解 説

微生物テロと狂牛病と水道との関係

—水道システムにテロ対策を—

金子 光美*

1. はじめに

今年9月11日の米国同時テロ事件とはほぼ同じ頃問題化した狂牛病について、前者に対しては関心を持っていたが、事件そのものを他人事に受けとめていた。そこへ厚生労働省から水道への影響について打診されたのをきっかけに真剣に考えた。多少の参考あるいは議論のきっかけになればとメモを記してみた。対策を考えるには、どのようなテロが考えられるかを予測しなくてはならない。その予測を詳細に書いて少しでも悪用されると困るから、簡単に書く。

2. 安全神話よさらば

微生物テロについては、結論から言えば患者を出さない程度にする予防は難しい。それでも無防備であると被害が大きくなる。事前に防止をし、被害が出てもその被害を最小限に止める対策はあらかじめ立てておく必要がある。10月5日に厚生労働省は、水道施設の水质管理や外部者の出入りの監視を徹底するとともに、備品・薬品の管理強化を指示し、緊急時には給水施設を止める態勢をとるように要請した。当然の指示であるが、水道側がどの程度に緊張感を持っているか興味がある。わが国は、実際に起きたことのないリスクに対してはあまり関心を持たないからである。昨日までなにもなければ、何を心配しているかと無視する。安全神話時代の体質が身に付いている。

3. 微生物テロと炭疽菌

化学物質でも病原体でも、ある程度の規模を混乱させるにはそれなりの量が必要である。病原体について言えば、培養ができてある量が得られること、

保存中に生命力・毒力が維持されること、消毒抵抗性が強いこと、毒性が強いことなどの性質をもったものが微生物兵器に適している。

もっとも有望なのは、芽胞を形成して、毒性が強いものである。芽胞は環境中、及び消毒抵抗性が強い。そこで昔から使う対象に上がっているのが炭疽菌である。炭疽菌そのものは、コッホが炭疽の原因と証明し、パスツールがワクチンを作っているように、古くから研究されている。牛、豚、羊、山羊などの間に流行するが、まれにヒトにも罹る。皮膚炭疽、肺炭疽、腸炭疽が知られている。潜伏期間は1週間以内である。毒性が強く、皮膚経由だと10%、肺炭疽が一番危険であるが、腸炭疽でも死亡率は50%あるといわれている。

兵器としては旧ソ連、米国でも研究されていたが、イラクでも製造されているといわれている。わが国でも、第二次大戦中にかの有名な731部隊が作ったようである。榴散弾に菌をまぶしておき、爆弾につめてそれを破裂させ、皮膚から感染することも期待しているようである。現在は煙霧状にして弾頭に詰め発射するようである。人間は芽胞を吸い込み肺経由で敗血症を起こし、1週間後に死亡する。菌を吸った場合は1日に多量の抗生物質の静脈注射をするが、菌が体内で長期間生存するので最低でも数週間注射を続ける必要がある。短期間多数の人に治療が必要となると十分な医療が得られなくなる。この原稿投稿時に米国フロリダ州で炭疽菌感染者が発見されて、テロとの関係を調査中と報道されたが、10月20日現在、全米で7名の感染者がいる。

4. 大腸菌群は指標にならない

撒かれた病原体の一部が直接あるいは地面経由で水に入る。どれぐらいの量が入るかは撒かれた量、地理的状况、水域の状况、水量、降雨の強度と程度

*摂南大学

Mitsumi KANEKO

などによって異なり、変数が多くて予測しにくい。ただ地域ごとに状況を把握すれば、撒かれた量に対応する最悪なシナリオは十分描ける。

水の微生物汚染の一般的指標である大腸菌群は、この場合はまったく適用できない。また通常の処理で行なわれる消毒（塩素、オゾン、紫外線、煮沸）では殺すことができない。凝集沈殿と砂濾過である程度は除去できるが、炭疽菌は大きさが0.5-2.5～1.2-10 μ mだから、それより細かい目の膜でないと駄目である。そうすると、わが国の大部分の浄水場では対処できない。該当する菌が水道水の中から見られなくなるまで、水道水を飲むことは中止しなければならない。

撒き方について言えば、弾頭で打ち込むだけではない。わが国は海に囲まれているから、ミサイルで打ち込まれないかぎり大々的に打ち込まれることはない。しかしときどきバズーカ砲みたいなのが使われるから小規模に弾頭が使われることはあるであろう。オウム事件のように小さい入れ物にいれて流す場合がもっとも考えられるが、量的にそんなに多量になるとは考えにくい。なぜなら、大量に培養するにはそれなりの施設が必要で、オウム事件以来おかしい集団が変な施設を作り出したらすぐ気付かれると考えられるし、それをバラ撒く時の装置、行動が目につきやすいからである。だから面積的にはごく限られた範囲になる。

5. 少量でも水道水による被害をもたらすことがある

水道の取水口に直接流す場合を考えると、この場合もそれほど多量に撒かれることはないと考えてよいだろう。化学物質でもそうであるが、多量の水に致死的な量を加えるには多量の物質が必要である。日本人が自ら作る場合はある程度多量に作れるが、外国人がこっそり持ち込んだり、作る場合は少量である。船でこっそり陸揚げする場合は多量なこととも可能であるが。

水道に毒を撒いて害を与えるのは、多量加えなくてはならないから実効的でないと意見があるが、これは違う。完全混合系ならそれは言えるが、押し出し流れ系では高濃度の時間帯ができる。テロリストは流量に連動して注入するわけではない。さっと放りこんで逃げるはずである。その高濃度の水を何人かが飲むことになる。

たとえば0.1 mg/ℓが致死濃度の物質の水量10万トンの浄水場に対する影響を考える。全量に対しては10 kgの物質が必要である。しかし1 kgならポリ瓶に入れて簡単に運べて注入できる。全体の量に対しては濃度が1/10になり効力が弱くなる。しかし、犯人は定量注入するわけではない。投入は瞬間的に行なわれ犯人は逃げる。押し出し流れでも濃度の幅ができるが、非常に高濃度の部分ができる。一番薄まりやすいのは浄水池であろう。浄水池が完全混合、1～2時間の滞留として、約1万トンに混ざるとする。約1万トンに1 kgが混ざるわけだから、濃度は0.1 mg/ℓとなり、ある程度の危険は生じる範囲である。浄水池の流れが1千トンに混ざる程度のものなら、100 ml飲んで完全に危険な濃度である。その1千トンの水を何人飲むかで被害の大きさが決まるが、1千万人も殺すことが可能な量である。

細菌について同様の考察をすると、細菌を高濃度培養すると、 $10^{10} \sim 10^{12}$ 個/ℓにするのは容易である。一方最小感染量については、病原性の強い微生物が選択されるから、1～10個体で感染が成立すると見てよい。炭疽菌は感染に多量の菌数が必要である。病原体濃度 $10^{10} \sim 10^{12}$ 個/ℓのもの1 ℓを投入しただけで、10万トンの水に均等に混ざっても $1 \sim 10^2$ 個/ℓとなり、すべての水が少量飲んだだけで感染レベルに達してしまう。まして瞬間的に投入した場合は、その水を飲んだら相当危険なレベルになる水塊ができることになる。

だから投入量が少量であっても、その量に見合った水量の水道取水口に投入すると、それを知らずに飲めば、確実にその給水区域に被害を与えることができる。病原体が水が運ぶから一発の弾頭を与える被害面積より広い範囲に早く確実に病原体をバラ撒くことができる。また犯人側から見れば一番効率のいいのは、小規模に実被害を一度与えておいて、あちこちに撒いたと風評を流すことである。たとえ撒いていなくても全国的なパニックになり、社会不安が一挙に高まるのは目に見えている。一番始末に悪いやり方である。

炭疽菌のほかに芽胞形成菌として恐いものに破傷風菌、ボツリヌス菌がある。ボツリヌス毒素は200グラムで10億人以上を殺すことができるという。体外毒素を含んだ食品を食べて死亡する例がときどき報告されているが、生菌が体内で毒を産生して死亡することがある。そのほかいろいろな細菌やウイルス

スが考えられる。感染経路や病状は病原体によって異なるが、対策を考える場合に考慮すべきことは基本的には同じである。

6. 微生物テロの共通的な特徴

微生物テロの共通的な特徴のうち、水道との関係が強いものをあげると；

- ①撒かれてみなければ、撒かれた病原体はわからない。
- ②大腸菌群、一般細菌数などの指標は使えない。
- ③撒かれた量を把握しにくい。
- ④病原体の毒性が強い。
- ⑤環境中および消毒抵抗性が強い。クリプトスポリジウムより始末が悪い。
- ⑥魚などの異常による監視はできない。

7. あらかじめすべきこと

できるかどうかは別として；

- ①防衛庁や警察庁などがどのような対策をとっているかなど、情報を入手・交換する。
- ②米国など、外国の対策情報を入手・交換する。明らかにテロに狙われている国や極秘であろうけれど自国で微生物兵器を作っているようなところではそれに対する対応策も考えているし、情報量も多いはずである^{1,2)}。我々の思いつかない情報が得られるかもしれない。

8. 水道関係者が考えておくべきこと

水道行政当局、事業体などがあらかじめ考えておくことの例として；

- ①緊張感をもつこと。厚生労働省の指示を真剣に受けとめて対策を考えること。事件が起きないと真剣にならないのがわが国の特徴であるので、当たり前のこの点が一番難しいかもしれない。
- ②水道システム全体にテロ対策を取り入れる。否応なくこれからはテロを考えなくてはならない。嫌な時代になったといって嘆いているだけでは駄目で、計画、設計、施設、維持管理すべての面で、テロ対策を考える。防ぎ切れるものではないが、被害を少なくすることができる。
- ③中央で、水道の病原体事件に対して、事態を把握できる組織を持つ。現在「水道におけるクリプトスポリジウム等病原微生物対策検討会」があるが、突発的な場合に対応できるようにしておく。

- ④あらかじめ考えられることは考えておく。例えば；病原体の種類、培養方法、環境抵抗性、消毒抵抗性、最小感染量、水処理システムにおける処理性などの情報を集める。

⑤暴露予測

- ・空中散布の時の水源への影響のパターンと結果を予測する。
- ・直接暴露の時の影響の度合いを予測する。

⑥事後対策

- ・どのように撒かれるか(空中散布か直接か)によって対応できるようにする。
- ・適切な処理での対応(限度はあるが)を考えておく。
- ・広報をすばやく行ない、混乱をできるだけ抑えるようにする。
- ・緊急給水システムを充実する。

(震災の場合と共通したところが多いが、緊急性と深刻度が違う)

- ⑦対応微生物(毒物に対しても)をモニタリングできるようにする。特殊な微生物や物質については、水道側で対応し切れない場合があるかもしれない。その時の対応の仕方も考えておく。

- ⑧消防、警察はもちろん下水道関係機関とも連絡を密にする。

以上は、微生物テロに対する対応を考えたものである。石橋を叩いて渡るような部分もあろうが、わが国の危機管理は甘いと言われることに鑑みて、一つの考え方を提示したものである。水道に対するテロは、浄水場、配水系統、ダムなど施設に対する破壊が考えられ、外国でいろいろ実例があるが、小生は微生物テロが一番始末が悪く、深刻な結果をもたらすと思う。破壊の場合は目に見えるし、水質が変わるわけではない。震災時と似ている。微生物テロは陰湿である。

テロ事件とほぼ同時にわが国では狂牛病が問題になっている。小生は狂牛病を水道と関連づけて考えていなかった。問題ないと思っていたからである。しかし、問い合わせがあったから、消毒抵抗性が強い病原体に対して根拠もなく安心して駄目と思って検討した。結論から言えば水道は心配ない。

9. 狂牛病プリオンの水道への負荷

狂牛病は、発生源がはっきりしているし、発生源を断つことができる。行政と関連業者の怠慢で、後手に回することはあっても、彼らもテロのようにこっ

そりと被害を与えるつもりはない。狂牛病（BSE）プリオン（以下プリオン）はクリプトスポリジウムより強い。埋土中で感染性が3年間で0.1～1％は残っている。だからもしプリオンが水の中に入れば、水によって伝達される。わが国のように家畜が囲われて飼育されていると、例え肉骨粉などの形でプリオン入りの飼料として与えられても、環境には出にくいし、食肉処理の場合も肉を汚染することはあっても、管理されているから環境に負荷を与えるとは考えられない。

もし水がプリオンに汚染される場合があるとすれば、食肉処理場の排水に含まれる場合と肉を不法に処理・投棄した場合である。しかしその場合でも心配するほどのことはない。確かにプリオンが水道水に多量に混入すれば、現在の水道の消毒レベルでは感染性を防ぎきれない。しかし汚染の流れから見て大量のプリオンが水中に混入するとは考えられない。

10. 水道水と狂牛病のリスク

それに加えて感染性が弱い。プリオン $10 \mu\text{g}$ は 10^{14} 分子に相当する。プリオンの ID_{50} （50％感染量）は 10^{13} 分子ぐらいであるから、感染するのにクリプトスポリジウムに比べて相当な量が必要である。マウスを使った用量－反応関係から、感染リスクは下記の負の指数関係がよく当てはまり、 ID_{50} とプリオン分子数、感染リスクの関係は表1のようになる³⁾。

動物から出て環境で希釈され、動物とヒトとのプ

リオン親和性の相違を考えれば、 10^8 分子の経口摂取リスクは 0.5×10^{-5} よりかなり小さいと考えてよい。最も大きいプリオンの塊は 10^5 分子と考えられ、マウスを使った用量－反応関係から判断して、2億人がそれぞれ1個を飲んだときに、1人が感染するリスクレベルである。別の表現をすれば、埋土の結果 BSE プリオンが地中から帯水層に達した水を、2ℓ 毎日飲み続けて ID_{50} （50％感染確率）に達するのに4500万年掛かる程度のリスクである。

プリオンは水に溶けない。粘着性があり生物性膜に付きやすいので、単分子で存在するというよりも塊状あるいは濁質に付いて存在する。だから水処理で除去しやすい。また、疫学的に水経由で狂牛病が生じたことが認められていない。

11. 水道水による狂牛病リスクはきわめて小さい

このように、環境へ混入する量が多くないこと、最小感染量が小さいことから、その結果、感染が成立するほど汚染されることはないこと、さらに多少の混入は処理によって最小感染量以下に減少できる可能性が大きいことなどから見て、現状では水道においては狂牛病は深刻な問題ではないといえる。もちろん家畜管理がルーズであればそれだけ環境への負荷が増大するから、狂牛病だけでなく、クリプトスポリジウムなど他の人畜共通感染症による水道への影響を考えて十分な家畜管理が行なわれることを期待したい。

表1

ID_{50}	プリオン分子数	感染リスク
1	10^{13}	0.5
10^{-5}	10^8	0.5×10^{-5}
10^{-8}	10^5	0.5×10^{-8}
10^{-13}	1	0.5×10^{-13}

$$P=1-e^{-rN}$$

参 考 文 献

- 1) The World's Water : Water Conflict Chronology : September 2000 Version.
- 2) Source Weekly, October No.36-37 (2001)
- 3) Gale, P. et al (1999) : Development of risk assessment for BSE in the aquatic environment, Journal of Applied Microbiology, 84, pp467-477