

## 下水処理施設におけるSRSV対策の現状と課題

業務名	自主研究
委託者	
担当者	(北村清)、宇賀神義宣、堀江健二

### 1. まえがき

SRSV (Small Round Structured Virus) はウイルスの一種で、日本語では小型球形ウイルスと呼ばれる。その構造はRNA (リボ核酸) とそれを取り囲む蛋白質からなり、直径27～38nmの球形構造をしている。SRSVは人の小腸細胞内でのみ増殖する特性を持っており、人が感染すると吐き気、嘔吐、下痢、腹痛、頭痛、発熱などの食中毒症状が出る。そのため我が国では1997年に食品衛生法に基づき食中毒原因物質に加えられたが、発生件数、患者数とも年々増加傾向にあり、その対策研究が広く求められている。

SRSV の感染原因には、①汚染された貝類、野菜、果実などを生で摂取することによる感染、②汚染された飲料水からの感染、③人から人への直接感染、④汚染された調理器具等からの感染などがあるが、そのうちの代表的な感染原因に牡蠣の生食が指摘されている。

その感染伝播経路としては、沿岸海域が何らかの原因でSRSVに汚染されることにより牡蠣の中腸線にSRSVが蓄積され、それを人が生で食べることにより感染し、更にそれが人の小腸内で増殖されて糞便とともに体外に排出され、再び水系汚染を繰り返すという循環経路が推定されている。それを裏付けるように、我が国では生牡蠣の流通時期である11月から3月の冬期にSRSVによる食中毒が多く発生している。

筆者らは糞便を介したSRSVによる海域汚染を防止するためには、下水処理施設の役割が重要と考え、下水処理施設におけるSRSV検出状況等の現状調査を開始した。SRSVについての調査は、これまで検査技術、厚生医療、牡蠣生産管理など各々の分野で個別に行われてきたが系統的に行われたものはなかった。そうした状況において、本研究ではこれまで我が国で行われた下水処理施設およびこれに関連するSRSVの既往研究を通じ、下水処理施設におけるSRSV対策の現状と課題を検討した。以下、その内容について述べる。

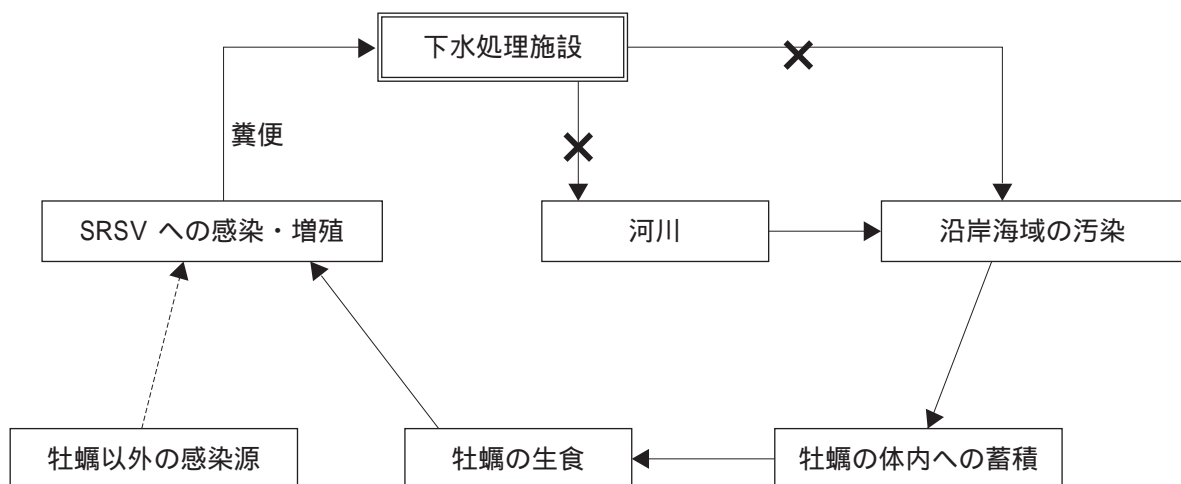


図 - 1 SRSV感染伝播経路における下水処理施設の役割

## 2. 研究の方法

SRSV 循環経路における下水処理施設の抑止効果に着目し、①下水処理施設におけるSRSVの挙動調査、②下水処理施設における消毒法とSRSV対策の2段階に分けて既存調査資料を収集・検討した。

そのうち①下水処理施設におけるSRSVの挙動調査は、岐阜県生物産業技術研究所が行った下水処理施設でのSRSV調査<sup>1)</sup>において公表されたSRSV検出データから挙動を推定した。②下水処理施設における消毒法とSRSV対策は、塩素消毒、紫外線消毒、オゾン消毒などの下水処理施設における代表的な消毒法を対象にしてSRSV不活化対策事例を収集整理した。そしてそれらの結果を基にしてSRSV対策の現状および今後の課題を検討した。

## 3. 主要な結論

### 3-1 下水処理施設におけるSRSVの挙動

岐阜県生物産業技術研究所が行った下水処理施設でのSRSV調査<sup>1)</sup>によれば、下水処理施設への流入水からはほぼ1年中SRSVが検出されていたと報告されている。このことから牡蠣の生食以外に、冒頭に述べた食品、人、調理器具等から日常的にSRSV感染が発生していることが考えられる。

また同調査の中で流入水を活性汚泥で生物処理した後の最終沈殿池越流水（未消毒水）では、11月から4月にかけては陽性でSRSVが検出されていたが、それ以外の月は陰性と報告されている。

この原因としては、最終沈殿池越流水が陰性であった月は流入水中のSRSVが活性汚泥に吸着され、最終沈殿池で固液分離されて水処理系外に除去されたことが考えられる。

国立感染症研究所が行った多摩川河川水および下水処理場汚泥のSRSV調査<sup>2)</sup>においても下水汚泥からSRSVが検出されていることから、下水処理施設では、SRSVは活性汚泥に吸着されていると考えられる。

一方陽性であった11月から4月にかけては生食牡蠣の流通時期にあたることから、流入水中のSRSV数が増加し、活性汚泥で吸着しきれなかったものが流出したため陽性になったと推定される。

このことから活性汚泥には一定量のSRSVの吸着除去機能があると考えられ、分析技術の現状から定量化は難しいものの活性汚泥によるSRSV除去機能が何らかの方法で把握できれば、活性汚泥濃度をコントロールすることによりSRSVを全量水処理系外（汚泥処理系）に除去し、汚泥処理として加熱乾燥、発酵などの方法を用いて不活化できる可能性がある。

### 3-2 下水処理施設における消毒法とSRSV対策

これまで下水処理における消毒は下水中の細菌類が対象であり、SRSVを含めたウィルス対策については管理指標がなく技術的に明確になっていない部分が多い。

下水処理における代表的な消毒法である塩素消毒、紫外線消毒、オゾン消毒は、核酸や蛋白質を損傷・変性させて死滅、不活化させる原理であるため、RNAと蛋白質からなるSRSVの構造上、これらの消毒法で不活化は可能と思われる。しかし現状においてはSRSV対策の系統的な調査研究、報告例はなく、今後の下水処理における課題といえる。

表 - 1 に現時点での下水処理における消毒法別SRSV対策の事例および課題、問題点を示す。

表 - 1 下水処理における代表的な消毒法とSRSV対策

消毒法	原理及び概要	SRSV対策事例	課題・問題点
塩素	<p>主として次亜塩素酸の強力な酸化作用により細菌の細胞膜や細胞質中の有機物、ウィルスの構成蛋白質などを酸化分解し不活化させる。また代謝系のSH酵素に影響し不活化させる。</p>	<p>残留塩素 5 ~ 6 mg / ℓ と 10mg / ℓ の条件で30分処理したSRSVを人体に投与した結果、前者では発症し、後者では発症しなかった。</p>	<p>残留塩素濃度が高くなると、放流先への塩素障害及び副生成物（THM）などの問題が生じるため、SRSV処理後の脱塩素対策の検討が必要となる。</p>
紫外線	<p>波長260nm付近の紫外線を照射することによりDNAやRNAを光化学反応により損傷して遺伝子障害（複製機能の喪失）を起こさせ、細菌類、ウィルスを不活化させる。</p> <p>一旦不活化された微生物が太陽光などにあたると再び活性を取り戻す（光回復）ことがある。</p> <p>水中への残留性がないため過剰照射しても放流先への影響はない。</p>	<p>現状では資料なし。 〔関連データ〕 食品殺菌での照射量 (99.99%殺菌率)</p> <p>アデノウイルス 9,000 μw・s / cm<sup>2</sup></p> <p>ポリオウイルス 12,400 μw・s / cm<sup>2</sup></p> <p>バクテリオファージ 14,400 μw・s / cm<sup>2</sup></p> <p>タバコモザイクウイルス 960,000 μw・s / cm<sup>2</sup></p>	<p>紫外線によるSRSV不活化を調査した資料がなく、必要照射量など不明点が多い。</p> <p>また光回復は酵素が関与するため、酵素を持たないウイルスではみられないが、宿主である細胞が光回復するとウイルスがその細胞の中で増殖して見かけ上の光回復をすることがある。</p> <p>紫外線照射量とSRSV不活化の調査と併せて、こうした見かけ上の光回復などの調査が必要である。</p>
オゾン	<p>オゾンの強力な酸化作用により、細胞壁などの原形質の破壊や蛋白質の変性等を行う。</p> <p>またウイルスに対しては直接DNAやRNAを切断・損傷させ不活化させる。</p>	<p>オゾンを微細気泡にして気液接触効率を高めて溶解効率を上げ、更に紫外線照射でオゾンを分解し活性酸素にして処理した結果、100万PFU/mlの腸管由来ウイルスが不活化した。（規模、詳細は不明）</p>	<p>オゾンによるSRSV不活化を調査した資料がなく、注入量など不明点が多いため、調査が必要である。</p> <p>またオゾンは水への溶解効率が低いため、必要注入量によっては注入方法に工夫が必要である。</p>

### 3-3 下水処理施設におけるSRSV対策の今後の課題

我が国の下水処理施設におけるSRSVの調査事例は、これまでに厚生医療関係者によるものが数例あるが人口の多い都市部の下水道に限られ、沿岸海域に直接影響を与える漁港・漁村部の下水処理施設の事例はない。現在、地方への下水道整備の進展とともにこれまでSRSVがなかった水系にも汚染が広がることが一部水産関係者から危惧・指摘されているが汚染の実態は不明である。

そのため下水処理施設での実態だけでなく、SRSVによる海域汚染の実態を知るためにも、漁港・漁村部の下水処理施設および周辺水系を対象に実態調査を行う必要がある。

また下水処理におけるウィルス対策は遅れているため、SRSVに対しても有効な管理指標、不活化対策がないのが現状である。そのため先に述べた実態調査と同時に、活性汚泥等の生物処理によるSRSV除去効果の研究および紫外線や塩素によるSRSVの不活化の研究を行い、既存下水処理施設の改良を含めた有効な対策技術を確立する必要がある。

#### 4. あとがき

SRSVは組織培養が成功していないため簡便で再現性よく検出できる検査方法がない。そのことがSRSVの対策研究を進める上での大きな阻害要因になっているため、一日も早い検査技術の開発が望まれる。

また沿岸海域のSRSV汚染を防ぐためにはSRSVの循環経路を遮断することが重要である。循環経路の遮断に下水処理施設が果たす役割は大きいですが、より高い海域汚染防止効果を得るためには循環経路に関係する河川、食品衛生、医療などの行政機関や牡蠣生産者、飲食店、食品加工販売などの民間を含めた総合的なSRSV対策の構築が必要であり、各方面の関係者が一体となった取り組みが求められる。

#### 参考文献

- 1) 神山恵理奈・林菜穂子・川本尋義、2000：下水処理における小型球形ウィルスのモニタリングシステムの開発と応用、岐阜県生物産業技術研究所年報 平成12年度（第3号）
- 2) 宇田川悦子・矢野一好・杉枝正明、1999：環境実態調査としての河川水および下水処理場由来下水、汚泥検体からのSRSV（NV遺伝子）検査報告、国立感染症研究所、東京都立衛生研究所、静岡県環境衛生科学研究所 平成11年度厚生科学特別研究事業分担研究報告
- 3) 神山恵理奈・林菜穂子・川本尋義、1999：下水処理における小型球形ウィルスのモニタリングシステムの開発と応用 環境水系のウィルス遺伝子検出法の構築とウィルス動態の解析、岐阜県生物産業技術研究所 平成11年度研究成果概要報告
- 4) 杉枝正明・佐原啓二・長岡宏美・三輪好伸・宮本秀樹・中村信也、1998：魚介類の生食品におけるウィルス汚染と急性胃腸炎に関する調査、静岡県環境衛生科学研究所報告No.41、5 - 8
- 5) 関根雅夫・大友真弓・熊谷正憲・早川安彦・横山新吉、1998：仙台市における2枚貝からのSRSV検査状況、仙台市衛生研究所 第28号 平成10年度
- 6) 中正純・岡田恵美・岡山あゆみ・南川藤雄・米奥正則・福田美和・矢野拓哉・川田一伸・櫻井悠朗、2000：かきの養殖海域におけるSRSV汚染調査とウィルス浄化試験について、食品衛生研究Vol.50、No.8
- 7) 水の消毒 金子光美著：(財)日本環境整備教育センター
- 8) 下水道施設計画・設計指針と解説2001年版：(社)日本下水道協会
- 9) 関根大正：ウィルスによる食中毒と対策について 東京都立衛生研究所
- 10) 田口文章、1998：微生物の不活化と問題点、月間下水道Vol.21、No.10
- 11) 川本尋義、1998：検査微生物学（Ⅱ）臨床病理臨時増刊特集第108号（平成10年11月）臨床病理刊行会
- 12) 山崎謙治・大山巖・宇田川悦子・川本尋義、2000：1989～1998年に日本国内で検出されたNLVsの遺伝的特徴および統一プライマーの検討、感染症学雑誌 第74巻 第5号
- 13) 川本尋義、2000：ウィルス性食中毒・胃腸炎の全国実態、化学と生物 第38巻、No.12、2000