

- ・DPD法、SBT法では、試薬添加後、徐々に発色が強くなった。一方、シリングルダジン法では発色強度の変化は見られなかった。アンモニウムイオン(13mg/L)を含むことから、結合型塩素が生成していると考えられる。
- ・各測定法において、測定時のpHが他の温泉に比べて低い値を示した。温泉のpHが2.6であり、発色時に添加する緩衝液ではpHの調整が困難であった。

⑧ 8番

- ・発色試薬添加直後で、各測定法において指示値が0.023~0.108 mg/Lであり、8種類の温泉中、最も低い値を示した。
- ・塩素添加直後に、⑦に比べて弱いものの、塩素臭がした。
- ・試薬添加後、10分間放置により、温泉水が薄い褐色に変化した。温泉水中に存在する鉄(0.81mg/L)の影響と考える。
- ・アンモニウムイオン(4.5mg/L)と、過マンガン酸カリウム消費量(15mg/L)があり、結合型塩素の生成及び、塩素の消費があったと考える。
- ・時間の経過とともにDPD、SBT法とも発色が無くなり、結合型塩素も含めて硫酸由来の被酸化性物質により塩素が消費されたものとする。

温泉水により、残留塩素濃度の測定値は様々となっている。また、同じ温泉水でも測定法により残留塩素濃度の値が異なっている場合もある。

全ての温泉水は、添加した塩素濃度に比べて低い値を示しており、

- ①残留塩素が消費された(鉄、マンガン、過マンガン酸カリ消費量成分など)
- ②塩素が結合型となり一部のみが測定されている
- ③測定法のpH調整が不十分で発色がうまくいかなかった

などの要因があると考えられる。

測定法による、値の違いは主として結合型の存在によるものと考えられるが、それだけでは説明のつきにくい場合もあり複雑である。

3.1.6 まとめ

- ・残留塩素濃度測定法として、DPD法、シリングルダジン法、SBT法、ポーラログラフ電極法について特性を調査した。なお、シリングルダジン法は、日本では市販の発色試薬式試験器は市販されておらず、試験紙の形で発売されている。
- ・各測定法について、その発色や測定値はpHにより変化することが確認された。比色法で残留塩素濃度を測定する場合は、試験水のpHを緩衝液により発色至適pHに調整して測定する。温泉水によってはpH緩衝能が高く、十分にpH調整されない場合があるので注意を要する。
電極式の場合は、測定するpHで計器を校正をした上で、測定する必要がある。
- ・アンモニウムイオンが存在する場合の残留塩素は結合型になっており、測定方法により測定値が異なってくる。
シリングルダジン法は、結合型塩素には殆ど反応せず、遊離残留塩素濃度のみを測定した。DPD法とSBT法は、結合型塩素の一部と反応し、測定値として表示した。

測定値は時間の経過とともに高くなるので、遊離残留塩素濃度のみを測定する場合は発色させた後、出来るだけ速やかに測定する必要がある。

D P D法とS B T法を比較した場合、条件によってはS B T法のほうが、結合型塩素に対する測定値が低くなっている。

電極法は、結合型塩素濃度の10%程度の表示値であった。

• 温泉水中の残留塩素濃度の測定では、

- ①温泉の泉質により、塩素が消費され残留濃度が低くなる
- ②結合型塩素を生成し、遊離残留塩素が検出されなくなる
- ③結合型塩素の場合、測定法により測定値が異なってくる
- ④pH緩衝能が強い場合は、発色に影響する場合がある

などの挙動が生じるので、残留塩素測定器による測定値をそのまま遊離塩素濃度と解釈できない場合があることに注意が必要である。

(担当者：縣 邦雄)

(研究協力者：伊藤雅代、藪崎裕昭 (アクアス (株)))

3.3 塩素処理に伴う消毒副生成物の検討

3.3.1 結合塩素の生成特性

塩素は水中の無機性、有機性窒素化合物と結合してクロラミンを生成する。本実験では、水中の有機化合物との相関をみながら、塩素処理に伴う循環系浴槽水の結合塩素生成量について測定した。

(1) 実験方法

次亜塩素酸ナトリウムの添加濃度を 1mg/L 前後になるように添加し、循環系浴槽水で全量を 100mL としたものを試料とし、HACH 社製の DR/4000 分光光度計を用いて全塩素濃度、遊離残留塩素濃度を計測し結合塩素を算出した。

(2) 結果および考察

1) 生物ろ過膜仕様循環系浴槽水

生物ろ過膜仕様循環系浴槽水のアンモニア性窒素は 1mg/L 以下¹⁾と比較的低濃度であることから、本実験では有機性窒素も視野に入れて TOC および過マンガン酸カリウム消費量を測定し、結合塩素の生成量について評価した。各採取時点における循環系浴槽水の塩素濃度、TOC および KMnO_4 消費量を表 3.2.1 に示す。

さらに循環系浴槽水における塩素の存在割合を KMnO_4 消費量および TOC 濃度との関連において図 3.2.1~3.2.2 に示す。

図に示すとおり、 KMnO_4 消費量が 5mg/L 以下を示す浴槽水中の結合残留塩素濃度の割合は 30%以下になった。すなわち、遊離残留塩素で 70%が存在していることになる。

KMnO_4 消費量が 5~10mg/L の範囲ではデータにやや変動があるものの、結合塩素の存在割合は 30~60%の範囲にあり、結合塩素の存在割合がやや高くなる試料もみられた。

表 3.2.1 残留塩素濃度および KMnO_4 消費量、TOC 濃度測定結果 (生物ろ過膜仕様)

遊離塩素(mg/L)	遊離塩素(%)	結合塩素(mg/L)	結合塩素(%)	KMnO_4 消費量(mg/L)	TOC(mg/L)
0.96	80.0	0.24	20.0	2.52	3.18
0.65	59.6	0.44	40.4	4.28	3.87
0.44	45.8	0.52	54.2	5.31	4.60
0.54	57.4	0.40	42.6	4.33	4.52
0.82	82.8	0.17	17.2	6.29	4.38
0.77	84.6	0.14	15.4	4.45	4.09
0.68	66.0	0.35	34.0	6.15	4.16
0.41	38.7	0.65	61.3	8.39	4.41
1.07	82.9	0.22	17.1	6.66	3.89
0.82	68.9	0.37	31.1	5.96	4.25
1.07	80.5	0.26	19.5	7.66	3.80
0.74	65.5	0.39	34.5	9.65	3.43
1.10	80.9	0.26	19.1	-	4.07
0.89	78.8	0.24	21.2	7.66	3.78
1.16	89.2	0.14	10.8	4.70	3.85
0.95	72.5	0.36	27.5	3.64	3.72
1.19	90.8	0.12	9.2	4.56	3.80
1.13	87.6	0.16	12.4	4.11	3.58
1.21	87.7	0.17	12.3	4.33	3.30
1.07	81.1	0.25	18.9	3.61	3.35
1.11	99.1	0.01	0.9	3.52	3.02
1.18	85.5	0.20	14.5	3.22	3.37
1.30	88.4	0.17	11.6	3.22	1.36
1.14	81.4	0.26	18.6	3.50	1.56
1.22	79.7	0.31	20.3	3.92	4.35
1.05	83.3	0.21	16.7	2.10	3.53
1.09	75.7	0.35	24.3	3.66	4.68
1.01	80.8	0.24	19.2	3.24	3.69

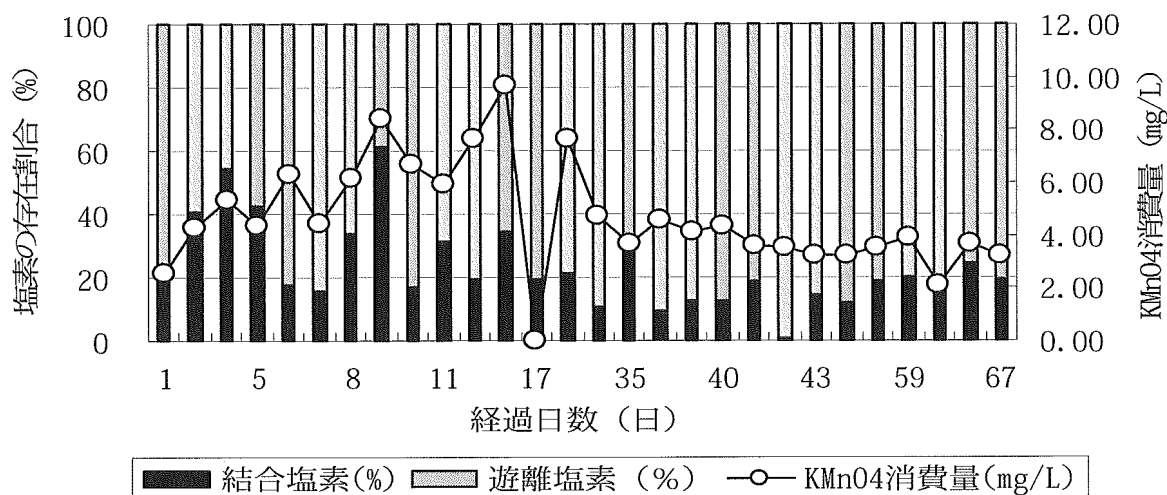


図 3.2.1 循環浴槽水の KMnO4 消費量と塩素の存在割合 (生物仕様循環式浴槽水)

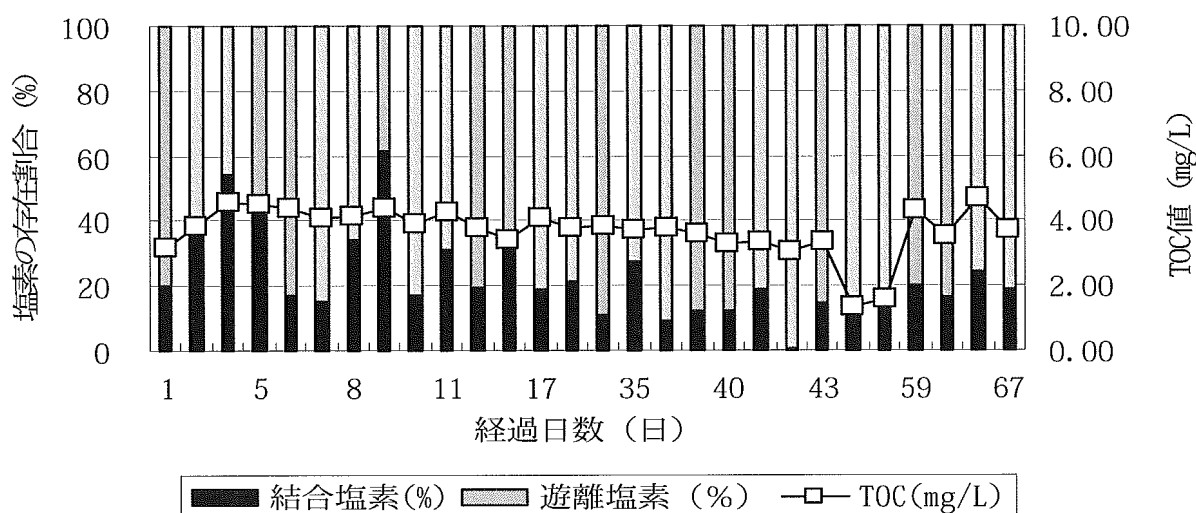


図 3.2.2 循環浴槽水の TOC と塩素の存在割合 (生物仕様循環式浴槽水)

2) レジオネラ対応型循環系浴槽水

生物ろ過膜仕様と同条件で、レジオネラ対応型循環系浴槽水に残留塩素濃度が 1mg/L になるように添加した水質結果を表 3.3.2 に示す。さらに塩素の生成割合と KMnO_4 消費量および TOC 濃度との関係を図 3.3.3、図 3.3.4 に示す。

各採取時点における本システム浴槽水の結合塩素割合は ND~94% (中央値 42%、 $n=37$) を示した。これを、生物ろ過膜仕様における結合塩素生成割合に対比すると、0.9~61.3% (中央値: 19.2%、 $n=28$) が得られていることから、本システム浴槽水の方が結合塩素で存在する割合の高いことがわかる。これに寄与する KMnO_4 消費量をみると、本システム浴槽水は 2.8~9.5mg/L (中央値 5.8 mg/L、 $n=32$) を示す水質となり、生物ろ過膜仕様では、2.1~9.6 mg/L (中央値 4.3mg/L、 $n=27$) を示し、若干ながら生物ろ過膜仕様が水質は良好であった。この理由として、本システムは生物ろ過槽内が 1 回/14 日の頻度で 70℃の熱洗浄が行われることから、ろ過槽内の微生物定着性の悪化によると考えられた。以上のことから、浴槽水に有機物が残留することにより、塩素消毒に伴う

結合塩素の生成割合も高くなることが示された。

循環系浴槽水に塩素添加後の時間変化に伴う塩素の存在割合を図 3.3.5 に示す。図に示すとおり、結合塩素の生成に時間が必要であり、約 30 分経過すると結合塩素の存在割合が 42%、遊離塩素が 58%を示し、それ以降は平衡にあった。

3) まとめ

本実験では、生物ろ過膜仕様およびレジオネラ対応型浴槽水の塩素消毒に及ぼす有機物濃度の影響について検討した。生物ろ過膜仕様浴槽水においては、生物浄化による浴槽水の有機物濃度の低減化に伴い、遊離残留塩素の存在割合の増加が示された。

一方、レジオネラ対応型循環系浴槽水の有機物濃度は、 KMnO_4 消費量からみて 4.3mg/L（中央値）を示す水質となり、生物浄化のやや不安定要素が結合塩素の生成に寄与していると考えられた。

循環系浴槽水を対象に結合塩素の生成量を正確に測定するには、塩素との作用時間を 30 分前後とる必要性のあることが示唆された。

表 3.2.2 残留塩素濃度および KMnO_4 消費量、TOC 濃度（レジオネラ対応型）

経過日数(日)	全塩素(mg/L)	遊離塩素(mg/L)	遊離塩素(%)	結合塩素(mg/L)	結合塩素(%)	KMnO_4 消費量(mg/L)	TOC(mg/L)
1	0.49	0.27	55	0.22	45	2.80	-
6	1.18	0.99	84	0.19	16	-	-
7	1.18	0.12	10	1.06	90	-	-
39	2.03	1.85	91	0.18	9	3.92	4.02
48	1.94	0.22	11	1.72	89	4.47	5.08
50	1.96	0.21	11	1.75	89	-	4.49
51	1.94	0.59	30	1.35	70	4.47	5.19
52	1.95	0.12	6	1.83	94	7.27	4.58
53	1.03	0.50	48	0.53	52	6.99	6.46
54	1.09	0.41	38	0.68	62	6.15	7.28
55	1.06	0.79	75	0.27	25	8.95	5.31
59	1.03	0.48	47	0.55	53	8.95	8.46
66	1.13	0.66	58	0.47	42	7.55	-
69	1.01	0.81	80	0.20	20	6.71	5.98
73	0.96	0.91	95	0.05	5	8.66	5.16
76	0.95	0.39	41	0.56	59	7.55	6.72
80	0.93	0.69	74	0.24	26	6.95	5.03
83	0.88	0.88	100	0.00	0	5.55	2.55
87	0.95	0.85	89	0.10	11	5.55	3.21
90	0.78	0.45	58	0.33	42	6.43	3.56

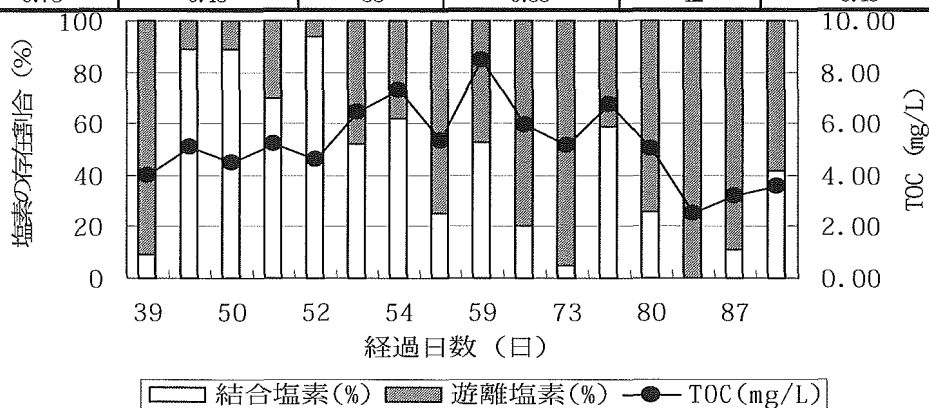


図 3.2.3 TOC と塩素の存在割合（レジオネラ対応型浴槽水）

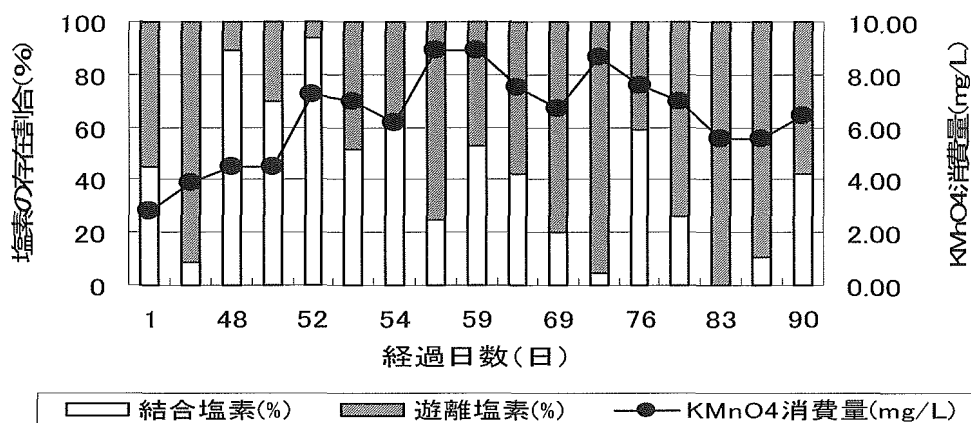


図 3.2.4 KMnO₄消費量と塩素の存在割合（レジオネラ対応型浴槽水）

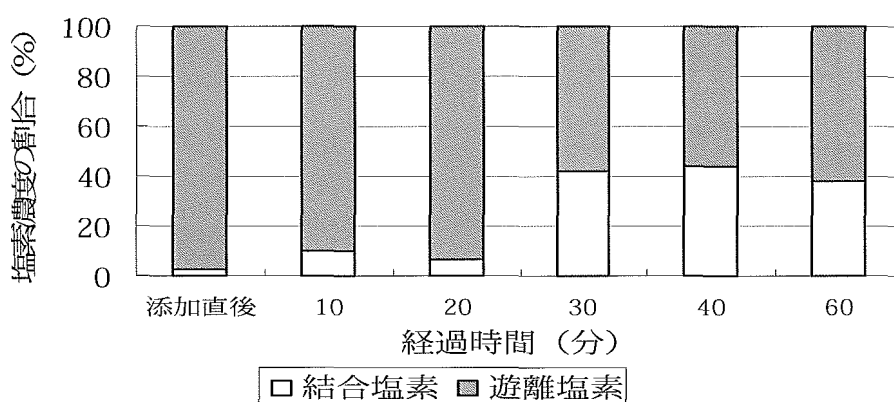


図 3.2.5 経過時間に伴う残留塩素濃度の変化

3.2.2 循環系浴槽水のトリハロメタン生成能

塩素は有機物質の存在下においてトリハロメタン(THM)等の有機ハロゲン物質(TOX: Total Organic Halide)を生成させる。本実験では、塩素処理に伴う循環系浴槽水の THMs 生成能について検討した。

(1) 実験方法

THMs 生成能の測定は THM Plus™ Water Bath Method に基づいた。

試料の調製は、バイアル瓶に試料を満水にとり、次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加する分だけ、試料を抜き取り密栓する。次亜塩素酸ナトリウム溶液は、遊離残留塩素濃度で 1mg/L 以上残留するようにした。反応条件は 20℃、24 時間静置とし、生成した THMs 濃度は HACH 社製の DR/4000 分光光度計により測定した。

循環系浴槽水は、生物ろ過膜仕様の家庭用循環式浴槽水および 1.3 に示す社会福祉施設の大浴場施設循環系浴槽水を試料とした。表 3.2.3 に家庭用循環式浴槽における累積入浴者数を示し、社会福祉施設の入浴条件等は 1.3 節に示すとおりである。

(2) 結果および考察

1) 家庭用循環系浴槽水（生物ろ過膜仕様）

対象とした家庭用循環系浴槽水の水質試験結果を表 3.2.4 に示し、THMs 生成能を図 3.2.6 に示す。本実験における循環系浴槽水の水質は、表に示すとおり、電気伝導率が日数の経過に伴い上昇していることから、水道水補給の少ない条件で入浴したことが推定される。すなわち、本試料における THMs 生成能の多くは、人由来の有機物が生物浄化により中間代謝物として残留し、THMs になっていると考えられる。浴槽水中の残留 TOC 値は 1.46~8.85mg/L(中央値 4.98mg/L, n=11) を示した。一方、THMs 生成量は 48~172 $\mu\text{g/L}$ の範囲にあり、入浴者の累積数に伴い高くなる傾向にあった。

表 3.2.3 入浴者数（生物ろ過膜仕様家庭用循環式浴槽）

日数(日)	調査日	人数(人)	累積人数
7	2005.6/13~19	9	9
14	6/20~26	9	18
21	6/27~7/3	9	27
28	7/4~10	11	38
35	7/11~17	7	45
42	7/18~24	10	55
49	7/25~31	9	64
56	8/1~8/7	8	72
63	8/8~8/14	9	81
70	8/15~8/21	13	94

表 3.2.4 家庭用循環系浴槽水の THMs 生成能

経過日数(日)	pH(-)	Con.($\mu\text{S/cm}$)	TOC(mg/L)	THMs($\mu\text{g/L}$)
0	7.0	185	1.46	1
7	7.8	205	3.61	62
14	7.7	236	4.98	48
21	7.9	233	8.85	84
28	7.5	223	3.02	91
35	7.6	279	4.55	136
42	7.3	275	5.91	145
49	7.4	277	8.50	145
56	7.4	276	5.22	138
63	7.6	281	5.12	171
70	7.3	327	4.50	172

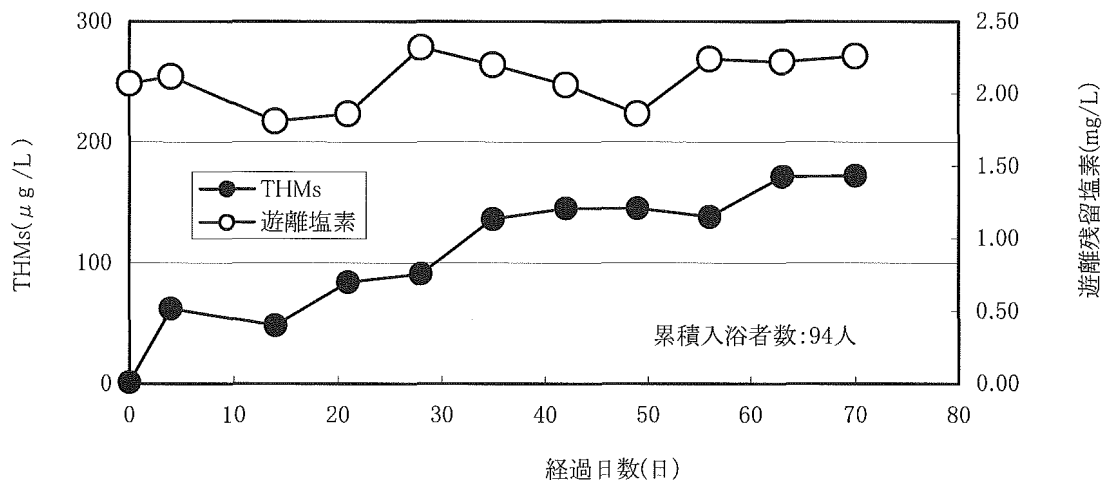


図 3.2.6 家庭用循環系浴槽水の THMs 生成能

2) 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

1.3 節で調査した社会福祉施設循環系浴槽水を試料として、THMs 生成能について検討した。

対象施設 G, H, I, J, K, L 施設の THMs 生成能試験結果を表 3.2.5～表 3.2.12 に示す。各施設における THMs 生成能は、浴槽内における循環系浴槽水（原水を除く）では、23～260 $\mu\text{g/L}$ (中央値：145 $\mu\text{g/L}$, n=37) が得られた。また、原水の THMs 生成能は 11～71 $\mu\text{g/L}$ を示した。

THMs 生成能試験においては、循環系浴槽水に遊離残留塩素濃度 0.77～1.29 (中央値：0.98mg/L, n=49) 条件下で THMs を生成させていることから、THMs 生成に及ぼす水質因子との関係を求めた。

最も影響する因子として TOC および KMnO_4 消費量との関係を図 3.2.7、図 3.2.8 に示す。関係式は $\text{THMs}=102\text{TOC}$ ($R^2=0.67$)、 $\text{THMs}=66.4\text{KMnO}_4$ ($R^2=0.68$) が得られ、ヒト由来の有機汚濁物質が THMs 生成能に寄与することが示された。

この結果を明らかにするために、 λ 260nm および λ 220nm と THMs 生成能の関係についても検討した。 λ 260nm の吸収域では、芳香族有機化合物の吸収が考えられ、水道原水および河川水等に含有する腐植質等の存在が 260nm の吸光度を高めることがわかっている。

図 3.2.9 に示すとおり、本試料中において λ 260nm の吸収を示す物質は低く、吸光度で 0.05 以下 (n=37) となった。一方、 λ 220nm の吸収度は 0.05～0.25 の範囲を示すが、THMs 生成能との明らかな相関 ($R^2=0.3$) をみることはできなかった (図 3.2.10)。

電気伝導率と THMs 生成能の関係式は $\text{THMs}=1.5\text{Cond.}$ ($R^2=0.63$) が得られ、原水のもつ電気伝導率が低濃度域で影響するものの、比較的高い相関が得られた。

(3) まとめ

家庭用循環系浴槽水および社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能について検討した。両者とも遊離残留塩素存在下で THMs の生成が確認された。

THMs 生成能における影響因子をみるとヒト由来の有機化合物が挙げられた。これは本循環系浴槽水に λ 26nm の吸収が低いことから、芳香族有機化合物由来のみの生成ではないことが示された。

(担当者：野知啓子)

表 3.2.5 各社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名		I (男性)	I (男性)	I (女性)	I (女性)	J	J	J (気泡浴)
採取時間		10:00	12:00	10:00	12:00	11:00	1:00	1:00
pH	(-)	7.5	7.5	7.5	7.5	6.8	7.2	8.0
Cond.	($\mu\text{S/cm}$)	112	121	88	129	128	129	222
(260nm)	(-)	0.051	0.008	0.022	0.042	0.02	0.01	0.045
(220nm)	(-)	0.108	0.090	0.102	0.103	0.23	0.23	0.172
KMnO_4 消費量	(mg/L)	1.33	1.33	1.58	2.34	2.72	3.57	6.29
TOC	(mg/L)	1.12	1.86	1.37	1.70	2.26	1.83	1.22
トリハロメタン生成能	($\mu\text{g/L}$)	145	181	154	181	166	144	75
(遊離残留塩素)	(mg/L)	0.81	0.87	0.98	0.82	1.12	1.29	1.07

調査期間：2005.8/23～9/1

表 3.2.6 G 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名	G	G	G	G
採取時間	原水	9:00	10:00	11:00
pH (-)	7.0	7.1	7.2	7.1
Cond. (μ S/cm)	39.0	58.0	58.0	61.0
(260nm) (-)	0.005	0.006	0.007	0.005
(220nm) (-)	0.053	0.073	0.074	0.077
KMnO ₄ 消費量 (mg /L)	0.25	1.90	1.26	0.98
TOC (mg/L)	0.68	1.21	1.14	1.09
トリハロメタン生成能 (μ g/L)	56	92	50	71
(遊離残留塩素) (mg/L)	1.26	1.2	1.23	0.93

調査期間:2005.10/26

表 3.2.7 H 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名	H(器械浴槽)	H(器械浴槽)	H(4F浴槽)
採取時間	14:15	15:50	14:40
pH (-)	7.2	7.3	7.3
Cond. (μ S/cm)	106	105	131
(260nm) (-)	0.018	0.015	0.012
(220nm) (-)	0.128	0.128	0.134
KMnO ₄ 消費量 (mg /L)	1.86	2.02	2.09
TOC (mg/L)	1.00	1.13	1.34
トリハロメタン生成能 (μ g/L)	82	87	187
(遊離残留塩素) (mg/L)	0.77	0.78	0.82

調査期間:2005.10/28

表 3.2.8 I 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名	I(男)	I(男)	I(男)	I(女)	I(女)	I(女)
採取時間	原水	10:00	11:30	原水	10:00	11:30
pH (-)	6.9	7.5	7.5	6.9	7.4	7.5
Cond. (μ S/cm)	60	78	85	60	101	107
(260nm) (-)	0.021	0.025	0.027	0.021	0.036	0.039
(220nm) (-)	0.070	0.089	0.094	0.070	0.112	0.120
KMnO ₄ 消費量 (mg /L)	0.57	1.83	2.15	0.57	3.32	3.48
TOC (mg/L)	0.10	1.29	4.72	0.10	2.07	2.52
トリハロメタン生成能 (μ g/L)	23	117	182	23	195	214
(遊離残留塩素) (mg/L)	0.96	0.84	1.24	0.96	0.78	0.97

調査期間:2005.11.22

表 3.2.9 J 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名	J	J	J	J	J	J	J
採取時間	原水	原湯	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00
pH (-)	7.7	7.8	8.9	8.7	8.6	8.5	8.5
Cond. (μ S/cm)	74	83	153	167	176	165	164
(260nm) (-)	0.002	0.002	0.030	0.026	0.038	0.035	0.037
(220nm) (-)	0.106	0.105	0.157	0.161	0.177	0.179	0.184
KMnO ₄ 消費量 (mg /L)	0.09	0.76	3.00	2.50	5.88	6.45	3.44
TOC (mg/L)	0.71	0.96	0.39	0.53	1.83	2.20	1.54
トリハロメタン生成能 (μ g/L)	11	32	240	230	260	250	235
(遊離残留塩素) (mg/L)	1.13	1.12	0.89	1.14	1.21	1.17	0.79

調査期間:2005.12/20

表 3.2.10 J 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能

施設名		J	J	J	J	J
採取時間		13:00	16:00	19:00	22:00	1:00
pH	(-)	7.5	7.7	7.7	7.7	7.7
Cond.	(μ S/cm)	86	88	89	93	93
(260nm)	(-)	0.010	0.008	0.011	0.012	0.006
(220nm)	(-)	0.148	0.151	0.151	0.151	0.152
KMnO ₄ 消費量	(mg /L)	3.03	1.80	2.69	2.81	3.44
TOC	(mg/L)	1.25	2.50	1.35	1.50	1.54
トリハロメタン生成能	(μ g/L)	185	178	203	192	235
(遊離残留塩素)	(mg/L)	0.84	0.82	0.78	1.21	0.79

調査期間:2006.1/11

表 3.2.11 K 社会福祉施設循環系浴槽水 THMs 生成能

施設名		K	K	K	K	K
採取時間		原水	9:00	11:00	13:00	15:00
pH	(-)	7.3	7.5	7.4	7.4	7.2
(260nm)	(-)	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002
(220nm)	(-)	0.075	0.084	0.080	0.088	0.091
KMnO ₄ 消費量	(mg /L)	0.06	1.01	0.67	0.57	0.73
TOC	(mg/L)	0.33	0.35	0.54	0.32	0.40
トリハロメタン生成能	(μ g/L)	17	48	33	44	34
(遊離残留塩素)	(mg/L)	1.25	1.23	1.1	1.17	1.17

調査期間:2005.11/20

表 3.2.12 L 社会福祉施設循環系浴槽水 THMs 生成能

施設名		L(男)	L(男)	L(男)	L(女)	L(女)	L(女)
採取時間		原水	13:30	15:00	原水	13:10	15:00
pH	(-)	7.1	7.4	7.5	7.1	7.2	7.1
Cond.	(μ S/cm)	56.0	68.0	72.0	56.0	60.0	61.0
(260nm)	(-)	0.006	0.009	0.007	0.006	0.005	0.008
(220nm)	(-)	0.032	0.046	0.047	0.032	0.033	0.039
KMnO ₄ 消費量	(mg /L)	0.76	2.15	2.15	0.76	0.76	2.94
TOC	(mg/L)	0.58	1.19	1.31	0.58	0.68	1.11
トリハロメタン生成能	(μ g/L)	71	144	162	71	98	106
(遊離残留塩素)	(mg/L)	0.84	0.97	1.11	0.85	1.06	0.99

調査期間:2005.11/22

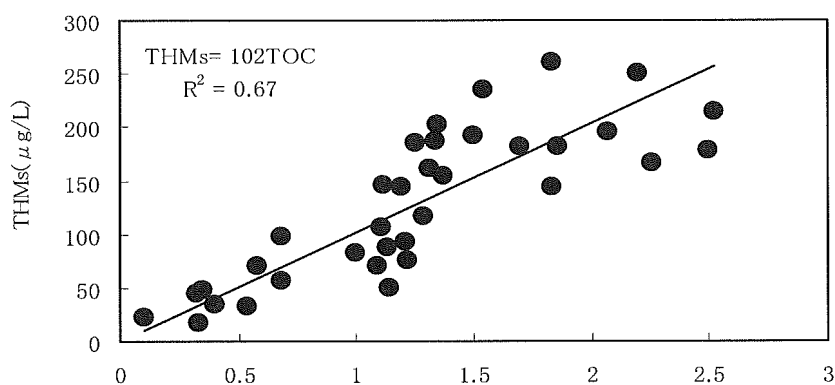


図 3.2.7 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能に及ぼす TOC 値

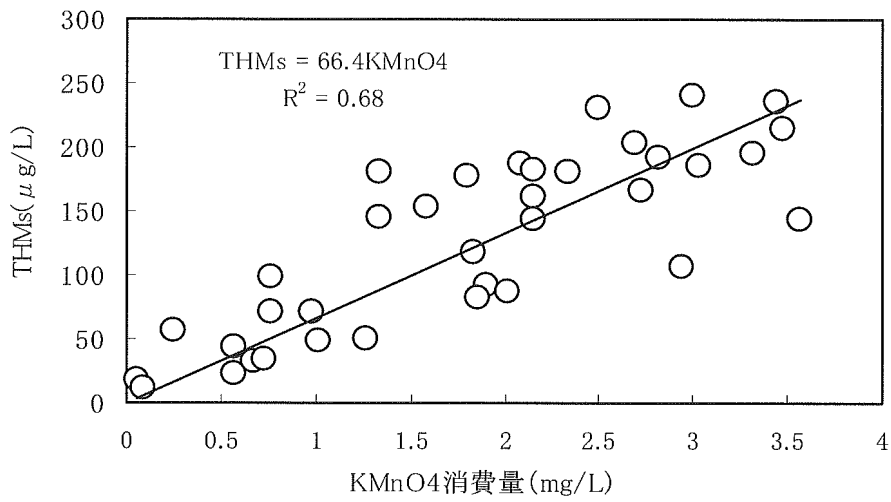


図 3.2.8 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能に及ぼす KMnO₄ 消費量

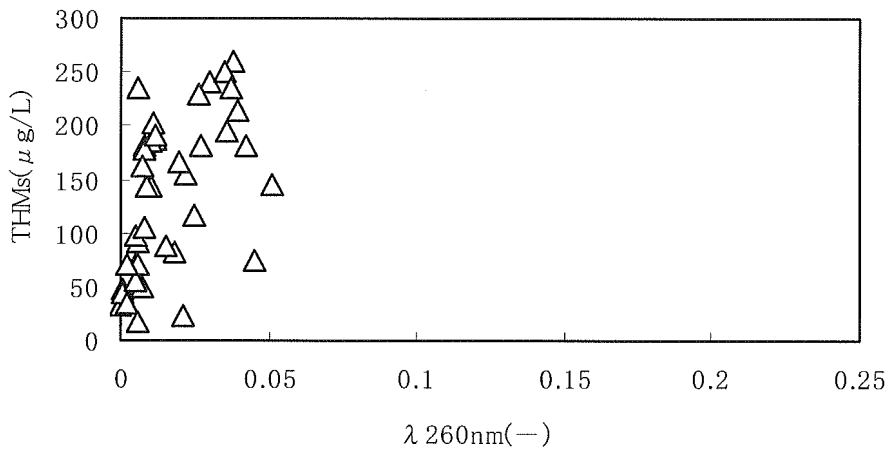


図 3.2.9 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能に及ぼす λ 260nm

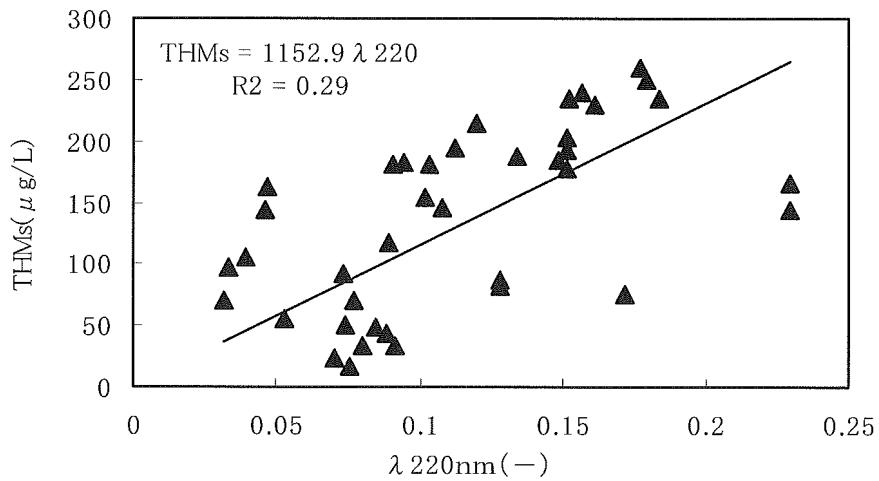


図 3.2.10 社会福祉施設循環系浴槽水の THMs 生成能に及ぼす λ 220nm

3. 3 レジオネラ属菌検査用 GVPN 培地の性能比較

3.3.1 はじめに

レジオネラ属菌は臨床および環境分野において日和見病原菌として知られてきた。クーリングタワーなどの環境水の水質検査法については厚生労働省によりガイドラインとして「レジオネラ症防止指針」¹⁾が出され、これを中心として様々な分野で検査が実施されている。こうしたレジオネラ属菌の検査の中で使用される分離培地として、わが国では WYO α 培地が最も普及しているが、国際的には ISO が指定する GVPC 培地が一般的であり²⁾、わが国においても GVPC 培地を用いた比較実験が行われるとともに諸外国の例にならって、GVPC 培地の使用が増加しつつある。しかしながら、GVPC 培地ではその組成に抗真菌剤としてシクロヘキシミドが使用されており、これが劇物であることから欧米ではこれに替わる分離培地の開発が期待されていた。

近年、欧州などでは、この安全性の問題に着目し、GVPN 培地として GVPC 培地の処方そのままに、劇物であるシクロヘキシミドに替えて、より安全性の高いナタマイシンを用いた処方が開発された。また、欧米においては、検査、治療の実施者を含めた検査試薬に対するリスクを最低にすることが提唱されており、今後わが国においてもこうした配慮が重要になると考えられる。

そこで、この新しい GVPN 培地が、従来使用されてきた GVPC 培地と比較して同等の検出能を持つか否かについて検討を行った。

3.3.2 材料と方法

(1) 培地

GVPC 培地 (OXOID 社; 関東化学; 以下 GVPC)、GVPN 培地 (OXOID 社; 関東化学; 以下 GVPN) および WYO α 培地 (栄研化学; 以下 WYO) を用いた。また性状を確認するために血液寒天培地 (コージンバイオ社) と BCYE α 培地 (栄研化学; 以下 BCYE) を用いた。各選択培地に使われている組成は表 3.3.1 に示すとおりである。

表3.3.1 各レジオネラ選択培地の組成比較

組成成分	BMPA	GVP	MWY	GVPC	GVPN	WYO
BCYE α 基礎培地	1,000mL					
グリシン	-	3g				
セファマンドール	4mg	-	-	-	-	-
バンコマイシン	-	5mg	1mg	1mg	1mg	5mg
ポリミキシンB	8,000IU	10,000IU	50,000IU	79,200IU	80,000IU	100,000IU
シクロヘキシミド	-	-	-	80mg	-	-
アニソマイシン	8mg	-	80mg	-	-	-
アンホテリシンB	-	-	-	-	-	80mg
ナタマイシン	-	-	-	-	40mg	-
プロモチモールブルー	-	-	10mg	-	-	-
プロモクロールハーブル	-	-	10mg	-	-	-

(2) 供試菌株および供試試料

発育支持能の基礎的検討として、*Legionella pneumophila* 保存株血清型 1 群、3 群、5 群、8 群、10 群の各 10 株、計 50 株を供試菌株として用いた。また、実試料の発育分離能を検討するために温泉水および冷却塔水を 80 試料用いた。

(3) 方法

供試菌株 50 株の懸濁液をマクファーランド No. 1 に調整し、BCYE を対照として、各選択培地に 0.1ml ずつ接種、塗抹して 36°C で 5 日間培養した後、出現した集落数を計数した。

供試試料は「レジオネラ症防止指針」に従って検査を行った。すなわち、冷却遠心濃縮後、酸処理を行ってから各供試選択培地で 7 日間培養した。レジオネラ属菌を疑う集落を計数後、血液寒天培地と BCYE における発育の有無から L-システイン要求性を確認し、また必要に応じてラテックス凝集反応を行い、各培地ごとのレジオネラ属菌数を比較した。

3.3.3 結果

(1) 供試菌株による菌数比較

BCYE を対照とした供試菌株による発育支持能の検討結果を表 3.3.2、表 3.3.3 および図 3.3.1 に示した。

供試菌株における検討では、対照の BCYE では平均 92 コロニー発育したのに対し、WYO ではその 36% 程度の発育支持しか得られなかった。GVPC および GVPN においてはそれぞれ 51.0%、48.3% とほぼ半数の回収が可能であった。

表 3.3.2 には BCYE と各選択培地上のコロニー数および GVPC と GVPN、WYO と GVPN を統計的に検定した結果を示した。F 検定の結果、BCYE と各選択培地の間には有意差がみられたため、さらに分散が等しくないとした Welch の t 検定を実施した結果、標本平均に差がみられた。

GVPN 上のコロニー数を ISO で推奨されている GVPC および日本で最も普及している WYO と比べた結果、95% 有意水準で両者に分散の差が認められなかったので Student の t 検定を行ったが、平均値の有意差も認められなかった。しかしながら、GVPN は GVPC との t 値に比べて

WYO との t 値が明らかに高かった。また、GVPN に対する GVPC および WYO について回帰分析を行い、その結果を表 3.3.3 および図 3.3.1 に示した。この結果から、GVPN は WYO より GVPC との相関性が高く、ばらつきも小さかった。回帰直線の係数についての t 検定では、GVPN と GVPC、WYO との間には有意差はなかったが、やはり GVPC の方が相関性が高かった。

なお、同様に、GVPN と GVPC での供試菌株のデータを血清型別に再構成して、各クラス分散と平均の差を調べたところ、血清型による有意な差はみられなかった。

表3.3.2 供試菌株を用いたBCYE培地および各選択培地上のコロニー数の比較

	BCYE vs WYO		BCYE vs GVPC		BCYE vs GVPN	
	BCYE	WYO	BCYE	GVPC	BCYE	GVPN
観測数(N)	50	50	50	50	50	50
平均値(X)	92.12	33.12	92.12	46.7	92.12	44.48
分散(Vx)	4238.2	1925.6	4238.2	2136.2	4238.2	1402.2
F(分散比)	2.2		1.98		3.02	
F値(95%)	1.61		1.61		1.61	
t値	5.31*		4.49*		4.49*	
t値(95%)	1.99		1.99		1.99	

	GVPC vs GVPN		WYO vs GVPN	
	GVPC	GVPN	WYO	GVPN
観測数(N)	50	50	50	50
平均値(X)	46.7	44.48	33.12	44.48
分散(Vx)	2136.2	1402.2	1925.6	1402.2
F(分散比)	1.52		1.37	
F値(95%)	1.61		1.61	
t値	0.264		1.39	
t値(95%)	1.98		1.91	

*分散が等しくない2標本の検定(Welchのt検定)

表3.3.3 供試菌株での各選択培地上コロニー数の回帰分析結果

1.GVPC及びGVPNの供試菌株での回帰分析結果	
観測数(N)	50
相関係数(R)	0.88876
回帰式	$Y=0.719X+10.89$
F値	178.34
t値	13.35

2.GVPN及びWYOの供試菌株での回帰分析結果	
観測数(N)	50
相関係数(R)	0.67871
回帰式	$Y=0.579X+25.29$
F値	41
t値	6.40

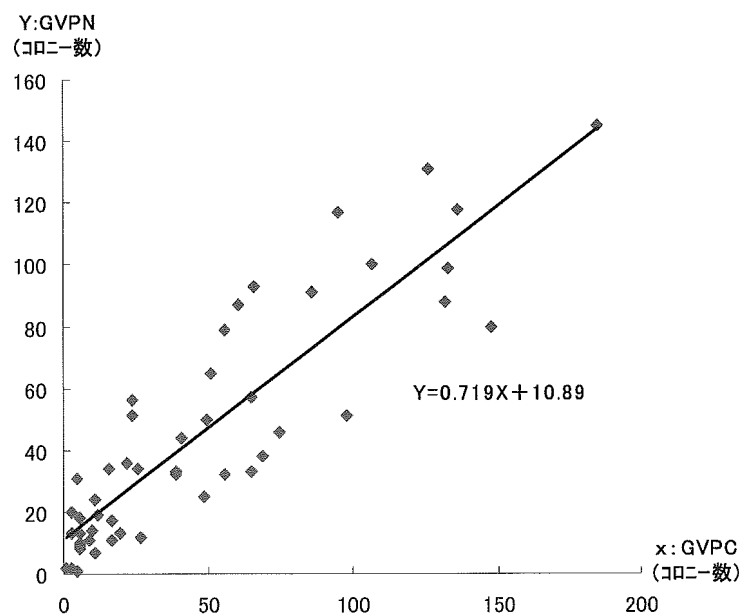


図 3.3.1 供試菌株によるGVPCとGVPN上のコロニー数の直線回帰

(2) 供試試料による菌数比較

80 検体の供試試料を用いて検討した結果は、供試菌株での検討結果を反映したものであった。すなわち、BCYE 上でのコロニー数が平均 223 であるのに対して選択培地上では WYO が 83 コロニー、37% と最も低かった。また、GVPC および GVPN では、それぞれ 117 コロニー、114 コロニーと BCYE の約半数の回収であったが、両培地ではほぼ同程度であった。表 3.3.4 には各選択培地での菌数比較を示した。GVPN と GVPC の間では平均値や分散に有意差はみられなかった。しかし、WYO と GVPC および GVPN の間には分散に差がみられ、平均値では有意差はみられなかったものの、GVPC と GVPN 間の t 値より明らかに高値であった。さらに

GVPC と GVPN で回帰分析を行った結果、両培地に高い相関性（相関係数:R=0.988）が認められた（図 3.3.2）。

表3.3.4 供試試料を用いた各選択培地上のコロニー数の比較

	GVPC vs GVPN		GVPN vs WYO		GVPC vs WYO	
	GVPC	GVPN	GVPN	WYO	GVPC	WYO
観測数(N)	80	80	80	80	80	80
平均値(X)	117.16	113.58	113.58	83.15	117.16	83.15
分散(Vx)	73117.4	65110.9	65110.9	65110.88	73117.4	65110.88
F(分散比)	1.123		0.848		0.755	
F値(95%)	1.45		0.689		0.689	
t値	0.086		0.785*		0.849*	
t値(95%)	1.975		1.975		1.975	

*分散が等しくない2標本の検定(Welchのt検定)

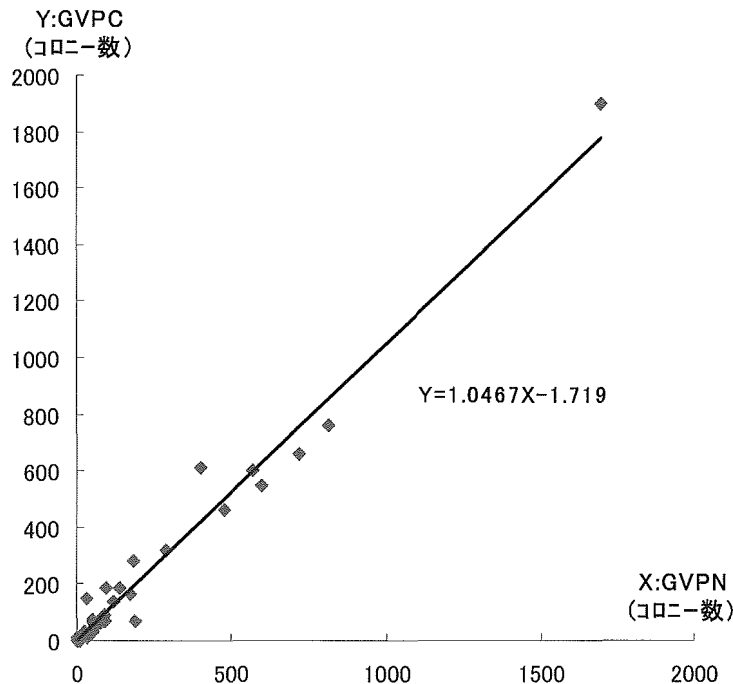


図 3.3.2 供試試料を用いたGVPCとGVPNの直線回帰

3.3.4 考 察

レジオネラ属菌は発育が遅いため試料中に共存する真菌などの影響を受けやすいことから、酸処理³⁾や熱処理⁴⁾を行い、さらにアンホテリシン B⁵⁾、アニソマイシン⁶⁾、シクロヘキシミド⁷⁾といった抗真菌剤の含まれる選択培地が用いられている。ISOにおいて推奨されているGVPCのシクロヘキシミドは優れた選択性をもつが、その毒性のためにPedersenらはこれに替えてナタマイシンを利用する処方を提唱している。

今回の検討では、このGVPNは従来のGVPCと遜色ない発育支持能をもつと考えられる結果が得られた。また、日本で使われているWYOはこれよりやや選択性が強く、レジオネラ属菌の生育抑制に影響を及ぼしている可能性が示唆された。GVPCおよびWYOについてはすでに相関性が報告されている⁸⁾。GVPNの選択性についてもいくつかの報告があるが、今回の結果と同様、GVPCとほぼ同程度であることが示されている⁹⁾。

以上のことから、使用上の安全性を考慮するとGVPNは、従来のGVPCに替わるレジオネラ属菌の分離培地として有用であった。

3.3.5 参考文献

- (1) (財)ビル管理教育センター、厚生省監修、レジオネラ症防止指針 (1994)
- (2) ISO11731, *Water Quality Detection and Enumeration of Legionella* (1998)
- (3) Bopp, C. A., Sumner, J. W., Morris, G. K. *et al.* : Isolation of *Legionella* spp. from environmental water sample by low-pH treatment and use of selective Medium. *J. Clin. Microbiol.*, 13, 714-719 (1981)
- (4) Dennis, P. J. L. : Isolation of *Legionellae* from environmental specimens, In Harrison, T. G. and Taylor, A. G. (eds), *A laboratory manual for Legionella* (1988)
- (5) 奥田敬一、池戸正成、藪内英子：冷却塔水から *Legionella* 属菌を検出するための新選択培地：Wadwsky-Yee-Okuda(WYO)培地、感染症誌、58(10)、1073-1082(1984)
- (6) Edelstein, P. H. : Comparative study of selective media for isolation of *Legionella pneumophila* from potable water. *J. Clin. Microbiol.*, 16, 697-699 (1982)
- (7) Dennis, P. J. L., Bartlett, C. L. R., Wright, A. E. : Comparison of Isolation Methods for *Legionella* spp. In Thornsby, C. *et al.* (eds), *Legionella, Proceedings of the 2nd International Symposium, Wasington D. C., Am. Soc. Microbiol.*, 294-296 (1984)
- (8) 古畑勝則、井上浩章、他：WYO α 寒天培地とGVPC α 寒天培地におけるレジオネラ属菌の発育比較、環境管理技術、17(5)、18-23 (1999)
- (9) Pedersen, J. C. : Natamycin as a Fungicide in Agar Media. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58(3), 1064-1066 (1992)

(担当者：古畑勝則)

4. 給水設備における水質挙動

4. 1 目的

建築物衛生法では、従来、特定建築物内に飲料水を供給する場合は、建築物環境衛生管理基準（建築物衛生法施行令第2条）として、水道法の水質基準に適合した水を供給するように定められている。

平成15年5月に水道法第4条に基づく水質基準が改正され、平成16年4月1日より施行された。水質基準の改正に伴い、建築物衛生法施行規則第4条に基づく水質検査項目が変更され、消毒副生成物項目については原水の種類や浄水方法等によりトリハロメタン以外の物質が問題提起され、シアン化物イオン及び塩化シアン、臭素酸、クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、ホルムアルデヒドの6項目について6月1日から9月30日までの間、1年に1回検査することと追加された。

しかし、建築物衛生法では平成4年の水質基準改正の際には、水質基準に適合した水道水が供給されてくる以上は、建築物内の給水設備内で汚染が進むことが考えられないため、あらためて検査を行う必要のない項目もあると考え、特定建築物内での飲料水の供給について建築物衛生法独自の立場で基準項目の検討が行われた経緯がある。今回の改正にあたっては建築物に貯留された水に関する調査報告等は内の給水検討が行われていない。

そこで、建築物内給水の水質実態を把握することを目的として、建築物内等における給水水質に関する調査を実施した。

4. 2 水質調査

調査の方法は夏期（6月1日～9月30日）における特定建築物で実施した水質検査データと地方自治体等の水道事業体が策定している水質検査計画で公表している水道検査結果より消毒副生成物項目の濃度調査を実施した。

4.2.1 特定建築物における夏期時の水質検査結果

（1）調査の対象及び方法

特定建築物内の水質検査データについては全国主要5都市（札幌、東京、愛知、大阪、福岡）の建築物衛生法を所管する地方自治体とし、調査票（別添4-1）を配布して管轄する特定建築物より提出された水質検査結果等データの提供を依頼した。

（2）調査内容

調査表の調査項目は下記の通りである。

特定建築物概要：①所在地,②延床面積,③建築階数,④建築年次,⑤建築物用途

給水設備の概要：①水源の種類,②給水方式,③受水槽（有効容量、材質）,④高置水槽（有効容量、材質）,⑤給水管の材質,⑥消毒装置の有無,⑦防錆剤の使用の有無とその種類

使用水量：1日あたりの使用水量

水質検査実施状況：①検査実施年月,②シアン化物イオン及び塩化シアン濃度,③クロロ酢酸濃度,④クロロホルム濃度,⑤ジクロロ酢酸,⑥ジブロモクロロメタン,⑦臭素酸,⑧総トリハロメタン,⑨トリクロロ酢酸,⑩ブロモジクロロメタン,⑪ブロモホルム,⑫ホルムアルデヒド

(3) 調査結果

全国主要5都市の地方自治体に特定建築物内の水質検査データの提供を依頼した結果、101件の回答が得られた(表4-1)。

表4-1 地域について

カテゴリー	度数	%
北海道	20	19.8
東京	21	20.8
愛知	9	8.9
大阪	9	8.9
福岡	42	41.6
合計	101	100.0

以下、101件の回答について集計を実施した。

1) 特定建築物概要

a. 延べ面積について

延べ面積別で見ると10,000㎡～19,999㎡が31件と最も多く、次いで5,000～9,999㎡が26件、3,000～4,999㎡が25件の順であり、最大は81,192㎡で、最小は3,015㎡であった(表4-2)。

表4-2 延べ面積について

階級	度数	%
3,000～4,999㎡	25	25.0
5,000～9,999㎡	26	26.0
10,000～19,999㎡	31	31.0
20,000～49,999㎡	15	15.0
50,000㎡以上	3	3.0
未回答	1	
合計	101	100.0

b. 建築階数について

建築物の建築階数については、地上、地下、塔屋で調査した結果、地上階では7～10階が29件と最も多く、次いで4～6階が23件、11～15階が19件の順であり、最大が23階、最小が3階との回答であった(表4-3)。地下階では1階が35件と最も多く、次いでなしが28件、2階が21件の順であり、最大が地下4階との回答であった(表4-4)。塔屋ではなしが45件と最も多く、次いで1階が29件、2階が14件の順であり、最大は3階であった(表4-5)。

表4-3 建築階数(地上階)

カテゴリー	度数	%
3階以下	18	19.6
4～6階	23	25.0
7～10階	29	31.5
11～15階	19	20.7
16階以上	3	3.3
未回答	9	
合計	101	100.0

表4-4 建築階数(地下階)

カテゴリー	度数	%
1階	35	28.7
2階	21	13.9
3階以上	8	4.0
なし	28	53.5
未回答	9	
合計	101	100.0

表4-5 建築階数(塔屋)

カテゴリー	度数	%
1階	29	31.5
2階	14	15.2
3階以上	4	4.3
なし	45	48.9
未回答	9	
合計	101	100.0

c. 建築年次について

建築物の建築年次については、1970年代が34件と最も多く、次いで1980年代が25件、1990年代が22件の順であり、最も古い建築物で1959年、最も新しい建築物で2003年の回答であった（表4-6）。

表4-6 建築年次

カテゴリー	度数	%
1970年以前	5	5.0
1970年代	34	33.7
1980年代	25	24.8
1990年代	22	21.8
2000年以降	15	14.9
合計	101	100.0

d. 建築物の用途について

建築物の用途については、事務所が54件と最も多く、次いで店舗が24件、旅館が11件の順であった（表4-7）。

表4-7 建築物の用途

カテゴリー	度数	カテゴリー	度数
興行場	7	遊技場	8
百貨店	8	店舗	24
集会場	5	事務所	54
図書館	0	旅館	11
博物館	0	学校	9
美術館	0	サンプル	101

2) 給水設備の概要について

a. 水源の種類について

水源の種類については、上水道を使用している建築物が94件と圧倒的に多く、井水（地下水）使用している建築物は7件との回答であった（表4-8）。

表4-8 水源の種類

カテゴリー	度数	%
上水道	94	93.1
井水	7	6.9
その他	0	0.0
合計	101	100.0

b. 給水方式について

水源の種類については、高置水槽方式が63件と最も多く、次いでポンプ直送方式が30件、圧力水槽方式が8件であった（表4-9）。

表4-9 給水方式

カテゴリー	度数	%
高置水槽方式	63	62.4
圧力水槽方式	8	7.9
ポンプ直送方式	30	29.7
その他	0	0.0
合計	101	100.0

c. 受水槽の有効容量について

受水槽の有効容量については、50～99.9m³が25件と最も多く、次いで20～29.9m³が24件、30～49.9m³が17件の順であり、最大値が300.0m³、最小値が0.5m³、平均が52.1m³であった（表4-10）。

表4-10 受水槽の有効容量

階級	度数	%
10m ³ 未満	9	8.9
10～19.9m ³	14	13.9
20～29.9m ³	24	23.8
30～49.9m ³	17	16.8
50～99.9m ³	25	24.8
100m ³ 以上	12	11.9
合計	101	100.0

d. 受水槽の材質について

受水槽の材質については、FRP製が75件と最も多く、コンクリート製が10件、ステンレス製が6件の順であった（表4-11）。

表4-11 受水槽の材質

カテゴリー	度数	%
コンクリート	10	10.9
FRP	75	81.5
鋼板	1	1.1
ステンレス	6	6.5
その他	0	0.0
不明	9	
合計	101	100.0

e. 高置水槽の有効容量について

高置水槽の有効容量については、5～9.9m³が23件と最も多く、次いで10～19.9m³が17件、5m³未満が10件の順であり、最大値が160.0m³、最小値が2.7m³、平均が15.7m³であった（表4-12）。

表4-12 高置水槽の有効容量

階級	度数	%
5m ³ 未満	10	15.9
5～9.9m ³	23	36.5
10～19.9m ³	17	27.0
20～29.9m ³	3	4.8
30～49.9m ³	8	12.7
50m ³ 以上	2	3.2
合計	63	100.0

e. 高置水槽の材質について

高置水槽の材質については、FRP製が51件と圧倒的に多く、ステンレス製が3件、鋼板製が2件の順であった（表4-13）。

表4-13 高置水槽の材質

カテゴリー	度数	%
コンクリート	1	1.8
FRP	51	89.5
鋼板	2	3.5
ステンレス	3	5.3
未記入	6	0.0
合計	63	100.0

f. 給水管の材質について

給水管の材質については、樹脂ライニング鋼管が78件と圧倒的に多く、次いで水用亜鉛めっき鋼管が10件、ステンレス鋼管が3件の順であった。また、鋳鉄管の使用や複数の材質の使用の回答もみられた（表4-14）。

表4-14 給水管の材質

カテゴリー	度数
炭素鋼鋼管	0
水用亜鉛めっき鋼管	10
ステンレス鋼管	3
樹脂ライニング鋼管	78
その他	2
未記入	10
サンプル	103

g. 消毒装置の有無について

消毒装置の設置状況については、消毒装置を設置している施設は11件あった。そのうち7件が水源として井水を使用している施設であった（表4-15）。

表4-15 消毒装置の設置

カテゴリー	度数	%
あり	11	10.9
なし	90	89.1
合計	101	100.0