

オゾンによる冷却塔水の浄化試験 (その1)

芦川 正行* Masayuki Ashikawa 片野 彦一** Hikoichi Katano

萩谷 宏三* Kōzō Hagiya 吉田 尚弘* Naohiro Yoshida

松井 鐘司* Shōji Matsui

1. はじめに

冷却塔水循環系では、スケール付着、スライム生成及び腐食により、熱交換器の効率低下や管内閉塞が発生し、その防止対策が要求されている。また、冷却塔を繁殖源にするレジオネラ菌（重症肺炎原因菌）に対する予防も一部では叫ばれている。これらの障害に対しオゾンの効果を確認する目的で実験を行い、その効果が得られたので報告する。

2. オゾンによる冷却塔水の浄化効果

2-1 試験装置

Fig. 1 に示すように同一回路の配管系を3組（オゾン処理回路、無処理回路、薬剤処理回路）設置した。

① No. 1 回路

オゾン処理回路として、オゾン溶解用のインジェクタを組み込み、オゾンを間欠的に注入した。なお、オゾンの原料ガスは純酸素を用いた。

② No. 2 回路

無処理回路とした。

③ No. 3 回路

薬剤処理回路として、薬剤は定量ポンプで連続注入した。

なお、3回路の熱交換部に同等の負荷を与えるために負荷タンクを設置した。水槽はヒータと攪拌機で水温の均一化を図った。これらの運転条件及び仕様を Table 1 に示す。

2-2 試験項目及び試験方法

Table 2 に試験項目及び試験方法を示す。

3. 結果及び考察

一般細菌数抑制効果を Table 3 に示す。装置運転開始前にはどの冷却塔にも 10^3 個/m ℓ 以上の一般細菌が検出された。No. 1 回路では、オゾンによる一般細菌数抑制効果が表れているが、No. 2 回路では 10^4 個/m ℓ に増加している。No. 3 回路では 10^2 個/m ℓ に抑制され、スライム防止効果が表れている。

(2) レジオネラ菌不活化効果

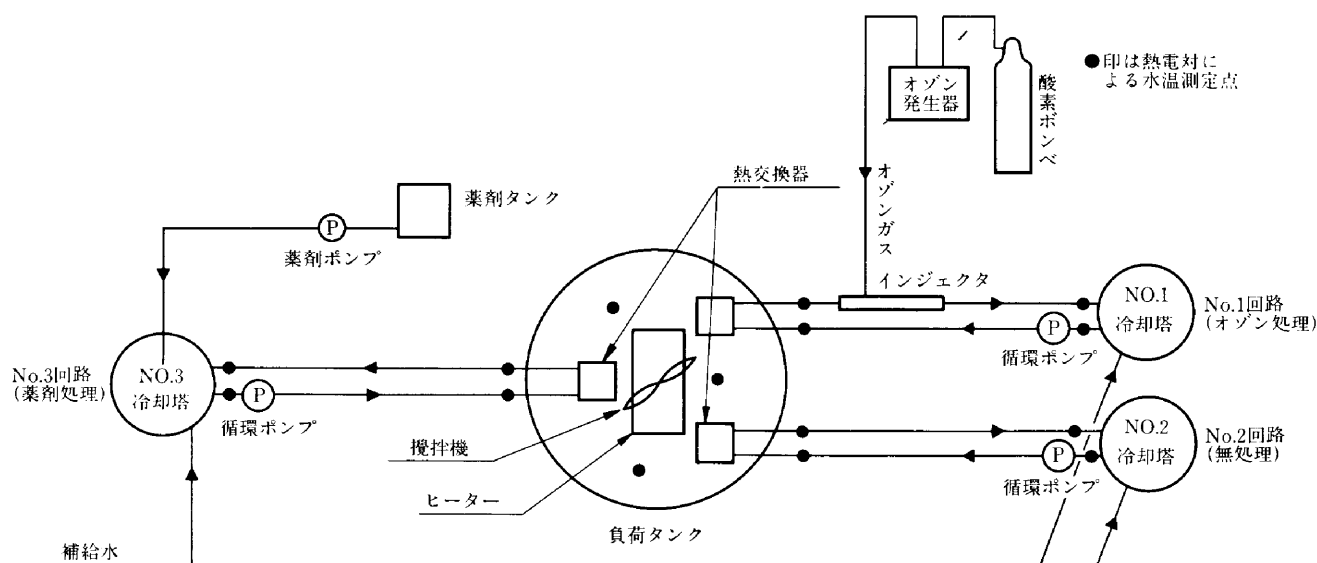


Fig.1 装置概要図

*技術研究部建築技術課
**技術研究部建築技術課副課長

Table 1 装置運転条件及び仕様

	運転条件・仕様						
No.1 冷却塔	循環水量 26ℓ/min ブローダウン 停止 溶存オゾン濃度 3ppm (インジェクタ直後) オゾン注入サイクル 文献によればレジオネラ菌は一般細菌数が 10^3 個/㎖以下の冷却塔からは検出されにくい。そのため 10^3 個/㎖以下になるようオゾンの注入サイクルを決定した。オゾン注入時間を1分、停止時間を4分とする。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>オゾン注入 1分</td><td>オゾン停止 4分</td></tr> <tr> <td colspan="2">1サイクル</td></tr> <tr> <td colspan="2">5分</td></tr> </table>	オゾン注入 1分	オゾン停止 4分	1サイクル		5分	
オゾン注入 1分	オゾン停止 4分						
1サイクル							
5分							
No.2 冷却塔	循環水量 26ℓ/min ブローダウン 停止						
No.3 冷却塔	循環水量 26ℓ/min ブローダウン 停止 薬剤は、除菌、腐食防止、スケール防止、スライム防止効果のある市販のものを使用。 注 入 量 12㎖/h (メーカー指定)						
負 荷 タ ン ク	ヒータ容量 3φ 200V 15kW 熱 交 換 器 銅パイプ 25φ L=10m 1辺200mm 正方形×11巻(縦型) 攪 拌 機 3φ 200V 0.1kW 360rpm						

Table 2 試験項目及び試験方法

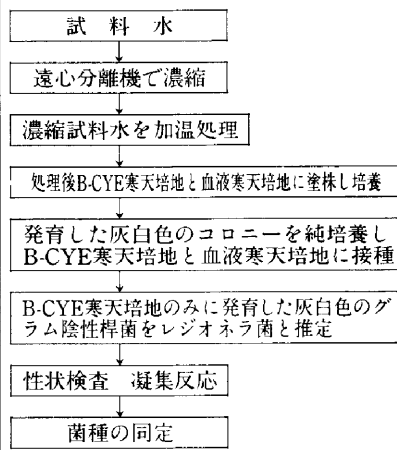
試験項目	試 験 方 法
一般細菌抑制効果	各冷却塔水槽より循環水を無菌的にサンプリングし衛生試験法に準じて標準寒天培地を使い、混釈培養法により、 45 ± 3 時間37℃で培養し形成されるコロニーを計数する。
レジオネラ菌不活性効果	レジオネラ菌検出フローを示す 
水 質 分 析	試験開始前と1ヶ月後の冷却塔水の水質について日本冷凍空調工業会基準項目について分析した
温 度 効 率	各熱交換器の性能を定量的に把握するため、次式に示す温度効率を導入した。 $\text{温度効率} \xi = \frac{(tc_2 - tc_1)}{(th_1 - tc_1)} \times 100(\%)$ tc1: 熱交換器入口水温 tc2: 熱交換器出口水温 th1: 負荷タンク内水温

Table 3 一般細菌数抑制効果

	一般細菌数 [個/㎖]	
	装置運転開始前	装置運転1ヶ月後
No.1冷却塔	9.7×10^3	オゾン注入停止直後 1.2×10^3 " 停止1分後 4.5×10^3 " 停止2分後 3.7×10^2 " 停止3分後 4.0×10^2 " 停止4分後 3.2×10^3
No.2冷却塔	3.6×10^3	4.1×10^4
No.3冷却塔	4.5×10^4	2.9×10^2

レジオネラ菌の検出にあたっては、自社及び分析専門業者で行ったが、いずれの冷却塔からも検出されなかった。

(3) 水質分析

水質分析項目は日本冷凍空調工業会基準に基づいて行った。Table 4 に結果を示す。No.1 とNo.2 を比

較してみると、全鉄は両者とも基準値内であるが、No.1ではさらに腐食原因となる塩化物イオン、硫酸イオンもクリアしており、オゾンの効果が確認できる。また、スケール生成要因である全硬度や腐食の概略を知る電気伝導率に関しても、オゾンによる浄化効果が表れている。なお、pH、全硬度、腐食の概略を知る電気伝導率に関しては、補給水自体基準を上回っていた。

(4) 温度効率

オゾンによる冷却塔水の浄化効果を、熱交換器の温度効率より求めた。Fig. 2 に温度効率の運転開始時に対する2ヵ月半後の低減率を示す。No.1は14.3%、No.2は48.7%、No.3は18.7%であり、薬剤よりオゾンの方が4%弱下回っている。

(5) 目視検査

オゾン、薬剤の浄化効果を目視により判定したので以下に述べる。

Table 4 水質分析結果

	No.1 冷却塔水		No.2 冷却塔水		No.3 冷却塔水		冷 却 水 基 準 値	補 給 水		補 給 水 基 準 値
	運転開始時	1ヶ月後	運転開始時	1ヶ月後	運転開始時	1ヶ月後		運転開始時	1ヶ月後	
pH	8.2	8.5	8.2	8.4	8.4	8.7	6.5~8.0	7.5	8.4	6.0~8.0
全 鉄 mg/ℓ	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	1.9	1.0以下	0.4	0.1	0.3以下
塩化物イオン mg/ℓ	24	150	24	290	30	380	200以下	21	23	50以下
硫酸イオン mg/ℓ	17	160	18	300	26	330	200以下	16	14	50以下
シ リ カ mg/ℓ	4.6	110	4.6	110	5.7	120	50以下	4.3	30	30以下
全硬度(CaCO ₃)mg/ℓ	160	790	160	1200	220	1900	200以下	150	150	50以下
酸消費量(pH4.8)mg/ℓ	98	310	97	270	120	520	100以下	89	90	50以下
電気伝導率 μS/cm	370	1700	400	2600	500	3600	800以下	350	340	200以下

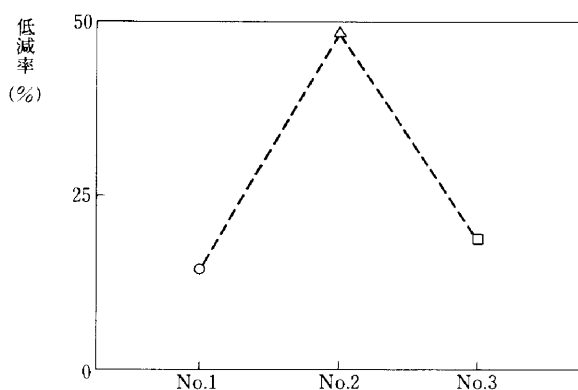


Fig.2 温度効率の低減率

4. おわりに

冷却塔水のオゾンによる浄化効果を、様々な角度から評価し、その有効性を確認した。

今後さらにオゾンの有効性を評価するために、以下の項目について検討してゆく。

- ① オゾン処理の経済性
- ② オゾンによる材料の腐食性
- ③ 排オゾン対策

・ 流量計

No.1, No.3の汚れ具合は同程度で、運転開始時とそれほど変わらない。No.2はスライムが全体を覆い、フロート、目盛の確認が困難である。

・ スプレーパイプ

No.1, No.3の汚れ具合は同程度で閉塞箇所もなくきれいである。No.2は全体を黒色のスライムが覆っていた。

・ ろ材及び水槽内

水槽内にはそれぞれ同程度の土砂が堆積していた。No.1, No.3は触れてもサラットしているが、No.2は腐敗した有機物のように、ヌルットしていた。ろ材に関してもNo.1, No.3はきれいであるが、No.2にはスライムが付着していた。