

カラシナによるカドミウム吸収に対する
有機物添加とミミズの効果

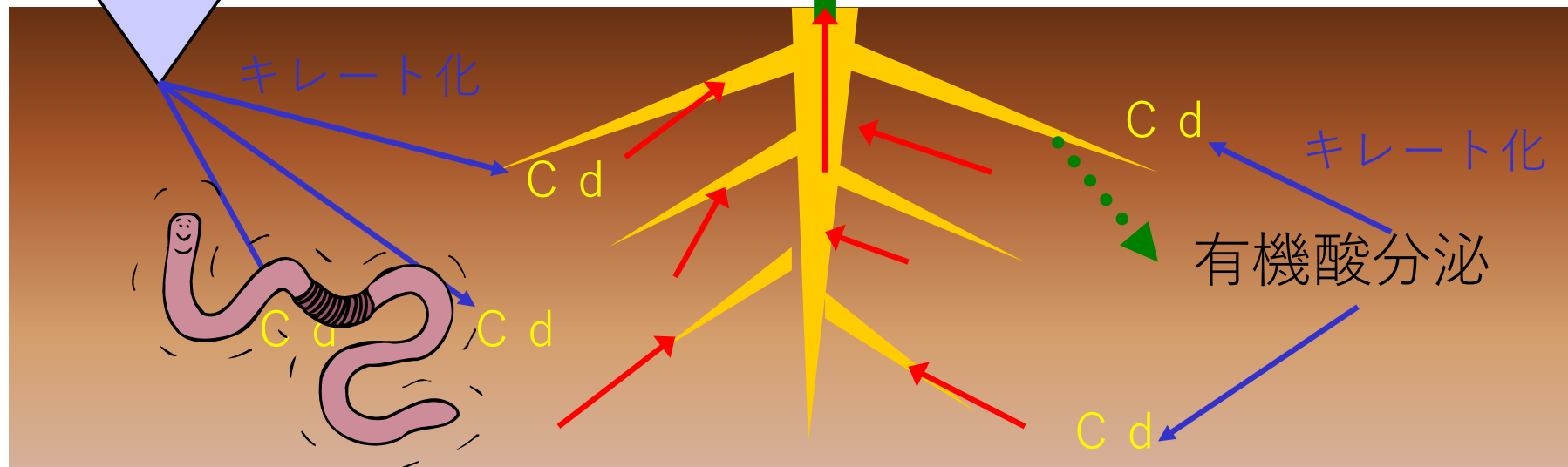
筒木 潔・平野 有希子・長澤 奈那

カラシナによるファイトレメディエーション

ファイトエクストラク
ション

重金属を植物体内
に吸収・蓄積

Cd可溶化
資材



Cd単離

Cd不溶化

有機物とミミズはど
のように関わってい
るか？

供試土壌の性質

帯広畜産大学構内

学生実験圃場作土より

50cmから60cm付近

恵庭ローム層



有機物に乏しい

| 化学的性質 | |
|---------------------------------------|-------------|
| pH (H ₂ O) | 6.92 |
| pH (KCl) | 5.37 |
| EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | 54.90 |
| N _{Total} (%) | 0.04 |
| C _{Total} (%) | <u>0.42</u> |
| C/N | 9.72 |
| CEC ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$) | 5.21 |

| 粒径組成 | |
|------|-------|
| 粗砂 | 43.66 |
| 細砂 | 33.11 |
| シルト | 14.60 |
| 粘土 | 8.64 |

土性: 砂壤土

供試土壌の性質②

交換性塩基、および可溶性Cu・Znに乏しい

| | | | | |
|--------------------------------|-------|------|------|------|
| | | | | |
| 交換性塩基 | Ca | Mg | K | Na |
| $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ | 2.24 | 0.22 | 0.23 | 0.19 |
| 0.1N HCl抽出重金属 | Fe | Cu | Zn | Cd |
| mg kg^{-1} | 35.20 | 1.84 | 0.36 | 0.45 |
| | | | | |

試験区的设计

| 対照区 | 腐植物質 | 有機物 | 合成キレート剤 |
|-------|----------------|----------------|---------|
| Blank | 火山灰土 腐植酸-L | 消化液 スラリー -L | EDTA-L |
| | 火山灰土 腐植酸-H | 消化液 スラリー -H | EDTA-H |
| | 泥炭土 腐植酸-H | | |
| | 火山灰土 フルボ酸-L | | |

・腐植物質、およびEDTA区についてはLは供試土壤中の濃度が500ppm、Hは1000ppmとなるように、またスラリー区についてはLは2.5%、Hは5.0%となるように添加する。

・以上の有機物と、Cdをそれぞれ供試土壤中の濃度が0ppm,10ppm,50ppmとなるようにして添加する。

・試験はそれぞれ3連で行う。

試験区的设计・ミミズ添加区

| Control | Earthworm | Earthworm + α |
|------------|--------------------------------|----------------------|
| Food-Blank | <i>Eisenia foetida</i> (EwE) | EDTA + EwE |
| | <i>Amyntas agrestis</i> (EwA) | HA + EwE |
| | <i>Lumbricus ruberus</i> (EwL) | |

上記のミミズと卵胞(C)、Cdをそれぞれ供試土壌中の濃度が
0ppm,10ppm,50ppmとなるようにして添加する。

ミミズ添加区にはすべて被験ミミズが試験期間中に

消費可能な有機物含量の約61%相当のえさを同時に添加する

試験はそれぞれ3連で行う。

添加試料の性質

スラリーは畜大フィールド科学センターの嫌気発酵消化液を用いた

ミミズのえさは馬糞とクヌギ発酵チップを1:5.6で混合したものを用いた

| | C (%) | N (%) | C / N | C d (ppm) |
|--------|-------|-------|-------|------------|
| スラリー | 1.87 | 0.35 | 5.36 | 0.002 |
| ミミズのえさ | 47.4 | 0.96 | 49.3 | 0.017 |

添加ミミズ種



Lumbricus rubellus

体長: 60-100 mm

帯広畜産大学堆肥場から採取
1ポットにつき5匹 卵胞を1つ添加

棲息深度: 10-25 mm

平行生殖



Eisenia foetida

体長: 50-100 mm

市販のものを購入

棲息深度: 3-30 mm

1ポットにつき4匹、卵胞を1つ添加

平行生殖・Cdによる幼形成熟が確認



Amynthus agrestis

体長: 80-200 mm

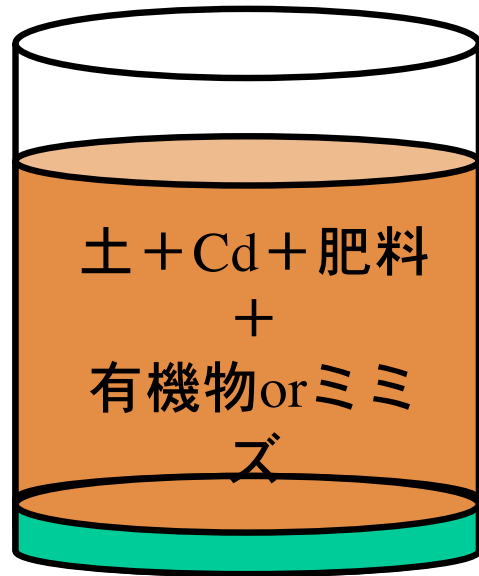
帯広畜産大学堆肥場から採取
1ポットにつき4匹 卵胞を1つ添加

棲息深度: 100-500 mm

集中生殖・選択的重金属蓄積

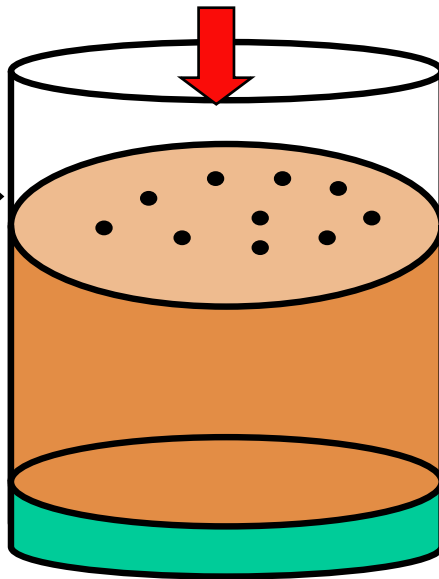
植物のポット試験

Sinapis alba: 10粒

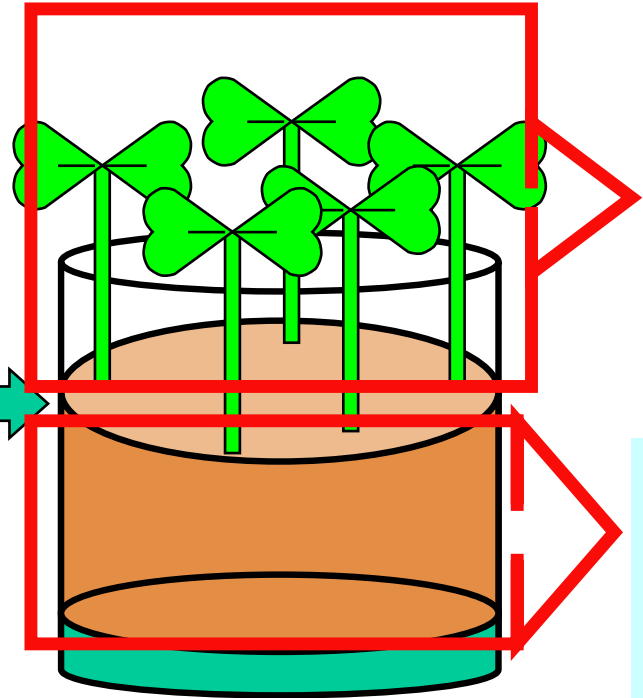


ガラスビーズ : 1
0.0g

1000mlポット容
器



発芽後間引きし
て
5本にする



30日間
温室で栽
培

ポット試験の結果

試験区 BLANK



発芽率は

すべての区
で

ほぼ100%

Cd50ppm
で黄化

Cd Lv2
50 ppm

Cd Lv1
10 ppm

Cd Lv0
0 ppm



試験区 腐植酸(HA-A)

Cd Lv2
50 ppm

Cd Lv1
10 ppm

Cd Lv0
0 ppm



腐植酸は
Cd10ppmまで
植物の生育を
促進

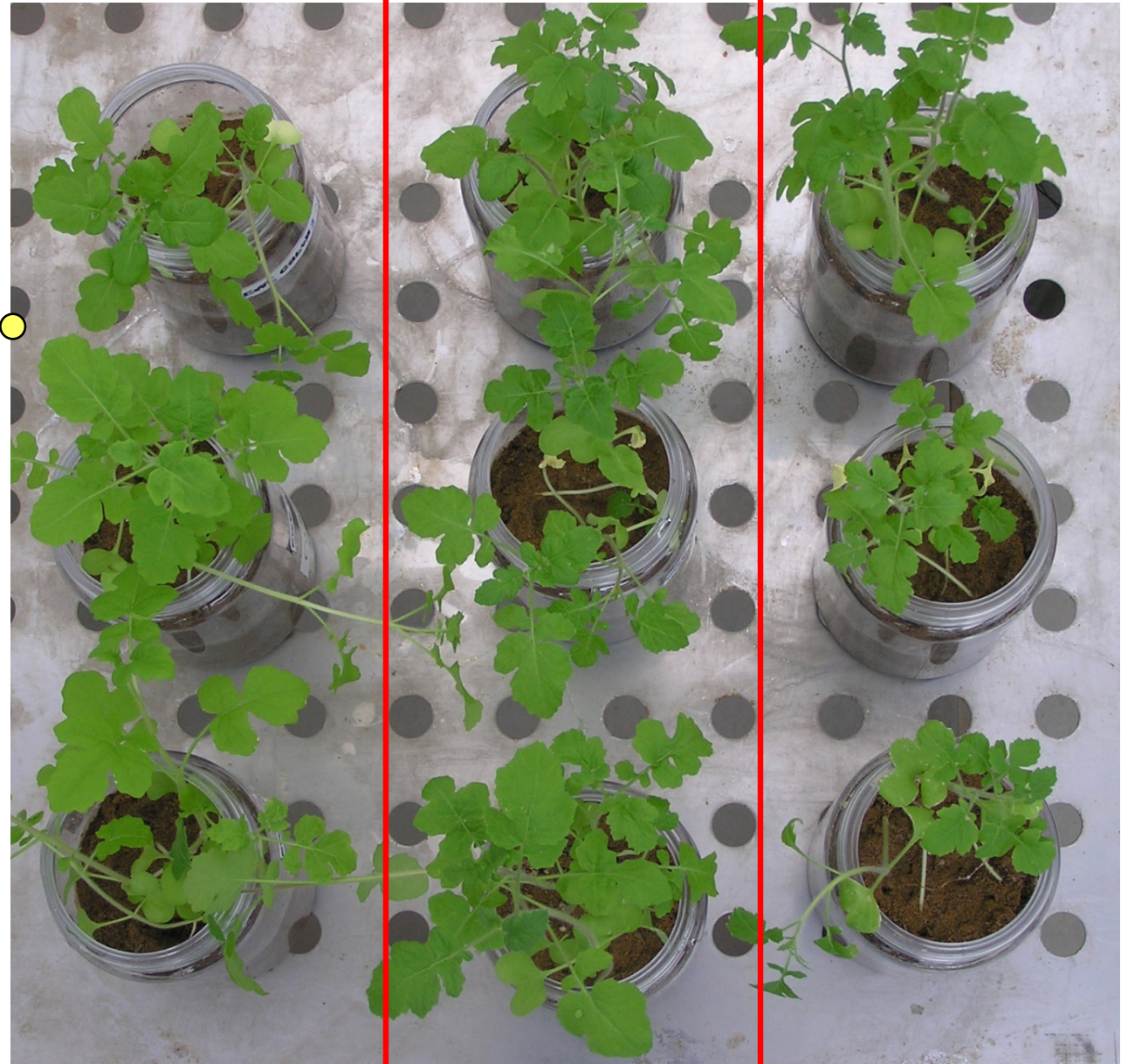
試験区 EwE



Cd Lv2
50 ppm

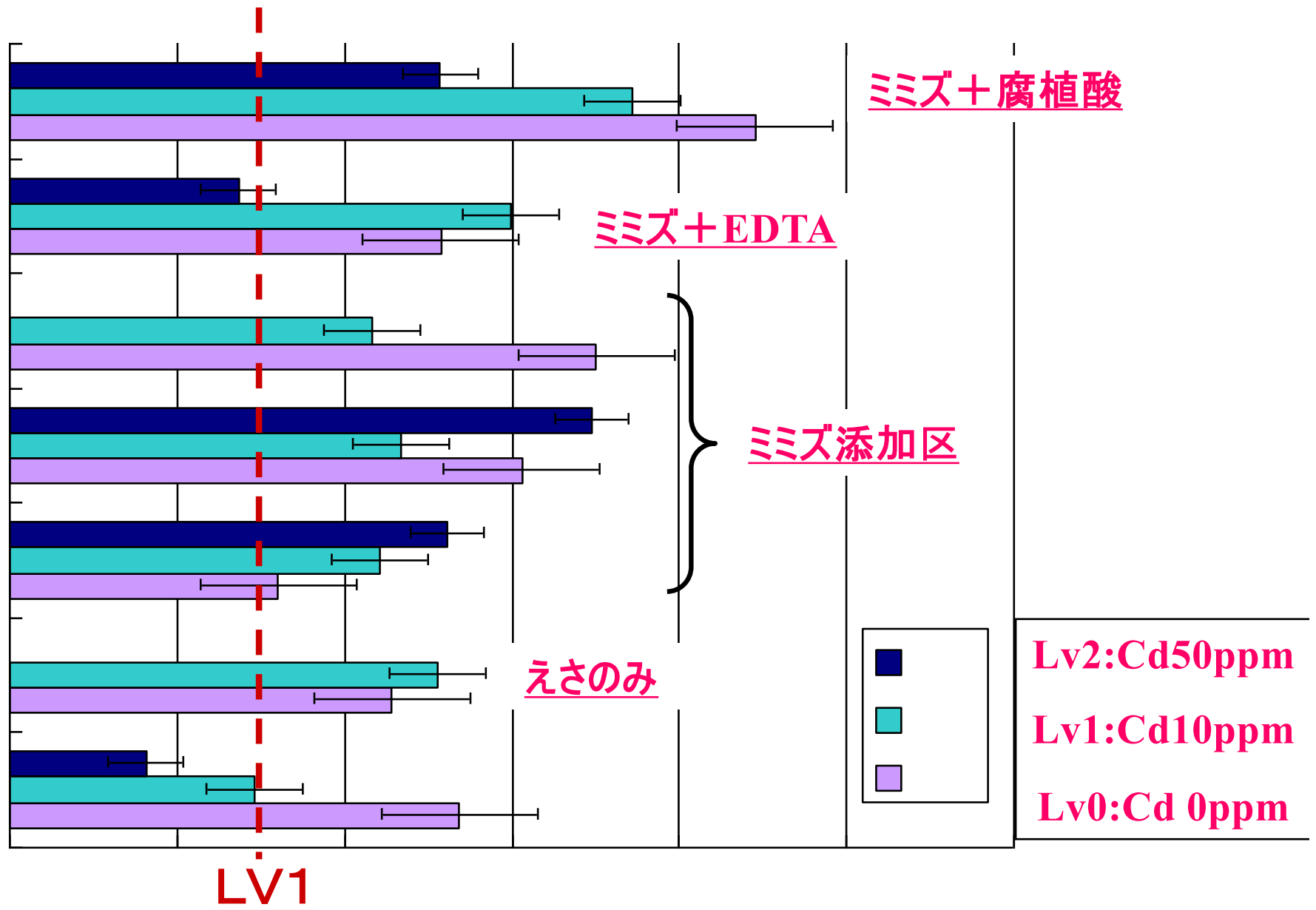
Cd Lv1
10 ppm

Cd Lv0
0 ppm

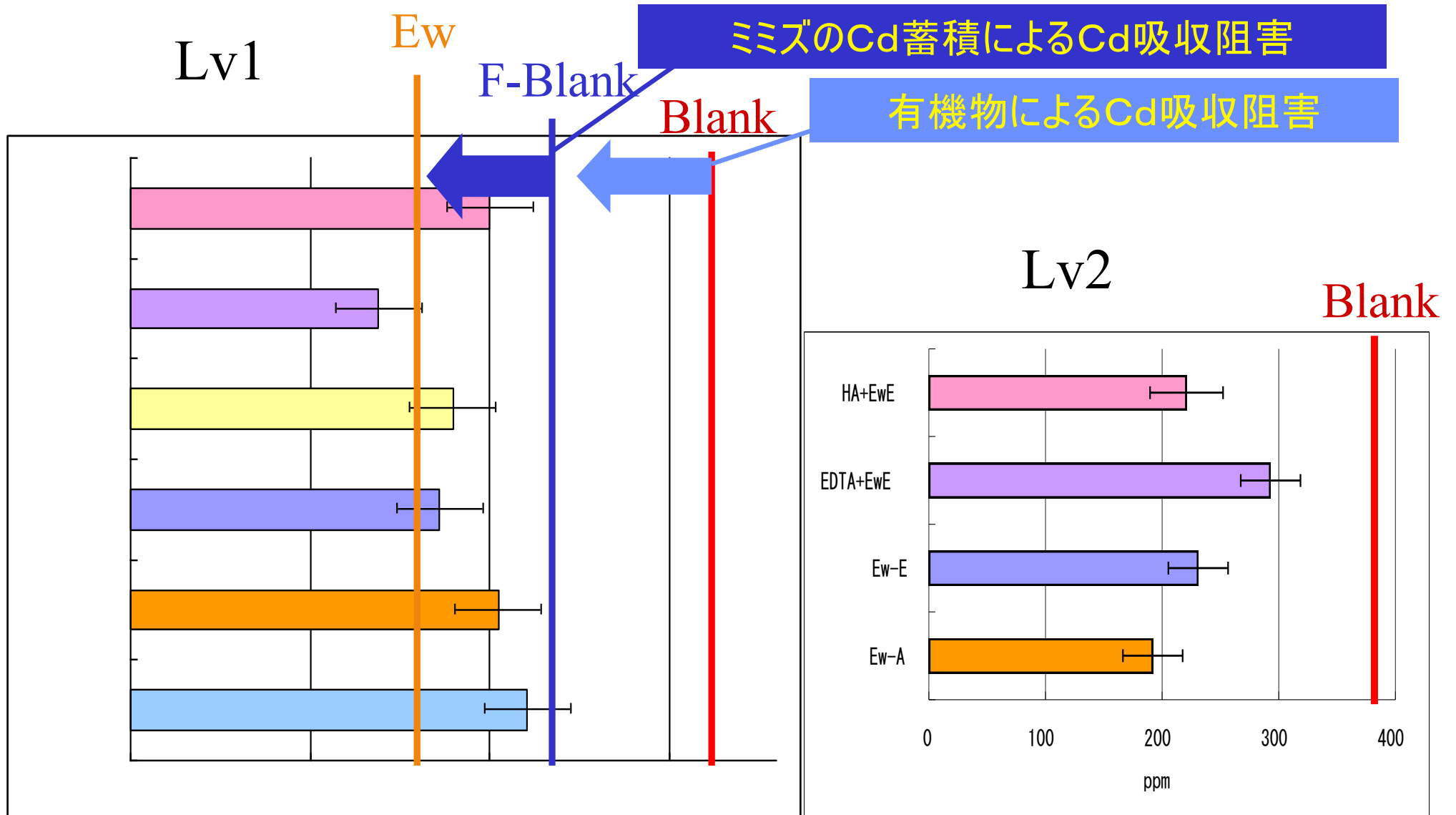


ミニズ区では
植物の生育が
促進された

茎葉収量 g DM/pot



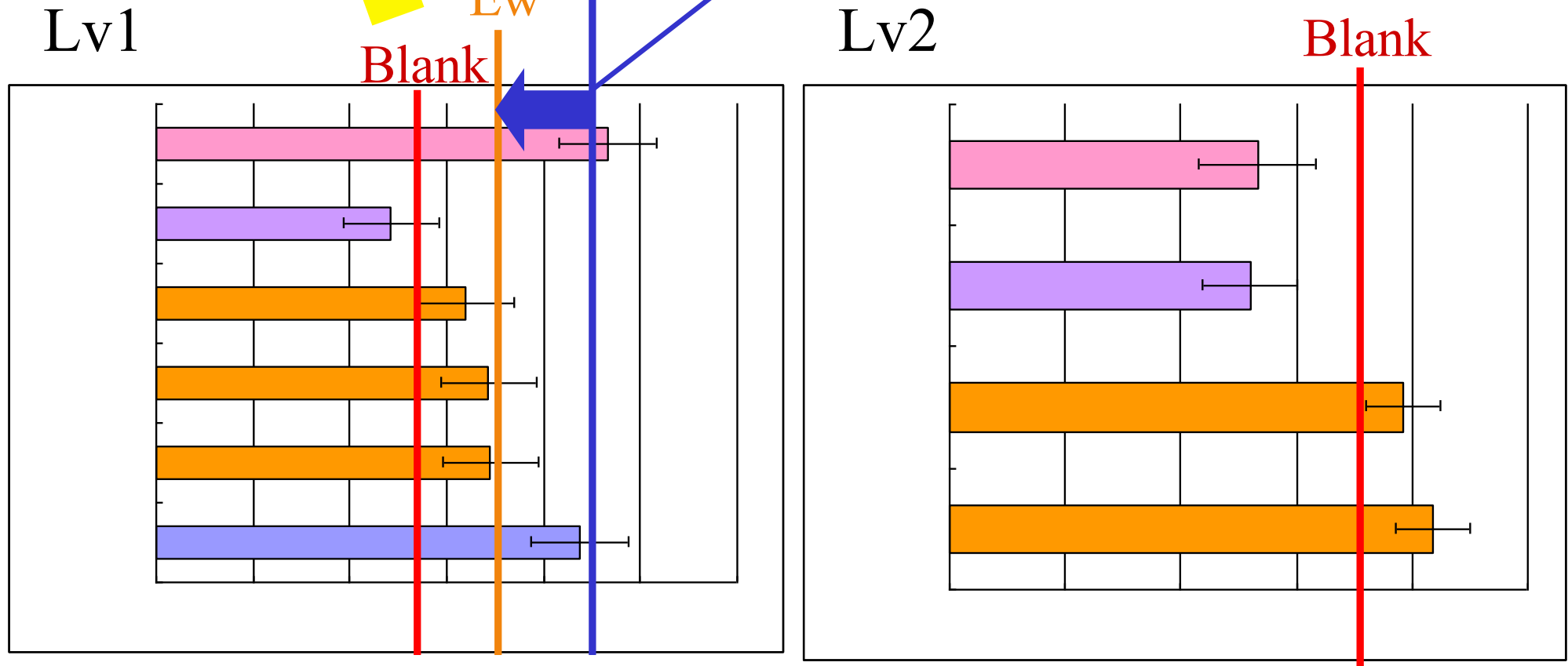
ミズ添加区の茎葉中のCd濃度



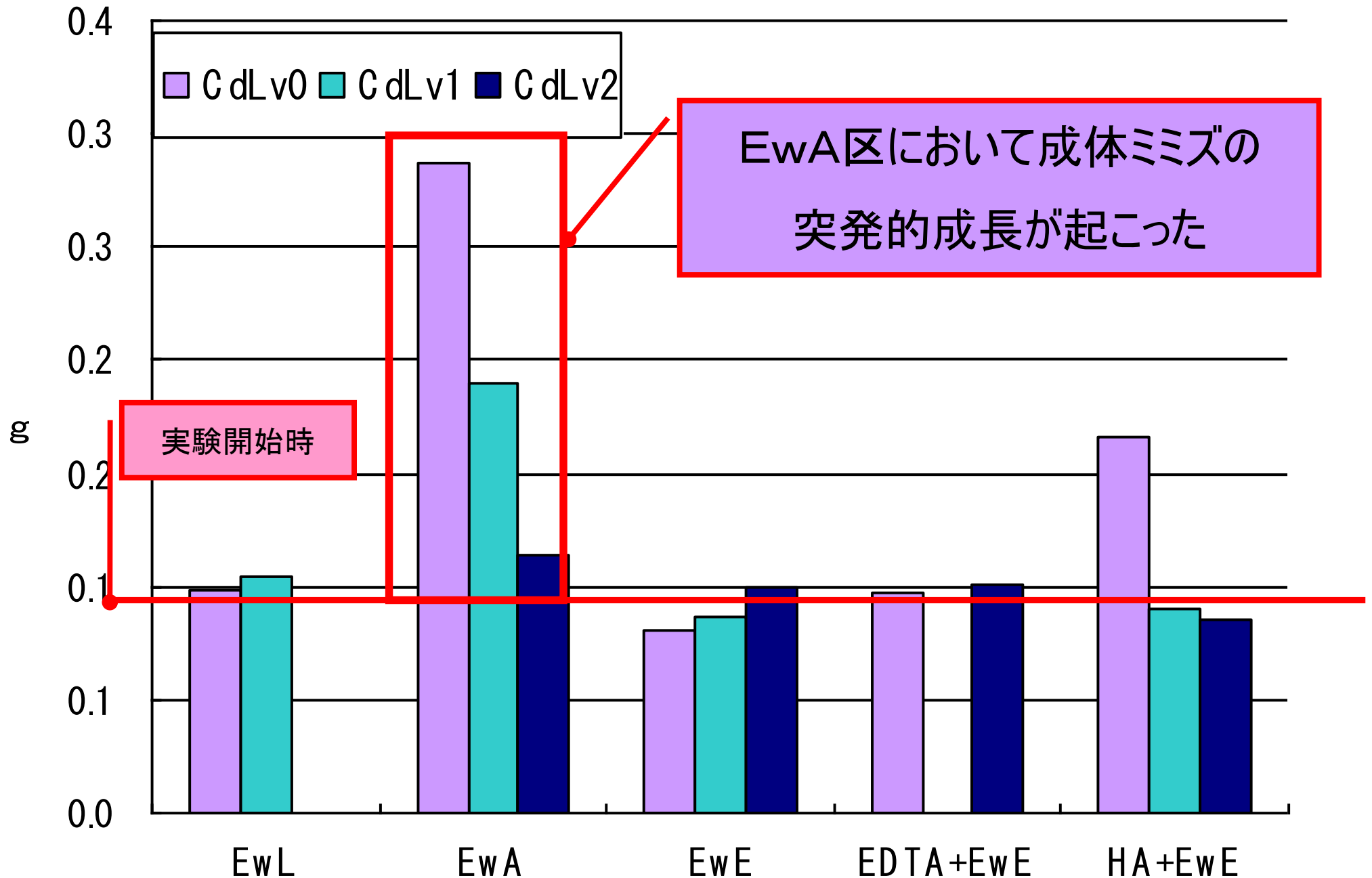
ミズ区的全Cd吸収量

有機物添加による植物成長促進でCd吸収量が増加

ミズのCd蓄積によるCd吸収阻害



Cdがミミズ成長に及ぼす影響



Cdがミミズ成長に及ぼす影響

ミミズ種 *Lumbricus rubellus*

Eisenia foetida は

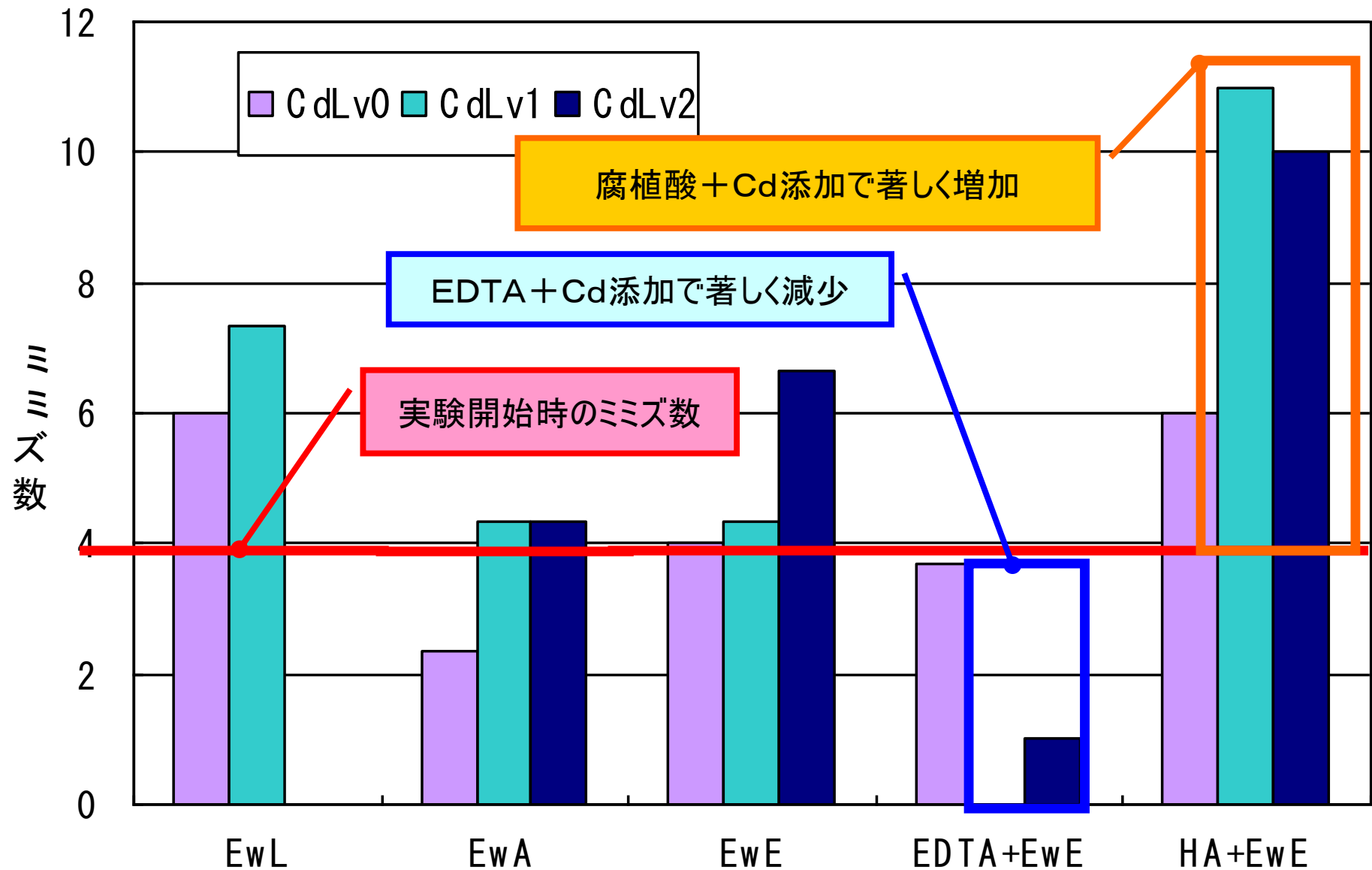
Cd10ppm、50ppm汚染土壌では、
成長阻害が起きない

ミミズ種 *Amyntus agrestis* は

Cd10ppm以下の試験区において、
何らかの作用で一部の個体に突発的成長が起きた。

Cd50ppm汚染土壌においては
この作用は阻害された。

Cdがミミズの繁殖に及ぼす影響

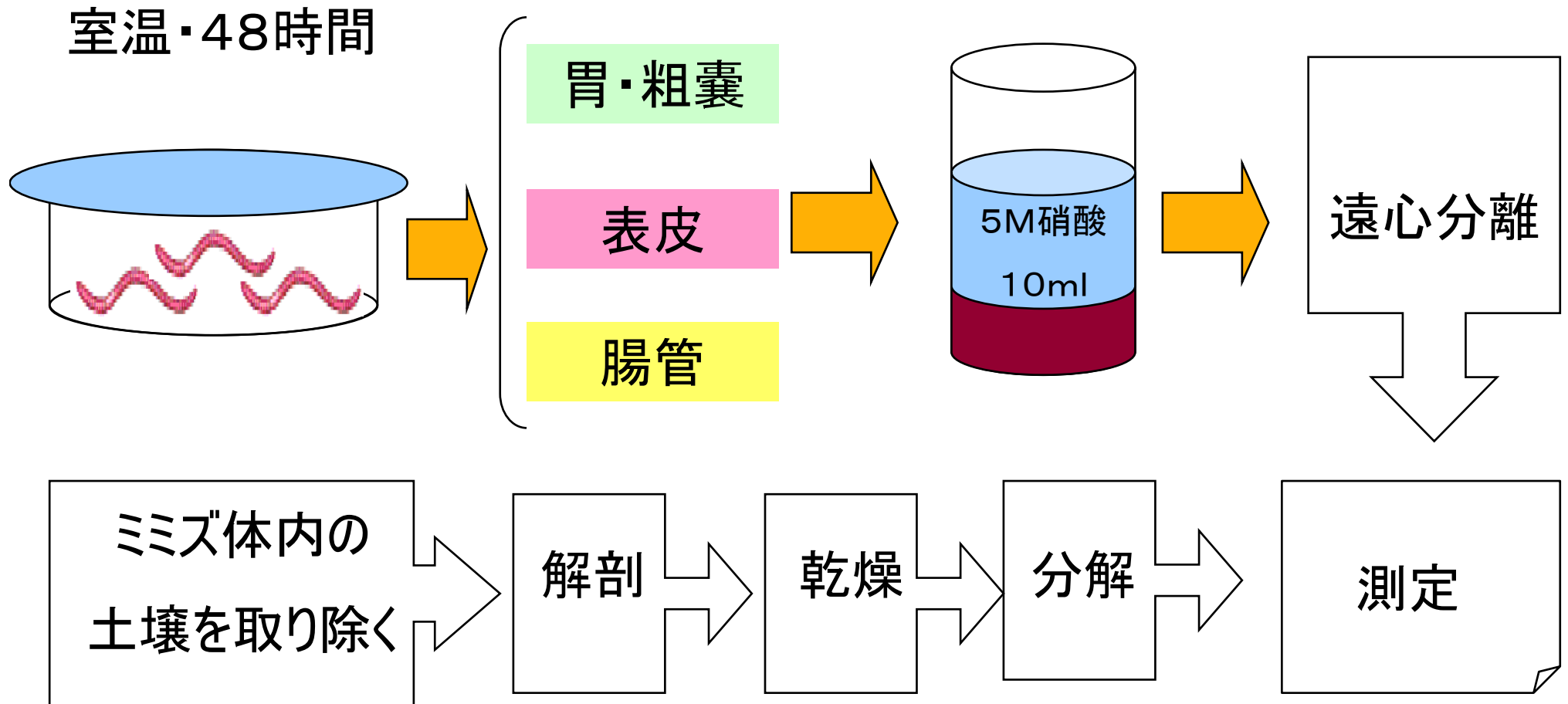


Cdがミミズの繁殖に及ぼす影響

ミミズ種 *Lumbricus rubellus* は
Cd10ppm汚染土壌において
Eisenia foetida
Amyntus agrestis は
Cd10ppm、50ppm汚染土壌において、
生存が可能であった

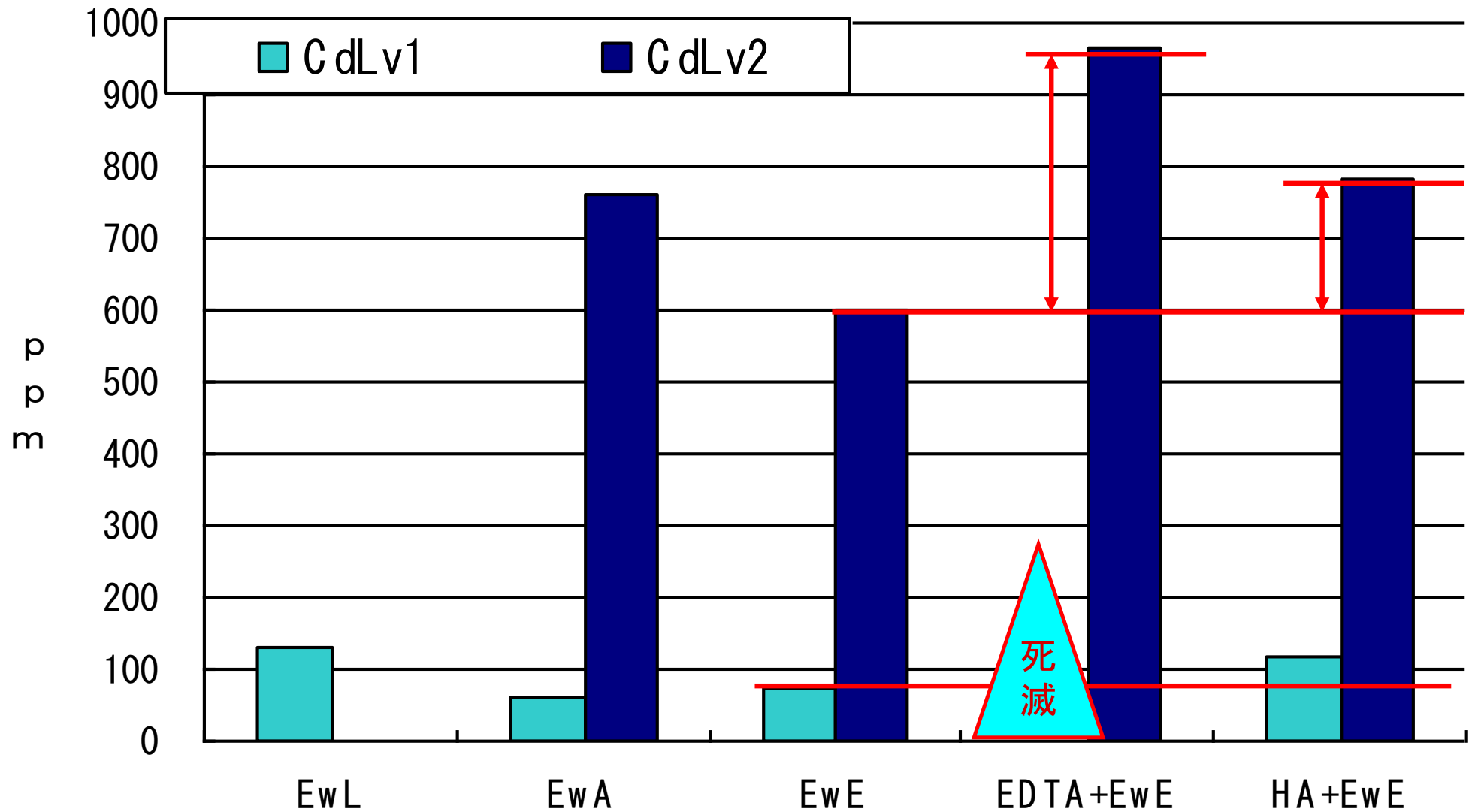
ミミズ種 *Lumbricus rubellus* は
Cd10ppm、汚染土壌において、
Eisenia foetida は
Cd10ppm、50ppm汚染土壌において、
繁殖(卵胞産出)が確認

ミズCd分析法



ミミズ組織中Cd濃度

EDTA・腐植酸添加でCd濃度が増加



ミミズ組織中Cd濃度

ミミズ種 *Eisenia foetida* は
EDTA・腐植酸の添加により、Cd濃度が増加した。

EDTA + Cdの添加区ではほとんどのミミズが死亡した

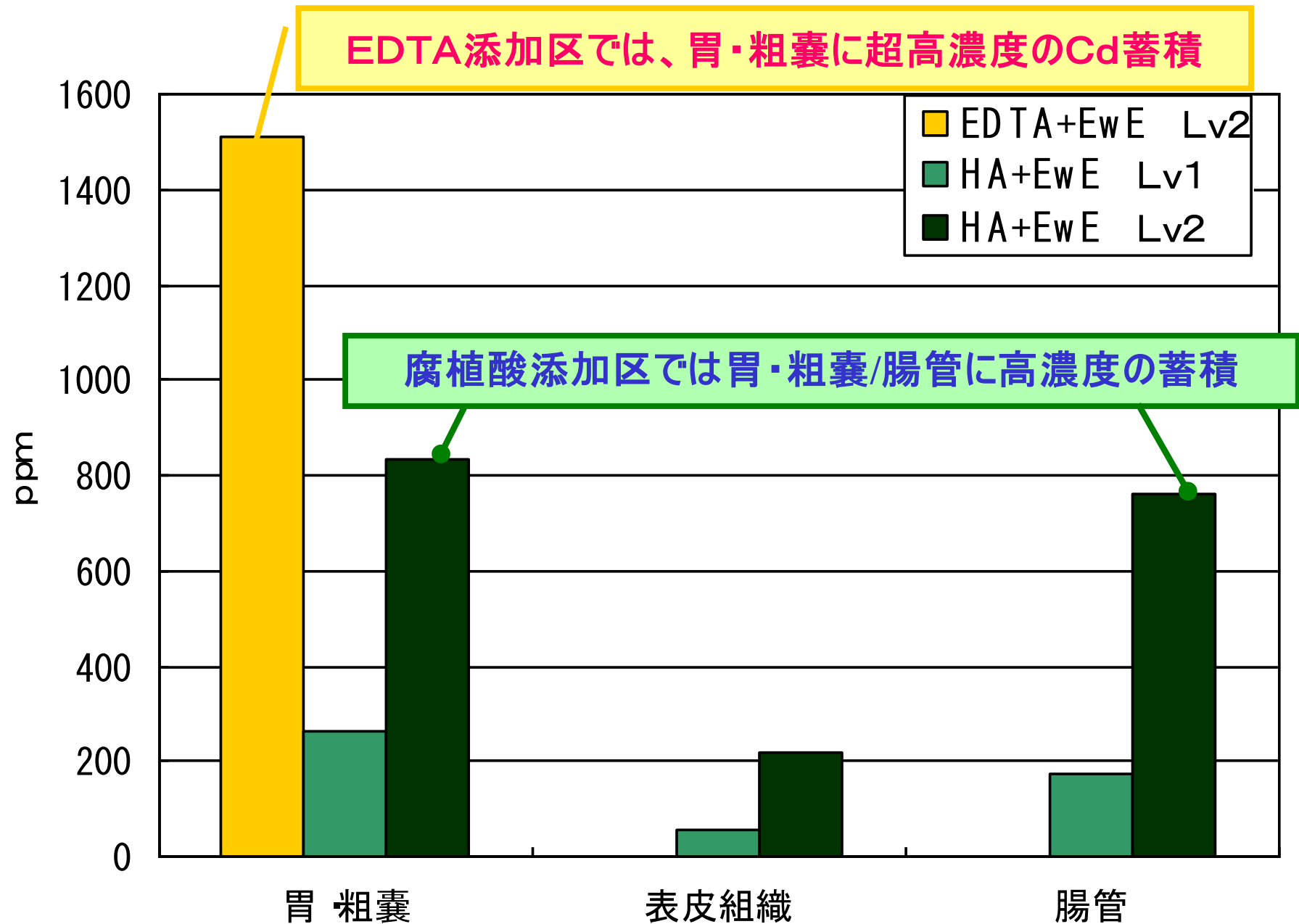
(EDTAのみの添加ではミミズの死亡は確認されなかった)

腐植酸 + Cd添加区ではミミズの数が増加した

(腐植酸のみの添加ではミミズ数の急増は確認されなかった)

EDTAと腐植酸のキレート作用の違いが影響？

ミミズ組織別のCd蓄積濃度



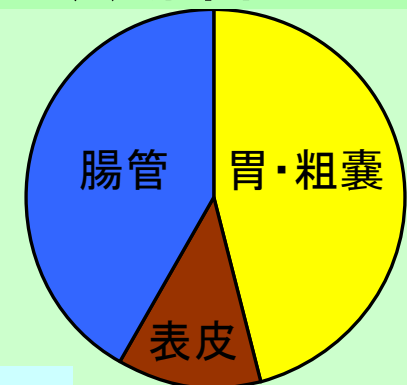
ミミズ組織別のCd蓄積

EDTA添加区では、Cdのほぼ100%が
胃・粗嚢に蓄積されていた

胃・粗嚢中のCdは1400ppm以上の超高濃度であった

腐植酸添加区では胃・粗嚢:46%、表皮:11%、腸管:43%

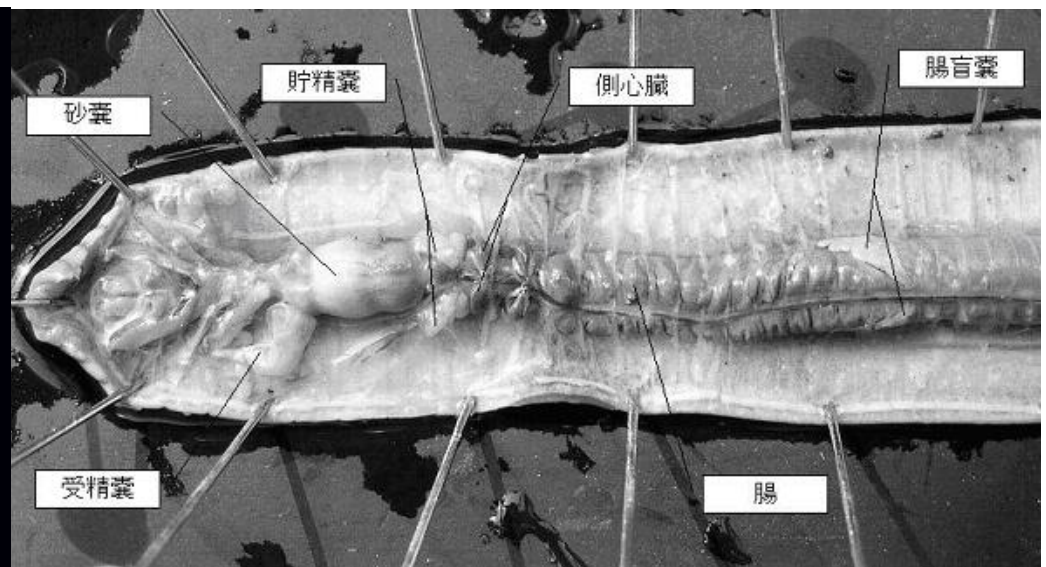
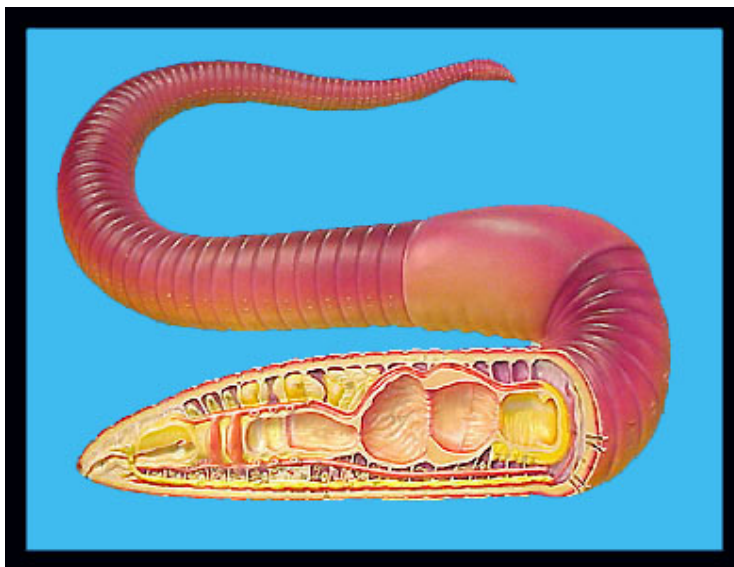
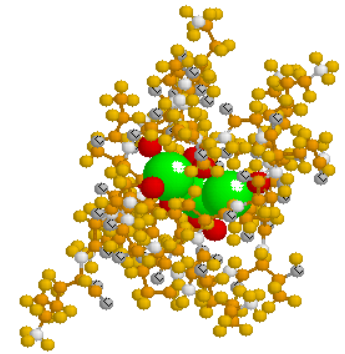
胃・粗嚢中のCdは800ppmであった



EDTA区でのミミズの死亡原因は
胃・粗嚢中のCd高濃度集積と考えられる

*E.foetida*の特性

ミズ種 *Eisenia foetida* は
重金属類を分泌酵素によってキレート化し、
粗囊中に蓄積することが知られているが、
Cdなどの有害物質は粗囊に運搬タンパクを産生し、
体外に排出するメカニズムをもっている。
また、粗囊中への一定以上の重金属集積が
幼形成熟を引き起こし、一時的に繁殖量を増大させる。



考察

注:これはあくまで私の考えです

E D T A 添加により、C d がキレート化され、
C d が粗嚢中に取り込まれた場合、その形態の変化によって
ミミズの産生タンパクにより体外に排出することができず、
1 0 0 0 p p m ~ 1 4 0 0 p p m で C d 中毒により死亡すると考
えられる。

腐植酸添加によりミミズの C d 蓄積量が増加したことから、
腐植酸はミミズが粗嚢に C d を蓄積する際のキレート剤として
若しくは、ミミズ自身の持つ C d キレート化能力の補助的な役割
を果たしていると考えられる。

この場合体外へ排出が可能である。

さらに、C d と腐植酸の施用はミミズの幼形成熟による、
一時的な繁殖量の増加を引き起こす。

まとめ

ミミズはシロカラシ(*Sinapis alba*)における
Cdファイトエキストラクションに促進効果はない

ファイトレメディエーションを目的とする場合、

EDTAなどの人工キレート剤は植物成長だけではなく、
ミミズのいない土壌の方が効率的

ミミズなどの土壌動物にも悪影響がある

ファイトレメディエーション促進剤としてのEDTAには疑問
がある

しかし、ミミズ自身の持つCd耐性・集積能力は高く、

その能力は腐植酸によって、より高めることができる

ミミズを利用したバイオレメディエーションや

作物へのCd吸収抑制などに応用