

# アサマNEWS

# パートナ

1997-9 No. 60

## 食品衛生 講座

### 60. わが国の水道水安全神話を脅かす埼玉県越生町で発生したクリプトスポリジウム集団感染症

東南アジア等の発展途上国の水道水は危険でそのままでは飲めないといわれている。筆者もかつて毎年のように技術指導などで東南アジア諸国を訪れたことがあるが、これら諸国では上水道の普及率も低く、かつ浄水設備の不備と消毒不完全であることを直接見聞きしている。これらの国においては、大都会の近代的ホテルだから大丈夫だと思って、うっかり水道水を飲んだりすると、いわゆる“旅行者下痢”にかかる。特に普段水道水を飲みつけている日本人の旅行者がしばしばかかるようである。

“旅行者下痢”は毒素原性大腸菌(ETEC)と言われる病原大腸菌によって引き起こされる。この菌による下痢症は、わが国でも飲食物のほか、消毒不完全な井戸水などによって大規模食中毒が発生したこともある。旅行者下痢は、数回激しい下痢が起こるが、腹痛や発熱はほとんどなく比較的症状は軽く、1～2回で回復するが、旅先での下痢は決して愉快なものではない。下痢原性の病原大腸菌にはO157:H7など4つのタイプのものがあるが、何れの病原菌も通常水道水で行われている塩素消毒によって容易に殺菌することができる。一方、欧米の先進諸国のホテルやレストランなどでは、水道水はそのまま飲まないで、ミネラルウォーターを飲むのが普通である。それはヨーロッパ各地や米国などでは硬い水質いわゆる硬水一なので、慣れない人が飲むと下痢を起こすことがあるためである。これに対し、わが国では一般に水質が良く、ことに水道水は安全で、諸外国と違って全国どこへ行っても「蛇口」から出た水はそのまま飲める唯一の国といわれてきた。ところが、この水道水の安全神話を脅かす事件が発生した。

1996年6月から7月にかけて埼玉県越生町で町営の公共水道で集団下痢が発生し、町人口の6割を超える約8,700人が罹患した。この病気の原因となったのは今まであまり聞き慣れないクリプトスポリジウムという原虫(寄生虫の一種)によることが判明した。公共上水道を介しての集団感染症の発生という事態を重く見た厚生省では、クリプトスポリジウムによる汚染防止を目的にした「クリプトスポリジウム暫定対策指針」を1996年10月に作成した。ところで1996年に国連のWHO(世界保健機関)が各国に注意を喚起した新興感染症には、O157などの腸管出血性大腸菌、レジオネラ症、クリプトスポリジウム症の3疾

患があるが、これで日本でも3疾患のすべてが発生することになったのである。1996年5月岡山県下の学校給食で発生した病原大腸菌O157、正確には腸管出血性大腸菌O157:H7による集団感染症は、大阪府堺市などほぼ全国的に発生し、患者総数は9,000名に達し、12名の死者を出したことは記憶に新しい。レジオネラ感染症は、かつて米国の在郷軍人の集会で集団感染が起こり、多数の死者を出したところから、“在郷軍人病”と言われたことがある。わが国では今まで散発的に発生しているようであるが、近頃24時間風呂の汚染菌として話題となっている。今回はクリプトスポリジウムとその疾病、上水の管理上の問題点について解説する。

#### 1. クリプトスポリジウムと クリプトスポリジウム症

##### (1) クリプトスポリジウムについて

クリプトスポリジウムは孢子虫類に属する寄生性の原生動物で、複雑な生活環(ライフサイクル)を有する微生物である。現在、ほ乳動物に寄生するクリプトスポリジウムには2種類あって、ヒトを含んだ多くの動物に病原性を発揮するのはクリプトスポリジウム・パルバム(*Cryptosporidium parvum*)だとされている。

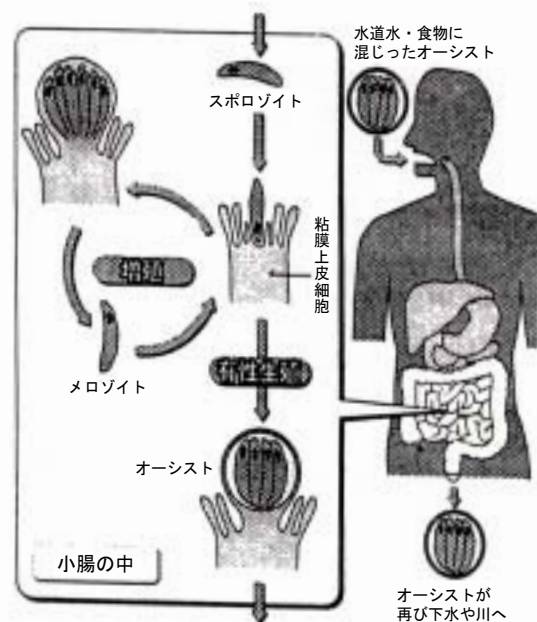


図 1 クリプトスポリジウムのライフサイクル

そのライフサイクルは図1に示したが、水や食べ物の中では殻に被われたオーシストの形で存在する。オーシストは直径が5マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ 、1 $\mu\text{m}$ は1000分の1mm）ほどの球形の嚢子で、中に4個のスポロゾイドと呼ばれる仔虫が入っている。オーシストがヒトの口から入ると、小腸の中でスポロゾイドは飛び出し、小腸粘膜上皮の微絨毛内に寄生し、そこで増殖して、メロゾイドの形で他の細胞に侵入して発育を繰り返して、数を増やす。一部は有性生殖をして再びオーシストを形成、これが便と一緒に体外に排泄されて、新たな感染源になる。米国で行われたボランティアによる人体実験では、わずか30個のオーシストを接種して発病した例があるという。現在のところ、クリプトスポリジウムは細菌やウイルスのように実験室内で培養して増やすことができないし、また検出が難しいので、予防対策を検討したり、確立するのは困難である。

(2) 塩素消毒では死なないクリプトスポリジウム

周知のように、水道水や井戸水については、赤痢菌や食中毒細菌等病原菌対策として、世界的に塩素消毒が広く実施されている。クリプトスポリジウムで厄介なのは、オーシストの殻が硬く、塩素に対する抵抗力が強大で、大腸菌の48万倍もの抵抗力があり、現在上水道に使われている塩素処理はクリプトスポリジウムには全く無効であるといわれている。埼玉県越生町の事例では、クリプトスポリジウム・オーシストがどこからどのようにして水源に混入したのか未だ分かっていない。越生町の浄水場は、濁りを図る計器がきちんと働いていなかったなど管理不十分の面はあったが、消毒は適切に行われ、水質基準は守られていたという。

(3) クリプトスポリジウム症の概要

感染経路：オーシストの経口感染

潜伏期：2～5日、ときには10日程度

症状：腹痛を伴う水様性下痢が3日～1週間程度持続し、嘔吐や発熱を伴うことがある。数週間オーシストの排出が続く。急性期の患者は1日に10億個程度のオーシストを排出するという。

感染期間：発症から症状消失まで数週間かかる。オーシストは外界では2～6か月は感染力がある。ただし、冷凍や乾燥には弱く、60℃以上、-20℃以下では30分で死滅する。常温・乾燥状態では1～4日で失活する。

2. クリプトスポリジウム症の歴史

クリプトスポリジウムの人体寄生例が初めて報告されたのは1976年というから、今から約20年前のことである。クリプトスポリジウム症は、1984年に井戸水により2,000人にも及ぶ集団感染例が報告されるまでは、健康な成人では感染しにくく、老人やエイズ患

者等の免疫不全者がかかりやすい、いわゆる“日和見感染症（ひよりみかんせんしょう）”として取り扱われていた。しかし、1984年の事例以降は下痢症の病原体として認知され、症例も数多く報告されるようになってきた。本症の潜伏期や症状等についてはすでに述べたが、一方無症状で経過する場合（不顕性感染）も知られている。何れの場合も数週間にわたり糞便中にオーシストの排出が続く。その後は自然治癒に向かう。現在までに特效薬は知られていないので、下痢による脱水を防ぐなどの対症療法が採られることになる。エイズ等の免疫不全者では重篤な状態になることがあり、死に至ることがある。

米国では1984年以来汚染水源に由来する多くのクリプトスポリジウムによる集団感染が発生しているが、これを取りまとめて表1に示した。

| 国名       | 報告年度 | 発症率 (%)          | 国名      | 報告年度 | 発症率 (%)          | 国名      | 報告年度 | 発症率 (%)          |
|----------|------|------------------|---------|------|------------------|---------|------|------------------|
| コスタリカ    | 84   | 4.3              | リベリア    | 86   | 8.4              | アイルランド  | 89   | 4.0              |
| グアテマラ    | 88   | 15.4             | エジプト    | 91   | 7.7              | イタリア    | 89   | 7.2              |
| キューバ     | 89   | 8.0              | ダーバン    | 91   | 6.5              | フィンランド  | 91   | 0.2              |
| エルサルバドル  | 88   | 4.0              | マラウイ    | 90   | 9.0              | スイス     | 91   | 4.6              |
| ハイチ      | 87   | 17.5             | スーダン    | 91   | 7.8              | スペイン    | 90   | 7.1              |
| アルゼンチン   | 86   | 7.6              | エチオピア   | 92   | 9.0              | フランス    | 90   | 5.0              |
| ペルー      | 90   | 10.0             | アビジャン   | 89   | 9.0              | 英国      | 90   | 2.0              |
| チリ       | 90   | 1.5              | ケニア     | 89   | 3.8              | ルーマニア   | 91   | 3.2              |
| ベネズエラ    | 90   | 4.8              | ナイジェリアA | 88   | 21 <sup>⑧</sup>  | 旧東ドイツ   | 91   | 1.5              |
| ブラジル     | 90   | 5.2              | ナイジェリアB | 87   | 2.3 <sup>⑧</sup> | 旧西ドイツ   | 87   | 1.9              |
| クウェート    | 89   | 1.6              | ギニア     | 87   | 3.7              | オランダ    | 89   | 1.2              |
| サウジアラビア  | 88   | 1.0              | 南アフリカ   | 89   | 4.1              | スウェーデン  | 87   | 4.9 <sup>⑧</sup> |
| イスラエル    | 91   | 3.4              | フィリピン   | 85   | 2.9              | 旧ソビエト連邦 | 90   | 3.7              |
| オーストラリア  | 92   | 1.4 <sup>⑧</sup> | マレーシア   | 91   | 4.3              | 米国      | 88   | 0.3 <sup>⑧</sup> |
| ニュージーランド | 86   | 4.2 <sup>⑧</sup> | タイ      | 90   | 7.3              | カナダ     | 85   | 0.6              |
|          |      |                  | パングラデシュ | 90   | 3.0 <sup>⑧</sup> |         |      |                  |
|          |      |                  | 中国      | 92   | 1.9              |         |      |                  |

⑧：全年齢を対象

表1 米国におけるクリプトスポリジウム症の発生状況と汚染水源<sup>2)</sup>

米国ではほぼ毎年のように集団感染が発生しているが、これはクリプトスポリジウム対策がいかに困難であるかを物語っているとも言えよう。米国の症例で特記すべき事件は、1993年1月から4月にかけてウィスコンシン州のミシガン湖畔にあるミルウォーキーで発生した集団感染である。ミルウォーキーは人口160万の大都市で、罹患者は40万人を超え、死者は400人を超える大事件となった。下痢患者の発生状況から、市を南北に分けて設置された2つの水道施設のうちの南部のプラントに問題があることが分かった。水源となった湖水に家畜のし尿および河川を介した下水が流入したのが原因だといわれている。

わが国では過去に神奈川県下で1例のクリプトスポリジウムの集団発生（雑居ビルの貯水槽が汚染され、461名が罹患）がある。

3. クリプトスポリジウムの疫学

(1) 小児下痢症の病原体として世界的に注目されているクリプトスポリジウム

ヒトおよび家畜におけるクリプトスポリジウムの感染状況については塩田博士の優れた総説<sup>1)</sup>がある。その詳細はかなり専門的なので、ここでは要点だけを示そう。1984年から1992年までに中国を含む東南アジア諸国、オーストラリア、ニュージーランド、エジプトなどアフリカ諸国、中南米諸国、北欧をはじめイギリス、フランスなどヨーロッパ諸国、米国等47か国で報告された事例をまとめた一覧表を見ると、小児を中心にした下痢症の0.3～2.0%がクリプトスポリジウム症によると考えられている(表2<sup>1)</sup>参照)。このような状況からWHOではクリプトスポリジウムの病原性について強い関心を示したのであろう。ただ、この表には日本の事例は含まれていない。残念ながら、これまでわが国ではクリプトスポリジウムはヒトの下痢症の原因とは考えていなかったもので、当然小児のクリプトスポリジウム症の調査が全く行われていなかった。また、エイズ患者では4～41%にクリプトスポリジウム感染が認められているという。

| 発症年  | 月    | 罹患者数    | 水源    | 汚染源                        |
|------|------|---------|-------|----------------------------|
| 1984 | 5-6  | 2,000   | 井戸水   | 生下水の混入                     |
| 1986 | 6-10 | 78      | 表層水   | 牧野から汚染された表土の流入             |
| 1987 | 1-2  | 13,000  | 河川水   | 生下水と牧野から汚染された表土の流入         |
| 1991 | 8    | 551     | 井戸水   | 近傍のし尿タンクから漏洩               |
| 1992 | 1-6  | 15,000  | 泉/河川水 | 表層水、処理下水、あるいは農業区域からの流入     |
| 1993 | 1-4  | 403,000 | 湖水    | 家畜の糞尿および河川を介した下水の流入        |
| 1993 | 4    | 7       | 井戸水   | 牧野からの浸透                    |
| 1993 | 8    | 27      | 湖水    | 下水あるいはし尿タンクからの上水あるいは給水への逆流 |
| 1994 | 1-4  | 78      | 湖水    | 船舶の下水による汚染                 |
| 1994 | 8-10 | 86      | 井戸水   | 処理下水の混入                    |
| 1995 | 6    | 72      | 不明    | 汚染水の逆流                     |

(Solo-Gabriele H, and Neumeister, S. 1996. 2)から引用)

表 2 小児下痢におけるクリプトスポリジウム症<sup>2)</sup>

(2) ウシとクリプトスポリジウム

一方、家畜では、ウシを中心に調査が行われているが、表3<sup>2)</sup>に示したように1～8.0%に感染が認められている。また、わが国でも調査範囲は限られるが、下痢症状を呈するウシから高率にクリプトスポリジウムが検出されており、獣医分野では必ずしも稀な病気ではないといわれる。また、イヌ、ネコ、あるいはノネズミから検出されたという報告もある。従って、わが国だけがクリプトスポリジウム汚染から免れているわけでは決してない。ただ、わが国ではヒトの下痢症の病因物質として取り扱われてこなかったことは事実で、今後公衆衛生の立

場からクリプトスポリジウムの分布や環境調査について広範な調査と、感染症発生の実態調査を実施すべきだと考える。

| 国名       | 種類等          | 感染率              | 備考     |
|----------|--------------|------------------|--------|
| 米国       | 子牛           | 21.2%(20/95)     | 下痢     |
| 米国       | 子牛           | 1.9%(8/405)      | 健常     |
| 米国       | 新生牛          | 51.3%(142/277)   | 下痢     |
| 米国       | 子牛(ホルスタイン種)  | 51.5%(176/342)   | 7-12日令 |
| 米国       | 酪農牛(12州のまとめ) | 1.6%(767/48,810) | 健常     |
| 米国       | 酪農牛          | 68%(102/150)     | 下痢     |
| チェコスロバキア | 子牛(種畜生産用)    | 77.7%            |        |
| チェコスロバキア | 緊急屠殺子牛       | 35.9%(124/345)   |        |
| オランダ     | 肉用子牛         | 60%(27/45)       | 健常     |
| 英国       | 子牛(衰弱)       | 28.6%(6/21)      | 下痢     |
| アルゼンチン   | 肉用牛の子牛       | 30.5%            | 健常     |
| アルゼンチン   | 酪農牛の子牛       | 29.6%            | 下痢     |

表 3 ウシにおけるクリプトスポリジウム汚染の実態<sup>1)</sup>

(3) クリプトスポリジウム症の発生時期

表1に示したように、米国でのクリプトスポリジウム症集団発生の時期について見ると、春先に集中して発生する傾向が見られる。これは雪解け水と共に、牧野から動物の糞便で汚染された表土が河川などに流れ込むためと推測されている。さらに、湖沼を水源としている場合には、気象現象の一種として起こる表層水と低層水の間に見られる対流が汚染の拡散に一役買っているようである。夏から秋にかけて気温が急激に低下すると、湖水の表面が冷やされて低層との間で対流を生ずることになる。これに伴って、水底の沈殿物が巻上げられ、濁りと共にクリプトスポリジウムの汚染が広がる。表1に見られる秋口にもう1つのピークが現われるのはこのためと理解されている。米国では何れの場合も水源の濁度が急激に上昇したときに要注意とされている。すでに述べたミルウォーキー事例の調査によれば、集団発生に先立って水源付近の牧場に積もっていた大量の雪が溶け出しており、患者の急増する8日前から南部プラントの供給水に著しい濁りが観察されたという。一方、患者発生の見られなかった北部プラントでは南部のような濁り水現象は見られなかったという。

1996年埼玉県越生町で発生した事例では、現在のところ水源へのクリプトスポリジウム・オーシストの汚染・混入経路は全く不明である。ところで、越生町の事例は好天続きの渇水期に発生している。これが単なる偶然の出来事か、あるいはわが国特有な現象なのか、果たして強い濁りが観察されていたのかは、今後の調査・研究を待たざるを得ない。

#### 4. 厚生省が決めた水道の クリプトスポリジウム暫定対策指針

厚生省では、1996年埼玉県越生町で発生した上水によるクリプトスポリジウム集団感染症事件を契機に、「クリプトスポリジウム緊急対策検討会」（座長：金子光美・摂南大学教授）を設けて検討を開始し、1996年10月4日に「水道水におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」を取りまとめて公表した。その要点を示すと次のようになる：

- (1) 水道水源にかかわるクリプトスポリジウム汚染の恐れ  
の判断は、ヒトまたはほ乳動物の糞便汚染による汚染の有無から判断する。
- (2) クリプトスポリジウムによる汚染の恐れのある水道事業者等は、
  - ① 浄水場での急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過の何れかを  
用いてクリプトスポリジウムを除去できる上水処理等を行うこと。それができなければ、原水の濁度  
の変化に注意して、通常より高くなった場合には原則として取水制限すること。
  - ② 上水処理の徹底を図り、ろ過池出口の濁度を規制  
値（0.1度）以下に維持すること。
- (3) 水源対策としては、取水設備の近傍上流や周辺に汚  
水処理施設の取水口がある場合には、取水口等より下  
流に移設するか、取水口を排水口より上流に移設する  
ことが望まれている。
- (4) 一方、不測の事態に備えた危機管理体制の整備。  
を重要課題としている。

#### おわりに—今後の水道水の安全対策に望むもの

わが国では、どこへ行っても水道水は安全だと考えられてきた。1996年埼玉県越生町で町営の公共水道により町人口の6割を超える約8,700人が集団下痢にかかった。これは水道安全神話にとってかつてないショッキングなニュースであるとともに、病因物質が聞き慣れないクリプトスポリジウムという原虫と呼ばれる寄生虫の一種であることが判明した。水道水は赤痢や食中毒細菌等の殺菌のため「塩素消毒」が行われている。しかし、この病原体は塩素に対し大腸菌の48万倍もの抵抗力があり、現在日本各地の浄水場で行われている塩素消毒はクリプトスポリジウムに対しては全く無効というから厄介である。本文の中で1993年に米国のミルウォーキーで水道水により40万人を超す罹患者と400人を超す死者の出た事例を紹介したが、米国では毎年のように水道水でクリプトスポリジウム症が発生していて、公衆衛生上から大きな問題になっている。一方、表2に示したようにクリプトスポリジウム症は、小児下痢症の病因物質として世界的に注目されている。しかし、今までわが国ではクリプトスポリジウムをヒトの下痢症の病因と認めてこなかったせいか、小児クリプトスポリジウム症の調査が全く行われていなかったのは、先進国としては恥ずかしい話である。このことは戦後のわが国の衛生行政にかかわりがあるようである。戦後経済復興とともに、赤痢や腸チフス等伝染病は激減した。この背景

には優れた抗生物質の研究・開発があり、また上下水道等の普及等にもよるところも大きい。しかし、一方、行政や臨床面ではとかく伝染病は過去の病気として軽視するようになり、その結果、感染症の研究体制は弱体化し、病原体の研究者や疫学研究者も激減し、さらにこの分野での人材育成がほとんど行われてこなかった。因果応報という言葉があるが、昨年の腸管出血性大腸菌O157:H7の大集団発生の場合にも当初適切な治療措置などがとられなかったが、上記のツケが回ってきたのは明白である。また堺市の事例では経口伝染病の調査に欠かせない保菌者検査を初動調査として行わなかったなど、国や地方自治体の検査体制の不備や感染症研究者の不足、技術レベルの低さなどが各方面から指摘されている。今回の越生町で発生した水道水によるクリプトスポリジウム集団感染症では、わが国で初めての事例で、しかもこの分野での専門家がほとんどいないだけにその対応には苦労したようである。しかも、越生町の事例では水源への汚染経路は明らかにされていない。クリプトスポリジウム対策は水道事業にとって今後非常に重い課題になるに違いないが、これは水道関係者だけでは到底解決できる問題ではない。現に東京を例にとっても、近年水不足の問題と合わせて、水資源の開発・確保が大きな問題となっている。一方、戦後水資源として重要な河川上流地域の無計画な開発や下水道施設・設備の立ち遅れの結果、都市下水や畜産を含めた農業用水など汚染した廃水や未処理下水などの河川への流入など水質悪化をもたらした。特に東京都民の飲料水源になる利根川水系の汚染や水質悪化が大きな社会問題になっている。他方では水の再利用が大きな関心事となっている。今後上水道の安全確保の対策とともに、適切な下水処理技術の中にクリプトスポリジウム対策を含めて検討してもらいたいものである。

**追記：**この記事を書き終わった段階で、1997年7月19日付日刊紙上で、「厚生省は18日、水道水の水源となっている全国121地点の水を検査した結果、秋田県内の雄物川流域の浄水場と山形県内の最上川の支流の2か所からクリプトスポリジウムが検出されたと発表した」と報道された。この事は今後わが国の上水道の安全対策上クリプトスポリジウム問題がますます重要になることを示すものと言えよう。

#### 文献

- 1) 塩田恒三：クリプトスポリジウム症、動物の原虫病、6:16~37、1994
- 2) 遠藤卓郎：「クリプトスポリジウム症について」—O157の影に隠れた、もう一つの感染症—、キュービー・ニュース、第276号、1997

（河端俊治：日本食品保全研究会会長・農学博士）



*Listeria*をキッチンに付着させた場合の3種の殺菌剤に対する抵抗性が検討されている。表2はその結果を示しているが、それぞれの殺菌剤の常用されている条件（適用濃度、処理時間）では完全に殺菌することはできず、高濃度、長時間の処理が必要である。

表2 キッチン付着菌の殺菌効果 (*Listeria monocytogenes*)

| 殺菌剤        | 浮遊菌 (10 <sup>5</sup> /ml) | 付着菌 (10 <sup>5</sup> /cm <sup>2</sup> )              |
|------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| ヨード        | 10ppm, 1分, 死滅             | 25ppm, 2分, 10 <sup>-2</sup> 低下                       |
|            |                           | 50~100ppm, 2分, 10 <sup>-3</sup> 低下                   |
|            |                           | 25ppm, 20分, 10 <sup>-3</sup> 低下                      |
|            |                           | 50~100ppm, 20分, 10 <sup>-4</sup> 低下                  |
| 塩素         | 50ppm, 2分, 死滅             | 100~800ppm, 2分, 10 <sup>-2</sup> 低下                  |
|            |                           | 50~800ppm, 20分, 死滅                                   |
| 第4級アンモニウム塩 | 50ppm, 1分, 死滅             | 50~400ppm, 2分, 10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-4</sup> 低下 |
|            |                           | 400ppm, 5分, 死滅                                       |

水系での付着性病原菌である *Legionella pneumophila* は培養条件、特に培地栄養条件によって塩素、ヨード殺菌剤に対する抵抗性が変動し、ステンレス鋼表面付着細胞について、寒地培養より井戸水培養した細胞の方が著しく抵抗性を増加するという結果が報告されている。

### 3. 付着細菌の除去

固体表面に付着して生物皮膜を形成した状態での細菌の除去には洗浄と殺菌操作の組み合わせによらなければならない。しかし洗剤で殺菌作用を示すものがあるし、殺菌剤によってエキソポリマーが解重合される場合もある（酸化剤、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>）。しかし一般的には洗浄は汚れを除去することであり殺菌剤は残留する細胞を死滅させることが基本である。

生体皮膜の脱離の目的には塩素化アルカリ性洗剤が最も有効であり、単なるアルカリ洗剤はこれに次ぎ、酸性洗剤は熱水より劣る。洗剤のpHが2より12に上昇すると生物皮膜の除去率は100倍に、温度を10℃より80℃に上昇させると10倍になるといわれている。このような洗剤のほかに機械的な方法によっても生物皮膜の除去に有効である（ブラシ、圧力ジェット）。さらに生物皮膜中の高分子の結合にはカチオン、特にカルシウムが役立っているため、EDTA、EGTAによってchelateすることによって生物皮膜が除去できることが見出されている。次にEGTA(Ethylene glycol-bis<β-amino ethyl ether>-N, N-tetraacetic acid) が循環式の管上反応器上に形成した下水処理におけるスラッジ細菌の除去に有効な結果が発表されている。図1において1mM、pH7.5のEGTAを含む溶液を反応器内に流すことにより大部分の固形物が最初の5分処理で排除できることが明らかである。この場合図2に示したように付着細胞の除去率は低い固形物と同じ傾向で排出されている。

さらに生物皮膜の除去にはα-amylase、β-glucanase、Protease混合物による処理も有効であり、超音波による細胞凝集の解除によっても生物皮膜を脱離することも可能である。

以上のように可能な限り生物皮膜を除去し、その後残存する微生物を殺菌しなければならない。殺菌の目的に利用されるのはハロゲン系殺菌剤では次亜塩素酸（塩）、二酸化塩素、クロラミン、ヨードであり、第4級アンモニウム塩、両性界面活性剤、酸一陰イオン界面活性剤である。

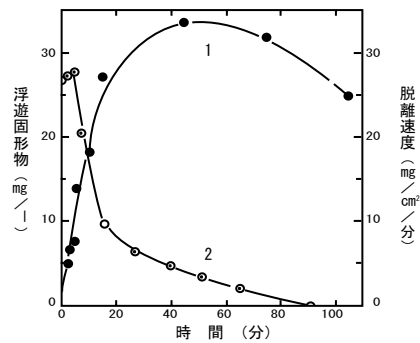


図1 汚れ管状反応器に対する1mM EDTA (PH7.5) 添加

反応器表面積: 0.797m<sup>2</sup>  
容 量: 10.49 l  
滞 留 時 間: 2 h  
1: 浮遊固形物  
2: 脱離速度

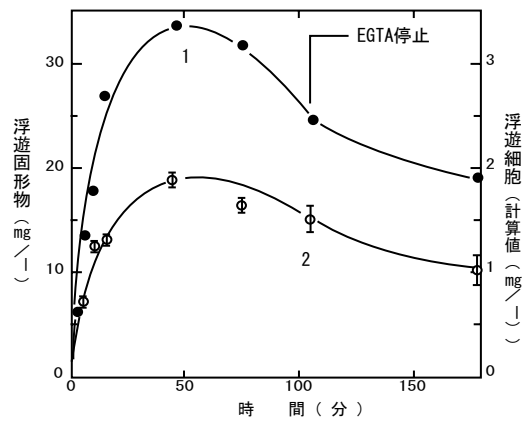


図2 EGTA添加による水流中の浮遊固形物及び細胞量の変化

1: 浮遊固形物  
2: 浮遊細胞量 (計算値)

これらのものは色々の細菌について検討されているが、浮遊細胞に対して強く働くもの必ずしも有効ではなく何れの場合にも常用濃度の10倍ないし100倍あるいはそれ以上の高濃度を適用し長時間処理しなければならない。強力な酸化剤である過酢酸は次亜塩素酸や過酸化水素などに優る作用力を示すといわれている。

CarpentierおよびCerf (1993) が生物皮膜の除去について推奨している事項は、

- ① 材料の選択、すなわち平滑、浸透性なく、腐蝕し難い材料を利用し洗浄の容易な構造とする。
- ② 生物皮膜を機械的に脱離させる。
- ③ 過酢酸、塩素化アルカリ性洗剤の利用。
- ④ 過剰な生物皮膜の生成を避けるため洗浄間隔を短くする。
- ⑤ 可能な限り作業場などの乾燥に努める。

結局のところ生物皮膜の除去の問題は、従来から行われている洗浄と殺菌操作をより確実に可能な限り短い間隔で行うこと、恒常的に行われているCIP (Clean-in-place) においても定期的な大掃除的な解体を行う必要があるといえることができる。

(芝崎 勲: 大阪大学名誉教授)

## アサマ化成株式会社

E-mail: asm@asama-chemical.co.jp  
http://www.asama-chemical.co.jp

|                                           |                                       |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| ・本 社/〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3          | TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285 |
| ・大 阪 営 業 所/〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル | TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889 |
| ・東京アサマ化成/〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5      | TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854 |
| ・中部アサマ化成/〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1       | TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830 |
| ・九州アサマ化成/〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11         | TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304 |
| ・桜 陽 化 成/〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18       | TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061 |