

【資料】

## GC-MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の 妥当性評価（第3報）

Validation Study on a Method for Simultaneous Determination of Pesticide Residues in Vegetables  
and Fruits by GC-MS/MS (3)

難波順子, 金子英史, 浦山豊弘, 池田和美, 繁田典子

NAMBA Junko, KANEKO Hidefumi, URAYAMA Toyohiro, IKEDA Kazumi, SHIGETA Noriko

### 要 旨

残留農薬の一斉分析に用いるGC-MS/MSの更新に伴い、妥当性評価を行った。試料のマトリックス効果を低減するために、疑似マトリックスとしてD-グルコノ-1,5-ラクトン及びD-ソルビトールの混合溶液を注入した。妥当性評価のガイドラインの目標値を満たしたのは、検討した227種類の農薬項目のうち、ばれいしょで209種類、キャベツで212種類、ほうれん草で204種類、りんごで212種類、オレンジで202種類であり、5農産物全てで満たしたのは189種類であった。本試験法を用いて県内で市販されていた野菜類116検体、果実類19検体、合計135検体について実態調査を行ったところ、19検体から延べ24種類の農薬が、全て残留基準値以下であるが検出された。

[キーワード：残留農薬, 一斉分析法, 妥当性評価, ガスクロマトグラフタンデム  
質量分析計, 疑似マトリックス]

[Key Words : Pesticide Residues, Simultaneous Determination, Validation Study, GC-MS/MS, Analyte Protectant]

### 1 はじめに

平成18年に改正された食品衛生法により、残留農薬等のポジティブリスト制度が導入され、残留基準が設定されていない農薬等を含む食品については一律基準(0.01 ppm)が適用となり、基準に適合しない食品の販売等が禁止された。これに伴い、監視対象の農薬等が大幅に増加し、一斉分析法を用いた迅速かつ高感度な農産物中の残留農薬分析が求められるようになった。岡山県でも、厚生労働省が示す「食品に残留する農薬、飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法について」(平成17年1月24日付け食安発第0124001号。以下「通知試験法」という。)の試験溶液調製法に準拠した一斉分析法により、農産物中の残留農薬検査をGC-MS/MS及びLC-MS/MSを用いて実施している。

また、厚生労働省が示す「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインについて」(平成19年11月15日付け食安発第1115001号。以下「ガイドライン」という。)により、食品の多様性等にも配慮の上、分析機関ごとに妥当性評価を実施することが求められている。そのため、代表的な5種類の野菜・果実を用いて、当センターで行っているGC-MS/MSを用いた残留農薬の一斉分析法の妥当性評価をこれまで実施し報

告している<sup>1),2)</sup>。妥当性評価は測定機器ごとに実施することが求められており、今回、GC-MS/MSを更新したため、再度、妥当性評価を行った。その際、GC-MS/MSによる一斉分析法においては、試料のマトリックス効果を低減することが重要であることから、今回の評価では疑似マトリックスを採用して妥当性評価を実施したので報告する。

### 2 方法

#### 2.1 試料

ガイドラインに代表的な野菜・果実として例示されている、ばれいしょ、キャベツ、ほうれん草、りんご及びオレンジを用いた。なお、当該試料は、事前に分析対象とする農薬が検出されないことを確認後、使用した。

#### 2.2 標準品等

##### 2.2.1 標準品及び試薬

農薬標準品及び測定用混合標準液：既報<sup>1)</sup>のとおり

固相カラム：既報<sup>1)</sup>のとおり

その他の試薬は、富士フィルム和光純薬製及び関東化学製の残留農薬試験用又は試薬特級を用いた。

##### 2.2.2 疑似マトリックス

D-グルコノ-1,5-ラクトン含有アセトニトリル-水混液

及びD-ソルビトール含有アセトニトリル-水混液をそれぞれの物質の最終濃度が20 mg/mL又は10 mg/mLになるように混合溶解し、要時アセトンで20倍希釈して用いた。

## 2.3 装置及び条件

装置：ガスクロマトグラフタンデム質量分析計 (GC-MS/MS)

Agilent 7010B, Agilent 7890B

GC-MS/MS測定条件

カラム：Agilent製 VF-5MS 30 m × 0.25 mm

膜圧0.25 μm

カラム温度：70 °C (2分) → 25 °C/分 → 150 °C (0分)  
→ 3 °C/分 → 200 °C → 8 °C/分 → 310 °C (15分)

注入口温度：250 °C

注入量：2 μL (パルスドスプリットレス)

イオン化法：EI (+) イオン化エネルギー：70 eV

インターフェース温度：300 °C

イオン源温度：280 °C, 四重極温度：150 °C

流量：キャリアーガス ヘリウム 定流量 1.1 mL/min

測定イオンモード：multiple reaction monitoring法 (以下「MRM法」という。)

MRM法測定条件：表1のとおり

## 2.4 定量

混合標準液をアセトン及びヘキサン (1:1) 混液で適宜希釈し、検量線用の1, 2, 4, 10, 20, 40 ng/mLの混合標準液を作成した。混合標準液又は試験溶液2 μLと共に疑似マトリックス0.5 μLをサンドイッチ注入機能を用いてGC-MS/MSに注入し、濃度とピーク面積から絶対検量線で定量した。

## 2.5 試験溶液調製法

通知試験法に示されている試験溶液調製法の(2)果実、野菜、ハーブ、茶及びホップの場合に準拠して既報<sup>1)</sup>のとおり抽出、精製を行った。既報<sup>1)</sup>でGC-MS/MS測定用試験溶液とした溶液100 μLを正確に分取してアセトン及びヘキサン (1:1) 混液で正確に1 mLとしてGC-MS/MS測定用試験溶液とした。

## 2.6 評価の方法

ガイドラインに示された分析者1名が2併行5日間実施する枝分かれ実験計画に基づき、添加濃度0.1 ppm及び0.01 ppmの2濃度で野菜・果実試料に対する添加回収試験を行い、定量限界、選択性、真度、精度を評価した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 疑似マトリックスの検討

試料のマトリックス効果を低減するために、GC-MS/MSにサンドイッチ注入法で疑似マトリックスを注入する方法が報告されている<sup>3),4)</sup>。疑似マトリックスは、大久保らの報告<sup>3)</sup>を参考に、D-グルコノ-1,5-ラクトン及びD-ソルビトールの混合物を用い、アセトンで20倍希釈した溶液 (以下「AP」という。)として、0 ~ 0.6 μLで注入量の検討を行った。APを添加しない場合の標準溶液の面積を1として、APを添加した場合のピーク面積の感度比を求め、APを添加することによる面積の変化でAPグループ①~⑤に分析対象化合物ごとに分類した。APグループ①はBHC (γ) 等の面積の変化がない (比が0.9 ~ 1.1) 19化合物, APグループ②はクロルピリホス等の面積が増加した (比が1.1 ~ 3) 161化合物, APグループ③はシフルトリン等の面積が大幅に増加した (比が3以上) 69化合物, APグループ④はアジンホスメチル等の面積が増加後減少した10化合物, APグループ⑤はカルボフラン分解物等の面積が減少した (比が0.9以下) 3化合物とした。(表1) また、図1に代表的な化合物のピーク面積の変化を示す。APグループ②及び③に分類されるのは230化合物であり、APを添加することによってほとんどの化合物の面積が増加した。また、面積が増加した化合物の内、クロルピリホス等の多数の化合物はAP添加量が0.1 μLより増加しても面積の著しい増加は見られないが、シフルトリン等のピレスロイド系の一部の化合物は面積が注入量に依存して増加した。なお、注入量はメーカー推奨値等を参考にして、0.5 μLとした。

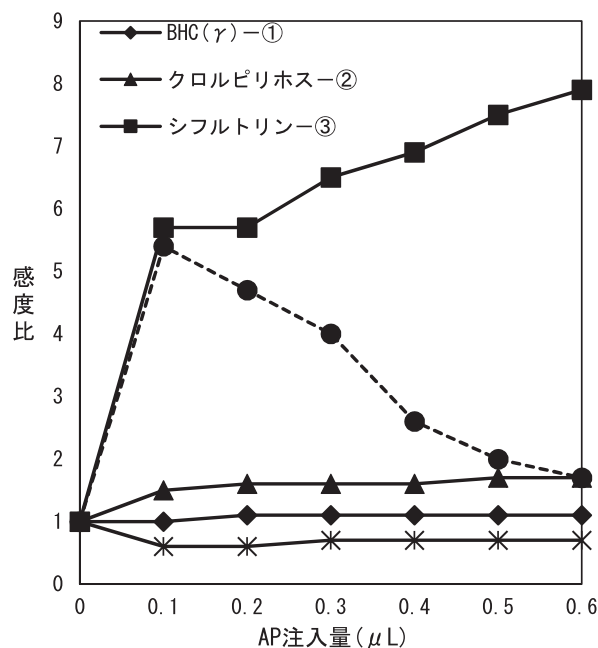


図1 AP注入量によるピーク面積の感度比の変化







### 3.2 定量限界及び検量線

227種類の農薬項目（260分析対象化合物）をMRM法により測定した。定量イオンと確認イオンのプリカーサーイオン（Q1）、プロダクトイオン（Q3）及びコリジョンエネルギー（CE）は、メーカー推奨値を参考にし、感度良く測定できる条件を設定した結果を表1に示す。前処理等を勘案すると、試料中濃度5 ng/gに相当する試験溶液中濃度1 ng/mLの定量感度を得られない化合物は3種類（アレスリン、ジコホール、メトブレン）であった。これら3化合物は、1 ng/mLの標準品のピーク形状が良好ではなく、S/N $\geq$  10を常に満たすことが難しかった。また、これら3化合物以外の各標準品の1～40 ng/mLアセトン及びヘキサン（1：1）溶液を6点調製し、GC-MS/MS測定を行った。検量線の相関係数が0.99未満の標準品は不合格（×）とした。（表1）1種類（ジコホール分解物）を除く化合物で良好な直線性（相関係数0.99以上）が得られた。なお、APを使用していない既報のGC-MS/MS条件での定量限界は、ほぼ全ての分析対象化合物において10 ng/mLであったので、GC-MS/MSを更新し、APを添加したことにより10倍程度感度が上昇した。

### 3.3 選択性

ブランク試料を試験法に従って測定し、定量を妨害するピークの有無を確認した。ガイドラインの許容範囲を超える妨害ピークが認められたのは、5種類全てのブランク試料においてオメトエートに相当するピークだけであった。なお、疑似マトリックスを用いず測定した場合は妨害ピークが認められず、疑似マトリックスのみを添加したアセトン及びヘキサン（1：1）溶液を測定した場合でも妨害ピークを認めたため、この妨害ピークは疑似マトリックス由来であることが推測された。

### 3.4 真度

定量限界、検量線及び選択性で目標値を満たす項目について真度及び精度の評価を行った結果、目標値を満たさなかった農薬項目を表2に示す。真度の目標値（70～120%）を両添加濃度で満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで215種類、ほうれん草で206種類、りんごで213種類、オレンジで215種類であった。目標値を満たしていない項目は、ばれいしょ、キャベツ及びりんごでは70%未満の化合物が多く、ほうれん草及びオレンジでは120%を超える化合物が多かった。120%を超える化合物は疑似マトリックス注入量の検討でAPグループ③に分類され、その上、面積が注入量に依存して増加する化合物が多く、APによるマトリックス効果

の低減が十分ではないことが推測された。

### 3.5 精度

併行精度はいずれの農産物でも、数種類の化合物を除き目標値を満たす良好な結果が得られた。室内精度は併行精度よりも目標値を満たさない農薬が多かった。精度で目標値を満たさない化合物は、真度でも目標値を満たしていない場合が多く、これらの農薬は一斉分析法では定量性に問題があると考えられた。

### 3.6 妥当性評価結果

両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目をA、0.01 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目をB、0.1 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目をC、両濃度添加時共に目標値を満たさない農薬項目をDに分類した。目標値を全て満たす農薬項目（A）の農産物ごとの数を表3に示す。ばれいしょ209種類、キャベツ212種類、ほうれん草204種類、りんご212種類、オレンジ202種類であり、妥当性を評価した227種類の89～93%であった。5農産物ともに合格であった農薬は189種類であり、妥当性を評価した227種類の83%であった。更新以前のGC-MS/MSを用いた結果を農薬項目ごとに集計したところ、目標値を全て満たす農薬項目（A）は、ばれいしょで218種類、キャベツで199種類、ほうれん草で201種類、りんごで192種類、オレンジで183種類であり、5農産物ともに合格した農薬は155種類であった。りんご及びオレンジの果実類の方が20種類程度大きく増加し、5農産物ともに合格した農薬も34種類と大幅に増加した。これは、機械の更新及びAP採用による感度の上昇とマトリックス効果の低減によるものと推測された。ばれいしょは9種類減少したが、これは、ばれいしょが他の農産物に比べてマトリックスが少ないことが影響していると推測された。

### 3.7 実態調査

監視業務の一環として、本法を用いて令和元年度に県内で市販されていた野菜類116検体、果実類19検体、合計135検体について実態調査を行った。GC-MS/MS測定での検体別検出結果を表4、農薬別検出結果を表5に示す。19検体から農薬が延べ24種類検出されたが、全て残留基準値以下であった。野菜類は7種類12検体から延べ15農薬検出され、1種類でも検出された検体は全体の10%であった。一方、果実類は3種類7検体から延べ9農薬検出され、1種類でも検出された検体は全体の37%と、野菜類よりも高頻度で検出された。また、農薬別では殺虫剤のペルメトリンがより高頻度で検出された。用途別では殺虫剤と殺菌剤及び殺ダニ剤が検出され、殺虫

剤が多くを占めていた。検出値の基準値に対する割合を表6に示す。基準値の1%以下が12農薬(50%), 1%より大きく5%以下が9農薬(38%)であった。10%

を超えたのは空心菜から検出されたダイアジノンが基準値の40%となった事例のみであり、検出される場合であっても一律基準程度のものが多かった。

表2 妥当性評価結果

No.	農薬名	ばれいしよ						判定	No.	農薬名	キャベツ						判定	No.	農薬名	ほうれん草						判定	
		0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm				
		真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)		
8	アセタミプリド	46	17	77	78	24	24	B	8	アセタミプリド	84	32	62	65	66	66	D	8	アセタミプリド	135	21	69	119	17	46	D	
44	カルボキシシ	22	28	83	28	7	11	C	44	カルボキシシ	26	6	78	32	12	46	D	44	カルボキシシ	11	18	108	23	13	63	D	
71	ジスルホトン	34	26	82	18	23	124	D	52	クロロエトキシホス	67	11	18	66	9	25	D	65	ジクロシメット I	90	3	9	94	4	16	C	
77	シフルトリン I+II+III+IV	128	6	30	154	7	20	D	71	ジスルホトン	52	12	51	42	18	46	D	71	ジクロシメット II	120	2	12	128	4	20	C	
95	テクナゼン	71	5	12	67	4	14	C	77	シフルトリン I+II+III+IV	144	8	21	147	8	33	D	71	ジスルホトン	31	22	66	31	20	70	D	
132	ピラフルフェンエチル	61	1	39	64	7	41	D	88	スピロキサミン I	98	7	14	89	6	19	D	76	ジフェノコナゾール I+II	117	3	16	153	12	43	C	
140	ピリメタニル	76	13	26	61	6	40	D	88	スピロキサミン II	96	10	21	82	6	43	D	77	シフルトリン I+II+III+IV	172	6	25	173	3	41	D	
144	フェナミホス	66	10	29	59	13	34	D	95	テクナゼン	68	10	18	66	6	23	D	80	シベルメトリン I+II+III+IV	112	5	17	125	5	38	C	
153	フェンチオン	68	8	26	62	15	28	D	117	ナフタレンアセタミド	97	8	19	91	5	30	C	88	スピロキサミン I	99	3	9	82	4	22	C	
156	フェンプロナゾール	134	3	34	162	7	25	D	156	フェンプロナゾール	135	5	25	154	12	39	D	88	スピロキサミン II	91	4	17	66	7	66	C	
168	フルチアセットメチル	60	8	44	71	15	42	D	175	フルリドン	102	8	26	113	20	23	B	116	トルフェンピラド	128	6	19	146	6	30	D	
172	フルフェンビルエチル	58	3	41	66	11	44	D	195	ヘキサクロロベンゼン	44	17	53	36	10	58	D	117	ナフタレンアセタミド	92	8	18	81	13	49	C	
182	プロバホス	65	9	29	65	11	26	D										124	ハルフェンプロックス	123	7	15	128	3	28	D	
195	ヘキサクロロベンゼン	44	11	38	35	5	48	D										126	ピテルタノール I	127	6	19	139	3	15	D	
213	ホレート	58	10	28	46	20	33	D										126	ピテルタノール II	101	8	13	87	8	46	D	
																			127	ピフェノックス	112	6	10	130	6	12	C
																			156	フェンプロナゾール	181	2	28	196	10	51	D
																			168	フルチアセットメチル	108	7	12	122	11	33	C
																			175	フルリドン	134	7	28	154	20	53	D
																			195	ヘキサクロロベンゼン	60	4	41	57	4	48	D
																			212	ホルモチオン	76	12	20	80	11	38	D
																			213	ホレート	68	6	7	65	7	25	D

No.	農薬名	りんご						判定	No.	農薬名	オレンジ						判定
		0.1 ppm			0.01 ppm						0.1 ppm			0.01 ppm			
		真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)				真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	真度 (%)	併行精度 (RSD%)	室内精度 (RSD%)	
8	アセタミプリド	76	24	54	81	33	79	D	8	アセタミプリド	163	5	49	66	77	88	D
44	カルボキシシ	43	28	63	46	7	37	D	23	イミベコナゾール	151	7	23	149	7	21	D
52	クロロエトキシホス	71	7	13	62	6	25	C		イミベコナゾール脱ベンジル体	100	5	11	97	2	10	D
71	ジスルホトン	62	23	39	56	8	31	D	72	シニドニエチル	135	6	14	139	7	23	D
77	シフルトリン I+II+III+IV	144	5	23	140	8	33	D	73	シハロトリン(γ)	106	5	11	106	6	11	C
88	スピロキサミン I	94	6	7	86	6	14	C	73	シハロトリン(ε)	118	5	9	123	6	13	C
	スピロキサミン II	87	7	8	67	29	66	C	76	ジフェノコナゾール I+II	133	7	12	137	7	16	D
95	テクナゼン	72	8	13	61	10	27	C	77	シフルトリン I+II+III+IV	174	6	27	177	6	28	D
132	ピラフルフェンエチル	141	5	9	132	9	12	D	88	スピロキサミン I	102	4	10	89	5	11	C
156	フェンプロナゾール	150	3	31	156	15	49	D		スピロキサミン II	98	4	11	45	12	59	C
195	ヘキサクロロベンゼン	29	28	28	20	57	80	D	116	トルフェンピラド	126	5	6	131	4	11	D
208	ホサロン	136	6	10	130	8	11	D	124	ハルフェンプロックス	129	6	12	132	4	18	D
									126	ピテルタノール I	167	6	13	184	7	17	D
									126	ピテルタノール II	125	4	21	128	7	17	D
									127	ピフェノックス	140	6	18	166	8	24	D
									137	ピリプロキシフェン	130	6	7	144	5	8	D
									156	フェンプロナゾール	160	6	30	165	7	34	D
									168	フルチアセットメチル	146	7	16	152	5	17	D
									175	フルリドン	156	8	13	168	6	15	D
									176	プレチラクロール	125	4	13	124	4	11	D
									178	プロチオホス	123	3	11	128	4	14	D
									195	ヘキサクロロベンゼン	76	6	23	69	12	22	D
									203	ベルメトリン (cis)	135	4	20	113	7	26	D
									203	ベルメトリン (trans)	131	6	14	131	7	23	D

判定

A	両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目
B	0.01 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目
C	0.1 ppm添加時のみ目標値を満たす農薬項目
D	両濃度添加時共に目標値を満たさない農薬項目

■ : 目標値を満たさず

表3 妥当性評価に適合した農薬数及び適合数

農産物の種類	適合数	適合割合 (%)
ばれいしょ	209	92
キャベツ	212	93
ほうれん草	204	90
りんご	212	93
オレンジ	202	89
5農産物全てに適合	189	83

表4 検体別検出結果

検出検体 (検出数/検体数)		検出農薬	検出値 (ppm)	基準値 (ppm)	産地
きゅうり	(3/10)	プロシミドン	0.02, 0.02	4	国産
		ペルメトリン	0.02	0.5	国産
トマト	(1/12)	エトフェンプロックス	0.02	2	国産
		ペルメトリン	0.03	1	国産
なす	(2/21)	クロルフェナピル	0.03, 0.03	1	国産
		クレソキシムメチル	0.02	3	国産
ピーマン	(3/3)	ペルメトリン	0.04, 0.02	4	国産
		エトフェンプロックス	0.04	5	国産
白菜	(1/6)	クロルフェナピル	0.01	2	国産
		メタラキシル及びメフェノキサム	0.02	0.3	国産
空心菜	(1/1)	ダイアジノン	0.08	0.2	国産
大根の根	(1/4)	エトフェンプロックス	0.01	0.2	国産
ぶどう	(3/5)	テブコナゾール	0.04, 0.03, 0.02	10	国産
		テブフェンピラド	0.01	0.5	国産
		クレソキシムメチル	0.01	15	国産
レモン	(1/1)	クレソキシムメチル	0.02	10	国産
りんご	(3/4)	フェンプロパトリン	0.40, 0.17, 0.09	5	国産

表5 農薬別検出結果

検出農薬	用途	検出数	検出値 (ppm)
ペルメトリン	殺虫剤	4	0.04, 0.03, 0.02, 0.02
エトフェンプロックス	殺虫剤	3	0.04, 0.02, 0.01
クレソキシムメチル	殺菌剤	3	0.02, 0.02, 0.01
クロルフェナピル	殺虫剤	3	0.03, 0.03, 0.01
テブコナゾール	殺菌剤	3	0.04, 0.03, 0.02
フェンプロパトリン	殺虫剤	3	0.40, 0.17, 0.09
プロシミドン	殺菌剤	2	0.02, 0.02
ダイアジノン	殺虫剤	1	0.08
テブフェンピラド	殺ダニ剤	1	0.01
メタラキシル及びメフェノキサム	殺菌剤	1	0.02

表6 検出値の基準値に対する割合

検出値の基準に対する割合 (%)	検出数
≤1	12
1< ~ ≤5	9
5<	3

## 4 まとめ

GC-MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価を、厚生労働省の妥当性評価ガイドラインに従って行い、次の結果を得た。

(1) 227種類の農薬項目についてMRM法により測定を行ったところ、試料中濃度5 ng/gの定量感度を224種類の農薬項目で得られた。

(2) 選択性は、オメトエートが目標値を満たさなかった。

(3) 真度の目標値（70～120 %）を両添加濃度で満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで215種類、ほうれん草で206種類、りんごで213種類、オレンジで215種類であった。

(4) 併行精度はいずれの農産物でもほぼ良好な結果が得られていた。室内精度は併行精度よりも目標値を満たさない農薬が多かった。精度で目標値を満たさない農薬は、真度でも目標値を満たしていない場合が多かった。

(5) 両添加濃度で真度及び精度の目標値を全て満たす農薬項目は、ばれいしょで209種類、キャベツで212種類、ほうれん草で204種類、りんごで212種類、オレンジで202種類であった。5農産物ともに適合であった農薬項目は189種類であり、妥当性を評価した227種類の83 %であった。

(6) 本試験法を用いて、実態調査を野菜類及び果実類135検体で行ったところ、19検体から延べ24種類の農薬が全て残留基準値以下であるが検出された。

今後、監視業務の一環として、今回妥当性を評価した試験法を用いた実態調査を継続して実施する予定である。

## 文 献

- 1) 難波順子, 浅田幸男, 赤木正章, 北村雅美, 肥塚加奈江: GC/MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価 (第1報), 岡山県環境保健センター年報, 38, 69-81, 2014
- 2) 難波順子, 浅田幸男, 赤木正章, 北村雅美, 吉岡敏行: GC/MS/MSを用いた野菜類及び果実類中残留農薬の一斉分析法の妥当性評価 (第2報), 岡山県環境保健センター年報, 39, 143-152, 2015
- 3) 大久保祥嗣, 八木正博: GC-MS/MSによる食品の残留農薬分析におけるセルフクリーニングイオン源の効果について 第3報, 第113回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集, 125, 2017
- 4) 友澤潤子, 上田宜和: Analyte protectantsおよび複数の内標準物質を用いたGC-MS/MSによる農産

物中の残留農薬一斉分析法, 滋賀県衛生科学センター, 53, 42-66, 2018