

食の安全と品質保証のための

月刊 HACCP

HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINT

2025 Vol.31

5



特集

食品現場における適切な病原体管理の省人・省力化

トピックス

一般惣菜、麺惣菜、米飯・寿司弁当などの盛付統合ロボットシステムを現場実装
惣菜・弁当盛付全工程ロボット化の集大成、令和6年度ロボフレ事業報告会開催

特別企画

870社が出展、衛生管理、ロボット・IoT、SDGs関連など多数出展
2025年6月10日～13日開催 国際食品工業展「FOOMA JAPAN 2025」

Challenge the Future
～未来への架け橋～

創業110年、黒霧島・赤霧島などの本格芋焼酎で名を馳せ1日20万本製造
食品安全対応強化や海外市場拡大などを目的にFSSC22000の認証を取得
●霧島ホールディングス株式会社／霧島酒造株式会社

食品現場での適切な微生物検査における 迅速化・省人化の動向

株式会社エルメックス取締役、新潟食料農業大学名誉教授

丸山 純一

株式会社エルメックス取締役、有限会社ミギー代表取締役

遠山 洋一

微生物検査は食品の衛生状態を客観的に表すことのできる優れたツールであり、今後とも食品の安全性の確保には欠かすことのできない技術である。わが国では、法令において食品の規格基準と併せて独自の微生物検査法が公定法として採用されてきた。公定法は、基本的に食品ごとに検査方法が指定されており、用いる培地類並びに基本となる操作方法や手順が示されているが、自所でマニュアルを整備し、培地の作製から結果の判定まで、熟練を要する煩雑な操作を行わなければならない、適正な検査を実施し、正確な結果を得るまでに時間のかかるものが多い。

こうした問題点を解決するため、公定法と妥当性の確認された様々な簡易・迅速法が開発され、自主検査に活用されている。また、安全性の確保だけでなく、生産性向上、人手不足対応、あるいは規制適合といったニーズが高まっており、今後とも食品微生物検査の迅速化・省人化は、技術の進化とともに加速していくものと考えられる。

1. 迅速化の動向

①乾燥タイプの簡易培地

(フィルム・パッドタイプ) による迅速化

乾燥タイプの簡易培地は、あらかじめ菌の生育に必要な成分を含んでおり、試料を滴下するだけで培養が可能という利便性がある。事前に培地を準備する必要がないことから、特に現場での迅速な微生物検査に便利で、特別な設備がなくても使えるのが大きなメリットとなっている。また、特定の細菌を選択培養し、発色酵素基質により検出できる乾燥培地を用いることにより、確認試験を容易にし、検査のステップを減らし、判定時間を短縮することができるため、食品事業者の自主検査に広く取り入れられている。

このような乾燥タイプの簡易培地を用いると、大腸菌／大腸菌群、黄色ブドウ球菌などの細菌検査は、35℃で1日の培養時間で測定が可能となるが、一方、一般生菌数の検査は2日間、また、カビ・酵母数の検査は5日間以上の培養時間を必要とすることが迅速化のネックとなっていた。近年、一般生菌数を1日で測定できる乾燥フィルム

培地（ペトリフィルム™ 生菌数迅速測定用プレート（RACプレート））がネオジェンから上市された。また、島津ダイアグノスティクスからは一般生菌数を1日で測定できる乾燥パッド培地（コンパクトドライ™ TCR 一般生菌数迅速測定用簡易培地）が上市されている。これらはいずれも、標準寒天培地を用いた従来の培養法と相関性が高く、AOAC等の第三者認証を取得した製品で、ふき取り検査、落下菌検査にも利用可能となっている。更に本年キッコーマンバイオケミファ株式会社からEasy PlateAC-Rが発売され、早々第三者認証を取得するものと思われる。

②酵素基質培地を用いた簡易・迅速検査

酵素基質培地は、ターゲットとなる微生物が持つ特異的な酵素活性を利用し、発色や蛍光による視認的な判定を行う方法で、複雑な生化学的確認試験を行う必要がなく、従来の培養法と比べて簡便かつ迅速に微生物を検出できる。既に、大腸菌群および大腸菌の持つ酵素 β -galactosidaseおよび β -glucuronidaseを検出する試薬を組み合わせ、大腸菌群と大腸菌を同時に検出することのできる培地は多くの食品事業者に利用されている。最近では、サルモネラ属菌、黄色ブドウ球菌（*Staphylococcus aureus*）、腸炎ビブリオ（*Vibrio parahaemolyticus*）、リステリア属菌、*Listeria monocytogenes*などの食品微生物を検出することのできる酵素基質培地が、内外の様々なメーカーから上市され、簡易・迅速化の流れから広く利用されている。

平板タイプの酵素基質培地は、推定試験、確定試験および完全試験のステップが必要なく、定量的な菌数の把握が可能となるため、煩雑な鑑別検査工程が軽減され、検査時間を大幅に短縮することができる。また、酵素基質を配合した液体培地も各種市販されていて自主検査においては、従来のBGLB培地やEC培地のような確認試験等が不要のため採用する食品メーカーが増えてきている。一方、特定の菌種の確認にはPCR法や生化学試験を必要とするため、菌の同定には向かないこと、コロニーが確認できるまで培養を必要とするため、イムノクロマト法（後述）などと比較する

と、短時間での結果判定が難しいことなどに留意しなければならないだろう。

③酸素電極法の利用

酸素電極法は、食品中の微生物が呼吸によって酸素を消費することによる酸素濃度の変化について、電極を用いて試料を破壊せずに測定し、微生物の増殖や生存状態を評価する方法で、数時間～半日で結果が得られるため、従来の培養法と比較して測定時間を短縮できることを特徴としている。酸素消費速度を既知の微生物濃度のデータと比較することで、試料中の微生物数を短時間で推定できるほか、殺菌操作や防腐剤の効果について、食品に残存する微生物の呼吸活動を測定することにより、培養せず迅速に評価を行うことができる。一方、単に食品中の酸素濃度の変化を測定するだけでは特定の微生物の増殖と識別は難しい。

現在上市されている酸素電極法を利用した食品細菌自動検査システムDOX（株式会社バイオ・シータ製）は、専用セルに食品検体（10倍希釈液）と付属の培地を加えてセットすることで、多検体を同時に検査し、20時間以内に、一般生菌数、大腸菌群、大腸菌（定性）、黄色ブドウ球菌、サルモネラの定量または定性成績を得ることができる。AOAC Performance Tested Methods（AOAC PTM、性能検証済み試験法）の第三者認証を受けており、我が国において自主検査法として使用可能とされている。一方、酸素電極法による食品中の酸素濃度の測定には精密で高感度な機器が必要であり、導入および維持・管理にコストがかかる点が課題であろう。

④イムノクロマト法の利用

イムノクロマト法は、試料中に特定の微生物（抗原）が存在すると、それに対する抗体と結合する性質を利用し、抗原抗体反応を目視または専用のリーダー機器で検知するもので、食品微生物検査において迅速かつ簡便に特定の細菌を検出するために利用されている。その中で、最近では「ラテラルフローアッセイ」検査キットが広く使用されるようになった。ラテラルフローアッセイは、紙や多孔質膜などの基材によって構成されたマ

トリックス上に抗体を固定化し、横方向への流れ (lateral flow) を利用して検体を搬送して免疫分析をおこなう手法で、現場で簡単に実施でき、10～30分程度で結果が得られるため、主としてスクリーニング用途に使用される。

ラテラルフローアッセイを用いた食中毒原因菌の検査キットは、サルモネラ属菌、病原大腸菌 O157、リステリア属菌、*Listeria monocytogenes*、カンピロバクターなどで開発されており、食品の安全性検査や品質管理のための迅速検査に広く利用されている (表 1)。

ラテラルフローアッセイは迅速性と簡便性に優れた手法であり、特にスクリーニング検査に適している。一方、微量の菌は検出できない可能性があり、前培養が必要な場合があること、基本的に陽性／陰性の判定が主で、菌数の正確な測定には向かないこと、あるいは交差反応や試料の影響で偽陽性・偽陰性が出るリスクのあり、スクリーニング検査には有効であるが、より精度の高い結果を得るためには、培養法や PCR 法を併用することが必要となる。

表1 ラテラルフローアッセイを用いた食中毒原因菌検査キット

メーカー	製品	検出対象とする菌
日本ハム	NHイムノクロマト	病原大腸菌 O157、O26、O111
Romer Labs	RapidChek	サルモネラ属菌、 <i>Salmonella Enteritidis</i> 、カンピロバクター、リステリア属菌、 <i>Listeria monocytogenes</i> 、病原大腸菌 O157
Merck	Singlepath	セレウス菌、カンピロバクター、病原大腸菌 O157、レジオネラ菌、リステリア属菌、 <i>Listeria monocytogenes</i> 、サルモネラ属菌
関東化学	シカイムノテスト	カンピロバクター

⑤拭き取り検査キットと酵素基質培地による迅速化

食品微生物検査における拭き取り検査キットは、HACCP に沿った衛生管理制度の完全施行や衛生意識の高まりを背景に重要性が増している。また、拭き取り検査キットは、厨房やキッチンの衛生管理において、衛生状態の確認と改善に役立てられており、食品工場や飲食店における衛生管理の強化に不可欠なツールとなっている。

最近、拭き取り検査キットでは、エルメックス「Pro・media SWAB TEST」、Swabstar あるいはニッタ「MicroSnap™シリーズ」のように微生物の簡易測定を同時に行うことのできる製品が登場した (表 2)。

また、回遊性の赤身魚類は遊離ヒスチジン含量が多いため、漁獲後保存状態が悪い場合、ヒスタミン産生菌が増殖し腐敗するとヒスタミン濃度が上昇することがあり、アレルギー様食中毒を起こす恐れがある。わが国では、食品中のヒスタミン含量の規格基準は定まっていないが、キッコーマンバイオケミファから上市されたヒスタミン拭き取り検査キットは、現場でサンプル中のヒスタミンを簡易的に測定することができるため、赤身魚

類の鮮度管理、アレルギー様食中毒の予防などに役立つことが期待される。

⑥そのほかの注目される技術動向

食品微生物検査においては、このほかにも迅速かつ正確な検査技術の開発が進められている。2023 年 10 月には、大阪公立大学の

表2 動向の注目される拭き取り検査キット

製品	特徴	参考ウェブサイト
「Pro・media SWAB TEST」、 「Swabstar」(エルメックス)	環境微生物の高効率な捕集を可能にするディスポーザブル拭き取り検査キット。SWAB TESTおよびSwabstar専用のX-GAL・MUG培地(ST-SSP)をもちいることで、SWAB TESTまたはSwabstarの容器で培養を行い、大腸菌群・大腸菌を同時に検出することができる。	
「MicroSnap™シリーズ」(ニッタ)	ルミノメータ(ATP拭き取り検査と同じ機器)を使用した簡易・迅速な微生物検査が可能。Step1の試薬でサンプリングと前培養、Step2の試薬は培養した生菌と反応し、生物発光法を用いて一般細菌数を数値化する。4～8時間程度で結果が得られる。	
「ヒスタミンチェックスワブ」 (キッコーマンバイオケミファ)	測定サンプル中のヒスタミン濃度によって、試薬の色が変わる目視で検査可能な簡易型のヒスタミン測定キット。	

研究チームにより水溶性分子テトラゾリウム塩 (MTT) を利用して、食品中の生きた細菌を1時間で検出する技術が開発されたことが報じられ、注目を集めた¹⁾。今後ともさらなる技術革新が期待される。

2. 省人化の動向

①検査自動化システムの動向

現在、理化学試験分野では分析機器が急速に進化し、試験溶液の調製、分析機器への注入から測定、レポートまでの工程の自動化が進展している。一方、微生物試験分野では、多種多様なサンプルをそれぞれの形態に適した処理を無菌的に行うことが必要なため、未だに作業者の判断による手作業が主流となっており、ヒューマンエラーや属人化リスクを抱えるものとなっている。

日々様々な検体を取り扱う食品微生物検査作業では、自動化の視点からは、サンプリングのように、食品の特性、依頼背景、試験項目などに応じた判断が必要なため、自動化に適さない工程がある一方、試料液の調製・段階希釈のような作業手順がほぼ統一されているため、自動化することにより、繰返しの手作業による取り違いミスや操作のバラツキが発生するリスクを低減することが期待される工程がある。現時点では、同じようなサンプルだけを連続的に処理する場合を除いて、サンプリングからレポートまでを全自動化することは難しく、作業段階ごとに適切な対応を図ることが効率的で高精度な検査の実現につながるものと考えられる。

②自動コロニーカウントシステム

コロニーのカウント・判定の作業は、菌の集落は大きさ・形状が多種多様であるだけでなく、食品残渣と集落の判別を行わなければならないこと、段階希釈とコロニー数との整合性を判断しなければならないことなど、一般に検査作業の妥当性評価には観察力や総合的な判断力が求められる。一方、近年、画像解析およびデジタル化の技術が向上したことにより、培地上に形成されたコロニーを自動判別し、計数することのできるシス

テムが様々なメーカーにより開発されており、作業者の負担の軽減、あるいはコロニーの判定精度向上に貢献することが期待されている。メーカーにより若干の違いはあるものの、以下のように動作するものと考えられる。

- i) 画像取得：培養後のシャーレやフィルム培地をカメラやスキャナーで撮影し、高解像度のデジタル画像を取得する。なお、画像の取得には、可視光、紫外線 (UV)、蛍光光源などが使用されることもある。
- ii) 画像処理 (前処理)：取得した画像に対して、背景とコロニーを明確に分離するための、コントラスト強調、ノイズ除去、二値化処理などの前処理を行い、影や汚れなどの影響を除去し、コロニーをより明瞭に識別できるようにする。
- iii) コロニーの識別と分類：パターン認識や AI (ディープラーニング) を活用し、コロニーの形状・サイズ・色などの特徴を解析する。必要に応じて、特定の菌種のみを選別する機能 (色識別や蛍光マーカー利用) が付加される。また、オーバーラップしているコロニーを分離するためのエッジ検出やクラスタリング手法が用いられることもある。
- iv) コロニーのカウント：識別したコロニーの個数を計数する。
- v) データ出力・レポート作成：カウント結果をデジタルデータとして記録し、レポートを作成する。統計処理や基準値との比較などを自動で行うシステムもある。

自動コロニーカウントシステムは、手作業と比較して迅速かつ正確に計数可能なため作業効率が向上すること、目視による誤差を低減し、ヒューマンエラーを削減できること、同じ基準で計測が可能となるため一貫性のある結果を得られること、などのメリットがある。さらに、高感度の顕微鏡により培地上に形成されたコロニーをごく短い培養時間で検出できるシステムも上市され、迅速化に拍車をかけている。一方、導入コストが高いこと、判定ミスによる誤カウントのリスクを考慮する必要があること、最終的な確認作業を人が補う場面があること、機器のメンテナンスやソフ

トウェアのアップデートが不可欠であること、などの点に留意する必要があるだろう。

また、この技術は、食品業界だけでなく、医療・製薬・環境分野でも広く利用されており、今後は、既存の画像解析技術に加えて、ディープラーニングを活用した高度な特徴抽出を行い、それらを集積したビッグデータを活用し、菌種ごとの識別精度を高め、カウント精度の向上や迅速化が図られるものと考えられる。特に、ユーザー自身によりコロニーの判定を学習させ、カスタマイズしていくようなAIツールキットを提供していくことが精度向上のキーとなるだろう。

3. 今後の展望

食品業界では、安全性と効率性の両立が求められており、今後とも迅速化・省人化の技術革新が進むと考えられる。ここまで記したように、食品現場の微生物検査においては、簡便なオンサイト検査技術による迅速化および精度向上が引き続き進むことが期待される。また、蓄積した測定データや報告書をクラウドで共有し、遠隔でも検査結果を確認できるシステムを構築し、中長期的な品質管理やトレーサビリティの強化、ペーパーレス化などに活用されるになるだろう。

また、信頼性の高いトレーサビリティシステム

を構築するためには、データの改ざん防止や透明性の確保が重要であるが、今後はブロックチェーン技術を活用することによるリアルタイムで検証可能なトレーサビリティシステムが必須となると考えられる。ブロックチェーン技術は、取引履歴を暗号技術によって過去から1本の鎖のようにつなげ、正確な取引履歴を維持しようとするもので、データの破壊・改ざんが極めて困難なこと、障害によって停止する可能性が低いシステムが容易に実現可能となることなどの特徴を持つ²⁾。ブロックチェーン技術を活用することにより、安全性と品質管理の信頼性を一層高めることが可能となり、安全管理体制の効率化に寄与することが期待される。

参考ウェブサイト

- 1) 計測時間を大幅短縮！食品中の生きた細菌数を計測する新技術を開発：大阪公立大学ウェブサイト (<https://www.omu.ac.jp/assets/attachmentfile/attachmentfile-file-29070.pdf>)
- 2) ブロックチェーンって何？：「教えて！くらしと銀行」（一社）全国銀行協会ウェブサイト



簡易検査法も収録

『製造現場にやさしい食品細菌検査』

微生物検査に必要な操作手順がDVDと解説書でわかります
微生物検査の初心者から熟練者までご活用いただけます
食品検査のエキスパートが完全監修!!

【内容物】DVD(46分)、解説書(A5変形判52ページ) 定価7,333円(税込) 送料別

お申し込みは発行元(株)鶏卵肉情報センター)まで

本社:名古屋市瑞穂区下坂町1-24 TEL052-883-3570 FAX052-883-3572

東京支社:東京都中央区日本橋二丁目1番17号 TEL03-6820-4595

URL <http://www.keiran-niku.co.jp> E-mail info@keiran-niku.co.jp

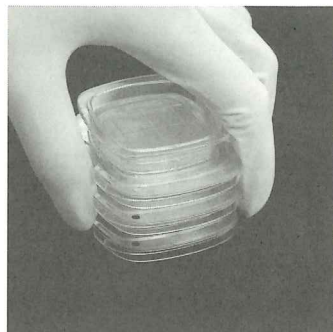


スタンプして培養するだけ。手軽に環境検査ができます
Pro・mediaスタンプ培地

株式会社 **エルメックス**
TEL : 03-5229-7911
<https://www.elmex.co.jp>

食品製造現場におけるサニテーションのモニタリングは、スタンプ培地で手間なく実施できます。

エルメックスのスタンプ培地は、ポリスチレン製の容器に寒天培地が分注されていますので、ふたを取り培地表面を検査箇所へ押し付けてふたを戻し、そのまま培養するだけ。数種類の培地を使用して検査する場合にも一度に数個重ねて持ちやすく作業効率を考慮した形状。容器は検体情報を記入しやすい梨地成形部分があります。培地の種類は、一般生菌数検査用、E.coli・大腸菌群検査用、黄色ブドウ球菌検査用、真菌検査用の4種類。放射線滅菌処理済み、常温で6カ月保存可能です。



商品名	コードNo.	用途・仕様	培地面積	入数
スタンプ培地AC	SAAC-48	一般生菌検査用 標準寒天培地	10cm ²	48個
スタンプ培地SA	SASA-48	黄色ブドウ球菌検査用 ETGM寒天培地		
スタンプ培地EC	SAEC-48	大腸菌群・E.coli 検査用 アガートリコロール		
スタンプ培地PD	SAPD-48	真菌検査用 CP加PDA培地		

食品業界の衛生管理をより簡単、効率的に！

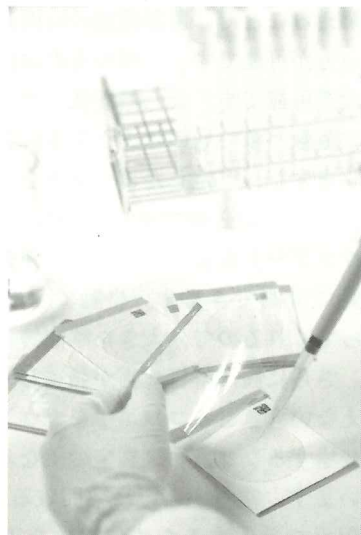
①ATPふき取り検査(A3法)「ルミテスター Smart」&「ルシパック A3」

②微生物検査用フィルム培地「Easy Plate」

キッコーマンバイオケミファ株式会社
TEL : 03-5521-5490
https://biochemifa.kikkoman.co.jp/kit/easy_plate/

①ATPふき取り検査(A3法)は生物に共通して存在するATP、ADP、AMPを汚れの指標として、食品残渣などの汚れを高感度で検出します。検査方法も簡単で、試薬「ルシパック A3」の綿棒で表面をふき取り、試薬と反応させて測定器「ルミテスター Smart」に入れるだけで、約10秒で結果が出ます。測定結果は数値で表示されるため、洗浄方法の改善や衛生指導に大変有効です。

②微生物検査用フィルム培地「Easy Plate」は、開封してすぐに使える簡易培地です。シャーレを使用した従来の寒天培地に比べ、培地の調製時間、作業スペース、廃棄量の削減のほか、コロニーの視認性の良さから判定時間の削減が期待できます。操作もカバーフィルムをめくって、試料液を滴下するだけ。2023年4月に無料ソフトウェアのコロニーカウンターシステムを配布開始。「Easy Plate」はより便利にご利用いただけるようになりました。さらに腸内細菌科菌群数測定用「Easy Plate EB」を発売しました。



エルメックスが提案する、早くて簡単!! 衛生検査

手間なく環境モニタリング

食の安全規格 HACCP, ISO22000, FSSC22000 前提条件プログラムに有効です

箱から出してすぐ検査

拭き取り検査キット

Pro-media
SWAB TEST

希釈液は3種類

- ・PBS リン酸緩衝生理食塩水
- ・BPW 緩衝ペプトン水
- ・MRD 0.1% ペプトン加生理食塩水

All in One

綿棒・希釈液・ピペット機能が
1本に入って滅菌済み

拭き取り検査キット SWAB TEST は
HACCP International による
認証を取得しました。
(アジア・オーストラリア地域)



スタンプして培養するだけ! スタンプ培地

Pro-media **StampAgar**

常温で6か月保存可能



一般生菌数検査用



大腸菌群・E.coli 検査用



黄色ブドウ球菌検査用



真菌検査用



食品衛生検査の簡易・迅速化に貢献する製品をご提案しています。サンプルのご要望は下記へお問い合わせください。

株式会社 **エルメックス**

〒162-0842 東京都新宿区市谷砂土原町 2-2
TEL: 03-5229-7911 FAX: 03-5261-4130

製品情報の詳細はこちら→

URL: <https://www.elmex.co.jp>
E-mail: sales@elmex.co.jp

