

注目 しています...  
その技術!

## 光センシング技術を用いた清浄度チェッカー

河野晋治<sup>1</sup>，高橋朋子<sup>1</sup>，今村 光<sup>1</sup>，阪中達幸<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社前川製作所，<sup>2</sup>一般財団法人雑賀技術研究所

### 1. はじめに

日本国内では年間 1000 件を超える食中毒が発生しており，その原因となる食品汚染が食品工場での原料や調理または加工プロセスにおいて生じた際には，大規模な集団発生を起こす可能性がある。食品産業に関連する企業が社会的責任を果たし，広く社会に貢献するという視点から，食品安全への対応は極めて重要な経営項目の1つともいえる。このような背景をもとにして，衛生検査に関連する市場規模は年々増加傾向にあるだけでなく，食品工場および製造ライン全体での総合的な衛生管理が進められている。

食品製造ラインにおける主要な汚れの1つであるタンパク質は，細菌やカビなどの微生物が繁殖する原因にもなる。したがって，食品製造機器および器具洗浄後の清浄度を確認する目的で，ふき取り検査などによってタンパク質をはじめとする汚れ指標物質などの残存量を検査することもある。これらの検査をより簡易かつ迅速に行うための機器として，光センシング技術を利用した清浄度チェッカーを開発したので本報にて紹介する。

### 2. 清浄度チェッカーについて

清浄度チェッカー (Fig. 1) は，食品製造機器や調理



清浄度検査 ステンレス				
トリガーボタンで測定します				
測定番号	3	汚れ値	27.0	OK
測定番号	時刻	汚れ値	判定	Result
1	11:28:34	62.9	NG	Target
2	11:28:41	12.1	OK	CO
3	11:28:45	27.0	OK	DL
検査終了		グラフクリア		

Fig. 1 清浄度チェッカー本体および計測画面

器具などに付着した総タンパク質を測定し，汚れ指標とすることによって，これらの機器・器具類の洗浄後の清浄度を計測・評価することを主な目的としている。

本装置は，タンパク質の光吸収特性を利用するため，発光部として紫外線照射用の光源，受光部として分光器にて構成されている。計測の際には，対象物の測定面に計測部を接触させ，紫外領域の反射光を分光データとして取得する。得られた分光データは専用ソフトにより事前に作成された検量線に基づいて定量化される。これらの計測からデータ算出までの所要時間はおよそ1秒程度である。また，計測対象物の材質としては，食品工場の装置・設備および器具などで多用されているステンレスやフッ素樹脂などを想定しており，残留タンパク質を指標として，機器や器具が適切に洗浄されているかを判定するために用いる。各食品会社，各食品工場あるいは各食品製造ラインによって清浄度の指標は異なることが想定されるため，清浄度のOK-NGの判定基準を単位面積当たりの総タンパク質量にて任意に設定可能となっている。さらに，計測記録はOK-NG判定だけでなく，スペクトルデータとしても保存されるため，詳細な解析も可能である。計測データは全てタブレット PC に転送されるため，計測ポイントごとに結果を入力する必要がない。このことは，データ管理する上での手間が省けるだけでなく，過去のデータとの比較が容易となる。また，本計測装置はハンディー型であるため，片手にて計測可能であり，防水仕様のため工場内に持ち込むことができ，洗浄後の清浄度をリアルタイムにてチェック可能である。

### 3. 牛血清アルブミン (BSA) を用いたモデル試験

最終タンパク質濃度を  $0\sim 600\ \mu\text{g}/\text{cm}^2$  となるように BSA 溶液 (in D.W.) をステンレス板またはテフロン板に塗布し，乾燥させ供試サンプルとした (Fig. 2)。

清浄度チェッカーを用いて各テストサンプルを測定し，事前に作成しておいた検量線を基に算出した予測値と塗布量 (実測値) を比較した。Fig. 3 に横軸に実測値として塗布濃度を，縦軸に清浄度チェッカーより算



Fig. 2 モデル試験のテストサンプル (上段：ステンレス板, 下段：テフロン板)

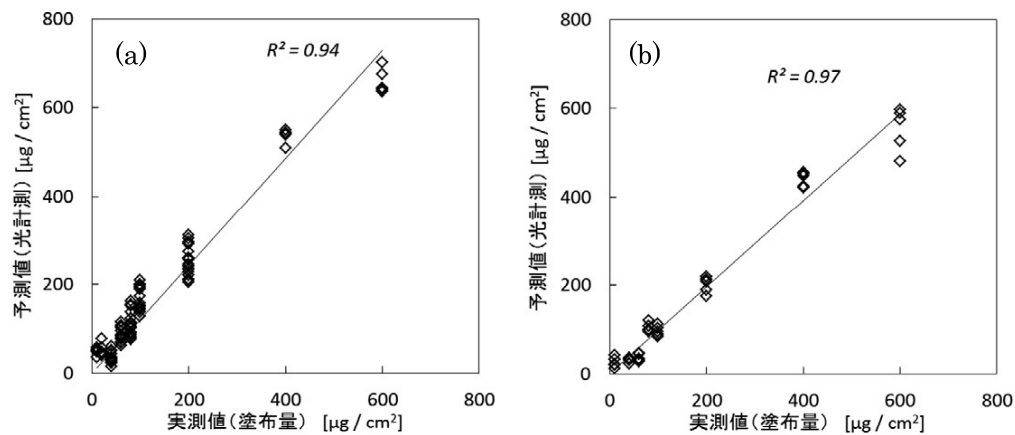


Fig. 3 テストサンプル上に塗布したBSAの濃度推定結果  
(a) ステンレス板, (b) テフロン板

出した予測値をとったグラフを示す。この結果より、ステンレスおよびテフロンともに高い精度にてタンパク質濃度が予測可能であることが明らかとなった。一般にタンパク質はペプチド結合に由来する紫外吸収ピーク (200~215 nm 付近) と芳香族アミノ酸の側鎖に由来する 280 nm の吸収ピークを示す。このうち、200~215 nm 付近のピークは他の成分などの吸収波長と重なるため、この領域を用いたタンパク質の定量は実用的ではないことは良く知られている。他方、280 nm の吸収は他の成分との波長の重複が少ないため、この波長の吸光度をタンパク質の定量に用いることが多い。本計測装置においても、200~215 nm の領域を避け、220~350 nm の領域のタンパク質の光吸収特性を利用することによって、高い精度にて予測が可能となった。

#### 4. 食品製造ラインにおける実証試験

BSA を用いた試験では、高い精度にて付着タンパク質の濃度を予測することは可能であった。しかし、実

際の食品工場において、食品製造機器や調理器具の汚れはタンパク質だけでなく、脂質や糖質など多岐にわたり、また混合物として存在することが多い。そこで、本計測装置が実際の食品工場において、どの程度の精度で計測できるかを確認するため、食品製造ラインのステンレス部および樹脂部について計測した。

実証試験は食肉加工場のラインにて行い、測定箇所は刃物やまな板をはじめとした調理器具、搬送用コンベヤ、ステンレスの台など食品が直接接触する可能性が高い部分を選定した (Fig. 4)。また、測定は生産終了後の洗浄および乾燥が終わった段階とした。本装置にて計測した同一箇所の実測データには、タンパク質残留測定スワブ PRO50 (3M 製) を用いたふき取り試験を行った。ここで、清浄度チェッカーは残留タンパク質濃度  $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  以上、タンパク質残留スワブはタンパク質の反応を示すグレー色以上 (タンパク質約  $50 \mu\text{g}$ ) を不清浄と判定した。Table 1 にステンレスと樹脂の計測箇所数および不清浄度判定箇所数の結果を示す。これらの結果より、清浄度チェッカーはタンパク質残留



Fig. 4 食品工場内での実証試験の様子

Table 1 食品製造ラインでの不清浄度判定箇所数

材質	計測箇所	清浄度 チェッカー	タンパク残留 測定スワブ
ステンレス	87	13	14
樹脂	24	6	5

測定スワブとほぼ同等の判定を示すことが明らかとなった。したがって、実際の食品製造現場において、清浄度チェッカーはタンパク残留スワブとほぼ同等の評価が可能であることが明らかとなった。

## 5. おわりに

光センシング技術を利用して清浄度を測定する装置を開発した。本装置のメリットとして、計測時間約1秒の迅速測定、タンパク質の検出限界約  $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、さらに光計測であるため消耗品が不要であることが挙げられる。また、計測時にボタンを押すのみの操作なので、誰でも容易に使うことができ、また測定者の熟練度による計測誤差がなく、測定結果のデータ化も容易であるため、衛生管理ツールとしての活用が期待される。