

総合衛生管理における洗浄と殺菌

—「フキトリマスター」・「クロールマスター」の適用—

Washing Efficacy and Sterilizing Procedure for Total Sanitation Control.

— Application for "FUKITORI MASTER" and "CHLORINE MASTER" —

沼間 雅之*

Numa, Masayuki

The approval system for total sanitation control in food manufacturing process has been started from last year in Japan, and food manufacturers have been required higher sanitation control than before. One of the methods of sanitation control is washing, and another is sterilization. In this report, the application for scientific method of washing efficacy control by use of the kit "FUKITORI MASTER", and also the relationship between washing efficacy and sterilization effectiveness of sodium hypochlorite were investigated. The need for control of active chlorine concentration was approved. The scientific control of washing efficacy and sterilizing procedure is required to introduce HACCP system.

1 はじめに

近年、欧米諸国を中心に食品の衛生・品質管理を目的に HACCP システム導入に向けての制度化が計られている。1996年、我が国においても総合衛生管理製造過程の承認制度が施行され、乳製品、食肉製品をはじめ、今後、適用対象食品は多種に渡ることが予想される。この総合衛生管理は、食品製造過程における HACCP システムの導入が基本となっており、食品製造業者等には食品の原料受け入れ、生産・加工工程から流通、消費段階に至るまでを視野に含めた製造管理が要求され、衛生管理対策がますます重要となってきた。

その管理の中心として、清浄度管理があげられる。清浄度とは微生物的汚染度を示すが、一般に製造ライン・器具などの洗浄不良は微生物による二次汚染の危険性をはらんでいる¹⁾。通常、洗浄において慢性的洗浄不良箇所は重要管理点・CCP (Critical Control Point) であり、洗浄設計改良・設備改良とともに、洗浄度モニターの対象となり、今まで現場の熟練者の経験と勘に頼っていた洗浄度の確認を、今後は客観的に判定してその記録を残すことが不可欠となった。

つぎに、洗浄工程に続く殺菌工程においても、衛生管理の面から洗浄と無関係に殺菌効果を上げることは困難である²⁾。すなわち殺菌の工程管理も清浄度管理の一環であるといえよう。

このように衛生面からみた工程管理作業の中で洗浄と殺菌の重要性が強調されてきたにもかかわらず、実際の食品製造・加工などの現場において洗浄度の適否の判断と殺菌処理の効果について総合的に報告した例は少ない。

今回、洗浄度と生残する微生物との関連について述べ、

* 感材生産本部感材開発統括部 3 G

洗浄度の科学的な管理手法をコニカ「フキトリマスター」を用いた応用例をあげて紹介する。さらに食品添加物として唯一認可されている次亜塩素酸ナトリウムの殺菌効果と洗浄度との関連について検討し、最後に殺菌効果に重要な影響をおよぼす有効塩素濃度管理に有用であるコニカ「クロールマスター」の概要と用途について述べた。

2 洗浄度の管理について

2.1 フキトリマスターを用いた客観的な洗浄度の判定

フキトリマスターの利点は以下の点に要約される³⁾。

- ① 目視観察できない汚れを検出できる。
- ② 汚れの量を客観的に把握できる。
- ③ 洗浄性の判定を迅速、簡便に行うことができる。
- ④ 洗浄評価のモニタリングを可能にする。

フキトリマスターは目視によりレベル1; 緑色 (clean) ~ レベル4; 濃紫色 (dirty) の4段階で汚れを判定する。また吸光度を測定することにより汚れの量を数値化することが可能である。

1) 飲料工場における洗浄度の判定試験

Table 1 はある飲料工場において、フキトリマスターを用いて洗浄後の評価判定を実際に行った結果である。抽出液ストレージタンク出口配管内以外の目視判定で洗浄性は良好と判定された。ところがフキトリマスターによる検査結果でレベル1の洗浄度良好の評価となったのは調合タンク内壁のみで、それ以外では目視で明らかにされない汚れを検出した。この例から、従来は目視判定で良好と思われた箇所もフキトリマスターを用いることによって洗浄に問題があることが確認された。

2) 食品製造現場での洗浄度の評価と生残菌数

実際の食品製造・加工現場において通常の洗浄作業

後の洗浄度の判定を行なった⁴⁾。洗浄度はフキトリマスターによるレベル判定と生菌数を比較した。

結果を Table 2 に示した。この例から、食品残渣と生菌数の相関について、一般に食品製造現場では食品残渣がある部分には菌も同様に生残している可能性が高いことがわかる。

3) ATP 法との洗浄度判定の比較

ATP 法とは、食品残渣中の ATP を指標としてバイオルムネッセンスにより発光させ、発光量 (RLU 値) から残渣量を測定するシステム^{5), 6), 11)}である。昨今では広く知られるようになったが、酵素を用いるゆえの留意点がある。

この ATP 法とフキトリマスターを比較して検討した⁷⁾。ミンチした肉および牛乳をステンレス版、プラスチック板に塗布して乾燥させた。通常の洗浄工程①水洗い、②水洗い+洗剤洗い、③水洗い+洗剤洗い+水洗いの3つの工程において、ATP 法とフキトリマスターにより洗浄度の判定を行なった。

結果を Table 3 に示した。フキトリマスターによる洗浄度レベルの判定によると、水洗いのみでは食品残渣はほとんど取り除かれず、洗剤の使用で残渣量は低下するものの、上記の洗浄作業では洗浄は不十分であることが示めされた。ATP 法による RLU 値は、ミンチした肉ではフキトリマスターと相関する傾向を示した。牛乳では RLU 値はミンチ肉より 1/10 程度低い値を示し、検出の限界値付近で推移した。食品中の ATP 含有量は食品の種類、加熱処理の有無などによって大きく変動し、RLU 値に反映される。またこの試験において RLU 値は洗剤の混入で極端に低い値を示し、洗剤

の混入で発光酵素活性が阻害されたと考えられた。すなわち洗剤などの残る部位での RLU 値による判定には留意する必要があると思われた。

Table 1 飲料工場における洗浄性の判定例
(製造品目:缶コーヒー)

機器の部位	目視判定	フキトリマスターレベル	O.D
抽出タンク内壁	○	2	0.54
ニーダーシャフト	○	3	1.11
抽出液ストレージタンク出口配管内	△	2	0.38
調合タンク内壁	○	1	0.31
ミルク受入配管内	○	3	0.78
砂糖溶解タンク内壁	○	2	0.39

Table 2 食品製造・加工工場における洗浄度判定の実際

サンプリング箇所	生菌数 (cfu)	フキトリマスター洗浄レベル	サンプリング箇所	生菌数 (cfu)	フキトリマスター洗浄レベル
チーズ工場			ヨーグルト工場		
バット1	1	1	ミルクドラム	>100	2
" 2	>100	2	ミキサー排水口	>100	3
" 3	74	2	ミキサー羽根	8	1
" 4	3	1	バット排水口	0	1
" 5	3	1	バット給水口	0	1
ボウル1	5	1	ホース:中古	>100	2
" 2	>100	1	チューブスワブ	>100	3
製造機械1	4	1	ホテルレストラン厨房		
" 2	>100	2	調理台	24	1
流し台	7	1	流し台	>100	3
スナック・バー調理場			まな板	>100	4
オープン	32	2	フキトリマスター	14	1
流し台	>100	3	フキトリマスター	>100	4
ミートスライサー	>100	2-3	包丁	79	3
サンドイッチプレス	>100	3	食器:スワブ	>100	2
飲料サーバ	16	1	作業台:ラミネート	>100	3
			洗浄用スポンジ	0	1
			洗浄済ボウル	19	1

Table 3 フキトリマスターとATP法との比較:食肉及び牛乳汚染

サンプリング箇所	工程	水洗1回		水洗+洗剤		水洗+洗剤+水洗		コントロール(+)		コントロール(-)	
		フキトリマスター洗浄度レベル	RLU値	フキトリマスター洗浄度レベル	RLU値	フキトリマスター洗浄度レベル	RLU値	フキトリマスター洗浄度レベル	RLU値	フキトリマスター洗浄度レベル	RLU値
ミンチ肉	ステンレス	3	8170	3	128	2	771	3	10623	1	11
	プラスチック	3	5215	3	100	3	1244	3	10359	1	13
牛乳	ステンレス	4	933	3	38	3	14	3	1290	1	14
	プラスチック	4	965	3	49	3	17	3	1567	1	14

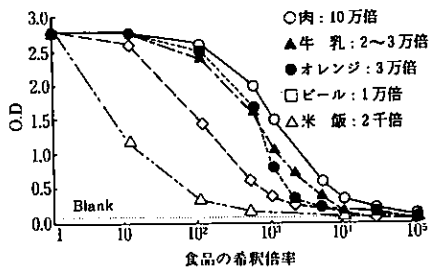


Fig. 1 フキトリマスターによる各種食品の検出限界

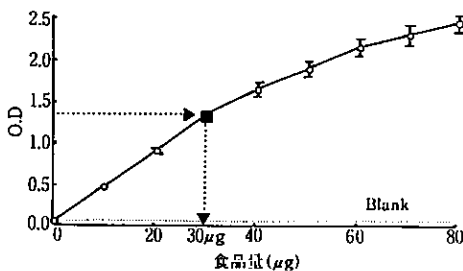


Fig. 2 食品（牛乳）検量線

2. 3 各種食品の吸光度による検出限界および検量線

フキトリマスターの検出限界を求める目的で、各種食品を10倍から 10^5 倍まで段階希釈し、希釈液1mlをフキトリマスターの試薬と60℃、10分間反応させ、吸光度を測定した。固形食品ではあらかじめホモジナイズした抽出液をサンプルとした。

各種食品の検出限界を Fig. 1 に示した。牛乳; 3×10^4 倍、肉; 10^5 倍、ジュース; 3×10^4 倍、ビール; 10^4 倍、米飯; 2×10^3 倍希釈液までそれぞれ検出が可能であった。また牛乳をサンプルとしたときの検量線を Fig. 2 に示した。

2.4 牛乳の濃度と生残する菌数の経時変化

次に牛乳を食品残渣の一例として取り上げ、その残渣量と生残菌数 (*E. coli*, *S. aureus*) の経時変化を調べた。滅菌牛乳を段階的に希釈(9段階)し、そこに初発菌として約200個をスパイクした。35℃に静置して6~72時間の経過時間の中で菌数の変化を確認した。

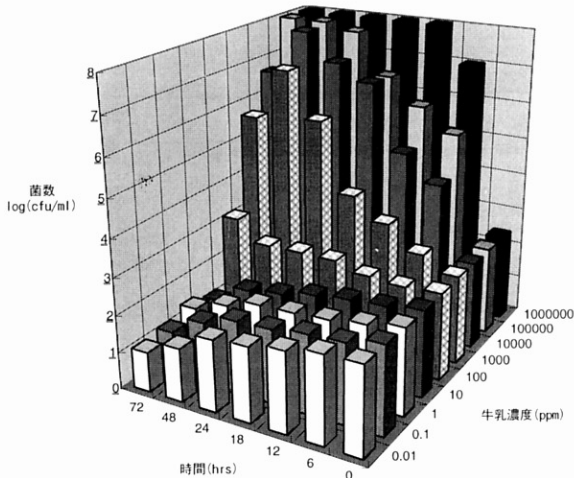


Fig.3 食品残渣量と菌数の経時変化 (*E. coli*)

E. coli の場合の結果を Fig. 3 に示した。菌は牛乳1000ppm以上で6時間後から顕著な増加傾向を示した。100ppmの場合は、ほとんど経時的な変動はなく、72時間後に微増した。10ppm以下の場合では、菌は漸次減少傾向を示した。*S. aureus* の場合、1000ppmを境界として、*E. coli* の場合と同様な結果であった。

すなわち、模式的なスパイク試験において、牛乳濃度100ppm~1000ppmがこれら二種の菌の増殖限界と推定された。

2.5 吸光度を指標とした管理モデル

2.4の結果から吸光度を指標とした洗浄度管理モデル (Fig. 4) を推定した。図では微生物の生残限界点を指標に吸光度0.30~1.30を洗浄度の要管理域としている。

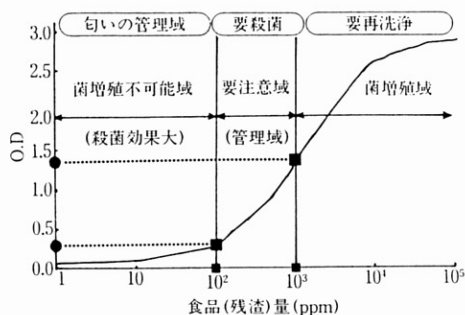


Fig.4 栄養源(食品残渣)量と菌の増殖

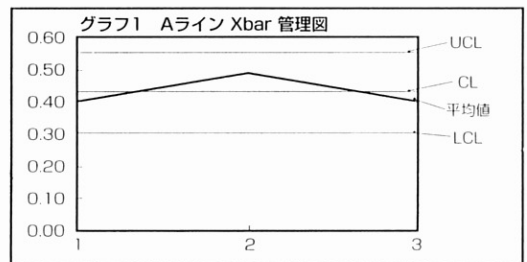
このモデルのように管理目的とする製造ライン等の食品残渣量と、これまで行なってきた拭き取り法による菌数測定結果とを照らし合わせて、同様な洗浄度管理レベルを設定することが可能であろう。

2.6 フキトリマスターを用いた洗浄度管理応用例

ある乳業工場で行ったライン別の洗浄性の判定結果を示した。Aライン、Bラインともに牛乳紙容器充填ラインであり、充填機のコンベアチェーン部分を対象に行った。この部位はフォーミング洗浄(アルカリ)を毎日行っている。目視判定での洗浄性は良好であり、A・Bラインの差異は断定できない状態であった。

サンプリングはコンベアチェーン部分をスワブで約10cm²、5箇所拭き取り、3日間行った。サンプルはキット試薬と60℃、10分間反応させ、吸光度を測定した。

	平均値	CL	UCL	LCL
1日目	0.40	0.43	0.55	0.30
2日目	0.48	0.43	0.55	0.30
3日目	0.40	0.43	0.55	0.30



	平均値	CL	UCL	LCL
1日目	0.56	0.57	0.68	0.47
2日目	0.41	0.57	0.68	0.47
3日目	0.75	0.57	0.68	0.47

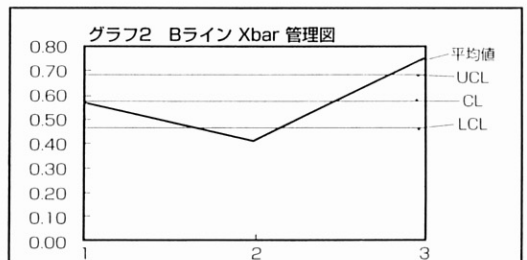


Fig.5 Aライン、BラインのXbar管理図

測定結果からA・BラインのXbar管理図 (Fig. 5) を作成した。Aラインは新しいラインのため、洗浄性は比較的良好でサンプル間のばらつきも少なく日々安定していた。他方、Bラインは導入後から時間を経過しており、Aラインと比べると洗浄性が劣ると思われた。3日目においては平均値が上方管理限界(UCL)を超えており、洗浄性のばらつきも大きいことが判断できる。

目視判定ではA・Bラインの洗浄性の差は判断できなかったが、フキトリマスターを用いることにより、判別が可能となった。なお本事例はサンプルの絶対数が少な

かったが、モデルスケールとして Xbar 管理図の作成を試みた。

本実例にならない、現場の継続的な調査結果から Xbar 管理図を作成し、客観的な評価基準を設定することができる。定期的に洗浄後のモニタリングを行い、管理限界からの逸脱が認められた場合は、直ちに再洗浄を行なうなどの改善措置を定めておく。洗浄性に改善が見られれば管理図を作成しなおす。以上の操作を通じて継続的に安定した洗浄性が確保できる体制を築くことができる。

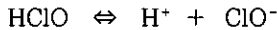
このようにフキトリマスターの技術と統計的品質管理手法を組み合わせることで、より科学的な洗浄度管理の実施が可能となる。

3 次亜塩素酸ナトリウムの殺菌効果と洗浄度について

3.1 殺菌効果と洗浄度の関連

1) 殺菌効力と pH の関係

殺菌速度と pH の間には重要な関係があり、pH がアルカリ側になるほど、殺菌速度が遅くなる。pH10 以上になると殺菌速度は顕著に低下する。これは殺菌効力の強い次亜塩素酸 (HClO) が pH によって、その存在状態が変化するためである。次亜塩素酸は次のように解離する。



この解離は pH によって影響され、pH 9 以上では次亜塩素酸はほとんど次亜塩素酸イオンとして存在し、pH 6.5 では約 90% が解離しない次亜塩素酸として存在 (Fig. 6) する。一般に次亜塩素酸の殺菌作用は、菌の細胞膜を透過して、その酵素系を破壊するために生じるといわれている。

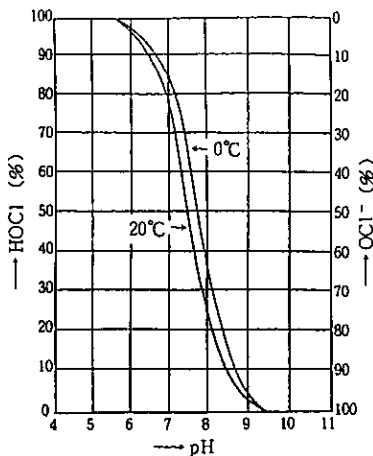


Fig. 6 各 pH における HClO と ClO⁻ の量の関係

2) 殺菌効力と有機物の関係

次亜塩素酸ナトリウムは有機物の存在によって有効塩素が低下する。ここでは有機物の存在が殺菌効力にどのように影響するか Fig. 7、Fig. 8 に示した。

この結果はタンパク質を含む脱脂乳とトマトジュースは著しく殺菌効力を弱めるが、炭水化物であるデンプンと乳糖はあまり影響を及ぼさないことを示している。有機物濃度は高くなるほど、影響も大きくなる。

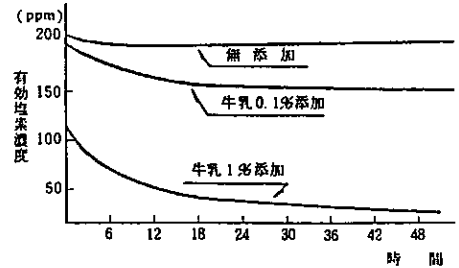


Fig. 7 有機物添加による有効塩素濃度の変動

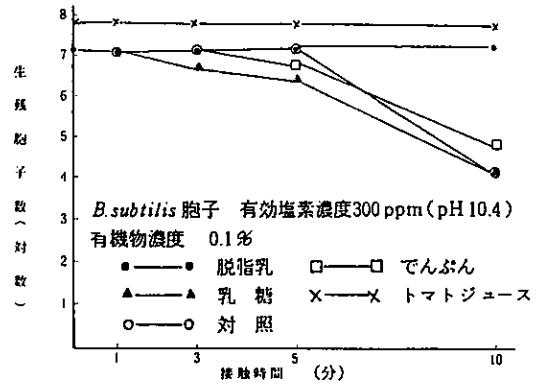


Fig. 8 殺菌作用に対する有機物の影響

3) 用途

次亜塩素酸ナトリウムの用途を Table 4 に示す⁸⁾。次亜塩素酸ナトリウムは食品添加物として認められており、その用途は幅広い。水の消毒以外の適用濃度はおよそ 30ppm~300ppm であり、それぞれの対象に応じた最適な濃度が存在する。濃度は低すぎれば殺菌の目的を達成できず、濃すぎれば腐食、塩素臭の問題が出てくる。

4) 次亜塩素酸ナトリウム濃度管理の必要性について

次亜塩素酸ナトリウムが十分に効力を発揮するためには、次のことが守られていなければならない⁸⁾。

- ① 機器類の表面が十分に洗浄されていること。
- ② 洗浄面に次亜塩素酸ナトリウム液が接触しやすくなっていること。
- ③ 有効塩素濃度が十分にあること。

④ 次亜塩素酸ナトリウムが効力を発揮するのに十分な接触時間があること。

これらのうち①の事項が特に重要で、もし洗浄が不十分で汚れが残留したままであると、いくら有効な次亜塩素酸ナトリウムを使っても殺菌効果はほとんどあがらず、汚れのなかの菌は生残し続けることになる。

Table 4 主要な用途における有効塩素濃度と殺菌に要する時間

用途	有効塩素濃度 ppm	所要時間
水の消毒 (飲料水、プール水など)	0.3~1.0	3~5分
野菜、果物の消毒 (生野菜、さしみのつまなど)	50~100	5~10分
食器類の消毒 (食器、調理器具など)	100	2~5分
手指の消毒	100	瞬間消毒 (数秒)
医療消毒 (包帯、白衣など) (汚物など)	200~500 0.5~1.0(%)	5~30分
漂白 (白木綿、白麻)	100~200	20~30分

2.2 機能水・強酸性電解水と有効塩素濃度管理

陰極と陽極の間に隔膜をおいた電解装置を用いて、食塩などの電解質を含んだ水を電解にかけると陽極側に酸性水、陰極側にアルカリ水が生成する。近年、陽極側で得られた水(強酸性電解水)が微生物やウイルスに対して強い殺菌作用を示すことがわかり⁹⁾、医療、保健、環境をはじめ食品や農業分野においても幅広く応用されつつある。その殺菌作用の要因として、強酸性、高酸化還元電位、次亜塩素酸の生成などが考えられている¹⁰⁾。

この強酸性電解水は毒性や残留性がほとんどないため、厚生省の認可を受けて MRSA 感染予防などの目的で医療現場において手指の洗浄殺菌に用いられるようになってきた。また食品業界でも大腸菌 O-157、サルモネラ菌などによる食中毒の防止に利用されつつあり、各業界においてもその利用方法の検討が始まっている。以下にその応用例を列記した¹⁰⁾。



コニカ洗浄度判定キット フキトリマスター

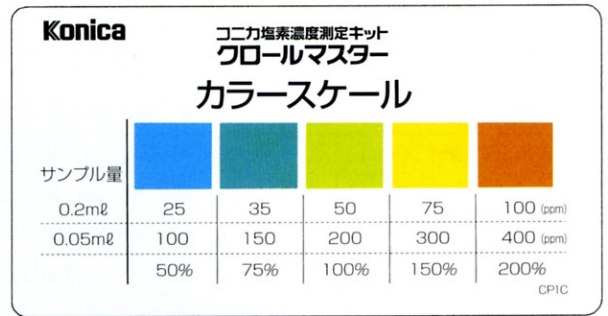


Fig.9 クロールマスター カラースケール

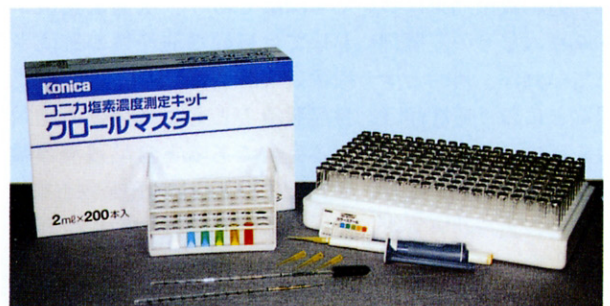
- ①医療関連：手指の洗浄殺菌、手術後の感染予防、機器類・治療室の消毒、感染症予防の皮膚殺菌、歯科治療機器の殺菌
- ②高齢者施設：床擦れ患部防止、感染予防としての導入
- ③農業関連：土壌散布、作物散布、病害予防や農機具の殺菌消毒
- ④畜産関連：家畜体表面や畜舎床などの洗浄による伝染病予防対策
- ⑤食品関連：生産・製造・流通・調理の各段階での活用による食中毒防止。
- ⑥日常生活関連：台所周辺の衛生管理、野菜・果実類の洗浄。

これらの異なる環境下で、要求される殺菌効果を得るためには条件に適した強酸性電解水の生成および管理が必要である。しかし、その基本となる殺菌力は次亜塩素酸であり、有効塩素は pH 2.8 以下を示す強酸性電解水において強い殺菌作用を持つ一方で、分解速度が速く非常に不安定である。従って有効な殺菌力を確保するためには、生成される電解水の有効塩素の管理がさらに重要となる。

2.3 クロールマスターを用いた有効塩素濃度管理

1) クロールマスターの概要

コニカ塩素濃度測定キット「クロールマスター」は有効塩素濃度を簡易、簡便に測定できるキット試薬である。有効塩素の測定範囲は 20ppm~600ppm (Table 5)



コニカ塩素濃度測定キット クロールマスター

Table 5 クロールマスターに対するサンプル量と有効塩素濃度

サンプル濃度	サンプル量	試薬の発色							
		無色	青	緑	黄緑	黄	橙	黄	橙
30 ppm	0.33mL (330 μ L)	0	0	~ 15	15	22.5	30	45	60
50 ppm	0.20mL (200 μ L)	0	0	~ 25	25	35	50	75	100
80 ppm	0.13mL (130 μ L)	0	0	~ 40	40	60	80	120	160
100 ppm	0.10mL (100 μ L)	0	0	~ 50	50	75	100	150	200
200 ppm	0.05mL (50 μ L)	0	0	~100	100	150	200	300	400
300 ppm	0.03mL (33 μ L)	0	0	~150	150	225	300	450	600
塩素濃度の目安 (ppm)									

であり、あらかじめ定めた濃度範囲において、色調が5段階（青、緑、黄緑、黄、橙）に変化し、付属のカラースケール（Fig. 8）を用いて、目視で簡単に判定が可能であることを特徴とする。次亜塩素酸ナトリウム殺菌剤の濃度管理に対応している。

2) 発色原理

次亜塩素酸の強酸化力により色素が形成される。酸化力の程度に応じて、青色素、黄色素、赤色素が形成される。すなわち有効塩素量と発色剤のモル比により、色素組成比が決定され、その割合に応じて色相が変化する。

4 まとめ

総合衛生管理において、洗浄が確実におこなわれているか、殺菌剤（次亜塩素酸ナトリウムなど）の濃度は最適な範囲にあるかなどを管理することは、食品製造設備・機器はもとより、医療現場から家庭の食器・器具に至るまで、微生物的清浄度管理を議論する前提となる。

これまで洗浄度は客観的・科学的に管理されていなかったといつてよい。その原因は簡単に評価測定するものがなかったこと、衛生管理に対する認識が低かったことがあげられる。コニカ「フキトリマスター」は、操作が簡便で現場で簡易に使用でき、結果は迅速かつ客観的に得られるため、洗浄度のモニタリングに適用できる。吸光度を測定すれば数値で管理することも可能である。

一方、殺菌効果についても同様であり、次亜塩素酸ナトリウムなどの殺菌剤においては良好な洗浄性が確認されていれば、目的とする殺菌効果が期待できる。食品工場などにおける洗浄は、食品残渣とともに微生物の絶対数を減少させるが、洗浄が不完全であると食品残渣は殺菌剤の失活原因となり、また微生物の担体や隠蔽物となって完全殺菌を妨害することとなる。食品残渣中に生残した微生物や落下細菌、すすぎ水などによる再汚染微生物は食品残渣を栄養源に増殖する。従って、洗浄の適否が殺菌効果を左右するといえる⁹⁾。

われわれを取り巻く環境のなかで、洗浄度の管理と有効塩素濃度の測定・管理の必要性は衛生に関わる様々な業界分野に及び、ますます大きくなってきたといえよう。

●参考文献

- 1) 亀井俊郎: HACCP システムによる畜産食品の微生物制御法。日食誌, 12, 1995.
- 2) 河端俊治: 食品工場の衛生管理と HACCP. これからの食品工場の自主衛生管理と HACCP 方式. 食品と開発, 30, 1995.
- 3) Numa, .M. : et. al., Method of Monitoring Washing Sanitation Control., Jpn. J. Food Microbiol., 13, 1997.
- 4) Mugg, P. : Technical Product Validation Study., 12, 1996.
- 5) Powell, S. C., et. al. : A Comparative Study of Food Retail Premises by means of Visual Inspection and Micro Biological Quality of Food., 114, 1995.
- 6) Bell, C., et. al. : ATP-Bioluminescence Techniques for Assessing the Hygiene Condition of Milk Transport Tankers., Int. Dairy. J., 4, 1994.
- 7) Gustavsson, P., et. al: Evaluation of Hygiene Monitoring kit., The Swedish Institute for Food and Biotechnology., Feb, 1997.
- 8) 洗浄と殺菌, エクリン・テクニカルガイド No. 3., 理工協産(株), 1979.
- 9) 岩沢篤郎, 中村良子: アクア酸化水の抗微生物効果I. 臨床と微生物, 20, 1993.
- 10) 堀田国元: 強酸性電解水研究の進歩—殺菌機構を中心に—, ウォーター研究会会報 No. 4, 1997.
- 11) 倉田 浩: ATPを指標にした食品微生物の試験法, ジャパンフードサイエンス, 34, 1995.