

社会インフラ予防保全 コンクリート内損傷の透視@RANS

—非破壊検査法でインフラ利用者の安全を守る—

中性子反射イメージング

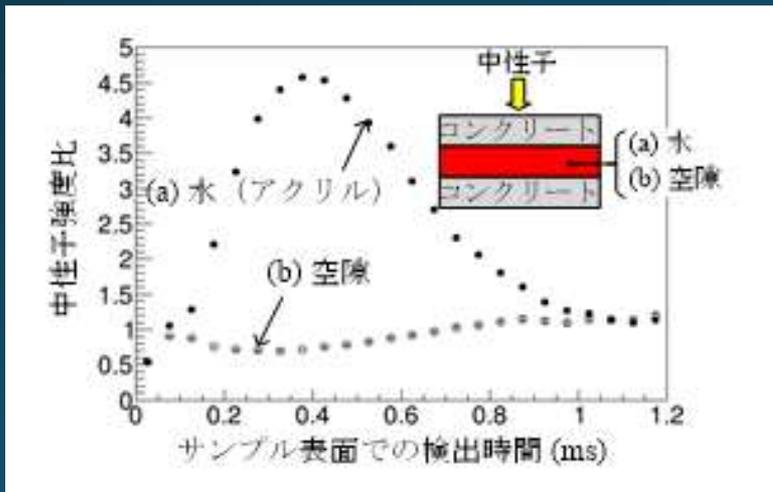
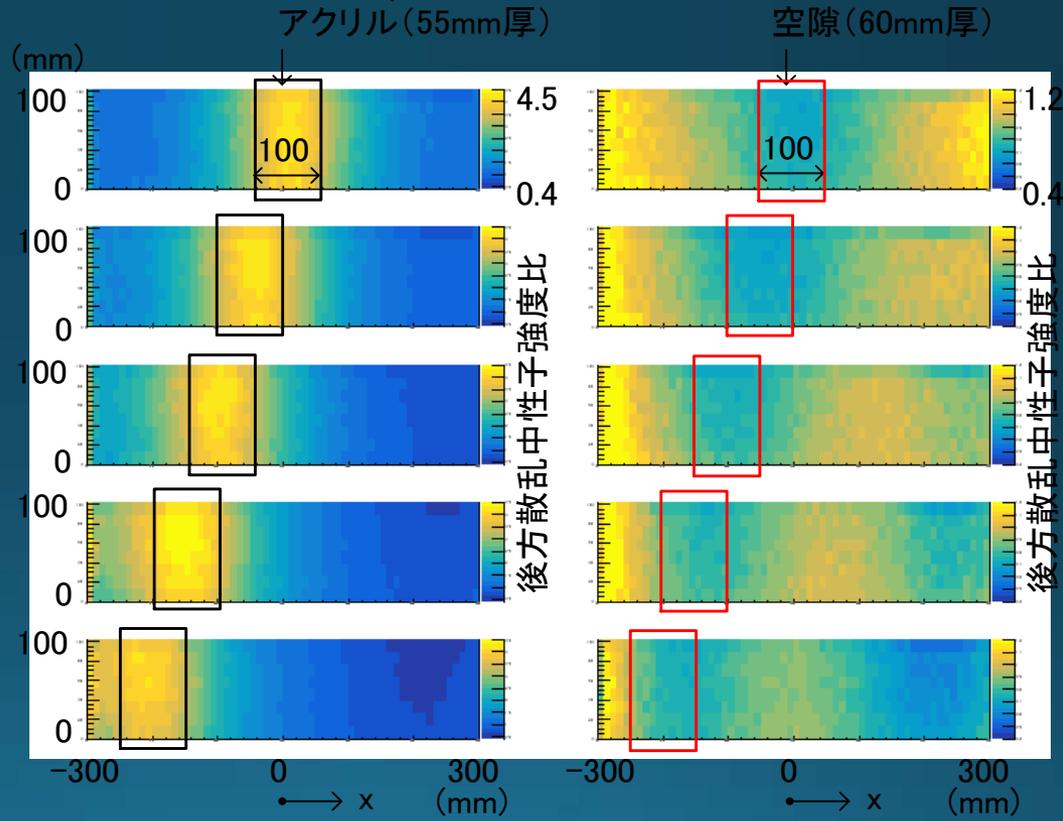
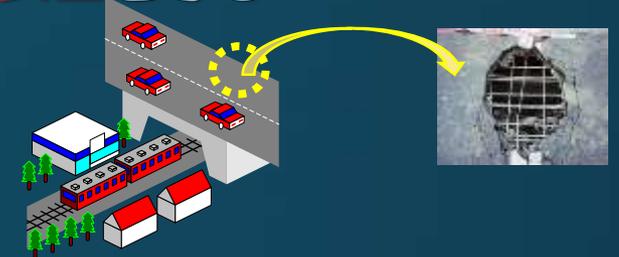
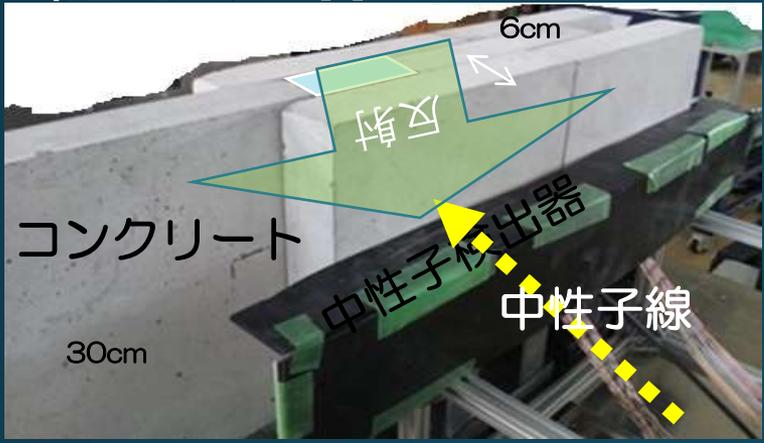


図-6 表面から放射する後方散乱中性子強度を標準状態で規格化した強度比の時間分布

検出面の後方散乱中性子強度比の分布 (計測タイミング0.2~0.6ms)

鉄鋼材料研究

結晶配向(テクスチャー)

結晶相の定量化

介在物の同定

溶接部の検査

日本刀の結晶組織構造研究

結晶配向(集合組織)の測定

高張力鋼の開発：軽い自動車を作るための材料 @RANS 2014

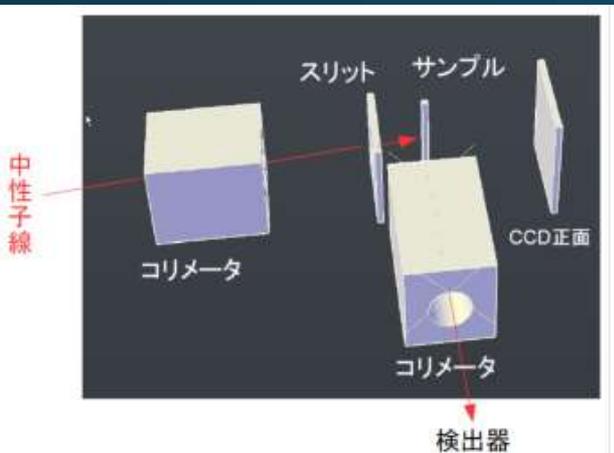
集合組織

結晶塑性変形理論

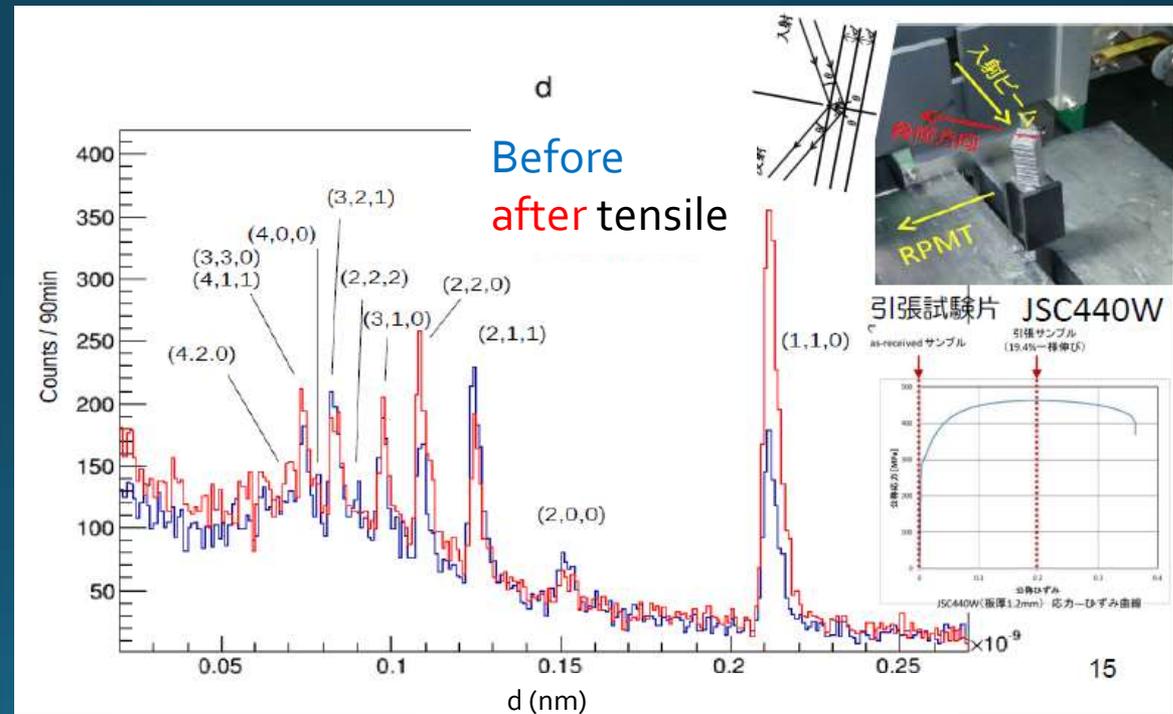
鉄鋼の力学特性

Dr.Y.Ikeda,
Dr.M.Takamura
Dr. Otake

Dr.H.Suzuki(JAEA),
Dr.M.Kumagai (T.C.U)



実験配置



開発に必要な時にすぐ測定できることが重要:

小型中性子源で可能なことが実証された。

複相鋼中のオーステナイト相分率評価@RANS (加工性と靱性：高い企業ニーズ)

Quantitative measurement for austenite of dual-phase steel



SUS316 25%CR (FCC, Austenite, $\phi 10\text{mm}, w1\text{mm}$)

Annealed SM440A (BCC, Ferrite, 10mm^3)



RANS 回折実験より

実際の体積比

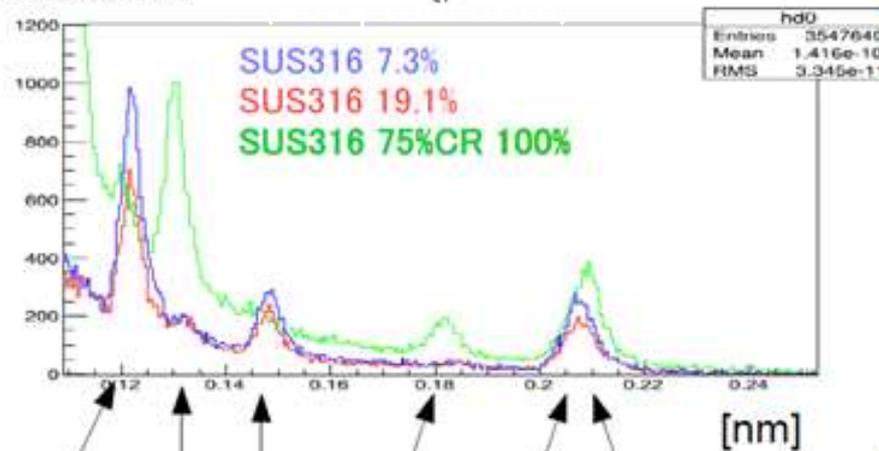
$6.7 \pm 0.8\%$

8.3%

$17.4 \pm 0.8\%$

19.1%

Counts/hour



Peaks of both textures are measured

オーステナイト量 相分率
約1%精度で一一致
→小型で残留オーステナイト
評価可能：材料開発加速

*Rietveld analyzed with Z-Rietveld
R. Oishi et al, Rietveld analysis software for J-PARC
Nucl. Instrum. Methods, A 600 (2009) 94–96

実験室 エックス線小角散乱 (SAXS) と中性子小角散乱 (SANS) の相補的利用@HUNS

Scattering intensity = $(\Delta\rho)^2 \times$ Number dens. \times (Volume \times Grain form factor) 2

Composition

Intensity factor

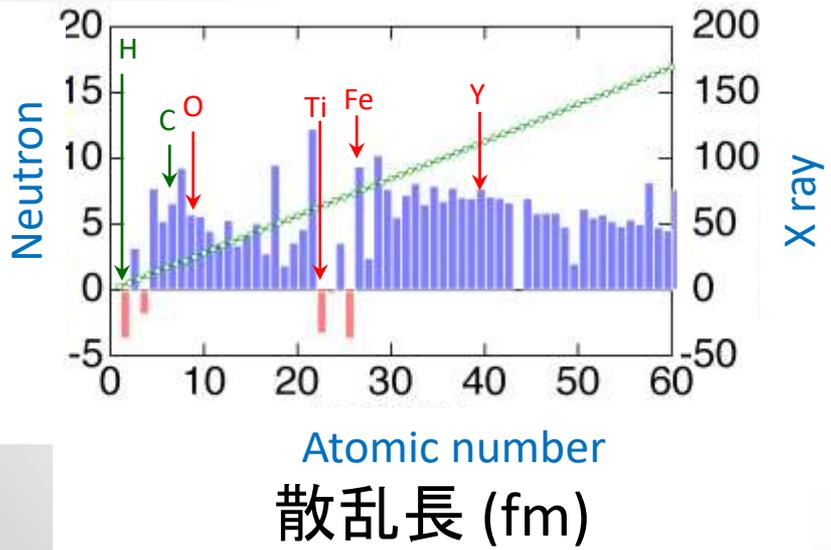
Common in X and N

Number density and composition will be separated

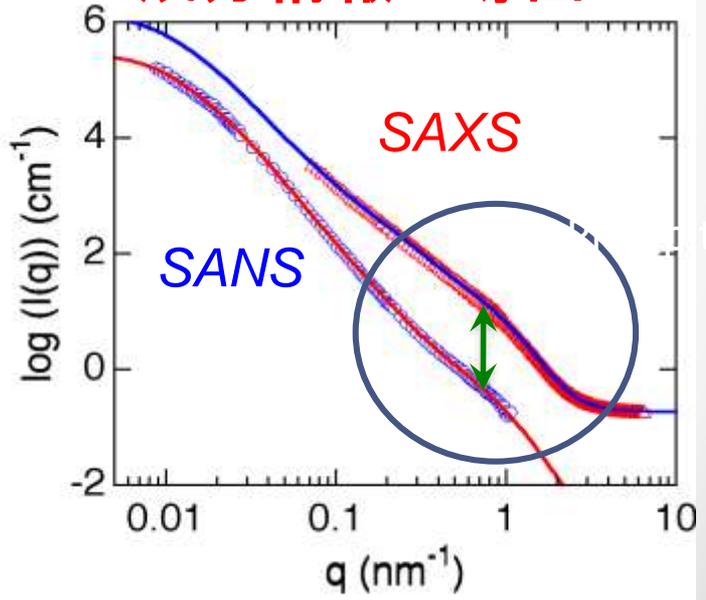
N/X cancel out material structure parameter

$\Delta\rho = \rho - \rho_{\text{matrix}}$ $r = \sum_i \hat{a}_i n^a c_i^a b_i$

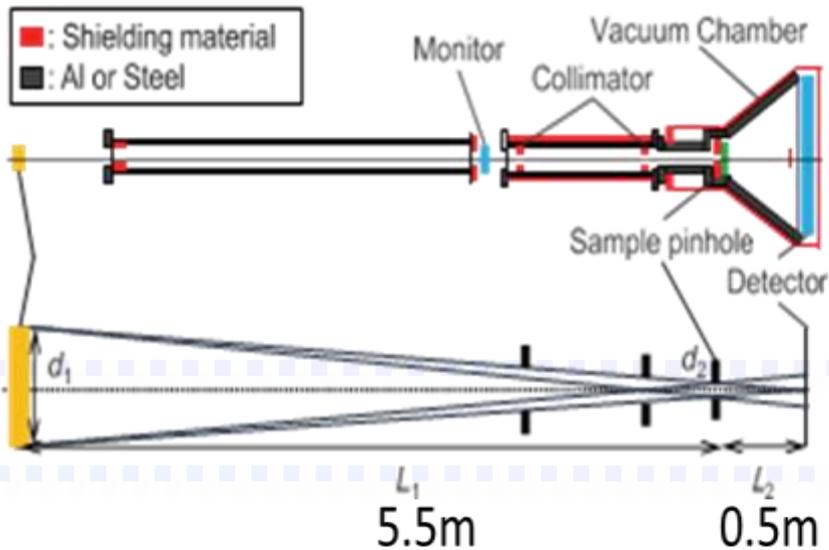
中性子とエックス線の散乱強度差



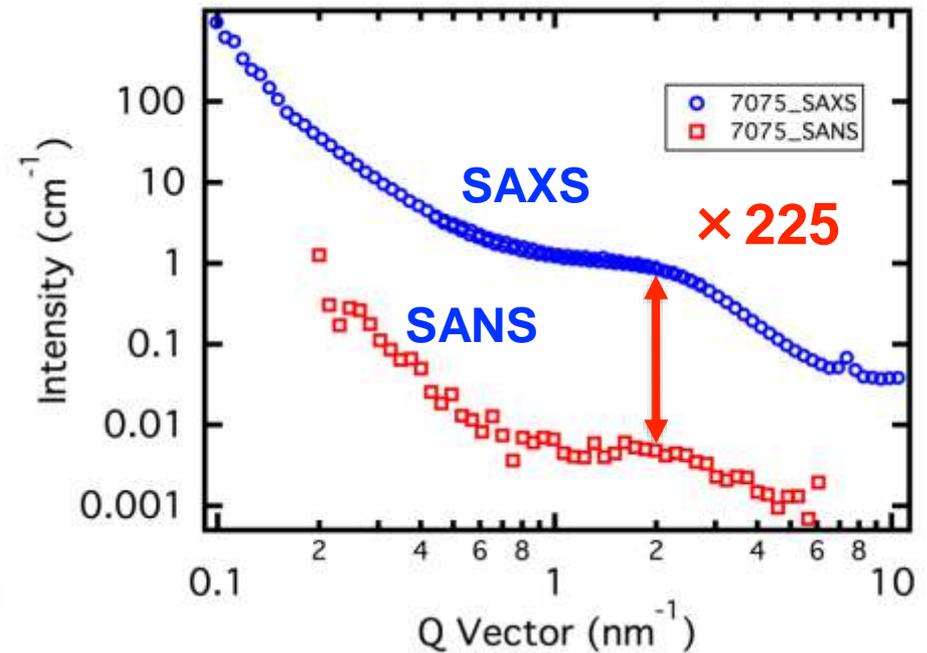
成分情報の導出



iANS, 中角散乱装置



Al alloys: 7000 series



Precipitates are **TiCMgZn₂: 230**

(補足: 新手法) パルス中性子イメージング

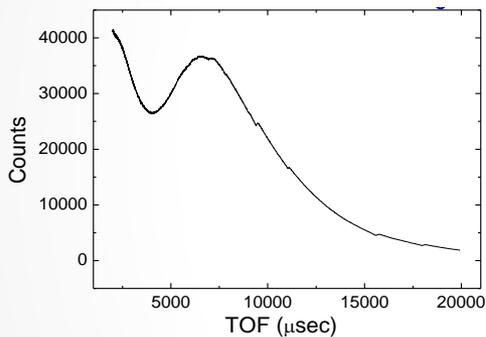


ブラッグエッジ

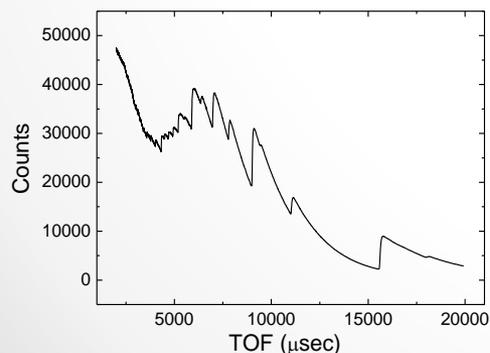
ブラッグの法則

$$\lambda = 2d_{hkl} \times \sin \theta$$

入射中性子 I_0



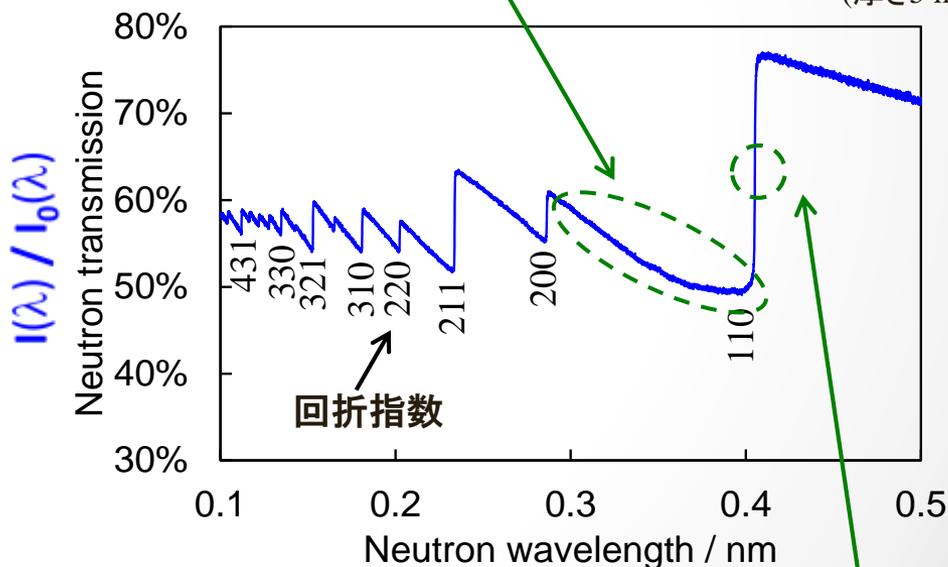
透過中性子 I



形状変化 & 強度増加(多重回折)

- 集合組織(選択配向)
- 結晶子サイズ

α -Feのブラッグエッジ例
(厚さ5 mm)



エッジパターン(位置 & 高さ)

- 結晶構造
- 結晶相

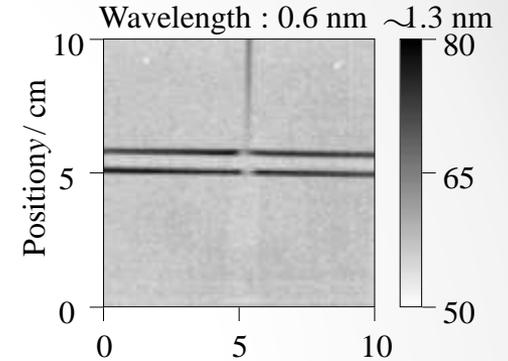
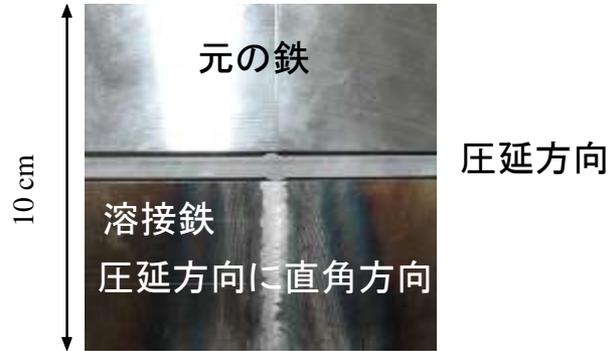
エッジ出現波長

- 結晶格子面間隔

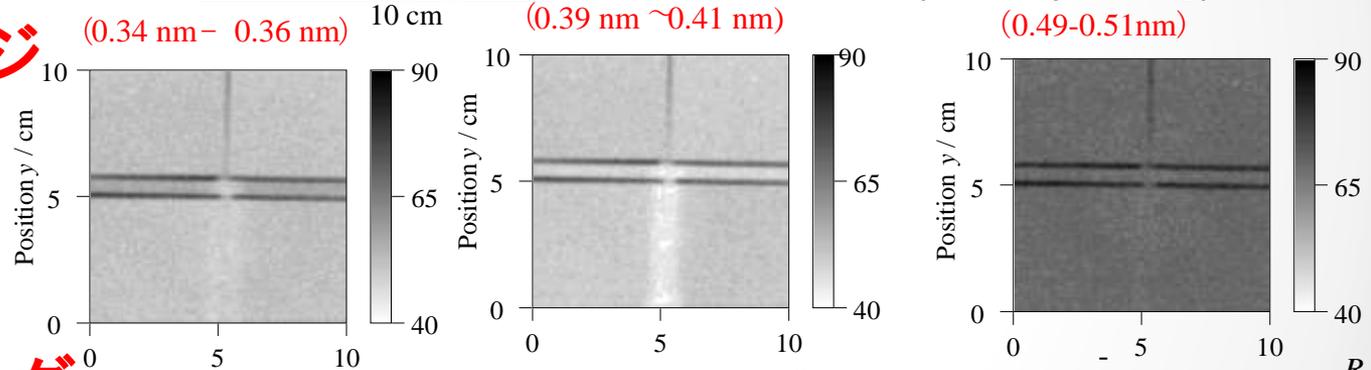
溶接鉄の結晶組織構造@HUNS

1. 透過強度イメージ (広いエネルギー範囲)

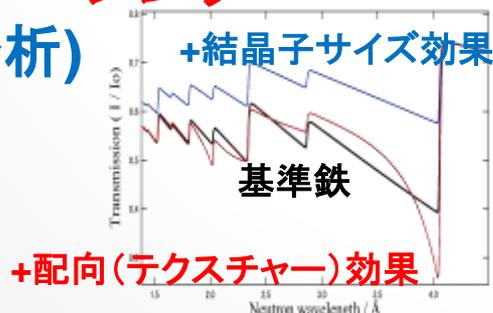
Thickness: 6 mm



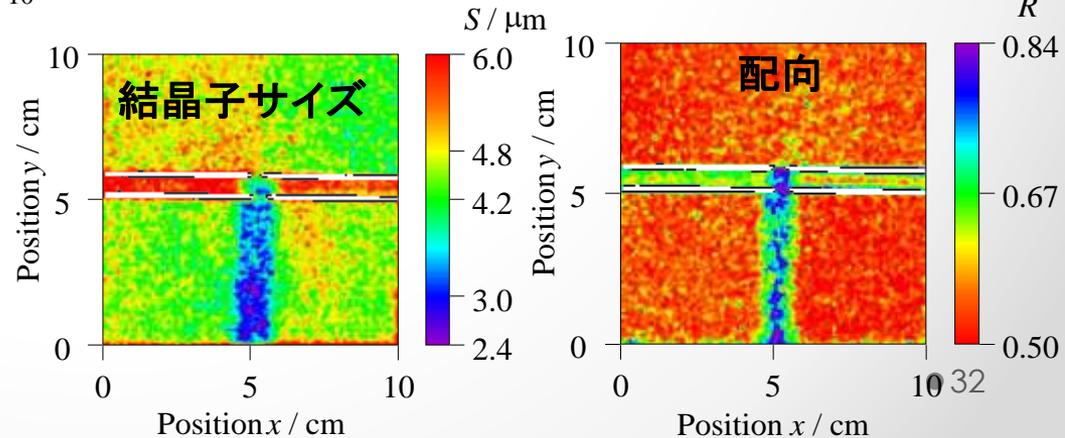
2. 透過強度イメージ (エネルギー選別)



3. 分光的イメージング (スペクトル分析)



波長依存透過率



日本刀研究

番号	種類	作者	時代	年	生産地	刃長	全長
1	太刀	盛景	室町	1356 - 1361	備前	75 cm	104 cm
2	太刀	則綱	室町	1405	備前	75 cm	97 cm
3	打刀	資正	室町	1504 - 1526	和泉	65.5 cm	79 cm
4	太刀?	正光	昭和	1964	福岡	73 cm	94 cm

① 盛景 Anh@島根大



② 則綱 佐藤@北大



③ 資正 及川@J-PARC



④ 正光 大前@名大



⑤ CT 松本@CROSS

盛景
資正
正光

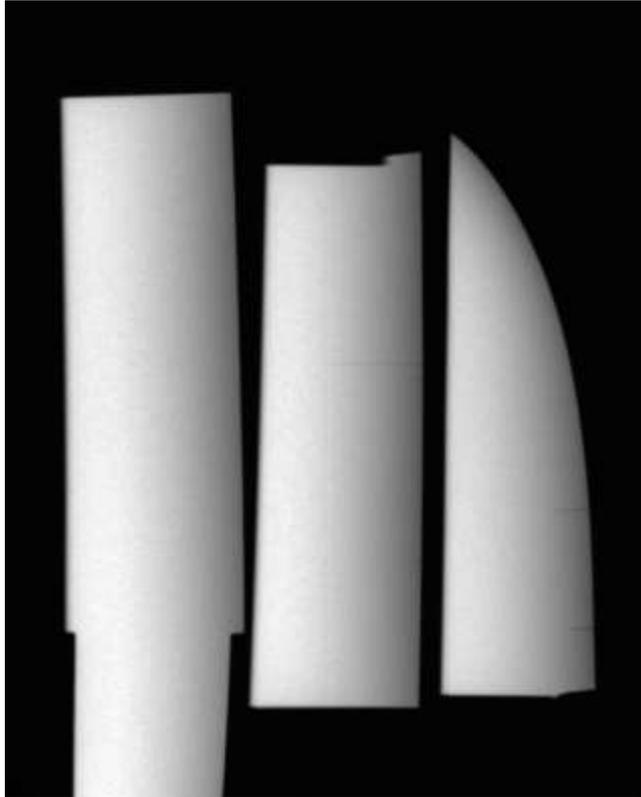
(和鋼博物館所蔵)

北大、J-PARC、名大、島根大の共同研究

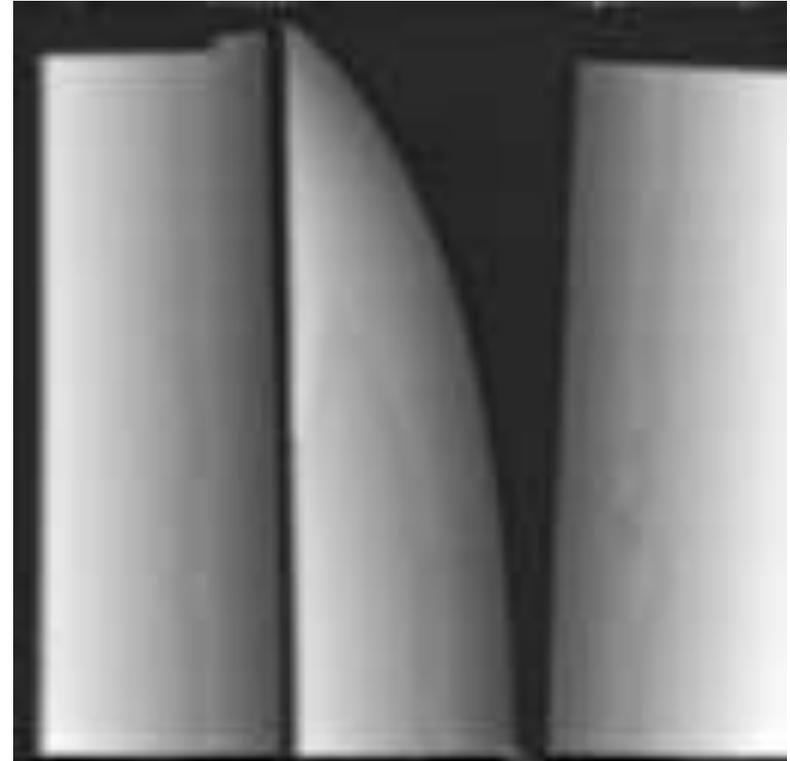
X線と中性子による透過イメージの違い

$-\log(T)$: Attenuation intensity

X-ray (86.6 kV, 1mA, 60ms \times 5times)



Neutron (over all energy region)



※X ray: FPD (Dexela 1512N)

Pixel Size (μm) 74.8

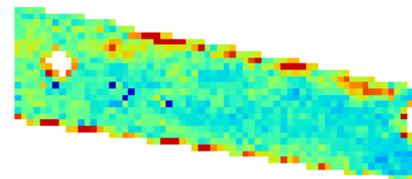
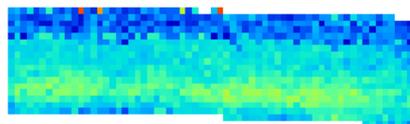
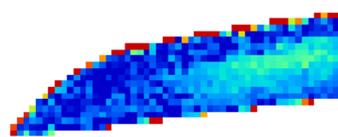
Sensitive Area (mm^2) 145.4 \times 114.9

Pixel Matrix (px) 1944 \times 1536

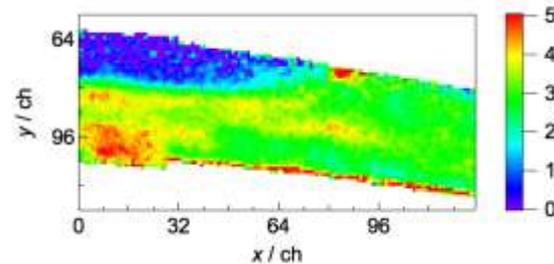
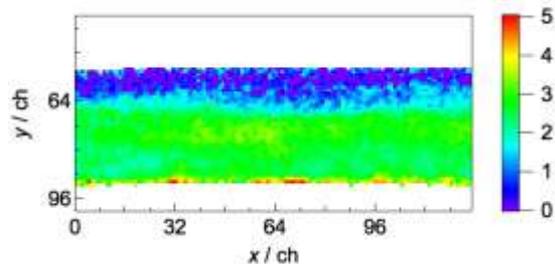
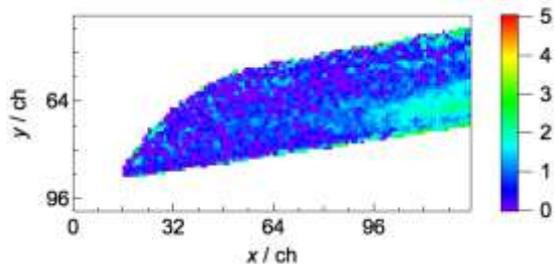
K. Watanabe @ Nagoya University

結晶子サイズ (μm) (最大スケール $5 \mu\text{m}$)

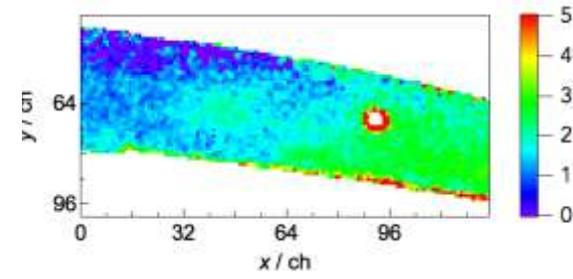
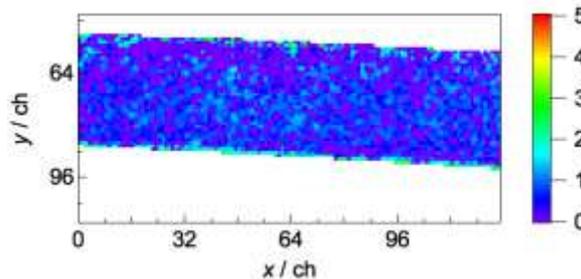
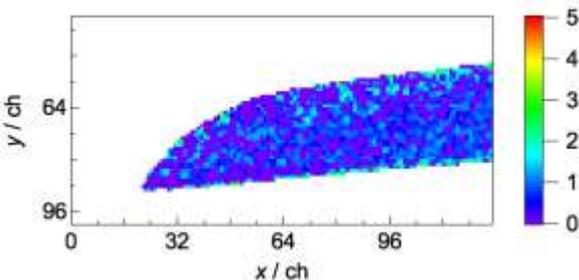
盛景(1356 ~1361)備前



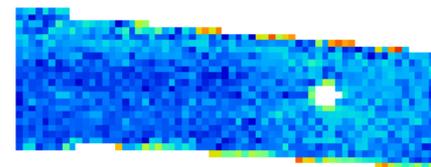
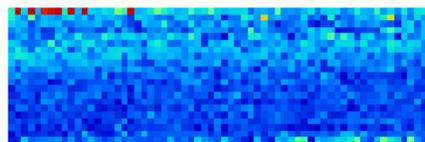
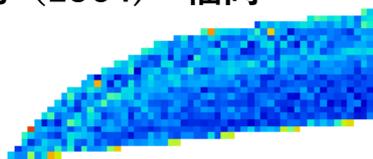
則綱(1405)備前



資正(1504 ~1526) 和泉

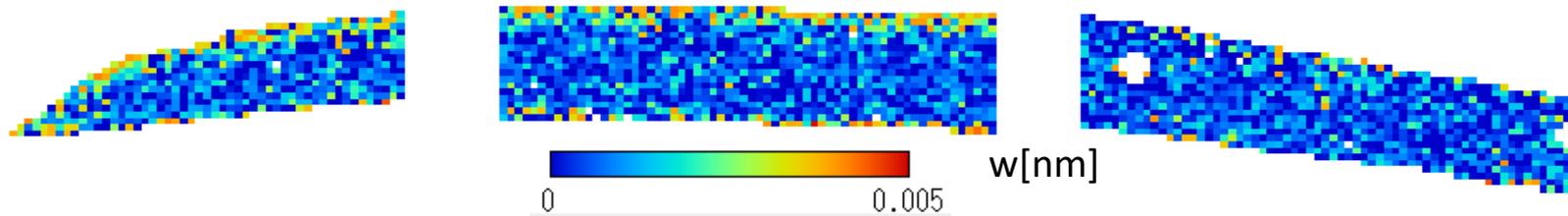


正光(1964) 福岡

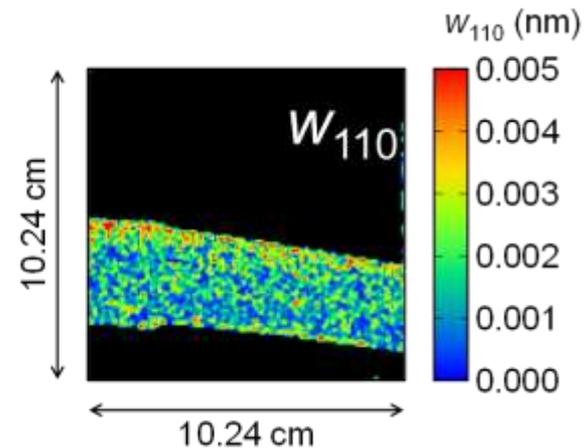
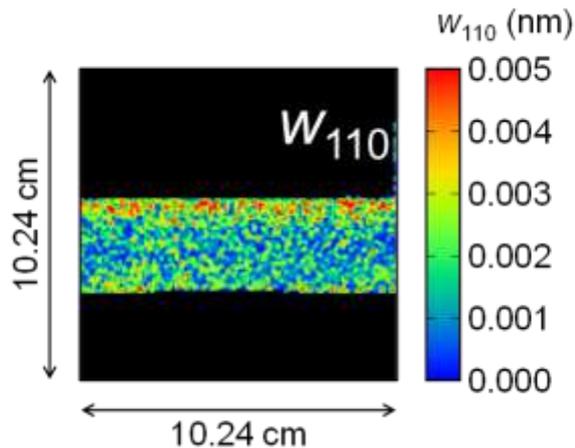
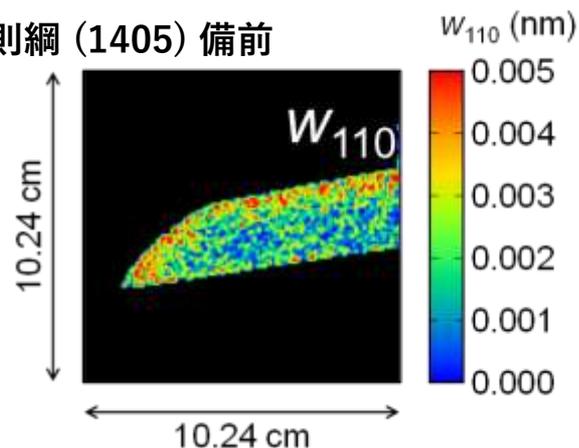


焼入れ部 (110面エッジ幅のブロードニング)

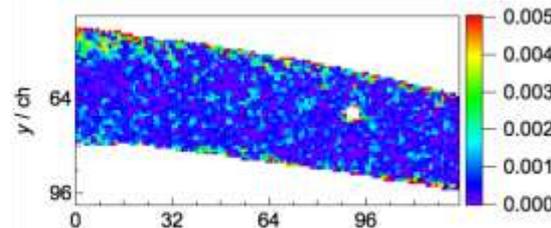
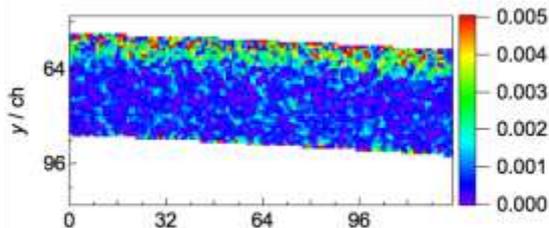
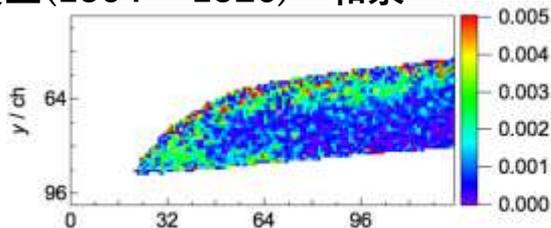
盛景(1356 ~1361)備前



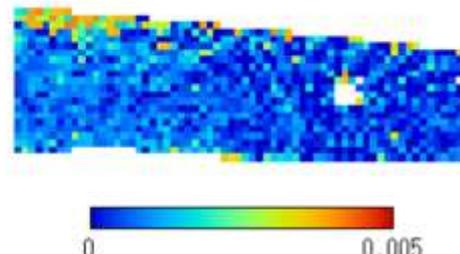
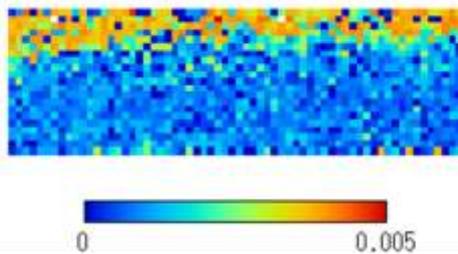
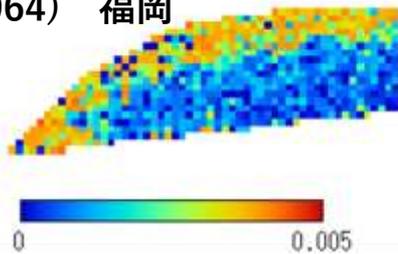
則綱 (1405) 備前



資正(1504 ~1526) 和泉



正光 (1964) 福岡



4. 産業応用

- ・水分測定

- ・油層探査

- ・Si照射

- ・ソフトウェア加速試験

 - NTTネットワークサービス研究所

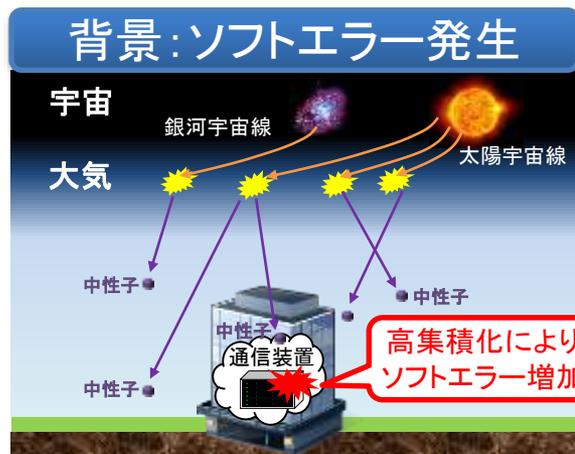
 - 名古屋大学

 - 北海道大学

小型加速器中性子源のソフトウェア試験への応用

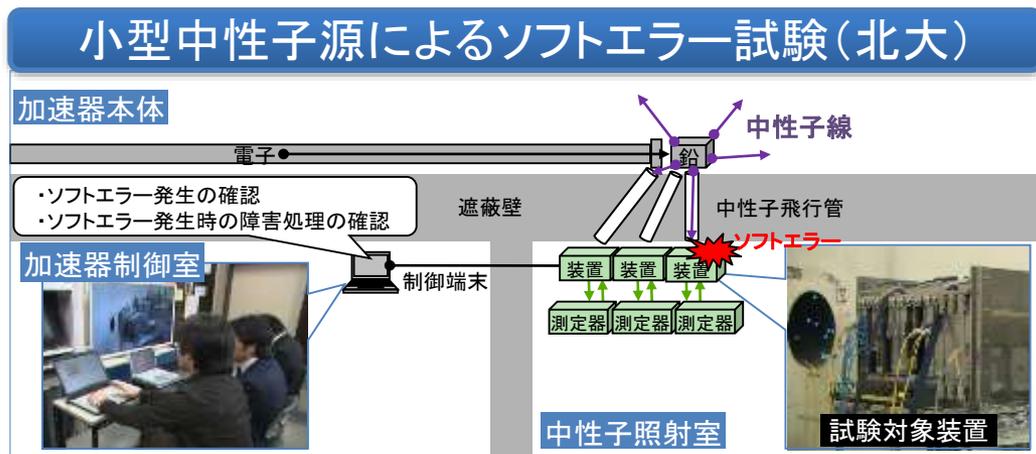
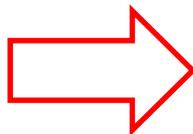
近年、半導体デバイスの高集積化が進み、宇宙線起因の中性子線によるソフトウェア※1が増加するリスクが高まっている。通信装置等の高信頼が要求される電子機器はソフトウェアの発生を考慮した設計が必須となっており、小型中性子源は効率的にソフトウェアを再現できる有用な開発ツールとなっている。

2016年12月、NTT-ATが小型加速器を用いてソフトウェアを再現させる『ソフトウェア試験サービス』の提供を開始した。さらに、2018年11月、国連専門機関であるITU-T※2にて小型中性子源を用いた通信装置のソフトウェア試験に関する国際標準が制定され、国際的にも注目されている。



場合によっては重大故障となり、社会的にも大きな影響を及ぼす可能性あり

ソフトウェア対策が必須



小型中性子源により今まで再現できなかったソフトウェアを再現
⇒重要インフラ設備等への影響を把握し、実導入前に対策ができる

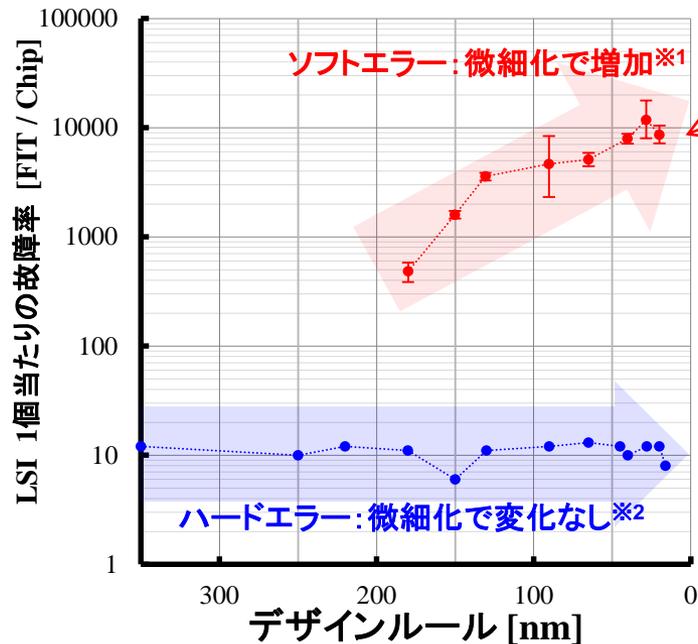
商用化『ソフトウェア試験サービスの提供開始』
国際標準化『通信装置のソフトウェア対策』

※1 ソフトエラー:永久的にデバイスが故障してしまうハードエラーとは異なり、一時的な故障でデバイスの再起動やデータの上書きによって回復する故障。
※2 ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector):国際電気通信連合

LSIデザインルールを微細化によって増加するソフトウェアエラー

LSIデザインルールの微細化によりソフトウェアエラーが急増している。永久に故障してしまうハードエラーの故障率は微細化では変化せず一定であるのに対し、ソフトウェアエラーは微細化で増加している。

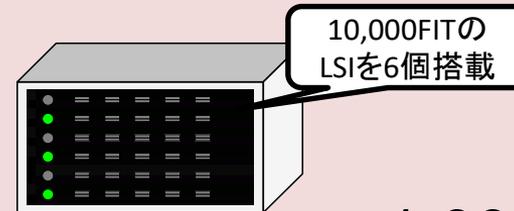
このような傾向から通信装置ではソフトウェアエラー対策が不可欠となっている。



LSIのハードエラーとソフトウェアエラーの故障率

(例) 故障率10,000FITのLSIを用いて通信装置を設計した場合

FIT: Failure in time 10億時間稼働させた時に発生する平均故障回数



通信装置 × 1,000台

10,000FITのLSIを6個搭載した通信装置を1,000台用いてネットワークを構成した場合

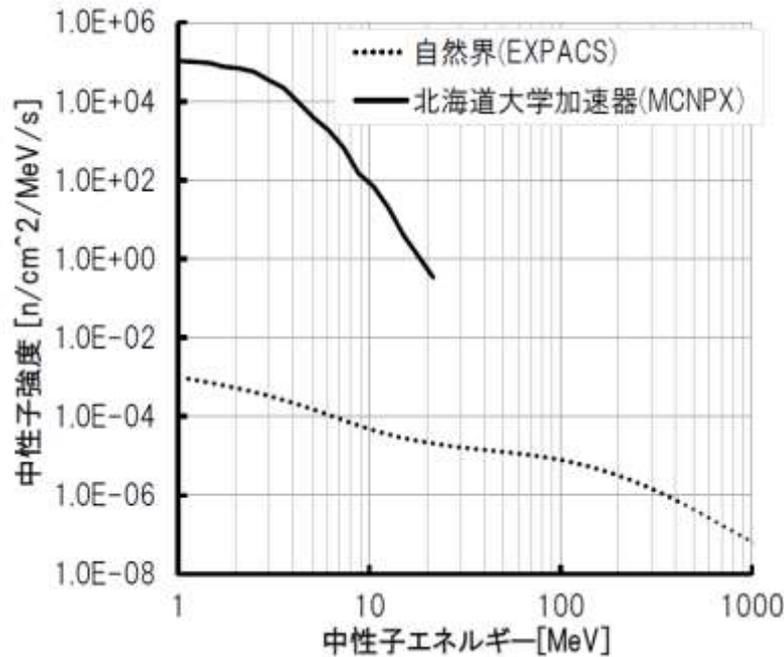
➡ **1日当たり1.5回**ソフトウェアエラーが発生

※1 ITU-T Suppl._to-K.131 <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.Supp11-201711-I>

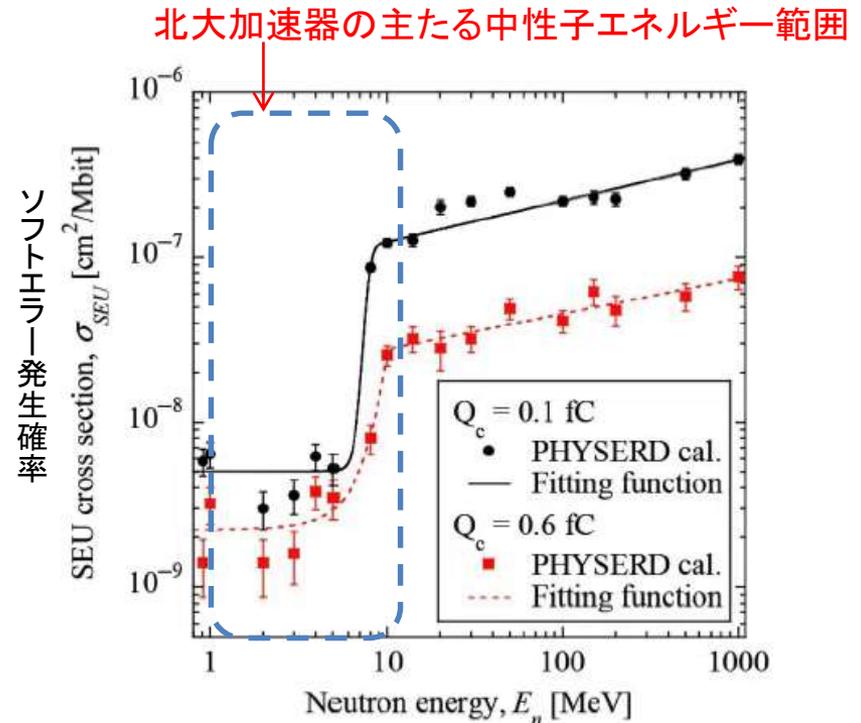
※2 Xilinx Device Reliability Report https://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug116.pdf

ソフトウェア発生数のシミュレーション予測と北大中性子源実験

ソフトウェア発生用の中性子源を設計し、シミュレーションを行った。
機器にもよるが数分～10分程度で発生すると予測



中性子エネルギースペクトル



エネルギーごとのソフトウェア発生確率*

シミュレーションより、数分～10分程度で発生

ソフトウェア試験ビジネス

既に、ソフトウェアを再現させるソフトウェア試験サービスがNTT-AT社より提供※1されており、様々な高信頼が必要な業界から試験を請け負っている。

本サービスは、住重アテックス株式会社が保有する18MeV陽子加速器を用いている。



メーカー/型式	住友重機械工業製 / CYPRIS370
加速粒子	陽子
加速エネルギー	18MeV
加速器サイズ	2.4m × 1.8m × 2.0m

通信装置のソフトエラー対策、ITU-T国際標準制定

2018年11月13日、国連専門機関であるITU-T(国際電気通信連合、電気通信標準化部門)において、宇宙線が主たる原因である地上の通信装置のソフトエラー対策に関する設計・試験・評価の方法および品質基準を定めた国際標準が制定された。

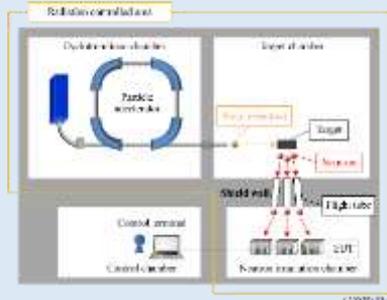
本国際標準の制定に向け日本電信電話株式会社、富士通株式会社、株式会社日立製作所、日本電気株式会社、沖電気工業株式会社は、一般社団法人情報通信技術委員会に開設された「通信装置のソフトエラーに関する標準化Adhoc」(以下、SOET_Adhoc : Soft error testing Adhoc)において共同で国際標準案を起草し、ITU-T SG5会合ではOrangeとともに勧告化を推進。

K.124(概要編)

- ① 粒子放射線により発生するソフトエラーの影響
- ② ソフトエラー対策としての設計方法に関する概要

K.130(試験編)

- ① 通信装置のソフトエラー試験をするための加速器施設の要件

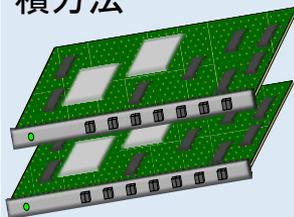


- ② 加速器を用いた中性子照射試験方法



K.131(設計編)

- ① ソフトエラー発生率の見積方法



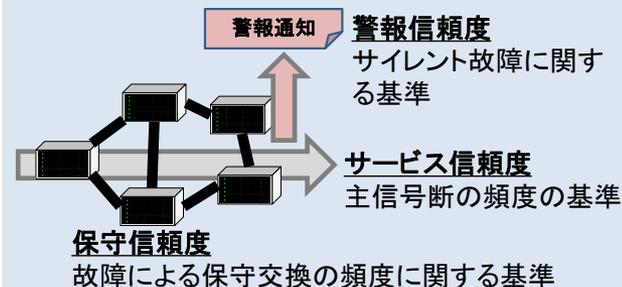
- ② 対策箇所抽出方法
- ③ 対策例と効果とその注意点

K Suppl. 11(補足編)

- ① FPGAのためのソフトエラー対策

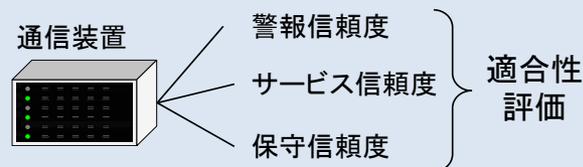
K.139(基準編)

- ① 信頼度要求基準値の定義



K.138(評価編)

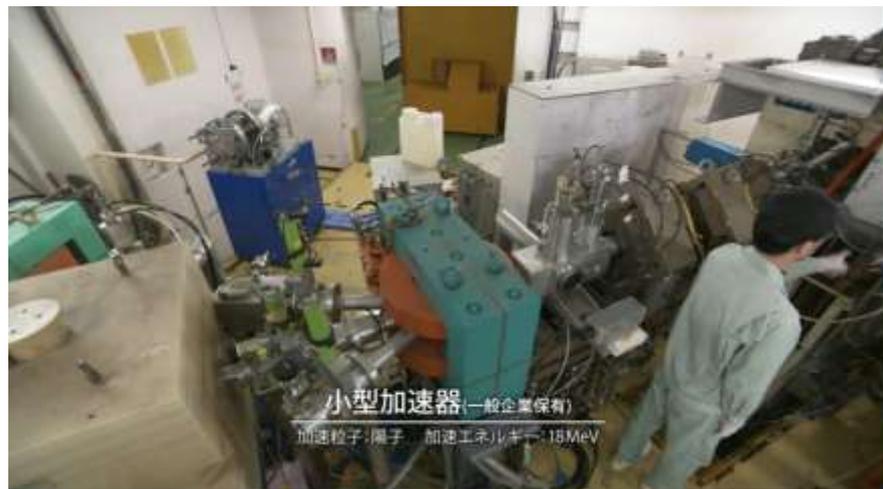
- ① 信頼度要求基準の評価方法



ソフトウェアに関する動画公開中

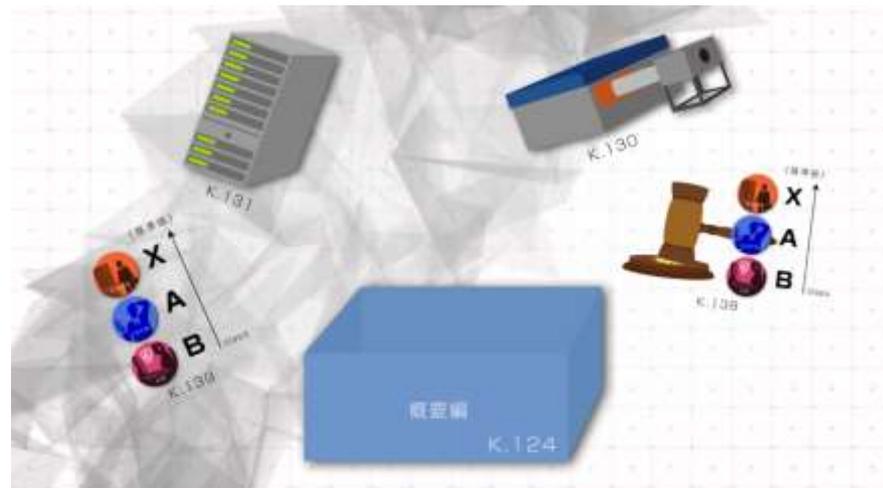
YouTubeにて、ソフトウェア試験サービスおよび国際標準に関する動画をNTTが公開中

ソフトウェア試験サービス



<https://youtu.be/Abv-ir5CcVY>

通信装置のソフトウェア対策 ITU国際標準制定

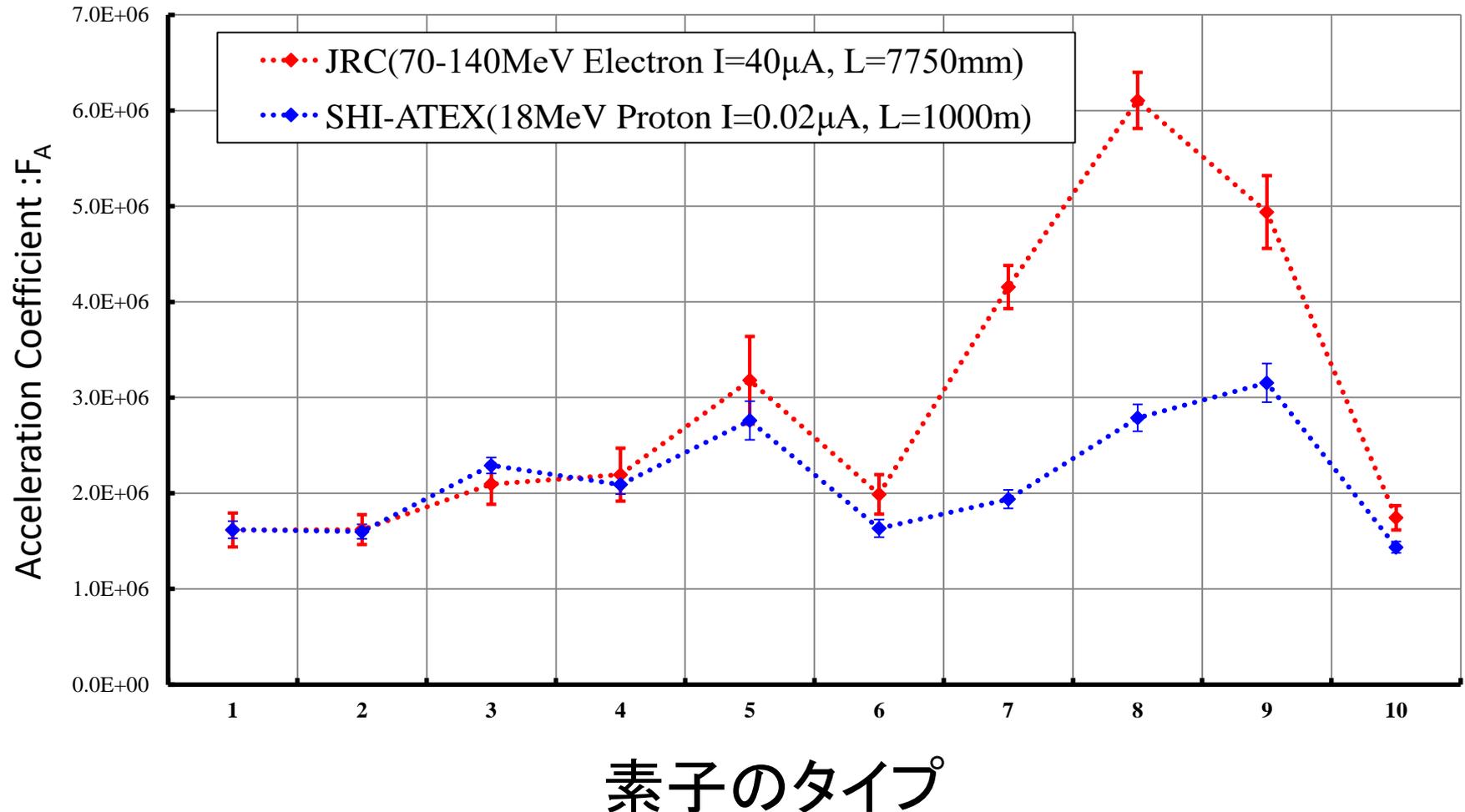


https://youtu.be/ODAnsOM_46A

参考) 加速係数

小型加速器の加速係数: F_A

(自然界に対して何倍加速したかを示す値)を様々なデバイスで確認。



ソフトウェアの今後

- ・国際標準として、小型加速器による加速テストが認められた。
- ・日本として、どうそれをリードしていくかが課題である。

外国における実験施設の開拓

測定法の標準化と普及

新素子による加速係数の測定

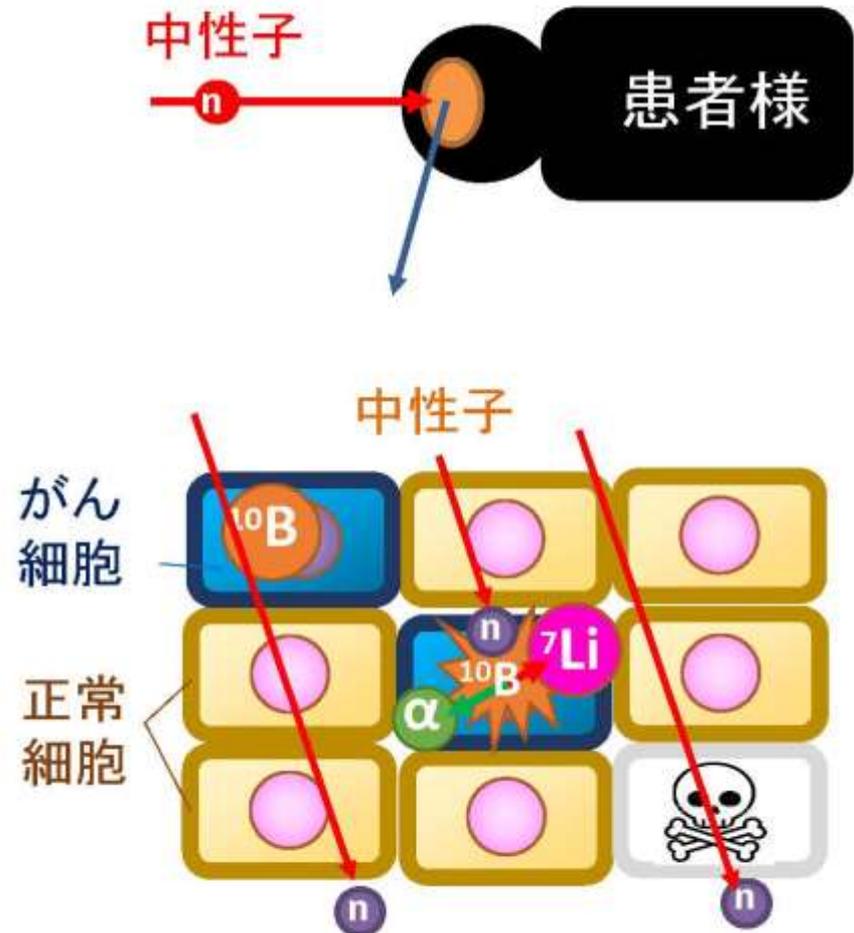
その他

5. 医療応用: ボロン中性子捕捉療法

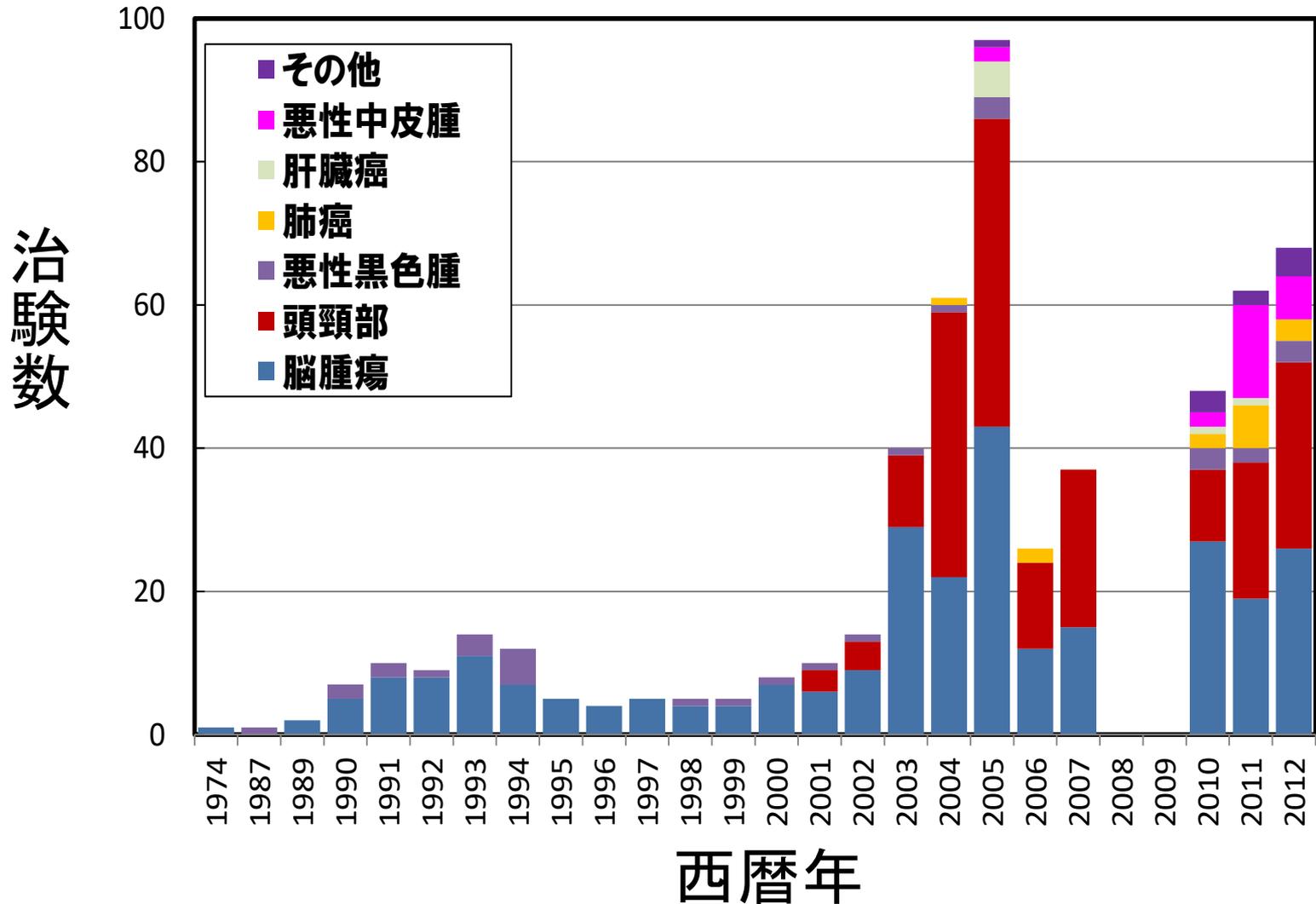
ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy: BNCT)

がん細胞にホウ素(^{10}B)薬剤を集積し、これに熱外中性子を照射して、がん細胞を選択的に破壊する究極のがん治療法。

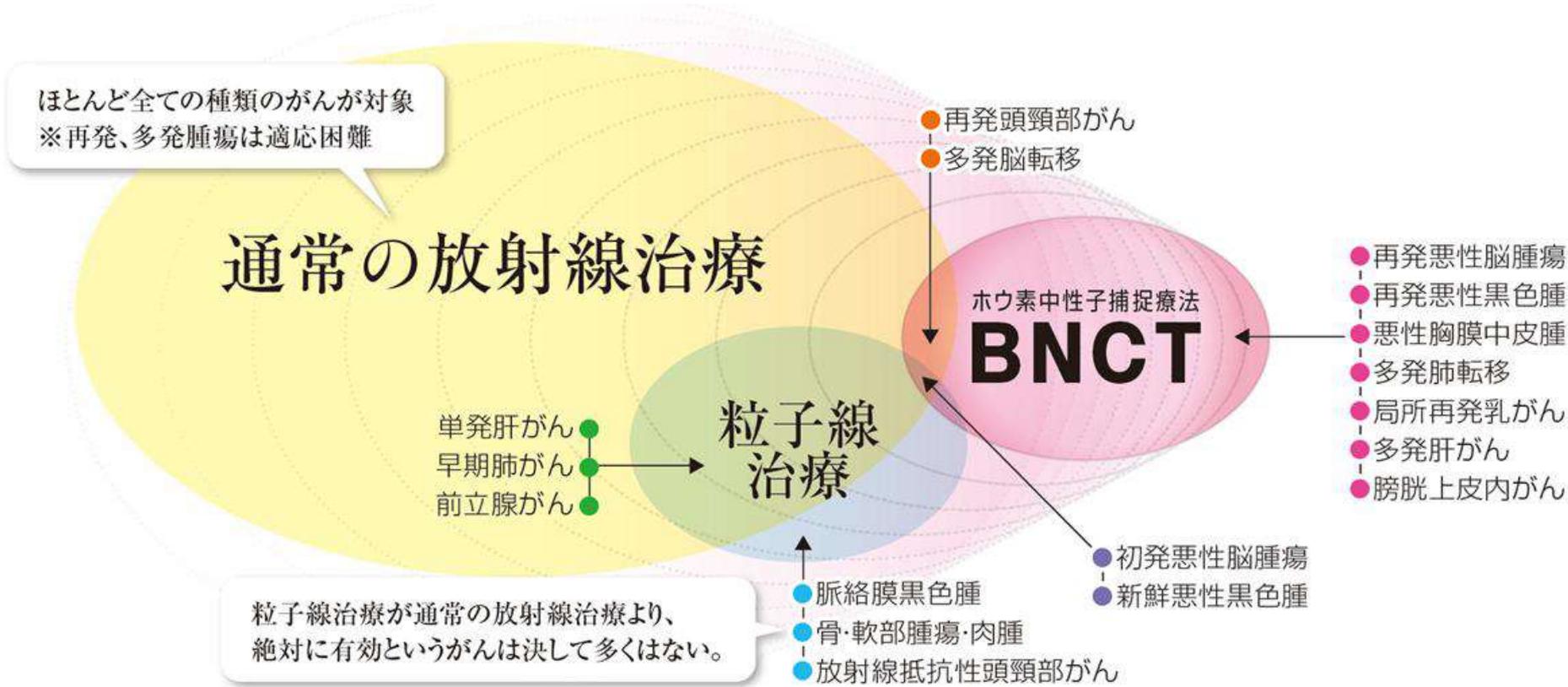
これまで原子炉中性子源を用いて臨床試験が行われてきたが、一般病院でのBNCT治療のためには加速器中性子源の利用が不可欠となっている。



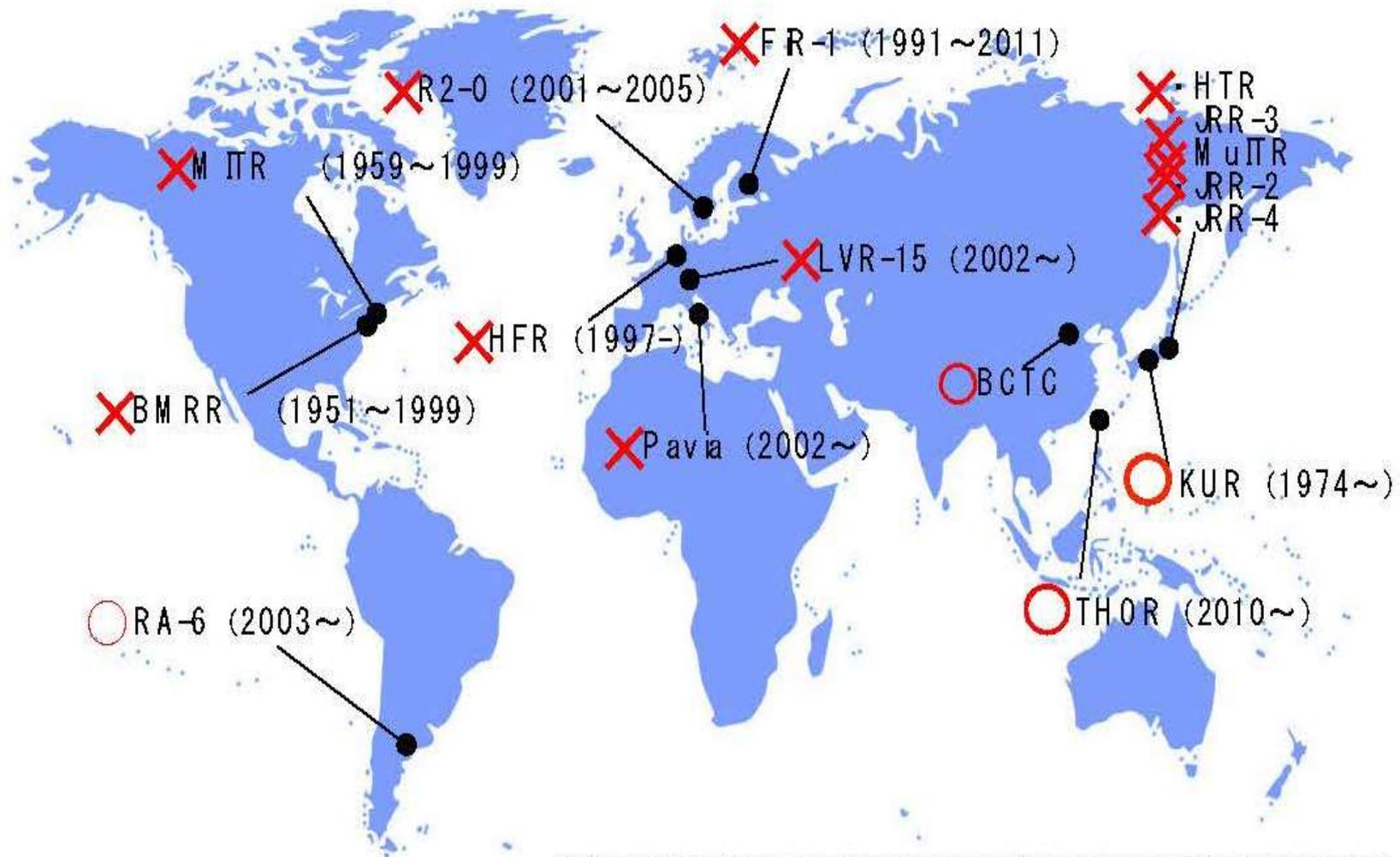
治験数と適用症例



放射線治療間の棲み分け



世界の原子炉ベースBNCT施設



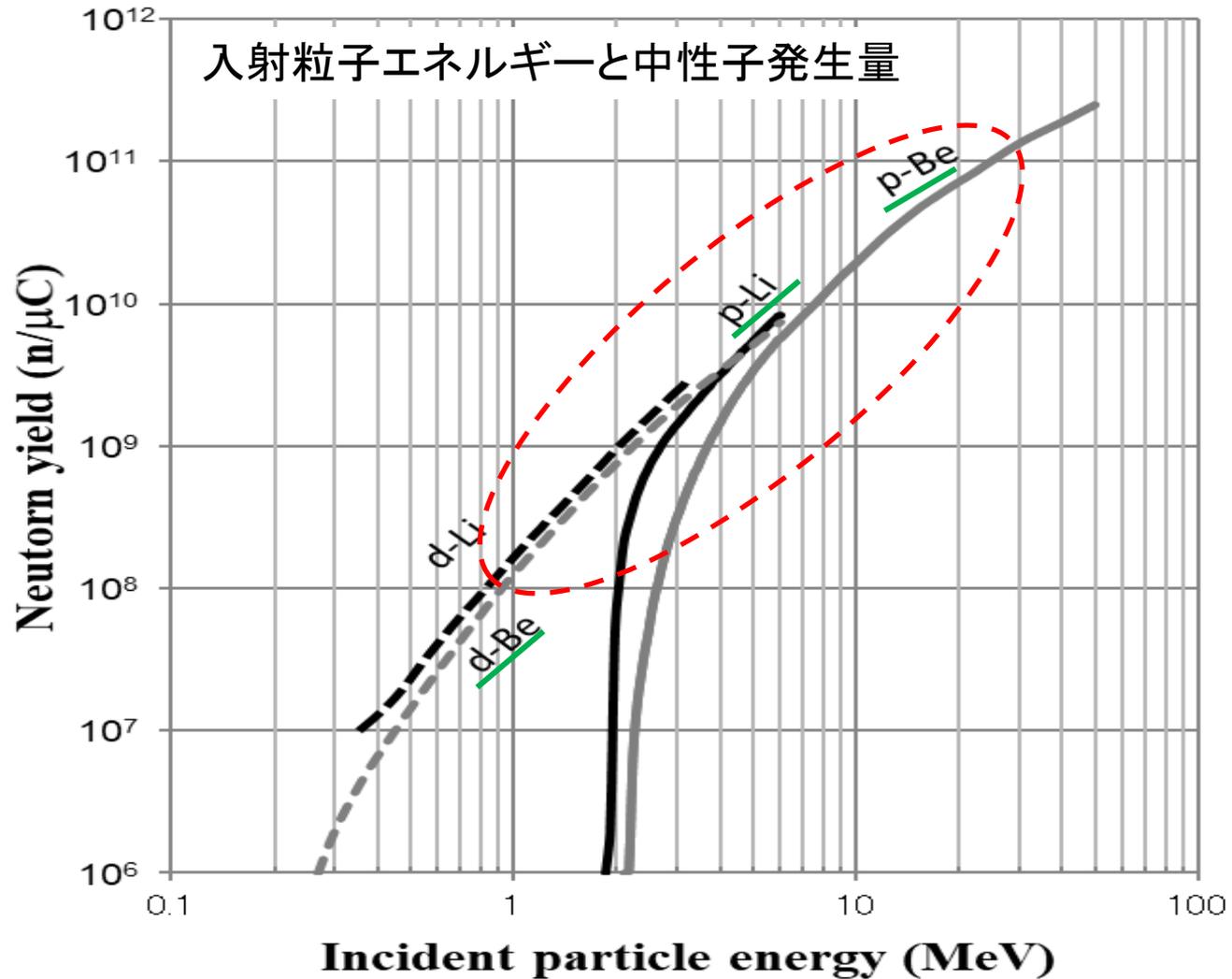
Reference: Department of Radiation Life and Medical Science, KURRI

BNCT開発ガイドライン報告書をベースに改訂

原子炉によるBNCT治療施設が多くあったが、今は数が減ってきている。中国だけが新しくBNCT専用原子炉を建設した。

加速器によるBNCT装置の要望

病院隣接が可能



陽子をLiターゲットに当てる、あるいは、陽子をBeターゲットに当てて中性子を発生する方法が主流

日本の加速器ベースBNCT施設

国立がんセンター
(Physical meas.)
(Solid Li target)
2.5MeV, 20mA

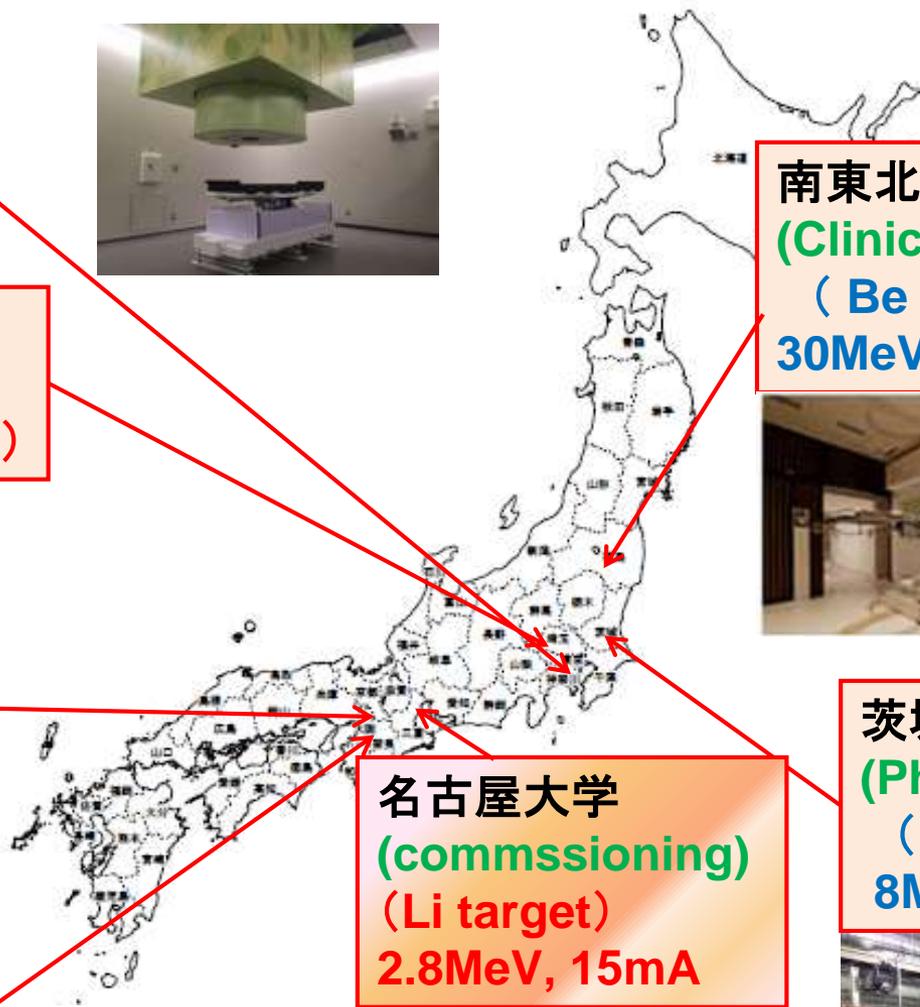


南東北病院
(Clinical trial)
(Be target)
30MeV, 1mA



江戸川病院
(construction)
(Solid Li target)

大阪医科大学
関西BNCT医療センター
(commissioning)
(Be target)
30MeV, 1mA



名古屋大学
(commissioning)
(Li target)
2.8MeV, 15mA

茨城BNCT
(Physical meas.)
(Be target)
8MeV, 5mA

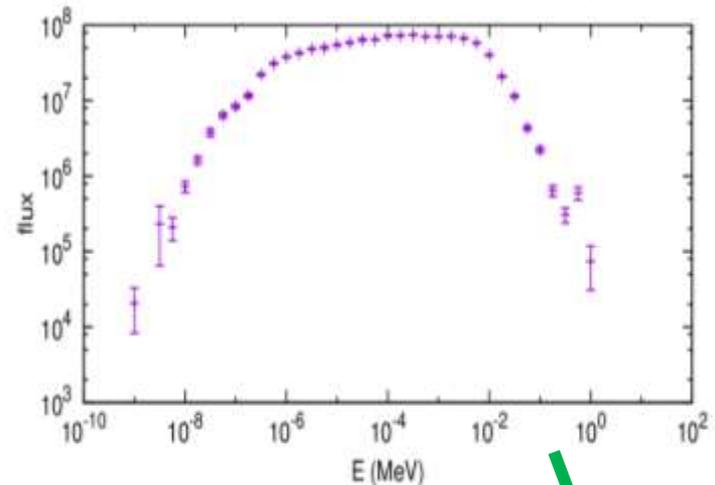


京都大学
(Clinical trial)
(Be target)
30MeV, 1mA

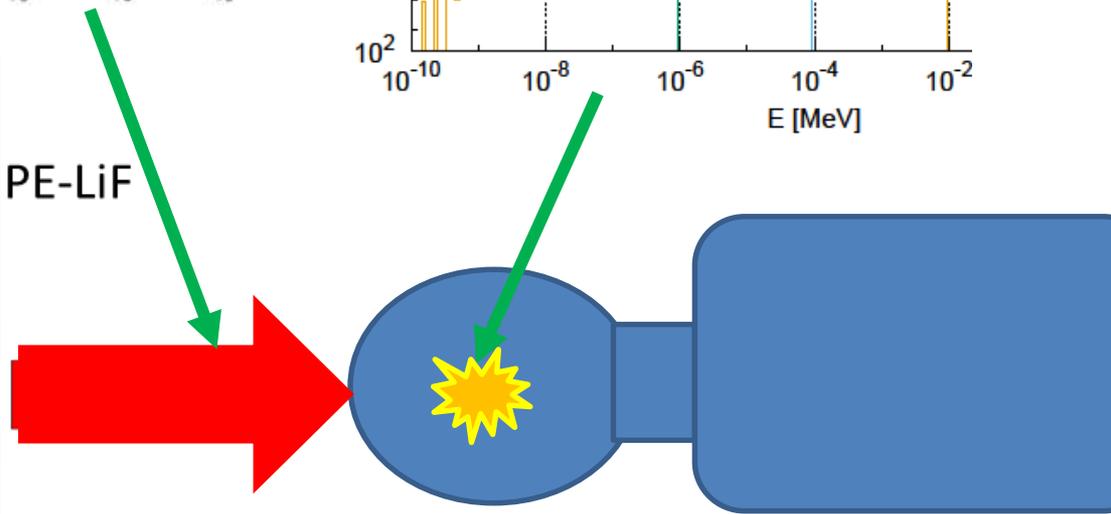
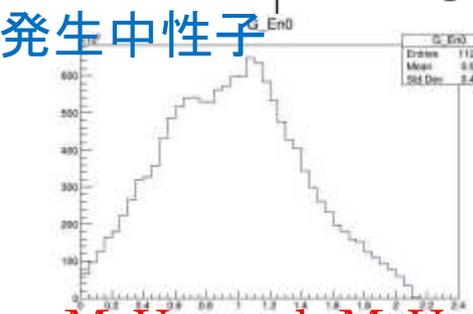
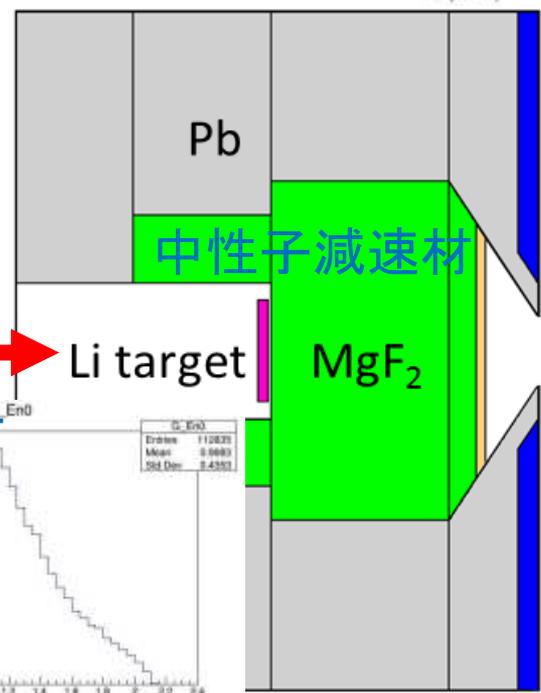
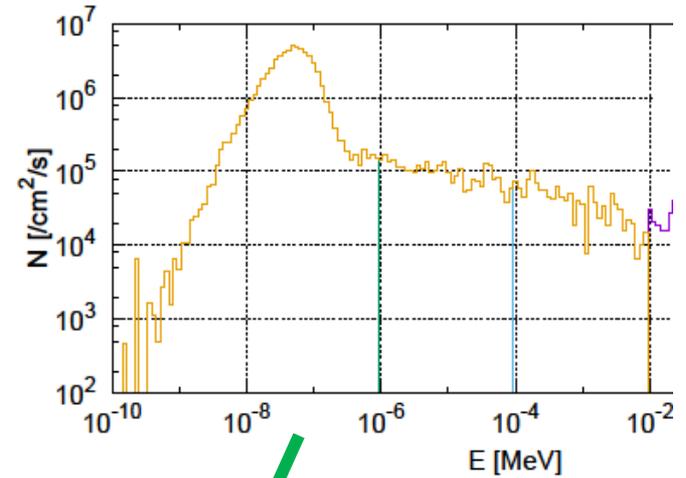


BSA (Beam Shaping Assembly)

熱外中性子(0.5eV~10keV)



熱中性子 $\sim 0.025\text{eV}$
Bによる吸収が大きい



深部がんを治療するため熱外中性子を照射して、体内で減速させてボロンに吸収されやすい熱中性子にする。

MeV ~ sub-MeV

中性子減速体(Beam Shaping Assembly)の設計

目標値:IAEA基準に準拠

強度(intensity)

熱外中性子強度

$$N_{\text{epi}} \geq 1 \times 10^9 \text{ [n/cm}^2\text{/s]}$$

質(quality)

高速中性子混入率

$$D_f \leq 2 \times 10^{-13} \text{ [Gy} \cdot \text{cm}^2\text{]}$$

γ 線混入率

$$D_g \leq 2 \times 10^{-13} \text{ [Gy} \cdot \text{cm}^2\text{]}$$

熱中性子比

$$N_{\text{t/e}} \leq 0.05$$

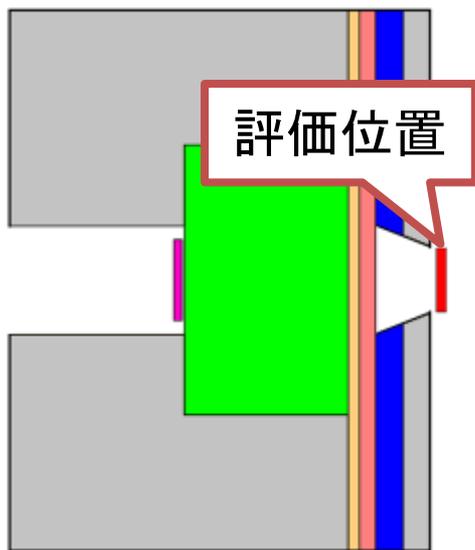
Current/Flux比

$$C/F \geq 0.7$$

N_{ther} :熱中性子束 (~0.5 eV)

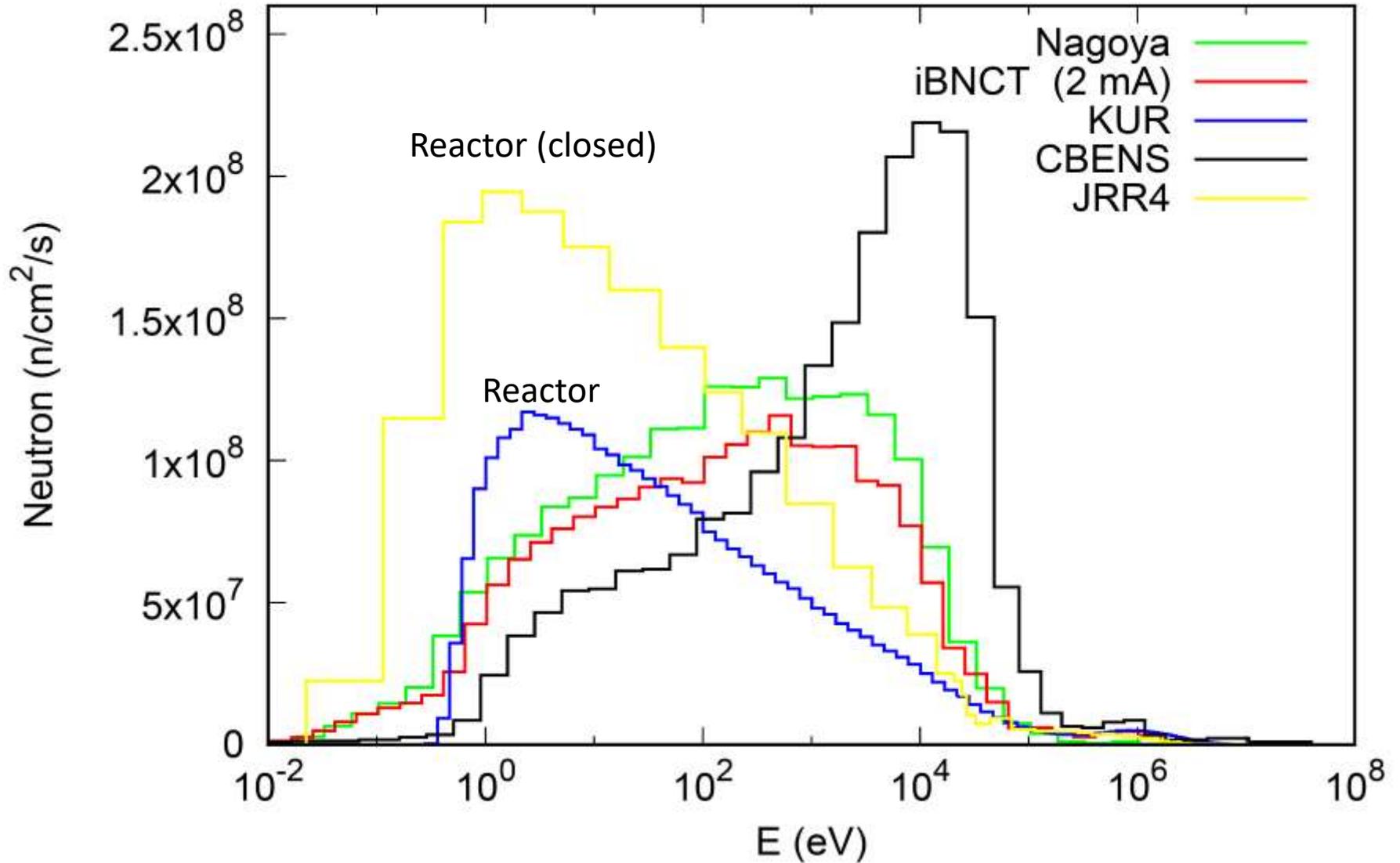
N_{epi} :熱外中性子束(0.5 eV ~ 10 keV)

N_{fast} :高速中性子束(10 keV ~)



参照BSA

日本のBNCT施設の中性子スペクトルの例

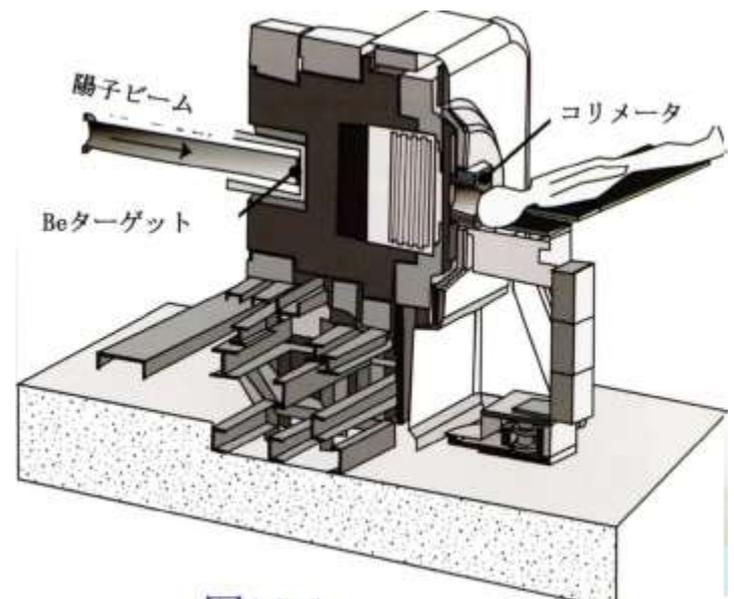
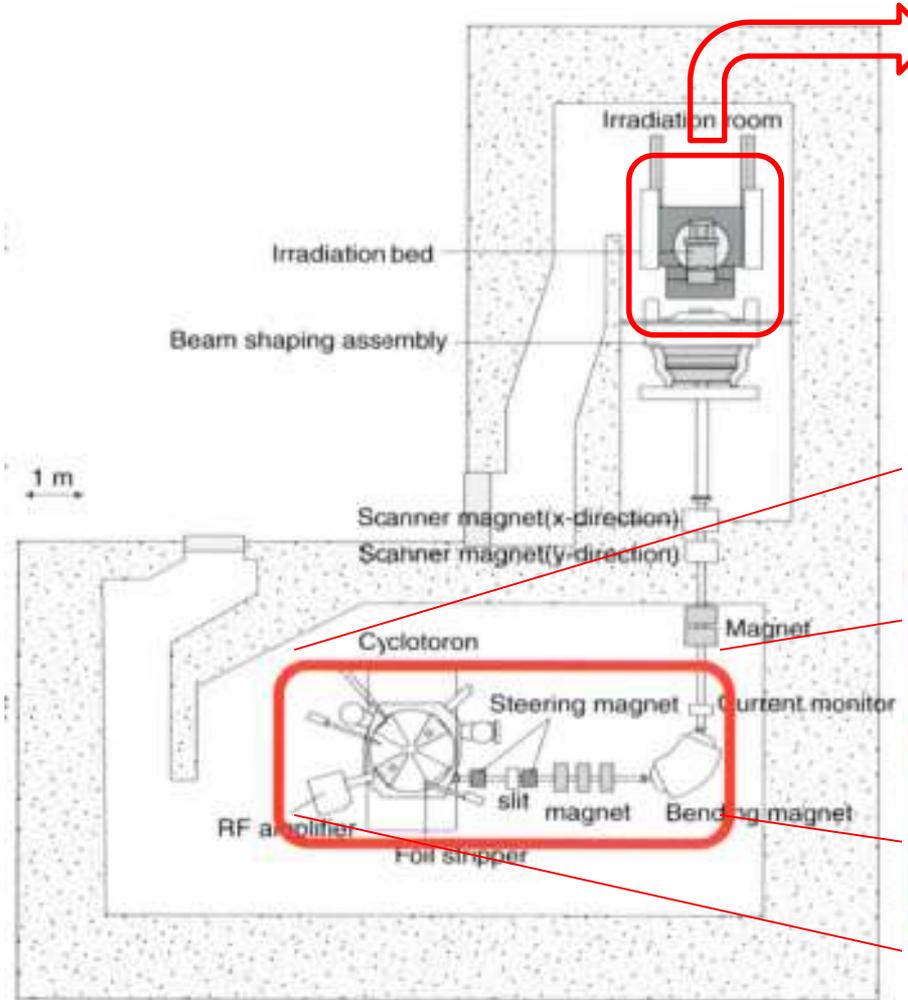


京都大学(Cyclotron / Be BNCT): C-BENS

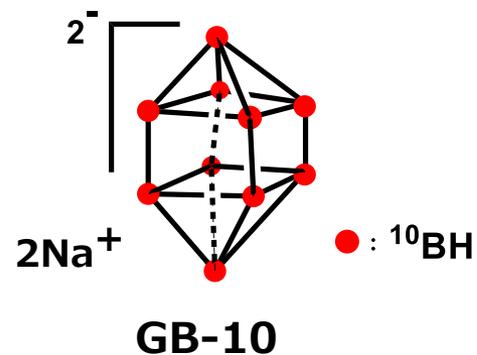
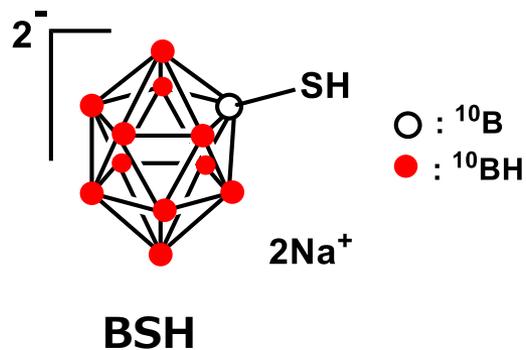
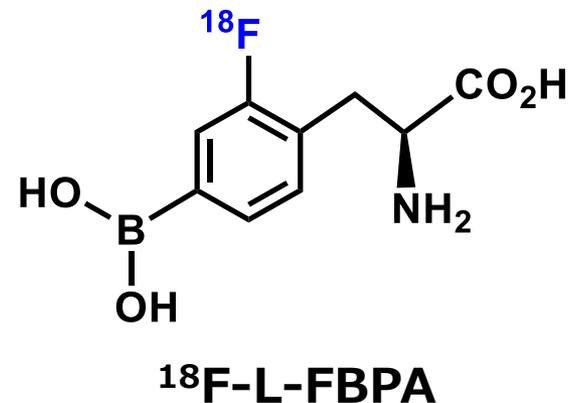
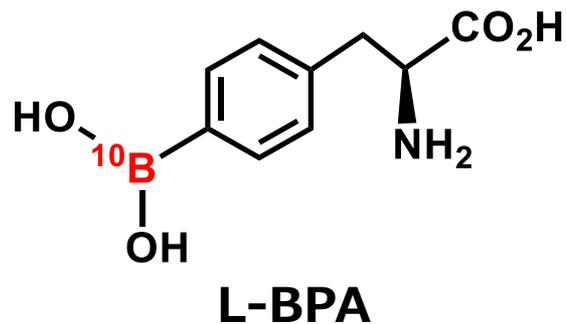
30MeV 1mA

・ターゲットの熱除去が容易

このタイプだけが、現在治験に至っている。



BNCTの臨床に用いられているホウ素化合物

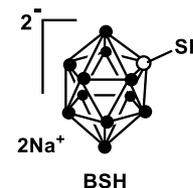
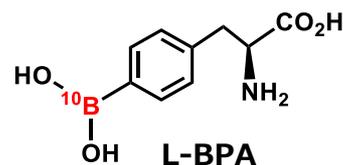


アルゼンチンのグループが悪性黒色腫に用いている。BSHとほぼ同じ挙動を示すと思われる。

我が国におけるBNCTの臨床研究

	がん腫	ホウ素薬剤	中性子線
第一世代 1951-1995	脳腫瘍 (開頭)	BSH	熱中性子 (原子炉)
第二世代 1996-2008	脳腫瘍 (非開頭) 悪性黒色腫 頭頸部がん (舌がん、 耳下腺がん、咽頭がん等) アスベスト中皮腫 etc	・ BPA ・ BPA + BSH	熱外中性子 (原子炉)
第三世代 2009ー	脳腫瘍 (非開頭) 悪性黒色腫 頭頸部がん	・ BPA	熱外中性子 (加速器)

L-BPAとBSHの比較



	[¹⁰ B]-L-BPA	[¹⁰ B]-BSH
➤ 属性	・ アミノ酸 (AA)、ボロン酸	・ 籠型ホウ素クラスター
➤ 化学特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低水溶性 ・ ¹⁰B:4.8% W/MW ・ 多価アルコールと複合体を形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水溶性、2価無機イオン ・ ¹⁰B:73.1% W/MW (-2Na)
➤ 生物特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低毒性 ・ 細胞質、核内分布 ・ 蛋白合成に非資化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低毒性 ・ 細胞内に分布、ミクロ分布？
➤ 取り込み機構	<ul style="list-style-type: none"> ・ がん細胞：LAT1、ATB^{0,+} ・ 正常細胞：LAT2 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取り込み機構？ ・ 脳腫瘍血液脳関門を通過
➤ 適応がん腫	<ul style="list-style-type: none"> ・ 悪性黒色腫 ・ 脳腫瘍 ・ 頭頸部がん etc. (BSHとの併用) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳腫瘍 etc. (L-BPAとの併用)
➤ PETプローブ	・ [¹⁸ F]-FBPA	・ 未開発

世界の加速器ベースの BNCT 中性子源 (場所)



世界の加速器ベースの BNCT 中性子源 (表)

施設名	加速器	中性子発生ターゲット	陽子および中性子エネルギー (MeV)	設計電流値 (mA)	現在の電流 (mA)	現状
京都大学	Cyclotron	Be	P: 30 , N: < 28	1	1	Clinical trial
南東北病院	Cyclotron	Be	P: 30 , N: < 28	1	1	Clinical trial
筑波大学	Linac	Be	P: 8 , N: < 6	5	< 2	Physical meas.
国立がんセンター	Linac	Solid Li	P: 2.5 , N: < 1	20	12	Physical meas.
関西BNCT医療センター	Cyclotron	Be	P: 30 , N: < 28	1	—	Commissioning
江戸川 BNCT センター	Linac	Solid Li	P: 2.5 , N: < 1	20	—	Construction
名古屋大学	Electrostatic	Solid Li	P: 2.8 , N: < 1	15	—	Commissioning
大阪大学	—	Liq-Li	—	—	—	Planning
京都府立大学	—	—	—	—	—	Planning
岡山大学	Electrostatic	Solid Li	P: 2.8, N: < 1	15	—	Planning
Budker Institute (Russia)	Electrostatic	Solid Li	P: 2.0 , N: < 1	10	3	Developing
Helsinki University Central Hospital (Finland)	Electrostatic	Solid Li	P: 2.6 , N: < 1	30	20	Construction
SARAF (Israel)	Linac	Liq-Li	P < 4, N: < 1	20 (?)	1-2	Developing
CNEA (Argentina)	Electrostatic	Be, ¹³ C	P, d: 1.4 , N: < 6	30	< 1	Construction
Legnaro INFN (Italia)	Linac	Be	P < 4, N: < 2	30	—	Developing
A-BNCT (Korea)	Linac	Be	P: 10 , N: < 8	8	—	Construction
D-BNCT (China)	Linac	Li	P: 3.5 , N: < 2	10	—	Developing
Xiamen BNCT Center (China)	Electrostatic	Li	p: 2.5, N: < 1	10	—	Developing

BNCT開発ガイドライン報告書をベースに改訂

IAEA-TECDOC-1223の改訂に向けて

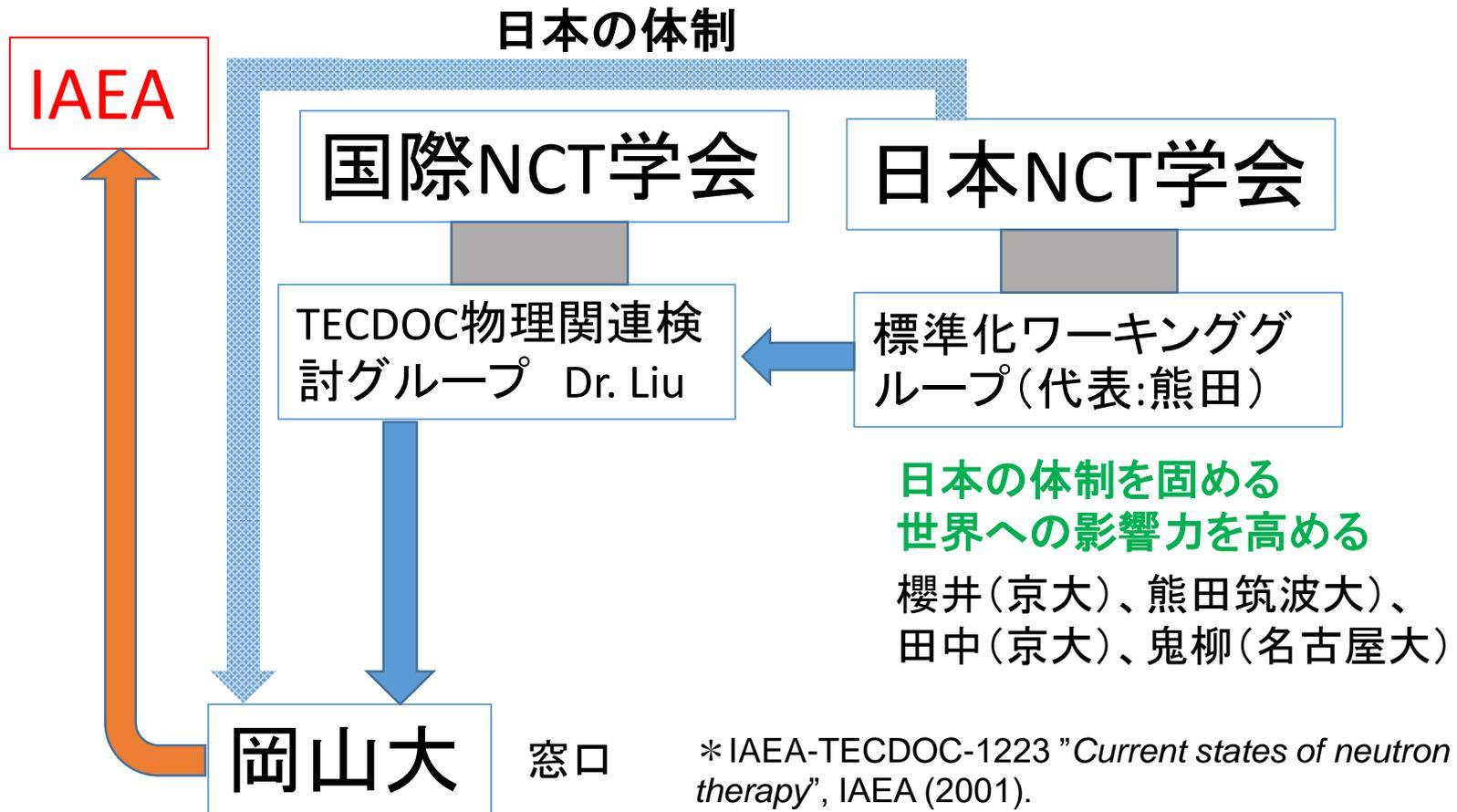
TECDOC-1223の指標:

脳腫瘍の治療→浅部ガンは考えていない

原子炉中性子源を対象→加速器は考えられていない

既存の装置で基準を決定?→シミュレーション計算はしていない?

加速器BNCT装置の建設・普及, 頭頸部ガン・皮膚ガンの割合の増加など, 現状に合わせた指針の見直しが必要である.



加速器BNCT装置に関する検討状況

(国の機関)

厚労省 BNCT審査WG報告書:意見募集中

経産省 BNCT開発ガイドライン:意見対応中

(日本中性子捕捉療法学会)

ガイドラインを作成中

(ICNCT:国際中性子捕捉療法学会)

新TECDOCに向けて物理条件の内容を検討中

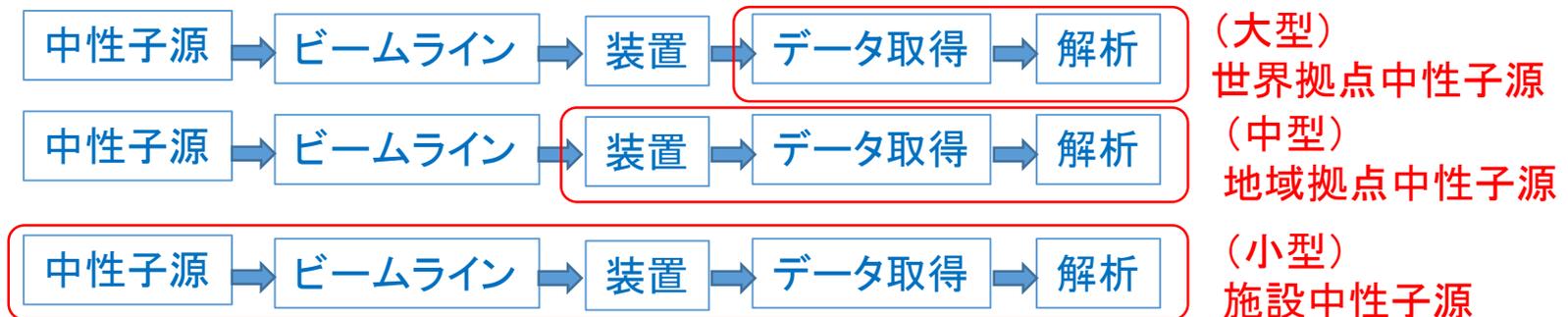
(IAEA)

物理特性の分野だけでも、TECDOCの早期改訂が望ましい。

*** 日本の医療施設での、治療実績が早く上がることが期待される。**

6. 日本の中性子源施設の連携へ向けて

- 1) 小型中性子源が色々な中性子実験に役立つことが実証されてきた。
- 2) 日本は小型から大型までの中性子源がある。
- 3) 中性子資源の効率的・効果的利用が望まれる。
中・小型でできることは中・小型へ、大型ですべきものを大型へ。
- 4) 中性子施設の測定レベルの不断の向上が望まれる。
- 5) 人材育成を図って、中性子利用の普及・向上を行う。



人、もの、情報の交流が必要 → 中性子施設連携の確立

日本の加速器中性子源連携

研究者ネットワーク

主な活動

中性子施設
北大HUNS(1974~)
KENS(1980~2006)

JCANSに至るまで

1992磁気レンズによる中性子集光

1995

ビーム制御研究会

2000

NOP

中性子光学素子開発により中性子ビームの利用効率上昇が可能になり、小型中性子源の適用範囲拡大

2005

SNS

2005「On-site 中小規模中性子源研究会」

2007「新しい中性子利用を切り開くニュートロニクスに関するワークショップ」

2009 理研:小型中性子イメージングシステム検討委員会

2010

JCANS

日本中性子科学会基礎基盤部会

UCANS(国際組織)

京大KUANS(2011~)

理研RANS(2013~)

2018

2013~「京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討」



JCANS

Japan Collaboration on Accelerator-driven Neutron Sources

日本加速器中性子源協議会

JCANS(ジェイキャンズ)は、日本における加速器駆動中性子源の研究を基礎として、中性子ビームの実用技術及び産業実用までを含めたコンソーシアム形成までを指向する総合的なネットワークです。

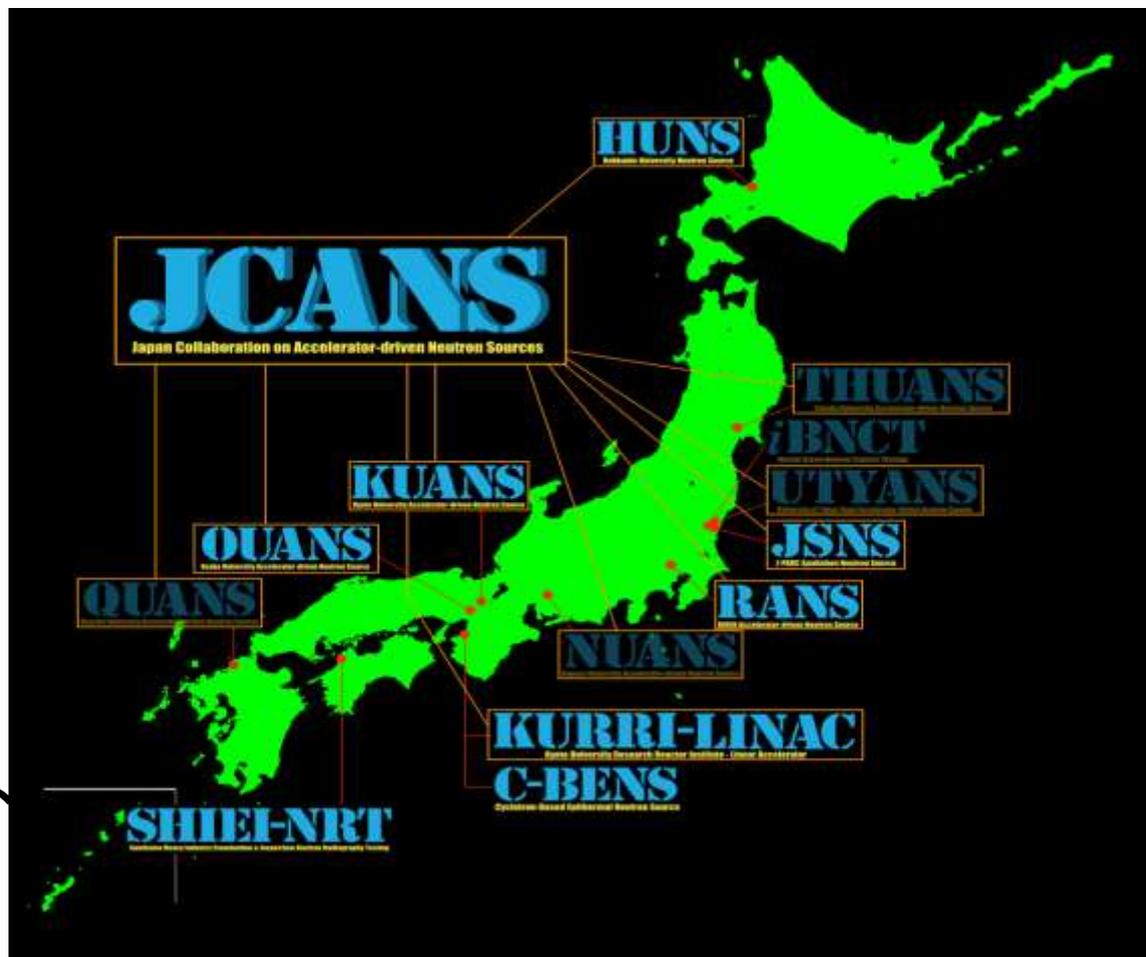
代表 鬼柳善明
副代表 清水裕彦(学術)
副代表 三和田靖彦(産業)

ACADEMIA

- * 北大、東北大、東大、名大、京大、阪大、九大
- * KEK、JAEA、理研
- * 産総研、CROSS

INDUSTRY

トヨタ自動車、トヨタ中央研究所、JTEKT、住友重工、金属技研、三菱重工メカトロニクス、IHI



中性子施設の統一的利用(将来展望)

中性子強度

施設名

世界拠点中性子源
(大型施設)

外部ユーザー
研究利用
産業用長期開発課題

J-PARC/MLF, JRR-3

$\sim 10^{17}$ n/sec

地域拠点中性子源
(中型)

内・外部ユーザー
教育・研究用
日常的産業利用

KUR

青森県

住重ATEX

産総研

施設中性子源
(小型)

内部ユーザー
教育・研究用
(開発研究:企業との共同研究)

HUNS

RANS

KURNS-Linac

$\sim 10^{12}$ n/sec

$\sim 10^{11}$ n/sec

KUANS

中性子源施設連携へ向けての動き

・学術会議マスタープラン

中性子施設ネットワーク（中性子科学会）

・J-PARCワークショップ「小型から大型までの中性子施設の連携研究会」

中性子科学会、J-PARC、JCANS共催

日本の施設が一同に会す、初めての研究会。研究会後に連携の議論

日時 平成31年3月28日 10:00-16:05

場所 東京大学 農学部 弥生講堂・一条ホール

(プログラム)

開会挨拶 中性子科学会長 & JCANS代表 鬼柳善明 10:00-10:05

J-PARCセンター長 齊藤直人 10:05-10:10

I. 日本の中性子源の概要 10分 鬼柳善明 10:10-10:20

II. 稼働中施設の性能および応用分野 (発表18分、質疑応答5分、交代2分)

1. 北海道大学 HUNS 加美山隆 10:20-10:45

2. 青森県量子科学研究センター 馬場豊美 10:45-11:10

3. J-PARC/MLF 金谷利治 11:10-11:35

4. 理研 RANS 大竹淑恵 11:35-12:00

5. 名古屋大学 NUANS 瓜谷章 12:00-12:25

6. 京都大学 KUANS 田崎誠司 13:25-13:50

7. 京大複合原子力研究所 (概要+原子炉) 川端裕司 13:50-14:15

8. 同上 KURNS-LINAC 佐野忠史 14:15-14:30

9. 住重アテックス 上本龍二 14:30-14:55

III. 稼働予定施設の現状と期待される性能 (発表17分 質疑3分)

1. 産総研中性子源 木野幸一、古坂道弘 14:55-15:15

2. iBNCT (医理工分野) 熊田博明 15:15-15:35

3. JRR-3 武田全康 15:35-15:55

閉会挨拶 中性子科学会基礎基盤部会長 清水裕彦 15:55-16:00

7. まとめ

中性子利用は、J-PARCができて、新たに注目を浴びるようになってきた感がある。

小型、中型、大型施設を階層的に利用した学術・産業利用が進むと考えられる。

中性子源施設の連携を行って、より効率的、効果的中性子利用ができるような環境整備を進めている。他プランとの摺合せ。

小型加速器中性子源を用いた、ソフトエラーの加速試験が、国際標準として認められた。自動運転など、これからますます進歩するであろうIT社会の安全確保に重要になっていくものと考えられる。

中性子捕捉療法は、これまで日本が世界をリードしてきたが、加速器BNCT施設の建設は海外でも進められている。アメリカやロシアの技術がでてきている。日本でのさらなる開発、治療の実施が望まれる。