



# 土壤還元消毒の消毒 メカニズムと実践事例

門馬 法明

園芸植物育種研究所  
研究開発部 研究員



# 講演内容

## 1. 還元作用研究の歴史

## 2. 土壌還元消毒のメカニズム

生物的要因

化学的要因

## 3. 技術開発と普及

日本国内の事例

海外の事例

## 4. 今後の展望

# 1. 還元作用研究の歴史

# 還元作用研究の歴史

渡辺文吉郎(1973) 有機物・湛水処理の併用による*Rhizoctonia solani*の防除

孫工弥寿雄・喜多孝一(1979) 土壌Ehの低下と病原菌の抑制効果の関係

小玉孝司(1979) 病土への有機物の添加と湛水の組合せによる病原菌の抑制

岡崎博(1984) グルコース添加湛水処理によるフザリウム病の抑制

・  
・

**新村昭憲**(1999) 土壌還元消毒法(Reductive soil disinfestation, RSD)の開発

Blok W.J. ら(2000) Anaerobic soil disinfestation(ASD)の開発

・  
・

植松清次ら(2007)・小原裕三ら(2007) **低濃度のエタノール**で土壌還元消毒が可能

↓

「低濃度エタノールによる土壌還元消毒法の開発(実用化技術開発事業, 農水省)」

当時は土壌くん蒸剤の全盛時代で、お天気任せの不安定要素の多い  
土壌消毒法は、同業者からは余り信頼されていなかったように思う。

小玉孝司 (2015) [ 夏の風物詩“イチゴの空毛ハウスの密封” ] 植物防疫69号 p. 63

# 土壌還元消毒法の種類

## 有機物添加・湛水・被覆

有機物	施用量 (乾燥重 or L/m <sup>2</sup> )	処理期間	文献
小麦フスマ 米糠、糖蜜	0.9-1.8 kg (小麦フスマ)	2-3週間	新村(2000)
エタノール (0.25~0.5%)	50-100 L	2-3週間	Kobara et al. (2007) Uematsu et al. (2007)
アブラナ科植物 ・緑肥など	0.5 kg (ブロッコリー)	15週間	Blok et al. (2000)

# オランダ球根生産圃場における湛水処理



線虫等の対策のため、球根を採集した後8～12週間湛水する。

対馬淳一 氏より提供

## 小麦フスマによる土壌還元消毒



小麦フスマの混和



被覆



湛水処理

## 低濃度エタノールによる土壌還元消毒



灌水チューブの敷設



被覆

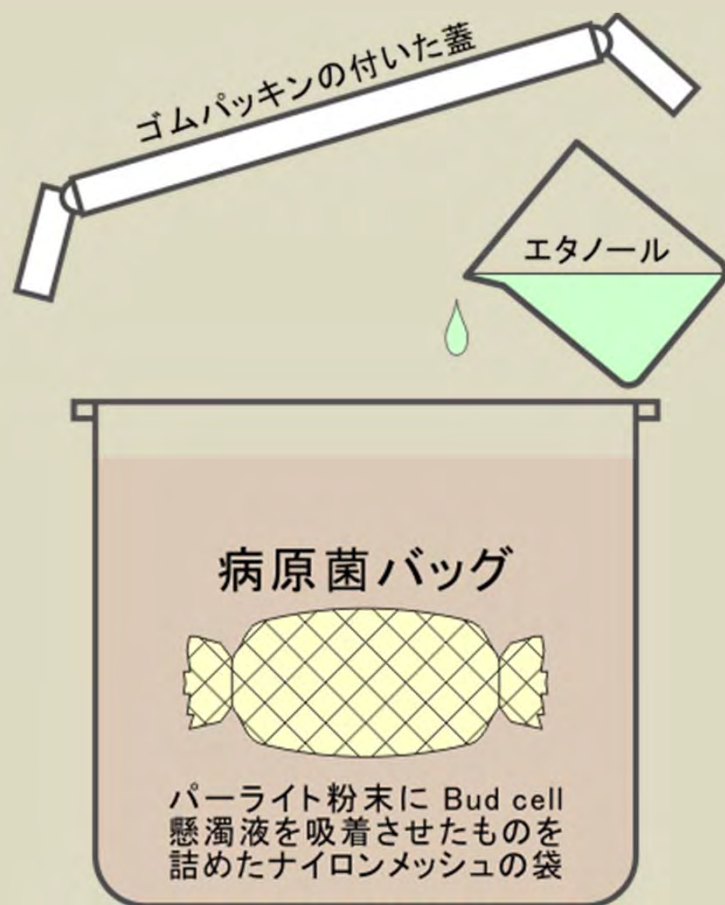


エタノールの添加  
(動力噴霧機 etc...)

## 2. 土壌還元消毒のメカニズム 生物的要因



# 箱試験によるエタノール処理の効果の確認



プラスチックボックス (17×17×15 cm)

※) 生土4kgにエタノール水溶液1Lの割合

処理温度: 30°C, 期間: 15日

無処理区

水処理区

エタノール区 (0.5, 1.0, 2.0%)

生土4kg + 1Lエタノール or 水



**病原菌バッグ**

パーライトの粉末に病原菌のBud cell懸濁液を吸着させたものが入っている。

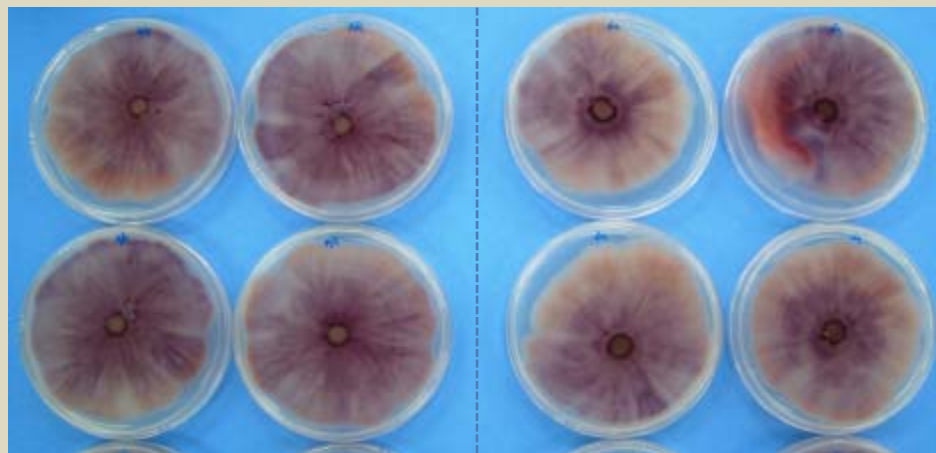
# 還元消毒作用への土壌微生物群の関与

還元消毒を行う前に滅菌・蒸気消毒を施した土壌では還元化が起こらず、病原菌も抑制されない。

前処理	土壌処理	病原菌数
オートクレーブ (121°C 60分)	無処理	5.2 (0.1)
	水処理	4.3 (0.1)
	2.0% EtOH	4.6 (0.0) →還元化しない
なし	2.0% EtOH	ND →還元化
なし	無処理	6.4 (0.0)
	水処理	4.9 (0.1)
	フスマ湛水	ND →還元化
蒸気消毒 (80°C 2時間)	フスマ湛水	4.9 (0.0) →還元化しない

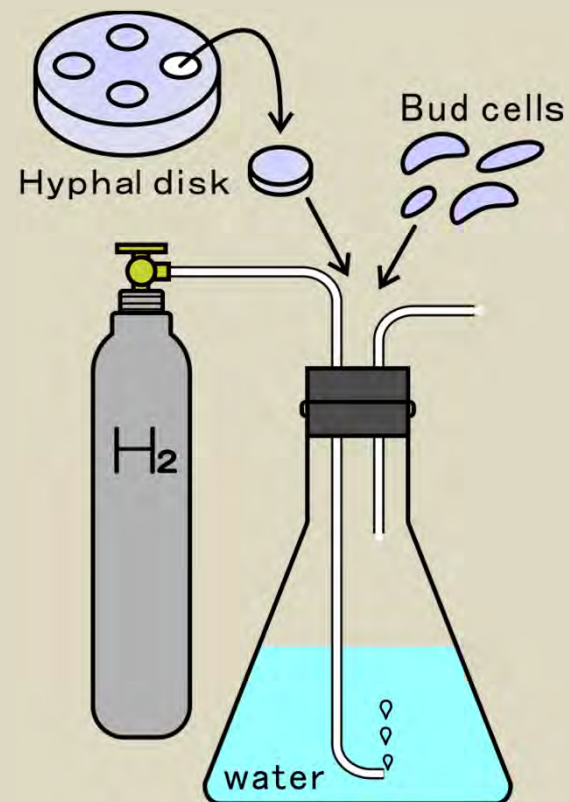
単位: Log CFU/g dry soil (±S.E.)

# 還元水中における トマト萎凋病菌の動態



H<sub>2</sub>

Control



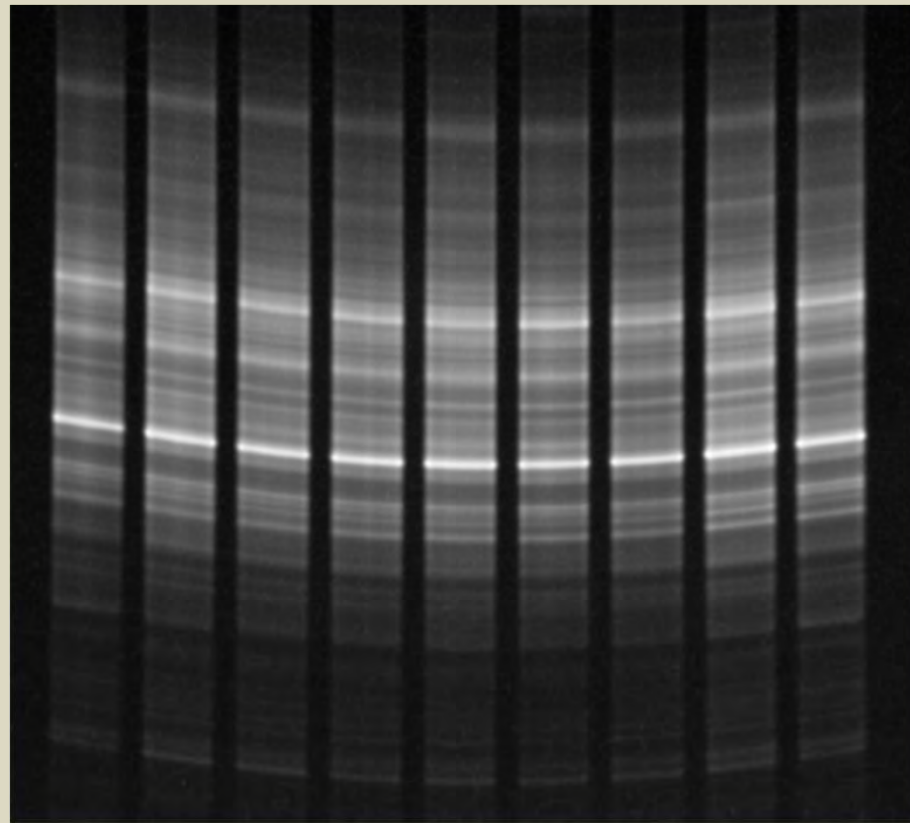
処理区	生存菌数 {log CFU/ml (±SE)}		平均Eh (mV)
	7日目	14日目	
水素ガス	6.0 (0)	5.6 (0)	-234
無処理	5.9 (0)	5.5 (0)	260

# エタノール処理の影響(病原菌 & 嫌気性細菌)

処理区	Log CFU/g dry matter				
	3日目	6日目	9日目	12日目	15日目
<b>トマト萎凋病菌数 (厚膜孢子)</b>					
無処理	—	—	—	—	5.0
水処理	3.1	2.6	3.1	4.0	3.7
0.5% EtOH	3.0	3.5	ND	ND	ND
1.0% EtOH	1.4	ND	ND	ND	ND
2.0% EtOH	ND	ND	ND	ND	ND
<b>嫌気性細菌</b>					
無処理	—	—	—	—	5.7
水処理	6.0	6.1	6.2	6.2	5.6
0.5% EtOH	6.7	7.4	6.8	7.1	5.8
1.0% EtOH	6.7	7.4	6.6	7.5	5.9
2.0% EtOH	7.3	6.2	6.5	6.4	5.9

# PCR-DGGE法による細菌群集構造解析

水処理区

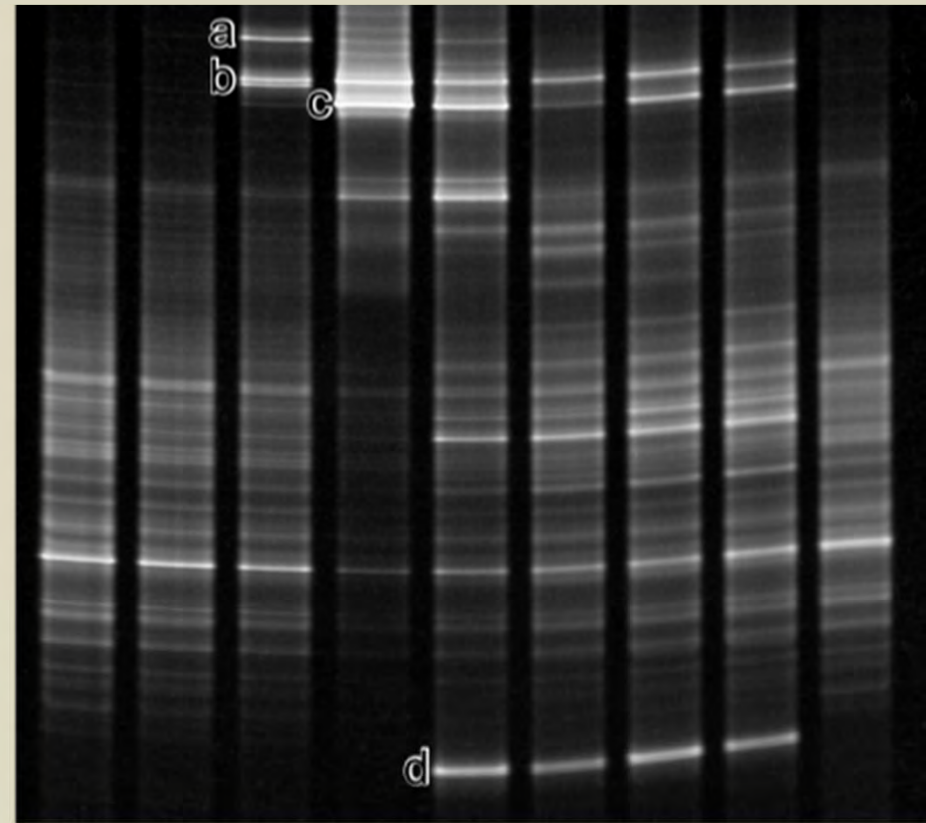


無  
処  
理  
区

1 2 3 6 9 12 15  
Incubation period (day)

無  
処  
理  
区

1% エタノール



無  
処  
理  
区

1 2 3 6 9 12 15  
Incubation period (day)

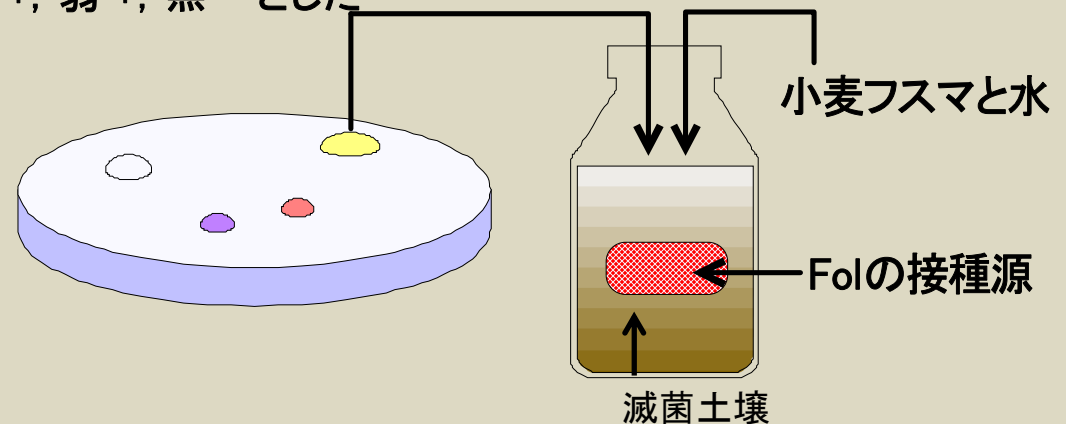
無  
処  
理  
区

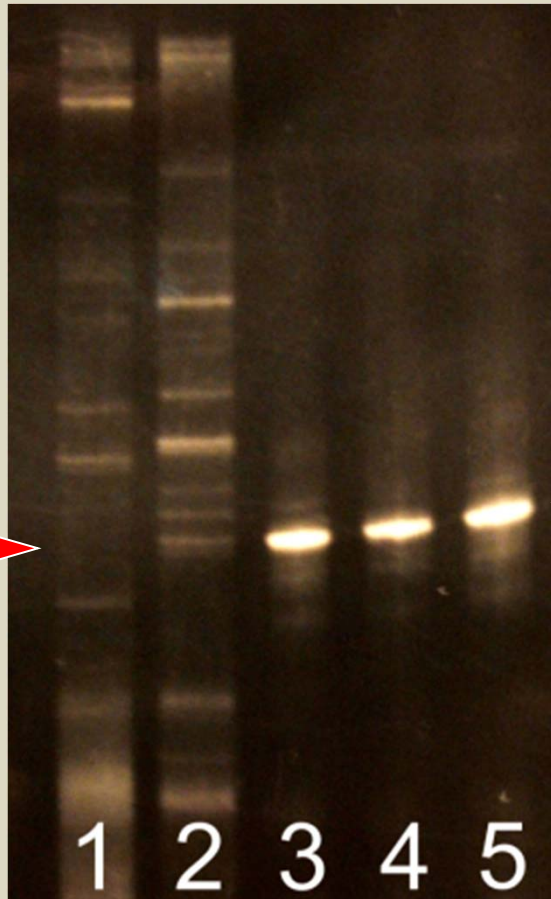
# 還元消毒に関する細菌の探索

菌株	分離条件	Fol生菌数	還元臭
An	還元	ND	++
Bn	嫌気	ND	++
Cn	嫌気	ND	++
Da	好気	3.56	+
En	嫌気	5.37	-
Fa	好気	5.49	-

還元臭: その強さに応じて、強 ++, 弱 +, 無 - とした

単位: Log CFU/g dry perlite



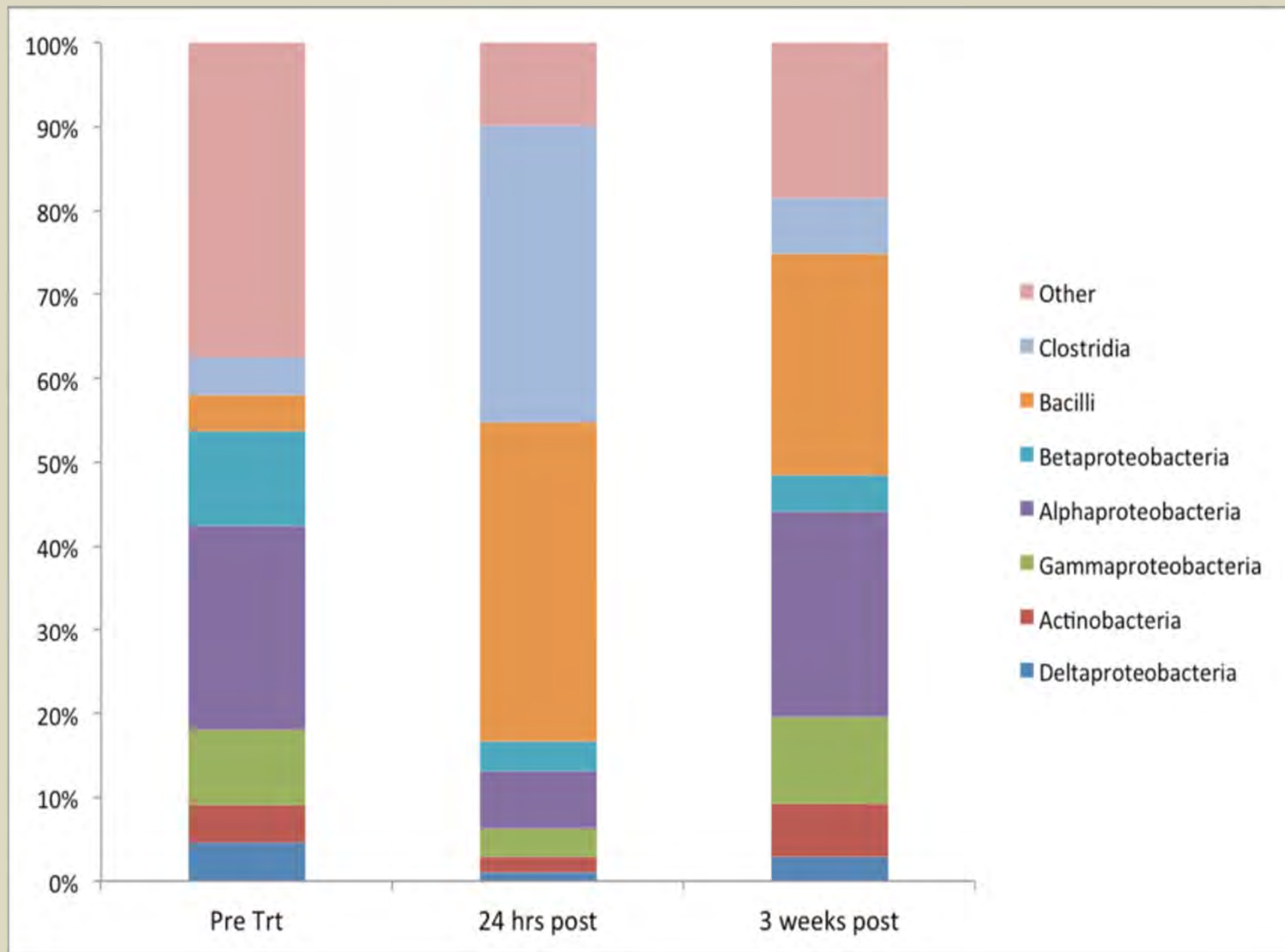


Lane 1: フスマ, 2: フスマ還元  
3: An, 4: Bn, 5: Cn

***Clostridium* sp. (100%)**

有機物の発酵の過程において酢酸  
や酪酸を産生する種が存在する。

例) *C. acetobutylicum*



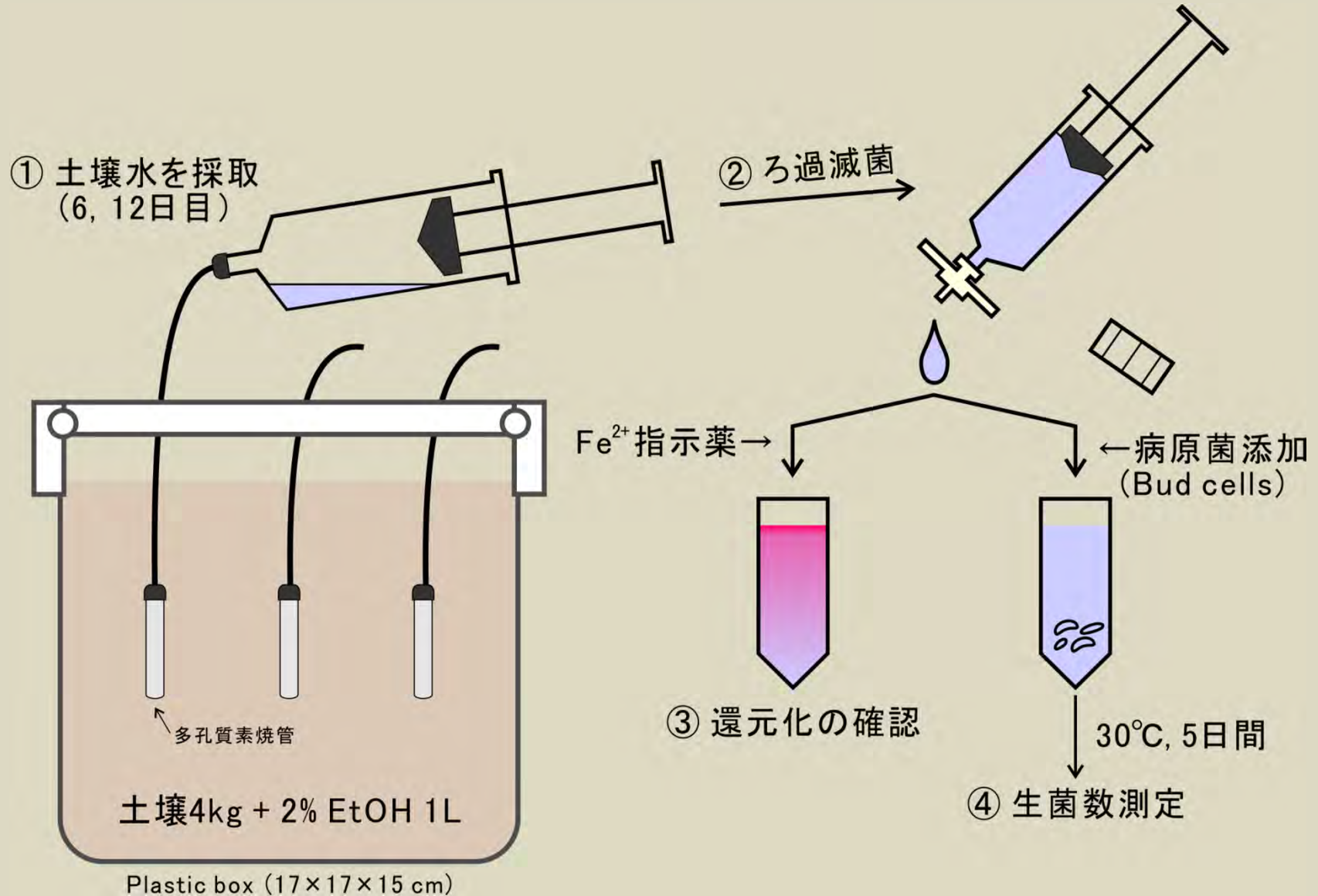


## 2. 土壌還元消毒のメカニズム 化学的要因

土壌還元消毒による病原菌の抑制には土壌微生物の働きが必須である。

**物理的な接触が必要か？**

# 土壤抽出液中でのトマト萎凋病菌の抑制



# 土壌抽出液中での病原菌の抑制

土壌処理	土壌抽出液採取日	
	6日目	12日目
水処理	5.1 (0.1)	5.4 (0)
2% EtOH	4.2 (0.1)	0

Log CFU/ml (±SE)



6日目

12日目

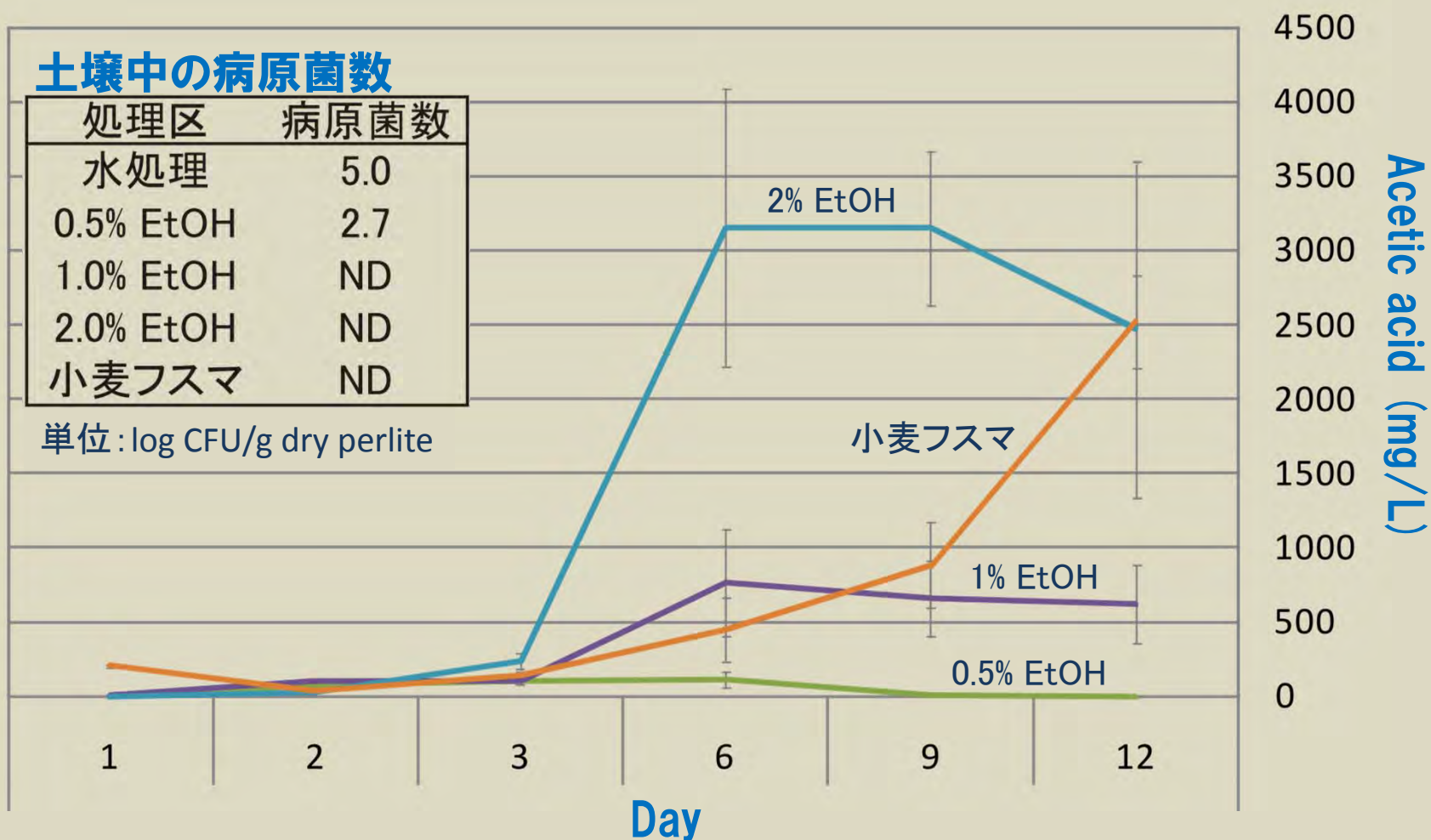
**土壌の還元化の確認(2% EtOH区)**

**土壌還元消毒による病原菌の抑制には土壌微生物の働きが必須である。**

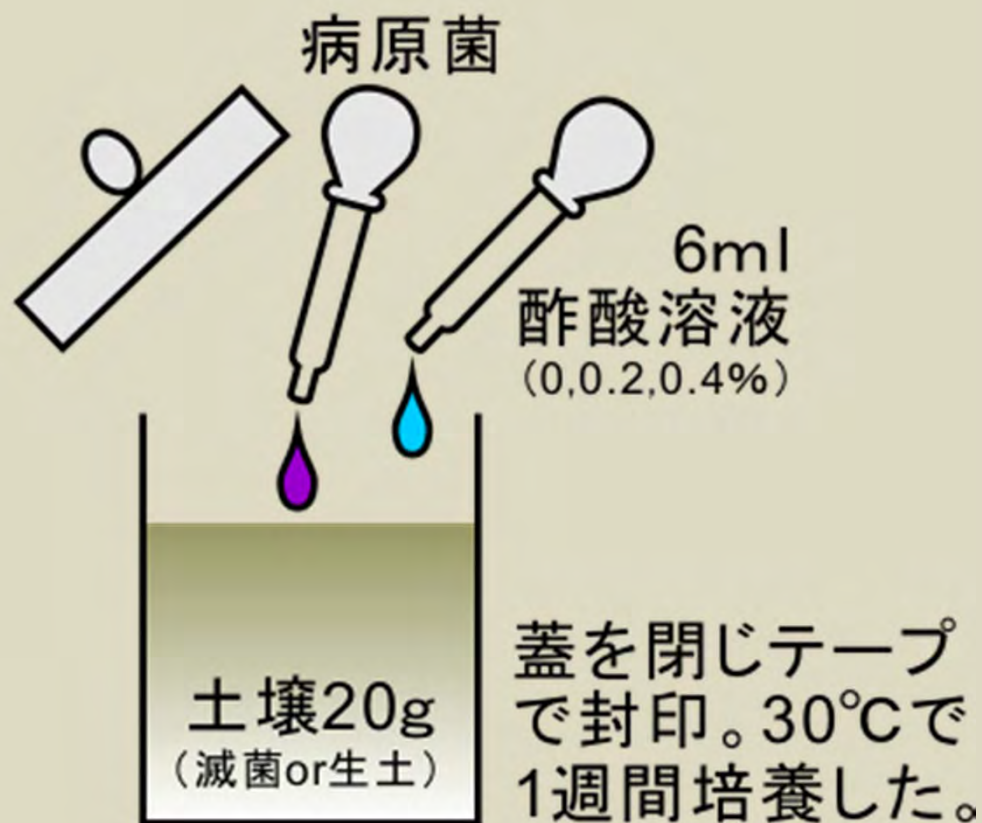
**しかし、病原菌と土壌微生物との物理的な接触は必須ではない。**

**土壌還元消毒の殺菌作用には物質的な要因の関与が大きい。**

# 還元処理土壌における酢酸の蓄積



# 土壤還元消毒における酢酸の役割①



# 土壌還元消毒における酢酸の役割①

酢酸添加土壌でのトマト萎凋病菌の生存

処理区	土壌滅菌	
	なし	あり
無処理	5.9 (0.1)	6.0 (0.0)
水処理	5.4 (0.1)	6.5 (0.1)
0.2% 酢酸	4.0 (0.2)	6.9 (0.1)
0.4% 酢酸	3.8 (0.1)	7.0 (0.1)

単位 : log CFU/g dry soil (±SE)

**滅菌しておいた土壌では  
酢酸をエサに病原菌が増殖？**

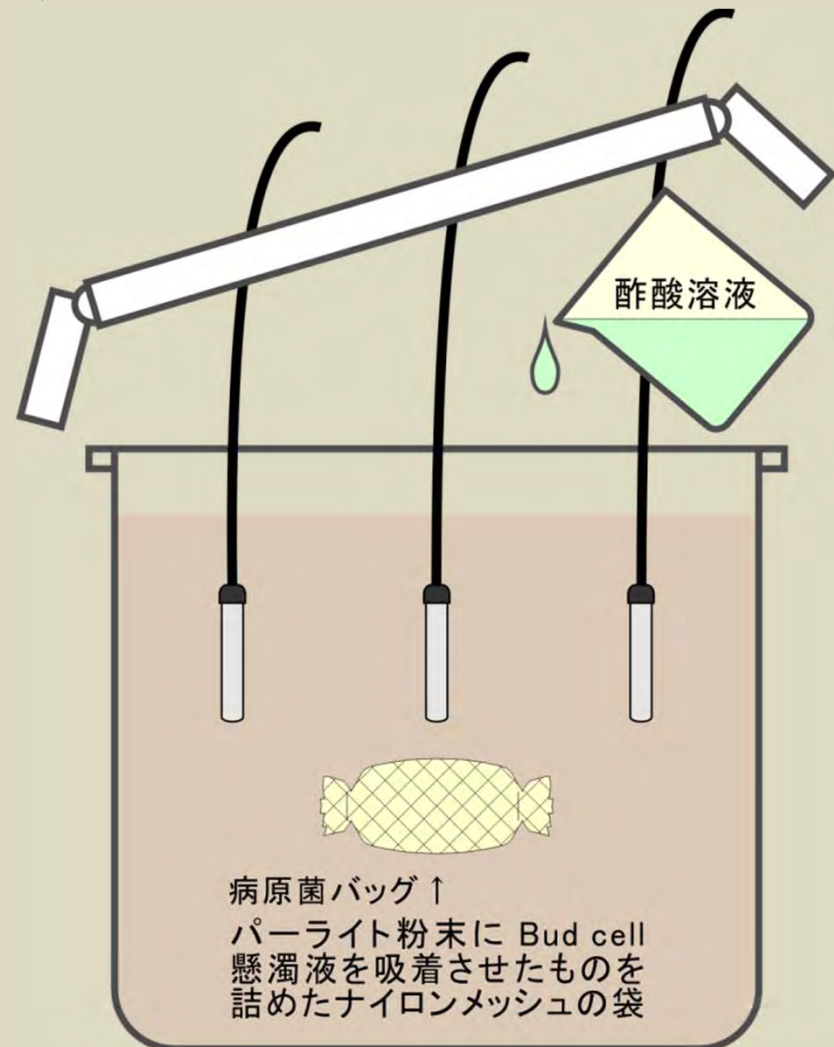
# 土壌還元消毒における酢酸の役割①

より高濃度の酢酸を添加してみた。

生土4kg + 酢酸溶液1L  
土壌水が0.4%の割合で酢酸を  
含むように処理して30°Cで培養。

## 調査項目

- ・土壌還元の確認(7,14日目)
- ・病原菌生存数(14日目)

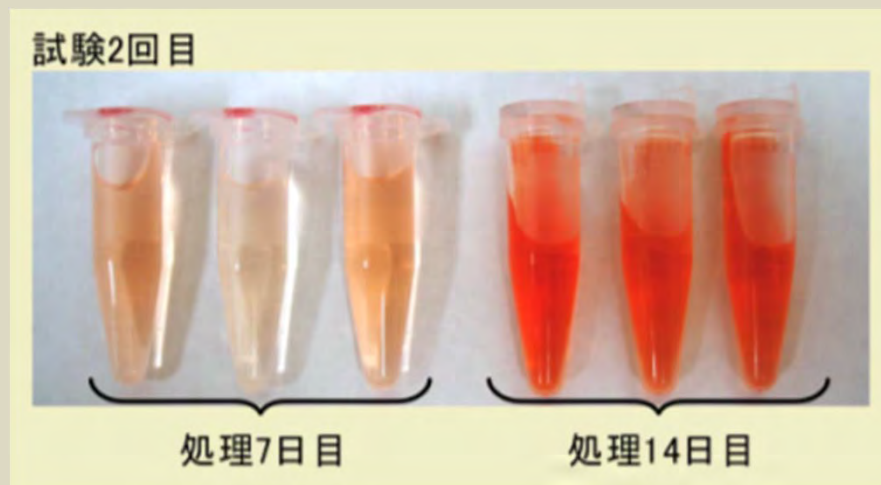




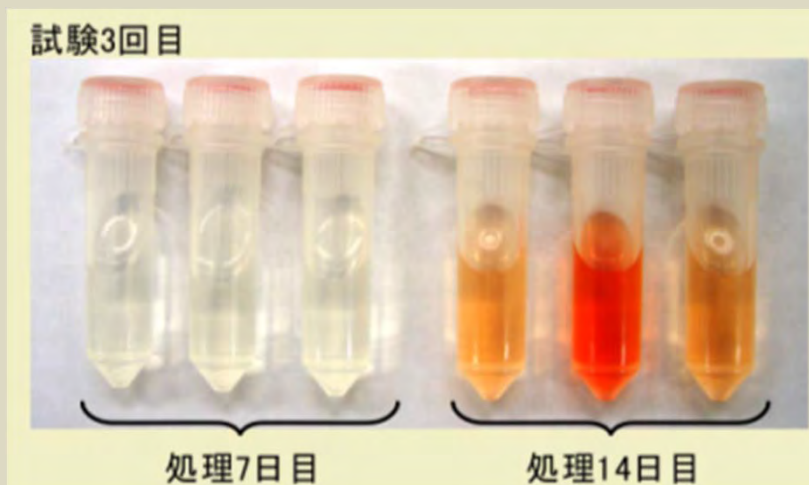
# 酢酸添加土壌での病原菌の抑制と還元化

	1回目	2回目	3回目
酢酸添加	ND	ND	3.8 (0.0)
水処理	2.9 (0.0)	4.2 (0.1)	4.8 (0.1)

単位: log CFU/g perlite soil ( $\pm$ SE)



**試験2回目(消毒効果:強)**  
**土壌還元→早期に進行・均一**



**試験3回目(消毒効果:弱)**  
**土壌還元→進行が遅く・不均一**

**生土へ酢酸を添加することで土壌の還元化が促進され病原菌が抑制。**

**このような抑制作用は滅菌土壌では誘導されない。**

**還元化の程度と殺菌作用に相関？**

---

※この実験結果は、土壌還元消毒の殺菌作用における酢酸の関与を否定するものではない。

Katase et al. (2009)は、還元処理時のpHは酢酸の殺線虫効果が極めて低くなる値であったが、有機物周辺では局所的なpHの低下が起こり、酢酸の活性が高い状態となっている可能性を考察している。

# 土壌の還元化が殺菌効果の必要条件と なっている土壌処理・消毒法がある。

例) 低濃度エタノール処理  
土壌還元消毒  
糖の添加+湛水処理  
酢酸の土壌添加  
田畑転換 など



# 土壌の還元化の判定

・ORPメーター

- ・土壌断面の色相
- ・二価鉄指示薬

二価鉄の生成で判断

二価鉄イオンや  
二価マンガンが  
殺菌作用に関与？

二価鉄イオンは植物種子や  
細菌を阻害 (Foy 1978, Fakh 2008)



湛水土壤中における還元過程

土壌還元消毒法によるトマトの土壌病害虫防除  
(千葉県および千葉県農林技術研究会議)より改変抜粋

# 金属イオンが病原菌におよぼす影響

Treatment <sub>※</sub>	%	Fol		
		1d	4d	7d
Water	–	–	–	4.8 (0.0)
MgSO <sub>4</sub> [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]	1.0	–	–	4.8 (0.0)
FeSO <sub>4</sub> [Fe <sup>2+</sup> ]	1.0	2.6 (0.0)	ND	ND
	0.1	1.9 (0.1)	ND	ND
	0.01	3.5 (0.0)	ND	ND
	0.001	4.2 (0.0)	2.1 (0.1)	ND
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> [Fe <sup>3+</sup> ]	1.0	2.6 (0.1)	ND	ND
	0.1	3.6 (0.0)	1.6 (0.0)	ND
	0.01	4.0 (0.0)	3.8 (0.0)	3.8 (0.0)
	0.001	4.2 (0.0)	4.3 (0.0)	4.3 (0.0)
MnSO <sub>4</sub> [Mn <sup>2+</sup> ]	1.0	2.4 (0.0)	ND	ND
	0.1	2.5 (0.0)	ND	ND
	0.01	2.6 (0.0)	ND	ND
	0.001	3.5 (0.0)	2.6 (0.0)	1.9 (0.1)

Fol: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*,  
unit: log CFU/ml (±SE)

# 酢酸による二価鉄の殺菌作用の増大

	FeSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>	酢酸	生菌数	
	0.0001%	0.0001%	0.001%	4日目	8日目
蒸留水	—	—	—	4.8 (0.2)	5.0 (0.0)
Fe	+	—	—	4.7 (0.0)	4.6 (0.0)
Mn	—	+	—	4.9 (0.0)	5.1 (0.1)
酢酸	—	—	+	5.0 (0.0)	4.9 (0.2)
Fe+酢酸	+	—	+	3.2 (0.1)	0.8 (0.8)
Mn+酢酸	—	+	+	4.7 (0.1)	4.7 (0.0)
Fe+Mn+酢酸	+	+	+	3.8 (0.1)	3.2 (0.4)

単位 : log CFU/ml (±SE)

# 土壌還元消毒の効果の選択性

## 消毒作用の認められている病原

### 病原糸状菌

*Fusarium oxysporum*

*Phomopsis sclerotioides*

*Phytophthora palmivora*

*Monosporascus cannonballus*

*Pyrenochaeta lycopersici*

*Plasmodiophora brassicae*

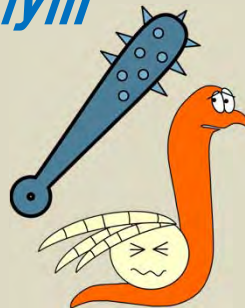
### 病原細菌

*Ralstonia solanacearum*

*Burkholderia caryophylli*

### 寄生性センチュウ

### 雑草類



## 還元処理後の糸状菌密度

	糸状菌	<i>Fusarium oxysporum</i>
無処理	5.00 (0.01)	3.74 (0.04)
水処理	4.94 (0.01)	3.01 (0.09)
0.5% EtOH	4.76 (0.03)	ND
1.0% EtOH	4.73 (0.00)	ND
2.0% EtOH	4.61 (0.07)	ND

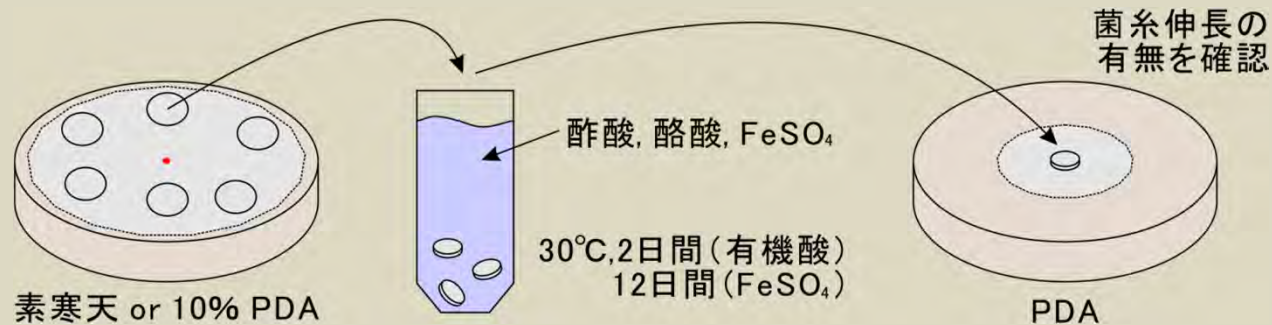
単位: Log CFU/g dry soil 培養条件: 30°C, 14日間

どんな特性の糸状菌群  
が生き残っている？

# Fe<sup>2+</sup>および有機酸が病原菌におよぼす影響

供試菌	蒸留 水	0.1% Fe <sup>2+</sup>	酢酸(%)		n-酪酸(%)		
			0.04	0.08	0.04	0.08	
<b>前培養: 素寒天</b>							
<i>Fusarium oxysporum</i>	+	-	-	-	+	-	
<i>Phomopsis sclerotioides</i>	+	-	±	-	-	-	
<b>前培養: 10% PDA</b>							
<i>Fusarium oxysporum</i>	+	-	+	+	+	+	
<i>Phomopsis sclerotioides</i>	+	-	-	-	+	-	
<i>Phytophthora palmivora</i>	+	+	-	-	-	-	
<i>Monosporascus cannonballus</i>	+	-	-	-	-	-	

+: 3/3が生存(耐性有り)、±: 一部生存、-: 0/3が生存(感受性)





# エタノール還元が糸状菌群集構造におよぼす影響

	相同性 (%)	菌密度 (CFU/g dry soil)	
		水処理	エタノール
Group I	<i>Lomentospora prolificans</i> (100%)	2,980	182
Group II	<i>Fusarium oxysporum</i> (100%)	1,324	ND
Group III	<i>Bionectria ochroleuca</i> (100%)	497	ND
	<i>Myrothecium sp.</i> (100%)		
	<i>Hypocreales sp.</i> (100%)		
Group IV	<i>Taifanglania major</i> (100%)	ND	199
	<i>Lasiosphaeris hispida</i> (100%)		
	<i>Aporothielavia leptoderma</i> (100%)		
Group V	<i>Aspergillus clavatus</i> (100%)	ND	50
	<i>A. fumigates</i> (100%)		
	<i>Neosartorya fischeri</i> (100%)		
Group VI	<i>Penicillium oxalicum</i> (100%)	ND	99
	<i>P. corylophilum</i> (100%)		
	<i>Eupenicillium javanicum</i> (100%)		
Group VII	Fungal sp. (100%)	ND	66

# Fe<sup>2+</sup>および有機酸が土壌糸状菌におよぼす影響

供試菌	蒸留水	0.1% Fe <sup>2+</sup>	酢酸(%)		n-酪酸(%)	
			0.04	0.08	0.04	0.08
Group I	+	+	+	+	+	+
Group II	+	-	+	-	+	-
Group III	+	-	+	-	+	+
Group IV	+	+	+	-	+	-
Group V	+	+	+	+	+	+
Group VI	+	+	+	+	+	+
Group VII	+	+	+	+	+	+

+: 3/3が生存(耐性有り)、±: 一部生存、-: 0/3が生存(耐性無し)

水・エタノール処理共通

エタノール処理区分離群

水処理区分離群

→Fe<sup>2+</sup>や有機酸に強い。

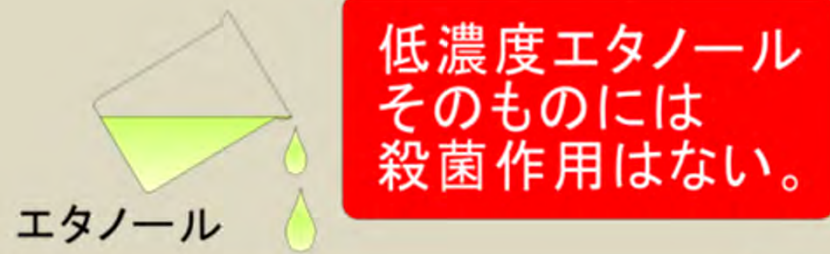
→Fe<sup>2+</sup>や有機酸に弱い。

**還元消毒後に検出される糸状菌群では、 $\text{Fe}^{2+}$ や有機酸に強いものが多い。**

**一方で、抑制効果の認められている病原菌や非還元処理土壌から検出される糸状菌群では、 $\text{Fe}^{2+}$ や有機酸に弱いものが多い。**

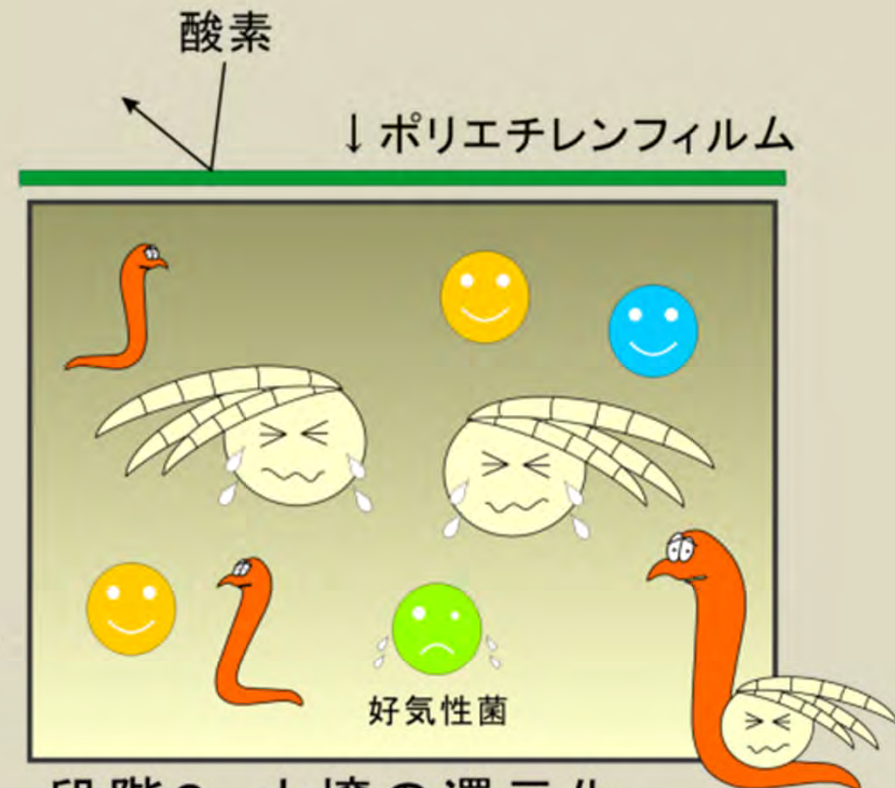
**金属イオン説、有機酸説を支持する結果？**

# 想定される消毒メカニズム



## 段階1. 微生物の活性化

エタノールがエサとなり  
微生物が活性化。



## 段階2. 土壌の還元化

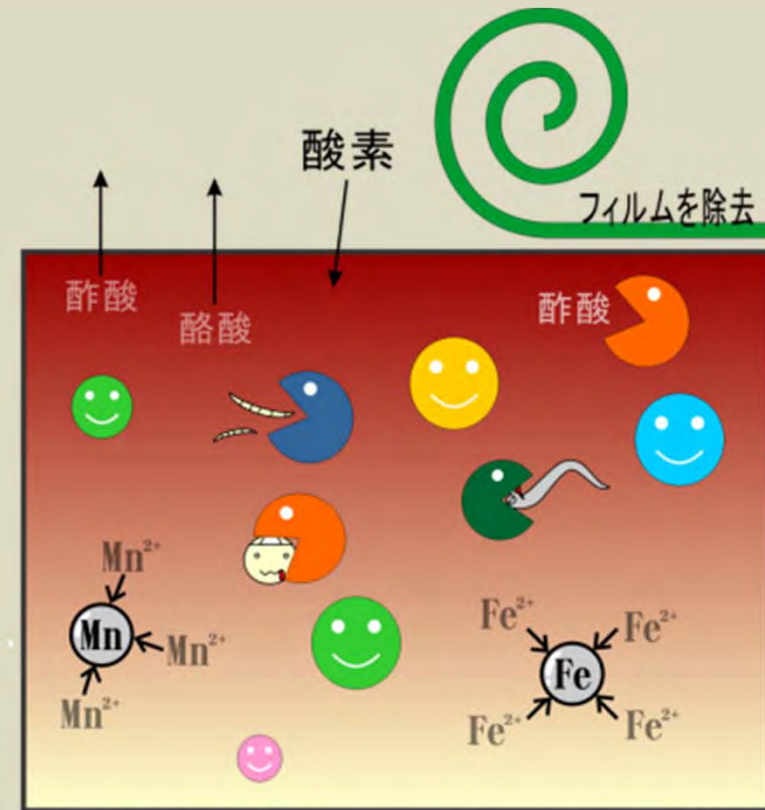
還元条件(≡無酸素条件)  
では、病原菌や線虫などの  
活動が抑制。

# 想定される消毒メカニズム



## 段階3. 有効成分の蓄積

酢酸（お酢の成分）や酪酸（銀杏の臭い成分）、金属イオンなどの蓄積。



## 段階4. 好気条件への回復

抑制作用に関連する物質は処理後にすぐに消失して、土壤中に残留しない。

### 3. 技術開発と普及



フスマ還元

無処理



燻蒸剤による土壤消毒



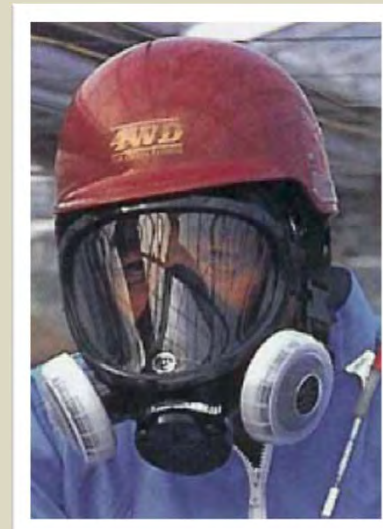
(2008年 熊本県)  
 クロルピクリンで服毒自殺を図った患者の吐瀉物から発生したガスにより施設内にいた54人が重軽傷。

(2001年 鹿児島県)  
 燻蒸剤(クロルピクリン)の不適切な使用(無被覆)により、近隣の小学校で92人の児童に被害。

平成7～16年  
 クロルピクリンによる事故件数 ※クロルピクリン工業会把握分

不適正使用	誤使用	不適正廃棄
34	11	16
保管中	物流上	悪用(事件)
12	10	10

クロルピクリンによる事故と安全使用(クロルピクリン工業会編)より一部抜粋改変







くん蒸の専門業者(カリフォルニア)





危険を告げる立て札(所定の書式)



巨大な機械(フロリダ)



巨大な機械(フロリダ)



# 「土壌燻蒸のメリット & デメリット」

## ■現時点で最も効果の安定した薬剤

(適用範囲、処理方法、コスト)

## ■漏洩による周辺環境へのリスク

(不適切な使用による事故)

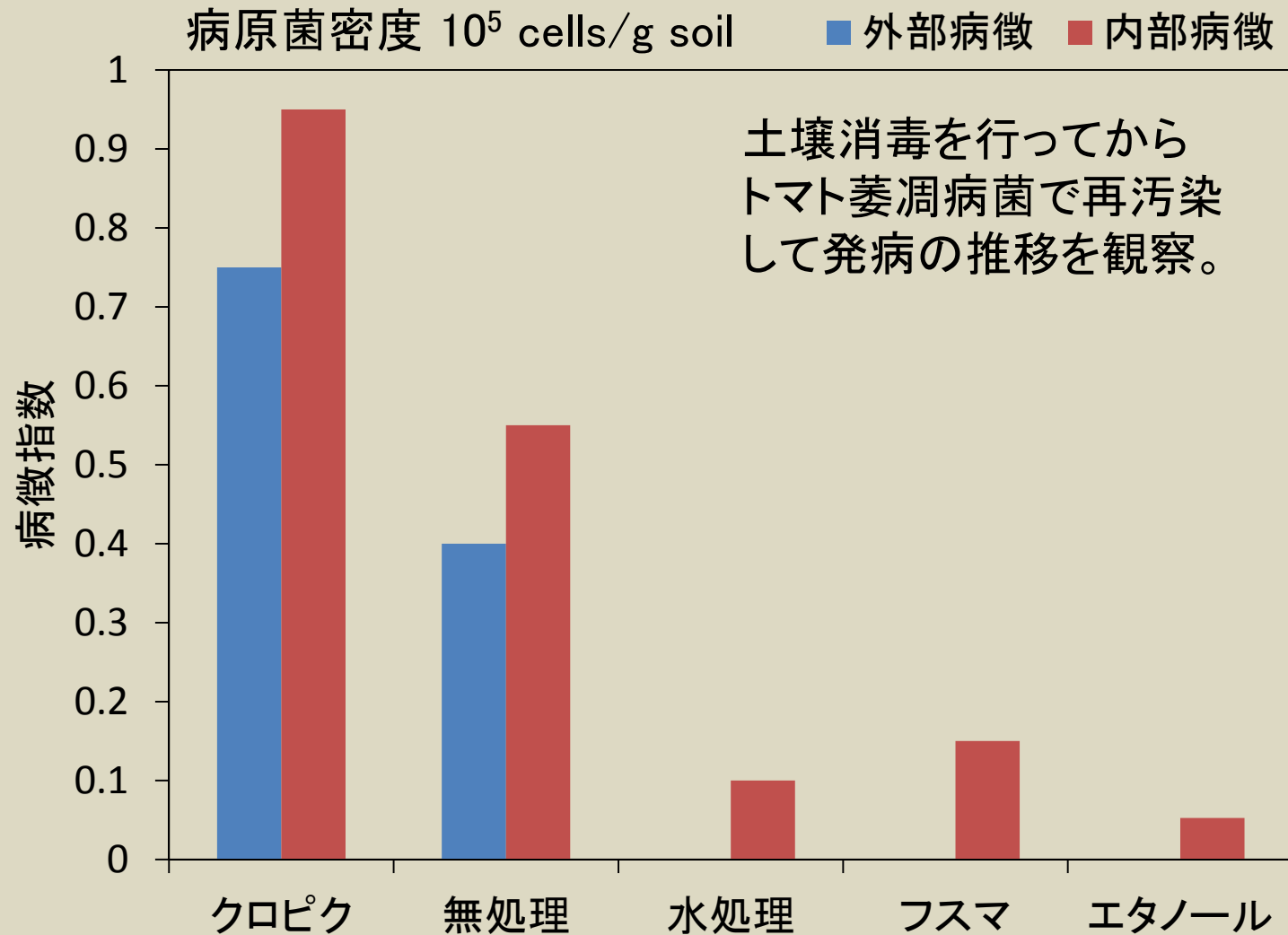
## ■病原菌による再汚染の可能性

(Microbial vacuumの形成)

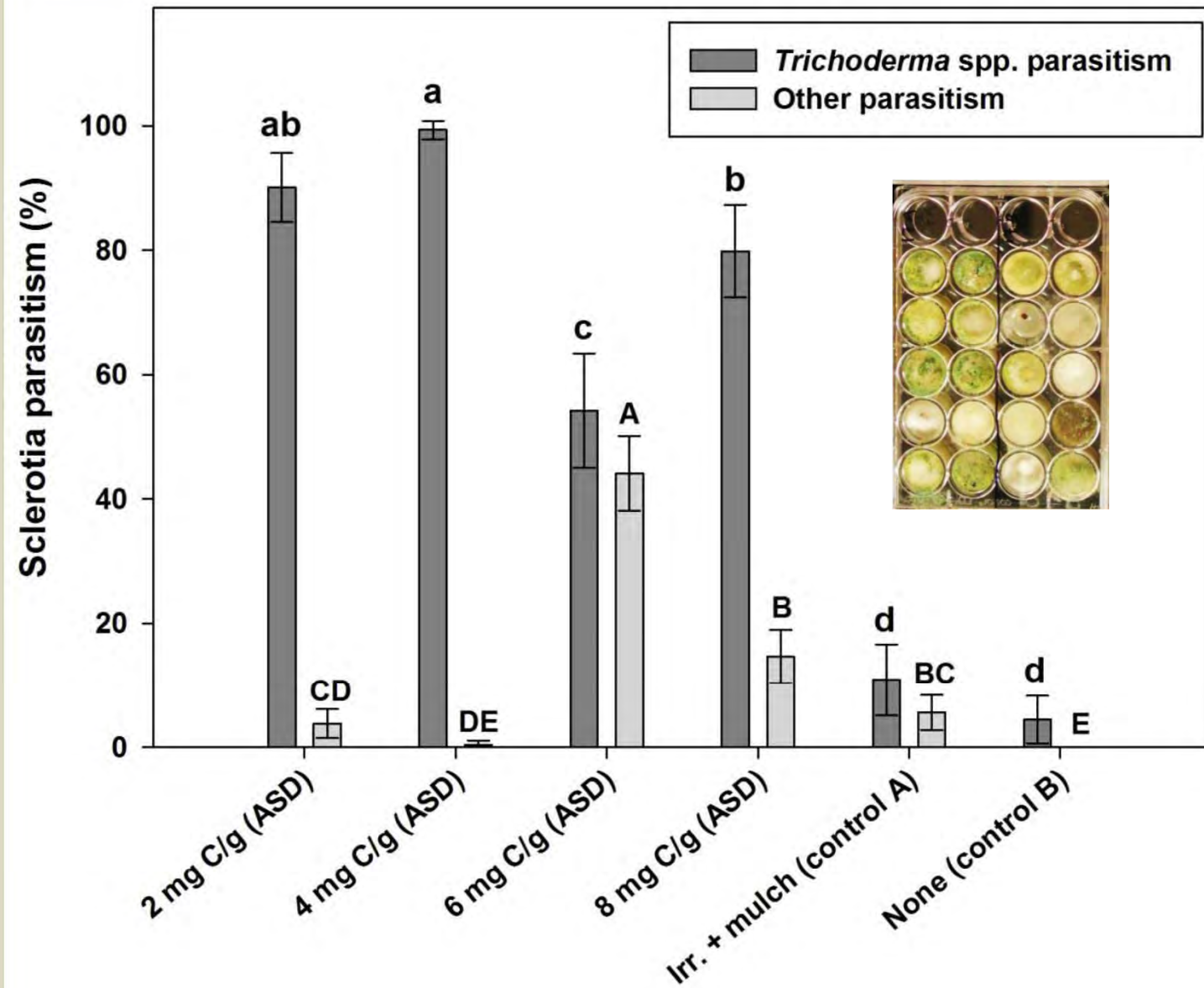


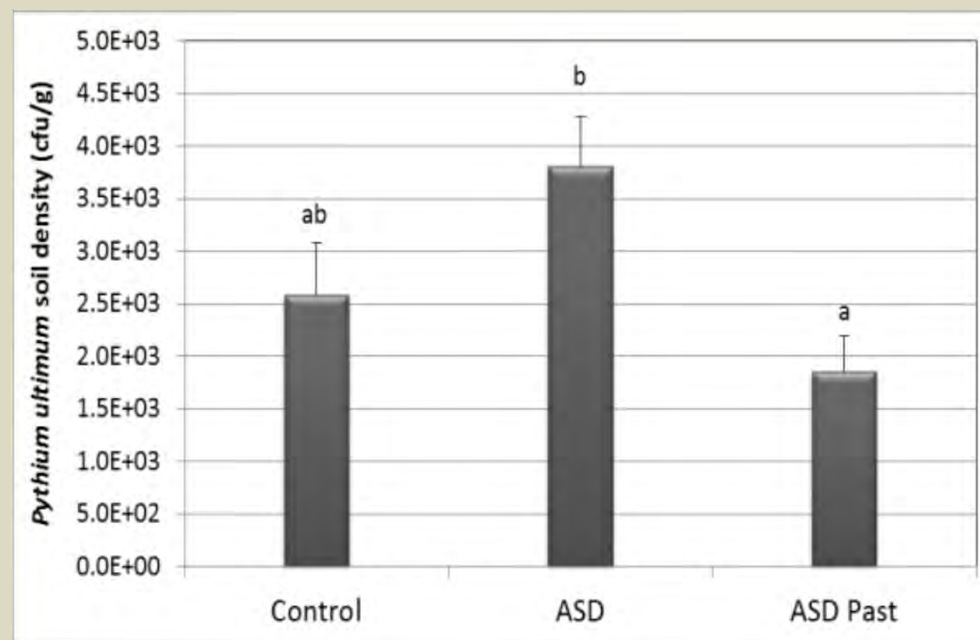
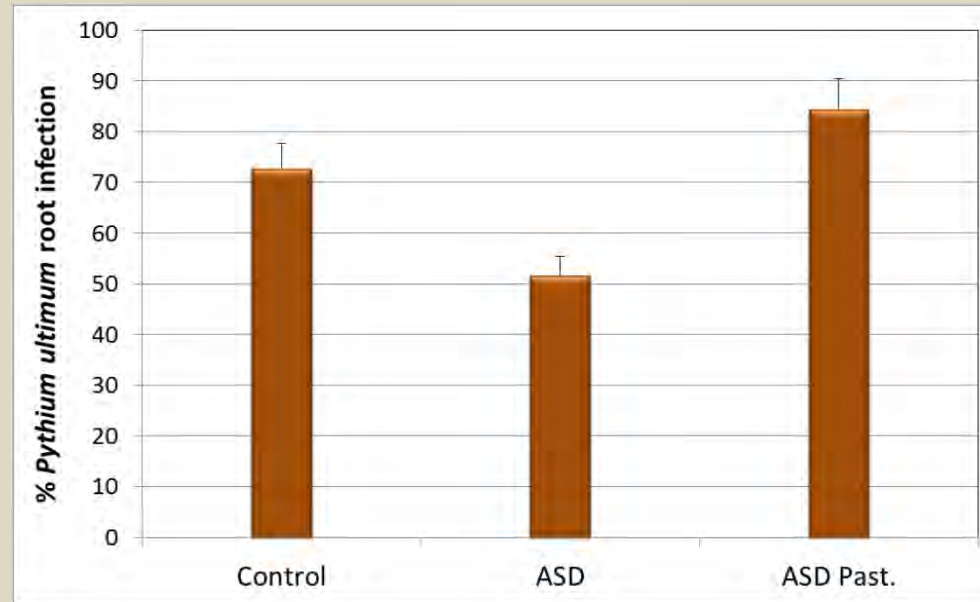
**土壌還元消毒等の  
代替技術への期待**

# 土壌還元消毒の発病抑止性への影響









# 3. 技術開発と普及

## 国内における試験事例

土壤くん蒸をしてもダメだった...  
蒸気消毒をしてもダメだった...  
だから、エタノール土壤還元を試したい。

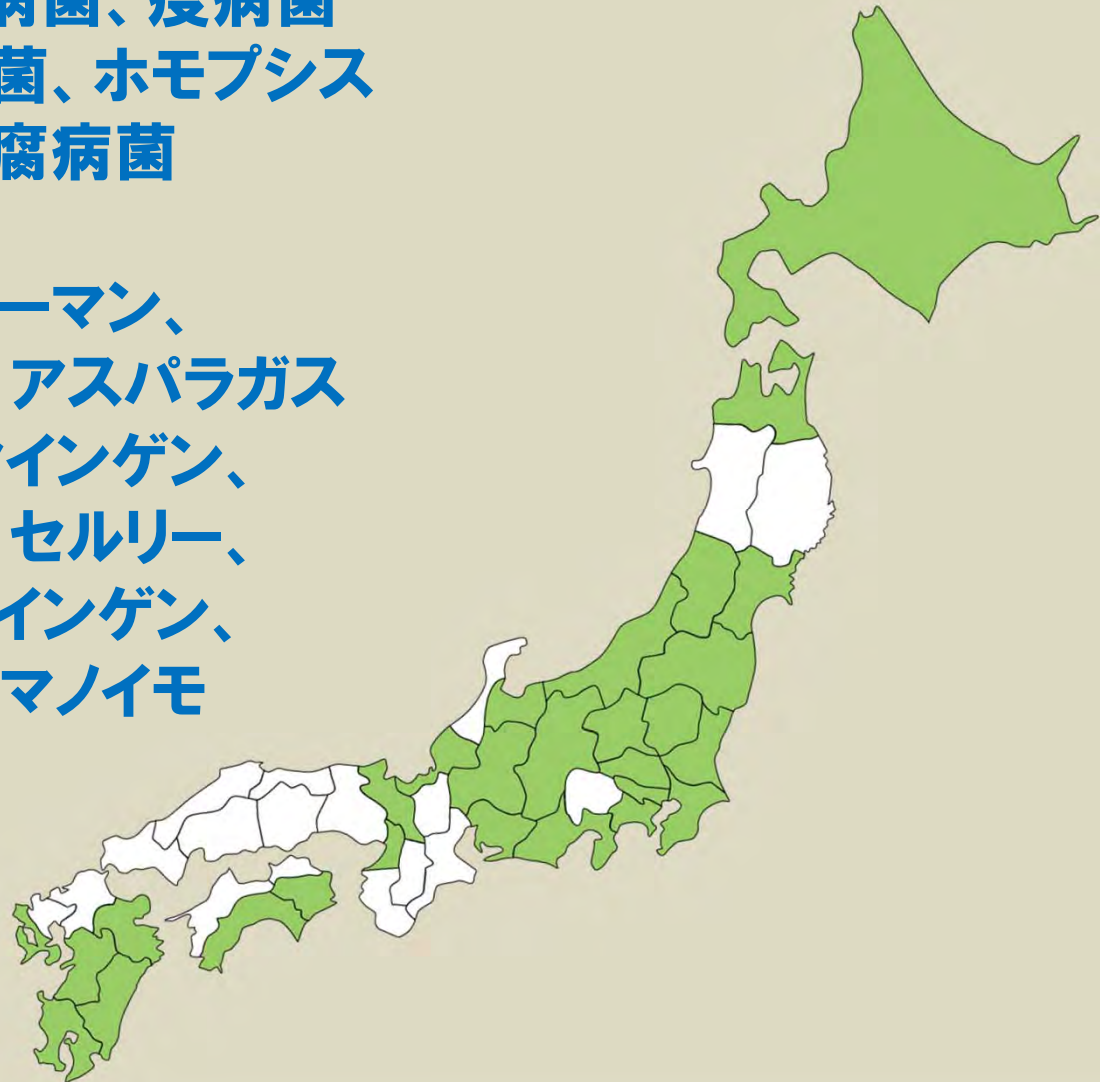




# 土壌還元消毒導入の実績

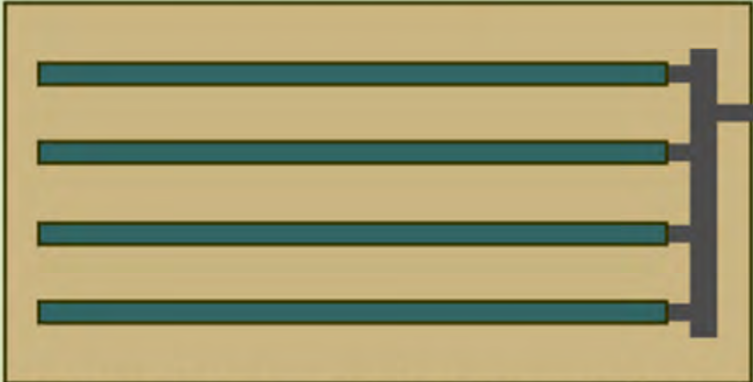
線虫、フザリウム、青枯病菌、疫病菌  
半身萎凋病菌、白絹病菌、ホモプシス  
萎凋細菌病菌、黒点根腐病菌

トマト、トルコギキョウ、ピーマン、  
イチゴ、キュウリ、メロン、アスパラガス  
ゴボウ、サツマイモ、サヤインゲン、  
レタス、スイカ、ストック、セルリー、  
ダイコン、チンゲンサイ、インゲン、  
ハウレンソウ、ミズナ、ヤマノイモ



# エタノールによる土壌還元消毒の処理方法

## 処理方法の例



圃場は均平にし、事前に30mm程度散水しておく効果安定する。チューブの間隔は45~60cm程度でよい。



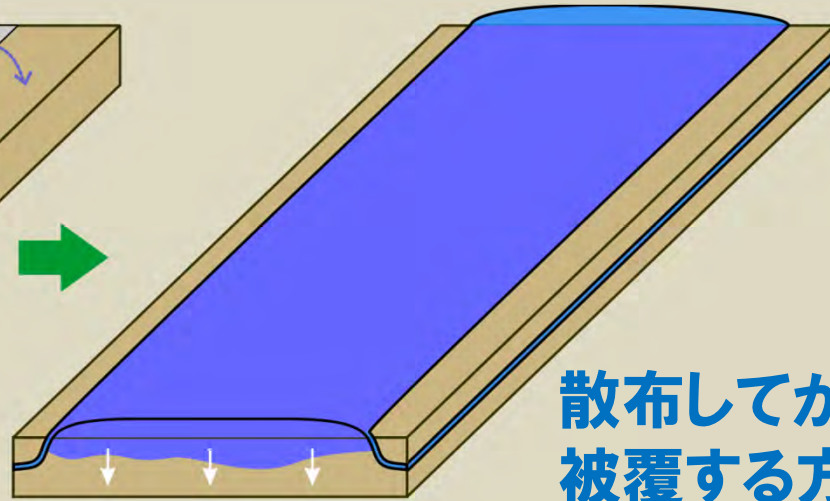
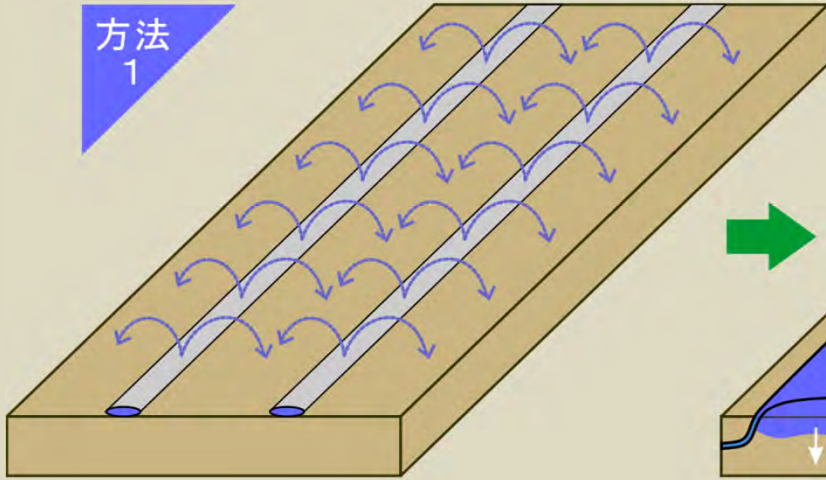
流量計を利用して希釈倍率を計算

薬液  
タンク

動力  
噴霧機

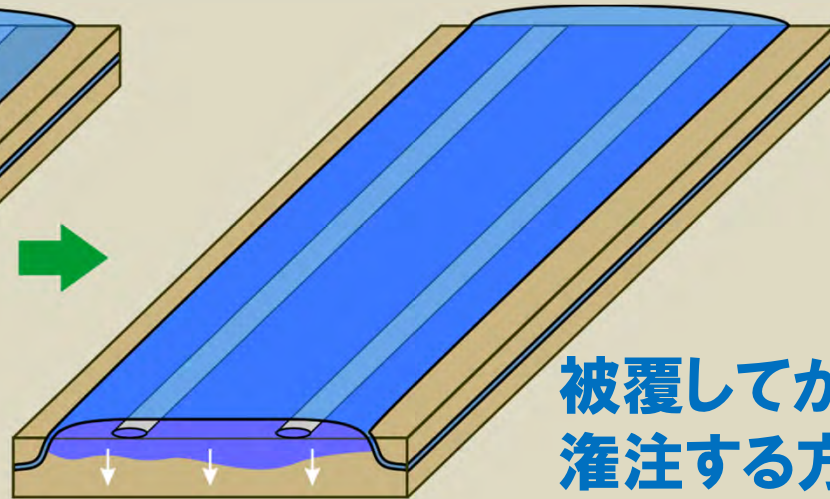
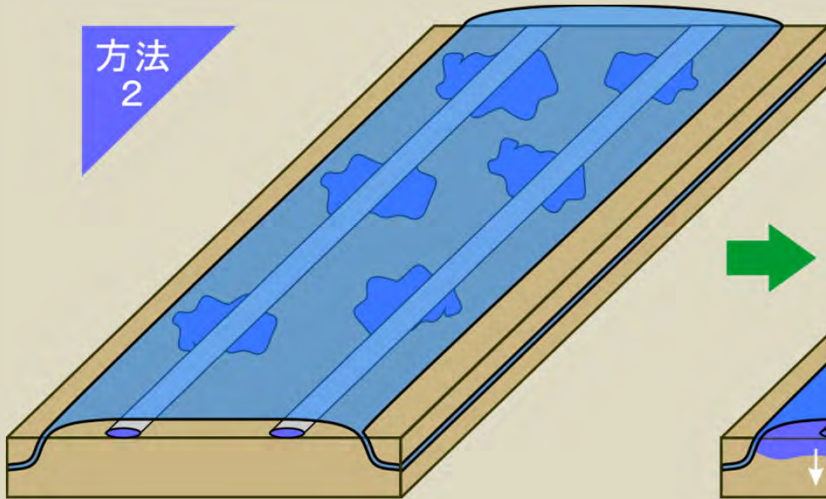
農業  
水

方法  
1



散布してから  
被覆する方法

方法  
2



被覆してから  
灌注する方法



















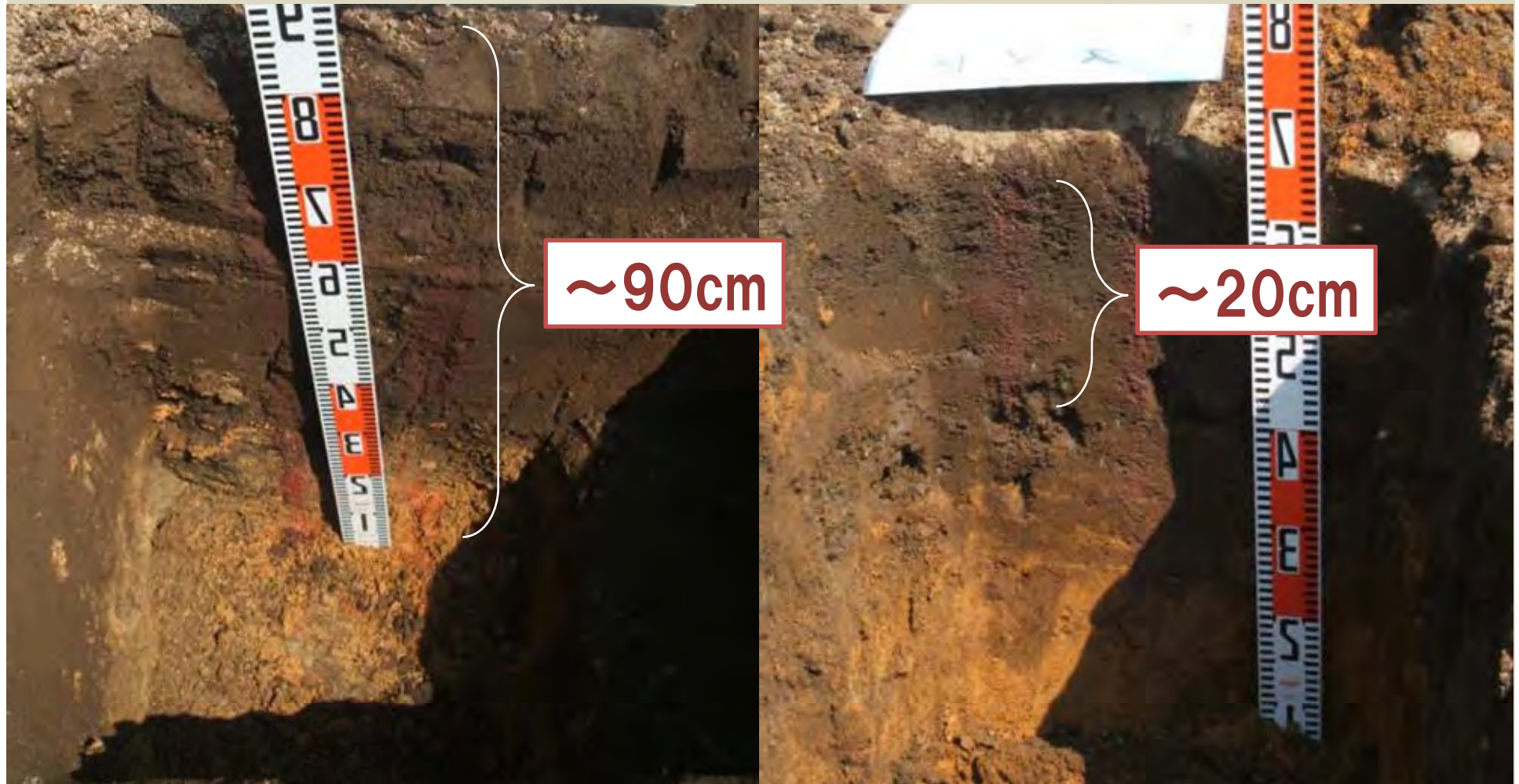








# 土壌の深層部まで効果がある？



**1%エタノール**

**フスマ還元**

# エタノール還元消毒による雑草の抑制

5月  
19日



5月  
31日



無処理区

エタノール区

ふすま区

※ H22年7～8月土壌還元消毒実施、9～3月ブロッコリー栽培後、約2ヶ月そのままにしておいた。

協力:松岡美志(関東農政局) 岩元篤(埼玉県)

平均本数 58.4本  
平均生鮮重 4,476.4g/m<sup>2</sup>  
平均乾物重 342.0g/m<sup>2</sup>

### フスマ区

・イヌタデ  
・タデ  
・オヒシバ  
・コニシキソウ

・アゼナ

・ザクロソウ  
・カヤツリグサ

・トキンソウ  
・ニワホコリ  
・ノボロギク  
・ハキダメソウ  
・ヒデリコ  
・シロザ

### 無処理区

平均本数 68.8本  
平均生鮮重 1,767.4g/m<sup>2</sup>  
平均乾物重 183.1g/m<sup>2</sup>

・イヌホオズキ

・ゴウシュウアリタソウ  
・スベリヒユ

平均本数 20.0本  
平均生鮮重 590.2g/m<sup>2</sup>  
平均乾物重 65.9g/m<sup>2</sup>

### エタノール区

# 還元消毒の失敗の原因

## 土壌還元消毒の原理の理解不足

- ・十分な地温が確保できない時期に処理
- ・被覆をしない、被覆が遅れる
- ・エタノールそのものの殺菌効果を期待

## 障害の原因が不明

- ・適切な病害診断が行われてない
- ・汚染苗の持ち込みによる発病

## その他

- ・暗渠の有無や圃場の整備履歴の記録がない
- ・コストに対する考え方

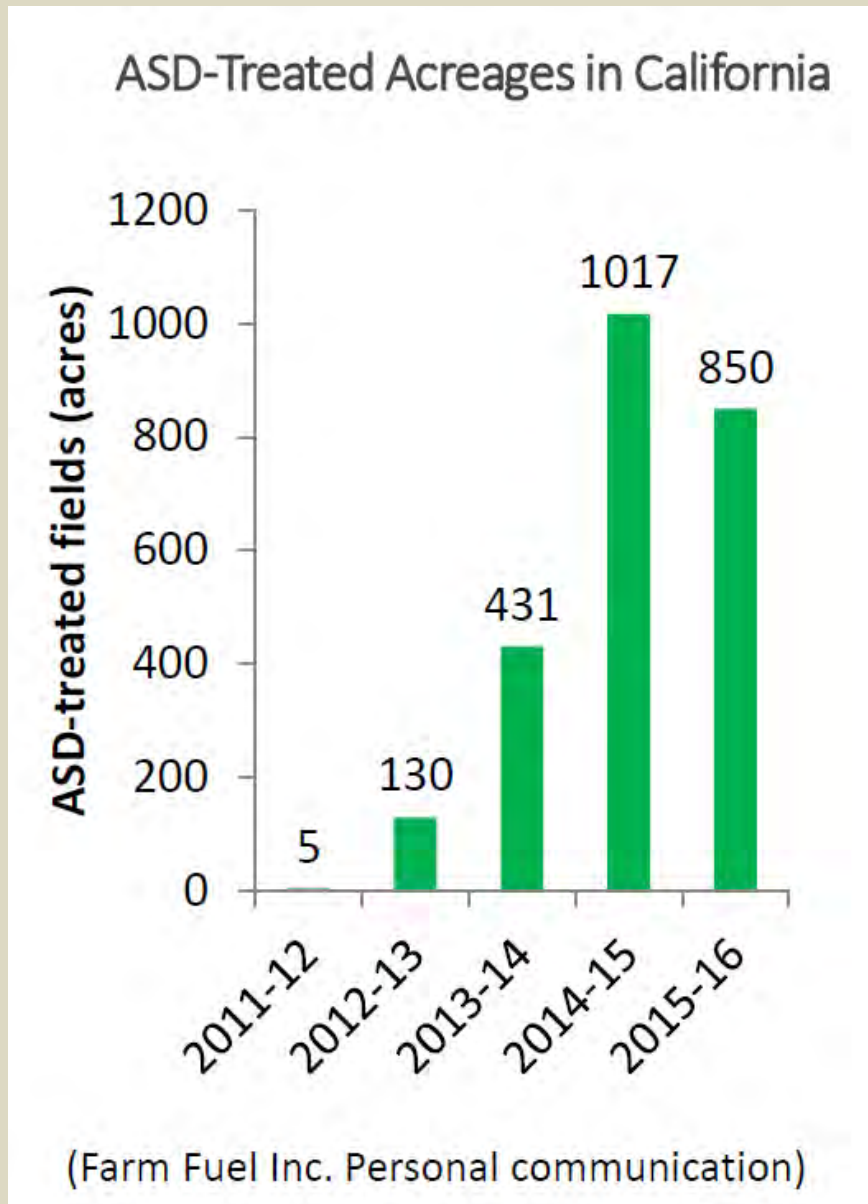
# 3. 技術開発と普及

## 国外における試験事例





## カリフォルニア州における土壌還元消毒の実施面積の推移



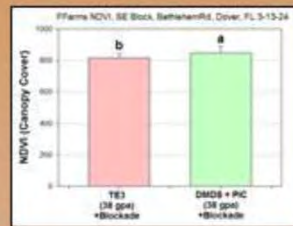
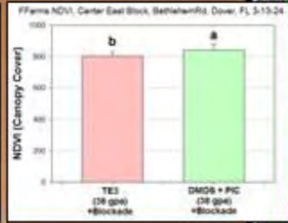
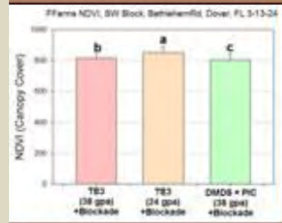
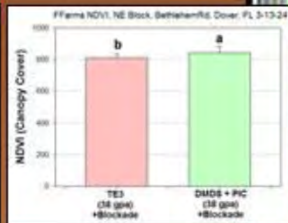
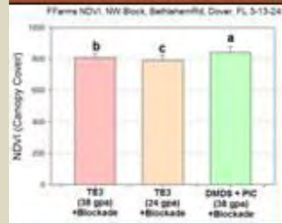
100 acre  
≒ 40 ha





Muramoto et al. (2015) <https://mbao.org/static/docs/confs/2015-sandiego/papers/muramoto.pdf>

# Field and Whole Farm Experimental Units



**Of the 3 DMDS treatments DMDS +PIC (60 gpta) the Best NONE Solved Nematode Problem**



## Currently-Addressing Weed Control and Input Reductions 0.5x CBL, Agricultural Carbon Source (molasses), Sandea



Half-rate ASD under TIF



## 中国のバナナ (フザリウム)

Huang X. (2015) <https://mbao.org/static/docs/confs/2015-sandiego/papers/huang.ppt>





## 中国のピーマン(フザリウム)

Huang X. (2015) <https://mbao.org/static/docs/confs/2015-sandiego/papers/huang.ppt>



## 中国のトルコギキョウ(フザリウム)

Huang X. (2015) <https://mbao.org/static/docs/conf/2015-sandiego/papers/huang.ppt>



## PAJARO VALLEY GOLD 1.0 ASD Soil Amendment

Anaerobic Soil Disinfestation (ASD) was derived in Japan and the Netherlands over the past 20 years. ASD is a soil treatment process, which controls pathogens and restores a healthy balance to your soil. Anaerobic conditions are created with application of PAJARO VALLEY GOLD ASD soil amendment, covering the soil with an oxygen impermeable tarp and then saturating the soil with water. The process converts the soil to an anaerobic



### Products »

- [In the Garden](#)
- [On the Farm](#)
- [In the Tank](#)





## The new, biological way of ground decontamination

Without chemicals and steaming

With Soil Resetting, 100% plant-based Herbie granulates (or liquid) will be introduced into the soil, followed by covering the soil with foil for 1 to 8 weeks, depending on the temperature and the sickness being fought. After this period, the ground is often completely free of nasty diseases caused by damaging nematodes, moulds and insects. The system is applied in practice in more than 150 situations and 7 countries, including tomatoes, peppers, seed cultivation, leafy greens, summer flowers, strawberries and asparagus. Soil Resetting can be applied in both greenhouses and outdoor cultivation. Specifically, Herbie 82 is developed for biological cultivation on the basis of European regulations: Herbie 82 has currently received organic approval for use in the Netherlands and Germany.

[MORE ABOUT SOIL RESETTING](#)

### Method



STAP 1: strooien van Herbie korrels



## 土壌還元消毒用資材 エコロジアール

J.alcoは、独立行政法人農業環境技術研究所(現在は、国立研究開発法人農業環境技術研究所、以下は農環研と記す)及び千葉県との共同研究により、地球環境、住居環境及び農業従事者環境に配慮した「低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒の新技术の開発」を行い、「土壌還元消毒用資材 エコロジアール」を商品化しました。エコロジアールは全国農業協同組合(全農)、全国肥料商連合会(一部卸販売店)でお買い求めいただけます。



## 4. 今後の展望



# 土壌病害の 防除に土壌 消毒は必須



## 土壌くん蒸消毒

◎効果 ◎コスト

×環境リスクの問題

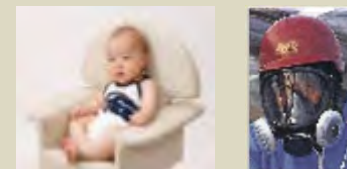
(過剰な使用、漏洩、  
作業ミス、低温期の薬害)

×再汚染の問題

(毎作処理が必要)

×低温期に不安定

(作業時期の限定)



## 代替技術としての還元消毒

◎環境リスク ◎再汚染の危険性

×コストの問題

(資材の高騰、投入量と効果)

×低温期に使えない

(使える場所、時期が限定)



## 低温条件下においても 効果的な土壌消毒技術

### ①既存技術のアレンジ

- ・還元消毒と温湯処理の組み合わせ？
- ・土壌くん蒸剤の拡散／分解促進？



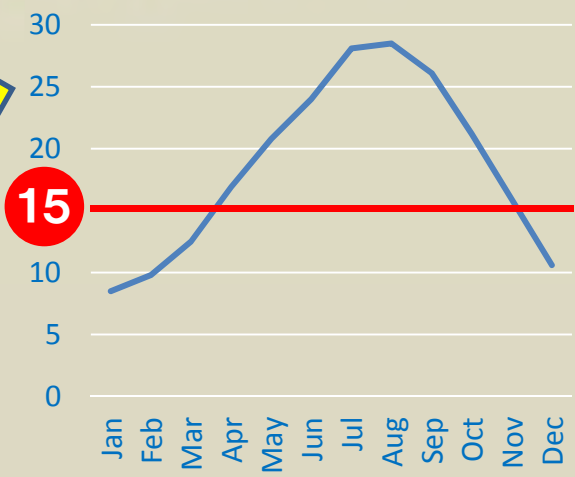
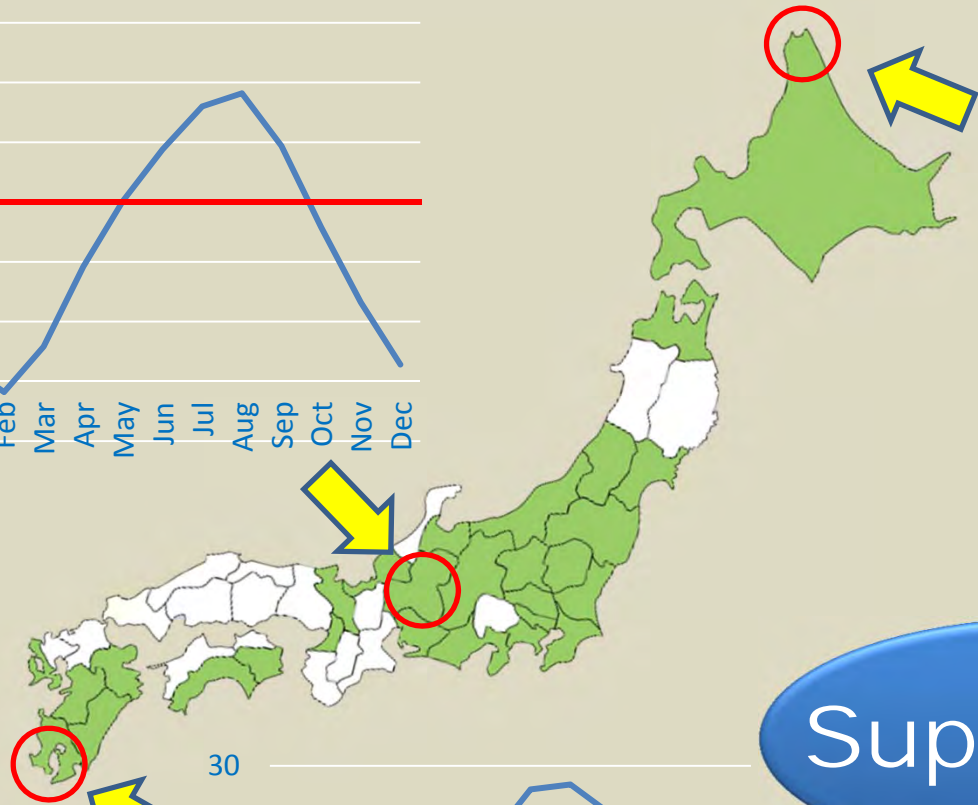
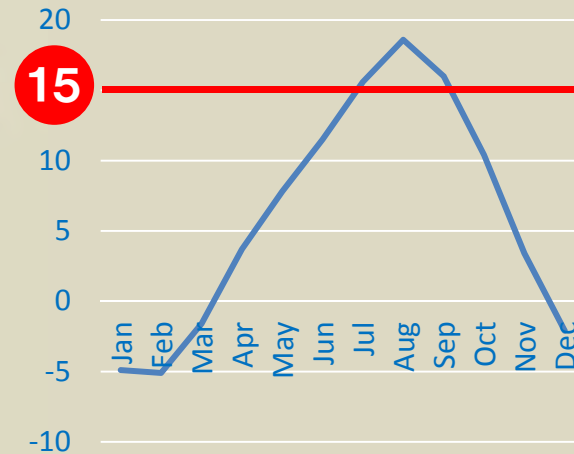
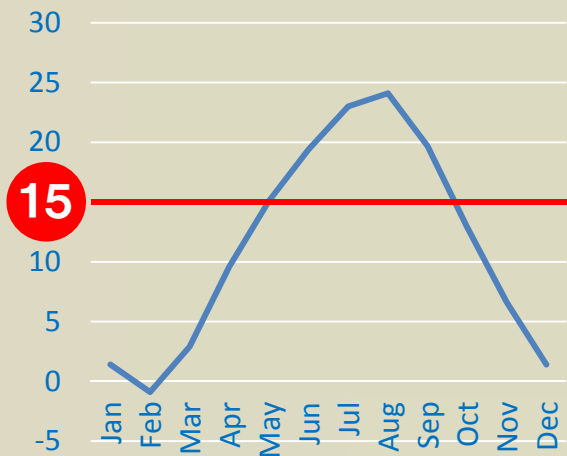
## ②新技術の開発

## 易還元型土壌の発見

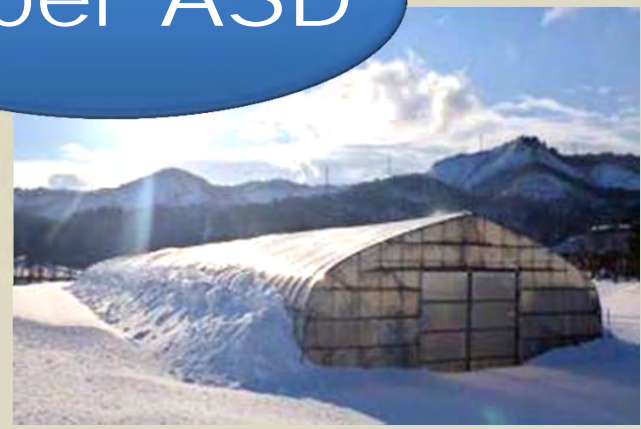
ASD with	Soil T	Soil C	Potting mix A
Wheat bran	×	<b>Good</b> <15°C	?
0.2%Ethanol	×	×	<b>Good</b> <15°C
SM	<b>Good</b> <10°C	×	×

ある特定の土壌・培養土と還元資材の組み合わせにおいて、通常は消毒効果が期待できないような低温条件下においても土壌還元消毒の効果が安定して発揮されることがある。





Super ASD



「スキーの前に還元消毒」

# 謝辞

## 千葉大学 植物病学研究室

雨宮良幹(千葉大学名誉教授)

宍戸雅宏(千葉大学教授)

宇佐見俊行(千葉大学准教授)

松岡美志(関東農政局)

岩元篤(埼玉県)

赤塚尚彦(めいぶる環農研)

アルコール産業株式会社

UC Santa Cruz

村本穰司

Carol Shennan

USDA ARS

Erin Roskopf

Cal. Strawberry Commission

Dan Legard

## エタノールプロジェクトグループ

與語靖洋(農環研)、小原裕三(農環研)、植松清次(千葉県)、  
北宣裕(神奈川県)、新村昭憲(北海道)、大木浩(千葉県)、  
広田恵介(徳島県)、渡辺秀樹(岐阜県)、網野行雄(J. alco)

