

## 改良型一斉分析法の追加農薬への適用とGC/MS/MS 分析による検出農薬の同定

Application of The Improved Multiresidue Pesticide Method  
to Newly Added Pesticides and Identification of These Using GC/MS/MS

氏家 愛子 柳田 則明

Aiko UJIIE, Noriaki YANAGITA

昨年度報告<sup>1)</sup>した残留農薬一斉分析法（以下改良型一斉分析法）を使用し、116農薬（異性体等含119）について、追加適用の可能性の検討を行った結果、109農薬（異性体等含112）の追加適用をすることができ、現行分析対象農薬と併せ290農薬（異性体等含314）の分析が可能となった。また、糖類及び有機酸を多く含有する果実類の分析については、カラム劣化及び分析機器の感度低下を改善するため、0.1M-NaHCO<sub>3</sub>でpHを中性付近に調整した後、食塩を12g加え、改良型一斉分析法で試料調製することにより、標準添加回収率の向上と機器分析上の問題点を解決することができた。また、にんじん分析において検出された、アセフェート及びイソプロカルブの擬似ピークについて、GC/MS/MSによる同定・定量条件の検討を加えた結果、農薬の同定・定量を確実にするためには、プリカーサーイオン/プロダクトイオン対が2対以上必要であることが確認された。

キーワード：残留農薬多成分一斉分析法；GC/MS；LC/MS/MS；GC/MS/MS；精製

**Keywords** : Multiresidue Pesticide Method ; GC/MS ; LC/MS/MS ; GC/MS/MS ; Cleanup

### 1 はじめに

国民の健康保護最優先を目的とする、農薬、動物用医薬品及び飼料添加物についてのポジティブリスト制が平成18年5月29日から施行され、加工食品を含む全ての食品を対象として、799種類の農薬等の残留基準が設定された。また、基準設定のない農薬等については、一律基準の0.01ppmが適用されるため、農薬数の増加、検出下限値の低減及び農薬の正確な同定等、分析者にとっては技術面、精神面での負担増となっている。

Anastassiades.M<sup>2)</sup>らは、約40年間に各国で開発検討されてきた残留農薬の一斉分析法について概略を述べると共に、迅速・簡便な一斉分析法を報告しており、迅速、簡便、安価、安全、小型化、効率化<sup>3)</sup>が残留農薬一斉分析における現在のキーワードとなっている。

このような状況下、当所では、抽出液の精製に強陰イオン交換カラム及び弱陰イオン交換カラムを使用する方法<sup>4,5)</sup>を基に、平成10年度からアセトニトリル抽出及びSAX/PSAカラム精製をベースとした種々の検討<sup>6-12)</sup>を行って来た。

今回、既報<sup>1)</sup>の残留農薬一斉分析法を使用し、GC/MS対象96農薬（異性体等含98）、LC/MS/MS分析対象20農薬（異性体含21）について、追加適用の可能性の検討を行うと共に、りんご等、糖類及び有機酸を多く含有する果実等の分析については、カラム劣化及び分析機器の感

度低下を改善するため、更に分析方法に改良を加え、操作の簡便・迅速化と回収率の向上を図った。

また、一律基準適用により、農薬の同定を確実にすることが必要となるため、GC/MS/MSを使用した農薬疑似ピークの同定に検討を加えたので報告する。

### 2 方法

#### 2.1 使用機器及び測定条件

標準添加回収試験に使用したGC/MS及びLC/MS/MSの測定条件等は、既報<sup>1)</sup>のとおり。ただし、GC/MS注入量は2 µl、LC/MS/MS注入量は5 µlとした。

#### 2.2 追加農薬の検討

改良型一斉分析法により、116農薬（異性体含119）の標準添加回収試験（n=3）を行った。対象農薬は、表2に示す111農薬（異性体含、GC/MS：98、LC/MS/MS：13）にベンズルタップ、クロリムロンエチル、フェルバム、ベンタゾン、フェンヘキサミド、フラザスルフロロン、トリクラミドのいずれもLC/MS/MS対象の7農薬である。対象品目は、にんじん、きゅうり、だいこん、冷凍いんげん、はくさい、ほうれん草、ブロッコリー、レタス、キウイフルーツ、グレープフルーツ、りんごの11品目で実施した。標準品の添加量は、一律基準を念頭に0.01ppm（試験品20gに各農薬200ng、ただし、きゅうり及びにんじん：0.02ppm、ブロッコリー及びレ

タス：0.02ppm～0.12ppm)とした。GC/MS測定では、SCAN分析での低感度農薬はSIM分析によった。結果の評価は、一斉分析で添加量が0.01ppmと低濃度であることを考慮し、回収率が60～140%、CVが20%以内であることを条件とした。

2.3 糖及び有機酸を多く含む果実類の分析法検討

ホモジナイズした試験品のpHを、0.1M-NaHCO<sub>3</sub> (10ml～30ml)と精製水(20ml～0ml：2液合計で30ml)で6～7に調整後、食塩を12g添加し、以下、改良型一斉分析法と同様に抽出・精製を行った。アセトニトリル抽出液を濃縮乾固する際、無水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>で15分脱水しても水が若干残るため、アセトニトリル3mlを加え共沸乾固した。

2.4 MS/MS分析による農薬の同定

にんじんのGC/MS分析において、アセフェート及びイソプロカルブの保持時間に、標準品とSCANスペクトルは異なるが、同じ定量イオン、確認イオン(3イオン)を持つ大きなピークが検出された。このピーク中に上記2農薬が含有されている場合、GC/MSでの定性・定量は不可能であったため、LC/MS/MS及びGC/MS/MSにより、表1に示す分析条件で検討を行った。

3 結果

3.1 追加農薬検討結果

標準添加回収試験結果を表2に示す。GC/MS-SCAN測定及び感度の低い農薬を対象としたGC/MS-SIM測定では、いずれかの品目で回収率が60%～140%の範囲を逸脱したものがあったものの、対象とした98農薬(異性体等含)全部で、良好な回収率が得られた。LC/MS/MS分析ではベンスルタップ、クロリムロンエチル、フェルバム、ベンタゾン、フェンヘキサミド、フラザスルフロン、トリクラミドの7農薬が、対象とした全ての品目で回収率が低く適用できなかった。ベンタゾン及びフラザスルフロンは、試料から抽出されるものの、最終溶解溶媒をメタノールにするため、この段階で溶解せずに回収率が低下したものと考えられた。

この結果、現行農薬を含めた290農薬(異性体等含314)をGC/MS-SCAN、GC/MS-SIM及びLC/MS/MS-MRMの3メソッドで測定することにより、290農薬全ての検出下限値を試料換算濃度で0.005ppmとすることが可能であった。

3.2 糖及び有機酸を多く含む果実類の分析法検討結果

糖分や有機酸含有量の多いりんご、キウイフルーツ、グレープフルーツは、改良型一斉分析法で試料調製をし、GC/MSで測定を行うと、抽出液中のマトリックスにより、カラム劣化や注入口の汚れによるGC/MS感度低下を引き起こす。また、クロマトグラム上でも、大きな妨害ピークがあるとその後のピークのリテンションタイムに遅れが生ずる場合もある。これらを改善するため、均一化した試料を20g分取後、0.1M-NaHCO<sub>3</sub>を10ml～

30mlでpHを中性付近に調整し、0.1M-NaHCO<sub>3</sub>と精製水の合計が30mlとなるように精製水を加えた後、食塩を12g入れて、アセトニトリル抽出以下の行程を、改良型一斉分析法により行った。この結果、液液分配による洗浄効果も得られ、キウイフルーツについて、図1のpH調整有無別トータルイオンクロマトグラム(以下TIC、GC/MS-SCAN)を比較すると、pH調整を行った方に、顕著な精製効果が認められた。この方法により、カラムの劣化やリテンションタイムの遅れ等、カラム分離での妨害を減少することができた。

また、図2に示すように、昨年度までの181農薬を対象に、pH調整後、改良型一斉分析法で標準添加回収試験を行った結果、特に、キウイフルーツでの回収率向上が顕著であった。追加農薬についても、このpH調整後の改良型一斉分析法で行った、グレープフルーツ、キウイフルーツ及びびんごの標準添加回収試験結果は、表2に示すとおり良好な結果が得られた。

3.3 MS/MS分析による農薬の同定

にんじんのGC/MS-SCAN測定において、図3に示すとおり、アセフェート及びイソプロカルブと同じ保持時間に、同じ定量イオン及び確認イオン(3イオン)を持つ大きなピークが検出された(以下擬似ピークと略す)。定量イオンと確認イオンの比率が標準物質のそれとは違うが、このピークの中にアセフェート及びイソプロカルブが混在しているかどうか、GC条件の変更では確認することができなかった。検出されたピークについて、ライブラリ検索により、アセフェートの保持時間のピークはCaryophyllene、イソプロカルブの保持時間のピークはα-Caryophylleneと推定されたが、この成分により2農

表1 分析条件

装置	GC/MS/MS バリオン(株製 Varian-1200	LC/MS/MS アプライトバイオシステムズ(株製 API-3000
アセフェート m. w. 183	プロダクトイオンスキャン：m/z:40-150 プレカーサーイオンm/z=136 MRM：136/94(CE:-15V) 136/42(CE:-10V)	MRM： 184.1/143.0(CE:13V)
イソプロカルブ m. w. 193	プロダクトイオンスキャン：m/z:40-150 プレカーサーイオンm/z=136, 121 MRM：121/77(CE:-20V) 121/93(CE:-10V) 136/93(CE:-15V) 136/121(CE:-15V)	MRM： 194.1/95.0(CE:23V)

注) pH調整なしとpH7に調整したものは、測定日時が異なるため、カラム(HP-5Ms, 30m×0.25mm, i. d. 0.25µm)のロット違いのためRTに若干のずれがある

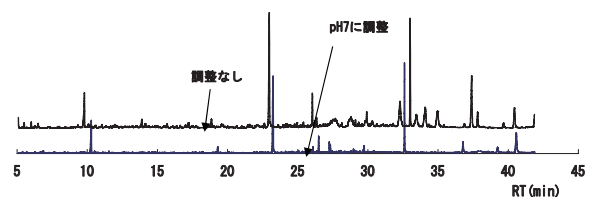


図1 pH調整の有無によるGC/MS-SCAN TIC (キウイフルーツ)

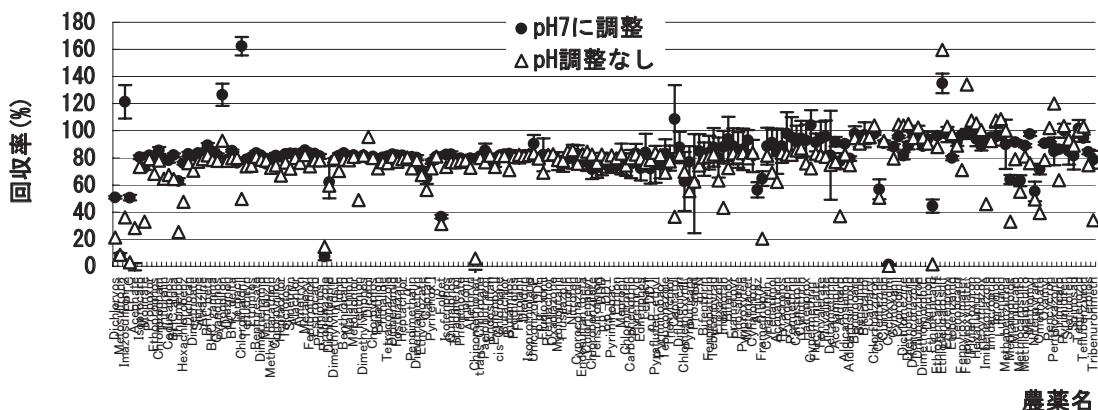


図2 pH調整の有無による標準添加回収率 (キウイフルーツ)

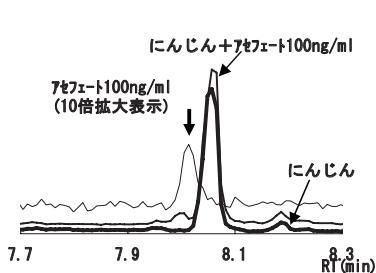


図4-1 プレカーサーイオン136のプロダクトイオンTIC(アセフェート)

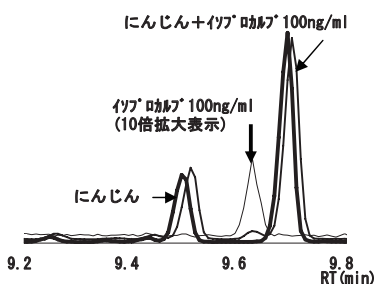


図4-2 プレカーサーイオン136のプロダクトイオンTIC(イソプロカルブ)

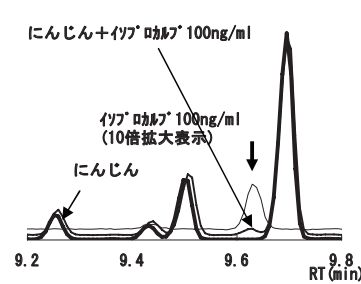


図4-3 プレカーサーイオン121のプロダクトイオンTIC(イソプロカルブ)

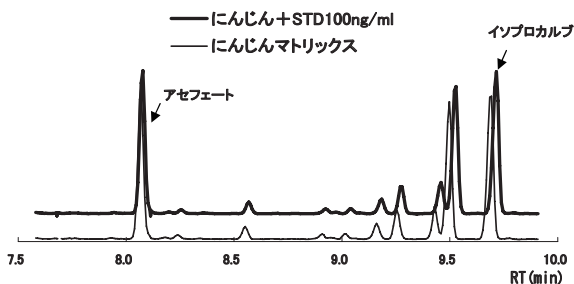


図3 GC/MS-SCAN TIC (にんじん)

薬の検出が妨害されるため、表1に示す条件で標準溶液100ng/ml、にんじん試料溶液、にんじん試料溶液に標準溶液を添加したもの(全体濃度として100ng/mlになるように添加)について、プロダクトイオンのSCAN分析を行った。この結果、アセフェート及びイソプロカルブとにんじん擬似ピークを分離することができ、擬似ピーク中にはアセフェート及びイソプロカルブは存在していないことがわかった(図4-1~図4-3)。

しかし、プロダクトイオンのSCAN分析でピークを分離できない場合、GC/MS/MS-MRM分析では、アセフェートの擬似ピークは、136→42には開裂せず136→94に開裂する組成であったため、同定するには136/94だけでは不十分であり、136/42と両方の確認が必要と考えられた。イソプロカルブの擬似ピークは121/77、121

/93、136/93、136/121の4つのイオン対全てが検出されており、アセフェートと同様、2つ以上の確認イオンとその比率が同定の条件と考えられた。また、LC/MS/MS分析では、ソフトイオン化により[M+H<sup>+</sup>]イオンをプレカーサーイオンとすることができるため、GC/MS/MSが、強度の高い開裂イオンをプレカーサーイオンとするのに比べ選択性が高い。アセフェートを目的とした184.1/143.0イオン対測定ではにんじん試料溶液にピークは出ず、イソプロカルブを目的とした194.1/95.0イオン対測定でも保持時間にはピークは検出されなかった。

#### 4 まとめ

昨年度報告<sup>1)</sup>した残留農薬一斉分析法(以下改良型一斉分析法)を使用し、GC/MS対象96農薬(異性体等含98)、LC/MS/MS分析対象20農薬(異性体含21)について、追加適用の可能性の検討を行った結果、109農薬(異性体等含112)の追加適用をすることができた。この結果、GC/MS-SCAN測定、GC/MS-SIM測定及びLC/MS/MS-MRM測定(2メソッド)の4メソッドを使用することで、現行分析農薬数と併せ290農薬(異性体等含314)について、一斉分析が可能となった。検出下限値は、全ての農薬で0.005ppmを確保することができた。また、糖類及び有機酸を多く含有する果実類の分析については、カラム劣化及び分析機器の感度低下を改善

するため、0.1M-NaHCO<sub>3</sub>でpHを中性付近に調整した後、食塩を12g加え、改良型一斉分析法で試料調製することにより、標準添加回収率の向上と機器分析上の問題点を解決することができた。

また、にんじん分析において検出されたアセフェート及びイソプロカルブの擬似ピークについて、GC/MS-SCAN測定でのGC条件を変更しても擬似ピークが大きすぎて、アセフェート及びイソプロカルブを分離することができない状況であった。GC/MS/MSによる同定・定量条件の検討を加えた結果、プロダクトイオンのSCAN測定により、ピークの分離は可能であったが、直接GC/MS/MS-MRM測定をする場合、農薬の同定・定量を確実にするためには、プリカーサーイオン/プロダクトイオン対が2対以上必要であることが確認された。

参考文献

- 1) 氏家愛子, 佐藤信俊 : 宮城県保健環境センター年報, 23, 55 (2005).
- 2) Anastassiades, M., Lehotay, S.J., Stajnbaher, D., & Schenck, F.S. : J.AOAC Int., 86, 412 (2003).
- 3) Lehotay, S.J., Mastovska, K., & Lightfield, A.R. : J.AOAC Int., 88, 615 (2005).
- 4) Cairns, T., Luke, M.A., Chiu, K.S., Navarro, D., & Siegmund E.G. : Rapid Communications in Mass Spectrometry, 7, 1070 (1993).
- 5) Luke, M.A : 8<sup>th</sup> Int. Congr. Pestic. Chem. Options 2000, 174(1).
- 6) 菊地秀夫, 佐藤勤, 山口剛, 伊藤孝一 : 宮城県保健環境センター年報, 17, 64 (1999).
- 7) 氏家愛子, 高橋紀世子, 細谷義隆, 伊藤孝一 : 宮城県保健環境センター年報, 17, 70 (1999).
- 8) 菊地秀夫, 氏家愛子, 新目眞弓, 大江浩 : 宮城県保健環境センター年報, 18, 70 (2000).
- 9) 菊地秀夫, 氏家愛子, 新目眞弓, 大江浩 : 宮城県保健環境センター年報, 19, 173 (2001).
- 10) 長船達也, 氏家愛子, 曾根美千代, 大江浩 : 宮城県保健環境センター年報, 20, 72 (2002).
- 11) 氏家愛子, 長船達也, 大江浩 : 宮城県保健環境センター年報, 21, 126 (2003).
- 12) 氏家愛子, 佐藤信俊 : 宮城県保健環境センター年報, 22, 55 (2004).

表2 追加農薬の標準添加回収試験結果 (-1)

品名	人参		きゅうり		大根		いんげん		白菜		ほうれん草		アロカリア		レタス		キウイ		グレープフルーツ		りんご	
	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD
XMC	95	2.4	97	2.2	93	1.6	92	1.1	99	1.1	84	3.4	93	2.3	92	0.9	90	1.6	78	14	100	0.4
アザロナゾール	91	7.6	99	0.6	85	8.2	90	10	100	1.5	100	7.7	89	4.7	100	4.8	82	4.6	75	6.0	99	7.6
アセトクロール	87	1.6	98	3.2	68	10	90	2.0	81	5.0	100	5.5	91	1.5	95	1.0	89	4.0	80	20	87	7.5
イサゾホス	83	12	93	2.7	74	2.6	88	6.2	99	5.9	88	2.5	89	3.1	96	4.0	97	3.1	85	10	99	4.8
イソキサチオン	85	4.1	97	0.9	91	7.8	87	5.6	99	1.9	92	7.9	81	3.8	120	0.4	78	7.0	110	6.6	100	4.2
イソキサチオンオキソン	86	0.8	88	3.5	88	2.4	86	4.5	110	5.5	99	3.1	90	4.7	300	1.7	90	5.9	77	8.2	110	3.1
イプロベンホス	85	1.2	98	7.2	92	1.8	89	1.3	98	0.9	89	2.9	94	3.3	94	0.6	90	3.2	84	12	97	4.3
イマザメタベンズメチルエステル	84	2.4	81	4.1	100	4.4	79	8.9	95	6.9	89	9.1	70	4.8	67	-	66	7.5	90	6.1	100	2.7
イミダクロプリド	94	5.2	89	11	89	6.1	96	2.9	-	-	-	-	95	1.5	89	2.9	90	5.0	-	-	-	-
エクロメゾール	63	7.4	83	5.8	52	11	50	13	78	8.3	80	5.1	97	7.0	100	6.2	72	7.0	62	0.2	68	4.4
エトフメート	82	1.7	95	2.3	90	1.7	98	4.3	96	10	91	6.2	-	-	660	120	100	11	84	7.2	96	3.4
オキサジキシル	100	3.7	110	6.8	110	6.3	89	8.1	89	8.7	96	6.8	96	0.6	100	2.5	100	5.1	0	-	-	-
オキシフルオフェン	89	3.6	99	3.9	98	3.6	80	2.7	100	3.9	95	6.8	93	4.1	100	2.4	82	1.1	79	3.9	110	4.6
カフエントラゾンエチル	80	4.6	94	4.7	100	6.5	94	5.8	100	1.2	93	2.7	85	5.5	100	0.5	82	11	79	6.3	110	2.4
カルボフラン	99	2.7	91	4.0	150	15	85	2.9	100	2.6	94	3.8	200	8.0	170	5.1	93	1.0	78	12	110	2.1
キノキシフェン	83	3.5	93	2.8	100	2.7	84	6.8	100	1.7	93	7.3	87	2.0	99	2.6	86	10	76	11	100	1.9
キノクラミン	100	7.3	100	2.8	97	6.5	87	5.2	100	3.2	87	4.3	110	3.0	123	1.0	88	4.3	95	4.1	97	2.9
キントゼン	87	4.3	93	5.1	82	5.0	80	4.4	100	3.4	83	7.9	90	3.0	90	2.2	79	5.4	79	4.4	88	6.8
クレソキシムメチル	90	1.2	94	2.2	57	12	86	4.9	97	0.3	94	5.0	100	3.2	130	1.4	79	11	96	24	99	11
クロタルジメチル	84	1.7	92	1.6	87	1.0	80	3.9	93	0.4	83	1.3	88	1.8	95	0.4	95	0.8	82	8.2	94	1.5
クロマゾン	87	1.9	94	1.5	82	2.4	87	3.1	95	0.7	90	6.4	92	3.5	97	1.1	93	1.0	81	9.4	93	7.5
クロルフェンソ	82	4.1	97	4.1	96	0.9	91	2.9	98	1.9	83	7.7	92	2.9	130	0.0	80	11	120	11	95	3.1
シアノフェンホス	84	2.2	95	3.9	100	1.8	96	1.3	99	1.7	92	7.1	89	5.2	120	1.2	69	19	84	7.0	95	3.3
ジクロホップメチル	87	2.2	94	5.3	100	15	78	11	97	6.8	87	10	87	4.1	100	1.5	83	7.1	82	8.3	92	5.6
ジチオピル	84	1.8	90	2.4	87	0.8	86	4.0	93	3.3	80	5.4	92	1.7	110	0.8	88	6.6	83	1.2	94	2.0
ジフェルアミン	79	1.9	79	1.3	51	35	84	2.7	88	3.0	88	3.6	110	0.3	110	0.5	89	5.9	85	3.8	74	1.5
ジメビペレート	83	3.6	96	1.8	88	3.4	87	3.6	100	4.7	90	5.9	90	3.1	98	0.9	90	0.6	87	9.3	110	0.9
シメトリン	84	11	92	1.0	89	7.7	100	5.9	11	120	95	2.2	110	1.9	130	0.6	90	8.3	88	11	87	3.0
スウェーデン	91	2	99	3.3	93	1.3	99	2.5	96	3	100	3.7	110	1.1	130	0.1	86	6.1	90	0.8	98	3.0
テクナゼン	85	0	86	1.3	76	4.1	67	3.6	77	11	96	4.4	87	3.9	90	0.0	84	3.7	76	10	78	5.2
デスメデイファム	68	27	81	6.9	84	1.0	79	13	97	2.0	57	6.7	*	*	*	*	83	0.7	70	12	94	2.6
テトラコロルビンホス	86	0.8	97	1.5	85	10	85	4.6	97	3.0	91	5.4	100	2.0	120	0.5	84	4.7	77	1.7	100	1.8
テトラジホ	70	4.3	94	5.4	130	13	100	7.1	96	2.3	97	6.0	87	4.5	94	0.3	69	12	79	7.4	88	10
トリアジメホ	89	3.3	99	1.2	83	2.8	91	4.7	100	1.4	95	2.9	100	1.6	120	0.6	86	10	81	7.3	98	1.7
トリアゾホス	92	1.1	100	3.4	100	16	96	4.8	110	1.9	91	21	98	6.0	120	10.4	38	48	87	12	100	5.1
トリアレート	84	4.4	93	2.1	77	5.4	79	0.5	86	2.5	91	4.2	91	1.6	96	1.1	89	2.3	85	6.9	97	5.1
トリシクランゾール	100	2.8	110	3.9	110	1.4	100	13	100	3.3	100	10	120	6.1	190	2.8	62	12	99	10	103	8.5



表2 追加農薬の標準添加回収試験結果(一)

品目	添加量:0.01μg/g(きゅうり、人参:0.02μg/g、アロピコリン、レタス:0.02μg/g~0.12μg/g)(%)																					
	人参		きゅうり		大根		いんげん		白菜		ほうれん草		アロピコリン		レタス		キウイ		グレープフルーツ		りんご	
農薬名	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD	回収率	RSD
トリフロス	88	1.3	89	0.2	84	3.8	80	4.2	94	1.9	92	8.2	94	2.1	99	1.8	91	6.0	85	8.7	95	7.8
トリフロキシストロピン	82	1.8	96	1.7	110	5.7	85	4.8	100	1.5	95	8.7	86	2.4	97	0.5	84	6.1	84	7.9	100	3.9
トリフルアニド	74	19	76	33	-	-	92	20	26	0.0	27	2.8	76	23	620	0.7	69	6.8	91	5.4	88	3.2
トルフェンピラド	93	7.6	72	17	49	7.7	44	20	100	2.0	85	8.5	88	8.7	90	26	87	4.6	90	5.7	91	6.4
ナプロバミド	96	1.0	92	1.0	87	7.3	88	5.6	98	1.4	96	4.8	94	1.3	99	2.9	97	3.1	81	8.4	96	4.9
ニトタールイソプロピル	86	3.1	97	4.2	92	1.3	84	0.5	110	2.0	94	4.6	95	3.1	97	5.0	75	6.8	78	14	100	4.2
ノルフルラゾン	90	4.2	100	4.1	90	8.9	101	4.0	110	3.1	100	6.6	120	7.4	130	1.4	79	11	82	1.5	92	7.1
ピベロホス	81	3.8	98	5.2	110	0.7	93	1.1	110	3.6	100	4.9	96	7.1	100	1.2	83	5.0	77	6.5	100	6.1
ピラゾホス	79	4.7	100	5.6	120	5.9	98	6.2	100	2.9	90	5.2	89	6.4	99	4.8	76	11	81	10	100	4.1
ピリダフェノチオン	85	2.5	100	2.7	110	8.4	98	2.6	100	2.1	83	6.3	95	6.1	60	0.6	84	13	86	7.6	92	5.8
ピンクロゾリン	84	2.8	94	1.8	94	7.6	84	1.1	82	8.5	91	3.6	100	1.4	110	0.2	60	8.6	79	11	87	4.3
フェナミホス	84	1.5	80	4.4	94	2.1	84	5.6	99	3.7	96	7.5	100	3.0	94	1.5	73	3.4	86	7.6	93	1.9
2-フェニルフェノール	86	0.8	98	5.2	86	1.7	89	3.0	92	1.8	87	3.0	110	0.6	126	1.0	85	3.4	0	-	90	2.2
フェノキサニル	86	8.6	94	6.4	87	6.0	100	6.3	110	3.4	90	9.2	92	4.8	190	4.7	80	8.0	-	-	60	18
フェノキサプロップエチル	75	1.7	91	8.0	120	3.6	86	6.1	98	3.2	69	5.2	92	8.3	120	4.7	80	8.6	0	-	85	7.8
フェノキシカルブ	85	3.3	110	7.1	120	5.1	110	4.2	100	4.4	79	10	95	9.1	130	0.2	93	10	86	6.4	90	5.2
フェノチオカルブ	84	2.9	95	0.6	94	3.6	84	7.4	100	1.7	91	6.4	90	0.8	97	0.6	96	1.7	84	8.1	95	2.1
フェノトリン	89	4.6	99	11	110	4.0	100	5.1	100	2.6	99	6.6	100	0.0	96	15	76	3.3	94	9.5	99	5.2
フェンクロールホス	83	1.4	91	2.5	85	2.7	84	1.6	94	3.0	77	2.8	96	1.7	120	0.3	84	6.6	78	1.8	90	3.6
フェンコナゾール	95	3.9	65	8.1	110	3.8	83	5.0	89	8.5	77	13	90	2.8	100	17	91	3.2	92	2.8	86	6.0
フェンロピモルフ	86	1.5	92	1.4	88	1.6	86	2.1	99	2.4	88	4.4	93	1.9	96	0.5	93	0.5	71	13	98	1.5
ズピリメート	80	2.6	87	1.4	92	2.8	78	10	95	2.1	94	8.2	87	2.4	93	0.4	91	3.3	78	14	100	3.3
ズプロフェジン	84	3.1	93	1.9	91	4.9	79	4.2	94	1.2	90	6.3	79	3.4	110	2.0	81	5.0	120	4.9	88	1.6
ズラチオカルブ	80	1.1	99	4.2	240	36	100	6.4	94	4.8	72	6.1	82	7.8	130	0.3	76	14	110	5.2	88	6.0
ズラムプロップエチル	81	3.4	95	6.5	100	3.5	90	2.8	98	4.1	94	4.6	91	0.8	100	0.7	96	2.8	79	8.4	110	4.1
フルアケルピリム	82	2.5	97	3.5	100	3.0	88	7.8	100	4.4	95	6.4	85	4.5	110	1.6	92	7.9	87	1.8	100	3.4
フルトリアホール	83	9.8	110	8.9	85	8.1	66	13	110	6.6	95	10	100	2.4	100	1.1	82	3.3	79	10	82	17
フルミオキサジン	88	7.3	60	16	86	4.1	77	11	100	2.4	76	9	100	19	92	21	84	8.4	78	9.4	90	6.0
フルミクロラックベンチル	84	6.1	64	18	81	3.0	65	5.2	100	2.4	73	6.9	92	23	88	10	83	6.5	90	5.3	87	7.2
プロシメドン	98	2.6	97	2.5	92	1.7	66	11	96	5.1	87	7.7	82	0.2	130	1.3	80	9.0	86	3.9	95	4.0
プロバクロー	90	1.4	91	1.6	90	0.5	86	1.4	97	7.4	84	5.6	95	1.8	91	0.4	92	1.2	83	10	97	1.2
プロバニル	90	1.8	99	1.8	88	2.0	85	3.5	100	0.5	93	6.3	110	0.8	120	1.1	80	8.3	91	7.9	95	5.7
プロバホス	87	1.2	81	2.0	91	2.1	83	6.4	86	3.9	89	9.0	97	1.0	100	0.6	75	12	81	8.6	96	5.4
プロバモカルブ	61	6.2	62	3.6	59	4.6	40	23	-	-	67	5.1	82	9.1	85	2.1	38	2	20	10	21	25
プロババギット	83	1.9	94	1.0	95	2.5	82	6.8	97	2.9	94	8.1	88	6.2	100	2.4	86	4.9	82	4.3	500	40
プロビコナゾール	87	2.2	93	0.9	100	3.0	79	7.1	99	2.9	87	6.3	86	0.1	100	1.9	100	7.8	93	8.9	100	12
プロビザミド	88	2.1	95	1.1	91	1.9	88	1.7	96	3.5	85	1.7	110	0.3	120	0.5	99	5.9	96	7.5	92	1.6
プロフェノホス	80	2.4	95	1.1	89	1.8	85	4.4	90	2.7	78	1.9	90	1.5	99	7.4	86	14	82	6.8	94	3.0
プロマシル	95	1.7	100	1.9	-	-	82	7.6	100	1.6	100	7.9	110	3.0	120	0.5	82	12	74	15	110	5.4
プロメトリン	87	1.2	95	0.2	91	1.2	85	3.4	96	6.1	89	0.2	110	0.8	120	0.7	84	6.9	82	3.6	96	3.3
プロメトン	100	3.8	100	5.1	94	4.3	99	2.1	92	6.9	89	3.9	120	0.6	120	0.4	86	17	71	6.5	86	6.6
プロモブチド	87	5.4	93	2.3	86	1.7	82	3.2	79	4.3	85	9.3	92	4.0	99	0.4	90	0.4	83	7.8	98	1.7
プロモプロピレート	83	0.5	94	4.4	110	3.1	103	4.7	99	2.5	76	5.3	81	7.7	59	0.4	76	17	86	7.6	91	5.8
プロモホスメチル	85	2.9	93	3.2	84	4.0	80	3.3	91	5.1	87	5.4	89	2.1	94	3.4	94	0.1	82	6.9	86	7.9
ヘキサコナゾール	84	7.1	121	1.4	89	7.9	95	13	110	1.6	89	9.3	110	4.6	160	2.0	65	18	77	7.8	95	12
ヘキサジノン	94	3.7	99	4.1	110	2.8	105	2.5	100	4.8	97	9.5	100	3.7	110	0.8	79	11	73	15	99	2.9
ペナラキシル	83	2.2	95	1.2	98	0.3	88	5.5	95	2.4	94	7.2	88	3.9	98	2.2	91	4.8	80	10	100	1.0
ペノキサコール	86	3.4	92	1.9	80	6.0	87	2.4	96	1.0	99	4.3	96	3.5	98	2.9	93	1.7	83	9.0	98	2.7
ペンコナゾール	95	1.3	110	2.8	95	1.6	76	11	100	5.8	93	6.6	110	1.4	130	0.1	88	7.0	85	9.2	99	1.2
ペンフルカルブ	31	19	77	10	-	-	80	6.3	-	-	63	19	71	7.6	95	1.3	16	0.0	0	-	-	-
ペンフルラリン	86	3.4	94	1.6	80	1.8	81	1.3	93	1.3	90	1.7	87	5.3	95	1.1	79	4.7	82	6.7	93	2.9
ホスファミドン	94	4.1	97	4.0	85	7.5	81	6.5	110	7.9	100	8.1	100	1.2	100	1.5	90	0.4	86	6.7	110	6.9
ホノホス	88	5.1	97	9.0	88	4.6	79	2.4	66	10	88	4.2	92	2.2	120	0.2	82	5.2	90	1.3	92	4.4
ホレート	77	3.2	79	3.6	81	2.5	76	1.6	86	2.4	84	3.6	93	1.4	93	0.2	71	5.2	69	6.9	99	2.0
メタクリホス	79	2.6	89	2.8	75	4.5	69	6.9	88	2.2	72	9.1	110	0.9	121	3.0	81	5.6	100	4.7	100	20
メチダチオン	90	2.4	100	1.3	98	9.3	87	6.1	97	2.5	93	3.6	110	1.4	150	3.5	81	5.0	82	7.3	100	3.3
メトキシクロー	85	2.1	97	3.4	100	4.3	100	1.5	98	2.0	79	5.1	83	9.0	58	1.9	61	13	81	8.4	92	9.3
メトブレ	84	18	110	21	85	3.7	86	6.7	100	8.4	69	19	74	1.0	-	-	71	1.9	80	2.8	83	15
メトミノストロピン(E)	90	0.9	99	1.7	94	3.8	86	7	98	4.3	92	3.9	100	2.1	120	2.1	82	3.3	92	7.5	99	1.4
メトミノストロピン(Z)	93	3.9	99	1.0	100	6.5	91	4	100	1.6	100	8.6	110	3.1	120	1.4	65	10	96	2.6	100	2.5
モノクロトホス	99	4.8	110	2.4	130	3.1	96	10	110	4.9	86	3.4	120	0.8	120	0.3	82	10	79	3.3	85	12
アラニカルブ	56	15	81	6.2	-	-	75	14	2	53	88	8.9	*	*	*	*	-	-	13	2.2	1	150
イナベンフィド	87	8.0	93	5.5	90	2.5	84	10	99	2.0	95	3.6	*	*	*	*	100	10	84	4.0	78	3
ジメチベン	150	25	-	-	100	11	79	45	100	6.4	97	10	*	*	*	*	110	33	51	170	77	24
チオファネート	1.4	-	2.3	200	83	0.4	4.8	23	-	-	-	-	*	*	*	*	25	14	54	2.0	13	14
チオファネートメチル	4.0	-	1.2	-	76	7.1	1.2	35	0	0	0	0	*	*	*	*	27	19	54	8.1	19	11
デスメイファム	68	27	81	6.9	84	1.0	79	13														