用水の細菌汚染について、特に病原菌汚染を中心に

善 養 寺 浩*

Pollution of Food Manufacturing Water with Enteropathogenic Microorganisms

Hiroshi ZEN-YOJI

(Tokyo-to Laboratories for Medical Sciences: 4-539,
Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo)

食品加工における用水の細菌汚染は、加工食品のその後の腐敗、変敗につながることもあり、食品工業では一つの重要な問題となろう。もっとも、通常の食品工場の用水は上水道水が用いられ、その懸念は皆無かもしれない。しかし、上水道の完備していないところでは、一般に自家井水あるいは地区簡易水道が使用され、単なる用水の細菌汚染ではなく、時に赤痢菌やチフス菌あるいは腸管系ウィルスなどの伝染性病原微生物による井水の汚染により、それらの集団発生を招き、またサルモネラや病原大腸菌の井水への混入が食中毒原因となる場合がある。

とくに、大規模な食品工場と異なり、豆腐や一般食品加工の小規模な製造、加工場ではじゅうぶんな用水管理が行なわれていない例が多く、また、上水道が施設されていないが、食品の種類によっては消毒塩素を嫌ってあえて自家井水を用いる場合も少なくなく、そこにはつねに病原微生物による汚染の危険性がひそんでいる。

こうした事例として、最近都内に発生した井水による集団赤痢の6発生例をあげ、その底にある病原菌汚染の様相、井水混入病原菌の運命、また、用水からの病原菌検出法の概要を述べたい。なお、用水の病原菌汚染とともにつねに考慮されなければならないのは、腸内ウィルス (enteroviruses) や流行性肝炎ウィルスなどの汚染である。これらのウィルスは当然用水中あるいは用水使用食品中での増殖はありえないが、それらの生残力や感染力からみて、その危険性は重視されなければならない。そこで、腸内ウィルス感染症の概要も終りに紹介した。

1. 飲料水中の病原菌検出法

井水をはじめとする飲料水あるいは用水を汚染している赤痢菌、チフス菌を検出する方法としては、従来、ブイオン増菌法、遠心沈殿沈渣の培養等の方法が行なわれてきたが、私どもが1966年東村山市において推定原因井水から赤痢菌を検出して、集団発生との因果性を明らかにした事例まで、水系集団発生と推定されながら飲料水

から赤痢菌等の病原菌が検出された例は皆無であった。

われわれが最初に飲料水より赤痢菌を検出することのできたのは、従来法では病原菌が同時に混在する他の菌により、増菌中圧倒されるなどの欠点のあることを知り、ミリポアフィルターを用いて大量の水をろ過し、これを直接平板培地に圧着して直接分離培養を試みたことである。この方法の詳細は日伝誌に発表したごとくであるが、本法のすぐれた点は500 ml 中数個の病原菌数でも検出可能であることと、増菌培養操作がないために、検出同定までの日数が少なくとも1日は短縮できることである。なお、この方法はサルモネラはもちろん病原大腸菌の検出にも応用できる。

2. 東京都内に発生した井水による7赤痢集団発生例

われわれが井水あるいは簡易水道の赤痢菌汚染により集団発生を起こし、井水より菌を検出して感染源を明らかにした事例は本年4月の板橋地区の*Shigella flexneri* 2a による事例を含めて7事例にのぼる。このうち4月の例は除き、他の6例の発生概要は第1表のごとくである。

4月の第7例はやや他6例と趣が異なり、疫学的には豆腐製造業者の井水の赤痢菌による汚染が推定されながら、検水採取時すでに塩素消毒が行なわれていて、ついに菌検出が不能に終わっていたが、豆腐のつけ水中から*S. flexneri* 2a が検出され、井水汚染が明らかにされた事例である。この場合もちろん単に豆腐つけ水から菌が検出されただけでは、つけ水の保菌者手指よりの汚染の可能性も考える必要があるわけであるが、この場合かなり近くにある“うでめん商店”の井水から同菌が検出されていたことから、当然同一汚染源から両井水へ菌が侵入したと考えるのが妥当といえる。

これらの諸事例から推論された点は、井水混入赤痢菌数の確実な数は不明であるにしても、およそ500 ml 中50~200程度と思われ、これは井水の飲用により起こったものではなく、まず汚染井水を用いての調理食品である程度の増殖があって感染したものと思われることであ

* 東京都立衛生研究所細菌部：東京都新宿区百人町4-539

第1表 感染源推定井水から赤痢菌が検出された6事例の概要

	事例1	事例2	事例3	事例4	事例5	事例6
発 生 年 月 日	1966. 3. 19	1966. 4. 27	1966. 4. 28	1967. 4	1967. 11. 4	1969. 1. 24
発 生 場 所	東京都東村山市	東京都八王子市	東京都青梅市	東京都世田谷区	東京都杉並区	東京都中野区
居 住 者 数	661 名	344 名	2,560 名	16 名	2,400 名	約 10,000 名
患 者 発 生 数	435 名	69 名	64 名	6 名	195 名	197 名
推 定 感 染 源	専用水道	専用水道	自家井水	自家井水	専用水道	不 明
患者からの検出菌型	<i>S. sonnei</i> *	<i>S. sonnei</i>	<i>S. sonnei</i>	<i>S. sonnei</i>	<i>S. flexneri</i> 3a	<i>S. sonnei</i>
井水からの検出菌型	<i>S. sonnei</i>	<i>S. sonnei</i>	<i>S. sonnei</i>	<i>S. sonnei</i>	<i>S. flexneri</i> 3a	<i>S. sonnei</i>

* *Shigella sonnei*

る。ただ、冬期は別として、多量の水を飲む可能性の高い夏期では、とくに若年層の子供にも、飲用のみで患者発生がありうることもじゅうぶん考慮しなければならないであろう。

3. 井水から病原大腸菌が検出された4事例

約20世帯の住む民間アパートの共用井水がサルモネラ汚染を受けていたために、家族内の婦人と子供のみに、3週間余にわたり繰り返しあるいは時をおいて10数名の患者発生をみた食中毒事例を昭和43年9月都内で経験している。この場合、井水へのサルモネラ侵入経路は不明であったが、井水中より本菌が検出され、繰り返し発生の下痢患者の原因が井水の汚染に起因することが明らかにされた。井水のサルモネラ汚染の例はこれ以外経験はないが、第2表に示したごとく、病原大腸菌が井水を汚染していた4事例を認めている。

表中事例2のみは、患者と井水からの検出菌が一致し、井水→食品の汚染により発生したことが確立されているが、事例1は赤痢の集団発生として処理されたものでありながら、患者の中には赤痢陰性で病原大腸菌のみ純培養のごとく検出された患者がかなり多数含まれていた。この例では、井水から患者由来株と同型の病原大腸菌が検出され、少なくとも病原大腸菌性下痢患者は、汚染井水からの食品の汚染によるものと推定された。同時発生赤痢がまた井水の赤痢菌汚染に起因したか否かまったく不明である。しかし、一人の患者から赤痢菌と病原大腸菌がともに検出された例がみられなかったことから、同時集団発生といっても両菌の食品汚染源は別であ

った可能性が高い。なおこの事例での原因食は“おせち料理”とされていた。

事例3は東京都と神奈川県にまたがる某遊園地の食堂での喫食によって発生した食中毒例で、患者数等は不明であるが、詳細な現地追跡調査と井水の検査の結果から、病原大腸菌による下痢症とされたものである。

いずれにせよ、食中毒菌も井水を汚染した場合は、その水から食品を汚染し、食中毒の間接原因となる機会は無視できないであろう。とくに保菌率が5~10%と高い病原大腸菌では、ふん便汚染の可能性あるときは、赤痢菌等の場合よりさらに危険性は高いように考えられる。

4. 井水中の赤痢菌、チフス菌の運命

井水中に一たん侵入した病原菌がそのままの状態で何日程度生残するかは予防の立場から一つの重要な示唆を与えよう。もちろん、井水はつねに徐々に入れ代わっているとはいえ、汚染も継続する場合がある。また、井水に頼るほか用水を得る方法のない場合、塩素消毒をいかに行なったらよいかという問題もある。詳細はすでに、食衛誌 Vol. 9 (1) で発表したので、その要点のみに触れておきたい。

実験的に、サルモネラの代表であるチフス菌とさらに赤痢菌を用いて、井水中での菌の消長を経日的に追跡したのが第1図である。この際、実際の汚染を考慮して、微量のふん便を加えて観察した。その結果、赤痢菌は4日後急速に減少して、6日後には生残菌数は認められなくなっている。一方、チフス菌はほぼ赤痢菌同様の減少傾向をたどりながらも、なお一兩日あまり生残していた。

第2表 井水から病原大腸菌が検出された4事例の概要

	事例1	事例2	事例3	事例4
発 生 月 日	1967. 1. 4	1967. 5. 22	1967. 9. 4	1968. 12. 9
発 生 場 所	東京都調布市某地区	東京都豊島区某大学	東京都南多摩郡某遊園地	東京都豊島区某家庭
患 者 数	205 名	15 名	195 名	2 名
推 定 感 染 源	簡易水道	自家井水	不 明	自家井水
患者からの検出菌型	<i>S. flexneri</i> 4a <i>E. coli</i> 0144: KX ₂	<i>E. coli</i> 027: K?: H7	—	<i>S. sonnei</i>
井水からの検出菌型	<i>E. coli</i> 0144: KX ₂	<i>E. coli</i> 027: K?: H7	<i>E. coli</i> 0128: K 67	<i>E. coli</i> 0124: K 72

第1図 水中における菌の消長

井水中のチフス・赤痢菌

△——△: チフス菌

○——○: 赤痢菌

×……×: その他の菌

以上の成績は研究室保存株についてのものであるから、実際の患者便中の菌とは抵抗性が異なり、やや早目に死滅していくものと考えられる。事実、チフス菌以外のサルモネラの多くは自然界における抵抗力が概して強く、下水や河川水中では2週間余も生残することを経験している。しかし、赤痢菌はサルモネラに比較すれば抵抗力はかなり低く、実際の場合でも恐らく本実験結果と大差のない生残状態を示すものと思われる。

つぎに問題となるのは、病原菌汚染井水の消毒である。水道法では飲料水の残留遊離塩素は0.1 ppm以上とされているが、これにそのまま準じて、汚染井水の消毒に計算上遊離塩素量が0.1 ppmになるごとく加えただけで有効か、さらにこの量で添加後どれほどの時間で消毒が行なわれるか、という2点の検討が必要となる。その点の検討成績を要約したのが第3表である。この実験でもごく少量のふん便を加え、塩素消毒効果に及ぼす有機物の影響を考慮した。

まず、計算上から遊離塩素を0.1 ppmになるようにしたときは、1分後でもそれが検出できず、この時間でその量の検出可能であったのは塩素量0.5 ppmを加え

た場合である。この例でも、赤痢菌は1時間後でさえ完全死滅がみられておらず、また、塩素は混在する有機物により不活化され、5分後では遊離塩素は検出されていない。結局、2.0 ppmに市販塩素消毒剤を加えた場合、10分で菌の死滅が認められた。3.0 ppm濃度の添加ではその効果は顕著であった。要約すれば病原菌汚染井水の消毒にあたっては、塩素量1.0 ppm濃度以上に加えて1時間は放置する必要があるといえよう。

5. 飲料水媒介ウィルス症とウィルスの性状

ふん便中に排出される腸管系ウィルスの大部分は主として経口感染する。一たん経口的に摂取されたウィルスは一部咽頭で、主に小腸で増殖し、付近のリンパ腺に達して血流に入り、全身に伝播し、単なる下痢のみでなく全身症状を呈する。また、末梢神経を介して脳や脊髄にたどりつき神経細胞をおかし、麻痺その他の神経症状を呈する。その代表的疾患がポリオである。このほか、ふん便中に排出され経口感染を起こすウィルスに流行性肝炎や伝染性下痢症などのウィルスがある。以上のようなウィルスが飲料水を汚染して流行を起した事例は疫学史上一くつか報告がある。

周知のように、ウィルスは生細胞のないところでは、細菌と違って、決して増殖しない。当然飲料水を汚染したウィルスも死滅こそすれ、増殖はありえない。しかし、ふん便とともに井水等に混入したウィルスは意外に抵抗力が強いもののように、正確な日数は明らかではないが、数日は活性状態で残存すると考えなければならない。したがって、ふん便の飲料水や食品加工用水の汚染に際しては、ただ伝染病原菌あるいは食中毒菌のみに注目することなく、つねにウィルス汚染の可能性を考慮に入れておく必要がある。現状では検出がとく困難なために、こうしたウィルス汚染への配慮がなおざりにされているようであるが、むしろ、ときには病原菌以上に重要視されなければならないと考えられる。

腸管感染をも起こし、あるいはそこが主感染部位であるウィルスの種類は多彩である。現在では発生のみられていない茂原下痢症ウィルスもそれに入り、前述の流行

第3表 水中赤痢菌に及ぼす塩素の影響

投入塩素量	0.5 ppm		0.7 ppm		1.0 ppm		2.0 ppm		3.0 ppm	
	残留塩素	赤痢菌	残留塩素	赤痢菌	残留塩素	赤痢菌	残留塩素	赤痢菌	残留塩素	赤痢菌
1分後	0.1	+	0.3	+	0.4	+	0.7	+	1.0	-
2分後	.	+	0.1	+	0.2	+	0.4	+	0.7	-
3分後	.	+	.	+	.	+	0.2	-	0.5	-
4分後	.	+	.	+	.	-	0.1	-	0.3	-
5分後	.	+	.	+	.	-	.	-	0.2	-

注: 使用菌株 *Shigella sonnei* 神山株

接種菌数 2.0×10^6

. = 残留塩素 0.1 ppm 以下

第4表 Enteroviruses 感染と臨床症状**Polioviruses**

1. 麻痺
2. 無菌性髄膜炎
3. 不明熱性疾患 (特に夏期)

Coxsackievirus A 群

1. ヘルパンギーナ (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 型)
2. 無菌性髄膜炎 (2, 4, 7, 9, 10 型)
3. 麻痺 (稀; 7, 9 型)
4. 発疹 (9, 16 型)
5. コモンコールド (21, 24 型)
6. 不明熱性疾患

Coxsackievirus B 群

1. 筋痛症 (1~5 型)
2. 無菌性髄膜炎 (1~6 型)
3. 麻痺 (稀; 2~5 型)
4. 乳幼児の髄膜炎・心筋炎 (1~5 型)
5. 心囊炎・心筋炎 (1~5 型)
6. 上気道疾患・肺炎 (1~5 型)
7. 不明熱性疾患 (1~6 型)

Echoviruses

1. 無菌性髄膜炎 (2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 16, 18, 21, 30, 31 型)
2. 麻痺 (軽度; 2, 4, 6, 9, 11, 16 型)
3. 発疹 (4, 6, 9, 16, 18 型)
4. 呼吸器疾患 (4, 8, 9, 11, 20, 25, 28 型)
5. 下痢

[by J. L. Melnick, H. A. Wenner and
L. Rosen, 1964]

性肝炎や伝染性下痢症ウィルスは代表的なものである。またアデノウィルスやレオウィルスもその範ちゅうに入れることもできよう。しかし、健康者でもかなり保持し、飲料水によって伝播の可能性の高いウィルスは腸内ウィルスと呼ばれる、性状のよく似た一群のウィルスである。

腸内ウィルスの分類学的な点は詳略し、ここでは、この群に属するウィルスのおよその種類とそれらがひき起こす症状の多様性を第4表に一括して示した。

表からわかるように、すでに過去のものになりつつあるポリオは別として、他の腸内ウィルス群には多数の血清型が存在し、ある型に免疫を得てもつねに他の型の感染の危険性がある。とくに衛生状態が向上しつつある現在では免疫獲得年齢の上昇がみられるであろうし、それだけに流行の起こりうる素因もあると考えられる。なお注意を要することは、腸管系ウィルスの感染がすなわち下痢を惹起するということではない点である。しばしばみられるように、下痢をとまなう風邪の流行、あるいは発熱、発疹、咽頭痛のみられる下痢症の流行、という場合がある。こうしたときの多くは腸内ウィルス感染の流

行と考えられる。要するに経口感染といっても、このウィルス群感染症状は多様であり、また、発生源が井水等であっても2次発生はさけられず流行の形をとる特徴がある。

おわりに

上下水道の普及しない地域のみでなく、都市中心部でもなお食品加工業者によっては井水を使用していることがあり、そうした井水へ側溝その他の下水が侵入して用水の病原菌汚染を招くことがときおりみられる。とくに下水の侵入があった場合は病原菌のみならずしばしば腸管系ウィルスが侵入して重要な発生源となる。こうした用水汚染の防止は単なる環境整備のみで完全であるとはいえない。それに加えて業態による用水使用の実情を把握して実効をあげるよう努める必要がある。

ここでは汚染井水の塩素消毒に触れたが、ウィルスも細菌も熱によって容易に死滅するゆえ、まず安全を期する第一は煮沸である。さらに実態にあった塩素消毒の確実な実施が安全な用水の確保に不可欠である。時にみられる簡易水道による赤痢の集団発生などは、装着した消毒装置の故障など管理の不行届によっていることは確かである。

食品加工においては安全な水の確保こそ先決である。

質問 1 ウェルシュ菌(嫌気性菌)はどのような経路で入ってくるのか、経路は水ではないかと思うが。

答 飲料水から嫌気性菌を検出したことがないが、ふつうウェルシュ菌は、ふん便からくることが、自然界からでもいっしょにおかしくない。

質問 2 井水に赤痢菌が入る場合、下水と浄化槽ではどちらが多いか。

答 (村山事件の時と、下水を調べたときの例からいえば) 下水の場合、サルモネラ菌はつねに陽性であるのに反して、赤痢菌は抵抗性が弱く、希釈されたり、流されたりして下水ではほとんど陰性であった。しかし浄化槽からは検出される。

質問 3 赤痢菌が入っている水はかなり濁っているのに、ミリポールフィルターでろ過する場合、かなりろ過しにくい、その工夫は。

答 別に工夫はない。

500 cc をろ過できないときは、変えてやっている。ふつう 500 cc はろ過できる。

質問 4 ウェルシュ菌は水の中で棲息すると思うが。

答 水の条件(水の深さ etc.) が影響する。

下水のたまり水を調べるとその 20% から耐熱性ウェルシュ菌が検出され、普通ウェルシュ菌はもっと高率に検出される。もちろん汚水汚染の度合に左右される。

生残しうることと、増殖できるかどうかは別問題で、もし生残しうるとすれば、芽胞の形でいるのではないかと思う。