

## 荷電粒子放射化分析法によるホウ素中性子捕捉療法のための 血液中ホウ素濃度測定の見直し

Study of Boron Concentration in Blood for Boron Neutron Capture Therapy by  
Charged Particle Activation Analysis

大島 真澄<sup>1)</sup> 浅井 雅人<sup>2)</sup> 塚田 和明<sup>2)</sup> 佐藤 哲也<sup>2)</sup> 豊嶋 厚史<sup>2)</sup> 伴場 滋<sup>1)</sup>  
畢 春蕾<sup>1)</sup> 山口 友理恵<sup>1)</sup> 天野 光<sup>1)</sup> 瀬戸 博文<sup>1)</sup> 森本 隆夫<sup>1)</sup>

Masumi OSHIMA Masato ASAI Kazuaki TSUKADA Tetsuya SATO Atsushi TOYOSHIMA Shigeru BAMBA  
Chunlei BI Yurie YAMAGUCHI Hikaru AMANO Hirofumi SETO Takao MORIMOTO

<sup>1)</sup>(公財)日本分析センター <sup>2)</sup>原子力機構

難治がんの治療法として期待されているホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy) では、大強度の中性子線照射による正常細胞への影響を最小限にして、最大の治療効果を上げるために、精確な中性子線量測定と同時に、がん細胞中の高精度のホウ素濃度測定が不可欠である。ホウ素濃度の定量にはこれまで、中性子即発ガンマ線分析と ICP 発光分析が適用されてきたが、in-situ で高確度で血液中ホウ素を定量する手段として、今回我々は新たに、陽子放射化分析法を提案し、その適用性を調べた。

**キーワード**：BNCT、血液中ホウ素濃度、陽子放射化分析、定量限界

### 1. 目的

現在、筑波大学を中心として、原子力機構・高エネルギー加速器機構等の協力の下、いばらき中性子医療研究センター (INMRC) において、BNCT のための小型陽子線線形加速器 (RFQ+DTL) を建設中である。小型加速器を用いた BNCT 治療は世界的にも注目される技術であるが、筑波大学 G では大強度の 8MeV 陽子線を Be ターゲットに照射することで、大強度中性子線を生成する方法を採用している。この陽子線エネルギーは反応チャンネルが (p, n) と (p,  $\alpha$ ) 反応に限定されるほど充分低く、かつ軽元素から重元素まで十分な反応断面積があるので、荷電粒子放射化分析にも適している。放射化分析法は化学処理を必要とせず、非破壊で確度が高いことで知られる。よって、中性子発生用陽子ビームを、同時に放射化分析にも使用することで、in-situ で、迅速に、非破壊で高確度の血液中ホウ素濃度測定法を開発することを目的とする。他の BNCT 施設でまだ提案されていない新しい試みであり、開発する意義は大きい。

### 2. 方法

異なるホウ素濃度 (0~1000 ppm) を有するグラファイト試料、および石英フィルター等に含浸させた 0~300 ppm のホウ素入り血液標準試料を用意し、タンデム加速器 R2 照射ビームラインにおいて、INMRC と同じ 8 MeV 陽子ビームを用い、30 分ずつ照射した。照射後試料をホット化学室に運び、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線測定を、照射 30 分後、8 時間後、また 1 日後に 50 分間ずつ行った。

$^{10}\text{B}(p, \alpha)$  反応で生成される  $^7\text{Be}$  (半減期 53 d) からの 478 keV ガンマ線により、 $^{10}\text{B}$  を定量した。照射後出来るだけ迅速に定量できることが望ましいが、 $^{13}\text{C}(p, n)$  反応で生成する  $^{13}\text{N}$  (半減期 10 m)、 $^{14}\text{N}(p, \alpha)$  反応で生成する  $^{11}\text{C}$  (半減期 20 m)、また  $^{18}\text{O}(p, n)$  反応で生成する  $^{18}\text{F}$  (半減期 1.83 h) などのバックグラウンドガンマ線を避ける必要があり、実測定により最適定量条件を調べた。

### 3. 結果及び考察

第 1 回 (H26. 7. 8) の実験では、190 ppm の  $^{10}\text{B}$  入りグラファイト試料及び石英フィルタに含浸させた 286 ppm の  $^{10}\text{B}$  入り血液試料の照射・測定を行い、 $^{10}\text{B}$  に起因する 478 keV ガンマ線を観測することが出来た。第 2 回 (H27. 3. 18) の実験では、新たに多孔性グラファイトを用い、3, 10, 30, 100, 300 ppm の  $^{10}\text{B}$  入り血液標準試料を含浸させた試料に対する照射・測定を行った結果、数時間以内での測定では、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{18}\text{F}$  などに起因する陽電子消滅 511 keV ガンマ線のバックグラウンドが強く、定量が困難であるが、1 日後の測定で、上記 5 種の全ての試料において 478 keV ガンマ線を観測することが出来た。現在、検量線による定量性評価の解析を実施中である。