

### 3. 放射線安全・低線量放射線影響

## 放射線誘発バイスタンダー応答研究の動向とその重要性

### 背景

放射線生物影響は、従来放射線を被ばくした細胞の DNA に、損傷が生じることに起因すると考えられてきたが、バイスタンダー応答は、放射線が直接ヒットした細胞の周辺に存在する放射線がまったくヒットしなかった細胞に生じる生物応答である(図1)。放射線がヒットしなかった細胞にも生物影響が誘導されるのであれば、直線閾値無しモデル(LNT モデル)による低線量域のリスクよりも高くなる(過直線モデル)(図2)可能性も考えられることから、低線量放射線のリスクを考える上で極めて重要である。

### 目的

放射線誘発バイスタンダー応答研究および次々に開発されている生物照射用マイクロビーム装置の現状を調査・整理することにより、低線量放射線のリスク評価における問題点を明らかにし、解決のための方向性を示す。

### 主な成果

バイスタンダー応答に関する既往研究を調査し、その現状と課題を明らかにした。

- (1) 主に $\alpha$ 線を用いた研究を元に、バイスタンダー応答が誘導されれば、LNTモデルによる低線量域のリスクよりも高くなると考えられているが、その反面、放射線適応応答を誘導し、細胞生存率を向上させることも明らかになっている。特に低線量の X 線、 $\gamma$  線照射の場合についての現象解明が不十分であり、線量評価方法も未確立である。
- (2) バイスタンダー応答の伝達方法には、ギャップ結合などの隣接細胞間での伝達と、活性酸素種、NO ラジカルなどの分泌性因子による伝達が見出されている。しかしながら、バイスタンダー応答の根本的な原因となる分子機構と、細胞・組織による応答の違いなどが未だに解明されていない。
- (3) ICRP<sup>\*1</sup> の 2007 年勧告では、バイスタンダー応答等における知見は、放射線防護の目的で取り入れるには不十分であり、ヒトの疫学研究に含まれているはずであるという理由から、リスク評価体系に取り入れられなかった。一方、関連する学術論文数は著しく増加しており、最も注目されている課題の一つとなっている。

以上を踏まえ、今後バイスタンダー応答によるリスクを正しく評価するための方策を検討し、以下が必要であることを明らかにした。

- ・ マイクロビームを使用して細胞の一部のみを照射した場合の線量評価方法の確立
- ・ 低線量の X 線、 $\gamma$  線でのバイスタンダー応答の検証
- ・ バイスタンダー応答の根本的な原因となる分子機構(DNA 損傷等)の解明
- ・ 生物種や組織の違い等によるバイスタンダー応答の相違の解明

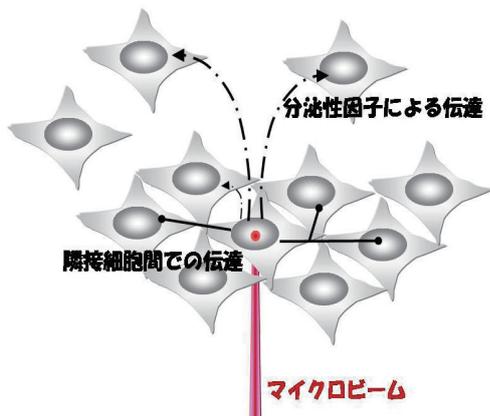
### 今後の展開

平成 18 年度に低線量 X 線によるバイスタンダー応答の解明を目的として導入した、世界初の共焦点レーザー顕微鏡一体型マイクロビーム X 線照射システム(図 3)と低線量率放射線長期照射設備を用いて、低線量・低線量率放射線に対する生物応答におけるバイスタンダー応答の役割を、分子機構に基づいて明らかにすることにより、低線量放射線リスクの適切な評価に資する。

**主 担 当 者** 原子力技術研究所 放射線安全研究センター 主任研究員 富田 雅典

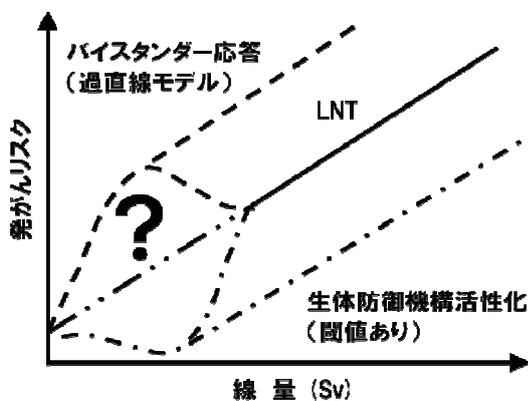
**関連報告書** 「放射線誘発バイスタンダー応答研究の動向とその重要性」 電力中央研究所報告： L07002 (2008 年 6 月)

\*1 : 国際放射線防護委員会



バイスタンダー応答は、ギャップ結合を介して隣接細胞間で伝達されるものと、活性酸素種や NO ラジカルなどの分泌性因子により、離れた細胞にも伝達されるものがある。

図1 バイスタンダー応答の伝達



バイスタンダー応答が誘導されると、LNT モデルにより外挿される低線量域のリスクよりも高くなる(過直線モデル)可能性も考えられるが、その反面、生体防御機構が活性化することも知られている。

図2 LNT モデルとバイスタンダー応答

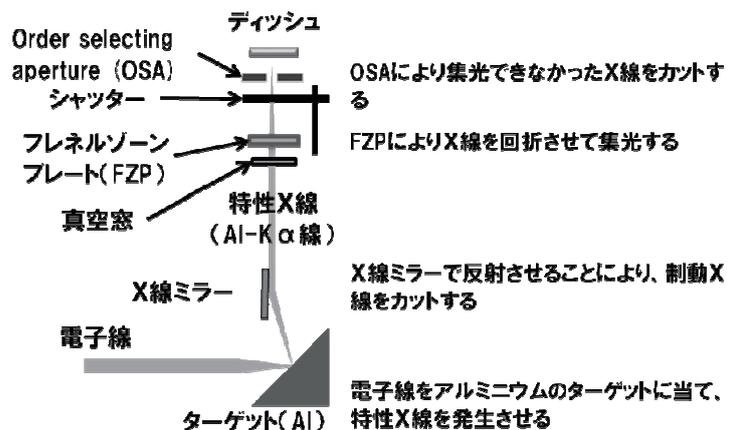


図3 電力中央研究所 マイクロビームX線照射システム

アルミニウム (Al) の特性 X 線を、フレネルゾーンプレート (FZP) により回折させ、直径 2-3 $\mu\text{m}$  のマイクロビームを得る。個々の細胞を顕微鏡で見ながら照射することができる。