

論 說 報 告

第 25 卷 第 2 號 昭和 14 年 2 月

上水道に於ける殺菌方法に就ての考察

(昭和 13 年 7 月 16 日土木学会第 2 回年次学術講演會に於て)

會員 工学博士 島 崎 孝 彦*

要 旨 本文は上水道に於ける殺菌方法として熱、紫外線、オゾン、銀、鹽素、アンモニア、クロリン等の方法を比較研究し就中實行性に富む鹽素及アンモニア、クロリン方法に依る殺菌用藥品費を調査し其の極めて少額なるを例示し、上水の萬全を期する爲、之が勵行を推奨すると共に、空襲其の他に依り上水の毒化されたる場合の応急處置に就ても概説せるものである。

目 次	頁
1. 緒 言	83
2. 殺菌方法	84
(1) 熱に依る方法	84
(2) 紫外線に依る方法	84
(3) オゾンに依る方法	84
(4) 銀に依る方法	84
(5) 鹽素に依る方法	86
(6) アンモニア、クロリンに依る方法	89
(7) 殺菌に要する藥品費	91
3. 空襲其の他に依り毒化された場合の応急處置	92

1. 緒 言

上水道に於ける砂濾法はヂェームス・シムプソン氏 (1829 年) の發案に成るものであつて、ビー・エフ・フランクリン氏 (1885 年) により該法は細菌の除去に著大なる効果のあることが證明されてからは、淨水方法として必要缺く可からざるものとなつた。即ち砂濾を行へば淨游物は勿論細菌も亦除去されるので水質は非常に安全になる。1892~3 年ハムブルヒ市にコレラの流行した場合下流に位するアルトナ市水道 (緩速濾過法) の使用者からは罹病者の出なかつたことは有名な例であり、又大阪市水道は明治 28 年 10 月創設したものであるが、當市人口 1 萬に對する腸チブス患者死亡數は明治 23~28 年間には 4.43~15.45 平均 9.06 人であつたが、同 29~34 年間には 1.76~5.77 平均 2.99 人に減少し、水道敷設の効果が現はれてをる。

斯く水の淨化に對する砂濾の効果は著しいものであるが、其の効果も結局相對的であつて、原水汚染の場合は其の濾水は必ずしも絶對安全とは言ひ得ないことである。

デトロイド市の赤痢 (1926 年)、ハノーバー市の腸チブス (1926 年)、長崎市及東京府下尾久町、三河島町 (1931 年) の腸チブスの流行及 1937 年 9 月の大牟田市の赤痢の大流行は水道水が媒介したものであると言はれて居る。勿論夫等の眞の媒介者が果して水道水であつたか否かについては論議の餘地が無いとは言へないが、専門家側に於て斯る斷定を下すに至つたについては相當の根據があつたものと見なければならぬ。

長崎市の場合原水が汚染され、東京府下の場合或使用者が其の水栓にゴム管を連絡し閉栓使用して居る間に

* 大阪市理事 水道部長

断水となり其の儘放置して居たので、夫から汚水が浸入した爲、又大牟田市の場合には汚物の洗滌から配水池が汚染された爲であると判定されて居る。斯く三者三様の経路によつて水質は汚染されたのであるから之が防止策も各々異なる筈であるが、夫等の水道に於て當時から殺菌設備を完備して居たならば其の慘禍を未然に防ぎ、或は局限し得たのではないかと考へられる。

2. 殺菌方法

(1) 熱に依る方法 腸チブス菌は濕氣中では 1 ヶ年以上も生存し得て發病能力を有し乾燥寒冷等に對しても比較的抵抗力強く、又赤痢菌は土壤中又は水中では 1 ヶ月以上も生存することが出来るが、前者は 60°C で 20 分、後者は同く 60°C で 10 分、加熱すると死滅する。故に此等の細菌で汚染された水でも 60°C で 20 分間加熱すれば消毒の目的は達せられるのであるが、之を水道に應用することは出来ない。次に冷却しても腸チブス菌は容易に死滅しないし、文獻によると或種の細菌は -253°C 迄極端に冷却しても死滅しないと言はれてゐる。従つて一旦汚染された水は之を冷却すれば細菌の繁殖を抑止することは出来ても夫を消毒することは出来ないと考へてよい。

(2) 紫外線による方法 紫外線に曝せば病原菌の或ものは 10~40 秒で死滅する。赤痢菌は日光直射の下では短時間で死滅する。従つて之を水道水の殺菌に應用することは可能であるが、紫外線は波長が短い關係上水中の浮遊物によつて其の透過距離を短縮され、又清澄な水に對しても夫が有効に作用する深度は 10 cm 程度であると言はれてゐる。従つて其の應用は小規模の水道に限られ、大量の水を處理する場合には實行困難である。

(3) オゾンに依る方法 藥品によつて水を殺菌する場合には夫が均等に水に溶解することが必要條件である。オゾンの殺菌力は相當に認められ既に此の方法で殺菌を行つた水道もあるが、オゾンは比較的的に溶け難いものであるから、之を充分に溶解して殺菌の効果を十全ならしむるためにはオゾン化した空氣と水道水とを同時に相當高い殺菌塔に送入して、茲で兩者の接觸を密ならしめる必要がある。従つてオゾン發生に要する電力は少なくて済むが、殺菌塔に揚水するための動力費が尙む缺點がある。仍つて該方法は電力費の安い地方であれば兎も角、一般には經濟上採用することは困難とされてゐる。

(4) 銀に依る方法 銅、銀等の金屬或は夫等の鹽類は極微量が水に溶解して居ても、水中に於ける下級生物の繁殖を阻止し或は死滅せしめる。斯る作用を極微動作 (オリゴダイナミー) と言ふ。此の語はウビー ナエグリー氏が始めて使用したものであり、極微動作の起る原因に就ては種々の説があるが、夫れは省略するとしてジー エークラウゼー氏はナエグリー氏の所謂オリゴダイナミーの原理を實際に應用して水を殺菌することを研究した。同氏はカタダイン シルバーなるものを調製して之によつて殺菌を行つて見たのである。ソビエトの科学者モイセエー氏によればバルチック造船所に於ては銀を含んでゐる砂即ちアルゲンチンフェラス サンドで處理した水を供給してをるとのことである。水に銀が何程溶解してをれば殺菌の効果を發揮するかと言ふに、之は殺菌すべき水の性質即ち含有夾雑物の多少によつて異れ共條件の良い場合には銀が 0.015~0.04 p.p.m. 溶けてをればよいと言はれて居る。大阪でも之について研究して見たが其の成績の概略は次の通りである。

大阪市上水道水に細菌を注加したものに硝酸銀を 0.001, 0.002, 0.005, 0.01 及 0.02 p.p.m. の割合で加へ、夫等を 22°C の孵卵器に貯藏し、5, 24 及 48 時間後に試験するに細菌は硝酸銀注加率の増加に伴つて減少し、注加率が 0.02 p.p.m. になれば赤痢菌は檢出しなくなつた。そして硝酸銀の分子式から計算すれば硝酸銀 0.02 p.p.m. を加へた時には銀は 0.012 p.p.m. 加へられたことになる。試験の結果は表-1 の通りである。

表-1. 硝酸銀注加率と細菌数減少との関係

AG No. 3 細菌 時間	0		0.001		0.002		0.005		0.01		0.02	
	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌
5h	4658	1113	3467	853	2963	716	2673	674	579	15	353	0
24h	5120	1125	3173	655	2533	550	1880	408	491	5	253	0
48h	6643	1075	3800	637	2413	503	1931	324	479	4	232	0

備考： 数字は検水 1cc につき 3 回試験の平均値にして、細菌の欄に 37°C 24h とあるは 37°C 24h 寒天平板培養の細菌聚落数を、赤変菌とあるは赤変菌の聚落数を示す。以下準之。

次にクラウゼー氏に倣つて銀砂で濾過して殺菌する方法について試験した。同氏の所謂るカタダイニンシルバーの製法はパテントになつて居て明かでないので、茲では径 0.73~1.28mm の砂を十分に水洗した後、適當な粘稠度の水硝子液で潤し、其の上に乾燥せる酸化銀の粉末を撒布して砂粒面上に可及的一様に附着せしめ、適當に乾燥した後坩堝に入れ炉中で焼いて銀を砂粒面に固着せしめたものを以て試験に供した。斯くして銀の附着量が重量比で 1.11% 及 7.81% の 2 種の銀砂を作り此等の砂を硝子管に入れて濾層を作り、細菌を含む水を通過して細菌減少の状態を検した。最初の試験は昭和 9 年 11 月 21 日から同 10 年 1 月 30 日の間に延 54 回に亙りて行ひ、砂層の厚さは 27cm、濾速は 130m/d とした。供試水は濾過前に於て濁度 1~3°, 色度 5~4°, 過マンガン酸カリ消費量 1.643~2.307 p.p.m. であつたが、其の結果は表-2 の通りである。

表-2. 銀砂層濾過前後の細菌数 (其の 1)

事項	水の種類 細菌 水溫(°C)	銀の附着量 7.81% の砂使用の場合				銀の附着量 1.11% の砂使用の場合			
		未 濾 水		濾 水		未 濾 水		濾 水	
		37°C 24h	赤変菌	27°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌
最高	14	13840	12840	12040	5720	14040	9020	12640	6240
最低	9	356	112	88	16	408	148	112	19
平均	12.5	4920	2792	3023	1257	4862	2769	3254	1274

次に銀の附着量 1.11% の砂を 25cm の厚さに入れたもの 3 層を作り、昭和 10 年 3 月 4 日から同 18 日の間に前後 14 回に亙りて、各層を順次通過せしめ、其の都度各々の濾水を採つて細菌試験を行つた結果は表-3 の通りである。

表-3. 銀砂層濾過前後の細菌数 (其の 2)

事項	水の種類 細菌 水溫(°C)	未 濾 水		第 1 濾 水		第 2 濾 水		第 3 濾 水	
		37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌
最高	19	24090	18660	14480	4180	13880	936	10240	744
最低	15	312	244	188	33	116	14	63	7
平均	17.4	7218	4458	4667	1032	4033	274	2955	178

以上の成績によれば 25cm の層を 3 度即ち計 75cm の層を通過した後に於ても 37°C、24h 寒天平板培養の細菌聚落数は勿論、赤変菌も未だ十分に減少して居らない。併し此等の濾水は之を放置しておけば、細菌数は漸次

減少して早い場合には 5 時間後遅くとも 24 時間後には飲料水の資格を得ることになった。即ち各砂層で濾過した水を 22°C の孵卵器に貯蔵して時間の経過に伴ふ細菌減少の状態を検べた成績は表-4 の通りである。

表-4. 銀砂層濾水中細菌の時間的減少状態

貯蔵時間 水		細菌						
		0	2	3	4	5	6	24
銀附着量 7.81% の砂 27 cm の層で濾過した水	37°C 24h	5 033	124	—	46	—	—	14
	△赤変菌	5 617	853	—	45	—	—	0
銀附着量 1.11% の砂 27 cm の層で濾過した水	37°C 24h	4 653	559	70.3	31	25	—	13
	△赤変菌	9 220	1 182	90.	3.3	0.3	—	0
銀附着量 1.11% の砂 27 cm 及 7.81% の砂 27 cm の層で濾過した水	37°C 24h	5 367	668	495	378	276	155	136
	赤変菌	693	65	16	0	0	0	0
銀附着量 1.11% の砂 25 cm の層で 3 度濾過した水	37°C 24h	10 053	1 780	473	239	93	73	23
	赤変菌	599	39	9	1.7	0.3	0	0

備考: △印は検水 10cc 他は 1cc 中の細菌数を示し各々 3 回試験の平均である。

併し一般消毒剤を使用した場合と同じく、殺菌速度は温度に關係するものであつて、銀砂で濾過した水を冷蔵庫と 22°C 及 37°C 孵卵器に貯蔵して細菌減少の状態を検べた處に依れば當該濾水に在つては 37°C の孵卵器に入れたものでは 3 時間後には 37°C, 24h 寒天平板培養の細菌聚落数は 75 個に減少し赤変菌は陰性になつて居るが冷蔵庫に入れたものに在つては 24 時間後に於ても 37°C, 24h 寒天平板培養の細菌聚落数は 63 個に減少して居るが、赤変菌は尚検出した。3 回に互る試験の平均値を示せば表-5 の通りである。

表-5. 温度と殺菌速度との關係

貯蔵時間 貯蔵場所 細菌		0						
		1	2	3	4	6	24	
37°C 24h 培養細菌	37°C 孵卵器	1 046	356	152	75	56	—	15
	22°C 孵卵器	1 104	424	260	197	117	—	27
	冷蔵庫	934	698	356	316	182	—	68
赤 変 菌	37°C 孵卵器	1 536	—	13.7	0	—	0	0
	22°C 孵卵器	1 173	—	14.7	1.3	—	0	0
	冷蔵庫	1 852	—	64.3	37.0	—	9	2.7

サックリング氏は「カタジン シルバーで處理する水は無色透明なることを第 1 條件とする。浮游物及膠質性の色度構成分は水に溶解してをる銀を吸収して殺菌作用を弱める」と述べてゐる。前述の如く無色透明なる大阪市上水に就て行つた試験では硝酸銀 0.02 p.p.m. を注加すれば殺菌の効果は認められるのであるが、浮游物の存在せる當該水道の原水たる淀川水に對しては上水の場合の 10 倍即ち 0.3 p.p.m. の硝酸銀を加へても未だ消毒の効果を發揮することが出来なかつた。其の成績は表-6 の通りである。

以上を要約するに銀の殺菌力は可成り大であるが、完全殺菌に到達する迄には相當の時間を要し、又大量の水を處理するには經費は相當嵩むことは免れない。故に直ちに此の方法を採用することは困難であるが、小規模の水道の處理方法としては興味あるもの考へる。

(5) 鹽素に依る方法 此の方法は一般に採用されて居る。即ち經費も安く取扱も現在では簡單である。大阪市では大正 11 年以來殺菌法につき調査研究を進め爾來必要時には鹽素殺菌を施行して來たが、昭和 5 年度以來該方

表-6. 淀川水に硝酸銀を加へた時の細菌減少状態

水種 注加率 菌種 貯蔵時間	No. 1. (濁度 5 色度 6 kmno ₃ cons) 3.887				No. 2. (濁度 15 色度 16 kmno ₃ cons) 6.320			
	0		0.2 p.p.m.		0		0.2 p.p.m.	
	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌	37°C 24h	赤変菌
5	9 480	5 670	2 280	66	17 040	5 620	482	48
24	6 080	5 760	3 260	168	8 360	4 960	152	136
48	9 540	6 420	960	444	1 420	1 184	850	660

法によつて常時殺菌を行つて居る。鹽素殺菌の沿革史に依ると、最初は晒粉又は食鹽の電氣分解に依つて生ずる次亜鹽素酸ソーダ液を使用し、主として下水の消毒に對して用ひられて居た。1894~97年に互りトラウベー及シムス、ウッドヘッド兩氏が上水道の消毒に之を応用し、1905年以後4,5年間フェーストン及マクゴワン兩氏はリソコルンの水道で實施したが、當時は未だ一般に採用せらるゝ迄には進んで居なかつた。併し1911年に米國に於て大規模に消毒する先驅をつけ、1914~17年の世界大戰後には其の眞價が一般に認められて來た。而して現在では殺菌の目的のみでなく他の水中生物の除去の目的等にも使用されるに至つてを。大阪市で昭和8年6月から同9年2月末迄滿9ヶ月に亙つて施行した緩速濾過場に於て0.3 p.p.m.の割合で鹽素を注加して濾過前鹽素消毒を行つた試験の結果によれば其の沈澱水の細菌は鹽素を注加しない夫の細菌數に比して非常に減少して居るが、之を緩速濾過池で濾過した後の細菌數は消毒を行はぬ水を濾過した時の細菌數と略同様であつて兩者の間に差違がなかつた。即ち其の成績は表-7の通りである。

表-7. 緩速濾過に於ける濾過前鹽素消毒の場合の細菌數

水種		6	7	8	9	10	11	12	1	2
原	水	3 784	2 563	3 444	12 226	13 280	6 905	1 415	1 016	713
非消毒池	沈澱水	2 041	991	1 592	6 136	7 169	5 192	958	502	271
	濾水	19	14	15	24	26	27	23	29	23
消毒池	沈澱水	114	90	145	290	202	154	213	389	148
	濾水	16	18	17	13	20	11	18	24	30

備考：細菌聚落數は37°C 24h培養の成績である。

由是觀之緩速濾層中には相當量の汚泥が存在して濾過の効果を發揮してをるが、夫と同時に汚泥は細菌の棲息所とも考へられる。従つて此の層で比較的不純な水を濾過すれば所謂濾過の効果を充分に發揮して細菌を減少せしめるが、反對に清淨な水を濾過すれば砂層中に生活せる細菌の一部を洗ひ流すが爲濾水には却つて細菌數が増すことになる。即ち緩速濾過の効果には一定の限度があるので濾過前に於て細菌を極度に減少せしめても其の割合には濾水の夫は減少しないのである。

然るに急速濾過法に於ては之と趣を異にしをる。大阪市急速濾過設備に於ては當初は濾過前處理方法として凝集劑のみを注加して居た。此の當時に於ては浮遊物は充分に沈澱するが、原水の細菌數が増加する時期には沈澱水の夫も増加し濾過のみに依つては充分に細菌を除去することが出来なかつた。即ち當時の細菌(37°C 24h培養)試験成績は表-8の通りである。

表-8. 濾過前薬素消毒を爲さるる場合の急速濾過水細菌試験成績

年 月	昭和5年					昭和6年			
	7	8	9	10	11	2	3	4	5
原水	12209	12925	12979	11808	5746	1677	1951	2125	5808
沈澱水	1112	2249	2778	3648	1919	301	143	214	890
濾水	180	168	181	160	83	21	14	18	118

勿論斯の場合に於ても濾水に薬素消毒を施行して居たので、表-9 に示す如く上水としては良質なものを送つて居たのである。

表-9. 急速濾水薬素消毒前後の細菌数

昭和5年	薬素注加率 (p.p.m.)			細菌聚落数 (37°C 24h)					
	最高	最低	平均	薬素注加前			薬素注加後		
				最高	最低	平均	最高	最低	平均
8月	0.21	0.15	0.17	480	58	168	52	9	17
9月	0.21	0.17	0.19	590	52	181	20	8	12
10月	0.20	0.16	0.19	452	34	160	20	6	10
11月	0.20	0.17	0.19	560	19	83	20	4	9

斯の如く濾過後に於て薬素殺菌を行ふときは上水として間然する處なきに至るが、吾人の理想としては濾過直後既に上水としての資格のある濾水を生産するに在るので、此の目的のためにも又一面には沈澱池に沈積せる汚泥が浮揚することを防止する目的もあつて、昭和6年6月以降急速濾過に在りては濾過前薬素消毒を實施して居る。今昭和10、11 兩年に於ける濾過前薬品注加率及細菌試験成績を掲げれば表-10 の通りである。

表-10. 急速濾過に於ける濾過前薬品注加率並細菌試験成績表

年	事項	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			10	薬品	攀土	7.0	8.7	6.5	7.8	7.0	13.6	11.3	13.4	11.4
		薬素	0.2	0.21	0.2	0.2	0.2	0.29	0.33	0.3	0.29	0.3	0.3	0.28
	細菌聚落数	原水	527.8	312.5	247.8	374.0	1758.3	5677.7	3744.0	4857.5	4496.3	4435.7	2768.0	1062.8
		沈澱水	48	21	11	23	48	87.5	19.0	18.3	16.5	7.1	10.0	18.3
		濾水	7.2	6.0	4.0	5.4	5.0	18.0	4.4	4.7	2.3	3.0	3.2	8.0
11	薬品	攀土	8.9	9.2	8.6	14.6	9.9	9.7	13.7	8.1	9.5	11.2	7.6	8.0
		薬素	0.2	0.2	0.2	0.23	0.3	0.3	0.32	0.3	0.3	0.3	0.25	0.22
	細菌聚落数	原水	214.8	250.4	3020.0	503.4	1944.0	4267.0	5085.7	7670.7	8739.2	6890.5	1840.7	601.0
		沈澱水	281	29.7	23.0	10.2	6.2	6.6	11.6	17.0	39.4	21.2	18.1	28.2
		濾水	6.1	13.7	7.4	2.6	2.3	2.6	3.9	5.2	6.2	7.9	4.5	6.5

備考：細菌試験は 37°C 24h 培養、薬品注加率は p.p.m. 単位を示す

即ち急速濾過法に於ては濾過前懸素消毒の効果は靨面に現れて居る。之は緩速濾過法に比して濾速の大なること及濾層の洗滌を頻繁に行ふ等、濾過の機能を異にするが爲であると考え。斯く急速濾過に於ては濾過前懸素消毒を施行することにより濾水の細菌数を非常に減少したのであるが、本市では此の濾水に對しても、又緩速濾過の濾水に對しても同様に 12~4 月の 5 ヶ月間は 0.1~0.15 p.p.m., 6~11 月の 7 ヶ月間は 0.2~0.25 p.p.m. の懸素を注加して上水としての最後の消毒を行つてゐる。斯くして處理せる昭和 11, 12 年度に於ける上水の細菌數 (37°C 24h 培養) は表-11 の通りである。

表-11. 送水直前に於ける上水細菌數

月 年度	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
11	5.3	5.9	5.5	6.7	5.2	8.1	6.8	6.0	6.6	6.9	6.5	5.8
12	4.6	6.7	6.7	7.8	5.5	12.5	7.4	11.5	10.5	7.6	7.2	7.5

而して昭和 10 年 1 月下旬から同年 12 月下旬迄の間に前後 171 日間延 240 回に互り送水直前の水につき赤変菌の試験を行つたが、何れも陰性であつて、殺菌の効果完全なることを確めたのである。

(6) アンモニアクロリンに依る方法 該法を上水の殺菌に応用したのは 1916 年レース氏がオッタワ市の水道に於て施行したのが最初である。其の後 1926~29 年間に英のフューストン アダムス、米のマック アミス、スパウルデング、ローレンスの諸氏が研究し、以後各地の水道で研究實施して米國では可なり普及してをる。懸素のみで消毒する場合には浄水場が遠距離に在るか、水の有機物含量が大であるか、乃至は配水管系統に於て水の循環が不十分な箇所がある等の場合には、殺菌した水が需要者に達する迄には遊離懸素が全然消失して細菌が再び増加する可能性がある。之を防止するには懸素注加率を増加せねばならぬが、斯くすれば配水区域の一部には懸素臭のある水が送られ、又懸素注加率が小であつても水にフェノール或は夫に類似の物質が微量でも存在すればクロールフェノール様の薬品臭味が生ずることがある。斯る缺點を防止するにはアンモニアクロリン法を施行するがよいと言はれて居る。大阪市では昭和 10 年 3 日アンモニア注入機も設備して必要時には該法を實施してをる。而してアンモニアは懸素に先行して注加するが、其の注加率は水質によつて異なるも、普通は懸素量の 1/3 程度である。

大阪市では昭和 10 年 5 月から約半歳に亘つて實驗室並實地に於て次のやうな研究をした。實驗室に在りては薬品注加率並温度等を変へて殺菌の効果及臭味に及ぼす影響等を、又實地に在りては第 1 送水ポンプ場から送る水に對してはアンモニアを併用し、第 2 送水ポンプ場から送る水には懸素のみを注加して、兩者の市内送水中に於ける残留懸素及赤変菌に就ての比較試験をした。

即ち實驗室に於ては、先づ濾水に豫め培養せる細菌を加へ冷蔵庫、22°C 及 37°C 孵卵器に入れて所定の水溫となした後に、懸素を 0.15, 0.2 及 0.25 p.p.m. の割合で加へ、再び所定の場所に貯藏して 0, 2, 4, 6, 24, 48 及 72 時間毎に取出して試験を行つた。但しアンモニアクロリン法を施行した検水に對しては懸素に先行してアンモニアを懸素の 1/3 に相當する割合で注加しておいたのである。成績の 1, 2 例を示せば表-12 の通りである。

是によれば遊離懸素は各温度を通してアンモニアクロリン法を施行したものに於て長時間残留したが、殺菌の効果に至つては兩者に於て相違がなかつた。次に原水に對しても同様な方法で、懸素を 0.2, 0.3 及 0.5 p.p.m. 注加して試験を行つたが、其の成績は表-13 の通りである。

此の場合に於ても遊離懸素残留時間はアンモニアを注加したものに於て幾分長かつたが、濾水の場合に於ける様な差はなく、従つて殺菌の効果に於てもアンモニア注加の影響は現はれて居ない。之は濾水に在つては懸素を消費

表-12. 鹽素とアンモニアクロリン法との殺菌効果の比較 (其の 1)

水温	鹽素注加率		0.20 p.p.m.								供試水 性 質
	アンモニア注加率	試験事項	經過時間(時)								
			0	2	4	6	24	48	72	96	
22°C	0	37°C 24h 菌	2	3	3	3	4	2	4	4	濁 度 0 色 度 0 pH 6.6
		赤化菌 有效鹽素	0	0	0	0	0	0	0	0	
22°C	0.07	37°C 24h 菌	3	3	2	2	3	4	4	2	カメレオン 消費量 1580 37°C 24h 菌 56 赤化菌 21
		赤化菌 有效鹽素	0.2	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.08	0.03	
37°C	0	37°C 24h 菌	5	3	2	2	—	2	3	2	濁 度 0 色 度 0 pH 6.7
		赤化菌 有效鹽素	0	0	0	0	—	0	0	0	
37°C	0.07	37°C 24h 菌	5	4	3	2	—	2	3	2	カメレオン 消費量 1580 37°C 24h 菌 248 赤化菌 43
		赤化菌 有效鹽素	0.19	0.15	0.14	0.13	—	0.04	0	0	

表-13. 鹽素とアンモニアクロリン法との殺菌効果の比較 (其の 2)

水温	鹽素注加率		0.30 p.p.m.								供試水 性 質
	アンモニア注加率	試験事項	經過時間(時)								
			0	2	4	6	24	48	72	96	
22°C	0	37°C 24h 菌	52	39	19	17	14	—	8	4	濁 度 8 色 度 12 pH 6.7
		赤化菌 有效鹽素	22	0	0	0	0	—	0	0	
22°C	0.1	37°C 24h 菌	1012	28	18	22	8	—	8	4	カメレオン 消費量 3094 37°C 24h 菌 3410 赤化菌 1660
		赤化菌 有效鹽素	184	0	0	0	0	—	0	0	
37°C	0	37°C 24h 菌	158	72	34	39	1640	1520	1800	1080	濁 度 8 色 度 11 pH 6.9
		赤化菌 有效鹽素	22	0	0	0	0	0	0	0	
37°C	0.1	37°C 24h 菌	1260	82	46	32	1380	2240	3360	3340	カメレオン 消費量 4108 37°C 24h 菌 3920 赤化菌 1220
		赤化菌 有效鹽素	392	0	0	0	0	0	0	0	

すべき有機物の含量が少ないので、鹽素が殺菌の効果を發揮するには好条件であつて、アンモニアを加へて鹽素残留時間を延長せしめなくとも充分に殺菌の効果を収め得ることを示し、又原水の場合には既に相當のアンモニアが存在して居るので、更めてアンモニアを加へても其の割合に鹽素残留時間を延長することなく従つて殺菌の効果にも影響を及ぼさなかつたものと考へる。

又實地に行つた成績では、アンモニアを加へて消毒せる水が送られて居ると考へられる方面の水栓で採つた水の遊離酸素は 6 月 25~26 日には最遠隔の箇所には検出しなかつたが、其の他の箇所では 0.01~0.015 p.p.m. を；又 7 月 16~17 日には同じく遠隔の箇所では検出せず、他の箇所では 0.015~0.040 p.p.m. を検出し、又酸素のみで消毒した水が送られて居ると考へられる方面の水栓で採つた水の遊離酸素は、6 月 16, 17 日の試験では 0.005~0.015 p.p.m. を、7 月 16~17 日には一部では検出しなかつたが、他の箇所では 0.005~0.015 p.p.m. を検出し、赤変菌は何れの日に於ても検出しなかつた。勿論前記の場所に果してアンモニアクロリン法を実施した水と酸素のみで消毒した水が判然と區別の出来る様に別々に流れて居たか否かは断言出来ないし、又夫等の場所に到達する迄に経過した時間も區々であるので、以上の成績を以て直ちに断定することは出来ないが、大体に於てアンモニアクロリン法によりて消毒した水が送られて居ると考へられる區域の水の遊離酸素残留量は大であつた。又細菌試験の結果は實驗室に於ける試験成績と同様にアンモニア併用の有無に關係なく十分に消毒されて居ることが判然した。エル・ビー・ハリソンのベ・シターの水道水につき研究して「0.01 p.p.m. の有効酸素が 2~2.5 時間残留すれば殺菌の効果は残留酸素が 0.05 p.p.m. 存在した場合と同様に良好であつた」と報告し、又ヂェー・ダブリュ・エルムス氏はクリーブランド市の上水にアンモニアクロリン法を施行した結果に就て「配水區域の水につき充分注意して細菌試験を行つたが、少數の例外はあれ共、其の殺菌水の細菌学的性質は酸素のみで殺菌した水の夫と同等であつた」と報告して居る。

大阪市水道水の温度は 1 年を通して 2~30°C の間であつて、濾水に 0.2 p.p.m. の割合で酸素のみを注加して暗黒に保つておけば、高温時に於ても 0.01 p.p.m. 程度の遊離酸素は優に 6 時間は残留することを認めた。

次に臭味に關する點に就て研究した處によれば、水にフェノール或は之に類似の化合物が溶存して居る時に於ても、又酸素注加率が大なる場合に在つても、アンモニアクロリン法を施行すれば、臭味の發生を阻止或は緩和することは事實である。大阪市では其の原因並に事實の有無は未だ判然しないが、酸素殺菌實施後に於ては、1~3 月の候には臭味を有するとの不平を訴へて來る者があつたので、昭和 11 年 1 月以後は斯る冬時季にはアンモニアクロリン法を実施して居るが、其以後に於ては臭味に關する問題を惹起したことはない。

以上の點から考へると、大阪市では酸素のみで消毒して十分に殺菌の効果を擧げることが出来るが、臭味の問題を惹起する虞のある場合にはアンモニアクロリン法を実施することが策の得たものであると考へる。

(7) 殺菌に要する藥品費 前述の様に大阪では、緩速濾過で處理した水には濾水のみ、又急速濾過で處理する水に對しては濾過前後に於て酸素殺菌を施し、又 1~3 月の臭味發生の虞ある時季には全部の濾水にアンモニアクロリン法を施して居るが、斯くして處理する場合の藥品の使用量及其の購入金額は何程に達するかを見るに、昭和 11, 12 の兩年度に於ける數字は表-14 の通りである。

表-14. 大阪市上水道に於ける酸素及アンモニア使用量並金額

事 項		年 度	
		昭 和 11 年	昭 和 12 年
送 水	量 (m ³)	188 698 700	195 298 800
	使 用 量 (kg)	33 724	43 617
		金 額 (円)	13 075
アンモニア	使 用 量 (kg)	1 100	1 780
	金 額 (円)	564	907

昭和12年度に於ける平均鹽素注加率は0.22 p.p.m. 強であり、同年度に於ける大阪市の人口を3200000人とすれば1ヶ年平均1人當りの使用水量は62.28 m³ であつて、其の消毒費は僅かに5厘8毛(鹽素代5厘5毛、アンモニア代3毛) 強である。而して同年度に於ける鹽素購入價格は1 kg につき41 錢弱であるから、今鹽素注加率を0.5 p.p.m. に増加しても1人1ヶ年使用水量に對する消毒費は約1 錢2 厘8 毛(41 錢×62.3×5×10⁻⁷) である。即ち斯る少額の經費を以て上水の安全が保證されるので、各地の水道に於ても之を實施して上水の萬全を期すべきであると考へる。

3. 空襲其の他に依り毒化された場合の応急處置

淨水場が空襲された場合には如何なる處置を講ずべきかに就ては、空襲の方法、襲撃された個所及被害の程度等に依つて異なるので、夫等個々の場合については論じ難いが、茲では沈澄池或は濾池に對して細菌彈又は瓦斯彈を投下された場合の對策について考へて見やう。細菌彈投下に際しては當該地の流入出管の 瓣を閉ぢ其の上晒粉又は鹽素を投入して池水を消毒して放流するか、又此の水を使用せねばならない場合は夫を濾過して後再び1.0 p.p.m. 程度の割合で鹽素を注加し消毒を完全にして送水すれば良い。瓦斯彈の場合は種類多く且つ今後如何なる種類のものが出現するやも測り難いので、夫に對する處置は複雑であるが、比較的飲料水毒化の目的で投下されると考へられるイベリット及ルイサイトに對する方法について述べることにする。文獻によるとイベリット及ルイサイトは共に晒粉で處理すれば分解することが出来るが、後者の場合には水がアルカリ性であれば分解生成物である亞硫酸が溶解しておるので尙ほ其の上に酸で處理して亞硫酸を不溶性にする必要がある。従つて是等瓦斯彈に見舞はれた池に對しては流入出管を閉ぢて晒粉で處理し、イベリットの場合であれば充分に分解した後に池水を放流或は濾過し、ルイサイトの場合には分解した後に再び酸で處理して亞硫酸を不溶性として沈澱或は濾過して其の濾水は放流した後に當該池を掃除して毒物を除去する、斯る處置を講ずるには各池は必要に応じて他との連絡を遮断することが出来、且つ夫が運用中止に際しても送水能力に大なる影響を及ぼさないやう、即ち可及的各個の池の能力は小に、池數は多くする方が安全であると考へる。

而してルイサイトの場合は別であるが、細菌は勿論イベリットを投下された水でも、之を煮沸すれば無毒化する故に、斯る際には現場に於て充分の處置を講ずると共に、一般市民に對してはラヂオ其他の方法によつて水を煮沸して使用するやう注意すべきであると思料する。

函館市の復興事業に就て

(昭和13年7月16日土木學會第2回年次學術講演會に於て)

會員 神 尾 守 次*

1. 緒 言

昭和9年3月21日より22日に亙つての大風災に伴ふ函館市の大火災は其の焼失地面積約126萬坪に及び函館市の大半を灰燼に歸せしめた。

函館市は渡島半島の南端に位し、津軽海峡に突出せる岬角に依つて形成せられたる天然の良港を有し、世界交通並貿易の要衝を占めて居る。

* 工学士 都市計畫北海道地方委員會技師