



平成18年8月28日

KEKミニワークショップ
「RIとRIビームによる生物・医学・薬学利用」

生命科学分野における放射性核種 の応用

日本原子力研究開発機構

量子ビーム応用研究部門(高崎)

石岡 典子

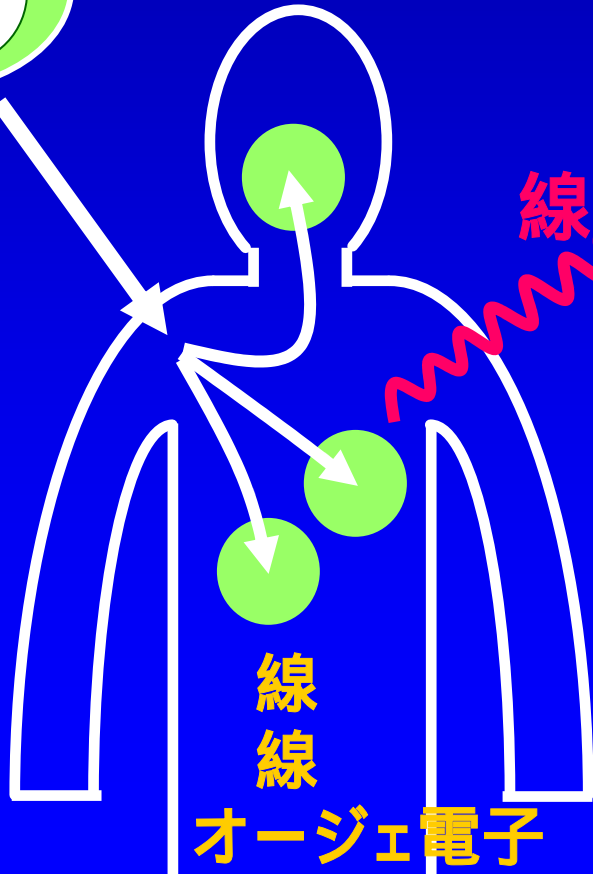
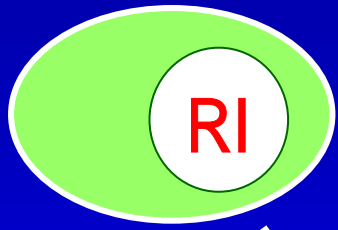


放射性核種利用の普及、新規利用分野の開拓

- 医学(核医学)
がんの診断・治療
- 農学(植物生理学)
植物体内における物質挙動のリアルタイム計測
生理学的な機能の解明
機能の推測

放射性核種(RI)を用いた診断・治療

放射性薬剤

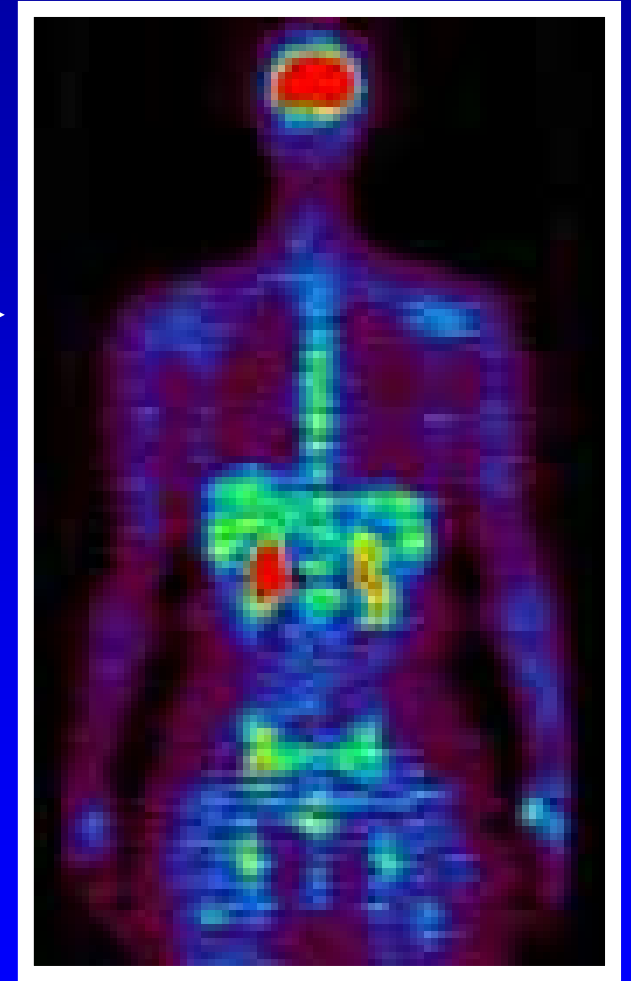


治療

線
線
オージェ電子

イメージング
検出器 →

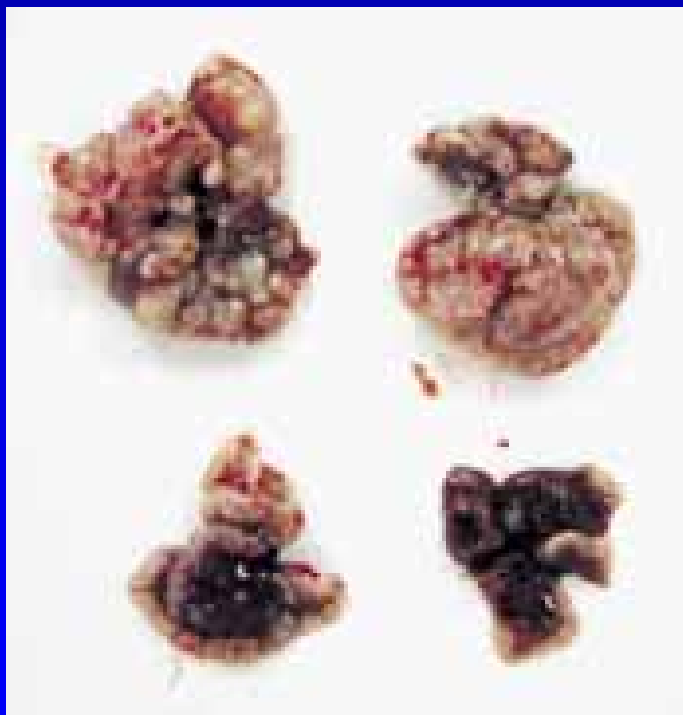
PET
SPECT
シンチカメラ
etc



「資料提供：群馬大学大学院医学系
研究科 飯田靖彦先生」

大腸がん肝転移モデルにおける 放射免疫療法

未治療



治療

医学応用を目指したRIの開発

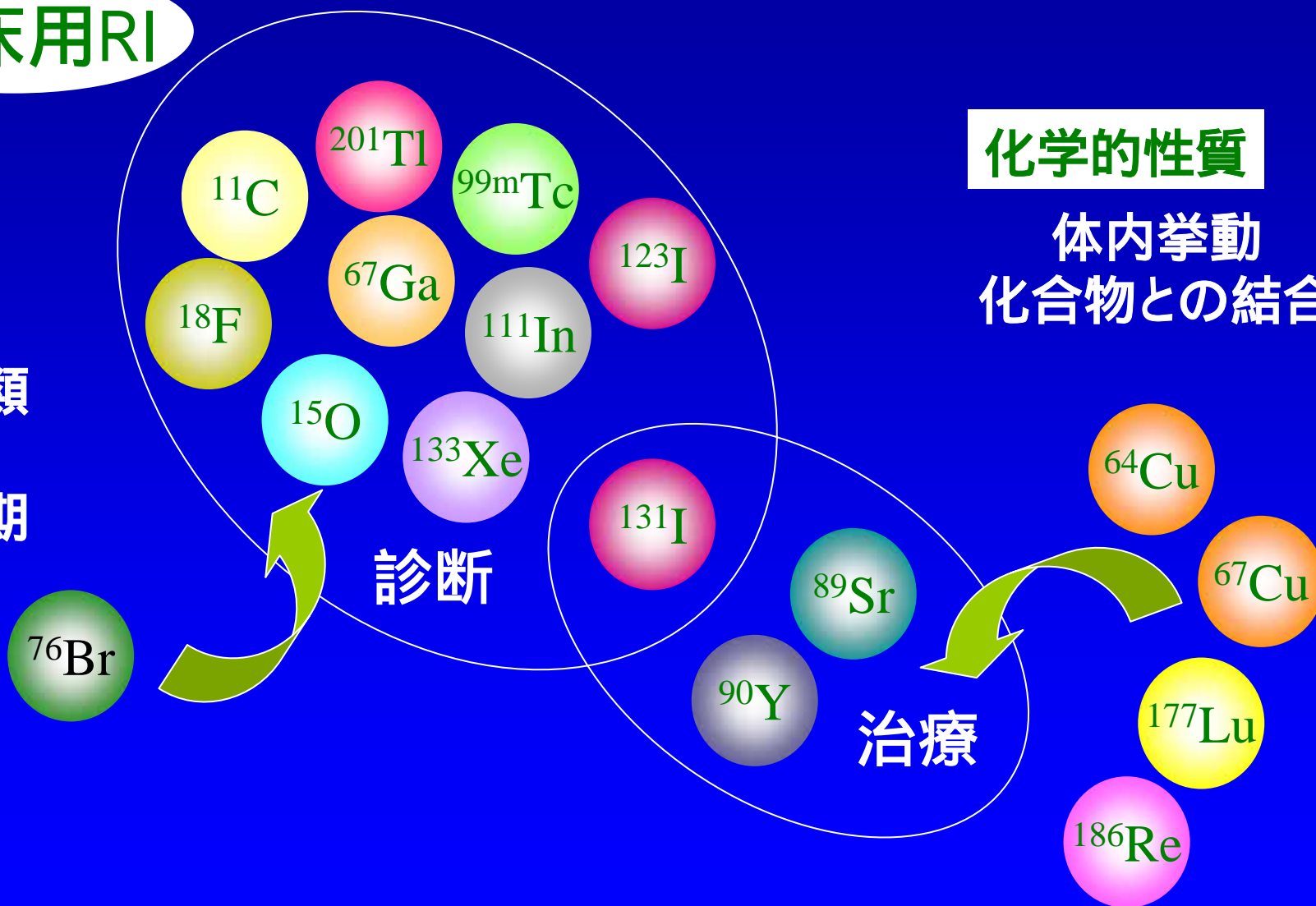
臨床用RI

物理的性質

放射線の種類
エネルギー
核種の半減期

化学的性質

体内挙動
化合物との結合

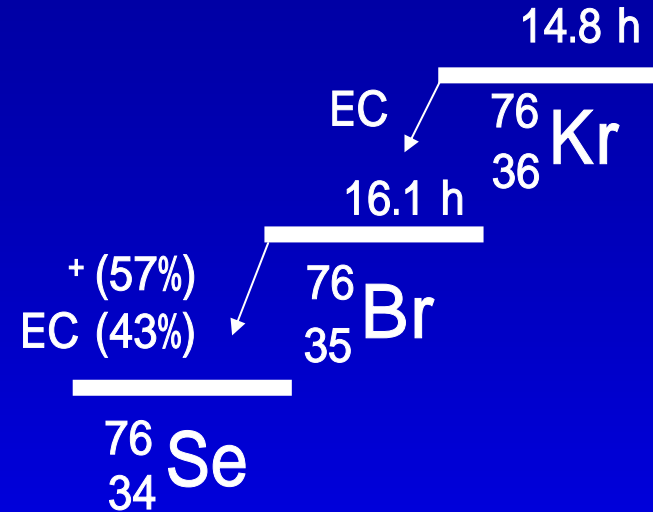




^{76}Br の製造

ヒト, 植物, 分子イメージング

- ・ハロゲン: 有機分子への導入
- ・結合の安定性: $\text{Br} > \text{I}$
- ・半減期: $16 \text{ h} (^{76}\text{Br}) > 110 \text{ min} (^{18}\text{F})$



直接製造法: $^{76}\text{Se}(p,n)^{76}\text{Br}$

$^{75}\text{As}(^3\text{He},2n)^{76}\text{Br}$

$^{75}\text{As}(^4\text{He},3n)^{76}\text{Br}$

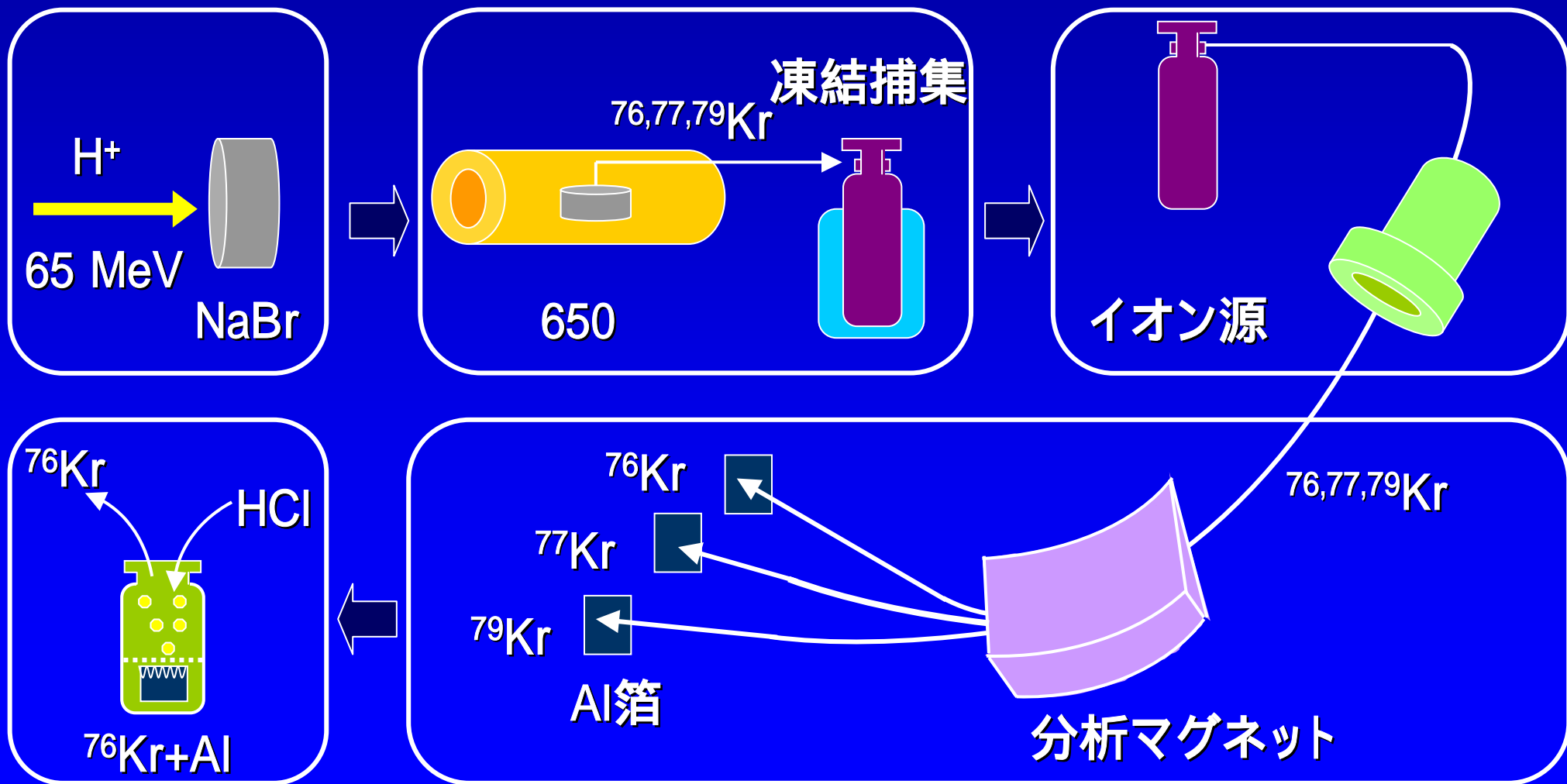
間接製造法: $^{79}\text{Br}(p,4n)^{76}\text{Kr} \rightarrow ^{76}\text{Br}$

Br-77の混入



同位体分離器が有効

同位体分離器を用いた ^{76}Br 製造





RI製造への同位体分離器の応用

- ・高純度Kr-76,77,79 (99%以上)
- ・注入後の⁷⁶Krの捕集効率: 98%
- ・⁷⁶Br: 1.5 MBq (EOB)

有用核種の同時製造

今後の課題

- ・大規模製造技術への移行
- ・オンライン同位体分離製造の可能性



RIビームの利用によりRI製造はどう変わるか？

「有用核種の同時製造」

・製造の効率化

二重標識化合物の合成

「化学分離の簡便化」

・捕集：液体（水溶液）、固体（容易に分離）

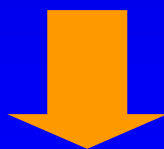
短半減期核種の利用



植物研究用ポジトロン放出核種 トレーサの開発

植物の生理学的な機能

- ・非破壊
- ・リアルタイム計測
- ・同じ個体における繰り返し実験



ポジトロン放出核種トレーサの植物への応用



0 min

「別添動画ファイルをご覧ください。」

植物実験用ポジトロン放出核種トレーサ

有機化合物

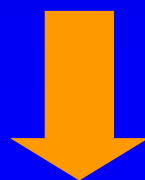
$^{11}\text{CO}_2$
 ^{11}C -メチオニン
 ^{18}F -プロリン
 ^{18}F -FDG

無機イオン

$^{13}\text{NO}_3^-$,
 $^{13}\text{NH}_4^+$
 $^{18}\text{F}^-$, $^{76}\text{Br}^-$

金属イオン

$\text{H}_2^{48}\text{VO}_3^-$,
 $^{52}\text{Fe}^{3+}$, $^{52}\text{Mn}^{2+}$, $^{62}\text{Zn}^{2+}$,
 $^{105}\text{Cd}^{2+}$, $^{107}\text{Cd}^{2+}$

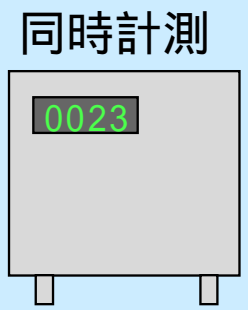
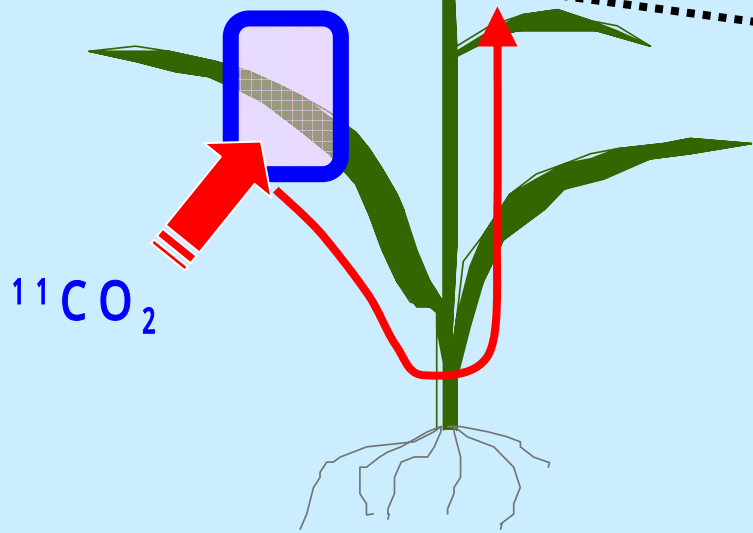
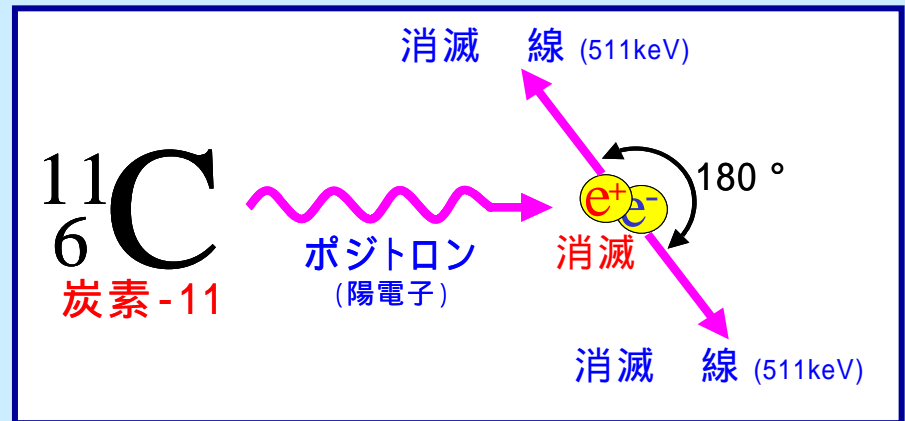
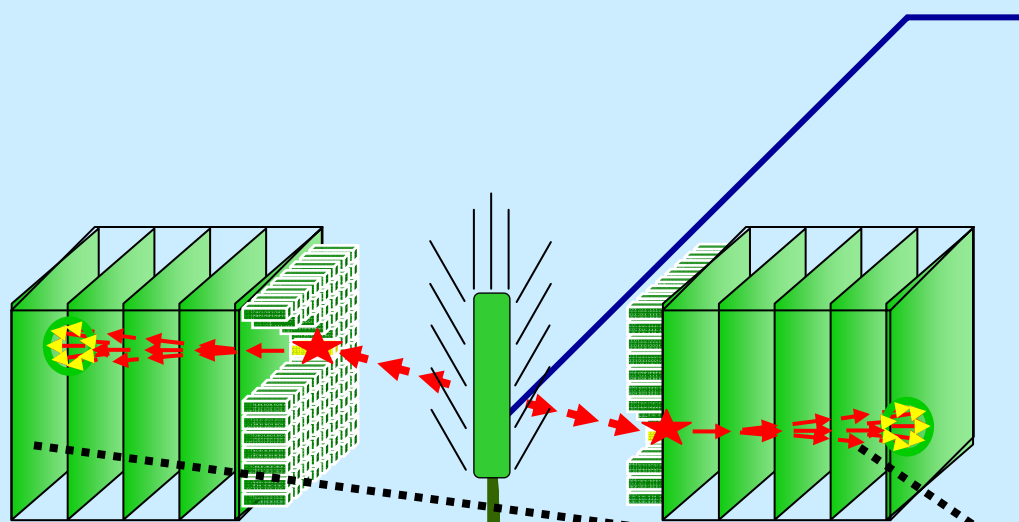


植物分野における新しい計測手法の確立



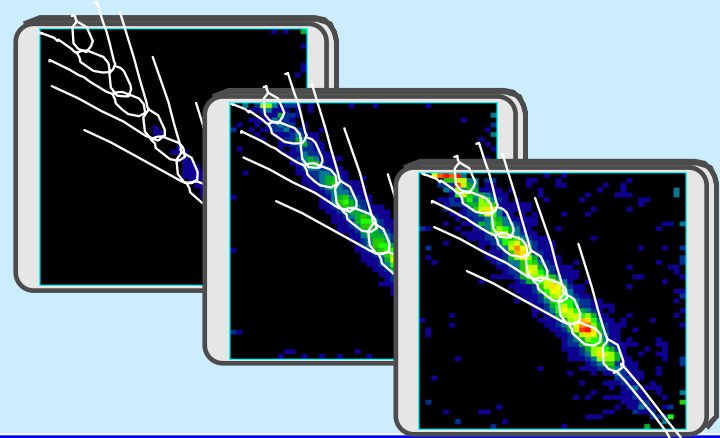
植物ポジトロンイメージング装置(PETIS*)

*Positron Emitting Tracer Imaging System



画像化
→

空間分解能 : 2.3 mm

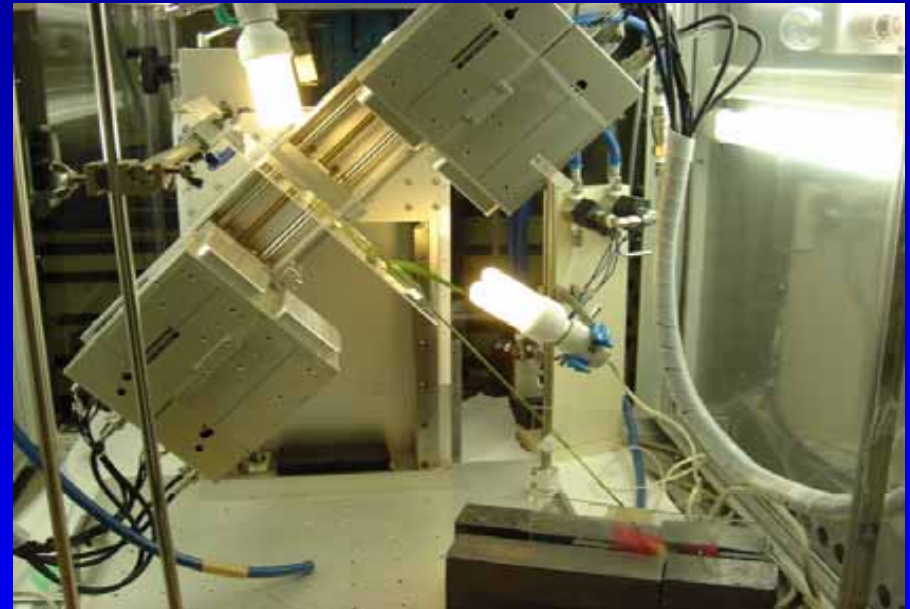




PETISによる実験風景



2号機 : 15 × 20 cm



1号機 : 5 × 15 cm

PETISによる植物のカドミウム吸収・移行

カドミウム

コメの基準値：1ppm (食品衛生法)

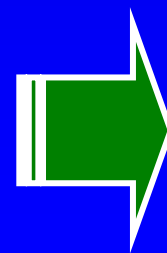
0.4ppm (国際基準値)



Cd汚染土壌への対策：2000億円 (客土の場合)

汚染軽減方法

植物のCd吸収機能・移行
場所・移行量の明確化



- ・品種・栽培技術
- ・水田土壌のCd除去

ポジトロン放出カドミウムトレーサ

Cd核種の選択

	^{105}Cd	^{107}Cd
半減期	56 m	6.5 h
ポジトロンの放出割合	26.1%	0.23%
核反応	$^{107}\text{Ag}(p,3n)$	$^{107}\text{Ag}(p,n)$

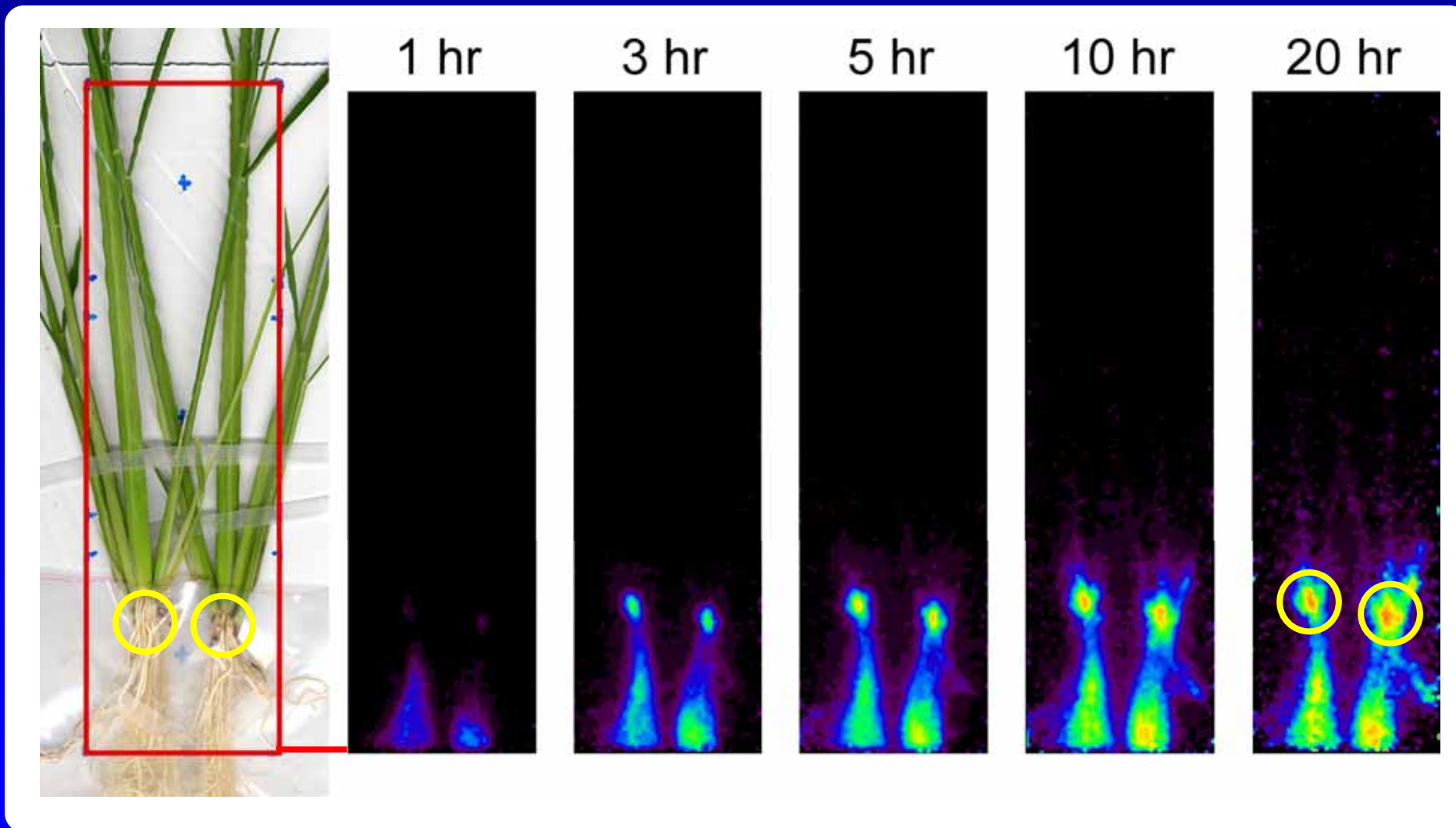
AgとCdの化学分離

	Cd 回収率	Ag 混入率
電気分解法	2%	31%
イオン交換法	分離不能と判明	
沈殿法	80%	検出限界以下



➡ 装置化

イネのCd移行(積算画像)



茎(囲った部分) : 初めの1~2時間で到達
その後、茎に蓄積

RIビームの植物研究への応用

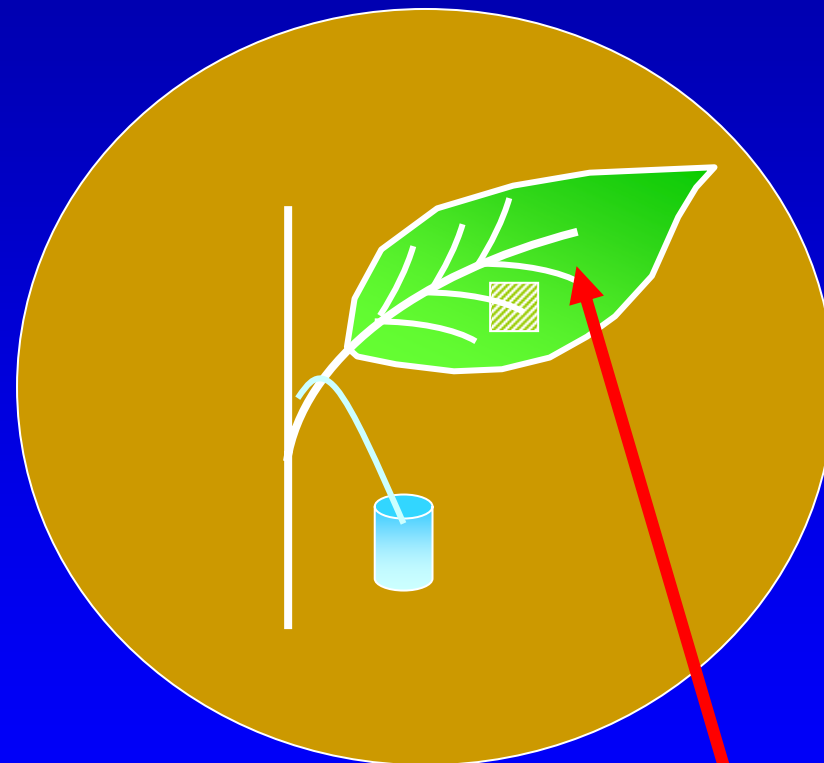
トレーサの直接導入

外部からの物質導入
「傷を付けない」

導管：根

篩管：葉（気体のみ）

管内への物質導入技術への
RIビーム利用



RIビーム

必要な放射エネルギー：0.1 ~ 1 kBq/cm²

篩管 (phloem, sieve tube)

◆高等植物の栄養輸送器官

➤外部からは位置の同定が困難

右図のように横断面を観察する必要がある。

➤極細

直径は約10 μm

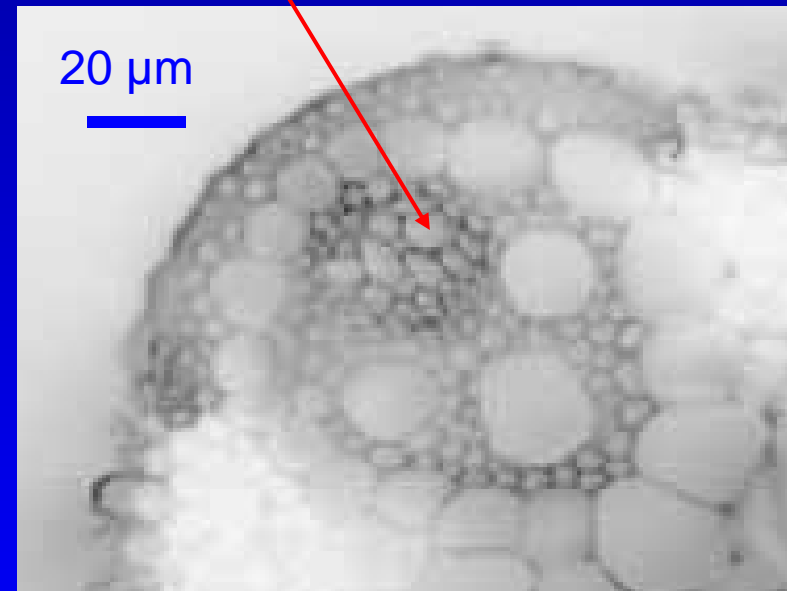
➤高い内圧

約10気圧

➤物質の取り込みは選択的

一個の細胞そのものが管となっているので、管内は細胞膜の内側。

(cf: 多くの細胞によって管壁が構成される動物の血管の場合、管内は細胞の外側に相当)



任意の物質を管内に導入することが技術的に困難

「注射」に相当する技術が欲しい。