

# 5-1303: 日本型農業環境条件における 土壌くん蒸剤のリスク削減と管理技術の開発

(平成25～27年度)

累積予算額: 107,104,000円

研究課題代表者: 小原 裕三

国立研究開発法人 農業環境技術研究所  
有機化学物質研究領域



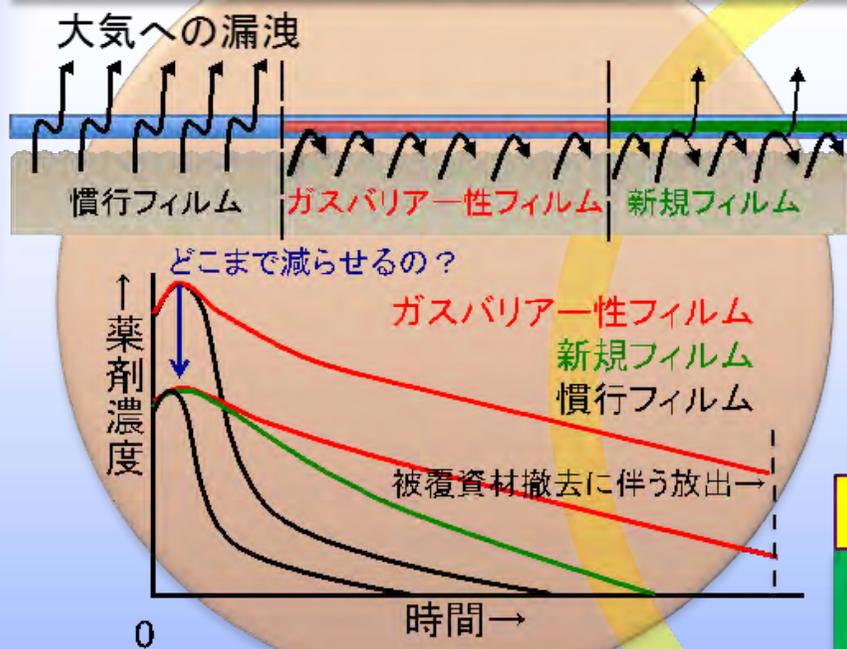
# 研究体制

- (1) 土壌くん蒸剤の化学的分解促進技術の開発と土壌中ガス濃度の評価に関する研究  
国立研究開発法人 農業環境技術研究所 (小原 裕三)
- (2) 土壌微生物学的な観点からの土壌くん蒸管理技術の高度化とリスク削減に関する研究  
公益財団法人 園芸植物育種研究所 (門馬 法明)
- (3) 千葉県露地畑における土壌くん蒸剤のリスク削減技術の現地実証に関する研究  
千葉県農林総合研究センター (山本 幸洋、横山 とも子、原田 浩司、武田 藍、  
國友 映理子)
- (4) 徳島県砂地畑における土壌くん蒸剤のリスク削減技術の現地実証に関する研究  
徳島県立農林水産総合技術支援センター (田中 昭人、米本 謙悟、村井 恒治、  
三宅 圭、大黒 香奈美)
- (5) 高知県施設栽培における土壌くん蒸剤のリスク削減技術の現地実証に関する研究  
高知県農業技術センター (市原 勝、野村 誠、島本 文子、安岡 由紀、佐藤 敦彦、  
清遠 亜沙子)
- (6) シミュレーション手法を用いた土壌くん蒸剤の大気中における動態把握とリスク削減技  
術の適用評価に関する研究  
株式会社数理計画 (小泉 正明、塩見 崇史)

# 研究体制

## 基盤研究

- ・化学的分解促進技術の開発と土壌中ガス濃度の評価(農環研)
- ・土壌微生物学的な観点からの管理技術の高度化とリスク削減(園芸植物育種研)



\* 日本型農業環境条件における土壌くん蒸剤のリスク削減・管理技術の項目について評価する(暫定試案)

## 現地適用・実証研究

- 土壌くん蒸剤のリスク削減技術の現地実証・評価
- ・露地畑(千葉県農林総合研究センター)
- ・砂地畑(徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- ・施設栽培(高知県農業技術センター)
- ・土壌くん蒸剤圃場周辺の大気中くん蒸剤モニタリング

・現場ニーズに合った新規ガスバリアー性フィルムの開発  
研究協力機関:

- ・被覆資材下、土壌中での化学的分解促進技術の適用(チオ硫酸塩などの適用)
- ・土壌病原菌の防除へ必要な暴露条件の評価(濃度、時間、温度など)

## 有効性評価研究

・シミュレーション手法を用いた大気中における動態把握とリスク削減技術の適用評価((株)数理計画)

- ・土壌くん蒸剤隣接住民の暴露評価: 大気拡散モデル(DiMCFD)
  - ・園芸地域住民の暴露評価: パフモデル(CALPUFF)
- 「US EPAのREDを参照」

# 研究開発目的：国際的な観点から 土壌くん蒸における日本と欧米等との比較

## 日本

- ・農家自身による処理
- ・緩衝帯(バッファゾーン)の規制なし  
(大気環境中の実態評価事例ほとんどない)

## 米国(US EPAによる規制)

- ・ライセンスを取得した土壌くん蒸請負業者のみ
- ・緩衝帯の義務付け  
(通常:300feet=90.9m  
ダゾメットの場合 500feet=151.5m)  
\* 緩衝帯の緩和措置あり

◎カリフォルニア州では、D-DをCAP制により総量規制  
40,936kg/93.2km<sup>2</sup> (90,250pound/36mil<sup>2</sup>) township

欧州(EU)・・・既にD-D使用禁止  
クロルピクリン2012年12月31日全廃

⇒ 土耕から水耕(人工培土)へ

中華人民共和国:クロルピクリン⇒土壌くん蒸請負業者のみ

日本においても、今後何らかの対策が必要！

# 大気中土壌くん蒸剤の目標とする大気中濃度

提案時「有機化学物質の緊急時モニタリング実施指針(第一版)」

⇒US EPAもしくはCalifornia DPRの評価値

クロルピクリン : 73 ppb (0.49 mg/m<sup>3</sup>, 25°C, 1atm) as 8-hr average

Human sensory irritation study with a bench mark concentration level (BMCL<sub>10</sub>)

☆ACGIH TLV: 0.1 ppm (0.67 mg/m<sup>3</sup>) TWA

1,3-dichloropropene : ≤0.14 ppb (0.63 μg/m<sup>3</sup>) 2011

\*California DPR cancer risk goal as a lifetime average

Draft DPR reference 2015

Acute (3 days) 110 ppb (495 μg/m<sup>3</sup>)

Seasonal (3 months) 2 ppb (9 μg/m<sup>3</sup>)

Lifetime (70 years) 0.56 ppb (2.5 μg/m<sup>3</sup>)

☆ACGIH TLV: 1ppm (4.5 mg/m<sup>3</sup>) TWA

MITC : 22 ppb (66 μg/m<sup>3</sup>) (a 1 to 8 hour time period for non-occupational (residential) bystanders and occupational handlers)

Acute inhalation exposure, eye irritation, systemic, or respiratory effects



**(3) 千葉県: 黒ボク土露地畑**  
スイカ: クロルピクリン、1,3-D

**(4) 徳島県: 砂地露地畑**  
サツマイモ: クロルピクリン

**(5) 高知県: 施設**  
ニラ: MITC



クロルピクリンのマルチ畦内処理



大型トンネルの設置状況



散布器による散布



ロータリーによる土壌混和



フィルムによる被覆

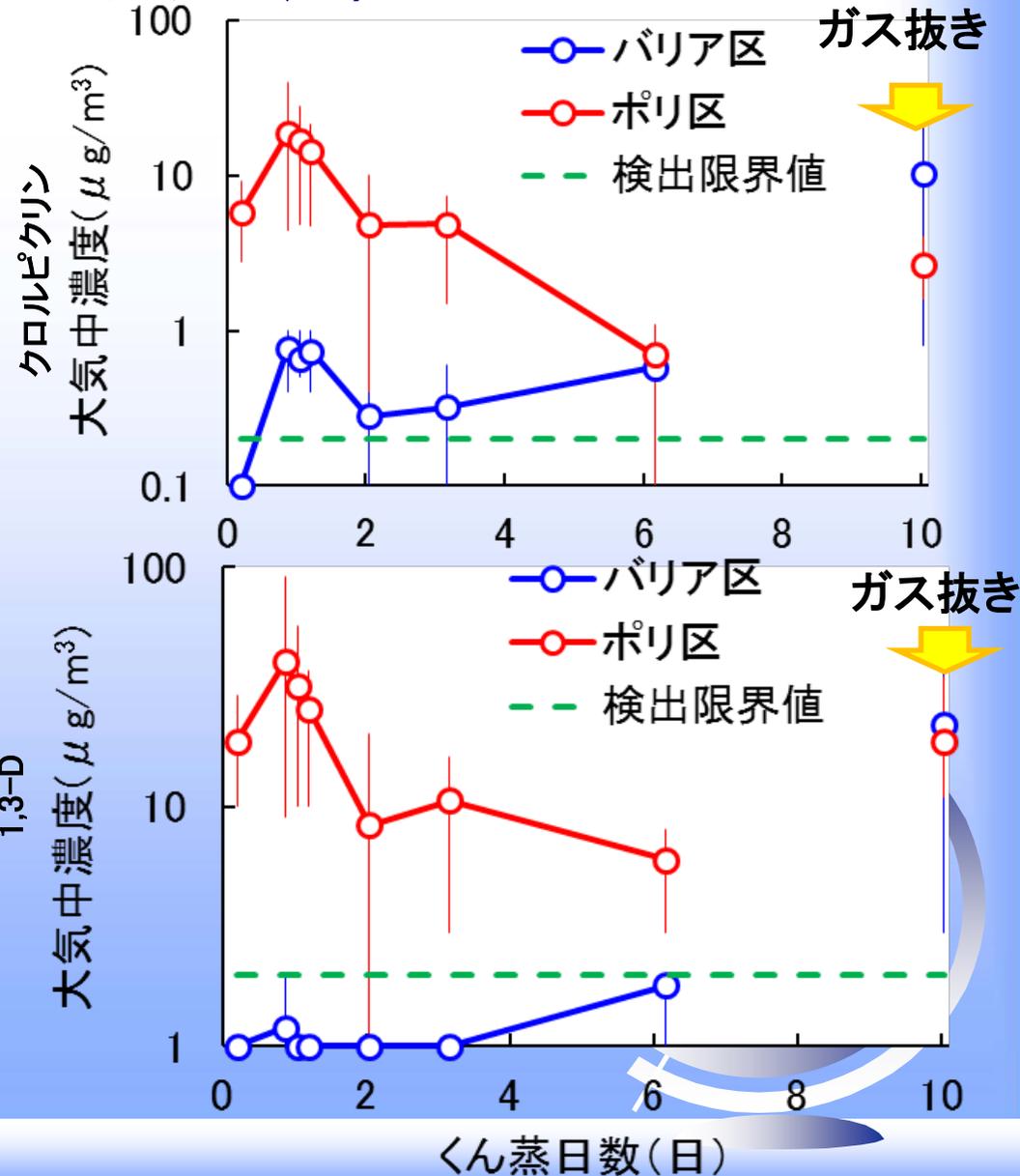
# 本研究試験に供したガスバリアー性フィルムと慣行フィルム

	商品名	色	厚さ(mm)		幅 (cm)	バリアー層	繰り返し利用	畔内処理	全面くん蒸	カット・貼 り合わせ 等の加工	参考価格 (円/本)	参考価格 (円/m <sup>2</sup> )
			平均	CV(%)								
1	ハイバリアー(旧)	黒	0.020	10.0		EVOH	—	○	—	○	10,500 26,250	25
2	ハイバリアー(新)	黒	0.020	5.9	95、135、150、 180、210、270、 300、420、600	EVOH	—	○	—	○	10,500 26,250	25
3	ハイバリアー	透明	0.020	5.4		EVOH	—	○	—	○	10,500 26,250	25
4	ソアノール	黒	0.031	3.9		EVOH	—	○	—	?	—	—
5	ソアノール	透明	0.029	5.9		EVOH	—	○	—	?	—	—
6	ソアノール	透明	0.052	3.6		EVOH	○	—	○	?	—	—
7	T	黒	0.022	6.0		EVOH	—	○	—	?	—	—
8	バリアースター	透明	0.046	5.3	300、420、460、 600、700	EVOH alloy	○	—	○	○	18,400	80
9	グランドキング5	透明	0.072	7.0	原反600 加工品230 800	EVOH	○	—	○	○	50,000 70,000	88 217 88
10	O	黒	0.022	6.4		PVA塗布	—	○	—	?	—	—
11	オークラFC50ノーポリ	黒	0.020	5.5		—	—	○	—	—	7,360	16
12	オークラFC50ノーポリ	透明	0.018	7.8		—	—	○	—	—	7,360	16
13	ノーポリ	グリーン	0.030		230	—	—	○	—	—	7,360	16
14	Orgalloy	透明	0.050	10.6		polyamide alloy	—	—	○	—	—	—



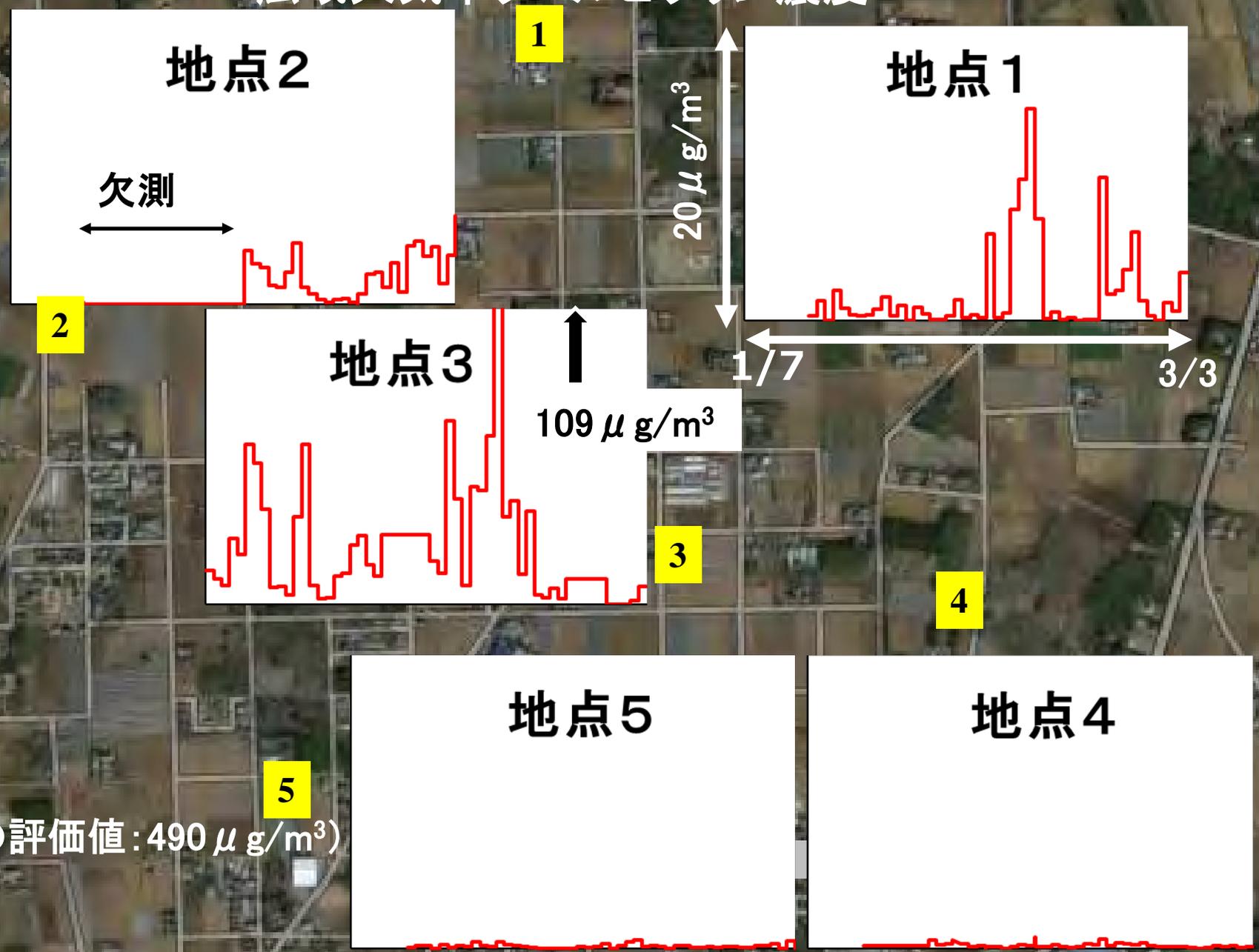
# (3) 千葉県：黒ボク土露地畑における実証研究 スイカ：クロルピクリン、1,3-D

黒ボク土露地畑における試験



(3) 千葉県：黒ボク土露地畑における実証研究：

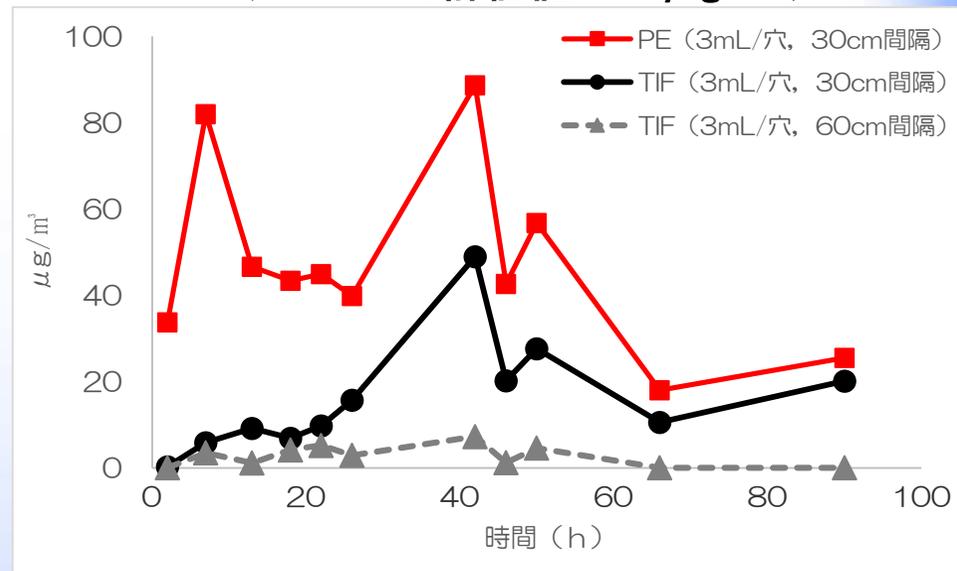
広域大気中クロルピクリン濃度



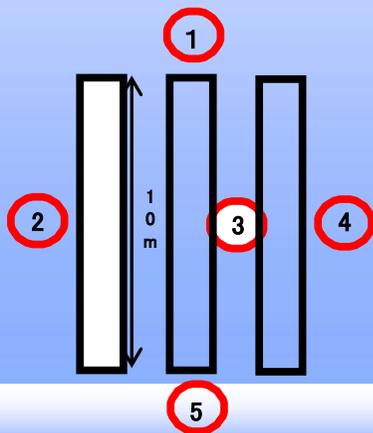
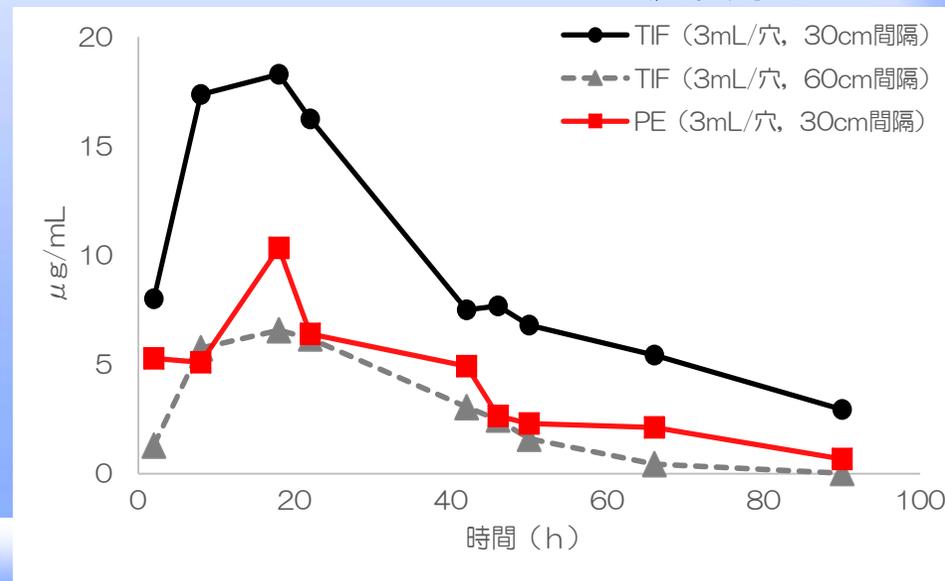
# (4) 徳島県：砂地露地畑における実証研究

## サツマイモ：クロルピクリン

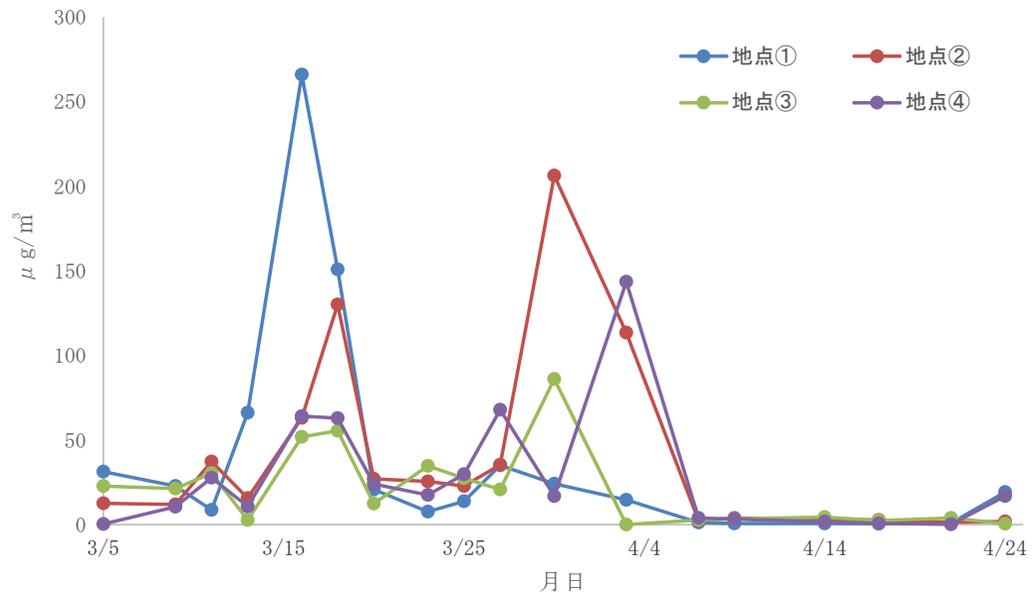
### 大気中のクロルピクリン濃度推移 (US EPAの評価値: $490 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### 畦内のクロルピクリン濃度推移



# (4)徳島県：砂地露地畑における実証研究 広域大気中クロルピクリン濃度



(US EPAの評価値: 490  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

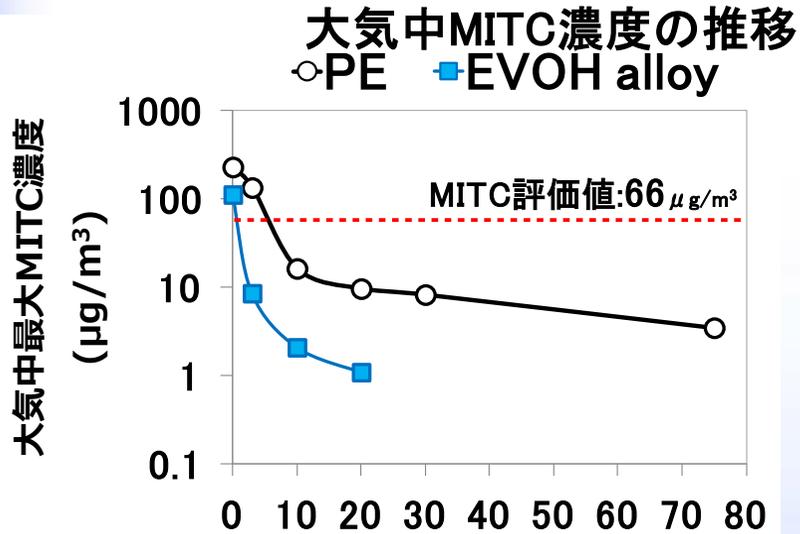


Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Image © 2016 TerraMetrics

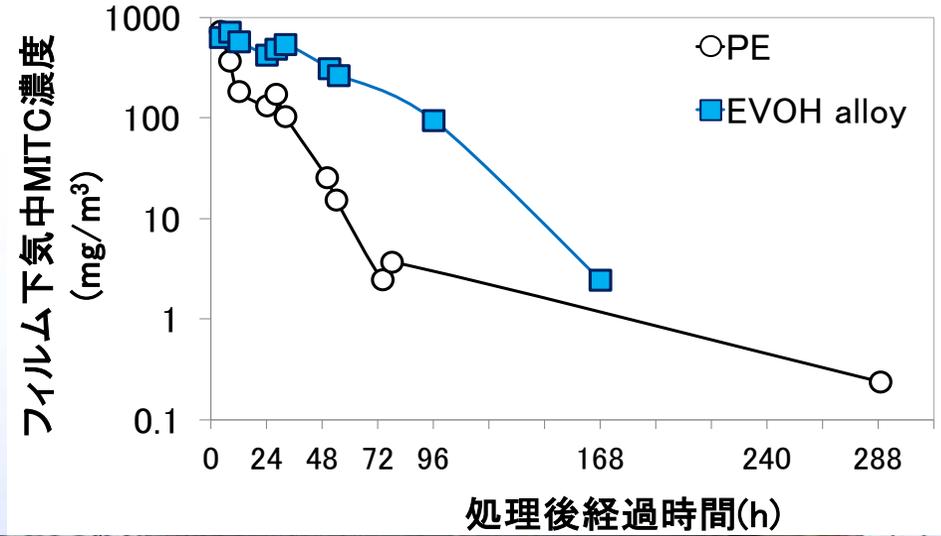


# (5) 高知県：施設における実証研究 ニラ：MITC

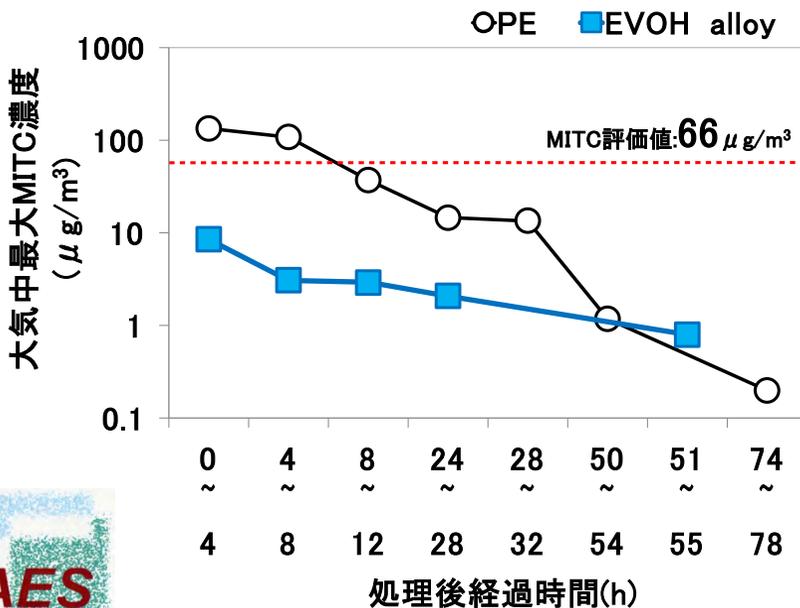
キルパー処理圃場周辺



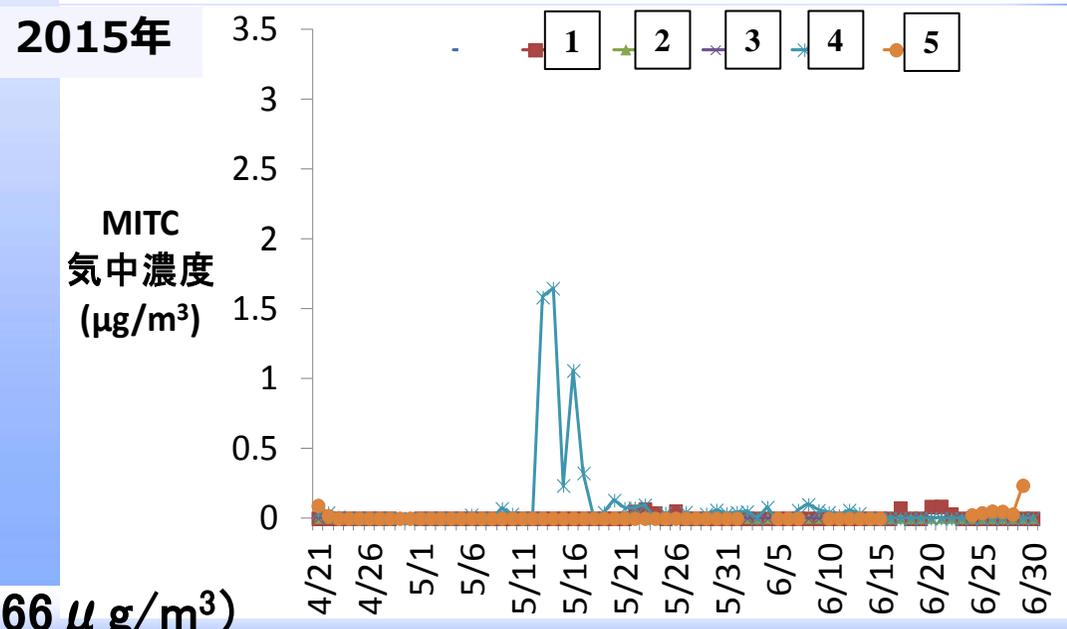
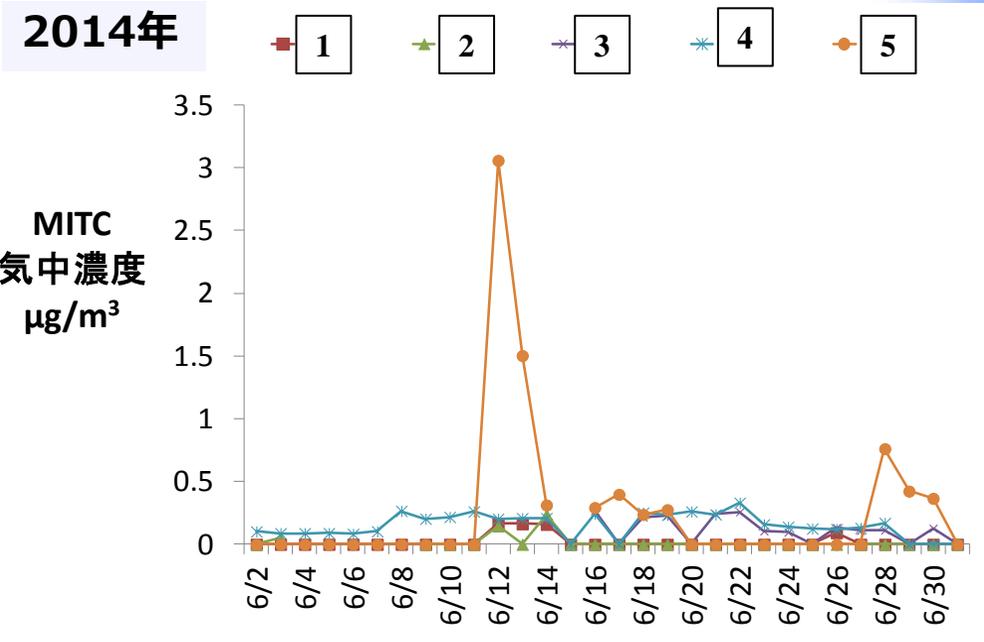
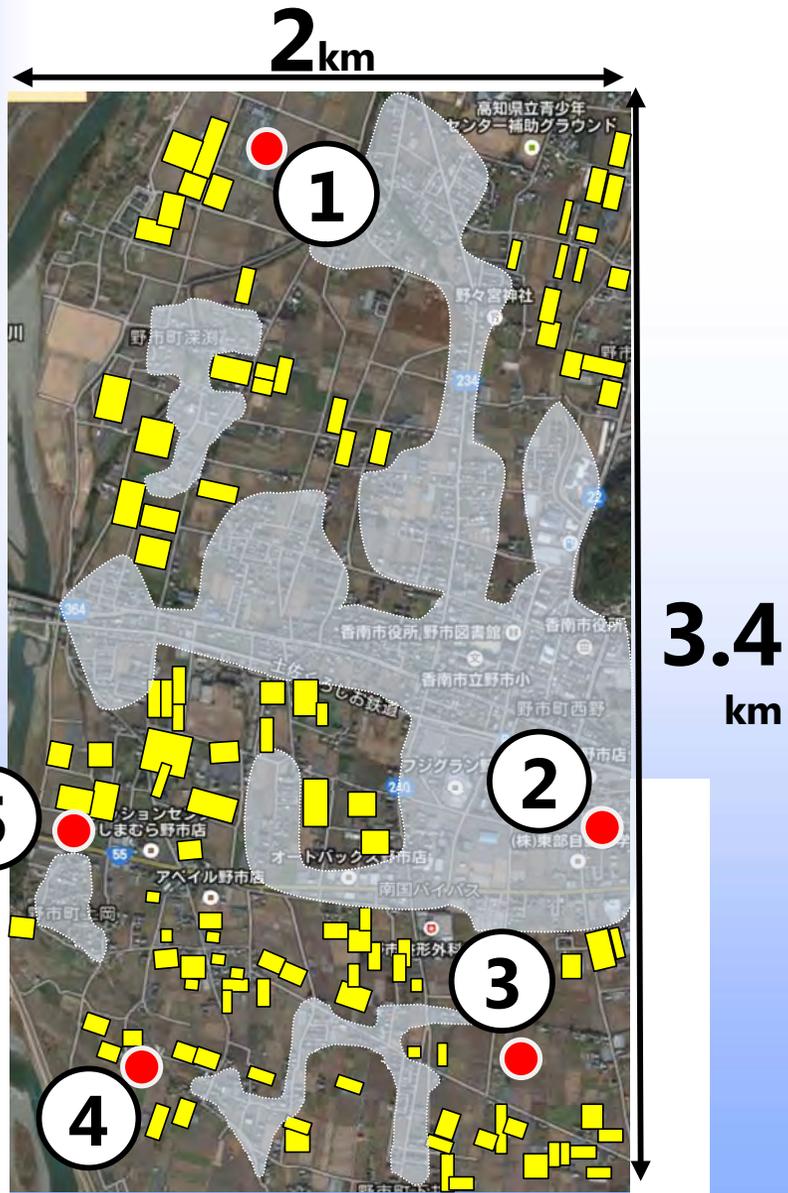
フィルム下気中MITC濃度の推移



処理施設周辺3m地点の大気中最大濃度



# (5) 高知県：施設栽培における実証研究： 広域大気中MITC濃度



(US EPAの評価値:  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )



# (1) 土壌くん蒸剤のフィルム透過性の評価事例

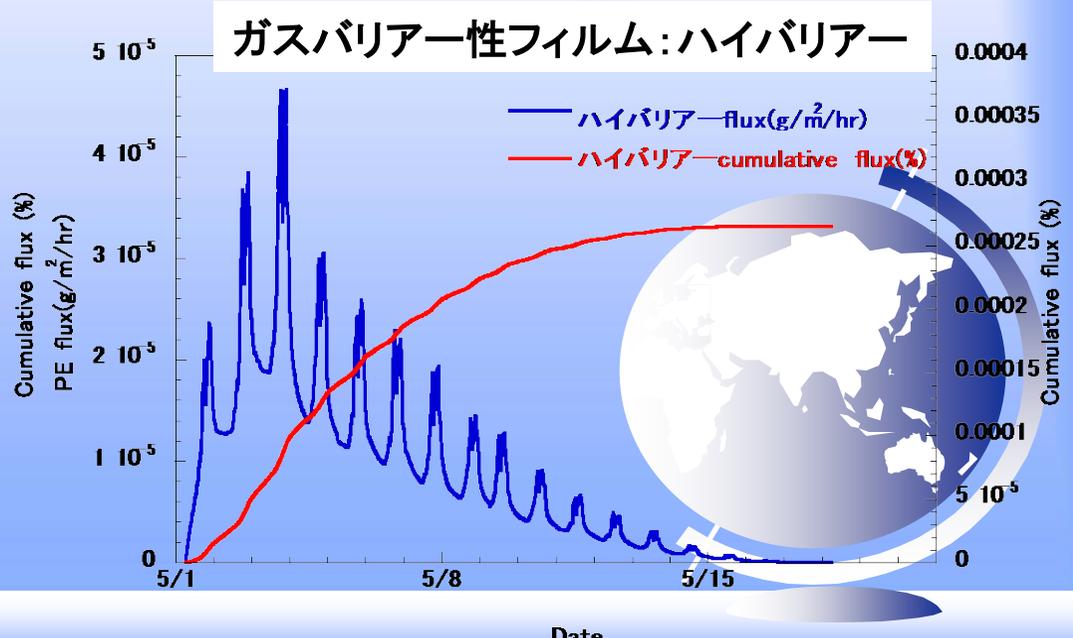
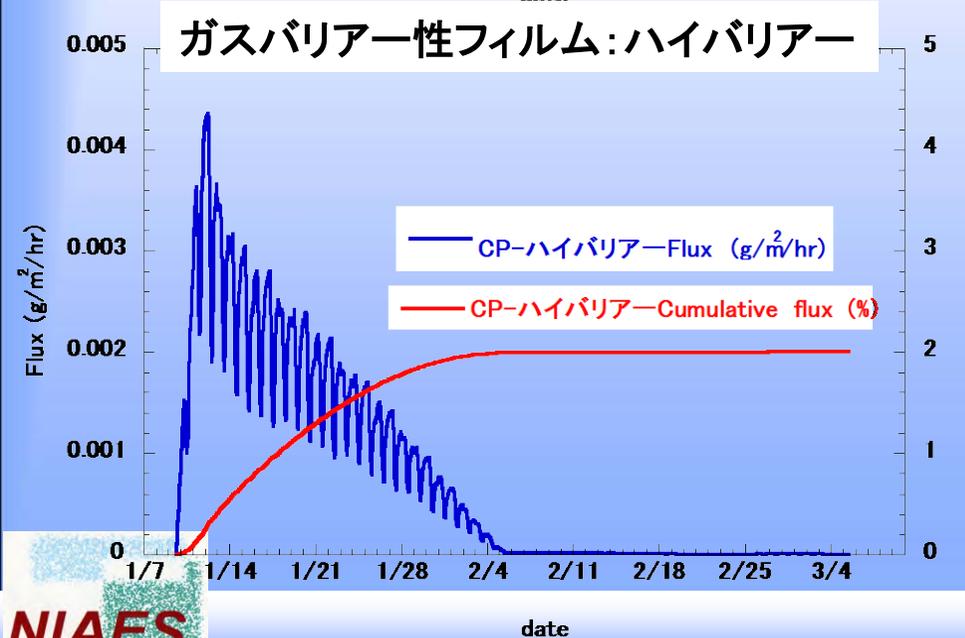
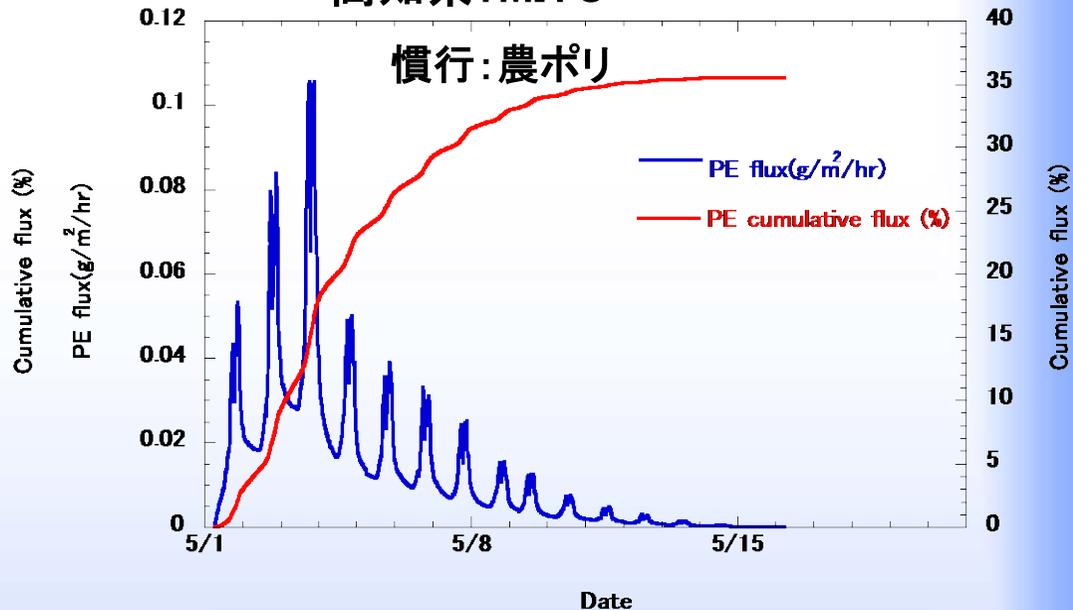
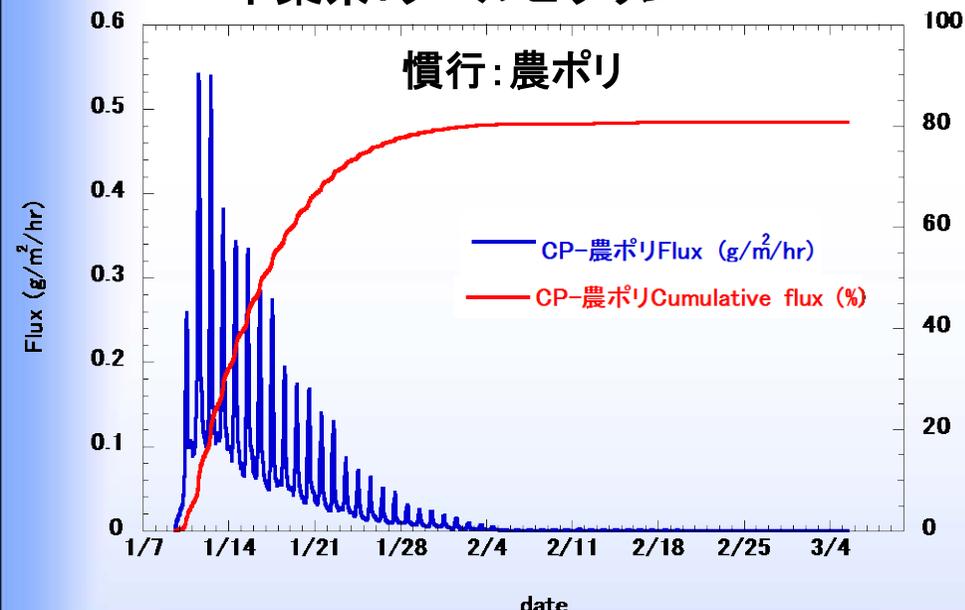
## 土壌くん蒸剤(クロルピクリン)の物質移動係数: $h$

		色	厚さ (mm)	バリアー層	40 °C		30 °C		20 °C	
					物質移動係数		物質移動係数		物質移動係数	
					(m/hr)		(m/hr)		(m/hr)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1	ハイバリアー(旧)	黒	0.02	EVOH	5.67E-04	1.29E-04	5.20E-04	1.50E-04	5.01E-04	8.76E-05
2	ハイバリアー(新)	黒	0.02	EVOH	5.89E-04	4.31E-04	6.94E-04	3.18E-04	5.35E-04	2.62E-04
3	ハイバリアー	透明	0.03	EVOH	6.36E-04	1.39E-04	7.36E-04	5.64E-05	9.11E-04	4.42E-04
4	ソアノール	黒	0.03	EVOH	9.02E-04	5.94E-04	1.04E-03	5.30E-04	7.52E-04	4.89E-04
5	ソアノール 30 $\mu$ m	透明	0.03	EVOH	7.67E-04	2.39E-04	4.78E-04	1.96E-04	5.65E-04	3.88E-04
6	ソアノール 50 $\mu$ m	透明	0.05	EVOH	9.65E-04	4.33E-04	1.24E-03	4.00E-04	9.74E-04	4.35E-04
7	T	黒	0.02	EVOH	8.80E-04	1.99E-04	8.98E-04	4.37E-04	4.04E-04	2.11E-04
8	バリアースター	透明	0.05	EVOH alloy	6.79E-02	7.44E-03	3.31E-02	3.97E-03	9.02E-03	1.75E-03
9	B	透明	0.03	EVOH	6.36E-04	1.02E-04	8.36E-04	1.91E-04	8.35E-04	3.19E-04
10	グランドキング5	透明	0.06	EVOH	7.34E-04	2.56E-04	9.11E-04	7.65E-04	4.90E-04	3.75E-04
11	O	黒	0.02	EVOH	1.91E-03	9.62E-04	1.30E-03	1.58E-03	8.28E-04	6.39E-04
12	農ポリ 20 $\mu$ m	黒	0.02	-	3.08E-01	1.92E-02	1.80E-01	9.92E-03	1.13E-01	3.19E-03
13	農ポリ 20 $\mu$ m	透明	0.02	-	2.53E-01	1.15E-02	1.63E-01	5.02E-03	1.13E-01	4.38E-03
14	農ポリ 50 $\mu$ m	透明	0.05	-	1.64E-01	2.00E-03	8.60E-02	2.24E-03	6.02E-02	4.62E-03
15	農ビ 50 $\mu$ m	透明	0.05	-	4.96E-01	6.56E-03	4.56E-01	1.12E-02	3.91E-01	2.10E-02
16	農ビ 100 $\mu$ m	透明	0.10	-	4.28E-01	1.79E-02	3.96E-01	3.10E-02	2.75E-01	9.81E-03
17	オルガロイ	透明	0.05	polyamide alloy	3.60E-04	3.67E-04	5.55E-04	4.34E-04	3.93E-04	3.13E-04

# (1) 標準的条件下での土壌くん蒸剤の大気移行フラックスの評価事例

千葉県: クロルピクリン

高知県: MITC



# (6) DiMCFD\*による土壌くん蒸処理畑周辺住民の(短期)曝露評価

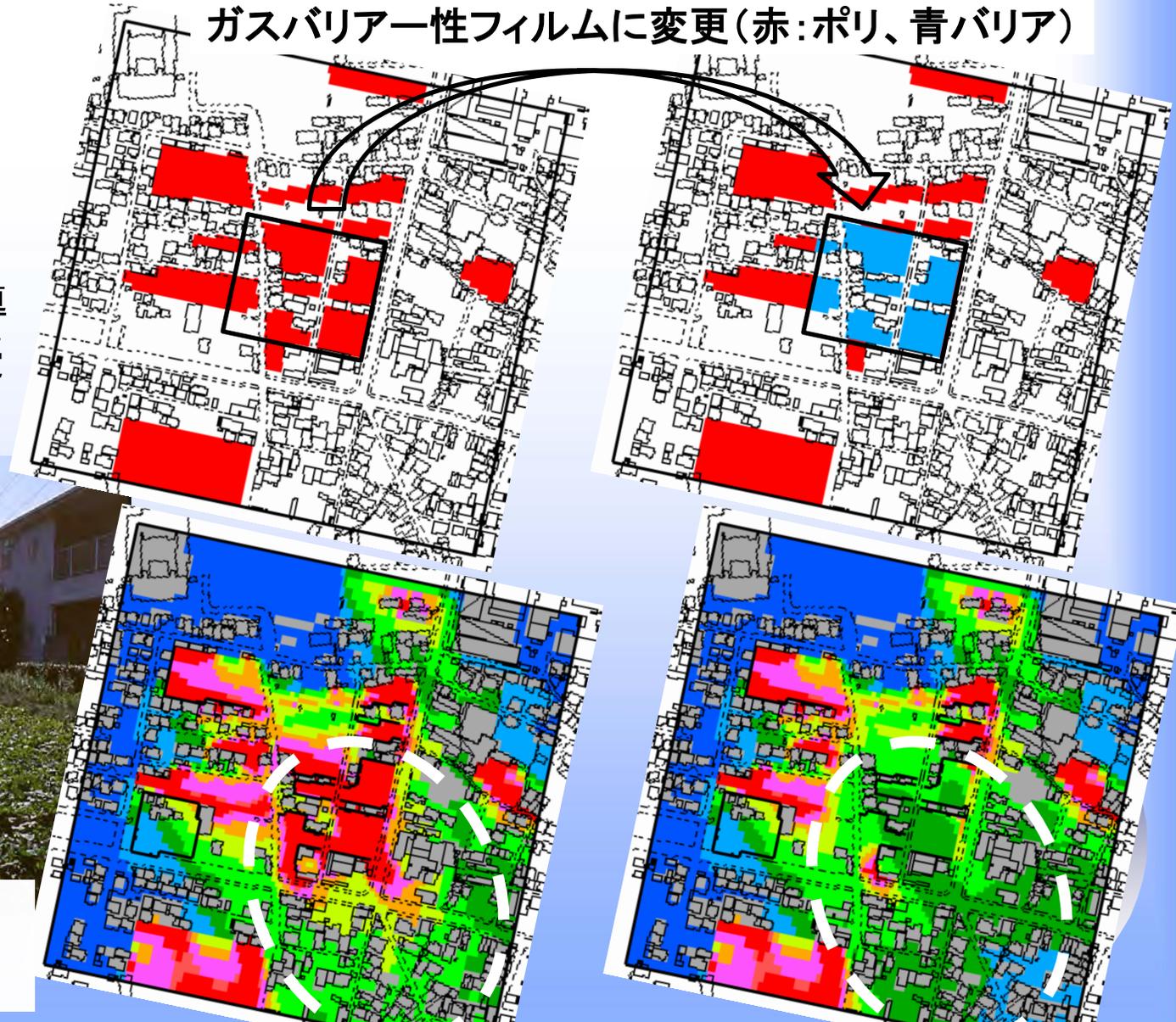
徳島県での事例について:

クロルピクリン

・土壌くん蒸剤の大気中濃度  
分布把握が可能

←見える化

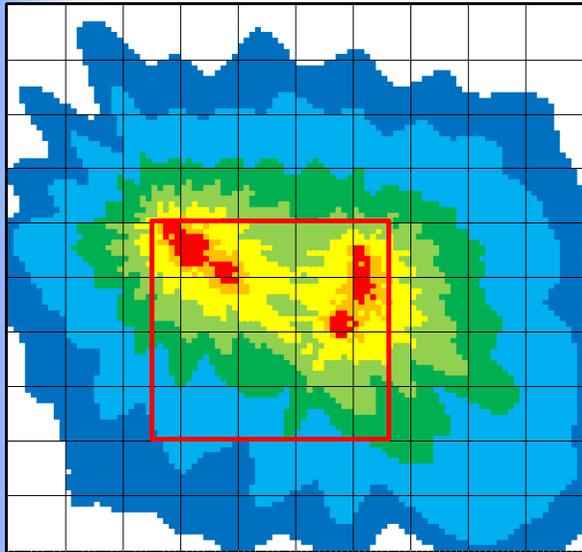
・ガスバリアー性フィルムの導入に関して、効果や圃場の優先度を具体的に例示可能



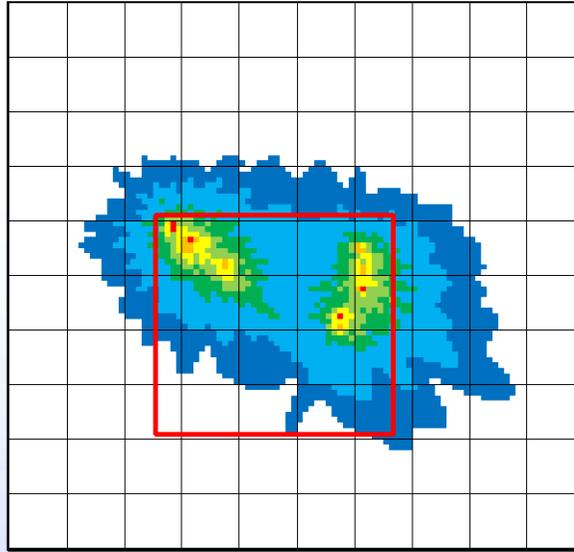
\*DiMCFD: Diffusion Model with Computational Fluid Dynamics  
(数値流体力学を用いた大気拡散モデル)

# (6) CALPUFFによる園芸地域住民の(長期)曝露評価

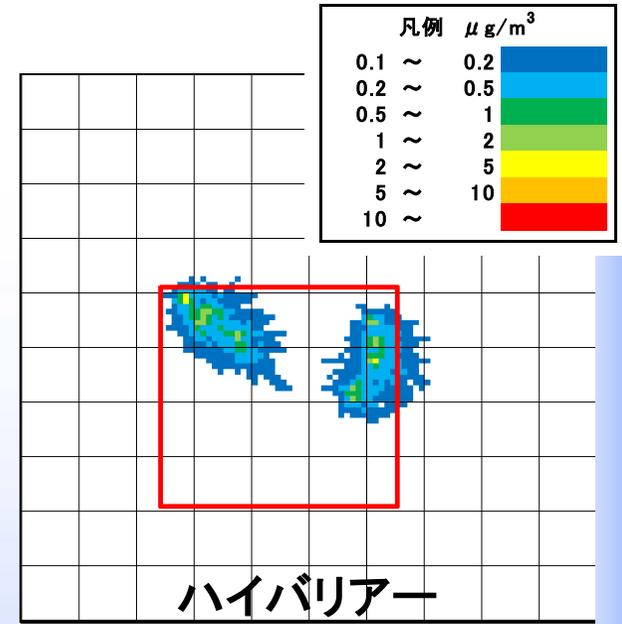
千葉県での事例について: クロルピクリン



慣行フィルム農ポリ



バリアスター



ハイバリアー

## 期間平均濃度と被覆資材による削減効果

対象	農ポリ ug/m <sup>3</sup>	バリアスター %	ハイバリア %
最高値	64.529	19.7%	4.3%
地域平均値	0.792	18.6%	3.7%
地点1	1.334	19.6%	4.0%
地点2	4.520	18.4%	3.8%
地点3	13.716	17.9%	3.1%
地点4	3.737	18.0%	3.9%
地点5	0.896	18.5%	4.0%

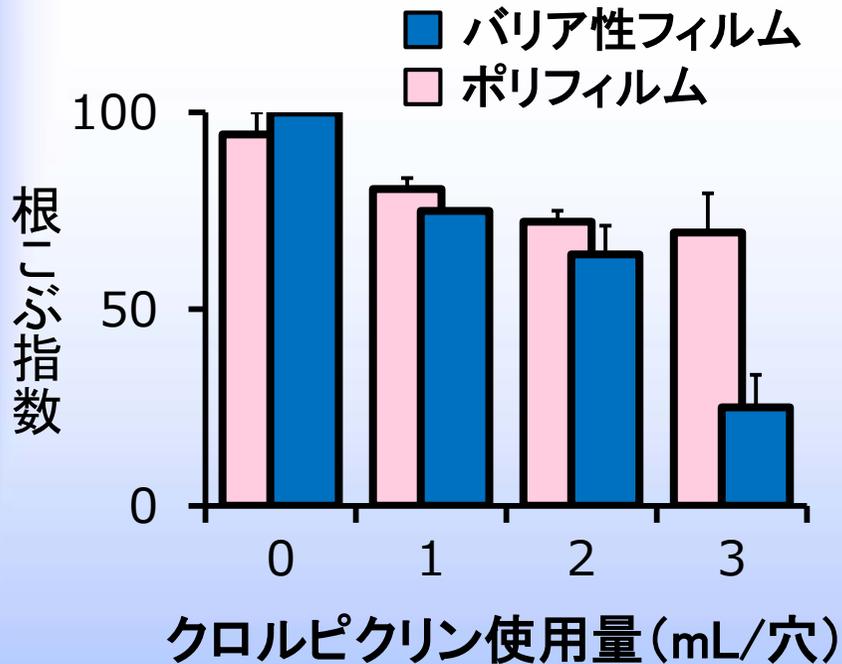


2.0km

- ・計算対象は5km四方、50mメッシュ
- ・評価対象期間: 1/28~2/25の29日間

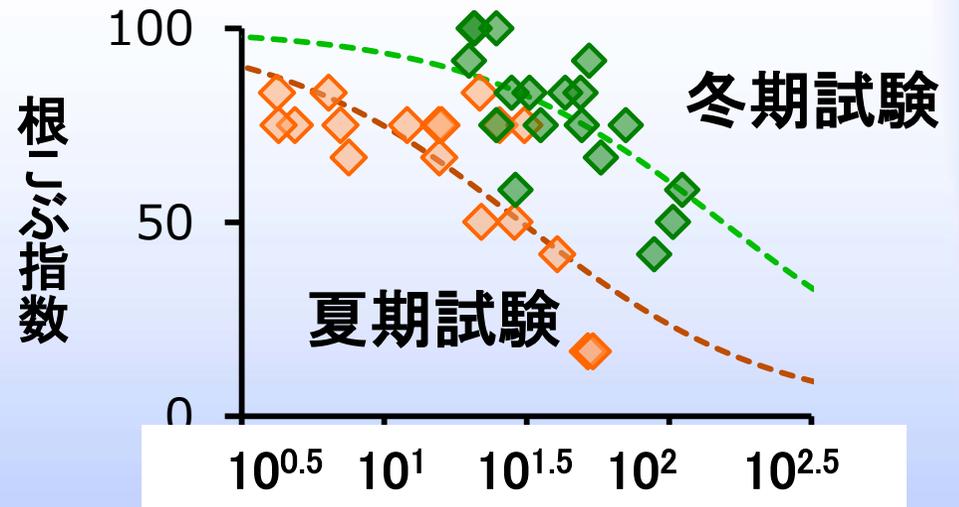
枠内に、主に評価対象薬剤の処理圃場が散在している

# (3) 千葉県露地畑における実証研究: 処理量の低減化 スイカ: クロルピクリン、1,3-D



ガスバリアー性フィルムの被覆により  
くん蒸剤処理量の低減化が可能!

薬効は積算濃度によって  
評価が可能!

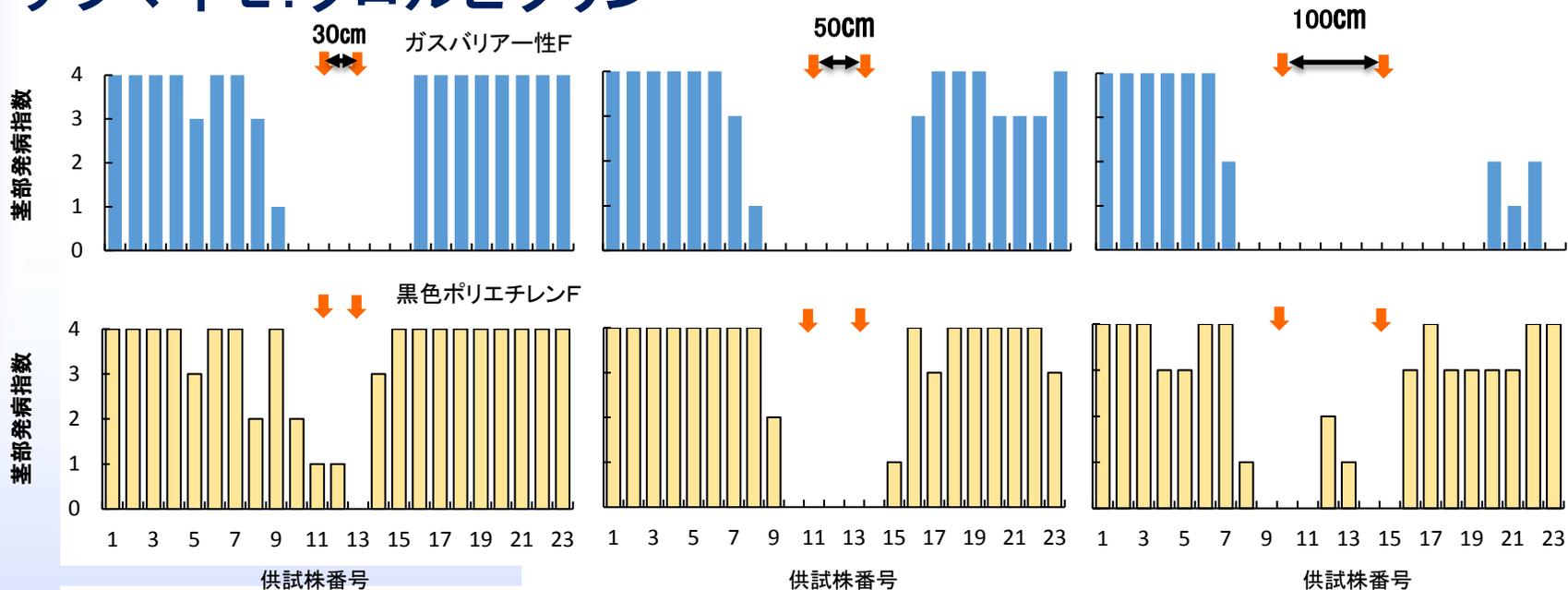


クロルピクリン積算濃度  
((mg/L)·day)

現状、農薬ラベルに記載(2から3ml/穴)の最大の処理量(3ml/穴)で処理  
⇒最小の処理量(2ml/穴)で有効な防除効果

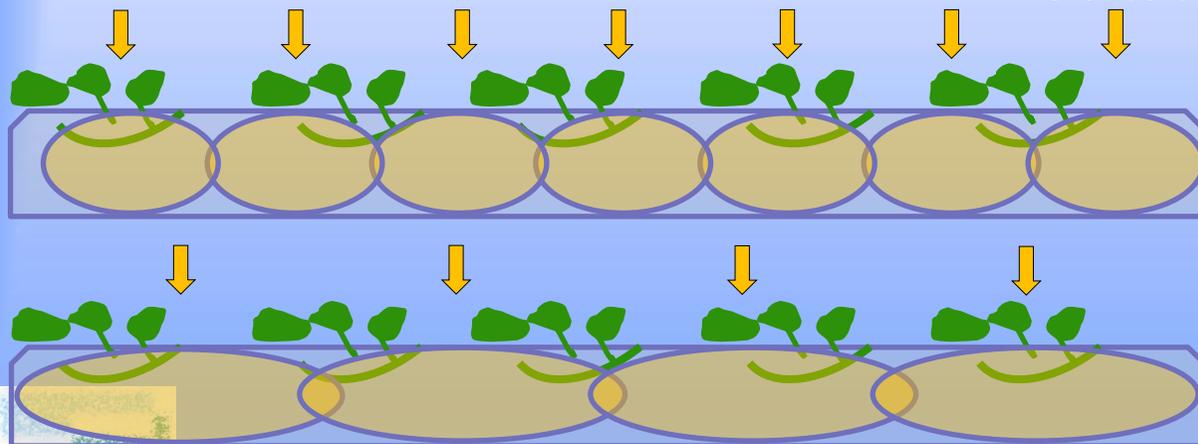
# (4) 徳島県砂地畑における実証研究: 薬剤処理量の低減化

## サツマイモ: クロルピクリン



### ガスバリアー性フィルムを用いたサツマイモ立枯病に対する茎部防除効果

\* 供試番号間は20cm



処理量(2~3ml/穴)の調節が困難な場合



処理間隔を広げることで、  
処理量の低減化が可能

# 本研究により得られた主な成果

## 【科学的意義】

- ・日本の園芸地域での、大気中土壤くん蒸剤濃度の実態が明らかになった。
- ・土壤くん蒸剤の大気への移行フラックスの測定法など経済的にも労力的にも非常に負担が大きかったが、簡便な評価・推算方法を確立した。
- ・各地域の土壤くん蒸剤処理条件下での土壤くん蒸剤の大気中濃度分布の評価、削減技術を適用した場合の低減効果の評価が可能となった。⇒見える化
- ・土壤くん蒸剤処理量を更に削減するための科学的根拠が得られた。

## 【環境政策への貢献】

ガスバリアー性フィルム等の大気漏洩量低減化技術の適用による土壤くん蒸剤の大気中濃度低減評価、すなわち曝露濃度の把握や濃度管理が可能となった。

⇒経気道曝露による土壤くん蒸剤を含む農薬のリスク管理施策は、現状では困難

防除効果や生産性の向上の観点から本研究成果・技術の普及  
(農林水産省)

## 国民との科学・技術対話

- ・第24回高知県農業振興フェア(平成27年10月9日、10日、高知県農業技術センター)「ガスバリアー性フィルムによる土壤くん蒸剤のリスク削減技術」技術セミナー
- ・センターフェア2015 研究成果発表会(平成27年11月8日、徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- ・千葉県農林総合研究センター公開デー(平成27年11月14日)「知って納得 食と農のおもしろ講座」において、「土に住む生き物たちのおもしろ小話」でセミナー

