



技術情報

VOL.13 NO. 1 1989

ウイルスを指標としたプール水の塩素消毒

はじめに

遊泳中、目や口に水が侵入してくることは避けられないので「飲む水で泳ぐ」という考えがプール水の衛生管理に大切です。プール水は絶えず遊泳者により汚染され続けているので、常に一定の塩素濃度を維持し、迅速に消毒を行なうことが遊泳者の安全を図るうえで必要となります。又、温水プールの普及により、夏季に限定されていたプール水を介する伝染病の予防対策が年間を通じて必要となりました。

近年、ウイルスに関する検査技術の進歩に伴い、各種のウイルスによる水系感染が明らかにされつつあります。A型肝炎ウイルスによる流行性肝炎、ノーウォークウイルスやロタウイルスによる急性胃腸炎、アデノウイルスによる咽頭結膜熱などは、疫学的かつ病因学的に証明されています。その他にも、水系伝播される可能性のあるものとしてエンテロウイルスをはじめとして100種類以上のウイルスが知られています。

ウイルスに感染した人は、症状の発現の有無に関係なく、感染後数日から数十日間にわたり、し尿や目、鼻、のどの分泌物からウイルスを排せつします。従って、伝染性の病気にかかっている人の遊泳を禁止していても、消毒が不十分なプール水でウイルス感染を防ぐことは困難と考えられます。

現在、プール水の塩素濃度は、遊離残留塩素において、0.4 ppm 又は総残留塩素において1.0 ppm 以上でなければならないとされています。しかしながら、この値は大腸菌を用いた殺菌試験の結果から設定されたもので、塩素に対する大腸菌の耐性がウイルスの耐性に比べてかなり低いため問題となっています。更に、他の飲料水や食品と同様にプール水の微生物学的安全性の指標として用いられている大腸菌群数についても、同様の理由で

ウイルス学的に信頼性のある指標菌とはみなされていません。

もともと生物としての特性が異なる細菌とウイルスを一つの指標で済ますことには限界があります。そこで、微生物学的安全性の拡大を図るにはいかにしたら良いかを考えていくために、塩素によるウイルス不活化についての基本的な事柄をプール水を中心にまとめてみました。

ウイルス不活化

ウイルスの基本的な構造は、一種類の核酸とこれを取り巻くタンパク質からなり、種類によっては、これに脂質と炭水化物が加わります。ウイルス不活化とはウイルスの示す感染性、細胞毒性、免疫原性、干渉能などの生物学的活性が失われることをいいますが、プール水の消毒を目的とした場合、その感染性がなくなることを指しています。

有効塩素の消毒効果は、その酸化作用にあります。ウイルスが酸化作用をうけると、外側のタンパク質が破壊され、それに被われた核酸が外界の分解酵素の作用を受け、感染性が失われると考えられています。

塩素のウイルス不活化効果を検討する手順として、(1)精製したウイルスと塩素消費のない水を用いて、塩素の効果はウイルスにのみ及ぶ条件下で調べる。(2)現実に存在する種々の挟雑物を加えその影響を調べる。(3)現場の水でその効果を検討する、といったことが必要になります。

ウイルスの塩素に対する抵抗性

ウイルスの水中での抵抗性は、水温、pH、水質などの条件で異なってくるので、消毒薬に対する抵抗性を比較する場合厳密な条件設定が必要です。表1に塩素消費のない緩衝液(pH 7.0、水温25℃)で、遊離塩素濃度0.5 ppm とした時の、12種

類のウイルスの99.9%不活化達成時間（1,000のウイルスのうち999が不活化されるのに要する時間：不活化時間と略）を比較してみました。不活化時間が30秒以内のものは、アデノ3、7型、エンテロ70型、コクサッキーA24型で幸いにも眼疾患を起こすウイルスは比較的塩素に対する抵抗性が弱い部類に属します。30秒から1分を要するウイルスにはポリオ1型が含まれ、コクサッキーB5型では、2分以上を要します。この様に同じウイルスでも塩素に対する抵抗性が異なるわけですが、その原因としてウイルス構造の違いや、凝集性の違いが考えられています。また、これらの結果から、ウイルスを対象としたプール水の塩素消毒について検討してゆく場合、咽頭結膜熱など眼疾患起因ウイルスより抵抗性が強く、かつ取り扱いが比較的容易なポリオ1型ウイルス（ワクチン株）を対象にするのが適当と考えられます。

表1 遊離塩素0.5ppmによる各種ウイルスの99.9%不活化達成時間（pH7.0、水温25℃）

ウイルス	99.9%不活化達成時間(分)
アデノ7型	< 0.1
エンテロ70型	0.1
アデノ3型	0.1
コクサッキーA24型	0.5
エコー7型	0.6
ポリオ1型	0.8
コクサッキーB4型	1.1
エコー6型	1.2
エコー11型	1.2
コクサッキーB3型	1.4
ポリオ2型	1.6
コクサッキーB5型	2.3

塩素のウイルス不活化に対する影響因子

塩素のウイルス不活化作用に影響を与える因子として、水温、pH、塩素消費物質、懸濁物質などがあげられます。

水温が高くなると、拡散速度や化学反応速度が増し、塩素の消毒効果も高まります。ポリオ1型ウイルスでは、遊離塩素0.5ppmで水温が20℃の場合の不活化時間が1.1分であるのに対し、30℃では、0.3分となります。

pHが変わると遊離塩素の化学的状態も変化することが知られています。pHが4～6ではそのほとんどがHOClの状態なのに対し、pH9～10

ではほとんどOCI⁻となります。pHによってウイルス自体の感受性も異なってきますが、HOClの方がOCI⁻よりウイルスの不活化力が10倍から100倍ほど強くなります。しかしながら、ウイルスによっては酸性になると凝集などにより抵抗性が増すものが多く知られています。例えば、ポリオ1型ウイルスの遊離塩素0.5ppmによる不活化時間は、pH6で2.4分、pH7で0.8分、pH8で1.2分となります。塩素消毒の場合pHが低い方が良いと考えられがちですが、ウイルス不活化を考慮した場合必ずしもそうとは言いきれず、中性付近が一番無難と思われる。

塩素消費物質として最も注意が必要なものは、アンモニアや有機性窒素化合物です。遊離型の塩素は窒素成分と反応して結合型となります。結合塩素のウイルス不活化効果は非常に弱く、ポリオ1型ウイルスの不活化時間は、1ppmで3時間以上、10ppmでも10分以上を要します。実際のプール水でもアンモニア性窒素がかなりの量含まれて、何度測定しても遊離塩素がほとんど認められない例がありますが、その様な状態の水ではウイルスの不活化がほとんど期待できませんので注意が必要です。

ウイルス粒子は、直径が20～300nmで細菌と比較しても非常に小さいため、水に濁度が認められると、濁質に埋棲し塩素の作用が及ばない可能性があります。濁度がある場合とない場合とでは塩素のウイルス不活化効果が10倍以上異なるという報告もあり、できれば濁度は1以下にすることが望まれています。

シアヌル酸の影響

シアヌル酸（イソシアヌル酸）は、遊離塩素の紫外線による消耗を抑えるためにプール水などの開放系の消毒に利用されています。また、塩素剤として使い易いことから塩素化イソシアヌル酸を消毒薬として用いている施設も多いようです。しかしながら、シアヌル酸が塩素の殺菌作用を抑制するという報告も多く、愛知県では塩素剤としての使用のみが認められ、シアヌル酸濃度も50ppm以下とするよう指導されています。

ウイルス不活化に及ぼすシアヌル酸の影響をまとめると以下の様になります。表1に示した条件にシアヌル酸30ppmを加えると、いずれのウイル

スも不活化時間が5倍から30倍近く延長され、遅いものでは30分以上の反応時間を要します。この影響は、水温、pH、水質などの条件が変わっても同程度に認められるので、シアヌル酸を使用しているプール水では、塩素のウイルス不活化に対する影響因子について一層の注意が必要となります。ただし、結合塩素に対しては全く逆の作用を示します。表2に、アンモニアを加えて結合型の塩素とした場合のシアヌル酸の影響を遊離塩素のそれと比較してみました。1 ppmの結合塩素によるウイルス不活化に要する時間(187分)がシアヌル酸100 ppmにより約3分の1の51分に短縮されます。しかしながら、この作用もより迅速な効果が要求されるプール水の消毒には適当ではないと考えられます。

表2 遊離ならびに結合塩素(1 ppm)によるウイルス不活化に及ぼすシアヌル酸の影響

シアヌル酸濃度 (ppm)	99.9%不活化達成時間(分)	
	遊離塩素	結合塩素
0	0.5	187
25	2.4	105
50	2.5	76
100	4.2	51

実際のプール水を用いた実験では、シアヌル酸が存在する水の方が、そうでない水よりもウイルス不活化に時間を要することが解っています。しかし、これらのプール水でも遊離塩素濃度を1 ppmとすれば5分以内にはほとんどのウイルスが不活化されます(表3)。シアヌル酸を用いても常に遊離塩素濃度を一定以上に保てば、遊離塩素濃度が基準値以下のプール水よりは遥かに優れたウイルス不活化作用を示すものと思われる。

プール水からのウイルス分離

ウイルスは、細菌とは異なりプール水中に常在するわけではありません。ウイルスに感染した人により汚染された時にのみ存在する可能性があります。従って、今のところ人の糞便汚染の指標細菌として用いられている大腸菌群などにより、その安全性を推定せざるを得ません。今までに実際のプール水からのウイルスが分離されたという報告は10例程ですが、その中には遊離塩素濃度が0.4 ppm

表3 実際のプール水を用いたポリオ1型ウイルスの不活化(水温25℃、遊離塩素濃度1 ppm)

プールコード	使用薬剤	各反応時間におけるウイルス生存率(%)					
		20	40	60	90	120	180秒
K-1	HOCl ^a	0.00	—	—	—	—	—
2	〃	— ^c	—	—	—	—	—
3	〃	—	—	—	—	—	—
4	〃	0.00	—	—	—	—	—
5	〃	0.01	—	—	—	—	—
6	〃	—	—	—	—	—	—
7	〃	—	—	—	—	—	—
8	〃	0.01	—	—	—	—	—
9	〃	—	—	—	—	—	—
10	〃	—	—	—	—	—	—
I-1	Cl ₂ Cy ^b	0.78	—	—	—	—	—
2	〃	7.67	0.78	0.88	0.00	—	—
3	〃	19.44	2.17	0.30	0.01	—	—
4	〃	9.44	0.92	0.11	0.03	0.06	0.00
5	〃	5.03	0.44	0.10	0.00	0.01	—
6	〃	9.72	1.22	0.44	0.03	0.01	—
7	〃	9.44	1.75	0.31	0.03	—	—
8	〃	9.44	0.67	0.20	0.01	0.03	—
9	〃	12.50	2.64	0.43	0.04	0.00	—

a 無機塩素剤

b トリクロロイソシアヌル酸

c 検出されず

以上とか、大腸菌群数が100 ml当たり0という様な衛生基準を満たしているプール水からウイルスが検出されたという例もあります。これらの報告により、ウイルスに対する安全性を考慮した場合、現在の基準では不十分であることが示唆されています。

おわりに

プール水に限らず、飲料水や食品などを含めた環境中のウイルスについては、注目されてから間がないためまだ研究が不十分です。ウイルスの検出方法、汚染状況、感染頻度や危険性の差異、適切な指標微生物などについて研究されつつあるところです。しかしながら、「遊泳水10ガロン中にウイルスが検出されてはならない」という基準値も提案されている様に、その存在が無視することのできない状況になっています。行政の立場でも、衛生基準に合格しているからというのではなく、現在取り得る手段を用いてできる限り良好な環境を作り出すよう心掛ける事が必要と考えます。

(ウイルス部 山下照夫)

江蘇省の衛生行政を見聞して

はじめに

愛知県と中国江蘇省との友好提携事業の一環として、昨年2月に江蘇省へ派遣されました。

年も改まり、今では少々旧聞に属しますが、本技術情報の紙面をお借りして、彼の地の衛生行政の一端を報告させていただきます。何分にも私にとってはじめての中国で、それだけに素直に目に映った印象ですが、すでに知識がおありになる向きには御容赦いただきたいと思います。

訪問の目的は「江蘇省の食品衛生、薬品行政の実情調査及び技術交流」でした。しかし、これに加えて漢方薬の分析を手掛けている関係で、可能な範囲での「(本場の)漢方薬の医療現場における実状と研究状況を見聞すること」を希望し、スケジュールに入れていただきました。最終的にこなした日程はつぎのとおりです。

- 2月25日(木) 大阪—上海—蘇州
- 2月26日(金) 蘇州医学院附属第一医院
- 2月27日(土) 蘇州市衛生防疫站
- 2月29日(月) 蘇州市中医医院
- 3月1日(火) 常熟市衛生局、常熟量具刃具工場、常熟印染工場、滌浦鎮衛生院、趙苑村衛生室
- 3月2日(水) 常熟市衛生防疫站
- 3月3日(木) 無錫中葯工場
- 3月4日(金) 太湖工人療養院
- 3月5日(土) 無錫市衛生防疫站
- 3月7日(月) 無錫市第4人民医院
- 3月8日(火) 無錫市葯品檢驗所
- 3月10日(木) 江蘇省衛生庁、省衛生防疫局、省葯政管理局
- 3月11日(金) 省衛生防疫站
- 3月12日(土) 省葯品檢驗所
- 3月14日(月) 中国葯科大学
- 3月15日(火) 南京中医学院
- 3月16日(水) 省葯材公司、中国医葯保健品進出口公司江蘇省分公司
- 3月17日(木) 南京中医学院附属第一医院、省腫瘤防治研究所
- 3月18日(金) 南京葯物研究所、省植物研究所
- 3月19日(土) 南京市衛生防疫站

- 3月20日(日) 南通市衛生局
- 3月21日(月) 南通市腫瘤医院
- 3月22日(火) 同市葯品檢驗所、同市衛生防疫站
- 3月23日(水) 江蘇省南通医葯采购供应站、同站市内直營葯局
- 3月24日(木) 南通市—上海市
- 3月25日(金) 上海—大阪

以上の内、衛生防疫站、葯品檢驗所、大学、病院では午前中に先方の説明を受け、午後は私が“愛知県における食品あるいは葯品の検査状況”“生薬およびその製剤の理化学的品質評価”などについて適宜話し、そのあと座談会というのが通常の日課でした。

江蘇省の概要

江蘇省の概要と衛生行政については先年医療事情調査で江蘇省を訪問された清水先生が衛生部ノート(第31巻第24号)にお書きになっているのでここでは簡単に紹介すると……

江蘇省は中国大陸東の海岸線のほぼ中央で、ちょうど我が国の九州の緯度に在り、揚子江のデルタ地帯に位置する。この一帯は江南地方と称して気候は温暖湿潤、歴史的にも文化的にも、また水陸交通の便など地の利を得て早くから発達してきた。今日では中国一の農工業生産額を誇り、全国でも有数の裕福な省である。面積は10余万km²で本県の約20倍、人口は約6,000万人で本県の約10倍である。

省内には省都南京をはじめ蘇州、無錫、南通、徐州などの省直轄市が11市、その管轄下に県級の市が5市と県が59県、県所轄下に1,942の郷、117の鎮があり、さらにその下にかつての人民公社今は“村”が存在する。

1 衛生防疫事業

衛生庁は省人民政府下にあり、防疫局、葯政局、医政処、中医処、婦幼処、医教処、科技処、計財処、庁弁公室、外交弁公室で構成されている。今回はその防疫局と葯政局下の衛生防疫站と葯品檢驗所について紹介する。

(1) 衛生防疫站

省内には省(1)、市(11)、県(県級市を含め 106)の各級に合計 118 の衛生防疫站がある。その任務は予防を主目的とし、食品衛生、労働衛生、環境衛生、放射衛生と学校衛生を国と地方政府の衛生防疫法、法規、条例に基づいて衛生管理・監督をする。各級の衛生防疫站の機構を表1に示す。

概ね我が国の保健所業務と似て、監視・指導および検査を行なうが、機構からもうかがえるように多方面にわたる公衆衛生知識の普及にかなりの力点がおかれている。各級・省-市-県-郷の間はそれぞれ下部の衛生防疫站の技術指導及び技術援助を行なうシステムとなっている。ただし、郷の衛生院は医院であるが、その防保科で、さらにはその下部組織の村の“衛生室”で、省内隔なく公衆衛生行政が行きわたるようになっている。

表1 江蘇省各級衛生防疫站

省衛生防疫站	市衛生防疫站	県(区)衛生防疫站	郷衛生院防保科
<ul style="list-style-type: none"> — 弁公室 — 行政管理科 — 衛生宣傳教育科 — 食品衛生科 — 結核病防治科 — 防疫科 — 消毒殺虫科 — 学校衛生科 — 労働衛生科 — 環境衛生科 — 医学教育科 — 地方病防治科 — 放射衛生科 — 毒理研究室 	<ul style="list-style-type: none"> — 弁公室 — 総務科 — 衛生宣傳教育科 — 食品衛生科 — 結核病防治科 — 防疫科 — 寄生虫病防治科 — 学校衛生科 — 労働衛生科 — 環境衛生科 — 檢驗科 	<ul style="list-style-type: none"> — 弁公室 — 総務科 — 衛生宣傳教育科 — 食品衛生科 — 結核病防治科 — 防疫科 — 寄生虫病防治科 — 檢驗科 — 衛生科 	<ul style="list-style-type: none"> — 衛生組 — 防疫組
1ヶ所(278 人)	11ヶ所(120 - 230 人)	106ヶ所(50 - 100人)	約 2,000ヶ所 (5 - 50人)

食品衛生：

省内には食品の生産と販売施設が約 190,000 施設あり(内訳は食品工場：10,000、食品添加物工場：68、飲食業：30,000、食堂：20,000、副食品販売業：130,000 施設である)、これらの監視・指導・検査に約 5,900 人の職員が当たっている。(省の試験に合格した監督員：600 人、検査技術者：496 人、郷級食品検査員：4,500 人)

業務はすべて中華人民共和国食品衛生法に従って行なわれている。本法は日本と米国の食品

衛生法を参考に作成され、1983年11月19日に公布された。従って内容は日本のそれとよく似ている。

食品衛生監督員は、省の試験に合格すると、その級の人民政府が発行した証明書を受け、資格を獲得するが、この資格は省内のみ有効で他の省には通用しない。監督員はつねに青い制服・制帽を着用している。

検査項目は無機化合物(鉛、錫、水銀、銅、カドミウム、クロム、砒素など)、残留農薬(DDT、BHCその他有機塩素系、有機リン系農薬など)、食品添加物(着色料、保存料、甘味料など)、栄養成分分析等我が国の検査項目とあまり変わらない。

結果について質問すると、いずれも基準に合格していると解答された。

(2) 薬品檢驗所

中国では我が国と異なり、薬品檢驗所が独立した機関として設置されている。

省内には省、市、県(県級市を含む)各級に合計 73 の薬品檢驗所があり、総職員数は約 800 人である。

省薬品檢驗所は質量検査、化学分析、中薬、抗生薬、生化、薬理、毒性、機器分析の 6 部で構成され、職員数は 106 人である。市級では概ね化学、中薬、薬理の 3 室で構成され、職員数は 30~40 人である。省-市-県間は衛生防疫站と同じくそれ

ぞれ下部の技術指導・援助を行なう。

業務はすべて中華人民共和国薬品管理法(1985年7月1日施行)に基づき薬品の品質管理・指導・監督、検査を行なう。本法は概ね我が国の薬事法と同様であるが、明らかな相異点は医薬品の表示において成分含量の表示義務がないことである。従ってそのままの医薬品を我が国へ輸入することはできない。他の公定書として日本薬局方に匹敵する中国薬典がある。

衛生防疫站および薬品檢驗所の設備及び機器：いずれの機関にも概ね HPLC、GC、原子吸光分光

光度計、分光光度計などが1台ずつ整備されているが、これらはすべて機器室に集中され、職員間で調整して使っている。

設備とくに感銘をうけたのは生薬の標本室であった。省、市級を問わず、薬用部位の標本とせき葉標本が数千種類収集され、整理されていた。おそらく日本では衛研は勿論、大学でもこの規模に及ぶところは少ないと思われる。この国では生薬が現実に医療の重要な地位を占めていること、またその品質評価法が標本との比較による鑑定を主としている所以と思われる。

2 中医事業

中国では開放後伝統的な中医学(いわゆる漢方を中医学といい、漢方薬を中薬という。)を再認識し、再興に力を入れてきた。中医学と西洋医学はそれぞれ独立した専門の学校で教育している。省内には総合病院が276、中医医院が55、各種専門病院が95、郷衛生院が約2,000あり、いずれの院内にも中医がいて、中薬を出し、県級以上の院内では必ず製薬所がある。現在省内の中医、中薬人員は20,000人である。患者は自己の自由意志で中医薬あるいは西薬を選択するが、中医学は中国人民に適した医学として信頼され、また中医学関係者は誇りを持ってこの伝統医学を研究し、教育し、守り育てていることをひしひしと感じた。

省内最大の南京中医学院附属第一医院では1日の外来患者が約3,000人で、職員は約800人いるが、院内はどこも混雑し、どの部屋も漢方医学が圧倒的な迫力で自信に満ち満ちて展開されていた。薬剤科は職員が103人で、院内処方1/3を製造している。製薬所では生薬の抽出、濃縮、製剤を一貫して行ない、さながら小工場の感があった。薬局は生薬が所狭しと置かれ、つり秤を持った数人の薬剤師が薬品戸棚の前を往き来し、その引出しから生薬を秤り取っていた。一日分ずつを25cm四方ぐらいの薬包紙に包み、五日分をもらうとちよっとした小包みのようなになる。最近はエキス製剤が普及し始め、若い人にはその便利さ故に好まれている。そこでエキス製剤の近代的な製法と理化学的な品質評価法を日本で勉強したいと諸方で希望された。実際にはまだかなり人手を使っている製法が多く、品質管理の面では成分的な製品検査はほとんどなされていないようであった。

しかし、中医の診察によって生薬を縦横に駆使した処方方は二千年の歴史に現代科学を取入れ数千種に及ぶとのことであった。

薬学教育は全国唯一の大学である中国薬科大学と各地医学院の中薬学部、職工医科大学さらに中等衛生学校でなされており、薬師、中薬師、薬士及び中薬士となる。

あとがき

以上紙面の都合で非常に簡単な説明に終わりましたが、目下急速な建設途上であり、法律が制定されて日も浅いところから、まず“法律の徹底”が最優先で、監督員、生産、販売関係者等の教育に奮励努力しているところと思われます。

漢方では“中医学と西洋医学との結合”を唱えて多角的な研究がなされている実情を目の当たりにし、改めて深い敬意を払うものでした。

この1、2年は建設ラッシュで、建築中のビルや道路工事が至る所に見られ、それに呼応してかのように研究機関も分析機器が急速に導入されていることはその機種が新しいことから容易に推測されます。従って訪問先の各所で研究熱心でかつ情報交換を切望する人々の熱気に接しました。とくに若い技術者達はなんとかしてチャンスを捉えようと話し掛けてこられ、もう少し時間があつたらと後髪を引かれること再々でした。

明日はお別れという前夜の南通のホテルで、日中友好の使節として訪中した日本の高校生の一団が無邪気に食事をし、日本の歌を披露しているのを横に見て、1ヶ月間お世話になった衛生庁のOさんが言った言葉が印象的でした。

“日本は早川さん達の努力で今日の繁栄を築きました。僕達も努力して僕の子供達に、またその次の世代に平和で文化的な生活を与えたい。そのためにも今の状態がずっと続いてほしい”と。

面はゆい気持を押えながら、これがこの国の若い人々の偽らぬ心情と思い、旅の感傷も手伝って思わず目頭が熱くなりました。そしてこの機知に富み、希望に胸をふくらませ、ひたむきな彼等の希望が叶えられるよう祈らずにはいられませんでした。

あらためてお世話になった方々に深く感謝いたします。

(食品薬品部 早川順子)