

放射線医療機器を対象とした健康及び環境影響評価

Environmental impact assessment and health that target radiation medical equipment

○久保田式昭*¹⁾、伊坪徳宏¹⁾

Noriaki Kubota, Norihiro Itsubo

1) 東京都市大学

* g1031080@tcu.ac.jp

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、福島第一原子力発電所にて大量の放射性物質が漏出する事故が発生した。この事故は、世間の放射性物質に対する注目を高めるきっかけとなった。日本は自然放射線については世界平均よりも少ない一方で、医療放射線は他国よりも高いことが指摘されている。特に日本平均の被曝分布(図1)を調べてみると、X線CTによる被曝が最も大きいということがわかる。

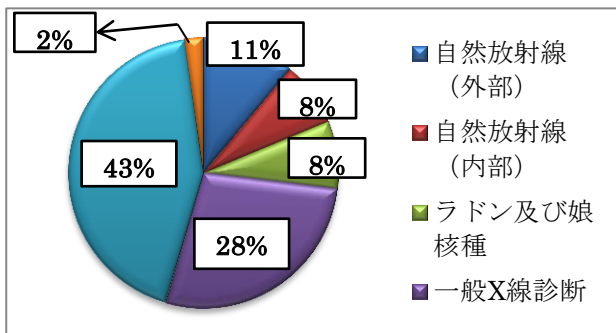


図1 日本平均の被曝分布(NCRP REPORT No. 160より引用)

2. 研究目的

放射線被曝量を低減する医療機器の開発が注目されており、国内ではすでに被曝量の低減に寄与する機器が普及しつつある。

しかし、LCA(ライフサイクルアセスメント)では医療機器に対する評価が少なく、放射線による研究は非常に少ない。そこで、本研究では東芝メディカルシステムズ株式会社様よりデータ提供を頂き、新機種(AlexionTM/Advance Edition)、旧機種(Asteion S4)について、放射線の被曝に対する影響を含めた医療機器の評価を行い、線量低減による環境影響削減効果について算定、比較を行う。さらに、放射線と地球温暖化との比較を行うことを目的とする。

3.1 機能単位、算定方法

本研究では、対象機器の耐用年数を7年とし、使用回数を1年間に240日稼働、1日に頭部撮影2回、頭部撮影(造影剤有)2回、2回腹部撮影3回、胸部撮影3回の計

10回を想定する。システム境界は、素材製造→部品製造→組立→使用→廃棄(リサイクル)と定め、評価対象物質はGHG物質(CO₂、CH₄、N₂O)とし、評価ツールはIDEAを使用した。算定方法は原単位法を、影響領域は地球温暖化、放射線を対象とし、影響評価は人間健康を取り上げた。次に環境影響評価について算定式を式3.1-1に示す。

式3.1-1 環境影響評価算出式

$$\sum_{\text{organ}} (240 \times 7 \times \text{回数} \times \text{DLP} \times \text{EDLP} \times \text{RF} \times \text{DF}) = \text{損失余命}$$

240×7×撮影回数: 耐用年数と1年間の稼働日数に撮影回数を乗じたもの

DLP: 吸収線量に被曝範囲を乗じたもの(mGy・cm)

E_{DLP}: DLPの換算係数{mGy・(mGy・cm)⁻¹}

RF: 1Gyの被曝をした際の10000人あたりの発がん率(Gy⁻¹)

DF: がん1ケースあたりの環境影響評価(DALY・case⁻¹)

3.2 機能単位、算定方法

換算係数(E_{DLP})を表3.2-1に示す。

新、旧機種のCT装置の放射線量(DLP)(mGy・cm)については、東芝メディカルシステムズ株式会社様より、1次データを頂き、それを元に計算を行った。

表3.2-1 DLPの換算係数{mGy・(mGy・cm)⁻¹}

胸部	0.017
腹部	0.015
頭部	0.0023

撮影部位によってこれらの表から用いた値で計算を行う。

次にRFについて記載する。RFとは、X歳の時にY(Gy)の被曝をした時の生涯における発がん率であり、1Gy被曝した時の10000人あたりの発がん率で表される。本研究では、CT検査者が一番多い50歳の男女、平均寿命は公益財団法人生命保険文化センターより引用し、平均寿命(男)79.44歳、平均寿命(女)85.90歳を想定して評価を行う。対象部位は、脳、結腸、食

道、肝臓、胃、乳房、肺、皮膚、骨表面、膀胱、生殖腺、甲状腺の12部位を対象とする。

最後にDFについて記載する。これは、日本のがんの種類ごとの環境影響評価をがんの種類ごとの件数で除したもので、RFで求めた人数にこれに乗じることで環境影響評価を算出する。がんの種類ごとのDFを表3.2-2に示す。

表3.2-2LIME2によるがんの種類ごとのDF (DALY・case⁻¹)

がんのDALY	DF	がんのDALY	DF
結腸がん	7.138	食道がん	12.757
肺がん	12.587	皮膚がん	4.368
胃がん	8.087	がん平均	9.339
乳がん	8.282	膀胱がん	3.586
肝臓がん	10.283	卵巣がん	15.279
前立腺がん	5.271		

4. 結果と考察

始めにCO₂合計の新機種、旧機種について比較した結果を図4-1に示す。

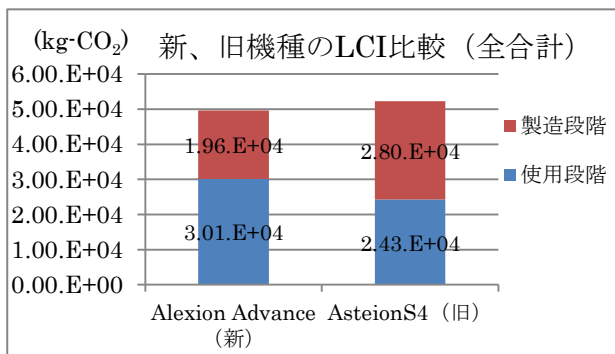


図4-1 新、旧機種のLCI比較

図4-1に新、旧別のライフサイクルの合計を示した。新機種が約2.7E+06の削減に成功した。製造段階の影響が小さくなった理由としては、新機種は旧機種に比べ、製品の大きさが小さくなった為、投入量が削減され、上記の結果になったと考えられる。使用段階において、旧機種より新機種の影響が大きくなった理由は、新機種は被曝低減技術を用いたために、X線が照射されている以外の稼働時間(待ち時間等)の消費電力が大きくなり、旧機種の方が消費電力が少なくなった為だと考えられる。

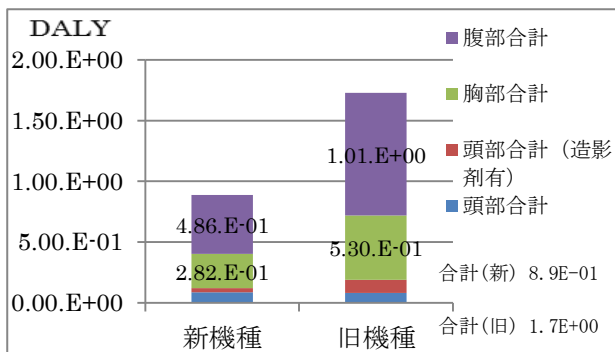


図4-2 放射線の影響評価結果の比較

損失余命は上記のような結果となった。旧機種は約1.7E+00、新機種は約8.9E-01であり、差は約6.9E-01となった。この原因としては、被曝低減技術(AIDR3D)により放射線量を低減したためと思われる。(表3.2-1参照)次に新、旧機種のLCI評価と被曝による環境影響評価を統合化したものを図4-3に示す。

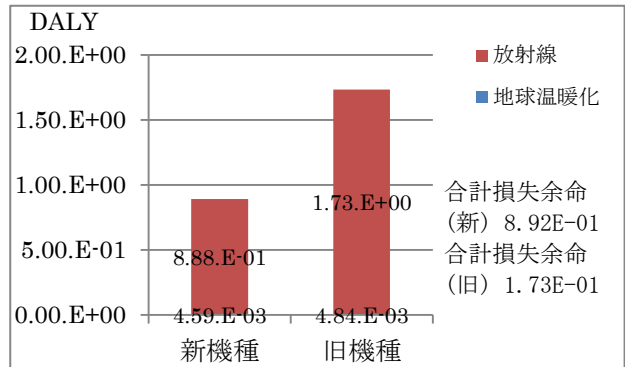


図4-3 温暖化と放射線の影響評価結果

旧機種は約6.57E+00、新機種は約5.48E+00であり、差は約1.09E+00となった。新機種は旧機種に比べ、地球温暖化の影響を約2.5E-01削減しているのに対し、被曝の影響を約8.42E-01と3倍強削減することに成功している。この結果から新機種は地球温暖化の影響よりも、被曝影響の削減に成功していて、被曝低減技術(AIDR3D)の成果が表れているといえるだろう。

まとめ

放射線の被曝に対する影響を含めた医療機器の評価を行い、線量低減による環境影響削減効果について算定、比較を行った。結果、新旧の差は約1.09E+00となった。本研究では3部位以外を撮影範囲に含めていない点、CT検査者の年齢を50歳と確定している点、この2点を網羅できていないことが今後の課題として挙げられる。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、東芝メディカルシステムズ株式会社から貴重な情報をご提供頂き、ありがとうございました。CT機器の放射線量、撮影による被曝範囲など、ご多忙にもかかわらず有益なる御助言と御教示をいただきました。学生相手にも関わらず話し合いの場を設けていただき、メールにも対応してください、深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) NCRP REPORT No. 160
- 2) 独立行政法人原子力安全基盤機構：“確率論的環境影響評価のための生涯がんリスク解析に関する報告書”，(2010)