

放射能汚染地域における山林管理について

ISTC/STCU シンポジウムおよびワークショップ
環境の修復と回復に関する ロシア、ウクライナ、
その他の独立国家共同体加盟国の経験と技術

2012年2月3-4日

東京

Vasyl YOSCHENKO

Tel +(38044) 5262444

E-mail vasil@uiar.kiev.ua

ウクライナ生命・環境科学国立大学

農業放射線学研究所

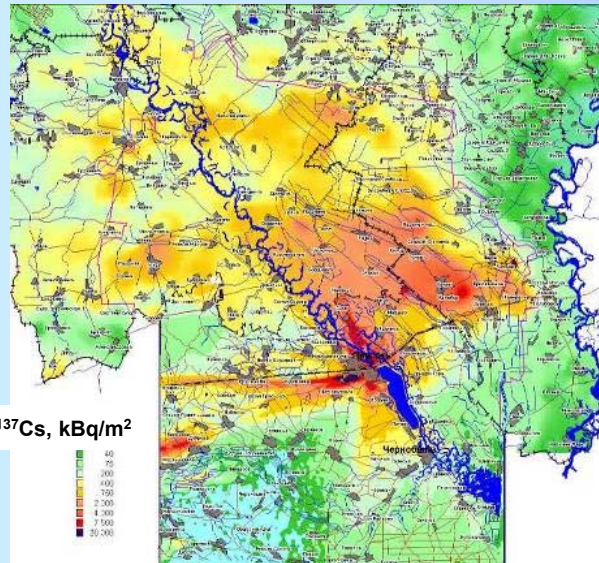
Kyiv

講演項目

1. 実践には何が必要か？
2. 簡潔な技術説明
3. 開発の段階
4. 必要としているのは誰か？
5. 我々の結果やアプローチの利点は何か？
6. 共同研究の機会

問題説明

一般的な問題: チェルノブイリおよび福島における事故後の放射能放出と 広大な地域の汚染

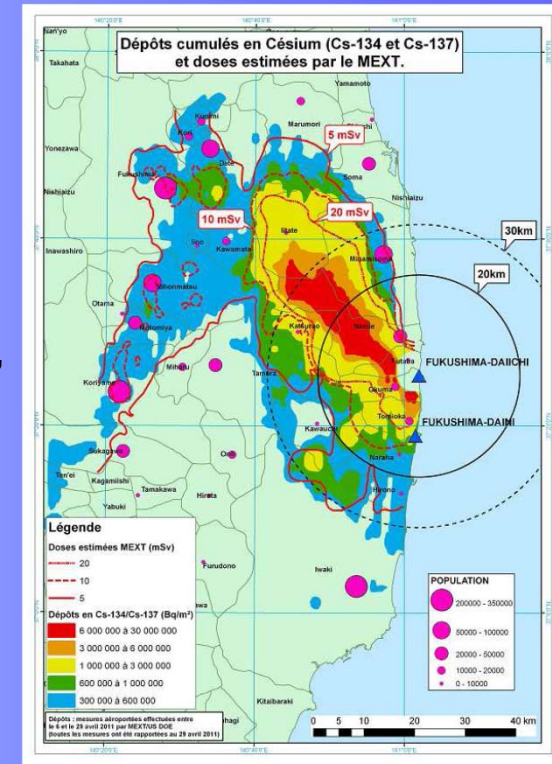


チェルノブイリおよび福島での事故:
近いレベルの放射性セシウム汚
染とほぼ同面積が影響を受けた。

2つの事故の相違点: チェルノブイ
リ原子力発電所では燃料粒子の
形態で燃料成分放射性核種 (^{90}Sr ,
 TUE など) が存在。これらの放射
性核種は主に事故の約30km圏内
に 堆積した。

表1: 堆積 1年目の予想外部線量と影響を受ける住民数

セシウムの堆積 ($^{137}\text{I}+^{134}\text{I}$) (MEXTより)	> 300,000 Bq/m ²	> 600,000 Bq/m ²	> 1 million Bq/m ²	> 3 millions Bq/m ²	6 - 30 millions Bq/m ²
1年目の外部線量 (16.6 mSv by MBq/m ²)	> 5 mSv	> 10 mSv	> 16 mSv	> 50 mSv	100 - 500 mSv
影響を受ける住民数 (警戒区域を除く)	292,000	69,400			
		43,000	26,400		
			21,100	3,100	2,200



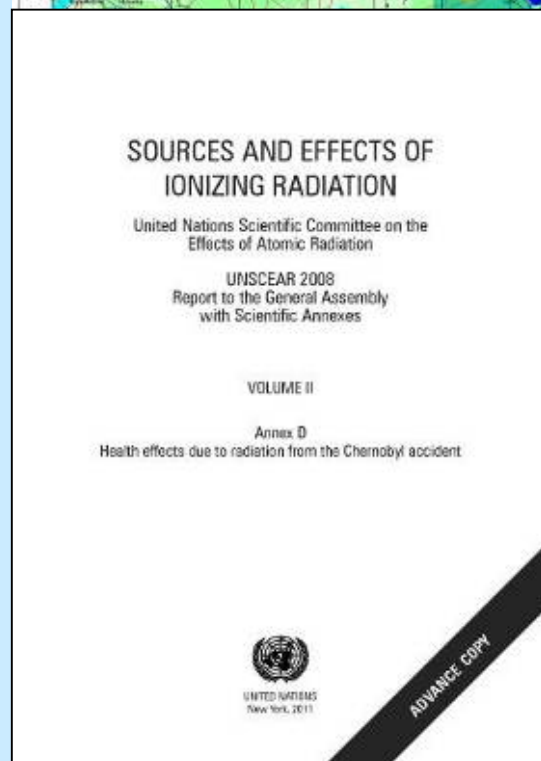
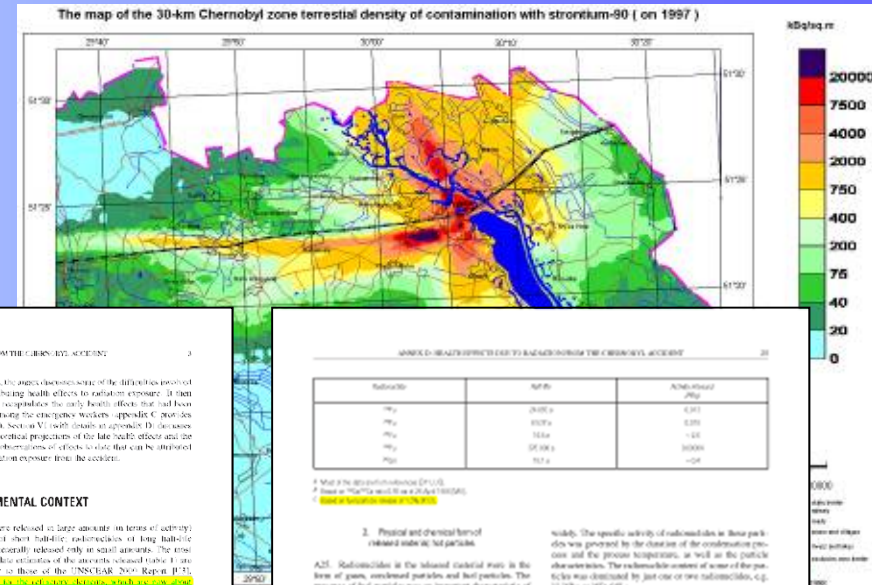
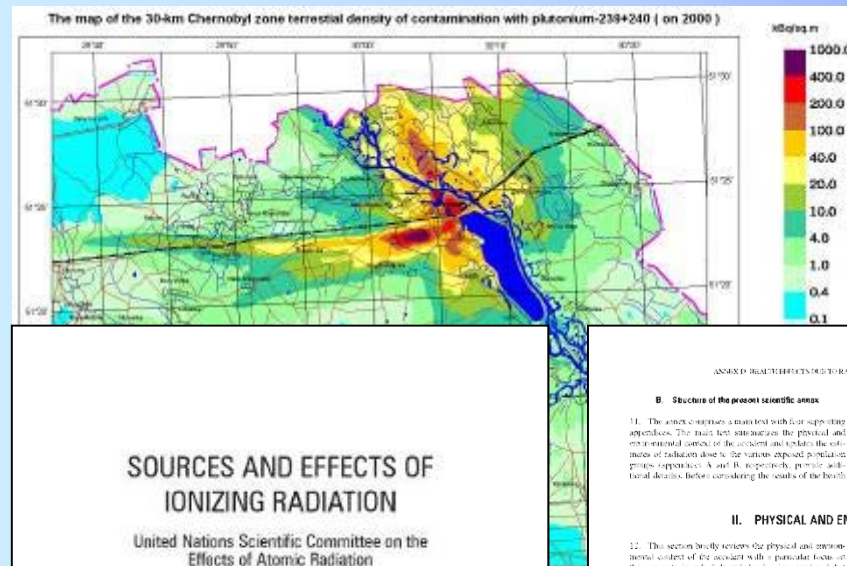
問題説明

問題解決の現段階: 事故の深刻な状態に関する課題を解決している。チェルノブイリ事故に関して言えば、長期影響の解消段階にある。

チェルノブイリ事故の初期の段階では、ウクライナ農業放射線学研究所がいくつかの重要な活動を実施した。

- チェルノブイリ事故の最初の数年 – 域内の汚染を農地レベルまで評価するための広範囲のモニタリング、サンプリング、測定プログラムを実施。農業などにおける放射線学的状況の評価。特に、我々の研究によって、ウクライナ西部の遠隔地区（特にVolynおよびRivne地区）の放射線学的問題が明らかとなった。
- 家畜の放射能汚染のインビボ測定、および、「汚染されていない」飼料で太らせることによる筋組織の ^{137}Cs 含有量削減に関する方法を開発すること。
- 放射能汚染の物理化学的形態の研究。燃料粒子の特性、環境や様々な媒体への溶解率、放射性核種の浸出などの決定。
- チェルノブイリ原発30-km圏内の ^{90}Sr と TUEによる汚染地図を作成すること。事故時におけるこれらの放射性核種の全放出を特定化すること。
- 原野火災における土壌への人為的インパクト（様々な農業活動など）による放射性核種の再懸濁の評価、および、作業員や住民の放射性核種吸入摂取と受ける線量の評価
- 様々な農作物の根から取り込まれたり、葉から移行したりする放射性核種 (^{36}Cl 、 ^{125}I 、 ^{75}Se 、 ^{99}Tc 、TUE) の決定
- 放射性廃棄物地下貯蔵からの放射性核種地球化学的移行パラメータの決定。帯水層への Pu 同位元素の高速移行現象を発見すること。
- 「赤い森」の生態系における放射性核種の生物起源フラックスの定量化
- 様々な対策の適用と、その有効性の評価（Rivne地区）

ウクライナ農業放射線学研究所がチェルノブイリ事故の初期の段階で実施したいくつかの重要な活動:
燃料成分放射性核種による30km 圏汚染地図の作成、および、事故時の新しい放出評価(インベントリ
の1.5%、すなわち初期推定値より2倍低い; UNSCEAR報告書2011年より)



13

ANNEX D: HEALTH EFFECTS DUE TO RADIATION FROM THE CHERNOBYL ACCIDENT

3

B. Structure of the present scientific annex

11. The annex contains a main text with four supporting appendices. The main text summarizes the physical and environmental context of the accident and relates the estimates of radiation dose to the various exposed population groups (Appendices A and B, respectively), provides additional details, before considering the results of the health

studies. It also discusses some of the difficulties involved in attributing health effects to radiation exposure. It then briefly summarizes the early health effects that had been seen among the emergency workers (Appendix C), provides details of the UNSCEAR 2008 Report (D). It also discusses the theoretical projections of the late health effects and the actual observations of effects to date that can be attributed to radiation exposure from the accident.

II. PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT

12. This section briefly reviews the physical and environmental context of the accident with a particular focus on those aspects in which knowledge has improved and that have implications for refining the radiological assessment. Appendix A provides more details.

A. Radionuclide release and deposition

13. The accident released a mixture of radionuclides into the atmosphere over a period of about 10 days. Most of the radionuclides

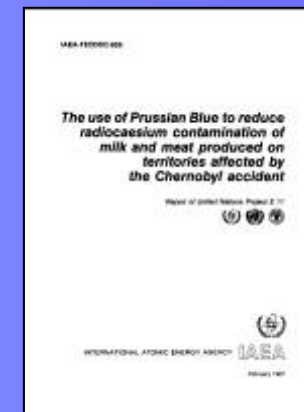
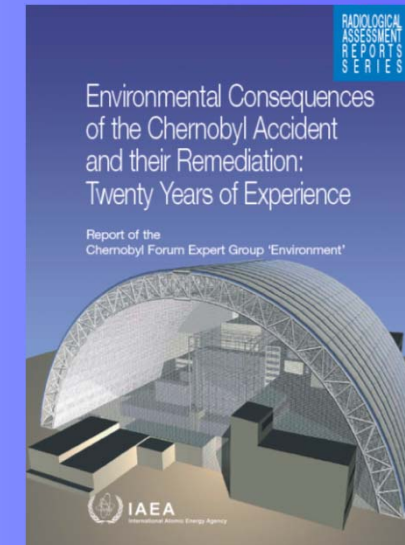
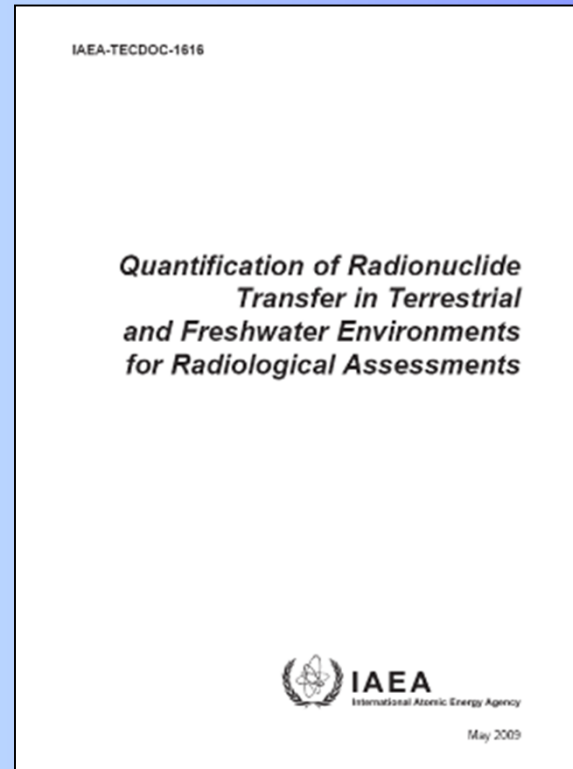
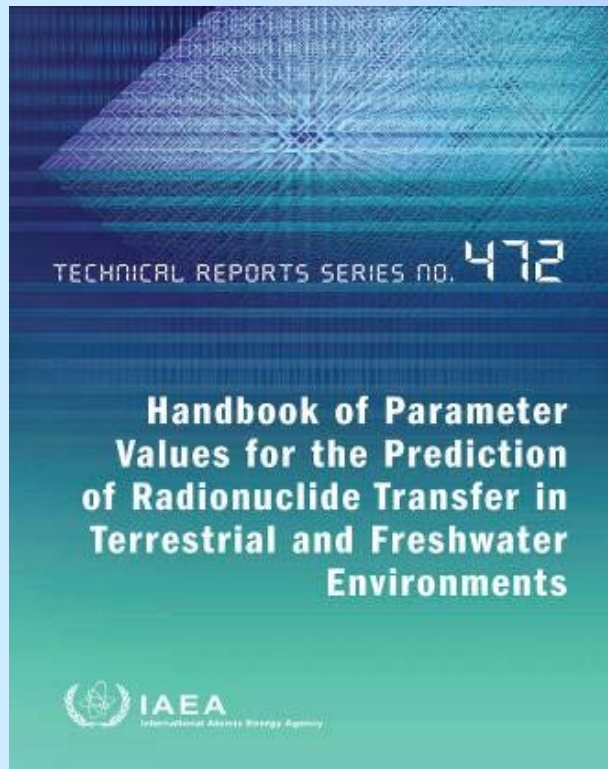
that were released in large amounts in terms of activity were of short half-life; radionuclides of long half-life were generally released only in small amounts. The time-uploading of radionuclides of the accident is shown in Table 1, similar to those of the UNSCEAR 2008 Report (P.1).

Table 1. Principal radionuclides released in the accident (half-life in parentheses).

Table 1. Principal radionuclides released in the accident (half-life in parentheses).

Radionuclide	Half-life	Activity released (PBq)
Fast group^a		
¹³¹ I	8.02 d	2.7
¹³² I	2.33 h	0.55
Voluble elements		
⁹⁰ Y	64.1 h	243
⁹⁰ Zr	77.0 d	~1.50
⁹¹ Y	58.5 d	~1.50
⁹¹ Zr	77.0 d	~1.50
⁹² Y	3.54 d	~1.50
⁹² Zr	60.3 d	~1.50
⁹³ Y	10.7 d	~1.50
⁹³ Zr	16.7 d	~1.50
⁹⁴ Y	2.33 h	~1.50
⁹⁴ Zr	53.0 d	~1.50
⁹⁵ Y	15.7 d	~1.50
⁹⁵ Zr	64.0 d	~1.50
⁹⁶ Y	34.0 h	~1.50
⁹⁶ Zr	16.7 d	~1.50
⁹⁷ Y	8.76 d	~1.50
⁹⁷ Zr	16.7 d	~1.50
⁹⁸ Y	106.6 d	~1.50
⁹⁸ Zr	88.0 d	~1.50
⁹⁹ Y	14.9 d	~1.50
⁹⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁰⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁰⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁰¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁰¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁰² Y	3.54 d	~1.50
¹⁰² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁰³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁰³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁰⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁰⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁰⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁰⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁰⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁰⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁰⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁰⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁰⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁰⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁰⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁰⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹¹⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹¹⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹¹¹ Y	58.5 d	~1.50
¹¹¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹¹² Y	3.54 d	~1.50
¹¹² Zr	60.3 d	~1.50
¹¹³ Y	10.7 d	~1.50
¹¹³ Zr	16.7 d	~1.50
¹¹⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹¹⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹¹⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹¹⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹¹⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹¹⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹¹⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹¹⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹¹⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹¹⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹¹⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹¹⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹²⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹²⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹²¹ Y	58.5 d	~1.50
¹²¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹²² Y	3.54 d	~1.50
¹²² Zr	60.3 d	~1.50
¹²³ Y	10.7 d	~1.50
¹²³ Zr	16.7 d	~1.50
¹²⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹²⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹²⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹²⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹²⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹²⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹²⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹²⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹²⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹²⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹²⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹²⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹³⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹³⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹³¹ Y	58.5 d	~1.50
¹³¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹³² Y	3.54 d	~1.50
¹³² Zr	60.3 d	~1.50
¹³³ Y	10.7 d	~1.50
¹³³ Zr	16.7 d	~1.50
¹³⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹³⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹³⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹³⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹³⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹³⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹³⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹³⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹³⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹³⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹³⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹³⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁴⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁴⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁴¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁴¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁴² Y	3.54 d	~1.50
¹⁴² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁴³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁴³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁴⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁴⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁴⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁴⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁴⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁴⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁴⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁴⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁴⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁴⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁴⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁴⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁵⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁵⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁵¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁵¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁵² Y	3.54 d	~1.50
¹⁵² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁵³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁵³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁵⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁵⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁵⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁵⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁵⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁵⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁵⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁵⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁵⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁵⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁵⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁵⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁶⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁶⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁶¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁶¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁶² Y	3.54 d	~1.50
¹⁶² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁶³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁶³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁶⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁶⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁶⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁶⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁶⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁶⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁶⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁶⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁶⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁶⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁶⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁶⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁷⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁷⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁷¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁷¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁷² Y	3.54 d	~1.50
¹⁷² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁷³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁷³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁷⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁷⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁷⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁷⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁷⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁷⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁷⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁷⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁷⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁷⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁷⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁷⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁸⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁸⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁸¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁸¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁸² Y	3.54 d	~1.50
¹⁸² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁸³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁸³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁸⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁸⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁸⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁸⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁸⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁸⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁸⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁸⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁸⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁸⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁸⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁸⁹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁹⁰ Y	5.57 d	~1.50
¹⁹⁰ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁹¹ Y	58.5 d	~1.50
¹⁹¹ Zr	77.0 d	~1.50
¹⁹² Y	3.54 d	~1.50
¹⁹² Zr	60.3 d	~1.50
¹⁹³ Y	10.7 d	~1.50
¹⁹³ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁹⁴ Y	2.33 h	~1.50
¹⁹⁴ Zr	53.0 d	~1.50
¹⁹⁵ Y	15.7 d	~1.50
¹⁹⁵ Zr	64.0 d	~1.50
¹⁹⁶ Y	34.0 h	~1.50
¹⁹⁶ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁹⁷ Y	8.76 d	~1.50
¹⁹⁷ Zr	16.7 d	~1.50
¹⁹⁸ Y	106.6 d	~1.50
¹⁹⁸ Zr	88.0 d	~1.50
¹⁹⁹ Y	14.9 d	~1.50
¹⁹⁹ Zr	77.0 d	~1.50
²⁰⁰ Y	5.57 d	~1.50
²⁰⁰ Zr	77.0 d	~1.50
²⁰¹ Y	58.5 d	~1.50
²⁰¹ Zr	77.0 d	~1.50
²⁰² Y	3.54 d	~1.50
²⁰² Zr	60.3 d	~1.50
²⁰³ Y	10.7 d	~1.50
²⁰³ Zr	16.7 d	~1.50
²⁰⁴ Y	2.33 h	~1.50
²⁰⁴ Zr	53.0 d	~1.50
²⁰⁵ Y	15.7 d	~1.50
²⁰⁵ Zr	64.0 d	~1.50
²⁰⁶ Y	34.0 h	~1.50
²⁰⁶ Zr	16.7 d	~1.50
²⁰⁷ Y	8.76 d	~1.50
²⁰⁷ Zr	16.7 d	~1.50
²⁰⁸ Y	106.6 d	~1.50
²⁰⁸ Zr	88.0 d	~1.50
²⁰⁹ Y	14.9 d	~1.50
²⁰⁹ Zr	77.0 d	~1.50
²¹⁰ Y	5.57 d	~1.50
²¹⁰ Zr	77.0 d	~1.50
²¹¹ Y	58.5 d	~1.50
²¹¹ Zr	77.0 d	~1.50
²¹² Y	3.54 d	~1.50
²¹² Zr	60.3 d	~1.50
²¹³ Y	10.7 d	~1.50
²¹³ Zr	16.7 d	~1.50
²¹⁴ Y	2.33 h	~1.50
²¹⁴ Zr	53.0 d	~1.50
²¹⁵ Y	15.7 d	~1.50
²¹⁵ Zr	64.0 d	~1.50
²¹⁶ Y	34.0 h	~1.50
²¹⁶ Zr	16.7 d	~1.50
²¹⁷ Y	8.76 d	~1.50
²¹⁷ Zr	16.7 d	~1.50
²¹⁸ Y	106.6 d	~1.50
²¹⁸ Zr	88.0 d	~1.50
²¹⁹ Y	14.9 d	~1.50
²¹⁹ Zr	77.0 d	~1.50
²²⁰ Y	5.57 d	~1.50
²²⁰ Zr	77.0 d	~1.50
²²¹ Y	58.5 d	~1.50
²²¹ Zr	77.0 d	~1.50
²²² Y	3.54 d	~1.50
²²² Zr	60.3 d	~1.50
²²³ Y	10.7 d	~1.50
²²³ Zr	16.7 d	~1.50
²²⁴ Y	2.33 h	~1.50
²²⁴ Zr	53.0 d	~1.50
²²⁵ Y	15.7 d	~1.50
²²⁵ Zr	64.0 d	~1.50
²²⁶ Y	34.0 h	~1.50
²²⁶ Zr	16.7 d	~1.50
²²⁷ Y	8.76 d	~1.50
²²⁷ Zr	16.7 d	~1.50
²²⁸ Y	106.6 d	~1.50
²²⁸ Zr	88.0 d	~1.50
²²⁹ Y	14.9 d	~1.50
²²⁹ Zr	77.0 d	~1.50
²³⁰ Y	5.57 d	~1.50
²³⁰ Zr	77.0 d	~1.50
²³¹ Y	58.5 d	~1.50

ウクライナ農業放射線学研究所がチェルノブイリ事故の初期の段階で実施したいくつかの重要な活動:
放射性核種移行係数の特定化 (IAEA技術報告書シリーズに掲載)、および、農業における対策の有効性を評価 (IAEA TecDocに掲載)



チェルノブイリ事故の初期の段階で、そしておそらく福島原発事故の現段階で、住民や作業員をまもること、農業地域の除染方法を精巧に編み出すこと、食糧等の放射性核種含有量を減らす対策を講じることには大きな努力が費やされている。しかし、自然生態系に関連する問題がある...

問題説明

日本とチェルノブイリの非居住区域: 地域の約 2/3 は森林とかん木におおわれている。

農業地域とは異なり、自然生態系はほとんど除染できない。同等の長い期間にわたり、放射性核種の貯蔵所であり続けるだろう。この件に関して、重要な問題は...

- 原野火災の間に、放射性核種が生態系から居住区域へと移行してくるかどうか、また、どのように移行してくるのか?
- 放射能汚染で生態系には何が起ころうか?

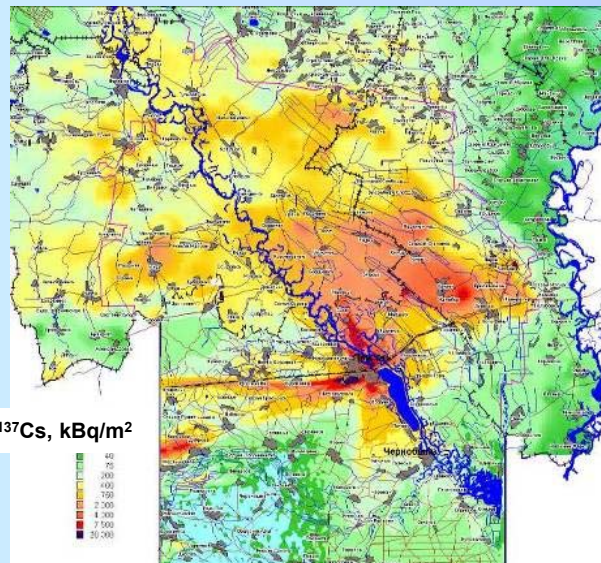
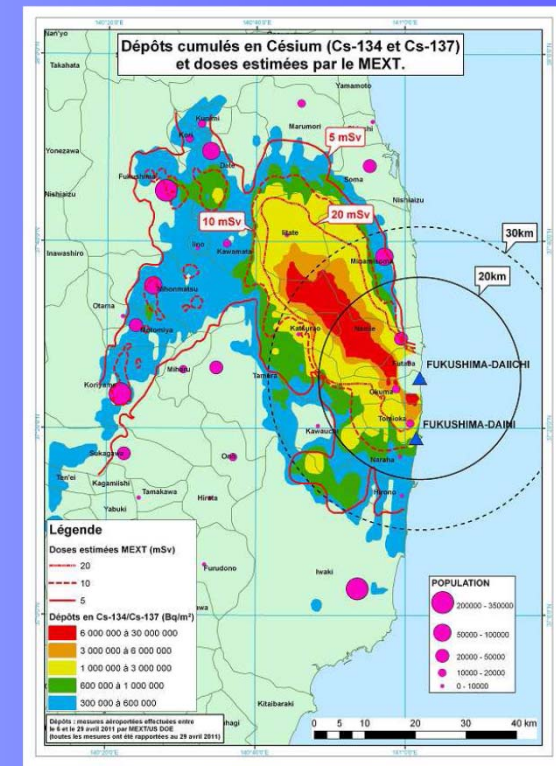


表1: 堆積 1年目の予想外部線量と影響を受ける住民数

セシウムの堆積 (137+134) (MEXTより)	> 300,000 Bq/m²	> 600,000 Bq/m²	> 1 million Bq/m²	> 3 millions Bq/m²	6 - 30 millions Bq/m²
1年目の外部線量 (16.6 mSv by MBq/m²)	> 5 mSv	> 10 mSv	> 16 mSv	> 50 mSv	100 - 500 mSv
影響を受ける住民数 (警戒区域を除く)	292,000	69,400			
		43,000	26,400		
			21,100	3,100	2,200



問題説明

森林火災 重要な問題か？

原野火災の頻度

チェルノブイリ非居住区域:

- 年間42-116 件の火災
- 火災の過酷さが増加 – たとえば、1992年の52件の火災で4,000 ha以上 の森林が焼失、一方、キエフ地区の551 件の火災で焼失したのはわずか 284 ha

日本:

- 1990-1999年には年平均 3274件の火災発生、平均焼失面積は 2311 ha (林野庁 2000年)

原野火災の影響:

- 放射生態学的 – 放射能再分布 (再懸濁する放射性核種の量、移行範囲、堆積面積など);
- 放射線学的 – 消防士や住民が受ける線量 (気中濃度、放射性エアロゾルの分散組成、その溶解性など);
- 社会的 (火災の実際の影響に関する当局や住民の認識)

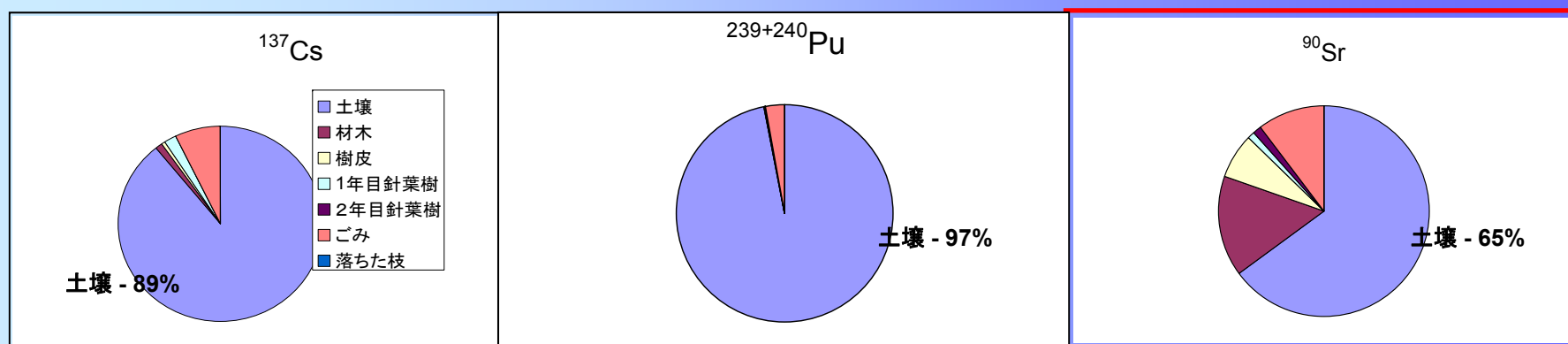
NOAA, 08 May 2003, 18:30,
by UCLRM



問題説明

森林火災 重要な問題か？

チェルノブイリ事故の後期段階における森林生態系中の放射性核種



• 事故の後期段階では森林生態系にある放射性核種放射能の大半がバイオマスやゴミ、すなわち可燃材中に存在する。

• 火災中、これらの放射性核種は再懸濁し、ある一定の距離を移行する。

• **原野火災で想定される影響は評価しなければならない！**

我々の評価を必要とするであろう人々：

- 住民の放射線防護に責任がある当局
- 消防
- 放射生態学者
- 住民

研究アプローチの概要

これまでに述べた問題に対処するため、我々は原野火災中の放射性核種の再懸濁、移行、堆積について実験研究を実施した。

研究方法は、燃えている実験区画から放出される煙プルームからの放射性エアロゾルの濃度、分散組成、堆積の測定に基づいていた。

区画は点火前に特性調査を行った。実験中、天候状態を記録した。

実験は、チェルノブイリ非居住区域にある草地区画2カ所 (3600 m² と 5400 m²) と森林区画1カ所 (8770 m²) で実施した。

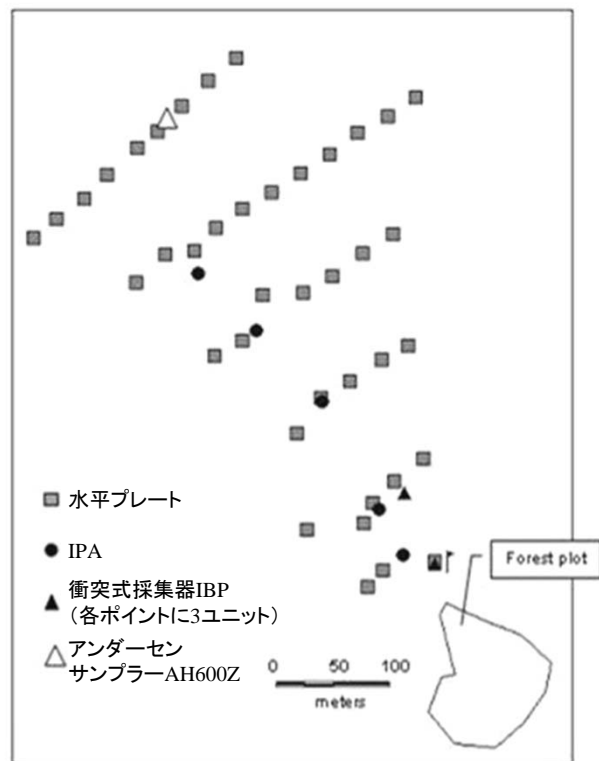
研究アプローチの利点

しっかりと記録された自然の状態で実験を実施：実験室実験とは異なり、実際の火事であった。

放射能汚染地域における実時間火災とは異なり、実験前に実験区画を詳細に記述した。

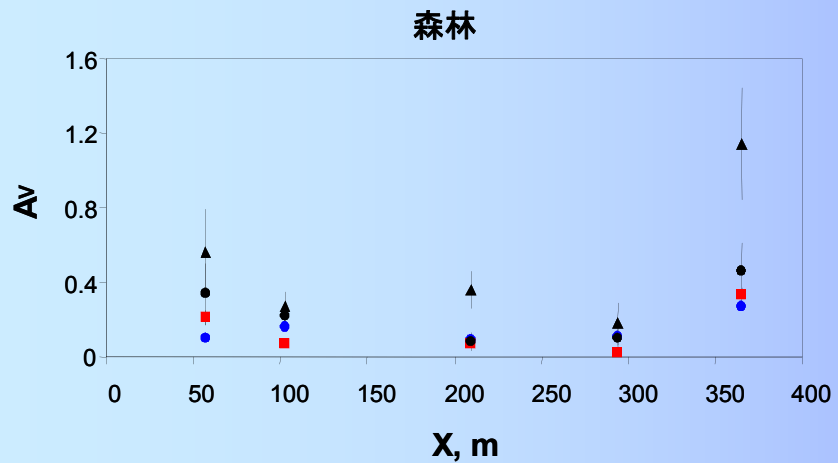
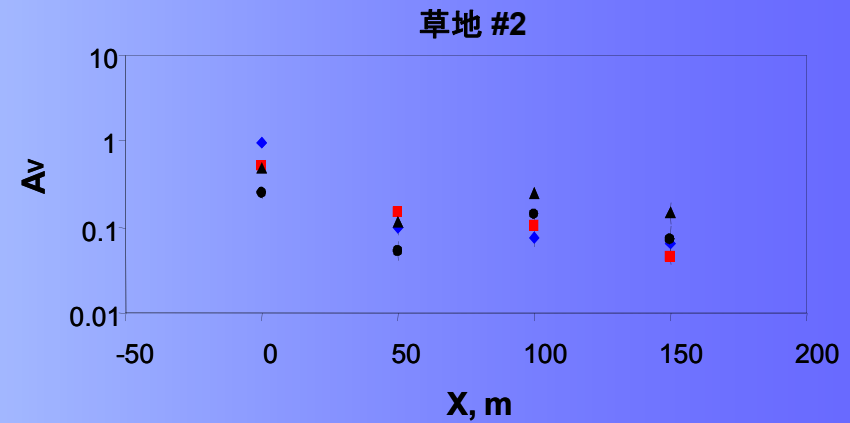
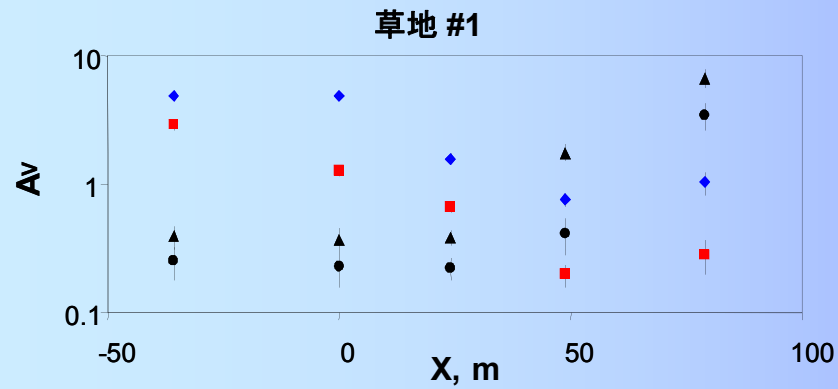
研究アプローチの概要

森林火災実験



実験結果

原野火災実験: 地面から1mの高さにおけるプルーム軸に沿った
放射性核種気中濃度



- ◆ ^{137}Cs , Bq m^{-3}
- ^{90}Sr , Bq m^{-3}
- ^{238}Pu , mBq m^{-3}
- ▲ $^{239+240}\text{Pu}$, mBq m^{-3}

実験結果

原野火災: 放射性核種再懸濁係数 m^{-1}

計算対象	^{137}Cs	^{90}Sr	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$
草地火災 #1				
燃料物質中の放射能	$(1.7 \pm 0.2) \cdot 10^{-5}$	$(1.5 \pm 0.2) \cdot 10^{-5}$	$(3.5 \pm 1.0) \cdot 10^{-7}$	$(2.4 \pm 0.6) \cdot 10^{-7}$
全放射能	$(1.7 \pm 0.2) \cdot 10^{-7}$	$(3.7 \pm 0.5) \cdot 10^{-7}$	$(4.9 \pm 1.4) \cdot 10^{-9}$	$(3.8 \pm 0.9) \cdot 10^{-9}$
草地火災 #2				
燃料物質中の放射能	$(8.0 \pm 4.8) \cdot 10^{-6}$	$(4.4 \pm 2.6) \cdot 10^{-6}$	$(2.9 \pm 2.3) \cdot 10^{-6}$	$(2.6 \pm 2.1) \cdot 10^{-6}$
全放射能	$(1.9 \pm 1.1) \cdot 10^{-7}$	$(1.8 \pm 1.5) \cdot 10^{-7}$	$(1.3 \pm 1.0) \cdot 10^{-8}$	$(1.3 \pm 1.0) \cdot 10^{-8}$
森林火災 #3				
ゴミ中の放射能	$(7.0 \pm 2.8) \cdot 10^{-7}$	$(1.2 \pm 0.5) \cdot 10^{-6}$	$(1.2 \pm 0.8) \cdot 10^{-6}$	$(9.4 \pm 5.2) \cdot 10^{-7}$
燃料物質中の放射能	$(4.7 \pm 2.0) \cdot 10^{-7}$	$(3.5 \pm 1.6) \cdot 10^{-7}$	$(1.1 \pm 0.7) \cdot 10^{-6}$	$(8.3 \pm 4.8) \cdot 10^{-7}$
全放射能	$(4.7 \pm 2.0) \cdot 10^{-8}$	$(1.1 \pm 0.5) \cdot 10^{-7}$	$(3.2 \pm 2.2) \cdot 10^{-8}$	$(2.5 \pm 1.6) \cdot 10^{-8}$

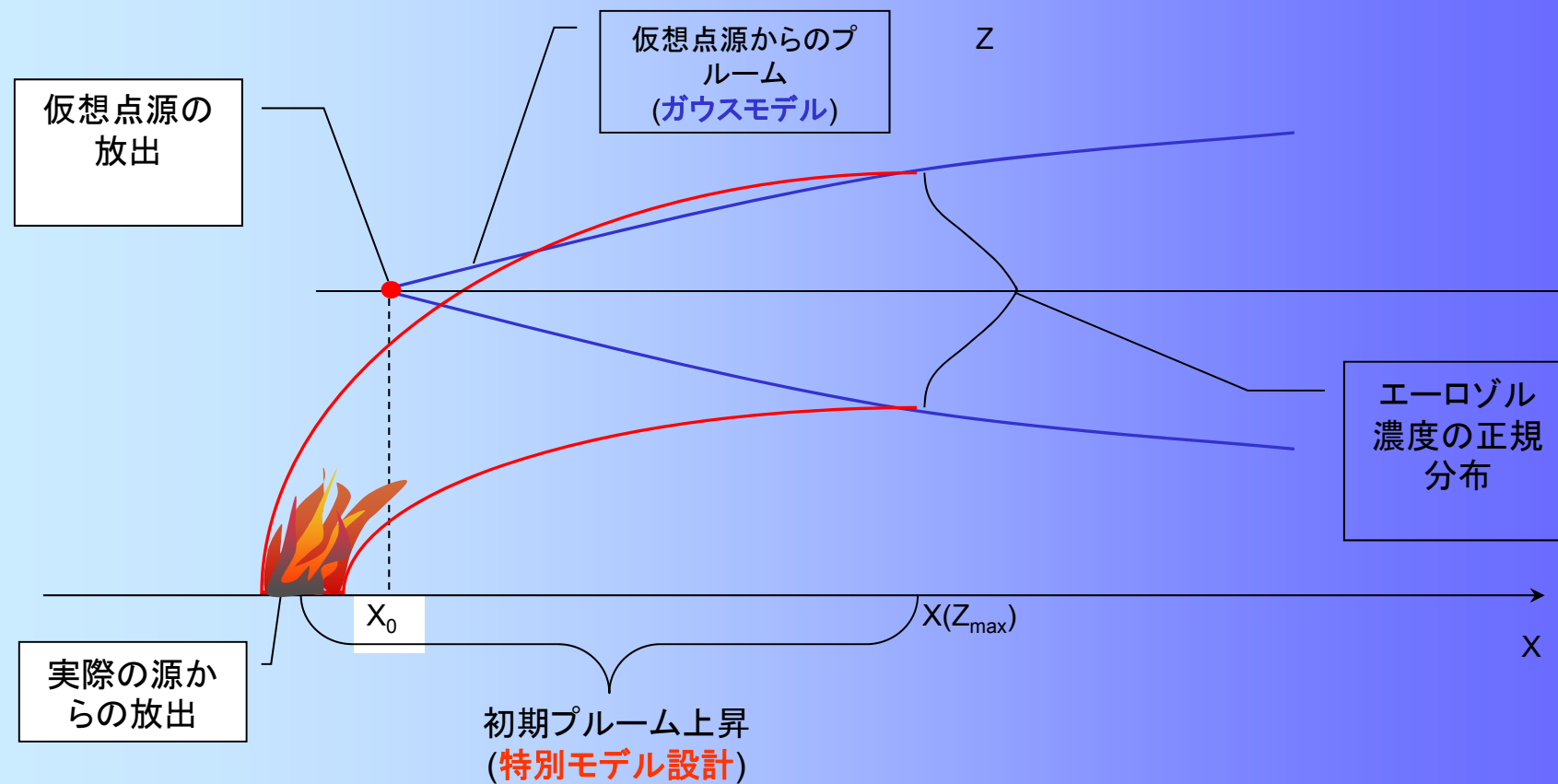
実験結果

原野火災実験: 消防士が受ける線量 (1 時間被曝、安全側のシナリオ;
吸入に関して- 50 年実効当量線量)

	最大気中濃度 Bq m ⁻³ 、サイト内			線量タイプ	線量 μSv、サイト内		
	#1	#2	#3		#1	#2	#3
¹³⁷ Cs	5	1	0.27	雲からの外部線量	6.9·10 ⁻⁴	1.4·10 ⁻⁴	3.7·10 ⁻⁵
				吸入	6·10 ⁻²	1.2·10 ⁻²	3.2·10 ⁻³
⁹⁰ Sr	3	0.5	0.33	雲からの外部線量	10 ⁻⁴	1.7·10 ⁻⁵	1.1·10 ⁻⁵
				吸入	0.24	4.1·10 ⁻²	2.6·10 ⁻²
²³⁸ Pu	3.4·10 ⁻³	2.5·10 ⁻⁴	4.6·10 ⁻⁴	吸入	7.1	0.53	1
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	6.7·10 ⁻³	5.1·10 ⁻⁴	1.1·10 ⁻³	吸入	17	1.3	2.8
土壌や植生からの外部照射					16	10	4.2
全線量					40	12	8

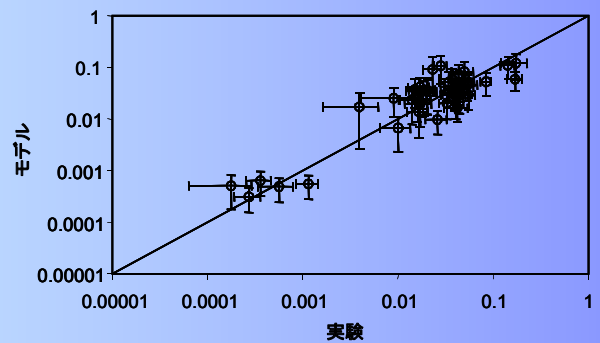
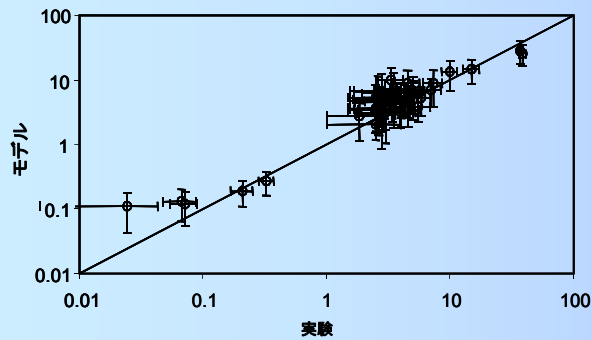
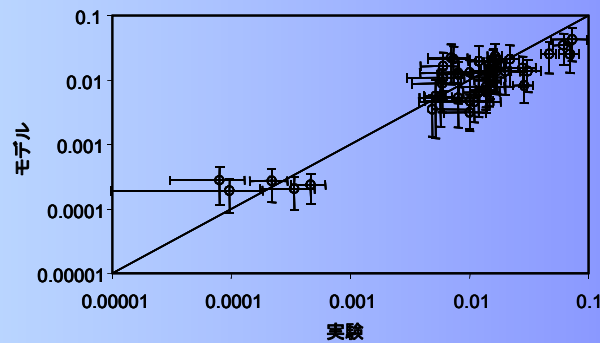
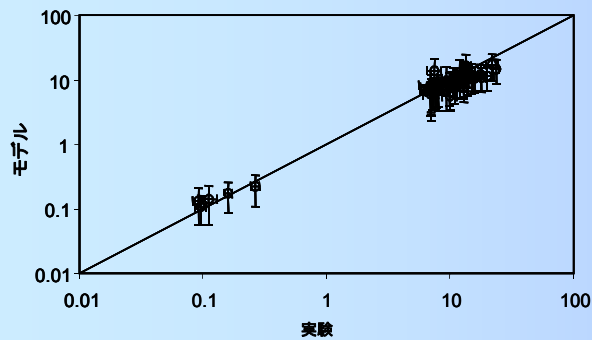
実験結果

原野火災実験: モデリング演習



実験結果

原野火災実験: モデリング演習の結果 森林火災



火災中の放射性核種放出
燃料物質中の放射能に対する割合

	^{137}Cs	^{90}Sr	ΣPu
草地 #1	0.06	0.15	0.03
草地 #2	0.14	0.15	0.07
深林	4.2	2.9	0.8

開発の段階

本プロジェクト完了後のR&Dのさらなる前進 – 現状

- チェルノブイリ原子力発電所冷却池の廃止措置（排水）。排水地域において想定される原野火災に関連するリスクの計算（放射性核種再懸濁、移行、消防士やスタッフが受ける線量）。IAEAが支援するプロジェクト（現状－プロジェクトの初期段階）
- 大火災 プロジェクト（ヨーロッパの大火災：より良い準備、予防、緩和、計画、消防を調和させ、革新するアプローチ） EU協力プロジェクト（現状－提出された提案の評価） UIARの貢献：放射能汚染地域で大火災が発生した場合に何が起こるだろうか。このシナリオは実験研究とは大きく異なっている。（たとえば、より大きな熱的強度がプルームの初期上昇をより高くし、放射性核種の放出割合も大きくする。）

問題説明

生物相に対する放射線の影響 重要な問題か？

- チェルノブイリ地域で育つ植物種のいくつかは、高い放射線感受性を示した。たとえば、オウシュウアカマツ(ピヌスシルベストリス)では、形態学のおよび細胞学的レベルで放射線の影響が多数観察された。高い照射を受けたマツは発育不全のようである。
- オウシュウアカマツは陸域生態系のICRP参照種のひとつである。
- オウシュウアカマツはチェルノブイリ地域では最も一般的な樹木種である。同地域の森林生態系の大半は、この種が基礎となって形成されている。
- オウシュウアカマツは同地域で最も照射を受けた植物種のひとつである。
- 従って、チェルノブイリ地域の高汚染地区における典型的な生態系の今後の運命は明らかでない。



「赤い森」内の典型的な樹齢20年のマツの木(チェルノブイリ原子力発電所の西約2 km)

研究の目的

- オウシュウアカマツに対する最も一般的な形態学および細胞学的な放射線の影響を特定し、線量-効果依存関係を公式化すること
- 得られた依存関係を解釈し、様々なレベル(細胞、器官、木)で起こる放射線効果間のつながりを確定すること

研究アプローチの概要

- マツの木の大型実験アレイにおける放射線の生態学的影響の目視確認(1100本以上)
- 細胞学的な損傷を定量化するためのDNA異常の直接計数とコメットアッセイ
- 木々の放射性核種放射能測定とアレイのそれぞれの木が受ける線量を評価するための線量測定モデルの創造

研究アプローチの利点

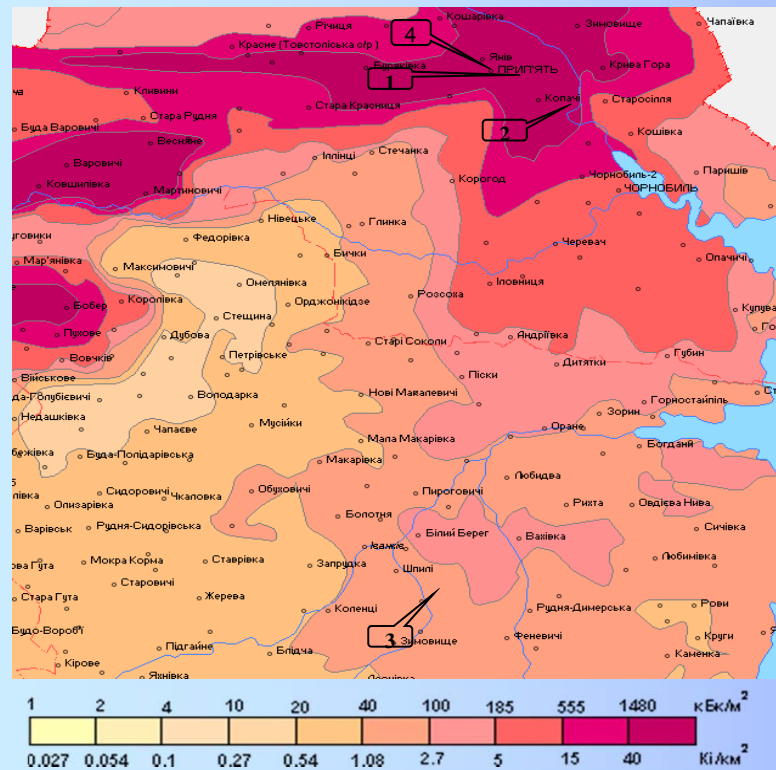
- 実験アレイの木々が受ける線量率が広範囲であること
- チェルノブイリ地域には放射線以外の重大な生態毒性要素(化学工場、交通集中など)がないこと
- 実験サイトにおける土壌景観条件や植林地密度が似ていること

研究アプローチの概要

実験サイトとオウシュウアカマツの形態学的影響

^{137}Cs 汚染密度

1 – 「赤い森」 2 – Kopachi, 3 – Ivankiv, 4 – Yaniv



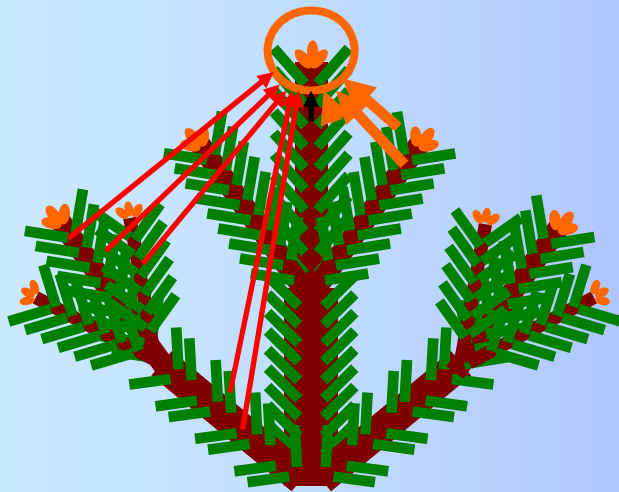
現時点における最も一般的な影響は、頂芽優勢を無効にしていることであり、木の生長が抑制され、木の先端が収縮してしまっている。時には、木全体の死に至ることもある。

研究アプローチの概要

ピヌスシルベストリスが受ける線量率の計算

ターゲット器官: 優勢芽

放射線源: 取り込まれた放射性核種 (RN)



モデルで考慮した点:

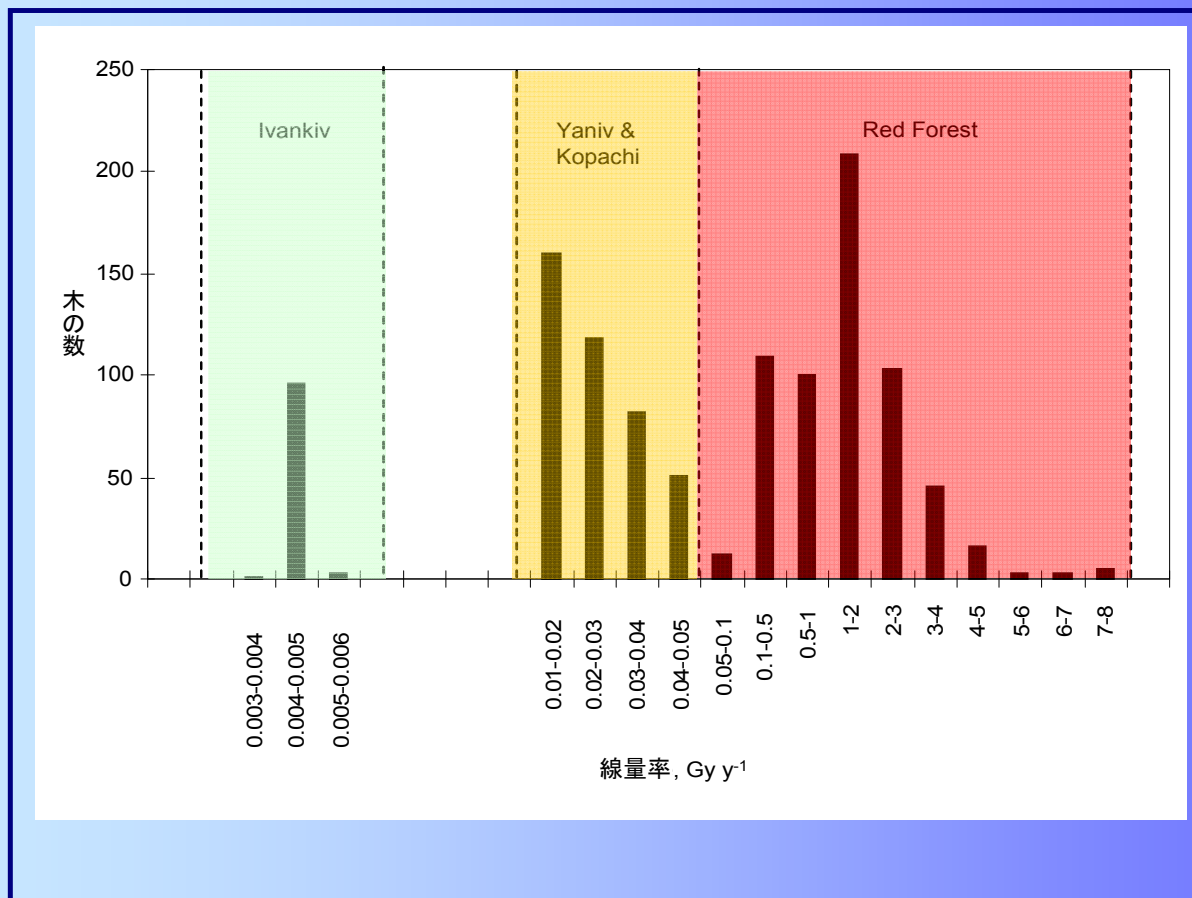
- ✓ 取り込まれたRNの β -放出
- ✓ 木の器官内における実際のRN分布および1年間の各器官における比放射能の動力学
- ✓ 1年間の器官のかたち、位置、成長(照射による幾何学的配置の変化)

主たるアプローチ:

- ✓ ターゲット器官に位置する点源のマイクロシメトリック機能の統合
- ✓ 他の器官に取り込まれたRNによるターゲット器官内選定点への照射のマイクロシメトリック機能と幾何学的機能の利用

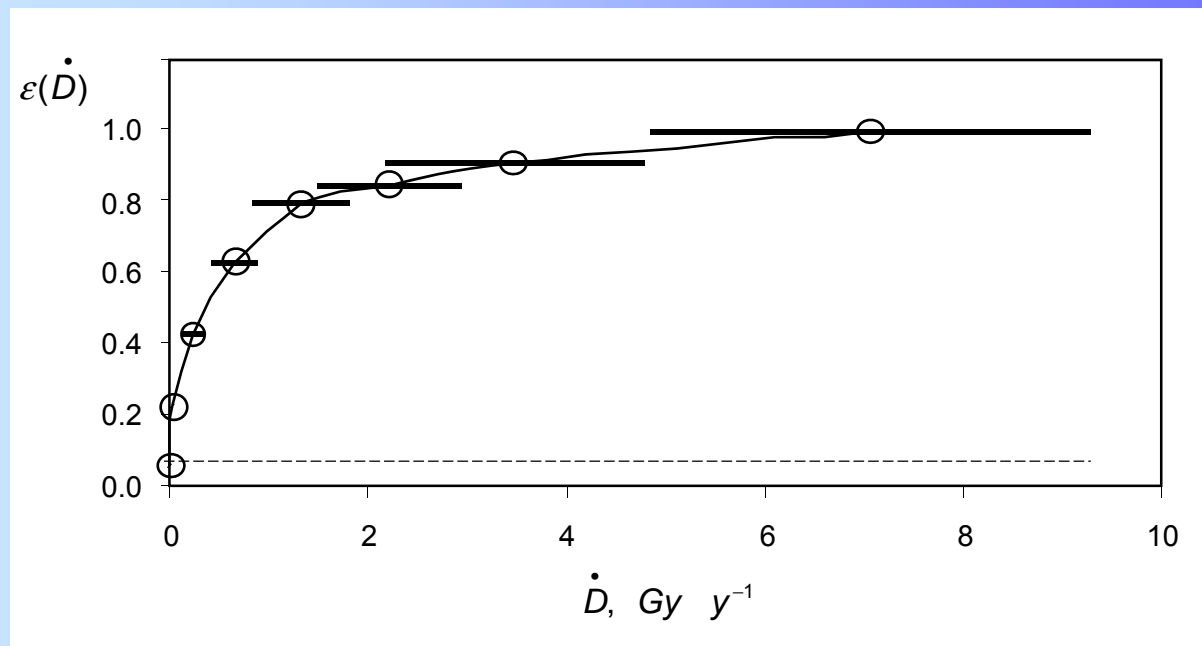
実験結果

ピヌスシルベストリスの実験アレイの木々が受ける線量率



実験結果

ピヌスシルベストリスの形態学的影響と線量率



$$\text{EDR}_{10} \approx 0.008 \text{ Gy y}^{-1} \approx 0.9 \text{ } \mu\text{Gy h}^{-1}$$

$$\text{EDR}_{50} \approx 0.35 \text{ Gy y}^{-1} \approx 40 \text{ } \mu\text{Gy h}^{-1}$$

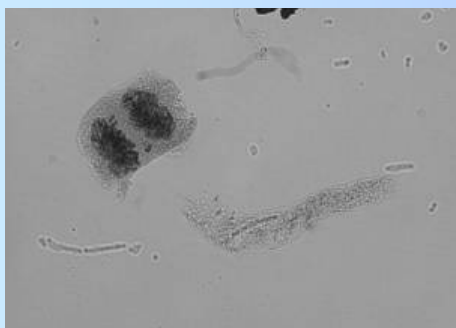
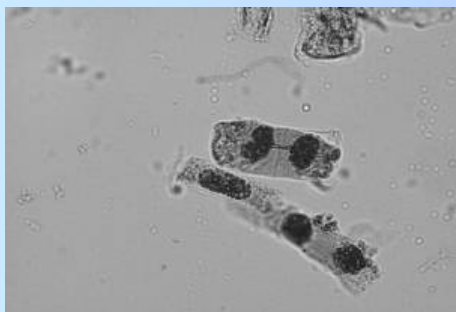
実験結果

ピヌスシルベストリス実験アレイに関する細胞学的研究

サブアレイ: 様々な線量率を表す実験アレイの数本の木々

組織と方法:

種子 の分 組織
(異常細胞の直接計数)



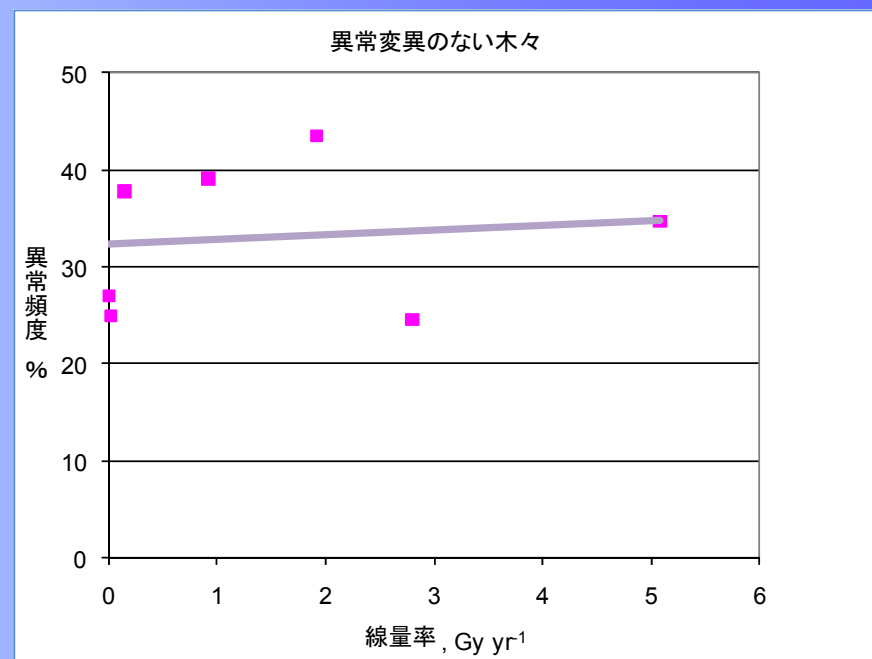
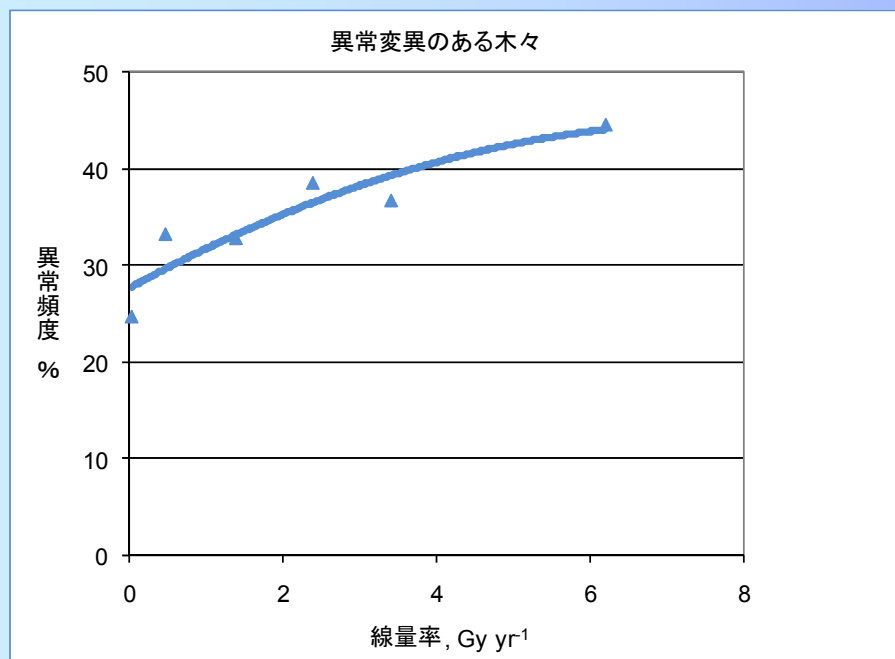
頂端分 組織
(細胞ゲル電気 動)



実験結果

ピヌスシルベストリスの種子 における細胞
異常頻度

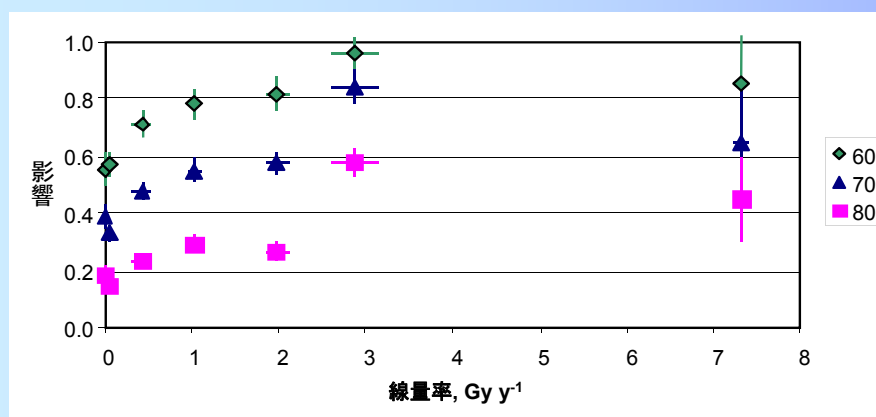
学的影響:



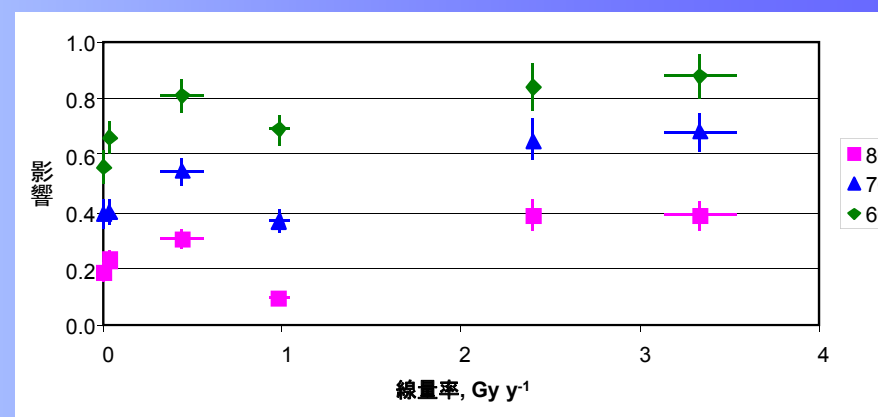
実験結果

頂端分 組織の細胞における影響(コメットアッセイ): 重い損傷を受けた核の割合

異常変異のある木々



異常変異のない木々



研究アプローチのその他の利点

- いわゆる「非人間」生物相の放射線防護は、
の科学でされる新しい問題のひとつである。主な概念とツールを開発するため、IAEA生物相ワーキンググループ(WG)と5回ICRP委員会が結成された。我々の研究は、
生物の特定化と線量-効果依存関係の評価を通じて概念の経験的基礎に貢献している。
- 我々の研究は、広く用されている生物相の線量測定モデル(ERICA Toolなど)をさらに開発する方法を示した。たとえば、
なくとも木の種に関しては、決定器を特定し、生物やその動力学などにおける放射性核種の実際の空間分布を考慮することを提言できる。これは重要なことである。

ピヌスシルベストリスの取り込まれた放射性核種(RN)の線量計数
 $\mu\text{Gy h}^{-1} (\text{Bq kg}^{-1})^{-1}$

RN	ERICA Tool	我々のモデル
^{137}Cs	3.2×10^{-4}	2.1×10^{-3}
^{90}Sr	6.5×10^{-4}	7.1×10^{-4}

研究アプローチのその他の利点

- オウシュウアカマツに関する我々の研究は、陸域生態系にとって安全であると考えられている線量率の値 $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ (スクリーニング値) が、この種にとってはかなり高いかもしれないことを示した。得られた「線量率-効果」依存関係によると、32%の頻度で起こる形態学上のマツの植生変化に相当する。
- これに関して、生態系全体のリスクを参照種のリスク 数の合計として評価することには、ある 度の修正が必要になるかもしれない。このような修正に関する考えは、経験データの 積によって生じ得る。

開発の段階

- 精巧に作り上 った方法を他の植物種に適用した。その結果、チェルノブイリ地域の陸域生態系に関して、参照草種(メマツヨイグサ、学 名 オエノセラビエニス)を特定し、「線量率-細胞学的影響」依存関係を公式化した。
- オウシュウアカマツの細胞 学的損傷のレベルに関する長期動力学の研究を進めている。

可能性のある適用分野

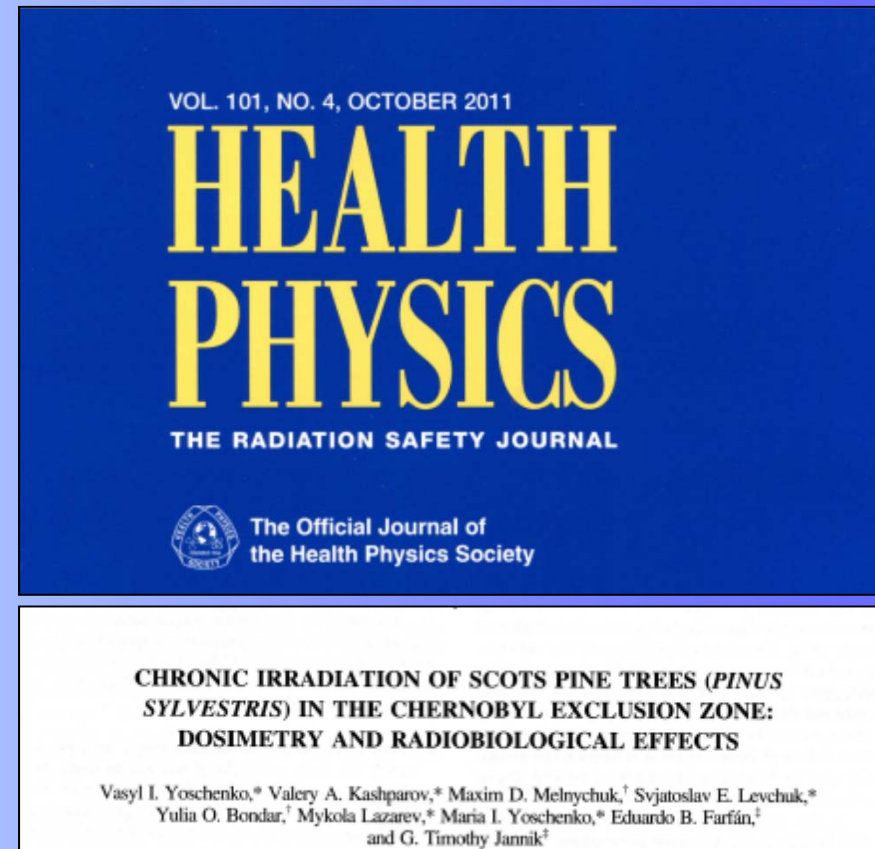
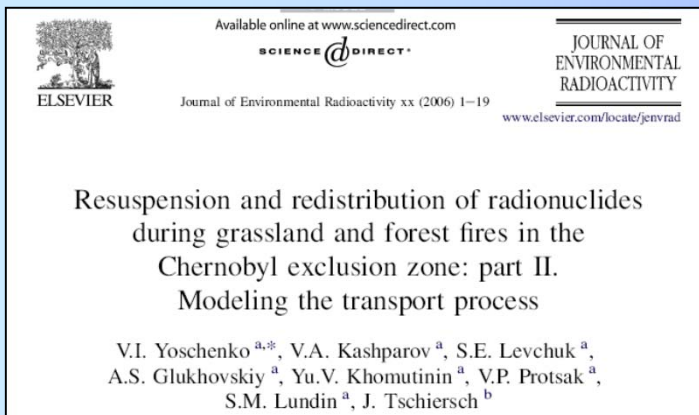
- 精巧に作り上げた研究方法は、自然生態系への放射線の影響を評価するのに利用できる。
- 開発した線量測定モデルは、他の植物種に合わせて適用可能である。
- 入手したデータは、FREDERICAといった放射線影響データベースに統合することができ、また、別に、マツ林生態系に対する放射線の影響を予測することにも利用できる。

機会

ウクライナ農業放射線学研究所は、生物相に対する放射線の影響や、土壌に定することにより放射性核種のバイオアベイラビリティを削減する方法を作り上げることに関する分野、その他の相に関係する分野で共同研究プロジェクトを実施することにある。

我々の研究所は、放射性核種の地球化学的および生物起源的移行、土壌-植物移行係数、生物相への影響などに関する研究に利用できる独特の実験サイトをチェルノブイリ非居住区域内に所有している。また、環境サンプルにおける放射性核種の定量的測定に必要なあらゆる解析施設や方法、成果を収めた国際プロジェクトの豊富な経験、および、技術を持ったスタッフを有している。

より詳細については以下を参照



連 先

Vasyl YOSCHENKO

Tel +(38044) 5262444

E-mail vasyi@uiar.kiev.ua

ウクライナ農業放射線学研究所

Kyiv

Thank you for your attention!

ありがとう

