水道水の微生物汚染

金子 光 美

1. はじめに

わが国の近代水道は明治初頭のコレラ流行の対策としてスタートした。すなわち、水道はもともと感染症対策の要請に答えるシステムとして求められた。しかし大量の水を多勢の人々に供給するため、一つ間違えば病原菌をばらまく道具になってしまう。そのような例はハンブルグのコレラ、大牟田市の赤痢、湯ヶ原町の腸チフスの流行など多く見られる¹⁾。

しかし、一般的認識としては、わが国では水道水の塩素消毒を行うことが徹底したため微生物学的な汚染の問題は一応解決したと考えられている。その結果、塩素を入れさえすれば安全ということになり、そのことが水道に関する微生物的研究を衰退させた。そのため、外国において水道水中のウイルスに対する関心が高まる中で、わが国は水道水に関する微生物学的認識の低下、検査の技術と組織の弱体の中でとまどっているというのが筆者の実感である。

2. 水中ウイルスの検出の経過とアメリカの例

水道水中のウイルスに関心が寄せられるきっかけとなったのは、Coin らが1960年代の初頭にパリの水道水を検査してサンプルの9%から polio, coxsackie, echo の各ウイルスを分離したと報告したことにはじまる²⁾。それまでは、検査技術の未熟から、濾過性病原体などとブラックボックス視されていたウイルスに関する技術の進歩がようやく水中ウイルスにまでメスを加えるに至った。パリではCoinらの結果に基づいて消毒方

法の見直しが行われた。すなわち、ウイルスを考慮した消毒方法の見直しが相当以前に行われたのである。

この Coin らの報告に刺激されてアメリカで水道水中のウイルスの検査が行われるようになり、現在では水中ウイルス研究をリードしている。

アメリカで最初に水道水中のウイルスの存在が報告されたのは、1970年に New England で通常に処理した水を検査したサンプルの10%から腸管系ウイルスが検出されたというものである³⁾。そこで、USEPA の Clarke らが調査を開始し、水道水80サンプル中1つから polio 3 ウイルスを検出した⁴⁾。つづいて Hoehn らが、Virginia において、大腸菌群、濁度、残留塩素等が基準に合格している水129サンプル中5つから polio 1 ウイルスを検出した⁵⁾。

このような、水道水中にウイルスが検出されたことについて、採水から検査時にかけての混入汚染ではないかと疑われたが、少なくとも Hoehn らの調査は綿密な再検討の結果から、その可能性はなかったとしている。この論争の経過時点ころより、わが国でも水中のウイルスに関心が寄せられようになった。

EPA はさらにアメリカ全土54地区の水道水中のウイルス検査を行った。大半が凝集、沈殿、濾過、消毒を経る通常の浄水工程からの水である。200~1900ℓの多量の試水からウイルスの検出を試みたが、ウイルスは検出されなかった。O'Connor らも Missouri 州の Lexington で2年間、水源の Missouri 河と浄水の200以上のサンプルをメンブランフィルターで濾過し、BGM, RD, HEK, PMK の宿主細胞を用いて検査したが、原水で1.5~10PFU/380ℓという少量のウイルスを検出したものの、1900ℓを濾過した浄水の試料からは検出できなかった⁶⁾。この結果については、汚れている原水からウイルスの検出率が低いことから、検査方法にも問題があったのではないかとされている。

Stetler らは、トリハロメタン対策から、前処理から後塩素処理に切り換えた浄水場の原水は3~293PFU/380ℓと比較的汚染度は高いが、浄水からはウイルスを検出できなかったと述べている⁷⁾。

簡易な処理の水道で消毒が不十分な場合に消化器系感染症流行が生じ、かつ水道水からウイルスが検出さ

Mitsumi Kaneko

昭和31年 阪神水道企業団
34年 名古屋市水道局
38年 富山県立技術短期大学
44年 国立公衆衛生院
58年 摂南大学
工学博士 下水道協会誌優
秀論文賞

〔趣味〕 生物観察

* Microbiological Problems in Water Supply, 昭和61年 5月22日受理

れた例は多く報告されている。例えば Hejkal らは Texas 州 Georgetown で起きた胃腸炎の流行では飲用した塩素消毒済地下水(57~60m)から coxsackievirus B3 を分離している⁹⁾。

アメリカの研究者はウイルス汚染の実態を明確に捉えるため、水源が汚染されていてウイルスの危険度が高いと思われる地区をメキシコ、プエルトリコに求めて調査し、原水において20ℓ程度の検水から coxsackievirus B3, B4, B5, B6, poliovirus 1 などをも高い率で検出している。また通常の浄水工程からの浄水から、1.5mg/ℓぐらいの十分な残留塩素が存在してもウイルスが検出されている。これは原水の汚染度が高いほどウイルスが通常の水処理工程を通過する確率が高くなることを示している。

3. アメリカ以外のウイルス検出例

フランスではさきに述べた Coin らの調査ののちも多くの水道水中のウイルス検査報告例がある。例えば Foliquet らは残留塩素のある水道水中を調べた11%から enterovirus を検出している⁹⁾。また Agbalika らは Oise 河から poliovirus 2, coxsackievirus B4, B6, echovirus 7, 11, 18, 33を検出しているが、それを原水にして前オゾン処理、凝集、濾過、活性炭、後オゾン処理によって処理した水からは800~1000ℓ中にウイルスを検出できなかった¹⁰⁾。未発表データであるが、Vilagines はバリの水道水でウイルスを検出できなかったとしているが、Festy はガーゼパッドで6000ℓを濾過した819サンプル中6サンプルから poliovirus 1, 2, 3, coxsackievirus A, B4, echovirus 11 を検出している。

南アフリカやイスラエルのように水が足りなくて水の再利用をせざるを得ない国ではウイルスの研究が進んでいる。南アフリカの Nupen は通常の処理による浄水10ℓの100サンプル中5サンプルからウイルスが回収できたと述べている¹¹⁾。一方、徹底した処理を行って下水を飲用までに処理していることで知られている Windhoek 浄水場の117サンプル中1サンプルから1つの未同定の腸管系ウイルスを検出したが、これも採水中に混入した可能性が大きいと述べている。

Tyler は Wales で給配水中のウイルス調査を行い、553サンプル中16%に1 PFU/20ℓ以上のウイルスを検出したという¹²⁾。検出されたウイルスは、poliovirus 1, 2, 3, coxsackievirus B3, B5, echovirus 7, 11, 22 で60%が poliovirus であった。残留塩素が0.3mg/ℓ以上あったところでもウイルスが検出されている。彼女はこれは大雨ののち水の濁度が上昇したからだと推定している。

インドではかの有名な Delhi 市の肝炎の水系流行^{13,27)}以来ウイルスについてよく研究しており、Rao らは残留塩素0.2~0.8mg/ℓの水道水からもウイルスを検出しており、50サンプル中7サンプルからウイルスを分離している。

その他、カナダ、ソ連、ルーマニア、東独、オランダ、イタリー、スペイン、中国、インド、ガーナ、ノーフォーク島(南太平洋)などでも水道水中のウイルスが調査されている。

これら各国の水道水中のウイルスの調査例をみると、一般にみて、原水の汚染度が高くなく、浄水作業が十分に満足できるものであればウイルスは検出されなくなり、浄水作業にミスがあったり原水汚染度が高い(たとえ浄水作業にミスがなくても)とウイルス検出の確率が高くなることがわかる。

4. 水道水中のウイルス検出の困難性

ふん便1g 当たり約 10^8 の大腸菌群が存在し、腸管系ウイルスが15才以下の子供が感染して数日間~約6週間の感染期間に、ふん便1g 当たり 10^6 が排出されるとして¹⁴⁾、ふん便性大腸菌群とウイルスの比は生下水で7500:1~2,900,000:1、河川水で14,000:1~7,600,000:1 ぐらいといわれている。

このように排泄後、水で希釈されたウイルスは、さらに浄水過程で減少し低濃度になる。ゆえに水中のウイルスを検出するためには、まず多量の水からウイルスを濃縮しなければならない。膜で濾過、吸着する場合と凝集剤で吸着、沈殿させる場合があり、多量の水には前者が用いられる場合が多い。膜や凝集剤に吸着したウイルスを誘出、回収しなくてはならない。これらの技術が必要なことが水中ウイルスの検査の特徴であり、濃縮、回収の良否が検査の精度を左右する。

5. ウイルス汚染の指標

上述のように、ある条件下ではウイルスは水処理システムを通り抜ける可能性があるが、ウイルス汚染をウイルスを直接検査することによって監視することは時間と経費がかかる。ゆえに、病原菌に対して大腸菌群が指標となっているように、ウイルス汚染の指標が実務の点から必要である¹⁵⁾。

微生物汚染指標として現在一般的なものは大腸菌群、一般細菌があるが、ウイルス汚染まで含めて監視するためにその他、ふん便性大腸菌群、ふん便性連鎖球菌、22℃一般細菌、嫌気性菌(*Clostridium perfringens*, *Bifidobacteria*)、耐酸性菌(*Mycobacterium fortuitum*, *Mycobacterium phlei*)、細菌性ファージ(とくに *E. coli* ファージ)などが検討されている¹⁶⁾。大腸

菌群の基準を満たしていればウイルス汚染の心配は少ないという見解もあるが、大腸菌群はウイルス指標としては限られたものであるという意見が多い¹⁵⁾。そのため、上記のような指標が付加的に検討されている。

先に、大腸菌群とウイルスの比を示したが、このようにウイルスと細菌性指標の比に相当の変動幅がある。この変動は、ウイルスは感染者からのみ大量に排出されるが感染者の比率が変動すること、ウイルスと細菌の水中における消長が異なることおよび大腸菌のような指標菌は水中で増殖する場合がある、などによって生じる。Grabow らは一般細菌数がよい指標と述べているが¹⁷⁾、Berg らは指標細菌が検出されないことがウイルスが存在しないことを必ずしも示さない場合もあることを指摘している¹⁸⁾。多くの調査例をみても、ウイルスと指標細菌の間の関係は明確でなく、細菌的に安全と思われる水からウイルスが検出されている例は多い。

大腸菌ファージもウイルスの1種であり、動物性ウイルスと似ていることから、環境や処理における挙動、抵抗性がウイルスに近いとして、指標に推奨する人が多い¹⁵⁾。

指標を論ずるときは、指標を調べるためにどれぐらいの検水量を調べる必要があるかが重要である。IAWPRC のウイルスに関する Study Group では、大腸菌群を検査するときの検水量を増加すべきであると述べている。大腸菌群や大腸菌ファージの検査は容易であるから、もし指標として有効なら多量の水からそれらを迅速、簡易に検出する方法を考えることは、腸管系ウイルスを直接検査するよりもはるかに実務的である。

6. 残留塩素とウイルス生残の関係

残留塩素濃度が十分でなくて水道水からウイルスが検出されるケースは多いが、十分量存在してかつ濁度が低い場合でもウイルスが検出された報告も多い^{11),13)19),20)}。

Gerba らはアメリカの基準を満足しているサンプルの24%からウイルスを分離している²²⁾。Payment らは、Montreal の1つの浄水場を調べ平均の濁度0.4、遊離残留塩素0.8mg/ℓの場合に浄水からウイルスを検出している²²⁾。

一般に濁度1～2 mg/ℓ以下で遊離残留塩素0.4～1.0mg/ℓで30分間接触させることが必要であるといわれている^{23)～25)}。

水処理プロセスの少しのミスがウイルスの通過につながる。ゆえに、水質測定時には水質が良くても、測定時以外のミスによる水質の一時悪化が見過ごされ

て、ウイルスが処理システムを通過する可能性がある。微生物系の指標は連続測定に馴染まないから、濁度、残留塩素を連続的に測定することが望ましい。

7. 水処理プロセスとウイルス除去

水処理におけるユニットプロセスとウイルス除去については報告例が多く、いろいろな総説があるが、およそ表1のごとくである。

凝集沈殿は適正に行われれば99%の除去率がある。同じ原理が検査において水中のウイルスを濃縮するのに用いられる。濾過については、緩速濾過が急速濾過より効果があるが、凝集沈殿まで含めれば急速濾過法の除去効果は緩速濾過に匹敵する。

塩素消毒については6で述べたが、浄水システムにおける最後の微生物的安全保証プロセスが消毒であり、当然のことながらももっともウイルスに対して効果がある。塩素よりオゾンの方が効果があることは一般に知られている¹⁾。

各処理プロセスにおけるウイルスの挙動と大腸菌群はじめ各種の指標の挙動が異なり、ウイルスの方が除去され難いのが一般的である。Gerba らは大腸菌ファージや指標細菌が98%除去されたのに、ウイルスの方が除去率は81%であったと報告している²²⁾。

ウイルスの種類によっても挙動が異なる。たとえば rotavirus は凝集や濾過では enterovirus ほど除去されない²²⁾。reovirus は enterovirus よりよくそれらによって除去される²²⁾。

また、実験室で培養して得たウイルスを除去するときの様子と実際の場におけるウイルスの挙動とが異なることも指摘されている。実際の水ではウイルスはウイルス同志が凝結したり、浮遊物に埋棲していて、消毒に抵抗性を示す。

表1 水処理プロセスによるウイルス除去率

プ ロ セ ス	除去率 (%)
普通沈殿	0～ 20
凝集沈殿	90～ 99
活性炭吸着	10～ 99
軟化 (石灰)	10～ 70
軟化 (過剰ソーダ灰)	90～>99.9
緩速砂濾過	22～ 96
急速砂濾過 (凝集沈殿を含む)	98～ 99.9
珪藻土濾過	0～ 20
活性汚泥法	75～ 99
散水濾床法	0～ 85
酸化池	0～ 96
塩素処理	90～>99.99

8. 疫学調査の必要性

前述のように水道水中からウイルスが検出された例は多いが、はたしてウイルスは危険であるのか。WellingsらはFloridaの移住労働者の胃腸炎の流行時に、塩素処理した地下水原水の水道水より echovirus を検出している²⁶⁾。Georgetown (Texas) では住民の77%が胃腸炎にかかったとき、塩素消毒した地下水から coxsakievirus B3 が検出されている²⁸⁾。このような例は多い。もっとも典型的なのはインドの Dehli で、1955年から1956年にかけて非A、非Bと推定される Hepatitis (肝炎) ウイルスによって約3万人が肝炎に罹った事例である²⁷⁾。

起病性があることが確実なウイルスが飲料水から検出され、ウイルス感染症の流行も確認されているから、水道水にウイルスが存在することは好ましくない。しかし、水道水からウイルスが検出されたからといって、そこで感染症の流行があるとは限らない。要するに、低濃度で存在するウイルスは危険なのか、換言すればウイルスの許容濃度はどれぐらいかが問題となる。

現在は、最少感染量は1 PFU、すなわち1単位のウイルスでも感染が成立する可能性があるという立場をとることが、ウイルス対策を考える場合の前提とすることが多い。これは必ずしも1単位量の摂取で感染が常に成立するというのではなく、最少感染量が1 PFUである場合もあるということから、安全を見込んだものである²⁸⁾。

水道水中のウイルス濃度は低く、かつ最少感染量も低いことから、低濃度感染伝播説というのがある。すなわち、低濃度のウイルスでも摂取した人は感染し、爆発的流行にならなくてもウイルス感染症の源となって伝播していくというものである。この説は必ずしも受け入れられているわけではない。現在は水中ウイルスに関連する疫学調査の感度がきわめて低いので、低濃度感染伝播説が仮説として生じ、かつそれを完全に否定できない。

疫学調査の感度が低いのは主として、水中ウイルスと関連する病気の報告例が少ない、感染者の中で臨床的所見が得られる場合が少ない、100種以上ある腸管系ウイルスによって惹き起こされる病気の症状が明確に区別できない場合が多い、潜伏期が長い、人から人への二次感染がある、などの理由による。

WHO 専門委員会では100~1000ℓ中にウイルスを検出しないことという勧告をしている。通常の水処理を正しく管理していれば間違いないという意見や、最少感染量が1 PFU というのはかなり安全を見込んでいるという意見も実情に合わせれば相当確からし

い^{29),30)}。

水起因の感染流行として疫学的にはっきりしているものは、A型肝炎ウイルス(HAV)、Norwalk 様因子と rotavirus のような胃腸炎を起こすウイルスに限られている。しかも、アメリカの例では、肝炎の全ケースのうち水起因のものは1%にすぎないという³¹⁾。疫学調査の感度が高くなれば、この比率はもっと高くなることが予想される。HAV に関しては、検出が困難なため、水処理プロセスにおける挙動がよくわかっていないが、塩素に対する抵抗性は相当強いようである³²⁾。

Norwalk 様因子はアメリカの胃腸炎流行の大きな原因であり、処理の不十分な水道水に起因する例が多い^{33),34)}。しかし、検査に用いる宿主細胞によいものがないので、水処理との関係は調査しにくく、不明な点が多い。

rotavirus は reoviridae 科に属すもので、世界中で幼児の胃腸炎の原因となっている。多くの国で水起因の感染流行を惹き起こしていると考えられており、水道水中からも検出されている。

わが国では、水中ウイルスの研究が組織立って行われておらず、水道水中のウイルスを検出した報告事例はない。しかし、水起因と思われる発症事件は、佐賀県基山町のA型肝炎発生³⁵⁾のように、井戸水、簡易水道において時々みられる。しかし、正しく管理されている水道からの流行例は聞かれない。だからといって、調査をしていない段階では、現在全くウイルスに対して安全とも言い切れない。

9. ウイルス以外の問題

残留塩素が基準値以上存在していれば、水道水中には全く微生物が存在しないと思っている人が多い。消化器系感染症を惹き起こす病原菌が一般に存在しなくなるだけであって、いままで述べたウイルスのほか、細菌でも、塩素に耐性を示す細菌、芽胞を形成するものあるいは莖膜や粘液性分泌物に覆われるもの、また配水システム内のさびこぶやスライム中に埋棲しているものが生き残ることがある。これらはパイプ、パッキンの劣化、給配水管中の水、停滞部の水の水質悪化をもたらす。

衛生的に特に問題になっているものに *Campylobacter* と *Legionella* がある³⁾。*Campylobacter* は食中毒の原因であるが、1982年札幌のスーパーで開店早々水起因と思われるこの菌による患者が多発し話題を呼んだ。それ以後あちこちでこの菌を水中より検出したというのを聞く。*Legionella* は在郷軍人病の原因で、一時はペストの再来かと騒がれたこともあるが、土壌に常住している菌で、クーリングタワーや空調設備の水

と感染と関係があるといわれている。

種々の菌がウイルス汚染の指標として検討されていることは5で述べたが、それらの菌は同時にし尿汚染一般および給配水システムの微生物的安全性の指標として扱うことができる。

10. 費用便益

わが国においては、たとえウイルスなどが危険な因子であっても、現在の水処理体系を維持すれば、水源が現状より悪化しないことを前提とすれば、現在程度の安全性は維持できるはずである。ゆえに、まず水源を保全することが最優先である。次に、ウイルスを問題にするということは現在より安全性を高めるということである。水の含有成分の危険度は相対的なものであり、全く有害成分を含まない水は自然水を取水している以上ありえない。ウイルスが感染力があるということすべての量の水にウイルスは含まれてはならないとか、費用便益を考えよということと健康を金でごまかすのかと文句をいう人が案外と多い。

危険度がわかり難い程度に含まれているものほどそれを評価する場合、ウイルスだけに限らず、実態をよく調査したうえで、費用便益分析をする必要がある。ウイルスを検査し、監視するには費用がかかる。さらに、ウイルスに対して安全にしようと思えば思うほど費用がかかる。トリハロメタンなど消毒剤との反応生成物などのことも考慮して、処理プロセスを見直し、監視を強化しなければならない。費用をかけた分だけの便益がなければ、交通事故をなくすには自動車をなくせということになりかねない。すなわち、現状の安全度をどう評価し、高度社会のニーズに応じてどの程度まで高品質化するかということである。

11. おわりに

微生物は生きものであるから、いつ新しい危険な微生物が生じ、伝播するとも限らない。日和見感染¹⁾のように今まで安全だったものが病原菌として登場することもある。微生物とヒトとの関係はこのように流動的なものであるから常に注意が必要である。その注意力を保存しておかなければならない。

また、両者の関係は場所によって異なるから、外国の技術援助をする時、その点を注意する必要がある。例えば、わが国では輸入感染症として問題となる程度であるが、世界的に、とくに発展途上で発症例数の上位にランクされているものに *Giardia lamblia* (ランブル鞭毛虫) によるギアルディア症という下痢性疾患がある。

水道の立場より主としてウイルスについて概観して

きたが、すべての面についてこれから解明されるべき点が多い。塩素の強力な酸化力によって、水道水の微生物的研究も分解されてしまったような現状であるが、未知の点を有機的に調査する体制ができる土壌を作ることが必要であると痛感している。

文 献

- 1) 萩原耕一, 金子光美, 中村文雄, 葛原由章, (1985) 水質衛生学, 光生館
- 2) Coin, L., M.L. Menetrier, J. Labonde and M.C. Hannoun (1965) Modern microbiological and virological aspects of water pollution, *Advances in Water Poll. Res.* Pergamon Press, Oxford.
- 3) Mc Dermott, J.H. (1974) Virus problems and their relation to water supply, *J.Amer. Water Wks. Assoc.* **66**, 693-698.
- 4) Clarke, N.A., E.W. Akin, O.C. Liu, J.C. Hoff, W.F.H. Hill, D.A. Brashear, and W. Jakubowski (1975) Virus study for drinking Water Supplies, *J.Amer. Water Wks. Assoc.* **67**, 192-197.
- 5) Hoen, R.C., C.W. Randall, F.A. Bell Jr. and P.T.B. Shaffer (1977) Trihalomethanes and viruses in a water supply, *J. Environ. Eng. Div.*, **103**, 803-814.
- 6) O'Connors, J.T., L. Hemphill and C.D. Reach (1982) Removal of virus from public water supplies, Rep. PB 82-230-327, Nat. Tech. Infor. Serv., Springfield, VA.
- 7) Stetler, R.E., R.L. Ward and S.C. Waltrip (1984) Enteric virus and indicator bacteria levels in a water treatment system modified to reduce trihalomethane production, *Appl. Environ. Microbiol.* **47**, 319-324.
- 8) Hejkal, T., B. Keswick, R. LaBelle, C. Gerba, Y. Sanchez, G. Dreesman, B. Hafkin and J.K. Melnick (1982) Viruses in a community water supply associated with an outbreak of gastroenteritis and infectious hepatitis, *J.Amer. Water Wks. Assoc.*, **74**, 318-321.
- 9) Foliquet, J.M., P. Hartmann, F. Agbalika, J.C. Joret and D. Rolland (1981) Newsletter edited by Clarke.
- 10) Agbalika, F., P. Hartmann, J.C. Joret, A. Hassen and M. Bourbigot (1984) Study of indigenous virus removal at different stages in an industrial treatment plant producing drinking water from river water, IAWPRC Conf. Amsterdam.
- 11) Nupen, E.M. (1982) Viruses in renovated water, In *Viruses in Water*, G. Berg et al Eds., APHA, Washington D.C.
- 12) Tyler, J.M. (1982) Viruses in fresh and saline waters, In *Viruses and Disinfection of Water and Wastewater*, M. Butler et al. Eds. Univ. Surrey.
- 13) Rao, V.C., S.V. Waghmare and S.B. Lakke (1981) Detection of viruses in drinking water by concentration on magnetic iron oxide, *Appl. Environ. Microbiol.*, **42**, 421-426.
- 14) Grabow, W.O.K. (1968) Review paper, The virology of waste water treatment, *Water Res.*, **2**, 675.
- 15) Berg, G. and T.G. Metcalf (1978) Indicators of viruses in waters. In *Indicators of Viruses in Water and Food*. Eds. by Berg, G., Ann Arbor Science. 267-296.
- 16) IAWPRC Study Group on Water Virology (1983) The

- health significance on viruses in water, *Water Res.*, **17**, 121-132.
- 17) Grabow, W.O.K., J.S. Burger and E.M. Nupen (1980) Evaluation of acidfast bacteria, *Candida albicans*, enteric viruses and conventional indicators for monitoring reclamation systems, *Prog. Water Technol.*, **12**, 803-817.
 - 18) Deetz, T.R., E.M. Smith, S.M. Goyal, C.P. Gerba, J.J. Vollet, L. Tsai, H.L. Dupont and B.H. Keswick. (1984) Occurrence of rota- and enteroviruses in drinking and environmental waters in a developing nation, *Water Res.* **18**, 567-572.
 - 19) Keswick, B.H., C.P. Gerba, H.L. Dupont and J.B. Rose (1984) Occurrence of viruses in treated drinking water, *Appl. Environ. Microbiol.*, **47**, 1290-1294.
 - 20) Shaffer, P.T.B., T.G. Metcalf and O.J. Sproul (1980) Chlorine resistance of poliovirus isolant from drinking water, *Appl. Environ. Microbiol.* **40**, 1115-1121.
 - 21) Gerba, C.P., J.B. Rose, G.A. Toranzos, S.N. Singh, L.M. Kelley, B.Keswick and H.L. Dupont (1984) Virus removal during conventional drinking water treatment. Project Report, Grant CR 809331010, USEPA.
 - 22) Payment et al (1984) Virological examination of drinking water, A Canadian collaborative study, *Can. J. Microbiol.*, **30**, 105-112.
 - 23) Amer. Water Works Assoc. Committee (1979) Committee report : Viruses in drinking water, *J.Amer. Water Wks. Assoc.*, **71**, 441-444.
 - 24) World Health Organization (1984) Guidelines for drinking water Quality Vol.1, Recommendations, WHO, Geneva, Switzerland.
 - 25) 金子光美, 五十嵐秀子 (1981) 水中ウイルスの塩素による不活化, 水道協会雑誌, **556**, 72-83.
 - 26) Wellings, F.M., A.L. Lewis, C.W. Mountain and L.V. Pierce (1975) Demonstration of virus in groundwater after effluent discharge onto soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, **29**, 751-757.
 - 27) Dennis, J.M. (1959) 1955-1956 Infectious Hepatitis Epidemic in Delhi India, *J.Amer. Water Wks. Assoc.* **51**, 1288.
 - 28) Plotkin, S.A. and Katz, M. (1967) Minimal infective doses of attenuated poliovirus for man, *Jour. APHA*, **57**, 1837.
 - 29) Minor, T.E. et al, Human infective does for oral poliovirus type 1 vaccine infants, *J.Clin. Microbiol.* **13**, 388-389.
 - 30) Ward, R.L. and E.W. Akin (1984) Minimum infective dose of animal viruses, *Crit. Rev. Environ. Control.*, **14**, 297-310.
 - 31) Batik, O., G.F. Craun, R.W. Tuthill and D.F. Kraemer (1980) An epidemiologic study of the relationship between Hepatitis A and water supply characteristics and treatment, *Amer. J. Publ. Hlth.* **70**, 167-168.
 - 32) Peterson, D.A., T.R. Hurley, J.C. Hoff and L.G. Wolfe (1983) Effect of chlorine on infectivity of hepatitis A virus, *Appl. Environ. Microbiol.* **45**, 223-227.
 - 33) Kaplan, J.E., R.Feldman, D.S. Campllell, C.Lookabaugh and G.W. Gray (1982) The frequency of a Norwalk-like pattern of illness in outbreaks of gastroenteritis. *Amer. J. Publ. Hlth.* **72**, 1329-1332.
 - 34) Kaplan, J.E., R.A. Goodman, L.B. Schonberger, E.C. Lippy and G.W. Gary (1982) Gastroenteritis due to Norwalk virus : an outbreak associated with a municipal water system, *J. Infect. Dis.* **146**, 190.
 - 35) 石井勲 : 基山肝炎の発症要因とし尿浄化槽・浄化そう・コミプラ12, 1 (1981), 13, 1 (1982)