

国産はちみつ中のピロリジジンアルカロイド類含有実態調査の結果（令和6・7年度）

1. 調査の背景及び目的

ピロリジジンアルカロイド類は、キク科やムラサキ科などの植物の一部が産生する天然毒素であるが、ミツバチがこのような植物の花から花蜜や花粉を集めてしまうことで、はちみつや花粉荷（ビーポーレン。ミツバチが作る花粉を団子状に丸めたもの。）などのミツバチ生産物が汚染されるとの報告がある。

平成27年にFAO/WHO合同食品添加物専門家会議（JECFA）がピロリジジンアルカロイド類のリスク評価を実施し、はちみつを多量に摂取する者やハーブティー等の茶類を平均的な量以上摂取する者において、健康への懸念があると評価した¹。

平成28年に農林水産省は、当時分析用標準試薬が入手可能であった17種類のピロリジジンアルカロイド類を対象に国内で市販される国産及び海外産のはちみつ中の含有実態調査を行い、調査を行ったはちみつのほとんどにおいて、各ピロリジジンアルカロイド類が定量下限付近又はそれ以下の含有濃度であり、ヒトの健康に悪影響を与えるリスクは無視できるレベルであることを確認した。

一方、近年、コーデックス委員会において「食品及び飼料中のピロリジジンアルカロイド類汚染防止、低減のための雑草管理に関する実施規範」（CXC74-2014）について、はちみつの管理を含めて見直しの議論が進められるなど、国際的に食品のピロリジジンアルカロイド類汚染の防止、低減や健康被害の発生を未然防止するための措置の拡大が進められているところである。

こうした情勢も踏まえつつ、今般、前回調査で対象としていなかったピロリジジンアルカロイド類の標準試薬が利用可能となったことから、分析対象種を拡大して最新の含有実態を調査した。

2. 調査の概要

2.1. 調査対象、点数及び試料の入手方法

国産はちみつ*：計120点

*品名欄に「純粋はちみつ」もしくは「Pureはちみつ」と記載されており、はちみつ以外のものが添加されていないと確認できるもの

内訳

キク科、ムラサキ科を蜜源とする単花はちみつ：30点

マメ科を蜜源とする単花はちみつ：10点

その他の単花はちみつ（上記を除く植物を蜜源とする単花はちみつ）：20点

¹ Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the eightieth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Supplement 2: Pyrrolizidine alkaloids. Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2020 (WHO Food Additives Series, No. 71-S2).

百花はちみつ（複数種類の植物を蜜源とするはちみつ）：60 点

2024 年 7~9 月に採蜜地や製造者等ができるだけ重複しないよう、入手可能な範囲で多様な製品をインターネット販売サイト等で購入した。

2.2. 調査対象とした分析種

ピロリジジンアルカロイド類は約 600 種類以上あるとされており、植物によって含有するピロリジジンアルカロイド類は異なる。また、通常は、1 つの植物種に、複数種のピロリジジンアルカロイド類が含まれている。

本調査において分析対象としたピロリジジンアルカロイド類は、国内で分析用標準試薬が入手可能な以下の 23 種類のピロリジジンアルカロイド類である。

- | | |
|----------|---------------|
| ・エキミジン | ・エキミジン窒素酸化物 |
| ・ヘリオトリン | ・ヘリオトリン窒素酸化物 |
| ・インテルメジン | ・インテルメジン窒素酸化物 |
| ・ラシオカルピン | ・ラシオカルピン窒素酸化物 |
| ・リコプサミン | ・リコプサミン窒素酸化物 |
| ・モノクロタリン | ・モノクロタリン窒素酸化物 |
| ・レトロルシン | ・レトロルシン窒素酸化物 |
| ・セネシオニン | ・セネシオニン窒素酸化物 |
| ・セネシフィリン | ・セネシフィリン窒素酸化物 |
| ・セネシベルニン | ・センキルキン |
| ・トリコデスミン | ・ネオペタシテニン |
| ・ペタシテニン | |

2.3. 分析法

独立行政法人農林水産消費安全技術センター有害物質等分析調査統括チームが、ドイツ連邦リスク評価研究所（BfR）が公開している分析法²及び Agilent Technologies, Inc. が公開している分析法³を参考に開発し、調査対象品目における 2.2. に示した 23 種類のピロリジジンアルカロイド類の定量に関して妥当性を確認した方法を用いて実施した。

使用した分析法の概要及び妥当性確認の結果（添加回収率、室内再現精度）については別紙に掲載する。

² Determination of pyrrolizidine alkaloids (PA) in honey by SPE-LC-MS/MS Method Protocol BfR-PA-Honey-1.0/2013

<https://www.bfr.bund.de/cm/349/determination-of-pyrrolizidine-alkaloids-pa-in-honey.pdf>

³ Quantitation of Pyrrolizidine Alkaloids in Honey and Herbal Teas by UHPLC/MS/MS

https://lcms.cz/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/5991_7301_EN_c20e960e4e/5991-7301EN.pdf

2.4. 検出下限・定量下限

はちみつに $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ の濃度になるよう分析種を添加して調製した試料溶液を 21 回繰り返し測定し、その測定値の標準偏差に 3.29 を乗じた値を検出下限 (LOD)⁴、10 を乗じた値を定量下限 (LOQ)⁵とした。いずれの分析種も以下のとおり。

LOD : $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ LOQ : $3 \mu\text{g}/\text{kg}$

3. 調査結果

調査試料に含まれる 23 種類のピロリジジンアルカロイド類をそれぞれ定量し、その合計濃度を総ピロリジジンアルカロイド類濃度とした。各分析種のピロリジジンアルカロイド類の濃度が LOD 未満または LOQ 未満の場合には、次に記載する方法により処理し、下限値 (Lower bound : LB) と上限値 (Upper bound : UB) の 2 種類の総ピロリジジンアルカロイド類濃度を計算した。

下限値 (LB) : LOQ 未満となった分析種の濃度を 0 として、23 種類のピロリジジンアルカロイド類の濃度を合計し、総ピロリジジンアルカロイド類濃度を計算

上限値 (UB) : LOD 未満となった分析種の濃度を LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満となった分析種の濃度を LOQ と同値として、23 種類のピロリジジンアルカロイド類の濃度を合計し、総ピロリジジンアルカロイド類濃度を計算

調査したはちみつ 120 点のうち 99 点において、23 種類のピロリジジンアルカロイド類濃度は全て LOQ 未満であった (表 1)。また検出された分析種が存在する 21 点においても、各分析種の濃度は、LOQ 付近の値 ($3.1 \sim 33 \mu\text{g}/\text{kg}$) であった。

⁴ 分析対象とする化学物質について、合理的な確かさをもって検出することが可能な最低の濃度。

⁵ 分析対象とする化学物質について、適切な精確さをもって定量することが可能な (具体的な濃度が決められる) 最低の濃度。

表1 はちみつ中の総ピロリジジンアルカロイド類濃度

はちみつ	分析点数	LOQ 未満*		最大値 (μg/kg)		平均値 (μg/kg)	
		点数	割合	LB	UB	LB	UB
キク科・ムラサキ科の単花蜜	30	17	57%	41	62	7.6	31
マメ科の単花蜜	10	10	100%	0	23	0	23
その他の単花蜜	20	17	85%	25	46	1.8	25
百花蜜	60	55	92%	15	36	0.6	24
合計	120	99	83%	41	62	2.5	26

*23種類の分析種が全てLOQ未満であった点数及び割合

注) いずれの種類のはちみつもLOQ未満の試料があるため、最小値は記載していない。

また、いずれの種類のはちみつも試料の半数以上において23種類の分析種が全てLOQ未満であったため、中央値は算出していない。

4. 予備的な健康リスクの推定結果

前回の調査と同様に、本調査における総ピロリジジンアルカロイド類の最大値(62 μg/kg)を示したはちみつを摂取した場合の経口摂取量を予備的に推定した(表2)。

表2 ピロリジジンアルカロイド類の推定経口摂取量

	消費量(g/日)			平均体重 (kg)	ピロリジジンアルカロイド類の推定経口摂取量 (μg/kg 体重/日)
	平均	中央値の1/2	99.7パーセンタイル値***		
短期間	6.5*	—	34.1	56.7*	0.037
長期間	0.77**	—	—	55.1**	0.0009
	6.5*	1.75	—	56.7*	0.002

*令和5年国民健康・栄養調査

**平成22年度食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務

***平均値に標準偏差の絶対値の3倍を加算したもの

○ 短期間の経口摂取量

欧州食品安全機関（EFSA）は、800～1,700 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日のピロリジジンアルカロイド類の摂取を2週間続けた女児に肝静脈閉塞性疾患（肝障害の一種）が生じた症例があることを報告⁶している。これは、報告されている症例のうち最も低い摂取量である。

今回の短期間の経口摂取量の推定では、国民一人が一日に摂取する砂糖・甘味料類⁷のほぼ最大値に等しい約34 g をすべてはちみつから摂取した場合のピロリジジンアルカロイド類の推定経口摂取量は0.037 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日であった。これは、EFSAの報告において肝障害が生じたとされる最も低い用量である800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日の0.005%程度に過ぎず、最も高い濃度が検出されたはちみつを大量に食べると仮定しても健康に悪影響が生じる可能性は低いと考えられる。

○ 長期間の経口摂取量

FAO/WHO 合同食品添加物専門家会合（JECFA）は、ピロリジジンアルカロイド類のリスク評価を実施し、長期の動物試験に基づいてリデリインのBMDL₁₀⁸を182 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日と設定している。

農水省が推定した長期間の経口摂取量である0.002 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日は、国民一人が一日に摂取する砂糖・甘味料類の半分を毎日はちみつから摂取すると仮定しており、実際の摂取量よりも過大と考えられる。この推定値とJECFAが設定したBMDL₁₀から計算した暴露マージン（MOE）は91000であった。また、はちみつの平均消費量を使用した場合⁹は、ピロリジジンアルカロイド類の推定経口摂取量は0.0009 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日であり、MOEは200000であった。

JECFAでは、一般に、遺伝毒性がある物質についてはBMDL₁₀との比較でMOEが概ね10000未満であると低減対策を実施する必要性が高く、MOEが10000以上であればリスク管理措置を実施する優先度は低いと考えられている。

以上のことから、はちみつ由来のピロリジジンアルカロイド類の平均経口摂取量から算出したMOEは10000より大きく、健康リスクが無視できる程度であると言える。

5. 考察と今後の対応

市販されている国産はちみつ中の23種類のピロリジジンアルカロイド濃度は、全てがLOQ未満あるいはLOQ付近であった。本調査で検出された総ピロリジジンアルカロイド類の最大濃度を用いて短期間及び長期間の経口摂取量を推定した結果、国産はちみつ由

⁶ EFSA. Scientific Opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed (EFSA Journal 2011;9(11): 2406)

⁷ 厚生労働省.令和5年度国民・健康栄養調査

⁸ BMDL₁₀は、最近の国際的なリスク評価において毒性評価で用いられている指標で、動物試験等に基づく統計学的な用量-反応モデルから推定した、集団の10%に有害作用が生じる可能性がある用量の95パーセント信頼下限値を指す。

⁹ 独立行政法人国立健康・栄養研究所. 平成22年度食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務報告書

来のピロリジジンアルカロイド類がヒトの健康に悪影響を与えるリスクは無視できるレベルであると考えられる。

また、本調査の結果を EU 域内の含有実態調査（表3）¹⁰と比較すると、分析種の数や種類、LOQ が異なるため単純比較はできないが、平均値（LB）については、今回の調査結果 2.5 µg/kg に対し EU では 1.0～14.7 µg/kg、最大値（LB）については、41 µg/kg に対し EU では 95 パーセンタイル値で 17.6～55.0 µg/kg であったことから、大きな違いがないことがわかった。

前回調査時の結果（表4）と比較すると、分析種の数や種類、LOQ が異なるため単純比較はできないが、定量可能な濃度のピロリジジンアルカロイド類を含む試料の割合が前回調査と同様にキク科・ムラサキ科の単花蜜ではその他の単花蜜や百花蜜と比べて高いこと、平均値、最大値は前回調査と大きな違いがないことがわかった。

以上のことから、市販されている国産はちみつには、引き続き、ヒトの健康に悪影響を与えるほどの濃度でピロリジジンアルカロイド類が含まれている可能性は低く、リスク管理措置の必要性は低いと考えられる。今後もピロリジジンアルカロイド類の毒性や食品中の含有実態についての情報収集を継続し、必要に応じて追加の調査も検討する。

¹⁰ Dietary exposure assessment to pyrrolizidine alkaloids in the European population, European Food Safety Authority (EFSA)2016 pp13-15
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2016.4572>

表3 EUにおける市販のはちみつ中の総ピロリジジンアルカロイド類濃度

はちみつの種類	分析点数	LOQ未満の割合	分析種数	平均値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	中央値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Honey, unspecified	1429	24%	8-17	LB*	14.5	8.0
				MB*	21.0	14.5
				UB*	27.5	22.0
Honey, monofloral	275	63%	9-19	LB	5.0	0.0
				MB	11.3	7.0
				UB	17.6	14.0
Honey, polyfloral	183	45%	9-19	LB	7.3	1.3
				MB	14.1	9.6
				UB	20.9	17.4
Honey, blended	24	46%	9-19	LB	14.7	0.3
				MB	17.2	3.0
				UB	19.8	5.7
Honeydew honey	52	60%	11-19	LB	8.7	0.0
				MB	14.4	7.0
				UB	20.1	14.0
Comb honey	3	67%	12-13	LB	1.0	-
				MB	7.5	-
				UB	14.0	-

* LB : LOQ 未満のデータを 0 として総ピロリジジンアルカロイド類濃度を算出

MB : LOD 未満、LOQ 未満のデータをそれぞれ $1/2\text{LOD}$ 、 $1/2\text{LOQ}$ と同値として総ピロリジジンアルカロイド類濃度を算出

UB : LOD 未満のデータを LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満となったデータを LOQ と同値として総ピロリジジンアルカロイド類濃度を算出

注) LOQ はピロリジジンアルカロイドの種類により異なるが $0.2\text{-}7.5\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$

複数の調査をまとめた結果であるため、分析種数は調査ごとに異なる。分析種のリストから選択されている。下線は今般の我が国の調査と共通する分析種

<u>エキミジン</u>	<u>ヘリオトリン</u> 窒素酸化物	<u>リコプサミン</u>	<u>セネシフィリン</u> 窒素酸化物
<u>エキミジン</u> 窒素酸化物	<u>インテルメジン</u>	<u>リコプサミン</u> 窒素酸化物	<u>セネシオニン</u>
エルシフォリン	<u>インテルメジン</u> 窒素酸化物	<u>モノクロタリン</u>	<u>セネシオニン</u> 窒素酸化物
<u>エルシフォリン</u> 窒素酸化物	ヤコビン	<u>モノクロタリン</u> 窒素酸化物	<u>セネシベルニン</u>
ユーロピン	ヤコビン	<u>レトロルシン</u>	<u>セネシベルニン</u> 窒素酸化物
<u>ユーロピン</u> 窒素酸化物	<u>ラシオカルピン</u>	<u>レトロルシン</u> 窒素酸化物	<u>センキルキン</u>
<u>ヘリオトリン</u>	<u>ラシオカルピン</u> 窒素酸化物	<u>セネシフィリン</u>	<u>トリコデスマ</u>

表4 平成28年調査結果はちみつ中の総ピロリジジンアルカロイド類濃度（17種類）

分析種	試料数	LOQ未満の割合	平均値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	中央値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	最大値 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
全体の合計	240	55%	LB UB	8.0 12.1	0.0 4.2
アザミ及び エキウムの 蜂蜜	国産	24	17%	LB UB	4.6 8.5
	海外産	6	0%	LB UB	89 93
	合計	30	13%	LB UB	22 25
上記以外の 単花蜜	国産	60	75%	LB UB	1.9 6.0
	海外産	30	30%	LB UB	4.4 8.4
	合計	90	60%	LB UB	2.8 6.8
百花蜜	国産	90	69%	LB UB	6.2 10
	海外産	30	37%	LB UB	16 20
	合計	120	81%	LB UB	8.6 13

(別紙)

国産はちみつ中のピロリジジンアルカロイド類含有実態調査 分析法及び分析法の妥当性確認結果について

1. 分析法の概要

(1) 試料溶液の調製

はちみつをよくかく拌し、5 g 量りとったものを分析試料とした。

分析試料に抽出溶液 (0.05 M 硫酸) を加え振とうし、遠心分離した上清を抽出液とした。抽出液を SPE カートリッジに負荷した後、アンモニア水/メタノール混液を用いて溶出した溶出液を乾固し、メタノール/水混液で再溶解後、メンブランフィルターでろ過したものを試料溶液とした (図 1)。

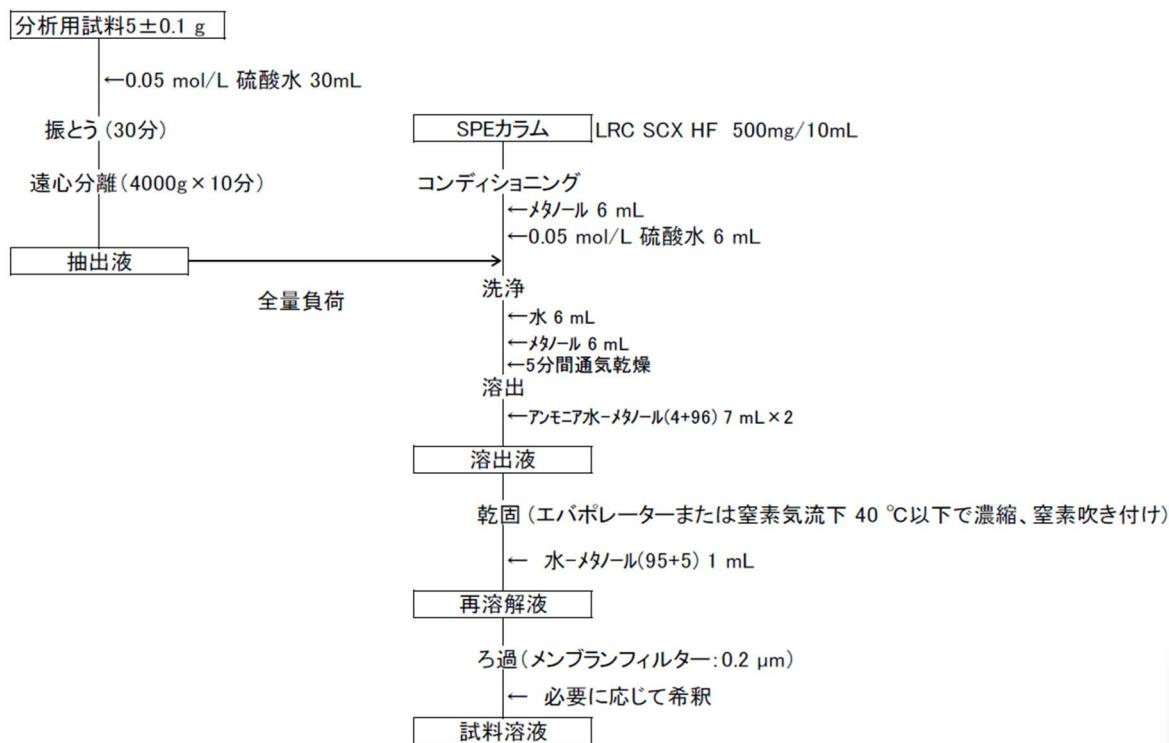


図 1 試料の調整手順

(2) LC-MS/MS

調製した試料溶液中のピロリジジンアルカロイド類を、LC-MS/MS を用いて、分離・測定し、内部標準法により定量した。LC-MS/MS の条件を表 1 に示した。

表 1 はちみつ中のピロリジンアルカロイド類分析法の LC-MS/MS 条件

機種	LCMS-8045 (島津製作所)																														
カラム	ACQUITY UPLC BEH C18, 2 μ m, 2.1 mm \times 150 mm (Waters)																														
カラム温度	50 °C																														
移動相	移動相 A : 5 mM ギ酸アンモニウム・0.1 %ギ酸水溶液 移動相 B : 5 mM ギ酸アンモニウム・0.1 %ギ酸メタノール溶液																														
グラジェント条件	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(min)</th> <th>移動相 A (%)</th> <th>移動相 B (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>95</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>95</td><td>5</td></tr> <tr><td>11.0</td><td>85</td><td>15</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>70</td><td>30</td></tr> <tr><td>27.5</td><td>40</td><td>60</td></tr> <tr><td>28.0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>31.0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>31.1</td><td>95</td><td>5</td></tr> <tr><td>37.0</td><td>95</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	時間(min)	移動相 A (%)	移動相 B (%)	0	95	5	0.5	95	5	11.0	85	15	23.0	70	30	27.5	40	60	28.0	0	100	31.0	0	100	31.1	95	5	37.0	95	5
時間(min)	移動相 A (%)	移動相 B (%)																													
0	95	5																													
0.5	95	5																													
11.0	85	15																													
23.0	70	30																													
27.5	40	60																													
28.0	0	100																													
31.0	0	100																													
31.1	95	5																													
37.0	95	5																													
流速	0.3 mL/min																														
注入量	2 μ L																														
MS/MS 条件	ネブライザガス流量 : 3 L/min ヒーティングガス流量 : 10 L/min ドライリングガス流量 : 10 L/min DL 温度 : 100°C ヒートブロック温度 : 200°C イオン化法 : ESI ポジティブ (ESI+)																														

表 1 はちみつ中のピロリジジンアルカロイド類分析法の LC-MS/MS 条件（続き）

設定質量数 (m/z)	分析種	極性	プリカーサーイオン	プロダクトイオン
	エキミジン	+	398	120/220
	エキミジン窒素酸化物	+	414	254/352
	ヘリオトリン	+	314	138/156
	ヘリオトリン窒素酸化物	+	330	172/138
	インテルメジン	+	300	138/156
	インテルメジン窒素酸化物	+	316	138/111
	ラシオカルピン	+	412	120/336
	ラシオカルピン窒素酸化物	+	428	254/136
	リコプサミン	+	300	138/156
	リコプサミン窒素酸化物	+	316	111/138
	モノクロタリン	+	326	120/237
	モノクロタリン窒素酸化物	+	342	137/118
	レトロルシン	+	352	120/138
	レトロルシン窒素酸化物	+	368	118/136
	セネシオニン	+	336	138/120
	セネシオニン窒素酸化物	+	352	118/136
	セネシフィリン	+	334	120/138
	セネシフィリン窒素酸化物	+	350	118/136
	セネシベルニン	+	336	120/138
	センキルキン	+	366	168/150
	トリコデスマシン	+	354	222/120
	ペタシテニン	+	382	168/122
	ネオペタシテニン	+	424	168/122

2. 添加回収率¹¹（真度）

試料に各分析種を低濃度側は 10 µg/kg、高濃度側は 100 µg/kg となるよう混合標準液をそれぞれ添加し、3 回繰り返し試験を行い、平均回収率及び併行相対標準偏差 (RSD_r)¹²を求めた。各分析種の平均添加回収率は添加濃度 10 µg/kg で 73.1 %～86.8 %、添加濃度 100 µg/kg で 82.0 %～100.2 %であり、許容できる範囲であった（表 2）。

¹¹ 分析法の性能特性の一つである「真度（測定値が真の値にどれだけ近いか）」を確認するために、添加回収試験によって計算される値。

¹² 同じ分析担当者が同じ試薬を用いて短時間に繰り返し測定を行った場合の分析値のバラつき。

表2 各分析種の平均添加回収率

分析種	添加濃度			
	10 µg/kg		100 µg/kg	
	平均添加回収率 (%)	RSD _r (%)	平均添加回収率 (%)	RSD _r (%)
エキミジン	81.8	2.6	91.2	2.4
エキミジン窒素酸化物	76.5	1.2	87.5	2.8
ヘリオトリン	83.9	3.0	86.0	2.1
ヘリオトリン窒素酸化物	81.5	3.3	99.1	2.6
インテルメジン	82.2	2.6	85.0	2.7
インテルメジン窒素酸化物	75.2	0.7	89.7	2.2
ラシオカルピン	84.3	2.4	92.0	1.3
ラシオカルピン窒素酸化物	74.9	1.0	88.0	2.2
リコプサミン	83.9	2.4	92.7	2.2
リコプサミン窒素酸化物	73.1	1.5	100.2	4.1
モノクロタリン	82.8	3.0	85.8	2.0
モノクロタリン窒素酸化物	82.3	1.3	86.8	2.5
レトロルシン	80.1	3.3	89.7	2.5
レトロルシン窒素酸化物	79.3	4.2	97.3	2.8
セネシオニン	86.1	2.9	93.6	2.5
セネシオニン窒素酸化物	78.1	4.3	92.2	3.0
セネシフィリン	83.9	2.8	90.0	3.0
セネシフィリン窒素酸化物	77.6	1.4	82.0	6.1
セネシベルニン	83.1	3.0	89.8	3.5
センキルキン	84.9	2.0	92.9	1.8
トリコデスミン	86.8	2.9	90.0	2.8
ペタシテニン	84.2	2.2	95.6	1.9
ネオペタシテニン	81.7	1.0	88.1	2.3

3. 室内再現精度（測定の不確かさ）

試料に各分析種を低濃度側は 10 µg/kg、高濃度側は 100 µg/kg となるよう混合標準液をそれぞれ添加し、それぞれ 7 回の繰り返し分析を試験日を替えて 3 回実施し、室内再現相対標準偏差 (RSD_i) ¹³を求めた。各分析種の RSD_i はいずれも許容できる値であった（表3）。

¹³ 同じ試験室内で分析を行う日や分析担当者などを変えて測定したときの分析値のばらつき。

表3 各分析種の室内再現精度

分析種	添加濃度 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	RSDi (%)	添加濃度 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	RSDi (%)
エキミジン	10	7.4	100	8.1
エキミジン窒素酸化物	10	4.9	100	5.1
ヘリオトリン	10	6.5	100	6.4
ヘリオトリン窒素酸化物	10	5.6	100	6.0
インテルメジン	10	6.0	100	4.8
インテルメジン窒素酸化物	10	6.4	100	5.2
ラシオカルピン	10	5.8	100	7.8
ラシオカルピン窒素酸化物	10	8.1	100	4.4
リコプサミン	10	6.0	100	4.7
リコプサミン窒素酸化物	10	6.2	100	8.3
モノクロタリン	10	5.4	100	4.8
モノクロタリン窒素酸化物	10	5.2	100	4.8
レトロルシン	10	8.0	100	4.7
レトロルシン窒素酸化物	10	6.6	100	8.8
セネシオニン	10	7.9	100	9.3
セネシオニン窒素酸化物	10	4.8	100	11.8
セネシフィリン	10	5.1	100	7.5
セネシフィリン窒素酸化物	10	5.9	100	5.2
セネシベルニン	10	6.6	100	7.7
センキルキン	10	8.2	100	4.1
トリコデスミン	10	6.1	100	9.3
ペタシテニン	10	4.7	100	4.8
ネオペタシテニン	10	5.9	100	8.5