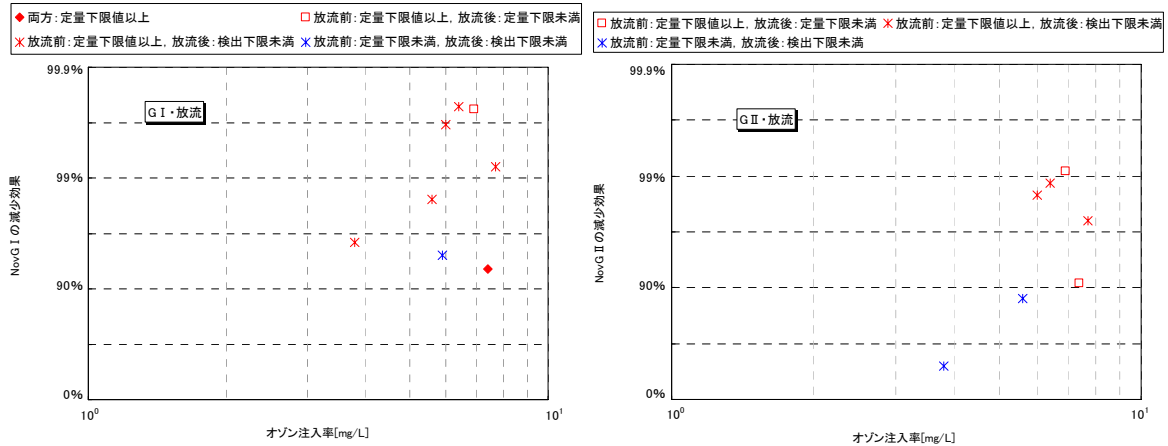


図 3.39(1) オゾン消毒前後のノロウイルス減少効果とオゾン注入率（放流水系統）  
※処理場数：1 箇所

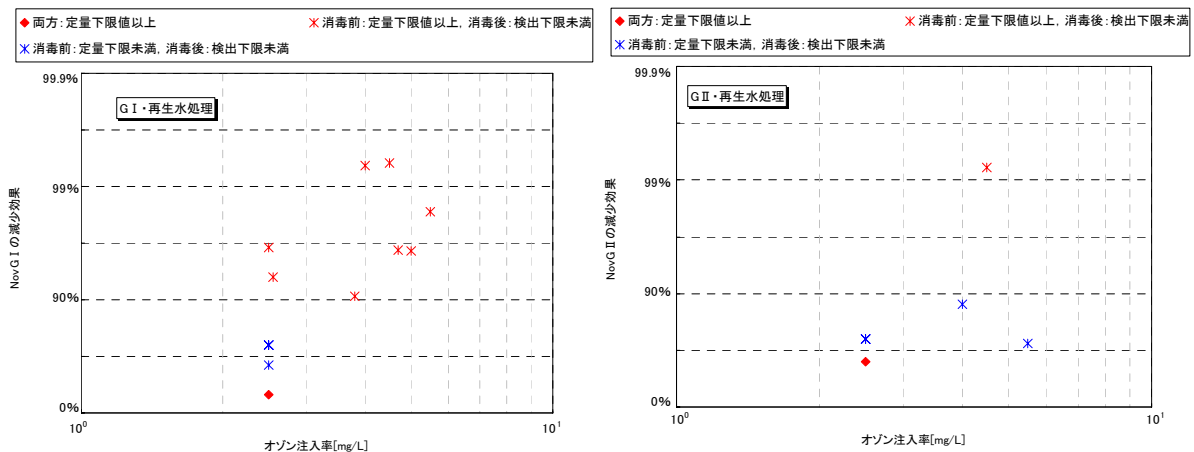


図 3.39(2) オゾン消毒前後のノロウイルス減少効果とオゾン注入率（再生水系統）  
※処理場数：2 箇所

## 6. 再生処理でのノロウイルス濃度

実態調査における再生処理方法と各処理工程でのノロウイルス濃度を示すと表 3.16 のとおりであり、最終工程後の濃度においては 2 試料が定量下限値以上、3 試料が検出下限値とほぼ同等であり、その他は全て検出下限値未満となっている。

表 3.16 再生処理方法と各処理工程でのノロウイルス濃度

処理場	処理方法	検査時期	採水箇所	NoVG		検出下限値 copies/L		
				I copies/L	II copies/L			
A	凝沈 + オゾン + 砂ろ過 + (塩素)	H20 2月	再生処理前	2.0 × 10 <sup>3</sup>	4.5 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
		H20 10月	再生処理前	(検出下限未満)	1 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	6.0 × 10 <sup>2</sup>		
		H20 11月	再生処理前	(検出下限未満)	6 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H20 12月	再生処理前	2.5 × 10 <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 2月	再生処理前	(検出下限未満)	(検出下限未満)	4.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	再生処理前	2 × 10 <sup>2</sup>	2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	再生処理前	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	1.3 × 10 <sup>3</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	再生処理前	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 12月	再生処理前	1.2 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 12月	再生処理前	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	5.1 × 10 <sup>2</sup>	1.3 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
		H22 1月	再生処理前	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
			凝沈-オゾン-砂ろ過後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		F	砂ろ過 + オゾン	H20 3月	再生処理前	8.0 × 10 <sup>4</sup>	4.2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>
					砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>
		H	(塩素) + 砂ろ過 + オゾン	H20 9月	塩素消毒後	2.0 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.0 × 10 <sup>2</sup>
					砂ろ過後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	5.0 × 10 <sup>2</sup>
				H20 12月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	7.5 × 10 <sup>2</sup>
					塩素消毒後	5.0 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>
H21 1月	砂ろ過後			(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			3 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H21 2月	塩素消毒後			6 × 10 <sup>2</sup>	4 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過後			1 × 10 <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>2</sup>	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H21 10月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
	塩素消毒後			2.3 × 10 <sup>2</sup>	8 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
H21 11月	砂ろ過後			7.3 × 10 <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>2</sup>	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H21 11月	塩素消毒後			2.8 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過後			6.0 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H21 11月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
	塩素消毒後			2.0 × 10 <sup>3</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
H21 12月	砂ろ過後			1 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H22 1月	塩素消毒後			5.5 × 10 <sup>2</sup>	5 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過後			1 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
H22 1月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
	塩素消毒後			1.1 × 10 <sup>3</sup>	2.8 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
H22 1月	砂ろ過後			1.9 × 10 <sup>2</sup>	2.0 × 10 <sup>2</sup>	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)			1.3 × 10 <sup>3</sup>	8.0 × 10 <sup>2</sup>	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
I-2	繊維ろ過 + (塩素) + オゾン			H21 12月	処理水(消毒前)	(検出下限未満)	3 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10 <sup>2</sup>
					繊維ろ過後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>
J	(塩素) + 砂ろ過 + オゾンの活性炭			H21 1月	繊維ろ過-塩素消毒-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>
					処理水(消毒前)	5.7 × 10 <sup>2</sup>	1.9 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10 <sup>2</sup>
K	砂ろ過 + オゾン			H20 12月	繊維ろ過後	5.4 × 10 <sup>2</sup>	7 × 10 <sup>1</sup>	3.8 × 10 <sup>2</sup>
					繊維ろ過-塩素消毒-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>
K	砂ろ過 + オゾン + (塩素)			H20 12月	塩素消毒後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>
					砂ろ過後	1 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>
		H21 1月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
			塩素消毒後	6 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 10月	砂ろ過後	7 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 12月	塩素消毒後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過後	(検出下限未満)	3 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H22 1月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
			塩素消毒後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H22 1月	砂ろ過後	(検出下限未満)	2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	1 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
		H20 11月	処理水(消毒前)	3.7 × 10 <sup>2</sup>	3.1 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過後	4.0 × 10 <sup>2</sup>	3.2 × 10 <sup>2</sup>	7.7 × 10 <sup>1</sup>		
		H20 12月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 3月	処理水(消毒前)	1.0 × 10 <sup>3</sup>	7.5 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 3月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	処理水(消毒前)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過後	6.7 × 10 <sup>2</sup>	2.5 × 10 <sup>2</sup>	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	処理水(消毒前)	2 × 10 <sup>2</sup>	2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過後	2.7 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
		H21 11月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
			砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>		
H22 1月	処理水(消毒前)	6.0 × 10 <sup>2</sup>	8 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>				
	砂ろ過後	6.9 × 10 <sup>2</sup>	(検出下限未満)	3.8 × 10 <sup>2</sup>				
H22 1月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>				
	砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>				
H22 1月	処理水(消毒前)	3.6 × 10 <sup>2</sup>	2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>2</sup>				
	砂ろ過後	1.5 × 10 <sup>2</sup>	9 × 10 <sup>1</sup>	3.8 × 10 <sup>2</sup>				
H22 1月	砂ろ過-オゾン処理後(再生水処理後)	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>				
	砂ろ過-オゾン処理-塩素消毒(再消毒)後	(検出下限未満)	(検出下限未満)	2.5 × 10 <sup>2</sup>				

※ 再生水処理工程において、G I、G IIとも全て検出下限値未満のデータは割愛した。

※ 再生水処理工程において、G IまたはG IIの一方が全て検出下限値未満のデータは網掛けとした。

1) 各再生処理工程毎のノロウイルス濃度の関係

実態調査結果として、再生処理の各々の処理工程前後でのノロウイルス濃度を図 3.40～図 3.48 に示す。

①凝集沈殿－オゾン－砂ろ過処理

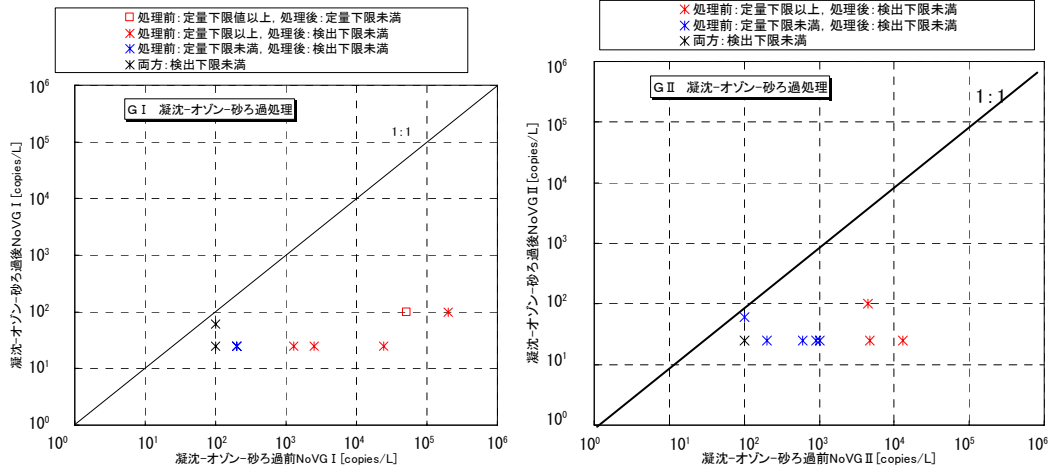


図 3.40 凝集沈殿－オゾン－砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度 ※処理場数：1 箇所

②砂ろ過－オゾン消毒前後

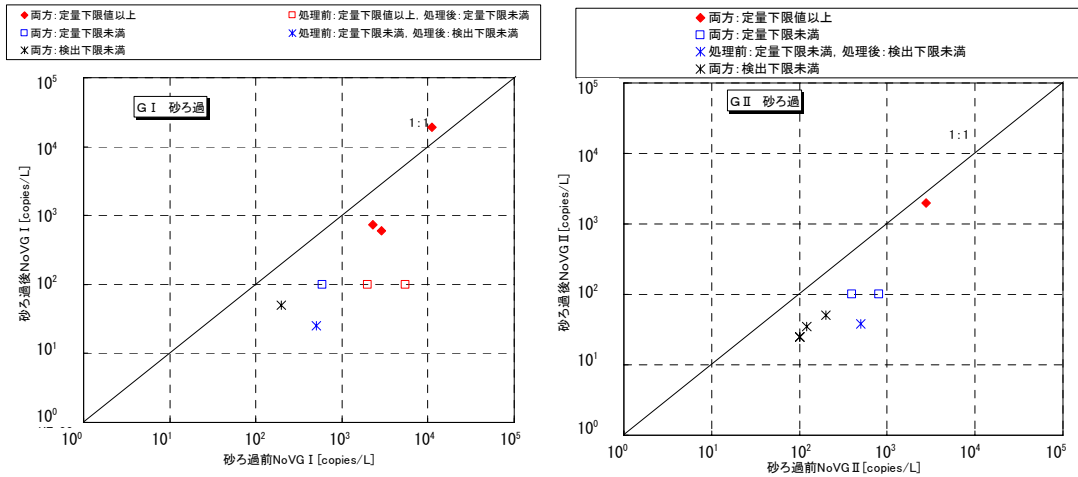


図 3.41 砂ろ過－オゾン消毒前後(前段の砂ろ過まで)のノロウイルス濃度 ※処理場数：1 箇所

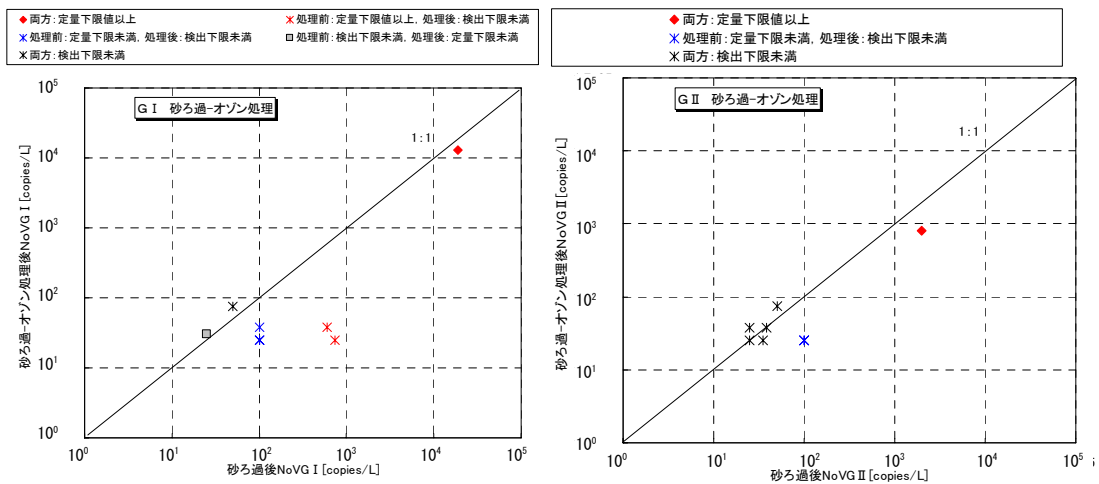


図 3.42 砂ろ過－オゾン消毒前後(後段のオゾン消毒)のノロウイルス濃度 ※処理場数：1 箇所

③ 繊維ろ過-塩素消毒-オゾン消毒前後

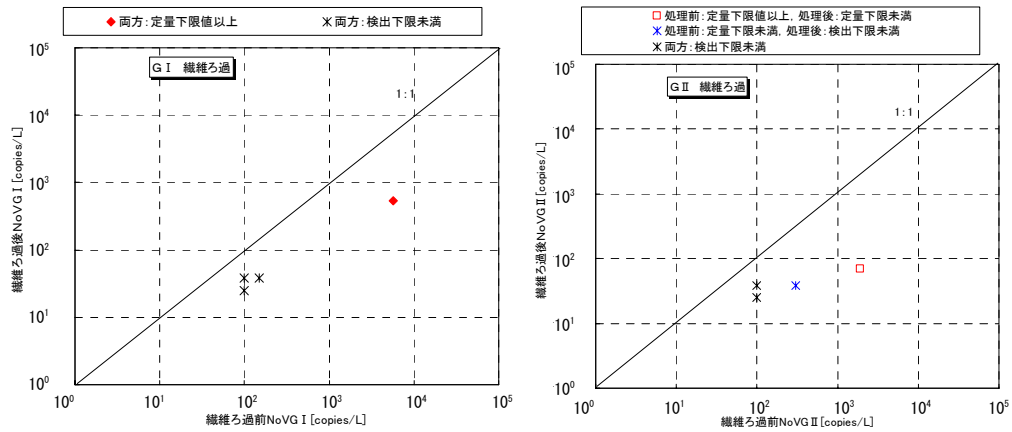


図 3.43 繊維ろ過-塩素消毒-オゾン消毒前後（繊維ろ過まで）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1箇所

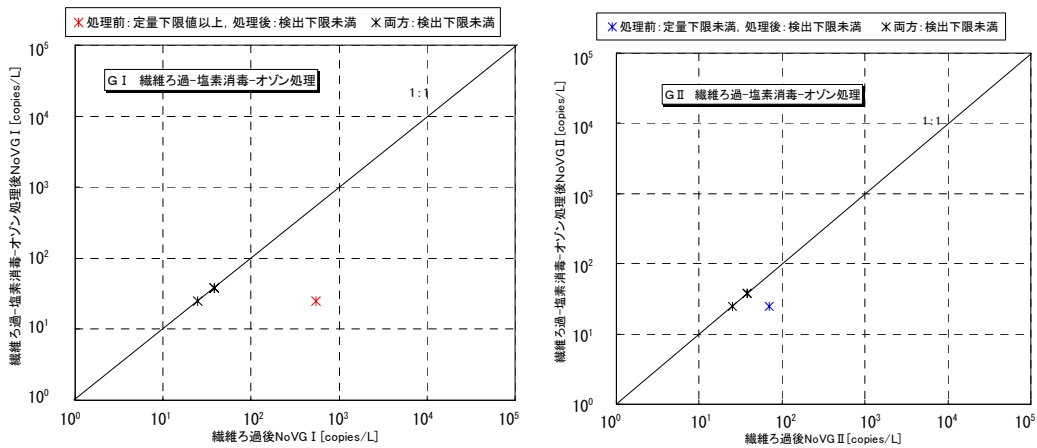


図 3.44 繊維ろ過-塩素消毒-オゾン消毒前後（塩素消毒+オゾン部分）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1箇所

④ 砂ろ過-オゾン消毒-活性炭処理前後

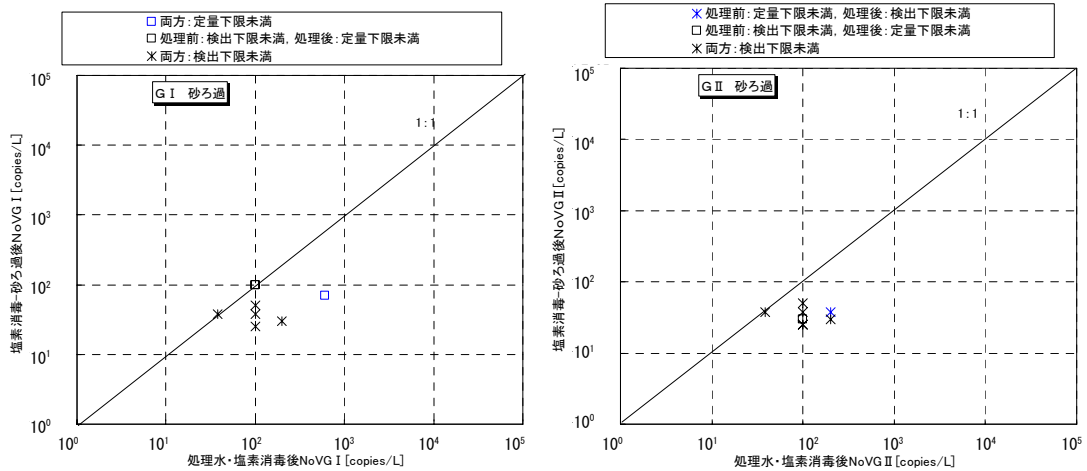


図 3.45 砂ろ過-オゾン-活性炭処理前後（砂ろ過部分）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1箇所

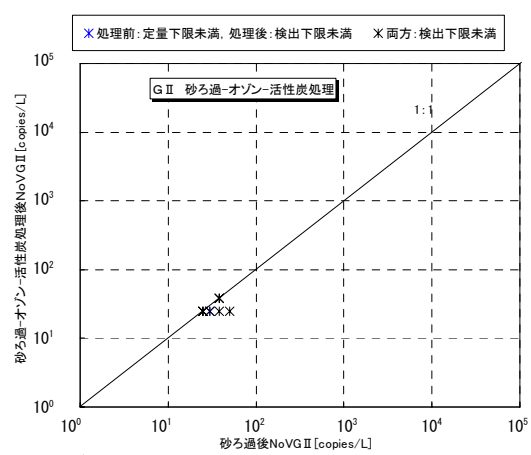
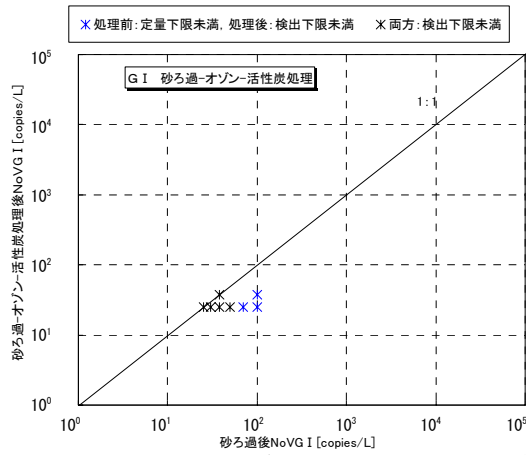


図 3.46 砂ろ過-オゾン-活性炭処理前後（オゾン-活性炭部分）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1 箇所

⑤砂ろ過-オゾン消毒前後

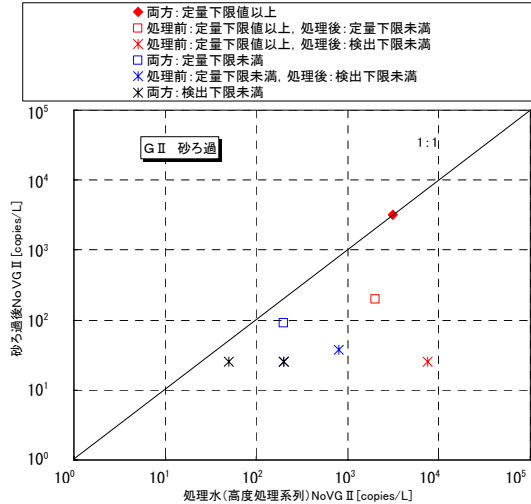
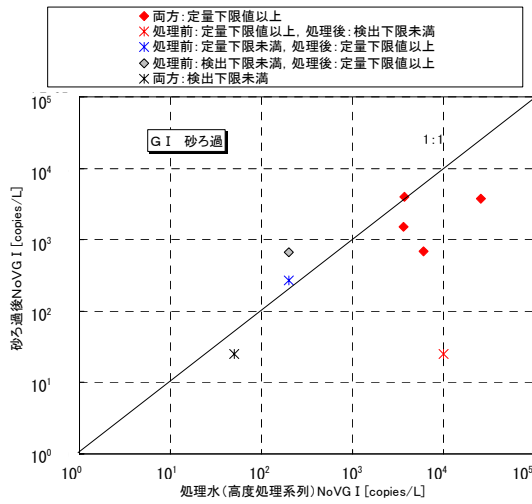


図 3.47 砂ろ過-オゾン消毒前後（砂ろ過部分）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1 箇所

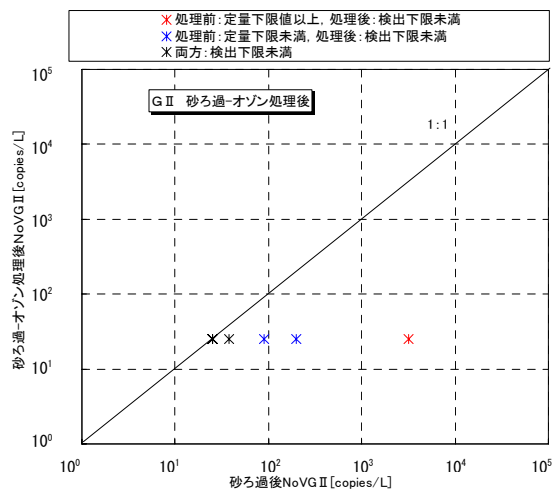
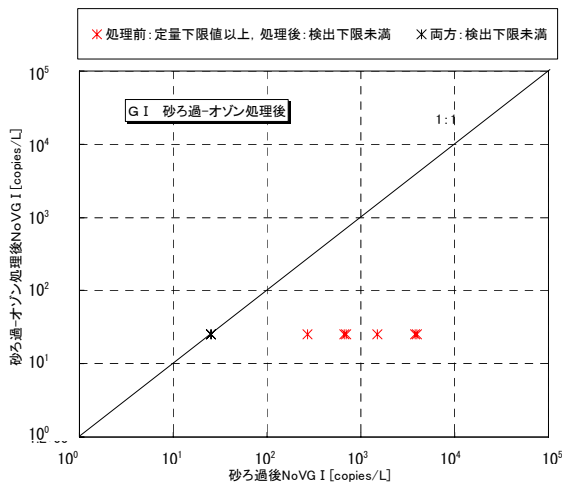


図 3.48 砂ろ過-オゾン消毒前後（オゾン消毒部分）のノロウイルス濃度  
※処理場数：1 箇所

## 2) 砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度の関係と除去率

砂ろ過処理の除去効果については、図 3.49 に示すとおり、対数除去率はマイナス（ろ過後の濃度が高い）～約 99.75% (2.5Log) となり、除去効果は低い結果となった。

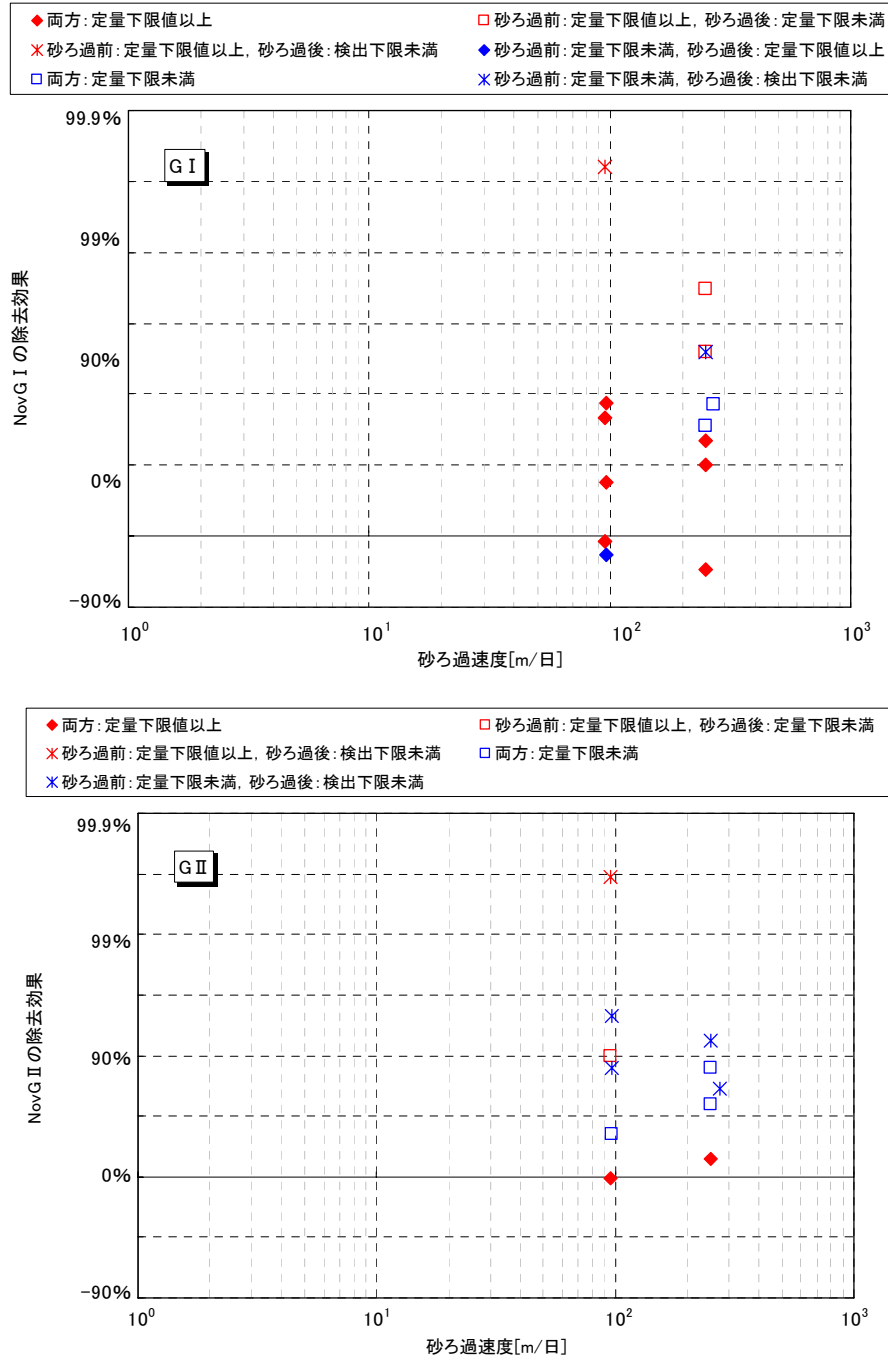


図 3.49 砂ろ過処理前後のノロウイルス除去効果と砂ろ過速度

また、砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度および除去率の関係を図 3.50～図 3.55 に示す。ろ過速度は対象処理場ごとにほぼ一定であり、サンプリング時の砂ろ過速度の平均値を用いて整理した。

砂ろ過速度が一定であっても除去率は一定ではなく、砂ろ過速度によるノロウイルス除去効果の差異は見られなかった。

①砂ろ過速度：97m/日

図 3.50、図 3.51 に示すとおり、処理前のノロウイルス濃度が G I、G II とともに  $10^1 \sim 10^4$  copies/L であり、処理前が定量下限値以上のデータで除去効果は G I でマイナス（ろ過後の濃度が高い）～99.80%（2.7Log）、G II でマイナス（ろ過後の濃度が高い）～99.68%（2.5Log）であった。

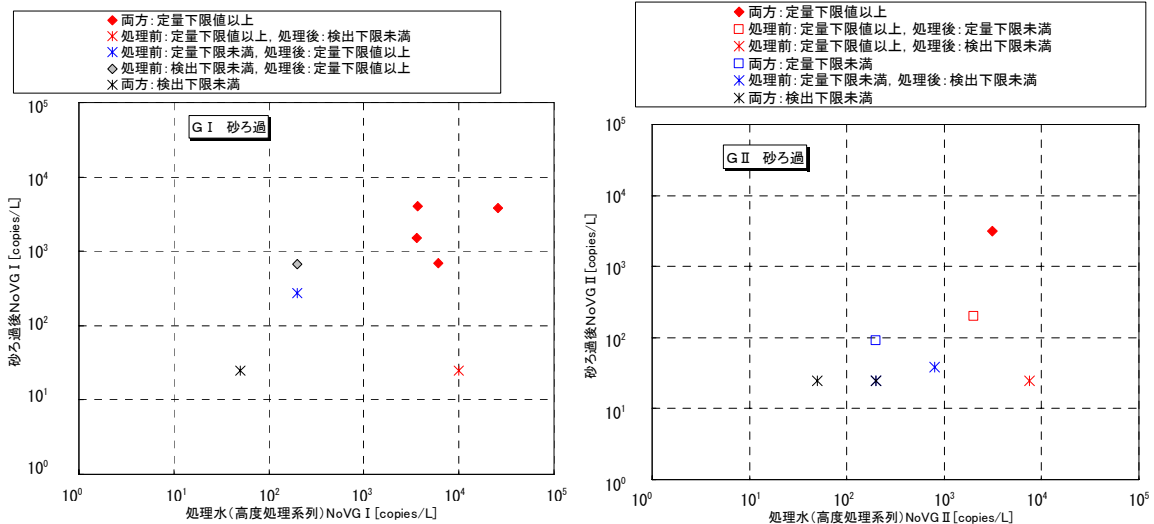


図 3.50 砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度

※処理場数：1箇所

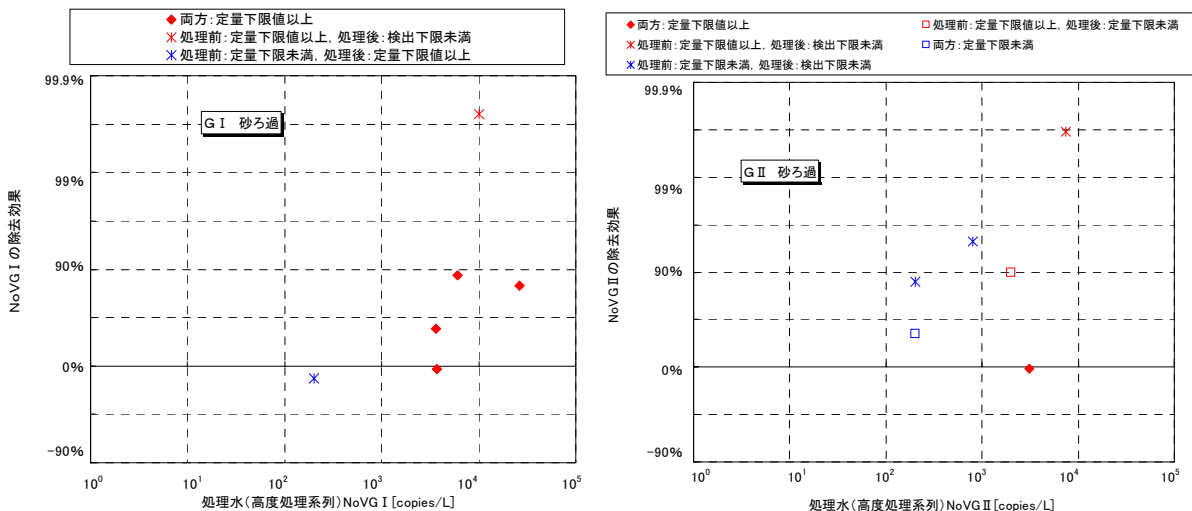


図 3.51 砂ろ過前ノロウイルス濃度とノロウイルスの除去効果

※処理場数：1箇所



②砂ろ過速度：250m/日

図 3.52、図 3.53 に示すとおり、処理前のノロウイルス濃度が  $10^2 \sim 10^4$  copies/L であり、処理前が定量下限値以上のデータで、除去効果は G I でマイナス（ろ過後の濃度が高い） $\sim 98.4\%$ （1.8Log）、G II で  $37.0\% \sim 92.0\%$ （0.2Log $\sim 1.1$ Log）であった。

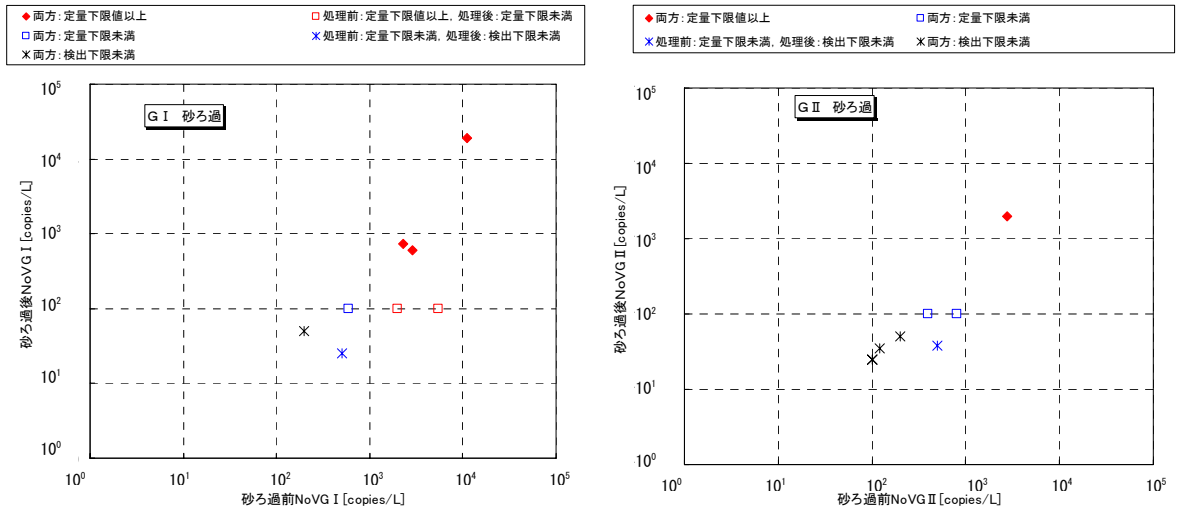


図 3.52 砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度

※処理場数：1箇所

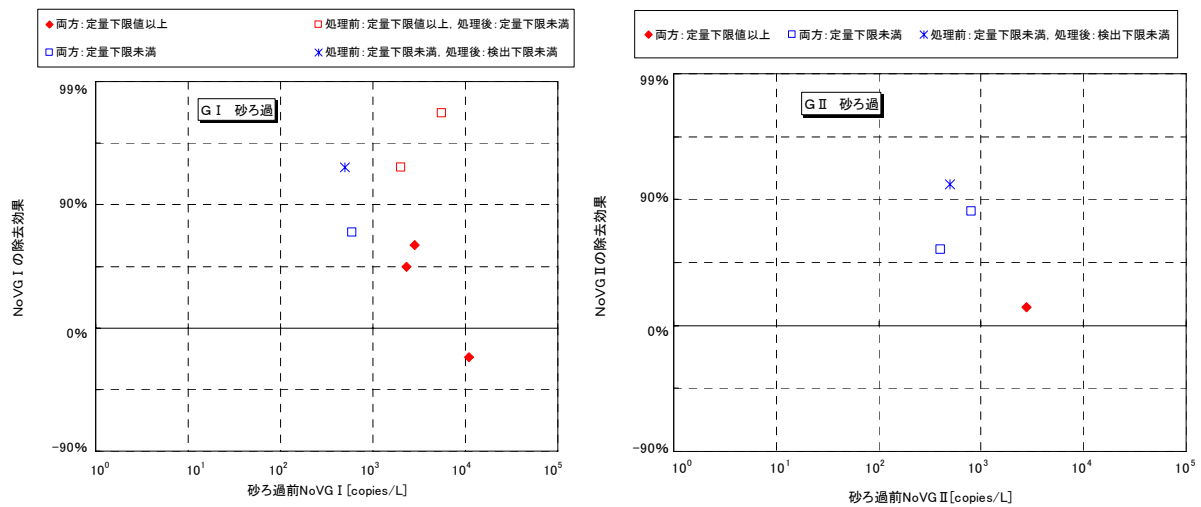


図 3.53 砂ろ過前ノロウイルス濃度とノロウイルスの除去効果

※処理場数：1箇所

③砂ろ過速度：270m/日

図 3.54、図 3.55 に示すとおり、処理前のノロウイルス濃度としては検出下限値未満が多く、除去効果について言及が難しいが、除去効果は G I で約 87.4% (0.9Log)、G II で約 80.0% (0.7Log) であった。

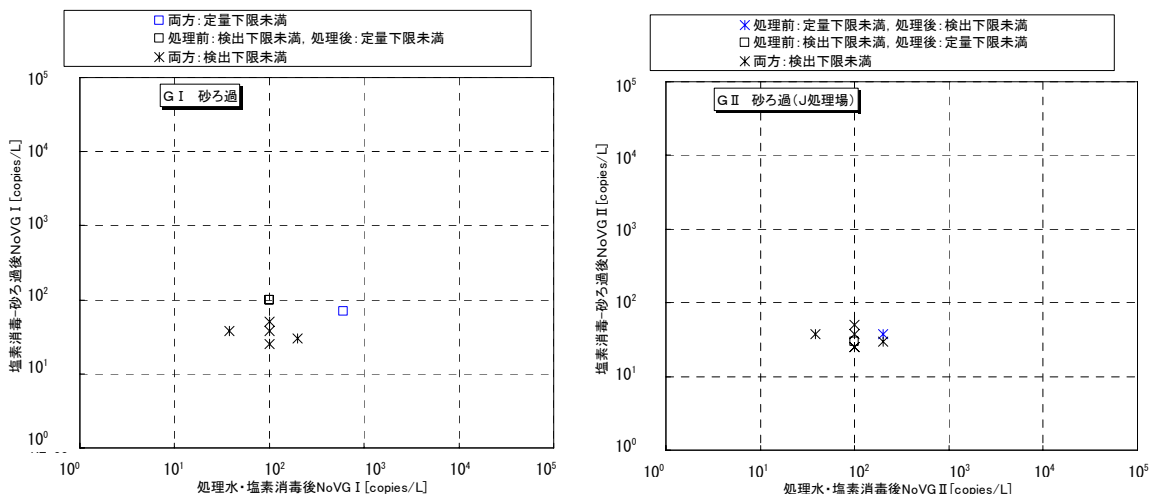


図 3.54 砂ろ過処理前後のノロウイルス濃度 (生物処理時に凝集剤添加)

※処理場数：1箇所

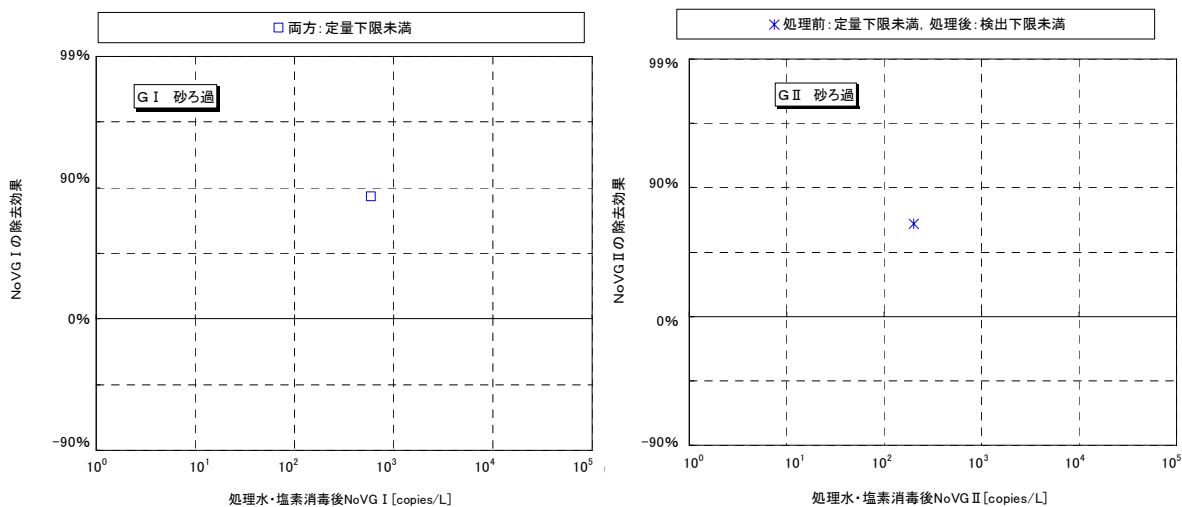


図 3.55 砂ろ過前ノロウイルス濃度とノロウイルスの除去効果 (生物処理時に凝集剤添加)

※処理場数：1箇所

## 7. 下水処理施設の他の水質濃度とノロウイルス濃度の関係(膜分離活性汚泥法は除く)

### 1) ノロウイルス濃度と他の水質項目の関係

挙動調査の結果からは、図 3.56～図 3.58 に示すとおり、濁度、SS、大腸菌ともに、各水質項目に対してノロウイルス濃度に大きなバラツキが見られ、流行期・非流行期共に顕著な傾向は見られなかった。

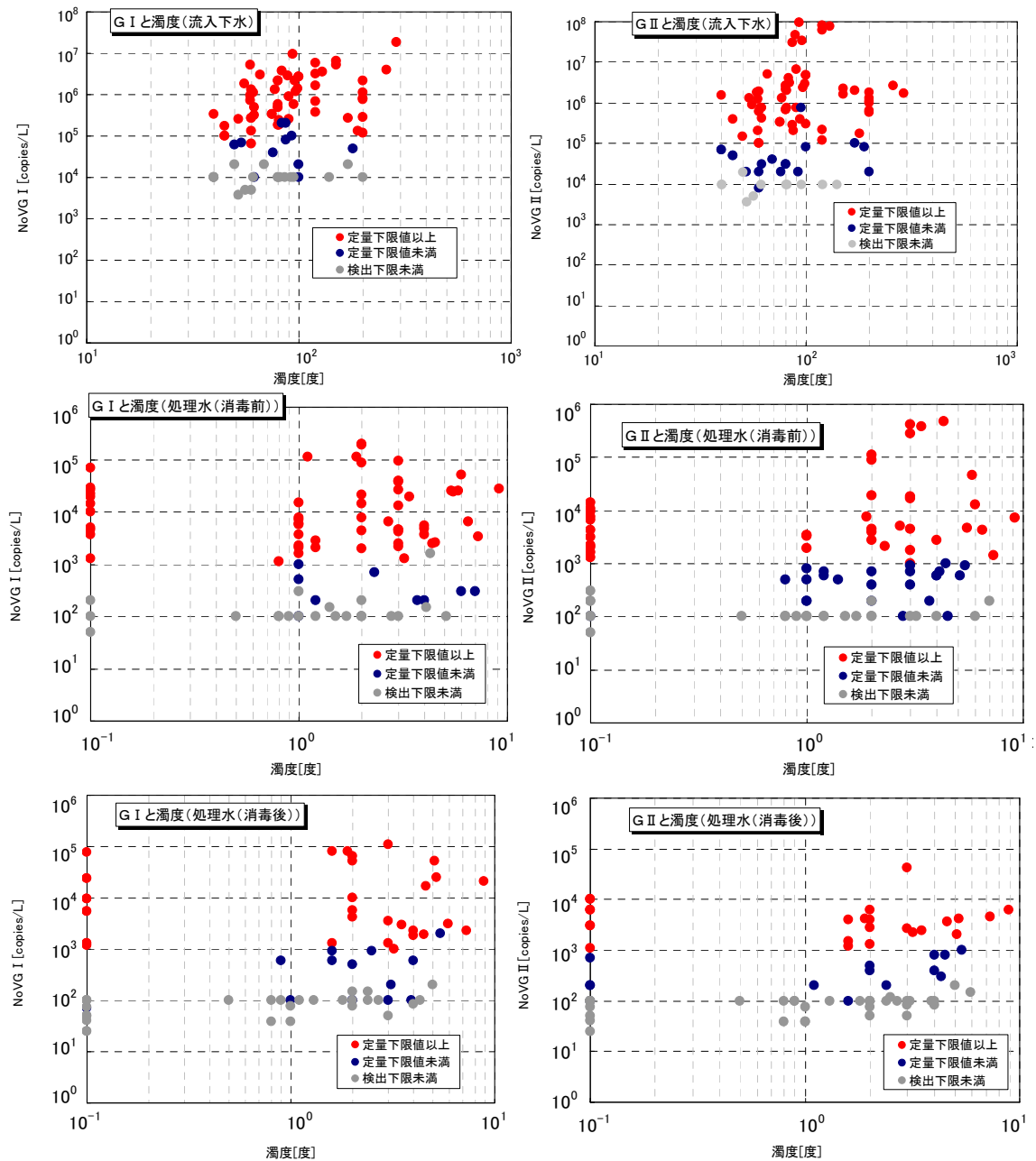


図 3.56 濁度とノロウイルス濃度

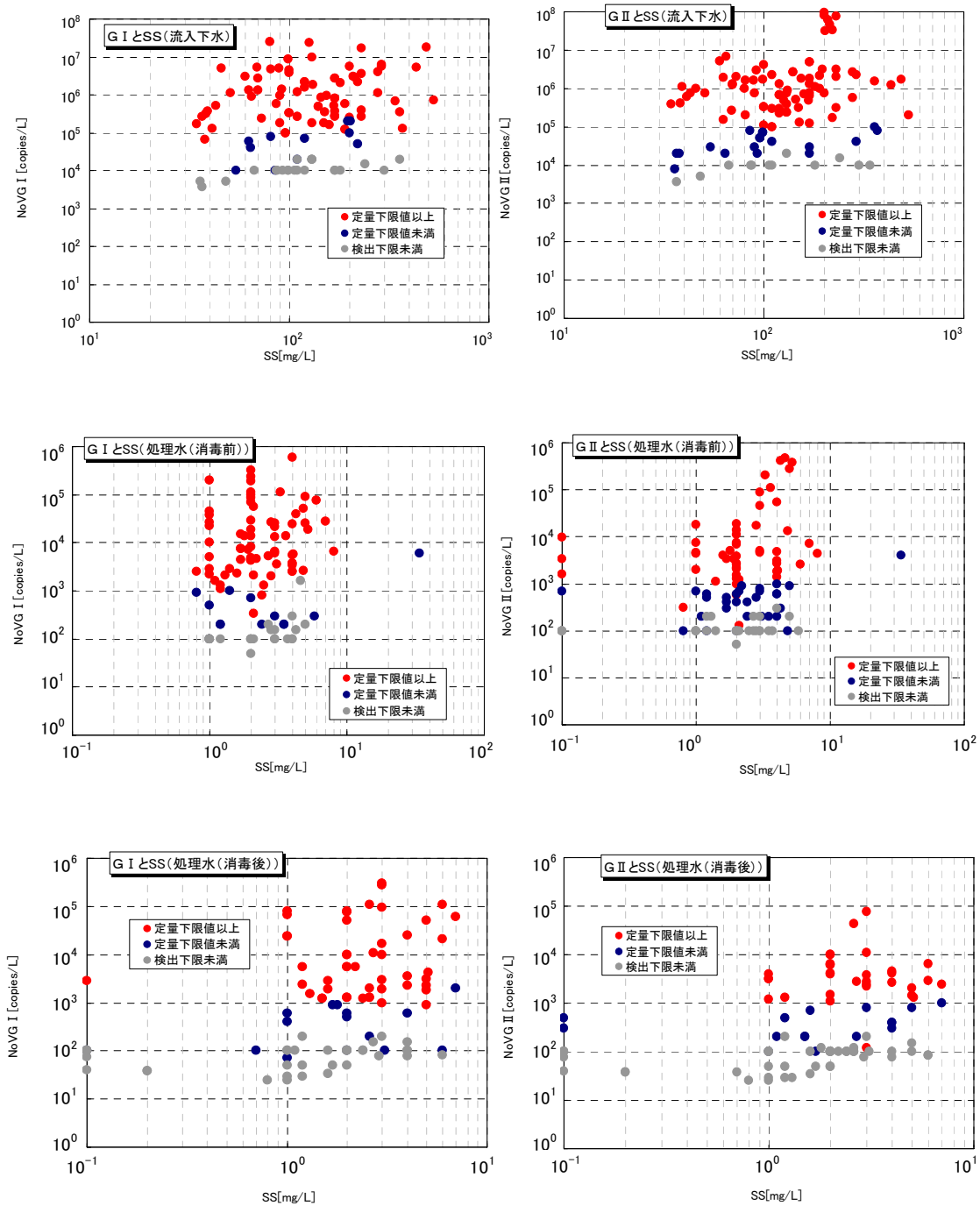


図 3.57 SS 濃度とノロウイルス濃度

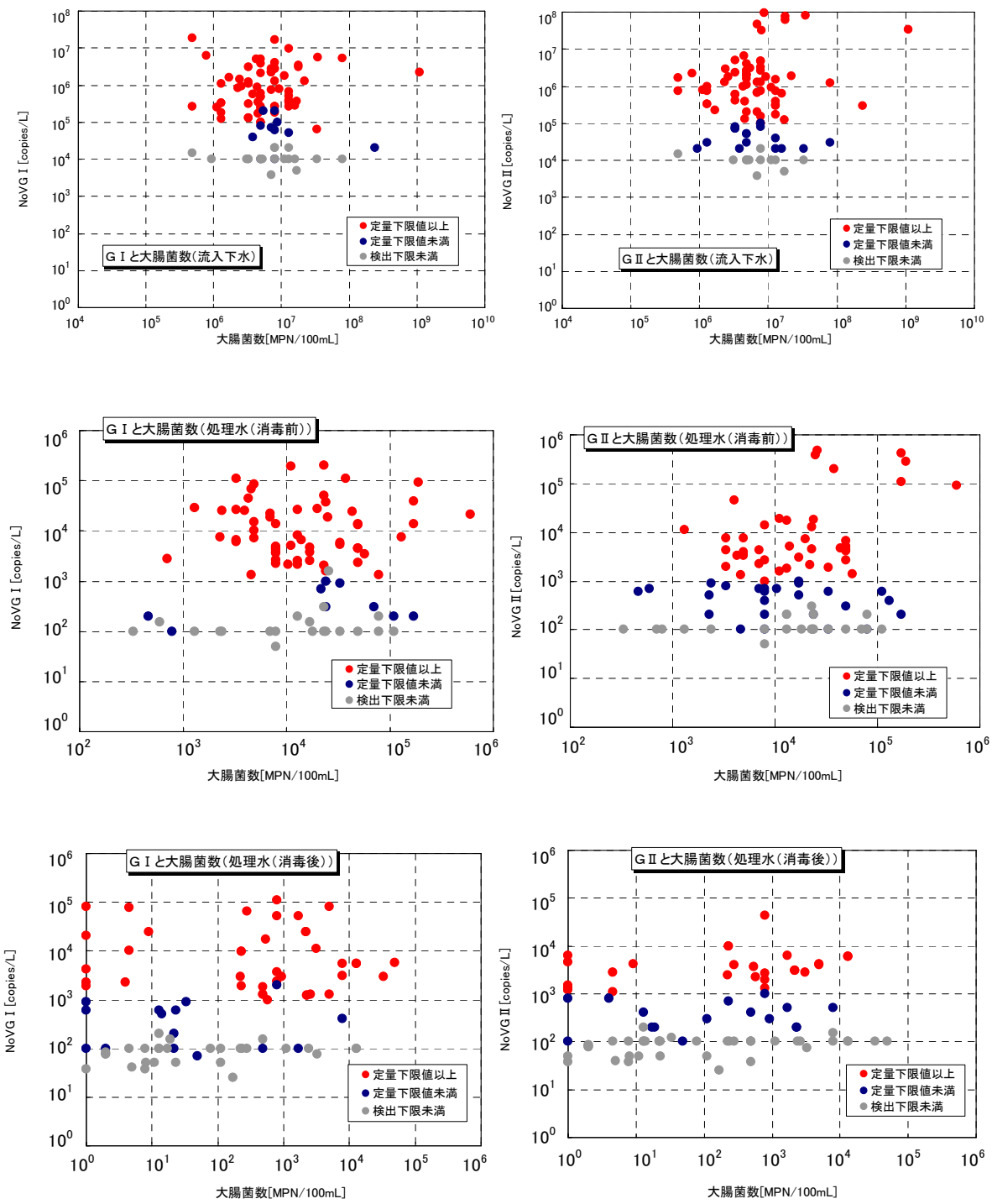


図 3.58 大腸菌数とノロウイルス濃度

2) ノロウイルス除去効果と他の水質項目の除去効果との関係

濁度、SS、大腸菌ともに、図 3.59～図 3.61 に示すとおり、各除去効果とノロウイルス除去効果（流入下水と生物処理後）との間にはほとんど関係性は見られない。

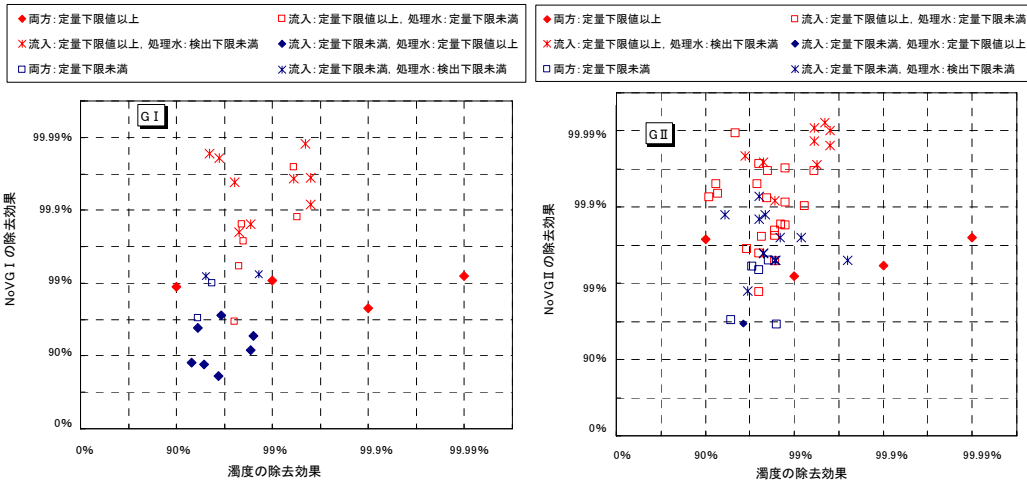


図 3.59 濁度除去効果とノロウイルス除去効果

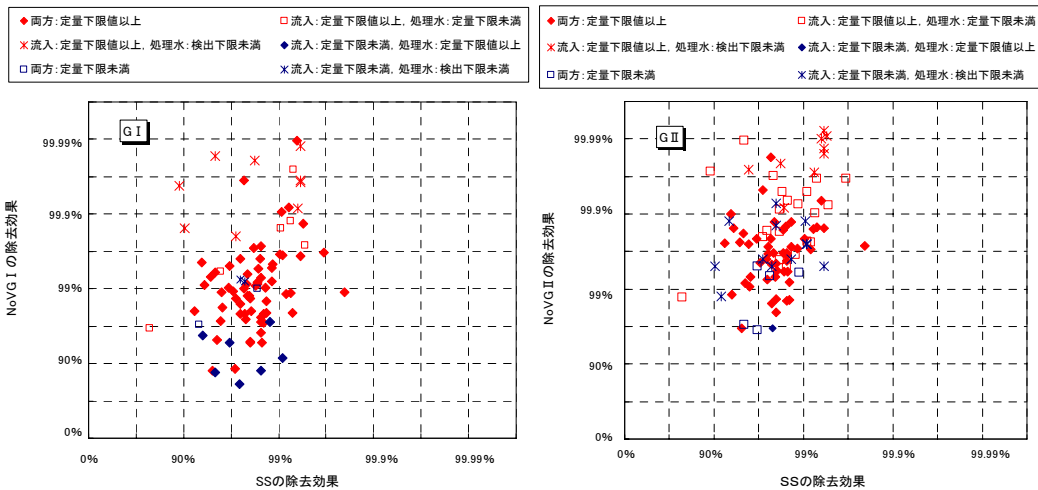


図 3.60 SS 除去効果とノロウイルス除去効果

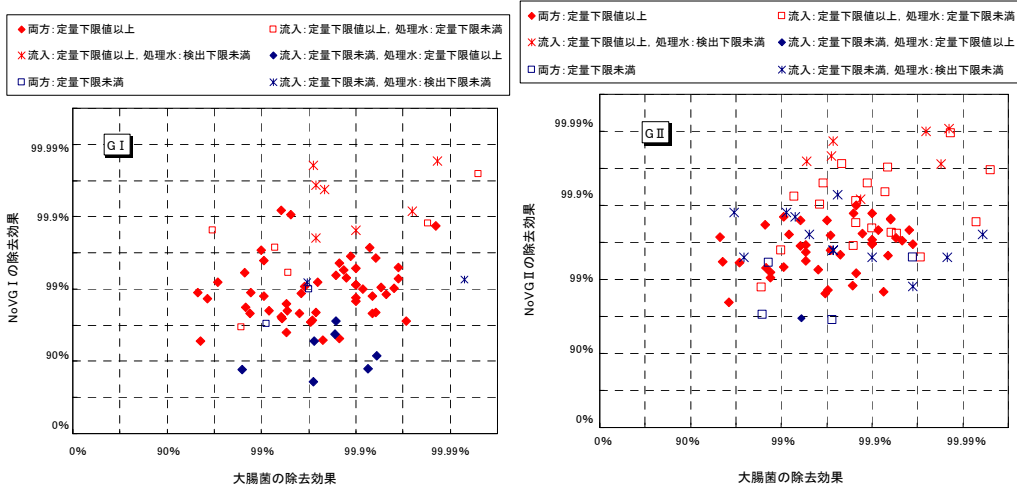


図 3.61 大腸菌除去効果とノロウイルス除去効果

## 8. 下水処理施設の運転指標とノロウイルス除去効果 (膜分離活性汚泥法は除く)

膜分離活性汚泥法を除く挙動調査結果からは、MLSS 濃度や HRT、SRT 等の運転指標とノロウイルスの除去効果については、図 3.62～図 3.65 に示すとおり、明確な関係性は確認できなかった。

調査当日の HRT とノロウイルス対数除去率との関係については、図 3.62 に示すとおり、生物処理で凝集剤を添加している処理場において除去効果が高い傾向にあり、これを除くと HRT とノロウイルス除去効果の間には特に関係性が見られない。

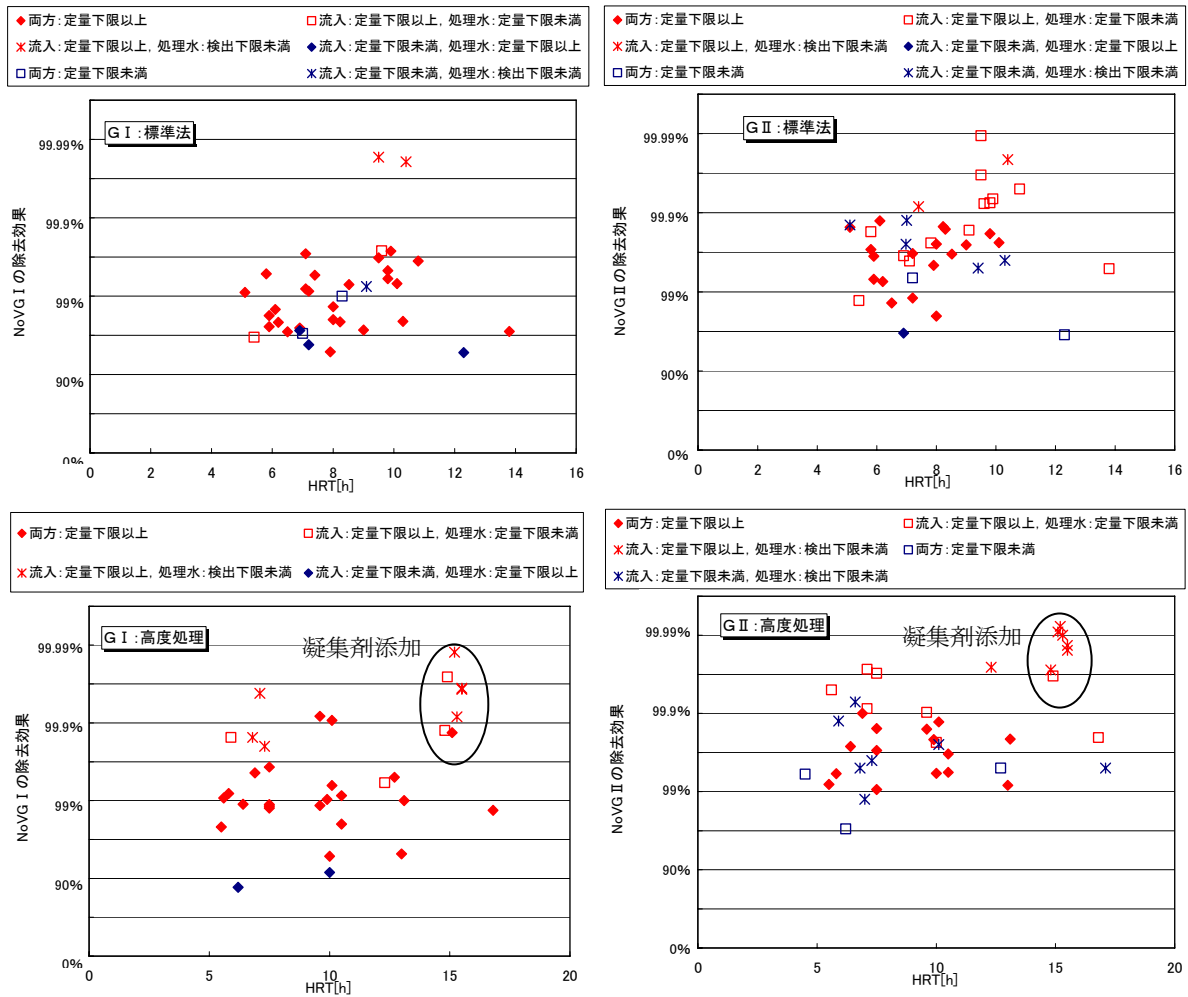


図 3.62 HRT とノロウイルス除去効果

調査当日および調査日を含む月の平均の SRT 及び A-SRT とノロウイルス除去効果との関係を処理方式別に図 3.63、図 3.64 に示す。

HRT と同様、生物処理で凝集剤を添加している処理場は除去効果が高い傾向にあり、これを除くと、SRT 及び A-SRT とノロウイルス除去効果の間には特に関係性が見られない。

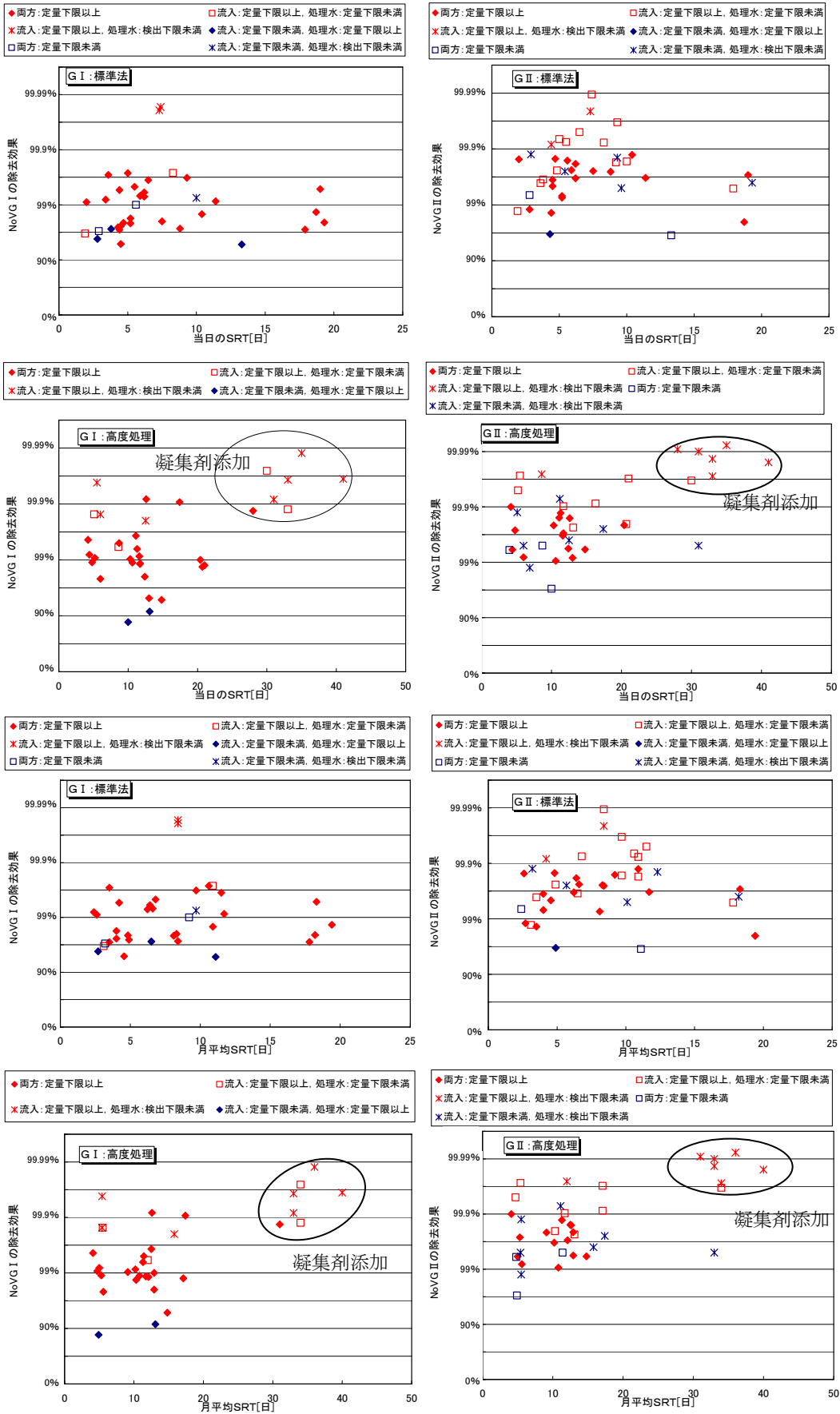


図 3.63 SRT とノロウイルス除去効果



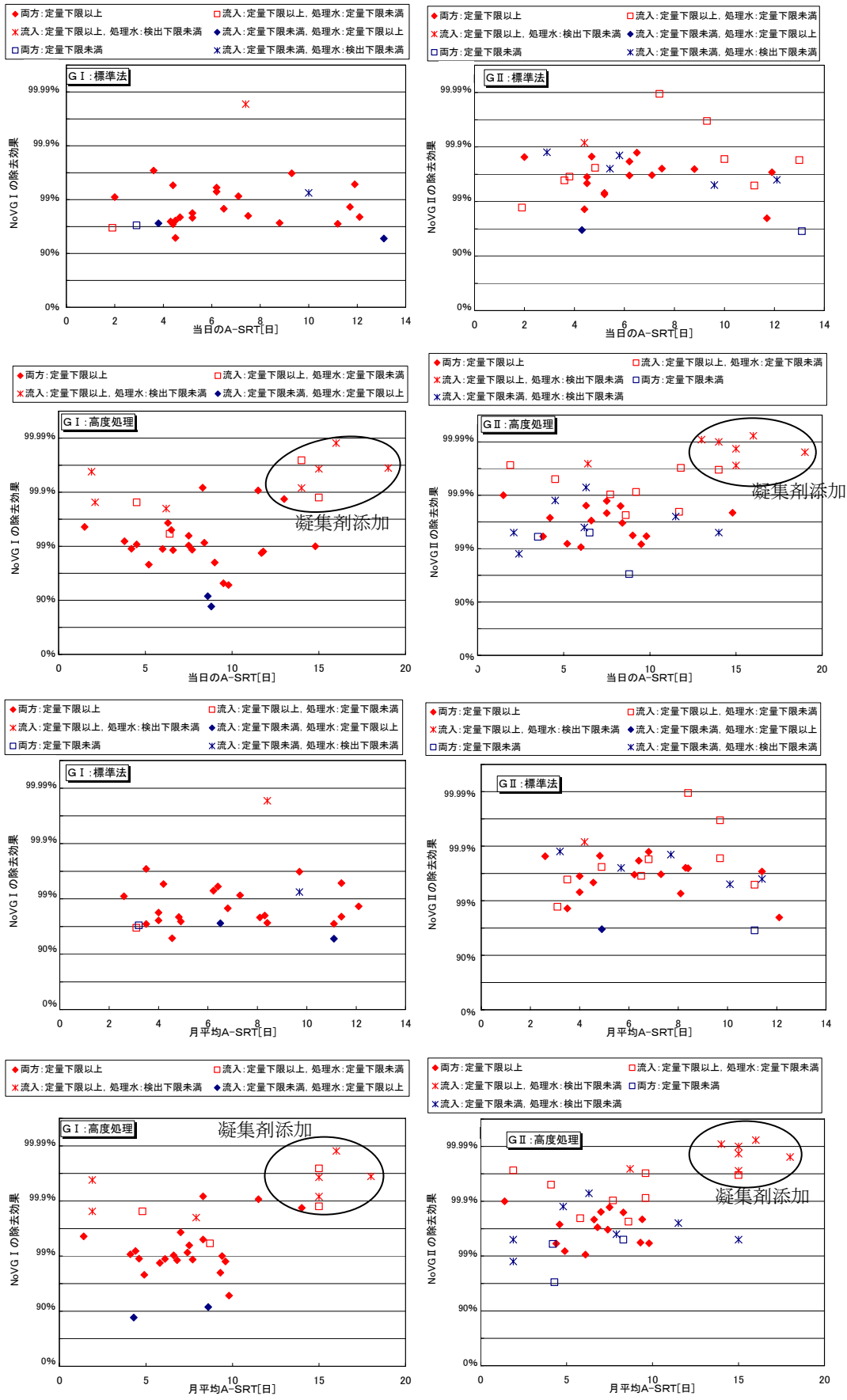


図 3.64 A-SRT とノロウイルス除去効果

当日の MLSS 濃度とノロウイルス対数除去率との関係を処理方式別に図 3.65 に示す。各処理方式共に MLSS 濃度に対して除去率にバラツキが多く見られ、MLSS 濃度とノロウイルス対数除去率に関係性は見られなかった。

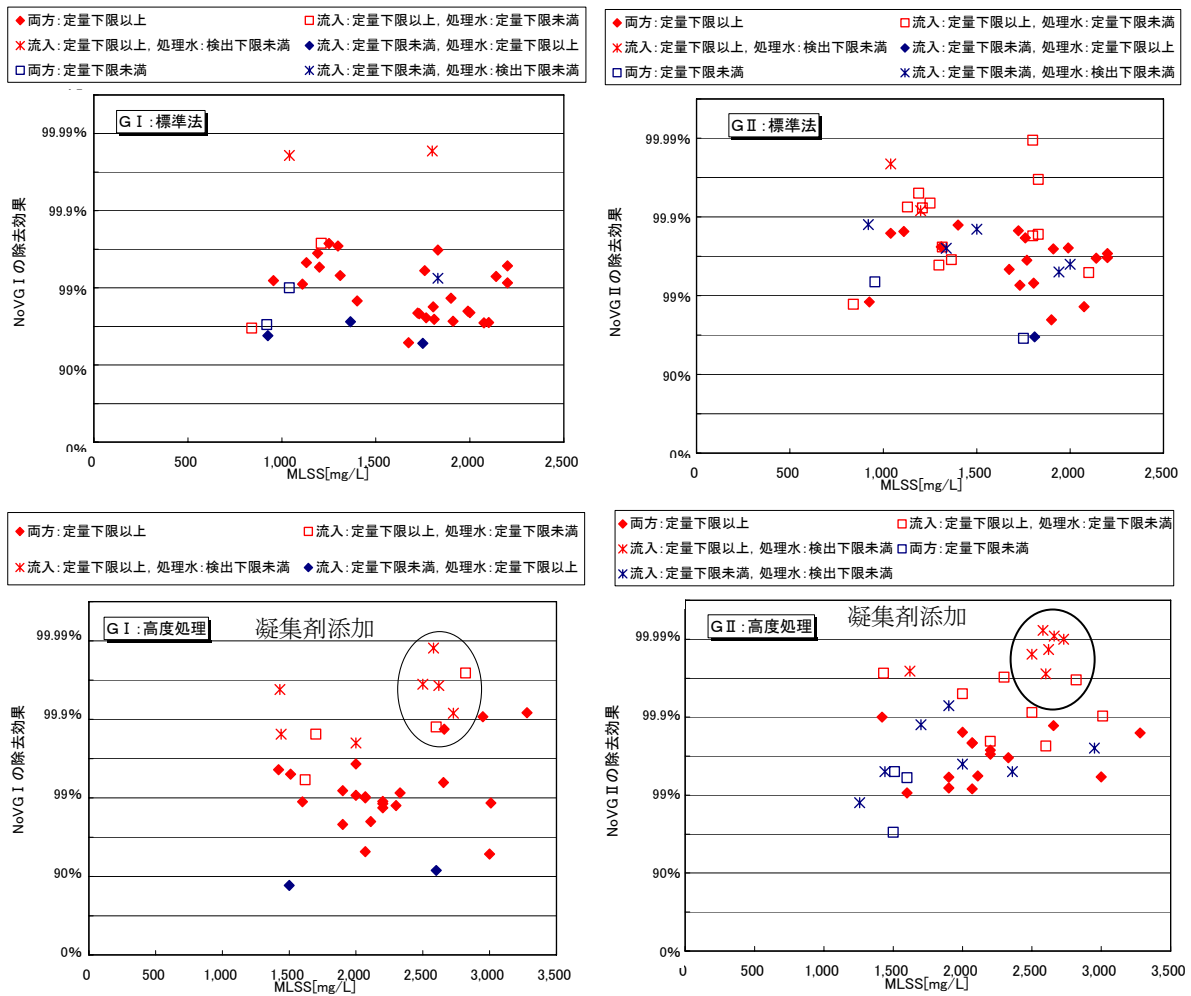


図 3.65 MLSS とノロウイルス除去効果

## 参考4： 既往文献調査による下水処理プロセスのウイルス除去効果

### 4.1 下水処理プロセスの分類

ここでは、既往文献調査により、ノロウイルスを中心とした各種の下水処理プロセスによる除去効果について、その概要を整理した。

なお、下水処理プロセスを①生物処理、②ろ過処理、③消毒に大別し、それぞれの内容は表 4.1 に示すとおりである。

表 4.1 下水処理プロセスの区分

区分	内容
・生物処理	標準活性汚泥法、オキシデーショondiッチ法、凝集剤添加活性汚泥法、生物学的窒素・リン除去法、膜分離活性汚泥法(MBR)
・ろ過処理	砂ろ過法、繊維ろ過法、凝集ろ過法、膜処理(MF、UF、RO 等)法
・消毒	塩素消毒、オゾン消毒、紫外線(UV)消毒

なお、処理場への流入状況に関する調査事例としては、次のものがある。  
文献 37)

GⅡ型（特に GⅡ/4）に関しては、感染流行の時期や、感染者（胃腸炎患者）と流入下水中の遺伝子型が一致していた。流入下水には多様な遺伝子型が存在する（多様な遺伝子型の地域流行が推察される)のに対し、臨床検体からの検出頻度が低い。この理由は不明。

文献 40)

2 年半（流行期 3 シーズン）に渡る定点観測結果。夏から初秋を除き年間を通して下水処理場流入水中に NV が検出され、高いときで  $10^4$ copies/L。感染者報告数の高い時期に NV 濃度が高くなる傾向が見られたが、報告数の少ない時期にも下水中に NV が流入し、感染者報告数の少ない GⅠも検出されることが多い。症状が軽いか不顕性感染者の可能性が示唆された。

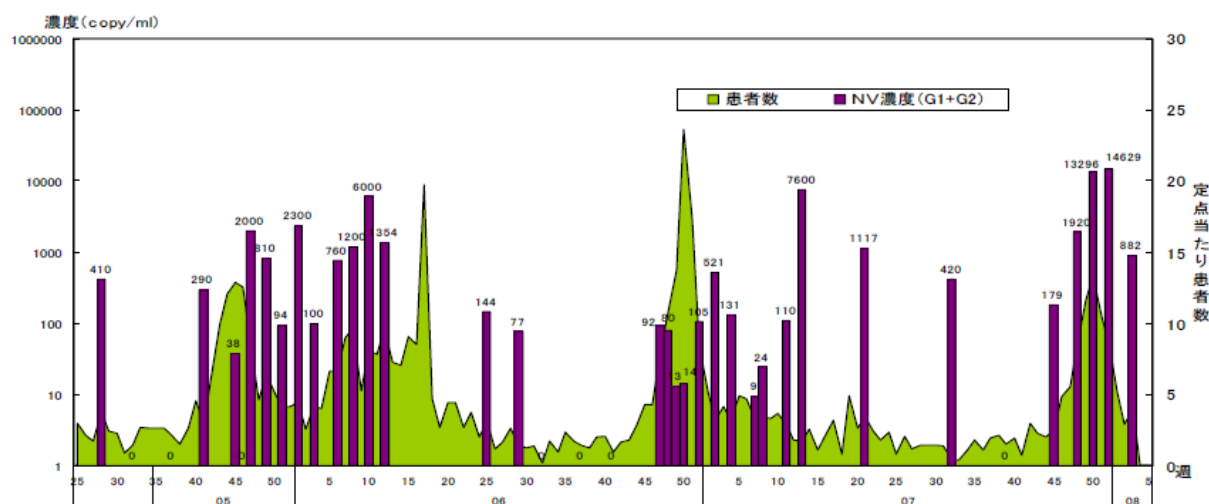


図 4.1 A 地域の感染性胃腸炎報告数と下水流入水中の NV 濃度

## 4.2 ノロウイルスの除去効果調査事例

### 4.2.1 生物処理による効果

#### ・活性汚泥法

「活性汚泥混合液中でのウイルス感染価の低減を、ポリオウイルスを用いて検討。活性汚泥によるウイルス感染価の低減は、溶液中のウイルスが感染力を持ったまま活性汚泥に移行する一時的な除去が支配的である。」また、「MLSS2,000mg/L(反応時間 300 分)で除去率 99%、MLSS4,000mg/L(同 240 分)で測定限界(10PFU/mL)以下となった。活性汚泥によるウイルス感染価の低減を行なうには、MLSS 濃度を十分に高くする必要がある。」と報告<sup>36)</sup>されている。

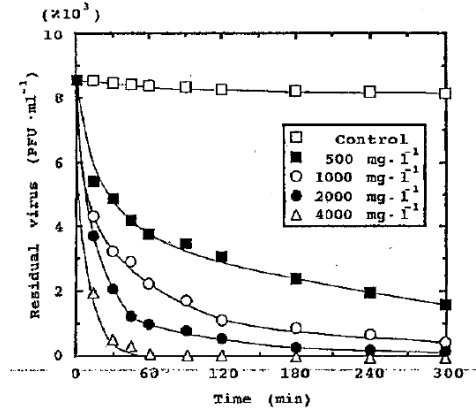


図 4.2 活性汚泥混合液中のウイルス感染価低減における MLSS 濃度の効果<sup>36)</sup>

### 4.2.2 ろ過処理による効果

砂ろ過法、繊維ろ過法、凝集ろ過法、膜処理 (MF、UF、RO 等) 法

#### 膜処理

・オキシデーショondiッチ法の二次処理水を対象とし、限外ろ過 (UF) 膜を用いて処理した場合、膜透過流速 1.2m/日でノロウイルス G I、G II とも検出されず、Q $\beta$ ファージによる除去率は、99.999%以上が得られたと報告<sup>27)</sup>されている。

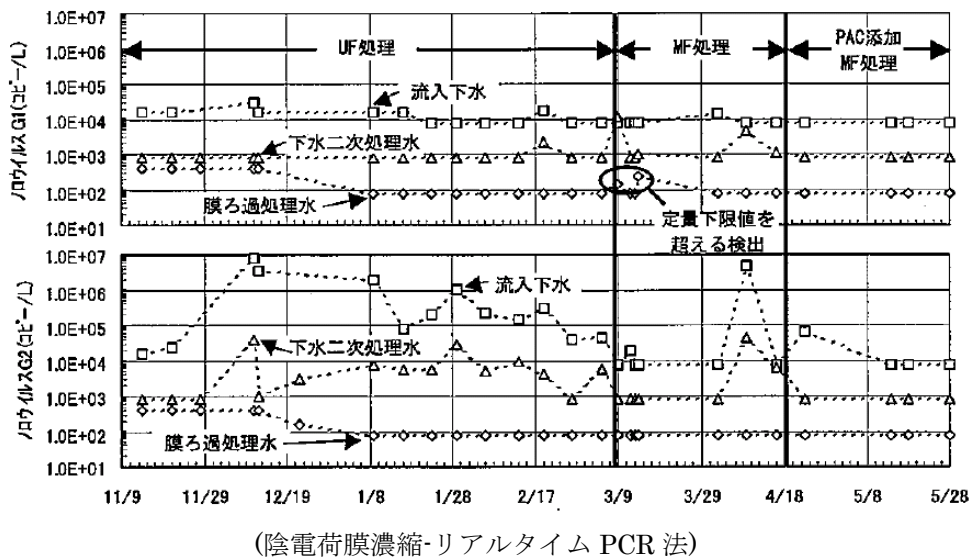


図 4.3 UF 膜等によるノロウイルス分析結果<sup>27)</sup>

- ・繊維、膜ろ過、MBR等に対する除去効果の過去文献レビュー<sup>29)</sup>によれば、ノロウイルスに関するものとして、MBRにおいて、原水（GI;10<sup>9</sup>copies/L、GII;6×10<sup>6</sup>copies/L）に対して対数除去率は、それぞれ0～5.5Log、2.2～5.2Logであったという事例を紹介している。

表 4.2 繊維、膜ろ過、MBR等に対する除去効果の過去文献レビュー<sup>29)</sup>

MBR systems	Membrane types (pore size)	Target pathogens			Removal efficiencies	References		
		Virus indicators	Viruses	Concentrations				
Bench-or pilot-scales	Hollow-fiber (0.1 μm)	F-Specific phage	-	5 × 10 <sup>-2</sup> -1.1 × 10 <sup>2</sup> PFU/ml	Lab cultured	>95%	Ahn et al., 2001	
		Somatic phage	-	4 × 10 <sup>-3</sup> -7.2 × 10 <sup>3</sup> PFU/ml	Lab cultured	>95%		
	MBR-RO (<0.1 μm)	MS-2 coliphage	-	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup> PFU/ml	Lab cultured	3.52-4.40 logs	Hu et al., 2003	
		T-4 coliphage	-	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup> PFU/ml	Lab cultured	1.7-6.4 logs		
	MBR microfilter (0.1 & 0.22 μm)	-	Poliovirus	10 <sup>4</sup> PFU/ml	Lab cultured	91-99.5%	Madaeni et al., 1995	
		-	Poliovirus	10 <sup>4</sup> PFU/ml	Lab cultured	100%		
	MBR ultrafilter (0.004 μm)	-	Coliphage	Norovirus	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> PFU/ml	Indigenous	5 logs	Oota et al., 2005
		Flat plate	-	-	-	-	-	
	type microfilter (0.4 μm)	-	-	-	-	-	-	Ottoson et al., 2006a
		MBR microfilter (0.4 μm)	Coliphage	-	-	-	0.8-3.1 logs	
	Hollow-fiber (0.4 μm)	-	-	-	-	-	-	Poyatos et al., 2007
		-	F-specific phage	-	-	-	2.4-3.8 logs	
	Hollow-fiber (0.4 μm)	-	Enterovirus	-	-	-	0.5-1.8 logs	Shang et al., 2005
		-	Norovirus	-	-	-	1.0-1.1 logs	
	Hollow-fiber (0.4 μm)	-	E. coli coliphage	-	-	Lab cultured	100%	Shang et al., 2005
		-	MS-2 coliphage	-	10 <sup>7</sup> PFU/ml	Lab cultured	0.4-2.1 logs	
	MBR-RO	-	Coliphage	-	6.2 × 10 <sup>6</sup> PFU/ml	Indigenous	3.7 logs*	Tam et al., 2007
		-	Bacteriophage	-	10 <sup>5</sup> -10 <sup>7</sup> PFU/ml	Indigenous	5.9 logs	
	MBR microfilter (0.4 μm)	-	Fecal coliphage	-	-	Indigenous	7 logs	Ueda and Horan, 2002f
		-	F-specific phage	-	1.79 × 10 <sup>3</sup> PFU/ml	Indigenous	3.3-5.7 logs	
Hollow-fiber (0.1 μm)	-	Somatic phage	-	2.9 × 10 <sup>3</sup> PFU/ml	Indigenous	3.1-5.8 logs	Zhang and Farahbakhsh, 2007	
	-	F2 coliphage	-	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup> PFU/ml	Lab cultured	0.3-5.3 logs		
MBR/gravity drain (0.1 & 0.2 μm)	-	F2 coliphage	-	10 <sup>5</sup> -10 <sup>7</sup> PFU/ml	Lab cultured	0.3-0.5 logs	Zheng and Liu, 2006	
	-	T-4 coliphage	-	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> PFU/ml	Lab cultured	6.6 logs		
MBR/gravity drain (0.1 & 0.22 μm)	-	-	-	-	Lab cultured	6.6 logs	Zheng and Liu, 2007	
	-	-	-	-	Lab cultured	6.6 logs		
Full-scale	MBR	-	Norovirus GI	10 <sup>9</sup> copies/l	Indigenous	~0-5.5 logs*	da Silva et al., 2007	
		-	Norovirus GII	6 × 10 <sup>6</sup> copies/l	Indigenous	~2.2-5.2 logs*		
-	-	-	Adenovirus	10 <sup>8</sup> -10 <sup>9</sup> viruses/l	Indigenous	4.1-5.6 logs	This study	

a Removals calculated based on published concentrations reported in previous studies.

- ・二次処理水に大腸菌ファージを添加し、UF 膜による処理（0.01 μm、ろ過流速;1.5m/日、PAC 添加）を行なった結果、除去率は平均 6.9Log であったと報告<sup>45)</sup>されている。

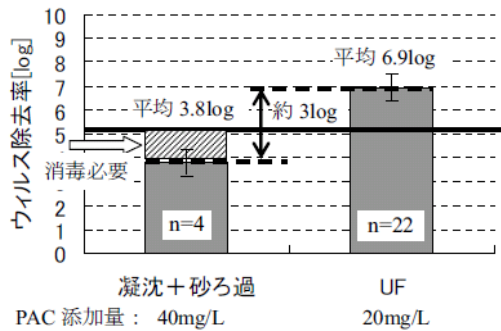


図 4.4 ウイルス除去率測定結果

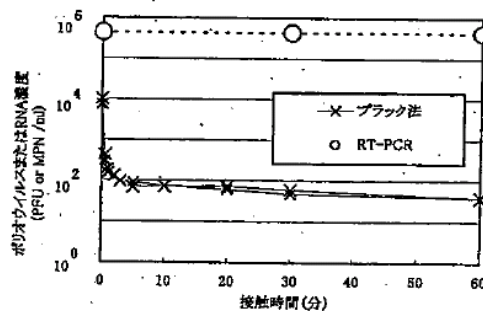
### 4.2.3 消毒による効果

モデルウイルスとして、大腸菌ファージ Q $\beta$  とポリオウイルスを使用した培地溶液により、遊離塩素 0.4mg/L の条件で、ブラック法（不活化の評価）は除去率 99.37%（2.2Log）、99.84%（2.8Log）の減少だが、RT-PCR 法（RNA 損傷の評価）では減少が認められていないと報告<sup>35)</sup>されている。

表 4.3 各消毒手法によりウイルスが受ける損傷の比較<sup>35)</sup>

		Q $\beta$			ポリオ		
		不活化	RNA の損傷	タンパク分子の損傷	不活化	RNA の損傷	
塩素消毒	遊離塩素	0.4 mg Cl $_2$ /l	○ -2.2log	×		○ -2.8log	×
		0.9 mg Cl $_2$ /l	○ -3.8log	○ -0.11log		○ -5.0log	○ -0.09log
		400 mg Cl $_2$ /l			○		
	結合塩素	0.35 mg Cl $_2$ /l <sup>*1</sup>	○ -0.06log	×		×	×
		9.6 mg Cl $_2$ /l	○ -0.07log	×			
		400 mg Cl $_2$ /l			×		
二酸化チタン光触媒消毒	紫外線のみ	○ -1.3log	×				
	紫外線+光触媒	○ -4.2log	○ -0.37log				

○：損傷が認められた。数字は消毒 1 分あたりの測定値減少を示す。  
 ×：損傷は認められない（ブラック法、RT-PCR 法測定値の減少が -0.01log 未満）。  
 なお、ウイルス不活化はブラック法で、RNA の損傷は(normal)RT-PCR 法で、タンパク分子の損傷は SDS-PAGE で検出した。  
<sup>\*1</sup> 添加遊離塩素濃度 0.4 mg Cl $_2$ /l の消毒における、接触開始 10 分後（遊離塩素が検出しないことを確認した時間）の結合塩素濃度。  
<sup>\*2</sup> ポリオウイルスとの比較のため、消毒 80 分のデータから算出した。



(遊離塩素 0.4mg-Cl/L 添加)

図 4.5 ポリオウイルス及び RNA 濃度測定結果<sup>35)</sup>

塩素消毒前の水道水に添加したノロウイルス G II、マウスノロウイルスおよびポリオウイルスの塩素消毒による生残率（ブラック法により決定）と残存率（リアルタイム RT-PCR により決定）を解析し、「マウスノロウイルスは、3mg-Cl/L・min の遊離塩素消毒により 99.99% (4Log) 以上不活化されることを明らかにした。PCR で測定したヒトノロウイルス G II とマウスノロウイルスの残存率が同程度であったことから、ノロウイルス G II についても 3mg-Cl/L・min の遊離塩素消毒により 99.99% (4Log) 以上不活化されることが期待される。」と報告<sup>48)</sup>されている。

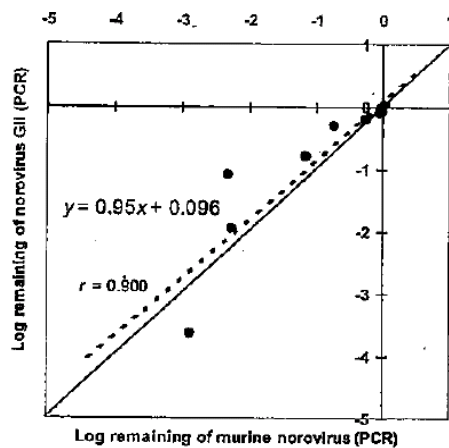


図 4.6 同一 CT 値におけるマウスノロウイルスとヒトノロウイルス G II の遺伝子の残存率の比較<sup>48)</sup>

ネコカリシウイルスで実験した結果、「有機物が殆どない状態で、水道水程度の塩素（次亜塩:初期濃度 0.7mg/L)で速やかに消毒され、また、1~2mg/L の二酸化塩素、オゾンで 15 秒以内に不活化された。」と報告<sup>12)</sup>されている。

表 4.4 次亜塩素酸ナトリウム液によるネコカリシウイルスの消毒効果<sup>12)</sup>

初期塩素 濃度*	接触時間(分)		
	0.5	2	6
(mg/L) 0.7	不検出**	不検出	不検出

\* 実験終了時に 0.4 mg/L 程度の塩素が残存。

\*\* ウイルス感染力は元の約 3 万分の 1 未満に減少。

表 4.5 二酸化塩素、オゾンによるネコカリシウイルスの消毒効果<sup>12)</sup>

消毒剤	初期濃度 (mg/L)	接触時間(分)		
		<0.25	1	5
二酸化塩素	1.09*	不検出***	不検出	不検出
オゾン	2.00**	不検出***	不検出	不検出

\* 実験終了時に 0.65 mg/L の二酸化塩素が残存。

\*\* 15 秒以内に 1.2mg/L に減少したが、実験終了時に 1.2mg/L のオゾンが残存。

\*\*\* ウイルス感染力は元の約 1 万分の 1 未満に減少。

4 処理場の調査及び実証実験より、「通常の下水处理場におけるオゾン処理でノロウイルスを不活化する場合は、2~3mg/L の注入率では困難である。また、ノロウイルスが検出されなくなるオゾン注入率は、砂ろ過水で 10mg/L（接触時間 15 分）、二次処理水では 20mg/L（30 分）であった。」と報告<sup>21)</sup>されている。

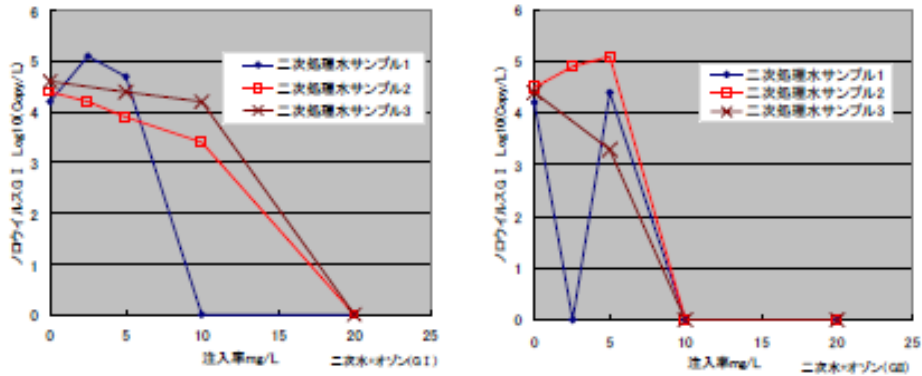
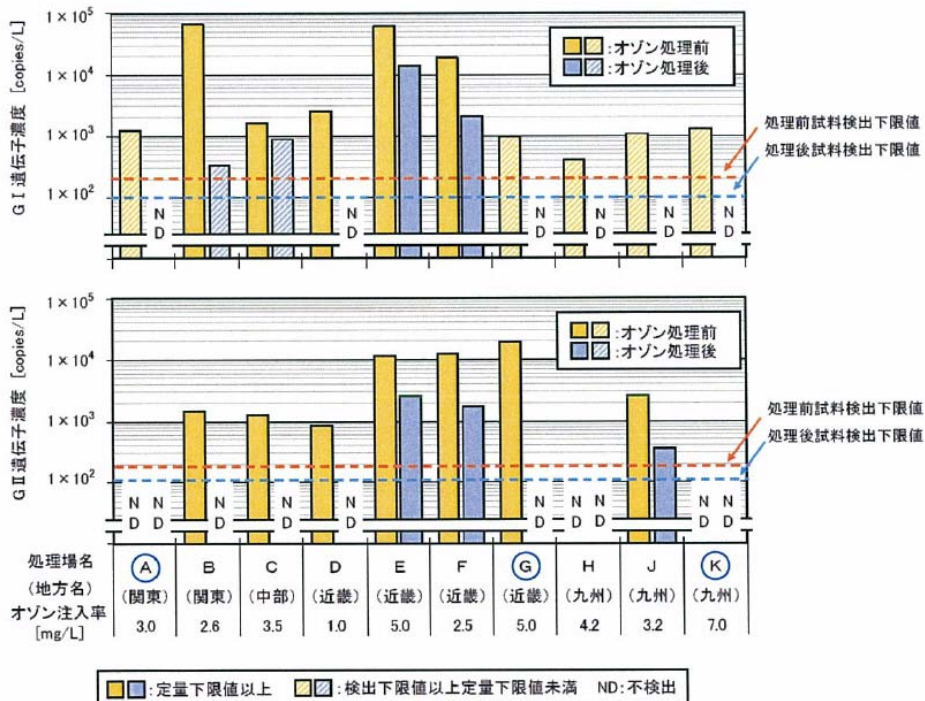


図 4.7 二次処理水にオゾンを注入<sup>21)</sup>

オゾン処理の実施設 10ヶ所において処理水、放流水、再生水を原水としたオゾン処理前後のノロウイルス遺伝子濃度の調査を行った結果、「ノロウイルス遺伝子濃度は、オゾン処理前後でおおむね 90%（1Log）程度以上のノロウイルス遺伝子の除去が認められ、オゾン注入率と除去率の関係性は見られなかった。」と報告<sup>46)</sup>されている。



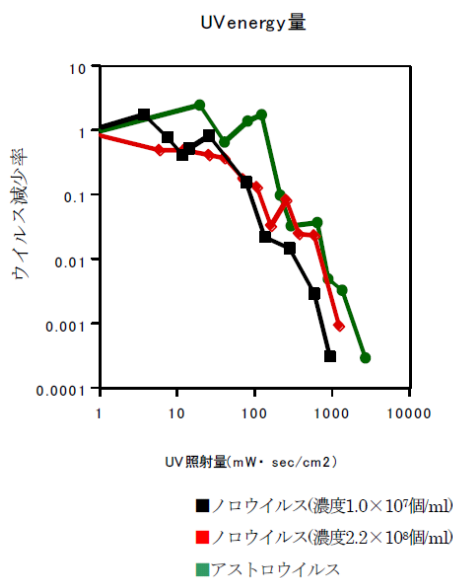
注) 処理場名の○はオゾン処理工程より前段に塩素消毒工程があることを表す。  
 図 4.8 オゾン消毒前後のノロウイルス濃度の比較<sup>46)</sup>



「二次処理水を砂ろ過後にオゾン注入率 10mg/L で消毒することでノロウイルスを概ね不検出にすることができ、注入率 15mg/L で安定的に不検出にすることができた。砂ろ過水で COD もしくは SS が 30mg/L 程度になると、15mg/L の注入率では不足する可能性がある。」と報告<sup>39)</sup>されている。

・紫外線 (UV) 消毒

OD 法処理水を原水として、「ブラック減衰法で測定した結果、66mJ/cm<sup>2</sup> の照射量の紫外線を照射すれば、アストロウイルス量を 99.9%不活化 (3Log 低下) でき、一方、リアルタイム PCR 法で測定した結果、約 1,000mJ/cm<sup>2</sup> で 99.9% (3Log 低下) の不活化が確認された。ノロウイルスとアストロウイルスの減衰カーブが一致することから、ノロウイルスは、アストロウイルスと同様な紫外線量で不活化が可能であると考えられ、70mJ/cm<sup>2</sup> の紫外線を照射すれば、99.9%不活化させることが出来ると推測される。」と報告<sup>24)</sup>されている。



(リアルタイム PCR 法)

図 4.10 紫外線照射量とウイルス減少率<sup>24)</sup>

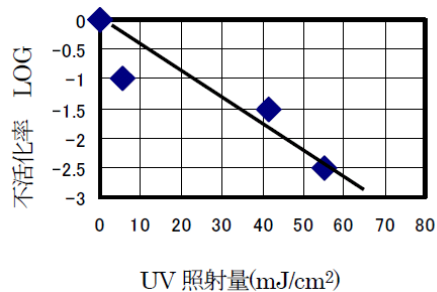


図 4.9 紫外線照射によるアストロウイルスの不活化率<sup>24)</sup>

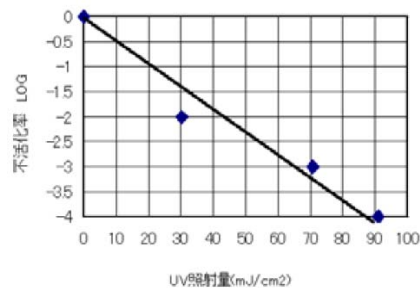
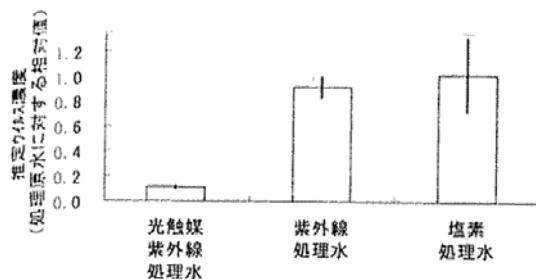


図 4.11 紫外線照射によるロタウイルスの不活化率<sup>24)</sup>

二次処理水を対象とし、「原水中の小型球形ウイルス (SRSV) 濃度を 1 とした場合、紫外線処理(15mJ/cm<sup>2</sup>)により、処理水の相対濃度は 0.91、光触媒/紫外線処理 (光触媒; 酸化チタン、UV 照射量; 15mJ/cm<sup>2</sup>) により、相対濃度 0.12 に低減された。」と報告<sup>25)</sup>されている。



(PEG 沈殿濃縮-リアルタイム PCR 法)

図 4.12 各種消毒後の SRSV 相対濃度比較<sup>25)</sup>

ロタウイルスの細胞培養試験により、0～120mJ/cm<sup>2</sup>のUV用量範囲で一次直線関係があり、その後はカーブが落ち着いて、最大で 99.998% (4.8Log) の減少が認められた。細胞培養の定量では 99.99% (4Log) の不活化に 112mJ/cm<sup>2</sup>、PCR では 96.84% (1.5Log) の減少に 300mJ/cm<sup>2</sup> 必要であり、PCR では不活化している RNA も計測している可能性があるとして報告<sup>30)</sup>されている。

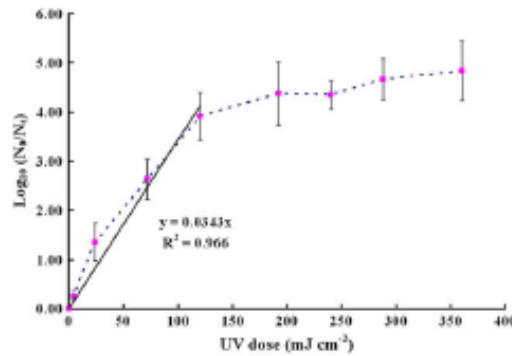


図 4.13 UV 用量反応カーブ<sup>30)</sup>

#### 4.3 代替ウイルスによる回収率に関する実験的調査事例

ここでは、ノロウイルスの定量にあたっての濃縮方法等の違いによる回収率についての報告事例を示す。

下水二次処理水に対するポリオウイルス RNA 添加 PCR 検出の回収率は 3.4±1.6%であったと報告<sup>32)</sup>されている。

水道水、下水処理水、河川水等を対象に、陰電荷膜を用いた濃縮法におけるウイルス回収率に関する検討では、ポリオウイルス回収率は下水流入水で平均 11% (n=25、0.9-90)、処理水で平均 61% (n=30、23-173) の例が報告<sup>33)</sup>されている。

## 参考5： 関連調査

実施設において、ノロウイルス分析時の前処理手法（濃縮操作）として陰電荷膜法を用いて定量した結果で統一した挙動実態調査結果を「参考3」に記載しているが、国総研および独立行政法人土木研究所（以下、土研）において、パイロットプラント等を用いた調査により得られた知見をまとめると、以下のとおりである。ここではノロウイルス分析時の前処理手法（濃縮操作）に PEG 沈殿法を用いた調査結果も含まれる。

### 5.1 下水処理プロセスによる除去効果

#### 5.1.1 各種活性汚泥法

標準活性汚泥法によるノロウイルスの除去効果は、G I で除去率 96.0～97.5%（1.4～1.6Log）、G II で除去率 96.0～97.5%（1.9～2.0Log）の範囲であった。

標準活性汚泥法との比較において、窒素、りん除去を目的とした高度処理活性汚泥法の方が除去率は高い傾向が見られ、嫌気無酸素好気法、修正 Bardenpho 法、循環式硝化脱窒法の順で高く、G II で平均除去率は概ね 99.900%（3Log）程度であった。

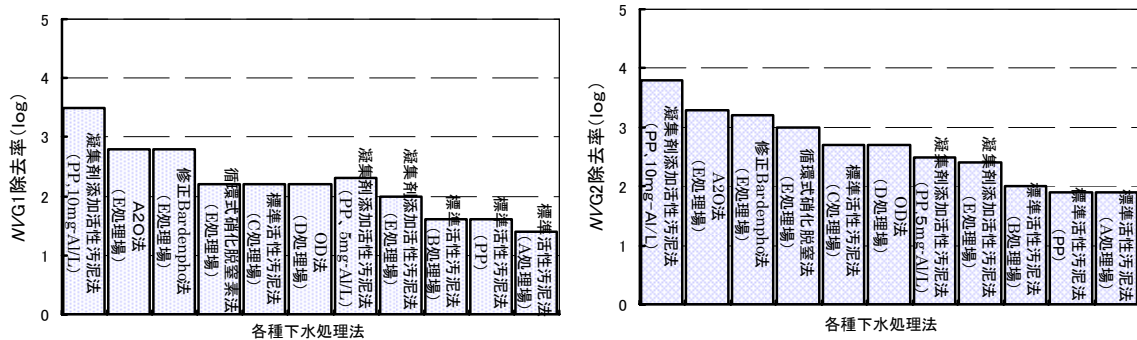


図 5.1 各種下水処理法によるノロウイルス G I・G II の対数除去率<sup>23)</sup>

また、標準活性汚泥法とオキシデーションディッチ法との比較において、標準活性汚泥法の HRT に比べ、オキシデーションディッチ法の HRT が 24 時間以上の長時間となることで、ノロウイルスの除去率は高くなる傾向があった<sup>23)</sup>。

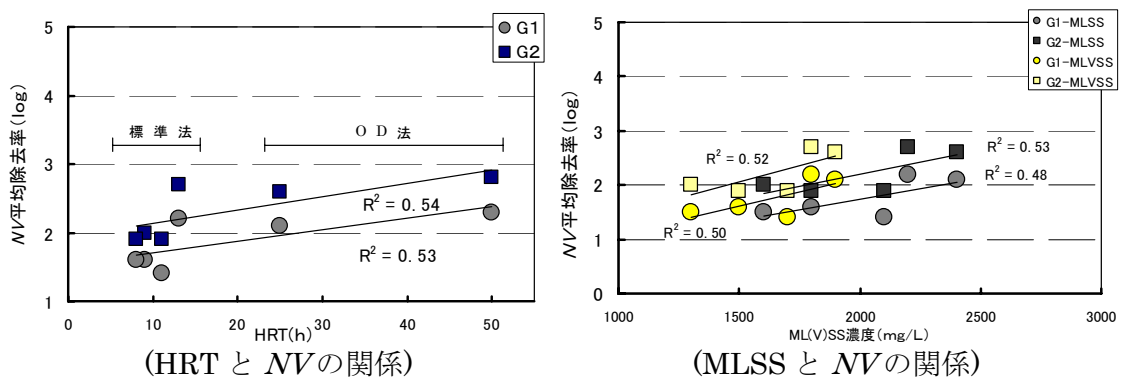


図 5.2 標準活性汚泥法と OD 法によるノロウイルスの平均対数除去率<sup>23)</sup>

### 5.1.2 凝集剤添加活性汚泥法

りん除去を目的とした、凝集剤添加活性汚泥法では、添加濃度 5mg-Al/L の場合でノロウイルス除去率は 99.00~99.68% (2.0~2.5Log) であった。添加濃度を上げた場合 (10mg-Al/L) には G で最大 99.968 (3.5Log)、G II で 99.985% (3.8Log) となるが、凝集剤 (ポリ塩化アルミニウム) 添加によるノロウイルス除去効果の向上までに時間を要する傾向が見られた<sup>23)</sup>。

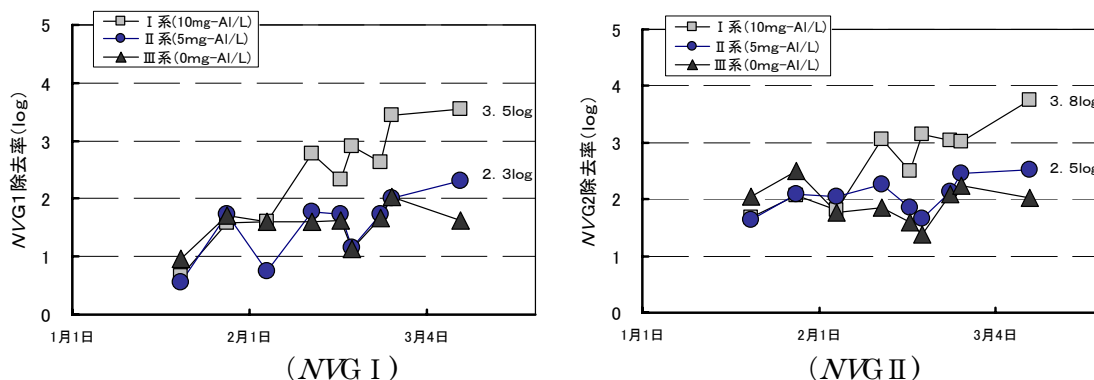


図 5.3 パイロットプラント(凝集剤添加)でのノロウイルス対数除去率の推移<sup>23)</sup>

### 5.1.3 ろ過処理、凝集ろ過法

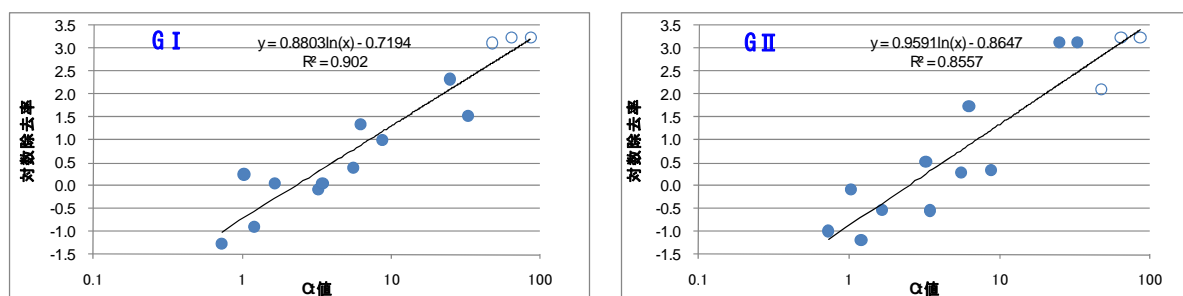
ろ過処理について、砂ろ過法によるノロウイルス除去率は、ろ過速度が 200m/日では G I が 10.8% (0.05Log)、G II が 74.8% (0.6Log) であり、ろ過速度が 300m/日では 36.9~49.8% (0.2~0.3Log) に低下した。また、砂ろ過原水への凝集剤添加濃度 3mg-Al/L の場合、ノロウイルス除去率は、G I で 96.0~99.80% (1.4~2.7Log)、G II で 98.7~99.60% (1.9~2.4Log) 以上であり、砂ろ過のみの場合に比べ G II で 98.4% (1.8Log) 程度向上した<sup>23)</sup>。

### 5.1.4 消毒

実験プラントの生物処理水(標準活性汚泥法)を原水として、塩素注入率 1~10mg-Cl/L、接触時間 0~60min のテーブルテストの結果、遊離残留塩素濃度 (mg-遊離 Cl/L) と接触時間 (min) の積で求められる塩素消毒強度とノロウイルスゲノムの対数除去率の関係は図のとおりである。遊離残留塩素濃度は、各測定間で直線的に変化すると仮定し、塩素消毒強度を算出した。これらのデータの近似直線から CT 値が高い場合にはノロウイルス消毒効果が高い傾向が見られる<sup>47)</sup>。

表 5.1 実験を行った塩素注入率と接触時間及び遊離残留塩素濃度から算出した CT 値  
(mg-遊離 Cl/L・min)

塩素注入率 (mg/L)	接触時間 (min)						
	0	1.5	5	10	15	30	60
0.96	0	-	0.73	1.20	1.65	3.45	-
2.86	0	-	1.03	-	3.23	5.55	8.70
3.74	0	-	-	-	24.75	-	-
5.61	0	-	-	-	63.75	-	-
7.48	0	-	32.63	-	85.63	-	-
10.08	0	6.23	-	-	47.40	-	-



(○は塩素消毒後が不検出のため、検出下限値のデータを用いた、近似直線は、全てのプロットから作成した。)

図 5.4 塩素消毒によるノロウイルス(G I、G II)ゲノムの除去率

## 5.2 ノロウイルス濃度及び除去効果の日間変動

挙動調査は、主に流入下水量がピークとなる時刻を標準に採水を行っているが、実際の処理場においてはノロウイルス濃度及び除去効果にも日間変動があることが予想される。調査の結果<sup>23)</sup>、日間変動は存在し、最大濃度と最小濃度の幅は1桁程度あり、ノロウイルス濃度の平均値は最大検出濃度に対して約50%であった。除去率の変動幅も1Log程度、大きいところでは2Logに及ぶ場合もあった<sup>23)</sup>。

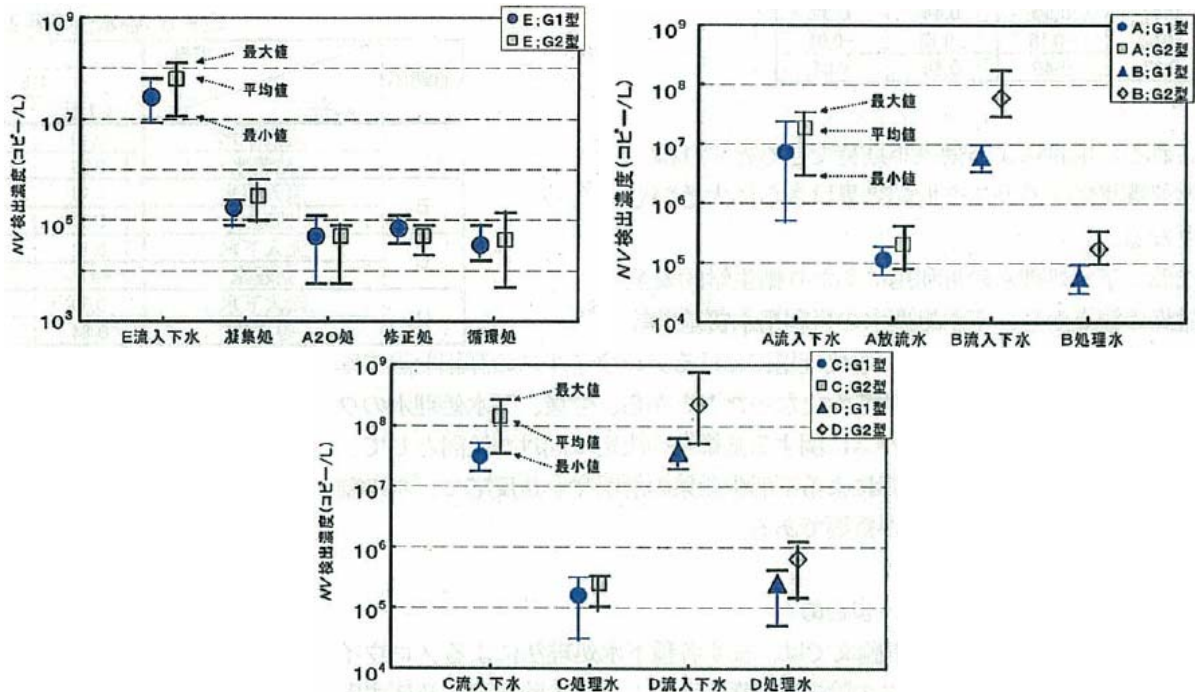


図 5.5 ノロウイルス濃度の日間変動<sup>23)</sup>

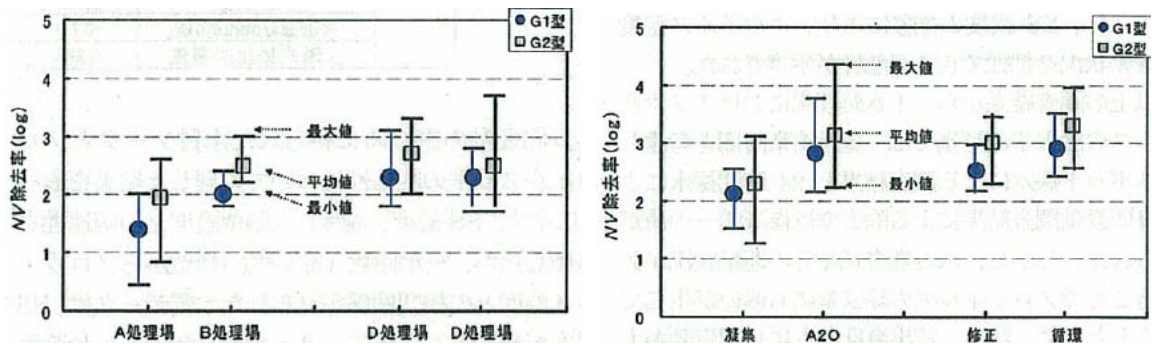


図 5.6 ノロウイルス対数除去率の日間変動<sup>23)</sup>

上記の処理場記号[B]は挙動調査『O』、[C]は挙動調査『P』、[D]は挙動調査『Q』を示し、[A]及び[E]は挙動調査対象外の処理場である。

### 5.3 ノロウイルス濃度及び患者数の季節変動

図 5.7 及び図 5.8 は、国総研によるパイロットプラント及び土研による下水処理施設におけるノロウイルスの季節変動の調査結果を示したものであり、他都市の挙動実態調査結果と同様に、ノロウイルス濃度と患者数は、立ち上がりからピークまでは連動しているが、患者数が低下した後もノロウイルス濃度は比較的高い濃度で推移した。

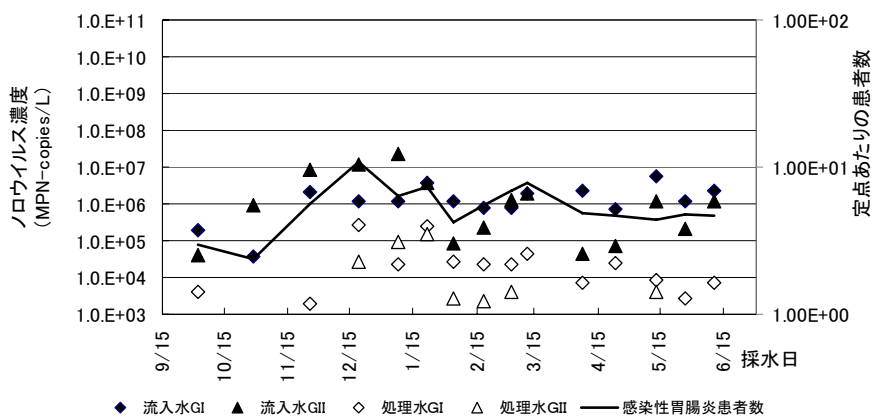


図 5.7 下水処理施設におけるノロウイルスの季節変動 (GI、GII 別) の事例(1)  
(2008/2009 国総研調査による)

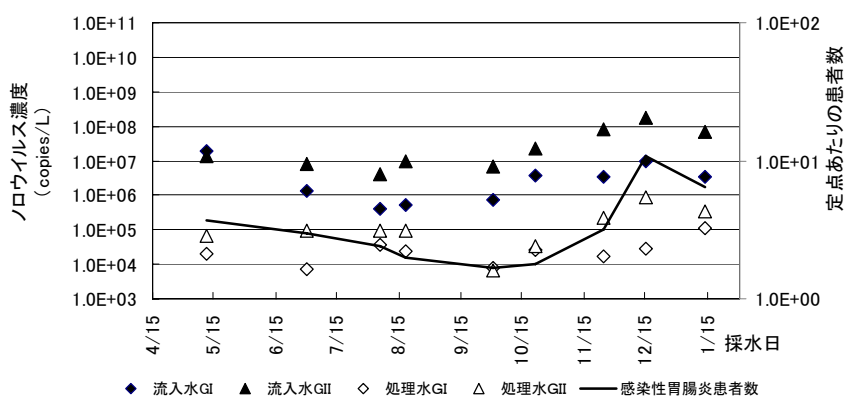


図 5.8 下水処理施設におけるノロウイルスの季節変動 (GI、GII 別) の事例(2)  
(2009/2010 土研調査による)

## 参考6： ノロウイルスの用量反応

ノロウイルスの用量反応について、内閣府食品安全委員会（微生物・ウイルス合同専門調査会）における報告書<sup>9)</sup>で知見が紹介されている。ヒトを対象とした摂取試験結果を用いた用量反応に関する推定を行った報告<sup>43)</sup>について概要が示されており、以下にその内容を示す。

ヒトを対象とした摂取試験結果を用い、用量反応に関する推定を行った報告は、8fIIa 株（1971年にノーウォークで分離されたノロウイルス株）由来ウイルスを用いた投与実験と感染・発症に関する用量反応推定の研究が、現在唯一示されているものである<sup>(20)</sup>。当該摂取試験結果をまとめたものが表10であり、その結果から推定した用量反応が図3及び図4である。当該報告では、ノロウイルス粒子1個による平均感染確率は約0.5であり、発症確率は用量依存的関係があり、0.1（ $10^3$ コピー）～0.7（ $10^8$ コピー）と推定している。なお、当該摂取試験では、宿主感受性の差及び摂取液中でのウイルスの凝集についても検討されている。

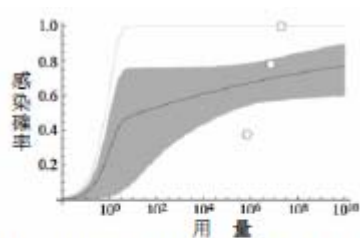


図3 分散状態（8fIIb）のウイルス液による感染に関する用量反応関係  
※最尤度曲線及び95%予測区間。確実に感染するウイルス（ $p_m=1$ ）の割合の観察値（○）と用量反応関係（灰色の直線）も示す。

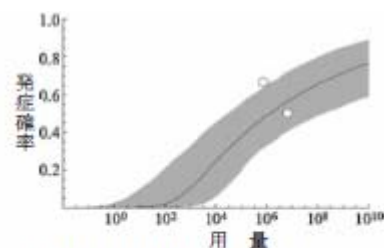


図4 分散状態（8fIIb）のウイルス液による感染後の発症の用量反応関係  
※発症確率についての最尤値の曲線および95%（予測）区間を示す  
※図3、4とも Teunis P. F. M. 他 2008 (20) より引用

表10 ノロウイルスの摂取試験結果

用量 (コピー数)	非分泌型			分泌型		
	被験者数	感染者数	発症者数	被験者数	感染者数	発症者数
(単位：人数)						
<b>8fIIa</b>						
$3.24 \times 10^1$	2	0	0	8	0	0
$3.24 \times 10^2$	2	0	0	9	0	0
$3.24 \times 10^3$	6	0	0	9	3	1
$3.24 \times 10^4$	1	0	0	3	2	1
$3.24 \times 10^5$	2	0	0	8	7	6
$3.24 \times 10^6$	3	0	0	7	3	1
$3.24 \times 10^7$	2	0	0	3	2	2
$3.24 \times 10^8$	4	0	0	6	5	4
小計	22	0	0	53	22	15
<b>8fIIb</b>						
$6.92 \times 10^5$	2	0	0	8	3	2
$6.92 \times 10^6$	4	0	0	18	14	7
$2.08 \times 10^7$	0	0	0	1	1	NA
小計	6	0	0	27	18	9(?)

※ 8fIIa：ノロウイルス（8fIIa 株）のウイルス浮遊液を様々な用量で摂取したときのヒト被験者の反応。カテゴリーは分泌型（血液型抗原が腸管上皮細胞に発現する個体）と非分泌型（血液型抗原が腸管上皮細胞に発現しない個体）で分ける。

8fIIb：ノロウイルス（8fIIa 株）を摂取した感染被験者から採取した便を用い調製されたウイルス浮遊液を様々な用量で摂取したときのヒト被験者の反応。

NA：該当なし。

Teunis P.F.M.他 2008'(20) より引用

20 Teunis P. F. M. , Moe C. L. , Liu P. , Miller S. E. , Lindesmith L. , Baric R.S. , Le Pendu J. , et. al. . Norwalk Virus: How Infectious is It?. Journal of Medical Virology 2008, vol. 80, p. 1468–1476.



当該実験における用量反応関係として、以下のように読み取ることが出来る。

$$P(D) = 1 - \left(1 + \frac{D}{\beta}\right)^{-\alpha}$$

ここで、  
P(D) : 感染確率  
D : 用量 (摂取する NV 粒子数 = 濃度 × 体積)  
 $\alpha$  : 0.631  
 $\beta$  :  $6.50 \times 10^5$

(ただし、ABH 抗原の分泌者を対象とし、NV 粒子の凝集は考慮しない場合)

この用量反応関係を用いて、仮に毎日同じノロウイルス濃度の水 1mL を 1 年間摂取しつづけたとして年間感染リスクを算出すると図 6.1 のようになる。この関係から、年間感染リスク 1/10,000 (1 年間に 1 万人に 1 人が感染) に相当するノロウイルス濃度は、 $2.8 \times 10^{-1}$ copies/mL、1/1,000 だとノロウイルス濃度は 2.8copies/mL となる。

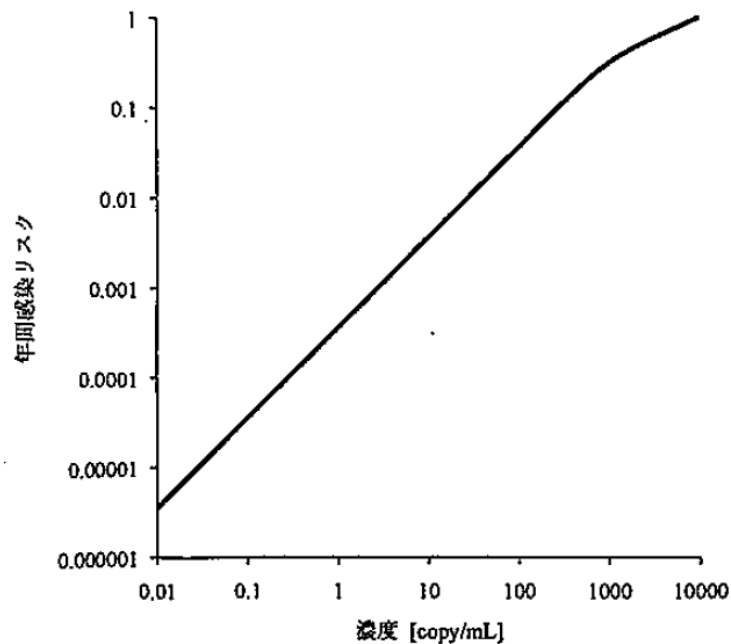


図 6.1 ノロウイルスの年間感染リスク

(検討：大村達夫、東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授)

## 参考7： リスクアセスメント手法による処理目標水質の検討例

ノロウイルスについては、人の腸管細胞以外で増殖しないことから、その感染リスクに関する研究が遅れているのが現状である。

しかし、毎年のように全国各地から集団感染に関して報告されている状況を踏まえると、感染者の糞便や吐しゃ物等を介して、多くのウイルスが流入してくる下水道施設から出る放流水や再利用水による感染リスクについて整理を行い、感染リスク低減の観点から対策実施の可否を検討するための処理目標水質を設定することが望まれる。

一方で、処理目標水質の設定については、現時点においてノロウイルスに関する環境基準は定められておらず、排水基準についても同様に定められていない。またノロウイルスの感染性の評価及び不活化の判定ができないことや、検出手法に課題があること、さらにノロウイルスの水系における消長や二枚貝による蓄積性に関する知見が極めて少なく、したがって、ノロウイルス濃度に関する基準的なものがなく、現時点で下水道部局が独自に下水処理水の目標を設定することは困難な状況にある。

これより、処理目標水質の設定は将来に向けての課題と考えられるが、リスクアセスメント手法を用いた処理目標水質を検討する際の一例として、これまでの知見を基に下水再生処理水を水洗用水に利用する場合の年間感染リスクと再生水濃度の検討事例を示す。

検討事例では、ノロウイルスの用量反応関係は参考6に示した係数を用い、摂取シナリオは「下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会最終報告書」に示されたシナリオを用いた。なお、摂取シナリオは、処理水の利用先の実態に応じた摂取頻度と摂取量を設定する必要がある。

### ➤ 用量反応関係

ノロウイルスについては、人の腸管細胞以外での増殖が見られないことから、用量反応関係についての知見は少なく、ここでは、ノロウイルスのプロトタイプであるノーウォークウイルスを用いたボランティア実験に基づく用量・反応関係に関する報告<sup>43)</sup>をもとに、感染リスクに関する整理を行う。

ABH 抗原の分泌者を対象としたノロウイルス粒子の凝集は考慮しない場合の用量・反応関係を以下に示す。

$$P(D)=1-\left[1+\frac{D}{\beta}\right]^{-\alpha}$$

P(D)：一回摂取したときの感染リスク、D：用量（ウイルス濃度×1回の摂取水量）  
α、β：定数（α=0.631、β=6.5×10<sup>5</sup>）

### ➤ 摂取シナリオ

下水処理水を再利用する際のリスク評価に用いられる表 7.1<sup>15)</sup>に示す再利用形態ごとの再生水への接触頻度と摂取量の関係を用いて設定することとした。

表 7.1 再利用形態ごとの再生水への接触頻度及び摂取量

再利用形態	被暴露者	暴露形態	接触頻度	摂取量
親水用水	公園利用者	水遊び	100 日／年	10ml／日
修景用水	公園利用者	魚釣り	2 日／週	1ml／日
水洗用水	勤労者	飛沫による接触	5 日／週	0.1ml／日
散水用水	公園利用者	芝生等での接触	60 日／年	1ml／日

表の再利用形態が水洗用水の場合を用い、再生水の年間摂取頻度は以下となる。

$$5 \text{ 日/週} \times 365 \text{ 日/7 日} = 260 \text{ 日}$$

➤ 年間感染リスクと摂取水中のウイルス濃度

ノロウイルスの場合、流行期が冬季に限られていることから、季節により下水処理場への流入量（濃度）に変動があり、処理水においても同様に変動が生じている可能性があるが、ここでは変動は生じないと仮定し、試算することとする。

ここまでで整理した用量反応関係及び摂取シナリオに基づき年間感染リスクとノロウイルスの摂取水中の濃度の関係を試算した結果を表 7.2 に示す。

表 7.2 摂取シナリオでの年間感染リスクと摂取水中のウイルス濃度

年間感染リスク	水洗用水 (copies/L)
1/100	$4.0 \times 10^5$
1/1,000	$4.0 \times 10^4$
1/10,000	$4.0 \times 10^3$

簡易算定式

$$P_n = 1 - \left[ 1 + \frac{c \times v}{\beta} \right]^{-\alpha n}$$

$n$  : 年間摂取日数、 $P_n$  : 年間感染リスク、

$c$  : ウイルス濃度、 $v$  : 1 日当たりの摂取量

$\alpha$ 、 $\beta$  : 定数 ( $\alpha=0.631$ 、 $\beta=6.5 \times 10^5$ )

上記の結果から、前処理手法として陰電荷膜法、定量にリアルタイム RT-PCR 法を用いて得られた濃度の回収率を 10%と仮定すると、例えば、年間感染リスクを 1/10,000 とする場合、再利用水の濃度は  $4.0 \times 10^2$  (copies/L) と計算することができる。ここで、ノロウイルス濃度と感染性のあるウイルス粒子の濃度とは、必ずしも一致しないため、年間感染リスクはさらに低くなると推定される。

なお、試算例に用いた回収率は、下水試料を対象に、ポリオウイルスを用いた陰電荷膜法における回収率を測定した文献報告値<sup>33)</sup>を参考に、逆転写効率による低下も想定した仮定値 (10%) としている。

## 参考8：用語解説

cDNA：相補的 DNA (complementary DNA)

mRNA から逆転写酵素を用いた逆転写反応によって合成された DNA。

DNA：デオキシリボ核酸 (Deoxyribonucleic acid)

高分子生体物質で、地球上のほぼ全ての生物において、遺伝情報を担う物質。

DNA ポリメラーゼ：DNA polymerase

1 本鎖の核酸を鋳型として、それに相補的な塩基配列を持つ DNA 鎖を合成する酵素の総称。一部のウイルスを除くすべての生物に幅広く存在する。

Enteroviruses：エンテロウイルス

ピコルナウイルス科のエンベロープのない一本鎖 RNA ウイルス。

Enzymatic Virus Elution 法：EVE 法

遠心沈渣からの効率的なウイルス誘出技術。

G I、G II：Genogroup I、Genogroup II

ノロウイルスの遺伝子群の分類。

LAMP 法：Loop Mediated Isothermal Amplification。

標的遺伝子の 6 領域に対して 4 種類のプライマーを設定し、鎖置換反応を利用して逆転写反応と DNA 増幅反応を行う。

mRNA：messenger(メッセンジャー)RNA

蛋白質に翻訳され得る塩基配列情報と構造を持った RNA。

NASBA 法

RNA を直接増幅する NASBA (Nucleic Acid Sequence Based Amplification) と核酸クロマトグラフィーを組み合わせたもの。

ORF1、ORF2

ノロウイルスは ORF1-3 の三つのオープンリーディングフレームをもつ。RT-PCR による遺伝子増幅には、ノロウイルスゲノムの中で最も高度に保存されている領域 ORF1 と ORF2 の境界付近の超高感度定量検出用 (リアルタイム PCR) プライマーセットと、ORF2 にコードされる構造蛋白質領域の PCR 用プライマーが使用されている。

PCR 法：ポリメラーゼ連鎖反応法 (polymerase chain reaction)

DNA を増幅する検出手法。培養ができないノロウイルスなどを対象とする場合に利用可能な測定方法。

PEG 沈殿法

ポリエチレングリコール (PEG) 溶液を用いて、遠心分離により沈殿させる濃縮方法。

poliovirus：ポリオウイルス

エンテロウイルスの一種。

RNA：リボ核酸 (ribonucleic acid)

リボヌクレオチドがホスホジエステル結合でつながった核酸。RNA ポリメラーゼにより DNA を鋳型にして転写 (合成) される。

## RNA ウイルス

ゲノム RNA から DNA を介さずに遺伝情報が発現するタイプのウイルスと、ゲノム RNA をいったん逆転写酵素によって DNA としてコピーしその DNA から遺伝情報を読み出すタイプのものがある。

## RNA ポリメラーゼ : RNA polymerase

ヌクレオチドを重合させ、RNA を合成する酵素。

## RT-PCR 法 : RT-qPCR 法、reverse transcription-PCR 法

逆転写酵素により RNA から cDNA を合成した後 PCR を行う方法

## Taq polymerase : PCR 用 DNA ポリメラーゼ

Taq DNA polymerase をベースに混合された酵素。

## TaqMan プローブ

増幅された遺伝子量に比例した蛍光強度変化を示す蛍光標識プローブ。

## エンベロープ

ウイルス粒子の外側にある膜状の構造をしたもの。ウイルスの感染に重要な役割を持つ。

## カリシウイルス科 : Family Caliciviridae

カリシウイルス科に属するウイルスは直径 30~38nm の正二十面体構造のビリオンを形成し、プラス鎖の一本鎖 RNA をゲノムに持つ。

## ゲノム : gene (遺伝子 (ジーン) の) + -ome (総体 (オーム)) = genome

ある生物のもつ全ての遺伝情報。

## サーマルサイクラー

サンプルを PCR 反応に最適な条件で加熱/冷却を行う装置。一般に PCR や、制限酵素処理などの各種酵素処理。

## サポウイルス

ノロウイルスと同じカリシウイルス科のウイルス。

## ヌクレオチド : nucleotide

DNA や RNA を構成する単位。

## ネコカリシウイルス : feline calicivirus

ネコの感染症「ネコカリシウイルス感染症」の病原体となるカリシウイルス科のウイルス。

## ハイブリダイゼーション法

核酸を抽出せずに、染色体・細胞・組織などを形態を保持したままで相補的プローブを用いて核酸ハイブリダイゼーションを行なうもので、標的遺伝子の有無などを判定する方法。

## ビリオン : virion

ウイルス粒子をいう。

## プラークアッセイ

ウイルスの純化方法。多くの時間を必要とする。

## プライマー : Primer

DNA ポリメラーゼが DNA を合成する際に 3'OH を供給する役割をもつ短い核酸の断片。DNA ポリメラーゼはプライマーなしに DNA を伸長することはできない。生体内での DNA 複製では主に DNA プライマーゼによって合成される RNA 断片が用いられる。

プローブ：検知針

遺伝子や核酸の検出に、DNA や RNA の相補的な相互作用を利用して標識となる核酸などをいう。核酸プローブ。

リアルタイム RT-PCR

PCR の増幅量をリアルタイムでモニターし解析する方法。定量は蛍光色素を用いて行い、電気泳動が不要で迅速性と定量性に優れている。

回収率

試料中に含まれるノロウイルス量（真値）に対する検出されるノロウイルス量の割合を言う。検出量を真値に近づけるため、試料中の検査妨害物質を種々の方法により除去する前処理操作が行われる。

感染性胃腸炎

感染性胃腸炎という診断名は様々な原因による症候群であり、ウイルスや細菌によるもののほか、寄生虫によるものもある。冬季に発生する感染性胃腸炎のほとんどがウイルスによる胃腸炎。

逆転写酵素：reverse transcriptase

逆転写反応（reverse transcription）を触媒する酵素。一本鎖 RNA を鋳型として DNA を合成（逆転写）するもの。

小型球形ウイルス：SRSV

ノロウイルスの旧名、Small Round Structured Virus の略。

最確数法：MPN method

液体培地を用い、5 本もしくは 3 本の培養試験管にそれぞれ段階希釈試料を接種し、増殖してくる試験管の本数から確率的に菌数を推定するもの。

腸管系ウイルス

腸管系ウイルスは人の腸管あるいは肝臓で増殖し、糞便から大量に排泄される。ノロウイルス、サポウイルス、アストロウイルス、エンテロウイルス、ロタウイルス、A 型肝炎ウイルス、E 型肝炎ウイルス、アデノウイルスなど。

用量反応モデル：Dose-response model

微生物に関する数学的な用量反応モデル。特定の病原体が特定の集団に引き起こす影響（感染、発症、後遺症、死亡等）の確率を、病原体の曝露量（用量＝摂取量）の関数として表わすもの。

## 参考資料編参考文献

- 1) ノロウイルスに関する Q&A, 厚生労働省 (作成: 平成 16 年 2 月 4 日, 最終改定: 平成 19 年 12 月 20 日)  
<http://www-bm.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/kanren/yobou/040204-1.html>
- 2) ノロウイルス食中毒対策について (提言), 厚生労働省, 平成 19 年 10 月 12 日, 薬事・食品衛生審議会・食品衛生分科会食中毒部会  
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/10/s1012-5.html>
- 3) ノロウイルスの検出法について, 厚生労働省, 食安監発第 1105001 号(H15.11.5), 最終改正: (H19.5.14)食安監発第 0514004 号  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/kanren/kanshi/031105-1.html>
- 4) 国立感染症研究所 感染症情報センター <http://idsc.nih.go.jp/index-j.html>  
【感染性胃腸炎】  
[http://idsc.nih.go.jp/idwr/kansen/k03/k03\\_11.html](http://idsc.nih.go.jp/idwr/kansen/k03/k03_11.html)  
【ノロウイルス感染症】  
[http://idsc.nih.go.jp/idwr/kansen/k04/k04\\_11/k04\\_11.html](http://idsc.nih.go.jp/idwr/kansen/k04/k04_11/k04_11.html)  
【ノロウイルスの感染経路】  
<http://idsc.nih.go.jp/disease/norovirus/0702keiro.html>  
【ノロウイルス感染症とその対策・予防】  
<http://idsc.nih.go.jp/disease/norovirus/index.html>
- 5) 食中毒統計, 厚生労働省  
(医師の届出により保健所が検査, 厚生労働省にウイルス性食中毒として報告され集計)  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/index.html>
- 6) 感染症発生动向調査(IDWR)(週報), 国立感染症研究所  
(感染症法の類感染症定点把握疾患が, 全国約 3,000 カ所の小児科定点医療機関から報告)  
<http://idsc.nih.go.jp/idwr/index.html>
- 7) 病原微生物検出情報(IASR)(月報), 国立感染症研究所  
(地方衛生研究所で検査され, ノロウイルスであることが確認されたものが集計)  
<http://idsc.nih.go.jp/iasr/index-j.html>
- 8) 東京都感染症情報センター: 感染性胃腸炎 (ノロウイルスを中心に)  
<http://idsc.tokyo-eiken.go.jp/top.html>
- 9) 食品健康影響評価のためのリスクプロファイル, 内閣府食品安全委員会, 微生物・ウイルス合同専門調査会  
[http://www.fsc.go.jp/senmon/biseibutu\\_virus/index.html](http://www.fsc.go.jp/senmon/biseibutu_virus/index.html)  
～ カキを主とする二枚貝中のノロウイルス ～ 2006.10 作成  
～ 食品中のノロウイルス ～ 2009.11(案) (第 8 回調査会資料)
- 10) ノロウイルスによる食中毒・感染症 ―我が国における発生状況とその対策について―,  
文部科学省, 科学技術政策研究所, 科学技術動向月報 No.88, 2008 年 7 月号  
<http://www.nistep.go.jp/achiev/results02.html>

- 11)JFRL ニュース No.45, ノロウイルス, (財)日本食品分析センター  
<http://www.jfrl.or.jp/modules/news/>
- 12)ノロウイルス対策緊急タスクフォース, 東京都健康安全研究センター  
[http://idsc.tokyo-eiken.go.jp/diseases/gastro/noro\\_task/index.html](http://idsc.tokyo-eiken.go.jp/diseases/gastro/noro_task/index.html)  
【中間報告, 2007年(平成19年)】  
【中間報告第2報, 2008年(平成20年)】  
【中間報告第3報, 2009年(平成21年)】
- 13)NWQMS: Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks  
(Phase1):Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, (Nov, 2006)  
(Phase 2): Augmentation of Drinking Water Supplies Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, (March, 2009)  
(Phase 2): Stormwater Harvesting and Reuse Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, (July, 2009)  
(Phase 2): Managed Aquifer Recharge Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, (July, 2009)
- 14)Risk Profile of Norovirus in Bivalve Molluscan Shellfish, 第38回CCFH議題10, pp54-62  
[http://www.nihs.go.jp/hse/food-info/microbial/noro/Noro\\_riskprofile.pdf](http://www.nihs.go.jp/hse/food-info/microbial/noro/Noro_riskprofile.pdf)
- 15)下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会 最終報告, (社)日本下水道協会 H12.3(2000.3)  
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/info/kuriputo/cover000704.html>
- 16)ウイルスの安全性から見た下水処理水の再生処理法検討マニュアル, 高度処理会議, H12.7(2000.7)
- 17)下水処理水の再利用水質基準等マニュアル, 国土交通省 都市・地域整備局下水道部, 国土交通省国土技術政策総合研究所, H17.4(2005/4)  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040422\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040422_.html)
- 18)処理水、再生水の衛生学的水質検討プロジェクト活動報告書, 国土技術政策総合研究所資料, 第460号, (2008/4)  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0460.htm>
- 19)感染後のノロウイルス排出期間および排出コピー数, 国立感染症研究所, 感染症情報センター, 月報(IASR), IASR Vol.28 No.10 (No.332) October 2007  
<http://idsc.nih.go.jp/iasr/28/332/dj3327.html>
- 20) 南山瑞彦, 田嶋淳, 桜井健介, 下水処理の安全性に関わる技術基準に関する調査, 平成16年度下水道関係調査研究年次報告書集, pp39-44, (2005)
- 21)平成18年度 安全性確保のための下水処理技術に関する調査報告書, 国土交通省 都市・



地域整備局 下水道部, H19.3(2007/3)

- 22) 武村清和, 大西真人, 能登一彦, 村上孝雄, 太田秀司, 再利用を目的とした膜分離活性汚泥法処理水の水質調査, 下水道研究発表会講演集, Vol.40th(H15), pp685-687 (2003/06)
- 23) 諏訪守, 岡本誠一郎, 桜井健介, ノロウイルスの除去率に及ぼす下水処理法の影響因子, (下水道協会論文集投稿中)
- 24) 伊藤敏朗, 久保田弘道, 漁業集落排水処理施設におけるノロウイルス対策について, 調査研究成果発表会 論文集—豊かな沿岸域環境創造をめざして—, 財団法人漁港魚場漁村技術研究所, H15.12, pp71-74, [http://www.jific.or.jp/search/pdf\\_002/002\\_17.pdf](http://www.jific.or.jp/search/pdf_002/002_17.pdf)
- 25) 加藤敏朗, 三木理, 柴田俊幸, 小型球形ウイルス(SRSV)対策技術としての光触媒/紫外線消毒法, 下水道協会誌, Vol.41, No.504, pp123-130 (2004/10)
- 26) 諏訪守, 岡本誠一郎, 尾崎正明, 陶山明子, 下水処理のノロウイルス除去効果とその検出濃度に及ぼす濃縮法の影響, 下水道協会誌 Vol.46, No.561, pp91-101, (2009/7)
- 27) 小林琢也, 佐藤純一, 恩田建介, 小林厚史, UF 処理を用いた下水二次処理水からのノロウイルス除去, 下水道研究発表会講演集, Vol.45th, pp824-826, (2008/6)
- 28) Johan Nordgren, Andreas Matussek, Ann Mattsson, Lennart Svensson, Per-Eric Lindgren, “Prevalence of norovirus and factors influencing virus treatment plant concentrations during one year in a full-scale wastewater” Water Research 43 (2009)
- 29) David H.-W. Kuo, Fredrick J. Simmons, Scott Blair, Elizabeth Hart, Joan B. Rose, Irene Xagorarakis, “Assessment of human adenovirus removal in a full-scale membrane bioreactor treating municipal wastewater”, Water Research 43(2009)
- 30) Dan Li, April Z.Gu, Miao He, Han-Chang Shi, Wan Yang, “UV inactivation and resistance of rotavirus evaluated by integrated cell culture and real-time RT-PCR assay”, Water Research 43(2009),3261-3269
- 31) Gwy-Am Shin, Mark D. Sobsey, “Inactivation of norovirus by chlorine disinfection of water”, Water Research 42(2008),4562-4568
- 32) Eiji Haramoto, Hiroyuki Katayama, Kumiko Oguma, Shinichiro Ohgaki, “Recovery of naked viral genomes in water by virus concentration methods”, Journal of Virological Methods 142(2007),169-173
- 33) 原本英司, 片山浩之, 大垣真一郎, 水環境中からのウイルス濃縮法の開発, 日本水環境学会シンポジウム講演集, Vol.11th, pp187-188, (2008/09)
- 35) 中村みやこ, 片山浩之, 李錫憲, 大垣真一郎, 消毒における水中 RNA ウイルスの損傷の検出, 環境工学研究論文集, Vol.36, pp187-197, (1999)
- 36) 金台東, 本多裕之, 白神直弘, 矢野一好, 海野肇, 活性汚泥混合液中でのウイルス感染価の低減について, 水環境学会誌, Vol.16, No.5, pp339-345, (1993)
- 37) 食品中のウイルスの制御に関する研究, 主任研究者 武田直和(国立感染症研究所ウイルス第二部) 食品の安心・安全確保推進研究 H20.4(2008.4), 文献番号 200734045A  
<http://mhlw-grants.niph.go.jp:80/niph/search/NIST00.do>
- 38) 岩崎旬, 村上孝雄, 下水道事業におけるノロウイルスの実態と対策技術, 下水道研究発表

- 会講演集, Vol.45, pp800-802, (2008/6)
- 39)岩崎旬, 村上孝雄, 下水処理水中のノロウイルスへのオゾン消毒効果, 日本オゾン協会年次研究講演会講演集, Vol.18th, pp37-40 (2008/05)
- 40)高橋朱実, 高橋雅輝, 蛇口哲夫, 田中智之, 流入下水中のノロウイルス濃度から推察されるノロウイルス胃腸炎の流行状況と下水処理によるノロウイルス除去について, 岩手県環境保健研究センター年報 (7), 90-94, 2007 年度
- 41)大村達夫, 渡部徹, 佐野大輔, 植木洋, 膜処理による下水処理水中のノロウイルス除去に関する研究, 財団法人建設工学研究振興会年報 41, 28-32, 20060401
- 42)中筋康之, 膜分離活性汚泥法のノロウイルス除去性能についての基礎的検討, 第9回日本水環境学会シンポジウム講演集, 平成18年, 2006
- 43) Tenuis PF, Moe CL, Lui P, Miller SE, Lindesmith L, Baric RS, Le Pendu J, Calderon RL. (2008) Norwalk virus: how infectious is it? J Med Virol. 80(8): 1468-1476
- 44) 国土交通省 都市・地域整備局 下水道部 流域管理官付流域下水道計画調整官 事務連絡 「下水処理水のクリプトスピリジウム対策について」平成15年6月26日
- 45) 花田茂久, 北中敦, 谷口雅英, 植村忠廣, 重松賢行, 山下尚之, 田中宏明, 農業用水への下水処理水再利用におけるUF膜処理のウイルス除去性評価, 下水道研究発表会講演集, Vol.45, pp791-793, (2008/6)
- 46) オゾン処理技術の技術評価に関する報告書, 平成21年4月, 日本下水道事業団
- 47) 藤原隆司, 小宮義人, 小越眞佐司, 下水処理場におけるノロウイルスの塩素消毒の効果, 第47回下水道研究発表会講演集(投稿中)
- 48) 北島正章, 遠矢幸伸, 松原康一, 原本英司, 宇田川悦子, 片山浩之, 大垣眞一郎, 新たな代替指標としてマウス分離株を用いた水道水中のノロウイルスの塩素耐性の解明, 環境工学研究論文集 Vol.45 361-370
- 49) 東京都福祉保健局: 健康安全研究センター「ノロウイルスの感染拡大を防ごう」公開セミナー資料, <http://www.tokyo-eiken.go.jp/issue/health/webversion/web25.html>