

Radiological Sciences

放射線科学

2009.04

Vol.52

第52巻 第4号

Radiological
Sciences



特集

国際機関活動報告

「核医学専門医の国際活動」

「IAEAによる原子力文献情報提供活動」

ISSN 0441-2540



▲ 会議専用として新しく建てられたIAEA M-Buildingの開所式(2008年4月25日)に招待されたVienna International School Choir(VISコーラス)。VISコーラスは、学校で一番人気のあるクラブ活動。Grade3~5(日本では小学校2~5年生)の約150名が所属しています。2人の音楽教師により、毎週水曜日に練習が行われ、厳しい規律行動が要求されます。秋(10月)と春(イースター前)に一般コンサート、冬(クリスマス前)に校内コンサートが開催されます。コンサートの入場は無料ですが、発展途上国の子供たちへの寄付を募る場となっています。音楽・芸術の都であるウィーンらしいワンシーンです。



▲ 音楽・芸術の都であるウィーンのアルトドナウ(Alte Donau)河畔から見た夏のUNO(United Nations Office) City(Photo by Anatoli Bourykine and from IAEA Publishing Section, Vienna, Austria)。国際原子力機関(IAEA)、国連工業開発機関(UNIDO)、国連薬物犯罪事務所(UNODC)、国連ウィーン事務局(UNOV)、包括的核実験禁止条約機構準備委員会(CTBTO)があります。復活祭が過ぎると夏が駆け足でやってきます。ジョギングやサイクリング等アウトドアスポーツに最適な季節となります。



▲ 冬の国際原子力機関(IAEA)本部(Photo by Anatoli Bourykine and from IAEA Publishing Section, Vienna, Austria)。ウィーンの冬は厳しい。積雪があればUNO Cityに隣接したドナウ公園(Donau Park)で橇遊びが、アルトドナウが凍ればスケート遊びが出来ます。



▲ IAEA加盟国145の旗が翻るIAEA本部前の噴水広場:2004年にボールが設置され、国連ニューヨーク本部のような国際色豊かな風景となっています。

Contents

特集/国際機関活動報告

04 「核医学専門医の国際活動」

—国際原子力機関—
企画部 人材育成・交流課 渡邊 直行

特集/国際機関活動報告

15 「IAEAによる原子力文献情報提供活動」

国際原子力情報システム(INIS)
独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
原子力情報システム管理課 長屋 俊¹⁾

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
部長(INISリエゾンオフィサー) 倉上 順一

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
原子力情報システム管理課 峯尾 幸信 米澤 稔²⁾

¹⁾現:独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
研究技術情報課

²⁾現:独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
情報メディア管理課

最近の成果

26 「両親由来の染色体DNA断片を1分子レベルで個別に増幅する技術」

道川 祐市¹⁾ 菅原 圭亮^{1),2)} 菅智¹⁾ 荘司 好美¹⁾ 石川 顕一¹⁾
石川 敦子¹⁾ 塩見 尚子¹⁾ 塩見 忠博¹⁾ 岩川 真由美¹⁾ 今井 高志¹⁾

1) 重粒子医科学センター ゲノム診断研究グループ
2) 東京歯科大学 口腔外科学講座

シンポジウム印象記

30 「炭素線放射線治療におけるNIRS-ETOILE合同シンポジウム2009」

2009年3月16-17日、リヨン、フランス
重粒子医科学センター 運営企画室 国際オープンラボラトリー運営室
伴 貞幸
企画部 人材育成・交流課 国際係 伊藤 悦子 加藤 かつ子
理事 辻井 博彦

38 随想 市川 龍資

39 編集後記

「核医学専門医の国際活動」

—国際原子力機関—

企画部 人材育成・交流課 調査役
渡邊 直行^{※)}

※) 国際原子力機関 原子力科学応用局 ヒューマンヘルス部
核医学課核医学専門医 (2002年10月~2008年10月)
国際原子力機関 技術協力局アジア・太平洋部 アジア・太平洋課コンサルタント
(2009年1月~2月)



渡邊 直行 (Naoyuki Watanabe)

1.はじめに

現在、核医学 (Nuclear Medicine) では、ブドウ糖に似た放射性フッ素標識デオキシグルコース (F-18-FDG) を注射してがんを描出するポジトロン断層撮影 (PET) に代表されるように、放射性物質を用いてヒト組織の機能を画像化し、病気を診断する (画像診断)。また、がん細胞に特異的に発現している抗原を認識するモノクローナル抗体を放射性イットリウム-90 (Y-90) で標識しがん患者に投与し、がん細胞を破壊する放射免疫療法に代表されるような、放射性物質を注射したり内服させて病気を治療する (内用療法)。身体を傷つけることなく、病気の状態を目で確かめることをテーマにした画像診断は、周知の通り約100年以上前のレントゲン撮影 (X線撮影) で始まり、核医学は、それより遅れて、1915年に、Von Hevesyによる放射性物質を用いた物質代謝の研究によりその基礎が築かれた。

国際原子力機関 (IAEA) は“原子力の平和利用 (Atoms for Peace)”の下、核医学の普及を推進している。本稿では、同原子力科学応用局ヒューマンヘルス部核医学課での筆者の活動を、ある1日を通して紹介する。

2.ある1日

午前7時30分:出勤。この日は、IAEA 給費生 (fellows) の教育プログラムの策定、受け入れ機関の選定、活動に係る助言や評価にとりかかる。この給費生制度 (IAEA fellowship) は、発展途上国の専門家を一定期間、先進国等の大学・研究施設等に委託し、技術支援プログラム (Technical Corporation Project) の枠組み内で実施される。給費生受け入れに際して IAEA より補助金とその施設に配分され、双方に手厚い配慮となる。東南・中央アジアの核医学の専門家 (医師、技師、看護師、化学者、薬剤師等) を日本に委託する場合、群馬大学や横浜市立大学へ受け入れをお願いしている。

午前9時00分:秘書である Ms. Dagmar Umgeher (オース



図1:筆者を担当してくれた秘書たち:左より、Greta(イスラエル出身、現 課長秘書)、Luzia(オーストリア出身、退職)、Dagmar(オーストリア出身、現 部長秘書)、Libby(オーストラリア出身、現 事務局次長事務秘書)。この写真はIAEAを退職する日に贈られ、彼女らによって見送られる。正規職員の仕事は秘書による綿密な支援を必要とし、そのため仕事の成果は秘書の能力によって大きく左右される。それゆえ、如何に良い信頼関係を築いて行くかが成功の秘訣となる。

ストリア出身) (図1) と1日の活動の打ち合わせ。IAEA ウィーン本部では、フルタイム職員は午前8時30分始業、午後5時30分終業となるが、午前9時30分から午後4時30分までをコアタイムとするフレックス制を導入している。筆者の在籍する核医学課は、課長1名、核医学専門医2名、放射性薬剤師1名、分子生物学者1名、秘書3名。総計42名の職員が在籍する(平成20年10月末現在)ヒューマンヘルス部に所属する。IAEA 本部は専門職や事務職を含めた約2500人を擁し、その職員の国籍同様、雇用形態は実に様々である。その中にあるにも、競争試験や公募で採用された正規職員の任は重い。筆者は核医学課の核医学専門医 (Nuclear Medicine Physician) であるが、表1のように種々の任を負っている。例えば、IAEA での秘書職は、はじめ3ヶ月~1年間の雇用を数回繰り返し、その後、より長期の任用となるが、筆者は秘書監督者 (Supervisor for Secretaries) として客観的に秘書の仕事の評価し、それに基づき次の雇用契約のための推薦状を書く。ちなみに、1人の秘書は1.5~2人の正規専門職員を受け持つ。

午前9時30分:定例課内会議。2年後の核医学活動の方

表1:IAEAでの筆者の役割

正式職名	核医学専門医 (Nuclear Medicine Physician)
職位	P4 (Professional Level 4):Professional Level 1~5でLevel 5が最高位
ヒューマンヘルス部	・プロジェクト技術官 (Project Technical Officer):IAEA/TC技術プロジェクト ・IAEA総会コーディネータ(2003~2005) ・IAEA図書委員 (Board of IAEA Library) (2003~2008)
核医学課	・プロジェクト管理官 (Project Officer):調整研究プロジェクト (Coordinated Research Project:CRP) ・科学秘書 (Scientific Secretary):会議、シンポジウム ・秘書監督者 (Supervisor for Secretaries) ・課長代理 (Acting Section Head)
クラブ	VIC (Vienna International Center)スキークラブ会員(2002~2008)

表2:核医学サブプログラムに係る担当した分野

プログラム	ヒューマンヘルス	
サブプログラム	核医学	
プロジェクト	2008-2009年	“臨床PETの導入・普及による臨床マネジメントの改善について” ・放射線治療計画におけるPET/CTの利用促進(継続) “核医学専門家教育の標準化について” ・融合核医学画像教材の追加
	2006-2007年	“融合核医学画像診断の導入・普及による臨床マネジメントの改善について” ・放射線治療計画におけるPET/CTの利用促進 ・臨床SPECT/CTの可能性の解明 “核医学専門家教育の標準化について” ・融合核医学画像教材の追加
	2004-2005年	“SPECTを用いた核医学診断の導入・普及による臨床マネジメントの改善について” ・早期認知症における脳血流SPECTの意義の解明 ・急性肺血栓塞栓症における核医学画像診断の役割 “核医学専門家教育の標準化について” ・教材レビュー&改訂
	2002-2003年	“ガンマカメラを用いた核医学診断の導入・普及による臨床マネジメントの改善について” ・晩期乳がんにおける乳房シンチグラフィの意義の解明 ・てんかんの脳血流SPECTの役割の明確化 “核医学専門家教育の標準化について” ・教材レビュー&改訂

針案の検討、出張計画と夏休みの計画を話し合う。課内には、入職時期が同じで、お互いの子供がウィーン・インターナショナルスクール (VIS) の同級生で、親友でもある同僚の薬剤師 Mr. Kishor Solanki (英国出身) がいる。私と彼の間で、課長代理 (Acting Section Head) の役が交互にやって来る。課長が出張、休暇等、オフィスを離れる時には課長代理が置かれ、本来の自分の業務の上に課長業務に対処しなければならず、また、代理となっても特別手当はなく、かなりのストレスとなる。ヒューマンヘルス部では、課長代理が任命される専門職員は、Management Certificate Curriculum 研修を受け、IAEA 活動を遂行する上で必要な考え方や手順等を理解しなければならない (図2)。

核医学サブプログラムは今期と同様に、①一般核医学、②ポジトロン核医学 (PET)、③内用療法、④放射線医薬品管理、⑤分子熱帯医学の枠組みを構築することとする。筆者は、主に①と②を担当するプロジェクト管理官として

表2のように核医学診断プロジェクトを立案、計画、実施、評価をしている。プロジェクトの通常実施期間は2年で、2つから3つの調整研究プロジェクト (CRP) の実施や専門家会議の開催等で担当核医学サブプログラムを成功へ導くことが求められている。しかしながら、調整研究プロジェ



図2:Management Certificate Curriculum研修修了書:IAEAの意思決定機構、人事、予算編成、プロジェクトの立案・計画・実施・評価手順等を学ぶ研修。1) IAEA本部内でのイントロダクション、その後、2) ウィーン南部のシュネーベルグのホテルで5日間缶詰めにされ講義とグループ演習、数ヵ月後に、3) IAEA本部内で、グループによる成果発表とまとめが行われ、研修修了となる。

表3: プロジェクト技術官として担当したIAEA技術支援プロジェクト

国名	プロジェクト番号(進捗状況)	内容
アルジェリア	ALG2007 (新規)	PET核医学の設立と発展
	ALG6012 (2007年終了)	核医学科(診断・内用療法)の設立
	ALG6011 (2005年終了)	心筋SPECT専門家トレーニング
	ALG0011 (2005年終了)	核医学に係る専門家の人材育成
バングラデシュ	BGD6015 (2007年終了)	腫瘍核医学の改善と標準化
	BGD6016 (2004年終了)	腫瘍核医学の展開
ボスニアヘルツゴビナ	BOH6005 (2007年終了)	内用療法の復興
	BOH6002 (2004年終了)	核医学診断の復興
ボリビア	BOL6021 (2003年終了)	核医学機器の品質管理
ブラジル	BRA2014 (2003年終了)	分析に利用するラジオアイソトープ線源の標準化
ベラルーシ	BYE6005 (2005年終了)	ゴメル地方での核医学診療に係る品質保証・管理の強化
カメルーン	CMR6003 (2005年終了)	ヤウンデ総合病院の核医学科の設立
コスタリカ	COS2007 (新規)	SPECT/CTによる核医学診断サービスの設立
クロアチア	CRO6006 (継続中)	PET核医学の実施可能性調査
	CRO6003 (2004年終了)	核医学診断・治療の強化
チェコ共和国	CZR4007 (2003年終了)	超短半減期放射性医薬品生産のためのサイクロトロン設置
グルジア	GE06002 (2004年終了)	臨床核医学の発展
ハンガリー	HUN2003 (2004年終了)	フッ素-18標識放射性医薬品の国内流通整備
コートジボアール	IVC2007 (新規)	内用療法法の展開
	IVC6005 (継続中)	核医学サービスの設立
ヨルダン	JOR6011 (継続)	アルバシール病院での核医学診断の強化
カザフスタン	KAZ2007 (新規)	セミパラチンスク腫瘍センターの核医学サービスの設立
	KAZ6007 (継続中)	核医学&生物物理センターの設立(アルマティ)
ラトビア	LAT6002 (2006年終了)	腫瘍センターでの核医学診断と治療サービスの強化
リビア	LIB6006 (継続中)	核医学と放射線治療サービスの再強化
	LIB6003 (2008年終了)	健康管理サービスでの核医学と放射線治療技術の強化
マレーシア	MAL6018 (2005年終了)	ヘナン病院での核医学サービスの展開
モーリシャス	MAR6005 (2005年終了)	核医学科の設立
ミャンマー	MYA0006 (継続中)	核医学に係る専門家育成
	MOR6018 (進行中)	PET核医学の設立
モロッコ	MOR6017 (進行中)	核医学サービスの強化
	MOR6014 (2007年終了)	核医学サービスの強化
	MOR6013 (2006年終了)	核医学科の設立
	NAM6005 (2003年終了)	核医学サービスの改善
ナイジェリア	NIR6020 (継続中)	核医学科の設立(北東部地域)
	NIR6016 (継続中)	核医学科の設立(西部地域)
	NIR6012 (2008年終了)	核医学科の設立(南部地域)
パキスタン	PAK6016 (継続中)	核医学と放射線治療サービスの強化
韓国	ROK9045 (継続中)	緊急被ばく医療体制の構築
スロベニア	SLO2007 (新規)	融合核医学画像診断の展開
スリランカ	SRL6026 (2004年終了)	小児核医学の展開
シリア	SYR6009 (2007年終了)	放射性同位元素産生のためのサイクロトロンの設立
	TUN2007 (新規)	PET核医学の設立
チュニジア	TUN6007 (2003年終了)	核医学サービスの品質保証と最適化
	UZB6005 (継続中)	SPECT核医学科の設立(内分泌センター)
ウズベキスタン	UZB6005 (継続中)	SPECT核医学科の設立(共和国外科センター)
	UZB6003 (2004年終了)	心筋SPECTサービスの導入(共和国外科センター)
	ZAI6008 (2005年終了)	核医学サービスの展開
コンゴ民主共和国	ZIM2007 (新規)	核医学サービス支援施設の設立
	ZIM6008 (2004年終了)	核医学サービスの展開
ジンバブエ	YEM6004 (継続中)	アルタウラ病院での核医学センターの設立
	RAF6032 (継続中)	地域レベルでの核医学サービスの品質保証の奨励
		核医学サービスの展開
	RAF6030 (継続中)	核医学の普及
	RAF6026 (継続中)	後発開発途上国の核技術普及に係る専門家育成
アフリカ地域協力協定	RAF0012 (継続中)	AFRA加盟国でのテレサポートによる核医学サービスの向上
	RAF6023 (2002年)	
	RAS6049 (継続中)	RCA加盟国でのPET臨床応用の強化
	RAS6029 (継続中)	核医学技師の係る標準化トレーニング
	RAS6042 (2008年終了)	PETやSPECTを利用した腫瘍画像診断の普及
	RAS6039 (2007年終了)	放射性同位元素によるリウマチ関節滑膜切除術の普及
アジア地域協力協定	RAS6036 (2007年終了)	放射性同位元素による肝細胞癌治療の普及
	RAW6007 (2004年終了)	腫瘍マーカー測定のためのインビトロ核医学の利用
西アジア地域加盟国	RAW6010 (2007年終了)	核医学サービスの強化
	RAW6011 (2007年終了)	インビトロ核医学サービスの最適化
	INT6053 (2008年終了)	核医学専門家のための核医学診療技術に係る標準化トレーニング

クトの中には、終了までに4年以上かかるものもあり、管理すべき研究プロジェクト活動が毎年雪だるまのように膨らむおそれがあるので厳しい管理能力が必要とされる。

午前11時00分:技術協力局(Technical Cooperation Department)アフリカ2新課長Mr. Mulugeta Amha(エチオピア出身)と会議。ナイジェリアへの新規技術協力プロジェクトの活動計画を決定する。彼は、ナイジェリアプロジェクト管理官でもある。IAEA技術協力プロジェクトでは医療・母子保健に係わるプロジェクトが極めて多く、核医学関連プロジェクトは先進国を除くほぼ全ての加盟国や地域が持ち、毎年100余り実施されている。筆者は、プロジェクト技術官として表3のようにはほぼ全地域を担当している。技術プロジェクトは、原則として、相手国リエゾンオフィサー(National Liaison Officer)、相手国担当官(National Project Officer)、IAEAプロジェクト管理官(Project Management Officer)、IAEAプロジェクト技術管理官(Project Technical Officer)と共同で管理される。IAEAの役割は支援であると規定されているが、多くの場合、プロジェクト立案の初期の段階から積極的な介入が求められる。IAEAプロジェクト担当官は担当する国を訪問し、原子力に係る役人やプロジェクト担当官と意見交換をしなければならないが、核医学課の場合は物理的制限ゆえに、各国の核医学専門家をIAEA専門家として代理派遣することが少なくない。また、プロジェクト管理官との相性もプロジェクト遂行に影響し、時には人間関係に苦慮する場合もある。

午後12時30分:運悪く重なった日程の為にVIC(Vienna International Center)スキー・クラブの次回ツアーのキャンセルの手続きに。IAEAにはIAEAスキー・クラブとVICスキー・クラブの2つがあるが、筆者の入職時、細谷道夫氏(現査察課長)が代表をされていたのでVICスキー・クラブに入会した。12月から4月にかけて、金曜日の午後5時30分にツアーバスで出発し、週末を利用してクラブが雇うスキーインストラクターとともにチロル地方やザルツブルク地方のスキー場に行く。筆者の家族も参加したが、あっという間に子供にスキー技術で追い越され、後日子供と家内とにしばしばゲレンデで置いて行かれることとなる。それでも、筆者の場合、ウィーンで確実に上達したのはスキー技術であった(図3)。

午後1時00分:ウィーン代表部のIAEA原子力科学応用局担当の鈴木康之専門調査員(現JAEA)とIAEA



図3:筆者が属したスキー・クラブのグループ写真:オーストリアではスキー・レベルが5段階あり、Level1が最高位である。クラブでは、1グループは1名のスキーインストラクターと約5名のクラブ員からなる。レッスンには午前もしくは午後の半日ずつが当てられる。写真には、日本で慣れ親しんだチェアリフトと異なる、T字バーリフトがあり、日本人や米国人にとっては苦手なりフトである。このクラブは各国代表部等からの参加者も多く、シーズン毎に知り合いの輪が広がって行く。

所内で昼食。関係プロジェクト活動等に係る情報交換をする。IAEAでは、午後12時00分から午後2時00分の間に1時間の昼食休憩となる。ヒューマンヘルス部では、月1回、Mr. Pedro Andreo 部長(スペイン出身)の提案で、部内交流のために12時45分から“すしランチ”がある。普段、核医学課では課長を初めとして、昼食は家で済ませることが多い。

午後2時30分:秘書であるDagmarと次週からの専門家会議の最終打ち合わせ。会議プログラムや専門課会議参加者を労うためのレセプションの案内状準備、会議資料と会議室機器等の確認も行う。プロジェクト管理官(Project Officer)は、調整研究プロジェクト(CRP)の実施、そして核医学の技術をレビューする専門家会議、核医学の普及に係る施策等を議論する技術会議の開催により、担当分野に係る核医学技術を加盟国へ情報発信をしなければならない。筆者の活動は表4に要約されている。会議の開催時にはプロジェクト管理官は科学秘書(Scientific Secretary)に名前を変えて会議を取り仕切る。プロジェクト管理官にとって、会議の開催は様々な人との出会いがあり楽しみであるが、参加者の人選が要となる。しかしながら、課長(イタリア出身)や部長からの推薦や、加盟国からの政治的な介入が多々あり誠に骨の折れるところである。会議の積極的な舵取りがその成功に繋がるので、プロジェクト管理官は、語学能力に加えて会議マネジメント能力を持つことが肝要である。この語学能力とは、コミュニケーションとディベート能力を言う。

午後3時00分:TV電話により、ナイジェリアUNDPオフィスと会議。ナイジェリア出張に係る旅程の確認をす

表4: プロジェクト管理官・技術官として担当したIAEA所内活動

会議名	年月	目的
専門家会議	2009年2月	核医学専門家教育の標準化について(新しいガイドライン・シラバスの準備)
技術会議	2008年9月	核医学専門家教育の標準化について(新しい教材のレビュー)
専門家会議	2008年5月	急性肺血栓塞栓症における核医学診断の役割について(レビュー論文準備)
第3回CRP研究者会議	2008年5月	急性肺血栓塞栓症における核医学画像診断の役割(症例解釈・データ解析)
専門家会議	2008年3月	核医学専門家教育の標準化について(新しい教材の編集)
IAEA/RCAプロジェクト計画会議	2008年1月	RCA臨床PETプロジェクト活動計画策定
専門家会議	2007年12月	臨床PET導入によるがん患者臨床管理の向上について(IAEA TECDOC準備)
専門家会議	2007年11月	認知症CRP症例解釈・データの最終分析(論文準備)
核医学課・放射線治療課合同専門家会議	2006年12月	放射線治療計画におけるPET/CTの応用について(IAEA TECDOC準備)
第2回CRP研究者会議	2006年9月	急性肺血栓塞栓症における肺換気・血流シンチグラフィの診断精度について(症例解釈・データ解析)
第2回CRP研究者会議	2006年6月	早発認知症における脳血流SPECTの役割について(症例解釈・データ解析)
専門家会議	2006年3月	晩期乳がん患者における乳腺シンチグラフィの役割について(症例解釈・データ解析)
核医学課・放射線治療課合同専門家会議	2005年12月	転移性骨腫瘍疼痛の放射線を用いた緩和療法について(IAEA TECDOC準備)
専門家会議	2005年11月	臨床SPECT/CTの役割について(IAEA TECDOC準備)
専門家会議	2005年10月	核医学専門教育の標準化について(教材レビュー)
第1回CRP研究者会議	2004年11月	急性肺血栓塞栓症における核医学画像診断の役割(症例解釈・データ解析)
専門家会議	2004年4月	急性肺血栓塞栓症における核医学画像診断の役割に係るCRPプロトコール作成について
トレーニングコース	2003年10月	西アジア地域加盟国のための腫瘍核医学に係る特別トレーニングコース(AKHと共催)(腫瘍核医学の講義、実習を含む)
第1回CRP研究者会議	2003年9月	早期認知症における脳血流SPECTの役割(臨床プロトコールと活動計画策定)
第2回CRP研究者会議	2003年7月	てんかんにおける脳血流SPECTの役割について(症例解釈・データ解析)
専門家会議	2003年5月	早発認知症における脳血流SPECTの役割(CRPプロトコール作成)
放射線防護課担当拡大技術会議	2003年5月	診断放射線医学活動のIAEA包括的プランニング(核医学担当)
技術会議	2003年4月	核医学専門家教育の標準化について(教材レビュー)

る。ナイジェリア国内移動では飛行機移動は安全上認められず、ラゴスからイバダン、アブジャへは全地球測位システム(GPS)を搭載した現地警備兵付きジープが提供される。電話会議の後、国連セキュリティー(UN Security)による緊急時対応講習を受け、救援ヘリコプターへの搭乗の仕方を学ぶ。ヘリコプターへ搭乗するためには、必ず機体の前方で、操縦者の前になるように待ち、搭乗は、万国共通の合図“Thumb Up”(親指を立てる)で、開始する。言葉はいらない。

筆者の出張が表5に示されている。発展途上国の中でも危険地帯への訪問も少なくない(図4、5)。これらの

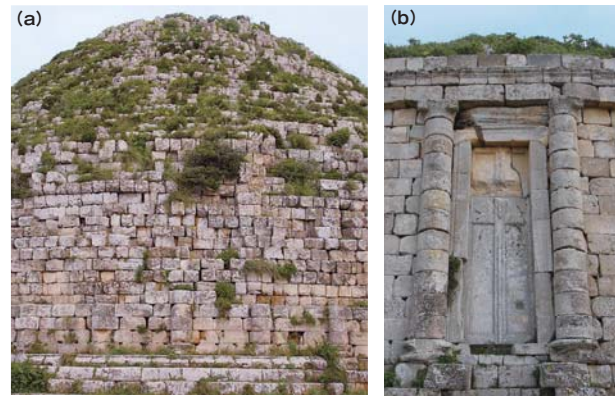


図5: アルジェ西部のキリスト教に係る遺跡: 概観(a)と建屋正面にある十字架の徴のある扉(b)。アフリカ北部の地中海沿岸部分は古代世界史の宝庫であり、これは真に楽しい冒険である。



図4: カメルーンのヤウンデ総合病院で開始されたIAEA AFRA核医学トレーニングコース開催初日の参加者等記念写真。筆者の隣は同国保健相(前列右より4番目)である。彼が3時間遅れで到着し、それからトレーニングコースが開会した。初日から時間観念が異なることを痛感させられ、IAEAの代表者でもあり、ただ1人のアジア人筆者にとって正にサバイバルの開始である。

表5: プロジェクト管理官・技術官として担当したIAEA所外活動(出張)

出張先	年月	目的
ニュルンベルク(ドイツ)	2008年10月	第2回特効薬国際会議へ出席・講演
アルジェ(アルジェリア)	2008年9月	PET活動に係る意見交換・病院査察(PET/CTに係る講義、SPECT・内用療法に係る講義・実習を含む)
ウィーン(オーストリア)	2008年7月	欧州核医学会・臨床PET/CTトレーニングへ参加・講義
アルマティ(カザフスタン)	2008年4月	核医学プロジェクト中間評価・病院査察(PET/CT、SPECT/CTに係る講義)
千葉(日本)	2008年3月	IAEA/RCA核医学プロジェクト最終評価会議へ参加・総括
ボルチモア(アメリカ)	2008年3月	内用療法に係る教育プログラムに参加・意見交換(ジョンズホプキンス大学)
ウィーン(オーストリア)	2008年3月	欧州放射線医学会参加・口演(IAEA/CRP成果発表)
イバダン・アブジャ(ナイジェリア)	2007年12月	核医学プロジェクトに係る意見交換・病院査察(SPECT・内用療法に係る講義・実習を含む)
バンコク(タイ)	2007年11月	RCA地域トレーニングコース(臨床PET/CTに係る講義・実習を含む)・IAEAシンポジウム(臨床PETと分子医学)
アルジェ(アルジェリア)	2007年10月	AFRA地域トレーニングコース(核医学技術者教育、心筋SPECT・内用療法に係る講義・実習を含む)
プロビデンス(アメリカ)	2007年9月	米国分子イメージング共同会議へ参加・ポスター発表
ハノイ(ベトナム)	2007年4月	IAEA/RCA核医学プロジェクト中間評価・SPECT/CTトレーニングコース(SPECT/CTに係る講義)
モンテビデオ(ウルグアイ)	2007年3月	地域間トレーニングコース(核医学技術者教育、SPECTに係る講義・実習を含む)
カサブランカ・ラバト(モロッコ)	2007年3月	核医学プロジェクト評価・病院査察(SPECT・内用療法・インビトロ検査に係る講義、実習を含む)
ウィーン(オーストリア)	2007年3月	欧州放射線医学会へ参加
前橋・千葉(日本)	2006年11月	IAEA/RCA地域トレーニングコース(腫瘍核医学、PET/CT、SPECT/CTに係る講義)
ソウル(韓国)	2006年10月	世界核医学会へ参加・口演(IAEA/CRP成果)、IAEA/RCA地域トレーニングコース(腫瘍核医学、PET/CT、SPECT/CTに係る講義、実習を含む)、IAEA/CRPワークショップ(IAEA/CRP成果)
コロムボ・ハラデニア(スリランカ)	2006年9月	核医学に係る意見交換(ハラデニア大学)・病院査察(SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
ヤウンデ(カメルーン)	2006年7月	AFRA地域トレーニングコース(核医学技術者教育、SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
サンディエゴ(アメリカ)	2006年6月	米国核医学会へ参加・口演(分子標的治療研究)
アルジェ(アルジェリア)	2006年5月	PETに係る意見交換・病院査察(心筋SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
アルマティ(カザフスタン)・タシケント(ウズベキスタン)	2006年2月	核医学活動の意見交換・病院査察(心筋SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
シカゴ(アメリカ)	2005年11月	北米放射線医学会へ参加
イスラマバード(パキスタン)	2005年11月	IAEA/RCA地域トレーニングコース(内用療法に係る講義、実習を含む)
ラルナカ(キプロス)	2005年10月	第1回内用療法国際会議へ参加・講演
シドニー(オーストラリア)	2005年9月	RCA地域トレーニングコース(核医学技術者教育、SPECTに係る講義、実習を含む)
千葉・横浜(日本)	2005年4月	IAEA/RCAプロジェクト計画会議へ参加・総括 日本医学放射線学会へ参加・シンポジウム講演(IAEA活動)
アルマティ(カザフスタン)	2005年3月	核医学プロジェクト策定会議・病院査察(SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
ウィーン(オーストリア)	2005年3月	欧州放射線医学会へ参加
トリポリ(リビア)	2005年2月	核医学プロジェクト評価・病院査察(SPECT・内用療法に係る講義、実習を含む)
ロンドン(イギリス)	2005年2月	核医学活動に係る意見交換(ロンドン市立大学)
バンガロール・マイソール(インド)	2004年12月	印・米共同核医学会へ参加・講演
タシケント(ウズベキスタン)	2004年8月	西アジア地域トレーニングコース(心臓核医学の講義、実習を含む)
アンマン(ヨルダン)	2004年8月	西アジア地域トレーニングコース(小児核医学の講義、実習を含む)
ソウル(韓国)	2004年5月	緊急被ばく医療体制構築・施設査察(被ばく医療学講義を含む)
ケープタウン(南アフリカ)	2004年4月	AFRA地域トレーニングコース(SPECT画像の講義、実習を含む)
カサブランカ・ラバト(モロッコ)	2004年3月	核医学に係る意見交換・病院査察(SPECT・内用療法・インビトロ核医学の講義、実習を含む)
ハルツーム(スーダン)・カイロ(エジプト)	2004年2月	AFRAプロジェクト中間評価・病院査察(臨床核医学の講義を含む)
サラエボ(ボスニア・ヘルツェゴビナ)	2004年2月	核医学プロジェクトに係る意見交換・病院査察(内用療法の講義、実習を含む)
ポルトアレグレ(ブラジル)	2004年1月	IAEAシンポジウム(腫瘍核医学)へ参加・口演(分子標的治療研究)
ドバイ(アラブ首長国連邦)	2003年12月	西アジア地域トレーニングコース(腫瘍核医学の講義、実習を含む)
リガ(ラトビア)	2003年11月	PET活動に係る意見交換(臨床PETの講義、ラトビア議会の聴聞会へ出席)
東京(日本)	2003年10月	日本核医学会総会へ参加・報告講演(IAEA活動)
テヘラン(イラン)	2003年10月	西アジア地域トレーニングコース(心臓核医学の講義、実習を含む)
シュチェチン(ポーランド)	2003年10月	第2回CRP研究者会議開催(乳房シンチグラフィ)・総括、ボメラニアン大学病院査察(臨床核医学の講義)
ザグレブ(クロアチア)	2003年9月	核医学活動に係る意見交換・病院査察(臨床PETの講義)
アルジェ(アルジェリア)	2003年5月	AFRA地域トレーニングコース(心臓核医学の講義、実習を含む)
スース(チュニジア)	2003年4月	AFRAプロジェクト最終評価・病院査察(SPECT・内用療法の講義、実習を含む)
リマ(ペルー)	2003年3月	多地域トレーニングコース(SPECT技術の講義、実習を含む)・病院査察(心臓SPECTの講義)
千葉(日本)	2003年2月	RCA地域トレーニングコース(心臓核医学の講義)
フリーマントル(オーストラリア)	2002年12月	RCAプロジェクト中間評価会議開催・総括



図6.ヨルダン出張時の写真a.
小児核医学トレーニングコース会場であるAl-Bashir病院放射線・核医学科棟前：筆者の左隣は、IAEA講師の1人であるDr. Isabel Rocca(スペイン出身)(左より二人目)、筆者はここに入院するとは夢にも思わなかった。



図6.ヨルダン出張時の写真b.
トレーニングコース中のレクリエーション(死海へ)は参加者をリラックスさせるのに欠かせない。左端は、IAEA講師の1人であるDr. Levent Kabasakal(トルコ出身)で、筆者が入院中にIAEA代表を務めることとなる。



図6.ヨルダン出張時の写真c.
夕食：アラブの世界では熱いコミュニケーションが繰り返される。右端はDr. Muhamed Al-Zbounでコースディレクターである。彼と一緒にいる時は写真のようにずっと手を握りあっている。この翌朝、入院となる。

出張は冒険で、また新たな核医学専門医との出会いに胸踊ることも事実であるが、自分の身を守るための定期的なセキュリティトレーニング、また、マラリア対策や度重なるワクチン接種等の予防医療行為を受けることが欠かせない。筆者は、ヨルダンの首都アンマンへ出張(図6)したときに、眩暈で倒れ国立病院へ一時入院した。これは、日本での夏期休暇からウィーンへ戻った1週間以内の出張で、時差の調整がまったく出来ていなかったこ

とアンマンでの暑さが原因であったようである。国立病院へ入院をしたが、担当医が設備の良い私立病院へ転院を進めたことには驚いた。良い診断と治療を受けたければ国立・公立病院ではなく私立病院へ行かなければならないそうで、国民皆保険制度の下、ほとんどの場合、均一な医療サービスを受けることができる日本との違いを深く認識させられることとなった。また、筆者は、抗マラリア薬の副作用にたびたび悩まされ、帰国日には、蚊に刺されていないことを確認したら服用を中止することにした。

IAEA 職員の公務出張では国連公用パスポート(Laissez-Passer)を用いるが、その取扱いは各国様々である。国連パスポートを提示すると、一般に発展途上国では外交官扱いとなる。国連パスポートには国籍が示されていないので先進国ではほとんど通用しない。米国入国に関しては自国のパスポートに国連ビザを取得して使用しなければならないが、その場合は外交官扱いとなるので指紋採取はない。フランクフルト経由の出張帰路時には、国連パスポートのみでフランクフルト空港に降り立つと入国管理官との面倒が発生する。このため、公用出張といえども自国のパスポート保持は欠かせない。

午後4時30分：IAEA 図書委員会(Board of IAEA Library)が図書室会議室で開催。これは、IAEA 総会コーディネーターと同様にヒューマンヘルス部へのボランティア活動である。IAEA 総会コーディネーターは、原子力科学応用局各部より1名選出され、IAEA 総会のための原子力科学応用局活動に係る展示の指揮をとるため、総会前日の日曜日より総会終了日まで身柄が拘束される。年々展示活動は白熱して行き、昨年はIAEA サイバードルフ研究所より、不妊虫や放射線育種改良植物の展示等に係わり、糞の始末や水遣り等に閉口した。図書委員会は各局より選出された40名程度の職員からなり4半期に1回の通常会議を行っている。議題は、電子ジャーナルの導入でこれまでの印刷物の科学雑誌回覧の取扱いである。白熱した議論が延々と続くが、筆者は、エル・バラダイ事務局長(エジプト出身)のアルジェリア出張時のスピーチの資料になる核医学領域のプロジェクト支援状況に係る報告書の提出を部長より催促されていることを思い憂鬱になってきた。先程、秘書のDagmarより電話があったのだ。午後7時00分開演の子供が出演するVIS コーラス発表会に間に合うことをひたすら心に念じている(図7)。



図7:IAEA本部敷地内に新しく建設されたM-Buildingの会議場：2007年より会議専用の建物の工事が始められ、2008年春に国連総長が出席する開所式が主会議場(a)でVISコーラス(b)を招待して行われた。2009年よりIAEA総会会場は、これまでのオーストリアセンターからこのM-Buildingへ変更されている。

3.おわりに

IAEA では、核医学専門医は、核医学サブプログラムの策定、プロジェクトの企画・運営・評価、会議開催、多施設参加型調整研究の統括、教育・トレーニングに係る活動、技術報告書(TECDOC)作成等の活動や専門以外の活動等があり、“ある一日”で紹介したように実に多忙である。また、活動に応じて変わる職名のように様々な仮面を被り、行政的な活動に加えて、表6に示すように自分の専門的な分野でのグローバルな活動も可能である。

核医学の診療には、①良くトレーニングされた核医学専門家、②最先端の核医学装置、③豊富な放射性医薬品の供給が欠かせない。IAEA はこれらの点を踏まえ、核

医学活動を加盟国で開始する場合、専門家の十分なトレーニング、最先端の核医学装置と品質管理された放射性医薬品の供与を実施するよう心がけている。しかしながら、発展途上国で放射性医薬品の供給や社会基盤に不安定な場合があり、核医学活動を開始してもその継続性に課題が残ることが少なくない。

臨床核医学は、日本において、心臓核医学以外は一時廃れかけた。その後、新しい融合画像診断装置の実用化で、詳細な解剖学的画像に縁取られた機能画像により、病態のより正確な把握等を可能とするPET/CTやSPECT/CTを用いた臨床核医学の再興には目を見張るものがある。2002年から2008年のこの6年間、臨床核医学の復興

の年に当たり、核医学領域の人的ネットワークの構築と拡大とともに、特に技術協力プロジェクト下で指導により加盟国で10余りの核医学科と1つのPET科が創設され(図8)、筆者は実に有意義な核医学に係る活動ができたことと思う。しかしながら、他の画像診断である多検出器型X線CT(MDCT)やMRIの技術進歩や革新は目覚しく、近い将来臨床核医学は再びその役割を見直さなければならぬかもしれない。

筆者は、核医学に係る臨床研究および診療を行いながら、今後も世界の核医学の進歩に貢献したいと考える。

補.国際機関で望まれる人材について

IAEAで働くには様々な雇用形態がある。コストフリーエキスパートやコンサルタント等の非正規職員の場合、音楽や芸術の都であるウィーンの生活を楽しむ事ができるが、

IAEAの仕事をプロジェクトの立案(計画・予算・実施・評価や人事評価等)から任されることはない。そのため、やはり正規職員として採用されて赴任の方が望ましい。また、正規職員として赴任しても少なくとも5年在籍しないと自分で企画したプロジェクト等の成果を見ることはない。しかしながら、長く在籍すればするほど、日本での現場復帰は易しくなく実に悩ましい限りである。これまで日本核医学会や日本医学放射線学会の講演等を中心に、IAEAでの核医学活動を紹介し、国際活動へ参加の勧誘を行ってきた際にしばしばされた質問:国際機関で望まれる人材について、への回答であるが、正規職員の公募に積極的に応募し、他の候補者と競い、その職を勝ち取り、自分の持つアイデアを実現しようとするチャレンジ精神のある者が正に国際機関等で望まれる人材ではないかと筆者は考える。

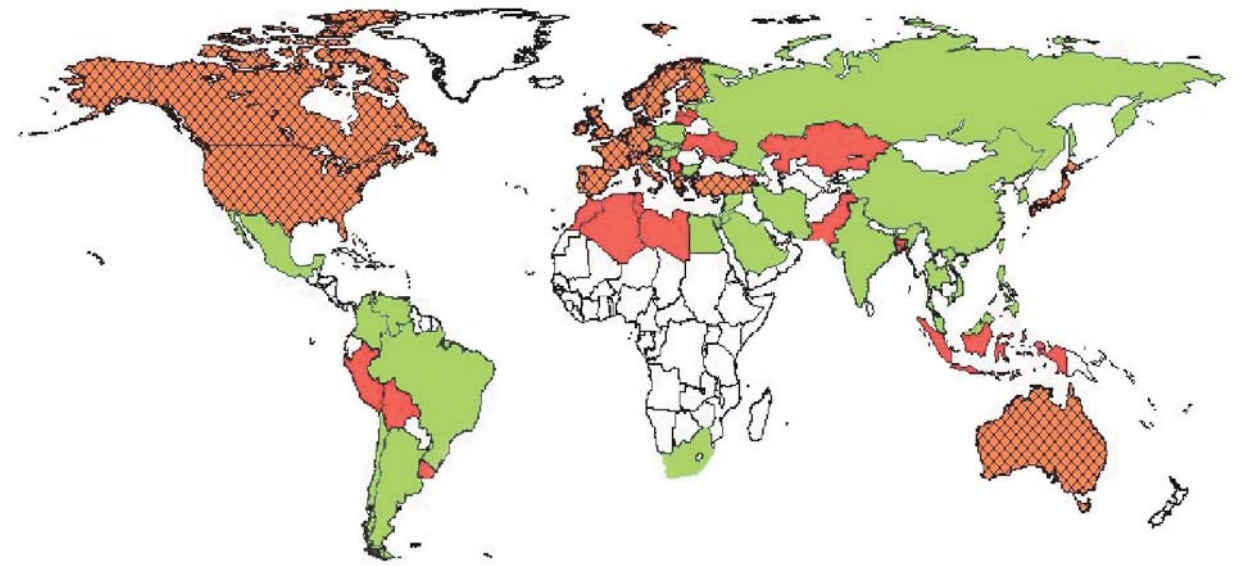


図8世界の臨床PET活動情勢(2009年,IAEA NAHU/NMS Slideより)
臨床PET活動は主に先進国を中心に盛んであるが(茶)、近年発展途上国諸国にもその拡がりが見られる(緑)。今後5年以内に、更なる臨床PETの普及が発展途上国を中心に認められるであろう(赤)。

表6 IAEAにおけるプロジェクト成果公表活動

国際学会	
1	N. Watanabe, N. Kucuk, J. Fettich, P. Choudhury, F. Mut, O. Kraft, K. Endo, S. Sharma, M. Dondi. Prospective Comparison of PISAPED and PLOPED Scintigraphic Interpretations for Acute Pulmonary Thromboembolism -IAEA Coordinated Research Project- Society of Nuclear Medicine 56 th Annual Meeting. Toronto, Canada, June 13-17, 2009.
2	C.A. Sanchez Catusus, J. Samper, N. Watanabe, R. Diaz, A. Aguila, Y. Ginarte, E. Barroso, R., Rodriguez, J. Llibre, Y. Fernandez, J. Bouza, P. Valdes Sosa, S. Tanada, M. Behari. Data That Could Support the "Cholinergic-Vascular" Hypothesis in Alzheimer Disease. European Association of Nuclear Medicine Annual Congress Munich, Germany, October 11-15, 2008.
3	H.E. Patterson, M. Dondi, N. Watanabe, B.F. Hutton. On-Line Distance Assisted Training (DAT) to Meet Training Needs in SPECT/CT & PET/CT. European Association of Nuclear Medicine Annual Congress Munich, Germany, October 11-15, 2008.
4	C.D. Patel, M.R. Nadig, M. Tripathi, N. Watanabe. Cerebral Perfusion SPECT in Early Dementia and Mild Cognitive Impairment. Correlation with MMSE and Apo lipoprotein-E-Genotype. Society of Nuclear Medicine 55 th Annual Meeting New Orleans, Louisiana, June 14-18, 2008.
5	J. Fettich, N. Watanabe, M. Dolenjek, A. Skralovnik, L. Lezaic, Diagnostic Value of PLOPED and PISAPED Criteria and CT Pulmonary Angiography in the Diagnosis of Pulmonary Embolism. 6 th International Congress of the Croatian Society of Nuclear Medicine. May 9-12, 2008.
6	N. Watanabe, N. Kucuk, J. Fettich, P. Choudhury, F. Mut, O. Kraft, K. Endo, S. Sharma, M. Dondi. Comparative Study on Scintigraphic Algorithms for the Diagnosis of Acute Pulmonary Thromboembolism Based on Computed Tomographic Pulmonary Angiography: Multi-Centre Study for IAEA Coordinated Research Project. European Congress of Radiology Vienna, Austria, March 7-11 2008.
7	N. Watanabe, N. Kucuk, J. Fettich, P. Choudhury, F. Mut, O. Kraft, K. Endo, S. Sharma, M. Dondi. Comparison of Scintigraphic Algorithms for the Diagnosis of Pulmonary Embolism: Multi-Centre Study for IAEA Coordinated Research Project. Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine Copenhagen, Denmark, October 13-17, 2007.
8	N. Watanabe, S. Tanada, Y. Sasaki. Targeting Cancer Therapeutic Trastuzumab Bound on Breast Cancer Cells with In-111-Biotin-Bn-EDTA-Anti-Human IgG1 Monoclonal Antibodies Followed by the Injection of Macroaggregated Albumin-Avidin Conjugate Chase. Joint Molecular Imaging Conference Providence, Rhode Island, September 8-11, 2007.
9	C.D. Patel, M.R. Nadig, M. Tripathi, N. Watanabe. Role of Tc-99m-ECD-Brain SPECT in Evaluation of Patients with Dementia and Mild Cognitive Impairment: Baseline and Follow-Up Study. Joint Molecular Imaging Conference Providence, Rhode Island, September 8-11, 2007.
10	S. Tanada, N. Watanabe, C.A. Sanchez-Catusus, O. Kraft, T. Gyorke, C. Patel. Statistical Analysis of Multi-Centre Study for the Coordinated Research Project of IAEA: Role of Radionuclide Techniques in the Diagnosis of Early Dementia. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting Washington D.C., June 2-6, 2007.
11	N. Watanabe, H. Sawai, I. Ogihara-Umeda, S. Tanada, Y. Yonekura, E.E. Kim, Y. Sasaki. Molecular Therapy of Human Neuroblastoma Cells Using Auger Electrons of Indium-111-N-Myc Antisense Oligonucleotides. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting Washington D.C., June 2-6, 2007.
12	N. Watanabe, S. Tanada, Y. Sasaki. Pulmonary Clearance of Aerosolized Tc-99m-DTPA in Sarcoidosis Patients. 9 th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology Seoul, Korea, October 22-27, 2006.
13	N. Watanabe, H. Patterson, B.F. Hutton, M. Dondi. IAEA Distance Assisted Training (DAT) Programme for Nuclear Medicine. 9 th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology Seoul, Korea, October 22-27, 2006.
14	P.S. Choudhury, V. Gupta, A.K. Chaturvedi, S.A. Rao, N. Watanabe. Evaluation of A Single Utilization of Pulmonary Perfusion Scintigraphy in Patients with Suspected Pulmonary Embolism: Working in Progress. 9 th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology Seoul, Korea, October 22-27, 2006.
15	J. Fettich, N. Watanabe. Value of Perfusion Scintigraphy, V/Q Scintigraphy and CTPA in Detection of Acute PE. 9 th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology Seoul, Korea, October 22-27, 2006.
16	N. Watanabe, H. Sawai, I. Ogihara-Umeda, S. Tanada, E.E. Kim, Y. Sasaki. Molecular Effect of Auger Electrons Emitted by Indium-111-Labeled Antisense Oligonucleotides on N-myc in Human Neuroblastoma Cells. European Association of Nuclear Medicine Annual Congress Athens, Greece October 1-3, 2006.

17	N. Watanabe, H. Sawai, I. Ogihara-Umeda, S. Tanada, Y. Yonekura, E.E. Kim, Y. Sasaki. Molecular Therapy of Human Neuroblastoma Cells using Auger Electrons of Indium-111-N-myc Antisense Oligonucleotides. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting San Diego, California, June 3-7, 2006.
18	S. Tanada, N. Watanabe, F. Alam, Z. Yao, C.A. Sanchez. Catusus, O. Kraft, T. Gyorke, C. Patel, S. Ong, S. Chung. Role of Radionuclide techniques in the Diagnosis of Early Dementia: Multi-Center Studies as Coordinated Research Project in IAEA: A Preliminary Report of the Statistical Analysis. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting San Diego, California, June 3-7, 2006.
19	C.D. Patel, M. Tripathi, A. Garg, N. Watanabe. Role of Tc-99m-ECD-Brain SPECT in Evaluation of Patients with Dementia and Mild Cognitive Impairment: A Prospective Clinical Trial. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting San Diego, California, June 3-7, 2006.
20	H. Patterson, B.F. Hutton, M.P. Dias, M. Dondi, N. Watanabe. Distance Assisted Training for Nuclear Medicine Technologists: A Unique and Sustainable Training Programme to Strengthen Undertaking and Skills in Nuclear Medicine Practice. Society of Nuclear Medicine 53 rd Annual Meeting San Diego, California, June 3-7, 2006.
21	N. Watanabe, S. Tanda, Y. Sasaki. Effect of Auger Electron Internalized as Radioindium-labeled N-myc phosphorothioate Antisense Oligonucleotides on Human Neuroblastoma Cells: In Vitro and In Vivo Studies. International Conference on Radiopharmaceutical Therapy Lisamol, Cyprus, October 11-14, 2005.
22	N. Watanabe. Effect of Auger Electrons Internalized as Indium-111-Labeled N-myc Phosphorothioate Antisense Oligonucleotides on Human Neuroblastoma Cells: In Vitro and In vivo Studies. IAEA International Symposium on Nuclear Oncology. Porto-Alegre, Brazil, Jan 19-23, 2004.
国内啓蒙活動	
1	渡邊直行 放射線科医の国際貢献 - 国際原子力機関 (IAEA) - シンポジウム6 世界に羽ばたく放射線科医. 第65回日本医学放射線学会総会 平成18年4月7~9日、横浜.
2	渡邊直行 報告講演 核医学における国際原子力機関の役割 第43回日本核医学会総会 平成15年10月27~29日 新宿.
著書	
1	N. Watanabe. (Ed) IAEA TECDOC on A Guide to Clinical PET in Oncology -Improving Clinical Management of Cancer Patients- 2008.
2	N. Watanabe, N. B. Jeremic. (Ed.) IAEA TECDOC on The Role of PET/CT in Radiation Treatment Planning-For Cancer Patients Treatment 2008.
3	N. Watanabe. (Ed) IAEA TECDOC on Clinical Application of SPECT/CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System 2008.
4	B. Jeremic, N. Watanabe. (Ed.) IAEA TECDOC on Criteria for Palliation of Bone Metastases - Clinical Applications 2007.
科学論文	
1	N. Watanabe, N. Kucuk, J. Fettich, P. Choudhury, F. Mut, O. Kraft, K. Endo, S. Sharma, M. Dondi. Prospective Comparison of PISAPED and PLOPED Scintigraphic Interpretations for Acute Pulmonary Thromboembolism -IAEA Coordinated Research Project- (Submitting)
2	S. Tanada, N. Watanabe, C.A. Sanchez-Catusus, O. Kraft, T. Gyorke, C. Patel. Statistical Analysis of Multi-Centre Study for the Coordinated Research Project of IAEA: Role of Radionuclide Techniques in the Diagnosis of Early Dementia (Submitting).
3	C.A. Sanchez Catusus, J. Samper, N. Watanabe, R. Diaz, A. Aguila, Y. Ginarte, E. Barroso, R., Rodriguez, J. Llibre, Y. Fernandez, J. Bouza, P. Valdes Sosa, S. Tanada, M. Behari. Data That Could Support the "Cholinergic-Vascular" Hypothesis in Alzheimer Disease. Brain (Submitted).
4	G. Mariani, L. Bruselli, T. Kuwert, E.E. Kim, A. Flotats, O. Israel, N. Watanabe. Clinical Use of SPECT/CT: An Expert Meeting Report. Eur J Nucl Med Mol Imaging (submitted).

5	J.H. Reid., E.E. Coche., T. Inoue., E.E. Kim., M. Dondi., <u>N. Watanabe.</u> , G. Mariani. Is the lung scan alive and well? Facts and controversies in defining the role of lung scintigraphy for the diagnosis of pulmonary embolism in the era of MDCT. Eur J Nucl Med Mol Imaging Published Online: 27 Jan 2009.
6	M. Macmanus., U. Nestle., K.E. Rosenweig., I. Carrio., C. Messa., O. Belohlavek., M. Danna., T. Inoue., E. Deniaud-Alexandre., S. Schipani., <u>N. Watanabe.</u> , M. Dondi., B. Jeremic. Use of PET and PET/CT for Radiation Therapy Planning: IAEA expert report 2006-2007. Radiother Oncol. 2008 Dec 17 (Epub ahead of print).
7	<u>N. Watanabe.</u> , S. Tanada., Y. Sasaki. Pulmonary clearance of aerosolized Tc-99m-DTPA in Sarcoidosis I Patients. Q J Nucl Med Mol Imaging 2007;51:82-91.
8	<u>N. Watanabe.</u> , H. Sawai., I. Ogihara-Umeda., S. Tanada., E.E. Kim., Y. Yonekura., Y. Sasaki. Molecular therapy of human neuroblastoma cells using Auger electrons of Indium-111-N-myc antisense oligonucleotides. J Nucl Med 2006;47:1670-7.
9	<u>N. Watanabe.</u> , S. Tada., Y. Sasaki. Effect of calcium trisodium DTPA in rats with puncture wound contaminated by Y-90-chloride. Radiat Prot Dosimetry 2005;114:509-13.
10	P. Pusuwan., S. Chakrappe-Sirisuk., K. Amornpichetkul., <u>N. Watanabe.</u> , A.K. Padhy., M. Dondi. Detection of axillary lymphnode involvement of breast cancer by Tc-99m-MIBI scintimammography. World J Nucl Med 2006;5:66-7.
11	<u>N. Watanabe.</u> , S. Tanada., N. Oriuchi., K. Endo., Y. Sasaki. Accelerated pulmonary clearance of aerosolized Tc-99m-diethylenetriamine pentaacetic acid (DTPA) in a patient with primary hyperparathyroidism. World J Nucl Med 2004;3:144-7.
その他の活動報告	
1	渡辺直行. 欧州放射線学会報告 低侵襲治療の進歩:分子イメージングの併用を考える: Special Report ECR2008 Views Radiology 2008; 10: 3: 44-50.
2	渡辺直行. 原子力の平和利用 (Atoms for Peace) としての "アイソトープと放射線技術利用" -国際原子力機関- 放射線科学 2008;51:11:13-9.
3	渡辺直行. Tracer "期待される SPECT/CT による融合画像診断 -国際原子力機関 (IAEA) 専門家会議より-" Isotope News (社団法人 日本アイソトープ協会)2008年8月.
4	渡辺直行. Tracer "F-18-FDG を使用した融合画像診断装置 PET/CT による放射線治療計画時の照射範囲の決定 -国際原子力機関 (IAEA) 専門家会議より-" Isotope News (社団法人 日本アイソトープ協会)2007年4月.
5	渡辺直行. Tracer "核医学に携わる技師のための教育プログラム -国際原子力機関 (IAEA) より-" Isotope News (社団法人 日本アイソトープ協会)2006年4月.
6	渡辺直行. "放射線ならびにアイソトープ技術の応用" 特集 "国際原子力機関 (IAEA) の現在と将来" 原子力 eye (日刊工業出版プロダクション) 2005;51:16-7.



夜の国際原子力機関 (IAEA) 本部 (Photo by Anatoli Bourykine and from IAEA Publishing Section, Vienna, Austria)。素晴らしい夜景になりますが、午後7時を過ぎると執務室の照明は半分減らされ空調も停止されますので、執務環境は良いとは言えません。



ザルツブルグのスキー場より見えるアルプスの山々。2000メートル級の高度からのスキーはとても魅力的で、夜にはスキー場近くの民宿で、オーストリアの伝統的楽器チャターによる演奏とオーストリア料理が楽しみとなっています。

特集 / 国際機関活動報告

IAEAによる原子力文献情報提供活動

国際原子力情報システム (INIS)

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
原子力情報システム管理課 主題・利用係 長屋 俊¹⁾

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
部長 (INISリエゾンオフィサー) 倉上 順一

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
原子力情報システム管理課 課長代理 峯尾 幸信

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
原子力情報システム管理課 課長 米澤 稔²⁾

¹⁾現: 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
研究技術情報課 調査係

²⁾現: 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 研究技術情報部
情報メディア管理課 課長



長屋 俊 (Shun Nagaya)

1. はじめに

今から40年以上前、国際原子力機関 (IAEA: International Atomic Energy Agency) によって国際協力による書誌情報データベース作成の種がまかれた。その後、徐々に土壌に根をはり、現在も国際協力という枠組みのもと成長を続けている。その種の名は「International Nuclear Information System (国際原子力情報システム)」

という。頭文字をとって「INIS」、通称「イニス」である。INISの成果物の一つであるINISデータベースは、登録データ一件を葉とすると、樹齢約40年、300万枚以上の葉をもった大木となる。現在では、IAEAのINIS本部を幹として140以上の参加国・機関という枝を広げ、それぞれの枝から一枚一枚着実に葉をつけ、INISデータベースという巨樹となった。

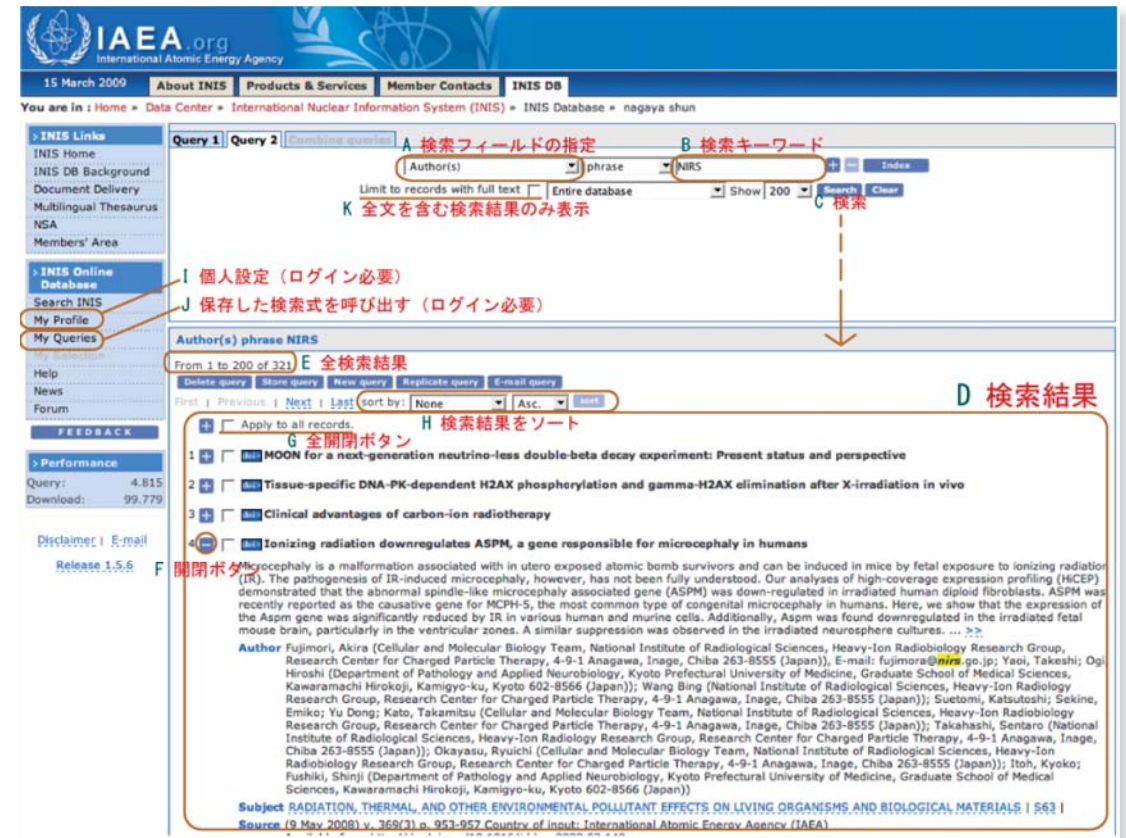


図1: INISインターネット版の画面 Aでタイトル、著者、抄録など検索対象とするフィールドを指定、Bに検索キーワードを入力し、Cで検索する。Dには検索結果が表示され、Eに全検索結果数が表示される。Fの開閉ボタンをクリックすると詳細な書誌レコードが表示され、全ての検索結果の詳細を表示したい場合はGにチェックを入れ+ (開閉ボタン) をクリックする。検索結果をソートしたい場合はHでソートする順番を選び、「sort」ボタンをクリックするとソートできる。また、Iで個人設定を行ったり、Jで以前に検索した際に保存した検索式を呼び出すことができる (ログインが必要)。なお、全文を含む検索結果のみを表示したい場合は、Kにチェックを入れ検索をする。

本稿では、現在の INIS データベースについて (2 章)、INIS が発足するまでの経緯について (3 章)、現在の INIS が直面している課題と対応策について紹介し (4 章)、最後に今後の INIS について記述する (5 章)。

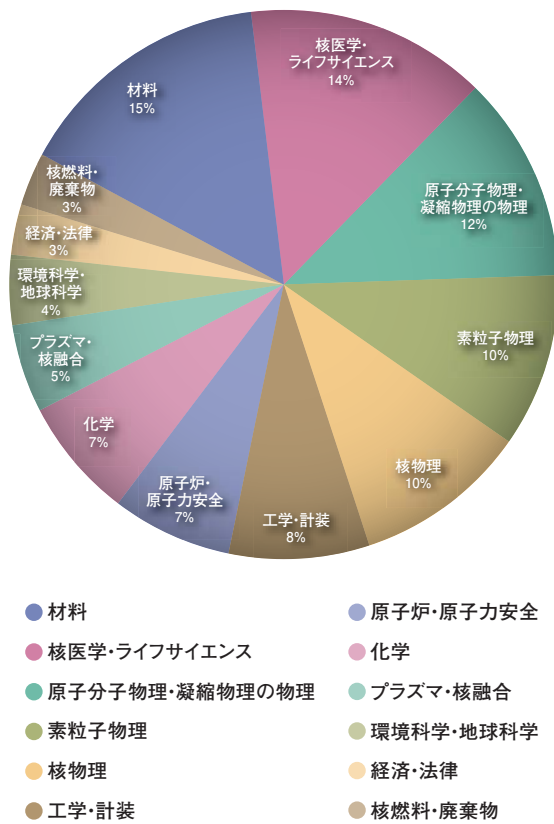
2. 現在の INIS データベース

INIS データベースとは原子力に関する論文や図書、会議録、レポートの書誌情報 (タイトル、著者名、所属、抄録、入手のための情報など) を収録した原子力分野における最大のデータベースである。先行研究の調査や最新動向の把握など研究開発に欠かせないツールのひとつとなっている。本章では特に INIS データベースのインターネット版の特徴やサービス、便利な機能を紹介する。

2.1 収録分野

INIS データベースには 1970 年以降に発行された原子力に関する文献の書誌情報が 300 万件以上収録されている¹⁾。収録分野は原子力にかかわる分野である。表 1 は 2007 年に INIS データベースに収録された文献の内訳であるが、原子力の中核分野である原子炉・原子力安全、核燃料・廃棄物、プラズマ・核融合といった分野だけでなく、素粒子物理、化学、環境科学・地球科学、核医学・

表1: 入力データの分野別内訳 (2007年)

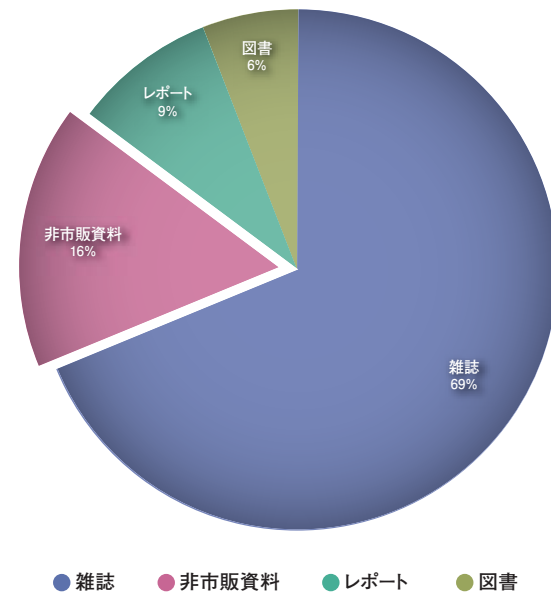


ライフサイエンスといった応用分野なども収録の対象となっており、収録分野は幅が広いことがわかる。

2.2 収録対象誌

INIS データベースでは雑誌や図書といった通常の流通ルートから入手できる媒体だけでなく、それ以外にもレポートや会議録といった市販の流通ルートに乗りにくい資料の書誌情報を多く登録し、かつその全文も閲覧利用可能となっていることが大きな特徴として挙げられる。INIS データベースに収録された文献形態の割合を示したのが表 2 である。

表2: 入力データの文献形態別割合の内訳 (2007年)



非市販資料に含まれる会議録は会場に参加者のみ配布ということも多く、入手が困難な資料である。こうした資料は INIS では NCL 資料 (Non-Conventional Literature) として扱い、参加国は可能な限り収集・電子化し INIS 本部へと送付している。インターネット版では全てではないが NCL 資料の全文を電子データとして閲覧することができる。

雑誌論文やレポートなど全文への外部リンク情報も書誌情報として入力されているものもあり、ワンクリックで全文へとたどり着くことが可能である。ただし、電子ジャーナルの契約など利用者の環境によっては利用できない場合もある。

なお、あらかじめ「Limit to records with full text」にチェックを入れることで、検索結果として全文を含む検索結果のみが表示されるので、全文を入手したい利用者には



図2: 検索結果の詳細レコード
抄録部分は長い場合省略されて表示される。最後に「>>」と表示されるのでクリックすると続きを読むことができる。外部リンク情報がある場合はクリックすると全文を閲覧することができる。なお、検索した際にキーワードとして入力した文字列は黄色でハイライト表示される。

は便利な機能である (図 1 を参照)。

また、1970 年以前の情報を探す際には、INIS 発足以前の原子力分野の抄録誌 NSA (Nuclear Science Abstracts) が NSA Viewer (<http://www.osti.gov/inisnsaview/>) として公開されている。1946-1976 年までの 829,000 件の書誌情報、うち 172,000 件は抄録を含んでいる。なお、NSA Viewer は INIS データベースと連携する予定がある。

2.3 データベースへのアクセス方法

INIS データベース (<http://inisdb.iaea.org/>) は有料のデータベースであるが、2002 年から原子力関連の講座を持つ教育機関等を対象にインターネット版の無料提供サービスが始まった。ナショナルセンターを通じて IAEA と契約を交わすことで INIS データベースを無料で利用することができるサービスである。さらに 2008 年 10 月からはオープンアクセス化のプロジェクトが始まり、有料であった個人や民間企業に所属する方が INIS データベースを無料で利用できるようになった。

一方、オープンアクセスが始まったとはいえ、教育機関向け無料利用サービスは一度登録すると教育機関内からログインの必要なく利用できるという点で、利用者にとっては大きなメリットとなる (<http://jolifukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/inis/> の「INIS 大学向け無料サービス」)。

インターネット版が 1998 年にサービスを開始して 10 年ほど経ったが、インターネット版以前の CD-ROM 版サービスも引き続き提供予定である。インターネットなどの

ネットワーク環境が整っていない参加国も多くあり、そのような国では CD-ROM 版の方が使い勝手が良い。先進国にあわせた提供方法に統一してしまうと情報格差を招くこともあり、国際協力における情報提供活動においてはこうした新旧メディアの混在したサービスも必要である。

2.4 情報検索の支援機能

INIS データベースをはじめとした書誌情報データベースでは、原文の内容を簡潔に伝えるために原文の“圧縮”を行っている。たとえば、論文の抄録は原文の内容をコンパクトに“圧縮”している好例といえる。INIS データベースに抄録を必ず提供するのは、利用者に質の高いデータベースを提供するための工夫である。その他にも様々な工夫を凝らしデータベースの質を高め、利用者の情報探索の支援を実現している。ここでは、INIS データベースで検索する際に知っておくと有用な「分類」と「シソーラス」という機能について紹介したい。

2.4.1 分類

分類の機能は登録データをおおよそのテーマに分けることであり、INIS データベースの登録データは一件ずつ主題分析 (その論文が主題としていることは何かを分析する) を行い、該当する分野の分類記号が付けられている (図 2 を参照)。INIS で使われている分類をまとめた INIS 主題分類表が表 3 である。以前は階層構造を持った詳細な分類記号が使われていたが、現在は階層構造を採用せず 42 個

表:3 INIS主題分類表

分類記号	分類名
S01	石炭、褐炭と泥炭
S02	石油
S03	天然ガス
S04	オイルシェールとタールサンド
S07	アイソトープと放射線源
S08	水素
S09	バイオマス燃料
S10	合成燃料
S11	核燃料サイクルと核燃料材料
S12	放射性廃棄物と原子力施設から発生する非放射性廃棄物の管理
S13	水力エネルギー
S14	太陽エネルギー
S15	地熱エネルギー
S16	潮力と波力
S17	風力エネルギー
S20	化石燃料発電プラント
S21	特定の原子炉と関連プラント
S22	原子炉の一般的研究
S24	送電と配電
S25	エネルギー貯蔵
S29	エネルギー計画、政策、経済
S30	直接エネルギー変換
S32*	エネルギー節約、消費、利用*
S33*	高度推進システム*
S36	材料科学
S37	無機化学、有機化学、物理化学、分析化学
S38	放射線化学、放射化学、核化学
S42	工学
S43	粒子加速器
S46	原子力科学技術に関連する計装
S47*	その他の計装*
S54	環境科学
S58	地球科学
S60	ライフサイエンスへの応用
S61	放射線防護と線量測定
S62	放射線医学と核医学
S63	生体と生体物質への放射線・熱・その他の環境汚染の影響
S70	プラズマ物理と核融合技術
S71	古典力学と量子力学、物理一般
S72	素粒子と場の物理
S73	核物理と放射線物理
S74	原子物理と分子物理
S75	凝縮物質の物理、超伝導と超流動
S98	核軍縮、保障措置と物的防護
S99	一般、その他

*がついている分類はINISでは使われていない。なお、以前使われていた分類記号を付けられたデータでは現在の分類記号に置き換えられることなくそのまま使われている。

に集約した分類記号を用いている（表3を参照）。

たとえば、「医学分野における重イオン加速器の利用」の文献について検索する場合を考えてみよう。300万件以上ある登録データからある特定分野を抜き出したい場合、「分類」を使うと効果的である。この場合、INISには「S62：放射線医学と核医学」という分類があるので分類記号「S62」を指定することで、放射線医学分野に限った文献を抜き出すことができる。S62を指定せずに「heavy

ion accelerator」というキーワードだけで検索すると放射線医学分野以外の文献まで検索結果に混在してしまうので、検索条件に「分類」を加え分野を絞ることでより効率的に検索することができる。また、通常よく利用されるキーワード検索もタイトルのフィールドを検索対象にするのか、抄録のフィールドを検索対象にするのかで検索結果が異なる。重要な語ほどタイトルに記述されていることが多いので、まずタイトルを対象に検索を行い、検索結果が満足できなければ抄録部分も検索対象に含めてみる。それ以外にも、年代や所属機関と様々なフィールドが用意されているので目的に合わせて活用すると便利である。

分類表は一度作ればよいというものではなく、時代の変化や研究主題の移り変わりとともに見直しが必要になってくる。現在 INIS で使っている分類は、2000 年に採用されて以来 10 年近く使われてきたことから見直すこととなり、2008 年 8 月に主題分類見直しのワーキンググループが設置され、日本もメンバーとして参加している。現在は、新しい分類記号の追加、削除、内容の見直しなどといった検討を行い、INIS 主題分類表の改訂作業を行っている。たとえば、「nano science and nano technology」や「knowledge management, preservation and capacity building」といった主題の文献が増えてきたため新しい分類として追加する案や、「S72：physics of elementary particles and fields」の内容に新しい概念を加えることを検討している。

2.4.2 シソーラス

情報検索において問題となるのが「表現」の違いである。同じ概念であっても、論文の著者による違い、利用者による違い、また英語や米語の違い、単数や複数形の違いで「表現」が違うことは往々にしてある。それを克服するための手段としてシソーラス（統制された語彙の集まり）がある。INIS データベースでは INIS シソーラスを用いて「表現」の違いによる検索の漏れを防ぎ、利用者が正確にデータベースを検索できるようにしている。たとえば「degradation, disintegration, fragments」が原子核の崩壊を表す意味で使われている場合、INIS シソーラスでは「decay」という索引語で統一して付与している。「degradation」では検索できなかった文献が「disintegration」だと検索できた、といった検索漏れがなくなり「decay」によって検索することにより効率的に適合率の高い結果が得られる。

各文献には、INIS シソーラスを用いて 10-15 個の索引



図3: INIS Suggestの例
検索するフィールドを「Descriptors」と指定し、検索キーワードの窓に文字列を入力すると、下に索引語が表示される。表示されたものの中から希望の索引語をクリックすると、検索窓に自動で入力される。なお、INIS Suggestを利用するには個人設定にて機能をオンにする必要がある。

語が付与されている（図2を参照）。専門家によって論文のタイトル、抄録、本文を対象に主題分析を行うことで索引語を付与する²⁾。タイトルや抄録を対象とした検索では文字列がタイトルや抄録に出現しているだけで関連の低いものまで検索結果として含まれる可能性がある。しかし、主題分析を行ったうえで付与された索引語を検索する場合は、タイトルや抄録のフィールドを検索した結果と比べ検索結果がより関連度の高いものとなる。

また、インターネット版 INIS には INIS Suggest という機能があり、索引語を検索する際に文字列を入力すると、図3のように続く索引語を“提案”する。たとえば“heavy ion”と入力すると、それに続く索引語を表示してくれる。また表示された索引語の隣にそれぞれの索引語での検索結果の数が表示されるので、こちらも検索の際に有用な情報になる。この INIS Suggest は索引語のみならず、タイトル、著者、所属検索などのフィールドを検索する際にも利用できる。ぜひ一度お試しください。

さらにシソーラスは、5章にて言及する原子力知識管理活動への応用が期待されている。

3. INIS計画の始まり

INIS がどのような経緯を経て2章で紹介したサービスまでたどりつくことができたのか。本章ではその歴史の一部を紹介する。

3.1 旧原研におけるINIS

IAEA によって 1966 年に、①国際協力による分散入力 ②コンピュータによる情報検索 ③市販ルートにのらない資料の流通 ④抄録を含む書誌情報の国際的な流通などを骨子とした原子力文献流通のための情報システムの構想が

公にされた^{3) 4)}。そして 1968-1969 年のパイロットプロジェクトを経て 1970 年から INIS が発足し、IAEA 事務局長名の書簡により加盟国に対し INIS への参加要請がなされた。旧日本原子力研究所（以下、「旧原研」）の図書館（旧技術情報部）はパイロットプロジェクトに参加していたことから国（当時の科学技術庁）の要請により日本における INIS ナショナルセンターとして任命された。

旧原研は 2005 年 10 月に旧核燃料サイクル開発機構と統合し、独立行政法人 日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）となった。現在も原子力機構・図書館（現在の研究技術情報部）が日本における INIS ナショナルセンターとして、INIS データベースへの入力データ作成をはじめ、国内利用登録の窓口、利用説明会といった活動を行っている。

3.2 NSAからINISへ

INIS という情報システムが提案された背景には米国 ERDA (Energy Research and Development Administration) によって発行されていた前述の NSA の動向と密接な関係がある⁵⁾。当時、NSA は原子力関係の抄録誌として確固たる地位を築いていたものの、米国における原子力関係の予算減から代替となる機能を求めていた。その動きに呼応する形で INIS の提案があり、数年間かけて NSA から INIS へと世代交代が行われた。NSA から INIS へとという交代劇において大きく変わった点は二つある。

一つは、NSA はあくまで抄録誌と呼ばれる書誌情報と抄録を掲載した冊子体であったことに対し、INIS は構想当初から情報検索をするための情報システムと位置付けられていたことである。当時、冊子体作りの電算化は徐々に進んでいたものの、コンピュータでの情報検索を前提とした情報システムは珍しかった。

二つ目は、INIS 計画における INIS データベースの作成は国際協力によるものであったことである。たとえば、日本国内で発生した原子力に関連する雑誌論文、図書、会議録、レポートの書誌情報は、INIS ナショナルセンターである原子力機構・図書館が入力データとしてまとめて INIS 本部へ送る。同じように各国のナショナルセンターが自国内で発生した文献の書誌情報を集め INIS 本部へ送ることで、全世界の原子力に関連した文献情報を集めることができるという分散収集・中央処理型の仕組みをとっている。

INIS は、前述したような情報検索システムとして始めから存在していたわけではなく INIS ATOMINDEX という冊子体の刊行から原子力文献情報の提供活動を始めた。INIS ATOMINDEX は 1970 年に書誌情報（論文のタイトルや著者、出版情報）を載せた索引誌として刊行され、後の 1976 年に抄録が加えられた抄録誌となり 1997 年まで刊行された。1998 年からは CD-ROM 版となり、さらに並行してインターネット版のサービスが開始され現在にいたっている。

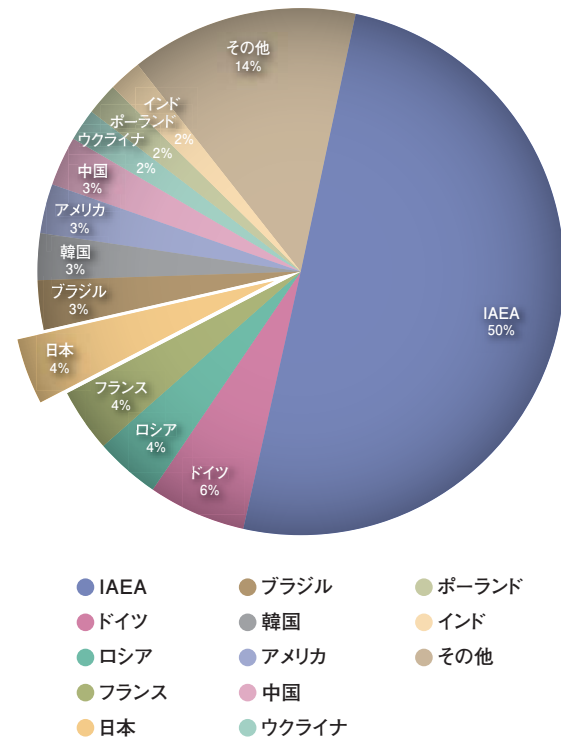
3.3 国内外におけるネットワークの形成

1972 年 11 月ウィーンにて初の INIS リエゾンオフィサー会議（以下、「LO 会議」）が開催され、各国のリエゾンオフィサーが一同に会した。リエゾンオフィサーとは各参加国における代表者であり、LO 会議は主に INIS の主要事項や活動方針などについて審議や各国の情報共有を積極的に行う場となっている。その後、INIS が軌道にのるまでは 1 年ごとに開催、現在は 2 年に 1 度開催されている。

1970 年 9 月には国際原子力情報システム協議会が旧原研内に設置された。協議会は 3 つの部会を持ちそれぞれ情報学や原子力分野等の専門家 10-15 名の委員により構成され、日本の INIS 活動への参加における技術的な検討を行い協議会に報告することを目的としていた。現在は原子力機構の国際原子力情報システム委員会に受け継がれている。

このような協議会を設置した理由は、INIS が国単位で参加する活動であり旧原研だけではなく関係機関や組織の協力や要望を反映させながら進めていく必要のある活動だから、である。たとえば日本の入力データの作成をとっても、原子力機構・図書館においては INIS 対象分野の文献を全てカバーすることはできない。医学、ライフサイエンス分野は財団法人 国際医学情報センター、環境科学等原子力の周辺分野は独立行政法人 科学技術振興機構と連携することで入力データの作成を行っている。こうした連携のもと日本は年間 5 千件以上の入力データを提供し、表 4 によると 2007 年は参加国中 4 番目に多い入

表4: 参加国別入力データの件数 (2007年)



力データとなっている（INIS 本部による入力を除く）。

4. 新しい課題

INIS 計画の発足から約 40 年、国際協力のもと INIS データベースは順調に成長してきた。しかし INIS を巡る状況は大きく変わりつつある。それが端的にあらわれているのは利用の伸び悩み“INIS 離れ”である。また、予算減によるコスト削減といった課題もあり、これらの課題を解決するための挑戦が始まっている。

4.1 INIS 利用の現状

INIS データベースのインターネット版の利用者統計は表 5 のとおり下降に転じている。また、表 6 はインターネット版サービスが始まってからの利用者の登録数であるが順調に伸びている。利用者登録は増えているものの、利用自体は減っている状況にあることがわかる。こうした“INIS 離れ”の背景にはウェブ上の情報資源が豊富になってきたということが考えられる。たとえば、Google に代表される検索エンジンの存在、電子ジャーナルは抄録部分まで無料公開、オープンアクセス誌の発刊、プレプリントサーバや説明責任の強化による機関リポジトリの増加、MEDLINE/Pubmed など無料の書誌情報データベースもあり、利用者が情報収集する際にそれらのツールを利用することが増えてきたことが考えられる。

表5: インターネット版の利用統計 (全世界における利用統計)

年度	アクセス数
1999	186,784
2000	269,477
2001	281,941
2002	309,419
2003	356,892
2004	356,266
2005	320,925

表6: インターネット版の利用統計 (全世界における利用統計)

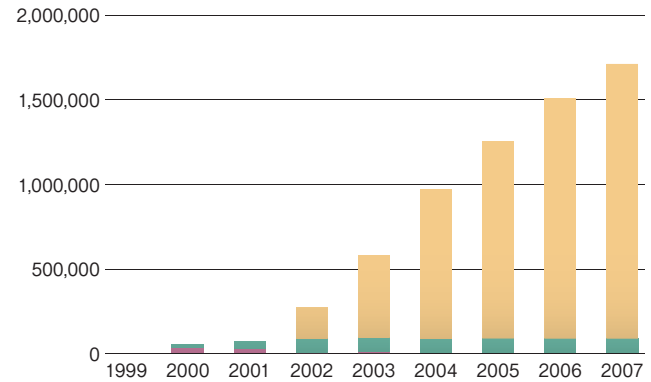
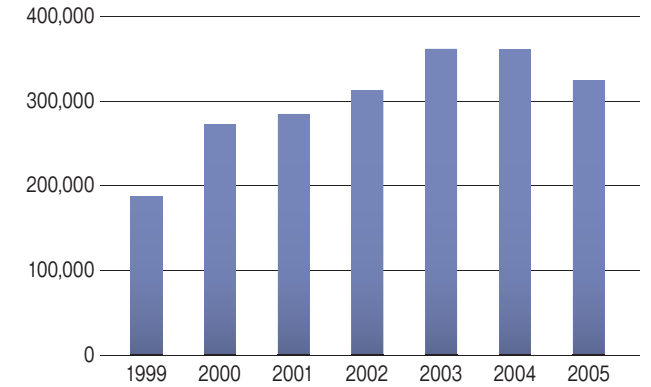
年度	有料利用者	無料利用社	教育機関
1999	835	2,373	0
2000	36,763	15,851	0
2001	38,515	31,553	0
2002	13,539	75,777	189,746
2003	17,484	78,519	490,477
2004	10,951	80,569	822,932
2005	5,660	81,274	1,175,771
2006	2,167	88,625	1,425,159
2007	2,436	89,630	1,628,199

4.1.1 オープンアクセスに向けて

こうした“INIS 離れ”の有効策として期待しているのが「オープンアクセス」に向けたパイロットプロジェクトである。1968-1969 年に INIS 発足のためのパイロットプロジェクトが行われて以来、INIS が経験する 2 度目のパイロットプロジェクトとなる。2006 年 11 月の第 33 回 LO 会議でインターネット版の課金方法とオープンアクセス化について検討され、2008 年 2 月からパイロットプロジェクトが発足し、同年 11 月に 7 カ国が参加、同年 12 月からは日本を含む 3 カ国が参加した⁶⁾。有料であった INIS データベースが「オープンアクセス」への第一歩を踏み出した。現在は 2009 年 4 月の正式なオープンアクセス開始に向けて、INIS 本部が加盟国に対し各国内での無料提供の可否について照会をしている。

4.1.2 オープンアクセスの利点

利用者登録の方法を簡単にするというのも今回のオープンアクセス版 INIS の重要なポイントである。利用者登録は個人単位で行うこととなり、インターネットを通じたオンラインで登録を行う。図 4 の登録画面で、利用者氏名・所属・メールアドレスの入力、パスワードの設定、利用規約への同意をすることで承認用メールが届く。その



後、簡単な承認処理を行うことで利用することができ、登録開始から 5-10 分で利用を開始できる手軽さとなっている。ID とパスワードがあれば国内のどこからでも利用できる。登録方法の詳細については、原子力機構・図書館の HP に掲載されているので参照していただきたい。(http://jolifukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/inis/ の「INIS オープンアクセスについて」→「ユーザー登録の方法」)

また、個別の利用者登録により利用登録の手続きが簡単になっただけでなく INIS 本部側でも利用者ごとの情報を得ることができ、アクセス分析や個々の利用者からの問い合わせへの対応が可能になるなどの運用上の大きなメリットもある。

なお、オープンアクセス版の利用は参加国の国民のみに限定されている。INIS 加盟国の義務や権利を記した参加規約が定められているが、その規約には、INIS 本部は IAEA の予算で活動をし、IAEA には加盟国から分担金が支払われており、かつ、入力データの作成は各国の負担によるものであり INIS 参加国は既に一定の経費を負担済みであるということで INIS データベースにかかる経費を INIS データベースという「製品」からすべて回収する必要がないことが明記されている。オープンアクセスとはいえ、完全に無料で公開している訳ではなく、加盟

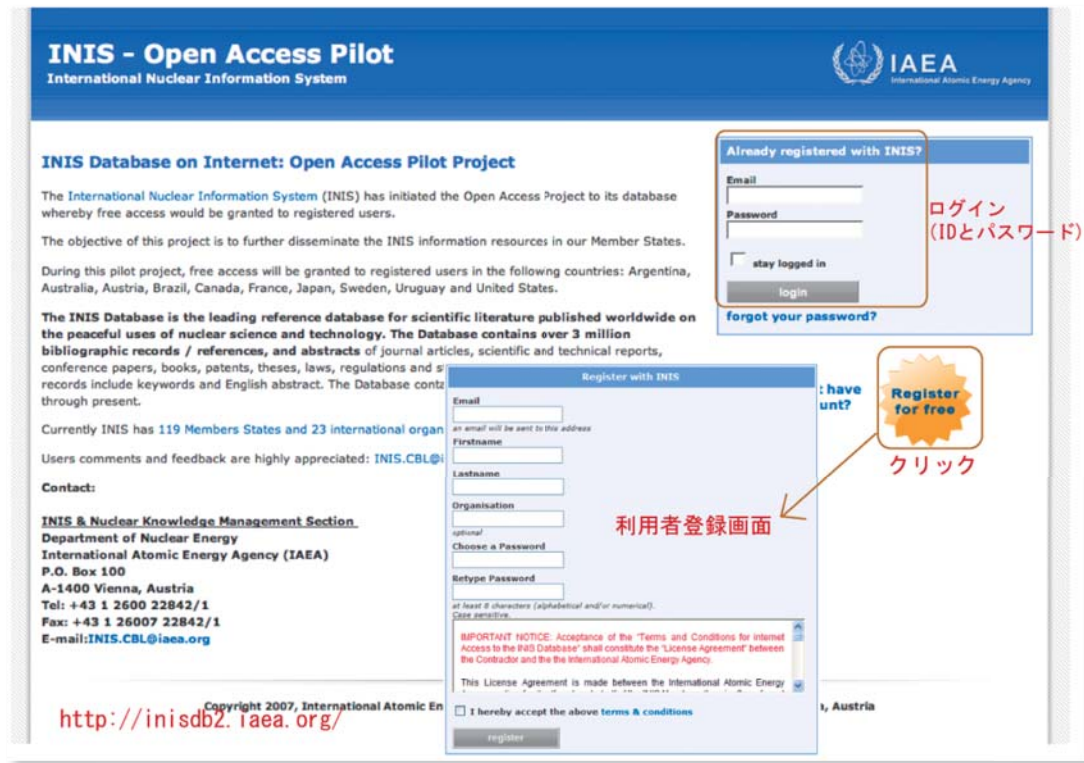


図4: オープンアクセス版のトップページ
未登録の方は「Register for free」の利用者登録画面から登録する。登録済みの方はE-mailとPasswordを入力しログインする。

国として相応の経費を支払っているという前提に立脚し、参加国が無料で利用できる。

4.2 新ツールの導入

書誌情報データベースの作成には人と時間が必要である。特に入力データの作成は人と時間を要する作業である。昨今の情報処理技術の力を借りて、質の高さを保ったまま、作業プロセスの一部を省力化しコストを削減したいという意図から、いくつかの新しいツールが導入あるいは開発中である。現在、既に導入されているCAI (Computer-Assisted Indexing) とこれから導入予定の

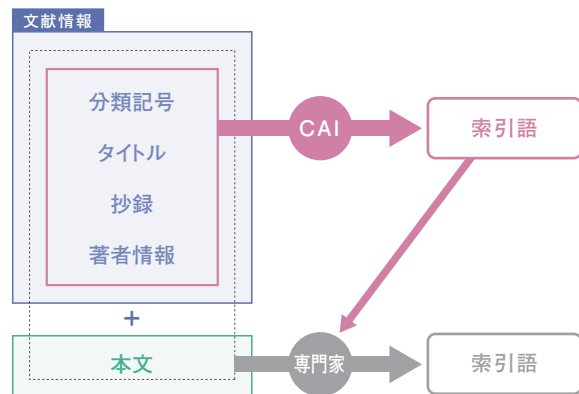


図5: CAIの概念図
CAIでは、分類、タイトル、抄録、著者情報から索引語を提案する。CAIによって提案された索引語を専門家が参考することで索引語付与の作業に役立つ。

MET (Metadata Extraction Tool) という2つの入力データ作成の支援用ツールについて紹介したい。

4.2.1 CAI

登録データに文献内容を“圧縮”した索引語を付与する作業 (以下、「インデクシング作業」) で質の高いデータベースを維持していることは2章4節で述べた通りであるが、索引語をつけるためには、文献の主題を分析し、シソーラスから適切な索引語を選び出すという作業を行う必要があり、索引語を付与する経験や主題に関する知識が求められ、INIS データベースの入力データ作成プロセスにおいてか

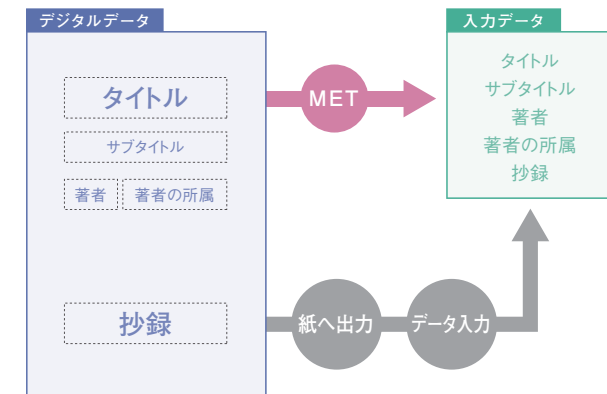


図6: METの概念図
従来はデジタルデータの文献でも、一度紙へ出力し入力作業を行ってINIS入力データを作成していた。METでは、PDFのようなデジタルデータはタイトル、サブタイトル、著者、所属、抄録を自動認識し、データを取り出し入力データ形式で出力する。

りの労力を必要とする作業である。

そのインデクシング作業を支援するツールとしてCAIが導入されている。CAIとは直訳すると計算機支援システムであり、タイトルや抄録などから機械的に索引語を提案することでインデクシング作業にかかる負担を軽減するツールである。

CAIの導入にあたり原子力機構・図書館では、同一文献に対して専門家が付与した索引語とCAIが提案した索引語を比較し、CAIが適切にインデクシング作業を行っているかどうかの正答率チェックを行った。その結果、CAIが提案する索引語の正答率は6割程度、と本格導入に踏み切るまではあと一歩といった感であった。日本からもCAIの正答率に関するフィードバックをINIS本部へ返すなど今後の改良が期待される。近い将来にはインデクシング作業の大きな戦力となることが考えられる。

4.2.2 MET

入力データのインプット作業も索引語の付与作業と同じく労力を必要とする作業である。現在、できるかぎり省力化するため、電子ジャーナルのデジタルデータから論文のタイトル、サブタイトル、著者名、著者の所属、抄録とい

たINIS入力データを自動抽出するMETというツールを開発運用中である。

最近、電子ジャーナル化されている文献はかなりの数に上るのでMETへの期待も大きい。METは現在試験段階にありINIS本部とIAEA図書館のスタッフによって試験運用中で、早ければ2009年中に参加国において利用が開始される予定である。

4.3 その他の活動

4.3.1 NCL資料のアーカイブ

前述したようにINISはNCL資料の収集と提供を特徴としている。マイクロフィッシュとして保存されているNCL資料はかなりの数になり、使いやすさとデジタル保存を目標としてアーカイブ化を進めている。デジタル化することにより、アクセス性が向上し、資料を紛失したり劣化させたりすることなく次世代に確実に継承することが期待されている。1997年からマイクロフィッシュからPDFへのデジタル化作業を行っていて、65万件のNCL資料のうち25万件(約40%)のデジタル化が済んでいる。作業は急ピッチで進められており、IAEAの計画ではあと2年間ですべてのデジタル化を完了する予定である。

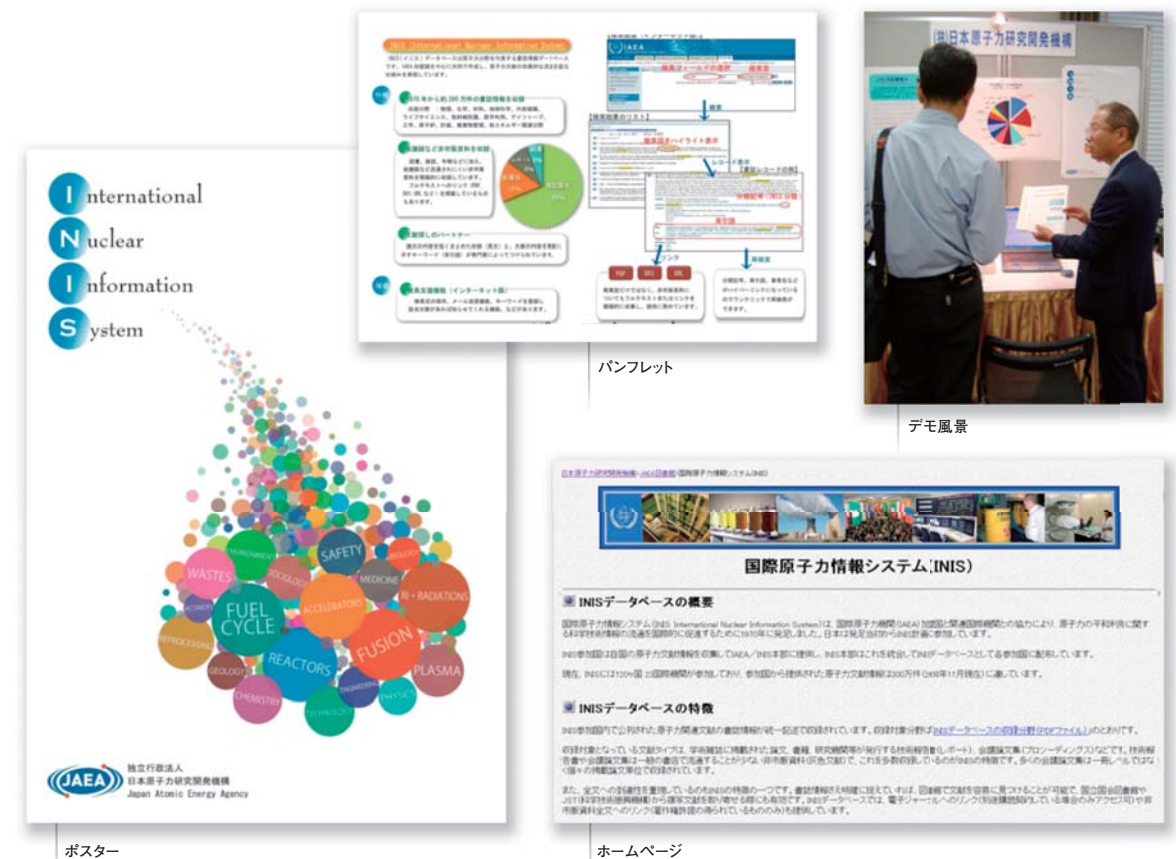


図7: 原子力機構・図書館で作成しているホームページ、ポスター、パンフレットやデモの風景

4.3.2 広報活動

原子力機構・図書館では INIS ナショナルセンターとして積極的な広報活動を行っている。INIS データベース説明会を開催、ポスターやパンフレットの作成、HP を通じた情報発信、また INIS 日本語マニュアルの作成といった利用促進の活動を行っている（図7を参照）。

INIS 全体で教育機関無料サービスを受けているのは2008年11月時点で374機関、うち59機関は日本の教育機関であり、参加国中トップであることにも広報活動の成果が表れている（2009年3月19日現在の日本は60機関に増加）。最近参加したオープンアクセスパイロットプロジェクトでも、原子力関係では日本原子力学会や保健物理学会のメンバーリスト、図書館関係では国立国会図書館や科学技術振興機構のニュース記事に掲載し、後発参加にも関わらずオープンアクセス版の登録者数はパイロットプロジェクト参加国中第2位となっている（2009年3月3日時点）。

4.3.3 利用者調査

第33回 LO 会議にてデータベースの収録内容について利用者調査をすることが決まり、IAEA 本部から各ナショナルセンターに INIS データベースの内容について利用者調査を行うことが求められた。日本では2008年7-8月に利用者調査を行い、その結果を第34回 LO 会議にて報告した。日本での原子力機構内の INIS データベース利用登録者や教育機関向け無料利用サービスを受けている利用者を対象に利用者調査を行った。調査結果として、原子力の中核分野だけではなく周辺的な分野の網羅的な収集を希望していること、INIS データベースを5割近い人が最新動向の調査に使っていることからデータ掲載の迅速性が求められていることなどのニーズが分かった。今後も利用者調査を継続して行い INIS 活動ヘフィードバックすることや、広報活動のノウハウを INIS 本部と参加国間で積極的に情報共有することが、LO 会議で確認されている。

5. 今後の INIS

最後に今後の INIS の動向について IAEA における新しい活動やウェブ上の情報資源との関係から記述する。

5.1 IAEA の新たな活動

5.1.1 NKM

原子力エネルギーの世界的な拡大の潮流のなかで優秀な人材の確保、育成、重要な経験・知識の次世代への継承が課題として認識され、国内外で重要課題として勢力的な取

り組みが行われている。

IAEA では、これらの課題への対応として原子力知識管理 (NKM: Nuclear Knowledge Management) を提唱し、2002年の第46回通常総会において決議を採択した。以来、NKM は IAEA の主要事業の一つとして、正しい情報や知識の効率的な継承を目的に知識保存活動等を行っている。具体的には、国際会議やワークショップの開催による啓蒙活動、知識管理に係わる指針、ガイダンス等の作成、人材育成のための教育トレーニングの強化などの活動である。2004年4月には Department of Nuclear Energy, INIS Section が INIS and Nuclear Knowledge Management Section に改組され、INIS 本部が IAEA における知識管理業務の担当部署となった。従来の INIS の業務を踏襲しつつ、特に知識保存活動、知識ベースの構築、情報共有化といった活動の中で INIS を通じて蓄積してきた情報技術やノウハウを活用しようとしている。

具体例としては、IAEA と加盟諸国による高速炉知識保存プロジェクトがある。このプロジェクトでは、高速炉の基本理念から R&D、設計、製造、運転、廃炉にいたる全ての知識保存のために独自の階層構造を持つ分類を用いたシステムを開発している。本プロジェクトが保存対象としている知識は文献情報だけではなく、実験データ、図面、設計図等多様な情報を取り扱うことになっている。文献情報については INIS に収録されているデータを活用すること、また、文献以外のものは効率的な検索を行うために前述した INIS シソーラスを活用することが検討されている。また、IAEA では、過去に刊行された各種資料の電子化事業が進められているがこの事業も INIS and Nuclear Knowledge Management Section が担当しており、INIS の NCL 資料の電子化で培ったノウハウがここでも活かされている。

5.1.2 INLN

IAEA では加盟国・機関が保有する図書館所蔵資料や研究開発の成果情報の相互利用の促進を目的とした国際的原子力図書館ネットワーク (INLN: International Nuclear Library Network) が進められ、原子力機構・図書館も2008年3月から本計画に参加している。原子力専門図書館の国際的なネットワークを通じて、原子力文献の流通を作る新たな仕組みであり、たとえば IAEA 図書館の約9万冊の所蔵資料が利用可能になり、参加国原子力専門図書館の所蔵資料の一部が利用可能となる。

この計画では、INLN 参加国がインターネットを活用し、

原子力専門図書館間にネットワークの構築、成果の発信や情報共有の促進、人材育成を含めた原子力専門図書館の連携、図書館運営に係るノウハウを共有し高度なサービスを提供すること、などを目標としている。

現在 IAEA 図書館では、所蔵資料9万件の図書館所蔵資料のデータベースや INIS データベース、IAEA が保有する学術情報ファイルを横断検索できるシステムを構築中であり、将来的には INLN 参加国が所蔵する情報資源にも横断的かつ効率的なアクセスが可能になるものと期待される。

5.2 “開い込み”から“オープン”へ

INIS は参加国が INIS データベースをはじめとする成果物を享受することができるという枠組み、いわば“開い込み”の中で成長してきた。参加国のメリットは、自国から入力データを提供することにより他国で発生した数十倍の原子力関連文献情報の書誌データを手に入れられることである。たとえば日本なら年間5,000件の書誌情報を入力データとして提供することで、他の参加国が新規登録した年間10万件、約20倍の書誌情報を利用できる、ことになる。また INIS ナショナルセンターのメリットとしては、入力業務や窓口業務などの責務を果たすことで、INIS データベースを無料で使えるというメリットがある。このように参加国としてもナショナルセンターとしても INIS に開い込まれることによるメリットがあった。それらがうまく有機的に作用し成長してきたのが INIS データベースである。しかし、このまま発展を続けるには厳しい様相を呈してきた。他のデータベースのオープンアクセス化や検索エンジンの収集力や検索力の強化という攻勢もあり INIS の優位性も薄れアクセス減少につながっている。

国立情報学研究所が提供する論文情報ナビゲータ CiNii では、課金範囲の見直しを進めるとともに Google の検索結果に CiNii の持つデータが含まれるようにした結果として利用が3-10倍に伸びたという実践報告がある⁷⁾。こうした Google などの利用頻度が高いシステムと連携し、INIS データベースの中に取められている“データそのもの”を利用者に提供する選択肢も考える必要がある。

INIS データベースも料金の面ではオープンアクセスによって“オープン”、すなわち無料になった。今後は、利用者にとってデータベースの箱を必ず使ってもらおうという“開い込み”を取り外し、利用の面でより“オープン”へと進める必要がある。ウェブ上のこうした一連の試みにおいて INIS は後発組となるが、先発組の実践を参考にできるといふメリットもあり、こうした状況を最大限に活かし

ながら追随したい。

6. おわりに

冒頭で INIS データベースを一本の木に例えた。樹木が育ち葉を茂らせるためには、それを取り巻く「環境」が重要である。土壌、水分、空気、日照といった「環境」に恵まれなければ健全に育つことは難しい。同じことは INIS データベースにもいえる。幸い INIS データベースは、IAEA の INIS 本部を中心とした参加国のコミュニティという「環境」に恵まれ、ここまで成長できた。

原子力文献情報のみならず“情報”を巡る世界はいま大きく変化している。INIS データベースの利用低迷といった問題は喫緊の問題ではあるが、この変化こそ将来の INIS にとってチャンスになり得るといふ発想の逆転が必要である。新しいツールの導入や他の情報源との連携の模索、人的ネットワークの強化を進めるとともに INIS がオープンアクセスという新しいステージでも新たな根を張り、枝葉を伸ばせるように尽力したい。

謝辞

国際オープンラボラトリー運営室長・重粒子医科学センター運営企画室長 伴 真幸氏から、本誌に記事を書く機会を与えられたことに感謝する。

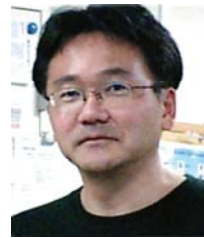
参考・引用文献

- 1) Over 3 Million Bibliographic Records in the INIS Database , http://www.iaea.org/inisnkm/news/2009/news_1.htm, (参照 2009-03-19)
- 2) 米澤聡, 国際原子力情報システム (INIS) データベースのインデクシング方針, 情報の科学と技術, 58 (4), 178-183 (2008)
- 3) PL-233/1 International Nuclear Information System -Function and Operation, IAEA (1966)
- 4) 古谷実, 国際原子力情報システムの動向, 原子力工業, 17(1), 50-53 (1971)
- 5) 大森栄一, 古谷実, NSA から INIS へ, 原子力工業, 4(22), 42-48 (1976)
- 6) INIS Database Free Access Pilot Project Expanded to Australia, Japan and Sweden, http://www.iaea.org/inisnkm/news/2008/news_12.htm, (参照 2009-03-19)
- 7) 大向一輝, 学術情報サービスのユーザモデルとファイナリティ, 情報の科学と技術, 58(12), 595-601 (2008)

両親由来の染色体DNA断片を1分子レベルで個別に増幅する技術

道川 祐市¹⁾ 菅原 圭亮^{1,2)} 菅 智¹⁾ 荘司 好美¹⁾ 石川 顕一¹⁾
石川 敦子¹⁾ 塩見 尚子¹⁾ 塩見 忠博¹⁾ 岩川 真由美¹⁾ 今井 高志¹⁾

1) 重粒子医科学センター ゲノム診断研究グループ
2) 東京歯科大学 口腔外科学講座



道川 祐市 (Yuichi Michikawa)

1.はじめに

2倍体生物である私達は、両親の持つ2組の遺伝情報のうち1組ずつを受け取り新しい遺伝的組み合わせを持つ生命体として生まれます。そして両親から受け継いだ遺伝情報は私達の体内で精子もしくは卵子が形成される過程で複雑に切り貼り再構築され、半分の情報だけが受精を介して次の世代へと引き継がれていきます。これが個人個人の遺伝的多様性(多型)を増幅する仕組みです。そして、人の顔かたちや背の高さ、各種疾病への罹り易さなど遺伝的形質の多くはどのような組み合わせで両親由来の多型を持つかということがとても重要です。私達のグループが研究対象としてきた、放射線治療癌患者の有害反応感受性に影響を与える多型も同様です。本稿では、このような多型の組み合わせを詳細に解明するために私達が開発した新しい技術¹⁾(Science Portal ニュース 2008年11月21日、Science Portal オピニオン 2008年12月17日)をご紹介します。

2.開発に至った背景

遺伝情報の大部分は細胞核内に46個存在する染色体に書き込まれています。両親からそれぞれ半分の23個を受け継ぐのですが、それらの中で相同な染色体同士は99%同じであり、物理化学的性質に依って分離することは困難です。現在のヒトゲノム研究では多くの場合相同染色体を混在させたまま取り扱っているため、その塩基配列データは2種類の配列を合成したものです。従って、染色体に沿って塩基配列を調べた場合ある多型の次に出てくる多型はどちらの染色体に由来する配列なのか、即ち同一染色体上の複数多型の組み合わせで表すハプロタイプを知ることはできません。多型の中には他の多型と強い連鎖を示すものや、同一染色体上近傍の塩基配列の機能を制御するものがあります。疾病の遺伝的要因、特にケース・コントロール関連解析や、癌ゲノムの解析を高い精度で進めていくためには2つの染色体を分離し、ハプロタイプとして考えることが必要です。

集団を解析して統計処理すればある程度組み合わせを推定することは可能です²⁾。私達も遺伝統計学的な推定により放射線感受性関連ハプロタイプを見出しました³⁾。しかしながらこの方法では多型の頻度が低い場合は推定が困難で、また個々の患者のハプロタイプを臨床現場で特定するというような利用はできません。そこで遺伝統計学的方法ではなく実験的に染色体を分離して解析しようとする試みもなされてきました。例えば、多型特異的PCR法を用いて染色体DNAを増幅する方法が報告されており⁴⁾、またDNAを大腸菌に導入すると1細胞に1分子が維持されることを利用して2本の染色体に由来するDNAをそれぞれ単離することも報告されています⁵⁾。しかしながらこれらの方法では分離できるDNAの長さに限界があり、20-40kbを超えると非常に難しくなります。これでは数百kbの範囲に渡ることもある臨床マーカーハプロタイプを決定することはできません。最近染色体全体をターゲットとしてポリアクリルアミドゲル中でDNAを増幅するpolymerase colony (POLONY)法が報告されておりハプロタイプの決定に有効であることが示されていますが、実験ステップは複雑であり、また塩基配列決定に利用することはできません⁶⁾。

3.技術概要

ハプロタイプは染色体上における多型の配列情報ですので、それを特定するためにはひと繋りの染色体分子を切れ目無く、かつ相同染色体が混在しないように1分子レベルで解析する必要があります。長さとしては通常数十kbに及ぶ距離が対象になりますが、それを1分子レベルで途切れないように扱うことは非常に困難です。そこで本技術では、分子生物学実験で日常的に使用されているアガロースゲルで染色体分子を包み込むことにより問題の解決を行いました(図1)。まず、溶液状態のアガロース内部でDNAを希積分散してから、小容量ずつゲル化させることで1分子レベルのDNAを単離します。希釈に伴うDNA

不安定化をアガロースの存在が緩和しますので、細断片化されることなくサイズの長いDNAを安定に分離できます。ゲル化したアガロースを中和してからDNAポリメラーゼを添加すると、内部にDNAポリメラーゼが侵入し埋め込まれているDNAを鋳型として10万倍程度まで増幅反応を行います。反応終了後アガロースゲルを加熱して融解させ、増幅DNAを水溶液中へ回収します。このようにして回収された1分子由来の増幅DNAは、特別な処理を施すことなくそのままハプロタイプ解析を含めた様々なゲノム研究に用いることができます。

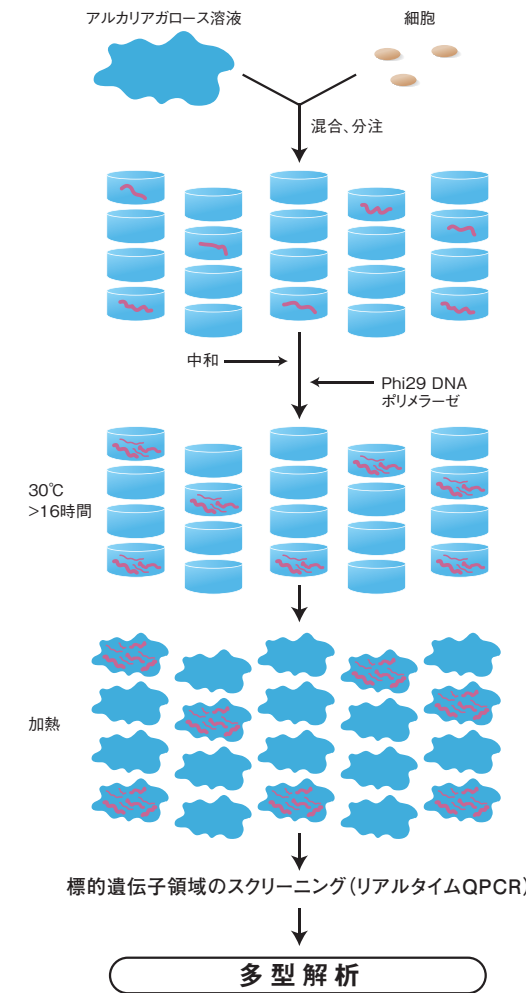


図1: 本技術の概要。アガロースゲル内で保護しながら1分子レベルに希釈したDNAを、外から添加したPhi29 DNAポリメラーゼにより増幅する。1検体あたり96ウェル分のゲルを作製して増幅反応を行い、反応終了後にゲルを加熱融解して1セットのライブラリーとする。その後、必要に応じてライブラリーの中から標的遺伝子領域を含む増幅産物をスクリーニングし、多型解析等に使用する。

4.1.アガロースゲル内へのDNA埋め込み

DNAをアガロースゲルに埋め込むことのメリットはDNAの細断片化・凝集を抑制しながら安定した希釈が可能になることです。DNAが細切れになると、長い距離に渡って複数の多型が同じ分子上で繋がっているものを取り出すことが難しくなります。したがって溶液状態で分注したり

攪拌したりする際は過剰な衝撃を与えないよう、十分な注意を払わなければいけません。アガロースゲルによりDNAを包み込んでしまえば、DNAは保護されて細断片化の問題は無くなります。一方、DNAの凝集が生じると異なる分子上の多型が同じ分子上にあると誤った判断を下す可能性が出てきます。これを防ぐには、DNAを変性させて均等な分散を得ることが大切です。そのためにアガロース溶液をアルカリ性かつ高温にしています。この条件では細胞をそのまま埋め込んでも自然にDNAが放出されてきます。そのため、ごく少数の細胞しか入手できなくてもDNAを精製する際のロスを心配することなく安心して埋め込むことができます。使用しているアガロースは分子生物学実験で日常的に利用されている品質のもの(タイプIアガロース、シグマ社)です。ゲルの濃度は5μlほどの小容量にしても十分な強度を得られるように3%に設定しています。

相同染色体1分子を得る際に大切なポイントは埋め込むDNA量の設定です。埋め込むDNA量は多すぎると複数分子の相同染色体が同じゲル内に混在する可能性が出てきますし、少なすぎると目的の相同染色体を得られない可能性が出てきます。当グループでは、100個のゲルに20個の相同染色体が含まれるDNA量を目安として埋め込んでいます。細胞数として計算すると、1個の細胞から1本鎖に変性した相同染色体が4本放出されますので、20本の相同染色体が含まれるDNA量というのは5個の細胞が含まれる量となります。

4.2.アガロースゲル内でのゲノム増幅反応

DNAの埋め込まれたゲルは、中性緩衝液に浸してpHを調整してからゲノム増幅反応を行います。アガロースゲルの孔は埋め込まれたDNAにとって小さく外部への漏出を妨げますが、酵素タンパク質にとっては十分に大きく拡散による出入りが可能です。これまでもゲルの内部での酵素反応は制限酵素⁷⁾やタンパク質分解酵素⁸⁾等で行われてきています。私どものゲノム増幅反応ではPhi29 DNAポリメラーゼ⁹⁾と6塩基ランダム配列プライマーを用いて、埋め込まれたDNAの塩基配列に関わらず全て増幅します。反応液量はゲル容量の2倍程度で設定しています。反応は30°Cに設定した振とう恒温装置内で小刻みな振動(200rpm)を加えながら16時間ほど保つことを行います。増幅反応後にDNA染色用蛍光試薬でゲルを処理した画像の例を図2に示します。

PCR反応のような温度サイクルを必要としないのは、使用しているPhi29 DNAポリメラーゼに鎖置換活性があ

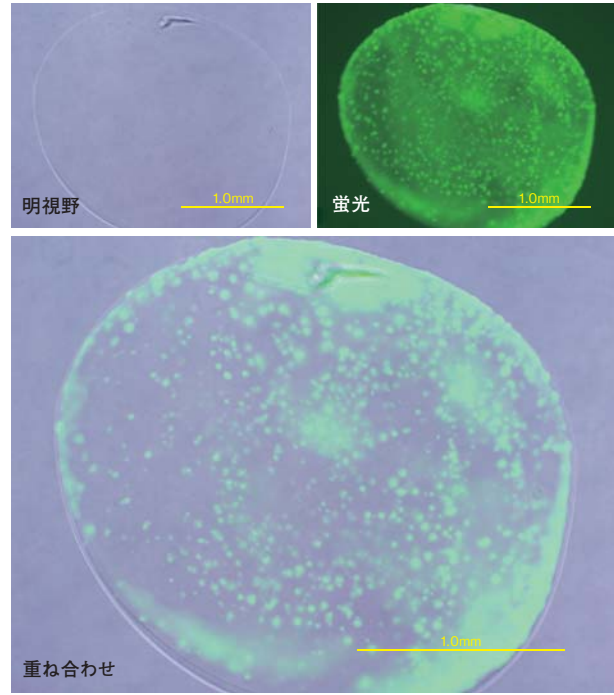


図2:ゲノム増幅反応後のゲル画像。DNA特異的に結合する試薬(PicoGreen 1)を用いてゲル内のDNAを蛍光染色してから顕微鏡観察を行った。増幅されたDNAがゲル内でコロニー状に存在していることがわかる。

るためです。鎖置換活性とは鋳型DNAに相補的なDNA鎖を合成していく過程で伸長方向に2本鎖領域がある場合、その鎖を解離しながら相補鎖合成を継続する酵素活性のことです(図3)。

反応温度を30℃に設定しているのはPhi29 DNAポリメラーゼの最適温度だからですが、この温度では途中でゲルを融解させることがないため都合です。反応中に加える振動はゲル内部でのバランス良い増幅を得るために必要です。なお、ゲル内に埋め込まれたDNAは16時間の反応後に10万倍ほどまで増幅されることが示されています。ゲノム増幅反応の後はDNAがゲル内に埋め込まれている必要が無いので、ミリQ水を添加後に加熱してゲルの融解を行います。ミリQ水の容量は冷却後に再ゲル化しないようにゲル容量の100倍と設定しており、これ以降はDNA溶液として通常の取り扱いができます。

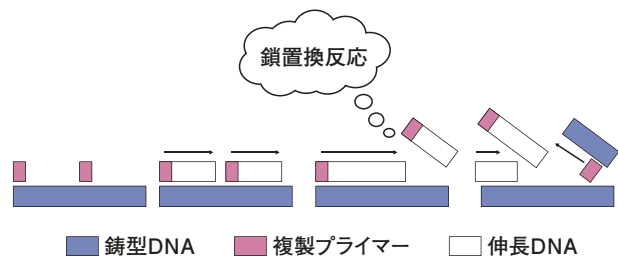


図3:鎖置換型DNA増幅反応のしくみ。後ろからDNAを伸長させてきた酵素が手前の2本鎖部分を引き剥がすことで反応を継続させる。引き剥がされたDNAは鋳型となり新たなプライマー伸長に利用される。

4.3.増幅産物の多型情報解析

ゲノム増幅反応の後に標的染色体を含む増幅産物をスクリーニングします。当グループでは増幅産物溶液の一部を用いてリアルタイムQPCR法により染色体マーカーの検出を行っています。標的遺伝子領域を含むことが判明した増幅産物の多型情報を解析することでハプロタイプを同定します。当グループでは独自に開発した可視型DNAチップ(文献10、11、12)を用いて複数の多型を同時に解析しています(図4)。

5.今後の展望

最近のゲノム配列の解読にはいわゆる次世代ゲノム塩基配列決定法が使われています。次世代ゲノム塩基配列決定法では大量並行塩基配列決定技術(massive parallel sequencing technology)が利用されており、一気に個人ゲノムデータベースの構築と、遺伝子の病気であるがんのゲノムデータベースの構築に向かうことが予想されます。本稿で紹介した技術は1度の実験によりゲノム全体をカバーするDNAライブラリーを作製することができ、その用途はハプロタイプ解析に留まらず、個人ゲノムの塩基配列決定にも利用できます。すなわち、igMDA法を用いて染色体分離した後、次世代ゲノム塩基配列決定法により2本の相同染色体に対応する2組の完全な塩基配列データを得ることが可能です。この方法では数百人規模の集団を解析するには実験作業が複雑なので各実験ステップの自動化が必要ですが、近い将来疾病の遺伝的要因や、癌ゲノムの研究に応用できる技術であると考えています。

参考文献

- 1) Michikawa, Y, Sugahara, K, Suga, T, Ohtsuka, Y, Ishikawa, K, Ishikawa, A, Shiomi, N, Shiomi, T, Iwakawa, M, Imai T: In-gel multiple displacement amplification of long DNA fragments diluted to the single molecule level., *Anal Biochem*, 383: 151-158, 2008
- 2) Long, J. C. Williams, R. C. and Urbanek, M. An E-M algorithm and testing strategy for multiple-locus haplotypes, *Am. J. Hum. Genet.* 56, 799-810, 1995
- 3) Suga T, Ishikawa A, Kohda M, Otsuka Y, Yamada S, Yamamoto N, Shibamoto Y, Ogawa Y, Nomura K, Sho K, Omura M, Sekiguchi K, Kikuchi Y, Michikawa Y, Noda S, Sagara M, Ohashi J, Yoshinaga S, Mizoe J, Tsujii H, Iwakawa M, Imai T.: Haplotype-based

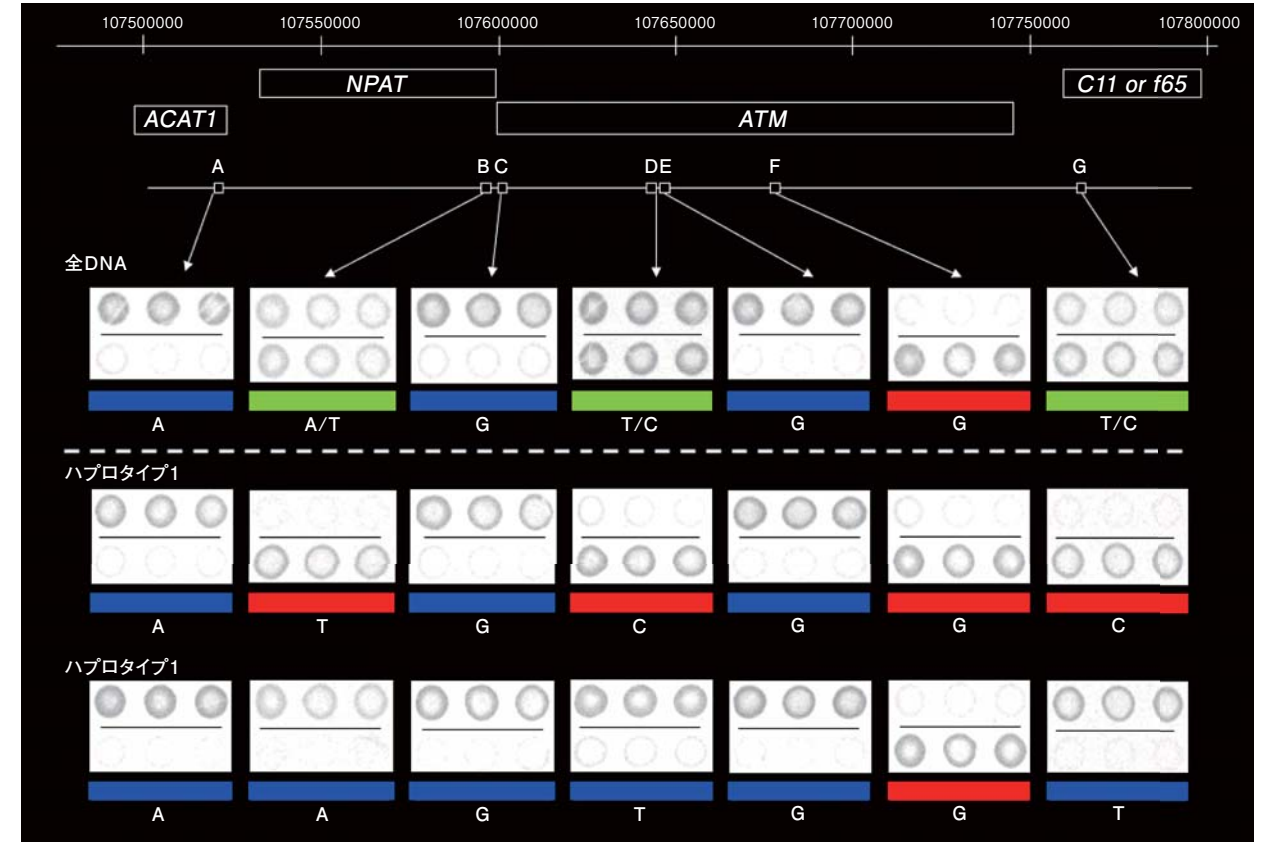


図4: ハプロタイプ解析例。乳癌患者から樹立されたEBウイルス不死化Bリンパ球細胞を用いて、11番染色体の毛細血管拡張症原因遺伝子ATMを含む240kbのハプロタイプを決定した。

analysis of genes associated with risk of adverse skin reactions after radiotherapy in breast cancer patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 69, 685-693, 2007

- 4) Ruano G, Kidd KK. Direct haplotyping of chromosomal segments from multiple heterozygotes via allele-specific PCR amplification. *Nucleic Acids Res.* 17, 8392, 1989
- 5) Burgtorf C, Keppler P, Hoehe M, Schmitt C, Reinhardt R, Lehrach H, Sauer S. Clone-based systematic haplotyping (CSH): a procedure for physical haplotyping of whole genomes. *Genome Res.* 13, 2717-2724, 2003
- 6) Zhang K, Zhu J, Shendure J, Porreca GJ, Aach JD, Mitra RD, Church GM. Long-range polony haplotyping of individual human chromosome molecules. *Nat Genet.* 38, 382-387, 2006
- 7) Imai, T and Olson, MV. Second-generation approach to the construction of yeast artificial-chromosome libraries. *Genomics* 8, 297-303, 1990
- 8) Rosenfeld J, Capdevielle J, Guillemot JC, Ferrara P. In-gel digestion of proteins for internal sequence

analysis after one- or two-dimensional gel electrophoresis. *Anal Biochem.* 203, 173-179, 1992

- 9) Dean FB, Nelson JR, Giesler TL, Lasken RS. Rapid amplification of plasmid and phage DNA using Phi 29 DNA polymerase and multiply-primed rolling circle amplification. *Genome Res.* 11, 1095-1099, 2001
- 10) Michikawa Y, Fujimoto K, Kinoshita K, Kawai S, Sugahara K, Suga T, Otsuka Y, Fujiwara K, Iwakawa M, Imai T. Reliable and fast allele-specific extension of 3'-LNA modified oligonucleotides covalently immobilized on a plastic base, combined with biotin-dUTP mediated optical detection. *Anal. Sci.* 22, 1537-1545, 2006
- 11) Michikawa, Y, Suga, T, Ohtsuka, Y, Matsumoto, I, Ishikawa, A, Ishikawa, K, Iwakawa, M, Imai, T. Visible genotype sensor array, *Sensors*, 8, 2722-2735, 2008
- 12) 道川 祐市、菅 智、石川 敦子、大塚 好美、松本 いづみ、石川 顕一、岩川 真由美、今井 高志: ヒト放射線感受性遺伝子多型を短時間で簡便に解析する、*放射線科学*, 51, 24-29, 2008

炭素線放射線治療における NIRS-ETOILE合同シンポジウム2009

2009年3月16-17日、リヨン、フランス

重粒子医学センター 運営企画室 国際オープンラボラトリー運営室
伴 貞幸
企画部 人材育成・交流課 国際係 伊藤 悦子 加藤 かつ子
理事 辻井 博彦



伴 貞幸 (Sadayuki Ban)



写真1: シンポジウム会場となったValpré Lyonの外観

はじめに

放射線医学総合研究所（放医研）は、これまでに蓄積された臨床研究成果をもとに重粒子線治療の国際的な普及をはかるとともに、世界的な重粒子線治療ネットワークを構築することにより臨床情報の交流を進め、より高度な研究開発への取り組みを進めています。これらの活動は文部科学省独立行政法人評価委員会、国際機関あるいは国内外の研究機関から高い評価を得ています。

重粒子線治療の国際的な普及を図ることを目的に、今までに、

- (1)「NIRS-MedAustron Joint Symposium on Carbon Ion Therapy in Cancer」、25-26 February, 2006, Medical University of Innsbruck, Innsbruck, Austria;
 - (2)「NIRS-CNAO Joint Symposium on Carbon Ion Radiotherapy」、27-28 November, 2006, CNAO Foundation, Milan, Italy、(報告記:放射線科学2007年3月号113-118ページ);
 - (3)「NIRS-MD Anderson Symposium on Clinical Issues for Particle Therapy」、21-22 March, 2008, Houston, USA、(報告記:放射線科学2008年4月号30-35ページ);
- と3回のシンポジウムを開催し、大きな成果を収めました。

背景


放医研では、1975年11月に速中性子線によるがん治療が、1979年10月からは陽子線治療が開始されました。しかし、速中性子線および陽子線による治療では「がん」の種類によって治療成績に大きな差があり、特に深部がんでは良好な成績が得られない場合のあることが報告されました。そこで、炭素線の物理学的および生物学的特性を詳細に研究し、それらの結果、放医研では炭素線治療を行うことが決まりました。国の第1次対がん10ヵ年総合戦略の一環として、千葉における医療用重イオン加速器（HIMAC）の建設が計画され、約10年後の1993年11月にその完成を見ました。

種々の前臨床研究を経て、翌1994年6月からHIMACによる臨床応用が始まりました。したがって、本年はHIMAC臨床応用15周年を記念する年になります。

重粒子治療センターおよび病院が開設されるに伴い、治療患者数も飛躍的に伸びてきて、非常に良い治療成績が得られていることが明らかになってきました。その成果に基づいて、2003年11月には厚生労働省から「固形がんに対する重粒子線治療」という名称で高度先進医療に承認されました。

HIMACによる治療患者数は、2001年4月から始まった第1期中期計画の終了する2006年3月に2,800人を超え、第2期中期計画開始3年後（2008年6月）には4,000人を超え、本シンポジウムの開催前には4,500人を超えました。今年末までには5,000人を超えることが予想されています。

炭素線治療に対する評価は日本国内に留まらず、海外においても注目されています。特にヨーロッパ諸国における重粒子線がん治療に対する評価は高く、既に原子核実験用の重イオン加速器を用いて治療を開始しているドイツ・ダルムシュタットの重イオン科学研究所（GSI）が先導役となり、ドイツ（ハイデルベルグなど3ヶ所）、イタリア、オーストリア、フランスでは炭素イオン線を裏付ける治療を目指した新しい施設の建設計画が進行して



Joint Symposium on Carbon Ion Radiotherapy

March 16th and 17th, 2009
Valpré - 1, chemin de Chalin - 69131 Lyon/Ecully - France

Monday, March 16th, 2009			Tuesday, March 17th, 2009		
Opening remarks			Ion Beam Biology (Chair: JM. Moreau and R. Okayasu)		
08:30	ETOILE, a national Center in Rhône-Alpes	Officials	08:30	Radiobiology for a chordoma cell line UCH1	T. Kato
	Opening remarks by NIRS group	H. Tsuji	08:45	Molecular mechanisms of tumor cell radioresistance	C. Rodriguez-Lafresse
	Greetings from the Embassy of Japan in France		09:00	The mechanism behind the effective cell killing by high LET heavy ion irradiation	R. Okayasu
Present status of Etoile project and other plans (Chair: J. Balosso, H. Tsuji)			09:15	Discussion	
09:00	Present status of ETOILE Centre development	J. Balosso	09:30	Biological effectiveness of mammalian cells exposed to heavy ion beams	Y. Furusawa
09:20	Brief introduction of plans in Japan	H. Tsuji	09:45	Modelization of the RBE: difficulties and needs for a new model	M. Beuve
09:40	ENLIGHT and related programmes for carbon ion therapy development	M. Dossanjh	10:00	Discussion	
10:00	General discussion		10:15 Coffee break		
	10:20 Coffee break		Ion Beam Physics (Chair: JM. Lagriel and K. Noda)		
Clinical Experiences at NIRS (Chair: P. Pommier, T. Kamada)			10:45	Current status of treatment delivery at HIMAC	M. Torikoshi
10:45	Overview of the National Institute of Radiological Sciences	S. Ban	11:05	The Project of New Treatment Facility at HIMAC	K. Noda
10:55	Overview of the carbon ion therapy at HIMAC	H. Tsuji	11:20	Cryogenic gantry: which problems remain to be solved	F. Kircher
11:25	Discussion		11:35	Discussion	
11:35	Skull Base Tumor	A. Hasegawa	11:50	New modalities of real-time control imaging for ion therapy	D. Dauvergne
11:50	Discussion		12:05	Analysis of Moving Target	S. Mori
12:10	12:10 Lunch		12:30	Discussion	
13:40	Head & Neck Tumor	J. Mizoe	12:35 Lunch		
13:55	Lung Cancer	M. Baba	New facilities (Chair: M. Dossanjh and J. Mizoe)		
14:10	Bone & Soft Tissue Sarcoma	T. Kamada	14:05	News from Gunma project - Gunma University at Maebashi	S. Yamada
14:25	Discussion		14:20	News from HIT at Heidelberg	T. Haberer
14:40	Hepatoma	H. Kato	14:35	News from CNAO at Pavia	S. Rossi
14:55	P/O rec Rectal Cancer	S. Yamada	14:50	News from Rhön Klinikum AG - University of Marburg	P. Grübling
15:10	Pancreas Cancer	H. Imada	15:05	News from MedAustron in Wiener-Neustadt	R. Mayer
15:25	Discussion		15:20	Discussion	
15:40	15:40 Coffee break		Closing remarks		
16:10	Uterine Cancer	S. Kato	15:35	Closing remarks	H. Tsuji
16:25	Prostate Cancer	H. Tsuji	15:45	Closing remarks	J. Balosso
16:40	Discussion		15:55 End		
General Discussion About Particle Clinical Study (Chair: J. Balosso, H. Tsuji)					
17:15	ETOILE way	P. Pommier	Organized by:		
17:30	GSI delayed results and HIT way	Pending	National Institute of Radiological Sciences, Japan and Centre ETOILE, France		
17:50	Discussion		Chair organizers: H. Tsuji, NIRS & J. Balosso, ETOILE		
	Off session discussion about ETOILE-NIRS cooperation				
	19:00 End				

Registration dead-line : february, 20th, 2009

Registration : www.centre-etoile.org/nirs-etoile/registration or www.nirs.go.jp/ENG/nirs.htm
Organizing Secretariat by e-mail to: comm@centre-etoile.org

写真2: シンポジウムプログラムの入ったポスター

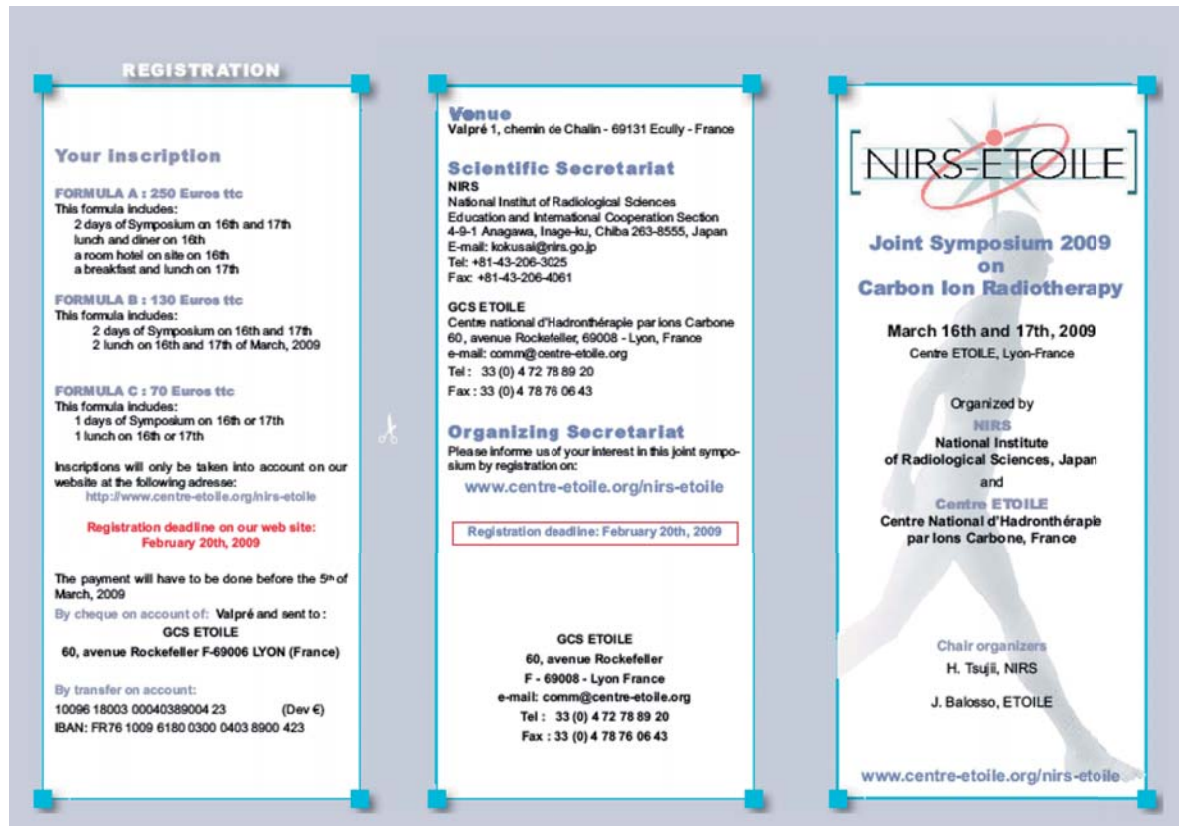


写真3: シンポジウムリーフレット

います。これらの施設の建設に科学的・医学的理由を付けることができるという意味からも、今回の ETOILE センター (Centre National d'Hadronthérapie par Ions Carbone) との合同シンポジウムの開催は、Innsbruck での第 1 回合同シンポジウムで既に提案されていました。

ETOILE センター

ETOILE プロジェクトは 2007 年初めから大きな進展を見せ、2008 年には GCS-ETOILE の最終目標としての ETOILE センターとなりました。当センターは、ローヌ・アルプス地方の 3 大学病院と 2 公立がんセンターからなる公立の共同構成体となっています。リヨンが中心となるこの地方には全フランス人の 10% が住み、個人当りの収入が最も高い地域とも言われています。2007 年 2 月にフランス保健省から、ETOILE プロジェクトを公式に開始するためのレターが授与されました。それから、(1) the Health Cooperation Grouping-ETOILE (GCS-ETOILE) と名付けられた法務部門が構成され、(2) APP と呼ばれる技術、財政、法律の専門家集団を雇用し、(3) 産官協力団 (PPP: a Private-Public Partnership) を通して財政的基盤を形成すると言う 3 段階を経て、フランス

経済財務省へ申請し、2008 年 2 月に入札過程が始まりました。2010 年始めには PPP 契約を締結し、2010 年末には ETOILE センターの建設を開始、2013 年末から 2014 年始めの間にはセンターで最初の患者治療を行う計画となっています。

シンポジウムの目的

粒子線の物理学的および生物学的研究から臨床にいたる知見・成績を放医研と欧州各国の専門家間で討論することにより、粒子線治療の有用性あるいは問題点を整理し、放射線治療の改善に関する今後の研究の指針に供することを目的としています。

シンポジウム

本シンポジウムは、放医研および ETOILE センターの主催で、リヨン市郊外の Valpré Lyon (写真 1) において、2009 年 3 月 16-17 日に開催されました (写真 2, 3)。

ETOILE センター側主催者の Jacques Balosso センター長と筆者 (辻井)、藤吉駐一書記官による開会の挨拶の後、両機関での基礎的研究成果 (組織線量測定技術、生物学的影響 等)、および種々のがんに対する治療成績等



写真4: シンポジウムでの演者一同



写真5: シンポジウム会場風景

に関する計 35 演題が討議されました (写真 4, 5)。

第 1 日目に、放医研における治療成績の報告がありました。まず、筆者 (伴) から放医研の概要が、筆者 (辻井) から HIMAC 施設での炭素線治療の概要が紹介されてから、部位別治療成績の報告がありました。

部位別各臨床成績は、最近の成果をまとめたものであり、非常に貴重な多くのデータが紹介されました。

長谷川安都佐先生からは、1997 年 4 月から 2008 年 8 月までに治療された頭蓋底および傍頭椎腫瘍 (skull base and paracervical tumors) 患者 53 人について、副作用は軽微で、非常に良好な治療成績であったことが報告されました。

溝江純悦先生からは、1997 年 4 月から 2008 年 8 月まで

に治療された 325 名の頭頸部腫瘍患者についての成績が報告されました。完全および部分縮小 (CR+PR) が観られたのは 57% であり、5 年生存率は 48% でした。他に、頭頸部での骨軟部組織腫瘍と悪性黒色腫患者についての治療成績も報告されました。

山本直敬先生は 159 名の肺癌患者への 1 回照射の結果を報告されました。1 回照射条件での局部制御率は線量依存性がみられ、5 年原病生存率は 62.5% と良好な成績が示されました。

骨軟部肉腫は比較的稀な疾患ですが、身体のいたるところで発生し、その発見と正確な診断は非常に困難であり、外科的手術では治療が極めて困難であることが知られています。鎌田正先生から、1996 年 6 月から 2008 年 8 月までに治療された 388 名の患者についての成績が報告されました。治療後 6 ヶ月以上の追跡調査が出来た 331 人の患者の 5 年生存率は 57% でした。この値は骨軟部肉腫治療としては極めて高い成績であり、骨軟部肉腫には重粒子線治療が最も適していることが示されました。

加藤博敏先生からは、1995 年 4 月から 2008 年 8 月までに治療した 261 名の肝細胞癌患者についての知見が報告されました。治療開始時期は 15 回の反復照射が行われていましたが、2003 年 4 月からは 2 回の分割照射での治療を行い非常に高い治療成績を上げることに成功しました。転移性腫瘍には 1 回照射が試みられており、この場合の制御率は線量依存性があったことが示されました。

山田滋先生からは、2001年4月から2008年2月までに治療を受けた100人の直腸癌患者についての報告が行われました。NCI-CTCスコアでのグレード3以上の急性障害は観察されませんでした。治療率は照射後1年目で97%、3年目で92%でした。また生存率は、3年後で71%、5年後で39%と非常に良い成績が得られています。

膀胱癌は予後の死亡率が極めて高い疾患であることはよく知られています。今田浩史先生は、2000年4月から2007年2月までに治療した69人の膀胱癌患者から得た知見を報告されました。膀胱癌は重粒子線による術前照射でも治療が難しく、1年生存率は43%（転移が無い場合には86%、転移がある場合は13%）でした。今田先生のグループでは、重粒子線と薬剤（Gemcitabine 1000mg/m²）との併用を試み、現在はデータの解析中です。

加藤真吾先生からは、1998年4月から2008年8月までに治療された45人の子宮腺癌患者の解析結果が報告されました。5年生存率は46%と良好でした。この値は、文献上での放射線治療成績よりもかなり高く、炭素線治療が子宮腺癌治療に有効であることが示唆されました。

辻比呂志先生は、重粒子線治療を受けた後、半年以上の追跡調査が可能であった542名の前立腺癌患者についての解析結果を報告しました。542名をPSA値、T-ステージ、GS値で評価したところ、320人が高リスク群、97人が低リスク群、125人が中間群でした。542人の5年生存率は95.1%で、死亡した15名全員が高リスク群に属していました。これらの結果は、前立腺癌は重粒子線治療に適した標的であることを示唆しています。20回分割照射後の生存率と16回分割照射後の生存率間に全く差がなかったことから、2007年9月からは16回分割照射治療が開始されています。

後で聞いたところによると、山本先生と今田先生は本シンポジウムが国際会議初デビューということでした。若い医師二人の今後の活躍が期待されます。

第2日目午前は、イオン線生物学とイオン線物理学について各5題ずつの報告がありました。

加藤宝光先生は、骨腫瘍組織から樹立された細胞(U-CH1)の放射線感受性を報告しました。U-CH1細胞は対象として用いた細胞(HeLa, U87-MG)よりも炭素線のRBEが高いことが示され、骨腫瘍は炭素線治療に適していることが示唆されました。U-CH1はwt p53を持っているのにG2/M停止が働かないようです。今後は、G2/M停止および染色体分配に関与する遺伝子群に突然

変異が無いかどうかをきっちりと調べれば面白い研究の展開が考えられます。

C. Rodriguez-Lafresse 先生 (Sante 大学) は、頭頸部癌(HNSCC)の放射線抵抗性機構について報告されました。放射線高感受性細胞 SCC61 と放射線抵抗性細胞 SQ20B に放射線(X線または炭素線)を照射すると各細胞に特異的な違いが観られました。SCC61細胞では照射後24時間目にはセラミド産生が見られ、このセラミドがアポトーシスを誘発することが観察されました。しかし、放射線照射されたSQ20B細胞ではアポトーシスが観察されず、G2/M停止が観察されました。HNSCCには‘がん幹細胞(CSC)’の存在が指摘されているので、今後はCSCが放射線抵抗性に関与するかどうかを調べる予定とのことで、今後の発展が期待されます。

岡安隆一先生は、ヒト前立腺癌由来細胞 DU145 とチャイニーズハムスター卵巣由来細胞 CHO に X 線または炭素線を照射し、DNA二本鎖切断の産生と消失を解析しました。炭素線(290MeV)誘発二本鎖切断は修復されにくいことが明らかにされました。現在は、放射線照射された細胞周期上での、相同組換え修復系と非同源末端結合修復系の働きを比較解析していることが報告されました。

古澤佳也先生は、チャイニーズハムスター肺由来細胞 V79 細胞に X 線または LET の異なるイオン線(3H, 12C, 20Ne)を照射後にコロニー形成法で線量-生存率を求め、細胞の生存率を10%に下げる線量でRBEを比較しました。LETが高くなるにしたがってRBEは上昇するが、200keV以上になるとRBEは減少することが示されました。今後は、ヒト由来細胞を用いて、分子レベルでの説明が要求されることです。

GSIでは、Local Effect Model (LEM)を用いてLET-RBEを検討しています、しかし、LEMがlow-LET領域とhigh-LET領域の両方をカバーすることが難しいことは以前から指摘されており、LEMの改訂版であるLEM II、LEM IIIが提案されてきました。

M. Beuve 先生 (Lyon 大学) は、実験データとLEMがどうしても合わない理由はLEMの原理にあることを提案されました。すなわち、LEMではX線ではLocal doseが均一だとする間違っただけに基づいています。しかし、実際には、low-LETでもartificial non-local effectsが誘発されていることが明らかになりました。Beuve先生は、電離放射線の物理学的および化学的特性を加味しての、LEMに変わる新しいモデルを考慮する必要があることを訴えられました。LEMの発案者であるScholz先生と激し

いやりとりがありました。

取越正己先生は、HIMACでの照射システム、線量測定の改善の歴史を概観されました。

野田耕司先生は、HIMACに隣接して建設が始められた新しい治療施設についての紹介をされました。

Cryogenic Gantryは通常のガントリーに比べてかなり小さくなっています。F. A. Kircher先生(CEA, フランス; CEAについては放射線科学2006年8月号271-279頁に紹介してあります)は、Cryogenic Gantryを設計する予備段階において技術上の問題は何も無いものの、懸案であったビームを90度曲げることが90° superconducting bending magnetを用いることによって解決することを紹介しました。

D. Dauvergne先生(Lyon大学)は、イオン線治療中の線量分布をリアルタイムで制御するための、現在進行中の研究を紹介されました。彼らの研究は様々な研究に波及し、例えば、TOF(Time of Flight)を用いることによってPETの改良が可能になりました。また、彼らは光子と粒子を分けるためのTOF情報を使う「prompt gamma detection method」を提案しました。この方法は検出効率とバックグラウンド軽減化をさらに改良すると思われます。

呼吸に伴い、標的が移動することは放射線治療の精度を上げる上での大きな問題点でした。標的移動の問題についての取組みと解決についての発表が森慎一郎先生からなされました。

第2日午後は、群馬大学と欧州で建設予定および建設途中にある新施設の紹介が行われました。



写真6: 昼食風景; フランスでは昼食時間が長い。美味しいワインもたっぷり。

山田聡先生(群馬大学)は、GMHC(Gunma-University Heavy-Ion Medical Center, 群馬)の建設が2007年2月に開始され、2009年3月までには完了することと、今年中にビームテストを行い、来年3月には治療を開始し、2017年までには最終目標の年間800人の治療を行うことを目指していることを報告しました。

T. Haberer博士からは、HIT(Heidelberg Therapy Center)の現況が紹介されました。HITが最初に提案されたのは1998年です。以降、GSIから全面的な支援を受けて、2004年に施設建設が始まり、2005年10月に加速器の設置が始まりました。2007年3月に治療室でのビーム照射が成功しました。HITの最終目的は、腫瘍ごとに低LETビーム(陽子線)と高LETビーム(炭素線、酸素線)を使い分けて、1年に1,000人以上の患者を治療することです。

P. Fossari博士からは、CNAO財団(Milan: 本財団については放射線科学2007年3月号113-118頁に紹介しました)の現状が報告されました。2004年7月22日にCNAO建設が承認され、2005年2月21日に建設地が決定されました。既に、施設建設を終え、本年春中には臨床前検討が、夏には種々の臨床試験が始まり、秋からは放射線生物学的研究と臨床試験が可能となる予定です。

P. Grubling博士は、Rhön-Klinikum AG Particle Therapy Center Marburg(ドイツ)の建設が2007年8月1日に始まり、昨年8月1日に加速器システムの設置が、10月1日には医療機器の据付が始まったことを報告しました。今年4月1日には建屋の建設が完了し、7月1日には治療室でのビーム取り出しが開始され、来年末には患者治療が開始される予定であることが報告されました。

R. Mayer博士からは、来年秋にMedAustron(Innsbruck, オーストリア)の建設が始まり、翌年秋には加速器とその他の施設の設置が始まり、2014年春から患者の治療を始める予定であることが紹介されました。

R. Kampf博士は、ドイツのSchleswig-Holstein大学医療センター(KielキャンパスとLübeckキャンパスの2箇所に分かれている)で粒子線治療の計画があることを報告しました。

J. Bourhis博士は、粒子線治療の普及、資源センター、粒子線治療の技術革新と研究、を目的としたARCHADE(Advanced Resource Center for HADrontherapy in Europe)構想を提案されました。2009-2012年に、250MeV陽子線および400MeV炭素線を出すサイクロトロンを開発を始め、技術・研究の推進を図り、2013年に

降は粒子線に関する研究、訓練を行う資源センターとして運営される予定であるということです。

最後に、筆者（辻井）と J. Balosso 博士から閉会の挨拶があって、シンポジウムは終了しました。

なお、本シンポジウムの内容は総ページ数 175 ページに及ぶ Proceedings of NIRS-ETIOLE Joint Symposium 2009 on Carbon Ion Radiotherapy (NIRS & ETIOLE, 2009, NIRS-M-218) に詳しく紹介されています。関心のある方は是非ご一読ください。

シンポジウム成果

シンポジウムの事前登録者数は表 1 のとおりで、当日登録者を含めると、参加者は 130 人前後であったようです。Dr. M.S. Gauer は、本シンポジウムの講演を聞くのを目的にインドから来たと言っていました。

本シンポジウムの様子は 12 紙の新聞に掲載され、それらの記事が筆者のところに届いています（写真 7）。テレビ放送局からも取材があり、16 日には 2 局の番組で Balosso センター長と筆者（辻井）が出演していました（写真 8）。このように、フランスのマスコミは本シンポジウムを大きく取り上げていることから本シンポジウムが大きな成果を挙げ、本シンポジウムの目的は十分に達成され

表 1: 本シンポジウムへの国別事前登録者数

国名	人数
フランス	69
日本	23
ドイツ	12
スイス	7
オーストリア	3
ベルギー	3
米国	3
イタリア	2
インド	1
オランダ	1
英国	1
合計	125

たと思われます。

現在、ETOILE センターが窓口となってフランスの患者を放医研に紹介するための覚書締結の要望があり、その準備を進めることになりました。本シンポジウムは治療面での国際貢献を進めるための画期的なスタートともなっていると思っています。

リヨン風景

リyonは古いたたずまいの美しい街です（写真 9-11）。



写真 9: フルビエールの丘から望むリyon市街



写真 10: 朝市の風景。市内を流れるソーヌ川のほとりにはたくさんの屋台が並ぶ。



写真 11: リyon旧市街の一角

分裂してしまい、壊滅的な打撃を受けました。1658 年にルイ 14 世がリyonに来て、町の修復、整備、建設を進めたことにより、リyonは見事に復興しました。その功績を讃えて、リyon市民の憩いの場であり、観光スポットの一つであるベルクール広場には馬上に跨るルイ 14 世像が建てられました。現在、リyonはフランス第 2 の都市として発展しており、国内で最も富裕層の多い地域となっています。

おわりに

放射線医学総合研究所では、2009 年 3 月中旬までに 4,500 以上の患者に対して炭素線治療を行っており、世界に類を見ない貴重な臨床データを蓄積しています。放医研の第 2 期中期計画には「重粒子線がん治療研究の成果を世界に発信し、かつ、その技術的優位性・先進性を保持することにより、重粒子線がん治療技術の国際展開を主導する」と明記されています。本シンポジウムは第 2 期中期計画の「重粒子線治療の国際化を目指す放医研の目的を達成する」ための極めて重要な使命を果たし、参加者全員は心に大きな土産を携えて無事に帰国しました（写真 12）。



写真 12: 本会合を滞りなく終え安堵し、シャルル・ド・ゴール空港で 帰国便の搭乗を待つ 4 人の加藤さん [待合ロビーで偶然に隣り合わせに座った加藤一族?; 左から、加藤宝光研究員、加藤真吾室長、筆者（加藤かつ子）、加藤博敏室長]

今回のシンポジウムの開催にご尽力された J. Barosso 先生を始め、素晴らしい成果を発表された演者の先生方、及び運営・進行に尽力された放医研人材育成・交流課国際係と重粒子医学センター運営企画室の皆様、Proceedings を編集していただいた重粒子医学センターの池田やよい氏に心よりの謝意を表します。

フランス政府観光局公式サイトによりますと、リyonの起源は紀元前 43 年にまで遡ります。この年に、シーザーの副将軍プランクスがフルビエールの丘にルグドゥヌム（リyonのラテン名）を建設したのが始まりとされています。以後、政治、宗教、商業の拠点として興亡盛衰を繰り返しましたが、16 世紀に起こった宗教戦争でリyonは

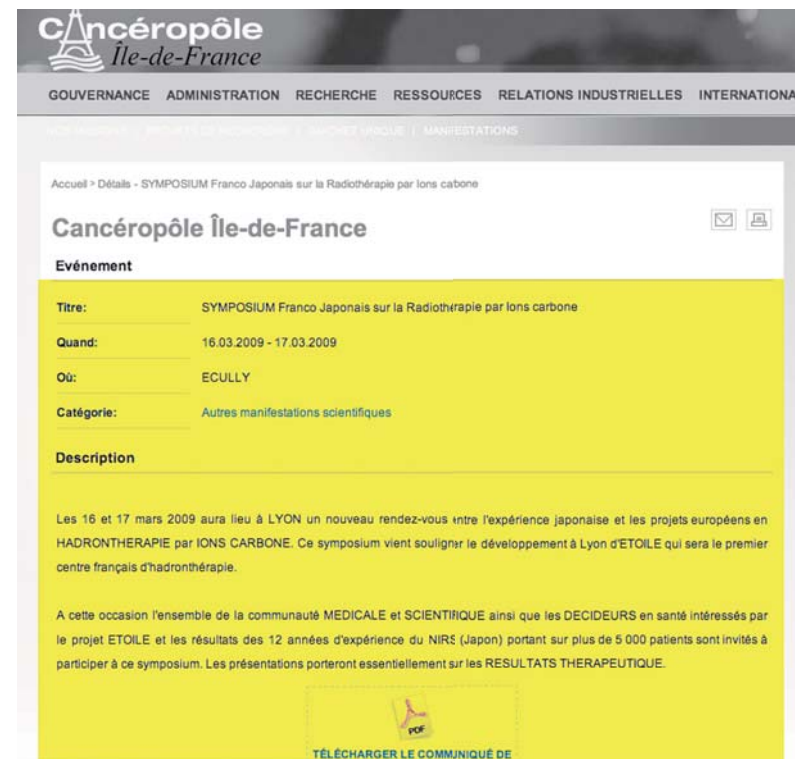


写真 7: Cancéropôle Ile-de-France 紙にシンポジウムが紹介された記事



写真 8: テレビ取材を受ける筆者（辻井）

消えたブラジルナッツ 市川龍資

ぼくが放医研現役時代のことだから、かなり以前になるが、放医研で毎年一回所内公開という行事を行っていた。もちろん今も行われている。或る年の公開の展示として放医研本館の玄関ロビーに机を置いて、その上にG.M.サーベイメータを置き、G.M.管を垂直に固定して、その下にブラジルナッツを粉末にしたものをシャーレに入れて置いてあった。サーベイメータはボンボンと音を出して一般人にも放射線を検知している様子が極めて理解し易いように工夫されていた。普通このような場合、材料に塩化カリの粉末を使って⁴⁰Kの放射線が出ていることを示す展示が行われる。それに比べて、ブラジルナッツという食品を使って見せたのは大変気がきいてると感心したことを記憶している。あれは誰の思いつきだったのだろうか。一般人向けの展示として優れていると思った。

ブラジルナッツというのは、日本ではビールや洋酒を飲むときのつまみとして使われていた。ナッツ類を色々混ぜたミクスドナッツというものによく混ぜられている場合が多かったと思う。最近あまり見かけないので、意識的に食料品店などを見かけると、入ってみてナッツ類をそろえてあるコーナーを探してみた。各種ナッツがそれぞれ表示された瓶に入れて並んでいるが、ブラジルナッツは見つからない。店員さんに尋ねてみたが、ありませんと答えられてしまった。

ブラジルナッツはラジウムすなわち²²⁶Raと²²⁸Raと両方を多く含む特殊な食品である。それゆえ、上述のようにG.M.サーベイメータで放射線のでていることを示す展示に恰好の材料になったのである。

ブラジルの北部地帯を西から東に流れ、大西洋に注ぐアマゾン川はナイル川やミシシッピ川と共に世界の大河の一つである。アマゾン川はペルーのアンデス山脈に源を発し、極めて多数の支流があって、その広大な流域は日本の国土の18倍もあるそうである。この広大な流域に熱帯降雨林が発達している。この森林地帯に注目すべき樹木が生育している。それがブラジルナッツの木(植物名 *Bertholletia excelsa*)で、アマゾン渓谷の多くの場

所に群をなして自生している。ブラジルナッツの木は大層大きな樹木であり、その果実も椰子の実に匹敵するくらい大きさという。果実の直径は10~15cmほどあり、堅い外殻を有し、その中に12~15個くらいのナッツが、ちょうどみかんを輪切りにしたときの横断面のように並んでいる。その一つ一つはざらざらした堅く厚い外皮に包まれ、その中に薄い皮でおおわれた黄色の果肉が存在している。

リオデジャネイロ国立大学生物物理学研究室のペンナ・フランカ教授はアマゾン川流域各地で採取したブラジルナッツに含まれる²²⁶Ra、²²⁸Raその他を測定した。両核種の濃度はおおそ同水準にあり、多数のサンプルの平均値は、1kgあたり数10ベクレルであったという。高いものは100ベクレルほどあったそうである。普通の食品中のラジウム濃度は極めて低く、日本の各種食品のラジウム濃度の測定値をみると、大部分は定量できるレベル以下であり、最も高いものでも1kgあたり数ベクレル程度である。

それ故ブラジルナッツのラジウム濃度が他の食品に比べて抜きんでて高いことがわかる。

問題はその理由である。ペンナ・フランカ教授はアマゾン渓谷のブラジルナッツの生育している場所の土壤中ラジウム濃度を測定調査し、他の場所のそれと比較してみたが、特段に高いところは無く、一般的な土壌と同水準のラジウム濃度であることを確かめている。

このことから、ブラジルナッツの木が他の植物に比べて土壌中のラジウムをはるかに良く吸収し、ナッツの中に蓄積するという特別な性質があると推定される。

それにしても、ブラジルナッツがお店で見かけなくなったのは何故だろうか。どこへ行ってしまったのだろうか。放医研の所内公開の一般人向け展示物をつくるのに良い材料であろうと思われるが、残念である。

ICHIKAWA RYUSHI(元放医研科学研究官)



一斉に春色に包まれた正面玄関ロータリーの花壇

編集後記

読者の皆様、こんにちは。生き生きとした新緑の頃となり一年で最も過ごしやすい快適な季節になりました。毎号当研究所の機関誌「放射線科学」をご愛読頂きありがとうございます。新年度に入りましたので、編集委員会と事務局スタッフ一同、また新たな気持ちで本誌の企画・編集に励みたいと思います。

本年度最初の4月号は、[特集]として国際原子力機関(IAEA)における「核医学専門医の国際活動」および「原子力文献情報活動」について国際機関の活動報告を2編掲載しました。[最近の成果]としては「両親由来の染色体DNA断片を1分子レベルで個別に増幅する技術開発」を紹介しました。本成果は、遺伝性疾患の発症機構等につき安価で高精度な遺伝子解析が可能になるなど今後の医学の発展に寄与できるものと考えます。また[印象記]には、先の3月16~17日にフランス、リヨンで開催されました「炭素線放射線治療におけるNIRS-ETOILE合同シンポジウム2009」について執筆願いました。本シンポジウムでは、最新の重粒子線治療の取り組みや重粒子線治療の臨床研究成果の発表と活発な討議が行われましたので、これら内容を速報として掲載しました。

本誌はより多くの皆様にご覧頂けるよう当所HPに電子版をpdf形式で公開していますが、本電子版を読み易くする試みとして手に取って読んでいるような感覚の電子ブック化を行い掲載しました。読者の皆様には、本年度も引き続きご愛読頂きますようどうかよろしくお願いたします。(MO)

次号予告

最近の成果 1)「第五福竜丸事件と放射線教育への取り組み」

静岡大学理学部附属放射科学研究施設
宮澤 俊義 奥野 健二

2)「X線の線量供給と線量計測プロトコール」

基盤技術センター 研究基盤技術部 平岡 武

3)「天然抗酸化物質の化学修飾による新規活性酸素種・フリーラジカル消去物質の開発」

重粒子医科学センター 粒子線生物研究グループ 中西 郁夫

印象記 「第2回SPAICE会合報告」

基盤技術センター 研究基盤技術部 今関 等

【編集委員会】

委員長	酒井 一夫		
委員	内堀 幸夫	小橋 元	立崎 英夫
	白川 芳幸	菊池 達矢	鈴木 敏和
	高田 真志	長谷川純崇	杉森 裕樹
	玉手 和彦	神田 玲子	
	金澤 光隆	石井 伸昌	
事務局	岡本 正則		

放射線科学

第52巻 第4号

2009年4月15日発行

【編集・発行】

独立行政法人 放射線医学総合研究所
〒263-8555 千葉市稲毛区穴川4-9-1
電話 043(206) 3026 Fax.043(206) 4062 Eメール info@nirs.go.jp
本誌 URL:http://www.nirs.go.jp/info/report/rs-sci/index.shtml
(禁無断転載)



<http://www.nirs.go.jp>