

**モンテカルロシミュレーションを用いた
RI 内用療法における細胞生存率の見積もり**
**An estimation of cell survival rate using Monte Carlo simulation
in RI targeted therapy**

○平野 祥之¹、長谷川 純崇² (1. 群大重粒子、2. 放医研分イメ)

○Yoshiyuki Hirano¹, Sumitaka Hasegawa² (1. Gunma Univ., 2. NIRS.)

E-mail: yhirano@gunma-u.ac.jp

細胞生存率を予測する数理モデルの一つに MK(microdosimetric kinetic)モデルがある。MKモデルはドメインと呼ばれる微小領域へのエネルギー付与として、ドメインの質量で割った比エネルギー (J/kg) から生存率を見積もるモデルで、粒子線治療等に応用されている。MKモデルでは、Type I lesion と Type II lesion の2種類の損傷を考え、Type I lesion が細胞核内に一つでもあると細胞は死に至ると仮定している。一方 Type II は、修復、Type I lesion への移行が考えられ、これらの修復、移行係数等がモデルのパラメータとして HSG 細胞については測定されている。また微小領域へのエネルギー付与についてもガンマ線、陽子線、重粒子線で測定され、モンテカルロシミュレーションとの結果とも比較されており、シミュレーションは実験をよく再現している。

放射性同位元素 (RI) を用いてがん細胞を殺傷する RI 内用放射線療法 (以下、内用療法) は、次世代がん放射線治療の一つとして期待されている。現在、臨床的には β 線を用いた治療が主に行われているが、高 LET 放射線の α 線やオージェ電子は β 線と比べて高い生物学的効果を持ち、飛程が短く周辺正常細胞への副作用が少ないことから理想的な線種として今後の臨床応用が期待されている。またヒトがん細胞で過剰発現している HER2 分子と結合する抗体に RI 標識をし、核移行シグナルを付加することで RI を核に運び、より効率よくがん細胞を殺傷することができる。本研究では、オージェ核種である In-111 とアルファ核種である At-211 を用いて、RI が細胞核に移行した場合と細胞膜にとどまった場合とでどのくらい生存率が変化するかをモンテカルロシミュレーション Geant4-DNA による比エネルギー計算と MK モデルを用いて見積もった。その結果、In-111 より At-211 の方が、例えば 4Gy の線量では、50%程度生存率を下げることもできた。また In-111、4Gy の場合、核に移行した場合、膜にとどまるより 30%程度生存率を下げることもできた。これらの結果はどのくらい投与すればよいか等、治療計画を立てる上での有用な情報となる。しかしこの計算においては、崩壊する時間は考慮していない。MK モデルでは lesion 数の時間発展が計算できるのが特徴である。よって、シミュレーションにより Type I lesion 数の時間依存性を再計算し、生存率を算出したので、紹介する。また Geant4-DNA は二重鎖切断数や一重鎖切断数、およびラジカルの生成、輸送もシミュレーションできるためこれらの結果と MK モデルにおける Type I、Type II lesion 数との比較等も行う。なお本研究は放射線医学総合研究所との共同研究である。