

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第100回 弘前大学 被ばく医療総合研究所 (2024.11.1)

12:05 – 12:10(5分) : 弘前大学被ばく医療総合研究所の概要
所長 床次 眞司

12:10 – 12:25(15分) : 「ラドンを丸ごと理解する」
計測技術・物理線量評価部門 准教授 大森康孝
「細胞遺伝学的線量評価へ人工知能 (AI)
を応用する」
リスク解析・生物線量評価部門 助教 藤嶋洋平

12:25 – 12:45(20分) : 質疑応答



被ばく医療に関する基礎研究をさらに推進しつつ、各学部、研究科等における教育の支援を行うほか、全国に存在する原子力関連施設や被ばく医療施設における健康管理や緊急被ばく事故に対応できる専門的人材の育成など、これまでにない取り組みを行う。

【沿革】

- 平成22年 3 月 「被ばく医療教育研究施設」設置
- 平成22年10月 「被ばく医療総合研究所」に改称
- 平成23年 9 月 弘前大学と浪江町 連携に関する協定締結
- 平成24年 8 月 「弘前大学浪江町復興支援施設」浪江町南津島地区に設置
- 平成25年 7 月 「弘前大学浪江町復興支援室」浪江町役場二本松事務所内に設置
- 平成29年 4 月 「弘前大学浪江町復興支援室」浪江町役場本庁舎内に移転
- 平成31年 4 月 「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」設置（～令和 3 年度末）
- 令和 2 年 3 月 「国際放射線科学コラボレーションセンター」設置
- 令和 2 年 4 月 被ばく医療総合研究所部門再編
- 令和 4 年 4 月 「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」設置（～令和10年度末）



被ばく医療総合研究所 組織・構成員

被ばく医療
総合研究所



(令和6年10月1日現在)

【中期目標1】

地域から地球規模に至る社会課題を解決し、より良い社会の実現に寄与するため、研究により得られた科学的理論や基礎的知見の現実社会での実践に向けた研究開発を進め、社会変革につながるイノベーションの創出を目指す。

【中期計画】

原子力災害時の緊急時モニタリング、被ばく医療、放射線防護に関する研究を推進する。また、放射線関連の教育・研究センターを活用し、世界で活躍できる多様な人材育成を行う。さらに、自治体・企業等との連携強化により、福島県浪江町等の復興支援や地域社会の課題解決に貢献する。

【中期目標2】

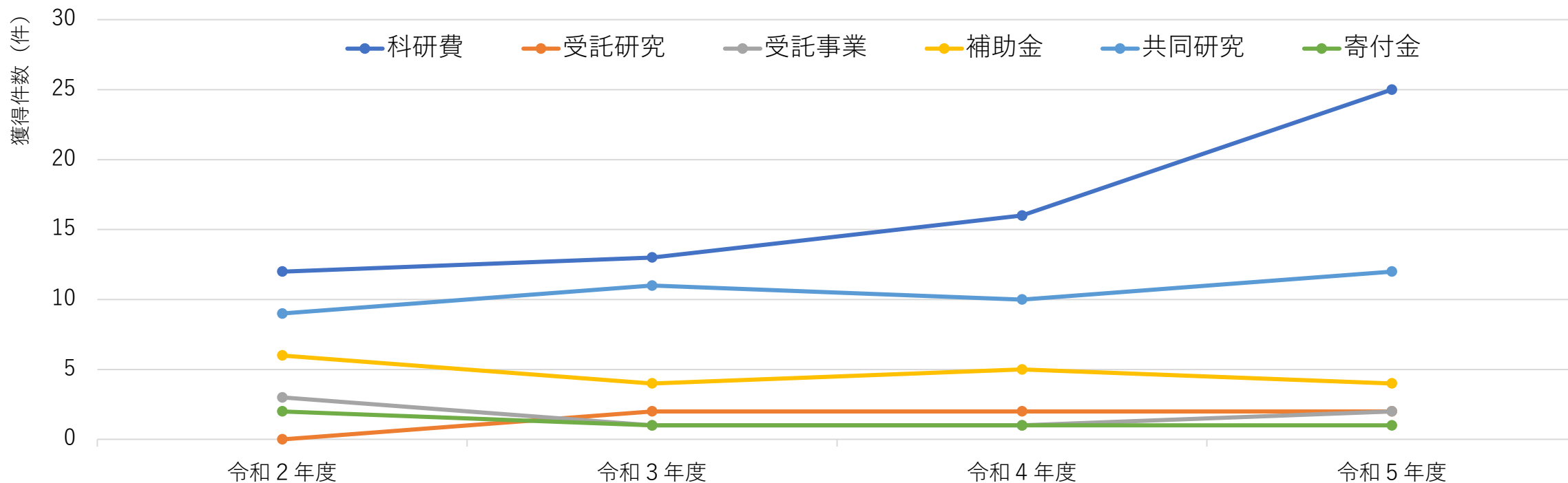
国内外の大学や研究所、産業界等との組織的な連携や個々の大学の枠を越えた共同利用・共同研究、教育関係共同利用等を推進することにより、自らが有する教育研究インフラの高度化や、単独の大学では有し得ない人的・物的資源の共有・融合による機能の強化・拡張を図る。

【中期計画】

附置研究所である被ばく医療総合研究所を中核とする共同利用・共同研究拠点等のネットワークを構築し、国内外機関や産業界等との多様な共同プロジェクトを進めることで本学の特徴ある機能強化に貢献する。

| | 主管 | 事業名称 |
|---|------------------|---|
| 1 | <u>弘前大学</u> | 浪江町復興支援プロジェクト |
| 2 | <u>環境省</u> | 「放射線健康管理・健康不安対策事業」（リスクコミュニケーションに係る拠点（浪江町）の活動） |
| 3 | <u>文部科学省</u> | 大学等の「復興知」を活用した福島イノベーション・コースト構想推進事業 |
| 4 | <u>原子力規制庁</u> | 原子力規制人材育成事業 |
| 5 | <u>文部科学省</u> | 「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同利用・共同研究拠点」事業（ERAN） |
| 6 | <u>文部科学省</u> | 研究者育成事業（原子力研究交流制度） |
| 7 | <u>公益財団法人JKA</u> | 機械振興補助事業 |

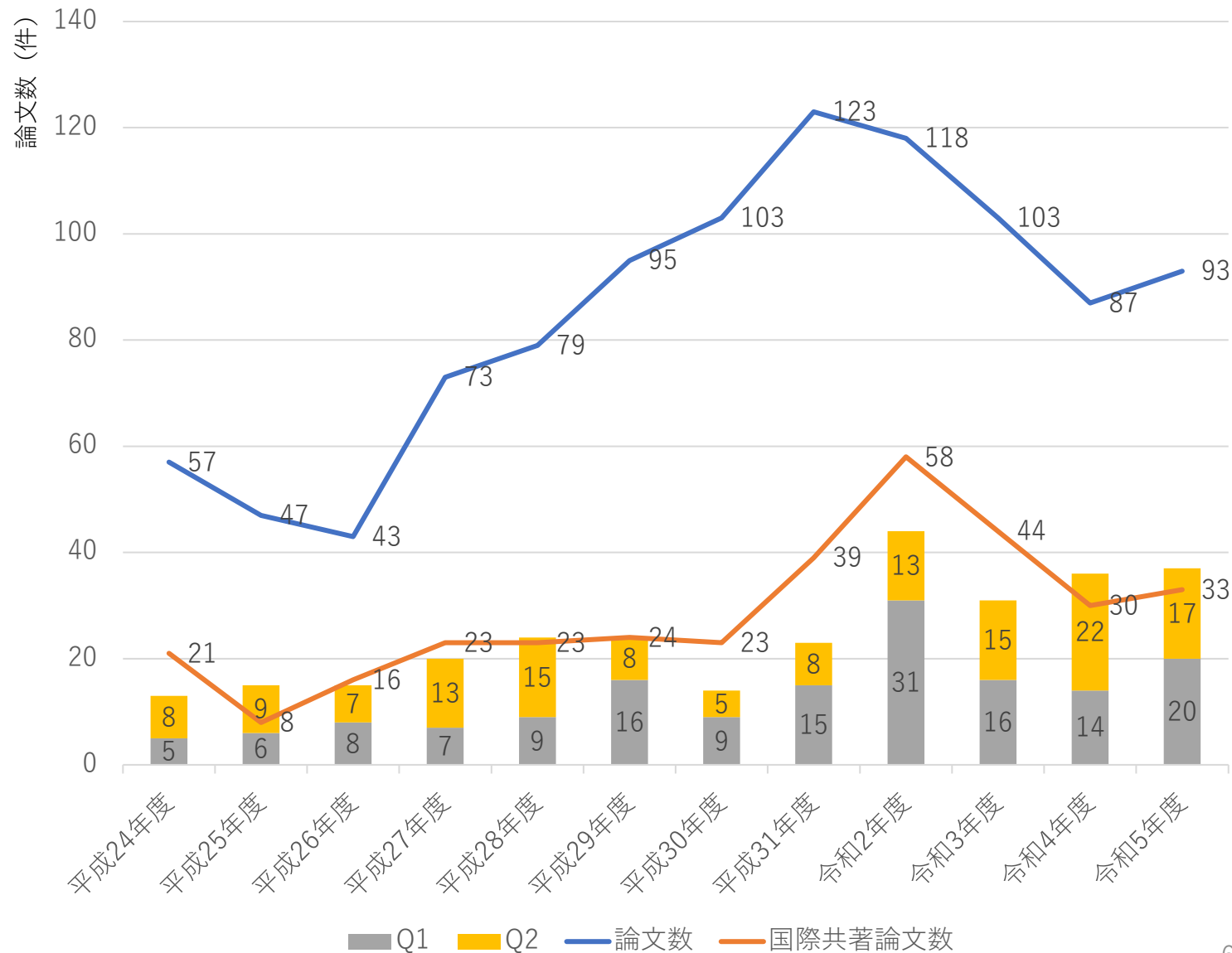
外部資金獲得件数



| | 令和 2 年度 | 令和 3 年度 | 令和 4 年度 | 令和 5 年度 | 相手先機関等 |
|------|---------|---------|---------|---------|--|
| 科研費 | 12 | 13 | 16 | 25 | 令和5年度：代表9件、分担16件 |
| 受託研究 | 0 | 2 | 2 | 2 | 核融合科学研究所、企業 |
| 受託事業 | 3 | 1 | 1 | 2 | 原子力規制庁、企業 |
| 補助金 | 6 | 4 | 5 | 4 | 原子力規制庁、公益財団法人 等 |
| 共同研究 | 9 | 11 | 10 | 12 | 筑波大学外 5 機関、国立研究開発法人、公益財団法人、公設試、大学、企業 等 |
| 寄付金 | 2 | 1 | 1 | 1 | 公益財団法人 |

論文数集計表

| | 論文数 | 国際共著論文数 | Q1 | Q2 |
|-------------------|-----|---------|-----|-----|
| 平成24年度 | 57 | 21 | 5 | 8 |
| 平成25年度 | 47 | 8 | 6 | 9 |
| 平成26年度 | 43 | 16 | 8 | 7 |
| 平成27年度 | 73 | 23 | 7 | 13 |
| 平成28年度 | 79 | 23 | 9 | 15 |
| 平成29年度 | 95 | 24 | 16 | 8 |
| 平成30年度 | 103 | 23 | 9 | 5 |
| 平成31年度 (令和元年度) | 123 | 39 | 15 | 8 |
| 令和2年度 | 118 | 58 | 31 | 13 |
| 令和3年度 | 103 | 44 | 16 | 15 |
| 令和4年度 | 87 | 30 | 14 | 22 |
| 令和5年度 | 93 | 33 | 20 | 17 |
| 合計 | 928 | 309 | 136 | 123 |



資源開発に伴う作業員及び周辺住民の放射線被ばくの実態解明

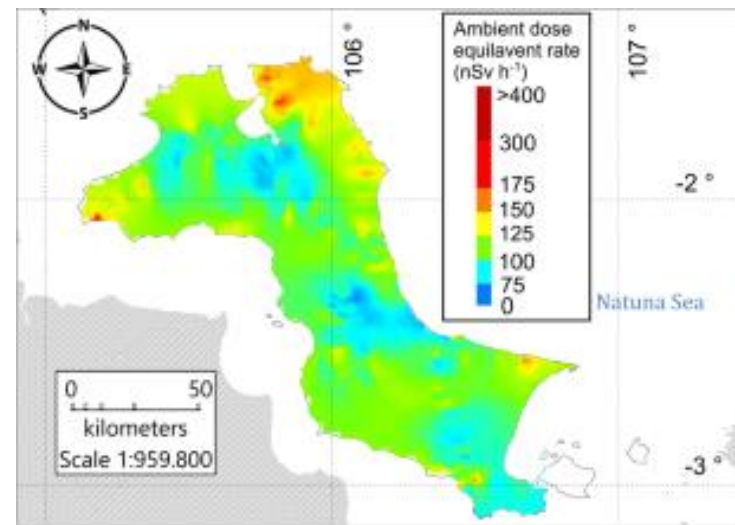
概要

インドネシア・バンカ島にあるスズ採掘は200年以上にわたる歴史をもつ。放射性核種を含む重金属の副産物が生産されており、の自然放射線による外部被ばくに寄与することが懸念されている。本研究では、バンカ島の自然放射線分布を正確に評価するため自動車走行サーベイを実施した。さらに、住民が受ける外部被ばく線量を評価するため、146軒の家屋における屋内外の空間線量率を測定した。また、高純度Ge半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメリーによって外部被ばくに寄与する土壌中の天然放射性核種を定量した。

具体的な成果・効果

- 自動車走行サーベイによる3790の測定データを解析した結果、ムントク地域で測定された周辺線量当量率の最大値は596 nSv/hであり、算術平均値は101 nSv/h、中央値は95 nSv/hと評価された。
- 周辺線量当量率の分布図を作成した結果、ペマリ錫鉱床のあるバンカ島北部沿岸地域で比較的高い傾向を示した。
- バンカ島内の146家屋での調査結果より、外部被ばくによる年間実効線量は0.44–1.30 mSv、中央値は0.66 mSvと評価された。
- バンカ島の外部被ばく線量の69%は、土壌中の ^{232}Th によることが明らかとなった。

イメージ図



用語解説

周辺線量当量とは、実測不可能である実効線量の代替量となる実用量としてICRU（国際放射線単位測定委員会）が定義しており、サーベイメータ等で実測可能な量である。

放射線事故など緊急事態に対応できる被ばく線量可視化装置の開発

概要

青森県が行う産学官連携の取組みを通じ、国の補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業））を活用した研究として、原子力関係従事者や災害時の救助・警備等を行う従事者、近隣住民の被ばく量評価を目的とした、可搬性の高い放射線測定機器による放射線量率及び放射能濃度のリアルタイム可視化システムの開発をした。**現状では大型かつ高価であるか信頼性に欠けた機器**しかないが、本研究開発において、**外部被ばくと内部被ばくの両方を同時に評価可能な小型で安価、安定性の高い可搬型の放射線計測機器と、放射線を可視化するシステムを開発した。**

具体的な成果・効果

〔従来技術〕

- 可搬性が高い測定器は、 γ 線による外部被ばくを評価する測定器のみ。
- 福島原発事故後に市場に出回った測定器の機能と測定値の信頼性は非常に乏しいものが多い。
- 内部被ばく評価のための代表的な機器は高価で据え置き型であり、緊急作業中の作業安全管理には使えない。

〔新技術〕

- 外部被ばくと内部被ばくの両方を評価可能な小型で安価、安定性の高い可搬型の放射線測定機器である。
- 放射線量や放射能レベルの可視化システムを統合した測定機器である。

イメージ図



本機器開発による新たな事業展開

【人が立ち入りできない場所での測定】

- 小型化することでロボットに搭載しての測定
- ドローン等による多点測定で汚染マップの作成

【二次災害が起り得る作業しながらの測定】

- 警察庁、消防庁、海上保安庁からのニーズに「個人が徒歩で警備・救助等を行う際、放射線を可視化する手法」がある（「内閣府オープンイノベーションチャレンジ2017」のテーマ6）
- 車両搭載、徒歩時に携帯することで測定データの管理とリアルタイム可視化を実現

【過酷な条件下での測定】

- 防護服を着用した作業員でも可視化できるよう、放射線量及び放射能濃度をスマートグラスにリアルタイム表示
- 原子力施設のモニタリング、ウランやレアアース鉱山の従事者の労働環境評価への活用

- **被ばく医療、環境放射線(能)調査、外部・内部被ばく線量評価、染色体解析、生物学的影響に関する調査・研究等を行い、今後も大学の教育・研究の発展に貢献する。**
- **国際拠点の形成、地域の発展ならびに福島原発事故からの復興支援に取り組む。**
- **当該分野におけるトップレベルの研究による成果の創出とともに、その成果を学生に教授することで、優秀な人材を輩出し、大学・地域・社会に貢献する。**



ラドンを丸ごと理解する

弘前大学 被ばく医療総合研究所
計測技術・物理線量評価部門
准教授 大森 康孝



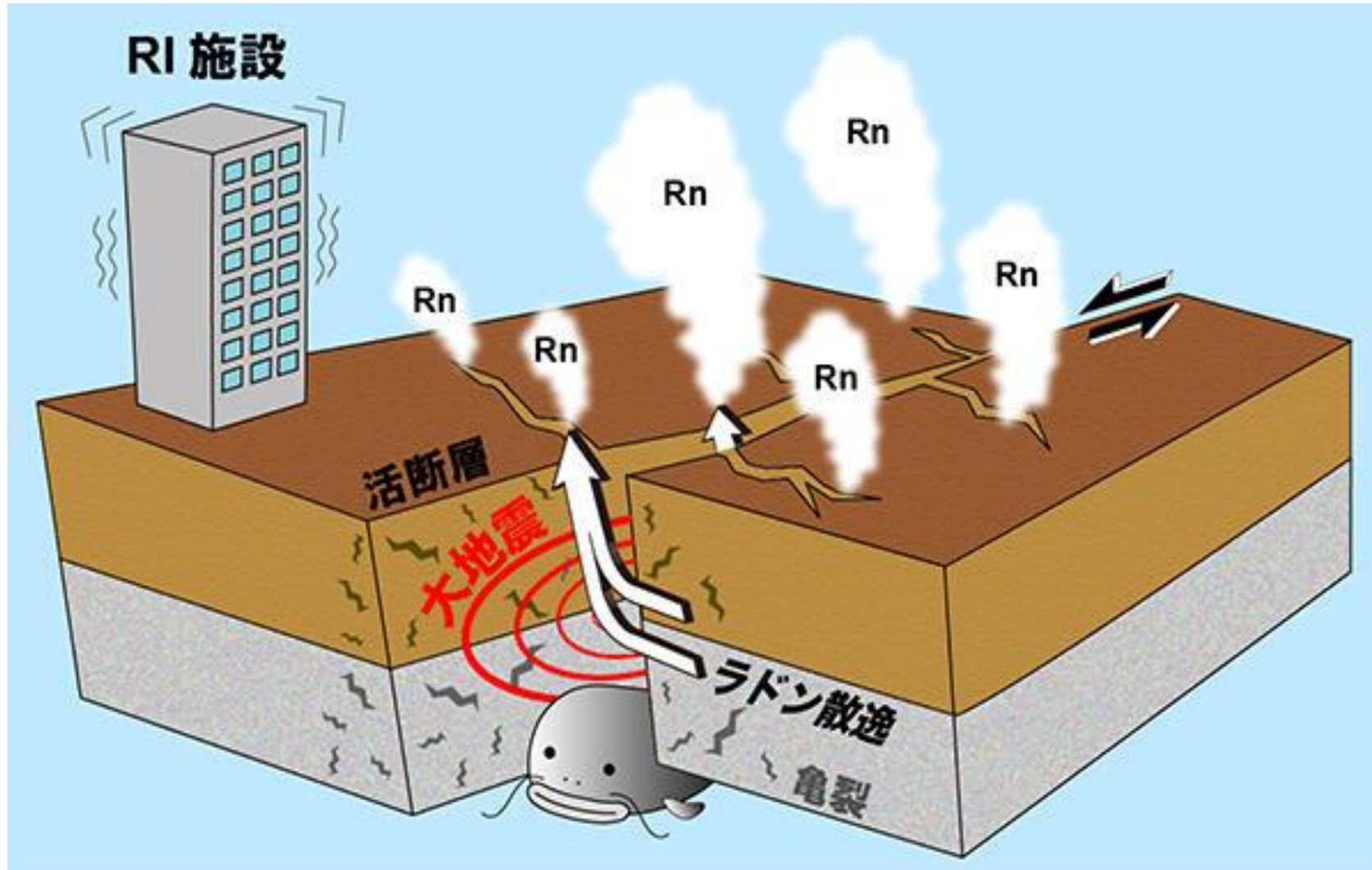
これまでのキャリア

- **東北大学・理学研究科地学専攻・大学院生（～27歳）**
 - ラドン観測による地震予知の研究
- **(独)放射線医学総合研究所・研究員（27～30歳）**
 - 高自然放射線地域における屋内ラドンの国際調査
初めての国際共同研究を経験（インド・中国）
- **福島県立医科大学・助教（30～38歳）**
 - 原発事故における被ばく線量評価の精緻化に関する研究（主に大地放射線）
 - 屋内ラドンの国際共同研究の放射線測定班を初めて主導（モンゴル）
- **弘前大学・准教授（38歳～現在（41歳））**
 - ラドン被ばくと肺がんに関する疫学調査（国際共同研究で初めてPIを経験）

**地学から医学までの多様な機関で積んだ研究経験が
現在の研究者としての基礎となっている**

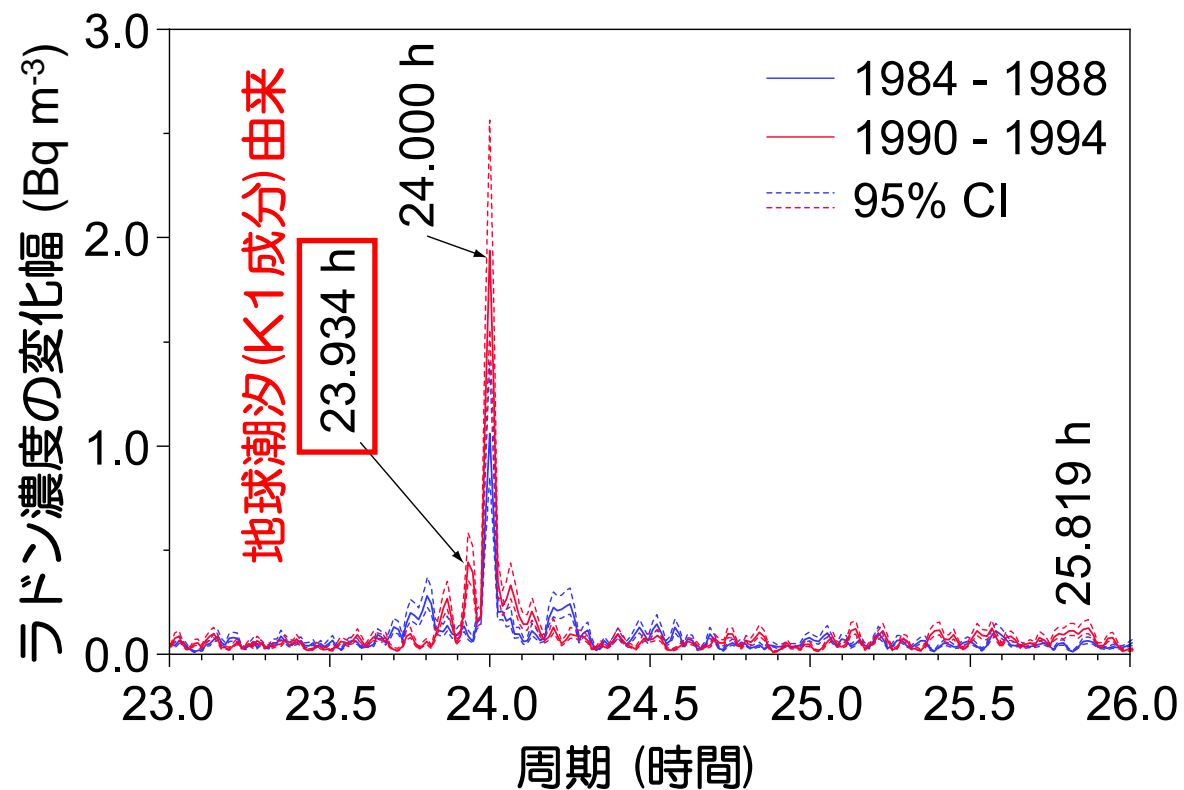
なぜラドンを研究するのか？

ラドン濃度の変化と地震発生の関係

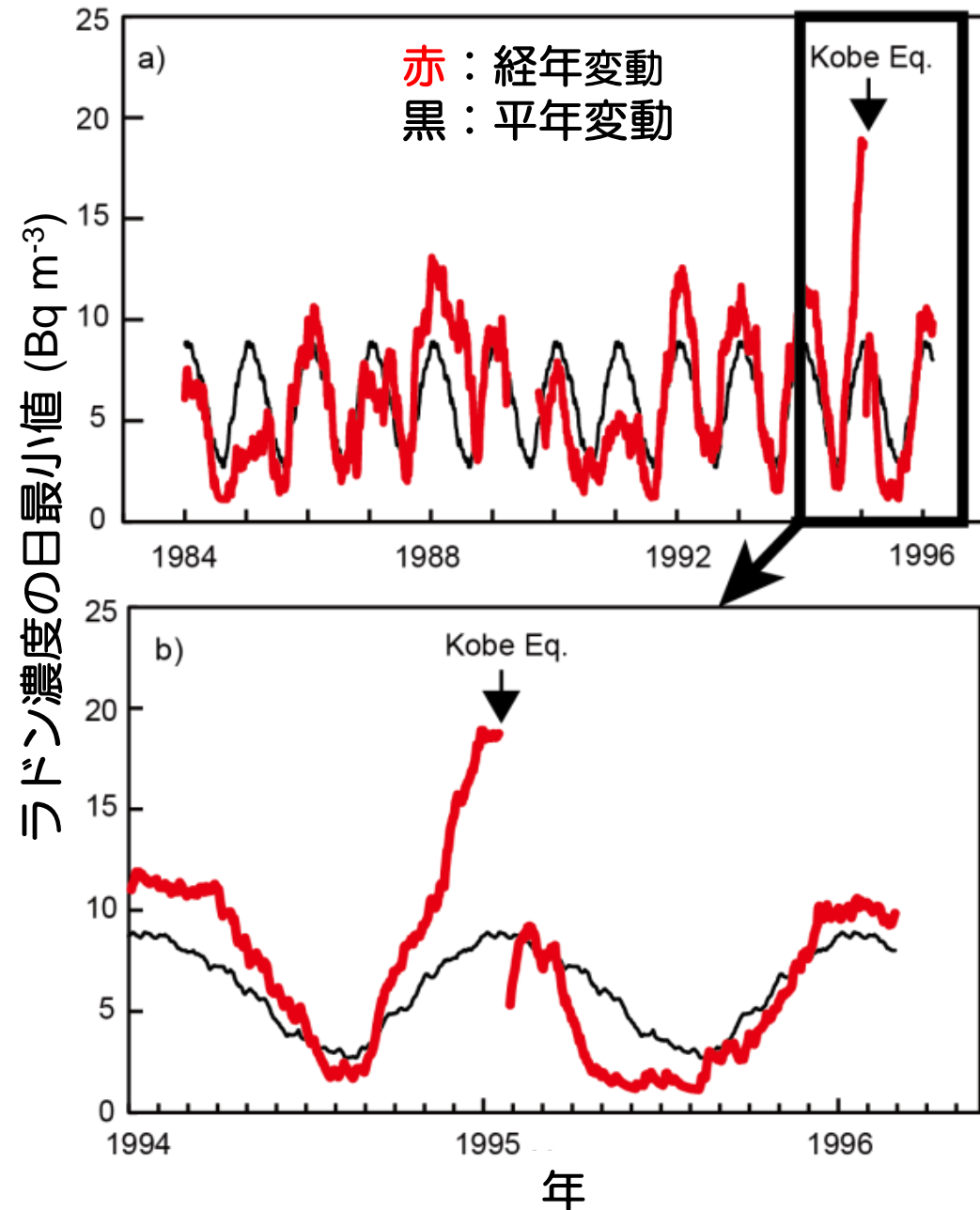


➤ 1995年兵庫県南部地震

- 地震発生3か月前に大気ラドン濃度異常を観測
- 地球潮汐に呼応した新たな異常を発見
(地震発生5年前)



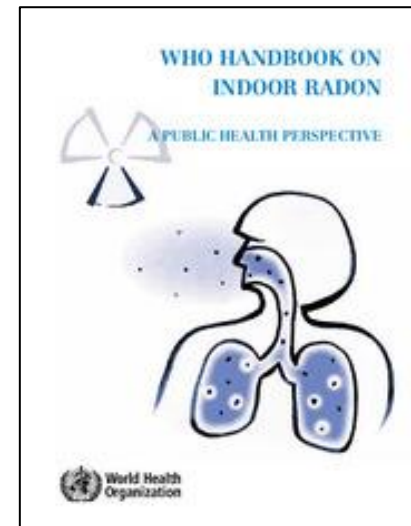
「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」研究成果
(Yasuoka Y., Appl. Geochem., 2009; Omori Y., Sci. Rep., 2021)



なぜラドンを研究するのか？

ラドンによる被ばくが肺がんを引き起こす

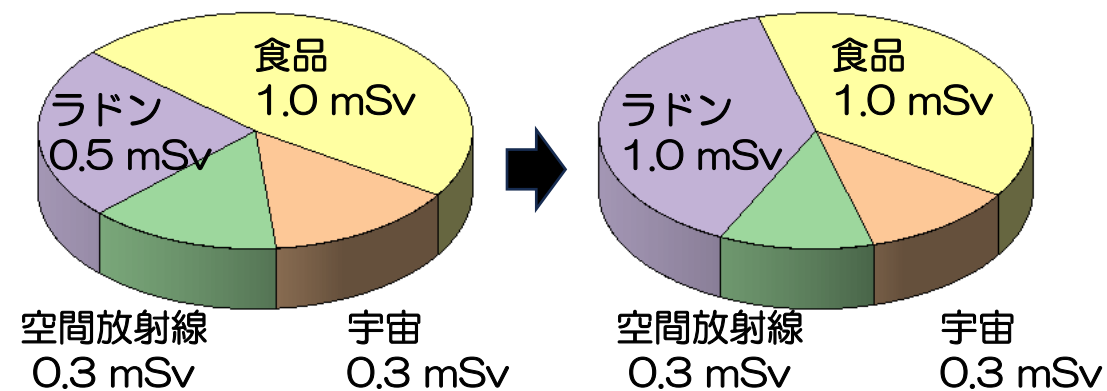
- 世界66か国で年間23万人がラドンによる肺がん死亡
 - ラドンは世界的な規制物質
 - 令和5年に放射線審議会が屋内ラドンの対応に関する議論を開始
- 日常生活でラドンから受ける放射線被ばくの増加
 - 国際放射線防護委員会がラドンの線量換算係数を再評価
 - 公的資料（放射線副読本など）の改訂の必要性（？）



ラドンに関するWHOの勧告書

➤ 廃棄物の安全な利用

- 資源の有効活用のため廃棄物の再資源化
- 地下資源開発で排出される廃棄物は放射性物質を濃縮



カザフスタンとの国際共同研究の展開（令和4年～）

「国際共同研究加速基金（海外連携研究）」

➤ 背景

- ラドン規制の基礎となったラドン測定データへの疑問
- ラドンのリスクを過小評価していないか？



➤ 目的

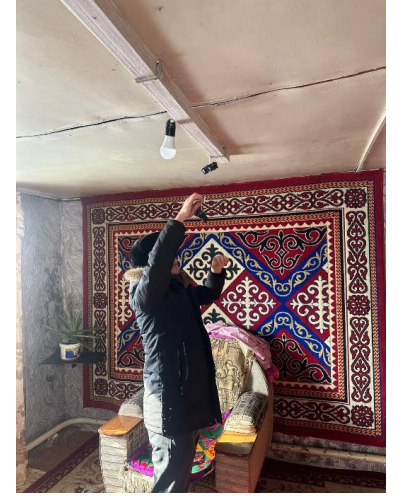
- ラドンを精密に測定し、肺がんリスクを再評価する

| | |
|-------|--|
| ラドン濃度 | 356 Bq/m ³ (従来法) 105 Bq/m ³ (標準法) |
| トロン濃度 | 351 Bq/m ³ |

➤ なぜカザフスタンか？

- 旧ソ連時代に核実験場があり、医療データベースが整備
- ウラン産出国で、資源の安定的確保の面で連携強化が重要

疫学調査で用いられた従来の測定法と現在の標準的な測定方法との比較



細胞遺伝学的線量評価へ人工知能(AI)を応用する

国立大学法人弘前大学 被ばく医療総合研究所
リスク解析・生物線量評価部門

藤嶋 洋平



被ばく医療における生物学的線量評価

高度被ばく医療支援センター

各地の原子力災害拠点病院では対応が難しい
長期的かつ専門的治療を必要とする被ばく
患者に対し、高度な被ばく医療を提供

線量評価の役割

迅速かつ正確な線量評価をすることによって
早期に適正な医療対応が可能となる

- 生物学的線量評価
- 物理線量評価
- バイオアッセイ



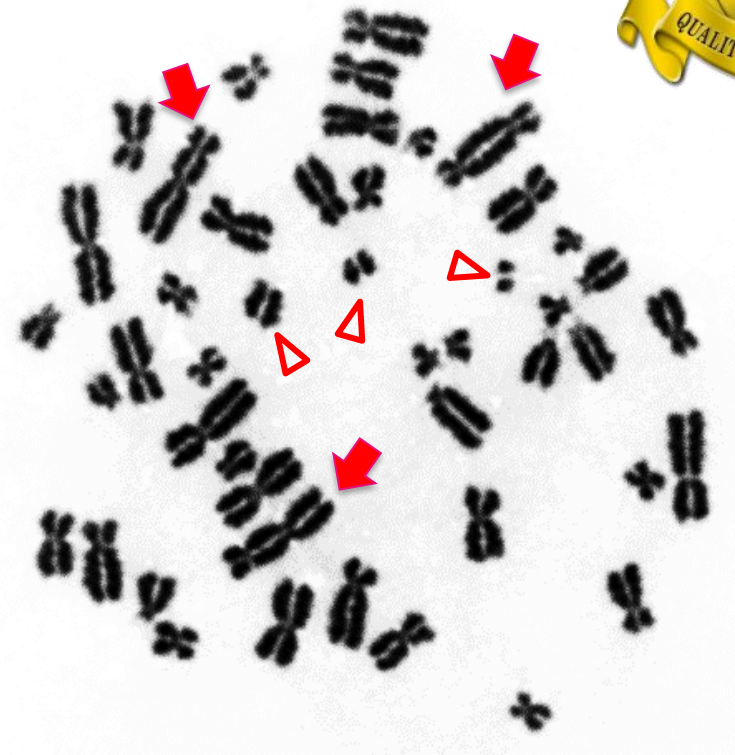


細胞遺伝学的線量評価手法

| | 二動原体染色体法 (DCA) | 早期染色体凝縮法 (PCC) | 蛍光 <i>in situ</i> ハイブリダイゼーションを用いた転座解析 | 細胞質分裂阻害微小核法 (CBMN) |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 典型的な画像 | | | | |
| エンドポイント | 二動原体染色体 | PCC-rings | 染色体転座 | 微小核 |
| 適用 | 急性被ばく 長期の被ばく 最近の被ばく | 急性被ばく 最近の被ばく | 急性被ばく 長期の被ばく 過去の被ばく | 急性被ばく 長期の被ばく 最近の被ばく |
| 適用可能線量(全身被ばく) | 0.1 ~ 5 Gy | 5 ~ 20 Gy | 0.25 to 4 Gy | 0.3 to 4 Gy |
| 部分被ばくに応用可能か | Yes | Yes | NA | NA |
| トリアージに応用可能か | Yes (ISO 21243) | Yes | NA | Yes (ISO 17099) |
| 標準化の有無 | Yes (ISO 19238) | NA | Yes (ISO 20046) | Yes (ISO 17099) |



細胞遺伝学的線量評価の位置づけ



二動原体染色体 (Dic)

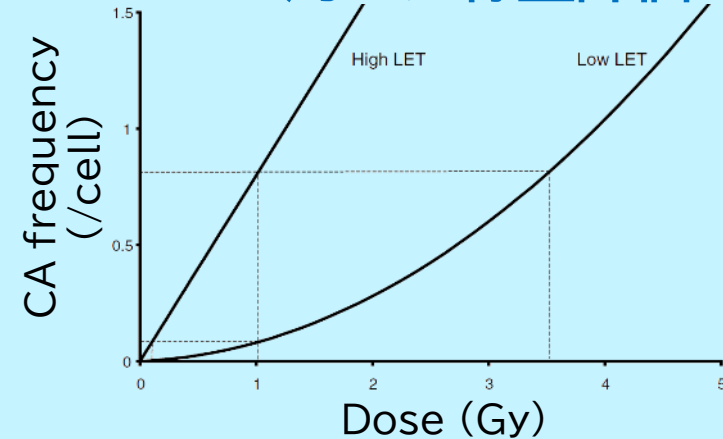
- ✓ 特異性
- ✓ 安定性
- ✓ 線量依存性

必要3要件を満たす

ドシメーター ≠ バイオマーカー

二動原体染色体を指標とした線量評価法は、約60年もの間ゴールドスタンダードとされている

Dic を用いた線量評価





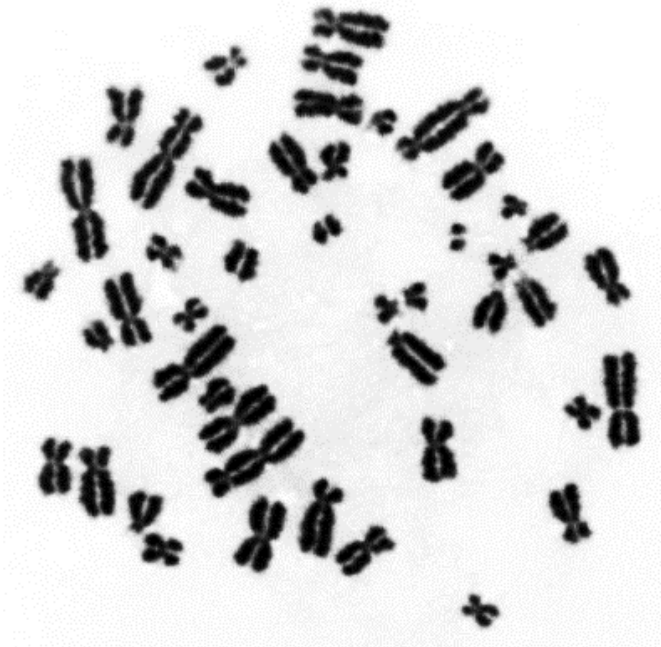
二動原体染色体法の比較

| | 標準法 | トリアージ法 | Quick Scan |
|------------------|---------------------------|------------------------|------------|
| 解析細胞数 またはDic数 | 1000メタフェーズ or 100 Dics | 50メタフェーズ or 30 Dics | 50メタフェーズ |
| 染色体数の カウント | 要 | 要 | 不要 |
| ISO | Yes | Yes | No |



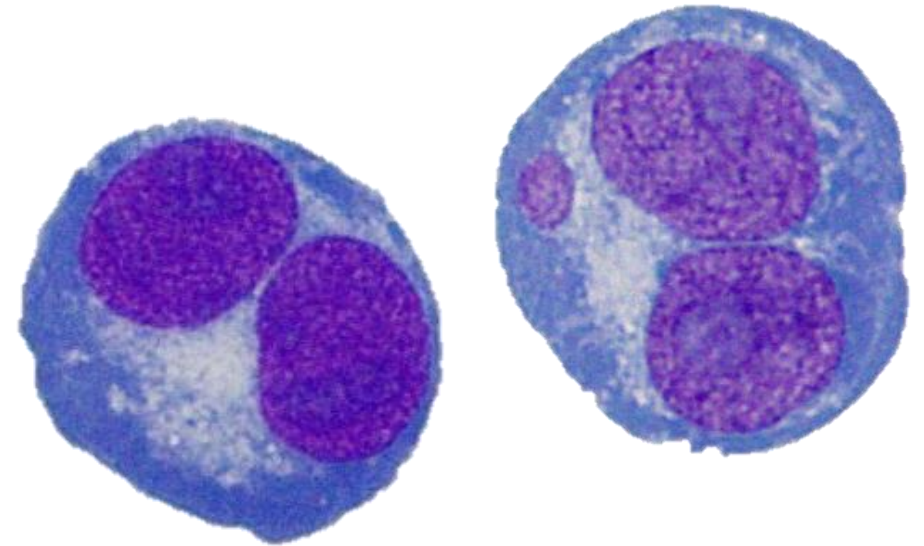
大規模災害時への応用

二動原体染色体法



- 染色体数、セントロメア数を数える必要がある
- ヒト染色体の核型に習熟している必要がある
- 二動原体染色体以外の染色体異常も検出できることが望ましい

細胞質分裂阻害微小核法



- 簡単かつ短時間で解析できる
- ヒト染色体の核型に習熟している必要はない

AI による物体検出・画像解析への親和性も高い



今後の展望

○細胞遺伝学的線量評価における迅速な解析

○遺伝毒性試験への応用

- 医薬品・農薬・一般化学物質などの安全性を評価する遺伝毒性試験の1つである小核試験(Test No. 487: In Vitro Mammalian Cell Micronucleus Test, OECD)にも応用が可能
- 重金属汚染等のスクリーニングへの活用

○研究成果のオープン化

- オープンソースのライブラリを用いており、本研究により得られた成果はオープンアクセスリポジトリ等にて公開

様々な分野への
幅広い展開が可能
→社会貢献につながる

世界中の研究者が
成果を利用・発展できる
→オープンサイエンス
の推進