

NCT letter 第9号

2022年 10月



目 次

NCT letter 第9号刊行によせて

■ 「日本中性子捕捉療法学会の社会的役割」	4
-----------------------------	---

日本中性子捕捉療法学会 会長
京都大学 複合原子力科学研究所 粒子線腫瘍学研究センター 教授 鈴木 実

第9号 特集記事：中性子源について

■ 青森県量子科学センター 多目的サイクロトロンのご紹介	5
------------------------------------	---

青森県量子科学センター 施設長 菊池 宏

■ 名古屋大学におけるBNCT用加速器中性子源の状況	6
----------------------------------	---

名古屋大学大学院 工学研究科 産学連携
加速器 BNCT 用システム研究講座 特任教授 土田 一輝

■ 研究炉を利用したBNCT研究 – 京都大学研究炉の現状および新研究炉について –	8
--	---

京都大学 複合原子力科学研究所 准教授 櫻井 良憲

委員会の活動状況と方針

■ JSNCT 認定医委員会	9
■ 教育委員会	9
■ 医学物理委員会	10
■ 広報委員会	10
■ 治療ガイドライン委員会	11
■ IAEA 連携委員会	11
■ 国際中性子捕捉療法学会 (ISNCT) 連携委員会	12
■ 薬剤評価法標準化検討委員会	12
■ 健保診療委員会	13

顧問紹介	13
------------	----

学会紹介

■ The 19 th International Congress on Neutron Capture Therapy (ICNCT 19)	14
---	----

President of ISNCT
Department of Atomic, Molecular & Nuclear Physics, University of
Granada, Granada (Spain) Professor Dr. Ignacio Porras

■ Technical Meeting on Best Practices in Boron Neutron Capture Therapy 国際原子力機関 IAEA-Technical Documents (TECDOC) の技術者会議に参加して…	15
---	----

岡山大学 中性子医療研究センター 准教授 井川 和代

■ NCI Workshop on Neutron Capture Therapy for Cancer 報告記	16
	茨城県立医療大学 学長 松村 明 京都大学 複合原子力科学研究所 助教 近藤 夏子
■ 第18回日本中性子捕捉療法学会学術大会の開催に向けて	18
	第18回学術大会長 筑波大学 陽子線医学利用研究センター 准教授 熊田 博明
受賞	
■ 日本中性子捕捉療法学会 特別功労賞を受賞して ー加速器 BNCT システム実用化貢献賞ー	19
	京都大学 名誉教授 丸橋 晃
■ 日本中性子捕捉療法学会 特別功労賞を受賞して ー加速器 BNCT システム実用化貢献賞ー	21
	住友重機械工業株式会社 佐藤 岳実
論文紹介	
■ 論文紹介 (薬学・化学)	21
	岐阜薬科大学 薬学部 薬化学研究室 学部5年 新津 明穂
■ 論文紹介 (物理学)	22
	大阪大学大学院 工学研究科 助教 玉置 真悟
■ 論文紹介 (医学分野)	23
	国立がん研究センター中央病院 放射線治療科 医員 柏原 大朗
■ 論文紹介 (生物学)	24
	大阪医科薬科大学 放射線腫瘍学教室 助教 関西 BNCT 共同医療センター 武野 慧
掲示板	25
■ JSNCT ホームページ更新	
■ 令和4年度 JSNCT 認定医試験 10月28日(金)のお知らせ	
■ 第18回日本中性子捕捉療法学会学術大会のお知らせ	
■ YBNCTのお知らせ	
編集後記	26

NCT letter 第9号刊行によせて

「日本中性子捕捉療法学会の社会的役割」

日本中性子捕捉療法学会 会長
京都大学 複合原子力科学研究所 粒子線腫瘍学研究センター 教授

鈴木 実



広報委員会（NCT letter 編集委員会から改名）委員長の益谷美都子先生のご尽力と諸先生方のご協力により、この度、NCT letter 第9号を発刊することになりました。この場をお借りして感謝申し上げます。

日本中性子捕捉療法学会は、本学会ホームページにあります。2003年8月にその前身の日本中性子捕捉療法研究会として発足し、2005年8月に日本中性子捕捉療法学会に改称して現在に至っています。学会規約の第3条に、「本会は中性子捕捉療法およびこれに関連する医学、生物学、化学・薬学、物理・工学など諸領域の研究の連携および促進をはかり、もって学術の発展に寄与することを目的とする。」

とあります。この規約にありますように、本学会は、異分野の研究者から構成される学際色豊かな学会であり、学術の発展に寄与することを目的としています。

本学会が、BNCT臨床において、重要な役割を果たしていることについて、本紙面で紹介させていただきます。学会員の皆さんが、ご存じのように、2020年6月から、2つの医療機関において、加速器BNCTによる頭頸部がんに対する保険診療が開始されています。保険診療報酬が発生することから、厚生労働省の関係法令の省令・告示に関する通知の「令和4年3月4日保医発0304第3号」、「特掲診療料の施設基準等及びその届出に関する手続きの取り扱いについて（通知）」に以下の3項が記載されています。

「第84の2の5 ホウ素中性子捕捉療法」

「第84の2の6 ホウ素中性子捕捉療法適応判定加算」

「第84の2の7 ホウ素中性子捕捉療法医学管理加算」

これらの項で、本学会が関与している箇所の記載は以下の2点です。

- 関連学会が認定する常勤の医師が1名以上配置されていること。
- 関連学会から示されている指針に基づき、当該療法が適切に実施されていること。

上記にある関連学会が、日本中性子捕捉療法学会となります。JSNCT認定医制度、および、BPA-BNCT実施の指針（ガイドライン）は、私が学会長になる以前に、学会長、関係する委員会の先生方のご尽力で、すでに作り上げられていました。保険診療開始前に、これらの運用があったことにより、保険診療算定において必須となる施設基準、診療内容の品質の担保が確保できたものと考えられます。

加速器BNCTが、医療機関において承認医療の保険診療として開始されるようになりましたが、放射線治療に携わる多くの医療従事者にとって、BNCTは、かなり専門的知識が必要な医療です。BNCTの学術を担う本学会は、BNCTの保険診療報酬を例とする社会的に責任を持つべき事例に関わる機会を持つようになりました。それを踏まえて、以前から、幹事会で議論が上がってきました学会の法人化について、学会長として、残りの任期は短くなりましたが、取り組んでいく覚悟であります。学会員の皆様から、これから多くの意見をいただきたいと存じます。何卒、よろしくお願い申し上げます。

第9号 特集記事：中性子源について

青森県量子科学センター 多目的サイクロトロンのご紹介

青森県量子科学センター 施設長

菊池 宏

■ はじめに

青森県量子科学センター（Aomori Prefecture Quantum Science Center、以下 QSC という）は、量子科学分野に関する人材育成と研究開発を推進し、青森県の産業振興を図ることを目的に、青森県の施設として2017年10月に開設しました。

QSC では、多目的サイクロトロン（住友重機械工業社製「CYPRIS-HM-20V」）を設置し、PET 薬剤合成、ホウ素中性子捕捉療法（以下 BNCT という）に関する中性子照射、粒子線励起 X 線分析による元素分析（PIXE）、中性子照射による透過像撮影（NRT）が実施可能のほか、PET/CT 装置、小動物用 PET/MRI 装置、フローサイトメータ、共焦点レーザ顕微鏡、粒径測定装置、動物飼養や細胞培養のための設備等を備えており、県内外の研究者の皆様幅広くご利用いただいております。

本稿では QSC が保有するビームラインのうち、BNCT ビームラインの特徴や、中性子照射をご利用頂く際に QSC が実施している研究支援の内容について、ご紹介させていただきます。



■ BNCT ビームラインの特徴及び照射関連治具類

QSC の BNCT ビームラインでは、陽子ビームをベリリウムターゲットに入射することで高エネルギー中性子を発生させており、それをモデレータにより減速させ、適切なエネルギー状態とした熱中性子を細胞や小動物へ照射することが可能です。

中性子発生における陽子ビームの特性と、照射場における中性子フラックス等を右表に示します。

これまでの利用実績として、主に青森県からの「放射性同位元素の医学・工学等への応用」に関する大学等への委託研究において細胞やマウスへの照射が行われており、それに合わせた照射治具が準備されています。（ページ下部写真参照）

表 BNCT ビームライン特性

加速粒子	陽子
ビームエネルギー	20 MeV
最大ビーム電流	100 μA
熱中性子フラックス	1.14×10^9 (n/cm ² /s)

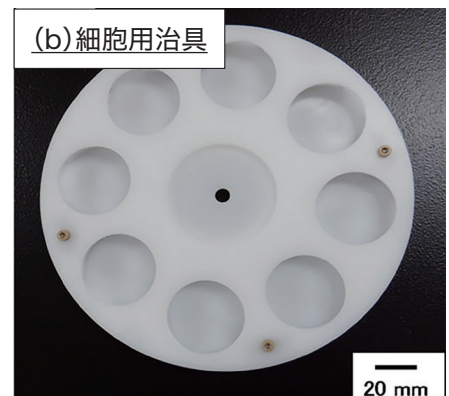
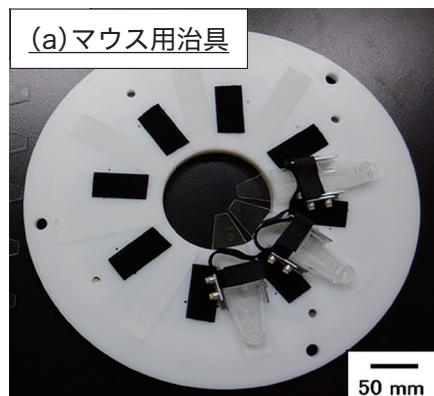
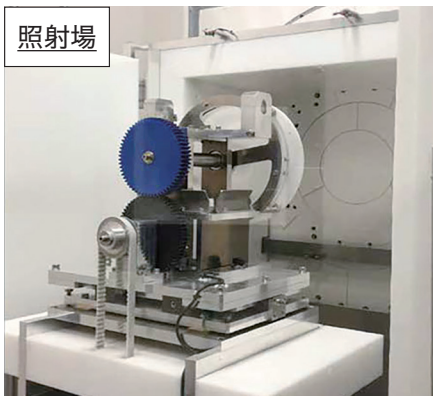


写真 BNCT 中性子照射場と照射治具

■ BNCT 中性子照射に係る研究支援

細胞や小動物への中性子照射の前後期間での、動物の順化や薬剤投与等に要する期間及び放射能減衰の待機期間における飼養については、飼養経験のあるQSC職員が利用者への支援として無料に対応いたします。(右図、利用の流れ参照)

■ 動物実験委員会の設置と適正な動物実験の実施

QSCでは、安全で安心な動物実験が可能となるよう有識者からなる動物実験委員会を設置し、その審議を踏まえ動物愛護管理法等の法令を遵守しながら、3R (Refinement, Replacement, Reduction) の精神に基づき適正に動物実験を実施しています。

QSCの有する多様な研究設備と利用者のニーズを踏まえ、高い品質の動物実験が可能となるよう、職員一同、研鑽に取り組んでいるところです。

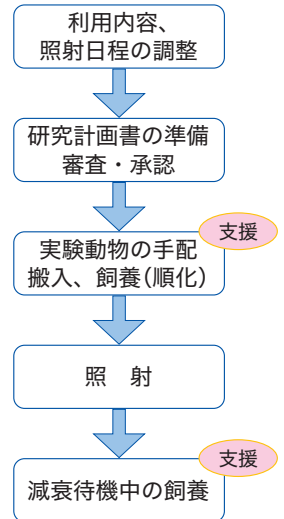


図 中性子照射ご利用の流れ

■ 最後に

QSCでは、多目的サイクロトロンを用いて、細胞や小動物に対する中性子照射実験が可能です。マシンタイムは原則、四半期ごとに利用予定を調整し決定しておりますが、空き状況に応じたスポット的な照射利用も可能で、利用機会の自由度が高い施設です。

今後も利用者のニーズ把握に努めるとともに、ご要望に応じた実験環境を提供できるよう取り組んで参ります。

皆様のご利用をお待ちしております。

【ご利用に関するお問い合わせ先】

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字表館2番190
TEL: 0175-72-1270 Mail: info@aomori-qsc.jp

名古屋大学における BNCT 用加速器中性子源の状況

名古屋大学大学院 工学研究科 産学連携
加速器 BNCT 用システム研究講座 特任教授

土田 一輝



名古屋大学では静電加速器とLi封入ターゲットを組み合わせた加速器中性子源の開発を進めてきました^{1,2)}。静電加速器はベルギー・IBA社製陽子Dynamitron (エネルギー: 1.8 ~ 2.8 MeV) であり、出射された大電流陽子ビーム (最大電流: 15 mA) を20度偏向して水冷ジャケット内に格納されたLi封入ターゲットに照射して中性子束を発生させています (図1)。現在、陽子ビームの形状・位置を回転式小型プロファイルモニターでモニターしながら、ビーム損失を抑えた大電流CW運転 (>10 mA) を目指しています¹⁾。

Li封入ターゲットは、ターゲット基板溝に設置したLi箔をチタン箔膜で覆い、化学的に活性なLiと陽子照射で生成する放射性の⁷Beをターゲット内に閉じ込める構造を持っています。大電流陽子ビーム照射による熱の除去には、冷却水流路内でツイーン乱流を生成する高効率乱流冷却法を用いることでターゲットを小型化し、これによりターゲットを内蔵する中性子減速照射装置 (BSA) をガントリーに搭載可能な寸法・重量まで低減することができました^{2,3)}。



ダイナミトロン (IBA社製、陽子、2.8MeV, 15mA) ビームライン



ターゲットビームライン Liターゲット

図1 静電加速器とビームライン外観

最近、実規模の熱負荷 (6.6 MW/m^2) に冗長性をもって対応可能な「改良型 Li 封入ターゲット」の開発に成功しました (図2)⁴⁾。主な改良点は、①チタン箔と Li 層の界面にリチウム合金層を設けて熱伝達率を良くすることで Ti 薄膜の耐熱性を向上させた、②ターゲット基板に Li 層を直接接合して耐ブリストリング材を設けず徐熱性を向上させた、等であり、ターゲット構造を簡略化するとともに耐熱性を向上させています。電子ビーム照射装置 (NIFS ACT2 装置) を用いた耐熱試験で、入熱密度が 11 MW/m^2 でもチタン箔が破損せずに Li の封入を維持できることを確認しました。これを踏まえて、陽子ビームを用いたターゲット寿命試験を行いました。陽子ビームエネルギーを 1.8 MeV としてターゲットの放射化を抑

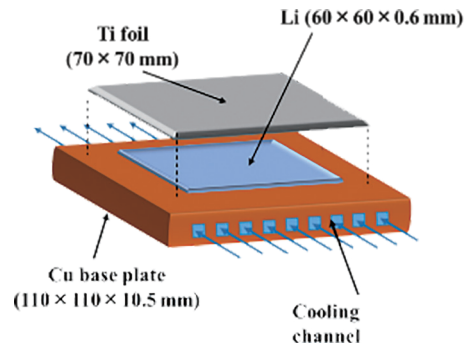


図2 改良型 Li 封入ターゲット⁴⁾

えながら陽子ビームを連続照射 (入熱密度 9 MW/m^2 、26 時間) して、Ti 箔表面温度を IR カメラでモニターしました。この試験で、ビーム照射による Ti 箔損傷がなく、Li 層中に陽子が滞留することによる除熱性低下などの悪影響がないことも確認できました⁴⁾。照射試験後のターゲット表面観察では、Li を覆う Ti 箔に大きな損傷が無く、ターゲットから 30 cm の距離に設置した観測窓 (石英) 表面に蒸着されたリチウム量が微量であった (リチウム蒸着速度 $< 0.1 \mu\text{g/cm}^2/\text{時間/mA}$) ことから Ti 箔による Li 封入が維持されていたと考えられます。これらの結果を踏まえ、BNCT 治療に必要な中性子強度を安定に得るための長時間試験の準備を進めています。

開発している BNCT 用静電型加速器システムは正常細胞への影響が少なく、放射線感受性の高い骨髄性造血細胞にも照射可能であるという特徴を持っています。この特徴を活かして、血液がん治療のための自家造血幹細胞移植 AHST で用いられている「移植片 (グラフト)」中の腫瘍細胞を選択的に殺傷する「患者体外照射法 Ex Vivo BNCT」の開発を進めています⁵⁾。

多発性骨髄腫、白血病や悪性リンパ腫で代表される血液がんは全身性で予後は悪く、前二者の 5 年生存率は 50% 未満であり、大きなアンメット・ニーズがあります。治療のために新薬が登場していますが、治療耐性が生じるため根治が期待できる AHST との併用が推奨されています。名古屋大学では AHST で用いるグラフト中の腫瘍細胞を除去する積極的 purge 技術 (ex vivo purging) として「Ex Vivo BNCT」の開発を進め、in vivo purging と合わせた MRD ゼロの血液がん治療の実現や、がんの再発リスクを低減することをめざしています。これまでに、岡山大学が開発した新ホウ素薬剤 OKD-001⁶⁾ が高い血液腫瘍細胞指向性を持っていることを確認し、中性子照射で骨髄腫細胞を効率的に細胞死に導けることを実験的に確認しています。

【参考文献】

- 1) 土田一輝、他、2021：「展望：名古屋大学における BNCT 用加速器中性子源の開発」、*Isotope News*、10 月号 No.777.
- 2) Yoshihashi, S., *et al.*, (2021) : High heat removal technique for a lithium neutron generation target used for an accelerator-driven BNCT system, *J. Instrumentation*, 16(4).
- 3) Watanabe, K., *et al.*, (2021) : First experimental verification of the neutron field of Nagoya University Accelerator-driven neutron source for boron neutron capture therapy, *Appl. Radiat. Isot.*, 168, 109553.
- 4) Honda, S., *et al.*, (2022) : Development of a Sealed Li target as an accelerator-driven neutron source for Boron neutron capture therapy at Nagoya University, *Nuclear Instruments and Methods in Physics, Research Section A*, 1040, 167140.
- 5) AMED 医療機器等研究成果展開事業 (2022) : 「体外ホウ素中性子捕捉療法 (EX Vivo BNCT) による自家造血幹細胞移植のための中性子照射システムの開発研究」 (課題管理番号 : 22hma322011h0001) .
- 6) Fujimura A., *et al.*, (2021) : In vitro studies to define the cell-surface and intracellular targets of polyarginine-conjugated sodium borocaptate as a potential delivery agent for Boron Neutron Capture Therapy, *Cells*, 9, doi : 10.3390/cells9102149.

研究炉を利用した BNCT 研究 — 京都大学研究炉の現状および新研究炉について —



京都大学複合原子力科学研究所 准教授

櫻井 良憲

京都大学複合原子力科学研究所では、京都大学研究炉（KUR）の重水中性子照射設備（以下、重水設備）を用いて、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）に関連する基礎研究および臨床研究を共同利用研究として実施してきている。臨床研究については、脳腫瘍、メラノーマに加え、頭頸部腫瘍、肝腫瘍、中皮腫等の適応拡大を世界に先駆けて推進してきたが、2018年の臨床研究法の施行により本研究所での臨床研究の継続が困難となり、2020年1月に終了している。臨床研究が終了した一方で、基礎研究に関する共同利用件数は増加している。これは、加速器 BNCT の発展に伴う BNCT コミュニティーの拡大と基礎研究上の新たなニーズの発生によるものと捉えている。

KUR は軽水を減速・冷却材とした最大熱出力 5 MW の原子炉で、初臨界は 1964 年であった。KUR には様々な実験設備・照射設備が配置されており、その一つが重水設備である。本設備は、従来、ガンマ線の混在が少ない典型的なマックスウェル分布を持つ熱中性子照射場であった。1995 年度に、BNCT に関する利用の高度化のために、設備の安全性の向上、熱中性子から熱外中性子までの利用を可能とする性能向上、KUR 連続運転中の臨床研究を可能とする等の使い勝手の向上、の 3 つの観点から改修が行われた。

重水設備の中性子減速体系は、約 2 m³ の重水タンク、アルミニウムおよび重水で構成される熱外中性子減速材、三層の中性子エネルギースペクトルシフター、一層の重水シャッター、二層のカドミウムフィルター、ビスマス層で構成されている。中性子エネルギースペクトルシフターの重水厚さの調整およびカドミウムフィルターの開閉により、ほとんど純粋な熱中性子から熱外中性子まで様々なエネルギースペクトルを持つ中性子照射が可能である。KUR 5 MW 運転時に本設備で得られる熱中性子束は最大で $5 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 程度、熱外中性子束は最大で $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 程度である。様々なエネルギースペクトルを持つ中性子照射が可能である特徴を活かして、本設備は BNCT 以外の研究にも利用されてきている。

重水設備は「照射レーン装置」と「大型試料輸送台車」の 2 つの照射システムを有している。照射レーン装置は、照射室の外から照射試料の出し入れができる装置であり、照射試料の最大寸法は幅 10 cm、高さ 10 cm、長さ 20 cm 程度、重量は 1 kg 以下である。大型試料輸送台車で扱える照射試料の最大寸法は幅 200 cm、高さ 180 cm、長さ 200 cm 程度、重量は 2 t 以下と大きいですが、実験準備や試料交換のために KUR 運転時に照射室内に入るためには遮蔽シャッターシステム等の操作が必要であり、照射と照射の間には最低 10 分程度の時間を要する。

重水設備における BNCT に関連する共同利用の最近の動向は次の通りである。化学薬学領域においては、新規 BNCT 薬剤およびドラッグデリバリーシステムに関する研究がますます多様化している。医学生物学領域においては、線質が異なる様々な加速器システムや新規 BNCT 薬剤の開発に関連して、腫瘍・正常組織の生物学的効果比や化合物効果比に関する評価の重要性が再認識されている。また、愛玩動物を対象とした BNCT の検討が精力的に進められている。理工学領域においては、照射場の特性評価、ファントム実験時の評価、臨床時下のオンライン評価等、様々なフェーズの線量評価における多種多様な手法についての検討が進められている。

2017～2021 年度の 5 年間の重水設備の利用状況を表 1 に示す。2019 年度までは臨床研究に関する課題も含んでいる。表には示していないが、2022 年度は 91 課題の共同利用研究が採択されている。この 5 年で課題数は倍近くに増加している。なお、細胞や小動物を用いる生物照射を行う化学薬学・生物医学領域に関する課題は全体のほぼ 75% を占めている。このように、KUR における BNCT 研究は盛り上がりを見せている状況であるが、KUR の運転は 2025 年度で終了することが確定している。

表 1 KUR 重水設備における BNCT 研究に関する共同利用実績

	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度
利用日数	37 日	37 日	48 日	31 日	58 日
利用時間	535 時間	693 時間	774 時間	500 時間	942 時間
課題数	55 課題	74 課題	93 課題	84 課題	91 課題

2021年度より、福井県敦賀市の高速増殖原型炉「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計が開始されている。この新研究炉には、BNCTに関する基礎研究、特に化学薬学および生物医学領域における生物照射実験を主な対象とした「生物照射」施設が設置される予定である。KUR 重水設備で得られた知見、培ってきたノウハウを活かして、高性能で利用性・安全性・安定性の高いより充実した施設とすべく、設計検討を進める予定である。

新研究炉の利用開始は2030年代後半となる見込みである。従って、KUR 運転終了後の2026年から10年間強、KURにおいて実施しているBNCT研究の全てを受け入れる設備・施設が国内に無い状況となる。本研究所のBNCT用サイクロトロン等の加速器ベースシステムを用いてBNCTに関する基礎研究を継続し、BNCT研究者のモチベーションを維持し続けることが重要である。

委員会の活動状況と方針

JSNCT 認定医委員会



委員長
京都大学 複合原子力科学研究所 教授

鈴木 実

JSNCT 認定医委員会は、「中性子捕捉療法認定医制度規定」の「第1章総則」の「第1条目的」にある「中性子捕捉療法（NCT）認定医制度はNCTに主体的に関与し得る医師（歯科医師を含む）を認定することにより、NCTの発展を図り、以て国民の健康と福祉の増進に寄与することを目的とする。」の条文を受けて、認定医試験の実施とその合否判定の業務を担当する委員会です。すでに30名の認定医が認定されています。

2020年6月に加速器BNCTによる頭頸部がんの保険診療が開始され、NCT認定医の在籍が保険診療の施設基準に必要な案件となっています。2021年7月に、認定医制度の規定と細則を改訂いたしました。NCT認定医は、加速器BNCTの臨床現場において、重要な役割を果たす実務的責任を負います。一方、NCT認定医制度は、その目的にあるようにBNCTの発展を図るものであり、BNCTの将来の普及に向けて、BNCTに興味をもつ医師の入り口となる制度であることを踏まえた活動として、教育委員会、広報委員会と協力してBNCTの発展に寄与していきたいと考えています。

教育委員会



委員長
北海道大学大学院 保健科学研究院 教授

石川 正純

これまで、「人材育成委員会」としてBNCTにかかわる人材育成を目的として、海外からの研究者およびBNCT治療医を受け入れたり、学術大会に合わせてBNCT講習会を開催するなど、主に人材育成に関する活動を行ってまいりましたが、2022年度より「教育委員会」に改称し、教育全般を取り扱う組織として再編されました。

教育委員会では、BNCTの基礎研究、臨床研究及び医療的高度化の総合的展開を行う人的資源の充足を目的とし、① BNCTに係る人材の育成とその条件整備のために必要とされる事業、② BNCTの調和ある発展（がん医療におけるニーズと最適化）への知的環境整備（人材育成と啓発活動）のために必要とされる事業のほか、③ その他、BNCTに関して必要と認められる事業を実施する予定です。

特に、学術大会時に開催されるBNCTに関する人材育成と啓発活動を主たる目的とする「BNCT講習会」の内容を企画・遂行するとともに、BNCT人材育成に関するガイドライン策定や、BNCTに興味を持つ若手への講習合宿の開催、BNCTの社会的啓蒙活動、などに係る諸情報を系統的に収集し解析することも活動内容に含んでいます。

医学物理委員会

委員長
筑波大学（医学医療系、陽子線医学利用研究センター） 准教授

熊田 博明



BNCTは治療に中性子ビームを用いますが、この中性子を発生するためには、最先端の加速器技術を用います。また、中性子ビーム照射によって病巣部に付与される線量を数値シミュレーションによって高精度に評価する“治療計画装置”や、加速器が発生する中性子ビームをがん病巣に適切に照射するための“患者位置合わせ技術”などの医療機器が必要となります。さらに、発生する中性子や混入するガンマ線を適切に計測、管理することが不可欠であり、これらには先端的な物理工学分野の手法、技術が用いられ、医療分野を支援する“医学物理”と呼ばれます。今後、治療を支援する各種計測機器や周辺装置は、さらに高度化、高精度化が進められます。また、国際的にも標準的な品質管理、品質保証の手順、手法を確立する必要があります。本医学物理委員会は、BNCTの医学物理分野の高度化、および、BNCT分野の標準・統一的な品質管理、品質保証の手順手法を策定することを目的とした委員会です。

広報委員会

委員長
長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 分子標的医学分野 教授

益谷美都子



広報委員会では、BNCTに関する広報活動を推進していくことを主眼とし、3つの柱として、NCT letterの編集と発行、JSNCTの広報活動、ホームページの運用と検討を16名の専門委員の方々にそれぞれ担当いただき、行っています。NCT letterの日本語版、英語版は、それぞれ「オンラインジャーナル」として、国立図書館（ISSN日本センター）に申請し、ISSN登録が完了いたしました。ホームページ上でISSN番号をご確認いただき、ご活用頂ければと存じます。2名の副委員長として、栗飯原輝人先生にはJSNCTの様々な視点からの広報活動を、井垣浩先生にはホームページの更新と改訂のとりまとめに日々、ご尽力をいただいております。

これまで、大阪府・熊取町・京都大学により設置された大阪府BNCT推進協議会も、JSNCTと並んでBNCTの早期実用化を目指してBNCTの多くの広報活動を担ってきました。その役目も引き継ぐ形での広報活動を検討しています。BNCTの保険診療が始まり、JSNCTの学会としての活動が臨床と基礎研究の方向にさらに展開する局面で、新たな広報のあり方を模索いたしておりますので、会員の皆様には忌憚ないご意見やご提案、学会員向けの情報を頂ければ有り難く存じます。

治療ガイドライン委員会

委員長

京都大学 複合原子力科学研究所 教授

鈴木 実

治療ガイドライン委員会は、加速器 BNCT の治験（臨床研究）が実施されていた時期に会長をされていた中村浩之先生が、日本放射線腫瘍学会との連携など、委員会設置にご尽力され、鈴木が、委員長を拝命した経緯で発足しました。

治療ガイドラインということで、現状、BPA-BNCT の治療についてのガイドラインを扱うこととなります。医学系の学会の治療ガイドラインは、通常、多くの関連論文を精査して、エビデンスに基づいたガイドラインとなります。BNCT においては、エビデンスの蓄積は、これからであることから、日本放射線腫瘍学会と共同で、「加速器 BPA-BNCT に係るガイドブック」を作成し、両学会の HP で公開しました。また、日本中性子捕捉療法学会独自では、「ポロファラン（ ^{10}B ）製剤・BNCT 治療システムを用いたホウ素中性子捕捉療法（BNCT）を安全に実施するための留意事項」を作成し、学会の HP で公開しています。現在、前者のガイドブックの英語版を準備しており、最終校正中です。ガイドブックに関しては、加速器 BNCT の臨床成績が蓄積され、修正、追加事項がありましたら、改訂版を発行していく予定です。

IAEA 連携委員会

委員長

大阪大学 核物理研究センター 教授
日本アイソトープ協会

畑澤 順



IAEA 連携委員会は、IAEA が行っている中性子捕捉療法関連の事業と連携し、IAEA がもつ国際的なネットワークを通じて、この分野の世界的な進捗に関する情報を共有すること、かつ日本から情報発信すること、を目的に活動している。

最近の活動の中心は約 20 年ぶりに改訂される BNCT の TECDOC 作成への参加である（2021 年 12 月 16 日、2022 年 3 月 14 ~ 18 日）。IAEA 連携委員会委員をはじめ、本学会の多くの会員が改訂作業の重要な部分を担っており、基礎から臨床まで大きな貢献を果たした。改訂の最大のポイントは、中性子源の転換である。中性子源が原子炉から加速器に移行することにより、医療としてのホウ素中性子捕捉療法が現実のものになった。この分野での本学会（核科学、放射線生物学、教育研修とその制度化）、住友重機械工業株式会社（加速器の開発、製造、頒布）、ステラファーマ株式会社（ ^{10}B 製剤の製造販売）の貢献は極めて大きく、これらは新 TECDOC に充分反映されている。世界に先駆けて行われた加速器 BNCT の治験、薬機承認、保険収載については、今後各国で行われる治験のモデル（治験実施、承認プロセス）になる。

IAEA には、成長しつつある核科学応用分野に対して Coordinated Research Project (CRP) という仕組みがあり、1 件あたり 3,000 ~ 4,000 万円を支援して該当分野の世界的なネットワーク化、研究基盤作りをすることができる。TECDOC 改訂作業を通じて、各国各研究者グループが個別に行っている研究について、これらを社会に導出するプロセスの標準化の必要性が共通認識となった。そのため、鈴木実会長の許可を得て IAEA 連携委員会から、CRP を申請した。

IAEA は World Cancer Day にあたる 2022 年 2 月 4 日に、“Rays of Hope” イニシアティブを宣言した。これは“世界中のすべての人ががんの放射線医療を”という活動である（IAEA ホームページ参照）。2022 年 5 月 18 日には来日中のラファエル・グロッシー IAEA 事務局長が東京で Rays of Hope 特別講演を行った（井川和代 IAEA 連携委員が出席）。BNCT はじめ、この分野の日本の貢献に謝意を表するとともに今後への期待を

述べられた。BNCTなどの先端放射線医療と同時に、放射線治療の機会がない低中所得国への支援もIAEAの重要な使命である。日本で成熟したBNCT放射線医療技術が世界に普及するためには、国際機関との連携・協働が必要である。

国際中性子捕捉療法学会 (ISNCT) 連携委員会

委員長
茨城県立医療大学 学長

松村 明



1. IAEAのCoordinate Research Project(CRP)にISNCTとして参加予定

ウィーンで開催されたTECDOC改訂の会議にISNCTのPorras理事長が現地出席し、IAEAで計画されているBNCTをテーマとしてCRPに学会として参加することになった事が報告された。

2. 2022年“11th Young BNCT meeting in Novosibirsk”の延期と学会主催の“Y-BNCT, CTF edition”について

ロシアとウクライナの紛争の影響で7月11～13日にNovosibirskで予定されていたY-BNCTについてISNCT理事会に於いて複数回の理事会で協議がなされ、状況が落ち着くまでは現地でのY-BNCTの2024年への延期をProf.Taskaevに提言した。その結果、Prof.Taskaevからは承諾がえられ、予定されていた学会を“4th All Russian School of Young Scientists on BNCT”として開催することになった。

一方で、ISNCTとしてはY-BNCTが特に若手研究者の発表の機会であり、所属が変わったり、大学院卒業によって所属から離れたりする可能性のある若手研究者の発表機会が失われる可能性があるとのことで対応について理事会で検討を行った。その結果、若手メンバーで構成している学会内のCommunication Task Force (CTF: Newsletter発行などの広報活動を行っているチーム)が主催して“Y-BNCT, CTF edition”をオンライン開催してもらえることになった(2022年11月14～18日)。

オンライン開催ではあるが、一定の開催資金が必要なことからスポンサー探しを行っており、日本の企業も協力して頂けることをお願いしたい。

薬剤評価法標準化検討委員会

委員長
東京工業大学 教授

中村 浩之



現在、BNCTのための様々なホウ素薬剤が開発されてきていますが、その評価法に関して一定の基準がないため、薬剤間での評価が難しい現状を鑑み、本学会からホウ素薬剤の評価方法(in vitroとin vivo)の推奨される実験プロトコルを提案することを目的とし、活動しております。本委員会では、昨年の幹事会においてTechnical Reportとして、オープンアクセス雑誌への投稿を承諾いただいております。以下のような7章から構成される論文を、現在執筆中であります。

- 1: 序論
- 2: ホウ素薬剤の特性
- 3: ホウ素濃度測定法

- 4 : in vitro 実験
- 5 : in vivo 実験
- 6 : 線量評価
- 7 : まとめと展望

執筆を依頼しました委員の先生方からは大方原稿をいただいております、当初の予定よりは遅れているものの、間もなく投稿出来る状況です。

健保診療委員会

委員長
大阪医科薬科大学 BNCT 共同臨床研究所 教授



小野 公二

本委員会の任務は、保険診療となったBNCT、現段階では「切除不能の局所進行あるいは再発頭頸部癌」のみであるが、其の診療報酬の根拠となるデータを収集・蓄積することが第一である。本来、診療報酬に関する要望は、BNCTの場合、内保連メンバーの学会を通じて行うのが通常である。JSNCTはこのメンバーではないので、日本放射線腫瘍学会（JASTRO）と連携して之を行うことになる。しかし、2022年の改訂では、JASTRO自体、多くの優先されるべき事項を有していたため、優先度での衝突を回避する目的から、企業からの申請となった。幸いにして、粒子線治療からの準用点数と云う、謂わば仮の点数が変更されること無く、正式の点数として認められた。

2年後の改訂に向けて、関連職種が分担する必要な業務量のデータを収集・蓄積していくことが求められる。現在、保険診療を実施している2施設を中心に之を行う。

保険診療になった段階で、BNCT施設で求められる診療の質を如何に維持、更には発展させるか、如何なる知識、能力そして資格を有する人員が必要かの検討も委員会としては必要と考えており、先の任務を第一としつつ、この検討も行っていきたい。

顧問紹介

顧問	伊丹 純	(新松戸中央総合病院・高精度放射線治療センター)
	今堀 良夫	((株) CICS)
	小野 公二	(大阪医科薬科大学・関西 BNCT 共同医療センター)
	切畑 光統	(大阪公立大学・BNCT 研究センター)
	高井 良尋	(南東北 BNCT 研究センター)
	畑澤 順	(日本アイソトープ協会)
	平塚 純一	(川崎医療福祉大学)
	福田 寛	(東北医科薬科大学)
	増永 慎一郎	(医療法人錦秀会・阪和第二泉北病院)
	松村 明	(茨城県立医療大学)
	宮武 伸一	(大阪医科薬科大学・関西 BNCT 共同医療センター)

学会紹介

The 19th International Congress on Neutron Capture Therapy (ICNCT 19)

President of ISNCT
Department of Atomic, Molecular & Nuclear Physics, University of
Granada, Granada (Spain)



Professor Dr. Ignacio Porras

For the first time, the International Congress on Neutron Capture Therapy (19th edition) was held entirely online because of travel restrictions due to COVID-19. Participants and organizers believed until the last moment that it would still be possible to hold the conference in person in Spain, and for that reason the original dates in 2020 were postponed to 2021. However, as new variants of the virus appeared and new restrictions were set, the organizers have to move urgently the event to an entire online one.

The Congress was held from September 27th to October 1st, 2021, at the Meetmaps.com online conference venue. The site provided registered participants with several options: a hall (shared space similar to a real conference), LIVE Streaming (Online broadcasting taking place at the moment and chat room), Agenda (schedule of plenary talks and saved videos of past performances), Speakers (one could explore profiles of speakers containing their photos and brief CVs), Networking (all participants were presented here, anyone could send a message to anyone via the site interface); Oral & Poster Sessions (pre-recorded oral presentations and uploaded posters were available here), Sponsors (conference sponsors page represented: TAE Life Sciences, Neuboron and PerkinElmer), Exhibitors (on this page one could find a nice video about BNCT made by TAE Life Sciences), Documents (the ICNCT-19 Book of abstracts can be found on this page), Videos (two informative videos from the Communication Task Force of ISNCT) and an App (the page for downloading the streaming app Eventsbox on a mobile phone using QR code).

In spite of all the difficulties that arise when having to set up a virtual venue in a short time, the organizers consider the event as quite successful, mainly due to the high quality of the work presented by the participants.

There were a total of 231 participants and 146 contributions of which 83 were oral, 50 were poster and 15 plenary talks, invited by the organizers. Despite the will to gather personally that could not be fulfilled, the meeting was well attended, the scientific level was very high, and some important advances have been presented. In particular, the clinical experience with accelerators has been a notable highlight in the congress.

The meeting has been sponsored by three Companies: TAE Life Science (7.2 k€), Neuboron (3.6 k€) and Perkin Elmer (1.8 k€). The organizers are quite grateful to these companies because this support had made it possible to celebrate the congress with all technical support for speakers, chairs and organizers. The devotion of these companies to BNCT is remarkable.

The conference started on September 27th with the opening remarks of the Congress Chair Javier Praena and President of ISNCT Ignacio Porras. Then the Hatanaka Award winners Prof. Fong-In Chou and Prof. Leena Kankaanranta were presented and gave their lectures.

From Monday to Thursday, in the best time for having participants connected from America to Asia, a total of 15 plenary talks took place by the great scientists Shinji Kawabata, Akira Matsumura, Liisa Porra, Sandro Rossi, Sergey Taskaev, Rolf Barth, Helmut Ernstberger, Shin-Ichi Miyatake, Clara Viñas, Stuart Green, Sara González, Hyo Jung Seo and Yuan-Hao Liu. All they answered questions online immediately after each lecture. Questions could be asked via chat or through a special section Questions and Answers, which was used by the participants very actively.

On Thursday, after the end of plenary lectures, the results of the Fairchild Award were announced. The organizers stated that there was very difficult to select the awardees because the high quality of all the contributions presented for the award.

The eight awardees were: Kohei Yoshimura, Osaka; Takahiro Nomoto, Tokyo; Chiara Magni, Pavia; Evgenia Sokolova, Novosibirsk; Nishiki Matsubayashi, Kyoto; Ana Mailén Dattoli Viegas, Buenos Aires; Jie Qi, Nanjing; and

Yuri Morizane, Osaka.

A very special moment took place when the Journal of Applied Radiation and Isotopes (JARI) announced the award of its prestigious 2021 JARI Medal and Hubbell Award to two members of the BNCT community: the JARI Medal was received by Prof. Saverio Altieri and the Hubbell award (formerly JARI enterprise award) was received by Dr. Hiroaki Kumada.

On Friday, the last day of the Congress, non-public meetings of the Executive Board (EB) and Board of Councilors (BOC) took place. The conference ended with the General Assembly, which could be attended by all registered participants. It was organized through the Zoom platform and there were 65 people online at the same time. In this meeting, all participants enjoyed a video from the organizers of the ICNCT-20, which will be held on September 3-9, 2023 in Krakow, Poland. At the end, I thanked all the participants and closed the Congress.

Technical Meeting on Best Practices in Boron Neutron Capture Therapy 国際原子力機関 IAEA-Technical Documents(TECDOC) の技術者会議に参加して

岡山大学 中性子医療研究センター 准教授

井川 和代



原子力機関 (International Atomic Energy Agency : IAEA) は、世界平和・健康および繁栄のため原子力の貢献の促進増大と、原子力が軍事転用されないための保障措置の実施という2つの大きな目的に基づいて1957年7月に設立されました。現在では、原子力の平和的利用の取り組みとして、放射線防護・安全の視点から国際的な線量限度等の基準を提示しており、2001年5月に中性子捕捉療法に関する技術文書 (IAEA-TECDOC-1223) “Current status of neutron capture therapy” を発刊しております¹⁾。

IAEA-TECDOC-1223の発刊より20年以上たち、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) に用いられるホウ素 (ボロン10) はボロカプタイト (BSH) からボロノフェニルアラニン (BPA) へ、中性子源は原子炉から加速器へ、そして適応範囲は脳腫瘍から頭頸部がん、悪性黒色腫などへと拡大されています。2020年には世界を先駆けて、頭頸部がんに対する加速器BNCTシステムを用いたBNCTの保険診療が日本で開始、さらに2019年より皮膚がん (悪性黒色腫もしくは血管肉腫) の治験が開始されています。世界でも加速器システムを用いたBNCTプロジェクトが次々と開始され、IAEAの原子力科学応用局、物理化学部 Ian Sawinson氏が事務局となり2019年10月28日～11月1日にBNCTに関する専門家会議が開催されました。その後、コロナ禍の状況を鑑みてハイブリッド型で2020年7月27日～31日に技術者会議、2021年12月13日～17日に専門家会議を開催してBNCTに関する技術文書の策定が進められてきました。今年、2022年3月14日～18日にハイブリッド型で開催された技術者会議では約100名の参加者のもと、BNCTの最新の動向を踏まえたTECDOCのレビューが行われ、現在IAEAではTECDOCの発刊に向けて最終調整が行われております。2020年は渡航ビザや保険の申請、2021年は帰国後のPCR検査と10日間隔離、2022年は飛行ルートの変更などVUCA時代に順応することで、IAEA本部のウィーンで開催されたBNCTのTECDOCに関連する会議に参加することができました。今年、IAEAからBNCTのTECDOCが発刊されることで、各国のがん患者さんに安心して安全なBNCTを提供できるようになることを期待します。

最後にBNCT TECDOCにご尽力いただきました先生方、IAEA連携委員会委員長 畑澤 順先生、そして本稿の機会を賜りましたNCT letter編集委員会委員長 益谷 美都子先生に心より感謝申し上げます。

1) <https://www.iaea.org/publications/6168/current-status-of-neutron-capture-therapy>

NCI Workshop on Neutron Capture Therapy for Cancer 報告記

茨城県立医療大学 学長 松村 明

京都大学 複合原子力科学研究所 助教 近藤 夏子



多くの JSNCT 会員の皆様も参加されたかと思いますが、2022年4月20～22日の米国時間で午前9時から12時に「NCI Workshop on NCT」が開催されました。日本時間としては夜中になるため、参加は体力的にきついのものがありましたが、世界全体を考慮するとこの時間にならざるを得ないとのことでお付き合いをしました。本ワークショップは三つのセッションから成り立っており、それぞれのプログラム内容を下記にまとめました。

なお、これらの内容については ISNCT Newsletter #14 の“NCI Workshop on Neutron Capture Therapy for Cancer”の記事から Youtube へのリンクがなされており、視聴可能です（期間限定かもしれません）。また、本ワークショップの内容については“Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals”という雑誌に特集号が出版されるとのことです。

いずれにしても米国や NCI が BNCT に改めて興味を持ち始めたことは BNCT 全体としては追い風となることが期待されます。この追い風をうまくつかんで BNCT をさらに発展させていくことが肝要だと思われるので、本記事が学会員の皆様のご参考になれば幸いです。

NCI ワークショップ 1 日目 臨床試験

松村は初日の臨床研究（治験）セッションの organizer と座長を務めましたが、Capala 先生、Sauerwein 先生、Joensuu 先生と事前の打ち合わせを行いました。その中で最も話題に上がったのは日本の BNCT が“保険診療”になったことでした。

臨床成績についてはそれぞれの臓器、施設からの論文が出ているのですが、薬事承認までいくプロセスについては論文で紹介されておらず、本ワークショップではその点を日本から紹介して欲しいという要望が出ました。

そこで日本からの演者は治験に携わられた臨床医以外にステラファーマ社の浅野会長にも講演をお願いし、translational research から治験、薬事承認までのご紹介をいただきました。その他の臨床医の先生方にも通常の BNCT 学会のような臨床成績の紹介にとどまらず、治験や薬事における工夫、課題などについても盛り込んでいただくをお願いしました。

臨床セッションでは introduction としてドイツの Sauerwein 先生から BNCT に関わる民間企業が世界中で 14 社あること、BNCT 加速器を有する施設が世界で 17 施設（日本 8 施設、英国 2 施設、その他フィンランド、アルゼンチン、ロシア、イスラエル、中国、イタリア、韓国がそれぞれ 1 施設ずつ）が紹介され、今後はビジネスとしての BNCT を発展させていくことの重要性が強調されました。

日本の施設の紹介は松村が座長を務めました。

最初にステラファーマから浅野会長に日本でのトランスレーショナルリサーチと治験の経過についてご報告をいただきました。続いて各臓器の治験・臨床研究について発表をいただきました。

1. 南東北病院の廣瀬勝己先生からは再発頭頸部癌の治験について
2. 大阪医科薬科大学の川端信司先生からは再発悪性神経膠腫の治験について
3. 国立がんセンター病院の井垣浩先生からは悪性黒色腫と血管肉腫の治験について
4. 筑波大学陽子線医学利用研究センターの中井啓先生からは同施設での前臨床研究のための施設整備と治験・薬事に向けてのポイントについて

次のセッションはフィンランドヘルシンキ大学腫瘍科の Joensuu 教授が座長を務めました。主にヘルシンキ大学に導入された NT 社の BNCT 装置についての紹介がなされました。

1. ヘルシンキ大学附属病院医学物理部門の Lisa Porra 先生から病院内加速器のセットアップについて紹介が

なされました。

- ヘルシンキ大学腫瘍科の Heikki Joensuu からヘルシンキ大学における臨床研究の過去・未来という講演がなされました。その中で臨床試験に向けての regulatory aspects の課題が提示されました。講演の時点では Helsinki 大学では臨床試験は始まっていないようであり、製薬企業などの協力による治験のための資金確保の必要性を強調していました。

最後にドイツ Jena 大学放射線治療科の Wittig 教授から BNCT 臨床研究・治験における課題について総括的な講演がありました。特に通常の薬剤、放射線治療で行う臨床研究とは異なり、薬剤、装置を用いる bimodal therapy の特殊性や国際共同研究の重要性が強調されました。

日本からの橋渡し研究・臨床研究・治験の発表は BNCT が薬事までこぎ着けた経験の紹介であり、日本以外の BNCT 研究者にとっては非常に参考になったのではないかと考えられました。

(ここまで文責：松村 明)

NCI ワークショップ2日目 NCT 薬剤

座長 Graca Vincente 先生 (Louisiana State Univ.)、Narayan Hosmane 先生 (Northern Illinois Univ.)

以下に発表者の先生の名前と化合物、キーワードを記載します。

- Bhaskar Das (Long Island Univ.) 先生：ミトコンドリアの代謝・酸化ストレスの経路、レチノイン酸アゴニスト・アンタゴニストを標的にしたホウ素薬剤を合成。グリオブラストーマや神経変性疾患を対象にしたホウ素化合物。
- Clara Vinas 先生 (Institut de Ciencia de Materials de Barcelona)：化学療法や温熱治療などと BNCT の組み合わせを可能にするホウ素薬剤、tyrosine kinase inhibitor: sunitinib や磁性ナノ粒子 FeO₃ にカルボランを結合させた薬剤、anionic cobaltabis(dicarbollide) [3,3'-Co(1,2-C₂B₉H₁₁)₂]⁻, [σ-COSAN]⁻ を基にした化合物。
- Daniel Becker 先生 (Loyola Univ. Chicago)：がん細胞に高発現している MMP-2, MMP-9, MMP-13 阻害剤にカルボランを結合した化合物。
- Evamarie Hey-Hawkins 先生 (Leipzig Univ.)：G protein-coupled receptors (GPCR) agonist に選択性のあるペプチドとメタカルボラン誘導体を結合した化合物、乳がんの 90% に発現する Neuropeptide Y。
- 中村浩之先生 (東京工業大)：アルブミン結合ホウ素化合物、maleimide-functionalized *closo*-dodecaborate (MID)-BSA とさらに腫瘍選択性を高めた、インテグリンに結合する cyclic RGD peptide (cRGD)-MID-BSA。
- Satish Jalitagi 先生 (Univ. of Missouri)：脂質膜側に [*nido*-7-CH₃(CH₂)₁₅-7,8-C₂B₉H₁₁] (MAC) が、内部の水溶性部分に Na₃[1-(2'-B₁₀H₉)-2-NH₃B₁₀H₈] (TAC) が内包されている Small unilamellar liposomes (MAC-TAC liposomes)。T/N > 5.5。
- Rameshwar Patil 先生 (Cedars-Sinai Medical Center)：Polymalic acid (PMLA) をキャリアに、BBB を通過するペプチド Angiopep-2 (Ap2) を標的とするホウ素化合物。T/N = 16。
- Jamey Weichert 先生 (Univ. of Wisconsin)：Lipid raft によって腫瘍に取り込まれる alkylphosphocholine analog NM600 に ¹⁵⁷Gd を組み込んだ化合物、T/B 20:1、T/N 50:1。

NCI ワークショップ3日目 Dosimetry/Reporting, Radiation biology

座長 Amamda E Schwint 先生 (National Atomic Energy Commission and National Research Council of Argentina)、近藤夏子 (京都大学複合原子力科学研究所)

- Wolfgang Sauerwein 先生 (President of the German Society for Boron Neutron Capture Therapy Essen)：吸収線量は対象物に均等にエネルギーが分布するとき有効で、BNCT の線量評価に適当ではない。各施設の計算モデルが異なるので、熱中性子のフルエンス、血液の ¹⁰B 濃度などの報告に絞るべき。窒素・γ線線量などあっても良い。
- Reinhard Schulte 先生 (Loma Linda Univ.)：BNCT では microscopic or nanoscopic dose を評価することが重要で DNA cluster size を判別するガス式検出器や Hybrid material-scintillator を使った通常

検出器の50倍以上光出力を持つ検出器の紹介。

3. 益谷美都子先生（長崎大学）：国立がん研究センターの垂直ビーム加速器（CICS-1）の前臨床試験を参考に、加速器 BNCT の安全性や効果を生物学的に評価するための実験内容を紹介。放射化・RBE・殺細胞効果・小核試験・血球数の推移・皮膚評価・腫瘍増殖抑制効果など。
4. PierLuigi Mauri 先生（Institute of Technologies for Biomedicine, Italy）：High Throughput Technology による BNCT のバイオマーカーの検索。生体試料（血液・病理・尿など）を材料にオミックス解析を行い臨床の効果予測や経過中の治療効果を判定する。
5. Rolf Barth 先生（The Ohio State Univ.）：rat と mouse 脳腫瘍モデルを用いた脳腫瘍の研究。脳血液関門を透過しない薬剤の脳腫瘍への投与方法 convection enhanced delivery (CED) を用いた抗がん剤カルボプラチンの F98rat モデルでの効果とヒト臨床試験への適用。F98 (F98EGFR and F98npEGFRvIII) rat モデルで CED を用いた EGFR、EGFRvIII モノクローナル抗体標的ホウ素薬剤による BNCT（2種の抗体薬併用）は生存期間を延長したことなど。
6. Andrea Monti Hughes 先生（National Atomic Energy Commission, National Research Council, Argentina）：脳腫瘍以外の固形腫瘍の動物モデルの BNCT について顕著な抗腫瘍効果を紹介（以下）。ハムスター口腔がんモデルで BPA・GB-10 併用 BNCT、それら連続 BNCT。皮下腫瘍モデルでは、未分化甲状腺がんに対する BPA plus BOPP-BNCT、膀胱がんモデルでの annexin A1 標的 IF7-conjugated 10BPA or 10BSH-BNCT、前立腺がんでの BPA-BNCT。Rabbit の肝腫瘍モデル（リポソーム、ホウ酸）、転移腫瘍モデル、さらに結腸がんモデルでの BNCT によるアプスコパル効果、BNCT 後のバイオマーカー候補 HMGB1 などについて紹介。

3日間を通して情報量はとても多く、非常に多くの勉強をさせていただきました。また、これから米国で BNCT 研究が本格的に加速する雰囲気を感じました。

（文責：近藤 夏子）

第18回 日本中性子捕捉療法学会学術大会の開催に向けて

第18回学術大会長
筑波大学 陽子線医学利用研究センター 准教授

熊田 博明



日本中性子捕捉療法学会の第18回学術大会・大会長を務めることになりました筑波大学医学医療系の熊田でございます。本大会は、つくば市のつくば国際会議場にて開催させて頂くことになりました。つくばでの大会は、2005年開催の第2回大会、2012年開催の第9回大会（第15回 ISNCT 学術大会との併催）以来、10年ぶり3回目の開催となります。さらに本大会は、現地会場での開催を予定しており、2019年9月に京都大学で開催されて以来、3年ぶりの完全現地開催となる大会です。

治療に大強度の中性子が必要となる BNCT は、1936年に治療の基本原則が提唱されて以来、研究用原子炉を使って臨床研究が行われてきました。医療に使うには使い勝手の悪い原子炉を使って臨床研究を行うため、この研究に携わってきた研究者たちは様々な工夫や知恵を出し合って研究開発を行い、これらの積み重ねによっていくつかのブレイク・スルーを起こしてきました。理工学分野に携わってきた私が経験した大きなブレイク・スルーは、“熱外中性子ビームの臨床適用”です。それまでの熱中性子ビームを使った悪性脳腫瘍に対する臨床研究では、開頭一閉頭手術を伴った術中（開頭）照射が行われていました。これが熱外中性子ビームを使うことで、非開頭での照射が可能となり、照射時間が短くなっただけでなく、照射前後の手術も不要となり1日かかりだった一連の治療時間も大幅に短縮されました。これにより1日に複数人の照射も実施されるようになりました。さらに、この熱外中性子ビーム照射の実現は、次なる大きなブレイク・スルー：“適用拡大”も呼び起こしました。それまでの悪性脳腫瘍、悪性黒色腫に加えて、頭頸部がん、中皮腫、肝がん、直腸がん、といったより深部のがん、体幹部のがんへの臨床研究も試みられるようになりました。勿論、この“非開頭照射”や“適用拡大”は、熱外中性子ビームの適用（物

理工学分野)だけでなく、臨床分野を筆頭に各分野の進展と連携があって実現したものであり、BNCT研究が他(多)分野の統合的な医学・医療研究であることを示す象徴的な事例の1つだと思います。

この20世紀末から21世紀初頭に起きた原子炉時代のブレイク・スルーをはるかに超える大きなブレイク・スルーが2020年に起きました。加速器ベースBNCT装置:NeuCureとホウ素薬剤:ステボロニンのそれぞれの薬事登録、そして、これらを組み合わせた再発頭頸部がんに対するBNCTの保険治療の開始です。原理が提唱されてから80年以上の年月を経て、ついにこの治療法が一般の病院で保険治療として受けられるようになったのです。しかし、これはゴールではありません。この治療法をさらに発展させて、より多くのがんに対して保険適用化、先進医療化が求められます。BNCTは、一般のがん治療として確立、普及するための新たなステージに向けたスタート・ラインに立ったのだと思います。これらの節目を迎えたBNCTの状況を踏まえ、今回の学術大会のテーマは「BNCT2.0次なるステージへ」とさせて頂きました。

2020年からのコロナ禍によってこの学術大会も延期、リモート併催を余儀なくされましたが、先に述べたように、本大会は完全現地開催を予定しており、BNCTが保険適用になって初めての現地開催となります。本大会では、2020年に起きたブレイク・スルーに伴う成果と、今後の新たなステージに向けた研究や活動を“Face to Face”で情報交換、共有できる場になれば良いと思っております。是非、多くの方々にご参加頂ければ幸いです。

受賞

日本中性子捕捉療法学会 特別功労賞を受賞して — 加速器 BNCT システム実用化貢献賞 —



京都大学 名誉教授

丸橋 晃

本賞に関わる京大原子力研先導の加速器BNCT施設についての紹介です。

I はじめに

京都大学、住友重機械工業(株)(略:住重)並びにステラファーマ(株)が開発した加速器BNCTシステムは、南東北病院BNCT研究センターと大阪医科大学関西BNCT共同医療センターに設置されました。これらの施設で取組まれた治験により2020年3月11日付で

① BNCT用中性子照射装置(BNCT治療システムNeuCure)及び同治療計画プログラム(線量計算プログラムNeuCureドーズエンジン):住友重機械工業(株)

② BNCT用点滴静注ホウ素薬剤(ステボロニン):ステラファーマ(株)

に関し厚労省による医療機器製造販売並びに医薬品製造販売が承認されました。この承認を受け上記両センターでは2021年治療を開始しています。

II BNCTの基礎と加速器開発の経緯

BNCTは ^{10}B と熱中性子との核反応で発生する ^4He (1.47 MeV)と ^7Li (0.84 MeV)を利用する治療です。両者のLETは共に細胞殺傷に最も効果的なおよそ160 keV/ μm です。

BNCT用ボロン薬剤は畠中等¹⁾が開発したBSHと三嶋等²⁾が開発したBPAの2剤が使用されています。アミノ酸誘導BPAは細胞分裂が活発な腫瘍細胞への集積性に優れています。

現在、熱中性子(0.5 eV以下)と熱外中性子(10 keV以下)がBNCTで使用されています。2001年12月までは熱中性子照射が主でした。これは中性子のエネルギーが大きくなると体内に弾性散乱反応や各種の核変換反応が生じさまざまな障害を誘起する可能性が増大するからです。熱中性子の有効深度はおおよそ2.5 cmであり皮膚性疾患(悪性黒色腫など)が対象ですが唯一の例外は脳外科医が希求する脳腫瘍治療への利用であり手術との併

用療法でした。筑波大陽子線センター時代、同僚がこの治療に参画していましたが“全身の部位のがん”を治療の対象にしたい私にとって魅力的ではなく、また手術との併用という点からも否定的でした。2001年12月この私の意識を一変させる取組が阪大の加藤逸郎医師と京大原子炉小野公二教授（医師）の提案で始まりました。京大原子炉の“熱外中性子”による頭頸部がん治療でした。熱外中性子の正常組織に対する障害効果は熱中性子と同等程度です。私は2002年7月に京大原子炉に移動しました。この症例の2回目照射から5か月後の症状を小野教授から提示され私は大変驚きました³⁾。皮膚外にも進展し滲出液で覆われた深度6cm程度の腫瘍が縮退し、照射野内の皮膚は照射の痕跡は微かではほぼ正常状態でした。これを期に私は小野教授と共にこの治療研究に邁進し年間平均数例であったBNCT患者数を年間90症例程度まで増大させることができました。この取り組みは2007年廃止予定であった原子炉の存続にも貢献しました。しかしながらBNCT用中性子源としての原子炉の今後の増設は不可能と思われ、必然的に加速器開発が次の命題となりました。

III BNCT用加速器システムの開発

¹⁰B薬剤供給会社ステラケミファ(株)との協議を基にいくつかの加速器メーカーとの折衝を経て、住重の佐藤岳実技術部長等と加速器・BNCT施設開発を協議し、2006年9月11日加速器・BNCT施設建設推進体制作りが合意されました。2007年11月「建屋を整備し、設置した加速器——熱外中性子照射装置から得られる中性子場の評価を実施する」との合意によりBNCT用加速器中性子源・中性子場の建設が始められました。加速器をサイクロトロンとし、外部イオン源、水素負イオン(H⁻)加速とする仕様となりました。中性子発生ターゲットシステムの健全性等についての検討の結果、30 MeV陽子・Beターゲットが採用されました。中性子束強度10⁹ n/cm²/secを実現するために陽子ビーム電流は1 mA (2 mAまで加速可能)とすることになりました。この強度でのターゲットの損壊を防止するためのターゲット冷却システムについての私の構造的発案が採用されました。このターゲットシステムを含む加速器中性子源システム(表記:C-BENS、加速器品名:HM30)の製作が京大原子炉の田中浩基講師と住重の密本俊典主任技師を中心に行われました。建設されたシステムは2009年3月加速器施設としての施設検査に合格し、照射場の評価実験等が開始されました。陽子エネルギーを30 MeVとしたのはBe内の飛程が5.8 mmと長く世界初で未経験の装置であるターゲット機構の困難性の軽減を考慮した発想でした(ブラッグピーク部は冷却水中)。この開発と対策により本ターゲットシステムは数百時間BNCT用として問題なく機能しています(文献3のp263～に詳細)。

IV BNCTシステムに関する検討課題

中性子の医療に果しえる潜在能力についての我々の知識は未だ浅く、BNCTに関わる解明を要する研究課題は多岐に渡ります。その主な検討課題を以下に略記します。

- * 1 体中すべての部位の治療に対応可能な照射野形成装置の開発
- * 2 損傷などの物理的事故はもちろん核ジャックなどの社会的・人為的事故に対しても安全なBNCT用核分裂利用システムの開発

【文献】

- 1) H. Hatanaka and K. Sao, Z. Neurol. 204(1973) 309-332.
- 2) M. Ichihashi, H. Fukuda, J. K. Brown, M. H. Mountford, B. J. Allen, J. G. Wilson and Y. Mishima, Plenum Press, New York (1992) 387-390.
- 3) 日本原子力学会「放射線遮蔽ハンドブック 応用編」2020年3月10日 初版

日本中性子捕捉療法学会 特別功労賞を受賞して —加速器 BNCT システム実用化貢献賞—

住友重機械工業株式会社

佐藤 岳実

2019年に住友重機を退職し、BNCTとの関わりも無くなった私が令和3年7月の学会で顕彰して頂いたことにひたすら恐縮している次第です。また、推薦して頂いた鈴木会長と会員の皆様の寛容さに感謝申し上げます。

私のBNCTとの関わりは、2005年に丸橋先生からBNCTに関する件で私と会いたいとの連絡をいただき、住友重機本社（東京大崎）でお会いし、先生のお話を伺った事から始まりました。先生とお会いした当時は、陽子線がん治療装置の開発・商品化に四苦八苦した余韻が社内に色濃く残っており、引き続けての医療機器BNCT治療システムの開発の社内承認は困難であることは想像に難くありませんでした。

しかしながら、住友重機が1995年に受注した国立がんセンター東病院での陽子線がん治療装置の立ち上げの際、当時は筑波大学陽子線治療センターに居られた丸橋先生からは、照射系の技術指導を頂いた経緯もあり、面会のお断りは難しく、取り敢えずはお会いした次第です。その時に先生のBNCTへの熱い思い入れを拝聴する中、京大原子炉を用いてのBNCT実施前、実施後の写真を見せていただき、その治療効果に大きな驚きと強い感銘を覚えました。それからは腹を据えてBNCT治療システムを市場に送り出すことに取り組む事を決心し紆余曲折を経て、本社の了解を得ることが出来、BNCT治療システムの開発に着手しました。小野先生を始めとした関係大学、病院、研究所の大勢の先生方や共同開発相手のステラファーマ社（薬剤担当）、及び、大阪府からのご指導、ご支援を頂きながら、開発を前に進めることが出来、結果、2020年3月に頭頸部がん適用の薬事承認を得ることが出来ました。

然し残念ながら、コロナ禍でBNCTを取り巻く状況もかなり厳しくなって来ているかと思えます。関係者の皆様にはこの逆境を乗り越えていただくことを願うと共に、BNCTの更なる発展を祈っております。

論文紹介

論文紹介（薬学・化学）

岐阜薬科大学 薬学部 薬化学研究室 学部5年

新津 明穂



論文タイトル：

Boron rich nanotube drug carrier system is suited for boron neutron capture therapy

論文著者：

Fabian Heide, Matthew McDougall, Candice Harder-Viddal, Roy Roshko, David Davidson, JiandongWu, CamilaAprosof, Aniel Moya-Torres, Francis Lin, Jörg Stetefeld

出典：

Sci Rep 11, 15520 (2021)

抄訳：

ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の普及のためには、標的細胞に ^{10}B を十分に送達する技術が重要である。この問題の解決のため、非常に安定なタンパク質性ナノチューブ（RHCC-NT）を用いたナノ粒子ドラッグデリバリー

システムを¹⁰B送達に利用することを検討した。

ナノチューブの空洞に *o*-カルボラン(C₂B₁₀H₁₂) を結合させた、RHCC-NT-C₂B₁₀H₁₂ 複合体モデルを調製し、カルボランの取り込み様式を解析した。*o*-カルボランと RHCC-NT を、50°Cでインキュベートすると疎水性キャビティにボロンクラスターが結合していることが NMR によって明らかになった。さらに、MD シミュレーションにより、カルボランがナノチューブ内を移動できるように、キャビティに通じる中間チャンネルが形成されることが示された。次いで結晶解析の結果、4本の右巻きヘリックスからなる非常に安定な4量体タンパク質性ナノチューブがホウ素クラスターを完全に包んでいることがわかった。空洞内部の *o*-カルボランを安定化させる化学的相互作用は、それぞれの空洞の Leu と Ile のアミノ酸側鎖を介した、主に疎水性ファンデルワールス力であることが観察された。ナノチューブあたり 30 個のホウ素原子を集積させることができ、*o*-カルボランを取り込んでもナノチューブの最終的な構造変化は起こらなかった。これは、多くの分子内相互作用によって高分子が極めて硬くなるためであると考えられる。タンパク質質量に対するボロンの割合が高く、熱安定性に優れていることから、このナノチューブシステムは癌細胞へのドラッグデリバリーに適した候補であると考えられた。RHCC-NT は、真核細胞に取り込まれ、MCF-7 のような癌細胞の細胞質内に分布することができる。RHCC-NT を蛍光標識し、細胞に取り込ませて蛍光イメージング解析及びフローサイトメトリーを行った結果、RHCC-NT に暴露した細胞サンプルは明確な蛍光強度を示し、細胞内の核の周辺に集まっていることが明らかになった。また、細胞サイズはナノチューブの露出時に影響を受けず、無傷であった。

以上本研究では、RHCC-NT-C₂B₁₀H₁₂ に関して、構造、分子動力学シミュレーション、細胞実験による統合的な解析を行い、RHCC-NT が BNCT のための薬物送達デバイスとして、現行の送達方法よりも優れた利点を有することを示した。

論文紹介 (物理学)

大阪大学大学院 工学研究科 助教

玉置 真悟



論文タイトル：

Neutron activation survey on patients following BNCT clinical trials at THOR

論文著者：

Huang, Chun-Kai, Chien-Tien Liu, and Shiang-Huei Jiang.

出典：

Applied Radiation and Isotopes 174 (2021): 109747.

抄訳：

本研究は BNCT 治療を受けた 26 人の頭頸部がん患者に対する中性子による放射化の影響を計測・評価した結果を報告したものである。26 人のうち、17 人は 2 回の BNCT 照射を 1 か月の期間を空けて実施するプロトコル 1 によって、9 人は 1 回の BNCT 照射の後 1 か月の期間を空けて 30 Gy の IMRT を実施するプロトコル 2 によって治療を受けた患者であった。彼らに対して BNCT 治療後に以下の二つの実験を行った。

まず、高純度 Ge 検出器を用いて患者の体から放出されるガンマ線スペクトルの測定を行い、中性子照射による放射化核種の同定を実施した。測定結果としては、まず全体的な傾向として、人体に含まれる原子核が中性子捕獲して生成されたとみられる ²⁴Na、³⁸Cl、⁴⁹Ca、⁴²K などが検出された。また、患者が摂取していたダイエットサブリの含有成分が要因とみられる ²⁷Mg や ⁵⁶Mn、軟膏外用薬に含まれる ⁷⁹Br が要因とみられる ⁸⁰Br、患者皮膚に塗布されていたヨードチンキが要因とみられる ¹²⁸I などの核種が計測される場合もあった。また、インプラントの歯が放射化して生成されたとみられる ¹⁹⁸Au や ^{116m}In、手術によって骨の固定のためインプラントされた金属

板や釘が原因で生成されたとみられる ^{51}Ti 、 ^{52}V 、 ^{28}Al 、あるいは血管中のステントなどで生成されたとみられる ^{187}W 、 ^{199}Pt などが見つかる場合もあった。

次に放射線防護の観点からサーベイメーターによる患者の頭頸部における線量率測定を実施した。線量測定に関しては、中性子照射後数分後から10分間隔で、最低でも1時間以上にわたって継続して測定を実施し、線量率の時間変化について特に注目して評価を行った。結果としては、ほとんどの患者の場合は照射数分後の時点で表面線量率は数十 $\mu\text{Sv/h}$ であり100 $\mu\text{Sv/h}$ を下回っていること、そしてその後10～20分で劇的に減衰することが分かった。一方で、インプラント入れ歯などをしており $^{116\text{m}}\text{In}$ や ^{198}Au が核種同定で見つかった患者については表面線量率が200 $\mu\text{Sv/h}$ を超えており、さらに60分の計測期間中に有意な減衰がほとんど見られないという結果が明らかになった。これらの患者に関しては中性子ビーム入射地点よりも入れ歯近辺の方が空間線量率が高かったことから、入れ歯の放射化に由来するものがほぼ確実であるとみられる。

コメント：

BNCTでは中性子を利用する関係上、放射化による問題を無視することはできない。特に昨今の頭頸部がんBNCTにあたって、インプラント歯などの人工物を体内に埋め込んでいる場合の放射化に関する問題は学会でもたびたび議論になるホットな話題であったものと記憶している。

本論文は実際にBNCTを実施した患者の体内で発生した放射化物とそれによる線量を測定した結果を報告したものであり、論文中でも紹介されていた2件の先行論文 (Wittig, Andrea, et al. *Strahlentherapie und Onkologie* 181.12 (2005): 774–782, Fujiwara, Keiko, et al. *Journal of Radiation Research* 54.4 (2013): 769–774.) との大きな相違点として、インプラントなどの人工物を含む患者を治療した場合の測定結果が報告されている点が特徴的であり、しかもその結果は200 $\mu\text{Sv/h}$ 近い線量率が1時間以上にわたってほとんど減衰することなく続くという非常に重大な結果を示している。本論文は医療従事者の被ばく低減を主眼とした論文であるのか、残念ながらそれ以降の結果については患者から距離を置いて測定した場合の線量率推移と、線量率測定における測定位置に関する考察に議論が移行しており、患者の被ばくに関する議論はほとんど見られなかったが、改めてBNCTにおける放射化の問題について検討・検証する重要性を認識させられる論文であったと考える。

論文紹介 (医学分野)

国立がん研究センター中央病院 放射線治療科 医員

柏原 大朗



論文タイトル：

Scalp angiosarcoma treated with linear accelerator-based boron neutron capture therapy: A report of two patients

論文著者：

Igaki, H., N. Murakami, S. Nakamura, N. Yamazaki, T. Kashiwara, A. Takahashi, K. Namikawa, M. Takemori, H. Okamoto, K. Iijima, T. Chiba, H. Nakayama, T. Kaneda, K. Takahashi, K. Inaba, K. Okuma, Y. Nakayama, K. Shimada, H. Nakagama and J. Itami

出典：

Clin Transl Radiat Oncol. (2022) Mar;33:128-133.

抄訳：

本論文は、国立がん研究センター中央病院で行われた、悪性黒色腫・皮膚血管肉腫を対象とした第Ⅰ相臨床試験に登録された最初の2例の治療経過に関する報告である。2名とも手術拒否の限局性頭部皮膚血管肉腫の患者で、皮膚最大線量が12 Gy-Eqとなるように中性子線照射を受けた。患者1ではGTVへの予想線量の最大値/最小値

はそれぞれ 41.6 / 36.3 Gy-Eq、患者2では 41.3 / 30.5 Gy-Eq であった。

患者1では BNCT 後に腫瘍は徐々に縮小し、181 日目に CR となり、21 ヶ月後も照射野内再発は見られなかった。一方、BNCT 後 15 ヶ月目に照射野外の左頭頂部皮膚に再発を認め、救済手術が行われた。患者2では 19 日目に CR となり、20 ヶ月間で再発は認めなかった。両者ともに照射後早期に唾液腺照射に伴う Grade 3 のアミラーゼ上昇を認めたが、一時的なもので、Day 8 と 32 には消失した。また、Grade 2 の脱毛が 2～3 週後に見られたが、6 ヶ月後には改善を認めた。加速器ベースの BNCT 装置で治療した 2 例の頭部皮膚血管肉腫患者で、両者とも許容される急性期有害事象と良好な腫瘍縮小が報告された。

コメント：

本報告は、加速器ベースの BNCT 装置で治療した頭部皮膚血管肉腫患者に関する世界初の報告である。脱毛やアミラーゼ上昇などを認めたが、重篤な急性期有害事象は見られず、2 年弱の経過観察期間で照射部位は CR を維持されており、治療効果も良好であった。頭部皮膚血管肉腫の放射線治療では、頭部が球面のようにになっているため X 線にて均等な線量分布を作成することが難しい。近年では IMRT での照射が行われることも多いが、重篤な皮膚炎を呈することも少なくない。本報告では、皮膚炎は 2 例ともに Grade 1 であり、BNCT の腫瘍選択性が表れた結果であったと考える。今後は、照射後再発症例での安全性・治療成績や、さらには長期的な治療成績に関する報告が待たれる。

論文紹介（生物学）

大阪医科薬科大学 放射線腫瘍学教室 助教
関西 BNCT 共同医療センター

武野 慧



論文タイトル：

In vitro studies of DNA damage and repair mechanisms induced by BNCT in a poorly differentiated thyroid carcinoma cell line

論文著者：

C Rodriguez, M Carpano, P Curotto, S Thorp, M Casal, G Juvenal, M Pisarev, M A Dagrosa

出典：

Radiat Environ Biophys. 2018 May;57(2):143-152

抄訳：

本研究の目的は甲状腺細胞において、BNCT によって活性化される DNA 損傷パターンと修復経路を明らかにすることである。

甲状腺濾胞癌細胞を(1) コントロール群[照射なし]、(2) ガンマ線群[60Co 線源による照射]、(3) 中性子群[中性子線照射]、(4) BNCT 群[^{10}BPA +中性子線照射] の4つの群に分けて、いずれも 3Gy 照射し、DNA の二重鎖切断を表す γH2AX と非相同末端結合修復(NHEJ)の修復酵素である Ku70、相同組換え修復(HRR)の修復酵素である Rad51/Rad54 の発現を解析した。さらに比較対象用としてヒトメラノーマ細胞を用いて同様の実験が行われた。

甲状腺濾胞癌細胞では核内 γH2AX フォーカスの数はガンマ線群の方が BNCT 群よりも多かったが、 γH2AX フォーカスの大きさは BNCT 群がほかの群よりも有意に大きいという結果となった。ガンマ線に比べて LET の高い BNCT では γH2AX フォーカスの数は少ないのに対して、高 LET を反映して高密度に二重鎖切断が起こることによって1つ1つの γH2AX フォーカスの大きさは大きくなっていると考えられた。修復酵素の発現解析では Rad51 と Rad54 の mRNA が照射から 4～6 時間後に中性子群と BNCT 群で有意に増加したが、Ku70 の発現は群間で有意差を示さなかった。このことから、甲状腺濾胞癌細胞では非相同末端結合修復ではなく相同組換え修復が主体に

なっていることがわかった。

一方でメラノーマの細胞株では Rad51 と Rad54 に加えて Ku70 も増加した。つまり、メラノーマ細胞では DNA の二重鎖切断に対して非相同末端結合修復と組換え結合修復の2種類の修復が働いていることが分かり、甲状腺癌に対する DNA 損傷メカニズムとは異なっていることが分かった。ここで得られた知見をもとに将来的に甲状腺癌に対する BNCT の抗腫瘍効果を増強するための方法を検討することができると考えられる。

コメント：

BNCT によって引き起こされる殺細胞効果の放射線生物学的メカニズムについてはまだ解明されていない点も多く、本研究における DNA 損傷応答機構の解明は非常に貴重なものであり興味深い結果である。一般的に BNCT は細胞レベルでの高 LET 粒子線治療であることが特徴とされており、本研究においてもガンマ線照射と比較して、生成される γ H2AX フォーカスの大きさが大きく修復されにくい損傷が生成されていることに反映している。一方で甲状腺濾胞癌とメラノーマで DNA 二本鎖切断の後に活性化される損傷修復経路に違いがあることが明らかになった。「この違いがなぜ生じるのか」や「BNCT 感受性にどのような影響があるのか」「ほかの細胞株ではどうなのか」などについてはさらなる解明が待たれる。現在臨床では腫瘍の CBE factor として固定値が用いられているが、このような放射線生物学的な基礎的検討が進めば将来的には腫瘍ごとに BNCT の治療効果を個別に評価することが可能になることも期待される。

掲示板

■ JSNCT ホームページ更新

- 日本語版 2021年7月
<http://www.jsnct.jp/index.html>
- 委員会メンバー 2021年7月
<http://www.jsnct.jp/committee/index.html>
- 委員会規約 2021年7月
<http://www.jsnct.jp/terms/index.html>
- 幹事 2021年7月
<http://www.jsnct.jp/officer/index.html>

■ 令和4年度 JSNCT 認定医試験 10月28日(金)のお知らせ

(詳細は JSNCT ホームページ)

■ 第18回日本中性子捕捉療法学会学術大会のお知らせ

大会長：筑波大学 陽子線医学利用研究センター 熊田 博明
開催期間：2022年10月29日(土)、30日(日)
開催場所：つくば国際会議場 (つくば市)

■ YBNCTのお知らせ

主催：ISNCT <https://isnct.net/ybnct2022/>
開催期間：2022年11月14日(月)～18日(金)
開催場所：完全オンライン

編集後記

NCT letter 第9号刊行によせて

NCT letter 編集長
長崎大学 医歯薬学総合研究科 分子標的医学分野

益谷美都子

日本中性子捕捉療法学会会員の皆様におかれましてはご健勝のこととお喜び申し上げます。NCT letter 編集委員会が広報委員会となり、NCT letter が執筆者皆様方のご協力の下で、京都大学の鈴木 実会長のご指導のもと、委員の加藤 逸郎先生（大阪大学）、影治 照喜先生（徳島県立海部病院）、安藤 徹先生（神戸学院大学）、村田 勲先生（大阪大学）、井川 和代先生（岡山大学）、廣瀬 勝己先生（南東北 BNCT センター）、渡邊 翼先生（京都大学・複合研）、今道 祥二先生（長崎大学）、川端 信司先生（大阪医科薬科大学）、田中 浩基先生（京都大学・複合研）、松本 孔貴先生（筑波大学）、野本 貴大先生（東京工業大学）、中村 哲志先生（国立がん研究センター）、井垣 浩先生（国立がん研究センター）、粟飯原 輝人先生（大阪医科薬科大学）にご尽力いただき、NCT letter 第9号の刊行となりました。また、鈴木 実会長のご尽力のもと、NCT letter の日本語版、英語版は、それぞれ「オンラインジャーナル」として、国立図書館（ISSN 日本センター）に申請し、ISSN 登録が完了いたしました。運営上、Format が少し変更となっております。

鈴木 実会長には巻頭言「NCT letter 第9号刊行によせて」として、日本中性子捕捉療法学会の社会的役割についてご執筆して戴いております。

特集記事として中性子捕捉療法の研究に欠かせない国内での中性子源について、青森県量子科学センターの菊池 宏様、名古屋大 土田 一輝先生、京都大複合研の櫻井 良憲先生に今後の動向も合わせてご執筆いただいております。

今号では本学会の委員会の活動状況と方針について、委員長の方にご執筆いただきました。学会報告では、The 19th International Congress on Neutron Capture Therapy (ICNCT 19) の報告を大会長の Ignacio Porras 先生に、ご執筆いただきました。また、IAEA meeting について岡山大学 井川 和代先生に、NCI WORKSHOP について松村 明先生、近藤 夏子先生、そして第18回日本中性子捕捉療法学会学術大会の開催に向けて大会長の筑波大学 熊田 博明先生にご執筆いただきました。

第17回日本中性子捕捉療法学会 特別功労賞のご受賞について丸橋 晃先生と佐藤 岳実様にご執筆いただきました。論文紹介では新津 明穂先生、玉置 真悟先生、柏原 大朗先生、武野 慧先生に最近の注目すべき論文を分かりやすく解説いただきました。

掲示板では日本中性子捕捉療法学会の運営や活動についてのホームページの更新の情報を載せております。

NCT letter 編集委員会では学会会員皆様の今後のご活躍を期待するとともに、次号の準備に着手し、日本中性子捕捉療法学会の活動の展開につながる情報を発信したいと考えています。新企画、本誌への希望投稿など BNCT に関する記事を幅広く取り上げたいと考えています。会員の皆様方の忌憚のないご意見・情報を NCT letter 編集委員会委員まで戴けましたら幸いです。

何卒、どうぞ宜しくお願い申し上げます。