〈講座〉

ウイルスと水汚染 (VI)

Viruses and Water Pollution

丘 依 枢*

Yishu CHIU

水系ウイルスの伝播とコントロール

1. 水系ウイルスの伝播

下水や下水汚泥中のウイルスは、処理の過程を経て減少するがその一部はなお残存して感染源となる。ウイルス病の感染源としてはこの他に人間が排泄するし尿や生活の営みによって生じたゴミなどの廃棄物があげられる。いろいろな経路を通じて、これらの感染源に含まれているウイルスは、再び人間の体内に侵入し病気を引き起こす可能性を持っている。環境に排出されたウイルスは、水や空気の流れによって移動したり、ベクター (vector) と称される節足動物や鳥類によって遙か遠くまで伝播する。ベクターによる伝播としては、ベクターの体にウイルスが付着し、その移動によって運ばれるのが最も簡単な方式である。

しかし、ウイルスの多くは水によって伝播することが可能であり、以上のようなさまざまな伝播経路のうち、水系によるものは特に重要である。水に何らかの関わりを持つウイルスの主な伝播様式を図1に示す。図からわ

かるように、下水とその処理によって発生した汚泥、家庭のし尿やゴミ、これらはいずれも病原体を保持しながら、さまざまな経路を通じて、水源、農作物や魚介類、さらに空気に至るまで汚染を及ぼす。ウイルスに汚染されている水を飲用したり、汚染を受けた農作物や魚介類を食用にすると、ウイルスは適当な条件の下で人間に感染する。

糞便、下水、ゴミなど、各種感染源のうち最も注意を要するものは糞便であろう。いうまでもなく糞便にはウイルスがひんぱんに含まれている。特に熱帯地域では、子供の30～50%までが、年中、1種ないし多種のウイルスを含む糞便を排泄し、子供の糞便の半数以上が何らかのウイルスを含有している。糞便とともに排出されるウイルス、その殆んどが腸内ウイルスといっても差しつかえないが、暖かい地域の子供の1～2割は、腸内ウイルスの1種であるエコーウイルスを糞便に排出する。¹⁾

ところで、ウイルスを含む糞便を排泄するのは、ウイルスの腸管感染症状を呈している人だけにとどまらない。病気の種類によって異なるが、1人の発病者につきその

図1. 水系ウイルスの主な伝播経路

* 幹日本水道コンサルタント 〒160 東京都新宿区大久保2-2-6 Nihon Suido Consultants Co., Ltd. (2-2-6 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan 160)

背後では100人、1000人もの一見して健康で症状を呈していない不顕性感染者（inapparent carriers）が、同様にウイルスを含んだ糞便を排出する。なお患者においても、症状が消えた後もしばらくの間は、ひき続き糞便にウイルスを排出する。このような腸管感染のほか、呼吸器で伝染するウイルスも糞便に排出されることがある。

ウイルスは糞便に残存して数ヶ月もの長い間、活性を保ち続けることもあるが、普通はいろいろな媒体によってたちまち四方に伝播する。下水道が完備されていない地域や浄化槽が設備されていないところでは、便所に排泄されたし尿は、汲み取られ、処理されないまま処分されたり利用される。汲み取ったし尿を直接農地に散布し、肥料として利用するケースは、開発途上国に多く見られるが、この場合、農作物の病原体汚染は避けられないものとなる。また、し尿が栄養源として魚の養殖池に添加されることもあるがそのような場合はし尿に含まれているウイルスは魚に感染することになる。農村やキャンプ場では、素掘りの便所や単なるビット（pit latrine）にし尿を排泄するケースも少なくなく、し尿が土壤に浸透して、ウイルスの地下水汚染やさらには井戸水汚染をひき起こす。

病原体を含むという観点から、し尿に次いで重要なのは未処理の家庭下水であろう。下水道の整備されていないところでは、家庭の雑排水はし尿とは別に側溝に流される。これは、地下に浸透するか、あるいはそのまま流出して環境水域を汚染する。し尿を伴わない雑排水とはいえ、いろいろな洗浄排水を含むため、病原体を含有することに変わりはない。

下水道の整備されている地域では、家庭下水は収集され、さらに下水処理場で処理されて放流される。しかし、処理された下水でも絶えずある濃度のウイルスを含有している。米国テキサス州、Houstonの下水処理場での調査では、毎分 $(0.3 \sim 6) \times 10^6$ PFUのウイルスが処理下水に含まれて排出され、これは1日あたり $(0.4 \sim 9) \times 10^9$ PFUのウイルス量に相当する。²⁾

糞便や下水ほど深刻ではないが、都市ゴミもまた感染源である。都市ゴミには、厨芥や雑芥の他使用済みの紙オシメも含まれており、ウイルスなどの病原体を伝播する可能性がある。以前は、使い捨ての先端を切ってきた開発国にしか見られなかったこのような現象も、現在では他の国々にも現われるようになってきた。紙オシメが広く普及している米国での、都市ゴミに糞便で汚れたオシメがどの程度含まれているかについての調査結果、その割合は0.2%から2.5%の範囲で変動しているとの報告があった。このようなオシメの11%に、ポリオ3とエコー2ウイルスが検出された。³⁾

病院から出る特殊なゴミは、大体、焼却して安全化を計っているが、都市ゴミもこのように焼却すれば病原体を伝播する恐れはなくなる。しかし大気汚染が問題であり、他の処分方法として埋立や堆肥化が行われている。埋立処分の場合、埋立地に雨水が浸透して病原体が浸出液に伴って付近の水域を汚染する。

以上のように、いろいろな感染源からウイルスが伝播し、その結果、私達の日常生活に欠くことのできない飲料水や食物、あるいは食器などを汚染する。飲料水の汚染は、汚染された水が、直接飲用されるために特に厳重な注意が必要である。また、汚染された水で食器を洗うと、ウイルスは食器を媒介として人間に感染する。水道施設のない地域では、家庭用井戸などの使用によって感染をうけるというケースが少なくない。給配水系統の完備されている所でも、浄水場での消毒の不完全や給配水管のき裂で汚染を受ける。浄水場で十分な消毒が行われたとしても、給配水系統の末端で水圧が低下してサクションとなると、切れ目から汚れた水を吸引して水道水を汚染させてしまう場合がある。

流行性肝炎は水を伝播して感染することが多いが、米国マサチューセッツ州、Worcesterで1969～1970年に発生した流行性肝炎の疫学的調査の結果、上下水道管が老朽化しているうえ水圧が低いといった地域では、そうでない対照地域にくらべて疫病の発生件数が多かった。⁴⁾ 別の研究によれば、米国で、単に配水管への汚水浸入による流行性肝炎の発生件数は、1946～1974年の間に6件もあり、総患者数は177人にも達した。また、すべてがウイルスによるとはいえないが、同期間の同様な原因による消化器疾患の発生は9件で、総患者数は1312人であった。⁵⁾

水道による疫病の特徴は発生区域が給水区域に一致することである。給配水系統の末端で病原体の汚染を受けた場合は、その疫病は局部的なものにとどまるが、水源や給配水系統の上流で汚染をうけると、たちまちにして大流行の疫病に見まわれることとなろう。

ウイルスは飲料水のほか、農作物を通じて人間に感染する。し尿、下水や下水汚泥を農地に利用すると、病原体は土壤を汚染し、さらに植物の根と接触して適当な環境の下で組織内部に侵入する。その他ウイルスは植物の茎や葉に接した場合、そこから侵入することもできる。動物の細胞内でしか増殖しない動物ウイルスでも、種類によっては植物の表面ばかりでなく内部にまで侵入することも可能である。

処理下水の灌漑利用についてのある調査によると、灌漑を受けた野菜の25のサンプルのうち、2つにエンテロウイルスが検出された。⁶⁾ また、キャベツ、こしょう、トマト、それぞれに人為的にエンテロウイルスを感染さ

せた調査では、ウイルスは各々の野菜に4日、12日、18日間という長い間生存していた。⁷⁾このようなウイルスに感染している野菜を生で食用すれば人間もウイルスに感染し疾病をひき起こすことになる。

生活の営みによって生じた排水や廃棄物は、前述のような農地緑地利用や陸地処分他に、海洋処分も行なわれている。海洋への下水放流や汚泥投棄は陸地の感染源を単に海域へと移転したにすぎない。下水や汚泥の放流点付近で漁獲されたカキなどの魚介類にはウイルスの汚染が見られる。魚介類は数時間でウイルスを濃縮蓄積することができるので、放流点から遠ざかった水域でウイルスが希釈されたとしても、濃縮作用によって魚介類の体内により高い濃度で存在する。

米国のTexas Gulf 海岸のカキ養殖池でエンテロウイルス汚染のモニターが10ヶ月にわたって行なわれた。⁸⁾カキのサンプル数40のうち、14にウイルスの感染があり、その濃度はカキの肉100gあたり6～224 PFUであった。このときの水のウイルス濃度は試料水100ガロン(380ℓ)あたり4～167 PFUであった。なおこの他の5件の調査で水域にウイルスの検出がなかったにも拘わらず、カキにウイルスが検出されていた。魚介類に検出されているエンテロウイルスにエコーやポリオがある。しかしエンテロウイルスと同じように腸管系ウイルスに属する流行性肝炎ウイルスのほうが魚介類に関連ある病原体として世間を騒がせている。1955年スウェデンで流行性肝炎の疫病が発生し、630人の患者を出した。⁹⁾疫病の原因はウイルス感染のカキを食用したためであることが分かった。魚介類の媒介によっても流行性肝炎が発生するということがここで始めて裏付けられたことになる。米国では1961年メキシコ湾沿岸(Gulf Coast)で84人、¹⁰⁾ニュージャージー州および東北東部の各州で合計485人、また1964年ニュージャージー州南部およびペンシルバニア州のPhiladelphiaで193人、さらにコネティカット州で123人の患者が発生した。¹¹⁾沿海州では魚介類の摂取量が多いため、流行性肝炎も多く発生したのではないかと見られている。

他の病原体と同じように、ウイルスは飲料水や食物の摂取によって体内に侵入感染するほか、鼻から吸い込むことによって感染する。下水処理場の曝気槽から、そして下水散布のスプリンクラーからウイルスなどの病原体が泡沫に伴なって飛散している。スプリンクラーの風下40mで採取した空気サンプル12のうち、4つにエコー7型のウイルスが検出されていた。¹²⁾下水や汚泥の処理度合、気象条件、ウイルスを含んだエロゾルの走行距離などによって伝播感染の確率は異なるが、一般にエロゾルは長く空気中に浮遊し、また数kmも遠方に運ばれることができるので、その確率は非常に高いといえ

る。下水や汚泥の処理程度が低いほど、また近くに人口が密集しているほど、エロゾルによるウイルス感染のリスクが高い。

イスラエルでキブツと呼ばれている農村の生活共同体では、水資源不足のために下水の灌漑利用が盛んに行なわれている。下水灌漑の農作物の生食は禁止されており、食物による感染は問題がなかったが、エロゾルによる空気感染のほうは深刻であった。ある調査によると下水灌漑利用の区域は非利用の区域にくらべて流行性肝炎が2～4倍も高い率で発生している。またカゼで医師にかかった人は下水利用区域のほうが2倍と高かった。¹³⁾一口にカゼといってもいろいろなウイルスが関与しており、そのうちアデノウイルスは腸内ウイルスの1種として下水にもよく見出されるものである。

2. 疫学的所見

水系ウイルスのうち、疫学的に重要なのは何んといっても流行性肝炎やポリオ(急性灰白髄炎)の原因となるウイルスである。現在ではワクチンの使用によってポリオの疫病は以前ほど顕著ではなくなったが、開発途上国や未開発国では現在なお散発的に流行している。なお流行性肝炎に至っては病原体の培養法すら確立されていない現状において、水質管理や環境衛生が強化されない限り当分の間はこれまで通りに発生するだろう。上下水道や便所が完備されておらず、環境衛生の悪い地域では流行性肝炎もポリオも同様に流行しており、とくにポリオの場合では夏から秋にかけて幼児の間に多発する。

流行性肝炎は長い間、世界的規模で発生している。糞便汚染の飲食物によるほか、たびたび水系を通じて大規模に流行する。水系による流行性肝炎の大規模発生は大部分が公共水道の下水汚染に起因しており、そのうちでも良くひき合いに出されるのがインドのNew Dehliで1955年から1956年にかけての大流行である。¹⁴⁾この流行で数万人もの患者が発生し、不顕性感染者を入れると数百万人にも達するだろう。公共給水という文明がかえってこのような大規模な結果をもたらしたということは、いかにも皮肉である。都市給水の水源であるJamuna川の河川水が逆流したため、放流下水が上流側の取水口に流れ込み、その結果、水道の原水に下水が50%も混入した。浄水施設には故障がなく、塩素消毒もこれまで通りに機能していたが、病原体のほかに有機物も高い濃度で含まれていたため、ほとんど効果がなかった。その原因を察知し、塩素濃度を高めて消毒の強化を計ったが、チフスなどのバクテリア性の病気は防げたものの、ウイルス性である流行性肝炎のまん延をコントロールするほどには至らなかったのである。

米国では近年、年間数万人もの流行性肝炎患者が発生

しており、そのうちの約1%は明らかに飲料水が原因であるとされている。1961～1970年の10年間の発生件数は30件、総患者数は40万人であった。^{15), 16)}より古い記録では1945年夏ペンシルベニア州、Philadelphia近郊のキャンプ場で井戸水の糞便汚染で、参加者573人のうち、半数以上の350人が流行性肝炎に感染した。¹⁷⁾また1961年、冬から春にかけて北東部の州で流行が起き、数百人の患者を出し、その半数がはまぐりを生食したことに原因があると見られた。¹⁸⁾

流行性肝炎の集団的発生は日本においてもたびたび見られた。最近の1例では1977年6月、佐賀県の小学校で井戸水の汚染が原因で約490人が感染した。

つぎはポリオについて見てみよう。腸管感染のポリオは流行性肝炎以上に恐しいウイルス性の病気で、水系を通じて流行する。世界的規模でひんぱんに発生してきたこの種の疾病も近年では開発途上国にしか多く現われないようになってきた。開発途上国を主とするアフリカアジアおよびラテン・アメリカの1977～1978年の1年間のポリオ感染者数は8000万にも達し、そのうちの1万ないし2万は命まで失った。¹⁹⁾運よく一命をとり止めることができたとしても、腸管感染だけで済まないポリオウイルスがさらに運動神経の細胞に感染するとマヒという身体障害の後遺症を残すことになる。

日本もつい20年前までポリオの流行をたびたび経験してきたが、その後はだんだんと姿を消した。その経年的変化を眺めてみると1960年は大流行で全国で5600人の患者を出したが、ワクチンの使用により1962年は289人に激減した。なお1970年ではさらに10数人に減少、そして1976年からはほとんど消えてしまった。²⁰⁾

米国でのポリオの流行については1907年が記録の最初であろう。12年後の1929年にそれが水系によって伝染するということが推定された。1940年、下水汚染の水泳場を介して地域的に流行が起きた。²¹⁾その後の主な流行例を挙げると1952年ネブラスカ州Huskervilleで都市給水系統の欠陥によって汚水が水道水を汚染した結果45人の患者を出し、そのうち17人がマヒになった。²²⁾患者の多くは汚染個所に近い住民であり、遠く離れるにしたがって感染者数は減少した。この流行は塩素処理の強化でおさめることができた。また1959年アイオワ州Des Moinesで137人の患者を出し、そのうち52%がマヒを伴った。²³⁾その間、家庭下水や糞便を数週間にわたって調査した結果、ポリオウイルスが検出された割合は37.5～75.0%であった。

米国の隣の国、カナダでは1953年、アルバータ州のEdmondで75人のポリオ患者を出し、その後の疫学的調査で都市に給水している河川の水源が感染源であることが分かった。取水口の上流、3.6 kmのところに位置す

る下水処理場の塩素消毒装置が故障したため、このような事態を招いたのである。²⁴⁾

流行性肝炎やポリオほど深刻ではないが、プール熱（咽頭結膜熱）として広く知られている病気も水系によって伝染するウイルス性のものである。病原体であるアデノウイルス（主に3型）は毎年のように、とくに子供のプールを介して伝染している。日本での主な流行例を見ると、1959年横浜市保土ケ谷区内の子供プールで700名余りの患者が発生した。同じ区内の子供の間に1970年、再びプール熱が集団的に発生し、今度は800人以上もの患者が出た。²⁵⁾プール熱の他に流行性角結膜炎もアデノウイルス（8型）によってプールを介し、発生する病気である。アデノウイルスの他、プールで検出されているウイルスにエコー（6型、7型）やコクサッキー（B6型）がある。

伝染性下痢症とか非細菌伝染性胃腸炎（infectious nonbacterial gastroenteritis）とかいうように呼ばれている病気もウイルスによるものと推定されており、これも糞便の汚染によってひんぱんに水系を通じて特発的に発生している。流行性肝炎やポリオ、またはプール熱のように注目されていないが、この種の胃腸炎は水系の伝染病として最もひんぱんに発生しているのである。

3. 水系ウイルスのコントロール

水系ウイルスに起因する感染症を予防するためにはいうまでもなく環境衛生の向上、とりわけ便所の改善や上下水道の普及、さらに水質管理の強化を最も基本的な対策として考えなければならない。下水道が整備されていない区域では浄化槽を設置して水洗便所にしたり、素掘りの便所よりも水密性のものにするなどして最も重大な感染源である糞便が生活環境を汚染しないようにすることが肝要である。便所の設備が行き届いていないところでは、子供はとかく側溝や水路沿いで排便しがちであり、それが雨水に流れ、水域を汚染する。いろいろな調査によると便所の設備の改善で、いままでも多く発生していた水系伝染病が地域的に減少してきている。これは飲料水の水源ともなる水域環境がそれだけ病原体や病原菌を含んだ糞便の汚染から免れてきたことにほかならない。

安全な飲料水の供給もまたこれ以上に疫病の多発を防止してきた。しかし、水道の設備に欠陥があったり、消毒が不完全になったりすればいつでも再び疫病に見まわれる恐れがある。水道水の安全性は水道施設そのものよりも水質管理のあり方にかかっていると言える。塩素消毒を例にあげると、給配水系統の末端の残留塩素をおろそかにすれば、浄水操作によって水質基準が確実に守られたとしても安全な水が得にくい。なお、給配水管のき裂が避けられない以上、汚水の侵入を防止するために一

定の水圧を維持しなければならない。一定の水圧を保つことはコストがかかるが水質管理の一環として重要である。さらに配水管の修理に際しても汚染をうけ易いので工事後の通水時には十分な注意を要する。適切な水質管理はまた住居の蛇口にまで及ばなければならない。とくに高層住宅においては水は概して屋上の高置水槽を経由してきており、水槽の衛生管理や給水栓における水質検査が必要となる。

水道にはバクテリアの水質基準が設けられており、水質検査も定期的に行なわれているが、ウイルスについては何らの基準もない。水道水を介しての一切の感染症を予防するためには、バクテリアよりも耐性の強いウイルスについての水質基準を早急に確立するよう努力していくべきである。病原体に関する現行の水質基準はバクテリアについてのものであり、また給配水系統の末端まで消毒が行き届くように定められた残留塩素の濃度もバクテリアが主な対象である。したがってウイルスに対しては必ずしも有効とはいえない。

細菌学的水質基準に合格している各種の用水から往々にしてウイルスが検出されている。イスラエルで飲料水、プール用水、表流水、地下水の各種の水について調査した結果、155のサンプルのうち45にウイルスが含まれていた。なお糞便性の汚染指標となる大腸菌が検出されなかった試料水にもウイルスの検出があった。²⁶⁾ 大腸菌で代表される細菌学の指標はウイルスをコントロールするうえにおいて信頼性に疑問がある。そのため、各種の用水についてバクテリアとは別にウイルスに関する基準を設ける必要がある。一応のクライテリアとしては飲料水100ガロンあたり、またリクリエーション用水10ガロンあたり1PFU以下のウイルス濃度を保つべきであるという提案もなされているが、²⁷⁾ この方面の研究がもっと充実されることを望みたい。

水系ウイルスをコントロールするには、ウイルスの水質基準を設けると同時に、ウイルスの濃縮や試験方法の確立、さらに指標となるウイルスの選定にも取り組まなければならない。ポリオウイルスを指標として水系ウイルスに対する水の安全性を考える人もいるが、他種のウイルスにくらべてポリオウイルスは必ずしも強い耐性を持たず、ポリオウイルスが検出されない試料水からも病原性をもつ種々のウイルスの検出を見ることがある。ウイルス汚染の程度を包括的に推定する目的で用いられる指標ウイルスは消毒に強く、耐性があって広く水域に分布し、しかも検出し易いものを理想とする。指標ウイルスとしてよく論じられているものにコリファージがある。大腸菌を宿主とするコリファージは、10倍ないし1000倍もの高い濃度で腸内ウイルスと共に水中に存在し検出し易いウイルスである。コリファージはまた腸内ウイル

スに比べて消毒に強く、耐性がある一方、病原性をもたないという利点がある。しかし、コリファージも種類が多く、それらの検出に用いる宿主細菌に、多くの大腸菌のうち、どれを用いるかに問題がある。また塩素に対する耐性が大腸菌と大差ないという報告も多い。

現在の水質基準には、バクテリアに関する基準が組み込まれており、それが環境衛生の改善や上下水道の普及とあいまって、コレラやチフスといったような伝統的水系伝染病の防止に役立ってきたことは見逃せない事実である。ところでウイルスに関する水質基準は現在なお議論的であり、それが確立できれば毎年のように流行してきた流行性肝炎のようなウイルス性疫病をもコントロールすることができたであろう。

(原稿受理：昭和56年6月10日)

— 引 用 文 献 —

- 1) Rhodes, A.J. and C.E. VanRooyen (1962)
Textbook of Virology, 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, U.S.A.
- 2) Grinstein, S., J.L. Melnick and C. Wallis (1970)
Virus isolation from sewage and from a stream receiving effluents of sewage, Bulletin of the World Health Organization, 42 (2), 291.
- 3) Peterson, M. L. (1974)
Soiled disposable diapers: a potential source of viruses, American Journal of Public Health, 64 (9), 912.
- 4) Hoffman, A. M., T.C. Crusberg and B.J. Savionis (1979)
Viral hepatitis and hydraulic parameters: an alternative hypothesis, Archives of Environmental Health, 34 (2), 87.
- 5) Committee Report (1979)
Prevention of groundwater backflow into distribution systems, Journal American Water Works Association, 71 (2), 76.
- 6) Bagdasar'yan, G.A. (1964)
Sanitary virological examination of soil and vegetables in irrigation fields, Hygiene and Sanitation (translation of the Russian journal, Gigiena i Sanitariya), 29 (11), 36.
- 7) Grigor'eva, L. V., A. S. Gorodetskii, T. G. Omel'yanets and L.A. Bogdanenko (1965)
Survival of bacteria and viruses on vegetable crops irrigated with infected water, Hygiene

- and Sanitation (translation of the Russian journal, *Gigiena i Sanitariya*), 30 (10-12), 357.
- 8) Goyal, S.M., C.P. Gerba and J.C. Melnick (1979)
Human enteroviruses in oysters and their overlying water, *Applied and Environmental Microbiology*, 37 (3), 572.
 - 9) Ringertz, O. (1971)
Some aspects of the epidemiology of hepatitis in Sweden, *Post-Graduate Medical Journal*, 47, 465.
 - 10) Fugate, K.J., D.O. Cliver and M.T. Hatch (1975)
Enteroviruses and potential bacterial indicators in Gulf Coast oysters, *Journal of Milk and Food Technology*, 38 (2), 100.
 - 11) Chanlett, E. T. (1973)
Environmental Protection, P. 52, McGraw-Hill Book Company, New York, U. S. A.
 - 12) Teltsch, B. and Katzenelson, E. (1978)
Airborne enteric bacteria and viruses from spray irrigation with wastewater, *Applied and Environmental Microbiology*, 35 (2), 290.
 - 13) Katzenelson, E. and H. I. Shuval (1977)
Discussion on "Disease Risks of Occupational Exposure to Sewage," *Journal of the Environmental Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 103 (EE4), 746.
 - 14) Viswanathan, R. (1957)
Infectious hepatitis in Dehli (1955-1956) : a critical study, *Indian Journal of Medical Research*, 45 (Supplement №1).
 - 15) Sobsey, M. D. (1975)
Enteric viruses and drinking-water supplies, *Journal of American Water Works Association*, 67 (8), 414.
 - 16) McDermott, J. H. (1975)
Virus problems in water supplies, *Water & Sewage Works*, 122 (5), 71.
 - 17) Neeffe, J. R. and J. Stokes (1945)
An epidemic of infectious hepatitis apparently due to a water borne agent, *Journal of the American Medical Association*, 128 (15), 1063.
 - 18) Bancroft, P. M., W. E. Engelhardt and C. A. Evans (1957)
Poliomyelitis in Huskerville (Lincoln) Nebraska, *Journal of the American Medical Association*, 164 (8), 836.
 - 19) 鈴木敏, 横尾和伸, 坂川勉, 早瀬隆司, 八木美雄 (1981)
国際水道と衛生の10カ年計画, *水道協会誌*, 561, 29.
 - 20) 中村正 (1979)
公衆衛生学 講談社 サンエンティフィク
 - 21) 滝口洋 (1979)
ウイルスとその水汚染, *水処理技術* 20 (8), 61.
 - 22) Mosely, J. W. (1965)
Transmission of viral diseases by drinking water. *Proceedings of the Conference of Transmission of Viruses by the Water Route*, Interscience Publishers, New York, U. S. A.
 - 23) Wiley, J. S., T. D. Y. Chin, C. R. Gravalle and S. Robinson (1962)
Enterovirus in sewage during a poliomyelitis epidemic, *Journal Water Pollution Control Federation*, 34 (2), 168.
 - 24) Clarke, N. A. and S. L. Chang (1959)
Enteric viruses in water, *Journal American Water Works Association*, 51 (10), 1299.
 - 25) 児玉威 (1973)
水と腸内ウイルス, *水*, 15 (8), 31.
 - 26) Marzouk, Y., S. M. Goyal and C. P. Gerba (1980)
Relationship of viruses and indicator bacteria in water and wastewater of Isreal, *Water Research*, 14 (11), 1585.
 - 27) Melnick, J. L. (1971)
Detection of virus spread by the water route, *Proceedings, Thirteenth Water Quality Conference, University of Illinois, Urbana, Illinois, U. S. A.*