衛生対策研究 (IV)*¹

プール用海水に関する基礎資料 (1)

電解殺菌について

石坂 音治, 徳広 真知子 (名古屋市立大学薬学部*²)

Planning for the Hygienic Environment (IV)*¹

Fundamental Experiments for Utilizing Sea Water to Swimming Pool (1)

Bactericidal Effects of Electrolysis

Otoharu Ishizaka, Machiko Tokuhira
(Faculty of Pharmacy, Nagoya City University*²)

Bactericidal effects of electrolysis were studied on sea water in relation to its use for swimming pool. From the experimental results it has been revealed that an electrolyzed sea water at 15 m amp., 6.2 V, for 8 mins. was effectively bactericidal for marine bacteria.

Futhermore, the total expense for this method is roughly estimated at 5 % of that so far used for chlorine disinfected water.

(Received January 13, 1965)

現在プール水に水道水を一般に使用しているが、海岸地方のごく一部に海水を用いている例がみられる。もし海水がプール用水として代用できるとすれば、大都市における飲料水不足の現状からみて有意義なことになる。この場合、まず考慮すべきことのひとつとして細菌に関する問題がある。

文献によれば、Claude E. Zo Bell¹⁾は、海水そのままでは淡水にすむバクテリアの増殖を抑制し、5 % から 10 % 希釈海水では増菌したと述べている。また Selman A. Waksman, Margaret Hotchkiss²⁾は、新鮮な海水が海洋棲バクテリアの細胞を破壊する作用を有し、滅菌した海水、塩水にはその作用がなく、恐らくその作用が動物性プランクトンによるものであろうと報告した。一方、Paul J. Beard, Niel F. Meabowcroft³⁾は、*Escherichia coli* が海水中で 20 日経過後もなお始めの 0.5 % ~ 0.7 % 生存したことを実証している。

今回は以上の文献を再確認する意味で、まず海水と水道水を加圧滅菌したのち、*E. coli* を用いて普通寒天培地による平板法でおおのの繁殖状態を再検し、別に海

水を電気分解したものにつき同様の殺菌作用の有無を検査した。その結果、海水を電解したものに殺菌作用を確認することができた。

実験の部

1. 装置と器具

電解槽 : Fig. 1 に示すような中央に注入分枝管と、陽陰両極槽をもつ U 字型の内容容 200 ml のもの

Fig. 1. Diagram of Electrolyzer used for Sea Water Electrolysis (lengths in cm)

*1 前報(III), 石坂音治, 石原英子, 木津川孝子, 徳広真知子: 本誌, 11, 87 (1965).

*2 名古屋市瑞穂区萩山町 1 の 11: Hagiya-ma-cho, Mizuho-ku, Nagoya.

を使用。

電極：炭素棒を陽極に，ステンレス線を陰極に使用。

定電流：整流器を用いて常に一定電流を通じた。

pH 測定：pH メータ (HITACHI-HORIBA) を使用。

2. 操 作

ガラス器具は 160°, 1 時間乾熱滅菌し，培地は 120°, 20 分加圧蒸気滅菌した。

A. 人工海水と水道水の *E. coli* の繁殖状態を調べた実験

水道水と人工海水のおおの 10.0 ml を加圧蒸気滅菌し，*E. coli* の菌懸濁液数滴を加え，24 時間，37° 孵卵器におき，その 1.0 ml を普通寒天培地を用い平板法で 24±2 時間孵卵器中で培養したのち，コロニー数を検査した。

B. 海水の電解による殺菌作用を調べた実験

滅菌海水 50 ml を電解し，1% NaCO₃ 液または 1% HCl を用いて電解液の pH 調整をおこない，その 5.0 ml に *E. coli* の菌懸濁液数滴加え 24 時間，37° 孵卵器におく。その中の 1.0 ml を普通寒天培地を用い平板法で 24±2 時間孵卵器中で培養したのちコロニーの数を検査した。

雑菌についての実験は海水中にいる菌を使った。

対照実験として電解しない液を用い，本実験と同様の操作をおこなった。

結 果

A. 海水と水道水の *E. coli* の繁殖状態を調べた実験の結果

海水，水道水ともに *E. coli* のコロニーがよくはえたので滅菌人工海水は殺菌作用がなかったが，海水のコロニー数が水道水のものより少なかったので多少の制菌作用があることが解った。その結果を Table I に示した。

B. 海水の電解による殺菌作用を調べた実験の結果

(1) *E. coli* の殺菌と電解時間の関係 (人工海水を使用)

海水の殺菌作用が現われるまでの電解時間に見当をつけるため，*E. coli* について滅菌人工海水を電解して調べた結果を Table II に示した。電解電流は 15 m amp.，電圧 6.2 V. を使用した。

(2) *E. coli* の殺菌と電解時間の関係 (天然海水を使用)

Table I Increases of *E. coli* in Autoclaved Water and Artificial Sea Water

Total number in autoclaved artificial sea water	194	166
Total number in autoclaved tap water	2,936	2,860

Table II Relationship between the Time for Electrolysis and the Sterilizing Power for *E. coli* (about Artificial Sea Water)

Time (min)	PH of electrolyzed soln.		Result
	before adjustment	after adjustment	
60	3.42	6.52	— —
40	3.35	6.50	— —
30	3.62	6.62	— —
20	3.84	6.30	— —
10	4.05	6.30	— —
8	4.80	6.22	— —
6	6.08	6.08	— —
4	6.20	6.20	— —
2	6.40	6.40	— —
0	6.50	6.50	++ ++

— : total number 0 ~ 3

+: 4 ~ 30

++ : 31 ~

Table III Relationship between the Time for Electrolysis and the Sterilizing Power for *E. coli* (about Sea Water)

Time (min)	PH of electrolyzed soln.		Result
	before adjustment	after adjustment	
0	8.10	6.88	++ ++
2	8.30	6.96	— —
4	8.12	6.98	— —
6	8.00	7.12	— —
8	7.92	6.98	— —
10	7.90	7.00	— —

実験(1)の結果を得たので(1)と同様の実験を滅菌した天然海水を使っておこなった結果を Table III に示した。

(3) 雑菌の殺菌と電解時間の関係

実験(2)より *E. coli* には天然海水 2 分間の電解液が殺菌作用を示すことがわかったので天然海水中に含まれている雑菌について，そのまま電解して調べた結果を Table IV に示した。15 m amp.，6.2 V.

(4) 雑菌の殺菌と電解電流の関係

実験(3)より雑菌について完全な殺菌結果を得るには電解時間が 8 分もかかったが，実際に応用するときには短時間程よいので，2 分間に限定してどの程度の電流が必要かを調べた結果を Table V に示した。

Table IV Relationship between the Time for Electrolysis and the Bactericidal Effect for Marine Bacteria

Time (min.)	PH of electrolyzed soln.		Result		Result when incubated for 24 hrs. after pH adjustment	
	before adjustment	after adjustment				
0	7.80	6.85	++	++	++	++
2	7.90	7.35	++	+	+	+
4	7.75	7.40	++	-	+	-
6	7.60	7.30	-	-	+	-
8	7.40	7.40	-	-	-	-
10	7.15	7.15	-	-	-	-

Table V Relationship between the Condition of Electrolysis and the Bactericidal Effect for Marine Bacteria

Electric current (m amp)	Electric pressure (V)	pH of electrolyzed soln.		Result		Result when incubated for 24 hrs. after pH adjustment	
		before adjustment	after adjustment				
0	0	8.08	6.92	++	++	++	++
15	6.3	7.95	7.18	+	+	++	++
20	7.5	8.00	7.28	++	+	++	+
25	8.7	8.00	6.94	+	-	+	+
30	10.0	7.92	7.28	-	-	+	+

考 察

以上の結果からそのままの海水は多少の制菌作用は認められたが、殺菌作用を期待することができなかったのに対して、海水の電解液は殺菌作用があることがわかった。

今回の実験条件下で8分間、15 m amp. の電流を通じた液が雑菌に対しても相当の効果があり、そのときの電解液の pH も 7.40 でプール試験の適合範囲 pH 5.80 ~ 8.0 にあった。この際の残留塩素の濃度をオルトトリジン法で測定した結果 0.1 ppm 以下と認められたが、その原因の追究を今回は行わなかった。持続性については実験結果 Table V から少くとも 24 時間有効と認められた。

費用について今 300 t のプール水を仮定すると、海水を使用する場合 1 回のプール水を供給するのに 1 kW/h が 4 円として、電解費は、

$$(300,000,000 \text{ g} / 50) \times (15 \text{ m amp.} \times 6.2 \text{ V} / 1,000,000) \times (8 \text{ 分} / 60) \times 4 \text{ 円} = 297 \text{ 円} \quad \text{となり、}$$

水道水を使用する場合入れ換え式プールでは、

$$\text{水道費} \quad 300 \text{ t} \times 20 \text{ 円} = 6,000 \text{ 円}$$

$$\text{サラシ粉代} \quad 5 \text{ kg} \times 85 \text{ 円} = 425 \text{ 円} \quad \text{となる。}$$

$$\text{計} \quad 6,425 \text{ 円}$$

電解費はサラシ粉代金の $\frac{3}{4}$ で、しかも海水は無料であるからその他の経費は別として水道水を使用する場合の $\frac{1}{21}$ ですみ経済的である。

しかし、実際に応用するとすれば海水を導く設備費、食中毒の原因となる病原好塩菌に対する効果を考慮しなければならない。また殺菌効果の原因、持続効果の向上など今後検討したい。

結 語

以上考察したように好塩菌の問題、設備の問題はあるが、15 m amp., 6.2 V, 8 分間電解した海水は海洋棲バクテリアに対して殺菌作用を示し、費用が経済的であるためプール水への応用も不可能ではないと考える。

文 献

- 1) Cl. E. Zo Bell: Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., **34**, 113—116 (1936).
- 2) S. A. Waksman, M. Hotchkiss: J. Bact., **33**, 389—400 (1936).
- 3) P. J. Beard, N. F. Meadowcroft: Am. J. Pub. Health, **25**, 1023—1026 (1935).
- 5) 宮本泰: 食品衛生学雑誌, **2**, 4 号, 29 (1961).