HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	微酸性次亜塩素酸水の衛生工学分野における応用展開
Author(s)	旗谷, 広司; 横山, 真太郎; 嶋倉, 一實; 三田村, 隆; 福澤, 信有; 菅野, 幸雄; 土井, 豊彦; 浜谷, 希人
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 193-196
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/1263
Type	bulletin (article)
Note	第12回衛生工学シンポジウム（平成16年11月4日（木）-5日（金） 北海道大学クラーク会館）. 一般セッション. 6 建築 都市環境とエネルギー有効利用. 6-7
File Information	6-7_p193-196.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

６－７　微酸性次亜塩素酸水の衛生工学分野における応用展開

○籏谷広司・横山真太郎・嶋倉一實（北海道大学）・三田村隆・福澤信有・菅野幸雄（エコロフロンティア）
・土井豊彦・浜谷希人（森永乳業・装置開発研究所）

１．はじめに

2002年6月、微酸性次亜塩素酸水は食品添加物に認定された[1)]。微酸性次亜塩素酸水の特徴としてまず、幅広い微生物に対しての殺菌効果があげられる。細菌はもちろん、黴酵母などの真菌やウイルスに対しても効果のあることが示されている。また、従来の次亜塩素酸ナトリウムではほとんど殺菌効果を示さない細菌芽胞にも効果的であることが示されている。そのほかの性質をまとめると以下のようになる。(イ)溶液のpHが５～６であるため殺菌力の高いHClOの存在比率が大きい。（ロ）Cl_2としての存在比率が低く気散しにくいため殺菌効果の安定性が良い。遮光、密閉系では数日保存しても有効塩素濃度の低下はほとんどみられない。開放系での低下度合も少ない。（ハ）低い有効塩素濃度で使用され、かつCl_2の気散が少ないため環境への影響が少ない。（ニ）塩素臭がほとんどない[2)-4)]。

本報は、食品工業分野で開発されたこのような性質を持つ微酸性次亜塩素酸水の衛生工学分野への適用可能性を検討したものである。

２．加湿・滅菌同時システムの開発とその概要[5)]

近年、歯科･口腔外科では、強電解酸性水を含嗽用水に用いる例がある。これは強電解酸性水が持つ殺菌効果に期待するものである。今回われわれは、強電解酸性水より利点が多いと考えられる微酸性電解水の一種である、次亜塩素酸水(HClO)を加湿水として用いるシステムを老人保健施設内に導入した。このシステムにより、微生物汚染に関連した施設内の感染対策と同時に、冬期の室内低湿度傾向の改善を果たすことを考えた。

システムの主な構成としては微酸性次亜塩素酸水、遠心式加湿器、温湿度センサー、信号入出力装置、リレー回路、パソコンであり、対象室内における測定箇所の湿度情報によるフィードバック制御を行うものである。微酸性次亜塩素酸水作成場所での3%希塩酸(HCl)すなわち極低濃度の塩化水素(HCl)の存在、およびシステムの導入対象室内での塩素濃度レベルに留意し、気中塩素センサーによる常時監視を行い濃度異常に対しては即時停止させるフィードバック制御装置を組み込んだ。

3階RC造、延床面積約4300m^{2}の老人保健施設の個室に適用した結果、本システム導入以前の測定値と導入後の測定値の比較では、浮遊一般細菌濃度の大幅な減少が示された。

また、被験者21名の快適感と乾湿感の主観申告調査では、「ほぼ快適」で「極端に乾燥も湿ってもいない良好な状態である」との結果を得た。

気中塩素の存在を懸念する意見もあり、数次にわたる塩素検知管（検知管式気体測定器Gastec・気体検知管No.8 Cl_2 目盛範囲：0.5～8ppm）による移動測定では、全て検出限界以下であった。

微酸性次亜塩素酸水を加湿水として用い、室内浮遊微生物の制御と同時に室内加湿を行う、省エネルギー性に優れたシステムの実証実験例を紹介した。さらには、ICUやバイオクリーンルーム等への微酸性次亜塩素酸水の適用可能性が考えられる。

３．中水道水・雑用水の浴水用化の実証実験の概要

省資源・省エネルギー性と健康保全性の許容解を満たす設備システムの開発が求められている。その意味で、浴用水が高次処理水の上水道水である必要はないと考え、中水道水・雑用水の浴水用化に取り組んだ。しかし、健康保全性を考慮した場合、克服すべき課題は多い。そこで、微酸性次亜塩素酸水に着目した。

本節では、微酸性次亜塩素酸水を活用して、中水道水・雑用水の浴水用化への実証実験に取り組んだ結果について述べる。

３．１ 使用設備と使用器具

(1)　微酸性次亜塩素酸水生成装置（ピュアスター, Mp-240）
(2)　浴槽（HOXAN,MU1221； MT-00401；容積約200L）

３．２　測定法と測定器具

(1) 水温：　棒状温度計
(2) 一般細菌検査：　標準寒天培地法[6)]
(3) 簡易水質検査キット（柴田科学, Type-PH48）：　簡易水質検査キット・シンプルパック・水素イオン濃度測定用・pH4.8～8.2
(4) 残留塩素分析用試験紙（共立理化学研究所, 残留塩素分析用試験紙低濃度用）：　測定範囲1～25ppm
(5) 無試薬式遊離塩素計（東亜ディーケーケー,CD-38D型）：振動微小電極によるポーラログラフ法；0～50ppm
(6) 主観評価：　５段階臭気強度（０：無臭；　１：かすかに感じるにおい；　２：軽度に感じるにおい；　３：強く感じるにおい；　４：非常に強く感じるにおい）

３．３　試験水

(1) 上水道水（札幌市上水道水）
(2) 地下水（森永乳業恵庭工場地下原水）
(3) 雑用水（北海道大学雑用水）

３．４　実験手順

実験は7月13日～9月2日に札幌市北区Y邸にある先述の浴槽（容積約200L）を用い、家族６名（被験者AYA～RIN）の協力のもとに行った。

実験では上記の測定項目(1)水温～(6)主観評価の他に、入浴時間（浴槽滞在積算時間）を求めた。水道水の実験では石油給湯機付ふろがま(ナショナル OW-33QBF)にて初期給湯して行った。地下水ならびに雑用水の場合は、石油給湯機付ふろがまの追い焚き機能を用いて水温制御した。

一方、微酸性次亜塩素酸水生成装置からの循環経路を別途浴槽に設置し、供給した。

上水道水については、7月13日～27日と8月19日～21日に行った。地下水については8月30日～9月1日に行った。雑用水の実験は、水道水と同様２期に分かれ、8月17日～8月19日と9月1日～2日に行った。

実験の一般的スケジュールとしては、夕刻に目標温水温度43℃となるように制御した。その後、帰宅状況により家族が順次入浴を行った。実験日の夜間在宅全員の入浴直後もしくは翌日に微酸性次亜塩素酸水を供給した。その間に、項目(1)水温～(6)主観評価と入浴時間（浴槽滞在積算時間）を適宜測定した。

４．中水道水・雑用水の浴水用化の実証実験の結果と考察

４．１　入浴時間と被験者特性

表１に被験者の各実験の参加状況と入浴時間（浴槽滞在積算時間）を入浴水塩素濃度とともに示した。入浴時間（浴槽滞在積算時間）は１～10分の間であったが、各人の値はほぼ習慣化され、平均2～4.7分であった。性別で比較すると、男性より女性の方が、浴室占有時間はもとより入浴時間（浴槽滞在積算時間）の長いことが示された。

４．２ 塩素濃度と臭気強度

表２に臭気強度の測定結果を塩素濃度とともに示した。実験開始当初の塩素濃度6ppmや15ppmレベルでは、「２：軽度に感じるにおい」の訴えが多くみられた。その後、順応と解釈される主観評価値の低下の傾向がみられた。しかし、残留塩素分析用試験紙法(表２中の塩素1)で1ppm以上であると、「におい」の存在を訴える率が多いことが示された。臭気強度にも性差の傾向が見られ、男性と比較し、女性のスコアが高い傾向にあった。

４．３ 地下水の浴用化の検討

地下水を浴用水として採用できるかどうかを検討した。8月30日に地下原水をY邸に輸送した。浴槽に投入した時点での水温は13℃、塩素濃度は残留塩素分析用試験紙法では検知されず、無試薬式遊離塩素計の指示値(表１中の塩素2)も0[ppm]で、pHは中性の7.0、一般細菌濃度0 [CFU/ml]であった。その後、石油給湯機付ふろがまの追い焚き機能を用いて41℃に昇温した。塩素濃度、pH、一般細菌濃度の値はほとんど変化がなかった。家族の入浴後、約8時間以上放置した時点では、水温は36℃に低下したが、塩素濃度、pHの値はほとんど変化がなかった。一方、一般細菌濃度は20万[CFU/ml]以上にも達した。

その後、微酸性次亜塩素酸水を2.5[ppm]レベルで供給した。その結果、pHは弱酸性の6.8を示し、一般細菌濃度は120 [CFU/ml]レベルに激減した。

その水を約10時間放置後、夕刻に昇温し、6名の入浴後水を測定したところ、一般細菌は20万[CFU/ml]以上に達した。それに微酸性次亜塩素酸水を2.0[ppm]レベルで供給したところ、一般細菌濃度は0 [CFU/ml]となった。それらの数値を表３にまとめた。

以上の結果、地下水は、一般細菌濃度の側面からすれば、微酸性次亜塩素酸水の処理を施すことによって再生使用の可能性をもつことを示している。また、臭気強度の観点からすれば、微酸性次亜塩素酸水処理の時期は使用直前処理よりも翌朝すなわち10時間程度以前の方がより良いことを示している。

４．４ 雑用水の浴用化の検討

雑用水を浴用水として採用できるかどうかを検討した。表４に9月1日（日）～2日(月)の結果を、表５に8月17日（土）～8月19日（月）の結果をまとめた。

いずれも、北海道大学工学部環境工学科実験棟１階に供給されている雑用水をY邸に輸送して実験を行ったものである。北海道大学の雑用水は水質検査が実施されており、一般細菌は検出限界以下と報告がなされている。

今回採取ホースと運搬容器の衛生管理に配慮していなかったことを反映し、浴槽に投入した初期時点で一般細菌濃度は20万[CFU/ml]を越えていた。

表 1　被験者概要と入浴時間

被験者	年齢	性別	日付	7月13日	7月14日	7月15日	7月16日	7月20日	7月21日	7月22日	7月27日	8月17日	8月18日	8月30日	8月31日	9月1日	平均入浴時間[min]
			塩素1	6ppm	15ppm	1ppm	25ppm	1ppm	3ppm	1ppm	＜1ppm	＜1ppm	1ppm	＜1ppm	1ppm	＜1ppm	
			塩素2	—	—	—	—			—	—	—	2.0ppm	0.0ppm	0.1ppm	0.0ppm	
AYA	52	F		3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	—	10	4	4.7
MAR	20	F		3	4							10	5	—	4	2	4.7
MAY	16	F		3	3	4	5		0	3	5	1	3	—	1	2	3
MAI	12	F		8	2	2	4	4	3	3	4	5	5	—	0		3.7
SHI	54	M		3	3			2	1		1		1	—	2	2	2
RIN	14	M		0	3	3	3	1	1	3	2	2	1	—	1	2	2

表 2　臭気強度の結果

被験者	年齢	性別	日付	7月13日	7月14日	7月15日	7月16日	7月20日	7月21日	7月22日	7月27日	8月17日	8月18日	8月30日	8月31日	9月1日
			塩素1	6ppm	15ppm	1ppm	25ppm	1ppm	3ppm	1ppm	＜1ppm	＜1ppm	1ppm	＜1ppm	1ppm	＜1ppm
			塩素2	—	—	—	—			—	—	—	2.0ppm	0.0ppm	0.1ppm	0.0ppm
AYA	52	F		2	2	1	1	0	1	1	0.5	0	1	0	0	0
MAR	20	F		2	2							0	1	0	0	0
MAY	16	F		2	2	1	1		0	1	1	0	1	0	0	0
MAI	12	F		2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	
SHI	54	M		1	1			0.5	0.5		1		0.5		0	0
RIN	14	M		1	1	0.5	1	1	1	1	0.5	0	1	0	0	0
平均値				1.7	1.5	0.9	1.0	0.6	0.7	1.0	0.8	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0

表４と表５のいずれの場合でも、その状態から 5 名入浴した後に、生成装置による微酸性次亜塩素酸水を供給することによって、一般細菌濃度を 0 [CFU/ml]に近づけられることを示している。

すなわち、ここで得られた結果は、地下水の項で述べたことが一層過酷な条件下でも成立することを示唆している。

４．５ 対照実験としての上水道水の検討と検証実験の総括

微酸性次亜塩素酸水処理を導入することによって地下水と雑用水の浴用化が可能であることを示してきた。ここでは、通常、一般家庭で浴用水に採用している上水道水使用時の一般細菌濃度の挙動把握を１つの目的とし、第２の目的として入浴後水を再利用する場合の処理過程に前述の地下水や雑用水と比較して異同があるかどうかも検討した。

表６に８月 19 日～21 日の結果を、表７に７月 13 日～27 日の結果をそれぞれまとめた。

表６の結果は、上水道水の場合でも多人数入浴後は、地下水、雑用水と同様に一般細菌濃度は 20 万[CFU/ml]を越えること、微酸性次亜塩素酸水 2.0[ppm]レベルの供給後、一般細菌濃度が 210[CFU/ml]であったこととその後の挙動から、多人数入浴後水の再利用に関して、地下水はもとより今回の雑用水と比較すると、特に優位性は認められないことを示している。

表７によれば、微酸性次亜塩素酸水を残留塩素分析用試験紙の濃度レベルで 18ppm の相対的に高設定とすれば一般細菌濃度を 0[CFU/ml]に保持できることと、同時に相対的に高レベルの運転は入浴者に塩素臭を誘発することが分かった。

５．浴用水の再利用における低濃度の検討

中水道水・雑用水の浴水用化への実験に取り組んだところ、良好な結果が得られた。その際、安全性を考え、実験当初には浴槽内残留塩素濃度を 20[ppm]に設定した場合もあったが、浴用水の再利用にあたっては、より低濃度レベルすなわち嗅覚閾値濃度以下でも殺菌効果が十分保てるという結果を得た。そこで、更なる省資源と省エネルギー効果を求めて、本研究では浴槽濃度 0.5[ppm]を制御目標にその効果の実証実験に取り組んだ。

５．１　使用設備と使用器具

(1)微酸性次亜塩素酸水生成装置（ピュアスター，Mp-240）
(2)浴槽（容積約 200L）：北大ローエネルギーハウス
(3)低温恒温水槽（東京理科器械，NCB-120 型）
(4)水位センサー（梅澤無線）

５．２　測定法と測定器具

(1) 水温：棒状温度計
(2) 一般細菌検査：標準寒天培地法[6)]
(3) 無試薬式遊離塩素計（東亜ディーケーケー，CD-38D 型）

５．３　試験水と実験条件

(1) 北海道大学雑用水
(2) 雑用水の多人数入浴後水

表３　地下水（森永乳業恵庭工場地下原水）

日付	時刻	水温 [℃]	簡易塩素濃度[ppm]	pH [-]	残留塩素濃度[ppm]	一般細菌 [CFU/ml]	臭気強度
8月30日	15:50	13.0	＜1	7.0	0.0		
	18:55	41.0	＜1	7.1	0.0		0.0
8月31日	8:20	36.0	＜1	7.0	0.0	＞200,000	
	9:10	33.0	2	6.8	2.5	120	
	19:30	41.0	1	6.9	0.1		0.0
9月1日	6:30	39.0	1	6.9	0.1	＞200,000	
	7:40	39.0	2	6.7	2.0	0	

表４　雑用水（北海道大学）(1)

日付	時刻	水温 [℃]	簡易塩素濃度[ppm]	pH [-]	残留塩素濃度[ppm]	一般細菌 [CFU/ml]	臭気強度
9月1日	18:00	19.0	＜1	7.0	0.0	＞200,000	
9月2日	5:20	39.0	＜1	7.0	0.0	＞200,000	0.0
	6:30	36.0	＜1	7.0	0.0	0	

表５　雑用水（北海道大学）(2)

日付	時刻	水温 [℃]	簡易塩素濃度[ppm]	pH [-]	残留塩素濃度[ppm]	一般細菌 [CFU/ml]	臭気強度
8月17日	19:22	18.0	＜1	7.1	—	＞200,000	
	21:05	49.5	＜1	7.0	—	＞200,000	0.0
8月18日	10:00	37.0	＜1	7.2	—	＞200,000	
	18:00	39.0	＜1	7.1	1.6	90	
	18:30	43.0	1	6.9	2.0	10	1.0
	22:15	41.0	＜1	7.0	0.1	＞200,000	
8月19日	6:00	40.0	＜1	6.9	0.1	＞200,000	

表６　上水道水（札幌市）(1)

日付	時刻	水温 [℃]	簡易塩素濃度[ppm]	pH [-]	残留塩素濃度[ppm]	一般細菌 [CFU/ml]	臭気強度
8月19日	18:00	43.0	＜1	7.1	0.6	930	0.0
8月20日	5:15	38.0	＜1	7.0	0.1	＞200,000	
	18:00	33.0	＜1	7.0	0.1	＞200,000	
	18:30	43.0	＜1	6.7	2.0	210	0.0
8月21日	6:30	38.0	＜1	7.0	0.0	＞200,000	
	9:10					＞200,000	

表７　上水道水（札幌市）(2)

日付	時刻	水温 [℃]	簡易塩素濃度[ppm]	pH [-]	一般細菌 [CFU/ml]	臭気強度
7月13日	20:35	44.0	6	5.8	0	1.7
7月14日	4:30				0	
	19:50	45.0	15	5.8	0	1.5
7月15日	4:40				0	
	5:40	48.0	12	5.9	0	
	20:00	45.0	1	5.8	0	0.9
7月16日	7:20	42.0	18	5.8	0	
	20:00	42.0	15	5.8	0	1
	20:00				0	
7月17日	7:00				0	
7月20日	20:35	41.0	1	6.2	0	0.6
7月21日	18:10	42.0	3	5.9	0	0.7
	18:13		3			1
	18:45		3			1
	19:20	46.0	2			0.5
	20:35		1			0
	22:10	44.0	1		0	1
7月22日	5:10		1		0	
	5:30		3			
	6:15		5			
	21:00	43.0	1	5.8	0	1
7月27日	20:35		1	5.9		1
	21:20					0.5
	21:45		1	5.9		1
	21:45		1	5.9		1
	21:55		1			1
	22:38		1	5.9	0	0.5
7月28日	6:00		1	6.8	38	
7月29日	22:50				720	

表８　一般細菌濃度の測定結果

日付	時刻	実験項目	一般細菌濃度 [CFU/ml]
1月11日	11:00	初期値	30
1月11日	12:40	被験者A･B･C入浴後	＞200,000
1月11日	13:05	処理後	0
1月11日	14:00	被験者D･E･F入浴後	30
1月12日	10:30	被験者G･H･I入浴後	＞200,000
1月12日	12:50	連続運転処理(1)	0
1月12日	13:20	連続運転処理(2)	0
1月12日	13:40	連続運転処理(3)	0

５．４　実験手順

実験は1月11日～12日に北海道大学ローエネルギーハウスの浴槽（容積約200L）を用い、成人男性９名（被験者A～I）の協力のもとに行った。水温を上記の小型恒温水槽にて目標値42℃で循環制御した。一方、微酸性次亜塩素酸水生成装置の循環経路を別途浴槽に設置し、その運転を無試薬式遊離塩素計の値で制御した。今回の設定浴槽濃度として0.5[ppm]を採用した。

1月11日は入浴中の運転はせず、入浴後の処理効果をみることを目的とした。続く12日に入浴中を含めた完全な連続制御運転での効果の実験を行った。

５．５ 実験結果と考察

一般細菌濃度の測定結果を表８に掲げる。

今回北海道大学のローエネルギーハウスの浴槽（容積約200L）を用い実験を行った。採用した浴用水が雑用水で、さらに水温を上昇させる際に通常のボイラーにような方式ではなく、徐々に目標水温42℃に上昇させる方式を採用したことを反映し、一般細菌濃度は初期値から30[CFU/ml]であった。1時間40分かけての成人男性３名（被験者A・B・C）入浴後に20万［CFU/ml]以上となった。その後、設定浴槽濃度0.5[ppm]の運転で0[CFU/ml]になったことから、浴用水の再利用にあたっては、前節より低濃度レベルで殺菌効果が発揮されることがわかった。さらに、多人数入浴後でも効果の普遍性が示めされた意義は大きい。

1月12日には、多人数入浴後水を用いて、設定浴槽濃度0.5[ppm] にてピュアスターMp-240 完全連続運転の実証実験に取り組んだ。入浴後のみならず入浴中も一般細菌濃度は0[CFU/ml]を保持し、結果は極めて良好なものといえる。入浴水の一般細菌の制御は完全に可能であることを示した。

以上の一連の結果は、皮膚残滓や脱落毛髪の処理過程を整えれば、一般家庭のみならず一般公共浴場（含む一般水泳プール）の連続滅菌システムが確立される可能性が極めて高いことを示している。

６．レジオネラ属菌に対する殺菌効果の実証実験

微酸性次亜塩素酸水処理を施すことによって入浴水の一般細菌の制御が可能であることが示された。ここでは、微酸性次亜塩素酸水が最近の一般公共浴場で問題となっているレジオネラ対策としても効果があると考え、レジオネラ属菌に対する殺菌効果の実証実験に取り組んだ結果について述べる。

６．１測定法と測定器具

(1)微酸性次亜塩素酸水生成装置（ピュアスター, Mp-240）
(2)ポアメディア WYOα寒天培地(栄研化学, E-MR70)
：検出限界2CFU/100ml
(3)ポアメディア B-CEY 寒天培地(栄研化学, E-MP96)
(4)ポアメディア血液寒天培地(栄研化学, E-MP23)

６．２実験手順

蒸留水1500mlを入れた容積10Lの三角フラスコにレジオネラ属菌を投入し、そこに微酸性次亜塩素酸水を1500ml供給した。微酸性次亜塩素酸水供給前、微酸性次亜塩素酸水供給30分後、60分後にサンプリングし、50℃の温浴中で20分間加熱処理した後、検水0.1mlをWYOα寒天培地に接種して塗布培養を行った。塗布培養6日後にB-CEY寒天培地と血液寒天培地を用いて確定試験を行った。

６．３実験結果と考察

レジオネラ属菌濃度の経時変化を図１に掲げる。微酸性次亜塩素酸水供給前のレジオネラ属菌濃度は60[CFU/ml]であったが、微酸性次亜塩素酸水供給30分後と60分後のいずれの検水からもレジオネラ属菌は検出されなかった。このことから、微酸性次亜塩素酸水はレジオネラ属菌に対しても十分な殺菌効果を有していることが示された。

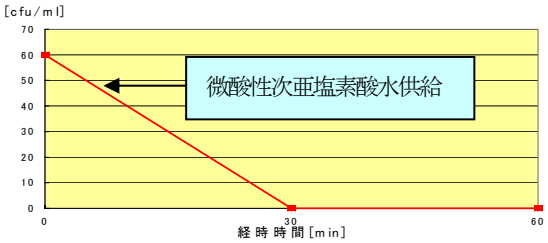

図１　レジオネラ属菌濃度の経時変化(塗布培養３日後)

まとめ

1)最近食品工業分野で開発された微酸性次亜塩素酸水の衛生工学分野への応用展開について実験を交えて検討した。
2) 微酸性次亜塩素酸水を加湿水とする加湿・滅菌同時システムによる老人保健施設への実証実験について述べた。
3) 微酸性次亜塩素酸水を活用し、一般家庭の浴用水として上水道水だけでなく地下水、雑用水の利用可能性を示した。
4) 持続的再利用の設定浴槽濃度の低レベル化について検討し、0.5[ppm]以下の可能性を示した。
5)皮膚残滓や脱落毛髪の処理過程を整えれば、一般家庭のみならず一般公共浴場（含む一般水泳プール）の連続滅菌システムの確立の可能性が極めて高いことが考えられた。
6)微酸性次亜塩素酸水のレジオネラ属菌に対する十分な殺菌効果を示した。

参考文献

1) 財務省印刷局(2002)：食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件（厚生労働212)，官報，第3378号
2) 松尾昌樹(2000)：電解水の基礎と利用技術．技報堂出版，東京
3) 土井豊彦（1999)：電解塩素ガスで調製した低濃度塩素水の特性と食品産業における利用，食品機械装置，第36巻6号，pp. 65-75
4) 土井豊彦（2001)：弱酸性電解水の特性と食品産業での利用，防菌防黴誌，第29巻6号，pp. 379-378
5) 横山真太郎・吉岡誠記・小口智・田尾道義・國津正博・由佐卓也・中村真人・濱田靖弘・窪田英樹(2002)：老人保健施設における多元室内空気質の評価と制御，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp. 1377-1380
6) 曽根良介(1999)：水の分析，㈱化学同人，pp. 279-290