

学位論文全文に代わる要約 Extended Summary in Lieu of Dissertation

氏名： 山本 一樹
Name

学位論文題目： 食品に含まれる残留農薬を中心とした有害物質等の迅速・簡易定量法に関する開発研究
Title of Dissertation

学位論文要約：

Dissertation Summary

<研究の背景と目的>

農薬は人類が農作物のより効率的な生産を目指す過程において病気や雑草、害虫の被害から農作物を守る薬剤として生まれ、農作物の栽培に使用されるようになり生産性向上に寄与してきた。

紀元前1000年頃には既にイオウが植物の病害を防ぐ効力を有していることが知られ、栽培に用いられるようになったが、本格的な研究が始まったのは、植物病原菌の防除の基礎が確立してきたのは1800年代以降である。1930年代になると現在でも多く使用されているジチオカルバメート系農薬が開発された。

防虫については1600年代からタバコの粉や鯨油などを用いた害虫駆除があったようで、防虫菊の利用を経て、こちらも1930年代にDDTやBHC等合成殺虫剤の開発が始まった。

雑草駆除については古くから行われていたが、その方法は人力による除草であった。化学合成された除草剤は1940年に開発され、水田除草剤として2,4-D等も開発された。

農薬は現在の農業において生産性の向上、省力化に貢献し、人類の食料としての農作物栽培には必須のものとして認識され利用されている。そうであっても使用方法の誤り等もあり、人畜に対する被害などが報告されている。

規制等が整備されていくなかで残留農薬の基準値超過は今日においても後を絶たず発生しているが、人類が地球上で生存していくためには効率的な農産物の生産の必要性から農薬の使用をやめることはできず、今後も残留農薬の問題は残り続け、それに伴って残留農薬の検査も継続していくものと考えられる。

研究の目的は栽培・流通・販売の現場で残留農薬の測定が可能になるような迅速・簡易測定法の開発である。

栽培現場での農薬の使用が進む一方で、消費者の安全・安心志向の高まりから迅速な残留農薬の検査の必要性が挙げられるが、現在一般的に行われている農作物の残留農薬分析は、試料の粉碎、均一化に非常に工数がかかり、青果物のように出荷から消費までの流通期間が短い物においては、流通する前に残留農薬の検査を行うことが難しく、現に流通段階で食品衛生法における残留基準値の超過が発覚し回収困難といった事態も多く発生している。しかし、流通段階で残留農薬基準値超過が発覚した場合、食の安全・安心の信頼失墜と経済的損失など社会的影響は大きい。

迅速・簡易スクリーニングが可能な方法として、フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) を用いる方法がある。レタス、ハクサイ、セロリ等の残留農薬迅速計測法として、葉菜表面に存在する残留農薬をFT-IR(ATR)法によって測定する方法が石澤らによって既に実用化されている。

本研究では、農産物表面の残留農薬を2種類の方法 (後述する拭取りシート直接測定法とろ過濃縮測定法) にて、フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) で残留農薬の規制値 (ppmレベル以下) の判定に用いることのできる程度まで濃縮する技術を開発し大幅な高感度化を図り、今までにない残留農薬の迅速・簡易測定法の検討を行った。

<拭取りシート直接測定法>

一般的に行われている分析方法では数日間を要するジチオカルバメート系農薬であるマンゼブについて、本研究により開発された拭取りシート直接測定法を用いる事で非常に簡便で迅速 (10分程度) に農作物表面にマンゼブが残留しているかどうかの確認ができるようになった。分析方法の概要をFig. 1に示す。本法を用いると農作物表面に20 μg (100 g分析時 0.2 ppm相当量) 存在するとはっきりとしたマンゼブのスペクトルが得られ、低濃度領域での検出が可能となり、多変量解析の一

(様式5) (Style5)

つであるPLSを用いて作成した検量線を使用することで農作物表面の物質由来のスペクトル重なっていても定量が可能であった。

しかしながら拭取りシート直接測定法では農作物に均一に農薬が撒かれたような場合では回収率が低下することが示唆された。そのため本法は試料全体に薄く農薬が存在する場合ではなく、例えば散布時の希釈ミス等により高濃度の農薬が局所的に偏在する場合に非常に迅速（10分以内）に汚染の有無を判定できる有効な方法であると考えられた。

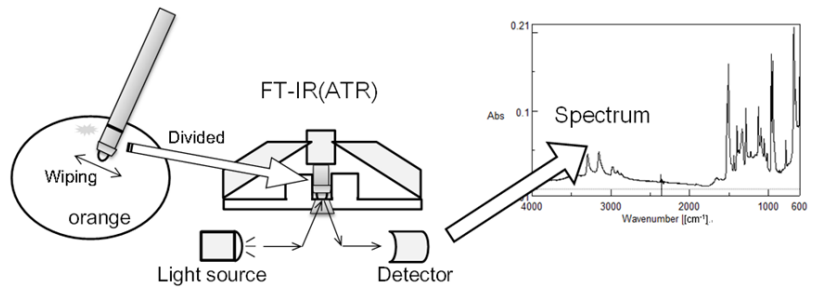


Fig. 1 Concentration of pesticide residue by wiping pen and measurement of infrared spectra by FTIR-ATR method

くろ過濃縮測定法（水溶性繊維による拭取） >

水溶性繊維により拭取りをするろ過濃縮測定法は分析に要する時間として1時間以内と迅速性を有しており、また拭取りシート直接測定法では難しかった農作物全体の評価が可能であることが確認でき、栽培・流通現場での簡易・迅速測定への応用が期待できる結果が得られた。

方法概要は以下の通り (Fig. 2) である。

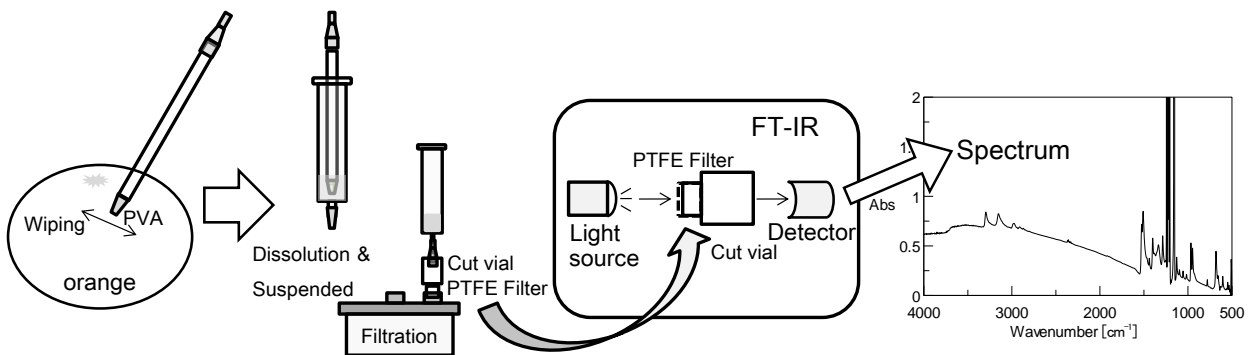


Fig. 2 Concentration of pesticide residue by wiping pen, filtration and measurement of infrared spectra by FT-IR method

ポリビニルアルコール製水溶性繊維を用い、測定対象の農作物表面全体を拭取る。拭取った水溶性繊維を拭取った農薬とともに水中に懸濁させ、親水性PTFEフィルタにてろ過濃縮を行う。親水性PTFEフィルタ上に濃縮された農薬をFT-IR（透過法）にて測定しスペクトルを得る。得られたFT-IRスペクトルからPLS定量モデルを用いて農薬を定量し、測定結果を得る。さらに基準値との比較が必要な場合、測定対象農作物の重量で除した濃度にて基準値との比較を行うことも可能である。

国内販売されているジチオカルバメート系農薬（マンゼブ・マンネブ、ジラム、プロピネブ、チウラム）に関して、それぞれ直線性のあるPLS定量モデルを用いた検量線が作成でき、またばらつきから算出した検出下限値は3.7 ~ 14.6 μgとなり迅速簡易定量法として十分に低い値であった。実際の農作物（12種類）を用いたジチオカルバメート系農薬の分析では、表面が平滑な作物（トマト・清見・ピーマン等）については良好な結果が得られる傾向にあり、表面に凹凸の多い作物および産毛（トライコーム）のある作物（梅・びわ・きゅうり）については回収率が低く、

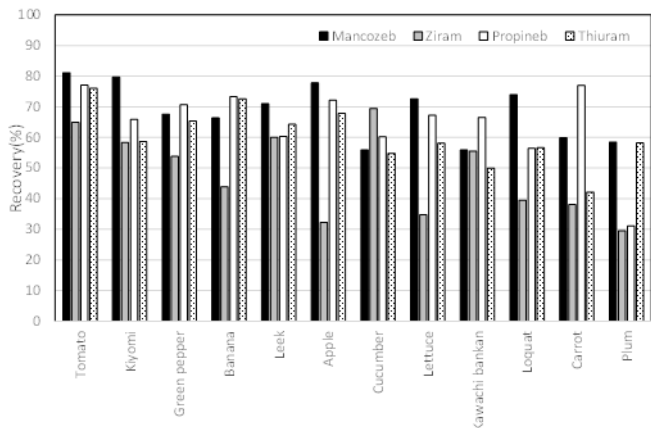


Fig. 3 Recovery rate of vegetable and fruit of dithiocarbamate pesticides on sample

(様式5) (Style5)

また得られる定量値のばらつきも大きくなった (Fig. 3およびTable 1)。

Table 1 Measurement results of dithiocarbamate pesticides on sample

Mancozeb	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	156.8	181.9	154.8	162.0	155.3	162.2	11.4	7.0	81.1
Cucumber	96.2	134.3	110.4	93.3	124.8	111.8	17.8	15.9	55.9
Leek	122.1	146.8	137.0	162.6	141.5	142.0	14.7	10.4	71.0
Kiyomi	147.8	158.1	152.0	168.7	169.8	159.3	9.8	6.2	79.6
Banana	121.2	105.5	129.4	136.8	171.2	132.8	24.4	18.4	66.4
Green pepper	119.7	135.3	132.2	179.1	109.5	135.2	26.6	19.7	67.6
Apple	167.0	161.1	154.0	158.4	137.4	155.6	11.2	7.2	77.8
Carrot	126.3	95.5	132.5	138.1	106.5	119.8	18.1	15.1	59.9
Loquat	159.0	138.0	111.0	160.0	171.5	147.9	23.9	16.2	74.0
Kawachi bankan	92.6	104.2	113.9	119.5	128.5	111.7	13.9	12.4	55.9
Lettuce	107.0	167.0	123.9	167.6	160.4	145.2	27.9	19.2	72.6
Plum	129.6	145.0	138.0	88.7	83.3	116.9	28.8	24.6	58.5
Ziram	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	127.7	146.7	117.5	137.0	119.8	129.7	12.2	9.4	64.9
Cucumber	129.0	128.5	162.7	161.2	113.4	139.0	21.9	15.8	69.5
Leek	107.0	128.7	130.7	115.0	119.0	120.1	9.8	8.2	60.0
Kiyomi	135.6	102.0	139.1	91.2	115.0	116.6	20.8	17.8	58.3
Banana	80.6	71.0	82.3	103.4	101.4	87.7	14.1	16.0	43.9
Green pepper	112.0	79.3	130.9	113.6	102.4	107.6	18.9	17.5	53.8
Apple	59.9	77.5	59.0	55.5	70.2	64.4	9.1	14.2	32.2
Carrot	67.1	73.4	96.0	86.0	58.1	76.1	15.1	19.8	38.1
Loquat	94.6	92.0	70.3	66.4	71.6	79.0	13.2	16.8	39.5
Kawachi bankan	100.5	129.5	118.0	111.8	95.4	111.0	13.7	12.3	55.5
Lettuce	51.5	67.0	70.8	89.2	69.0	69.5	13.4	19.3	34.8
Plum	52.5	35.8	114.5	24.2	68.1	59.0	35.2	59.6	29.5
Propineb	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	137.2	169.1	131.4	182.3	150.8	154.2	21.4	13.9	77.1
Cucumber	104.5	131.0	124.0	104.9	137.8	120.4	15.2	12.6	60.2
Leek	101.2	108.4	112.2	146.8	134.3	120.6	19.2	15.9	60.3
Kiyomi	106.7	128.2	133.8	160.7	129.3	131.7	19.3	14.6	65.9
Banana	137.0	146.0	175.8	107.9	166.4	146.6	26.6	18.2	73.3
Green pepper	133.9	117.1	136.4	159.6	159.2	141.2	18.2	12.9	70.6
Apple	133.1	167.0	155.0	153.3	112.7	144.2	21.4	14.9	72.1
Carrot	160.6	182.1	122.6	151.7	152.2	153.8	21.4	13.9	76.9
Loquat	107.1	112.3	111.6	125.2	107.6	112.8	7.3	6.5	56.4
Kawachi bankan	106.3	110.6	138.5	155.4	154.6	133.1	23.5	17.7	66.5
Lettuce	129.0	159.6	112.7	143.7	127.4	134.5	17.8	13.3	67.2
Plum	48.9	72.4	60.9	55.0	72.9	62.0	10.6	17.1	31.0
Thiuram	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	244.6	297.5	297.7	348.8	332.1	304.1	40.0	13.2	76.0
Cucumber	279.8	227.9	179.5	207.9	199.8	219.0	38.2	17.4	54.7
Leek	331.6	247.0	226.5	258.6	221.0	256.9	44.4	17.3	64.2
Kiyomi	269.0	188.0	287.0	204.4	223.6	234.4	42.2	18.0	58.6
Banana	350.9	284.6	278.0	232.4	305.6	290.3	43.1	14.9	72.6
Green pepper	241.7	213.7	281.5	310.3	259.2	261.3	37.0	14.1	65.3
Apple	297.2	231.0	280.5	333.5	214.4	271.3	48.7	17.9	67.8
Carrot	129.6	166.6	195.7	164.3	186.7	168.6	25.5	15.1	42.1
Loquat	176.3	191.5	227.7	254.4	282.5	226.5	43.8	19.3	56.6
Kawachi bankan	236.5	156.0	195.0	182.7	228.3	199.7	33.1	16.6	49.9
Lettuce	253.8	238.2	215.5	227.7	225.9	232.2	14.5	6.2	58.1
Plum	267.4	256.3	259.1	198.7	181.4	232.6	39.5	17.0	58.1

(様式5) (Style5)

各ジチオカルバメート系農薬のPLS定量モデルではジチオカルバメート系農薬が複数混在すると正確に定量できなくなることが示唆された。しかしジチオカルバメート系農薬はその合算で基準値が定められており、さらに過去、混合された農薬の販売をされていたため複数混在された状態で定量ができる必要がある。その解決法としてジチオカルバメート系農薬の総量評価用のPLS定量モデルを作成し検討を行った。試料種としてはトマトおよび清見の2種での検討ではあるが、国内販売されているジチオカルバメート系農薬を4種混在させ分析し、新たに作成したジチオカルバメート系農薬総量評価用のPLS定量モデルを用いることで定量が可能であることが確認できた (Table 2)。

Table 2 Measurement results of four mix dithiocarbamate pesticides on sample

	PLS model value (CS ₂ µg)							Theoretical		
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Ave.	SD	CV (%)	Value (CS ₂ µg)	Recovery (%)
Tomato	118.7	145.4	103.8	125.8	146.6	128.1	18.2	14.2	143.1	89.6
Kiyomi	132.9	98.2	102.5	133.6	115.1	116.5	16.5	14.2	143.1	81.4

ジチオカルバメート系農薬以外への本法の適用についても検討を行った。スピロジクロフェン、クロルフェナピル、シエノピラフェンについて検討を行い、直線性のあるPLS定量モデル (検量線) が作成でき、検出下限値も各農薬の残留農薬基準値に対して十分に低い値がえられた。実試料での試験として柑橘 (清見, 河内晩柑) 類を用いて確認を行い、60 ~ 80%と比較的良好な回収率が得られ、ジチオカルバメート系農薬以外への本法の適用も可能であった (Table 3)。

Table 3 Measurement results of Spirodiclofen, Chlorfenapyr and Cyenopyrafen pesticides on sample

	PLS model value(µg)							CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Ave.	SD		
Spirodiclofen									
Kiyomi	67.1	78.8	94.8	85.9	96.7	83.8	5.5	6.5	83.8
Kawachi bankan	60.0	69.8	63.6	59.1	55.2	61.5	5.5	8.9	61.5

	PLS model value(µg)							CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Ave.	SD		
Chlorfenapyr									
Kiyomi	78.5	72.1	84.7	80.9	81.0	79.4	4.7	5.9	79.4
Kawachi bankan	55.6	56.1	61.5	70.6	80.8	64.9	10.7	16.6	64.9

	PLS model value(µg)							CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Ave.	SD		
Cyenopyrafen									
Kiyomi	69.7	77.6	105.0	80.4	77.2	82.0	13.5	16.4	82.0
Kawachi bankan	71.7	77.0	53.9	59.1	65.6	65.5	9.3	14.2	65.5

以上よりFT-IR (透過法) でろ過濃縮を用いる事により残留農薬を非常に簡単・迅速に測定ができることが確認できた。

くろ過濃縮測定法（マイクロファイバによる拭取）＞

界面活性剤を浸漬したトレシーMKを用いて国内販売されているジチオカルバメート系農薬（マンゼブ、ジラム、プロピネブ、チウラム）の検討をトマト等6種の農作物にて行った結果、マンゼブについては水溶性繊維を用いたろ過濃縮法よりも良好な結果が得られ、ジラムおよびプロピネブに関してはほぼ同等な結果が得られた。チウラムについてはろ過濃縮時にはPTFEフィルタ上に残留しているものの、拭取り材であるマイクロファイバの素材（ポリエステル）のスペクトルが観測され、チウラムと非常に近い部分にピークが検出される為、測定ができなかった。ジチオカルバメート系農薬を測定する上で、マイクロファイバを利用したろ過濃縮法における大きな課題となった（Table 4）。

Table 4 Measurement results of dithiocarbamate pesticides on sample

Mancozeb	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	98.1	96.1	106.5	95.8	89.3	97.1	6.2	6.4	97.1
Cucumber	81.0	80.9	87.3	69.7	128.4	89.4	22.7	25.3	89.4
Citrus unshu	104.3	83.4	96.1	98.3	97.7	96.0	7.7	8.0	96.0
Green pepper	77.5	51.1	52.7	78.8	59.9	64.0	13.3	20.9	64.0
Apple	51.8	65.6	83.4	96.0	114.8	82.3	24.8	30.1	82.3
Carrot	58.1	51.9	58.8	58.0	48.4	55.0	4.7	8.5	55.0
Ziram	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	55.9	49.7	33.6	51.7	41.2	46.4	8.9	19.3	46.4
Cucumber	47.9	58.2	59.1	37.0	54.5	51.3	9.2	17.9	51.3
Citrus unshu	53.2	64.8	68.0	55.3	77.4	63.7	9.9	15.5	56.7
Green pepper	55.2	45.2	54.6	33.5	50.0	47.7	8.9	18.7	47.7
Apple	41.7	58.6	36.3	40.2	39.8	43.3	8.8	20.3	43.3
Carrot	46.5	35.0	43.2	38.6	35.1	39.7	5.1	12.8	39.7
Propineb	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	70.8	64.8	74.1	60.3	69.4	67.9	5.4	7.9	67.9
Cucumber	68.3	76.0	69.1	80.2	63.2	71.4	6.7	9.4	71.4
Citrus unshu	66.3	70.1	64.8	61.5	99.2	72.4	15.3	21.1	72.4
Green pepper	66.5	61.0	55.9	65.2	52.7	60.3	5.9	9.8	60.3
Apple	95.4	63.6	69.8	62.4	74.4	73.1	13.3	18.3	73.1
Carrot	77.6	68.4	59.9	59.6	66.5	66.4	7.4	11.1	66.4
Thiuram	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Tomato	57.9	49.9	25.9	157.5	97.5	77.7	51.5	66.3	19.4
Cucumber	-215.2	-123.7	47.3	-52.6	65.2	-81.9	96.6	-118.0	-20.5
Citrus unshu	-29.7	19.0	48.2	1.6	-29.2	2.0	33.2	1671.1	0.5
Green pepper	-8.6	47.6	-30.1	-207.9	-115.9	-63.0	100.1	-158.9	-15.7
Apple	205.9	236.8	194.0	190.6	271.5	219.7	34.2	15.6	54.9
Carrot	82.4	-19.3	-26.8	-26.6	20.6	6.1	47.0	775.1	1.5

クロルフェナピル、スピロジクロフェン、シエノピラフェンについても柑橘類を用いて検討を行い、水溶性繊維を使った方法と比較して大きいばらつき傾向を示したが、迅速・簡易分析法として考えれば許容範囲内と考えられるため、マイクロファイバを用いたろ過濃縮法でも分析が可能であることが確認できた（Table 5）。

Table 5 Measurement results of Spirodiclofen, Chlorfenapyr and Cyenopyrafen pesticides on Citrus unshu

Citrus unshu	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Spirodiclofen	62.3	69.0	67.2	83.1	72.0	70.7	7.8	11.0	70.7
Chlorfenapyr	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Chlorfenapyr	52.4	53.0	59.3	52.1	54.9	54.3	3.0	5.5	54.3
Cyenopyrafen	PLS model value (μg)					Ave.	SD	CV (%)	Recovery (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5				
Cyenopyrafen	72.2	77.8	78.6	98.1	76.2	80.6	10.1	12.5	80.6

(様式5) (Style5)

また加熱工程があるとFT-IRスペクトル強度が減少するアゾキシストロビンについては加熱をせずマイクロファイバを用いて拭取り後、ろ過濃縮を行うことで分析が可能であることを確認できた。

ジチオカルバメート系農薬の一部が測定できなかったがマイクロファイバを用いたろ過濃縮測定法により残留農薬の測定が可能であることが確認できた。加熱工程が不要となりながらも、多くの農薬で水溶性繊維により拭取りをするろ過濃縮測定法と同等の分析時間で分析が可能となった。

<実試料を用いたろ過濃縮測定法妥当性確認>

実際に栽培されている圃場にて散布されたマンゼブを3種類の拭取り方法（水溶性繊維、マイクロファイバ①（治具：ガラス棒）、マイクロファイバ②（治具：スワブ））を用いたろ過濃縮法にて測定を行った。圃場からの試料採取は'17/11/15、'17/11/20、'17/11/30の3回行った。結果をTable 6に示す。水溶性繊維（PVA）を用いた測定においてはHPLCにて行った機器分析での結果に対して偏差が大きくなった。マイクロファイバ（トレシーMK）を用いた測定では機器分析との数値比較でも良好な結果が得られ、また個々の分析値のばらつきも小さく、柑橘類に対するマンゼブの分析には実用可能なレベルになっていると思われる。新しい拭取り治具であるスワブでの分析については、予備試験での一部拭取りでは良好な結果が得られたものの、試料全体を拭取ると回収率が低くなった。拭取り材に用いているマイクロファイバの種類や界面活性剤の処理などは問題ないと思われるので拭取り材の面積が影響していると考えられた。

Table 6 Measurement results of mancozeb on sample sprayed with agricultural chemicals and test cultivated

		Conc. (CS ₂ mg/kg)				Recovery (%)	Reference (by HPLC) (CS ₂ mg/kg)
		No1	No2	No3	Ave.		
Sample① '17/11/15	PVA	0.47	0.25	0.33	0.35	35.1	1.0
	Traysee MK	0.86	0.69	0.63	0.72	72.5	
	Swab (Traysee MK)	0.31	0.46	0.18	0.32	31.7	
Sample② '17/11/20	PVA	0.92	1.19	1.04	1.05	104.7	1.0
	Traysee MK	0.37	0.49	0.70	0.52	51.9	
	Swab (Traysee MK)	0.26	0.64	0.46	0.45	45.3	
Sample③ '17/11/30	PVA	0.80	0.35	0.69	0.61	36.0	1.7
	Traysee MK	0.98	0.52	1.17	0.89	52.4	
	Swab (Traysee MK)	0.74	0.58	0.55	0.63	36.8	

今回の測定値のばらつきについては、測定方法の違いによるばらつきのほかに測定に用いた作物個体ごとの展着量の差の問題も考えられるため、さらに多くの検体で検討を行い、どこに問題があるか確認を行う必要があると考えられた。

各方法ともに実験室内で展着するモデル試験よりも回収率は低いものがあるものの、実際の運用前に、複数の作物の分析を行い得られた平均回収率から係数を算出し、定量モデルの定量値に反映させることで基準値判定への利用が可能ではないかと考えられた。

また本法は1個体ずつの分析をすることになるので、圃場全体の濃度をあらわすのには適当ではないと思われる。そこで圃場全体を把握するためには、複数個の分析を実施し、平均化することが有効であると考えられた。

<その他のFT-IRを用いた簡易迅速測定予備的検討>
予備試験的に2つの検討を行った。

遠心分離機を用いたろ過濃縮法については2種類の農薬を用いて検討を行った。遠心分離機を使用した方法を用いると非常に均一なろ過面を作ることができ、FT-IR透過法にて測定するのに適していることが確認できた。定量値については吸引ろ過法により作成した定量モデルを用い、ろ過面積の比率を考慮して算出したところ、マンゼブ500 μg を分析したときの定量値は519.4 μg 、フルベンジアミド500 μg 分析時の定量値は430.5 μg となり添加量の $\pm 20\%$ 以内となりある程度定量が可能であると推察された。

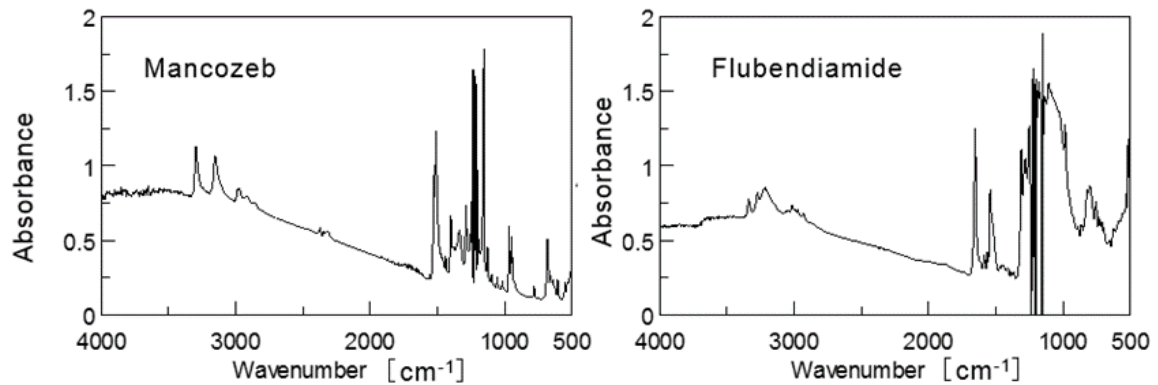


Fig. 4 FT-IR spectrum of mancozeb and flubendiamide by centrifugation method

遠心分離を用いるろ過濃縮法は吸引ろ過と同じろ過濃縮法であるが要求される感度に応じてどちらかを使い分けをする等FT-IRを使った迅速簡易測定法の幅が広がることになると考えられる。今後、遠心分離機を用いた方法によるPLS定量モデルの作成等も行い、また検出下限値等の算出も行うことで実用化へ向けて研究を続ける。

粒状試料におけるFT-IRを用いた簡易迅速測定については、試料を量り取りNaCl水溶液内で短時間振とうさせるという非常に簡単な工程からろ過濃縮、FT-IR測定を行うだけで約60%の回収率を得ることができ、基準値の半分程度のマンゼブの有無の確認が可能であった。

今回検討に用いた粒コショウのような試料においては、振とうにより作物表面が剥離し、その影響によりFT-IRスペクトルのベースラインの上昇、ならびに妨害ピークが確認された (Fig. 5)。

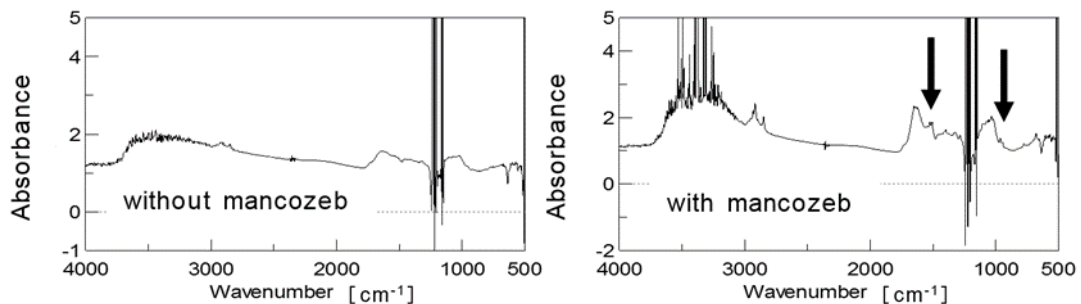


Fig. 5 FT-IR Spectrum of Grain pepper without mancozeb and with mancozeb

今回はマンゼブの定量には影響はなかったものの、他の農薬への応用を考えると何らかの対策（プレフィルタの装着等）が必要と思われる、今後の課題としていきたい。

このように本研究で開発したFT-IRを用いる迅速・簡易測定法は栽培・流通・販売現場に近いところで基準値判定の測定が可能である技術である。また拭取りや濃縮の方法や組合せによっても未だ発展性を含み、これからの研究で残留農薬に限らず、栄養成分や微量機能性成分の測定などさらなる発展が期待できる技術であると確信している。

(様式 5) (Style5)

(注) 要約の文量は、学位論文の文量の約 10分の1として下さい。図表や写真を含めても構いません。

(Note) The Summary should be about 10% of the entire dissertation and may include illustrations