

令和 6 年度食品衛生基準科学研究費補助金 食品安全科学研究事業

残留農薬規制における国際整合を推進するための研究

研究分担報告書

食品群の決定に資する農薬の残留指標と手順開発に関する研究

研究分担者 飯島 和昭

一般財団法人残留農薬研究所 試験事業部

研究要旨

グループ MRL を残留データの少ないマイナー作物や、形態の異なる新品種に外挿する際の判断を、簡易に判定する指標や評価ツールを開発することを目的とした各種の調査解析を行った。本年度は、3D スキャナーを用いた形態解析法を導入することにより複雑な形状の作物への残留濃度予測法の適用拡大を試みた。形態調査では表面積の測定が困難な異形果菜等を含めた約 90 種作物の表面積解析に加えて、水洗前後の作物重量差もあわせて測定し、重量面積比 ($R_{A/W}$) および表面積で標準化した水の付着量 (M_W) を算出した。その結果、 $R_{A/W}$ および M_W はベリー類等の小粒果実類で高い傾向にあり、実残留濃度が高くなることが示唆された。また、スイカやメロン等のウリ科大形果菜において $R_{A/W}$ が低く、残留濃度が低くなる傾向が認められた。噴霧実験で得られた 4 作物に、2 種のキウイーを加えた計 6 種の食品間において、 M_W と $M_{0, norm}$ との間に良好な相関 ($r>0.9$) が認められ、水の面積付着量から農薬の付着特性が予測可能であることを確認した。データに基づき導出した関係式を用い、仁果類、ベリー類、ウリ科およびウリ科以外の果菜類について M_W から $M_{0, norm}$ を算出し、残留濃度予測モデルにより公開データの実残留濃度予測を実施した結果、予測値と実測値との間には良好な相関関係が認められた。以上から、3D スキャナーを用いた形態解析法の導入により球形以外の作物にも本予測モデルの適用が可能であることを確認した。

研究協力者

一般財団法人残留農薬研究所 化学部

近藤圭

一般財団法人残留農薬研究所 化学部

土橋ひかり

A. 研究目的

我が国では食品の国際流通網が整備された結果、多様な食品が市場に現れるようになった。またこれに関連し、我が国の農業

現場においても様々な品種の作物が育種されている。これらに伴い、現在、我が国の残留農薬等の基準値を設定する農産物等の食品分類表¹⁾に掲載される食品は 1,000 以

上に達している。そのため、農薬の残留基準値 (MRL) の設定において、特にマイナー作物に対する規制プロセスが不必要に負担になるケースが懸念される。

上述の背景から、コーデックス委員会では、試験が行われていない同一の食品グループまたはサブグループ内の関連食品における残留農薬レベルを推定するため、代表的な食品における MRL から外挿推定するグループ MRL の考え方を導入した。²⁾ 我が国においてもグループ MRL の考え方を取り入れ、とりわけマイナー作物に対し、適切な MRL が設定可能な食品群や MRL 設定に必要な作物残留試験を実施する代表作物を明確化し、国際整合を図ることとしている。³⁾ 一方でマイナー作物に適用される防除、所謂マイナー・ユースに関しては、その定義が国際的には統一されておらず、各国の農業環境や経済的条件に応じて異なるアプローチが必要であると結論づけられている。⁴⁾ そのため、マイナー作物へのグループ MRL 設定促進に資する、科学的根拠に基づいた新たな食品群設定のための指標や評価ツールの開発が求められる。

コーデックス委員会によるグループ MRL 設定のための代表食品選定のためのガイドンスでは、その選定基準として、1) 最大残留が見込まれること、2) 生産／消費面での重要性、3) 生育、病害虫、可食部、形態の類似性を挙げている。³⁾ この内、農薬の残留量は、農薬を直接食品に散布する場合、散布液を保持しやすい表面形状かつ比表面積が大きい食品ほど多くなることが直感的に予想される。しかし、既存の研究において、農薬の残留特性の観点から食品間の形態

を比較する場合、「平坦な」、「滑らかな」、「畝っている」、「凸凹している」、「毛が生えている」などの感覚的な表現での議論に終始しているのが現状である。また残留農薬濃度は伝統的に重量比 (mg/kg) で議論されてきた経緯があり、重量面積比 (cm²/g) で論じられている事例は少ない。そのため、多様な形態を有する食品において、その表面性状や比表面積に関する情報を定量的な指標として整備することが望まれる。

そこで本研究では、グループ MRL を残留データの少ないマイナー作物や、形態の異なる新品種に外挿する際の判断を、簡易に判定する指標や評価ツールを開発することを目的とした。

令和 5 年度は、本研究では、食品中の残留農薬濃度における、理論上の最大付着量を投下量で補正した単位表面積当りの農薬付着量 ($M_{0, \text{norm}}$) 及び食品の表面積を重量で除した重量面積比に要素分解することで、その特性の解明を試みた。まず簡易的な噴霧実験法を構築し、疑似インカード試料を作製・分析することで $M_{0, \text{norm}}$ を求めることとした。この方法を果皮の性状の異なる 2 品種のキウイに複数回適用することで、繰り返し散布による付着特性の違いを考察した。次に重量面積比について、作物表面にテープを巻き、それを平面に配置して 2 値化することで表面積を算定するテープ法により、その適用性を複数種の食品で確認した。また、ノギスを用いた幾何パラメータの計測及び体積計を用いた比重の測定を行い、得られた幾何パラメータから、球体、楕円体及び回転楕円体等の幾何モデルの

表面積及び体積を計算し、実測データと比較する食品の幾何学的解析手法についても検討した。得られた $M_{0, \text{norm}}$ 及び重量面積比を用い、実際の作物残留試験における試験設計及び一次反応速度式に基づく圃場の濃度減衰を取り入れることで、実際の残留濃度を予測する簡易な予測モデルを構築した。キウイにおける作物残留試験の公開データでモデルの予測精度を検証したところ、良好な精度であることを確認した。さらにモンテカルロシミュレーションを用いた確率論的解析を行うことで、残留値分布を生成し、OECD 及び NAFTA における MRL 計算方法の比較検証を実施した。

前年度の研究成果から、グループ MRL 設定促進のための食品群設定に関し、その鍵となる指標と評価アプローチを整備することができた。しかし、より多くの食品において本アプローチの適用性を検証しようとする場合、まずテーブ法による表面積の測定において、実施に非常に労力がかかること、また果皮が柔らかい食品や形状が複雑な食品には適用が困難であるという制約が判明した。また $M_{0, \text{norm}}$ の測定についても、時間的な制約から本事業期間内に多くの知見を入手することは難しいと考えられた。

そこで令和 6 年度は、食品の形態調査に 3D スキャナーを導入し、3D イメージに基づく非破壊で簡易な手法により、多種・多様な果菜・果実類の形態パラメータの収集を行い、コーデックスによる食品分類に基づいた体系化を試みた。農薬の付着特性については、引き続き噴霧実験による $M_{0, \text{norm}}$ を算定することに加え、前

年度に実施した水洗による食品の保水量を測定し、両者の間から関係式を見出し、より簡易に $M_{0, \text{norm}}$ を算定可能にした。さらに、これらの結果を用い、予測モデルによる作物残留試験データ解析をより多種の作物で進めることにより、モデルの適用範囲の拡大を試みた。

B. 研究方法

B-1. 形態調査

B-1-1. 供試作物

関東近郊の小売店を中心に、国内・国外産を問わず多種果実・果菜類を購入した。食品の分類基準は、コーデックス²⁾による分類に準じ、分類にないものについては厚生労働科学研究³⁾を参照した。令和 6 年度は、合計で 89 種類の食品、同一食品で異なる品種を含めると合計で 112 品目の形態データを調査した。形態調査は、各食品につき 5 連以上で実施した。食品群毎での調査品目数は以下の通りであった：

- ・かんきつ類 18 品目
- ・仁果類 10 品目
- ・核果類 11 品目
- ・ベリー及びその他の小粒果実類 12 品目
- ・熱帯及び亜熱帯果実類(可食果皮) 3 品目
- ・熱帯及び亜熱帯果実類(可食果皮) 20 品目
- ・アブラナ科野菜類 5 品目
- ・果菜類 (ウリ科) 16 品目
- ・果菜類 (ウリ科以外) 13 品目
- ・豆類 (未熟) 2 品目
- ・茎野菜類 2 品目

B-1-2. 装置

- ・3D スキャナー：EinScanSP (日本 3D プリンター株式会社)

- ・ノギス：デジタルノギスカーボンファイバー製 150mm (シンワ製)
- ・画像解析ソフト：Fiji (Image J win-64)
- ・天秤：PB 3002 (メトラー・トレド)

B-1-3. 調査方法

B-1-3-1. 3D スキャナーによる形態調査

以下の手順により 3D スキャナーによる形態調査を実施した。なお、食品の色味や光沢により測定が困難な場合、小麦粉または片栗粉を塗付して測定を実施した。

- ① 3D スキャナーを起動し、新規ワークを作成
 - ② スキャンモードを選択 (テクスチャー有)
 - ③ スキャン設定 (明度／HDR、位置合わせ方式、ターンテーブル速度)
 - ④ 1 回目スキャン→不要な領域を削除
 - ⑤ 2 回目スキャン (1 回目でスキャンされなかった面が見えるように設置)→不要な領域を削除
 - ⑥ 自動位置合わせ確認 (合わない場合は手動位置合わせまたはマーカーシールを食品に貼り④へ戻る)
 - ⑦ イメージ最適化後、メッシュ作成 (メッシュレベル「高」を選択)
 - ⑧ 測定より表面積と体積を計測し、obj 及び stl 形式でファイルを保存
- 測定の様子を付録 1 に示す。

B-1-3-2. テープ法による表面積測定

3D スキャナー法による測定精度の比較対象として、12 種類の食品について、テープ法による表面積の測定を実施した。測定手順を以下に示す。

細長くカットした養生テープを果実に巻き付けた。巻き付けたテープを A4 サイズの白色普通紙に貼り付け、その用紙をスキャンし、PDF ファイル化した。その PDF ファイルを画像解析ソフト Fiji

(Image J win-64) を用いて 2 値データ化し、表面積を測定した。

B-1-4. データ処理

3D スキャナーで測定した表面積を、天秤を用いて測定した個体重量で除して重量面積比 (cm^2/g) を求めた。また重量を、3D スキャナーで測定した体積で除することにより密度 (g/cm^3) を求めた。そして核果類をはじめ、硬質の種子を有する食品については、種子の重量を計測し、食品全体の重量に対する占有率 (%) を算出した。最終的な報告値は、各食品の反復間における算術平均値と標準偏差とした。これらのデータをコーデックス²⁾の食品分類に基づき得られたデータと関連情報を統合・集計した。

B-2. 保水量調査

B-2-1. 供試作物

B-1-1 と同様

B-2-2. 装置

- ・天秤：PB 3002 (メトラー・トレド)

B-2-3. 保水量測定

B-1-4 で予め食品の重量を計測した後 (W_0)、緩やかな流水下で食品を回転させながら洗浄後、その重量を計測 (W_1) し、両者の差から保水量 ($W_1 - W_0$) を求めた。測定の様子を付録 2 に示す。

B-2-4. データ処理

前項で測定した保水量を、3D スキャナーで測定した表面積で除することにより単位面積当たりの水の保水量として標準保水量 ($M_w, \text{g}/\text{cm}^2$) を求めた。B-1-4 と同様に、平均値及び標準偏差を算出して集計した。

B-3. 農薬の付着特性調査

農薬の付着特性として $M_{0, \text{norm}}$ を算出するため、前年度に構築した簡易な噴霧実験及び比較対象として浸漬実験を実施した。

B-3-1. 供試食品

令和6年度は大玉トマト、きゅうり、かき及びいちごについて、農薬の付着特性値である $M_{0, \text{norm}}$ の算出を試みた。いずれも国内栽培されたものを関東近郊の小売店で購入した。実験に供試した各食品の写真を付録3に示す。

B-3-2. 供試製剤

- ・アルバリン顆粒水溶剤（三井化学クロップ&ライフソリューション製）
- ・ロブラール水和剤（バイエルクロップサイエンス製）
- ・アプロードエース FL（日本農薬製）
- ・アディオン乳剤（住友化学製）
- ・マラソン乳剤（住友化学製）
- ・セイビアーフロアブル（シンジェンタジャパン製）
- ・フェニックス顆粒水和剤（日本農薬製）

詳細な情報は表1に示す。

B-3-3. 実験方法

B-3-3-1. 実験系の設計

当該実験では、対象食品1個体に対して農薬を cGAP に基づき希釈した混合散布液を噴霧あるいは浸漬することにより、単回処理当たりでの残留量が最大となる疑似インカード試料を作製することが目的である。B-3-1 の各供試食品について、B-3-2 の供試製剤の内、使用登録がある製剤を複数組み合わせ、各濃度が最高となるよう希釈倍率を設定した。噴霧実験における

食品1個体あたりへの散布量は、以下の手順で決定した。

- ① 農林水産省の作物統計から各食品の10a 当たり収量 (kg)、また JA 等から M サイズの出荷規格 (g) を取得し、10a 当たりの収穫個数を算出
- ② 10a 当たりの収穫個数から食品1個体が占める専有面積を計算
- ③ 10a 当たりの cGAP 散布量を対象食品の作物残留試験資料を参照し、食品1個体が占める専有面積との比計算により食品1個体当たりの散布量を算出

食品1個体当たりの散布量の算出結果を表2に示す。また各食品へ散布した農薬製剤及び実際の散布量及びその結果にもとづく有効成分投下量を表3に示す。

B-3-3-2. 散布液の調製

散布液は実験毎に各農薬製剤を表3に基づき、散布液量として1~2 L になるよう蒸留水で希釈した。噴霧実験では、トマト、きゅうり及びかき実施時には市販の園芸用スプレー、いちご実施時には化粧用アトマイザーに散布液を充填し、各食品に処理した。噴霧回数は、水を用いた予備検討により、1プッシュ当たりの吐出量を重量で計測して設定した。実際の散布量は、噴霧直前に散布液を必要回数プッシュしてその総重量を計測し、これを5回繰り返した平均値を1個体あたりへの実際の散布量とした（表3参照）。なお、散布液の密度が ≈ 1 であることを事前に確認した。

B-3-3-3. 噴霧及び浸漬操作

塩化ビニル製の円筒管を組み合わせ、50×60×120 (cm) の骨格を組み、それにポリ袋を取り付けることにより簡易的なドリフト防止用チャンバーを作成した（付

録4)。猫除けマットを敷いたステンレス製バットに食品1個体を固定し、チャンバー内の回転テーブルに設置した後、バットを回転させながら、散布液を噴霧した。次に、噴霧実験残余散布液を2L容ビーカーに移し、食品1個体を、表面が泡立たないように回転させながら浸漬処理した。各食品5個を1回処理試料とした。なお、噴霧に供した食品は、予めB-1-1-1の方法で表面積及び重量を計測した。事前に常温で1晩乾燥させた後、B-4の分析方法により直ちに分析した。

B-3-4. データ解析

B-4の分析により得られた残留濃度から、表面積及び個体重量を用いて面積当たりの付着量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)を算出した。計算方法は以下に示す。また表3に示した投下量(L/ha)で補正した面積付着量($M_{0, \text{norm}}$, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in kg a. i./ha)を算出した。算出式を以下に示す。

$M_{0, \text{norm}} (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = \text{固体重量 (g)} \times \text{残留濃度 (mg/kg)} / \text{表面積 (cm}^2\text{)}$

$M_{0, \text{norm}} (\mu\text{g}/\text{cm}^2 \text{ in kg a. i./ha}) = \text{面積付着量}(\mu\text{g}/\text{cm}^2) / [\text{噴霧液濃度 (mg/L)} / \text{投下量 (L/ha)}]$

B-4. 分析法

B-4-1. 分析標準品

- ・ジノテフラン標準品：純度 99.8% (富士フイルム和光純薬製)
- ・(E)-フェンピロキシメート標準品：純度 98.41% (Dr.Ehrenstorfer 製)
- ・イプロジオン標準品：純度 99.25% (Dr.Ehrenstorfer 製)
- ・ブプロフェジン標準品：純度 99.4% (富

士フイルム和光純薬製)

- ・ペルメトリン標準品：純度 99.73% (Dr.Ehrenstorfer 製)
- ・マラチオン標準品：純度 98.4% (富士フイルム和光純薬製)
- ・フルジオキシニル標準品：純度 99.9% (Dr.Ehrenstorfer 製)
- ・フルベンジアミド標準品：純度 99.6% (富士フイルム和光純薬製)

B-4-2. 試薬、固相カラム

- ・アセトニトリル、トルエン、メタノール：残留農薬試験用(関東化学製)
- ・メタノール：LC/MS 用 (関東化学製)
- ・酢酸アンモニウム：特級 (関東化学製)
- ・水：PURELAB Flex System (ELGA Lab Water 製) で精製した水
- ・ろ過補助剤：Celite No.545 (富士フイルム和光純薬製)
- ・GCB/NH₂ 積層ミニカラム：ENVI-CARB/LC-NH₂, 500 mg/500 mg/6 mL (シグマアルドリッチジャパン製)

B-4-3. 機器

- ・ミキサー：MX-X301 (Panasonic 製)
- ・ホモジナイザー：PT3100 (KINEMATICA AG 製)
- ・高速液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS)
LC 部；Nexera X2 System (島津製作所製)
MS 部；Triple Quad 4500 または 5500+
解析ソフト：Analyst (AB Sciex 製)

B-4-4. 標準溶液の調製

標準原液の調製

ペルメトリン標準原液：標準品 10 mg を精密に量り、20 mL 容全量フラスコに入れた。アセトニトリルを加え、超音波を照射

して溶解した後に定容し、これを標準原液 (500 mg/L) とした。ジノテフラン、フェンピロキシメート、イプロジオン、ブプロフェジン、マラチオン、フルジオキサニル及びフルベンジアミドは純度補正して 10 mg になるように量り取り、ペルメトリンと同様の方法で標準原液 (500 mg/L) をそれぞれ調製した。

添加用混合標準溶液の調製

添加用 8 成分混合標準溶液 (2 mg/L) : 標準原液の 1 mL をそれぞれ 50 mL 容全量フラスコに採り、アセトニトリルを加えて定容し、混合標準溶液 (10 mg/L) を調製した。次いで、その 4 mL を 20 mL 容全量フラスコに採り、アセトニトリルを加えて定容し、添加用 6 成分混合標準溶液 (各 2 mg/L) を調製した。

検量線用混合標準溶液の調製

混合標準溶液 (10 mg/L) の 1 mL を 50 mL 容全量フラスコに採りアセトニトリルを加えて定容し、0.2 mg/L 混合標準溶液を調製した。この混合標準溶液をさらに表 2 に従って希釈し、測定用混合標準溶液を 6 点調製した。メタノール溶液中でイプロジオンが不安定なため、分析対象にイプロジオンが含まれる場合には、検量線用混合標準溶液は用時調製した。

B-4-5. 試料の調製

B-4-5-1. 分析用試料の調製

B-3-3-3 で作製した試料を乾燥後に個体毎にミキサーで均一化し、分析用試料とした。また未処理試料についても同様に調製し、分析法の妥当性確認試料及び精度管理用試料として使用した。

B-4-6. 分析法

B-4-6-1. 残留分析試料溶液の調製

本研究の分析対象成分は、公示一斉分析法 (LC/MS 一斉試験法 I) を参照して最適化した条件を採用した。⁶⁾ 分析操作を以降に示す。

試料 20.0 g にセライト 5 g を添加後、アセトニトリル 50 mL を加え、1 分間ホモジナイズした後、吸引ろ過した。ろ紙上の残留物を容器に戻し、アセトニトリル 20 mL を加え、1 分間ホモジナイズし、吸引ろ過した。アセトニトリル 10 mL でシャフトを洗浄し、洗浄液を吸引ろ過した。得られたろ液を合わせ、アセトニトリルを加えて 100 mL に定容した。アセトニトリル/トルエン (3:1, v/v) 10 mL で前処理した GCB/NH₂ 積層カラムに抽出液を 2 mL (試料 0.4 g) 負荷した。アセトニトリル/トルエン (3:1, v/v) を 20 mL 流下し、全溶出液を分取した。分取した溶出液を減圧濃縮及び窒素乾固し、メタノール/水 (1:1, v/v) 10 mL に超音波を照射して溶解したものを測定用溶液とした。測定用溶液を LC-MS/MS に注入し、B-4-6-3 に示した条件に従い測定した。

B-4-6-2. 有姿抽出試料溶液の調製

今年度はより簡便な分析方法についても検討した。B-3-3-3 の方法で作製した噴霧試料を適切な大きさのピストパックに移し、供試食品の表面積に応じ、80 mL/100 cm² の比率でアセトニトリルを加え、5 分間超音波抽出した。抽出した果実を取り除き、試料 0.4 g 相当量の抽出液を採取した。この溶液をメタノール/水 (1:1, v/v) で適

切な容量に定容し、B-4-6-3 に示した条件に従い LC-MS/MS 測定した。各食品における抽出溶媒量 (mL) 及び括弧内に 0.4 g 相当量の平均値±標準偏差をそれぞれ示す。

- ・大玉トマト 142±14.4 mL (265±6.7 µL)
- ・きゅうり 155±23.5 mL (584±66.5 µL)
- ・かき 154±4.4 mL (280±4.7 µL)
- ・いちご 58±3.0 mL (581±20.7 µL)

B-4-6-3. 測定条件

1) LC-MS/MS 操作条件

LC の操作条件

カラム：ACQUITY UPLC BEH C18 (内径 2.1 mm、長さ 100 mm、粒径 1.7 µm)
[Waters 製]

移動相：

A 液；5 mmol/L 酢酸アンモニウム水溶液

B 液；5 mmol/L 酢酸アンモニウム含有メタノール

グラジエント条件；A 液：B 液

90:10(1min 保持) - (1.1min) -60:40 (1.2min 保持)-(10.4min)-5:95(2.3min 保持)

流量：0.3 mL/min

カラム温度：40℃

注入量：5 µL

MS/MS の操作条件

イオン化法：ESI 法、正モード

コリジョンガス：窒素

イオン検出法：MRM 法

イオンパラメータ：表 4 参照

B-4-6-4. 検量線の作成

検量線用混合標準溶液を測定して、各分析対象化合物の濃度とピーク面積から最小二乗法により得た一次回帰式を検量線として用いた。いずれの検量線についても、

相関係数は ≥ 0.995 となった (付録 5)。

B-4-6-5. 濃度の計算

各測定用溶液を LC-MS/MS に注入し計測されたピーク面積から、検量線を用いて各分析対象化合物の重量を逆推定した後、供試試料と分析対象化合物の組合せごとに濃度を算出した。

B-4-6-6. 妥当性確認

各品種の無処理試料を用いた分析対象成分の定量限界相当 (LOQ; 0.01 mg/kg) 及び 0.5 mg/kg 添加試料による回収率の算出結果 (各添加濃度 5 連で実施)、ならびに無処理区試料の測定結果により、採用する分析法の妥当性を確認した。さらに、5 mg/kg 添加の追加回収実験を行い、採用した分析法の妥当性を確認した。また 0.004 mg/L の検量線用標準溶液を LC-MS/MS に 2 回注入して分析対象物質のピーク面積を測定し、その平均値 (A) を求めた。次に無添加試料の試験溶液 950 µL 及び 0.2 mg/L の混合標準溶液 50 µL を混合し、0.004 mg/L のマトリックス標準溶液を調製する。この溶液についても 2 回注入してピーク面積を測定し、その平均値 (B) を求め、次式に従いマトリックス効果 (ME) を算出した。

$$ME (\%) = (B / A) \times 100 - 100$$

B-4-6-7. 精度管理

適正な分析操作が行われたことを確認するため、精度管理用試料 (無添加試料と 0.1 mg/kg 添加試料を 1 点ずつ) を分析毎に併行分析した。

B-5. 予測モデルによる検証

B-5-1. 予測モデル式

前年度に構築した残留値予測モデルによって算出された予測残留値を、以降 PRL (Predicted Residue Level) と定義する。PRL は以下の式から求められる；

$$PRL = \sum_{i=0}^n C_{0,i} \times \exp\{-(FEXTRC \times RAIN_{n-PHI} + k_{decay} \times PHI)\} \quad (1)$$

$$C_{0,i} = (M_{0,norm} \times App \times R_{A/W}) \times \exp\{-(FEXTRC \times RAIN_i + k_{decay} \times (n-1) \times t)\} \quad (2)$$

ここで $M_{0,norm}$ は投下量で補正した面積付着量 [$\mu\text{g}/\text{cm}^2/(\text{kg a.i.}/\text{ha})$]、 $R_{A/W}$ は作物毎の重量面積比 [cm^2/g]、 App は農薬投下量 [$\text{kg a.i.}/\text{ha}$]、 n は散布回数、 t は散布間隔 [day]、 PHI は最終散布日から収穫日までの日数 [day]、 $FEXTRC$ は wash-off 係数 [cm^{-1}]、 $RAIN$ は積算降水量 [cm]、 k_{decay} は圃場温度 T [$^{\circ}\text{C}$] における分解等による消失速度 [day^{-1}]である。また、添え字の $n-PHI$ は最終散布から収穫日まで、 $i-(i+1)$ は i 回目の散布から $i+1$ 回目の散布までの期間をそれぞれ表している。

wash-off 係数 $FEXTRC$ は農薬中有効成分の水溶解度 ($solubility$) [mg/L] を用いて以下の関係式から算出される⁷⁾；

$$FEXTRC = 0.0160 \times Solubility^{0.3832} \quad (3)$$

実際の農薬中有効成分の水溶解度は $\mu\text{g}/\text{L}$ ～ g/L のオーダーで分布しており、上式のまま用いると、水溶解度の高い有効成分ほど降雨による移動／流出影響が強くな

る。この影響を軽減するため、実際の農薬製剤では水溶解度の高い有効成分には耐雨性が付与されているものとみなし、式 (3) への入力上限値を $0.5 \text{ mg}/\text{L}$ と設定した。

消失速度 k_{decay} は、実際の残留値に合わせて設定されるフィッティングパラメータとした。最適化された k_{decay} は、圃場温度 T における値とし、以下の式を用いることにより参照温度 T_{ref} (20°C) における農薬中有効成分の半減期 ($DT_{50, ref}$) [day] に変換した；

$$k_{decay} = \frac{\ln(2)}{DT_{50, ref}} \times Q_{10}^{\frac{T-T_{ref}}{10}} \quad (4)$$

ここで、 Q_{10} は温度補正係数であり、既往研究に基づき 1.22 に設定した⁸⁾。

B-5-2. 既存データによる検証

B-5-2-1. 解析対象データ

解析データは、農林水産省のホームページで公開されている、「果肉・果皮等の作物残留試験が収載された試験委託事業」及び「作物群の導入のための試験委託事業」の報告書から抽出した。以下にその詳細を示す。

- ・農薬登録に係る調理加工試験の導入に関する調査事業 (2009~2013)
- ・平成 24~26 年度 農薬の作物残留性に関する基礎研究：既登録農薬のびわにおける残留性に関する研究
- ・平成 29 年度作物群の導入のための試験委託事業 (トマト・ねぎ・ぶどう)
- ・平成 29 年度作物群の導入のための試験委託事業 (クラブアップル)

・平成 30 年度作物群の導入のための試験委託事業 (なす)

B-5-2-2. 解析手順

検証は MS Excel スプレッドシート上で実施した。まず作物残留試験データから、農薬中有効成分の含有濃度、希釈倍率、散布量、有効成分の水溶解度、圃場における積算降水量、平均気温他、必要事項を入力した。この時、*App* 及び *FEXTRC* が計算される。次に、入力情報に基づき PRL を計算した。この時、 k_{decay} は仮の値が入力されているため、基本的には実残留値よりも高い値が出力される。PRL と実残留値との乖離を、誤差の二乗和として表し、これを最小とするように k_{decay} をゴールシーク機能で探索した。これによって PRL の最終的な予測結果が得られた。同時に、最適化された k_{decay} を、 Q_{10} を用いて $DT_{50, \text{ref}}$ に変換した。

C. 結果及び考察

C-1. 形態・保水調査の結果

C-1-1. 食品群毎の結果

食品群毎の形態・保水調査の結果を表 5 に示す。また 3D スキャナー測定で作製した各食品の 3D イメージの例を付録 5 に示す。

C-1-1-1. かんきつ類

かんきつ類では、同一食品の重複を含め、18 種の食品について調査した (表 5-1)。重量面積比は、きんかんやシークワサー等の小型の食品で $2 \text{ cm}^2/\text{g}$ を超過し、グレープフルーツ、ぶたん及び夏みかんのような大型の食品で $1 \text{ cm}^2/\text{g}$ 未満となっていた。標準保水量は概ね $10 \text{ mg}/\text{cm}^2$ 未満であり、食品間で顕著な差異は認めら

れなかった。

C-1-1-2. 仁果類

仁果類では、同一食品の重複を含め、10 種の食品について調査した (表 5-2)。りんご及びクラブアップルを比較すると、小型のクラブアップルの重量面積比が高い傾向であった。その他には、りんご及びかきでの品種間差等での重量面積比に顕著な差は認められなかった。標準保水量では、小型で且つ有毛果実であるびわが $10 \text{ mg}/\text{cm}^2$ 以上と比較的高めの保水性を示した。

C-1-1-3. 核果類

核果類では、同一食品の重複を含め、11 種の食品について調査した (表 5-3)。おうとう及びアメリカンチェリーのように小型の食品で重量面積比が $2 \text{ cm}^2/\text{g}$ を上回っていた。標準保水量は、もも、あんず及びうめのように、有毛果皮の食品で $10 \text{ mg}/\text{cm}^2$ 以上の保水特性を示した。ももでの品種間差を確認したところ、重量面積比に差は認められなかったが、標準保水量で顕著な差が認められた。これは品種間差や採取後の鮮度等に由来する果皮の親水性 (撥水性) の違いによるものと推察された。

C-1-1-4. ベリー類

ベリー及びその他の小粒果実類では、同一食品の重複を含め、10 種の食品について調査した (表 5-4)。重量面積比はいずれも $1 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上であり、ブラックベリー、ラズベリー、アロニア及びクランベリーといったベリー類で $3 \sim 6 \text{ cm}^2/\text{g}$ と非常に高い値を示した。標準保水量ではブラックベリー、ブルーベリー及びいちごにおいて $10 \text{ mg}/\text{cm}^2$ 以上の高い保水性を示した。いずれも、果皮上の凹凸、毛またはブルームのいずれかが影響しているものと考えられた。

今回のぶどうの品種間差調査では、小

粒品種と大粒品種の重量面積比と標準保水量のいずれについても差は認められなかった。本調査での大粒品種での粒単位での調査結果と房単位での調査結果についても、明らかな際は確認されなかった。しかしながら、我々の既往の調査事例では、小粒品種の方が有意に大粒品種での残留濃度よりも高くなる傾向を確認している。⁹⁾ 従って、今回の調査結果において品種間差が認められなかった要因としては、表面積測定法（粒単位と房単位計測の違いと、マニュアル測定法と3SDスキャナーによる測定方法の違い）、果実の成熟度に応じたブルームの有無等の影響が推察された。

また、いちごでの3品種での調査でも、重量面積比で若干の差異が認められたが、これは供試固体の重量差や形状の違いによるものであると考えられる。

C-1-1-5. 熱帯及び亜熱帯果実類

熱帯及び亜熱帯果実類（可食果皮）では、いちじく、スターフルーツ及びあけびの3食品を調査した（表5-5）。重量面積比は1~2 cm²/g、標準保水量は7~9 mg/cm²程度で推移しており、食品間で目立った差異は認められなかった。

熱帯及び亜熱帯果実類（非可食果皮）では、同一食品の重複を含め、最多の20種の食品について調査した（表5-6）。重量面積比は調査した食品で最も小型のロンガンで2.40 cm²/gと高い数値を示したが、多くは2 cm²/gを下回っていた。またマンゴー、パパイヤ及びパイナップルなどの大型の食品では1 cm²/g未満となった。標準保水量は、ライチ、ロンガン、アテモヤのように果実表皮に凹凸があるものでは10 mg/cm²以上となる傾向があった。キウイフルーツの有毛品種であるヘイワード、柔らかいとげが密生しているランブータン及び鱗状の果皮を有するパイナッ

プルでは20 mg/cm²以上と非常に高い保水性を示した。品種間差を見ると、バナナにおいては大きさの異なる品種を供試したが、重量面積比・標準保水量ともに差は認められなかった。一方キウイフルーツでは、ヘイワード品種とサンゴールド品種との間では、果皮上の毛の有無を反映し、標準保水量に顕著な差が認められた。この結果については過年度の調査結果を支持するものであった。

C-1-1-6. アブラナ科野菜類（葉菜を除く）

葉菜を除いたアブラナ科野菜類では、ブロッコリー、カリフラワー、芽キャベツ、キャベツ及び白菜の5食品について調査した（表5-7）。小型の芽キャベツにおいて重量面積比が高くなる傾向は他食品群と同様の傾向であったが、比較的大型のブロッコリーとカリフラワーにおいて高い値を示す傾向が認められた。また標準保水量では、表面がフラクタル構造であるロマネスコ品種のカリフラワーで20 mg/cm²以上の非常に高い値を示したことに加え、白菜では40.21 mg/cm²と調査した食品で最も高い値を示した。白菜は結球性の品種を供試しているが、同じく結球性であるキャベツと比較しても非常に保水性を示していたことから、白菜では構造上、より芯部に水が浸入しやすかったためこの結果となった可能性があり、今後、実残留値との比較も踏まえながら本結果の妥当性を検証する必要がある。

C-1-1-7. 果菜類（ウリ科果）

ウリ科果菜類では、同一食品の重複を含め、16種の食品について調査した（表5-8）。重量面積比ではメロン、すいか及びかぼちゃ等の大型果菜において0.5 cm²/g程度と調査した食品中で最も低い値を示した。また特筆事項として、比較的大型であるゴーヤの重量面積比が、より小型のきゅうりやマシシと比較して高い値を示

したことが挙げられる。標準保水量では、メロンとネットメロンとの間で大きく差が出ており、これは網目の表面構造を有するネットメロンがより高い残留値を示す従来の考察を支持するものであった。その他の品種間差について、かぼちゃにおいて、この他の大きさに起因する重量面積比の違いがみられた。

C-1-1-8. 果菜類 (ウリ科以外)

ウリ科以外の果菜類では、同一食品の重複を含め、16 種の食品について調査した (表 5-9)。重量面積比では、オクラ、ピーマン及び甘長トウガラシのような中空の食品で 3~6 cm²/g と非常に高い値を示し、オクラの 5.87 cm²/g は調査した食品の中で最も高い値であった。標準保水量については特筆すべき特徴は見られなかった。品種間差を見ると、中玉トマト及びミニトマトでは、重量面積比が大玉トマトの 2 倍及び 3 倍と大きく異なる傾向を示した。現行の農薬登録上、トマトとミニトマトを分けていることが妥当であることが分かる結果となった。またなすにおいて、重量面積比が、長なす>中長なす>米なす≒タイなすの順に高くなる傾向がみられた。今年度調査できなかった丸なす及び水なすを含め、引き続き品種間差を調査する必要があることが示唆された。

C-1-1-9. その他

豆類 (未熟) 及び茎野菜類についてはそれぞれさやいんげん及びスナップエンドウ、アスパラガスを調査した (表 5-10、5-11)。これらについては十分な種類の食品での検証ができていないが、いずれも重量面積比が 4~6 cm²/g と非常に高い値を示す傾向が認められた。

C-1-2. 幾何的特性に関する全体考察

本調査を通した全体的な傾向として、球体に近い形状の果実・果菜については、

その大きさが小さいほど重量面積比が低くなる傾向が認められた。これは球の重量と体積の比が、その半径に反比例する特性に起因するためと考えられた。ここで、今回調査した食品の密度の総平均の及び中央値は、ともに 0.9 g/cm³であったことから、重量≒体積とみなした。

次に、重量と表面積、体積と表面積の関係を図 1 及び 2 にそれぞれ示す。重量、体積いずれも大きくなるにつれ、表面積との比率が小さくなる傾向がみられた。これは大型の食品ほど重量面積比が小さくなることを表している。一方で、この傾向から外れる食品がみられ、重量と表面積ではキャベツ、白菜、ブロッコリー、カリフラワー及び大粒品種のぶどう、体積と表面積ではブロッコリー、カリフラワー及び大粒品種のぶどうとほとんどがアブラナ科果菜類であった。これらを外れ値として除外し、べき乗式で近似し、以下の食品の幾何特性に関する 2 種のモデルを導出した：

- ・ 表面積 (y) - 重量モデル(x)

$$y = 6.5x^{0.65} (R^2 = 0.91)$$

- ・ 表面積 (y) - 体積モデル(x)

$$y = 5.9x^{0.66} (R^2 = 0.93)$$

それぞれ決定係数 R² が 0.9 以上の良好な関係性が見いだされた。この内、表面積 - 体積モデルを食品モデルとして、球体、立方体及び四面体モデルの場合での体積と表面積の関係式を比較したものを図 3 に示す。比較に用いた立体モデルについては表面積が体積の 2/3 (≒0.67) のべき乗則で記述できることが知られており、係数は単位体積における表面積と体積の比

率である。これらと比較すると、食品モデルについても概ね 2/3 のべき乗則に従っていることが示されており、表面積と体積の比率は球と立方体の間であることが分かった。さらに、上述の通り適用外となる食品もあるものの、食品の表面積は重量または体積から簡易に推定可能であることが確認された。

C-1-3. 残留特性に関する全体考察

横軸に重量面積比、縦軸に標準保水量をとり、食品群毎にプロットしたものを図 4 に示す。重量面積比が大きい食品群は、オクラ、とうがらし、ピーマンなどのウリ科以外の果菜類が多い傾向であった。標準保水量が高い食品群は、パイナップル、ランブータン、キウイ等の熱帯・亜熱帯果実類や白菜キャベツなどのアブラナ科野菜類が該当した。重量面積比と標準保水量がともに高かった食品群は、ブルーベリー、クランベリー、アロニアなどのベリー及びその他の小粒果実の内、小型のベリー類であった。これに対し、重量面積比と標準保水量がともに低い食品群としては、メロン、すいか、かぼちゃといった大型のウリ科果菜類が多かった。

続いて、残留値予測モデルの仮定より、食品表面への農薬最大残留量が、 $M_{0, \text{norm}}$ と重量面積比の積で表されることから、標準保水量と重量面積比の積を残留性スコアと定義し、昇順に並べてプロットしたものを図 5 に示す。これより、残留性スコアは 20 以下の領域に概ね 90% の食品が存在していた。残り 10% にあたる残留性スコア上位 10 食品は、ブルーベリー、ランブータン、クランベリー、白菜、いちご、ブラ

ックベリー、オクラ、カリフラワー、アスパラガス、ロンガンであった。ここでも半分をベリー類が占めていた他、白菜やオクラ等、標準保水量や重量面積比が特異的に高い食品が上位に位置付けられた。ただし、残留性スコアが高い食品が高残留であるという関係までは見いだせておらず、今後の検討課題として残されている。

C-2. 農薬の付着特性実験結果

C-2-1. 分析法の妥当性確認

分析法の妥当性における、各食品の回収率算出結果及びマトリックス効果の確認結果を表 6 及び 7 にそれぞれ示す。また使用した検量線の一例及びクロマトグラムの代表例を付録 6 に示す。

トマトにおいて、無添加 (BL) 試料よりイプロジオンが検出され、LOQ 相当での妥当性が担保できなかった。しかし、トマト試料におけるイプロジオンの定量濃度は、いずれも 0.5~5 mg/kg の範囲であったため、本研究における比較解析への影響はないと判断した。その他の分析対象について、3 濃度 (0.01, 0.5, 5 mg/kg) の平均回収率は、87~103%であり、並行相対標準偏差 (RSDr) は 14%以下と問題ない結果が得られた。マトリックス効果としてイプロジオンが+32%となっているがこれは無添加試料からの検出に由来するものであった。

きゅうりにおいて、BL 試料よりジノテフランが検出され、LOQ 相当での妥当性が担保できなかった。しかし、きゅうり試料におけるイプロジオンの定量濃度は、いずれも $10 \times \text{LOQ} \sim 5 \text{ mg/kg}$ の範囲であっ

たため、本研究における比較解析への影響はないと判断した。その他の分析対象について、3 濃度の平均回収率は、76～114%であり、RSDr は 13%以下と問題ない結果が得られた。また $|\pm 20\%|$ を超えるマトリックス効果は認められなかった。

かきにおいて、BL 試料よりジノテフラン及びフルベンジアミドが検出され、LOQ 相当での妥当性が担保できなかった。しかし、かき試料におけるイプロジオンの定量濃度は、いずれも $10 \times \text{LOQ} \sim 5 \text{ mg/kg}$ の範囲であったため、本研究における比較解析への影響はないと判断した。その他の分析対象について、3 濃度の平均回収率は、94～116%であり、RSDr は 5%以下と問題ない結果が得られた。マトリックス効果としてジノテフランが+46%となっているがこれは無添加試料からの検出に由来するものであった。

いちごにおいて、LOQ 相当での回収データの内、イプロジオン、ペルメトリン及びフルベンジアミドにおいて異常値データが認められた。しかし、いずれのデータもグラブズ検定により棄却することができたため、異常値を除外した 4 連でのデータ処理を行った。3 濃度の平均回収率は、91～105%であり、RSDr は 15%以下と問題ない結果が得られた。また $|\pm 20\%|$ を超えるマトリックス効果は認められなかった。

以上の結果から、今年度供試した 4 食品について分析法の妥当性が確認された。

C-2-2. 実験結果

農薬の付着特性実験における分析結果を表 8 及び図 6 に、実験に用いた各食品

の幾何特性を表 9 にそれぞれ示す。また浸漬法による結果 (以降、浸漬)、噴霧試料を B-4-6-1 の方法で分析した結果 (以降、噴霧 (磨砕抽出)) 及び噴霧試料を B-4-6-2 の方法で分析した結果実験 (以降、噴霧 (有姿抽出)) について、噴霧 (磨砕抽出) をベースケースとした場合に対する、浸漬及び噴霧 (有姿抽出) の、残留値の統計的な比較を、Dunnett法を用いて実施した。検定はオープンソフトウェア R とそのパッケージ ('multcomp') を用いて実施した。

トマトにおける実験では、農薬毎の残留値は散布液濃度に比例して高くなる傾向であった。実験方法では浸漬<噴霧 (磨砕抽出) <噴霧 (有姿抽出) の順に高くなり、噴霧 (磨砕抽出) に対し、浸漬及び噴霧 (有姿抽出) にて有意な差 (5%の有意水準) が認められた。

きゅうりにおける実験では、農薬毎の残留値は散布液濃度に比例して高くなる傾向であった。実験方法では浸漬、噴霧 (磨砕抽出)、噴霧 (有姿抽出) の間でいずれの農薬も概ね同等水準で推移しており、噴霧 (磨砕抽出) に対する有意差は認められなかった。

かきにおける実験では、農薬毎の残留値は散布液濃度に比例して高くなったが、浸漬及び噴霧 (磨砕抽出) におけるペルメトリンの残留濃度が散布液濃度に対してやや低かった。実験方法では浸漬<噴霧 (磨砕抽出) <噴霧 (有姿抽出) の順に高くなり、噴霧 (磨砕抽出) に対し、浸漬及び噴霧 (有姿抽出) にて有意差が認められた。

いちごにおける実験では、農薬毎の残留値は散布液濃度に比例して高くなったが、

浸漬におけるフルジオキサニルの残留濃度が散布液濃度に対してやや高めに検出された。実験方法では浸漬＜噴霧（磨砕抽出）≒噴霧（有姿抽出）となり、噴霧（磨砕抽出）に対し、浸漬では有意差が認められたが、噴霧（有姿抽出）では有意差は認められなかった。

C-2-3. $M_{0, \text{norm}}$ の算出結果

表 8 において算出した農薬毎の $M_{0, \text{norm}}$ から、農薬間総平均を計算した結果を表 10 に示す。C-2-2 で説明した通り、各農薬の残留値は概ね散布濃度に比例しているため、散布液濃度及び散布量から計算した投下量（表 3 参照）で標準化した $M_{0, \text{norm}}$ は、農薬の種類や物性を問わず一定の値に収束した。この結果は前年度までの結果を支持するものであり、かつ食品の種類に拠らないことを示唆している。一方、実験方法で比較すると、 $M_{0, \text{norm}}$ は浸漬と噴霧（磨砕抽出）ではトマト、かき及びいちご、噴霧（磨砕抽出）と噴霧（有姿抽出）ではトマトにおいて顕著な差が認められた。この原因については次項で考察する。

C-2-4. 実験結果の考察

C-2-4-1. 磨砕抽出と有姿抽出について

噴霧試料では、磨砕抽出及び有姿抽出による残留値の比較を実施した。この結果、散布液の濃度が高い農薬中の有効成分ほど両者の解離が顕著である傾向がみられた。次に、試料重量に対する抽出溶媒量をみると、磨砕抽出では、試料 20 g に対して 50 mL の溶媒で抽出するので 2.5 mL/g であり、最終的に 100 mL に定容すると 5 mL/g である。他方、有姿抽出では、トマト、きゅうり、かき及びいちごに

おいて、それぞれ 0.7 mL/g、1.4 mL/g、0.7 mL/g 及び 1.5 mL/g であった。この内、残留値について、磨砕抽出と有姿抽出で有意差が認められたのはトマトとかきであった。以降の分析操作では、両分析法ともに 0.4 g 相当量を分取して実施した点から考えると、同一量食品に付着させたと仮定しても、単位重量相当の抽出溶媒量の違いにより、抽出液中に含まれる有効成分量に差が生じ、これは付着量が多いほど影響が大きくなり、結果としてより高濃度側の分析値に差が生じたのものと考えられた。

今年度検討した有姿抽出は、分析操作自体は簡易であるが、上述のように食品の重量面積比の差により分析値に差が出てしまうこと、またこれを溶媒量で補正すると結果として使用溶媒量が増えてしまうことが懸念された。そのため、現状の磨砕抽出法の代替手段として有用とは言えないと判断した。

C-2-4-2. 噴霧と浸漬について

噴霧実験は、前年度報告の通り、実際の散布量が分からない浸漬実験の代替手段として開発した。浸漬実験は、食品の表面全体に散布液を付着させることから、単回当たりの処理で最大量の農薬中有効成分を付着させる手段と考えられてきた。しかし、今年度実施のトマト及びかきにおいては、噴霧実験による付着量の方が有意に高い結果であった。この原因として、両食品ともに作物表面が滑らかであったことから、表面に付着した散布液滴が大きいと、それらが合わさり表面から流れやすく、浸漬実験ではよりそのよう

な状況が作られやすかったと予想された。またこの状況は、実験においても目視確認されている。このことから、浸漬実験は簡易な手法であるものの、適用する食品によっては最大付着量を過小評価する可能性が示唆され、より実際の処理方法を模した噴霧実験がより妥当であると考えられた。

次に、いちごの結果について考察する。いちごの実験結果より、浸漬で得られた $M_{0, \text{norm}}$ の方が、噴霧に対して2倍以上有意に高くなっていた。この原因として、実験に供試したいちごの大きさ(重量)が(表9参照)、散布量の設計において想定した大きさのものと比べて2倍程度大きかったため、散布量がcGAPに相当していなかったことが考えられた。この考察に基づき、いちごを含むすべての食品を重量補正して $M_{0, \text{norm}}$ を再計算した。その結果が図7である。これより、補正した噴霧実験におけるいちご $M_{0, \text{norm}}$ は、浸漬実験の結果と同等になり、農薬の付着特性は、かき<きゅうり<トマト<いちごの順になることが確認された。

以上のように、これまでに確立した浸漬と噴霧による実験を並行して行うことにより、その結果の解釈により多様な視点を加えることが可能である。そのため、農薬の付着特性を評価する際には、両者を相補的に実施することが望ましいと考えられる。

C-2-5. 保水性と農薬の付着特性

今年度の課題は、投下量で補正した単位表面積当りの農薬付着量 ($M_{0, \text{norm}}$) と標準保水量 ($M_w, \text{g/cm}^2$) との間より、何ら

かの関係式を見出すことであった。算出に際し、前年度に実施したヘイワード及びサンゴールド品種のキウイフルーツの実験結果についても、同様に重量補正して $M_{0, \text{norm}}$ を算出した。

C-1 の形態調査で得られた M_w を横軸に、 $M_{0, \text{norm}}$ を縦軸にとりプロットしたものを図8に示す。この結果、両者の間には R^2 として0.95の良好な線形関係が見いだされた。これにより、 $M_{0, \text{norm}}$ は M_w から推定可能であることが確認された。

C-3. 予測モデルによる検証結果

B-5-2 に挙げた公表データから、仁果類としてりんご、クラブアップル及びびわ、ベリー及びその他小粒果実類よりぶどう、ウリ科果菜類としてメロンとすいか、ウリ科以外の果菜類よりなすについてそれぞれ検証を行った。対象食品について、 M_w から推定された $M_{0, \text{norm}}$ と、C-1 の形態調査で得られた重量面積比 ($R_{A/W}$) を表11に示す。

C-3-1. 仁果類

C-3-1-1. りんご及びクラブアップル

りんご及びクラブアップルのPRLと実残留値を1:1でプロットしたものを図9に示す。検証したデータは、3農薬製剤中の3種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は2017年に4圃場において、露地栽培のりんご4品種、クラブアップル3品種で実施された。投下量は有効成分量として0.45~0.50 kg a.i./ha、散布は2~3回を7日間間隔で実施し、PHIが1~21であった。総検証データ数は134であった。検証の結果、PRLと実残留値間の決定係数 R^2 は0.50、RMSE (Root Mean Squared Error) は7.33と再現

精度としてはやや低い結果であった。 $M_{0, \text{norm}}$ はりんごとクラブアップルで大きな違いはなかったが、より小型のクラブアップルの方が、重量面積比が小さい分、残留値としてはりんごよりやや高めに検出されている傾向が認められた。

C-3-1-2. びわ

びわの PRL と実残留値の 1:1 プロットを図 10 に示す。検証したデータは、25 農薬製剤中の 25 種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は 2012～2014 年に 3 圃場において、有袋または無体栽培の 3 品種で実施された。投下量は有効成分量として 0.03～8.14 kg a.i./ha、散布は 1～5 回を 6～8 日間間隔で実施し、PHI が 1～90 であった。総検証データ数は 231 であった。検証の結果、PRL と実残留値間の R^2 は 0.78、RMSE は 6.50 と良好な再現精度であった。形態調査からびわは保水性が高く、 $M_{0, \text{norm}}$ が高いため高濃度での残留が予想されたが、ほとんどのデータは 0.1～1 mg/kg の範囲で推移していた。

C-3-2. ベリー及びその他小粒果実類

大粒ぶどう及び小粒ぶどうの PRL と実残留値を 1:1 プロットを図 11 に示す。検証したデータは、35 農薬製剤中の 35 種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は 16 圃場において、施設栽培の大粒品種及び小粒品種で実施された。投下量は有効成分量として 0.04～6.62 kg a.i./ha、散布は 1～5 回を 7 日間間隔で実施し、PHI が 1～90 であった。総検証データ数は 245 であった。検証の結果、PRL と実残留値間の決定係数 R^2 は 0.75、RMSE

は 4.27 と良好な再現精度が得られた。ぶどうにおいては、大粒品種及び小粒品種との間で $R_{A/W}$ と $M_{0, \text{norm}}$ に差異がなかったため、両者の残留値にも明確な差異は認められなかった。

C-3-3. ウリ科果菜類

C-3-3-1. メロン及びマスクメロン

メロン及びマスクメロンの PRL と実残留値の 1:1 プロットを図 12 に示す。検証したデータは、18 農薬製剤中の 18 種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は 2009～2013 年に 4 圃場において、施設栽培の、ネットメロン 6 品種及びメロン 2 品種で実施された。投下量は有効成分量として 0.03～6.35 kg a.i./ha、散布は 2～5 回を 4～7 日間間隔で実施し、PHI が 1～7 であった。総検証データ数は 292 であった。検証の結果、PRL と実残留値間の決定係数 R^2 は 0.95、RMSE は 1.03 と非常に高い再現精度が得られた。 $M_{0, \text{norm}}$ が網目の表面構造をもつマスクメロンの方で高く、残留値もその特性を反映し、メロンに比べて高くなっていた。

C-3-3-2. すいか

すいかの PRL と実残留値の 1:1 プロットを図 13 に示す。検証したデータは、19 農薬製剤中の 25 種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は 2009～2013 年に 3 圃場において、施設栽培した 7 品種で実施された。投下量は有効成分量として 0.03～5.10 kg a.i./ha、散布は 1～5 回を 7 日間間隔で実施し、PHI が 1～7 であった。総検証データ数は 231 であった。検証の結果、PRL と実残留値間の R^2

は 0.85、RMSE は 3.23 と非常に高い再現精度が得られた。形態調査からすいかは $R_{A/W}$ が $0.5 \text{ cm}^2/\text{g}$ 未満であり、かつ表面も滑らかで保水性が低いため、低濃度での残留傾向であり、データは $0.01 \sim 0.1 \text{ mg/kg}$ の範囲に多く分布していた。

C-3-4. ウリ科果以外の果菜類

長なす、中長なす、米なす及び丸なすの PRL と実残留値の 1:1 プロットを図 14 に示す。検証したデータは、3 農薬製剤中の 3 種の有効成分についての作物残留試験データであり、試験は 2018 年に 3 圃場において、施設栽培の長なす、中長なす、米なす及び丸なす各 1 品種で実施された。投下量は有効成分量として $0.28 \sim 0.56 \text{ kg a.i./ha}$ 、散布は 2~3 回を 7 日間間隔で実施し、PHI が 0~14 であった。総検証データ数は 90 であった。検証の結果、PRL と実残留値間の決定係数 R^2 は 0.67、RMSE は 2.14 と概ね良好な再現精度であった。形態調査の結果から、なすは長なすほど重量面積比が高く、丸型に近くなるほど低くなる傾向が確認された。検証データ数が少ないこと、丸なすや水ナスでの検証ができていないことから踏み込んだ考察はできないものの、同一作物でも栽培品種が異なると、その残留傾向が変わる可能性があることが示唆された。

C-4. 今年度の成果と次年度研究計画

C-4-1. 形態調査

本年度は、新たに 3D スキャナーを計測ツールとして導入し、多種多様な果実・果菜食品の形態パラメータを取得した。またより小型な食品ほど重量面積比が大きく

なる、同一食品でも品種により重量面積比及び標準保水量が異なるものがあるという 2 つの知見が見いだされた。一方で、3D スキャナーを用いた表面積測定法は、当該装置を有していない研究機関等での活用が困難なことから、本事業成果の普及の妨げとなる可能性がある。そのため、最終年度においては、取得した 3D データを再解析して、果実類の最長及び最長径を求め、異形作物でのノギスを用いた計測値による表面積算出方法の適用性を検証する。

C-4-2. 農薬の付着特性

本年度は、新たに 4 種の食品で浸漬及び噴霧実験を実施し、農薬の付着特性指標である $M_{0, \text{norm}}$ を算出した。しかし、 M_W との関係式を導出するためデータは 6 点のみであり、また調査できていない食品群も残されている。最終年度では、形態調査の結果も踏まえ、予測される残留値の範囲を参照しながら新たな食品群について付着特性調査を行い、 M_W と $M_{0, \text{norm}}$ との関係式の信頼性向上を図る。特に、オクラやペッパー類等の中空な食品を中心に検証して、必要に応じて精度を向上させる手法を検討する。

C-4-3. 予測モデルの活用

本年度は形態調査結果と M_W と $M_{0, \text{norm}}$ との関係式を活用することにより、4 食品群、7 品目について新たに予測モデルでの適用性を確認した。最終年度においては、市販食品の形態調査を継続し、品種間でのデータ変動等の情報を取得する。さらに、初年度に実施した幾何モデルによる

食品の形態パラメータの予測手法についても、より多様なモデルを用い、3D スキャナーとの比較によって手法の精緻化を図る。

C-4-4. 外挿判断手順の構築

本研究成果に基づき、グループ MRL を残留データの少ないマイナー作物や、形態の異なる新品種に外挿する際の判断基準を段階的に整理して提案する。その際は、個体評価から小粒ぶどうなどの房単位評価での適用性、結球葉菜類などへの適用性を判断するために、従前の追加実験や追加公開データの収集に加えて、ポット栽培等による簡易残留性調査などの新たな実験手法についても可能な範囲で検討する。

グループ MRL を残留データの少ないマイナー作物や、形態の異なる新品種に外挿する際の評価手順を構築する。以下に、マイナー作物と当該グループの代表作物の形態や最高残留レベル (HR) との比較手順の想定スキームを示す。

外挿判断手順の想定スキーム

形態観察

形状 (球形、棒状、長さ)、重量 ($\pm$ ##%)、比重、表面性状 (凹凸、毛の有無・・・)

→ 外挿可

簡易実験評価

保水性評価、表面積調査・・・
(浸漬実験、噴霧実験・・・)

→ 外挿可

予測モデル評価

$M_{0, \text{norm}}$ 算出値と代表作物 HR の比較

→ 外挿可

作物残留試験

HR 差が 5 倍以内

→ 外挿可

↓ HR 差が 5 倍以上

外挿不可

他グループへの外挿を検討、または
個別 MRL 設定を検討

E. 研究発表

1. 論文発表

無し

2. 学会発表

Kei Kondo, Hikari Dobashi, Kazuaki Iijima and Takahiro Watanabe: A Novel Analytical/Modeling Framework for Estimation of Maximum Residue Levels to be Able to Use for Setting of Grouping MRL, 15th European Pesticide Residue Workshop, Zurich, Switzerland, 16-20 September 2024.

近藤圭, 土橋ひかり, 飯島和昭, 渡邊敬浩:
農薬の付着特性を考慮した残留濃度予測
モデル構築に関する研究 第 3 報:3D スキ
ャナーを用いた多種果実・果菜類の形態調
査と残留値予測, 日本農薬学会第 50 回大
会, 2025, 3.11-13, 東京都

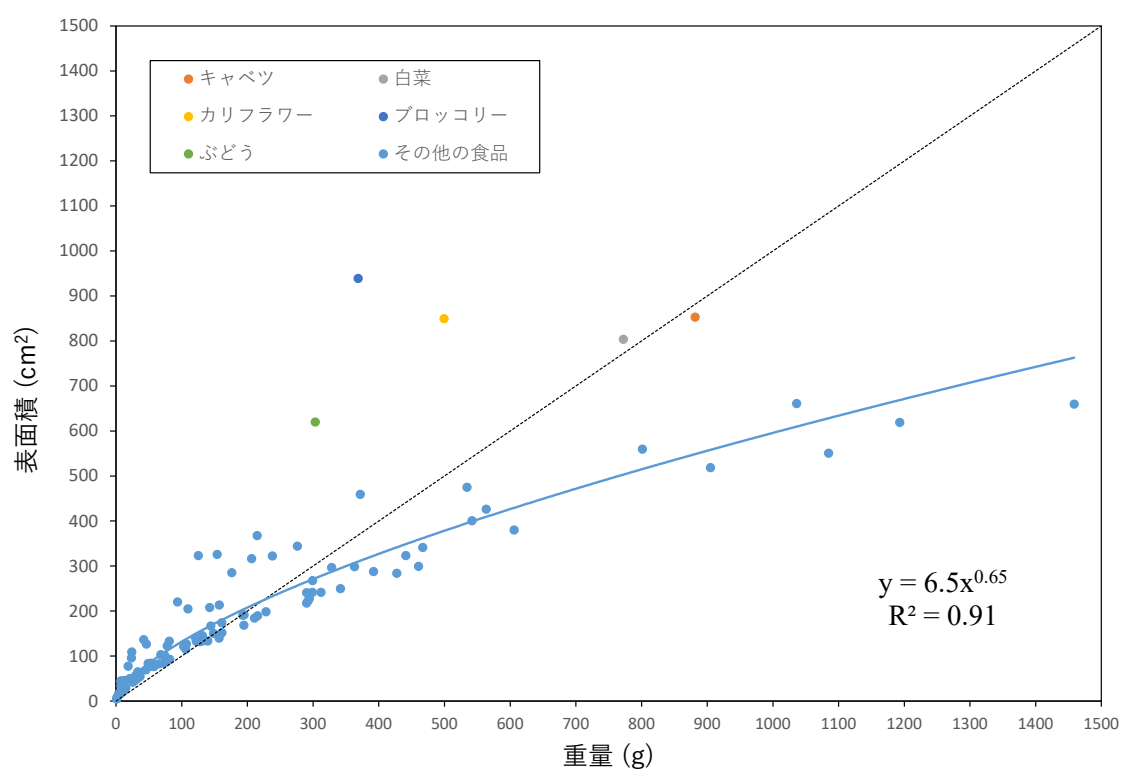


図 1. 形態調査における各食品の重量と表面積の関係

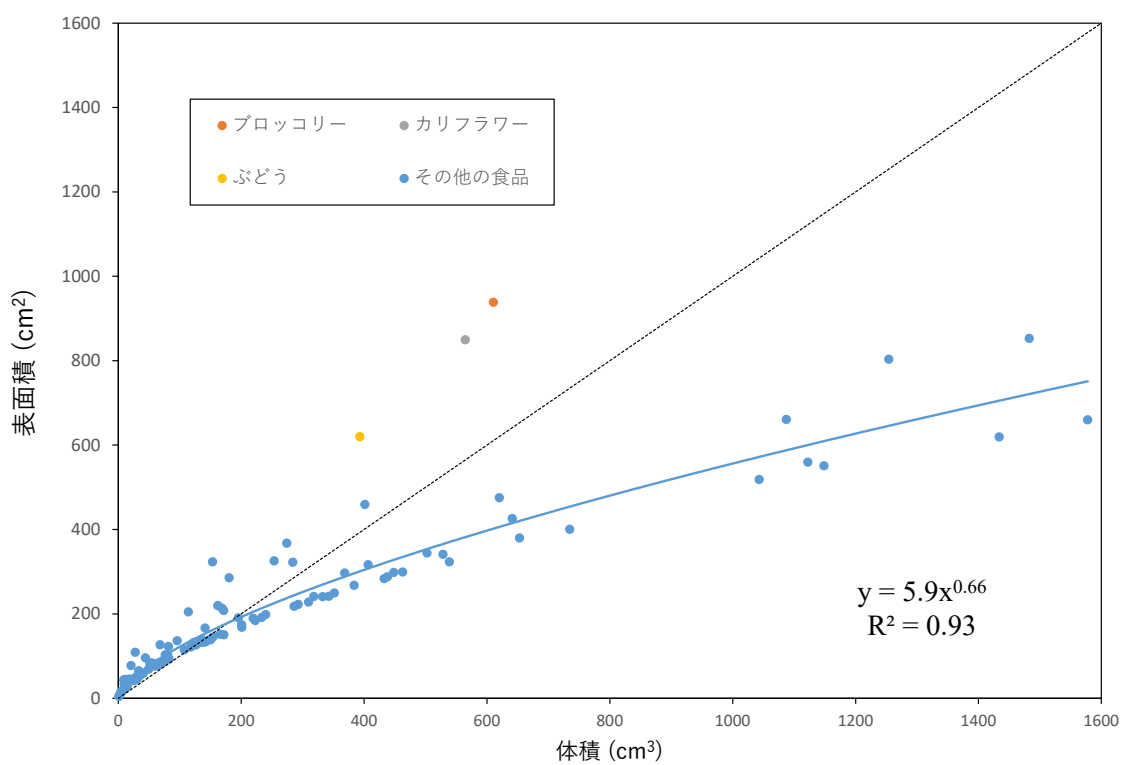


図 2. 形態調査における各食品の体積と表面積の関係

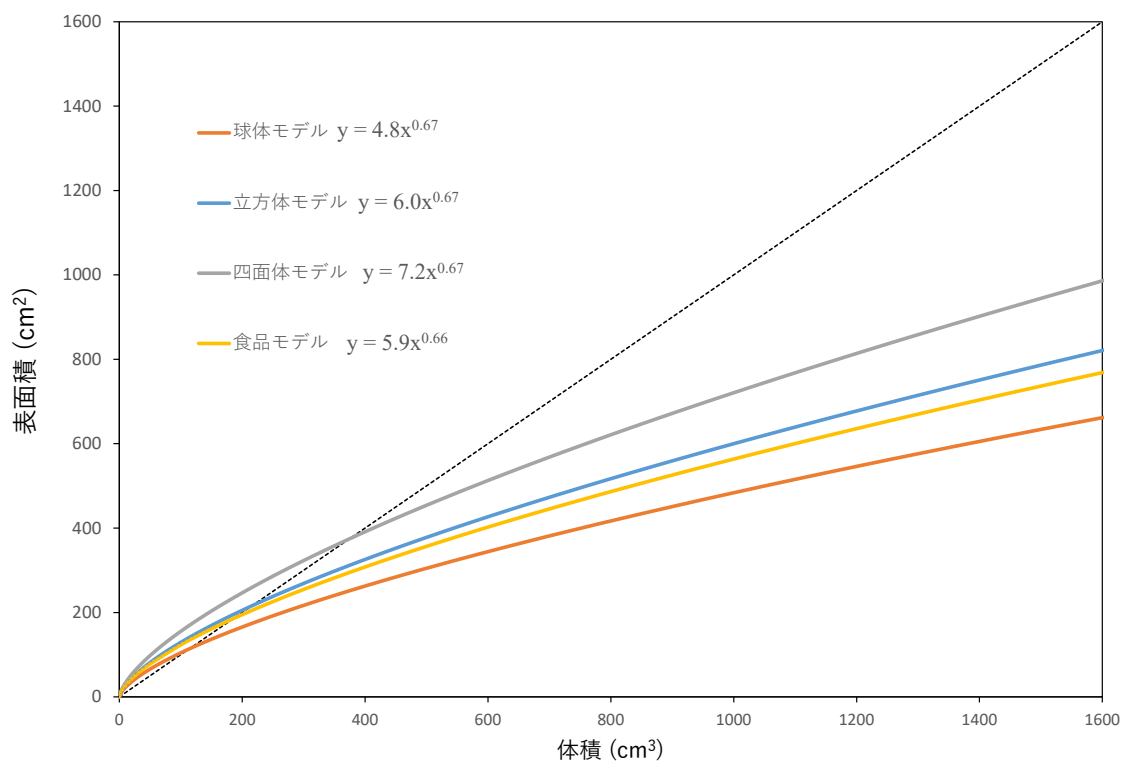


図 3. 食品モデル，球体，立方体及び四面体モデル計算による体積と表面積の関係

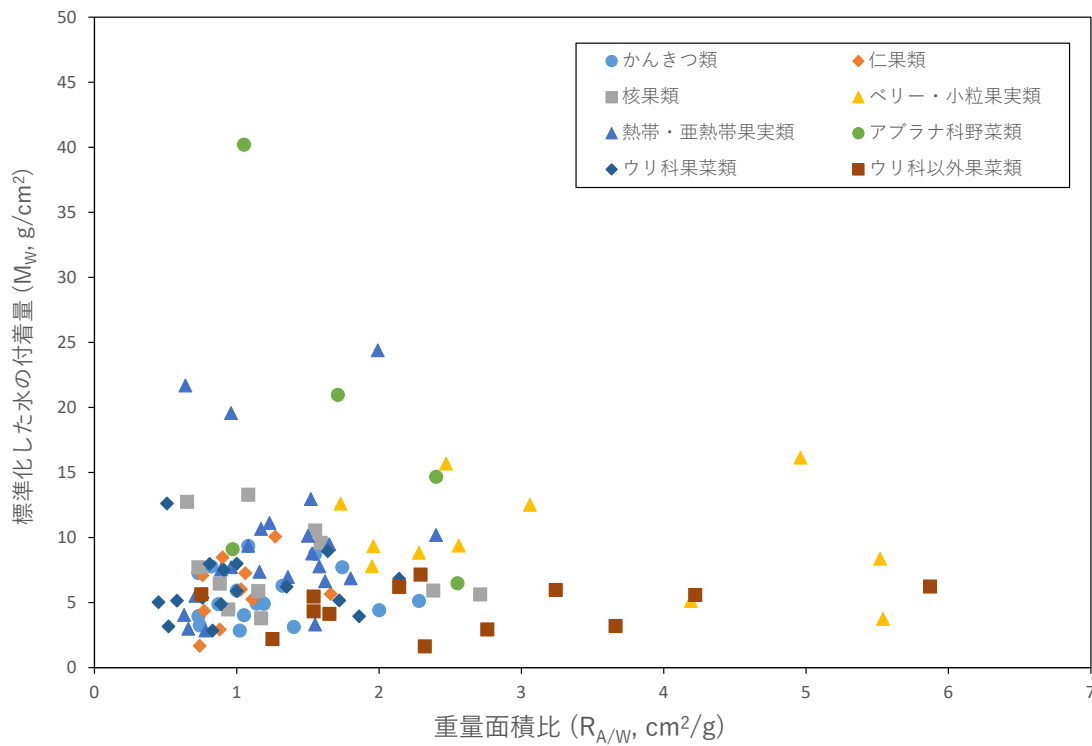


図 4. 食品群毎の重量面積比と標準保水量の関係

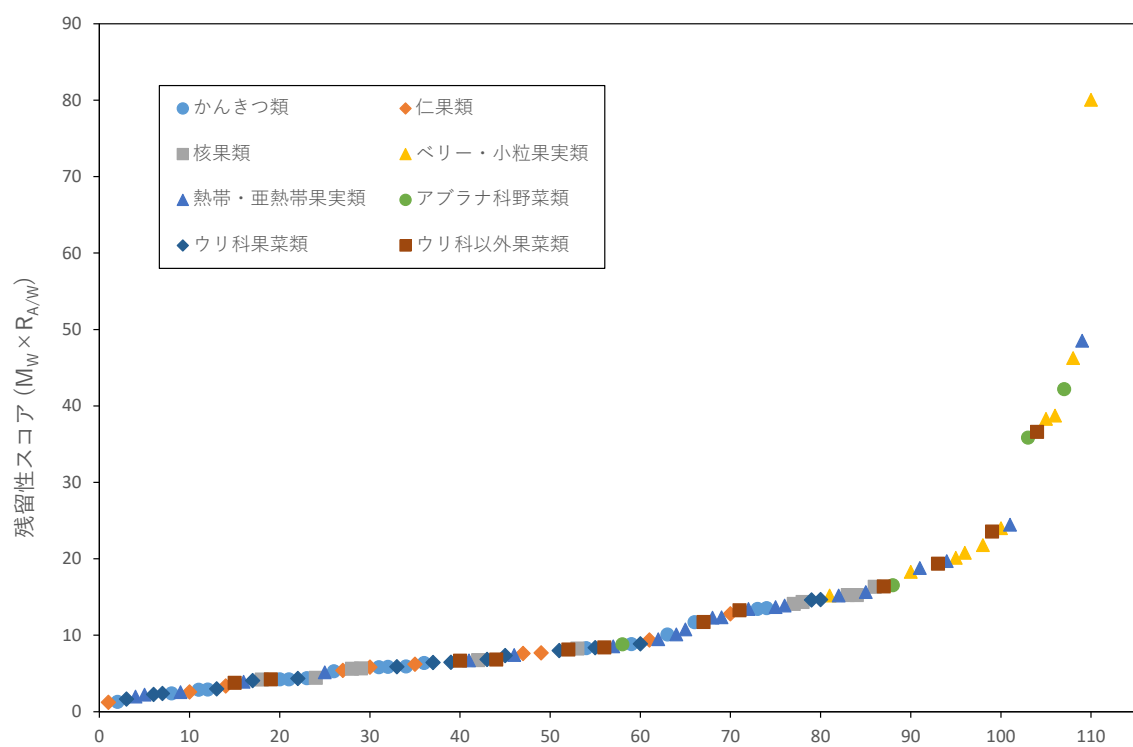


図 5. 残留性スコアのランキングプロット

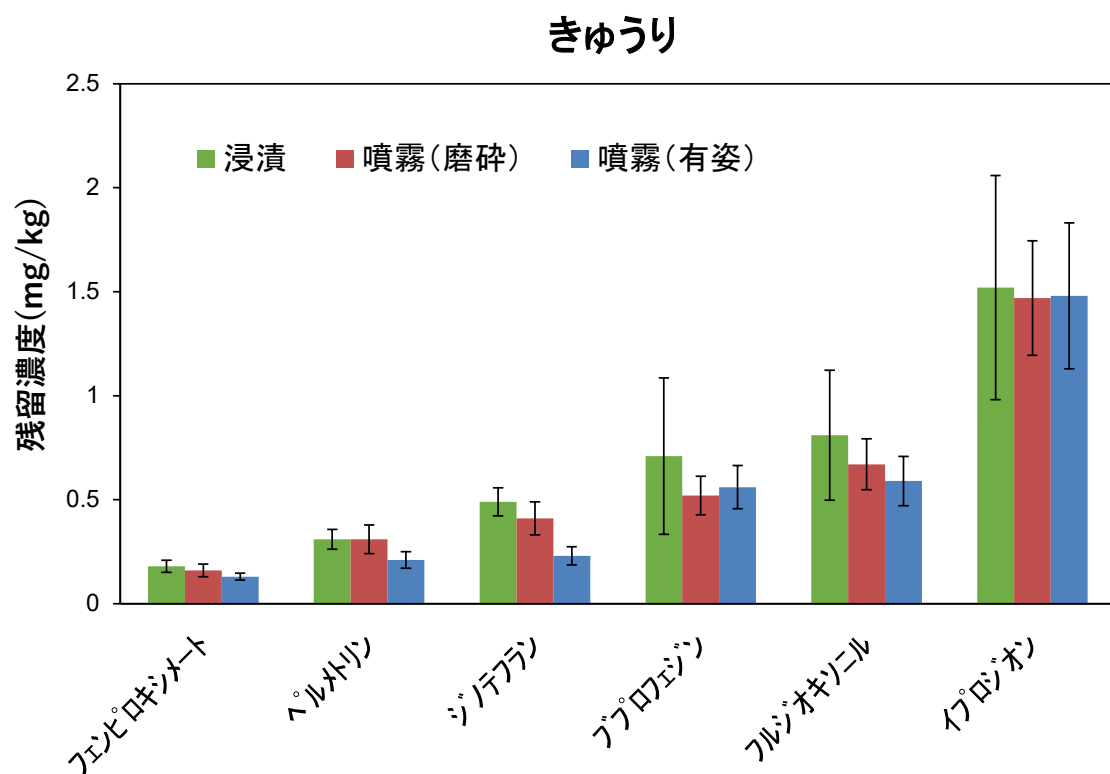
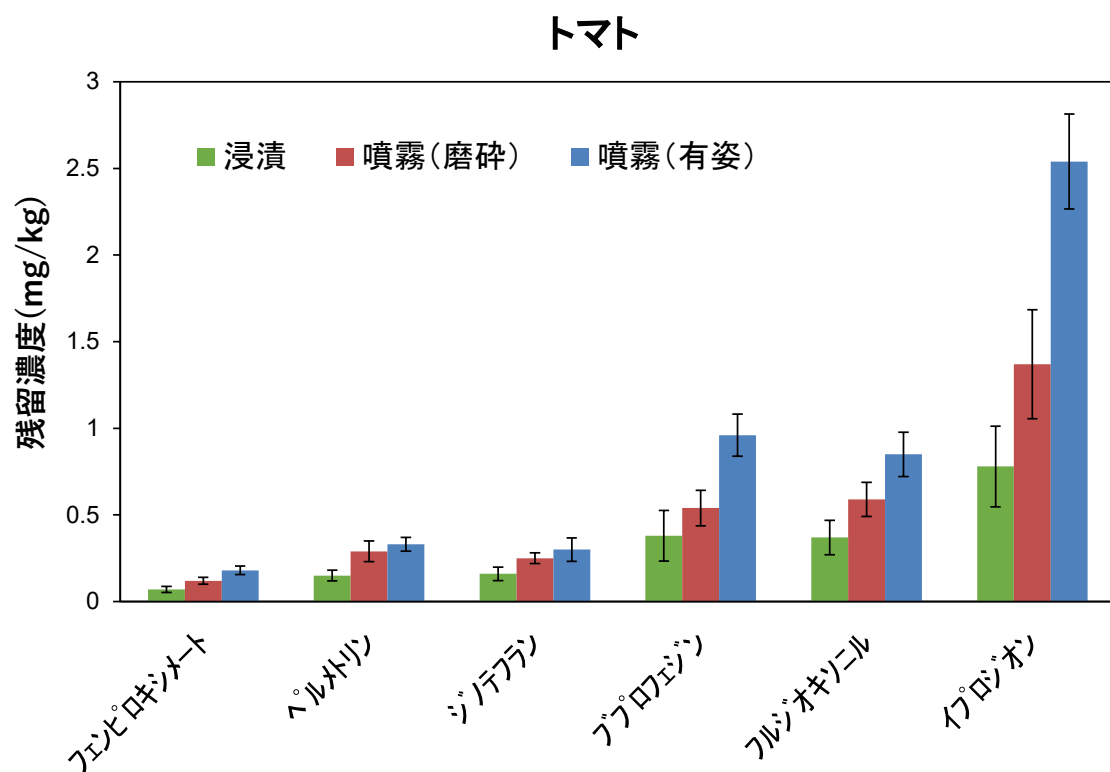
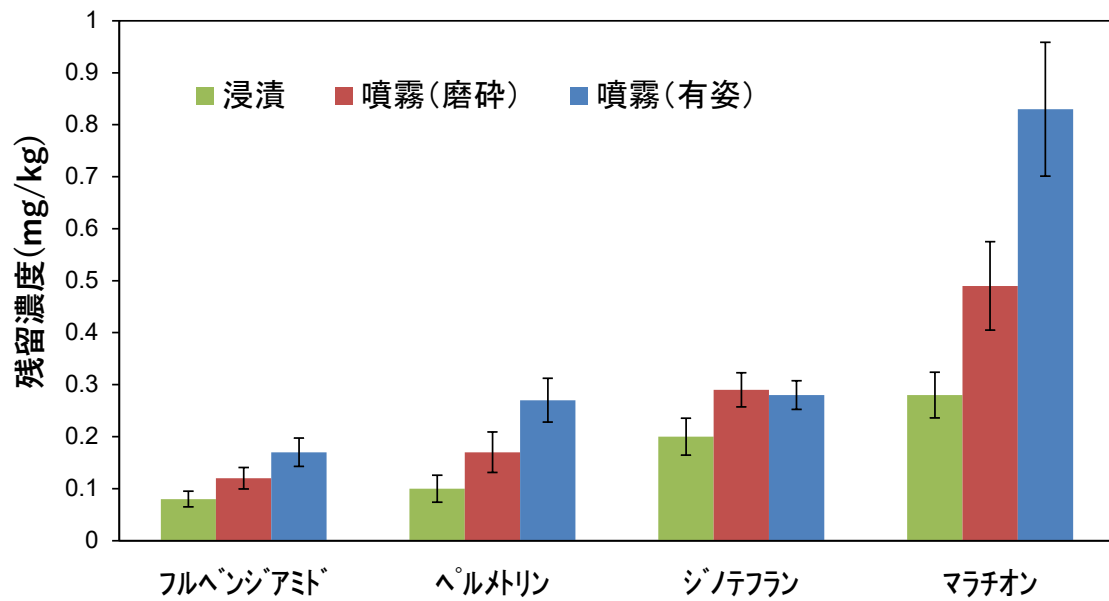


図 6. 浸漬，噴霧（磨砕抽出），噴霧（有姿抽出）実験で得られた各食品中残留値

かき



いちご

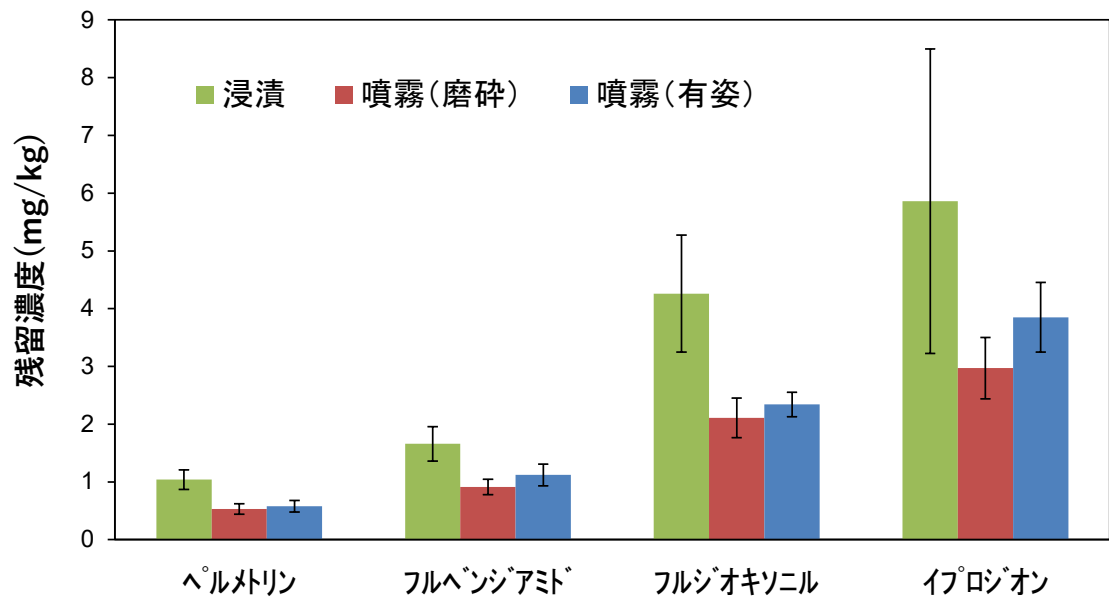


図 6 (続き) . 浸漬, 噴霧 (磨砕抽出), 噴霧 (有姿抽出) 実験で得られた各食品中残留値

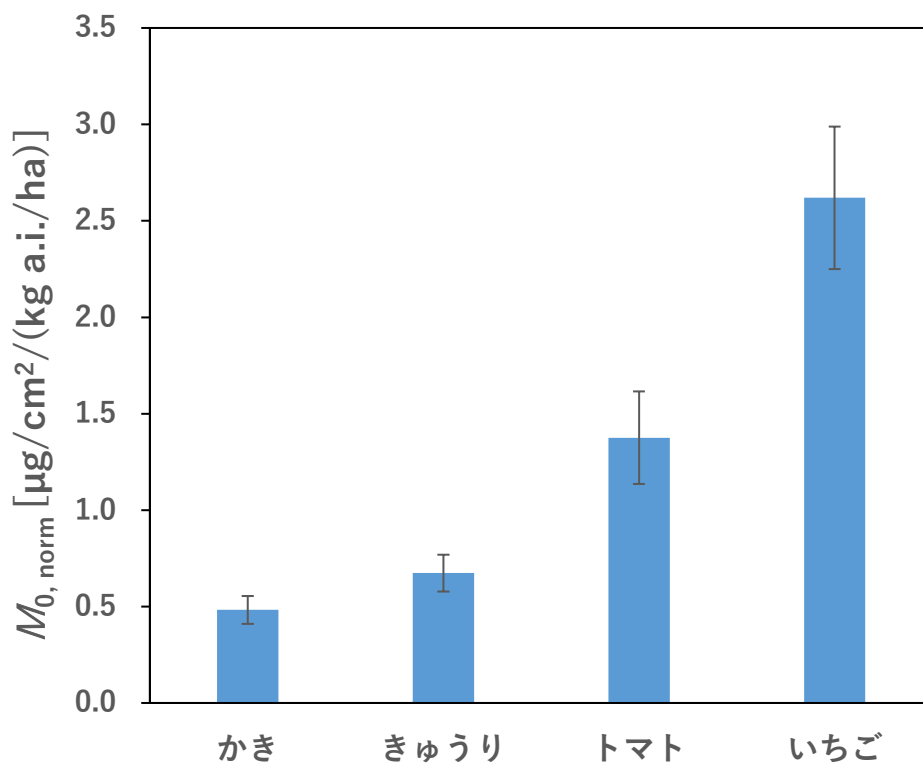


図 7. 重量補正して再計算した各食品の $M_{0, \text{norm}}$ の比較結果

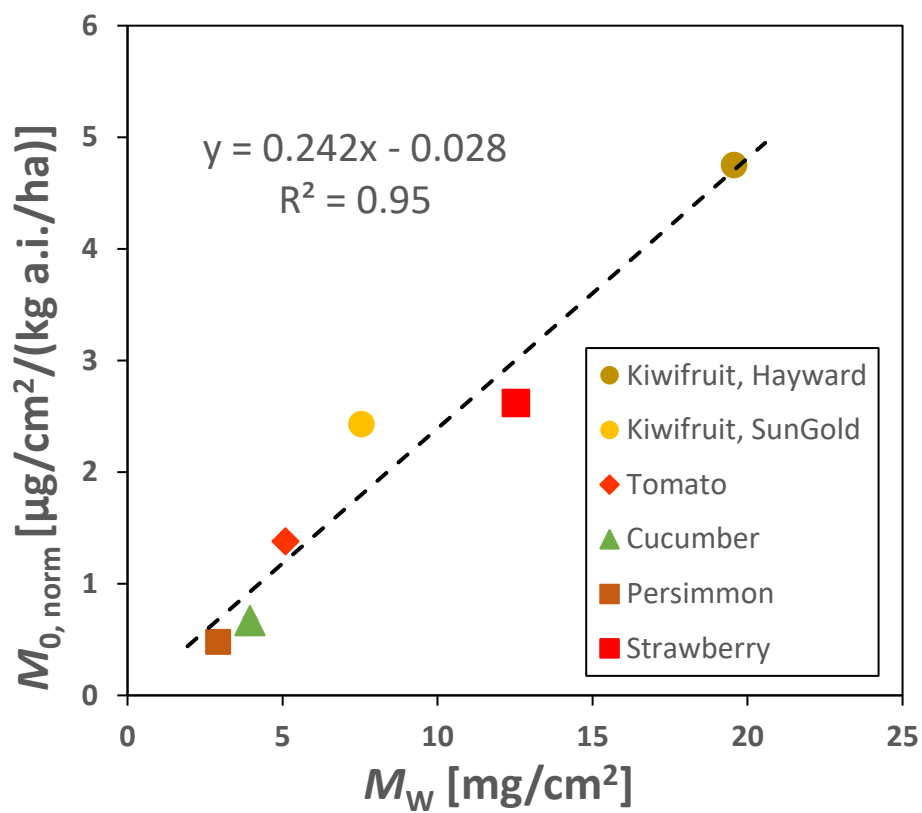


図 8. M_w と $M_{0, \text{norm}}$ の関係式

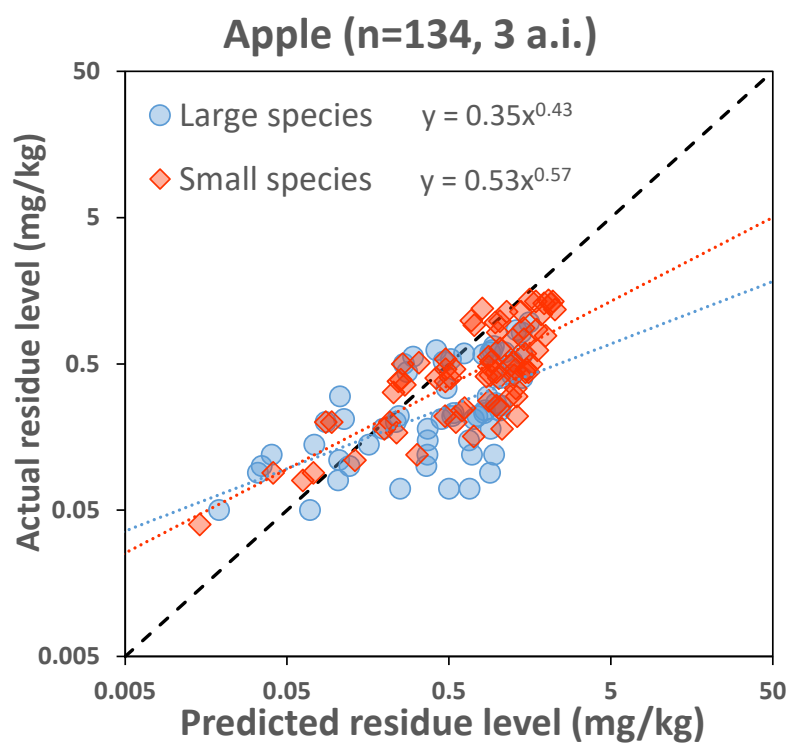


図 9. りんご及びクラブアップルでの検証結果

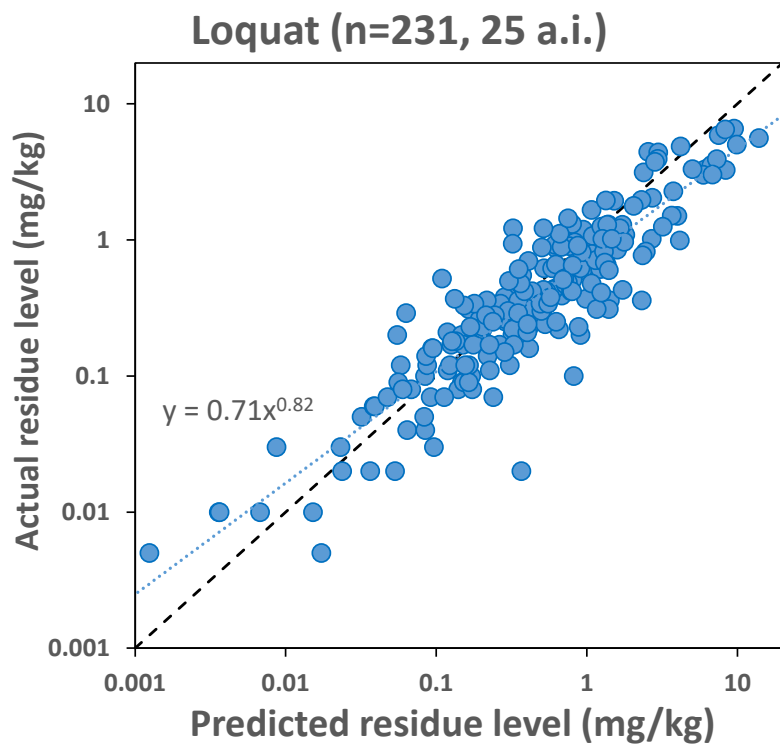


図 10. びわでの検証結果

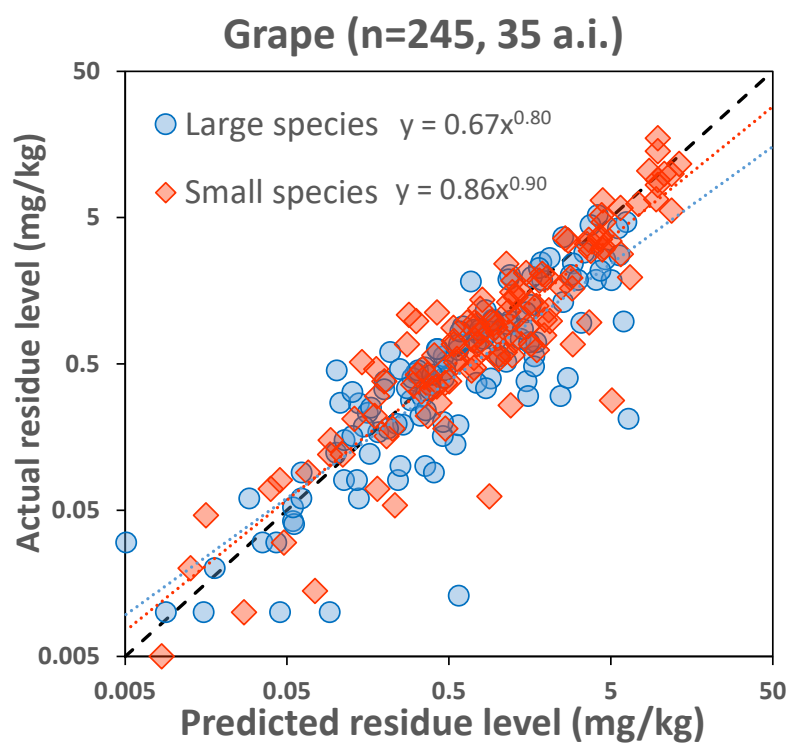


図 11. 大粒ぶどう及び小粒ぶどうでの検証結果

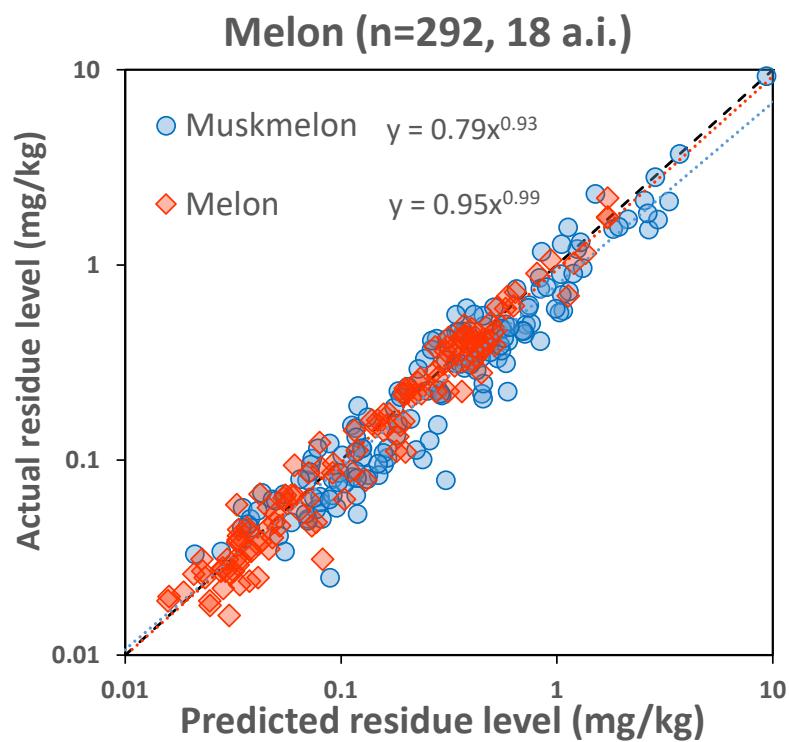


図 12. マスクメロン及びメロンでの検証結果

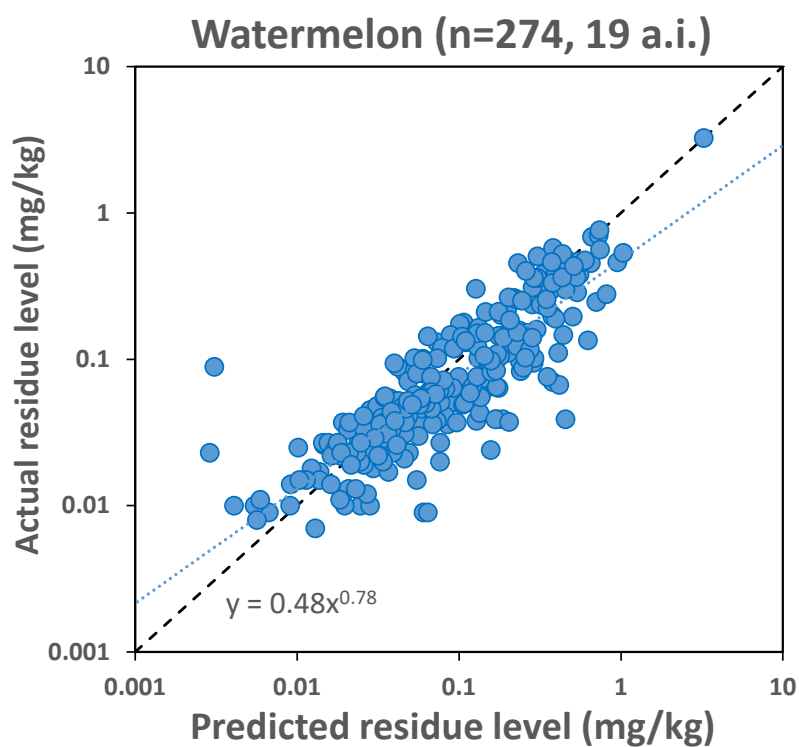


図 13. すいかでの検証結果

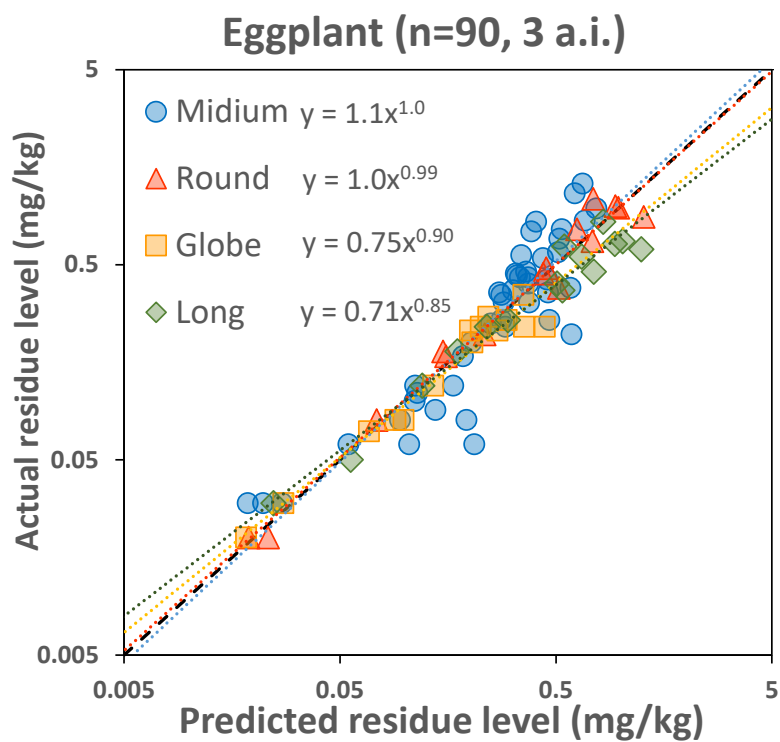


図 14. 長なす, 中長なす, 米なす及び丸なすでの検証結果

表 1. 供試製剤一覧

製剤	有効成分	有効成分 含有率	log Pow
アルバリン顆粒水溶剤	ジノテフラン	20%	-0.549
ロブラール水和剤	イプロジオン	50%	3.0
アプロードエース	ブプロフェジン	20%	4.93
フロアブル	フェンピロキシメート	4%	5.01
アディオン乳剤	ペルメトリン	20%	6.1
マラソン乳剤	マラチオン	50%	2.75
セイビアーフロアブル	フルジオキシニル	20%	4.12
フェニックス顆粒水和剤	フルベンジアミド	20%	4.2

表 2. 各食品への散布量算定根拠

食品	収量 ^a (kg/10a)	M サイズ 重量 (g)	収穫個数 (個/10a)	1 個体当たりの 専有面積 (cm ² /個)	cGAP 散布量 (L/ha)	1 個体当たりの 散布量 (mL/個)
トマト	6320	210	30095	332	2250	7.5
きゅうり	5620	130	43231	231	2250	5
かき	1040	160	6500	1538	4500	69
いちご	3370	15	224667	45	3500	1.6

^a 農水省作物統計より算出当時の令和 5 年度暫定値を使用

表 3. 各食品へ散布した農薬製剤及びそれらの散布情報

表 3-1. トマト (実験時の散布量：7.10 mL/個、2139 L/ha)

製剤	有効成分	含有率 (%)	希釈倍率	散布液濃度 (mg/L)		投下量 (kg a.i./ha)
				設定値	実測値	
アルバリン顆粒水溶剤	ジノテフラン	20	2000	100	121	0.27
ロブラール水和剤	イプロジオン	50	1000	500	465	1.05
セイビアーフロアブル	フルジオキシニル	20	1000	200	261	0.59
アプロードエースフロアブル	ブプロフェジン	20	1000	200	195	0.44
	フェンピロキシメート	4		40	58.1	0.13
アディオン乳剤	ペルメトリン	20	2000	100	141	0.32

表 3-2. きゅうり (実験時の散布量：7.10 mL/個、2121 L/ha)

製剤	有効成分	含有率 (%)	希釈倍率	散布液濃度 (mg/L)		投下量 (kg a.i./ha)
				設定値	実測値	
アルバリン顆粒水溶剤	シノテフラン	20	2000	100	121	0.27
ロブラー水和水剤	イプロジオン	50	1000	500	465	1.05
セイバーフロアブル	フルシオキシニル	20	1000	200	261	0.59
アプロートエースフロアブル	ブプロフェジン	20	1000	200	195	0.44
	フェンピロキシメート	4		40	58.1	0.13
アデイオン乳剤	ヘルメトリン	20	2000	100	141	0.32

表 3-3. かき (実験時の散布量：66.7 mL/個、4336 L/ha)

製剤	有効成分	含有率 (%)	希釈倍率	散布液濃度 (mg/L)		投下量 (kg a.i./ha)
				設定値	実測値	
アルバリン顆粒水溶剤	シノテフラン	20	2000	100	106	0.46
マラソン乳剤	マラチオン	50	1000	500	359	1.55
フェニックス顆粒水溶剤	フルベンジアミド	20	4000	50	55.3	0.24
アデイオン乳剤	ヘルメトリン	20	2000	100	96	0.42

表 3-4. いちご (実験時の散布量：1.56 mL/個、3505 L/ha)

製剤	有効成分	含有率 (%)	希釈倍率	散布液濃度 (mg/L)		投下量 (kg a.i./ha)
				設定値	実測値	
ロブラー水和水剤	イプロジオン	50	1500	333	385	1.35
セイバーフロアブル	フルシオキシニル	20	1000	200	228	0.80
フェニックス顆粒水溶剤	フルベンジアミド	20	2000	100	101	0.35
アデイオン乳剤	ヘルメトリン	20	3000	66.7	69.0	0.24

表 4. LC-MS/MS 測定における各分析対象物質のイオンパラメータ

分析対象物質	プリカーサー イオン (m/z)	プロダクト イオン (m/z)	DP (V)	CE (V)	CXP (V)	保持時間 (min)
ジノテフラン	203.2	129.2	32	15	6	3.1
マラチオン	331.0	127.0	44	17	6	9.9
フルジオキシニル	246.9	180.0	-125	-40	-11	10.0
イプロジオン	330.1	245.0	76	23	14	11.0
フルベンジアミド	680.0	253.9	-140	-34	-13	11.2
ブプロフェジン	306.2	201.1	46	17	6	13.0
フェンピロキシメート	422.2	366.3	46	23	6	13.7
ペルメトリン	408.2	183.1	56	29	10	14.7

DP: Declustering Potential, CE: Collision Energy, CXP: Collision Cell Exit Potential

表 5. 形態調査及び保水量調査の結果

表 5-1. かんきつ類 (Citrus fruits, FC)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
レモン (Lemon)	001A	102.90±9.097	121.13±7.679	117.54±9.939	0.88±0.011	1.18±0.049	4.98±0.113
ライム (Lime)	001A	81.65±5.347	92.96±4.575	82.41±5.919	0.99±0.007	1.14±0.020	4.93±0.630
すだち (Sudachi)	001A	25.55±1.392	44.46±2.102	27.29±1.861	0.94±0.022	1.74±0.033	7.73±1.675
へべす (Hebes)	001A	57.72±3.180	76.37±3.119	59.80±3.366	0.97±0.016	1.32±0.021	6.30±1.657
きんかん (Kumquats)	001A	9.99±1.318	22.64±1.974	9.95±1.317	1.00±0.015	2.28±0.094	5.14±0.867
ゆず (Yuzu)	001A	54.72±11.618	83.61±13.213	64.66±14.285	0.85±0.036	1.55±0.143	8.75±1.403
シークワサー (Shiikuwasha)	001A	14.76±2.145	29.35±2.813	14.62±2.160	1.01±0.008	2.00±0.088	4.43±1.326
マンダリン (Mandarin)	001B	161.01±9.671	174.07±4.333	200.41±8.537	0.80±0.050	1.08±0.055	9.37±0.857
ヴィーナス (Venus)	001B	466.78±44.709	341.17±24.416	528.19±51.988	0.88±0.007	0.73±0.021	7.28±0.842
デコポン (Mandarins Shiranui)	001B	466.78±44.709	341.17±24.416	528.19±51.988	0.88±0.007	0.73±0.021	7.28±0.842
温州みかん (Unshu orange)	001B	107.04±7.401	126.55±2.629	126.44±4.100	0.85±0.051	1.19±0.078	4.91±0.800
インカの雫	001B	194.74±9.393	168.35±5.840	200.98±10.070	0.97±0.011	0.87±0.015	4.89±0.756
紅まどんな (Beni Madonna)	001B	194.74±9.393	168.35±5.840	200.98±10.070	0.97±0.011	0.87±0.015	4.89±0.756
はれひめ (Harehime)	001B	132.48±18.569	138.84±13.531	150.26±21.483	0.88±0.013	1.05±0.049	4.04±0.649
オレンジ (Orange, Sweet)	001C	134.10±10.678	134.42±7.828	142.69±12.057	0.94±0.027	1.00±0.033	5.94±0.823
ヴァレンシア (Valencia)	001C	73.88±6.134	101.24±11.189	80.44±7.293	0.92±0.019	1.40±0.303	3.14±0.810
マーコット (Murcott tangor)	001C	73.88±6.134	101.24±11.189	80.44±7.293	0.92±0.019	1.40±0.303	3.14±0.810
グレープフルーツ (Grapefruit)	001D	441.19±19.720	323.36±16.330	538.66±39.779	0.82±0.035	0.73±0.021	3.96±0.767
ルビー (Ruby)	001D	148.33±10.720	150.56±7.552	171.65±12.831	0.86±0.019	1.02±0.030	2.85±0.550
グレープフルーツ (Grapefruit)	001D	148.33±10.720	150.56±7.552	171.65±12.831	0.86±0.019	1.02±0.030	2.85±0.550
ジャクソンフルーツ (Jacksonfruit)	001D	541.87±38.573	400.54±13.559	734.51±38.889	0.74±0.024	0.74±0.029	3.25±0.623
ぶんたん (Pummelo)	001D	541.87±38.573	400.54±13.559	734.51±38.889	0.74±0.024	0.74±0.029	3.25±0.623
メロゴールド (Melogold)	001D	363.08±24.874	298.48±22.885	448.27±44.906	0.81±0.028	0.82±0.011	7.78±0.644
夏みかん (Natsudaikai)	001D	363.08±24.874	298.48±22.885	448.27±44.906	0.81±0.028	0.82±0.011	7.78±0.644

表 5-2. 仁果類 (Pome fruits, FP)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
りんご (Apple) ロイヤルガラ (Royal Gala)	002	131.38±4.805	145.18±3.523	153.79±5.375	0.85±0.004	1.11±0.015	5.25±1.056
りんご (Apple) つがる (Tsugaru)	002	299.11±32.178	267.76±20.329	383.76±43.589	0.78±0.006	0.90±0.027	8.48±1.414
クラブアップル (Crab-apple)	002	35.79±2.443	59.34±2.932	40.54±2.828	0.88±0.007	1.66±0.033	5.66±0.806
かき (Persimmon, Japanese) 平核無し	002	215.39±11.626	189.62±6.571	219.47±11.731	0.98±0.004	0.88±0.019	2.93±0.571
かき (Persimmon, Japanese) 筆柿	002	128.74±8.493	132.10±6.251	134.42±9.263	0.96±0.009	1.03±0.023	6.02±0.820
かき (Persimmon, Japanese) 富有	002	126.38±22.209	132.74±17.099	131.56±24.535	0.96±0.011	1.06±0.048	7.26±0.613
西洋なし (Pear)	002	312.01±17.906	241.48±11.230	317.99±17.880	0.98±0.005	0.77±0.011	4.37±0.363
日本なし (Nashi pear) 幸水	002	292.49±33.266	222.77±17.854	292.65±34.523	1.00±0.010	0.76±0.028	7.10±0.552
びわ (Loquat)	002	64.92±1.346	82.60±1.645	67.22±2.043	0.97±0.012	1.27±0.011	10.08±3.419
かりん (Chinese quince)	002	392.00±42.272	287.77±18.871	437.91±47.550	0.90±0.015	0.74±0.033	1.67±0.241

表 5-3. 核果類 (Stone fruits, FS)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
おうとう (Cherry, Sweet) 紅秀峰	003A	7.01±0.371	16.64±0.862	6.00±0.552	1.18±0.123	2.38±0.134	5.93±2.426
アメリカンチェリー (Cherry, Black)	003A	6.12±0.448	16.54±0.896	5.89±0.492	1.04±0.013	2.71±0.066	5.64±1.746
プラム (Plum, Japanese) 大石早生	003B	77.00±2.921	88.82±2.267	74.97±2.968	1.03±0.007	1.15±0.016	5.89±1.231
プルーン (Prune)	003B	29.20±3.282	46.17±3.294	30.45±1.399	0.96±0.120	1.59±0.075	9.60±1.314
ソルダム (Soldam)	003B	72.38±6.196	84.46±4.475	70.85±5.654	1.02±0.010	1.17±0.037	3.80±1.308
もも (Peach)	003C	341.47±24.149	249.63±10.763	351.30±23.061	0.97±0.011	0.73±0.021	7.72±1.871
もも (Peach) 川中島白桃	003C	460.49±49.677	299.32±21.075	462.49±50.999	1.00±0.007	0.65±0.024	12.75±0.688
もも (Peach) ワッサー	003C	210.74±20.879	184.36±10.737	222.87±19.188	0.94±0.015	0.88±0.041	6.47±2.085
あんず (Apricot)	003C	106.24±3.898	115.05±2.917	107.20±3.796	0.99±0.010	1.08±0.015	13.30±1.279
うめ (Japanese Apricot) 南高	003C	32.36±2.292	50.05±2.270	32.07±2.241	1.01±0.002	1.55±0.042	10.55±1.676
ネクタリン (Nectarine)	003C	161.31±4.295	151.67±2.691	165.56±4.523	0.97±0.027	0.94±0.020	4.49±0.450

表 5-4. ベリー及びその他の小粒果実類 (Berries and other small fruits, FB)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
ブラックベリー (Blackberry)	004A	10.23±1.189	31.06±3.981	10.44±1.322	0.98±0.019	3.06±0.385	12.52±2.879
ラズベリー (Raspberry)	004A	3.99±0.528	16.63±1.789	4.27±0.322	0.93±0.074	4.19±0.368	5.12±1.236
ブルーベリー (Blueberry)	004B	1.06±0.172	5.19±0.550	1.03±0.156	1.03±0.032	4.96±0.283	16.14±4.298
アロニア (Aronia)	004B	0.86±0.154	4.73±0.779	0.90±0.175	0.96±0.017	5.54±0.197	3.75±1.428
ぶどう (Grape)	004D	125.35±27.687	323.43±99.923	153.40±38.794	0.82±0.027	2.56±0.331	9.38±2.261
デラウェア (Delaware)							
ぶどう (Grape)	004D	303.16±94.365	619.80±79.082	393.01±39.073	0.76±0.205	2.28±0.755	8.83±1.724
巨峰 (房)							
ぶどう (Grape)	004D	13.04±1.550	25.37±1.955	11.88±1.337	1.10±0.014	1.95±0.079	7.79±1.825
巨峰 (粒)							
いちご (Strawberry)	004E	11.17±1.163	27.46±2.093	11.30±1.282	0.99±0.019	2.47±0.081	15.68±3.352
よつぼし							
いちご (Strawberry)	004E	48.83±5.492	83.23±7.492	51.39±5.586	0.95±0.008	1.73±0.255	12.60±2.031
とちあいか							
いちご (Strawberry)	004E	29.91±1.823	56.89±5.131	33.36±2.549	0.87±0.013	1.96±0.172	9.34±2.540
やよいひめ							
クランベリー (Cranberry)	004E	1.65±0.149	9.06±0.467	2.47±0.177	0.67±0.018	5.52±0.226	8.38±1.396

表 5-5. 熱帯及び亜熱帯果実類 (可食果皮) (Assorted tropical and sub-tropical fruits-edible peel, FT)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
いちじく (Fig)	005B	45.71±7.288	69.11±6.999	49.04±7.362	0.93±0.028	1.53±0.102	8.78±0.536
ロングドゥート (Longue d'Aout)							
スターフルーツ (Carambola)	005B	176.12±19.877	285.32±30.650	180.19±20.887	0.98±0.027	1.62±0.061	6.65±0.605
あけび (Akebia)	005B	120.88±10.640	140.25±8.927	135.44±12.917	0.89±0.014	1.16±0.030	7.37±0.846

表 5-6. 熱帯及び亜熱帯果実類（非可食果皮）(Assorted tropical and sub-tropical fruits-inedible peel, FI)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
ライチ (Litchi)	006A	36.63±3.066	54.86±3.125	35.78±3.272	1.02±0.011	1.50±0.044	10.13±0.775
ロンガン (Longans)	006A	8.77±0.524	20.99±0.434	8.91±0.278	0.98±0.033	2.40±0.098	10.19±1.296
アボカド (Avocado)	006B	122.35±2.598	132.43±11.767	123.00±1.950	0.99±0.007	1.08±0.079	9.37±1.462
ザクロ (Pomegranate)	006B	294.04±3.703	228.09±1.656	309.44±3.139	0.95±0.014	0.78±0.009	2.85±0.237
マンゴー (Mango)	006B	427.36±19.092	283.86±8.118	432.55±17.674	0.99±0.013	0.66±0.015	2.99±0.575
パパイヤ (Papaya)	006B	801.38±137.639	559.77±41.695	1122.20±151.597	0.71±0.052	0.71±0.078	5.52±0.730
青パパイヤ (Green papaya)	006B	606.05±28.794	380.11±9.362	652.92±21.679	0.93±0.015	0.63±0.015	4.06±0.577
バナナ (Banana)	006B	157.23±4.676	213.39±3.814	168.62±4.934	0.93±0.004	1.36±0.021	6.97±0.457
バナナ (Banana)	006B	142.52±84.353	208.00±99.990	171.58±96.567	0.81±0.018	1.55±0.068	3.32±0.376
サババナナ (Saba banana)	006B	77.84±1.872	122.62±2.076	81.68±1.986	0.95±0.003	1.58±0.019	7.78±0.387
セニョリータバナナ (senorita banana)	006B	29.92±3.109	53.63±2.918	32.70±3.450	0.92±0.020	1.80±0.114	6.86±1.118
フェイジョア (Feijoa)	006B	228.18±74.266	198.45±36.645	239.83±80.745	0.96±0.031	0.96±0.287	7.72±1.480
マンゴスチン (Mangosteen)	006B	68.05±7.139	103.01±3.420	76.26±7.382	0.89±0.012	1.52±0.109	12.96±2.036

表 5-6 (続き) . 熱帯及び亜熱帯果実類 (非可食果皮) (Assorted tropical and sub-tropical fruits-inedible peel, FI)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
アデモヤ (Atemoya)	006C	144.39±22.257	166.68±18.766	141.05±23.601	1.03±0.017	1.17±0.115	10.66±1.527
パイナップル (Pineapple)	006C	1036.10±37.775	661.04±22.262	1087.06±37.552	0.95±0.006	0.64±0.010	21.69±1.261
ランブータン (Rambutan)	006C	33.12±4.486	65.06±5.103	33.10±5.009	1.00±0.024	1.99±0.164	24.39±2.919
ドラゴンフルーツ (Pitaya)	006D	371.66±14.880	459.41±57.462	401.15±18.134	0.93±0.008	1.23±0.104	11.13±1.357
キウイフルーツ (Kiwifruit) ヘイワード (Hayward)	006E	139.48±4.380	133.48±2.531	137.42±3.912	1.01±0.005	0.96±0.013	19.57±2.468
キウイフルーツ (Kiwifruit) サンゴールド (SunGold)	006E	156.82±5.805	139.78±4.079	148.46±5.735	1.06±0.003	0.89±0.007	7.55±0.478
パッションフルーツ (Passionfruit)	006E	80.88±5.844	133.06±5.151	140.87±8.888	0.57±0.027	1.65±0.088	9.49±1.870

表 5-7. アブラナ科野菜類 (アブラナ科葉菜を除く) (Brassica vegetables except Brassica leafy vegetables, VB)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
ブロッコリー (Broccoli)	010A	368.61±23.642	938.72±234.942	610.49±76.897	0.61±0.057	2.55±0.591	6.49±1.071
カリフラワー (Cauliflower) ロマネスコ (Romanesco)	010A	499.46±47.971	849.68±48.080	564.60±255.958	2.09±2.671	1.71±0.136	20.98±3.173
芽キャベツ (Brussels sprouts)	010B	20.93±2.091	50.19±5.873	28.50±3.748	0.74±0.037	2.40±0.133	14.67±2.483
キャベツ (Cabbage, Head)	010B	881.48±48.166	853.06±79.489	1482.47±91.501	0.60±0.026	0.97±0.094	9.11±2.792
白菜 (Chinese cabbage, type Pe-tsai)	010B	772.36±95.562	803.61±37.185	1254.05±119.736	0.61±0.019	1.05±0.078	40.21±8.102

表 5-8. 果菜類（ウリ科）(Fruiting vegetables, Cucurbits, VC)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
きゅうり (Cucumber)	11A	109.53±9.851	204.72±28.871	114.00±10.856	0.96±0.018	1.86±0.116	3.95±0.616
マシシ (Maxxie)	11A	51.69±8.299	84.00±8.690	54.60±8.689	0.95±0.004	1.64±0.167	8.95±1.089
ズッキーニ (Squash, Summer)	11A	238.07±11.081	322.41±30.728	283.76±17.541	0.84±0.020	1.35±0.123	6.21±0.897
ゴーヤ (Balsam pear)	11A	153.97±25.632	325.71±37.127	253.62±55.632	0.62±0.043	2.14±0.171	6.83±1.894
トカドヘチマ (Angled luffa)	11A	214.79±17.923	367.58±32.328	274.24±32.374	0.79±0.036	1.72±0.167	5.16±0.560
マスクメロン (Mask melon)	11B	1084.60±106.000	550.72±35.711	1148.58±111.776	0.94±0.004	0.51±0.019	12.62±1.325
メロン (Melon)	11B	1193.14±116.113	619.32±27.624	1433.77±98.056	0.83±0.035	0.52±0.030	3.17±0.614
キワーノ (African horned melon)	11B	192.77±30.385	190.61±13.424	195.13±28.822	0.99±0.014	1.00±0.083	5.89±0.750
まくわうり (Melon, except Watermelon) 金まくわ	11B	298.92±11.751	241.54±6.135	342.41±12.820	0.87±0.020	0.81±0.019	7.97±0.355
まくわうり (Melon, except Watermelon) チャメ	11B	290.11±11.097	240.94±7.145	332.25±14.909	0.87±0.015	0.83±0.012	2.86±0.395
しろうり (Melon, Oriental Pickling) あおうり	11B	534.38±29.947	475.24±44.046	620.08±48.305	0.86±0.037	0.89±0.108	4.89±1.459
しろうり (Melon, Oriental Pickling) はぐらうり	11B	328.27±48.041	296.75±38.120	368.23±55.599	0.89±0.018	0.91±0.027	7.52±0.694
すいか (Watermelon) スウィートキッズ	11B	1458.57±105.456	659.89±27.504	1577.72±96.039	0.92±0.044	0.45±0.022	5.03±0.329
かぼちゃ (Pumpkin, Winter squarch) コリンキー	11B	905.06±127.153	518.70±57.620	1043.00±166.592	0.87±0.028	0.58±0.023	5.15±1.038
かぼちゃ (Pumpkin, Winter squarch) 坊ちゃんかぼちゃ	11B	194.78±43.114	191.77±29.221	233.23±50.111	0.83±0.022	1.00±0.076	7.99±0.601
かぼちゃ (Pumpkin, Winter squarch) バターナッツかぼちゃ	11B	563.50±52.829	426.12±25.459	641.08±60.806	0.88±0.019	0.76±0.034	5.37±0.974

表 5-9. 果菜類（ウリ科以外）(Fruiting vegetables, other than Cucurbits, VO)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
トマト (Tomato) 桃太郎	12A	289.93±29.410	217.81±16.048	286.06±30.585	1.01±0.007	0.75±0.022	5.65±0.638
トマト (Tomato) 中玉品種	12A	25.46±2.741	41.79±3.149	24.81±2.718	1.03±0.009	1.65±0.059	4.15±1.092
ミニトマト (Cherry tomato)	12A	9.66±0.499	22.09±0.685	9.41±0.482	1.03±0.010	2.29±0.063	7.16±1.937
ミニトマト (Cherry tomato) アイコ	12A	12.35±1.625	26.29±2.158	12.03±1.417	1.02±0.023	2.14±0.108	6.21±2.280
ピーマン (Pepper, sweet) みおぎ	12B	42.05±3.805	136.38±12.112	95.55±13.349	0.44±0.023	3.24±0.065	5.98±2.091
甘長とうがらし (Pepper, sweet) 万願寺とうがらし	12B	23.19±4.790	95.98±14.171	44.15±9.753	0.53±0.037	4.22±0.508	5.59±2.172
パプリカ (Paprika)	12B	206.30±15.095	316.53±7.306	406.53±23.860	0.51±0.029	1.54±0.106	4.34±0.180
とうがらし (Pepper, chili) ハラペーニョ	12B	12.66±1.191	45.85±2.148	18.53±1.186	0.68±0.024	3.66±0.464	3.21±1.197
オクラ (Okra) ニュースカイ	12B	7.64±0.471	44.78±3.031	11.69±0.835	0.65±0.026	5.87±0.300	6.24±1.198
なす (Eggplant) 中長なす	12C	93.53±16.012	220.01±59.204	161.80±34.549	0.58±0.032	2.32±0.282	1.64±0.580
なす (Eggplant) 米なす	12C	275.98±14.284	344.12±15.356	502.27±31.736	0.55±0.027	1.25±0.054	2.21±0.457
なす (Eggplant) 長なす	12C	46.15±7.322	126.72±15.655	67.83±12.760	0.68±0.024	2.76±0.137	2.95±0.670
タイなす (Thai eggplant)	12C	52.29±15.500	77.60±15.749	64.12±18.637	0.81±0.017	1.54±0.174	5.47±1.222

表 5-10. 豆類（未熟）(Legume vegetables, VP)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
さやいんげん (Common bean)	14A	7.65±0.687	43.69±7.447	8.61±1.117	0.89±0.042	5.68±0.494	3.16±0.948
スナップエンドウ (Snap peas)	14D	7.60±1.021	33.62±2.849	9.42±1.209	0.81±0.009	4.45±0.297	4.82±1.224

表 5-11. 茎野菜類 (Stalk and stem vegetables, VS)

食品名 品種	Codex コード	重量 (g)	表面積 (cm ²)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	重量面積比 (cm ² /g)	標準保水量 (mg/cm ²)
アスパラガス (Asparagus)	17B	18.43±2.555	77.37±5.689	20.58±3.251	0.90±0.046	4.24±0.320	4.51±0.739
ホワイトアスパラガス							
アスパラガス (Asparagus)	17B	23.95±4.278	108.92±11.461	27.36±5.147	0.88±0.066	4.64±0.705	6.97±0.963
グリーンアスパラガス							

表 6. 回収率の算出結果

表 6-1. トマト

添加濃度 (mg/kg)	回収率 (%)	平均回収率 (%)	SD	RSDr (%)
ジノテフラン				
0.01	95, 86, 85, 85, 83	87	4.7	5
0.5	105, 102, 99, 99, 98	101	2.9	3
5	101, 101, 100, 100, 99	100	0.8	1
イプロジオン				
0.01	—	—	—	—
0.5	104, 100, 97, 97, 70	94	13.5	14
5	98, 93, 90, 90, 83	91	5.4	6
ブプロフェジン				
0.01	95, 93, 92, 90, 88	92	2.7	3
0.5	104, 100, 100, 98, 97	100	2.7	3
5	103, 101, 98, 95, 94	98	3.8	4
フェンピロキシメート				
0.01	96, 94, 93, 91, 90	93	2.4	3
0.5	103, 103, 101, 100, 99	101	1.8	2
5	106, 104, 104, 102, 94	102	4.7	5
ペルメトリン				
0.01	106, 101, 100, 100, 99	101	2.8	3
0.5	100, 100, 99, 98, 97	99	1.3	1
5	106, 100, 100, 98, 97	100	3.5	4
フルジオキシニル				
0.01	106, 104, 104, 103, 99	103	2.6	3
0.5	103, 102, 101, 100, 98	101	1.9	2
5	103, 102, 101, 101, 98	101	1.9	2

SD : 標準偏差 RSDr : 併行相対標準偏差 — : BL 試料からの検出により評価不能

表 6-2. きゅうり

添加濃度 (mg/kg)	回収率 (%)	平均回収率 (%)	SD	RSDr (%)
ジノテフラン				
0.01	—	—	—	—
0.5	117, 116, 114, 113, 111	114	2.4	2
5	108, 108, 107, 104, 96	105	5.1	5
イプロジオン				
0.01	117, 117, 109, 107, 102	110	6.5	6
0.5	97, 96, 92, 82, 82	90	7.4	8
5	100, 93, 92, 87, 87	92	5.4	6
ブプロフェジン				
0.01	96, 96, 95, 92, 90	94	2.7	3
0.5	103, 100, 100, 99, 97	100	2.2	2
5	107, 104, 101, 101, 93	101	5.2	5
フェンピロキシメート				
0.01	95, 94, 90, 87, 87	91	3.8	4
0.5	98, 98, 98, 97, 95	97	1.3	1
5	104, 101, 100, 99, 93	99	4.0	4
ペルメトリン				
0.01	81, 81, 74, 71, 71	76	5.1	7
0.5	97, 94, 93, 90, 88	92	3.5	4
5	97, 93, 93, 90, 88	92	3.4	4
フルジオキシニル				
0.01	122, 121, 101, 97, 93	107	13.7	13
0.5	97, 96, 95, 94, 94	95	1.3	1
5	101, 100, 100, 100, 95	99	2.4	2

SD：標準偏差 RSDr：併行相対標準偏差 —：BL 試料からの検出により評価不能

表 6-3. かき

添加濃度 (mg/kg)	回収率 (%)	平均回収率 (%)	SD	RSDr (%)
ジノテフラン				
0.01	—	—	—	—
0.5	119, 118, 116, 115, 113	116	2.4	2
5	105, 104, 103, 102, 102	103	1.3	1
マラチオン				
0.01	101, 97, 93, 92, 90	95	4.4	5
0.5	106, 101, 99, 96, 95	99	4.4	4
5	109, 105, 103, 97, 97	102	5.2	5
ペルメトリン				
0.01	96, 96, 94, 92, 92	94	2.0	2
0.5	105, 104, 103, 103, 102	103	1.1	1
5	102, 99, 98, 97, 97	99	2.1	2
フルベンジアミド				
0.01	—	—	—	—
0.5	105, 104, 104, 103, 101	103	1.5	1
5	105, 103, 103, 102, 102	103	1.2	1

SD : 標準偏差 RSDr : 併行相対標準偏差 — : BL 試料からの検出により評価不能

表 6-4. いちご

添加濃度 (mg/kg)	回収率 (%)	平均回収率 (%)	SD	RSDr (%)
イプロジオン				
0.01 ^a	—	—	—	—
0.5	98, 96, 96, 95, 93	96	1.8	2
5	95, 92, 90, 90, 89	91	2.4	3
ペルメトリン				
0.01 ^a	108, 106, 106, 98	105	4.4	4
0.5	99, 99, 98, 93, 92	96	3.4	4
5	96, 94, 93, 90, 89	92	2.9	3
フルジオキシソニル				
0.01	128, 97, 97, 93, 93	102	14.9	15
0.5	106, 103, 103, 103, 97	102	3.3	3
5	101, 101, 100, 100, 98	100	1.2	1
フルベンジアミド				
0.01 ^a	103, 100, 100, 98	100	2.1	2
0.5	107, 103, 102, 101, 99	102	3.0	3
5	100, 98, 96, 96, 95	97	2.0	2

SD：標準偏差 RSDr：併行相対標準偏差 —：BL 試料からの検出により評価不能

^a グラップズの棄却検定により，外れ値を除外

表 7. マトリックス効果の確認結果

有効成分	トマト	きゅうり	かき	いちご
ジノテフラン	-8%	+13%	+46%	—
イプロジオン	+32%	-13%	—	-10%
ブプロフェジン	-3%	-1%	—	—
フェンピロキシメート	-4%	-1%	—	—
ペルメトリン	-11%	-19%	0%	-5%
マラチオン	—	—	+9%	—
フルジオキシソニル	+2%	+8%	—	-1%
フルベンジアミド	—	—	+10%	0%

表 8. 農薬の付着特性実験の結果

表 8-1. トマト

		フェンピロ キシメート	ペルメ トリン	ジノテ フラン	フブプロ フェジソン	フルジオ キゾニル	イプロ ジオン
散布液	理論濃度 (mg/L)	40	100	100	200	200	500
	実測濃度 (mg/L)	58.1	141	121	195	261	465
浸漬	残留濃度 (mg/kg)	0.07 ±0.018	0.15 ±0.031	0.16 ±0.039	0.38 ±0.147	0.37 ±0.099	0.78 ±0.233
	付着量 (μg)	13.93 ±4.08	30.33 ±7.61	31.98 ±9.16	76.67 ±30.38	74.68 ±21.31	159.87 ±4.08
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.08 ±0.022	0.18 ±0.040	0.19 ±0.049	0.45 ±0.179	0.44 ±0.123	0.93 ±0.289
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.62 ±0.171	0.56 ±0.125	0.68 ±0.181	1.02 ±0.408	0.74 ±0.209	0.89 ±0.276
	残留濃度 (mg/kg)	0.12 ±0.020	0.29 ±0.060	0.25 ±0.031	0.54 ±0.103	0.59 ±0.098	1.37 ±0.314
(磨砕抽出)	付着量 (μg)	26.25 ±4.75	62.36 ±13.20	54.12 ±6.43	116.23 ±23.25	125.97 ±21.44	294.37 ±4.75
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.15 ±0.025	0.35 ±0.073	0.31 ±0.036	0.66 ±0.125	0.71 ±0.118	1.66 ±0.385
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	1.19 ±0.202	1.17 ±0.241	1.18 ±0.140	1.57 ±0.300	1.28 ±0.211	1.67 ±0.387
	残留濃度 (mg/kg)	0.18 ±0.024	0.33 ±0.040	0.30 ±0.067	0.96 ±0.122	0.85 ±0.128	2.54 ±0.274
(有姿抽出)	付着量 (μg)	37.06 ±5.81	67.06 ±9.24	61.72 ±14.81	196.65 ±27.73	174.85 ±28.62	522.09 ±5.81
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.22 ±0.030	0.39 ±0.048	0.36 ±0.082	1.14 ±0.148	1.02 ±0.155	3.03 ±0.335
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	1.73 ±0.244	1.29 ±0.160	1.39 ±0.316	2.74 ±0.355	1.82 ±0.279	3.05 ±0.337
	残留濃度 (mg/kg)	0.18 ±0.024	0.33 ±0.040	0.30 ±0.067	0.96 ±0.122	0.85 ±0.128	2.54 ±0.274

表 8-2. きゅうり

		フェンピ [®] ロ キシメート	ヘルメ トリン	ジ [®] ノテ フラン	ブ [®] フ [®] ロ フェジ [®] ン	フルジ [®] オ キゾニル	イ [®] フ [®] ロ ジ [®] オン
散布液	理論濃度 (mg/L)	40	100	100	200	200	500
	実測濃度 (mg/L)	58.1	141	121	195	261	465
浸漬	残留濃度 (mg/kg)	0.18 ±0.029	0.31 ±0.048	0.49 ±0.068	0.71 ±0.376	0.81 ±0.312	1.52 ±0.539
	付着量 (μg)	17.79 ±1.57	31.50 ±3.49	49.03 ±5.14	69.77 ±32.29	79.95 ±25.85	150.29 ±42.91
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.10 ±0.010	0.17 ±0.015	0.26 ±0.031	0.38 ±0.176	0.43 ±0.142	0.81 ±0.228
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.73 ±0.079	0.53 ±0.047	0.97 ±0.115	0.86 ±0.401	0.73 ±0.242	0.77 ±0.218
	残留濃度 (mg/kg)	0.16 ±0.030	0.31 ±0.069	0.41 ±0.079	0.52 ±0.093	0.67 ±0.123	1.47 ±0.276
(磨砕抽出) 噴霧	付着量 (μg)	18.45 ±2.88	35.00 ±9.06	46.56 ±9.17	58.03 ±4.94	74.96 ±8.96	164.36 ±14.50
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.10 ±0.015	0.18 ±0.043	0.24 ±0.045	0.30 ±0.036	0.39 ±0.052	0.85 ±0.099
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.78 ±0.126	0.60 ±0.145	0.94 ±0.174	0.73 ±0.087	0.70 ±0.094	0.86 ±0.101
	残留濃度 (mg/kg)	0.13 ±0.017	0.21 ±0.040	0.23 ±0.044	0.56 ±0.104	0.59 ±0.118	1.48 ±0.351
(有姿抽出) 噴霧	付着量 (μg)	13.02 ±2.36	21.23 ±2.99	23.26 ±3.20	57.71 ±12.21	60.69 ±11.89	149.75 ±23.88
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.07 ±0.009	0.11 ±0.018	0.12 ±0.022	0.30 ±0.052	0.31 ±0.057	0.78 ±0.163
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.55 ±0.074	0.37 ±0.062	0.47 ±0.087	0.72 ±0.126	0.57 ±0.103	0.79 ±0.166
	残留濃度 (mg/kg)	0.13 ±0.017	0.21 ±0.040	0.23 ±0.044	0.56 ±0.104	0.59 ±0.118	1.48 ±0.351

表 8-3. かき

		フルベンジアミド	ペルメトリン	ジノテフラン	マラチオン
散布液	理論濃度 (mg/L)	50	100	100	500
	実測濃度 (mg/L)	55.3	96	106	359
浸漬	残留濃度 (mg/kg)	0.08 ±0.015	0.10 ±0.026	0.20 ±0.035	0.28 ±0.044
	付着量 (μg)	15.91 ±2.83	18.13 ±4.57	37.83 ±6.08	53.37 ±7.70
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.07 ±0.015	0.08 ±0.025	0.18 ±0.035	0.25 ±0.043
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.30 ±0.059	0.20 ±0.057	0.37 ±0.073	0.15 ±0.026
	残留濃度 (mg/kg)	0.12 ±0.021	0.17 ±0.039	0.29 ±0.033	0.49 ±0.085
(磨砕抽出) 噴霧	付着量 (μg)	22.44 ±4.18	32.50 ±7.75	55.74 ±7.24	94.73 ±16.80
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.10 ±0.018	0.15 ±0.033	0.25 ±0.026	0.43 ±0.073
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.42 ±0.075	0.35 ±0.080	0.55 ±0.056	0.28 ±0.047
	残留濃度 (mg/kg)	0.17 ±0.027	0.27 ±0.042	0.28 ±0.028	0.83 ±0.129
(有姿抽出) 噴霧	付着量 (μg)	32.72 ±5.13	51.59 ±8.04	53.55 ±5.49	160.56 ±24.49
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.15 ±0.024	0.24 ±0.038	0.25 ±0.024	0.74 ±0.113
	$M_{0, \text{norm}}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	0.63 ±0.100	0.57 ±0.090	0.53 ±0.053	0.47 ±0.073
	残留濃度 (mg/kg)	0.17 ±0.027	0.27 ±0.042	0.28 ±0.028	0.83 ±0.129

表 8-4. いちご

		ペルメトリン	フルベンジアミド	フルジオキソニル	イプロジオン
散布液	理論濃度 (mg/L)	66.7	100	200	333
	実測濃度 (mg/L)	69.0	101	228	385
浸漬	残留濃度 (mg/kg)	1.04 ±0.169	1.66 ±0.298	4.26 ±1.013	5.86 ±2.636
	付着量 (μg)	42.86 ±10.06	68.51 ±15.65	175.17 ±44.12	240.58 ±106.50
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.57 ±0.110	0.91 ±0.180	2.33 ±0.556	3.20 ±1.409
	$M_{0,norm}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	2.44 ±0.472	2.60 ±0.515	3.33 ±0.795	2.74 ±1.209
	残留濃度 (mg/kg)	0.53 ±0.090	0.91 ±0.134	2.11 ±0.343	2.97 ±0.532
(磨砕抽出) 噴霧	付着量 (μg)	16.12 ±3.00	27.56 ±4.25	63.89 ±11.59	89.94 ±20.03
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.29 ±0.049	0.49 ±0.072	1.14 ±0.189	1.60 ±0.305
	$M_{0,norm}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	1.19 ±0.203	1.39 ±0.203	1.43 ±0.236	1.19 ±0.226
	残留濃度 (mg/kg)	0.58 ±0.100	1.12 ±0.188	2.34 ±0.214	3.85 ±0.603
(有姿抽出) 噴霧	付着量 (μg)	19.26 ±2.69	37.58 ±5.51	78.35 ±5.86	129.05 ±18.45
	面積付着量 (μg/cm ²)	0.32 ±0.052	0.63 ±0.101	1.30 ±0.114	2.15 ±0.325
	$M_{0,norm}$ (μg/cm ² in kg a.i./ha)	1.33 ±0.216	1.77 ±0.286	1.63 ±0.143	1.59 ±0.241
	残留濃度 (mg/kg)	0.58 ±0.100	1.12 ±0.188	2.34 ±0.214	3.85 ±0.603

表 9. 農薬の付着特性実験に用いた食品の幾何特性

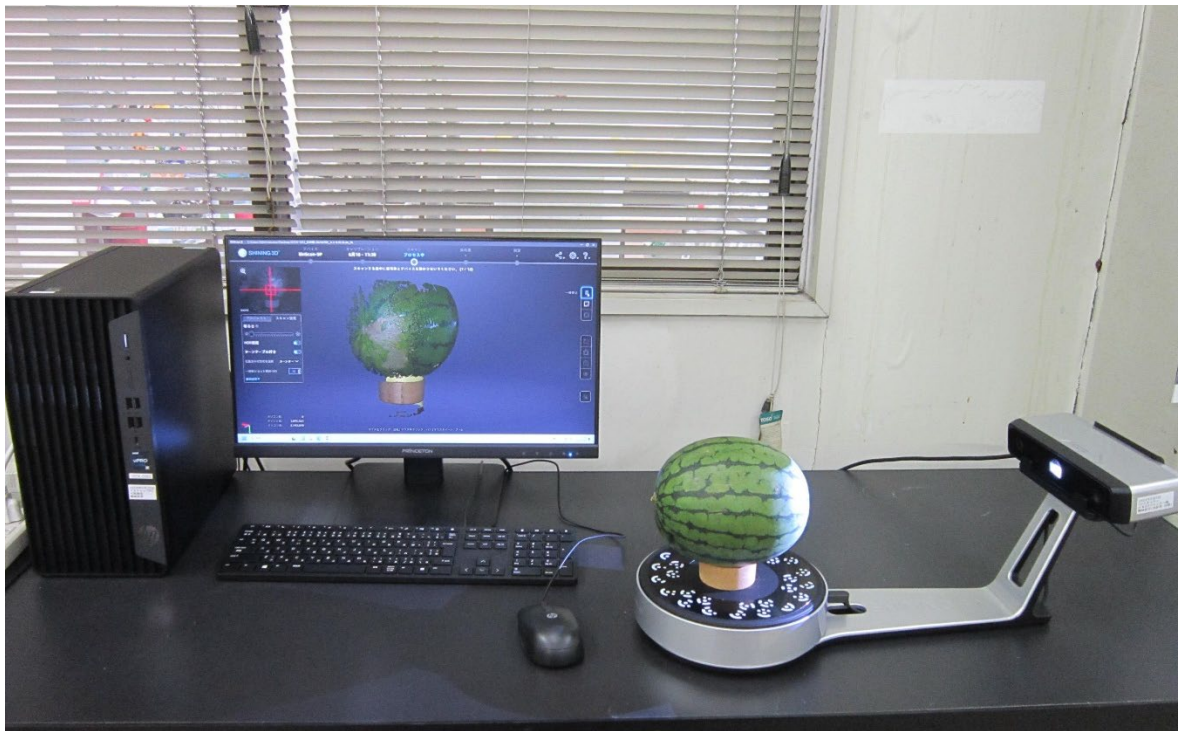
作物	浸漬		噴霧 (磨砕抽出)		噴霧 (有姿抽出)	
	重量 (g)	表面積 (cm ²)	重量 (g)	表面積 (cm ²)	重量 (g)	表面積 (cm ²)
トマト	203±13.1	171±8.2	215±8.8	177±4.9	206±13.4	172±8.0
きゅうり	101±12.7	186±11.5	114±15.5	194±17.7	107±36.6	198±53.7
かき	190±7.3	215±13.0	193±5.2	221±8.5	192±4.4	217±6.8
いちご	41±3.3	75±4.7	30±2.4	56±3.1	34±1.5	60±1.7

表 10. $M_{0, \text{norm}}$ の農薬間総平均値の算出結果

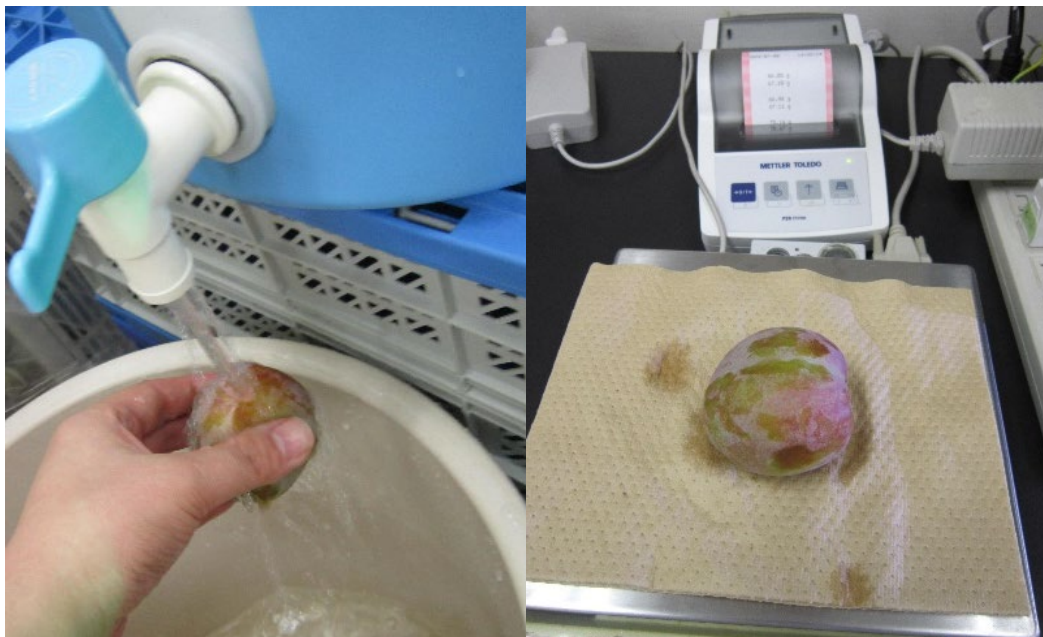
作物	浸漬	噴霧 (磨砕抽出)	噴霧 (有姿抽出)
トマト	0.75±0.218	1.34±0.234	2.00±0.272
きゅうり	0.77±0.173	0.77±0.109	0.58±0.093
かき	0.26±0.052	0.40±0.060	0.55±0.071
いちご	2.78±0.518	1.30±0.183	1.58±0.175

単位：μg/cm² in kg a.i./ha表 11. 予測モデルによる検証に使用した $R_{A/W}$ の実測値及び $M_{0, \text{norm}}$ 推定値

食品群	食品	$R_{A/W}$	$M_{0, \text{norm}}$
仁果類	りんご	1.66	1.34
	クラブアップル	1.01	1.66
	びわ	1.27	2.41
ベリー及びその他小粒果実類	ぶどう (大粒)	2.56	2.24
	ぶどう (小粒)	2.28	2.11
ウリ科果菜類	すいか	0.45	1.35
	マスクメロン	0.51	3.18
	メロン	0.52	0.91
ウリ科以外の果菜類	長なす	2.76	0.69
	中長なす	2.32	0.37
	丸なす	1.54	1.30
	米なす	1.25	0.51



付録 1. 3D スキャナーによる形態調査の様子



付録 2. 保水実験の様子

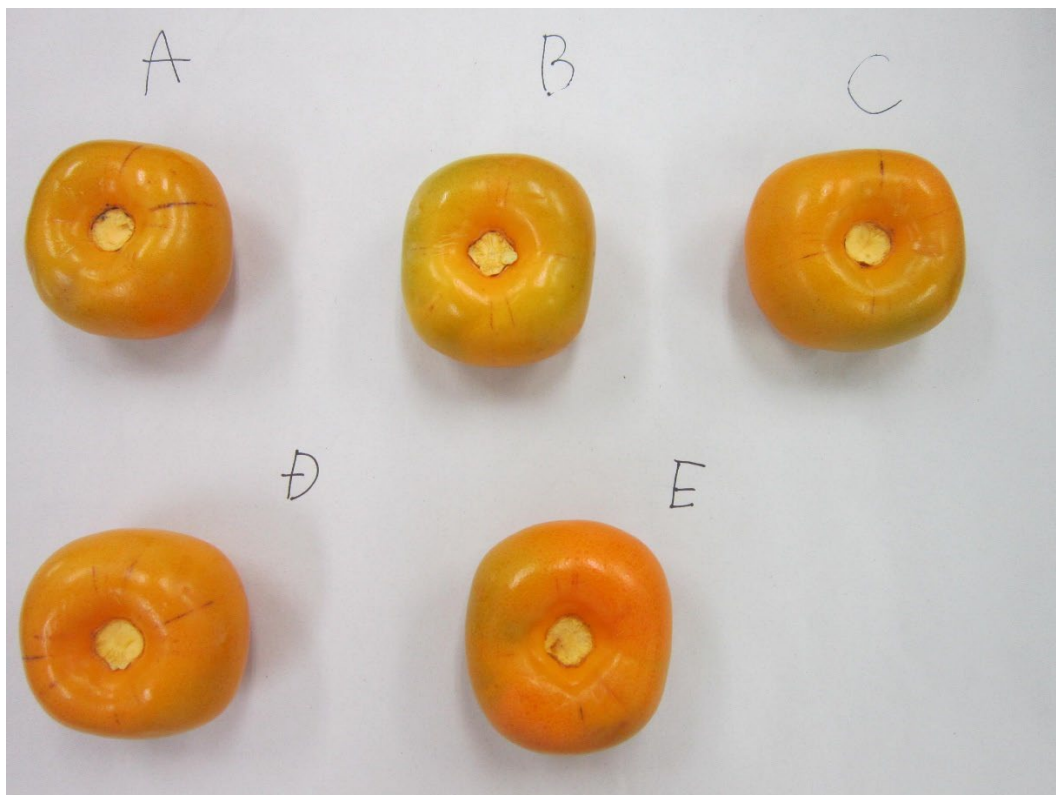


大玉トマト

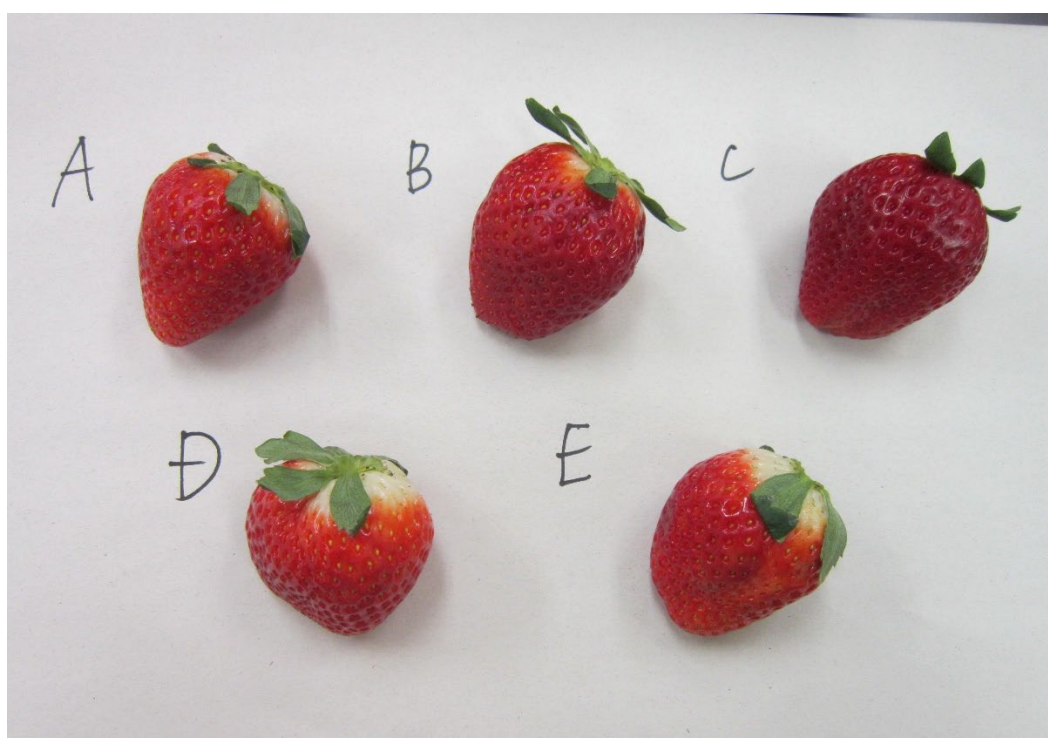


きゅうり

付録 3. 噴霧実験に使用した大玉トマト，きゅうり，かき及びいちご



かき (散布時には除去したへたをのせたもので実施)



いちご (散布時には除去したへたを除去)

付録 3. 噴霧実験に使用した大玉トマト, きゅうり, かき及びいちご (続き)



付録 4. 噴霧実験で使用したドリフト防止チャンバーと噴霧の様子

付録 5. 3D スキャナーによる測定で作製した食品の 3D イメージの例

付録 5-1. かんきつ類 (Citrus fruits, FC)



レモン



ライム



すだち



へべす



きんかん



ゆず



シークワーサー



マンダリン
(ヴィーナス)



デコポン



温州みかん
(インカの雲)



紅まどんな



はれひめ



オレンジ
(ヴァレンシア)



マーコット



グレープフルーツ
(ルビー)



グレープフルーツ
(ジャクソンフルーツ)



ぶんたん
(メロゴールド)

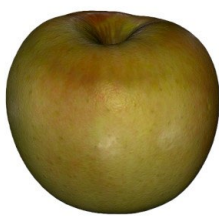


夏みかん

付録 5-2. 仁果類 (Pome fruits, FP)



りんご
(ロイヤルガラ)



りんご
(つがる)



クラブアップル



かき
(平核無し)



かき
(筆柿)



かき
(富有)



西洋なし



日本なし
(幸水)



びわ

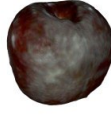


かりん

付録 5-3. 核果類 (Stone fruits, FS)



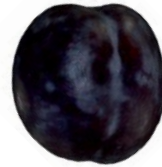
おうとう
(秀峰)



アメリカンチェリー



プラム
(大石早生)



プルーン



ソルダム



もも



もも
(川中島白桃)



もも
(ワッサー)



あんず



うめ
(南高)



ネクタリン

付録 5-4. ベリー及びその他の小粒果実類 (Berries and other small fruits, FB)



ブラックベリー



ラズベリー



ブルーベリー



アロニア



ぶどう (房)
(デラウェア)



ぶどう (房)
(巨峰)



ぶどう (粒)
(巨峰)



いちご
(よつぼし)



いちご
(とちあいか)



いちご
(やよいひめ)



クランベリー

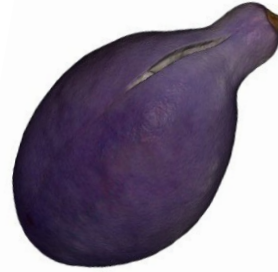
付録 5-5. 熱帯及び亜熱帯果実類（可食果皮）(Assorted tropical and sub-tropical fruits-
edible peel, FT)



いちじく
(ロングドゥート)



スターフルーツ



あけび

付録 5-6. 熱帯及び亜熱帯果実類（非可食果皮）(Assorted tropical and sub-tropical fruits-
inedible peel, FI)



ライチ



ロンガン



アボカド



ザクロ



マンゴー



青パパイヤ



パパイヤ



バナナ



バナナ
(サババナナ)



バナナ
(セニョリータ)



フェイジョア



ポポー



マンゴスチン

付録 5-6 (続き). 熱帯及び亜熱帯果実類 (非可食果皮) (Assorted tropical and sub-tropical fruits-inedible peel, FI)



アテモヤ



パイナップル



ランブータン



ドラゴンフルーツ



キウイフルーツ
(ヘイワード)



キウイフルーツ
(サンゴールド)



パッションフルーツ

付録 5-7. アブラナ科野菜類 (アブラナ科葉菜を除く) (Brassica vegetables except Brassica leafy vegetables, VB)



ブロッコリー



カリフラワー
(ロマネスコ)



芽キャベツ



キャベツ



白菜

付録 5-8. 果菜類（ウリ科）(Fruiting vegetables, Cucurbits, VC)



きゅうり



マシシ



ズッキーニ



ゴーヤ



トカドヘチマ



マスクメロン



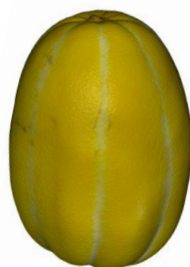
メロン



キワノ



まくわうり
(金まくわ)



まくわうり
(チャメ)

付録 5-8 (続き). 果菜類 (ウリ科) (Fruiting vegetables, Cucurbits, VC)



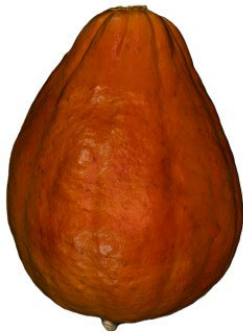
しろうり
(あおうり)



しろうり
(はぐらうり)



すいか
(スウィートキッズ)



かぼちゃ
(コリンキー)



かぼちゃ
(坊ちゃん)



かぼちゃ
(バターナッツ)

付録 5-8. 果菜類（ウリ科以外） (Fruiting vegetables, other than Cucurbits, VO)



トマト
(桃太郎)



トマト
(中玉品種)



ミニトマト



ミニトマト
(アイコ)



ピーマン
(みおぎ)



甘長とうがらし
(万願寺とうがらし)



パプリカ



とうがらし
(ハラペーニョ)



オクラ
(ニュースカイ)



なす
(中長なす)



なす
(米なす)



なす
(長なす)



タイなす

付録 5-9. 豆類（未熟）(Legume vegetables, VP) 及び茎野菜類 (Stalk and stem vegetables, VS)



さやいんげん



スナップエンドウ



アスパラガス
(ホワイトアスパラガス)



アスパラガス
(グリーンアスパラガス)

付録 6. 残留分析における検量線の一例と代表的なクロマトグラム

付録 6-1. 検量線の一例

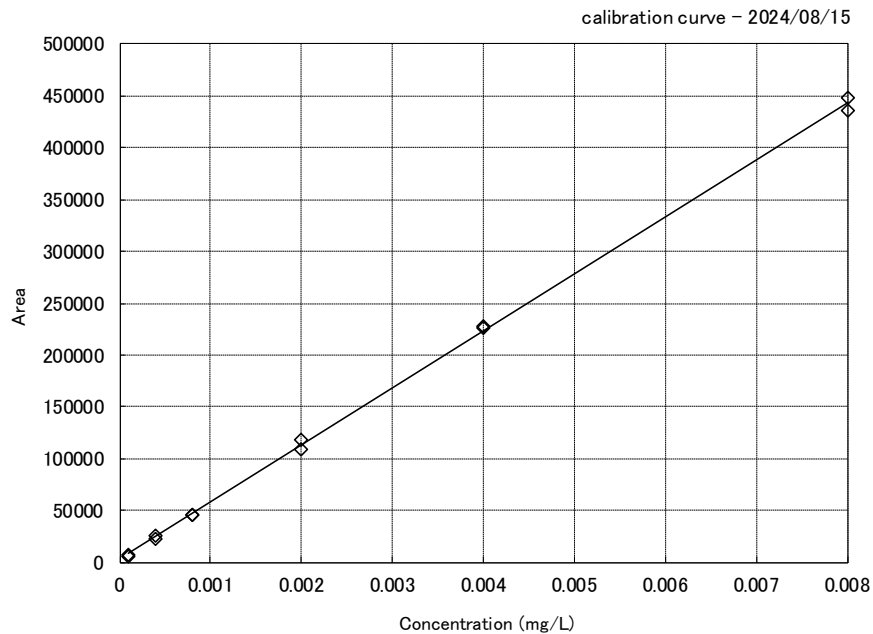
ジノテフラン

calibration curve --- 2024/08/15

ジノテフラン

$y = 55086329 x + 2978$

$r = 0.99971$



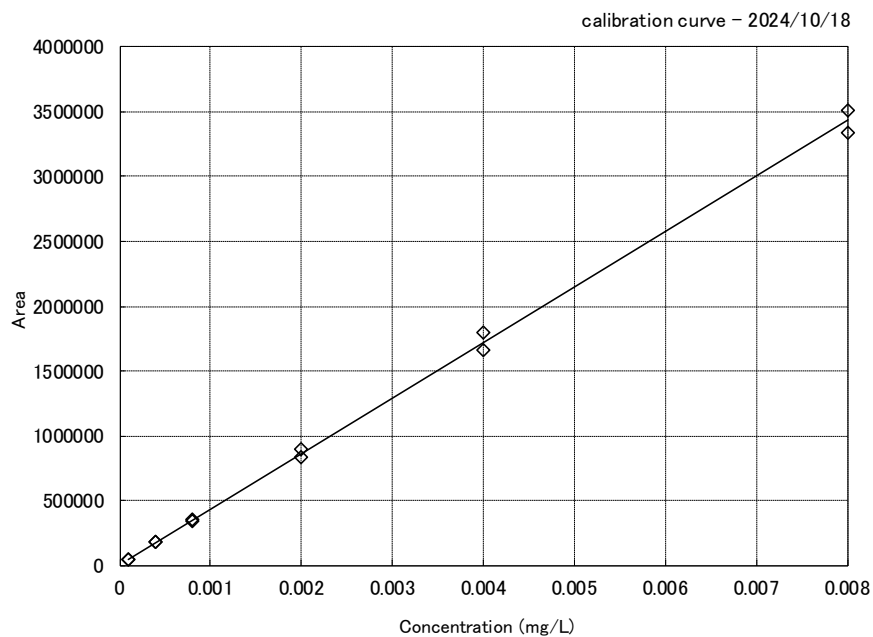
馬拉チオン

calibration curve --- 2024/10/18

馬拉チオン

$y = 427501517 x + 9784$

$r = 0.99927$



付録 6-1. 検量線の一例 (続き)

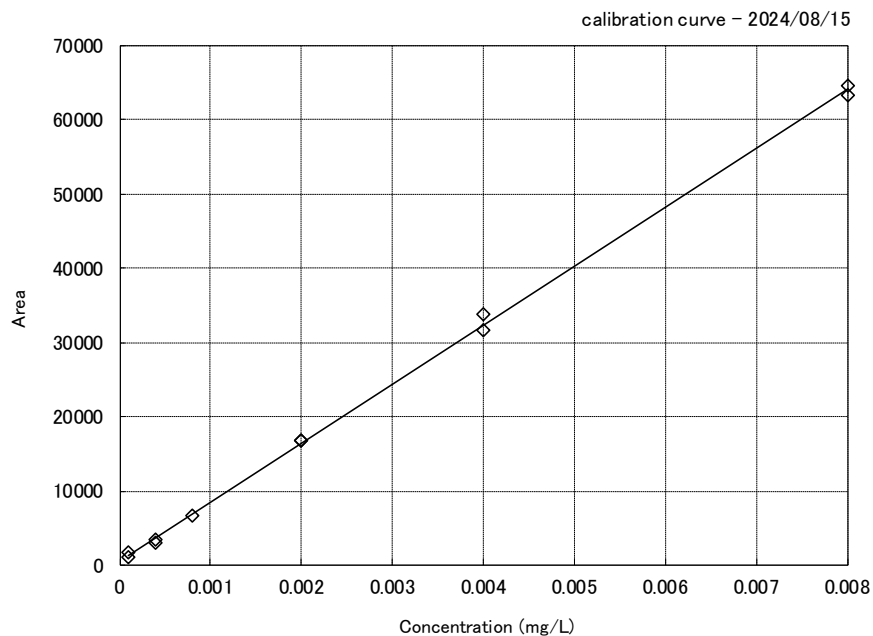
イブロジオン

calibration curve --- 2024/08/15

イブロジオン

$y = 7962905 x + 500$

$r = 0.99953$



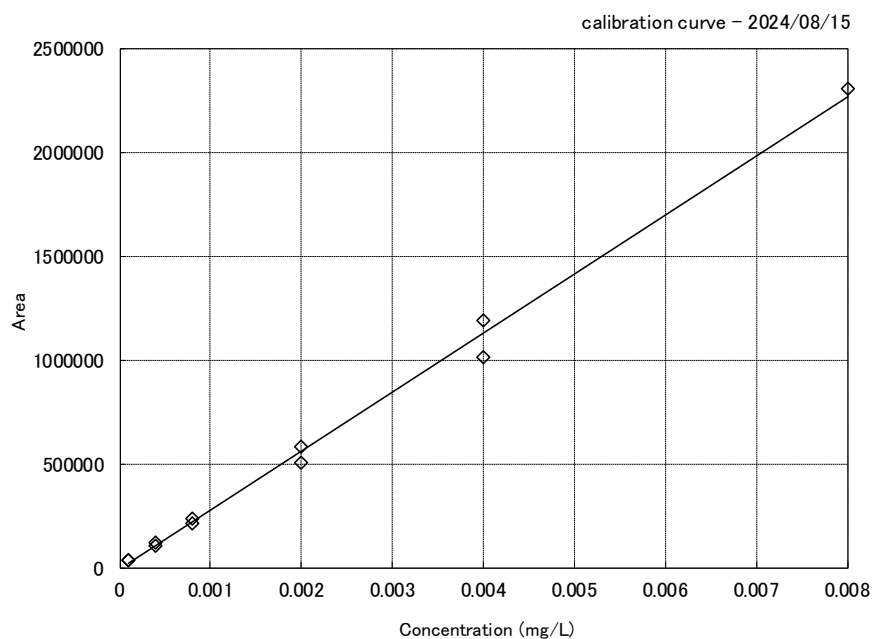
ブプロフェジン

calibration curve --- 2024/08/15

ブプロフェジン

$y = 284876589 x - 5797$

$r = 0.99751$



付録 6-1. 検量線の一例 (続き)

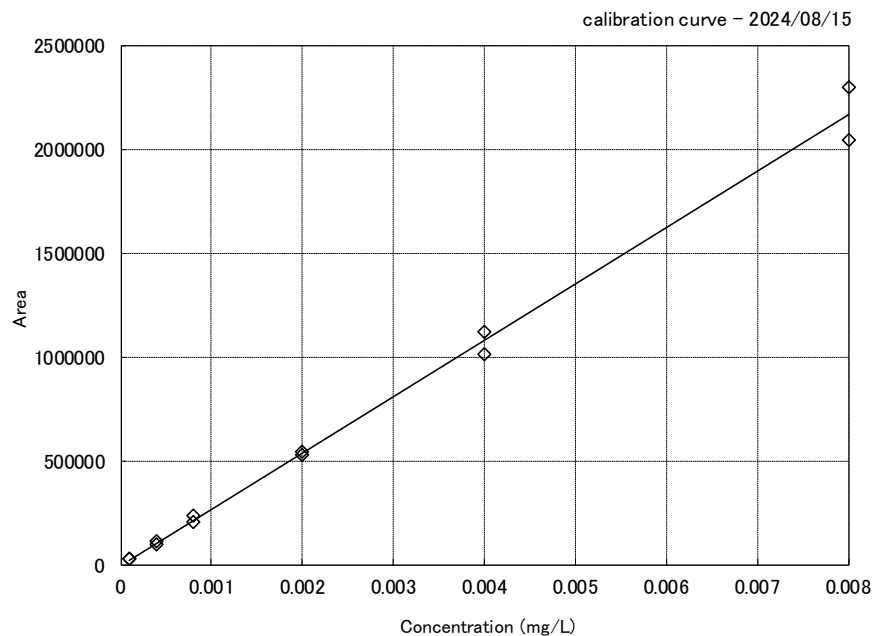
フェンピロキシメート

calibration curve --- 2024/08/15

フェンピロキシメート

$y = 270869086 x - 668$

$r = 0.99720$



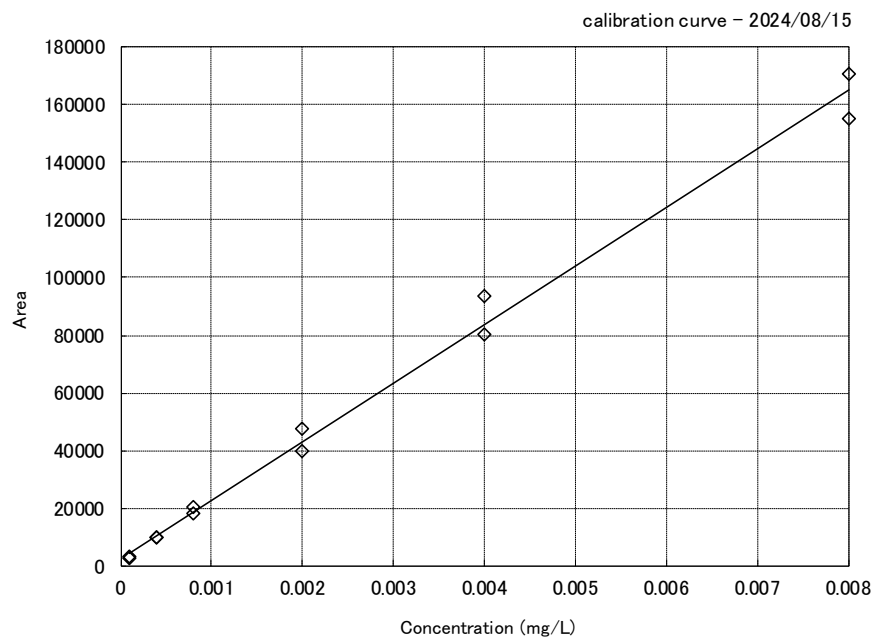
ペルメトリン

calibration curve --- 2024/08/15

ペルメトリン

$y = 20272132 x + 2632$

$r = 0.99638$



付録 6-1. 検量線の一例 (続き)

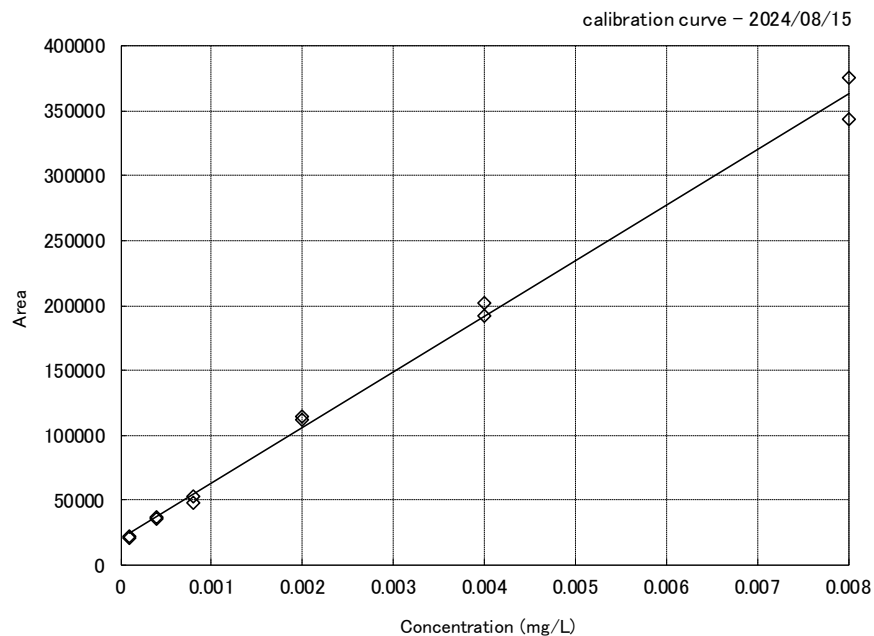
フルジオキシニル

calibration curve --- 2024/08/15

フルジオキシニル

$y = 42883237 x + 20366$

$r = 0.99770$



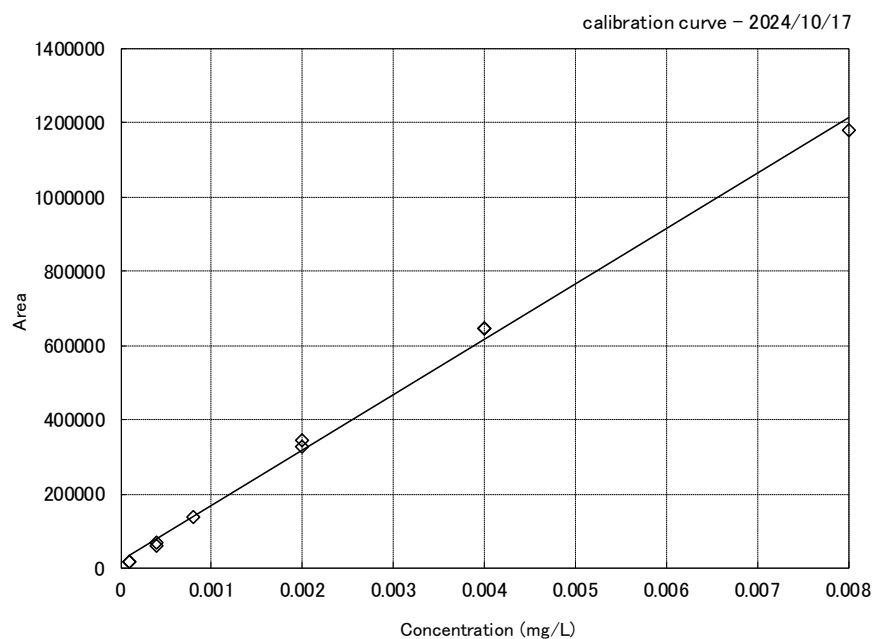
フルベンジアミド

calibration curve --- 2024/10/17

フルベンジアミド

$y = 149871523 x + 18002$

$r = 0.9982$

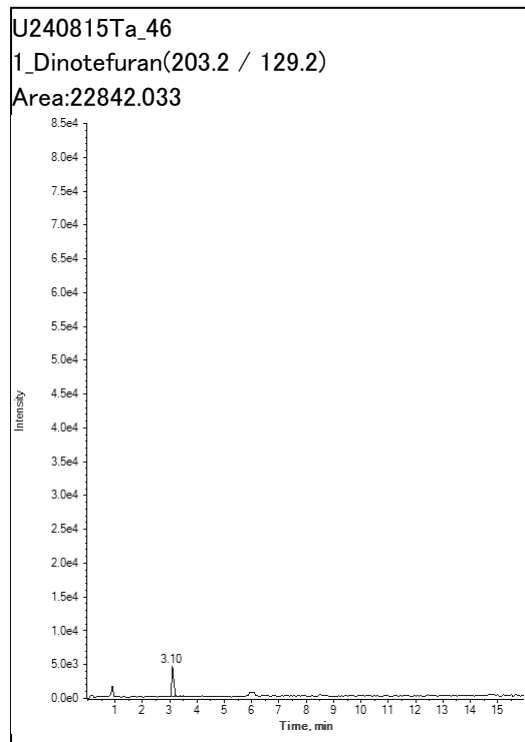


付録 6-2. トマトのクロマトグラム

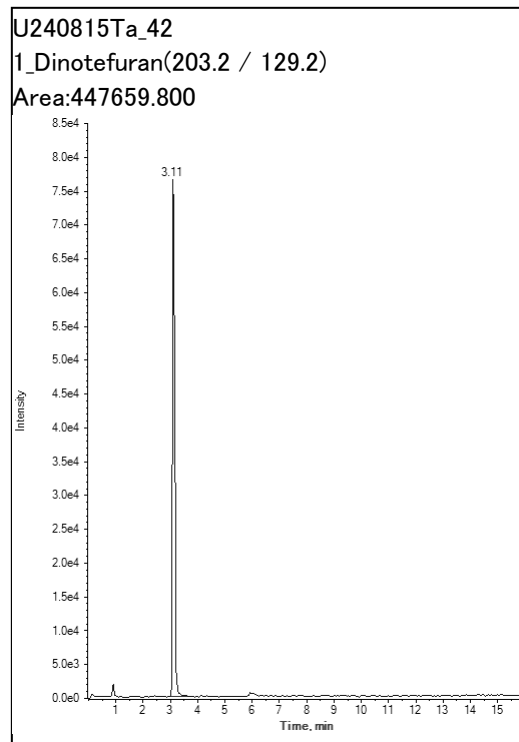
付録 6-2-1. ジノテフランのクロマトグラム

付録 6-2-1-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



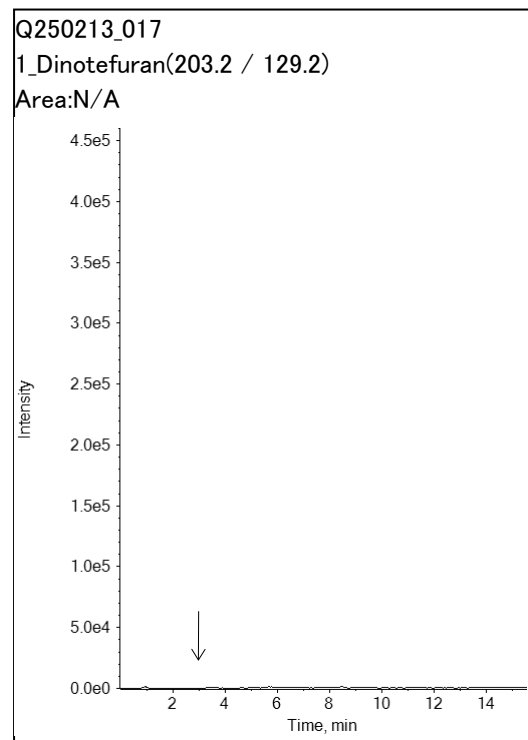
0.008 mg/L



付録 6-2-1-2. 無処理区と回収率

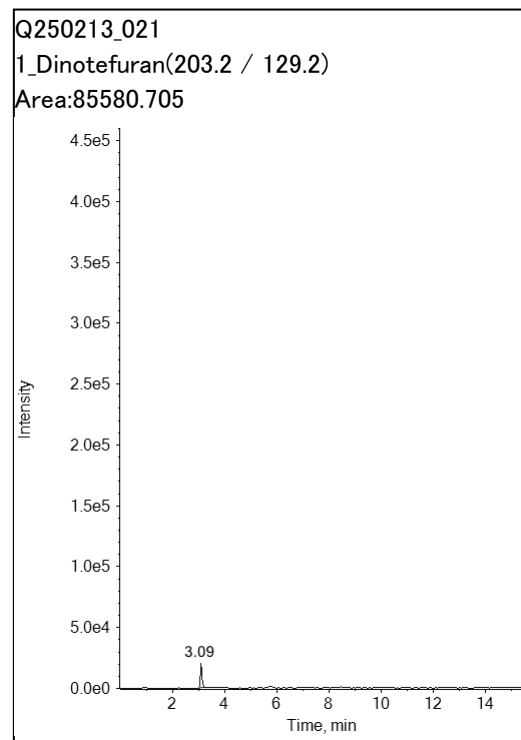
無処理

10 mL/0.4 g



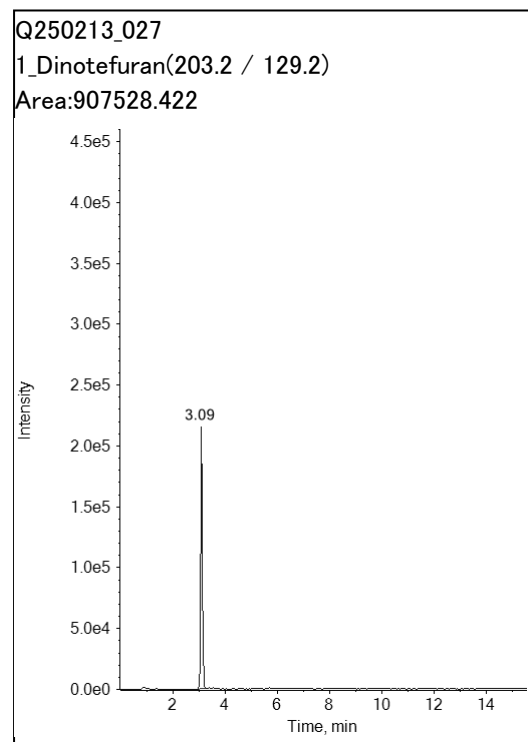
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



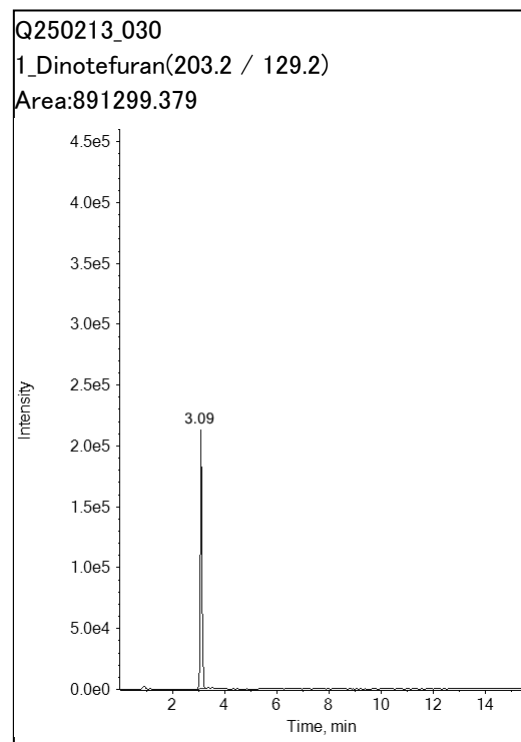
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

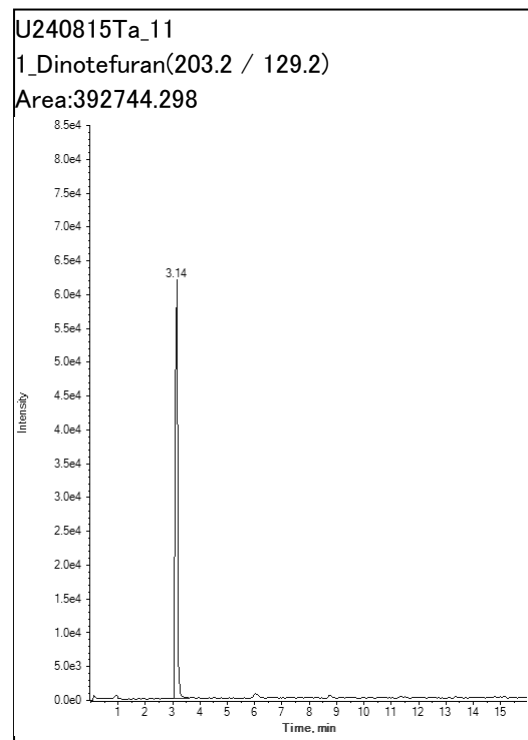
500 mL/0.4 g



付録 6-2-1-3. 実試料

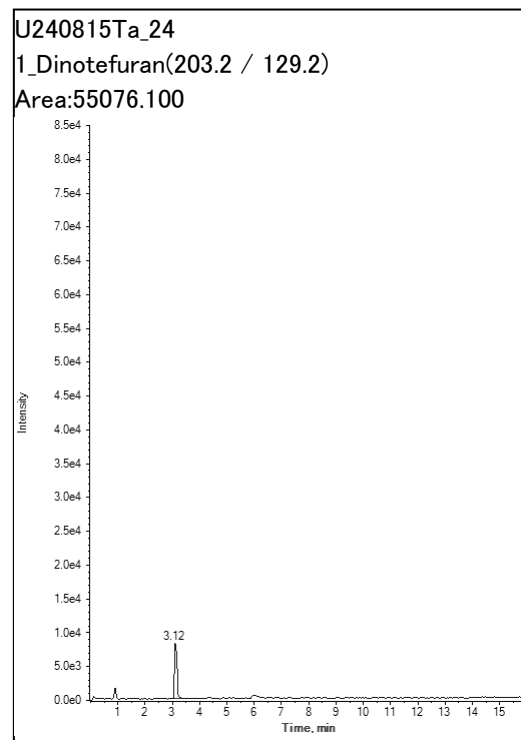
浸漬

10 mL/0.4 g



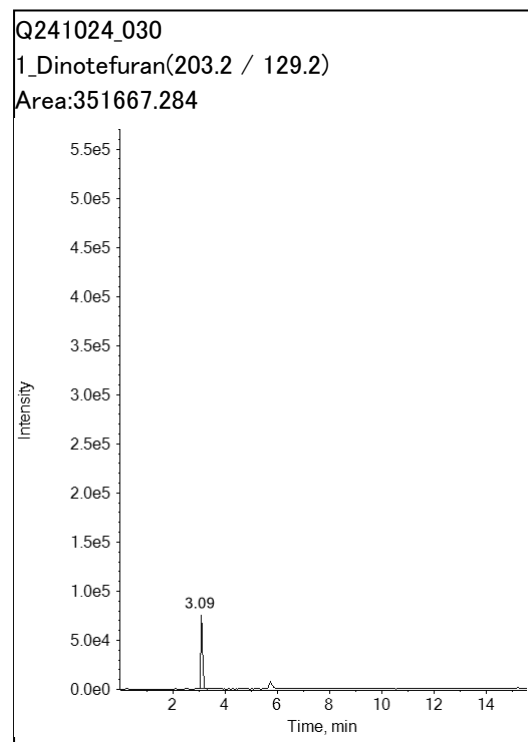
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

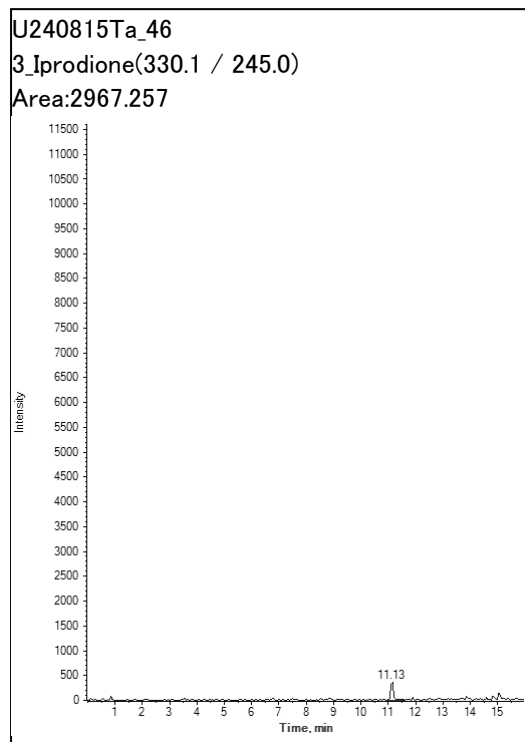
100 mL/0.4 g



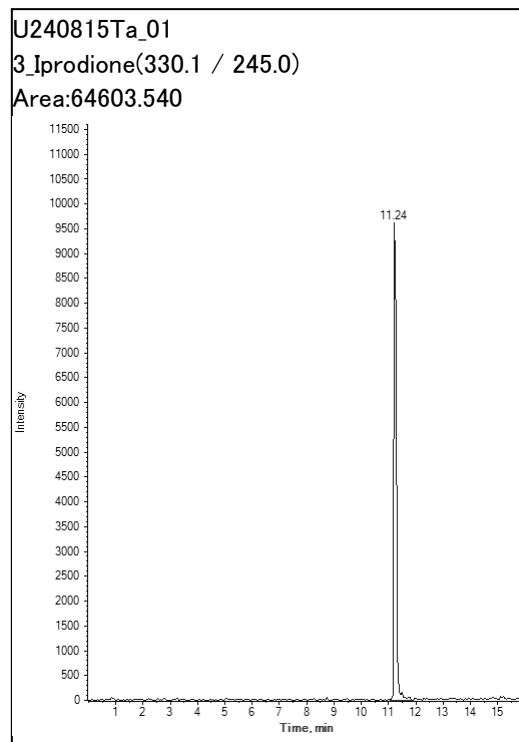
付録 6-2-2. イプロジオンのクロマトグラム

付録 6-2-2-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



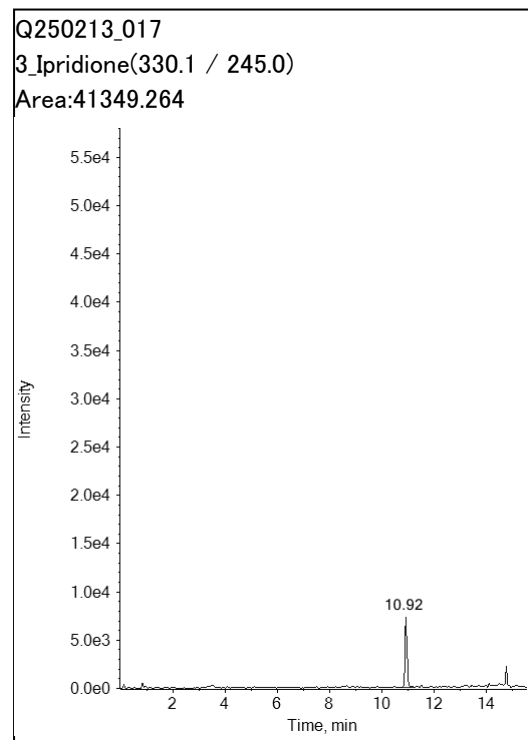
0.008 mg/L



付録 6-2-2-2. 無処理区と回収率

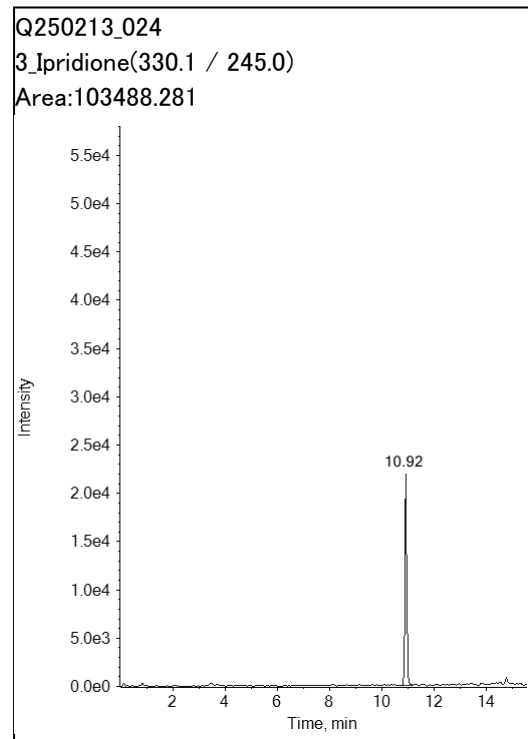
無処理

10 mL/0.4 g



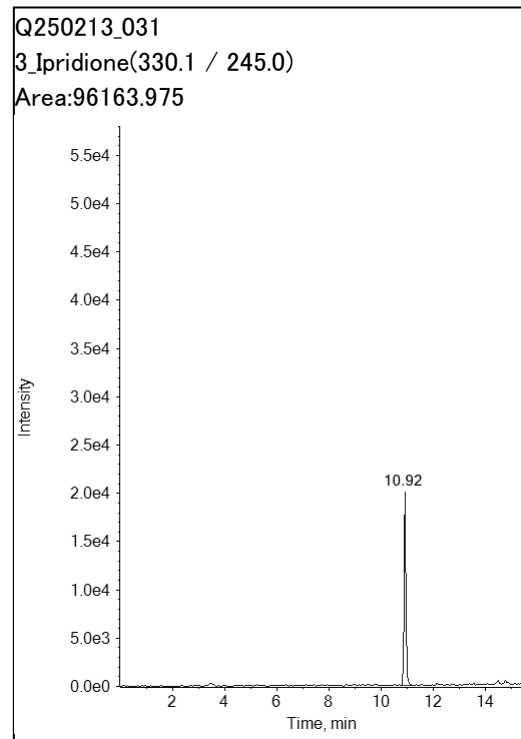
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

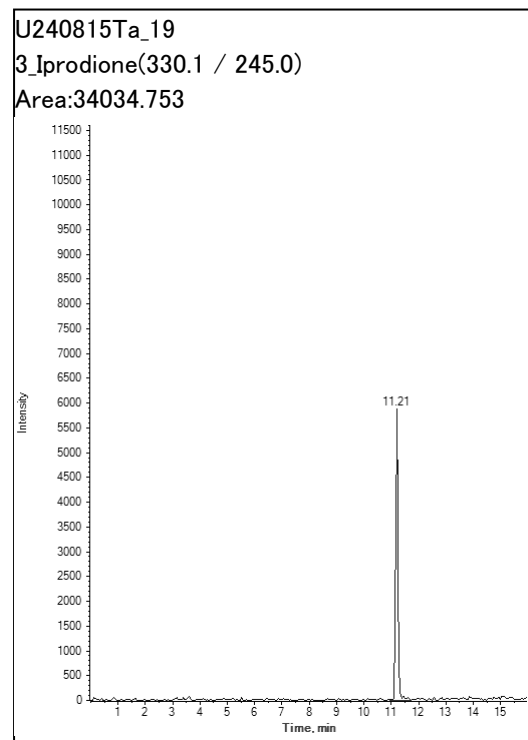
500 mL/0.4 g



付録 6-2-2-3. 実試料のクロマトグラム

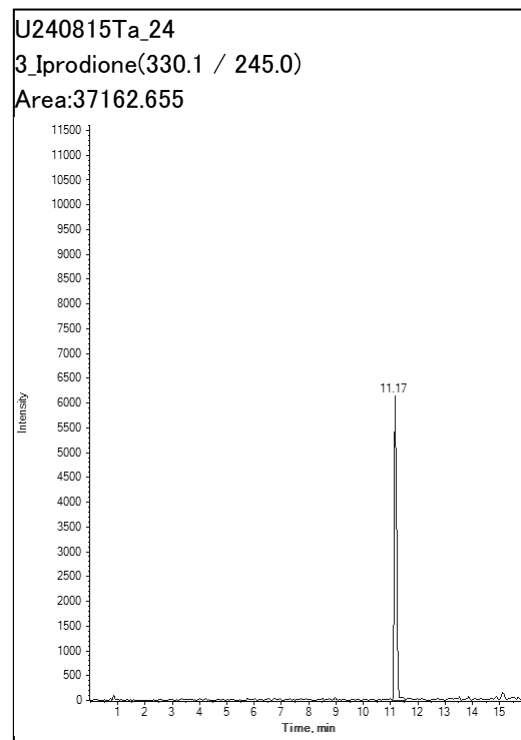
浸漬

100 mL/0.4 g



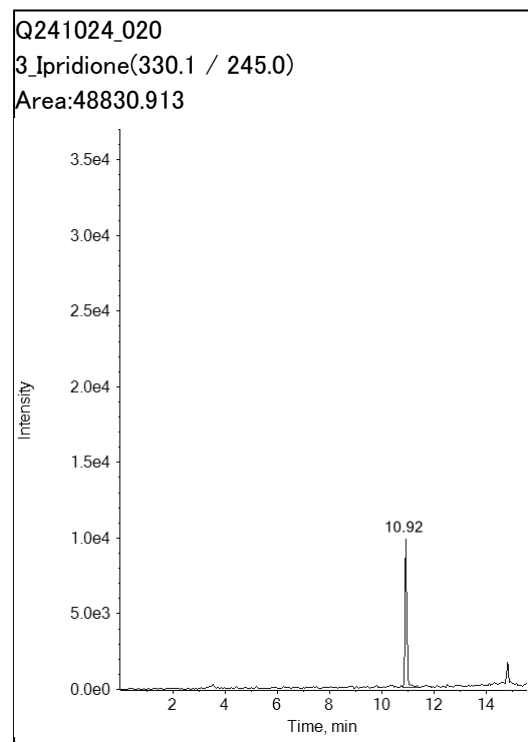
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

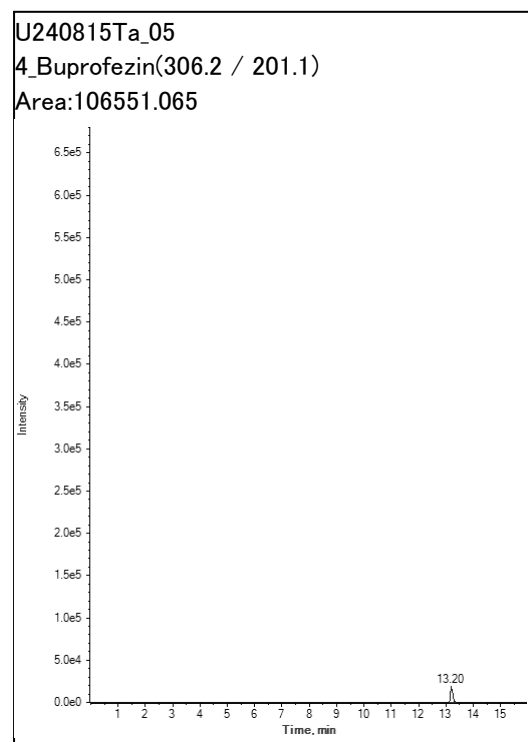
400 mL/0.4 g



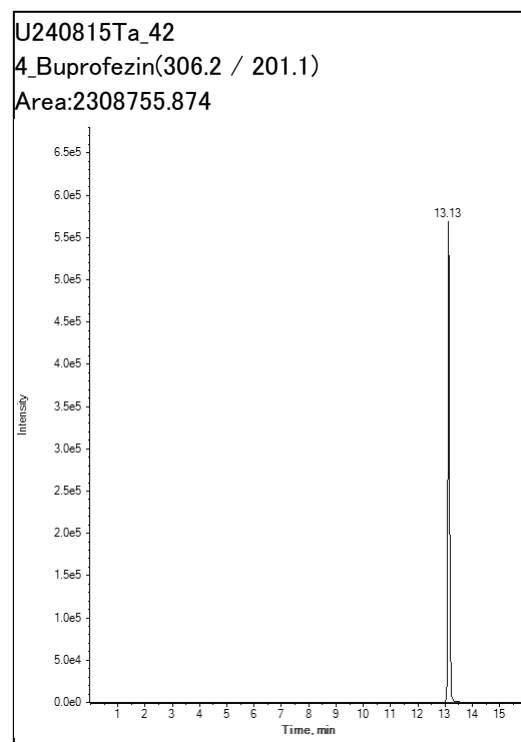
付録 6-2-4. ブプロフェジンのクロマトグラム

付録 6-2-4-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



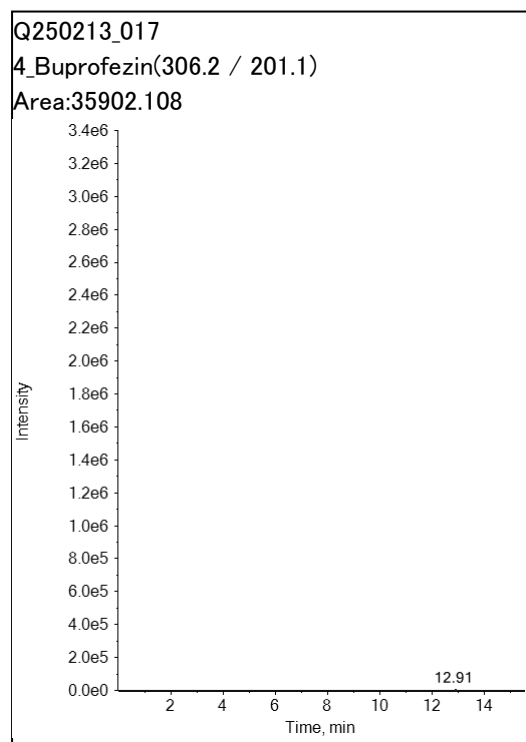
0.008 mg/L



付録 6-2-4-2. 無処理区と回収率のクロマトグラム

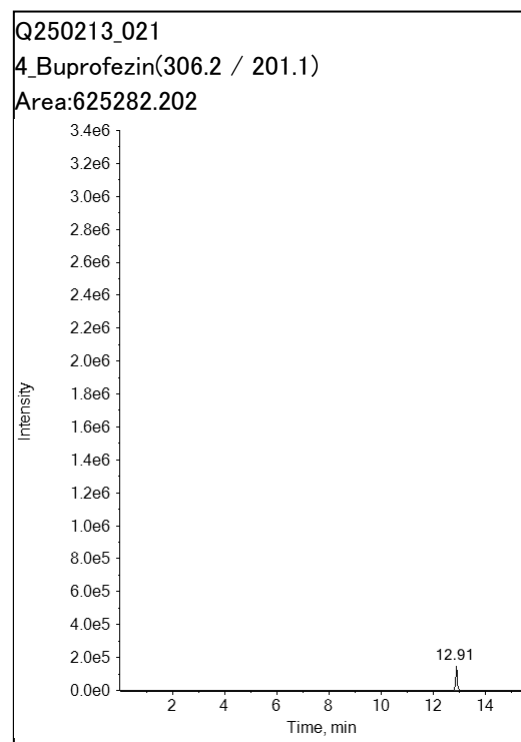
無処理

10 mL/0.4 g



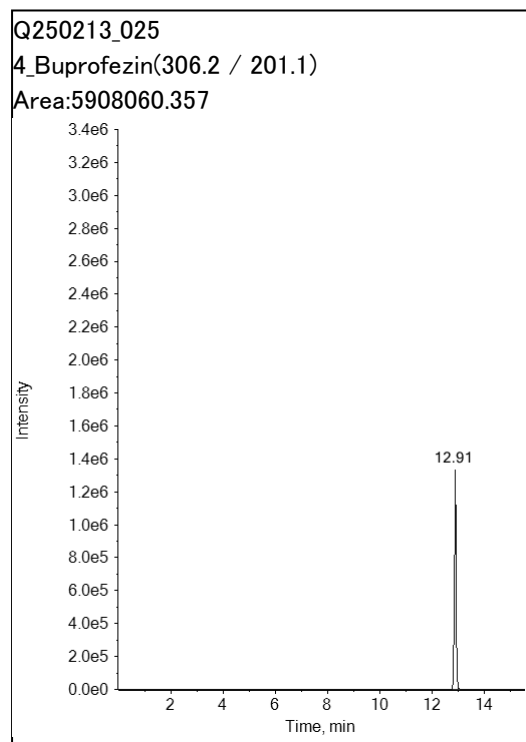
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



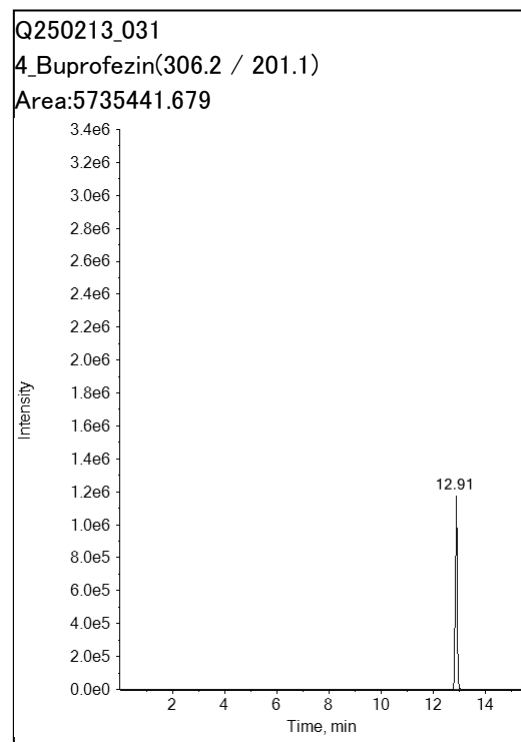
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

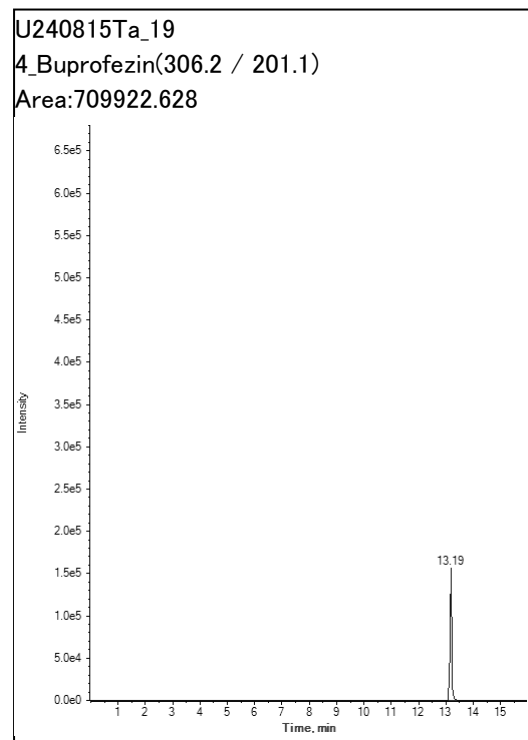
500 mL/0.4 g



付録 6-2-4-3. 実試料

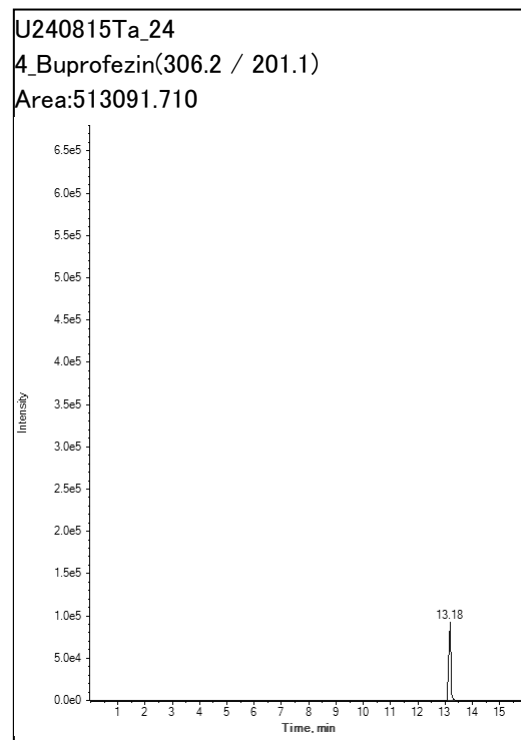
浸漬

100 mL/0.4 g



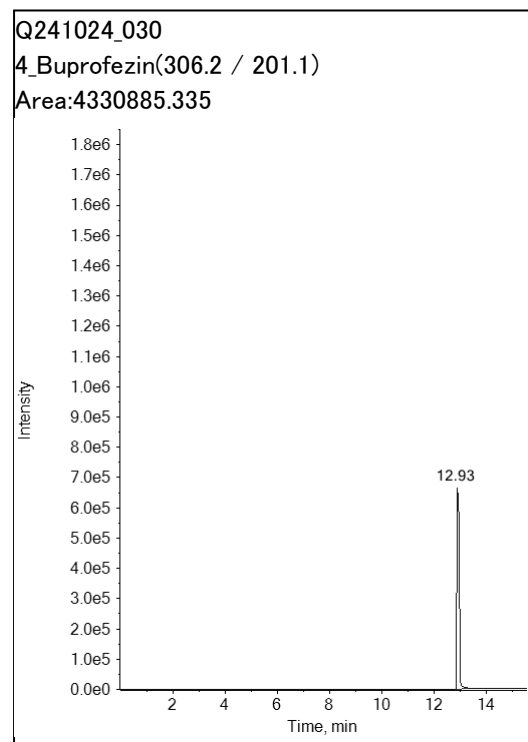
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

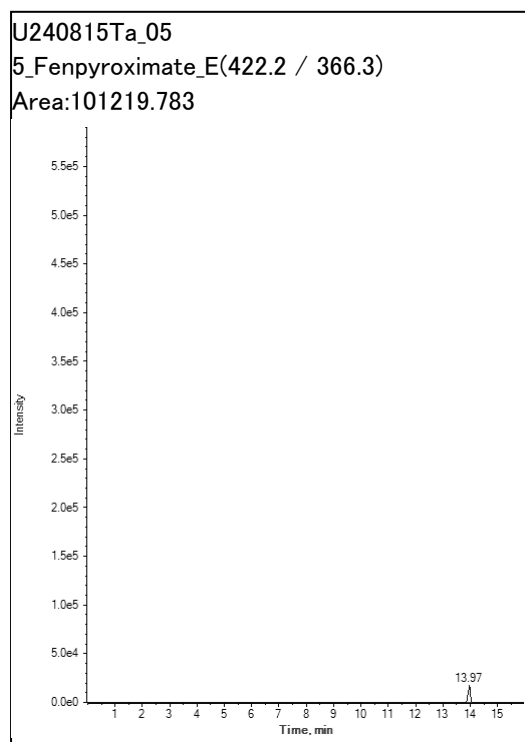
100 mL/0.4 g



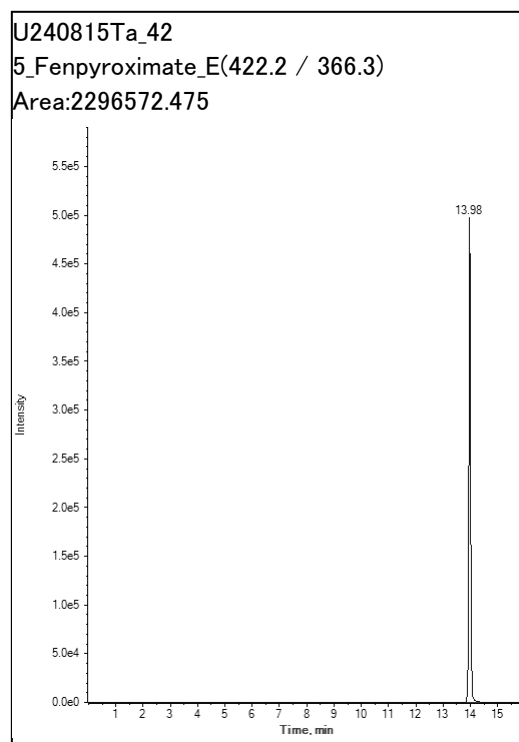
付録 6-2-5. フェンピロキシメートのクロマトグラム

付録 6-2-5-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



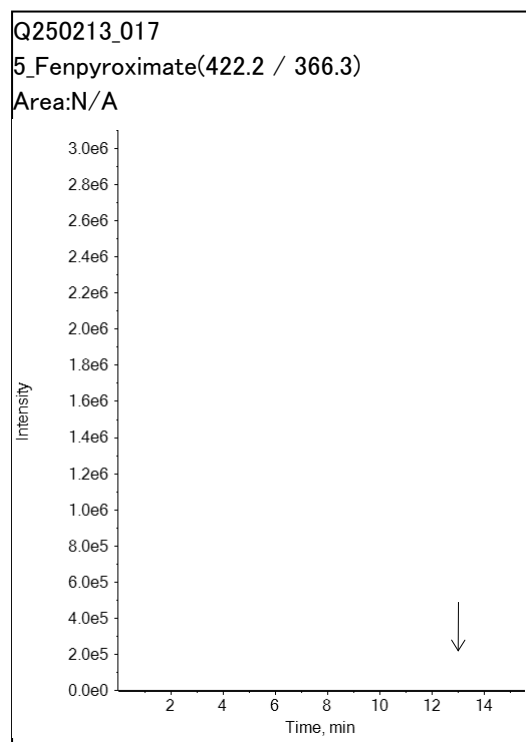
0.008 mg/L



付録 6-2-5-2. 無処理区と回収率

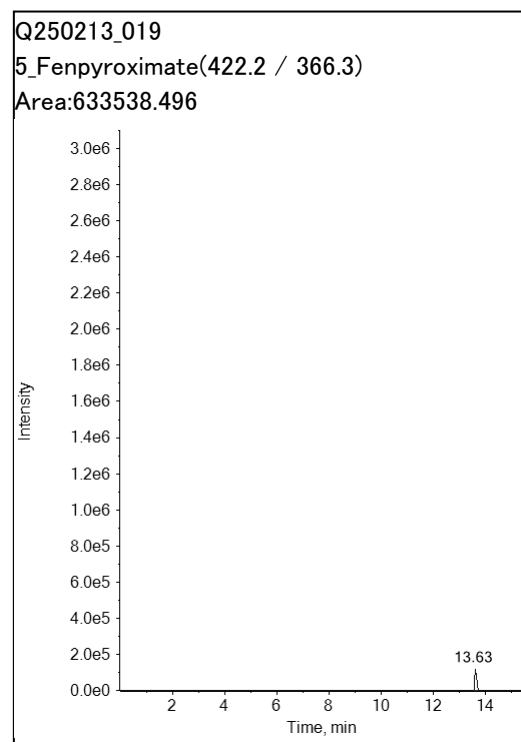
無処理

10 mL/0.4 g



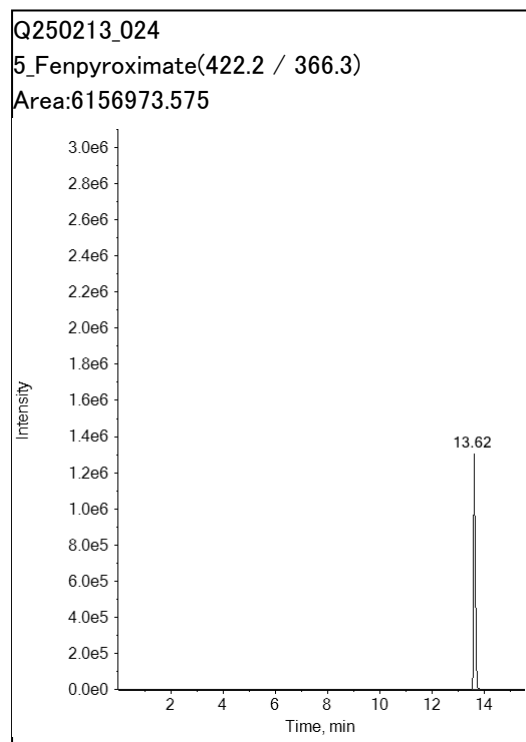
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



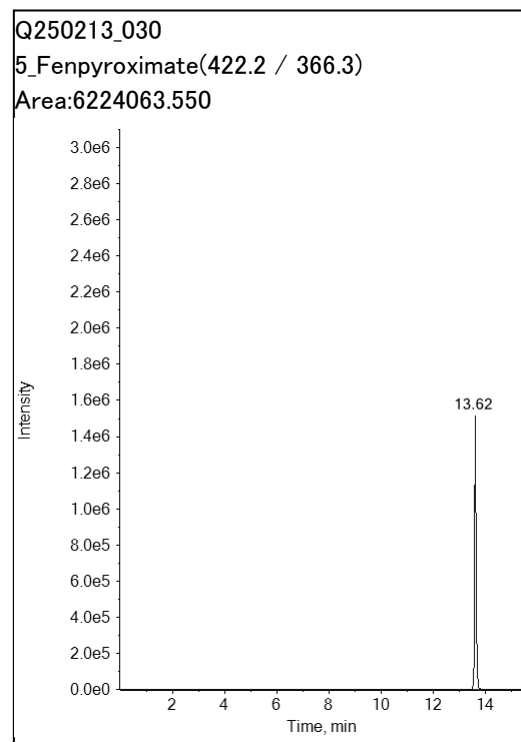
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

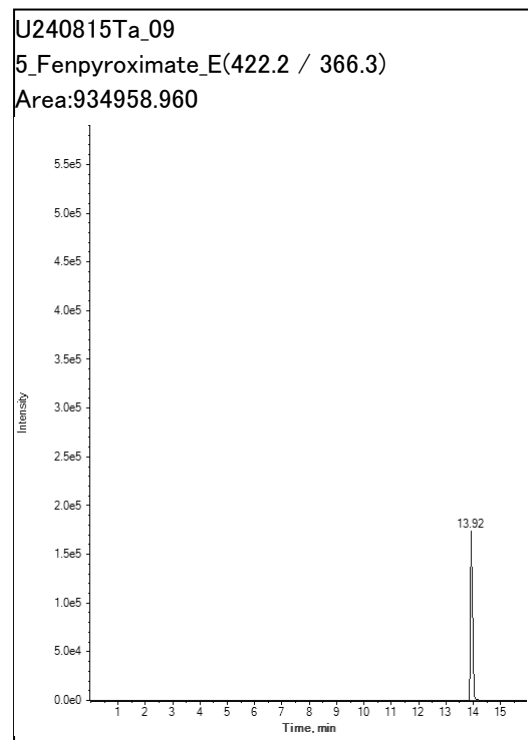
500 mL/0.4 g



付録 6-2-5-3. 実試料

浸漬

10 mL/0.4 g



噴霧（磨砕抽出）

10 mL/0.4 g

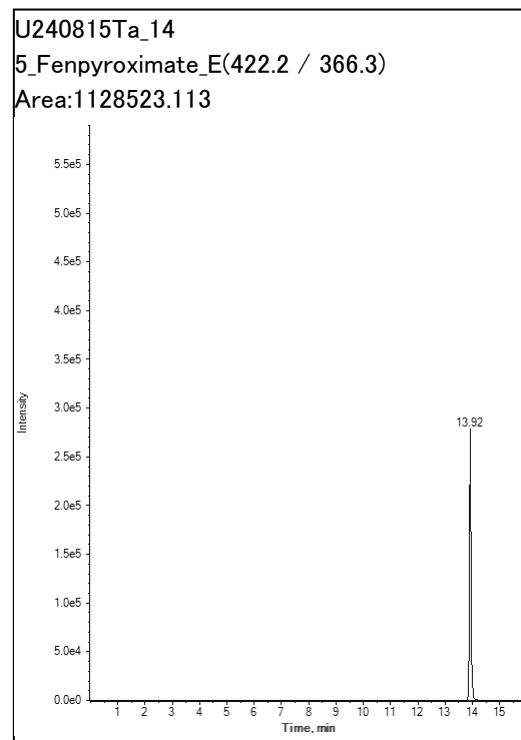
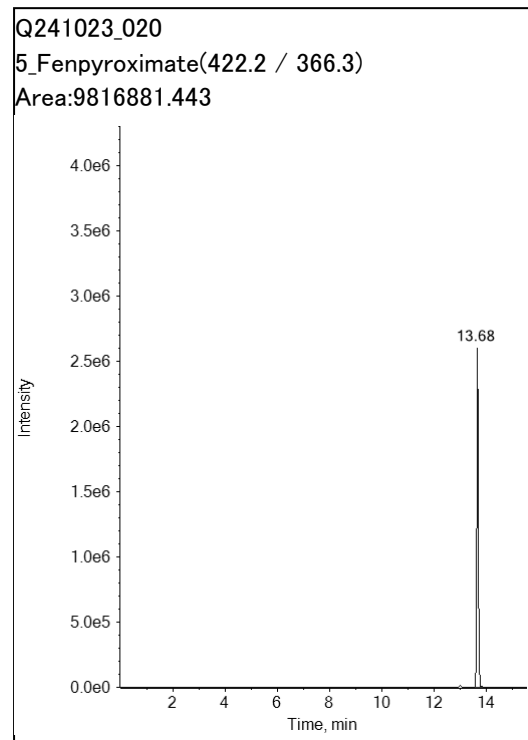


図 1-4-3. 実試料のクロマトグラム（続き）

噴霧（有姿抽出）

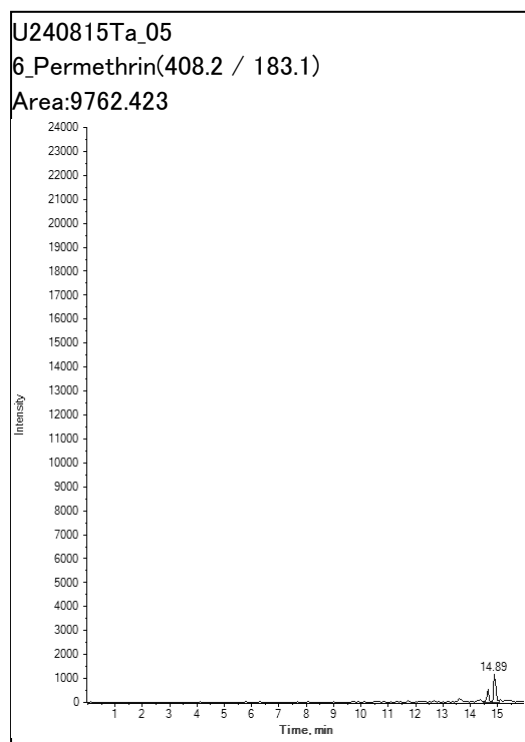
10 mL/0.4 g



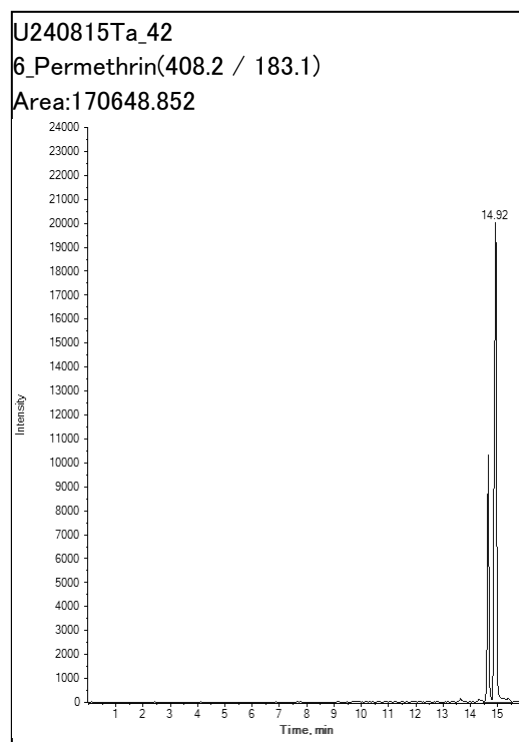
付録 6-2-6. ペルメトリンのクロマトグラム

付録 6-2-6-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



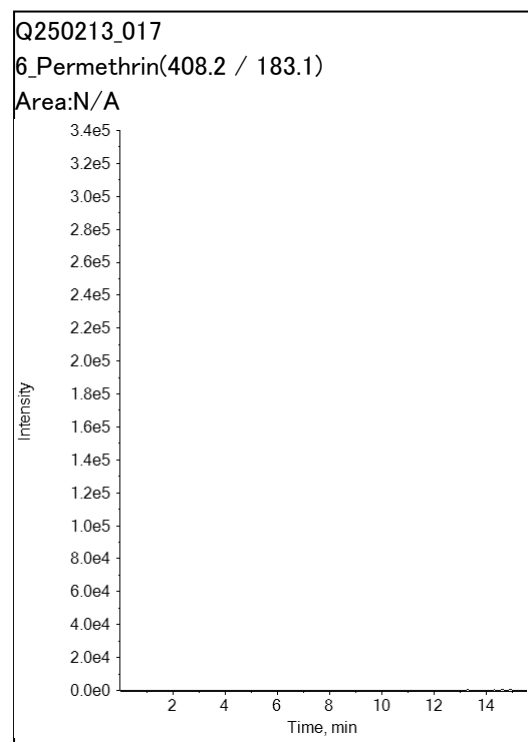
0.008 mg/L



付録 6-2-6-2. 無処理区と回収率

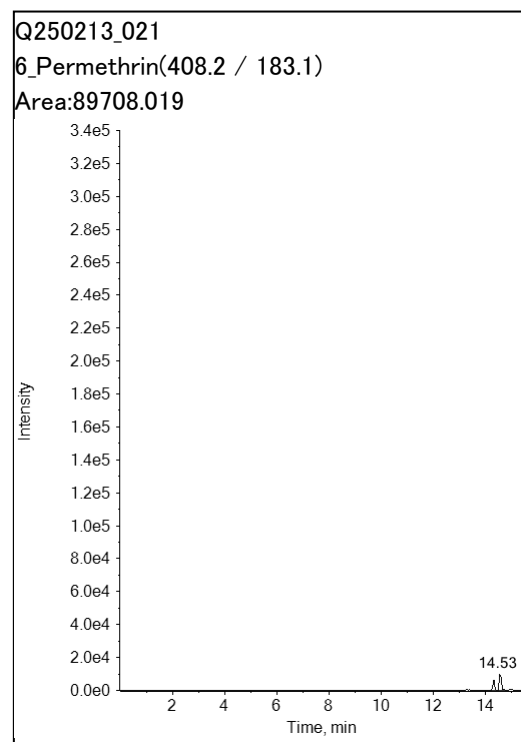
無処理

10 mL/0.4 g



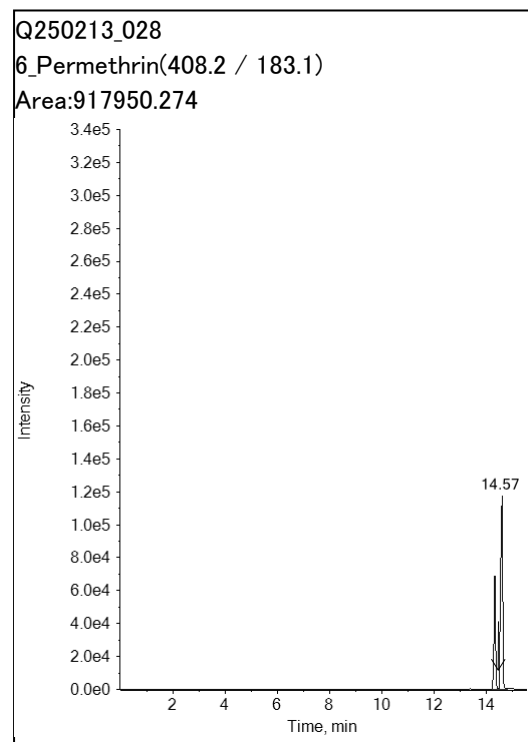
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



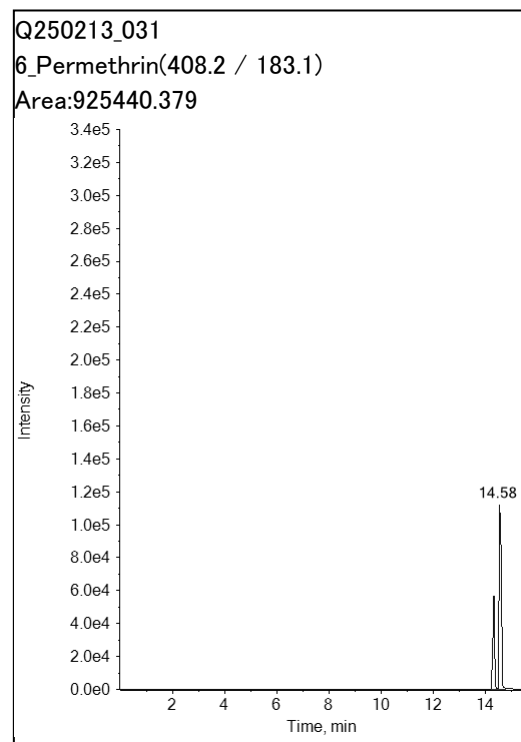
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

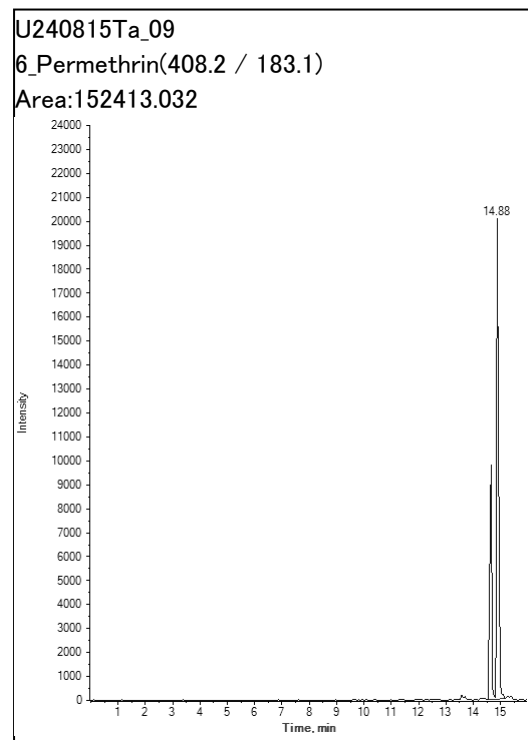
500 mL/0.4 g



付録 6-2-6-3. 実試料

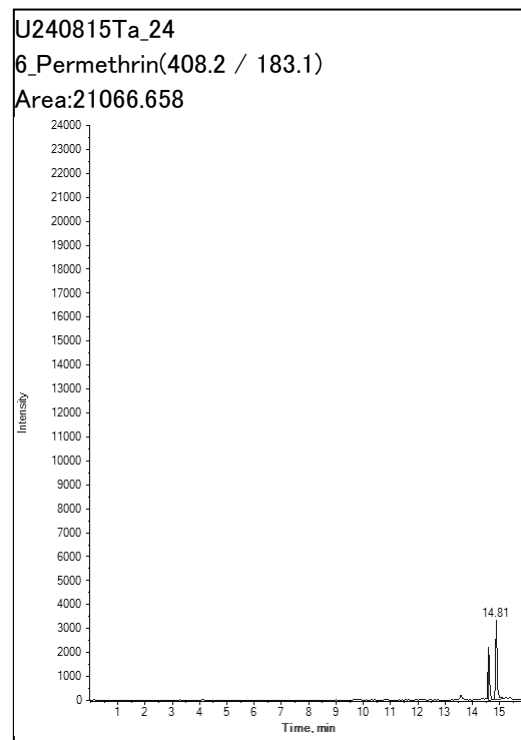
浸漬

10 mL/0.4 g



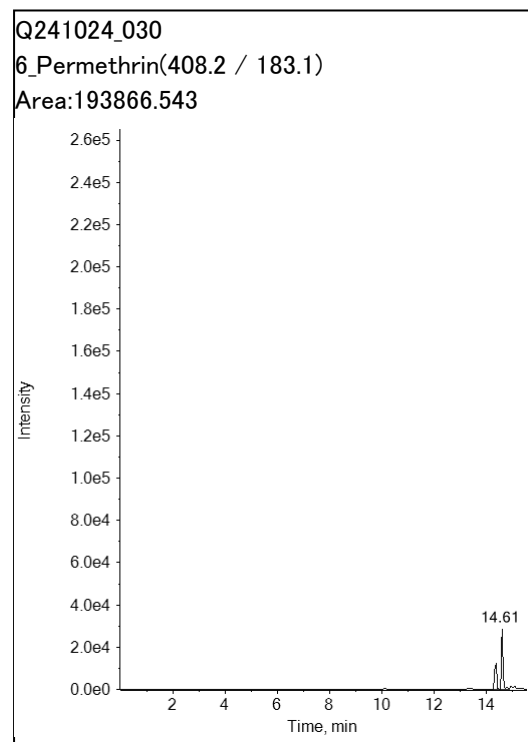
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

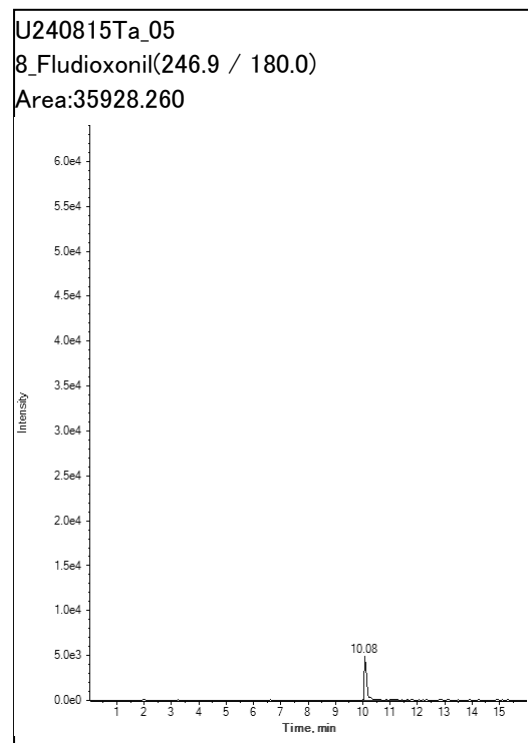
100 mL/0.4 g



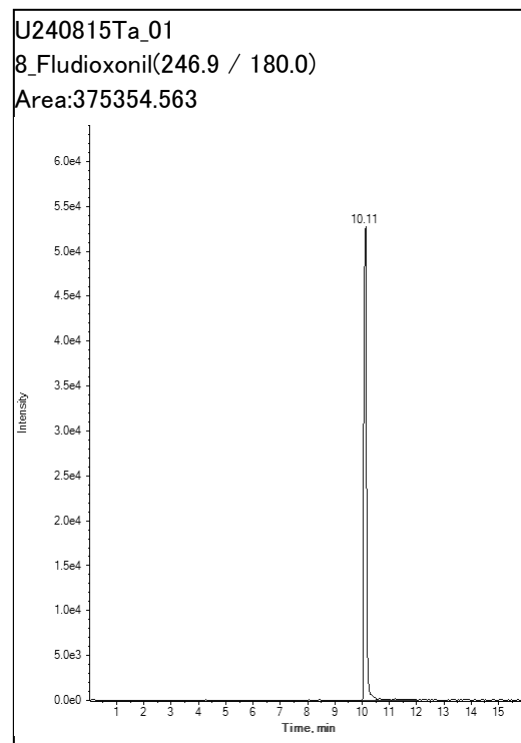
付録 6-2-7. フルジオキシニルのクロマトグラム

付録 6-2-7-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



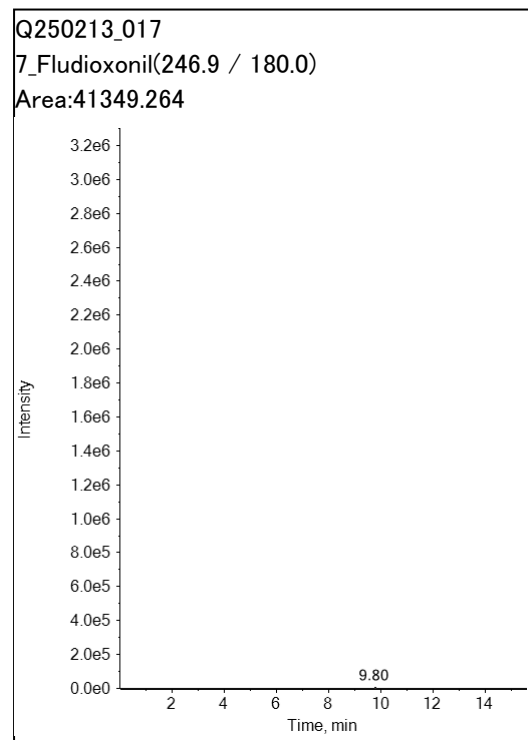
0.008 mg/L



付録 6-2-7-2. 無処理区と回収率

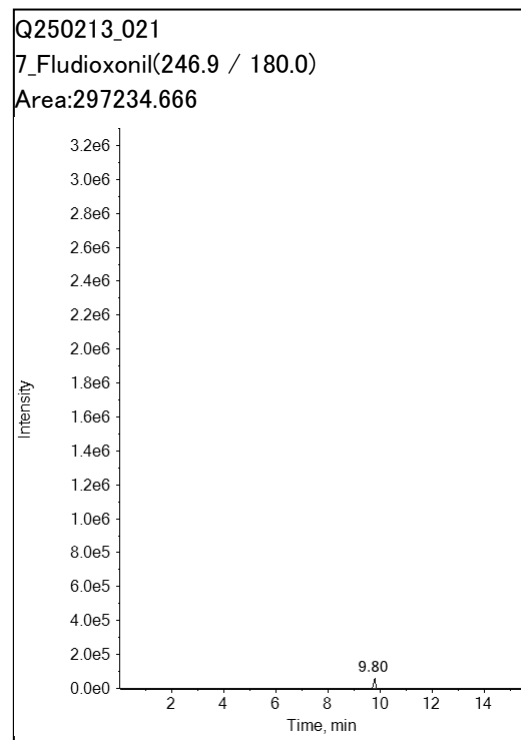
無処理

10 mL/0.4 g



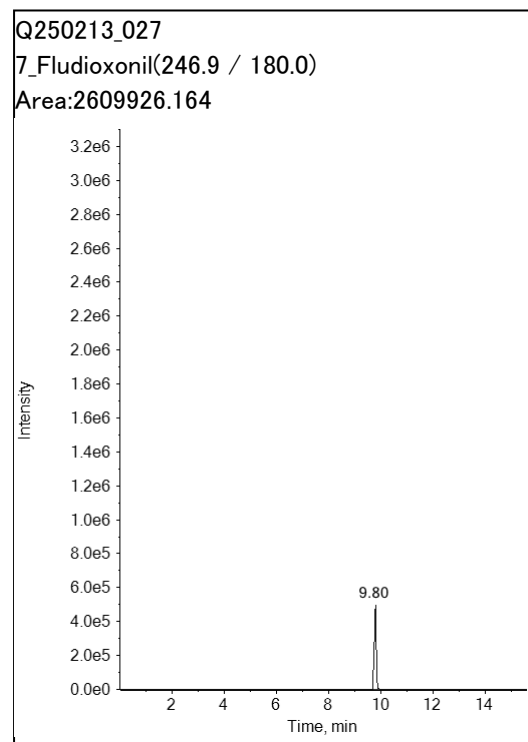
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



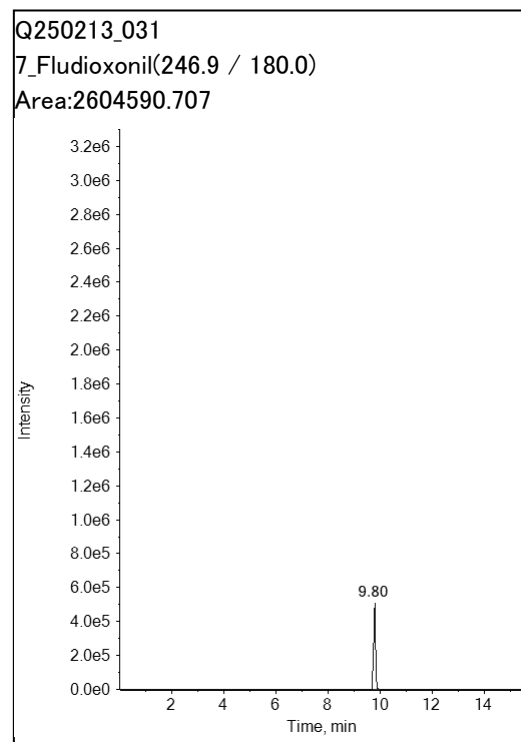
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

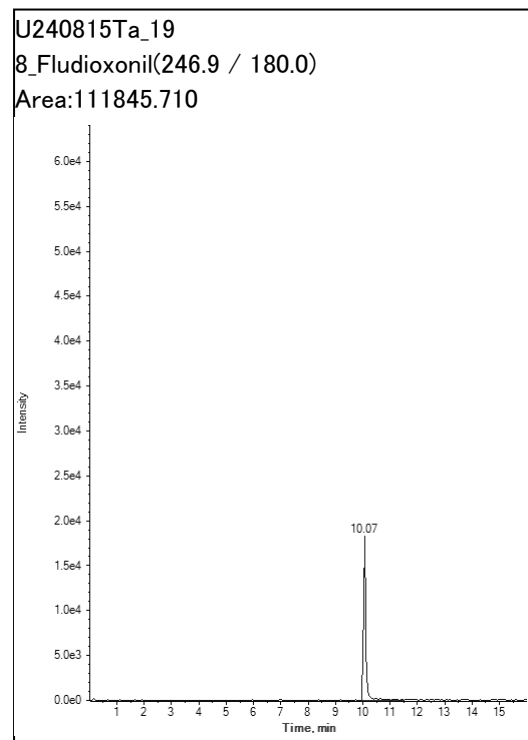
500 mL/0.4 g



付録 6-2-7-3. 実試料のクロマトグラム

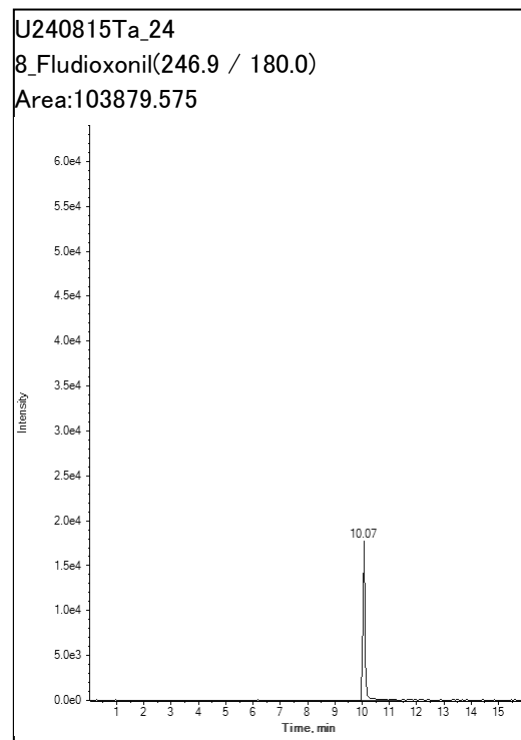
浸漬

100 mL/0.4 g



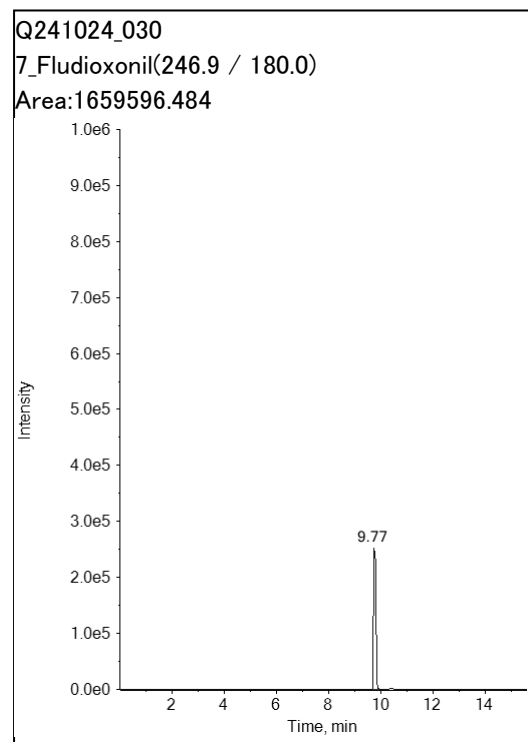
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

100 mL/0.4 g

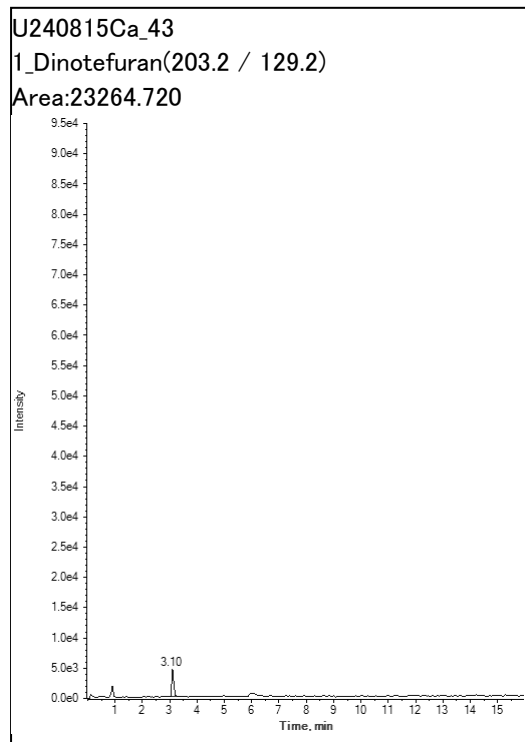


付録 6-3. きゅうりのクロマトグラム

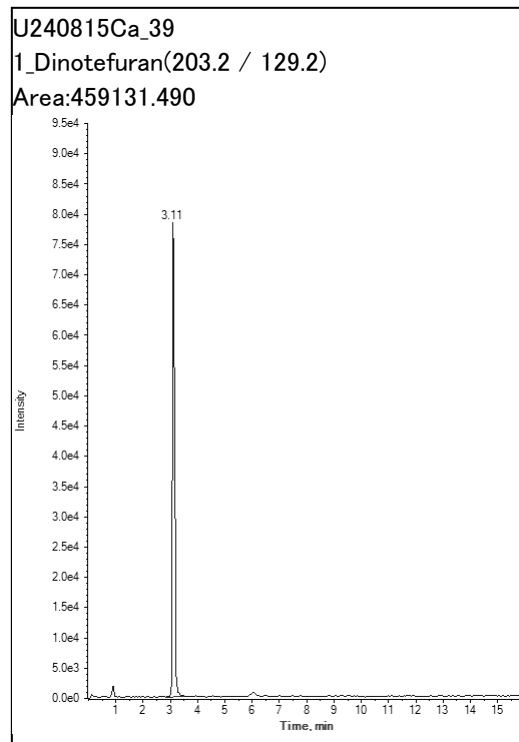
付録 6-3-1. ジノテフランのクロマトグラム

付録 6-3-1-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



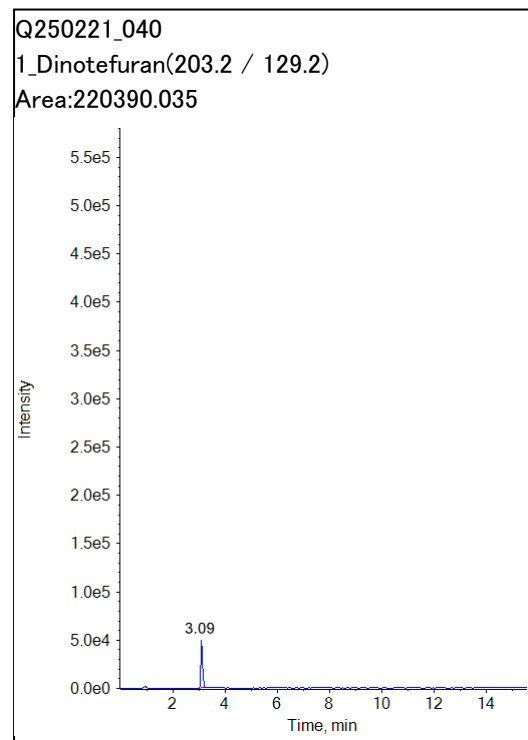
0.008 mg/L



付録 6-3-1-1. 無処理区と回収率

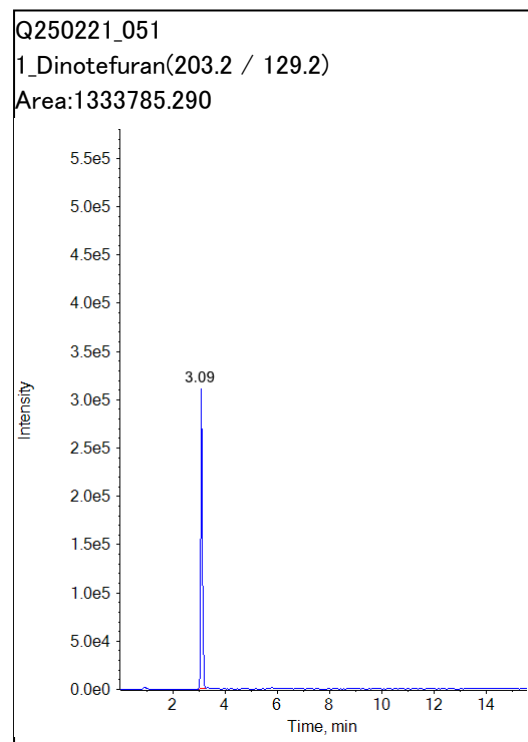
無処理

10 mL/0.4 g



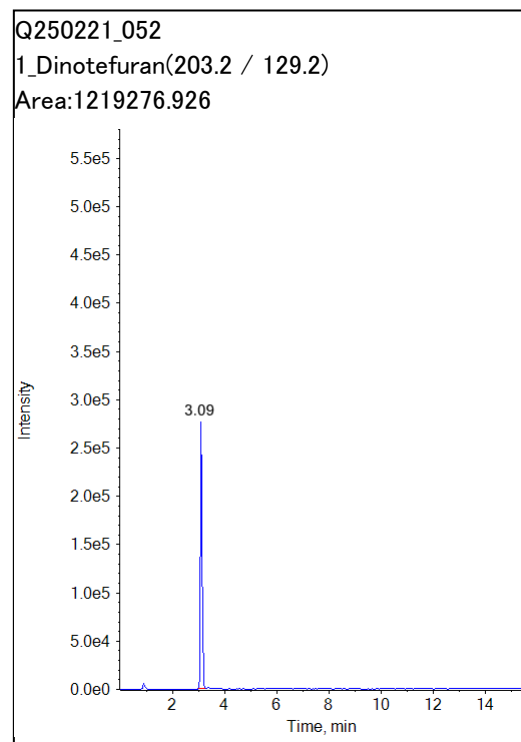
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

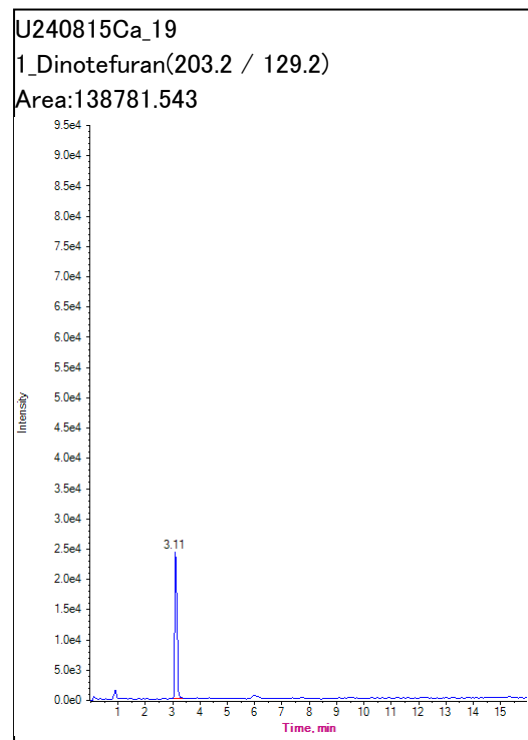
500 mL/0.4 g



付録 6-3-1-2. 実試料

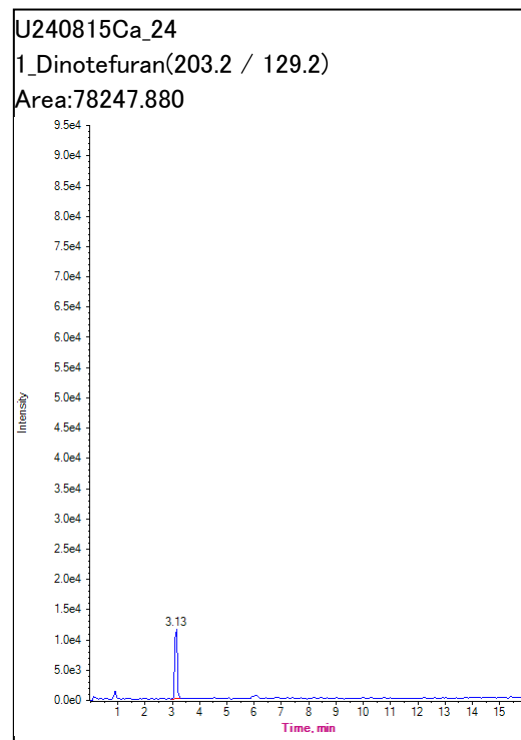
浸漬

100 mL/0.4 g



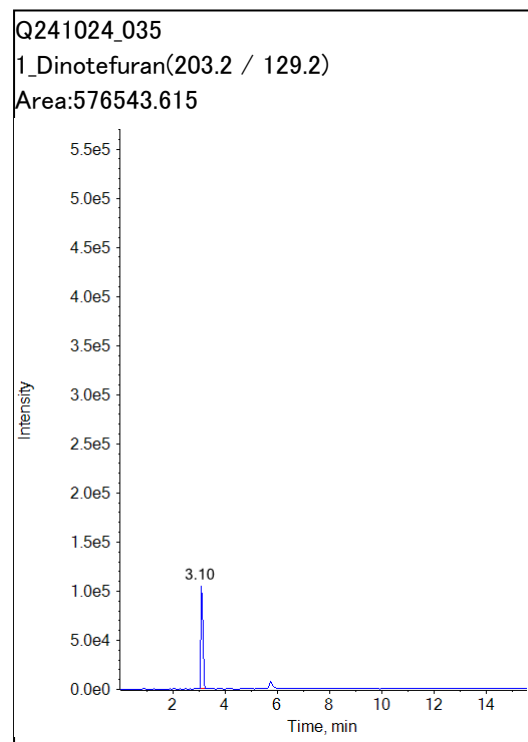
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

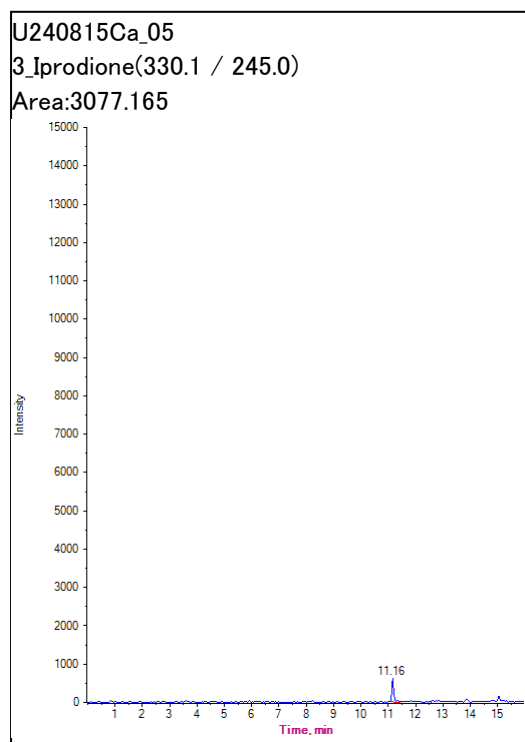
60 mL/0.4 g



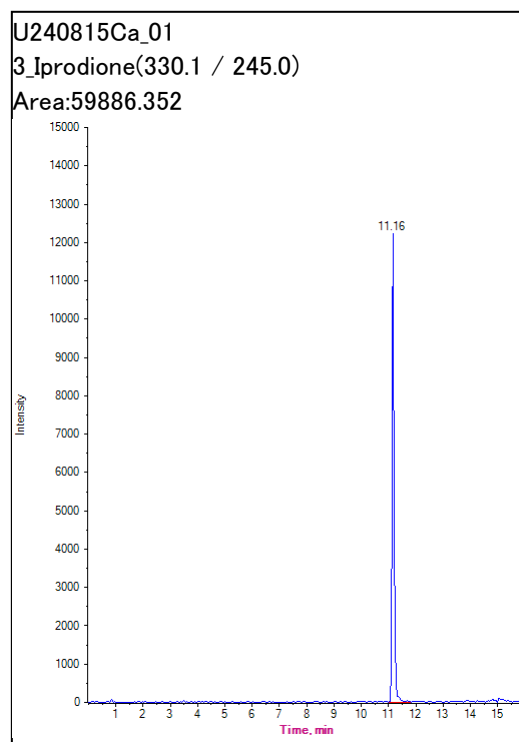
付録 6-3-2. イプロジオンのクロマトグラム

付録 6-3-2-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



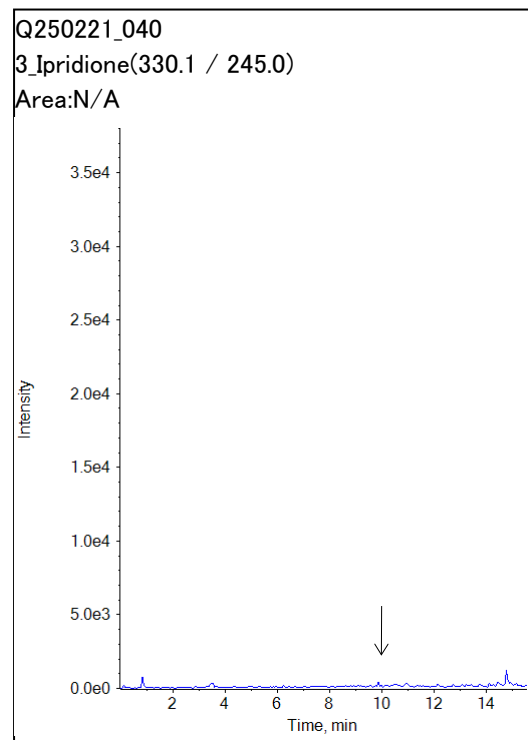
0.008 mg/L



付録 6-3-2-2. 無処理区と回収率

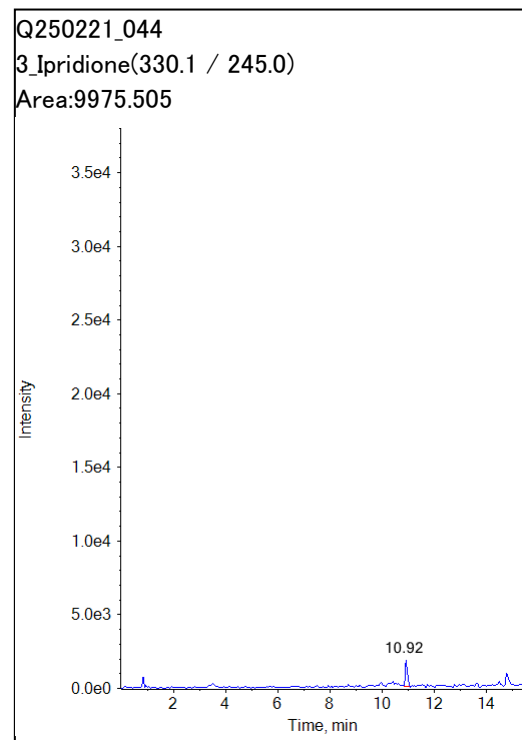
無処理

10 mL/0.4 g



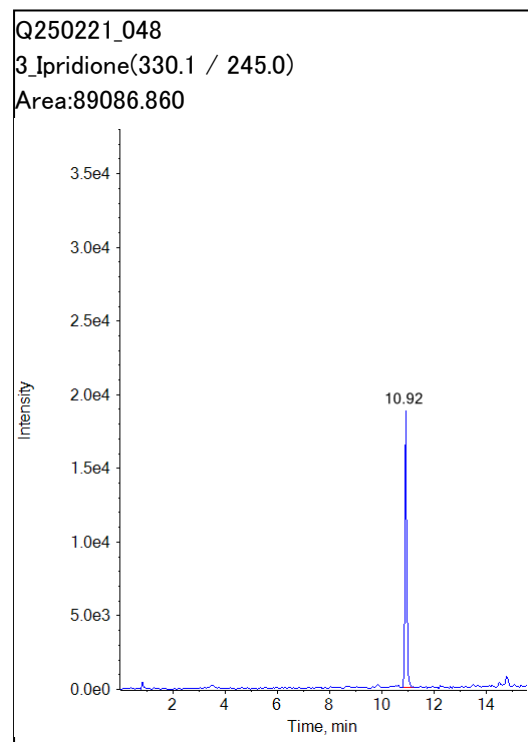
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



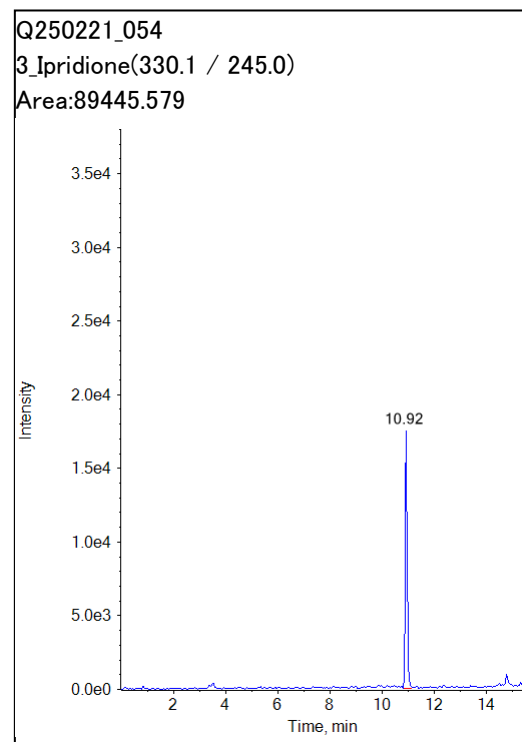
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

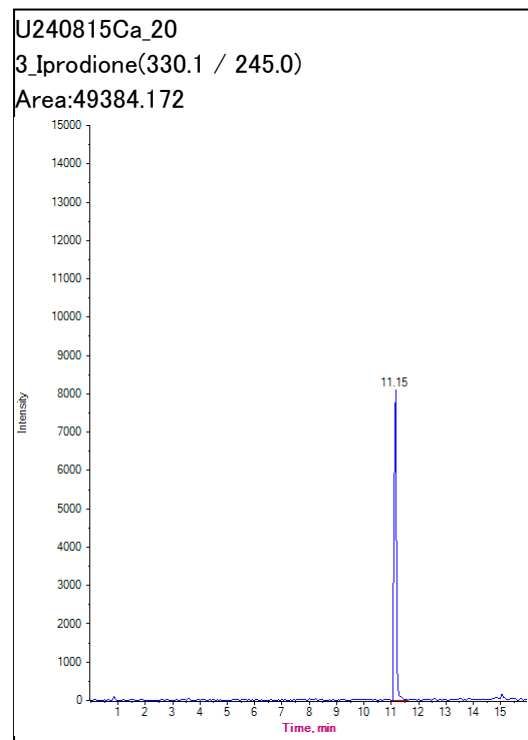
500 mL/0.4 g



付録 6-3-2-3. 実試料

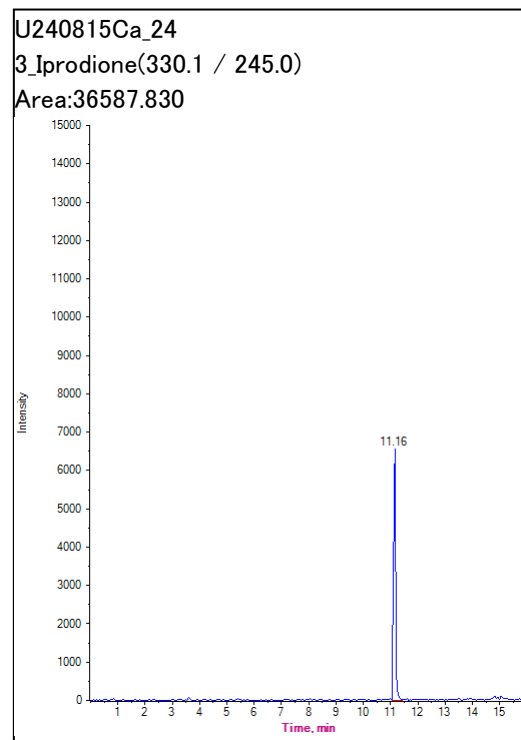
浸漬

100 mL/0.4 g



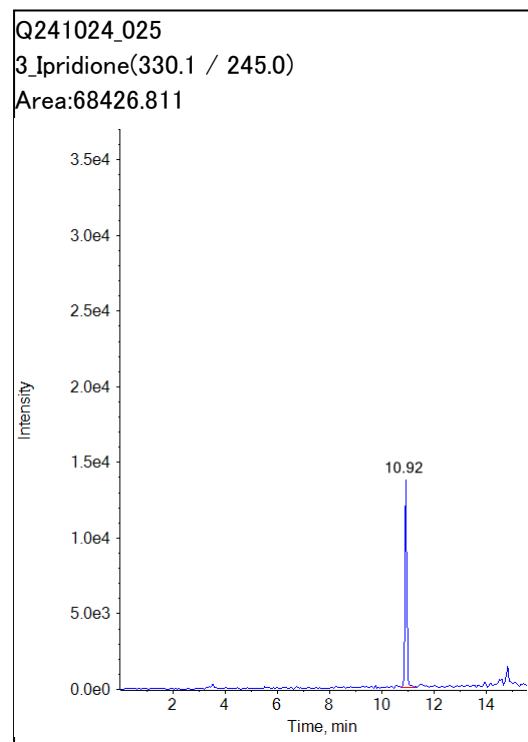
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

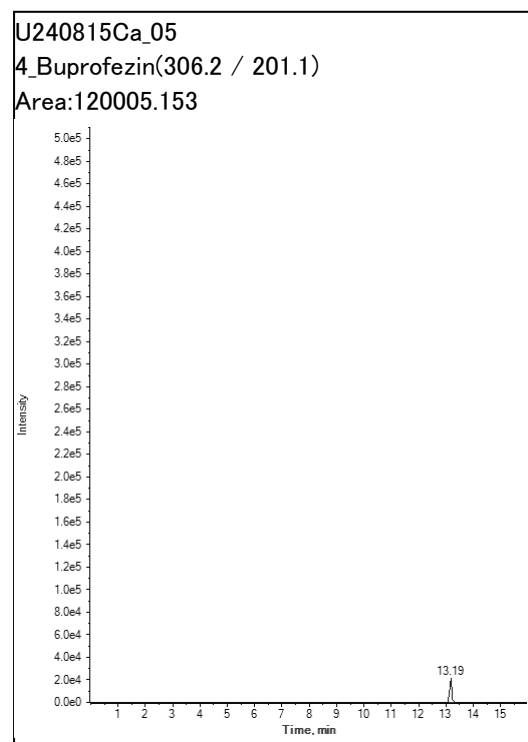
240 mL/0.4 g



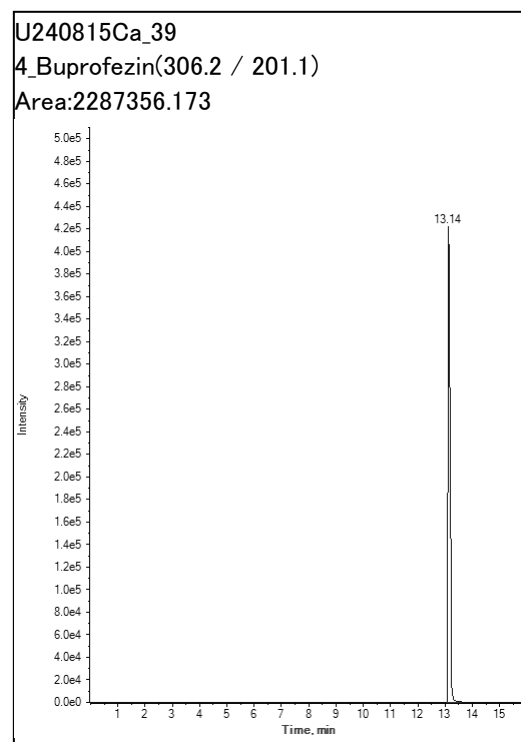
付録 6-3-3. ブプロフェジンのクロマトグラム

付録 6-3-3-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



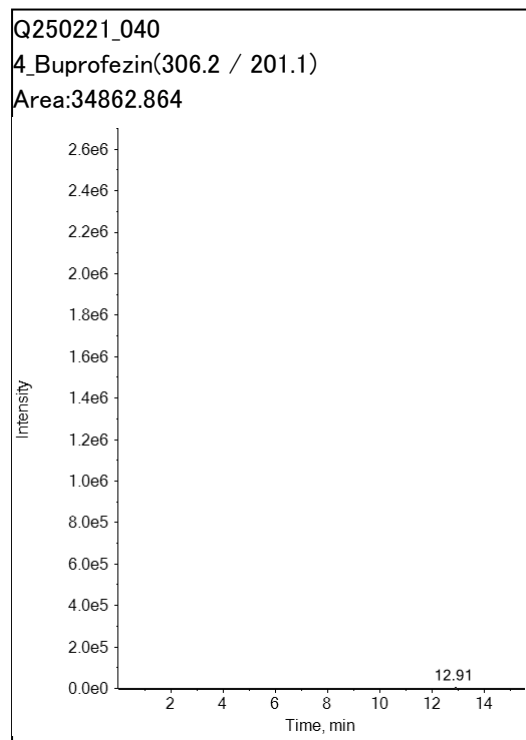
0.008 mg/L



付録 6-3-3-2. 無処理区と回収率

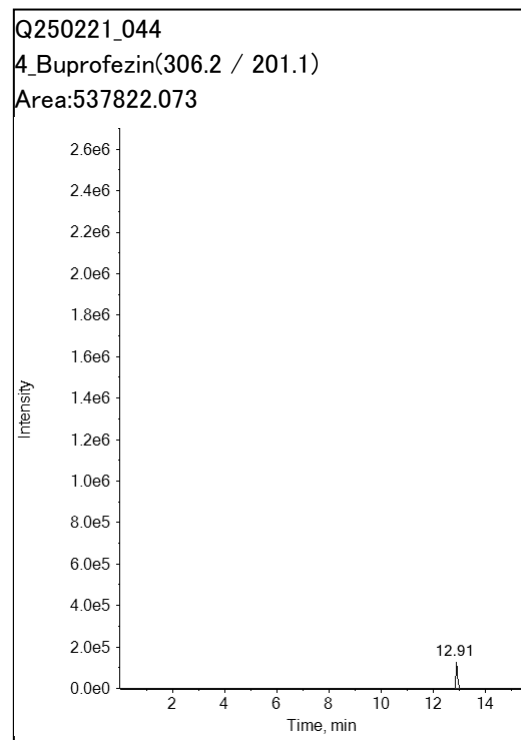
無処理

10 mL/0.4 g



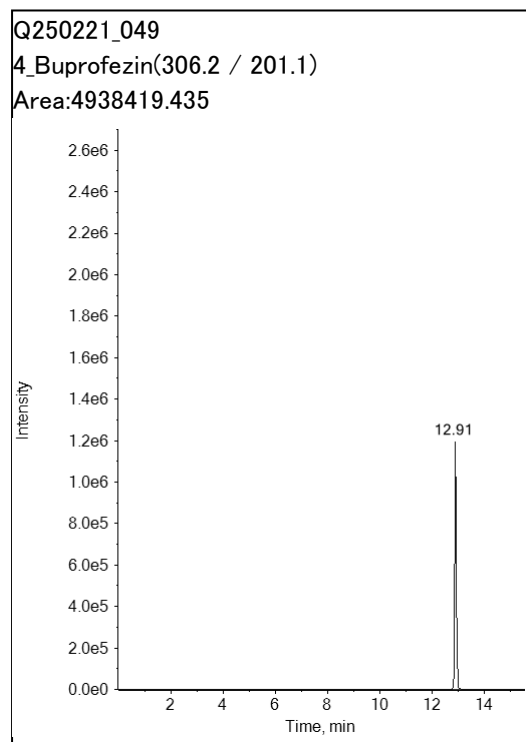
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



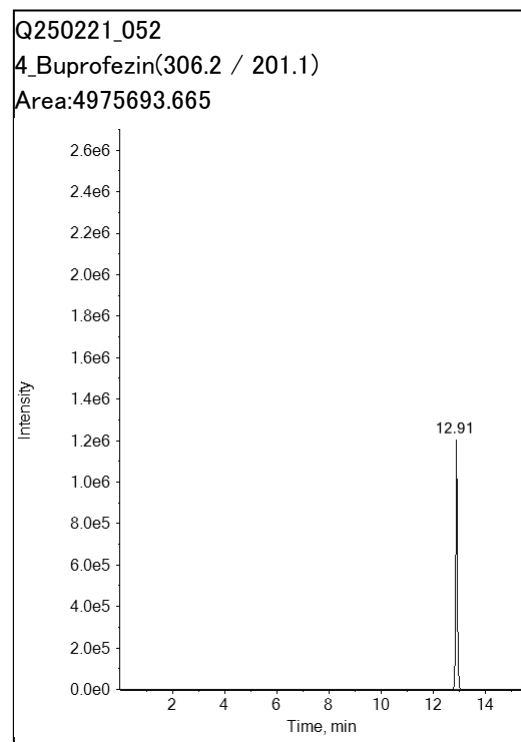
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

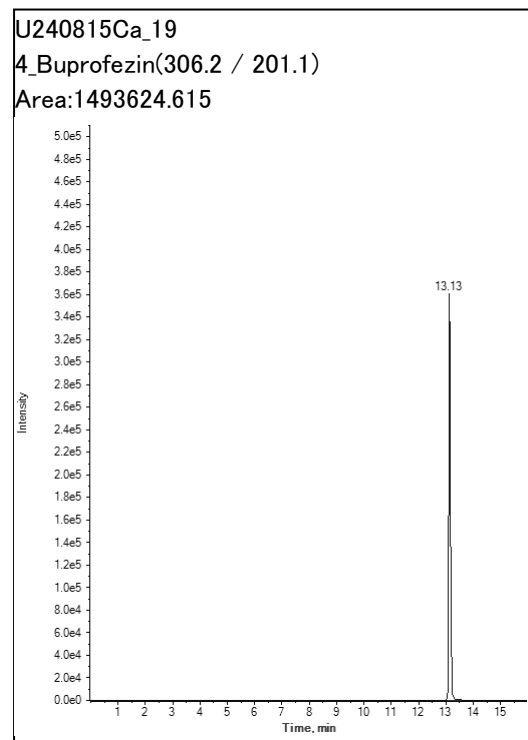
500 mL/0.4 g



付録 6-3-3-3. 実試料のクロマトグラム

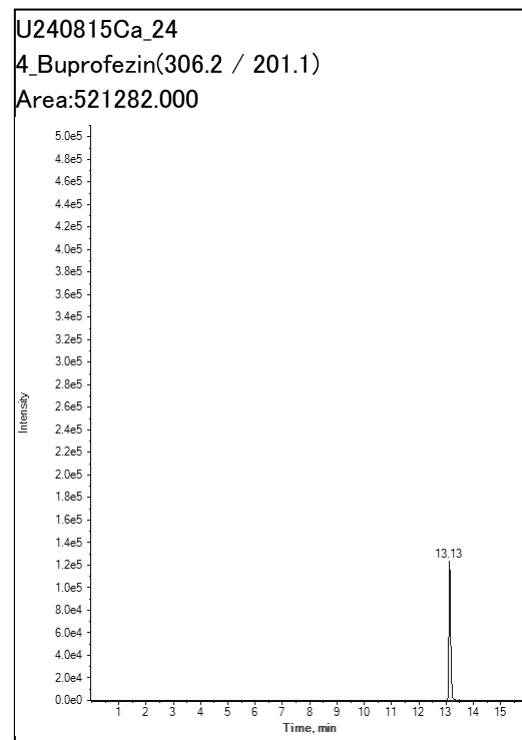
浸漬

100 mL/0.4 g



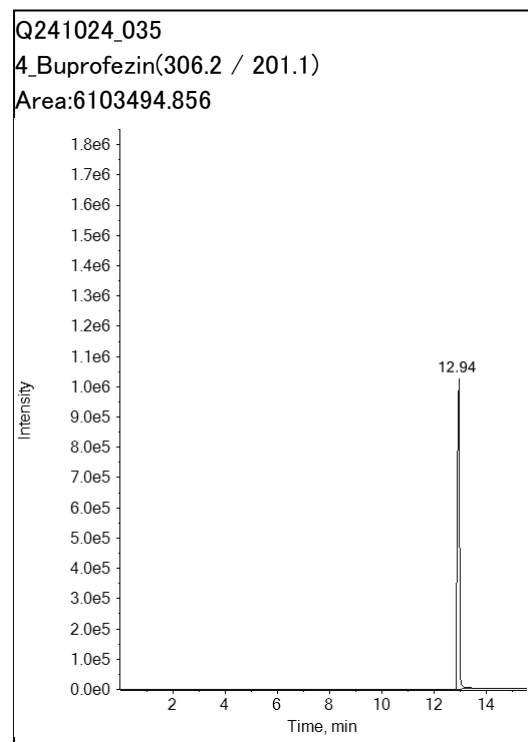
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

60 mL/0.4 g

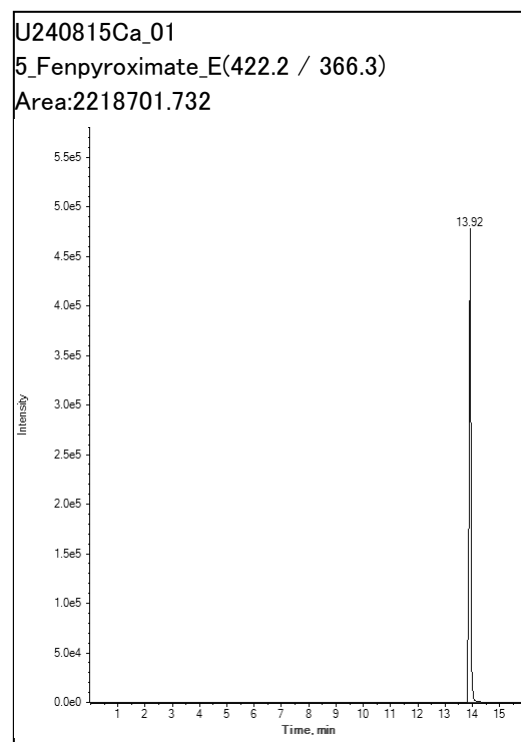
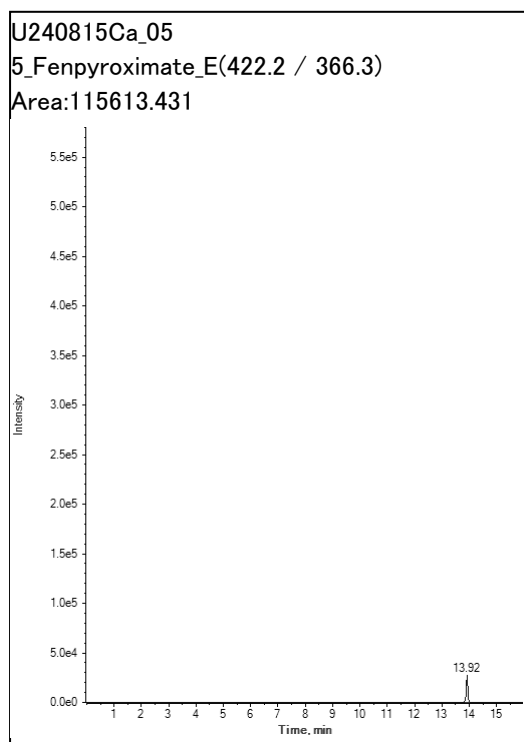


付録 6-3-4. フェンピロキシメートのクロマトグラム

付録 6-3-4-1. フェンピロキシメート標準溶液のクロマトグラム

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)

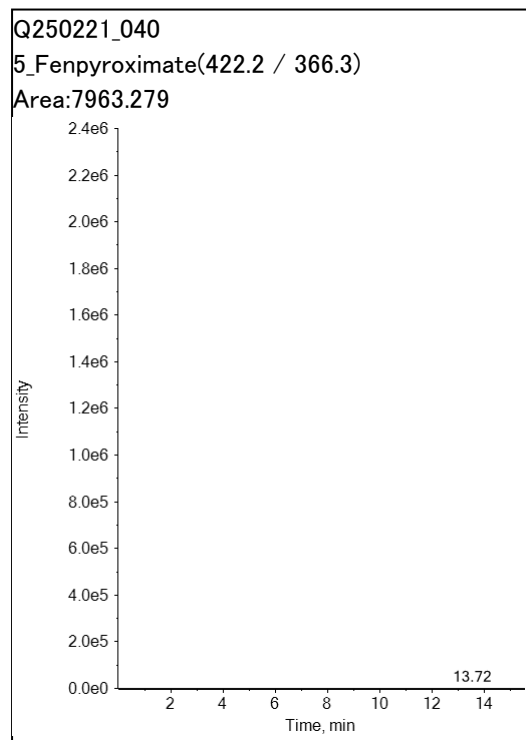
0.008 mg/L



付録 6-3-4-2. 無処理区と回収率

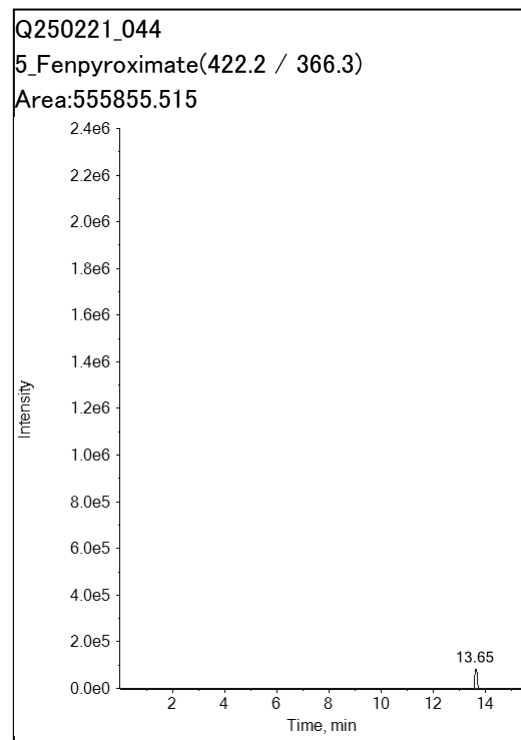
無処理

10 mL/0.4 g



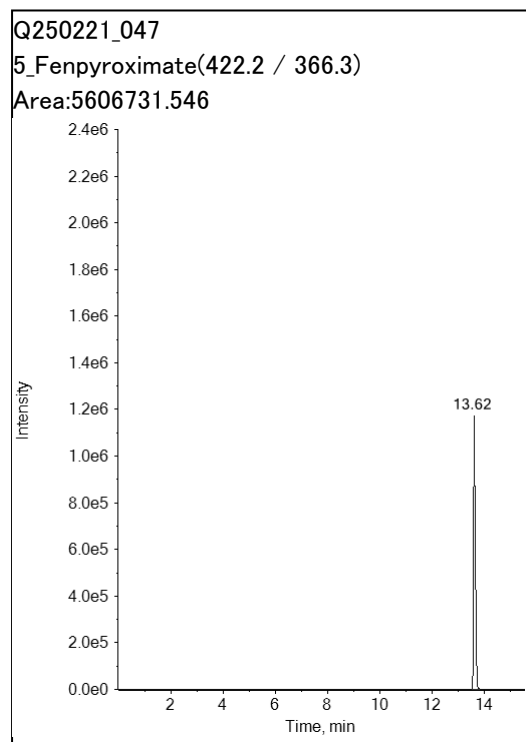
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



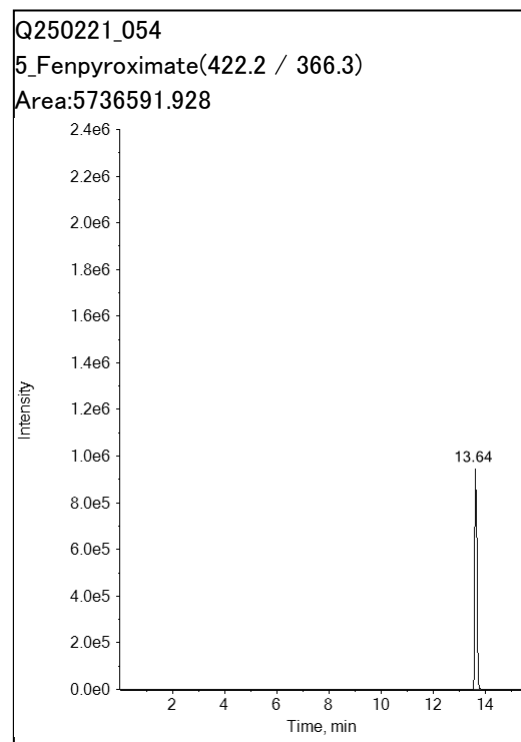
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

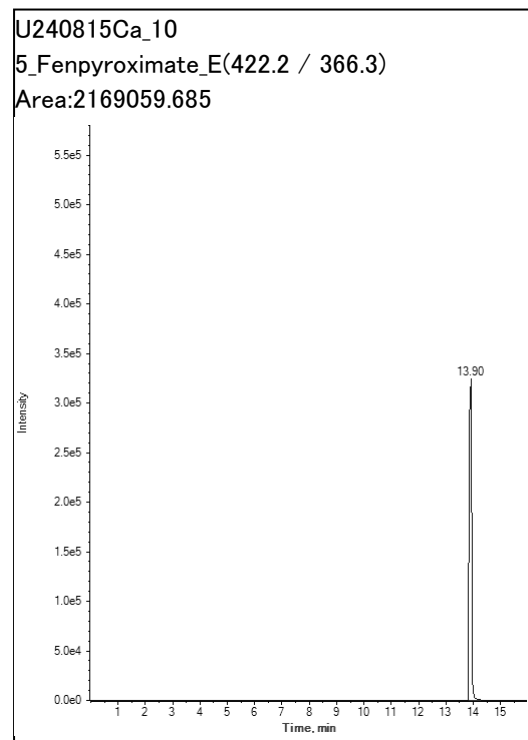
500 mL/0.4 g



付録 6-3-4-3. 実試料

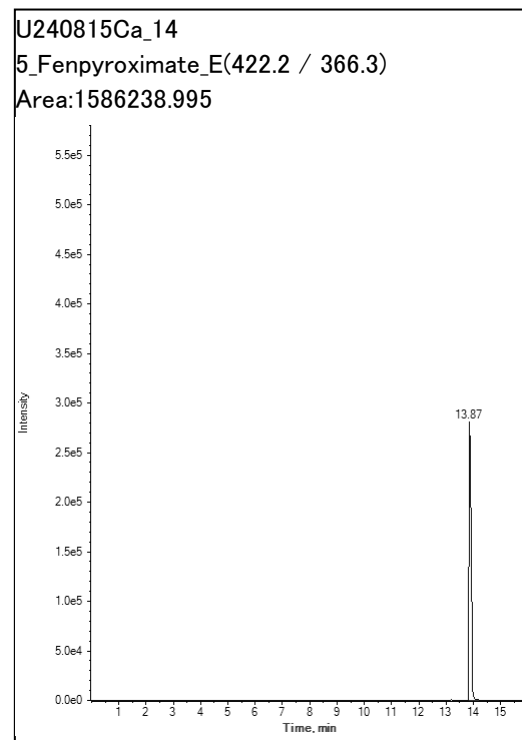
浸漬

10 mL/0.4 g



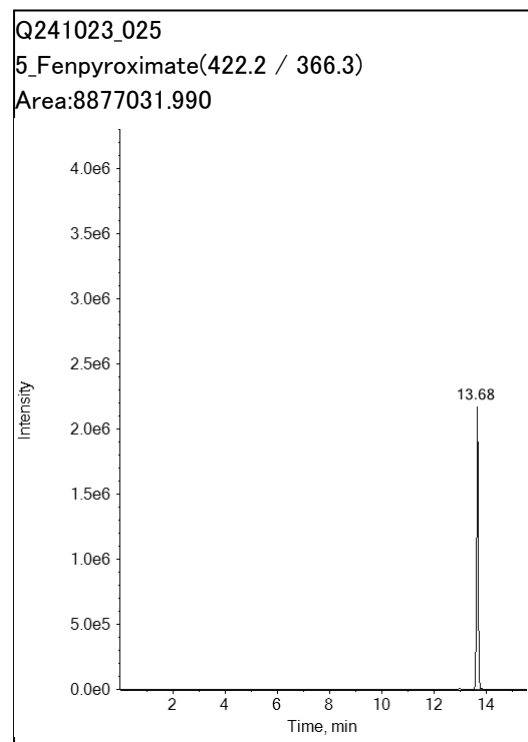
噴霧（磨砕抽出）

10 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

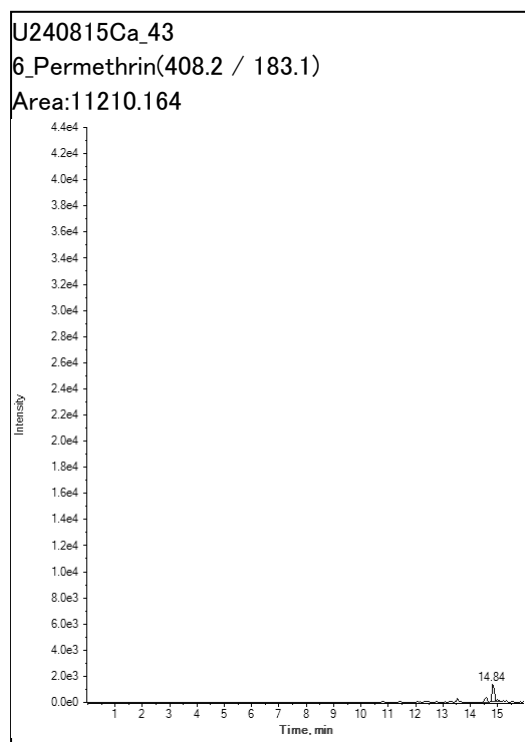
10 mL/0.4 g



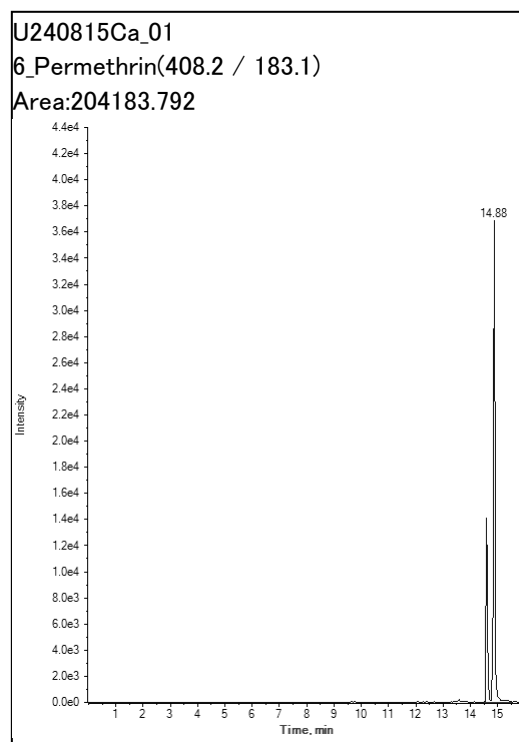
付録 6-3-5. ペルメトリンのクロマトグラム

付録 6-3-5-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



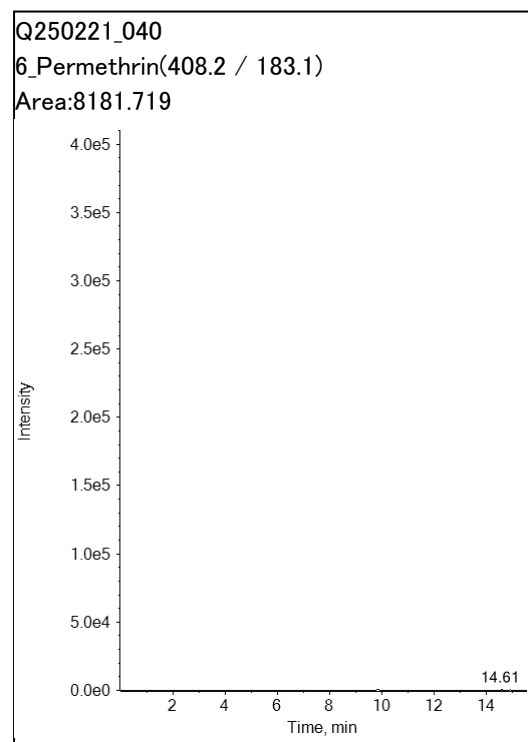
0.008 mg/L



付録 6-3-5-2. 無処理区と回収率

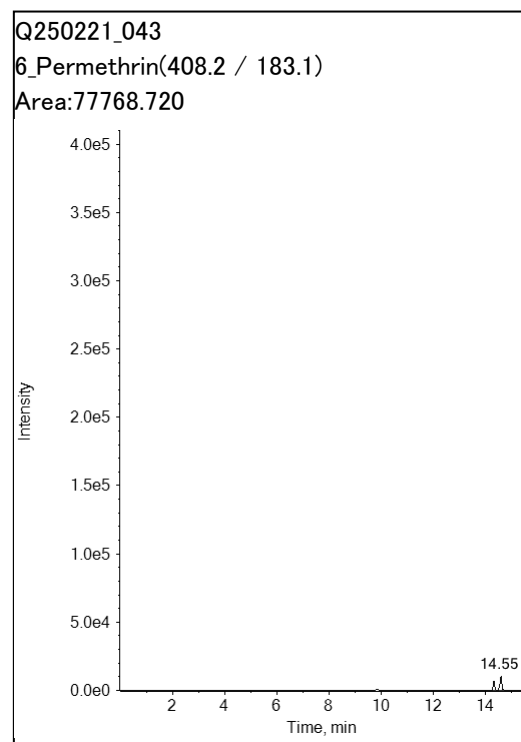
無処理

10 mL/0.4 g



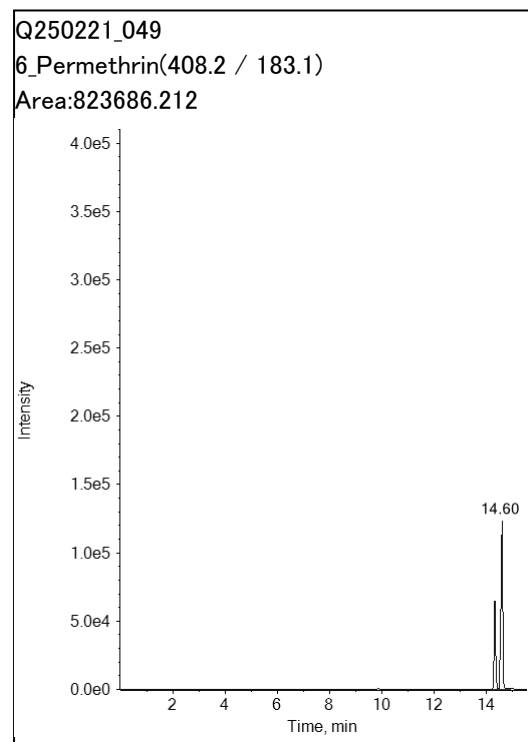
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



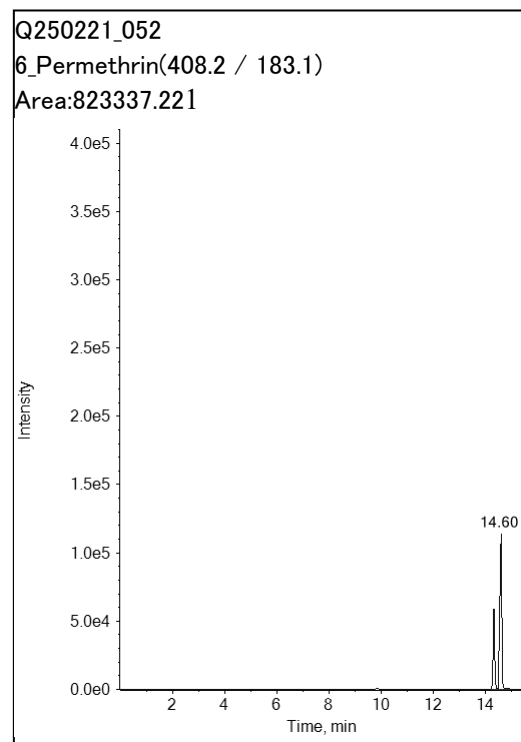
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

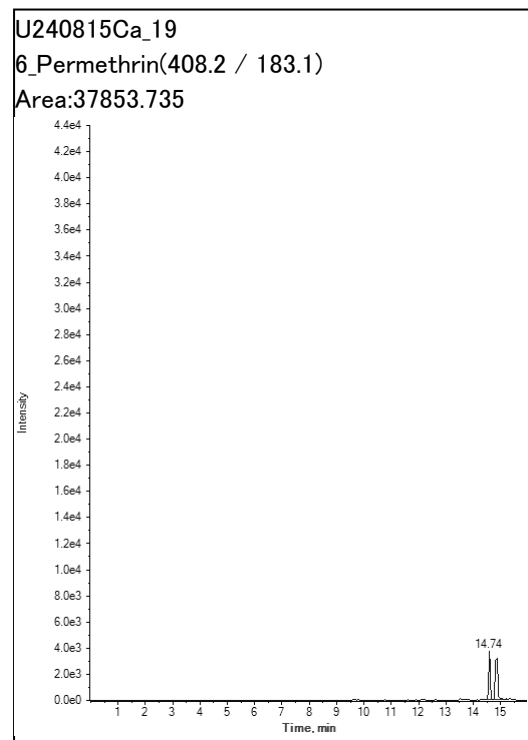
500 mL/0.4 g



付録 6-3-5-3. 実試料

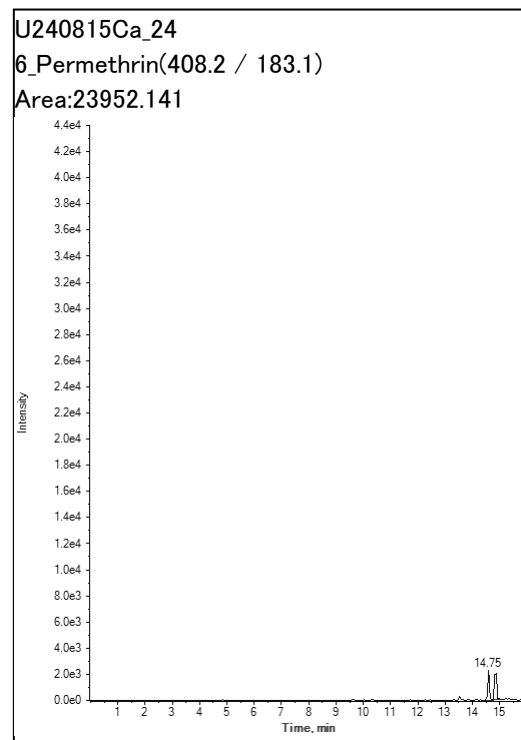
浸漬

100 mL/0.4 g



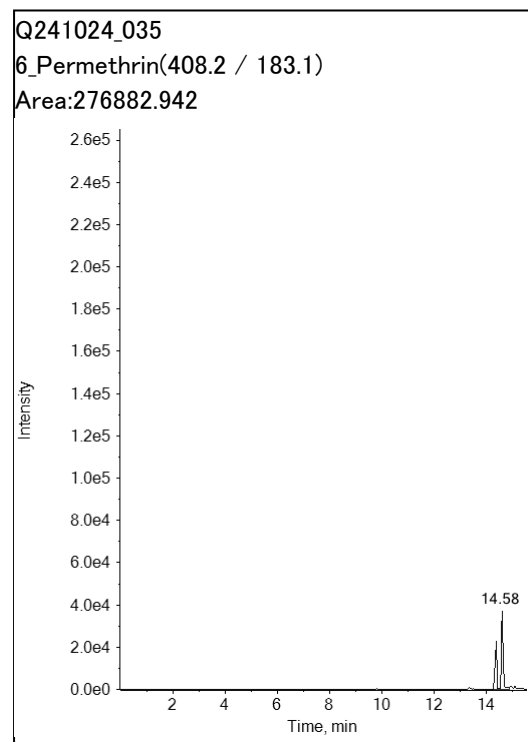
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

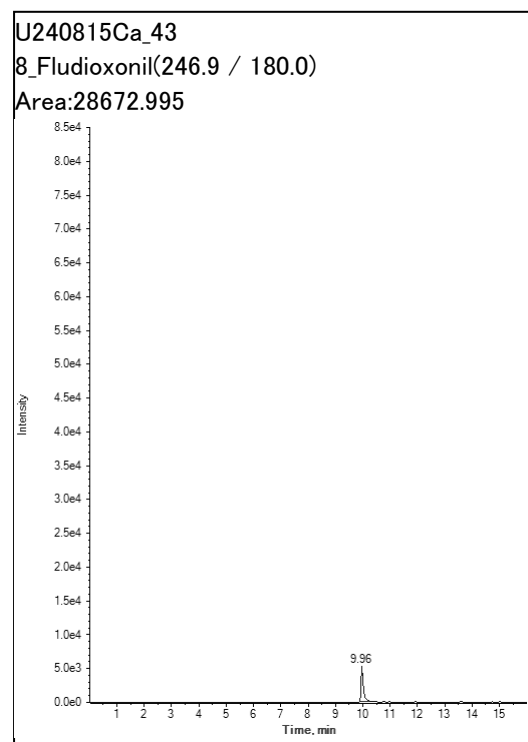
60 mL/0.4 g



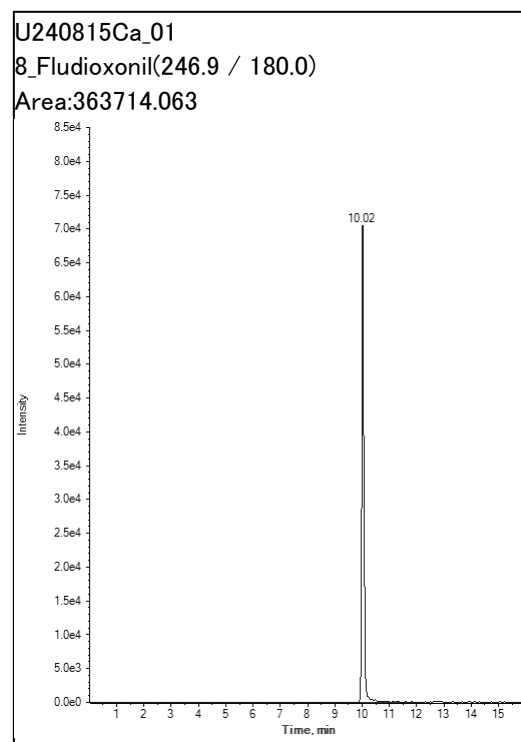
付録 6-3-6. フルジオキシニルのクロマトグラム

付録 6-3-6-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



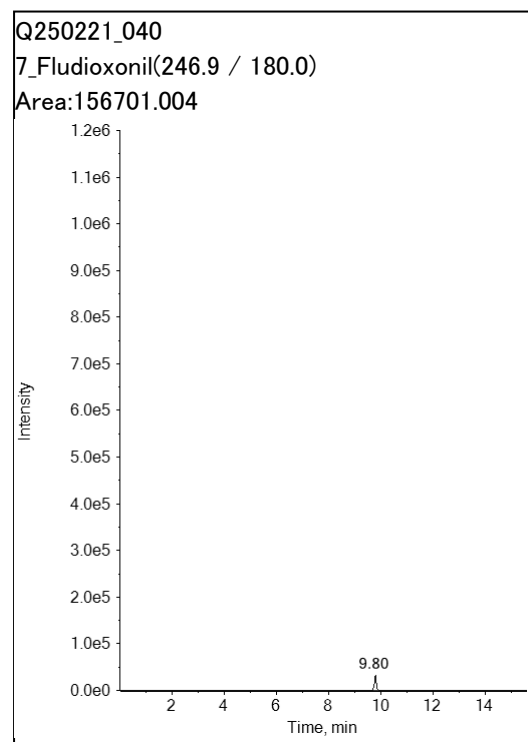
0.008 mg/L



付録 6-3-6-2. 無処理区と回収率

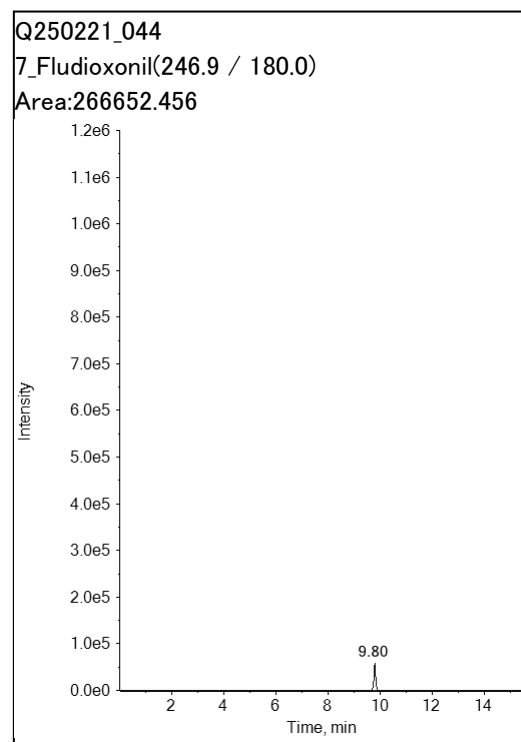
無処理

10 mL/0.4 g



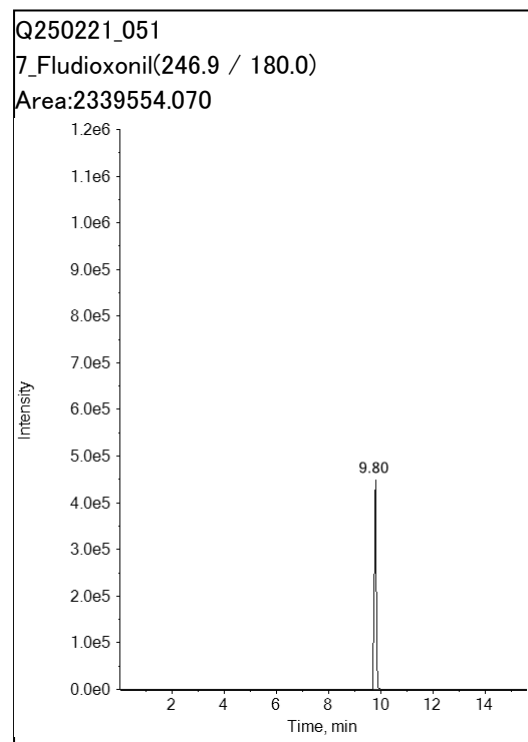
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



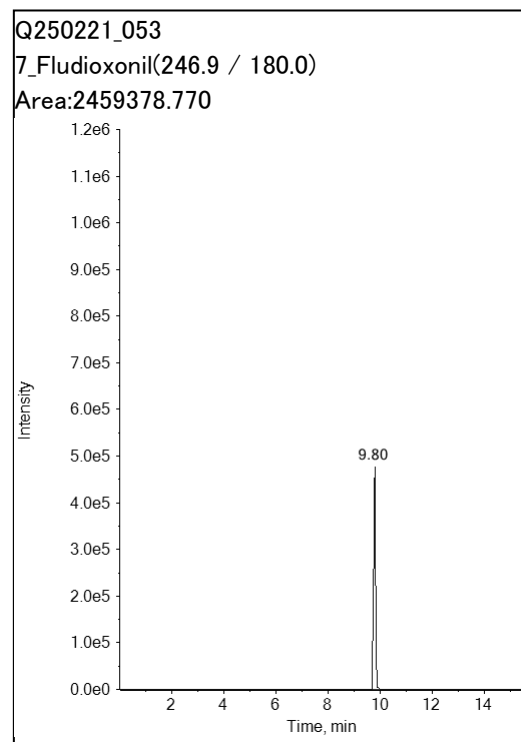
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

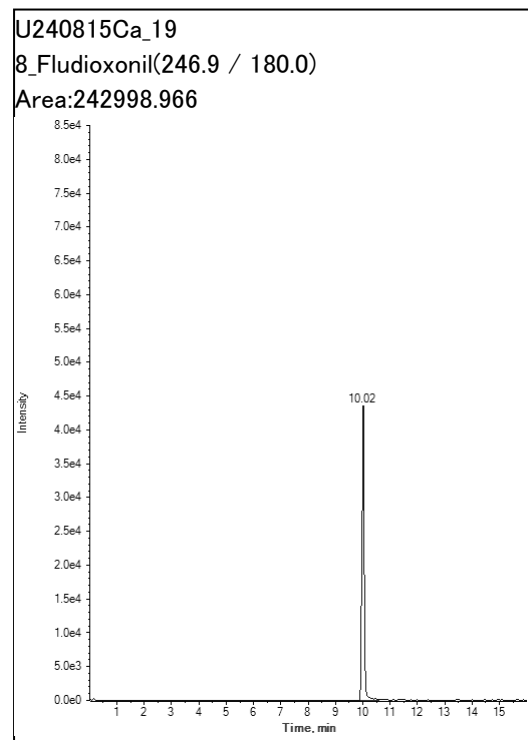
500 mL/0.4 g



付録 6-3-6-3. 実試料

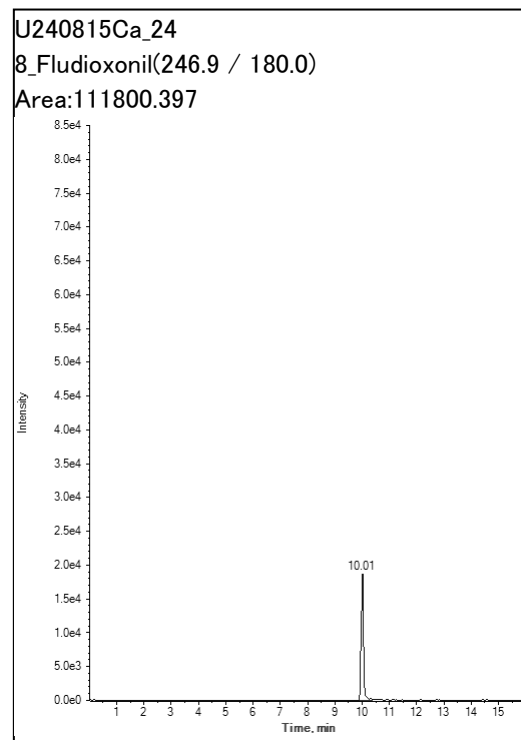
浸漬

100 mL/0.4 g



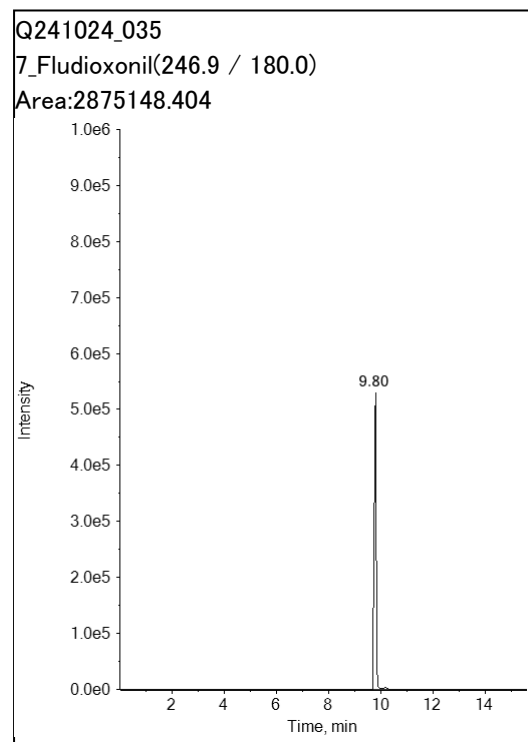
噴霧（磨砕抽出）

100 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

60 mL/0.4 g

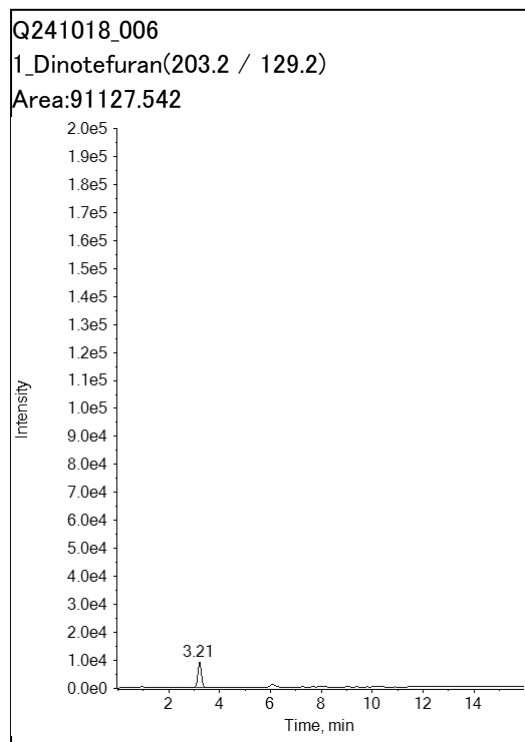


付録 6-4. かきのクロマトグラム

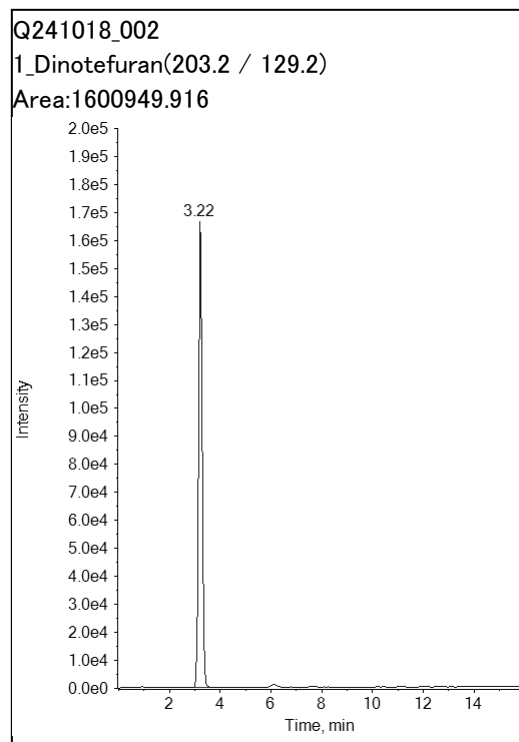
付録 6-4-1. ジノテフランのクロマトグラム

付録 6-4-1-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



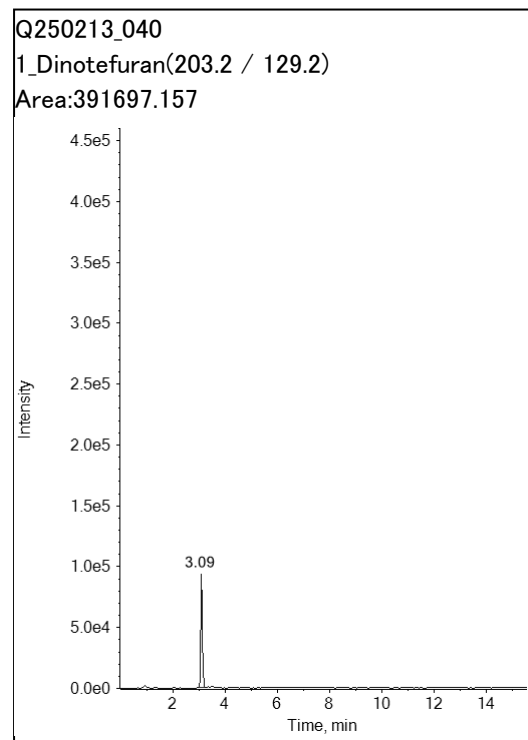
0.008 mg/L



付録 6-4-1-2. 無処理区と回収率

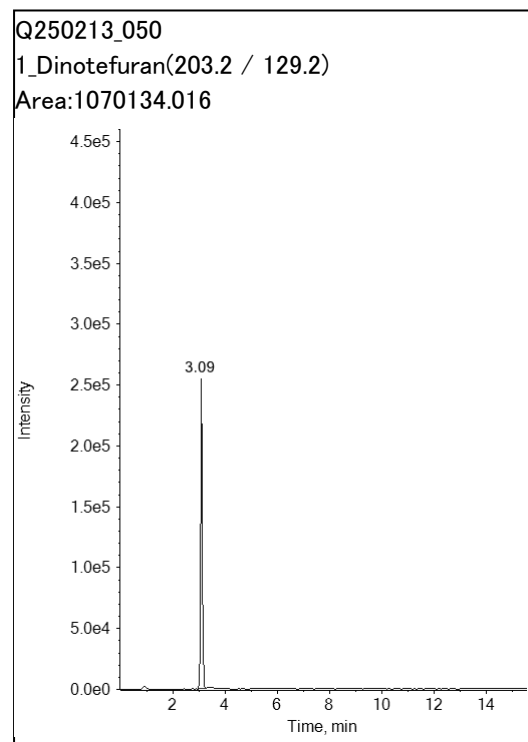
無処理

10 mL/0.4 g



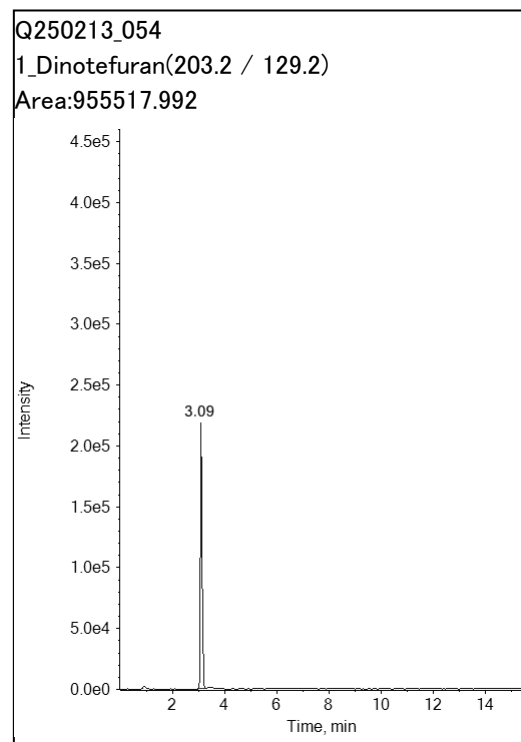
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

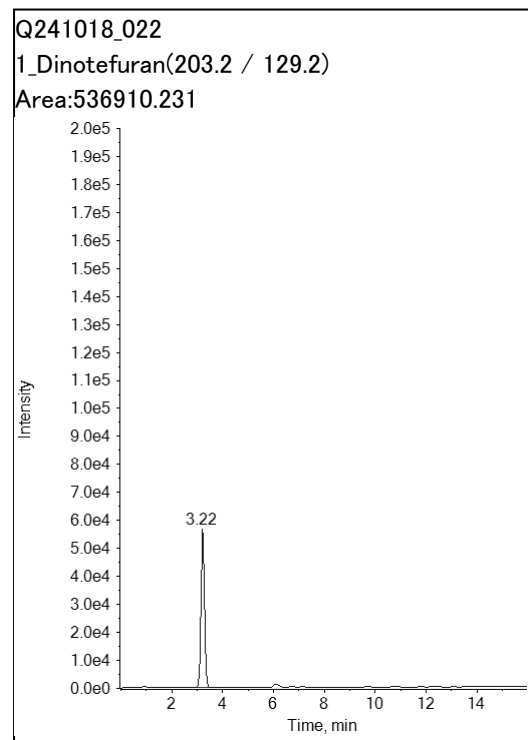
500 mL/0.4 g



付録 6-4-1-2. 実試料

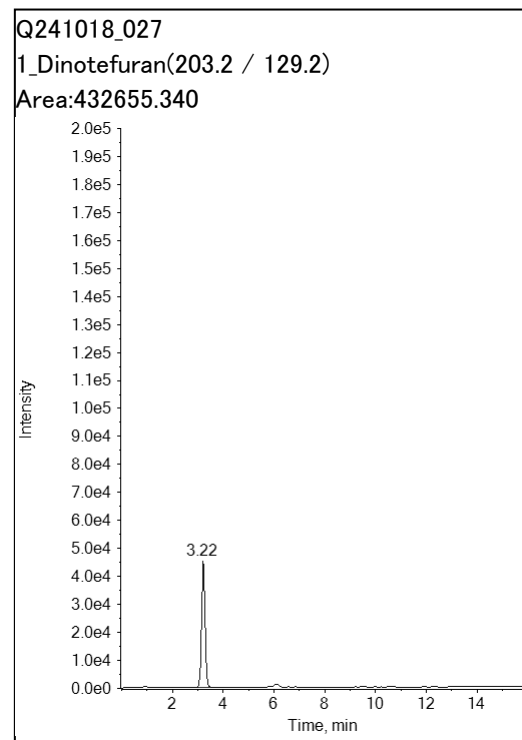
浸漬

40 mL/0.4 g



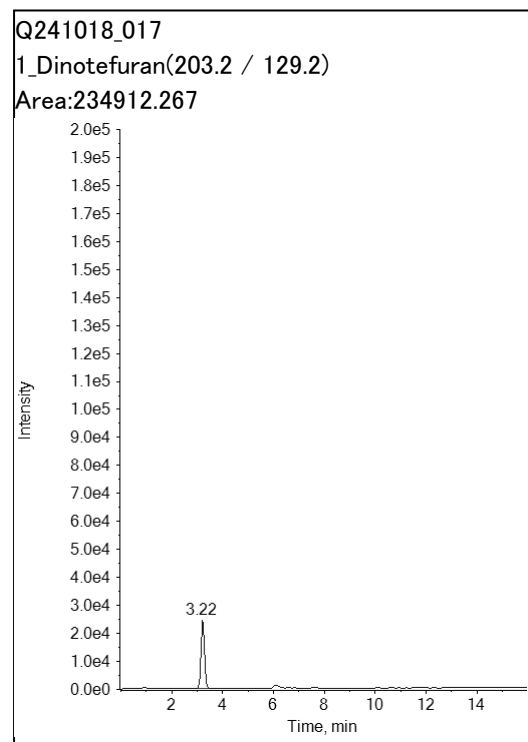
噴霧（磨砕抽出）

50 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

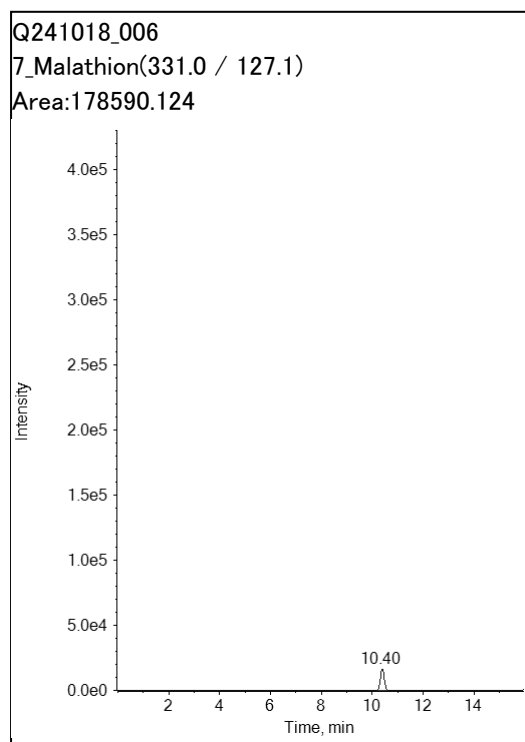
100 mL/0.4 g



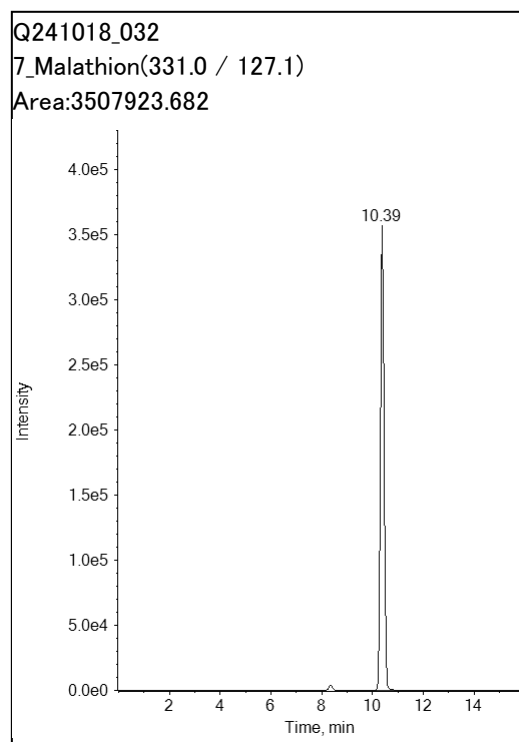
付録 6-4-2. マラチオンのクロマトグラム

付録 6-4-2-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



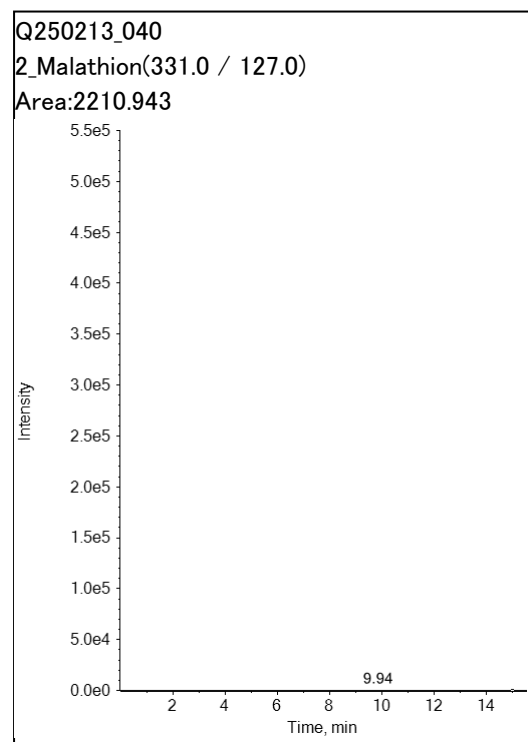
0.008 mg/L



付録 6-4-2-2. 無処理区と回収率

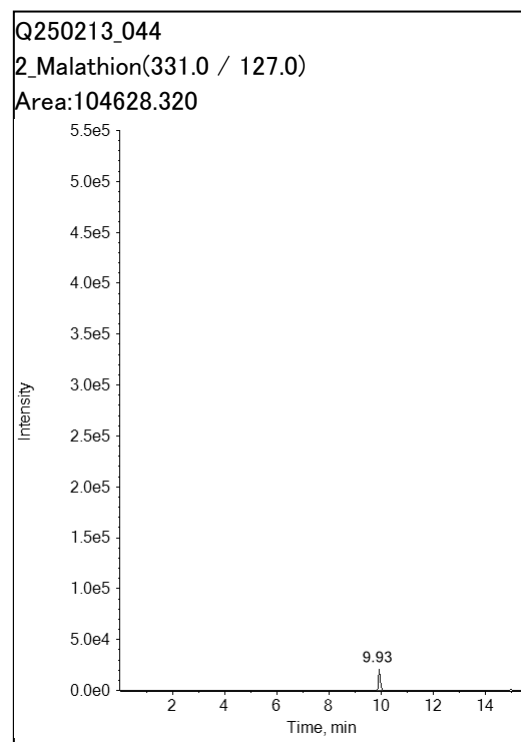
無処理

10 mL/0.4 g



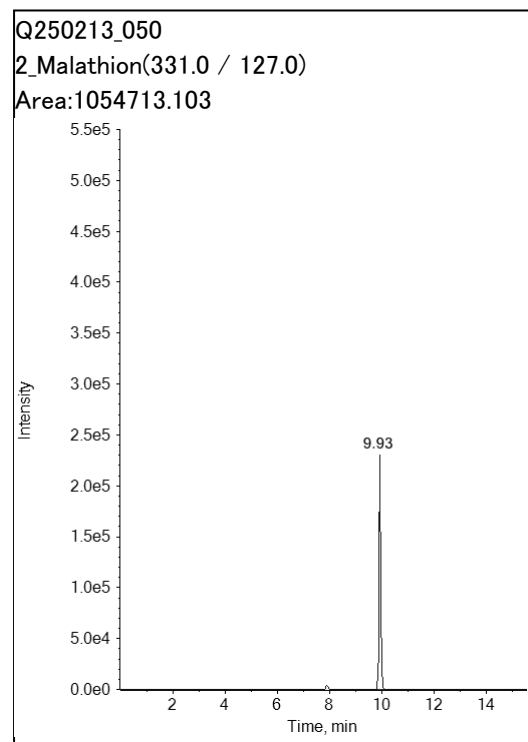
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



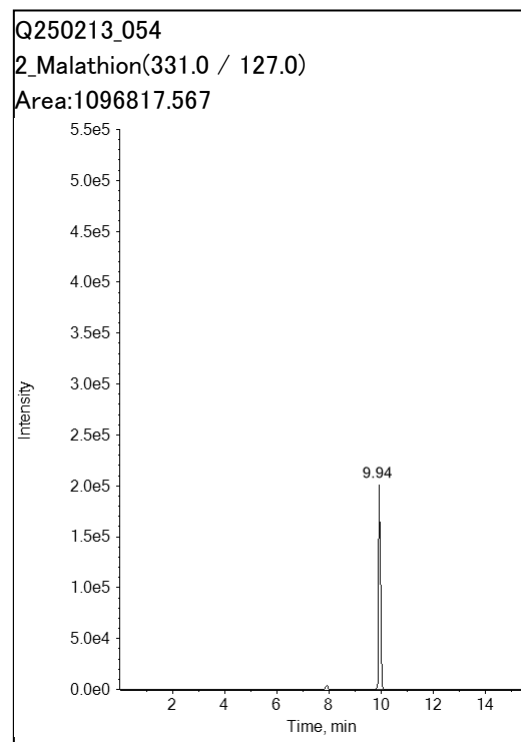
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

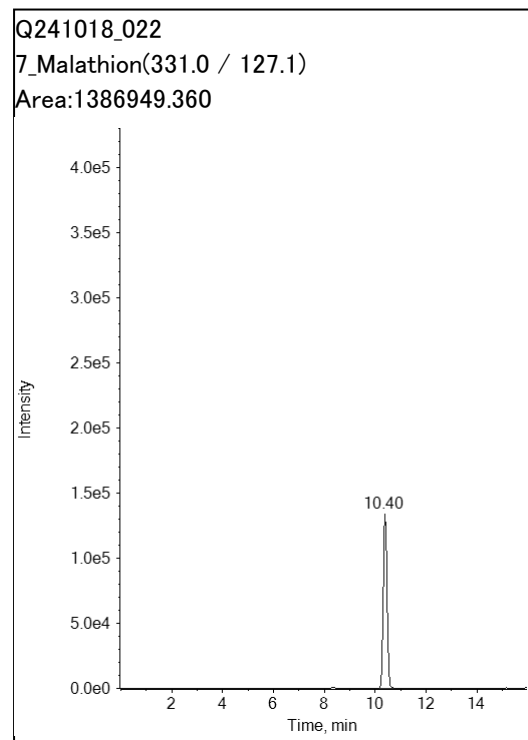
500 mL/0.4 g



付録 6-4-2-3. 実試料のクロマトグラム

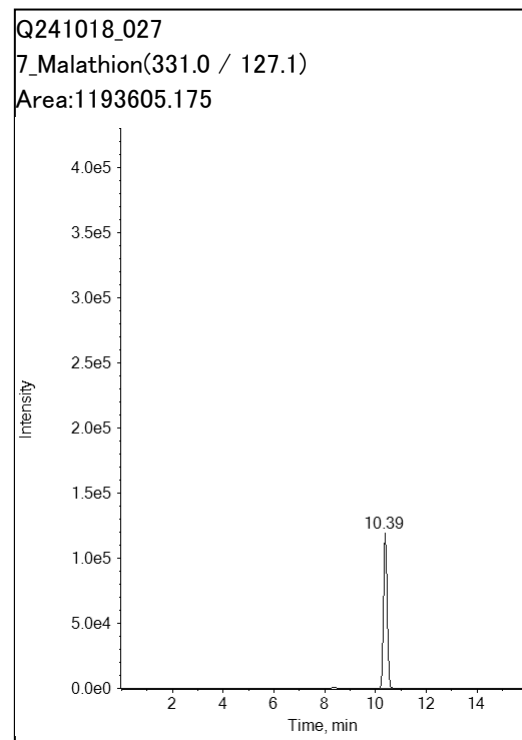
浸漬

40 mL/0.4 g



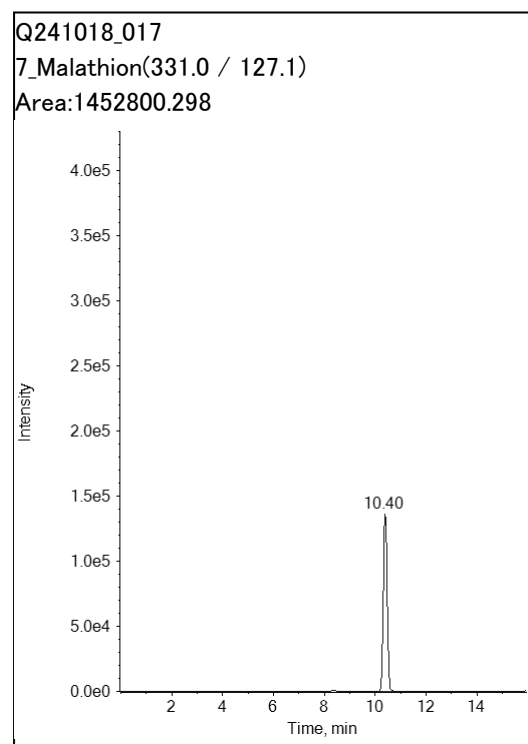
噴霧（磨砕抽出）

50 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

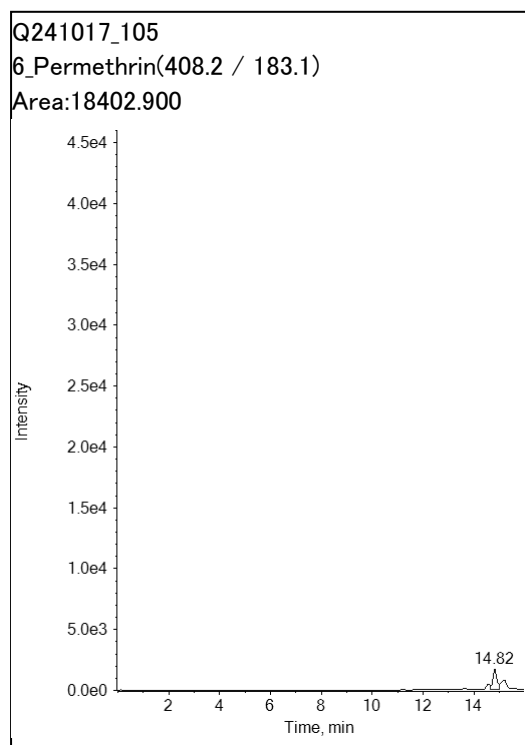
100 mL/0.4 g



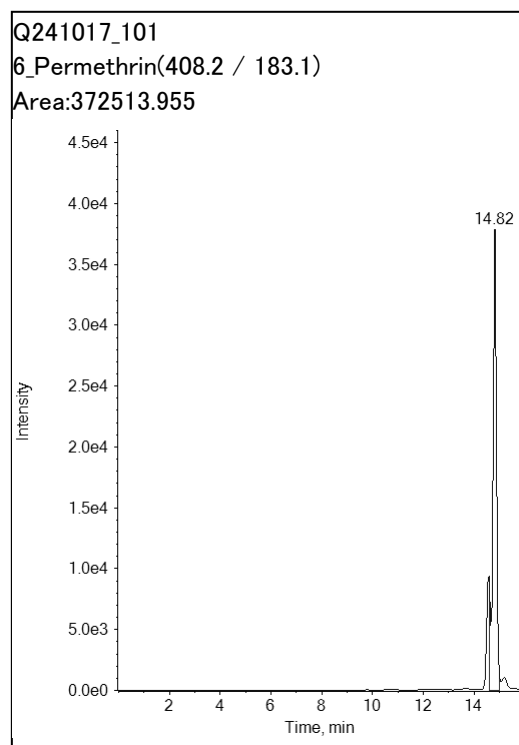
付録 6-4-3. ペルメトリンのクロマトグラム

付録 6-4-3-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



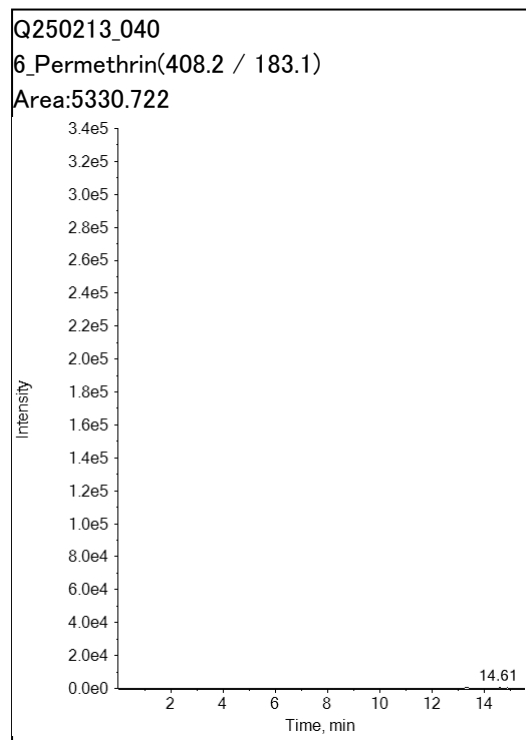
0.008 mg/L



付録 6-4-3-2. 無処理区と回収率

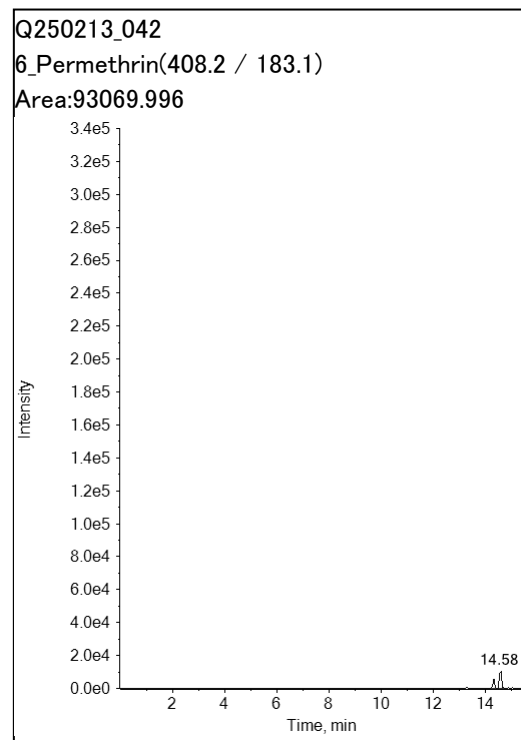
無処理

10 mL/0.4 g



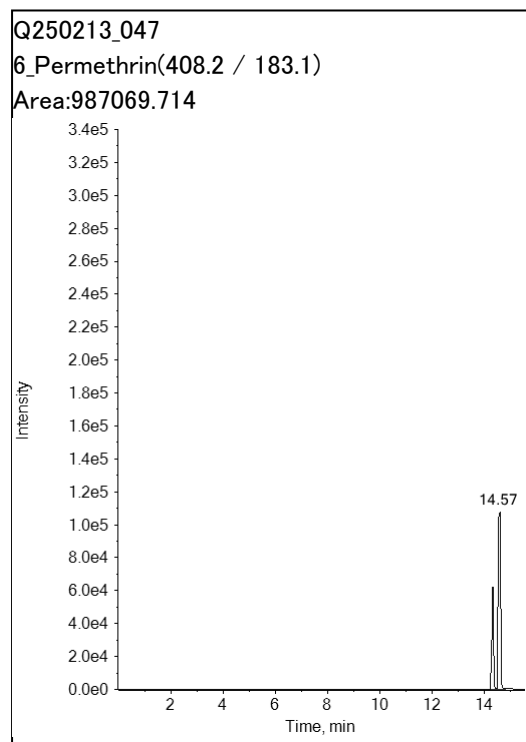
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



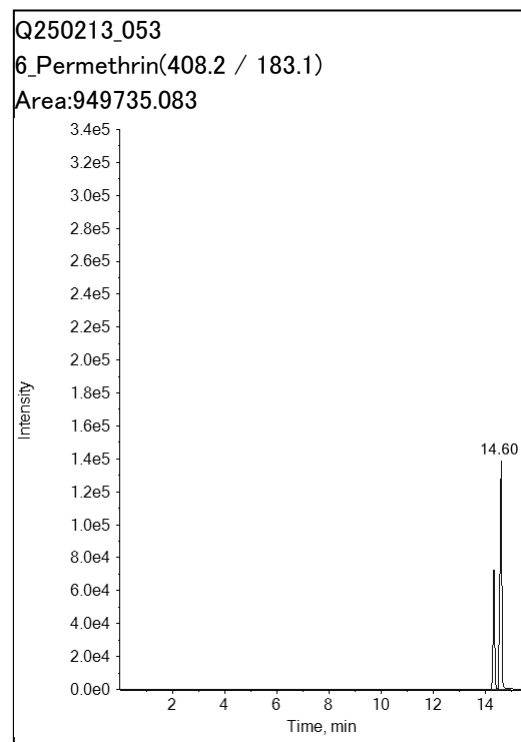
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

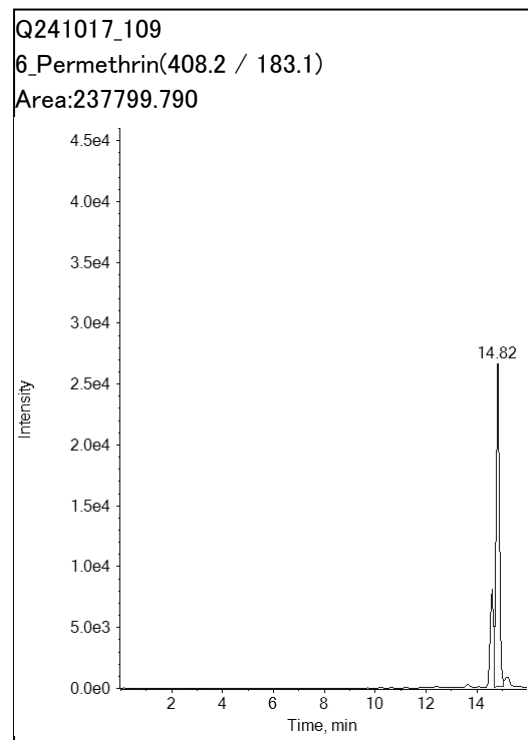
500 mL/0.4 g



付録 6-4-3-3. 実試料

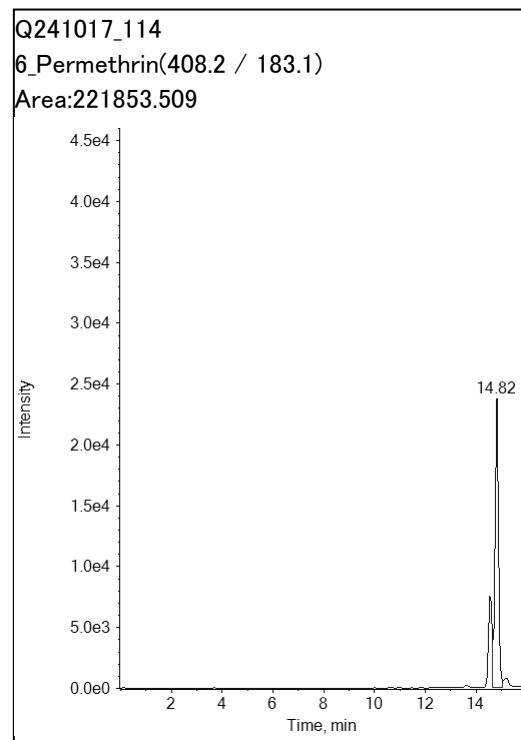
浸漬

10 mL/0.4 g



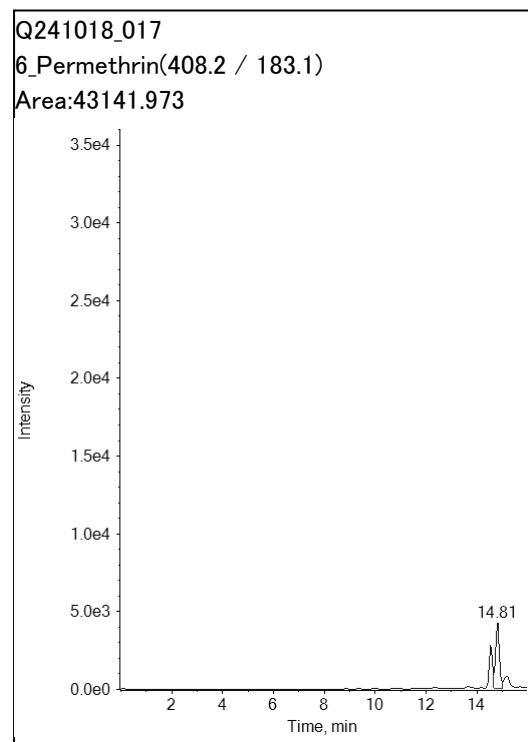
噴霧 (磨砕抽出)

10 mL/0.4 g



噴霧 (有姿抽出)

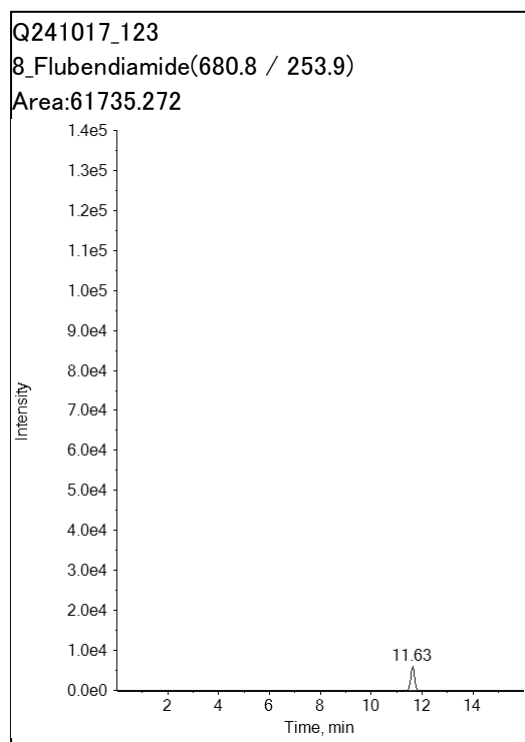
100 mL/0.4 g



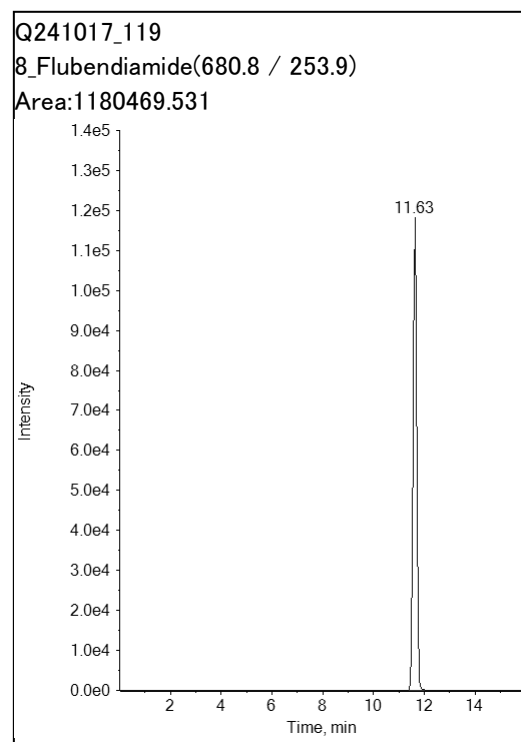
付録 6-4-4. フルベンジアミドのクロマトグラム

付録 6-4-4-1. 標準溶液の

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



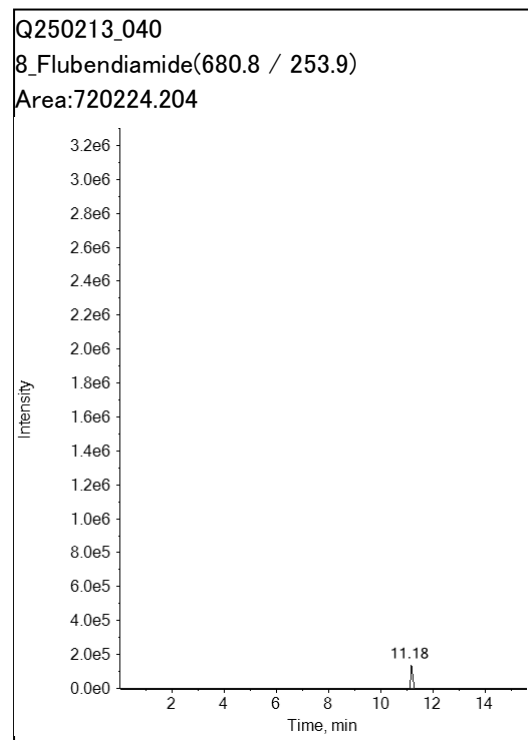
0.008 mg/L



付録 6-4-4-2. 無処理区と回収率のクロマトグラム

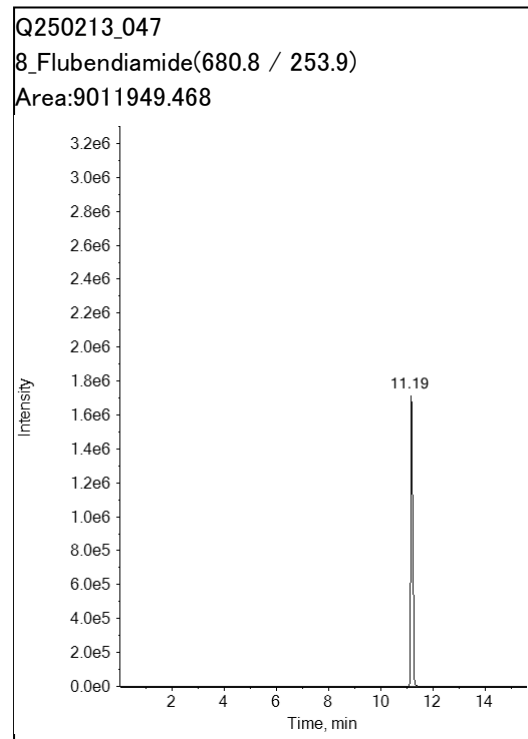
無処理

10 mL/0.4 g



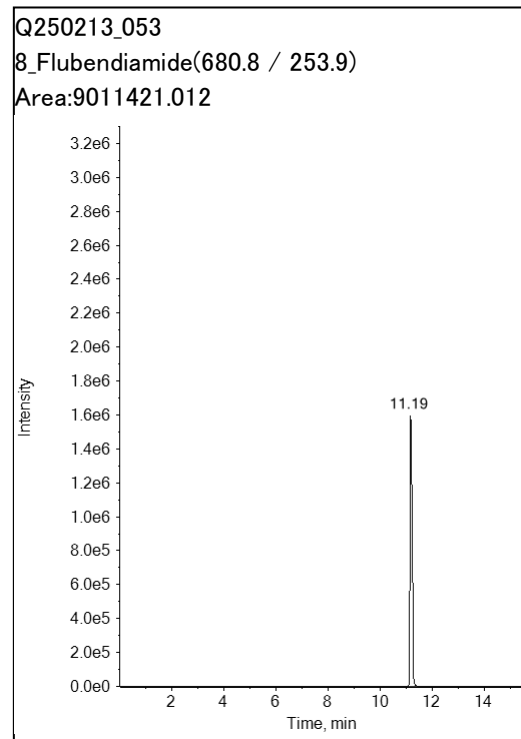
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

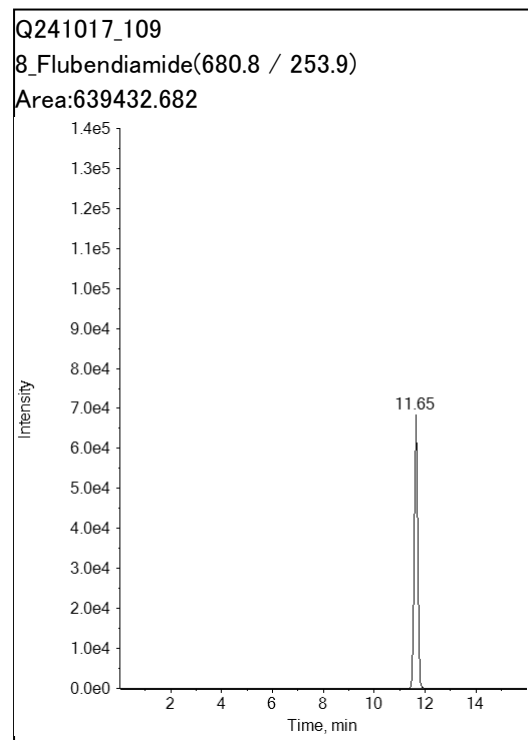
500 mL/0.4 g



付録 6-4-4-3. 実試料

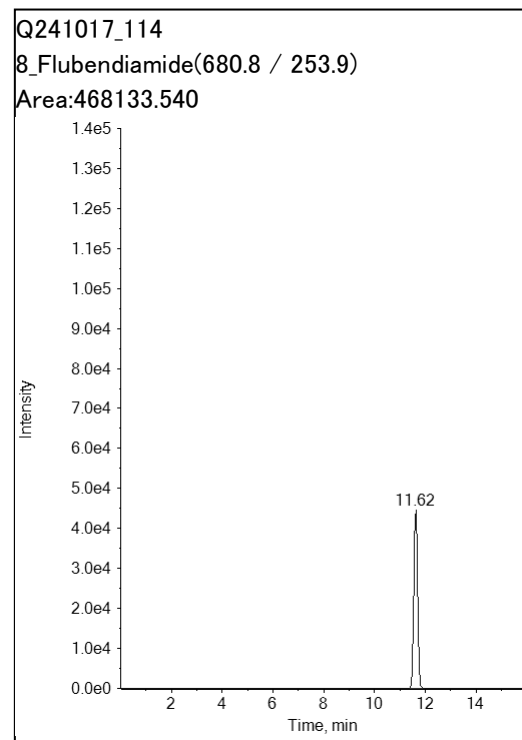
浸漬

10 mL/0.4 g



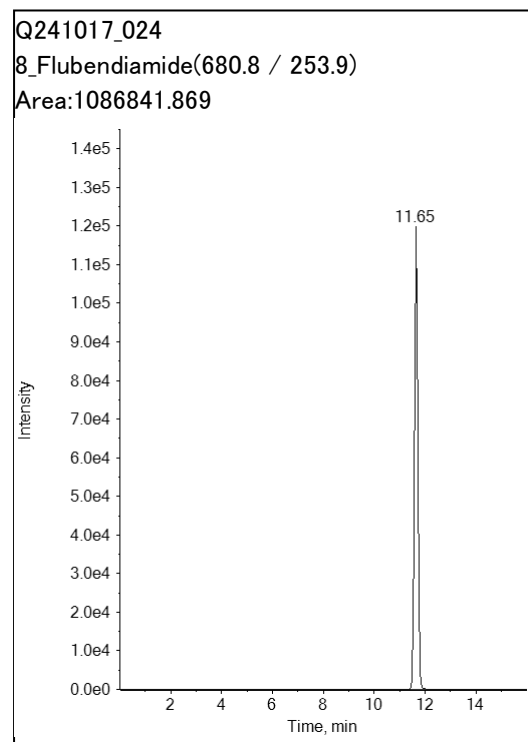
噴霧（磨砕抽出）

10 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

10 mL/0.4 g

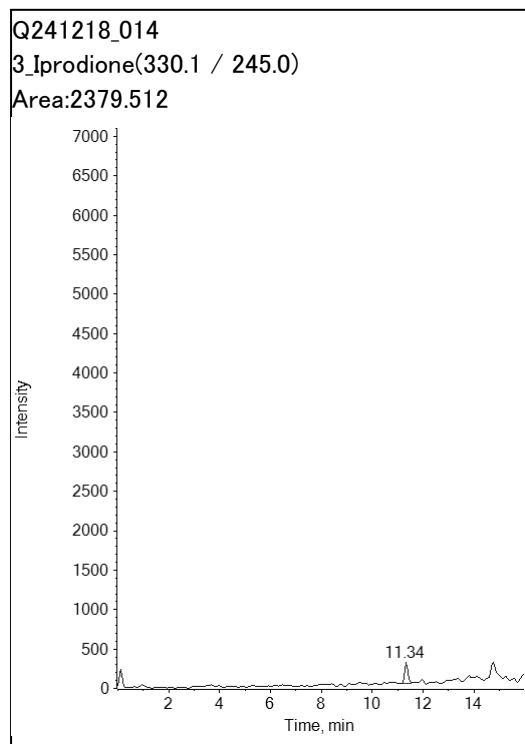


付録 6-5. いちごのクロマトグラム

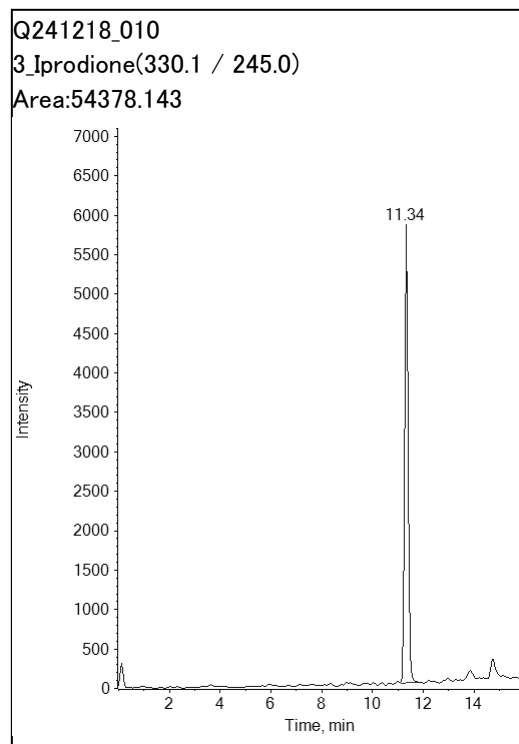
付録 6-5-1. イプロジオンのクロマトグラム

付録 6-5-1-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



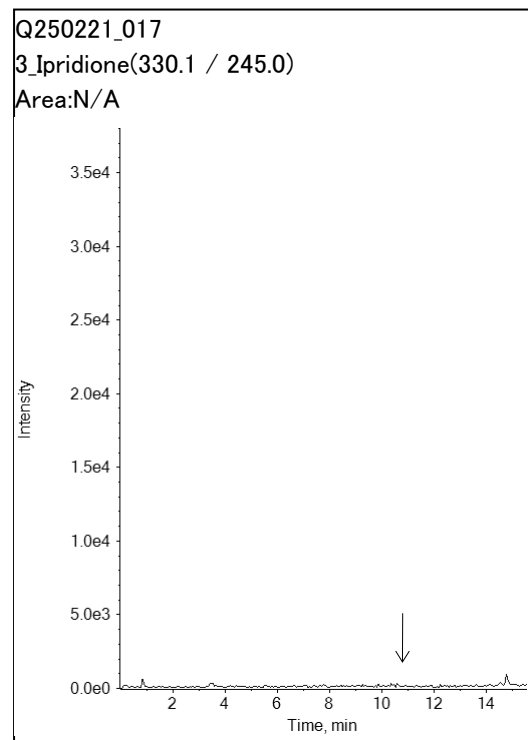
0.008 mg/L



付録 6-5-1-2. 無処理区と回収率

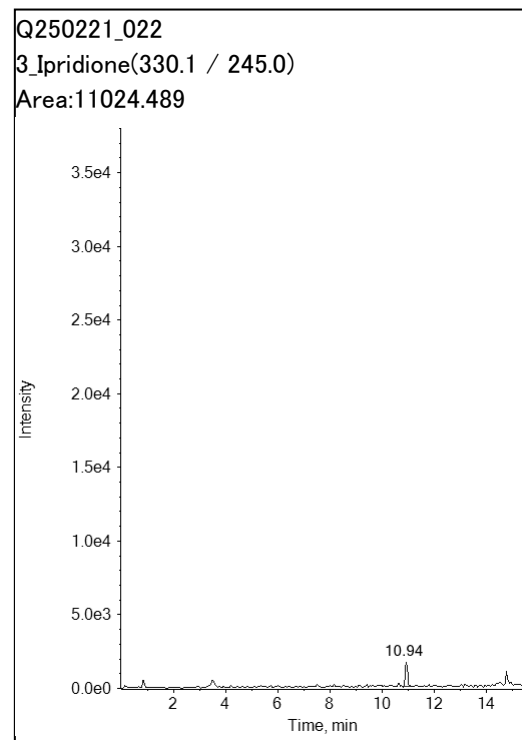
無処理

10 mL/0.4 g



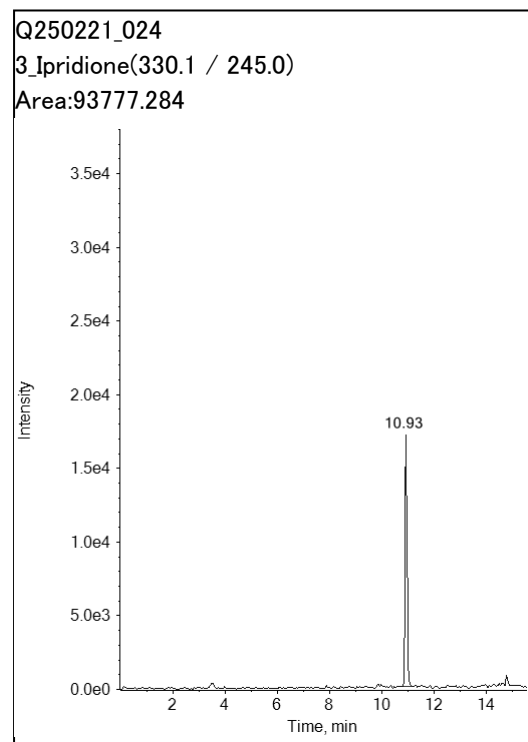
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



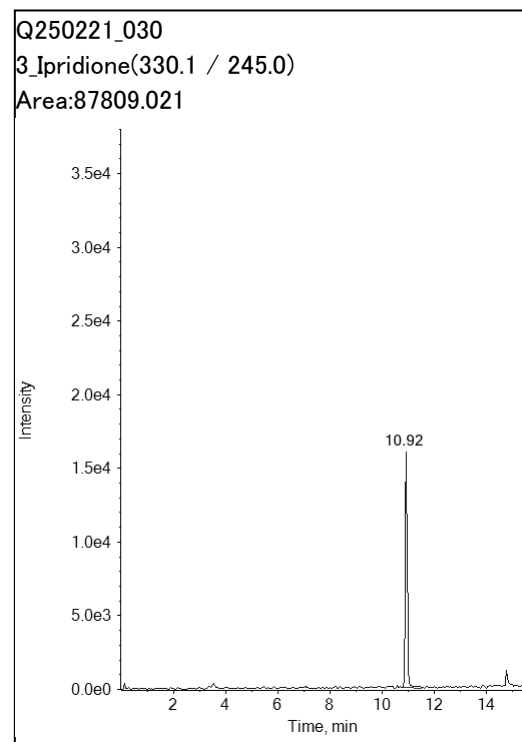
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

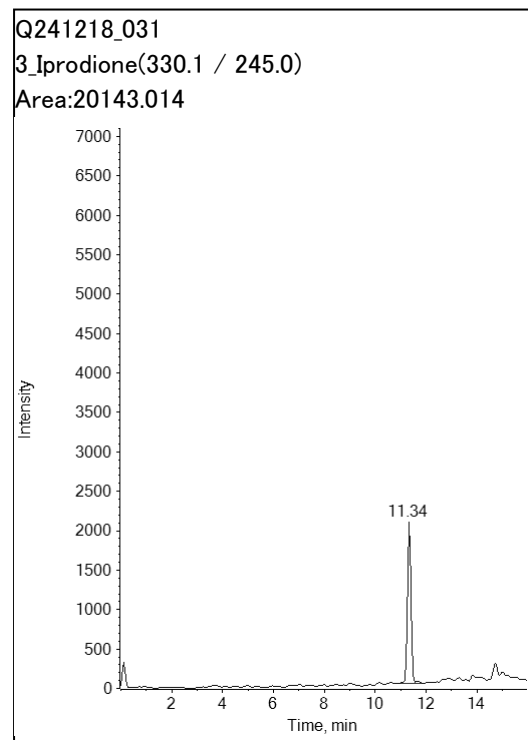
500 mL/0.4 g



付録 6-5-1-3. 実試料

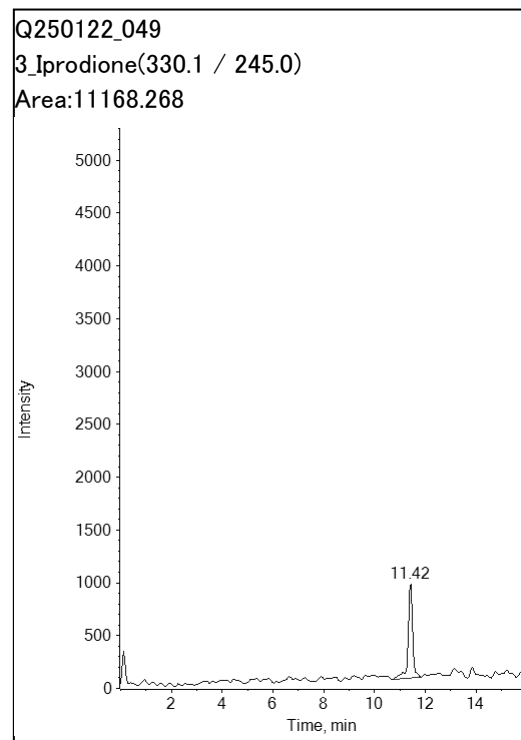
浸漬

600 mL/0.4 g



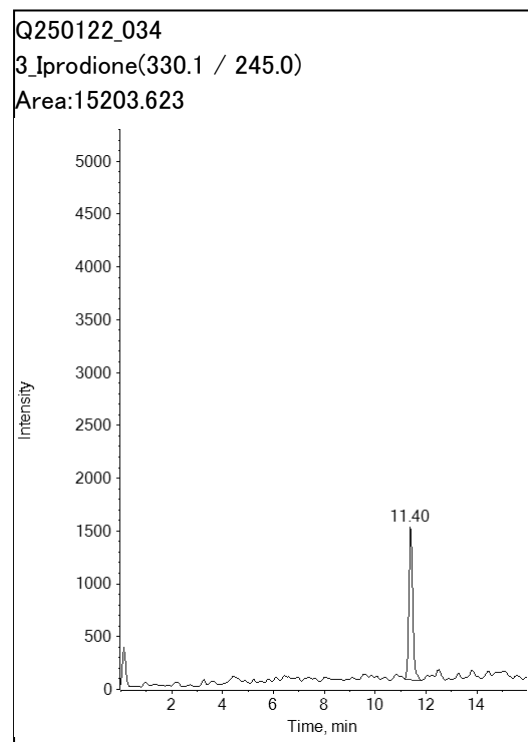
噴霧 (磨砕抽出)

600 mL/0.4 g



噴霧 (有姿抽出)

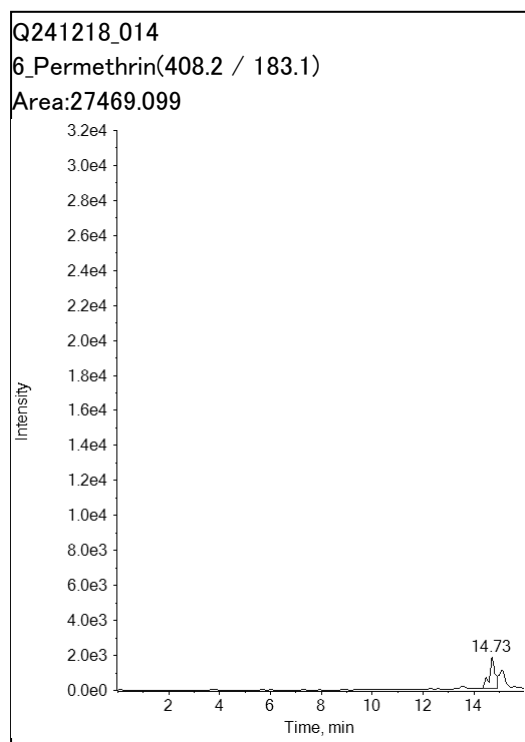
600 mL/0.4 g



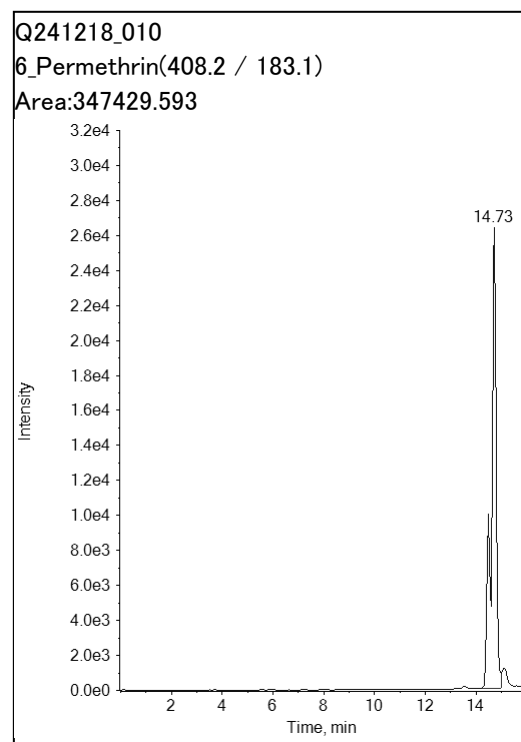
付録 6-5-2. ペルメトリンのクロマトグラム

付録 6-5-2-1. 標準溶液

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



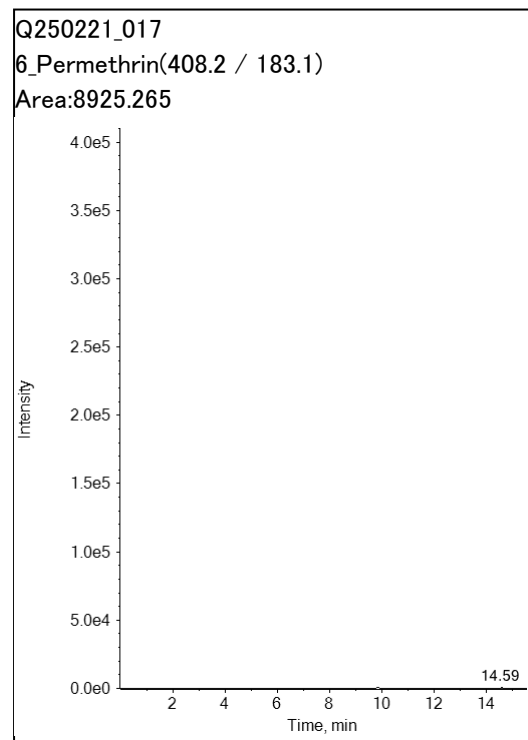
0.008 mg/L



付録 6-5-2-2. 無処理区と回収率

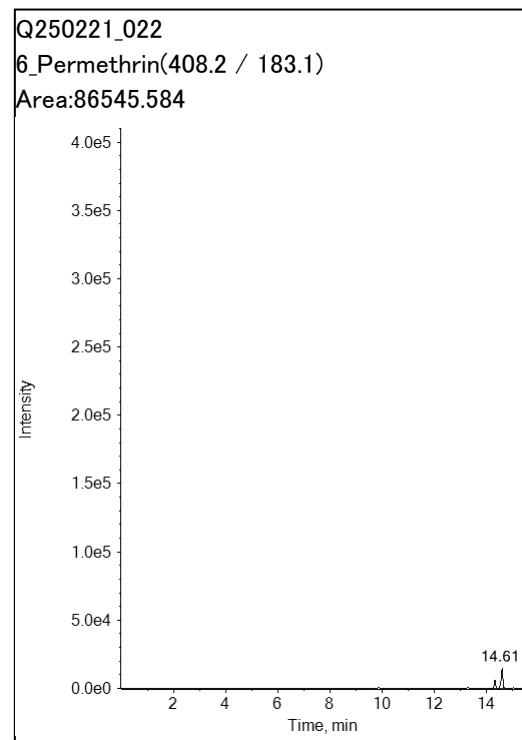
無処理

10 mL/0.4 g



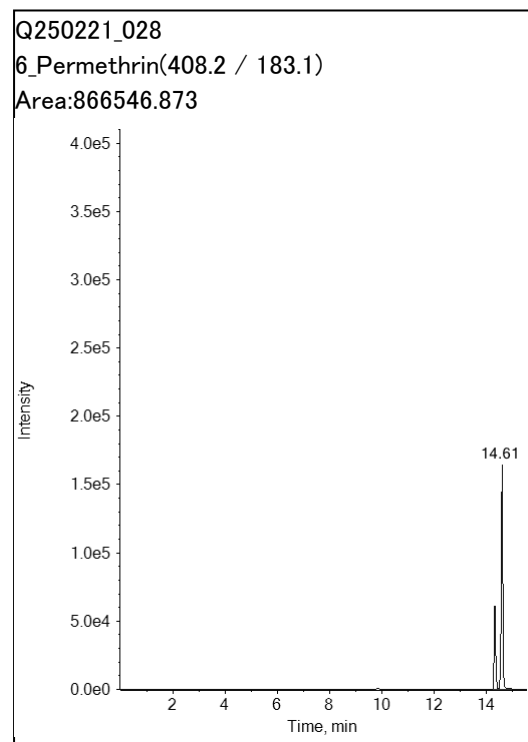
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



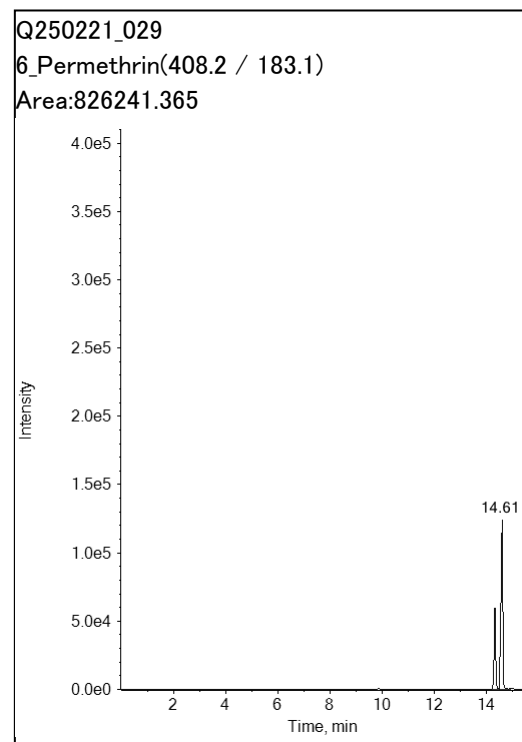
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

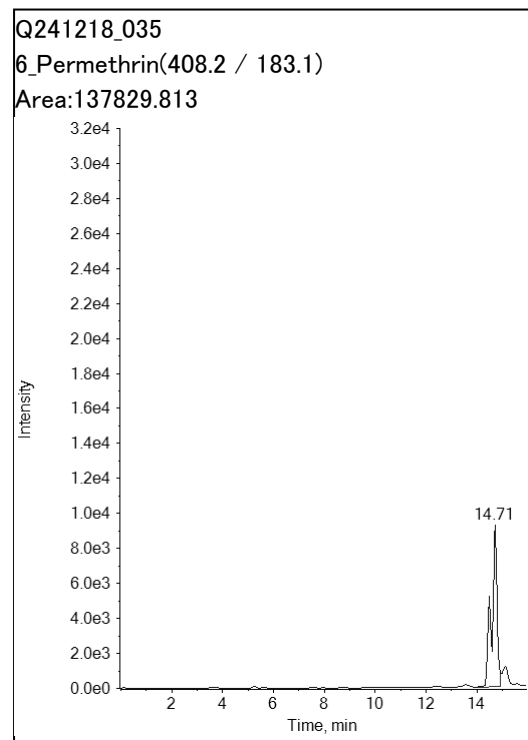
500 mL/0.4 g



付録 6-5-2-3. 実試料

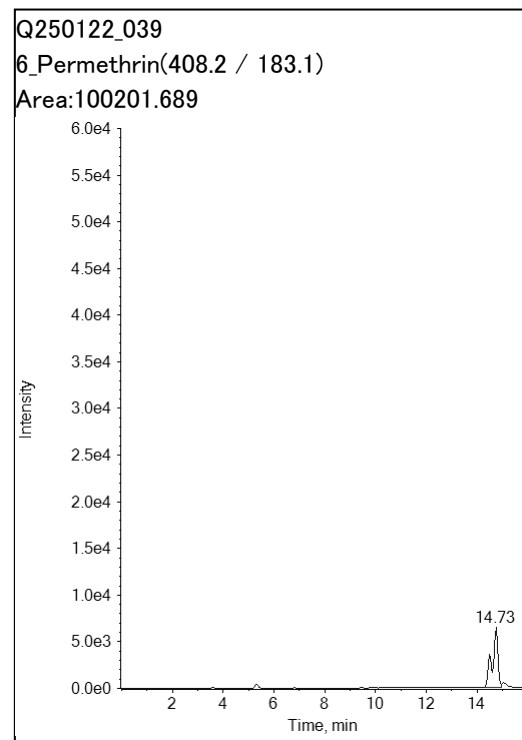
浸漬

150 mL/0.4 g



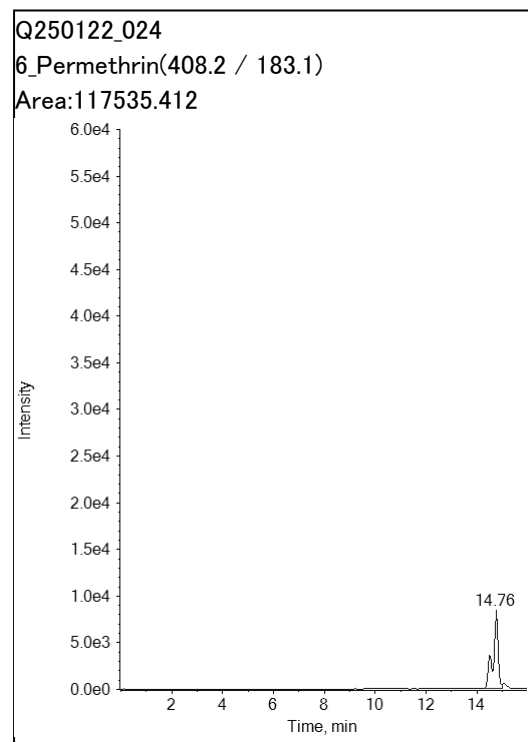
噴霧（磨砕抽出）

150 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

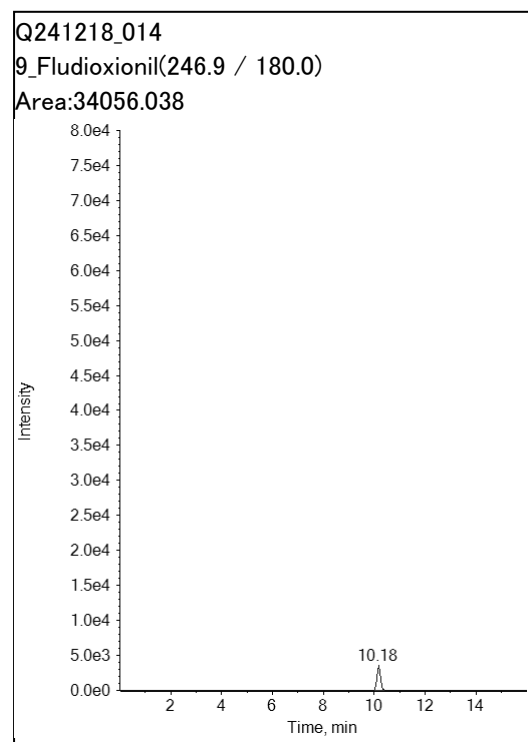
150 mL/0.4 g



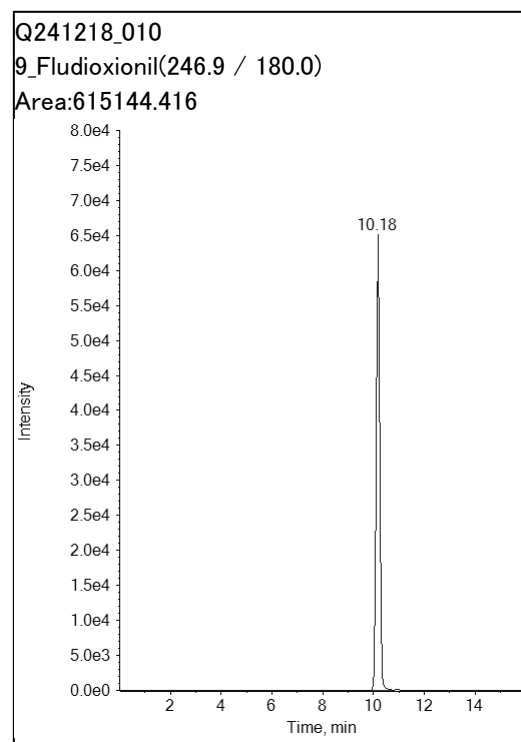
付録 6-5-3. フルジオキシニルのクロマトグラム

付録 6-5-3-1. フルジオキシニル標準溶液のクロマトグラム

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



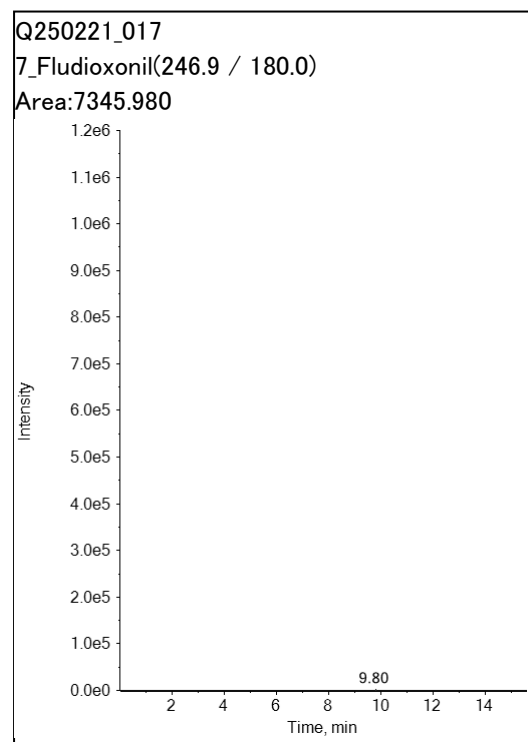
0.008 mg/L



付録 6-5-3-2. 無処理区と回収率

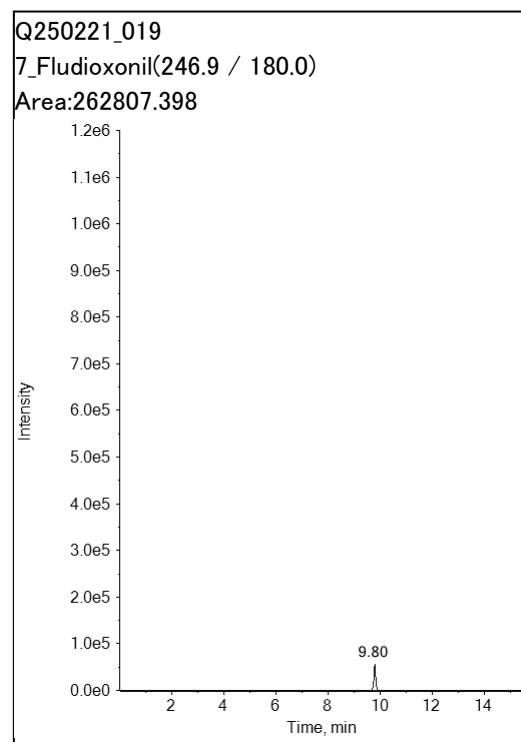
無処理

10 mL/0.4 g



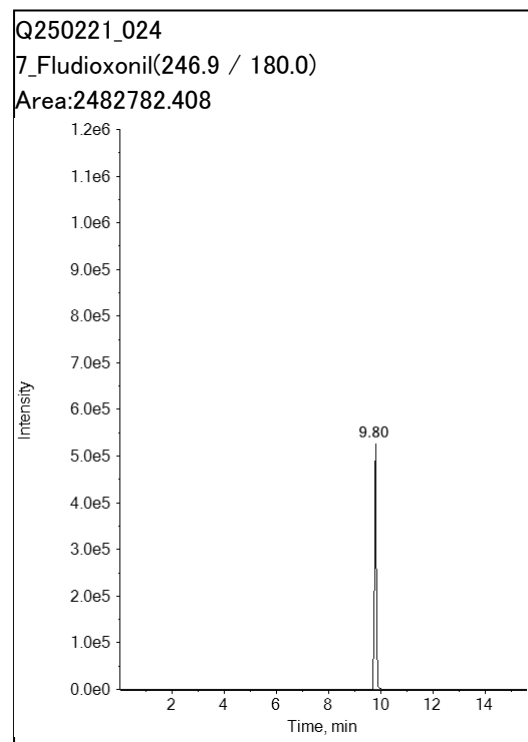
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



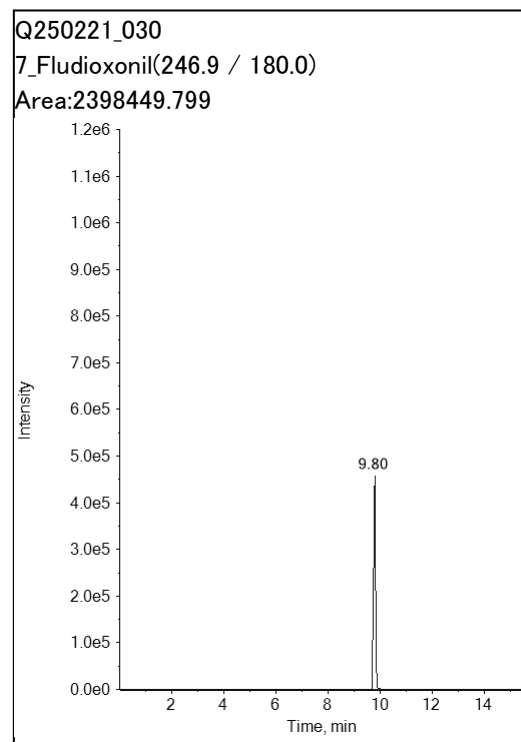
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

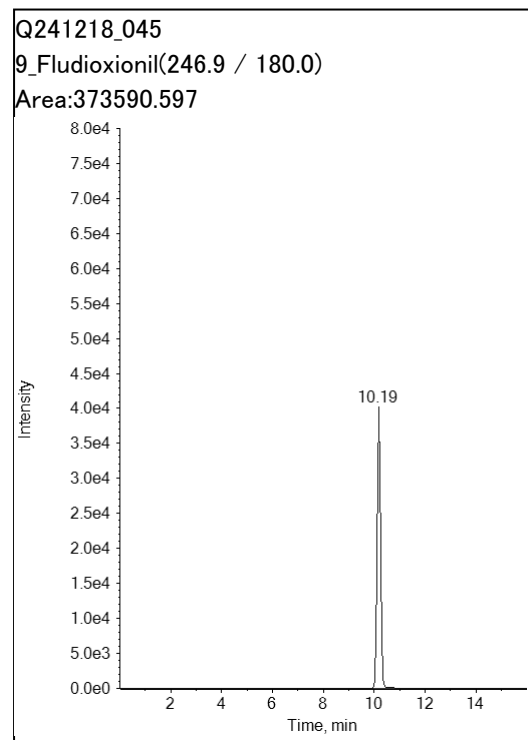
500 mL/0.4 g



付録 6-5-3-3. 実試料

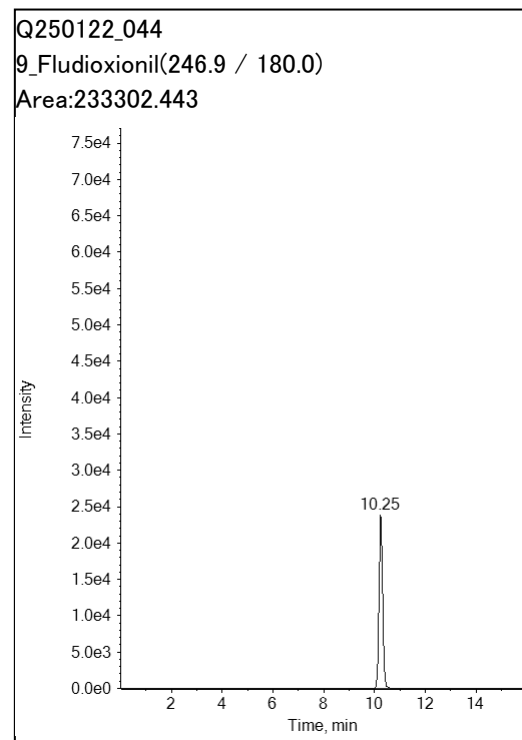
浸漬

300 mL/0.4 g



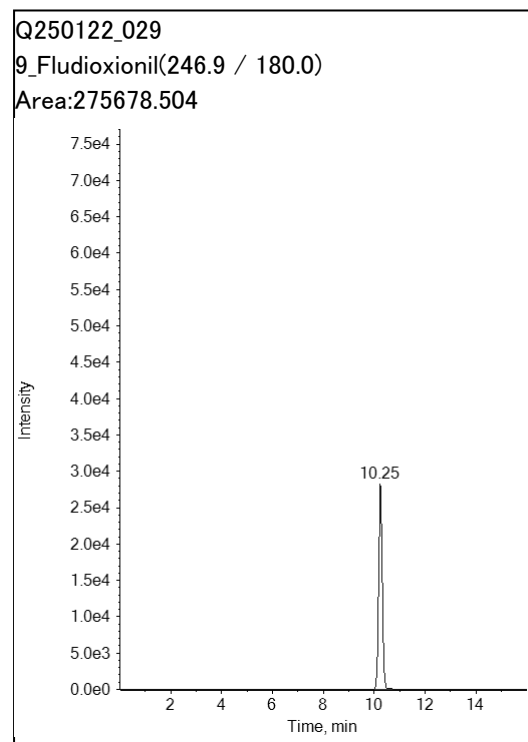
噴霧 (磨砕抽出)

300 mL/0.4 g



噴霧 (有姿抽出)

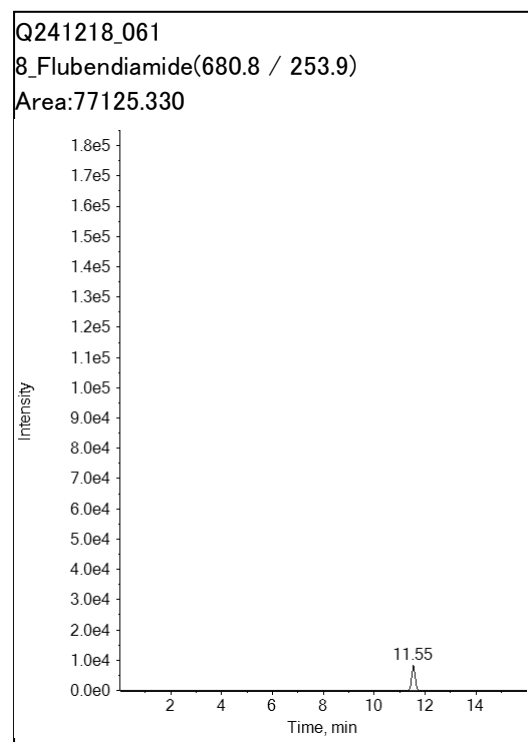
300 mL/0.4 g



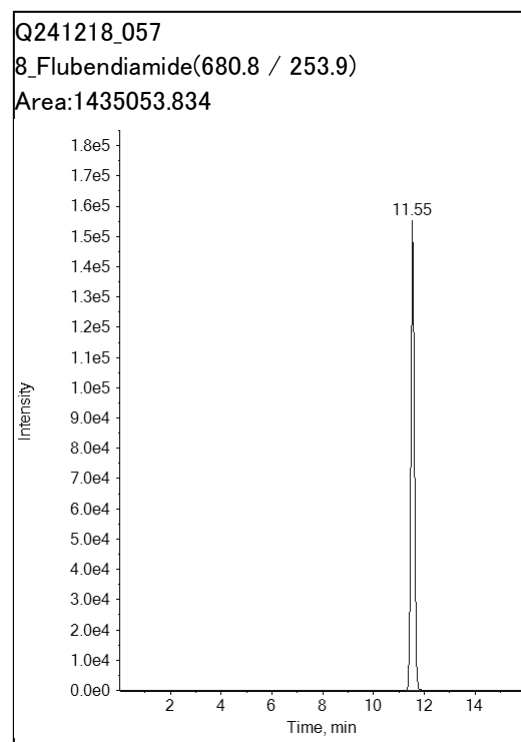
付録 6-5-4. フルベンジアミドのクロマトグラム

付録 6-5-4-1. フルベンジアミド標準溶液のクロマトグラム

0.0004 mg/L (定量限界相当濃度)



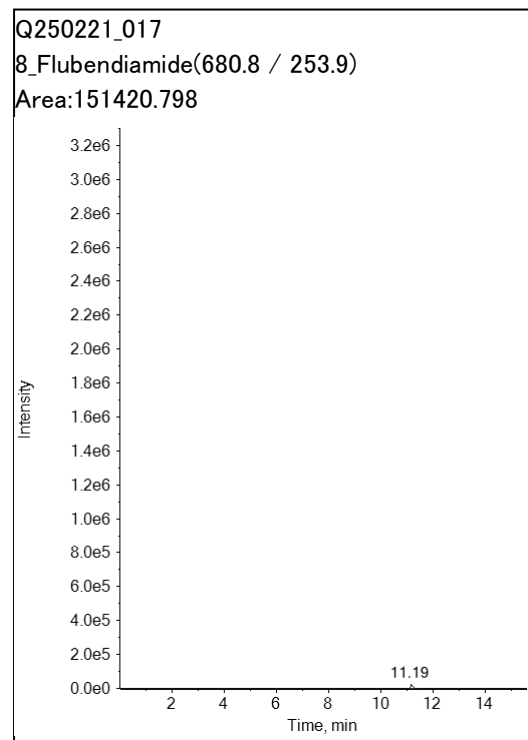
0.008 mg/L



付録 6-5-4-2. 無処理区と回収率

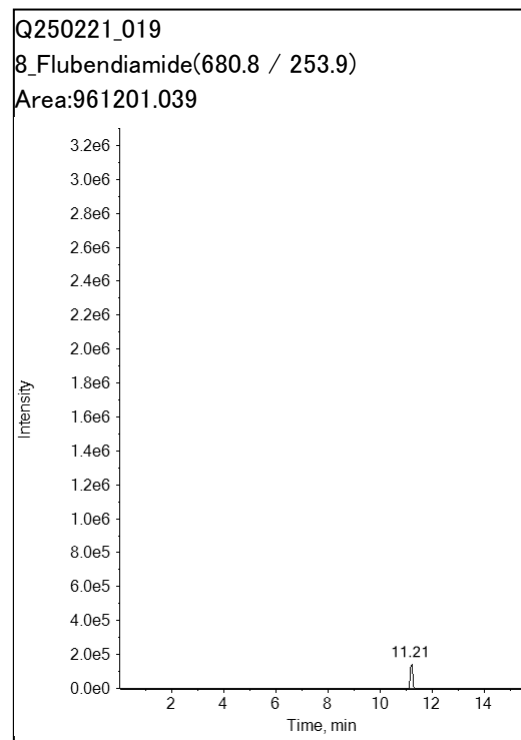
無処理

10 mL/0.4 g



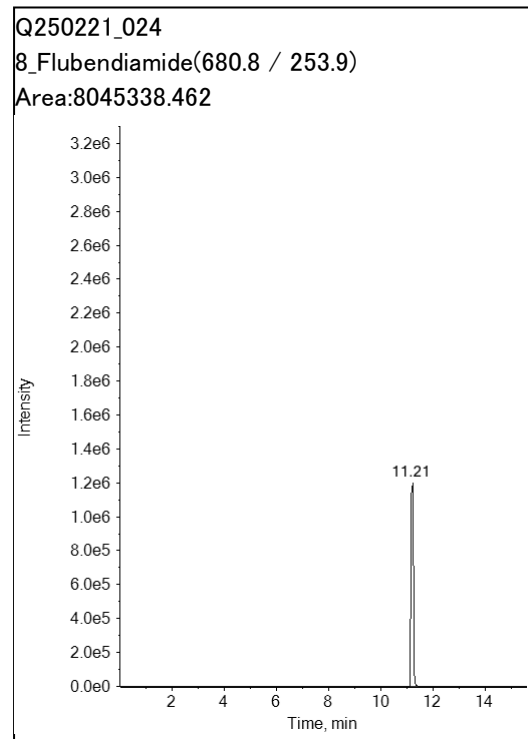
0.01 mg/kg 添加

10 mL/0.4 g



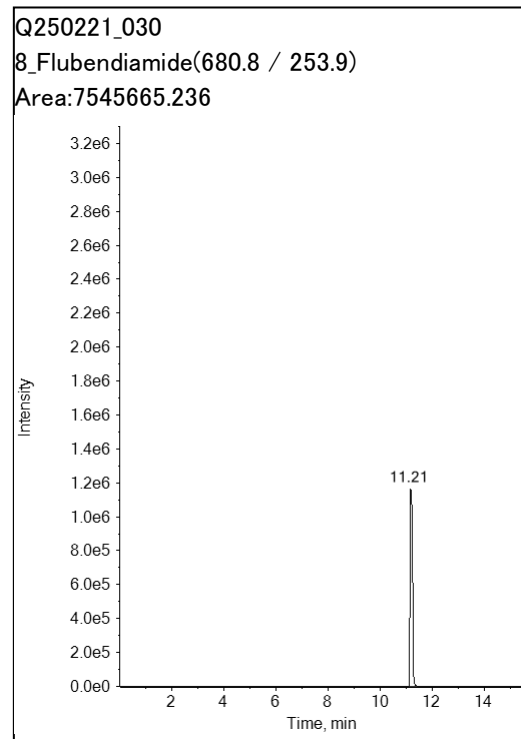
0.5 mg/L 添加

50 mL/0.4 g



5 mg/L 添加

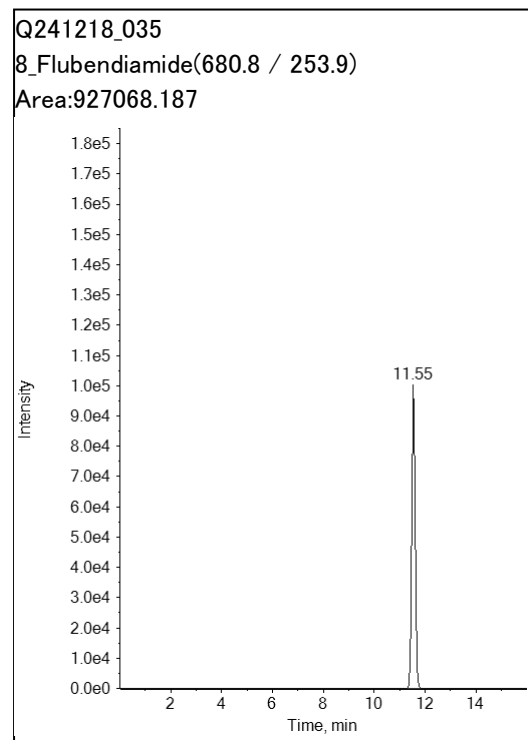
500 mL/0.4 g



付録 6-5-4-3. 実試料

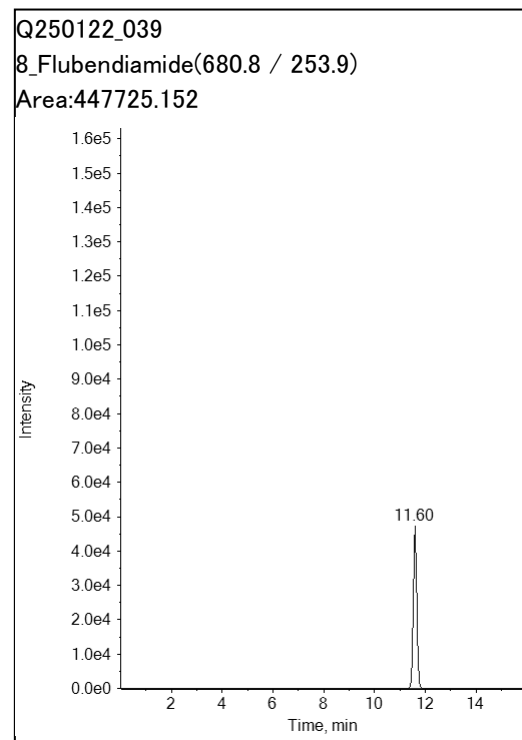
浸漬

150 mL/0.4 g



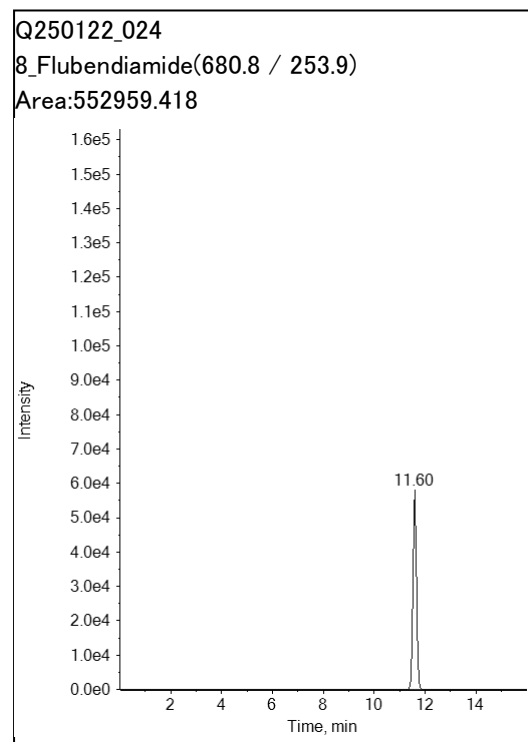
噴霧（磨砕抽出）

150 mL/0.4 g



噴霧（有姿抽出）

150 mL/0.4 g



付録 7. 参考資料

- 1) 「農産物等の食品分類表」、https://www.caa.go.jp/policies/policy/standards_evaluation/pesticide_residues/assets/0000159254.pdf (2025 年 3 月 31 日閲覧)
- 2) “Principles and guidance on the selection of representative commodities for the extrapolation of maximum residue limits for pesticides to commodity groups”, CXG 84-2012, CODEX ALIMENTARIUS (Amended in 2017).
- 3) 「食品中の農薬の残留基準値設定の基本原則について」 2023 年 3 月 31 日改訂版、農薬・動物用医薬品部会、<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/001083405.pdf> (2024 年 3 月 31 日閲覧)
- 4) “OECD GUIDANCE DOCUMENT ON DEFINING MINOR USES OF PESTICIDES”, ENV/JM/MONO(2009) 39.
- 5) 「平成 28 年度 食品に残留する農薬の管理手法の精密化と国際的整合性に関する研究」, H28-食品-指定-009 (主任研究者：国立医薬品食品衛生研究所食品部第三室長 渡邊敬浩).
- 6) 「LC/MS による農薬等の一斉試験法 I (農産物)」, 厚生労働省.
- 7) FOCUS: FOCUS Surface Water Scenarios in the EU Evaluation Process under 91/414/EEC, 2003.
- 8) “Estimating Half-Lives for Pesticide Dissipation from Plants” P.Fantke *et al.* (*Environ. Sci. Technol.*, **48**, 8588–8602, 2014).
- 9) 「ぶどう及びねぎにおける形状の違いが残留農薬濃度に及ぼす影響」, 第 41 回農薬残留分析研究会要旨集, 長崎, 2018