

モデリング手法(3)

～ 植物内での転流 ～

Methods for modeling (3)
- Translocation within the plant -

生命環境系 / CRiED

古川 純

Faculty of Life and Environmental Sciences
Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics
Jun FURUKAWA



筑波大学生命環境系
Faculty of Life and
Environmental Sciences
University of Tsukuba



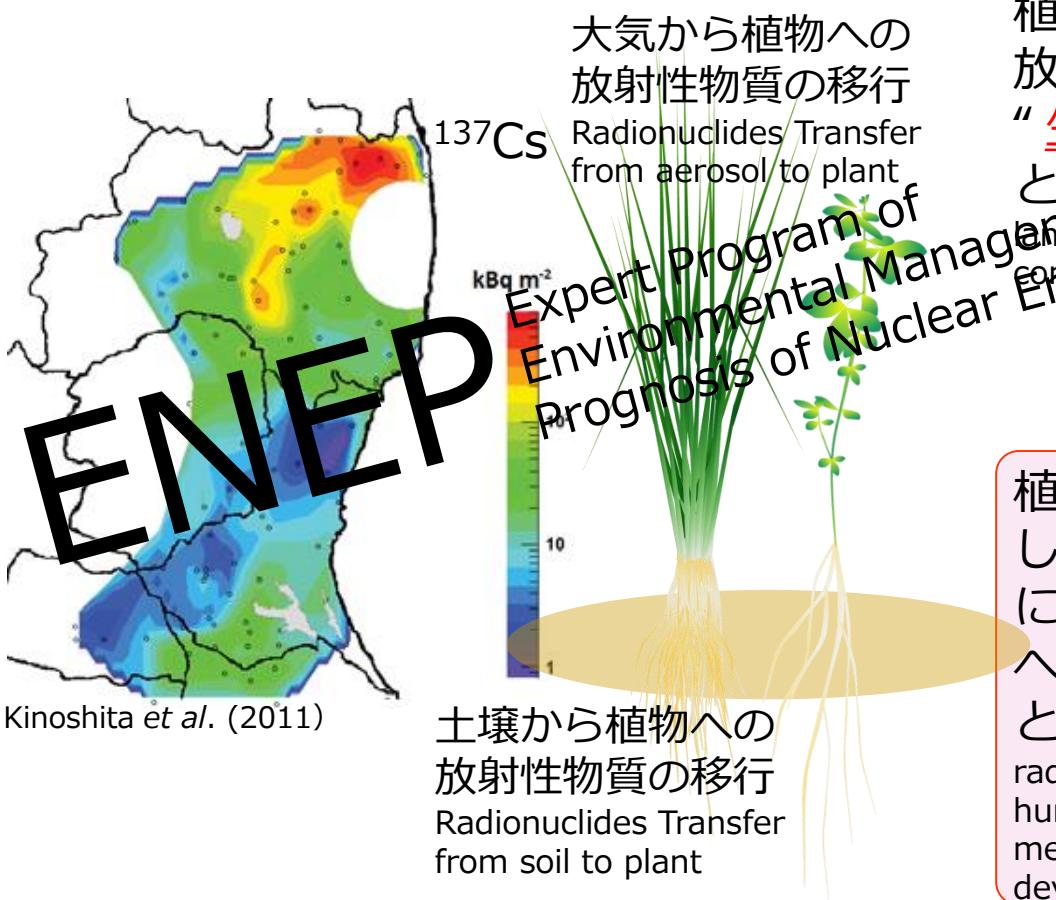
アイソトープ環境動態研究センター
CRiED Center for Research in
Isotopes and Environmental Dynamics

放射性物質の環境動態研究において 植物を中心とした移行を明らかにする

Identification of the transfer mechanisms around plants

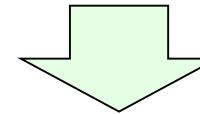
放射性物質による汚染状況が明らかになるにつれ、今後、環境中でどのように移行していくかという環境動態の解明に焦点は移りつつある

Radionuclides released from Fukushima Dai-ich Nuclear Power Plant spread to the environment and the environmental dynamics of radionuclides is now focused on.



植物を中心とした移行過程の理解は放射性物質の動態解明の観点のみならず

“生態系への放射性物質の入り口”として極めて重要 The transfer of ^{137}Cs around plants is one of the most important steps for considering the influx of ^{137}Cs into ecosystem

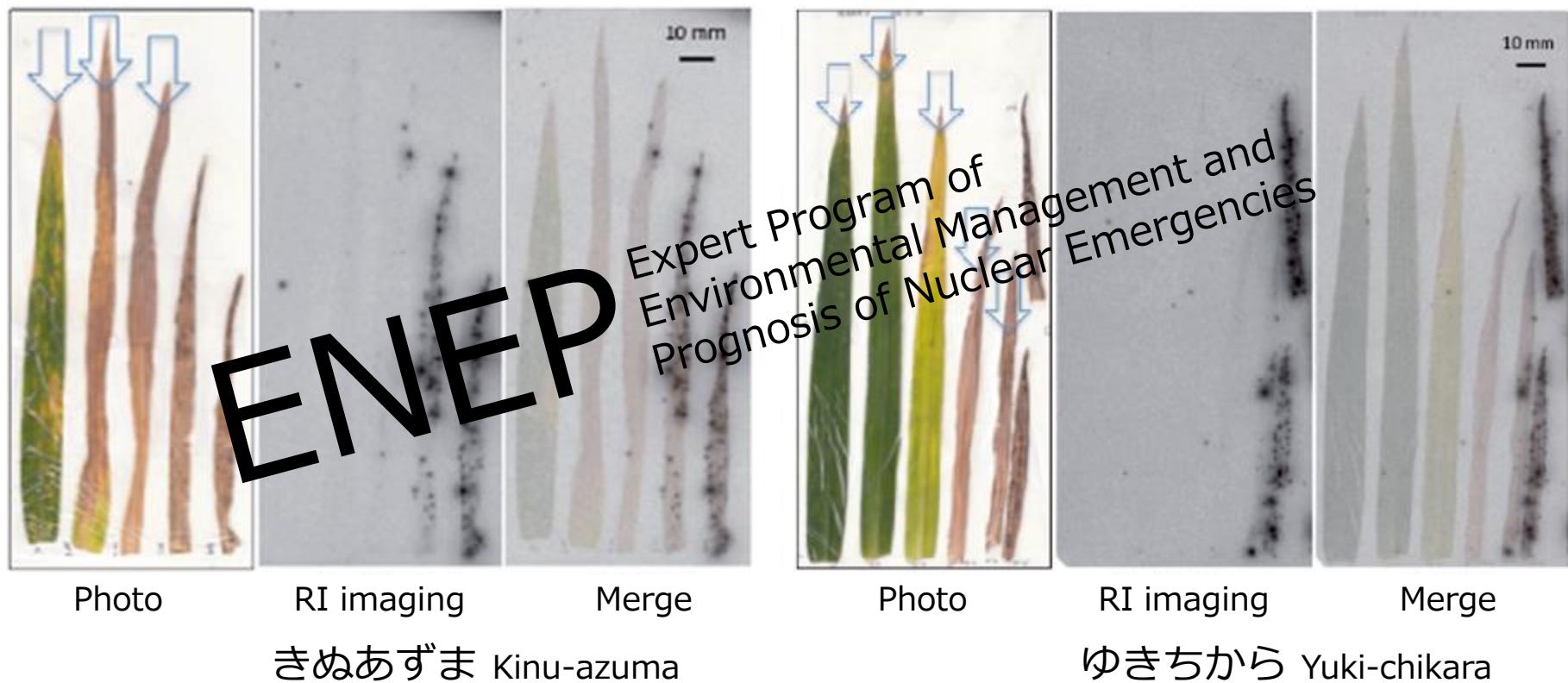


植物の放射性物質取込み過程を明らかにし、植物への移行を抑制する手法を早期に開発することで、人間を含めた生態系への放射性物質汚染の拡大を、最小限にとどめる必要がある To minimize the spread of radionuclides contamination into ecosystem, including human-beings, identification of the transfer mechanisms of radionuclides around the plant and development of its reduction method is needed

福島県でサンプリングされたコムギの汚染

Direct contamination of wheat

H23.5.26採取 Sampling at 26th May 2011



福島県でサンプリングされたスギの汚染

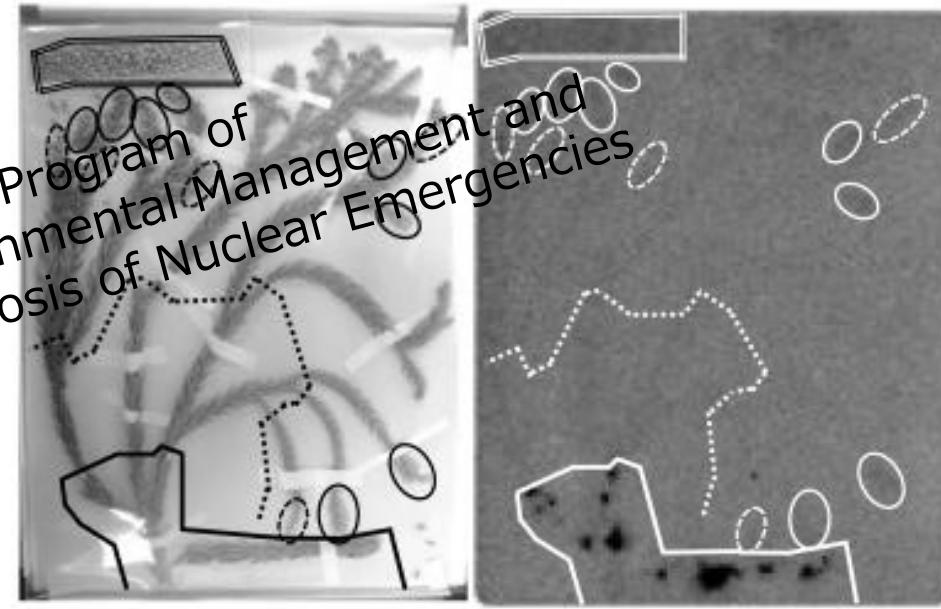
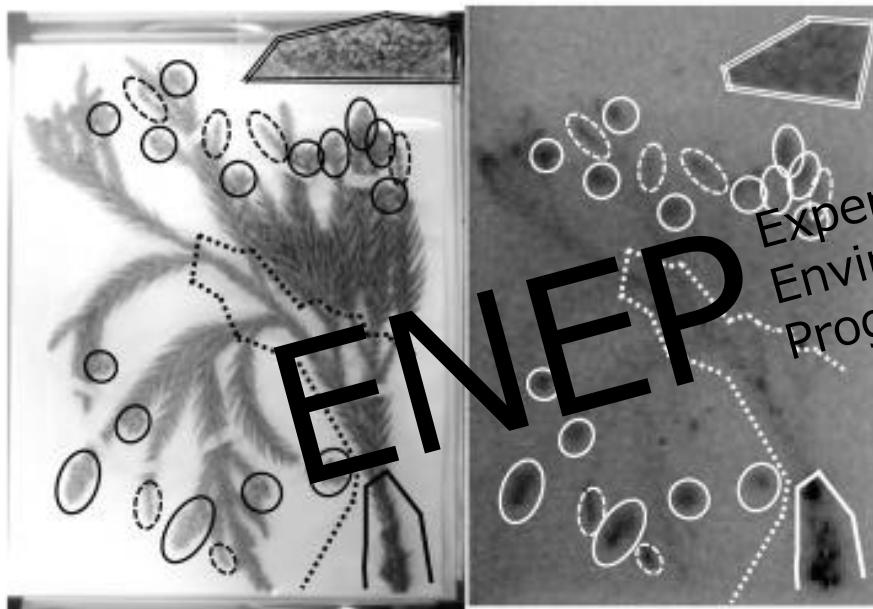
Radio-Cs contamination of sugi (*Cryptomeria japonica*)

H24.12.1-2採取 Sampling at 1st to 2nd Dec 2012

Futaba (01 Dec. 2012; 40.5 h)

Iwaki (02 Dec. 2012; 49.9 h)

ENEPEP



^{137}Cs (kBq/kg)

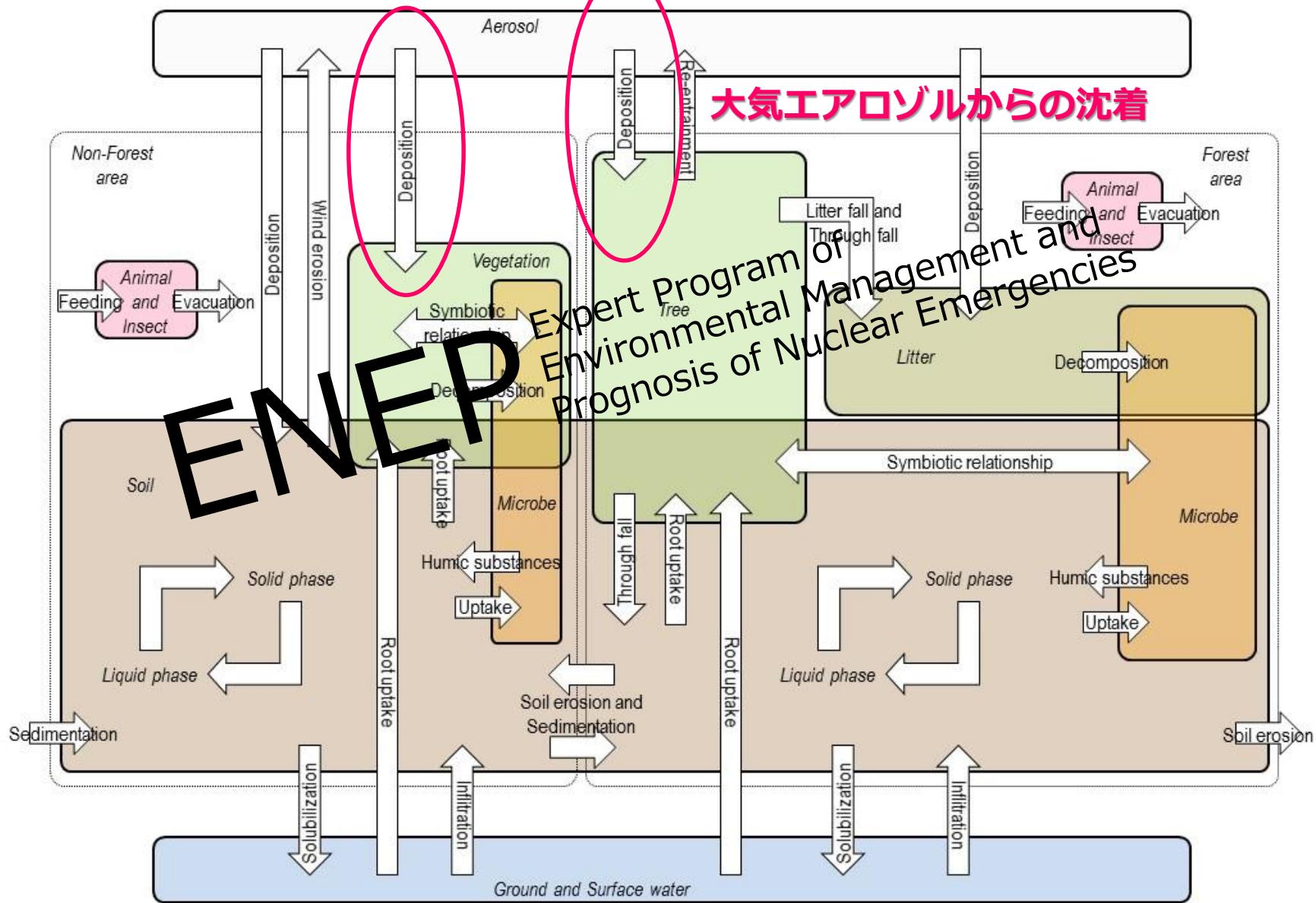
Pre-2010	2011	2012	Male flowers
7.3	3.1	2.5	5.5

^{137}Cs (kBq/kg)

Pre-2010	2011	2012	Male flowers
7.6	0.4	0.2	1.0

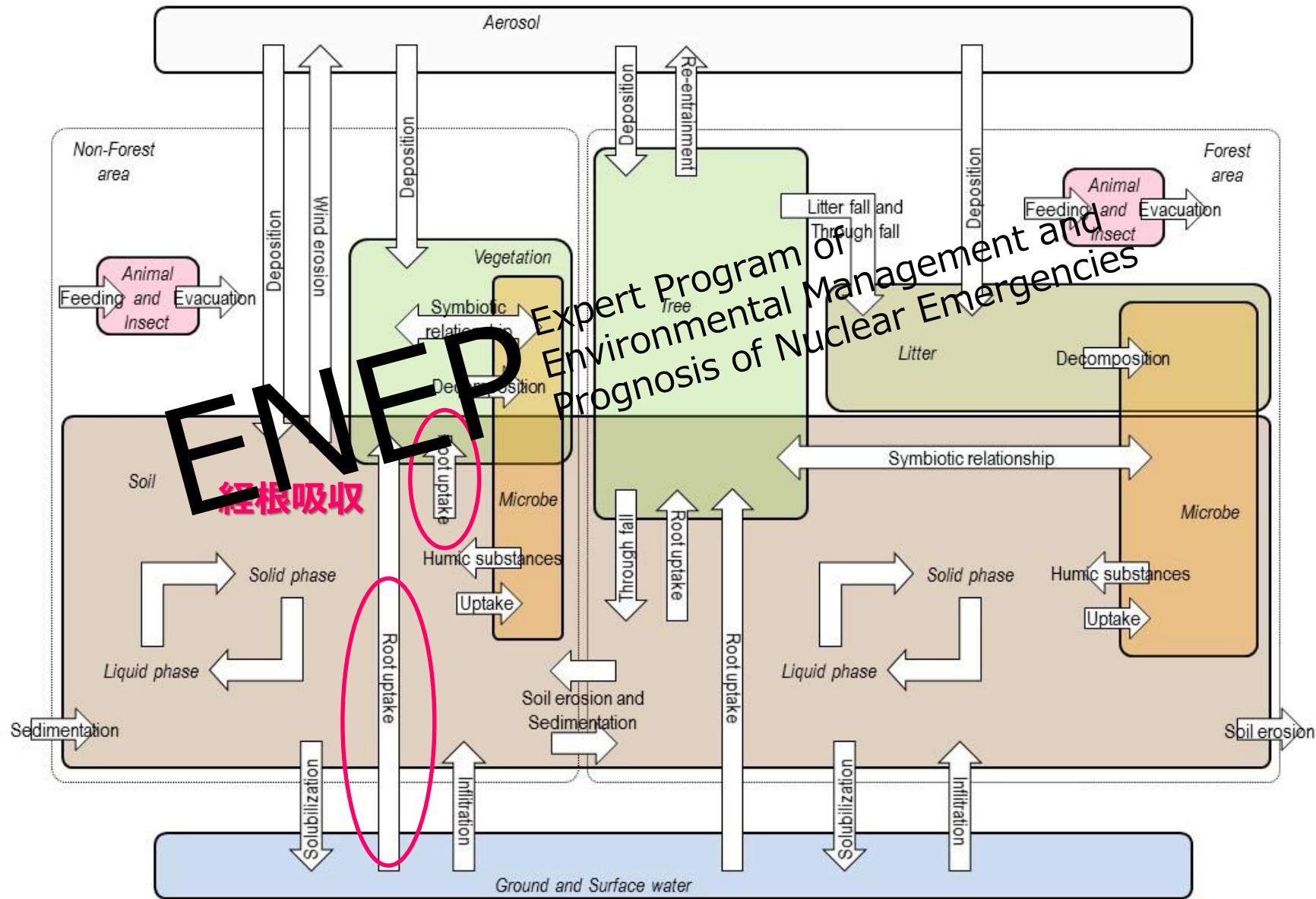
陸域生態系における動態把握

Dynamics of radioactive nuclides within terrestrial ecosystem



陸域生態系における動態把握

Dynamics of radioactive nuclides within terrestrial ecosystem





福島のニュース

[トップ](#) | [主要](#)

旧渋川村(二本松)コメ基準超 セシウム汚染 県調査

県は7日、二本松市の旧渋川村で生産されたコメから国の暫定基準値(1キロ当たり500ベクレル)を超える780ベクレルの放射性セシウムが検出されたと発表した。県は同市にし、旧渋川村のコメの出荷自粛を要請した。県の同日までの調査で、基準値を超えたのは22戸の270点となった。

県によると、旧渋川村で生産された玄米を二本松市が6月に販易分析器で調べたところ、基準値を超えた。市から車終止受けた県が分担した結果、780ベクレルが検出された。白米は370ベクレルだった。

このコメが生産された水田は19アールで、30キロ入り35袋が収穫された。生産者の自宅や近隣農家に全量保管されている。同じ農家が別の水田で収穫した2895キロはライスセンターで保管され、いずれも出荷されていないという。

県は基準値を超えたコメが生産された水田周辺で収穫された玄米2点を調べたが、最大で53ベクレルだった。県は基準値を超えた原因究明に向け、栽培管理などを調べている。

旧渋川村の稻作農家は248戸。県は全戸調査を実施する。政府は、旧渋川村一帯のコメの出荷停止を8日にも県に指示する方針を固めた。

◇ ◇

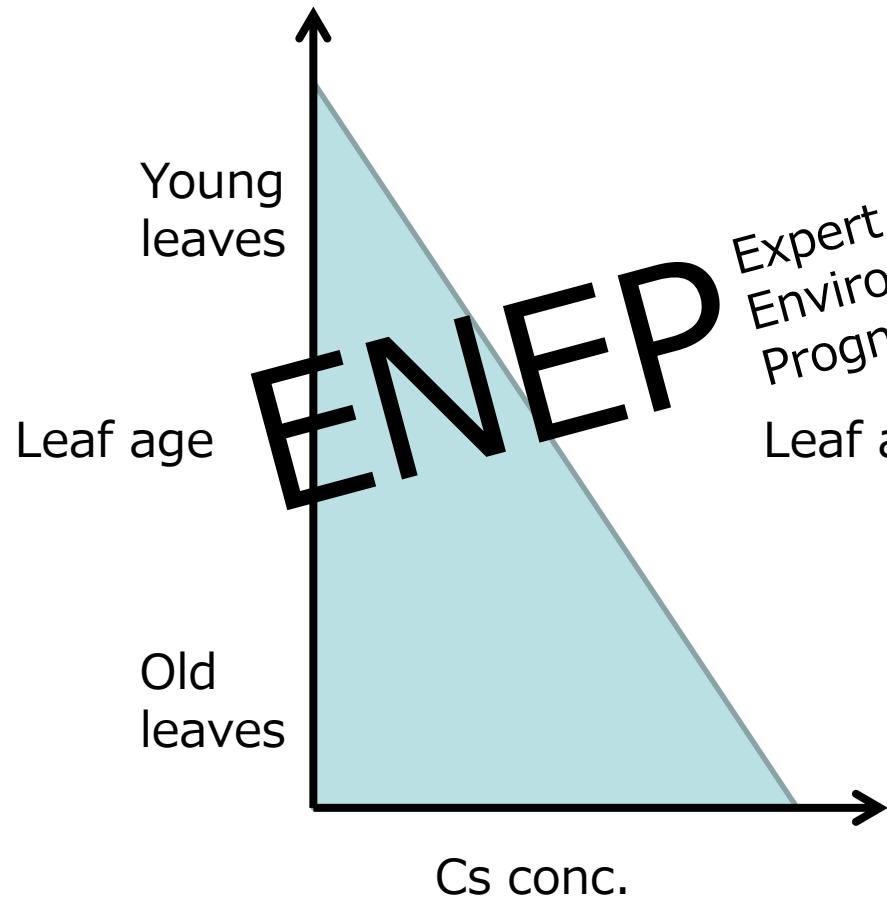
県が全袋調査を実施している大波地区では7日までに、138戸の4693点を調べた。このうち、15戸の263点が基準値を超えた。また、全戸調査の対象地域では福島、伊達、相馬、いわき4市の10日市町村の702戸、924点を調べ、6点が基準値を上回っている。

ENEPEX Expert Program of
Environmental Management and
Prognosis of Nuclear Emergencies

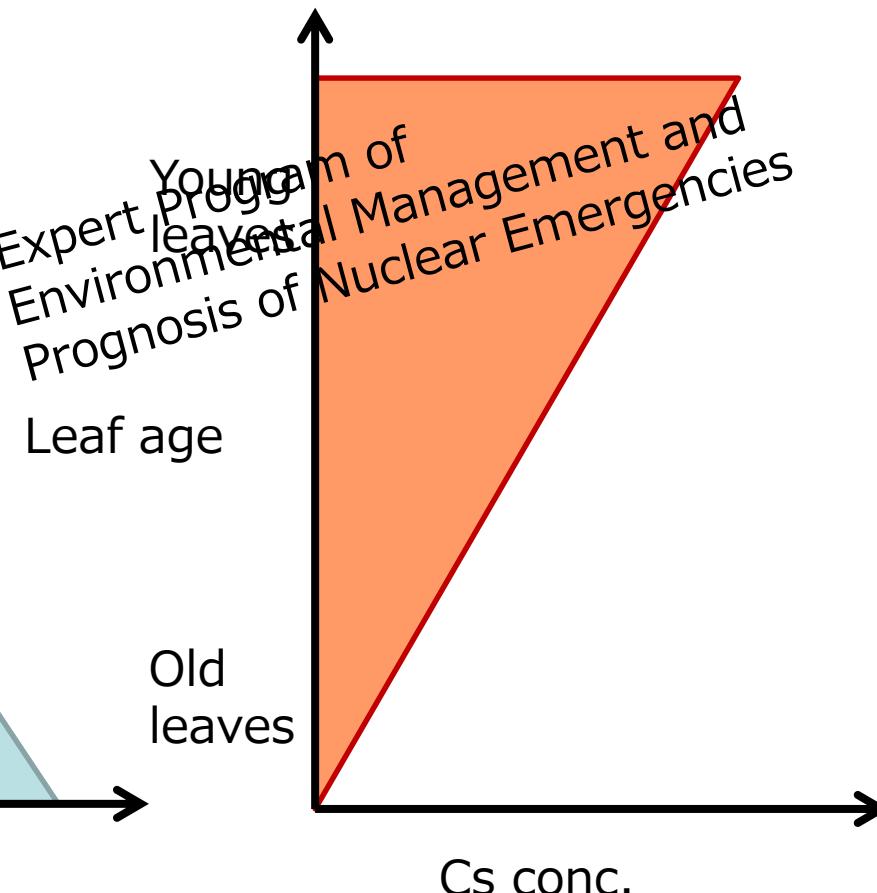
規制値超過イネ中のセシウム蓄積パターン

Radio-Cs accumulation pattern in rice

福島県農業総合センターのイネ
Rice harvested at controlled soil

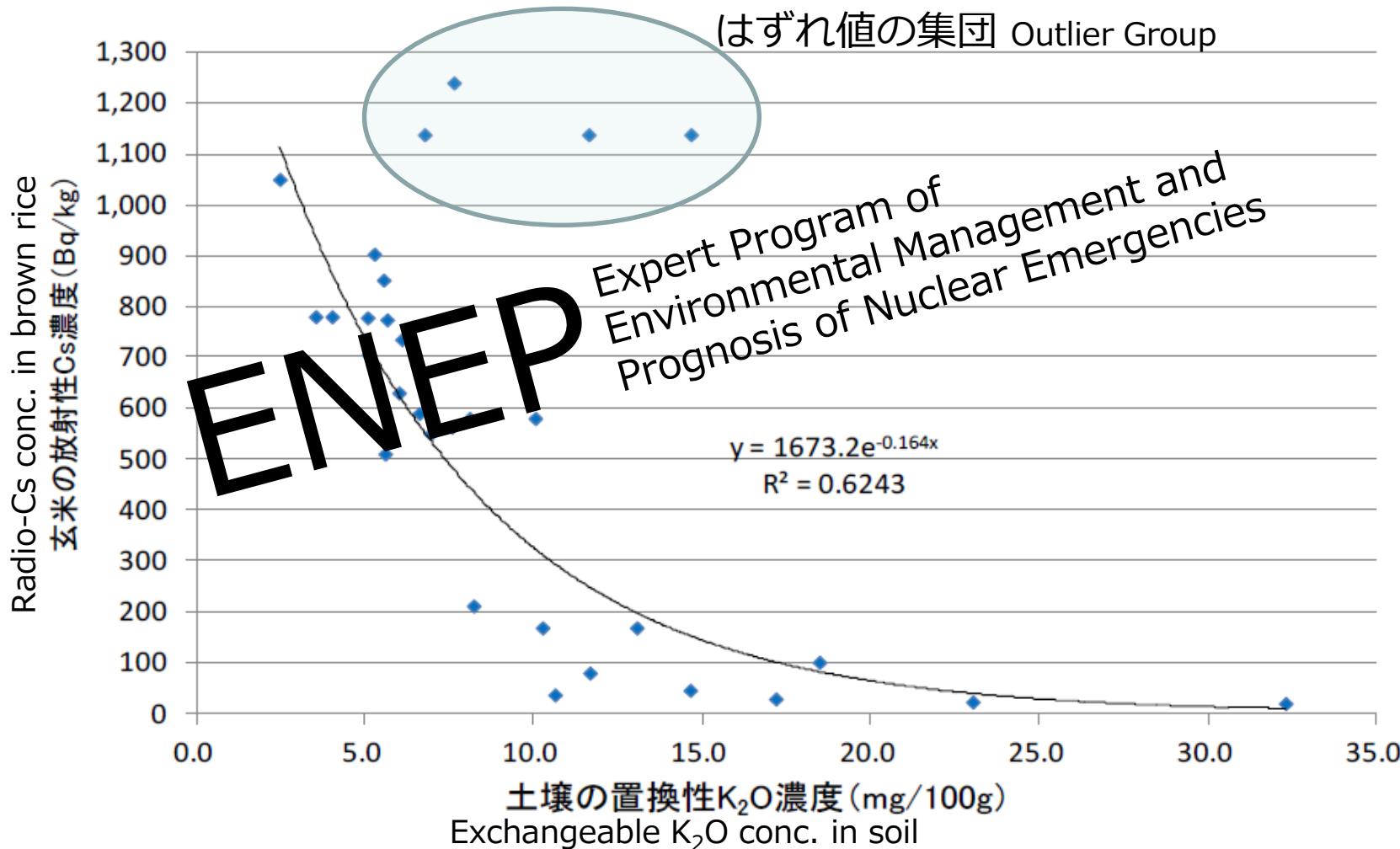


玄米が規制値を超過したイネ
Rice contained excess conc. of Radio-Cs



土壤中置換性カリウム濃度と 玄米中セシウム濃度の関係

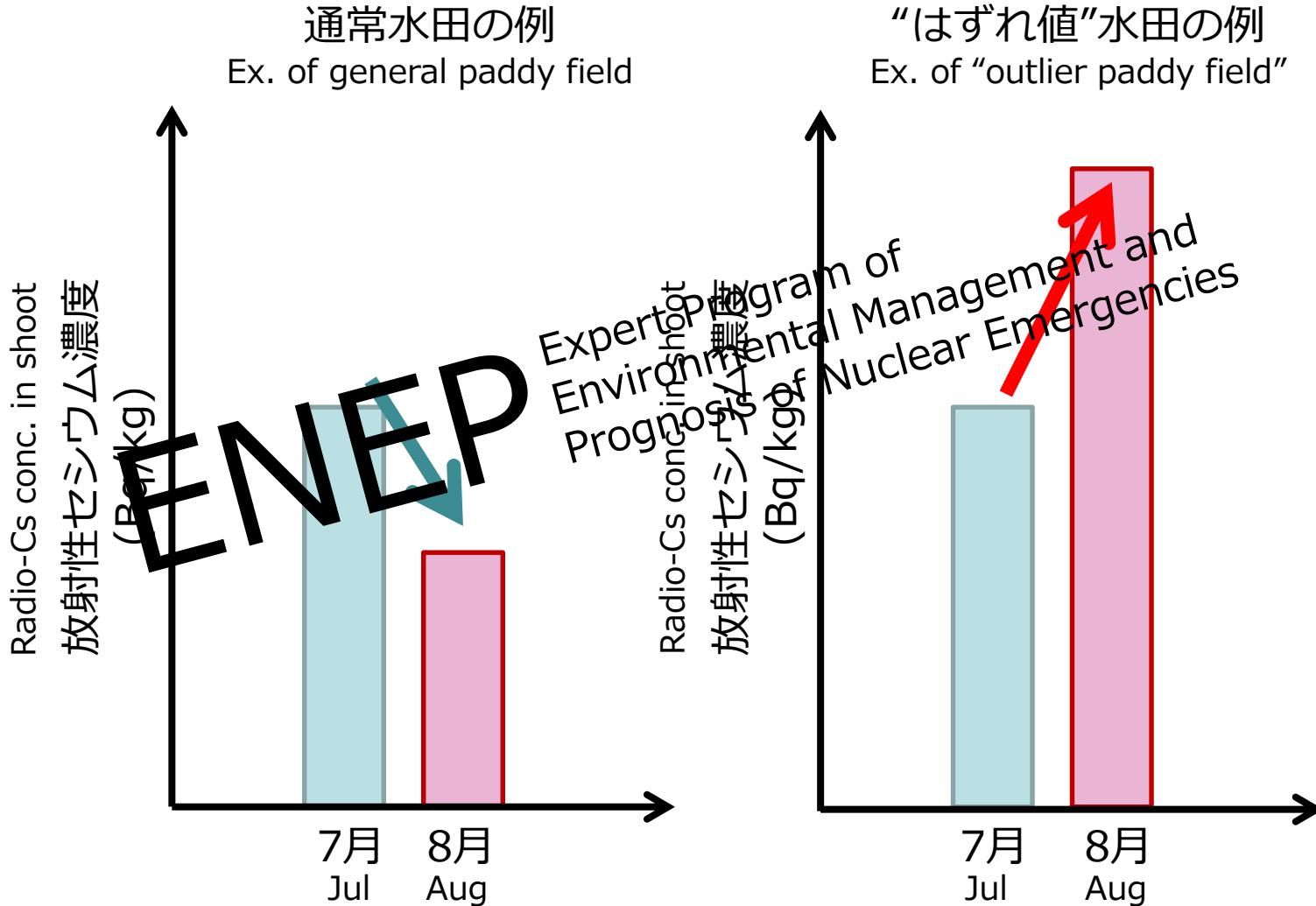
Relationship between soil exchangeable K conc. and Radio-Cs conc. in brown rice



暫定規制値を超過した放射性セシウムを含む米が生産された要因の解析（中間報告）より
(福島県、農林水産省)

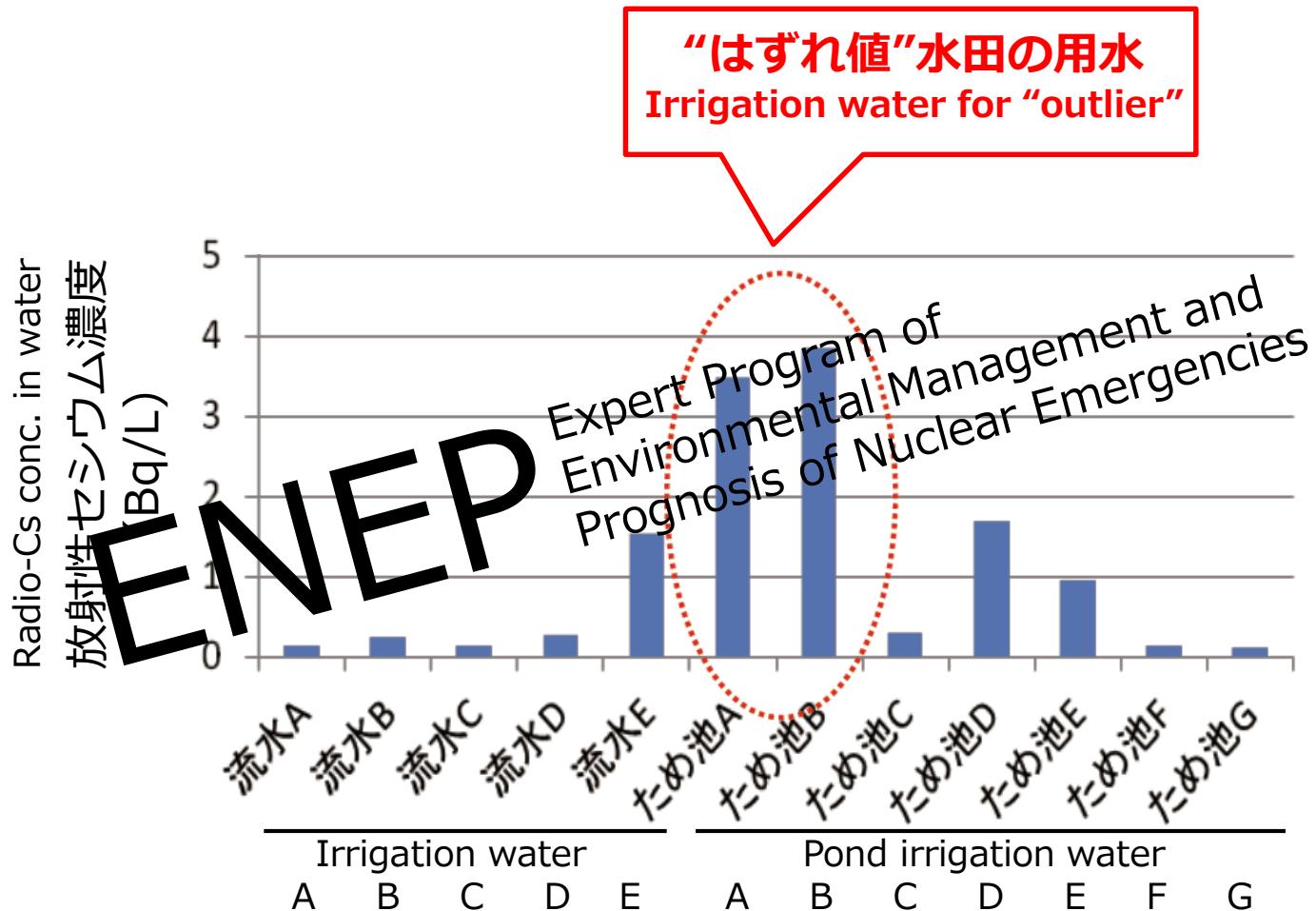
イネ茎葉中セシウム濃度の経時変化

Growth dependent Radio-Cs conc. in rice shoot



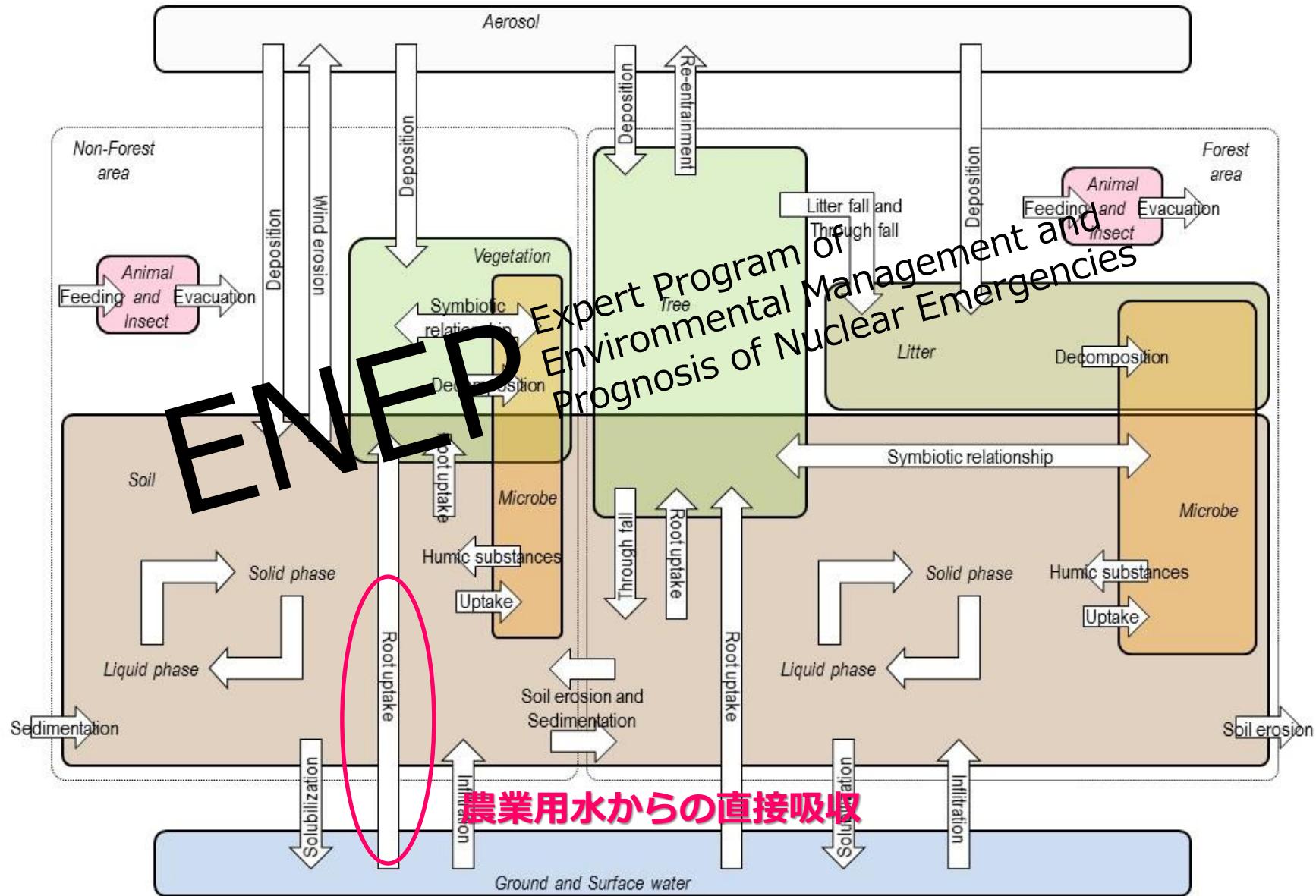
農業用水中の懸濁態¹³⁷Cs濃度

Concentration of suspended form of radio-Cs in irrigation and pond water



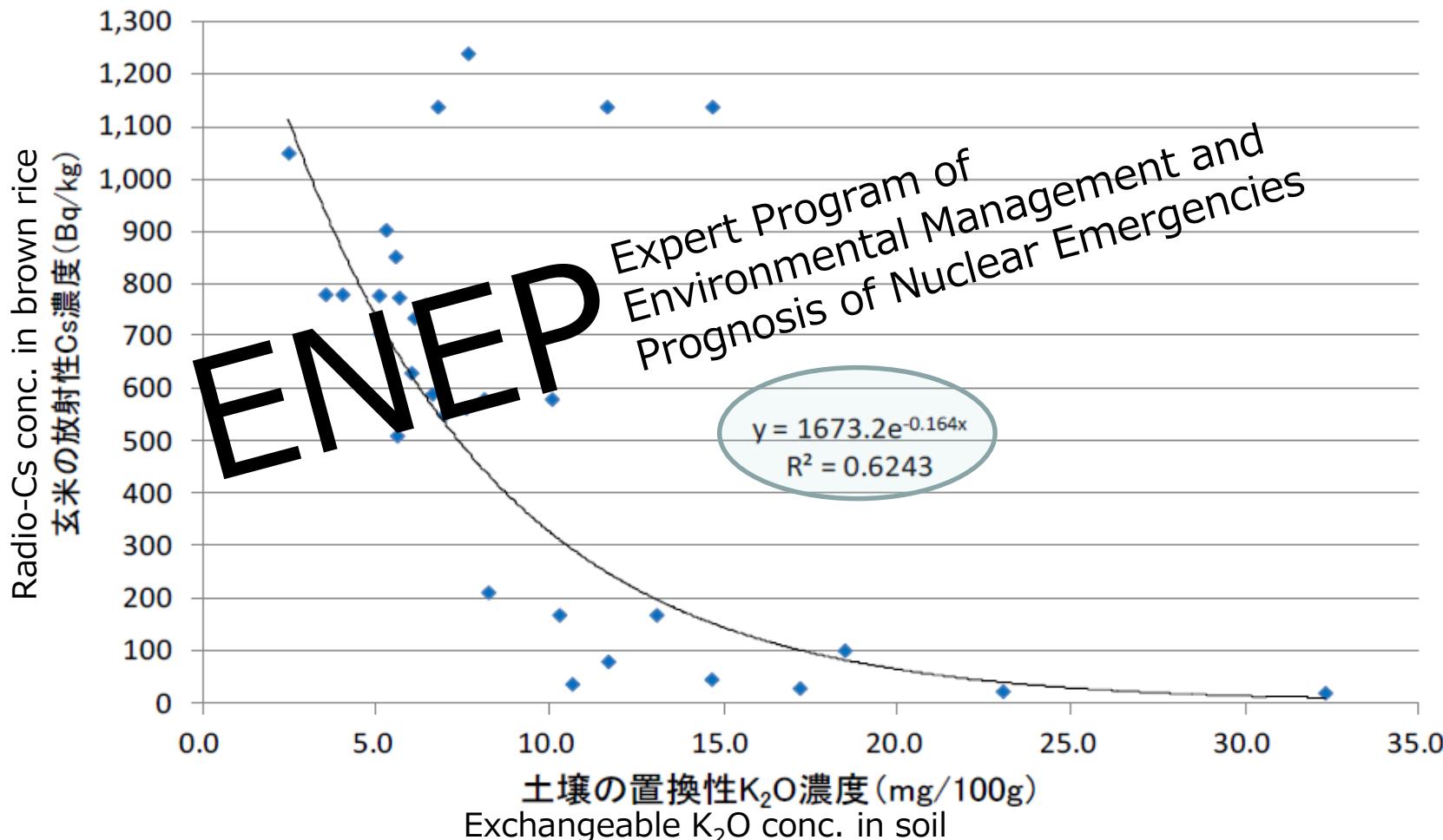
陸域生態系における動態把握

Dynamics of radioactive nuclides within terrestrial ecosystem



土壤中置換性カリウム濃度と 玄米中セシウム濃度の関係

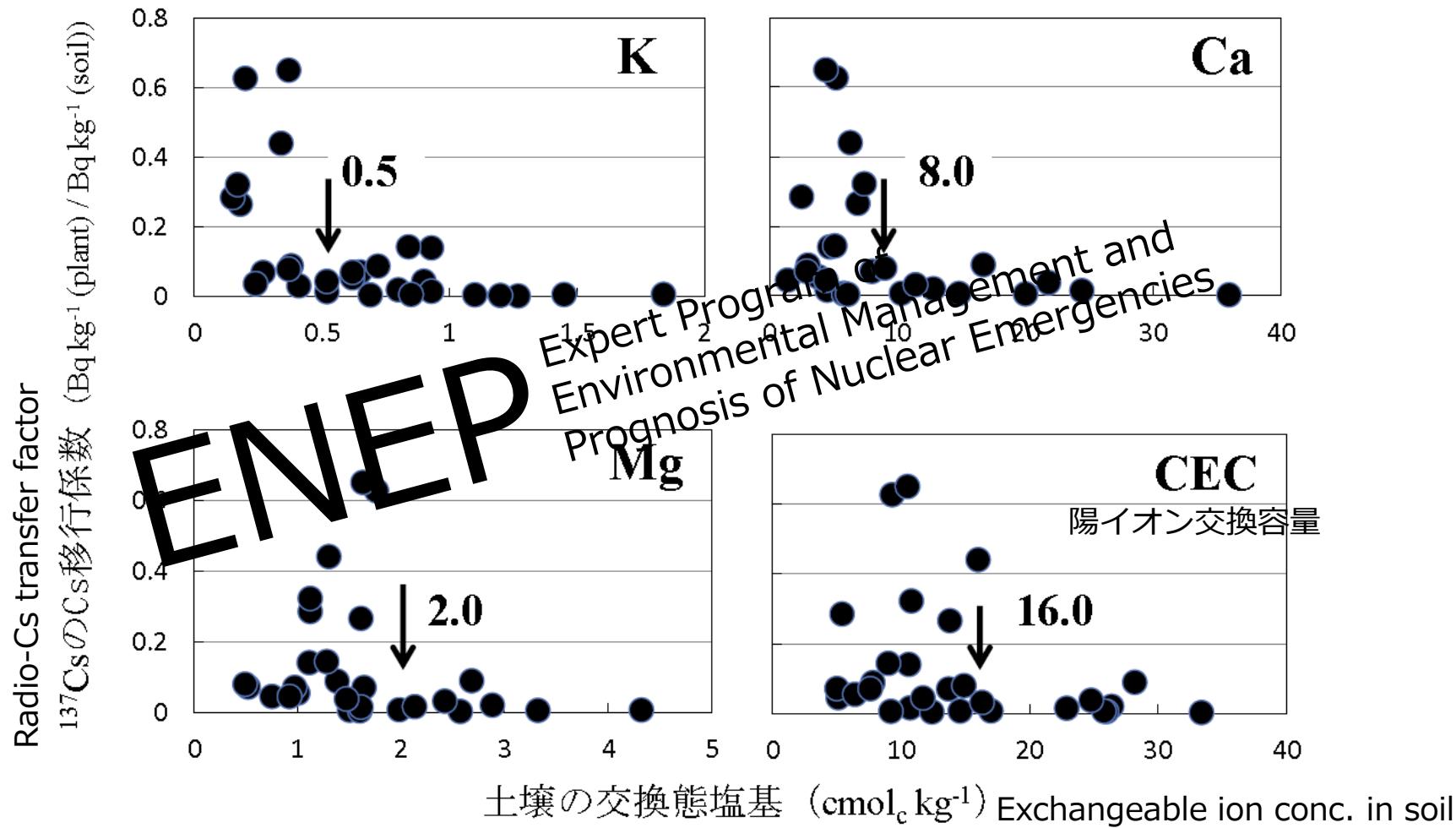
Relationship between soil exchangeable K conc. and Radio-Cs conc. in brown rice



暫定規制値を超過した放射性セシウムを含む米が生産された要因の解析（中間報告）より
(福島県、農林水産省)

土壤中のイオン濃度と¹³⁷Csの移行係数

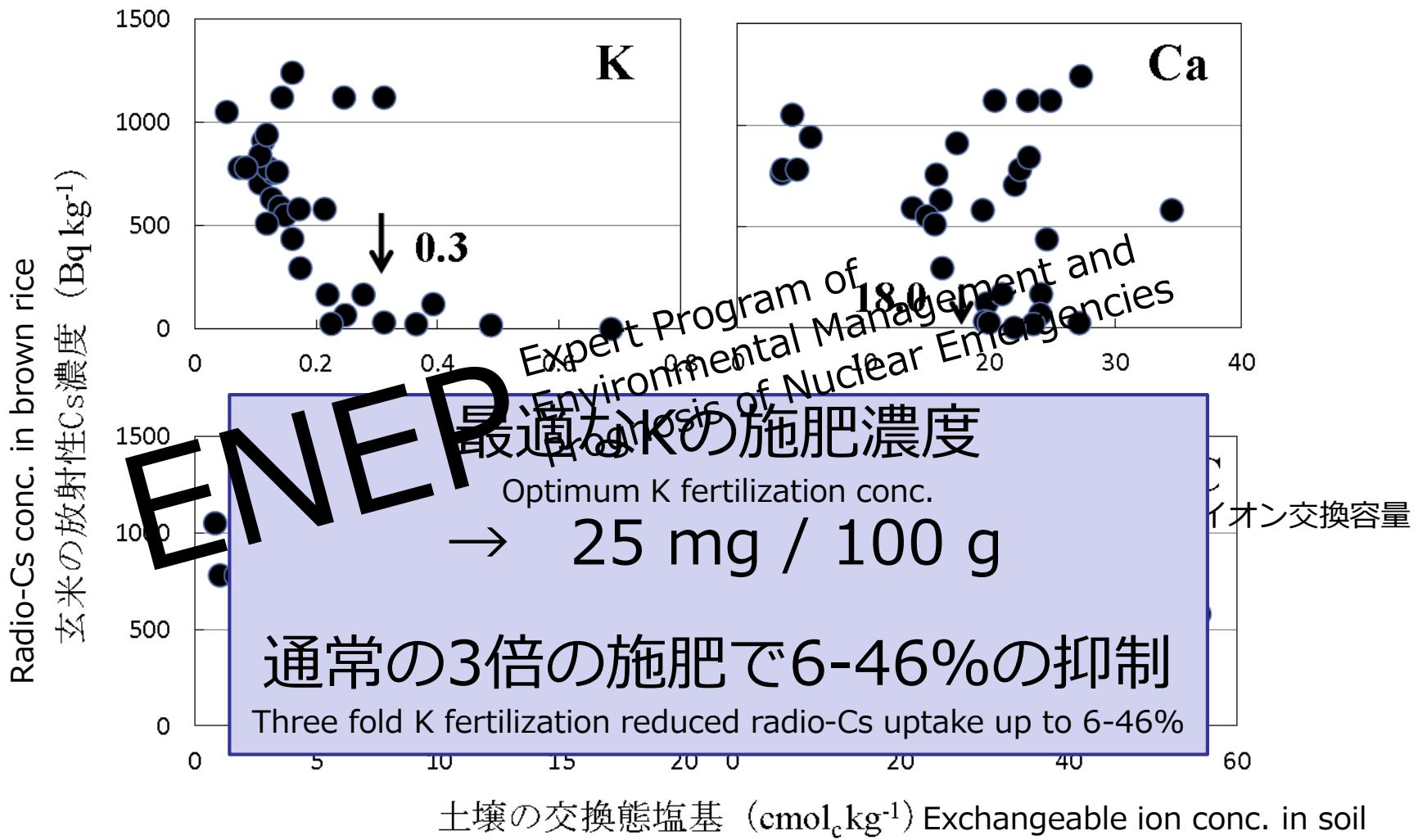
Exchangeable ion conc. in soil and transfer factor of ¹³⁷Cs



土壤の交換性塩基およびCECと¹³⁷CsのCs移行係数との関係
(Smolders et.al (1997) のデータから作図)

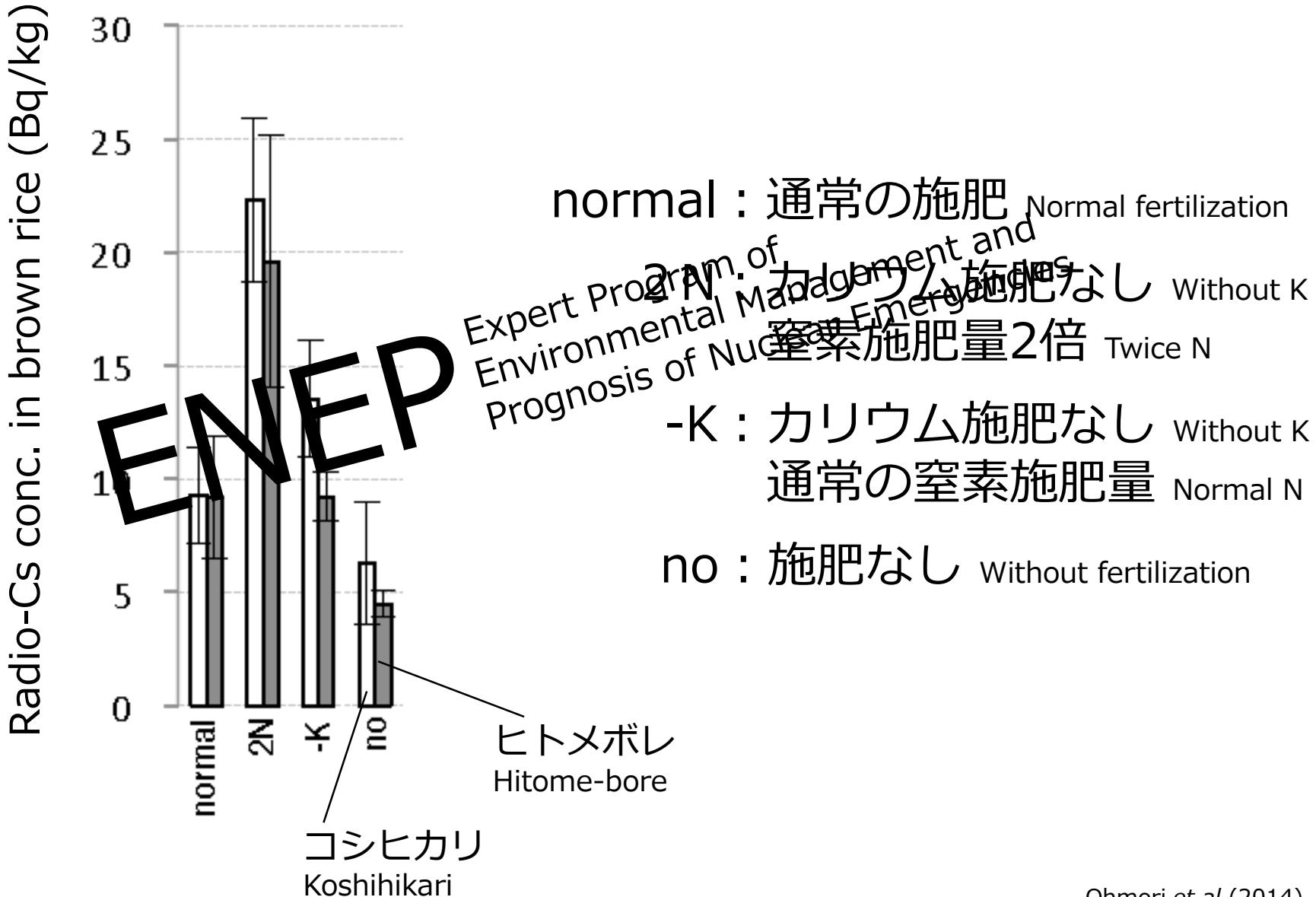
土壤中のイオン濃度と玄米中の¹³⁷Cs濃度

Exchangeable ion conc. in soil and ¹³⁷Cs conc. in brown rice



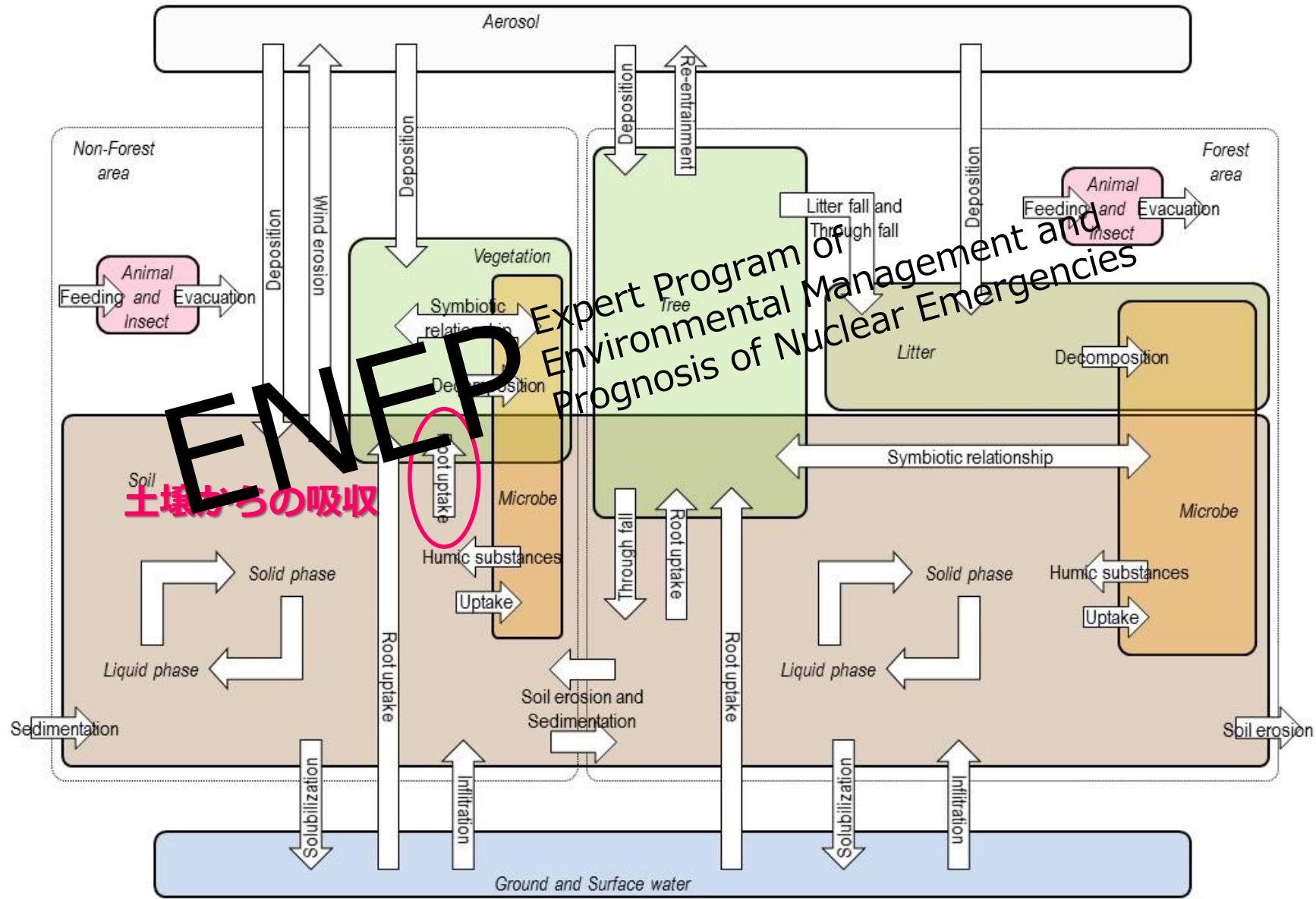
施肥のバランスとセシウム吸収

Radio-Cs uptake under high N condition



陸域生態系における動態把握

Dynamics of radioactive nuclides within terrestrial ecosystem



福島県農林水産物モニタリングHP

Website to inform radionuclides contamination
in agricultural and marine products



新たな未来へ向けて再生し始めてる福島の姿を
全国の皆さんに伝えていきます。

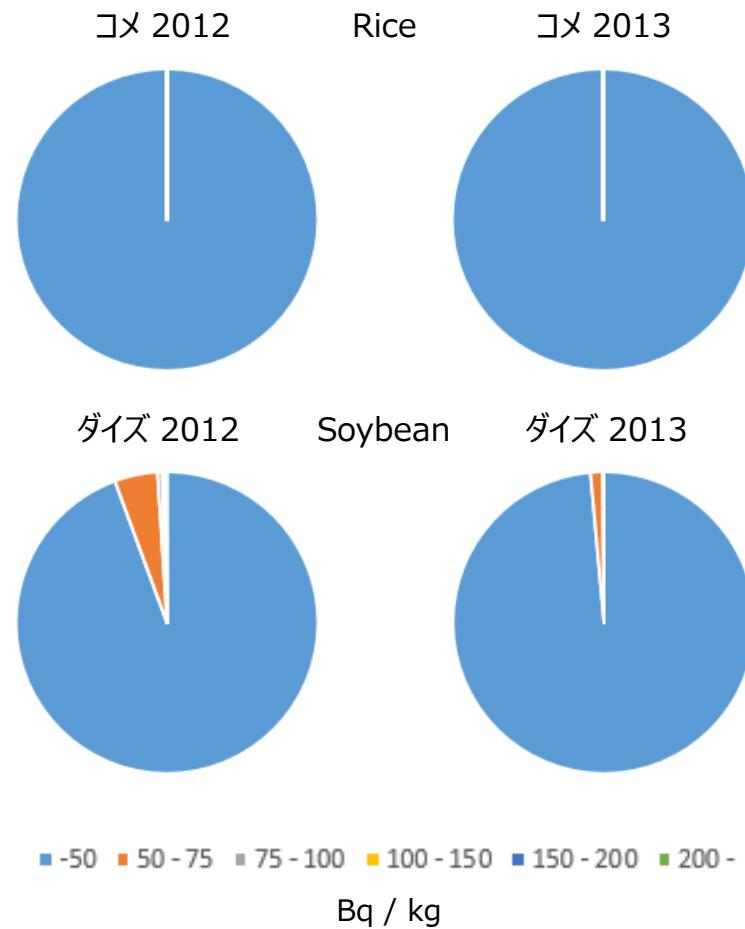
	ヨウ素 131 (Bq/kg)			セシウム 134・セシウム 137 (Bq/kg)				
基準値	平成24年4月からの基準値では 設定されておりません。			飲料水	牛乳	一般食品	乳児用食品	
				10	50	100	50	
暫定規制値	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類 (根菜・芋類を除く)	魚介類	飲料水	牛乳・ 乳製品	野菜類	穀類 肉・卵・魚・ その他
	300	300	2000	2000	200	200	500	500
	500							

暫定規制値と基準値についてはこちらをご覧ください。

■は基準値(平成24年3月以前は暫定規制値)を超過している農産物です。

品目	生産市町村名 (クリックで地図表示)	検出核種・濃度 (Bq/kg)			サンプル 採取日	結果公表日
		ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137		
大豆	大玉村 (旧大山村)	---	25.4	83.2	2014-11-19	2014-11-26
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	38.5	87.3	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	33.5	88	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	33.4	83.6	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	32.1	85.2	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	26.8	86.8	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	33.5	83.9	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	38.1	82.9	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	31.6	89.3	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	31.7	86.9	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	29.5	91.1	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	33.4	86.2	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	34.1	89.4	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	31.9	87.6	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	34.7	93.6	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	34.3	92.4	2014-02-04	2014-03-04
大豆	南相馬市 (旧石神村)	---	37.3	78	2014-02-04	2014-03-04

調査期間：2014年1月から12月



農林水産省発表資料より

可食部にカリウムを多く貯める作物

Crops which accumulate potassium in their shoot and/or seed

順位	作物名	窒素	リン酸	カリウム	順位	作物名	窒素	リン酸	カリウム
1	タバコ	36.8	16.4	98.6	11	エダマメ	9.57	2.07	17.2
2	ナタネ	71.0	23.9	88.8	12	トウモロコシ	10.7	4.43	17.3
3	茶	131.6	26.2	67.3	13	黒大豆	5.01	2.02	15.7
4	✓インゲン	50.1	17.7	55.6	14	高粱	12.5	2.13	10.5
5	✓アズキ	41.68	18.2	35.4	15	イネ科牧草	6.50	2.50	10.2
6	✓大豆	69.2	16.8	32.1	16	二条大麦	14.5	6.17	10.0
7	六条大麦	20.3	7.8	31.4	17	レンコン	8.0	1.80	9.13
8	小麦	25.2	9.5	31.1	18	ゴボウ	6.74	2.90	8.75
9	✓落花生	63.0	7.4	26.8	19	ホウレンソウ	4.63	1.29	8.51
10	水稻	18.7	9.25	26.4	20	コンパ牧草	6.25	2.20	8.38

注：穀類・豆類は乾燥子実

出典：尾和尚人：わが国の農作物の養分収支，（農業環境技術研究所（1996年）

マメ科の作物 ✓ は可食部に多くのカリウムを貯めている
Many legume crops ✓ accumulate potassium in their seeds

ミヤコグサ(*Lotus japonicus*)

マメ科のモデル植物 : Model plants for legume

ゲノム情報が利用可能 Genome information is available

分子生物学的手法が利用可能 Methods of molecular biology is available

リソースが充実 Highly prepared resources

金属集積の系統間差 : Strain difference in metal accumulation

Miyakojima MG-20とGifu B-129の種子において、

Fe, Ni, Cu, Znの集積量に差 Fe, Ni, Cu and Zn accumulations

in seed are different between MG-20 and B-129 (Klein and Grusak 2009)



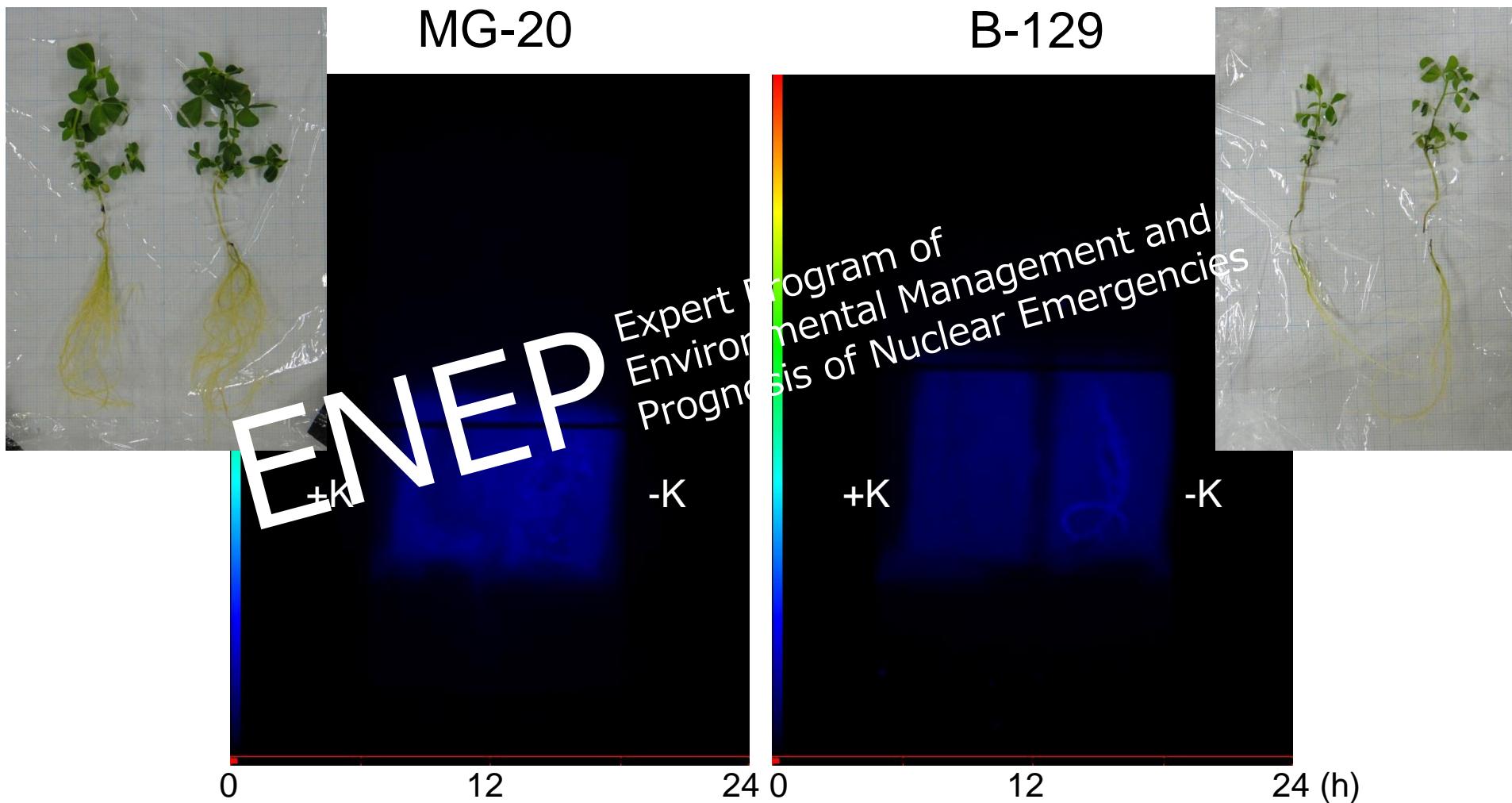
MG-20



B-129

ミヤコグサにおけるK欠乏の¹³⁷Cs吸収への影響

Effect of K starvation on ^{137}Cs uptake and translocation in *L. japonicus*



吸収試験前3日間のK欠乏処理により ^{137}Cs の吸収量が増加
K starvation for 3 days enhanced ^{137}Cs uptake

様々なカリウムイオン輸送系

Uptake and translocation of ^{137}Cs mediated by K^+ transport systems

- 内向き K^+ チャネル Inward K^+ channel
AKT1, KAT1, KST1 etc.
- 高親和性 K^+/H^+ 共輸送体 High-affinity K^+/H^+ symporter
KUP1, HAK5 etc.
- 高親和性 K^+ 輸送体 High-affinity K^+ transporter
HKT1 etc.
- 非選択的な陽イオンチャネル Non-selective cation channel
CNGC, GLR etc.

内向き整流性、外向き整流性 K^+ チャネル、非選択的な
陽イオンチャネルはすべて Cs^+ を輸送する

Inward K^+ channels, Outward K^+ channels and non-selective cation channels can
transport Cs^+

White and Broadley (2000)

K欠乏によって高親和性 K^+ トランスポーターが誘導される

K starvation induces high-affinity K^+ transporter

Tie-Bang Wang et al. (1998)

植物の金属集積～古くて新しい分野～

Plant metal accumulation - Basic, but new field -

植物栄養学の基本

Basics of plant nutrition

リービッヒ（スプレンゲル？）の無機栄養説以来の

主要テーマ Since the mineral nutrition was proposed by Liebig (Sprengel?), it has been consisted the main themes of plant physiology

重金属超集積植物の発見

Findings of heavy metal hyperaccumulators

偶然の発見からファイトレメディエーションという

新たな研究分野の確立へ Based on the fortunate findings, new research field called phytoremediation was opened

メタロミクス（イオノミクス）

Metalomics (Ionomics)

生体内における全ての金属元素の分布、挙動、

性質を対象とする総合的な研究領域 Another new research field

called metallomics was also established in the biology. Metallomics is focusing on the distribution, behavior and characteristics of all metals in whole body



*他にも塩素・水・大気・日照など

必須元素の欠乏症状

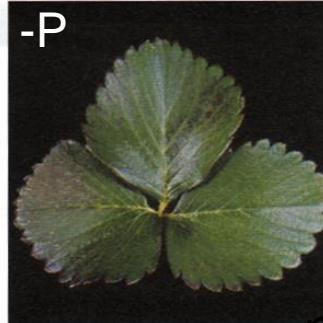
Deficiency of essential elements in strawberry



無機元素完全葉
(対照)



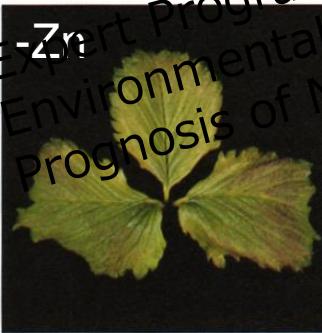
カリウム欠乏
(-K)



リン欠乏
(-P)



鉄欠乏
(-Fe)



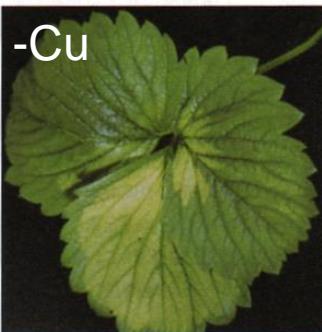
亜鉛欠乏
(-Zn)



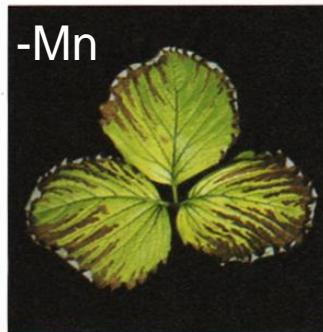
カルシウム欠乏
(-Ca)



マグネシウム欠乏
(-Mg)



銅欠乏
(-Cu)



マンガン欠乏
(-Mn)

Expert Program of Environmental Management and
Prognosis of Nuclear Emergencies
ENEPE

重金属超集積植物

Heavy metal hyperaccumulators

非蓄積性植物の10～1000倍の重金属集積

Comparing to the common crop species, they accumulates 10- to 1000-fold heavy metals in their bodies

Thlaspi caerulescens : Cd, Zn

Arabidopsis halleri : Zn

Ipomea alpha : Cu

Haumaniastrum robertii : Co

Thlaspi rotundifolium : Pb

etc..



Thlaspi caerulescens

→ 多くは重金属汚染地帯で発見された野生植物

Most of them were wild plants discovered at heavy metal contaminated area

極限環境生物の一一種、現在までに約450種が同定

One of the ultimate environment lives. About 450 species were identified

金山シダ

Kanayama-shida

日本の重金属集積植物

Japanese heavy metal hyperaccumulator

ヘビノネゴザ Hebi-no-negoza

(*Athyrium yokoscense*)



金沢城 石川門

Kanazawa castle, Ishikawa gate



ミヤコグサの金属集積特性

Elemental profiles in *L. japonicus*

Element	Accession	Concentration (μmol / g D.W.)				Element	Accession	Concentration (nmol / g D.W.)					
		Shoot		Root				Shoot		Root			
		Average	S.D.	Average	S.D.			Average	S.D.	Average	S.D.		
Na	MG-20	5.7	1.3	17.2	2.9	Mn	MG-20	513.7	49.0	617.8	76.9		
	B-129	18.7	8.3	54.3	24.0		B-129	785.1	22.4	2109.6	738.3		
Mg	MG-20	129.6	6.5	118.0	10.2	Fe	MG-20	1293.5	122.2	1905.9	247.1		
	B-129	121.1	10.2	114.3	19.4		B-129	810.8	80.6	3254.2	473.6		
P	MG-20	242.0	10.8	52.5	30.1	Ni	MG-20	23.0	10.5	30.8	7.9		
	B-129	295.3	16.1	438.0	42.0		B-129	45.1	14.6	79.8	20.4		
K	MG-20	1128.1	99.7	1949.4	94.8	Cu	MG-20	50.1	7.1	63.2	5.9		
	B-129	1044.4	95.7	1586.4	152.4		B-129	96.5	9.5	135.1	28.3		
Ca	MG-20	353.0	15.4	69.3	2.3	Zn	MG-20	594.2	79.6	529.5	36.8		
	B-129	302.7	45.4	70.2	6.1		B-129	1215.4	164.9	936.3	288.2		

ENEPEP Expert Program of
Environmental Management and
Prognosis of Nuclear Emergencies

播種後水耕栽培にて4週間

Grown with hydroponics for 4 weeks

1/10 Hoagland's 水耕液

1/10 Hoagland's solution

明期: 16 h、温度: 23°C

Light : 16 h, Temp. 23°C

→

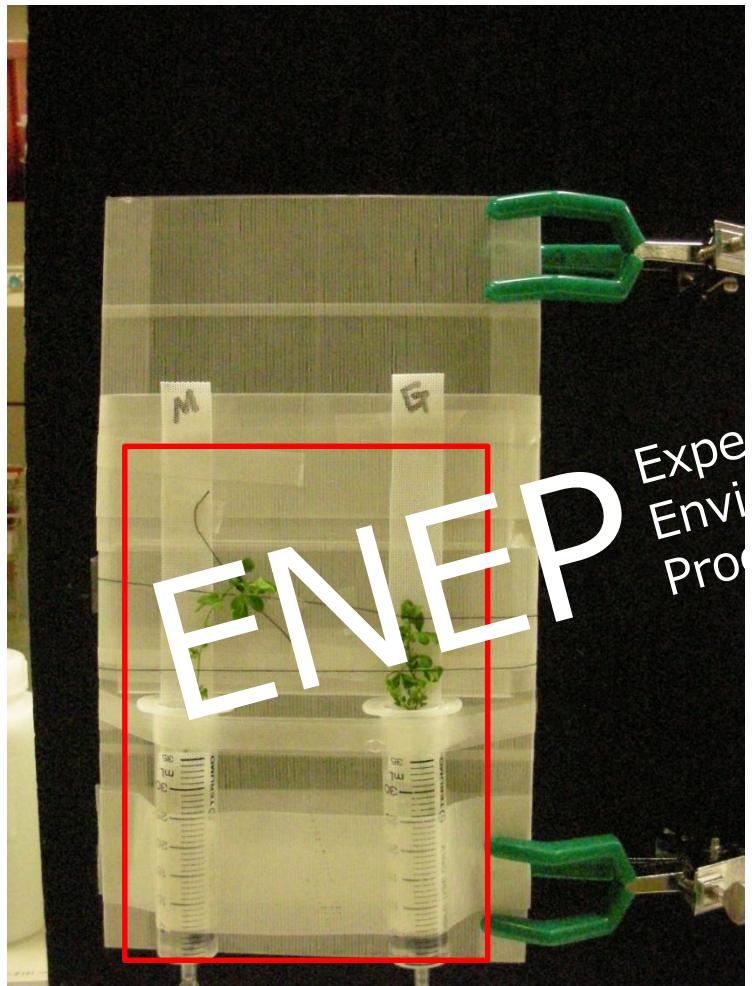
ICP-AESによる元素測定
Measurement of element concentration
with ICP-AES

Positron Emitting Tracer Imaging System (PETIS)



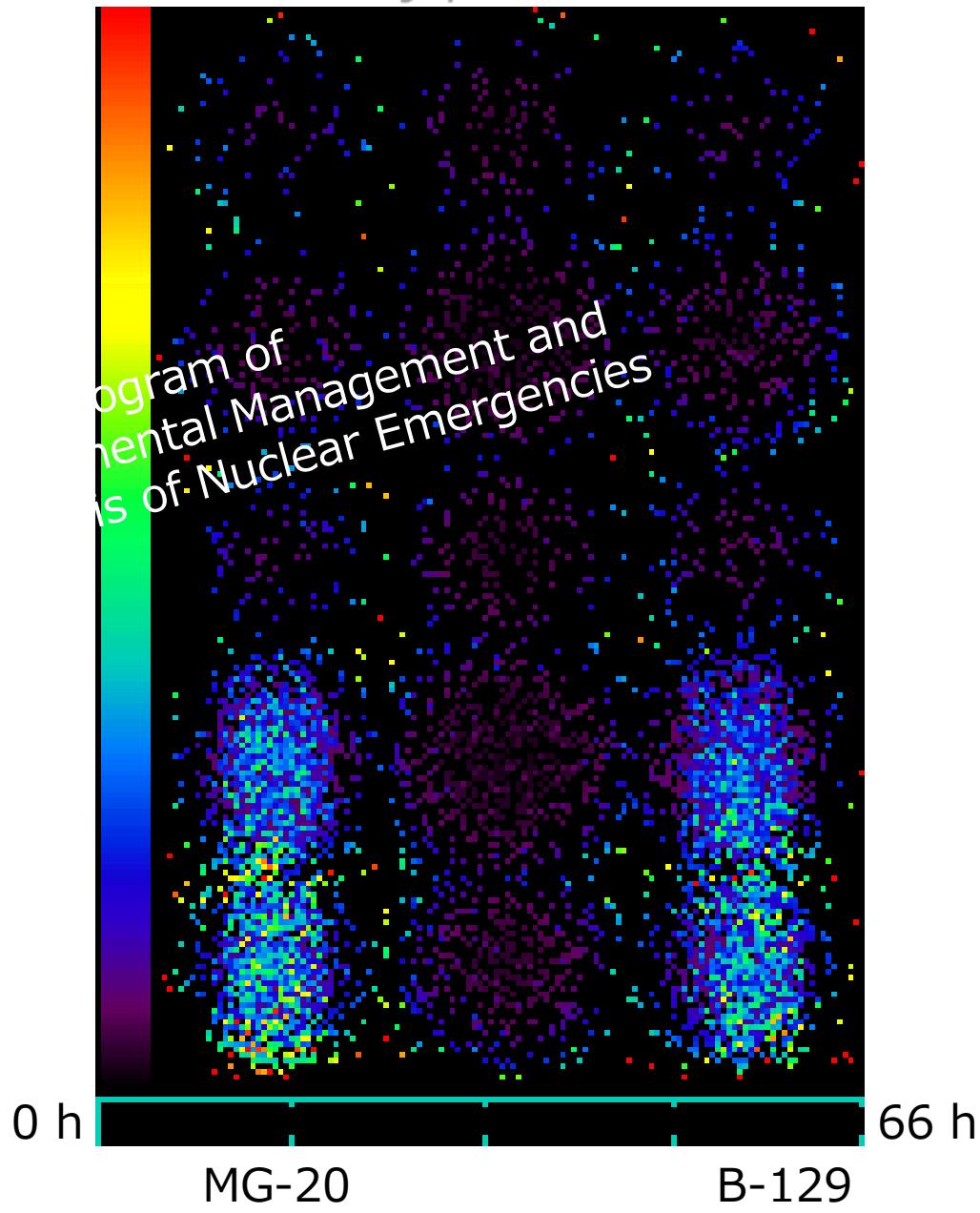
ミヤコグサにおける亜鉛の輸送

Real-time imaging of zinc transfer in *L. japonicus*



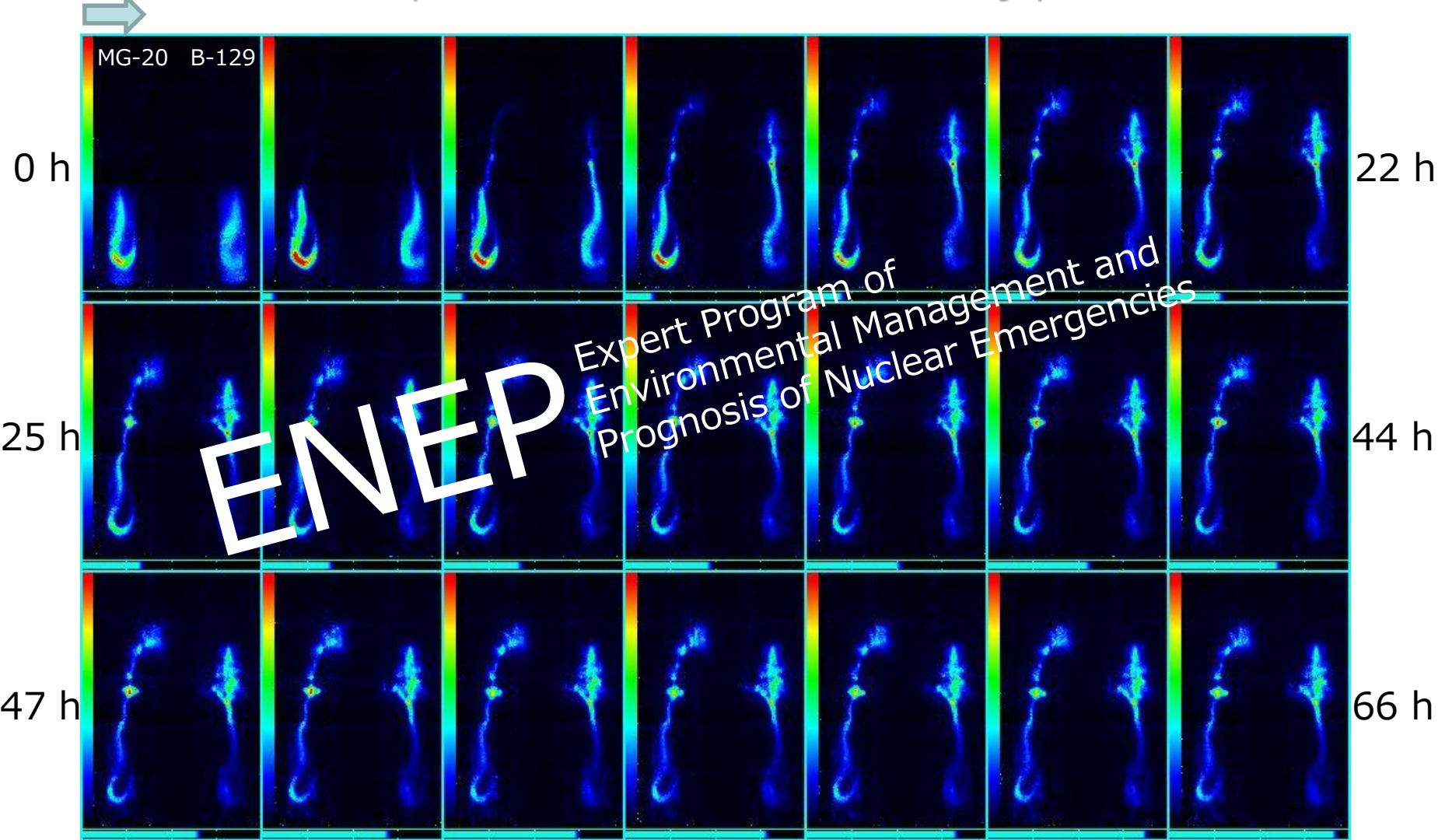
MG-20

B-129



^{65}Zn 局在の時間変化

Time dependent Zn-65 distribution in *L. japonicus*

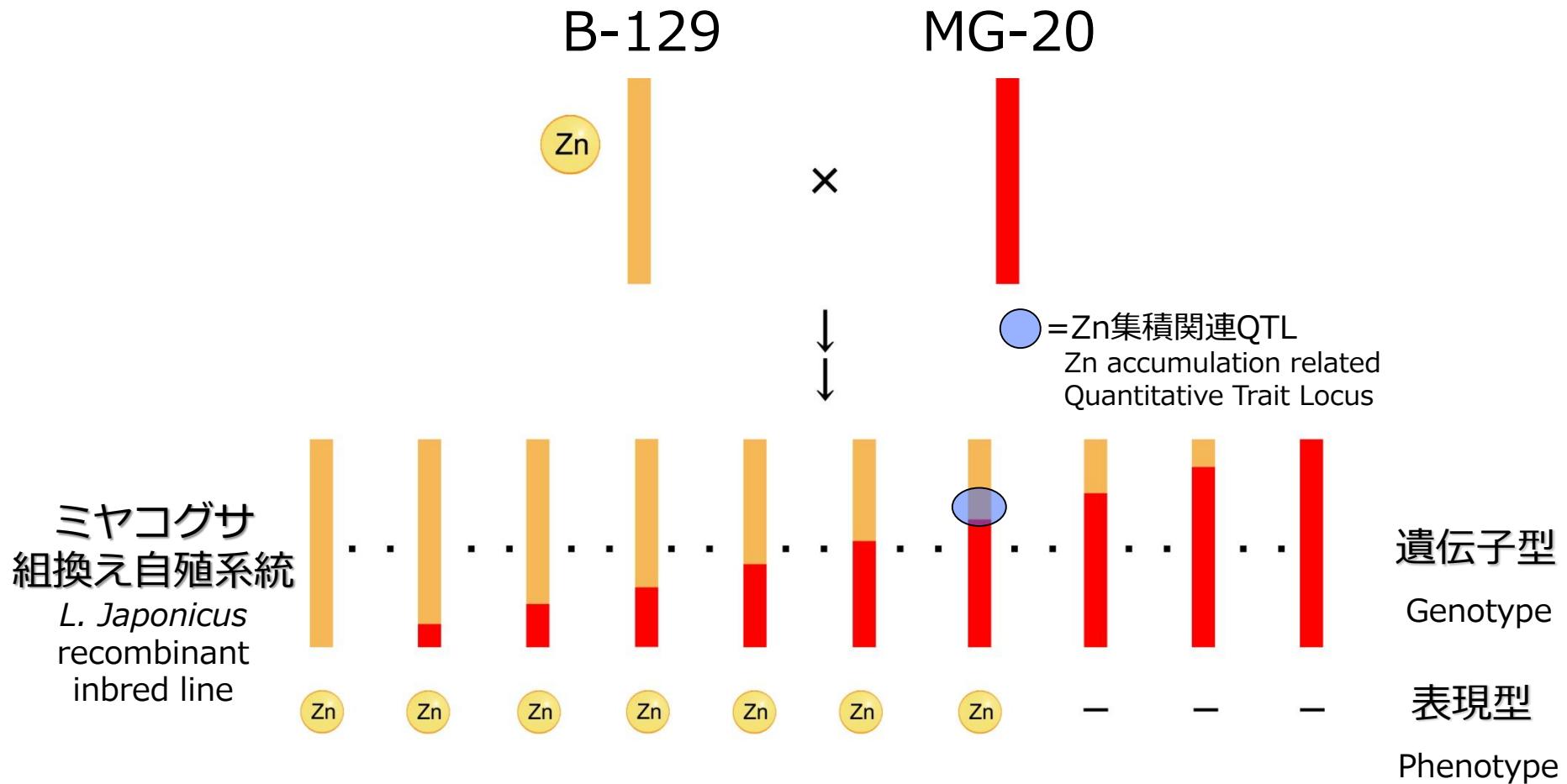


亜鉛の輸送速度に系統間差

Zinc transfer activity is differed between two cultivars

原因遺伝子の探索

Searching for the responsible genes



ミヤコグサ組換え自殖系統

L. Japonicus recombinant inbred line

#1

~

#205

Chr. 1

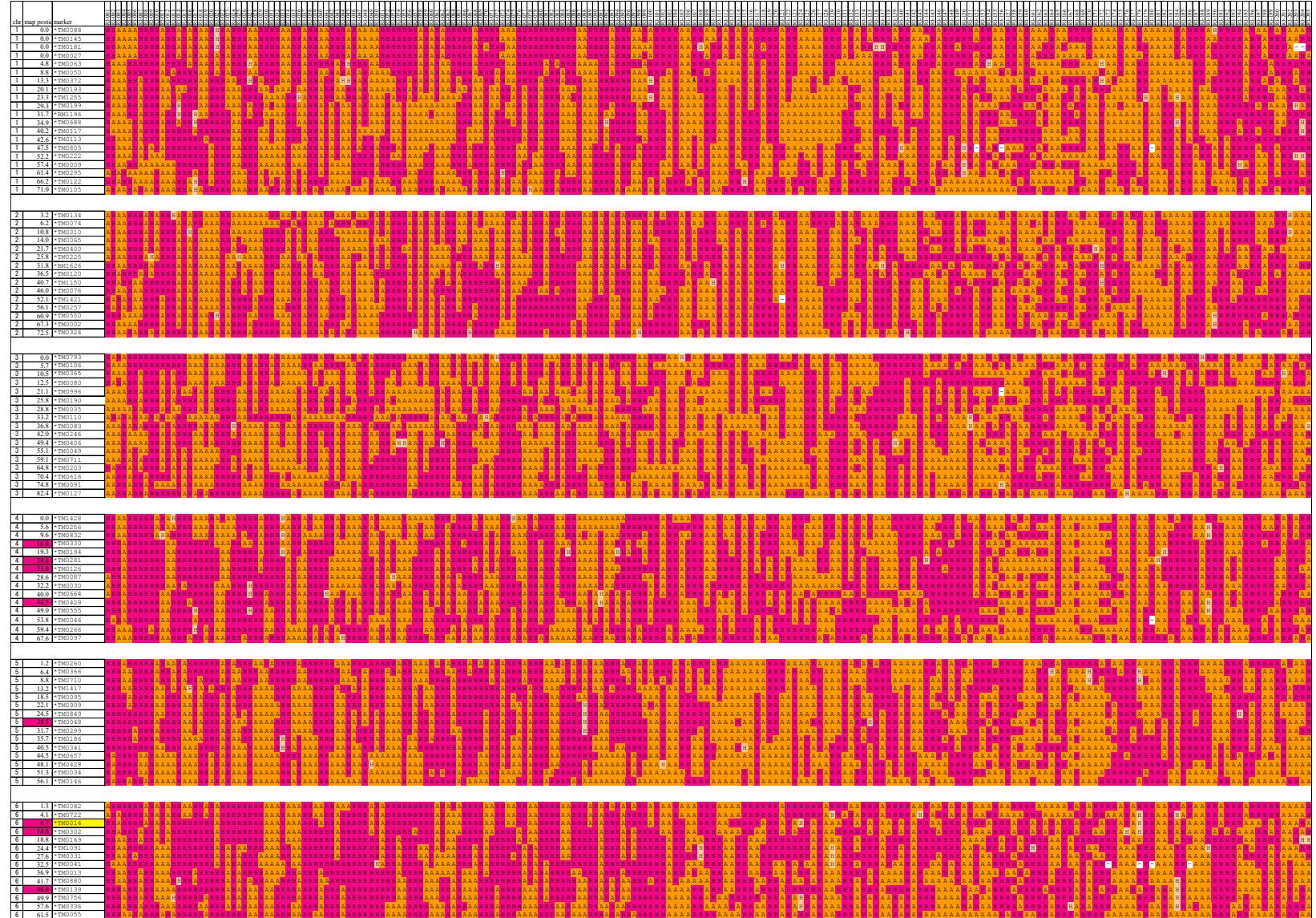
Chr. 2

Chr. 3

Chr. 4

Chr. 5

Chr. 6

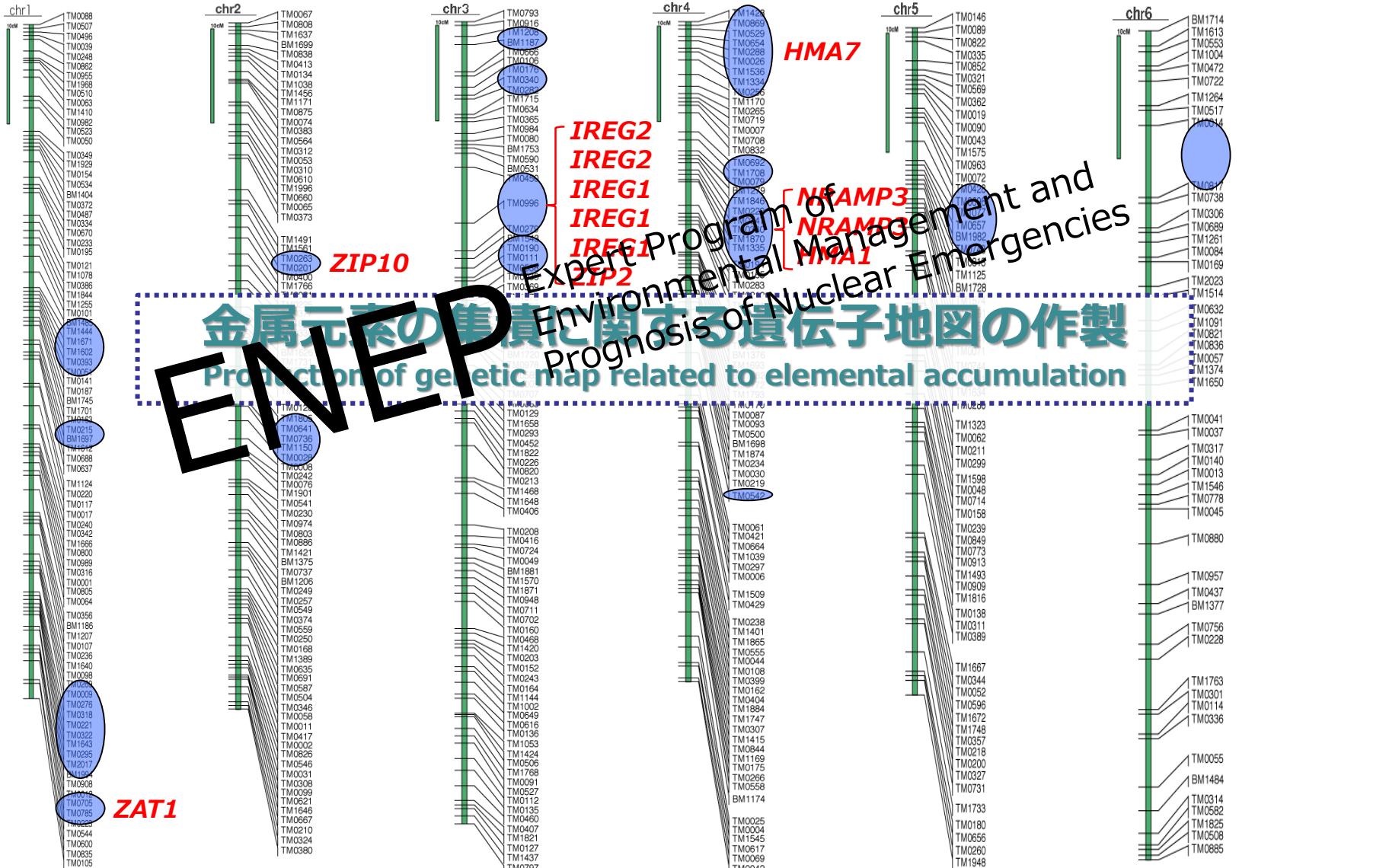


地上部亜鉛集積関連遺伝子座

QTLs related to shoot Zn accumulation

○=地上部Zn集積関連QTL

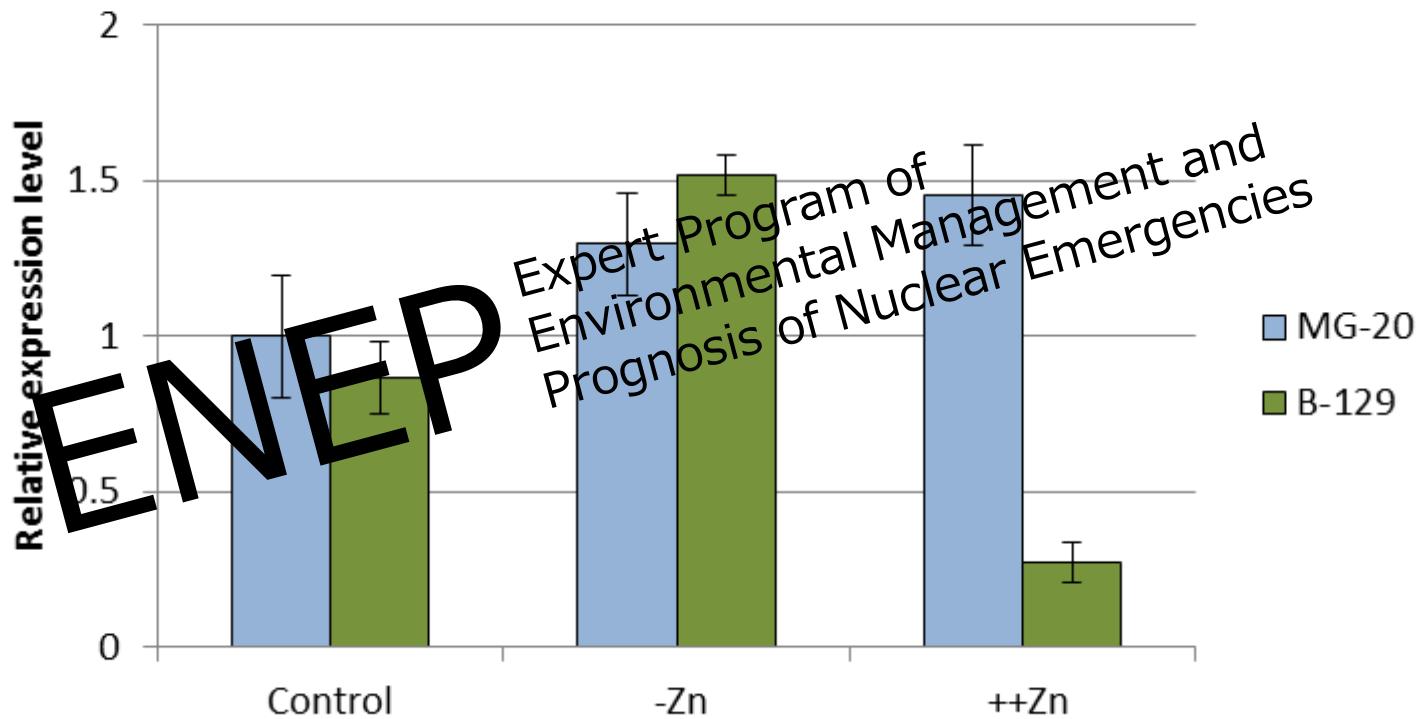
QTL related to shoot Zn accumulation



亜鉛欠乏/過剰条件下におけるZIP2発現

ZIP2 expression under deficiency or excess of Zn

ZIP2 expression



コントロール : Control:

1/10 Hoagland's Sol.
(0.4 μ M Zn)
for 4 weeks

Zn欠乏 : Zn deficiency:

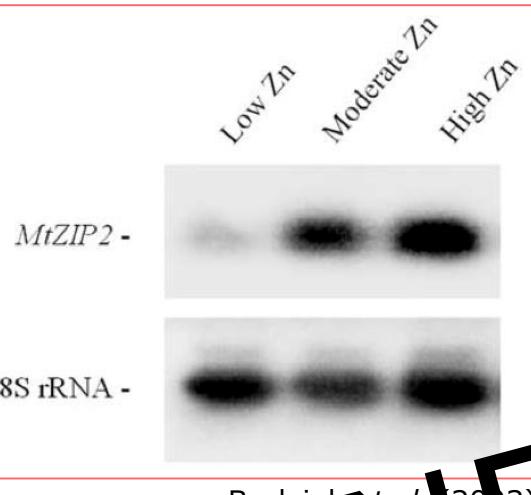
1/10 Hoagland's Sol.
without Zn (0 μ M)
for 4 weeks

Zn過剰 : Zn excess:

1/10 Hoagland's Sol.
with 40 μ M Zn
for 4 weeks

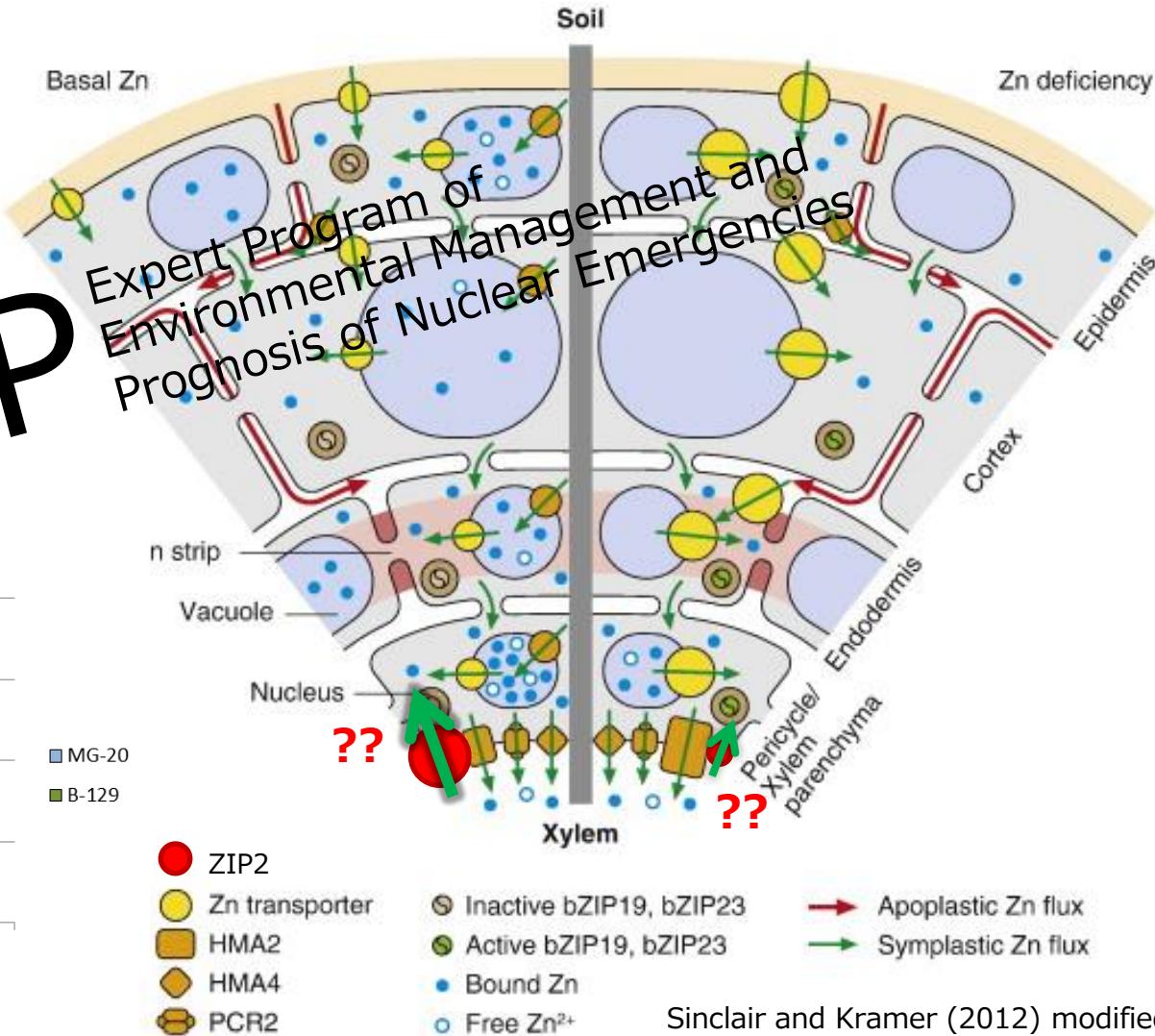
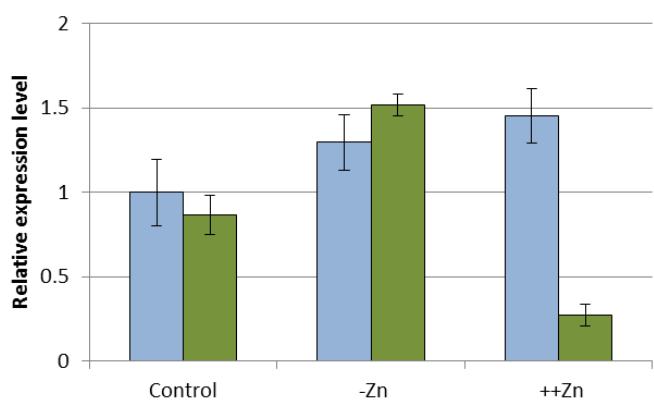
亜鉛輸送におけるZIP2の機能推測

Estimation of ZIP2 function in Zn transfer in plant



ENEPEP

ZIP2 expression



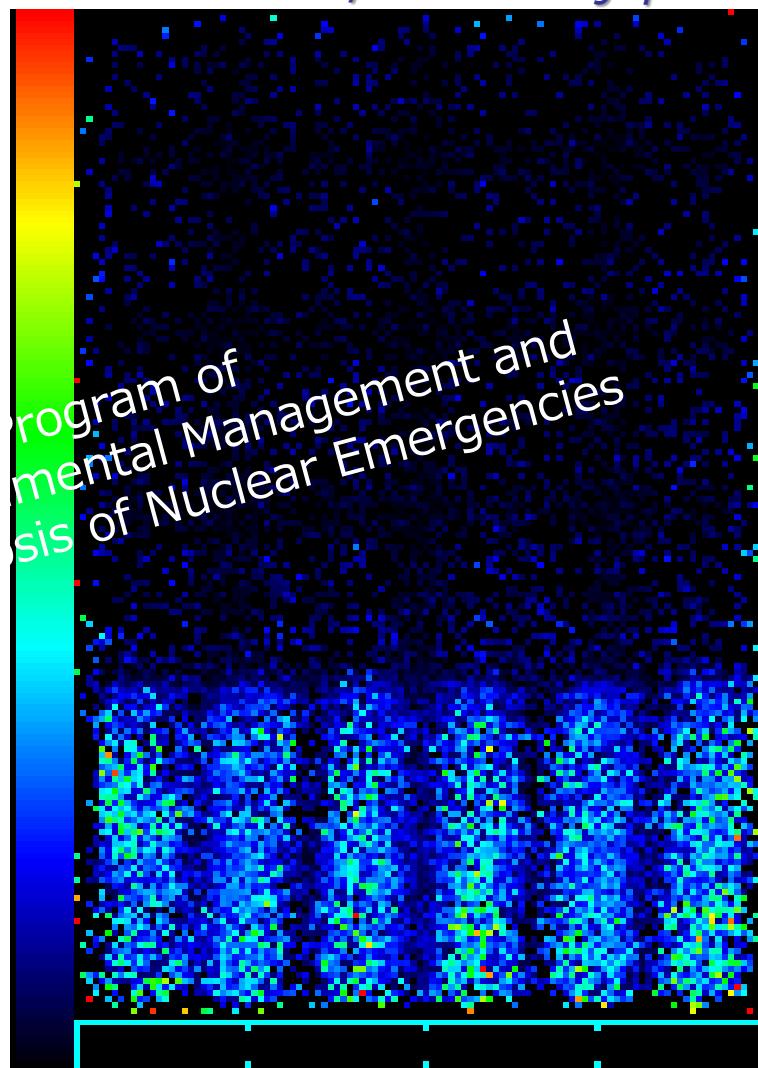
亜鉛欠乏/過剰ミヤコグサにおける亜鉛輸送

Real-time imaging of zinc transfer in Zn deficient/excess *L. japonicus*



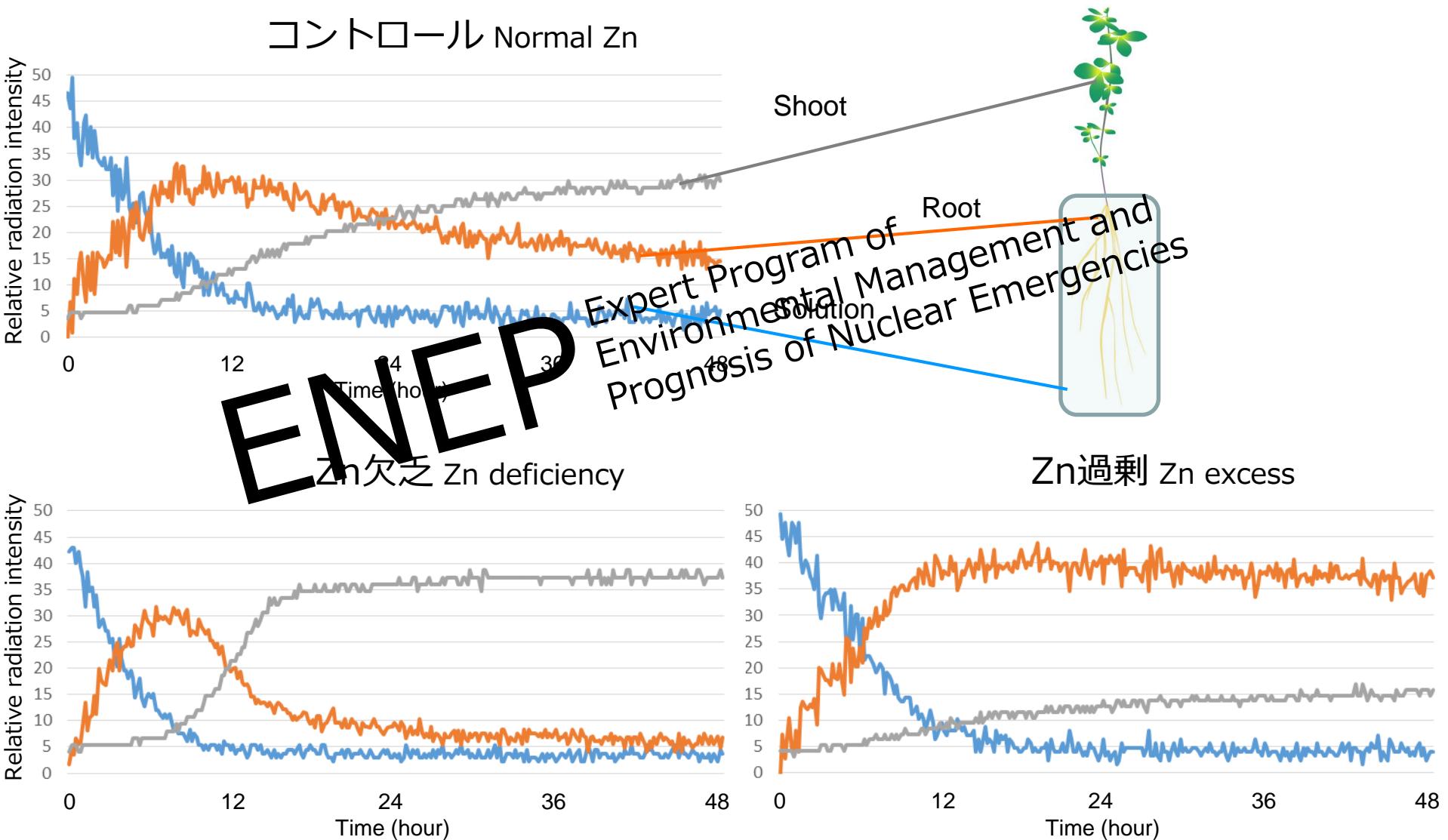
ENEP

Cont. -Zn +Zn Cont. -Zn +Zn
MG-20 B-129



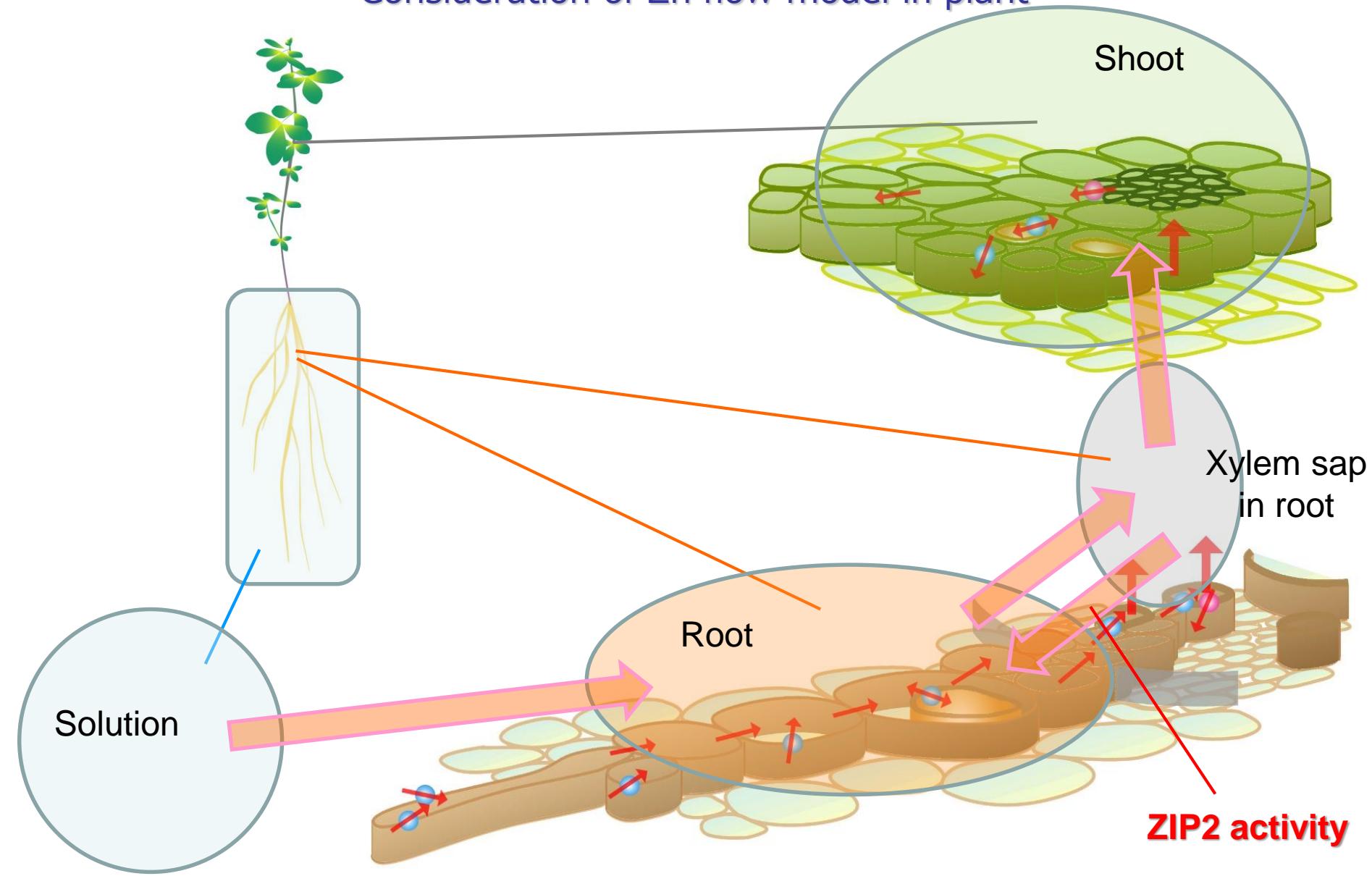
亜鉛欠乏/過剰植物の亜鉛輸送を数値化

Quantifying of zinc transfer in Zn deficient/excess *L. japonicus*



亜鉛フローモデルの検討

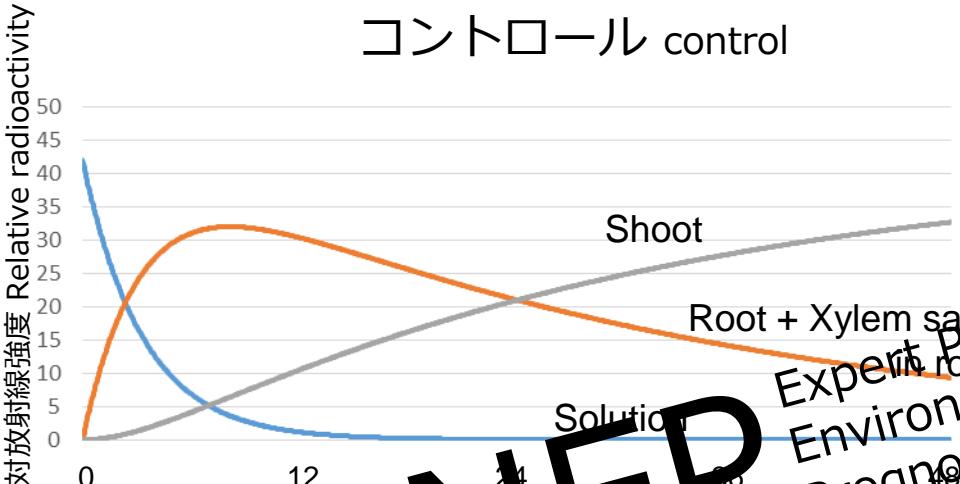
Consideration of Zn flow model in plant



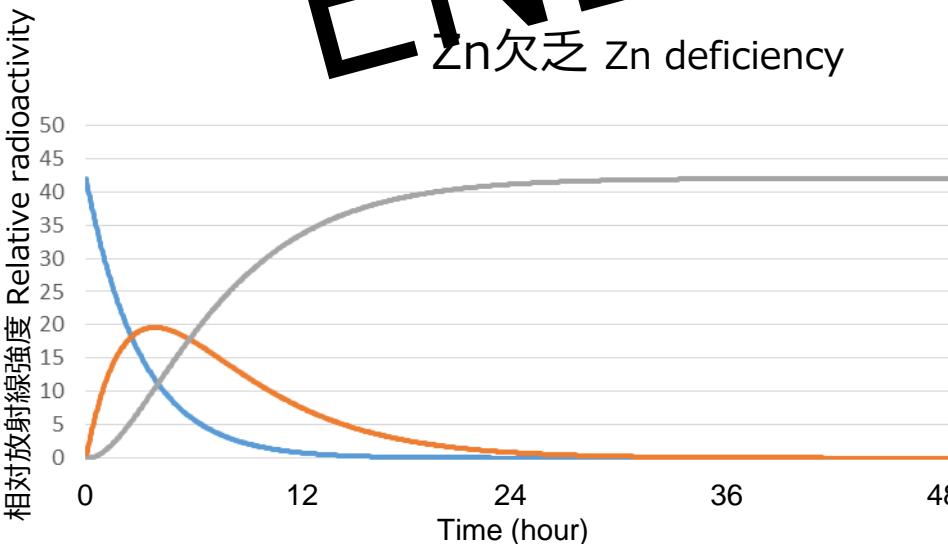
導管への亜鉛輸送活性予測

Estimation of Zn loading activity into xylem sap

コントロール control



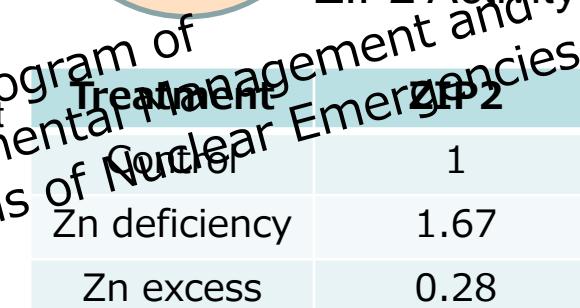
ENEP
Zn欠乏 Zn deficiency



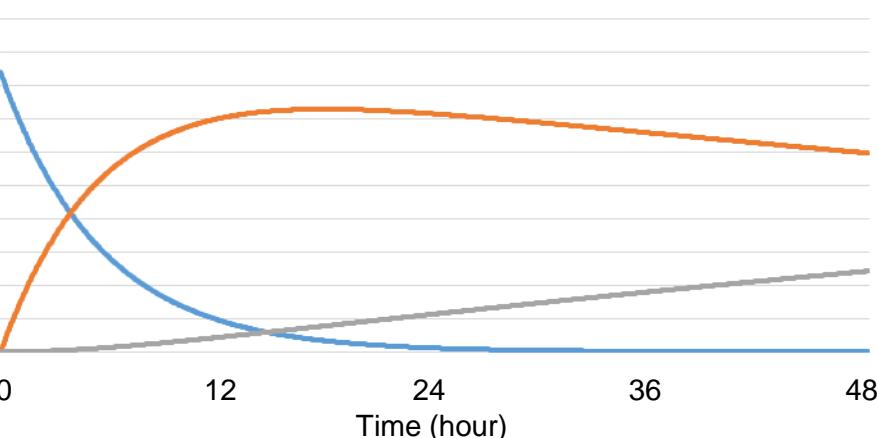
Zn loading
Activity

Root

Xylem sap
in root



Zn過剰 Zn excess



導管への亜鉛輸送活性の系統間差

Inter-strain difference in Zn xylem loading

導管内への亜鉛の予測輸送活性

Estimated Zn loading activity into xylem sap

ZIP2発現量に基づいたモデルシミュレーションによる
導管への亜鉛輸送活性

Zn loading activity into xylem sap was estimated
with model simulation method based on the ZIP2 expression data

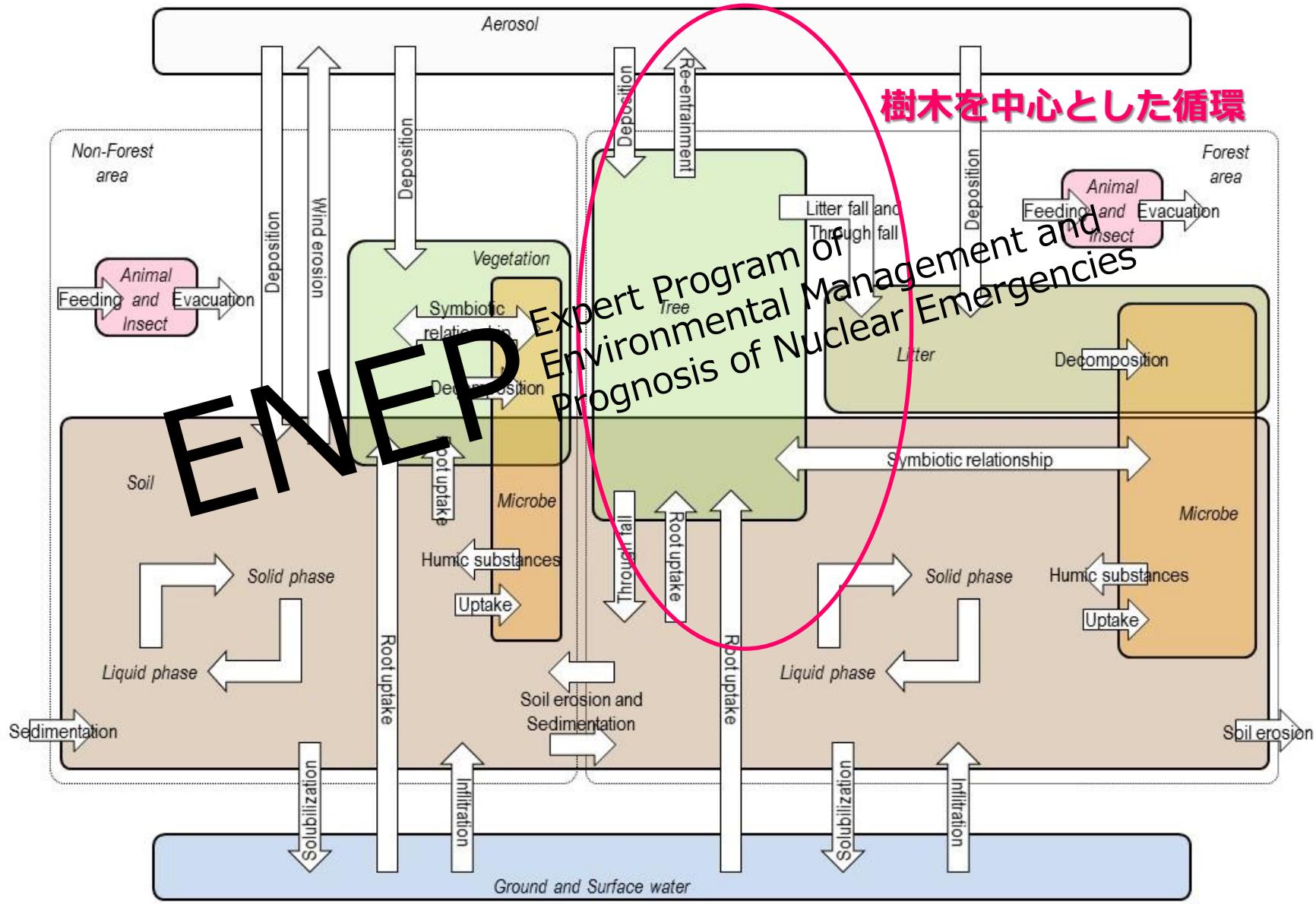
Strain	Treatment	Report Program of ZIP2 Environmental Management and Prognosis of Nuclear Emergencies	Zn loading
B-129	Control	1	1
	Zn deficiency	1.67	4
MG-20	Zn excess	0.28	0.05
	Control	1.11	1
	Zn deficiency	1.44	1.05
	Zn excess	1.61	0.38

B-129系統でより積極的な輸送活性の制御がなされている可能性

Highly regulated Zn transfer in B-129 strain was suggested

陸域生態系における動態把握

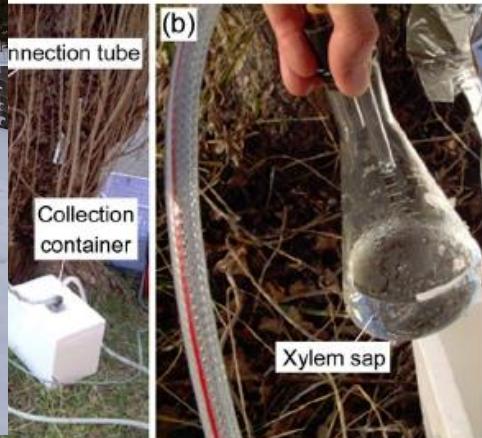
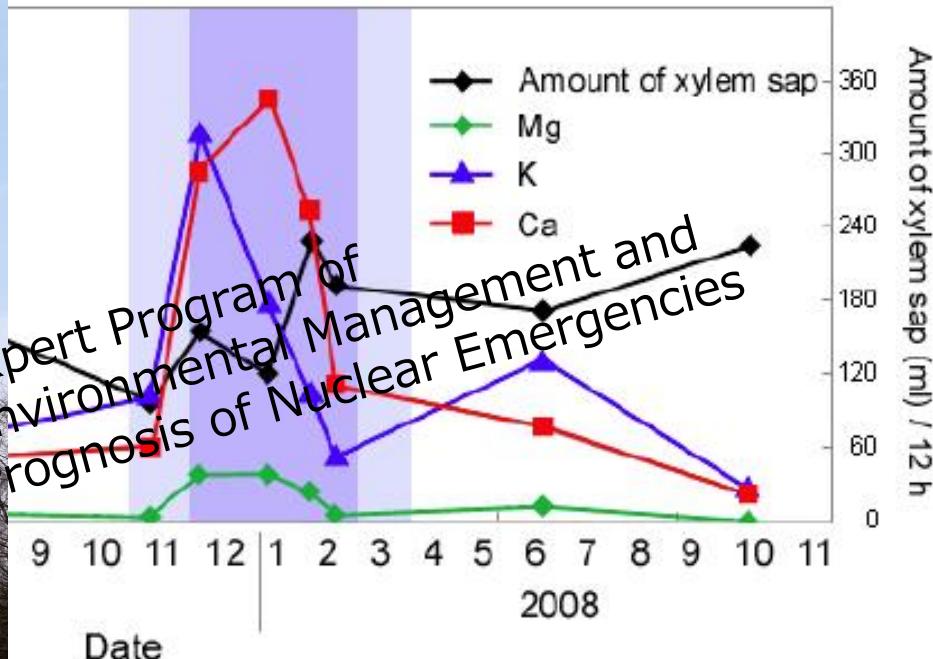
Dynamics of radioactive nuclides within terrestrial ecosystem



樹木道管液金属組成の年周変動

metal components in xylem sap

average temperatures were below 10°C average temperatures were below 5°C



Hybrid aspen T89 (*P. tremula* × *tremuloides*)

樹木における分子生物学のモデル植物

A model plant for genome studies in woody plant

ゲノム情報が利用可能

Genome information is available

分子生物学的手法が利用可能

Molecular biological approach

挿し木によるゲル栽培での継代が可能

Cutting propagation with gel culture

葉への高いセシウム移行

High Cs transfer into the leaves

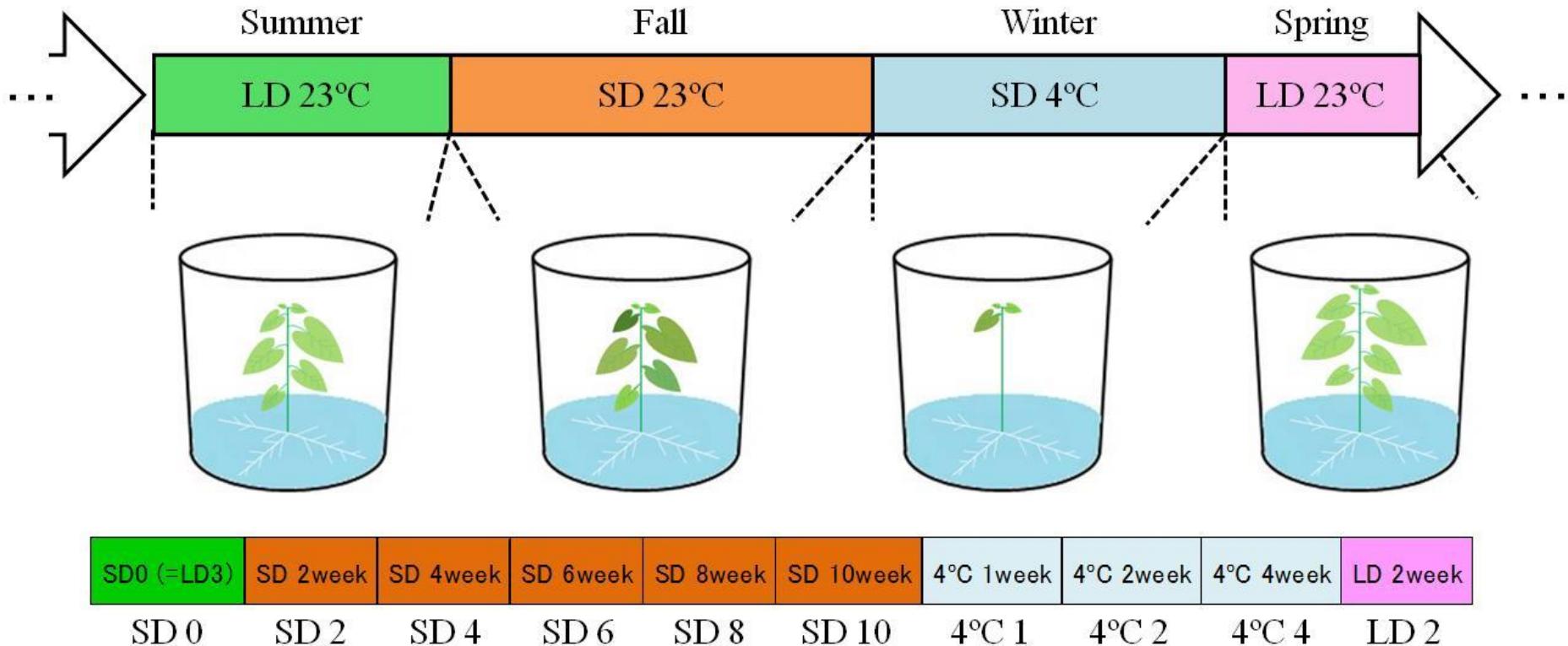
(Technical reports of IAEA; No,472)



Bar = 5 cm

樹木の疑似年間サイクル栽培

Artificial annual environmental cycle



LD condition (light/dark : 16/8 h), SD condition (light/dark : 8/16 h)

^{137}Cs を用いた局在解析

Localization analysis using ^{137}Cs

挿し木後3週間長日条件下で栽培

Poplar grown up during 3 weeks under LD condition (light/dark, 16/8 h; 23°C)



長日あるいは短日処理

LD or SD treatment



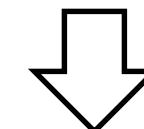
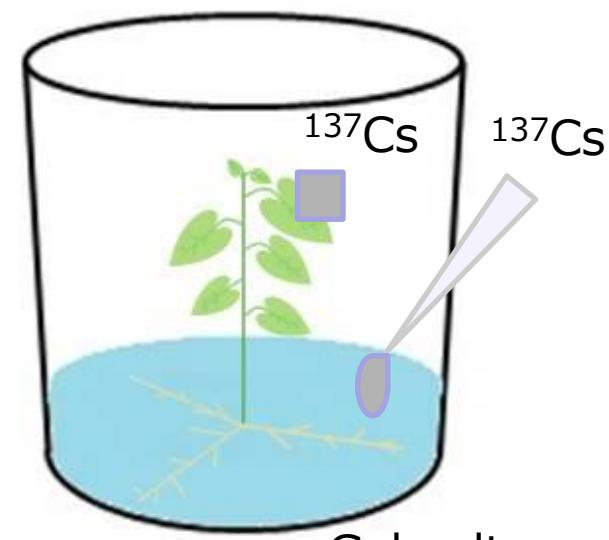
放射性セシウムをゲルあるいは
葉面に投与

Radio cesium ($^{137}\text{CsCl}$ with $0.1 \mu\text{M}^{133}\text{CsCl}$) was added
to the gel or applied to leaf with paper disk



A) ^{137}Cs 局在解析 ^{137}Cs distribution analysis

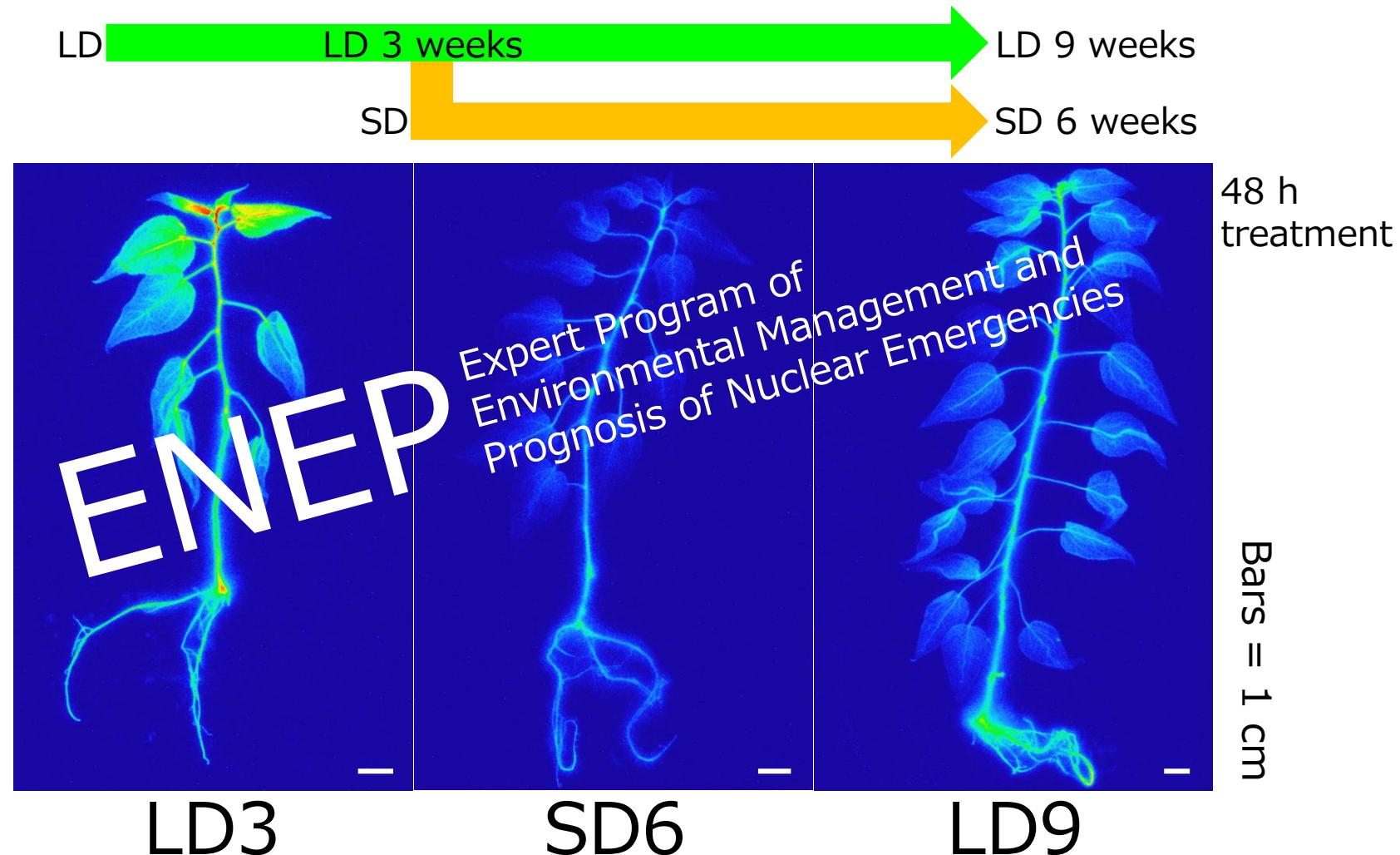
B) ^{137}Cs 定量 ^{137}Cs measurement



BAS Imaging & Gamma counter

経根吸収によるセシウムの局在解析

Cesium localization in poplar through root uptake

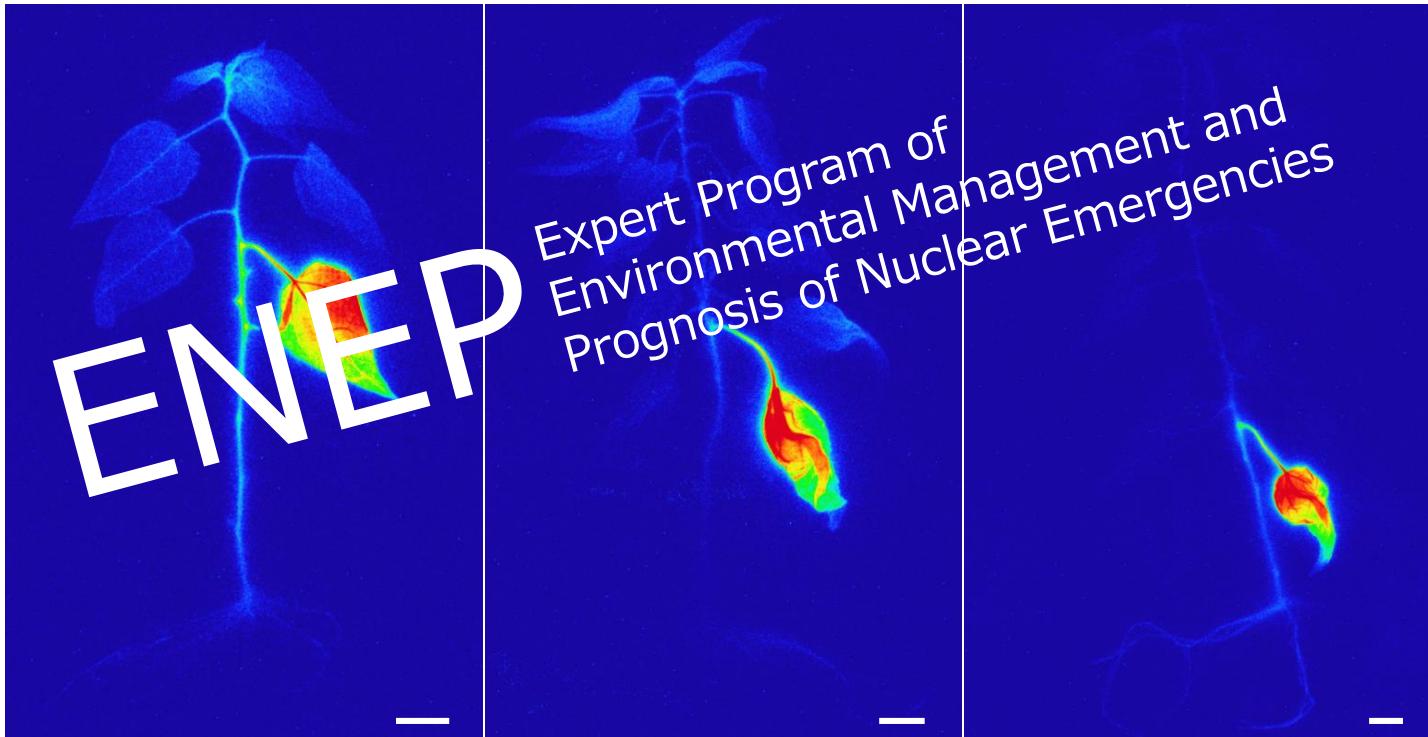


根からの栄養吸収 Nutrition absorbed by root

→ 導管輸送 Xylem transport

葉面吸収によるセシウムの局在解析

Cesium localization in poplar through foliar absorption



LD3

SD6

LD9

養分の回収 Nutrition retrieve

→ 篩管輸送 Phloem transport

Noda et al.

K輸送系を介したセシウムの吸収と輸送

Uptake and translocation of ^{137}Cs mediated by K^+ transport systems

Inward K^+ channel

AKT1, KAT1, KST1 etc.

High-affinity K^+/H^+ symporter

KUP1, HAK5 etc.

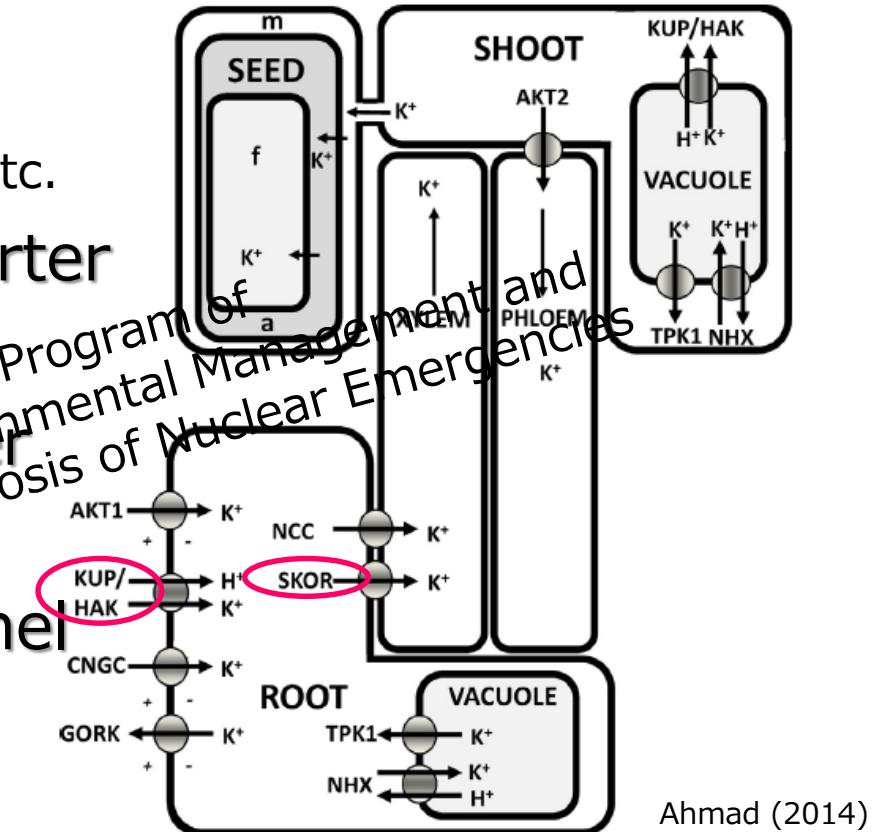
High-affinity K^+ transporter

AKT1 etc.

Non-selective cation channel

CNGC, GLR etc.

ENEP



Ahmad (2014)

Inward K^+ channel、Outward K^+ channel、
non-selective cation channelはセシウムを輸送する

Inward K^+ channels, Outward K^+ channels and
non-selective cation channels can transport Cs^+

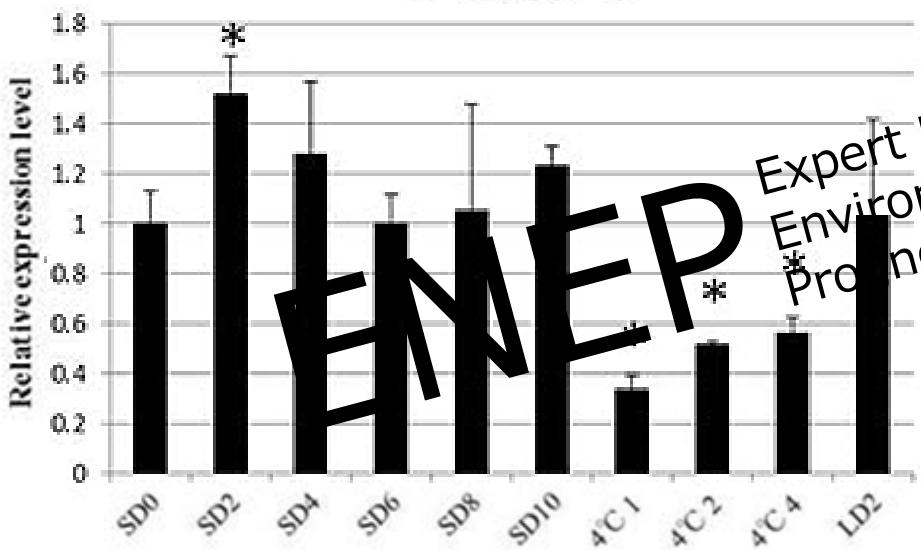
White and Broadley (2000)

疑似年間サイクルにおける*KUP*の発現

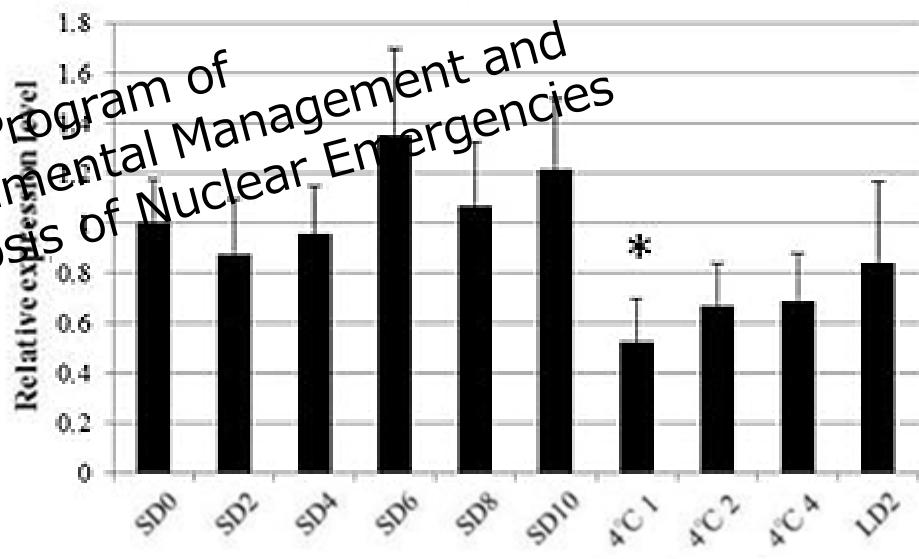
KUP1 expression in artificial annual environmental cycle

KUP1 Expression

Upper shoot



Root



* < 0.05

(normalized by SD0 condition)

*KUP1*は低温で発現抑制される

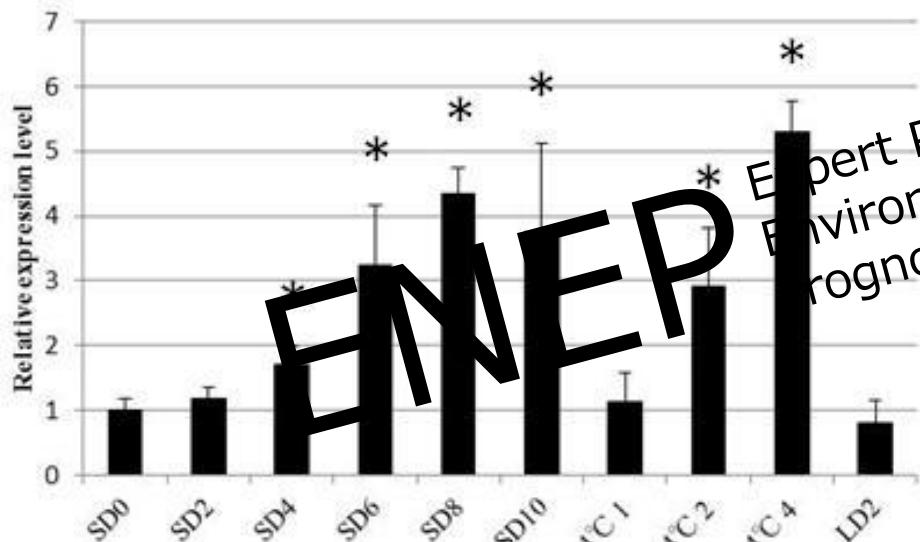
KUP1 expression was down-regulated by low-temperature condition in poplar

疑似年間サイクルにおけるSKORの発現

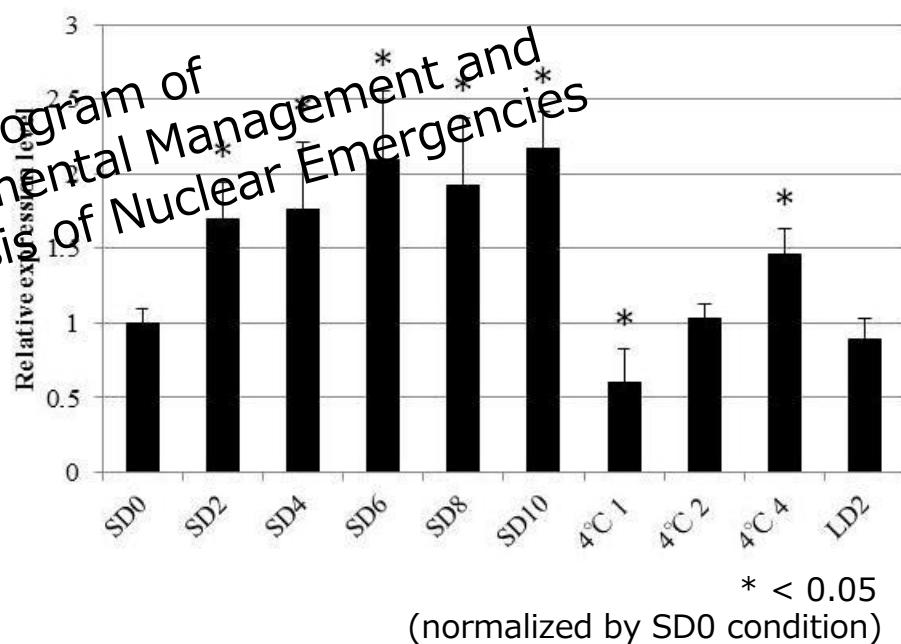
PttSKOR-like gene expression in artificial annual environmental cycle

PttSKOR-like2 Expression

Upper Shoot



Root



*PttSKOR-like2*は短日と低温で誘導される

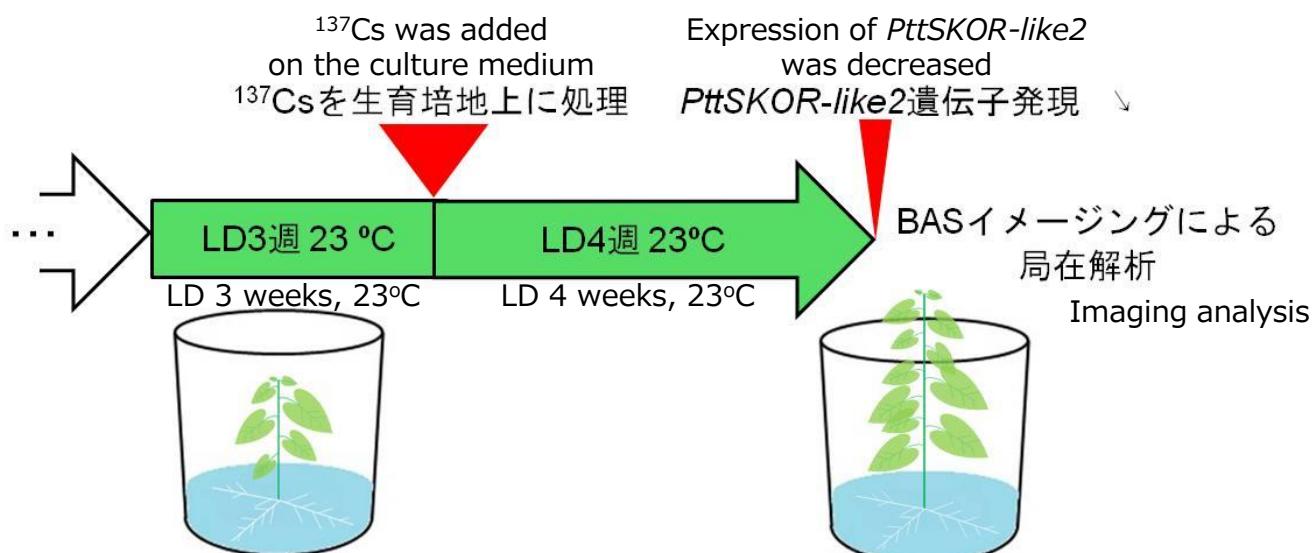
PttSKOR-like2 expression was up-regulated by short-day and low-temperature condition in poplar

長日および短日条件下での¹³⁷Cs動態解析

Cs-137 translocation under LD and SD conditions

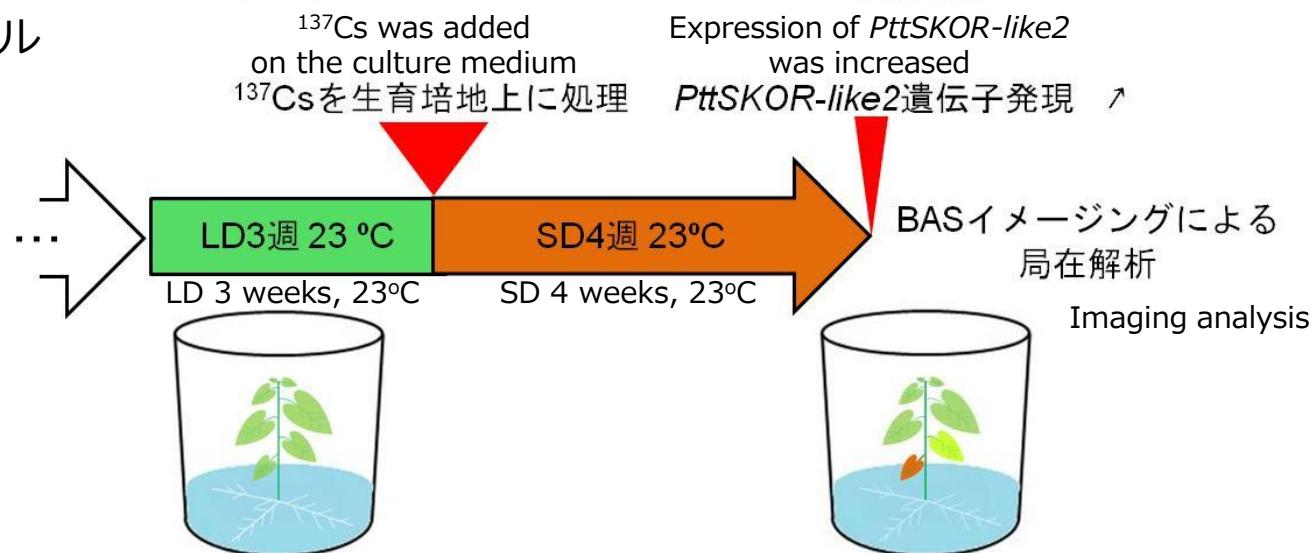
LD延長条件

Prolonged LD



擬似年間サイクル

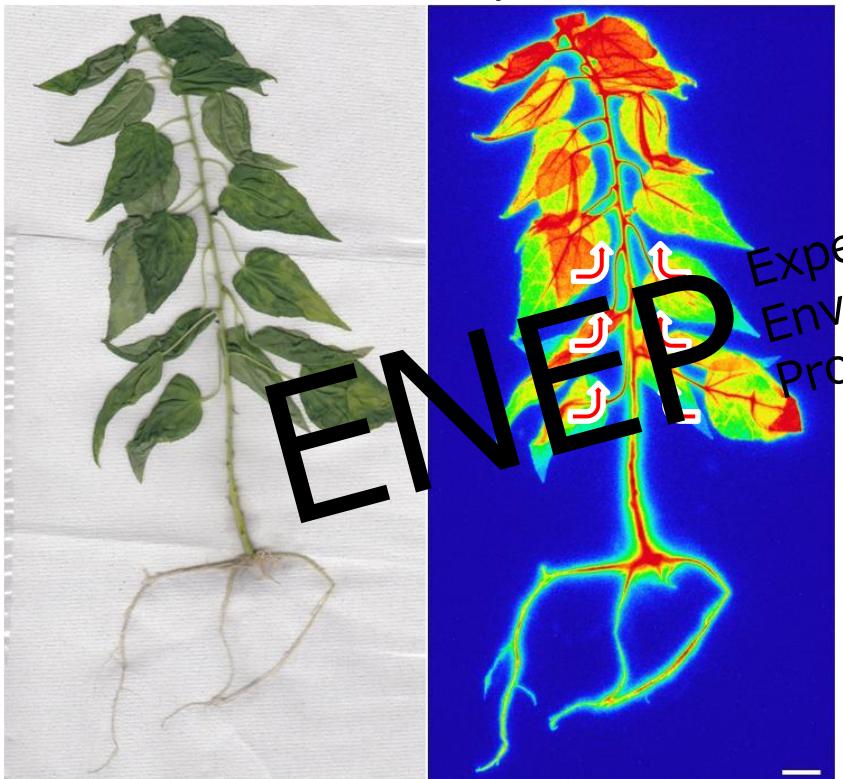
LD to SD



長日および短日条件下での¹³⁷Cs動態解析

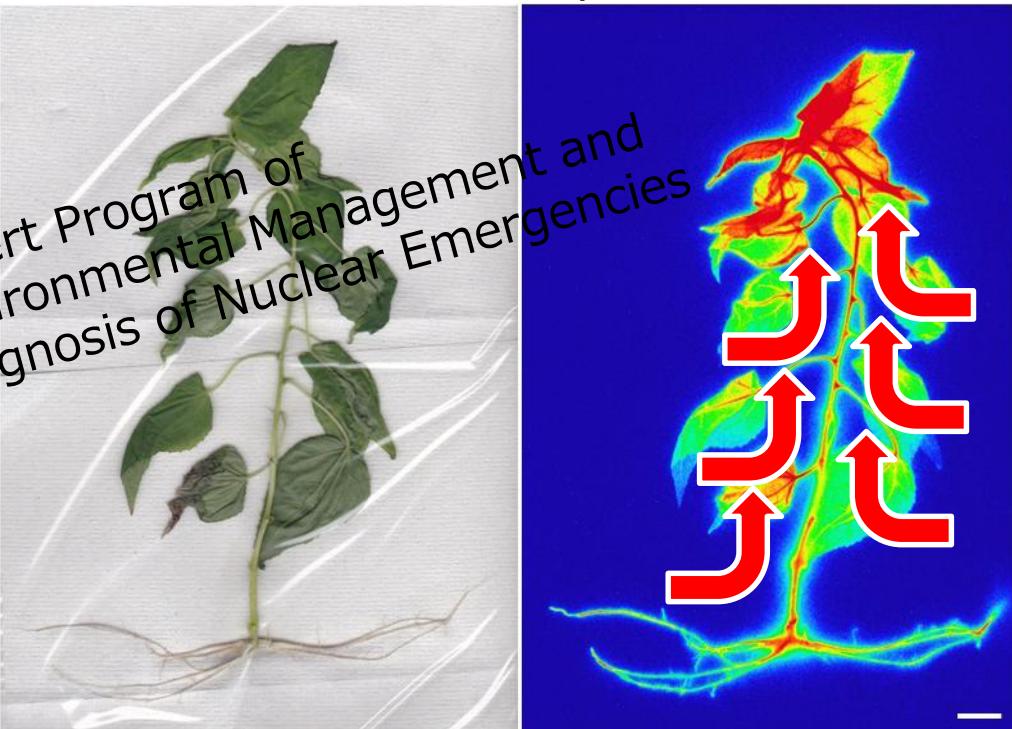
Cs-137 translocation under LD and SD conditions

LD 3 weeks → LD 4 weeks
(¹³⁷Cs treatment)
PttSKOR-like2 expression ↘



ENEP

LD 3 weeks → SD 4 weeks
(¹³⁷Cs treatment)
PttSKOR-like2 expression ↗



Bars = 1 cm

*PttSKOR-like2*の遺伝子発現上昇の条件下で
¹³⁷Csは上位葉含む茎頂部への輸送が促進された

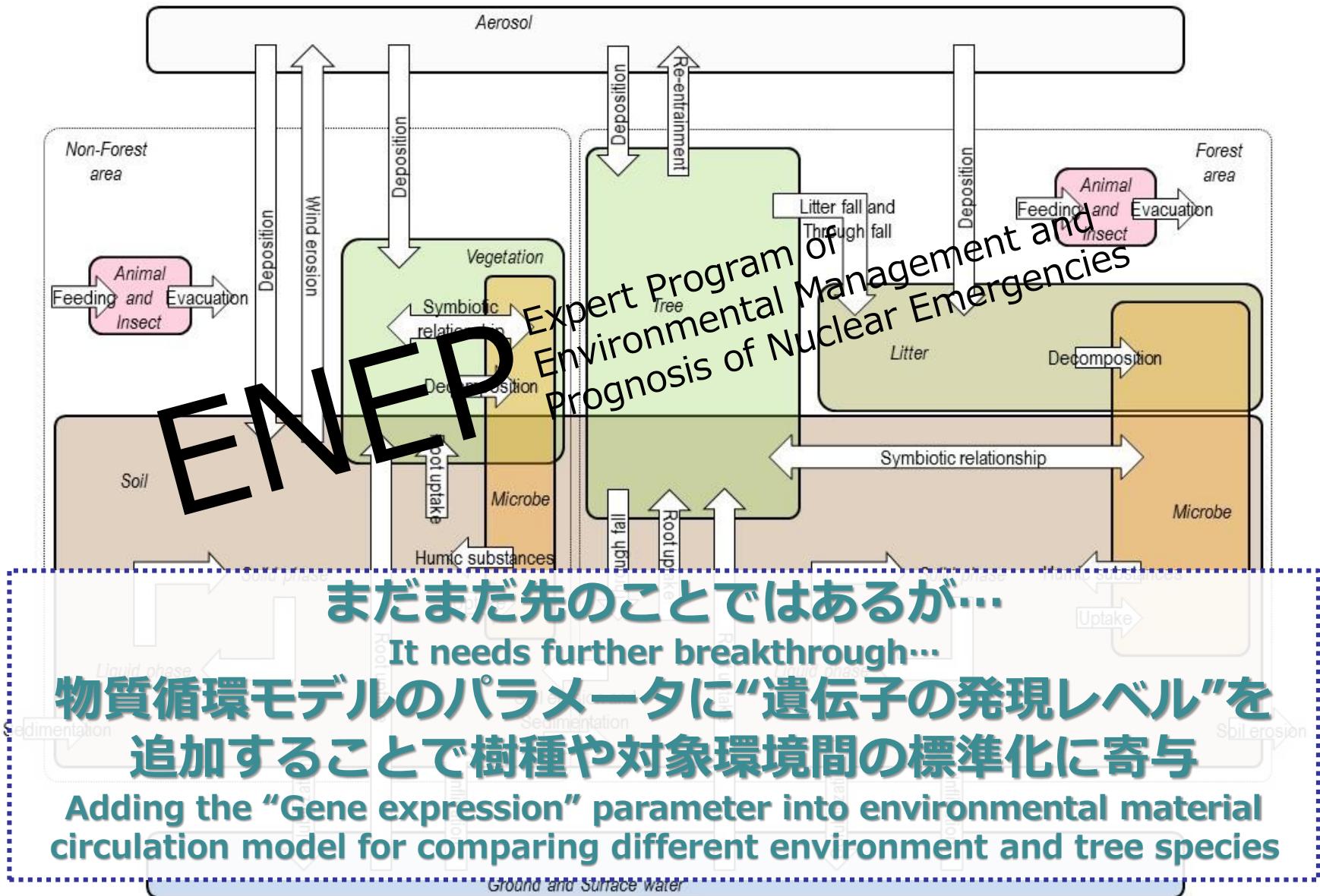
Radio-Cs translocation to upper shoot was enhanced
under *PttSKOR-like2* up-regulation condition

Noda et al.

Expert Program of
Environmental Management and
Prognosis of Nuclear Emergencies

森林生態系における動態把握

Dynamics of radioactive nuclides within forest ecosystem



福島県でサンプリングされたスギの汚染

Radio-Cs contamination of sugi (*Cryptomeria japonica*)

H24.12.1
Futaba (01)

ENEPEP

Decrease ($\times 0.3$)

Decrease ($\times 0.4$)

Increase
($\times 1.9$)

Negligible decrease
($\times 0.9$)

^{137}Cs (kBq)

Pre-2010

7.3

(a)
Needles that grew
before 2010
(pre-2010 needles).

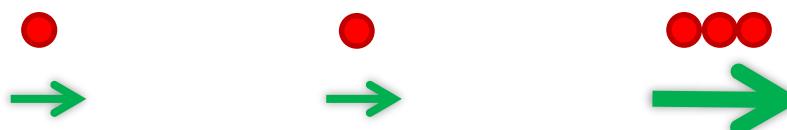
(b)
Needles that grew in
2011
(2011 needles).

(c)
Needles that grew in
2012 (2012 needles,
currently growing
needles).

(d)
Male
flowers.

(e)
Pollen.

Gene expression
Estimated Cs flow



Expert Program of Environmental Management and Prognosis of Nuclear Emergencies