

産総研における原子力研究

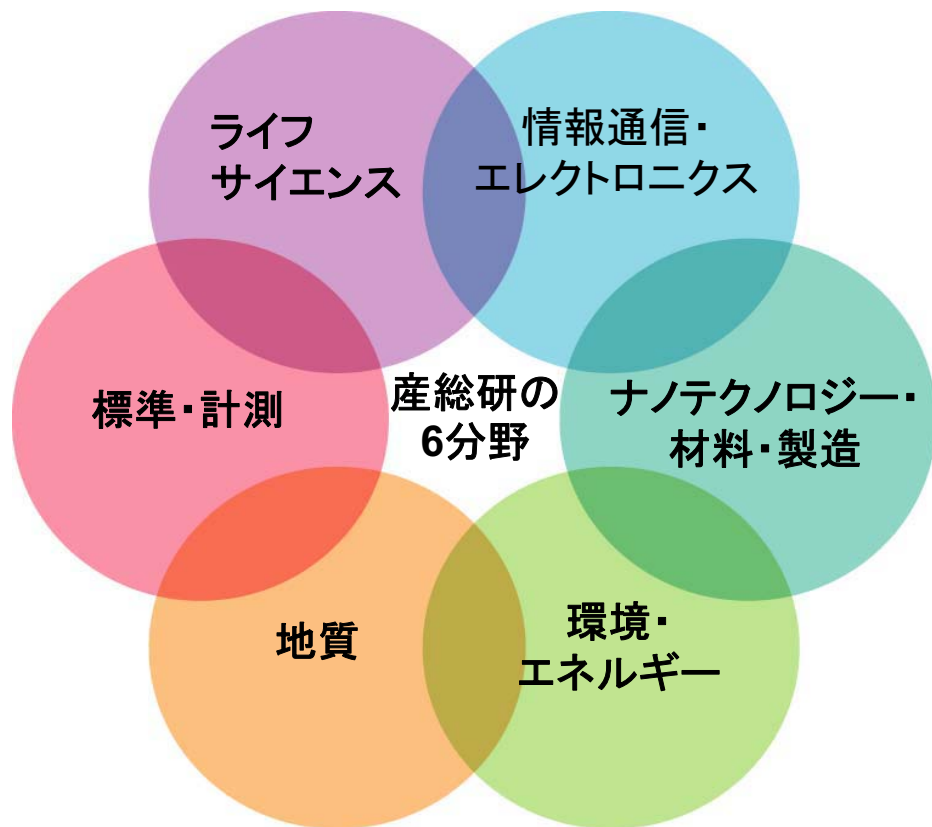
(独)産業技術総合研究所

2009年12月1日
原子力委員会資料

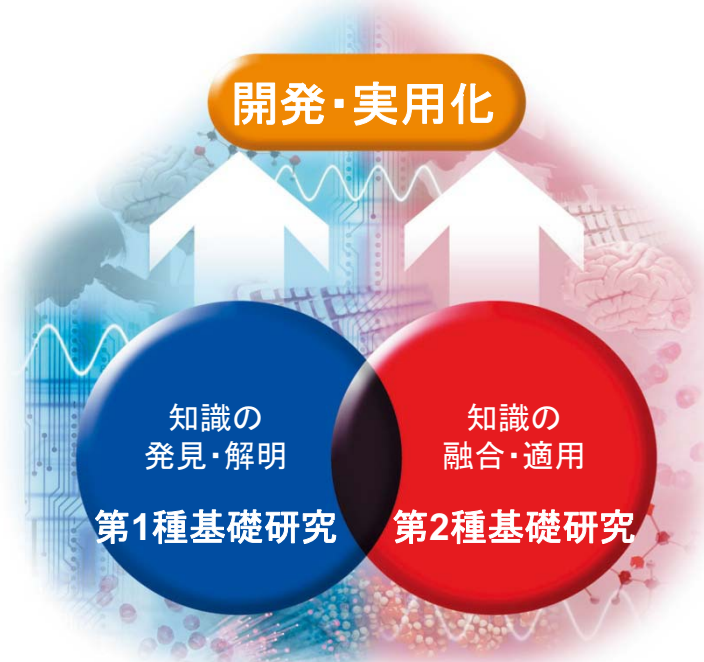
産総研のミッションと研究分野

ミッション

- 産総研の基本理念である「持続的発展可能な社会の実現」に向けた研究開発と、社会・産業への迅速で確実な成果移転と普及。(1号・4号業務)
- 安全で安心な産業活動や社会生活を実現するために、地質の調査と計量標準の整備。(2号・3号業務)
- 技術経営能力の強化に寄与する人材の養成とその資質の向上、並びに活用の促進。(5号業務)



人類的課題への貢献



シナリオに基づく“連続的な研究”

産総研における原子力研究

文部科学省一括計上、原子力試験研究費によって実施

平成21年度

実施テーマ数 : 22
 研究費総額 : 233(百万円)
 参加研究者数 : 66名

実施テーマ内訳

カテゴリー	テーマ数
先端的基盤研究	
物質・材料基盤技術研究	11
知的基盤技術研究	1
システム基盤技術研究	6
生体・環境基盤技術研究	2
戦略研究イニシアティブ	2

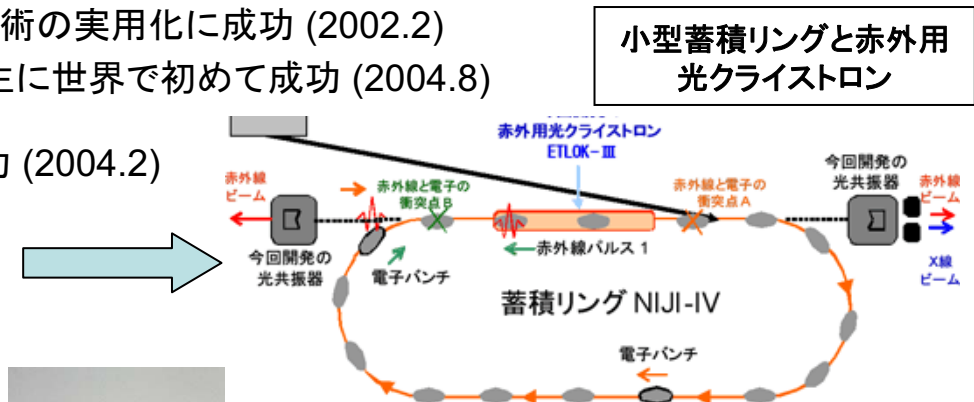


各研究分野における原子力研究の実施
 テーマ数 / 参加研究者数
 (平成21年度)

これまでに得られた成果の例

• ビーム関連技術

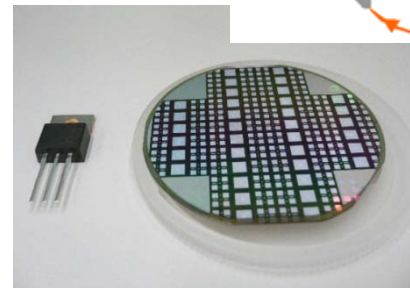
- 陽電子を用いた実用的な3次元極微欠陥分布イメージング法を開発 (2008.8)
- レーザーコンプトン散乱を用いたガンマ線CT技術の実用化に成功 (2002.2)
- レーザープラズマ加速で単色電子ビームの発生に世界で初めて成功 (2004.8)
- 真空紫外円偏光二色性測定技術の開発に成功 (2004.2)
- 小型自由電子レーザー装置を用いて赤外線とX線の同時発生に成功 (2008.8)



小型蓄積リングと赤外用光クライストロン

• 原子力用エレクトロニクス

- SiC半導体の性能向上に成功 (2004.6)



開発したSiC素子

• 原子力用情報技術

- 原子力プラントのための保全情報場技術の開発 (2003.12)

• 放射線計測法の開発、標準確立

中性子フルエンス標準の1次標準器



原子力試験研究：実施中のテーマ（1）

● 物質・材料基盤技術（11課題）

- 照射誘起欠陥の動的挙動解析のための高度複合ビーム分析技術の開発 (H19-23)
- 高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究 (H19-23)
- コンパクト偏光変調放射光源の開発とそれを用いた分光計測技術の高度化に関する研究 (H17-21)
- レーザー加速電子ビームの高度化と利用技術に関する研究 (H17-21)

**粒子ビーム
・放射光利用**

- ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基盤研究 (H19-23)
- 軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究(H18-22)
- 原子燃料融点の高度測定に関する研究 (H19-23)
- 放射線防護ならびに医療応用における国際規格に対応した
高エネルギー中性子・放射能標準の確立と高度化に関する研究 (H17-21)

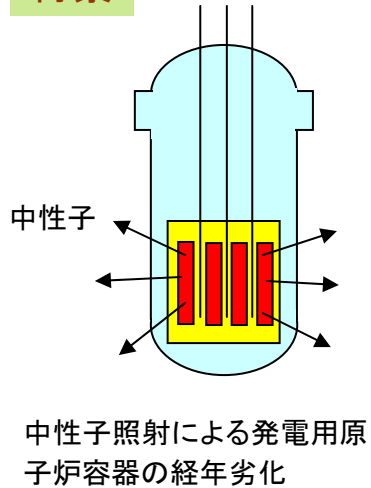
計測・標準化

- 高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究 (H18-22)
- 低エネルギー光子による物質制御に関する研究 (H17-21)
- 原子力エネルギー利用高温水蒸気電解技術の開発 (H17-21)

新規材料・利用

照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発

背景

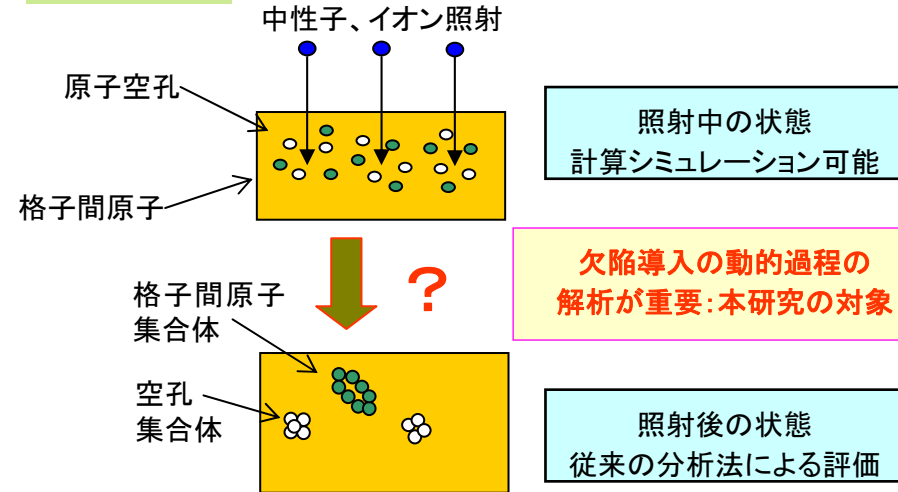


発電用原子炉容器の寿命予測

○原子炉圧力容器等の正確な寿命予測が重要とされている。(平成22年には運転後30年を超えるプラントが20基/全55基)

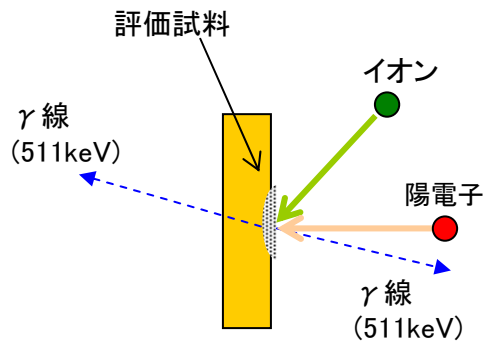
加速試験法の不備が顕在化しており**基礎過程の理解が必要**

位置づけ



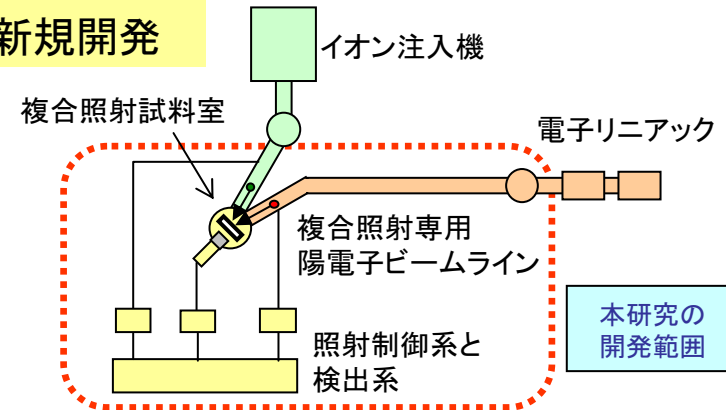
研究開発内容

イオン・陽電子複合ビーム分析装置の新規開発



モデルシステムとして
イオン照射による極微損傷導入

陽電子消滅法:
電子顕微鏡でも見えない原子レベルの欠陥が検出可能



本研究で開発する複合ビーム照射装置の概要

軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究

背景

薄膜や酸化物などの軟X線吸収分光(XAFS)には蛍光収量法が適しているが、従来の半導体X線検出器では軟X線領域に(< 2 keV)対応できない。この領域は、半導体照明、低損失パワーデバイス開発など省エネ、生体分子分析で重要。

我々のポテンシャル

半導体検出器の理論限界を10倍程度越える高エネルギー分解能(X線光子エネルギー測定精度)をもつ超伝導X線検出素子を開発済み。

本課題の目標

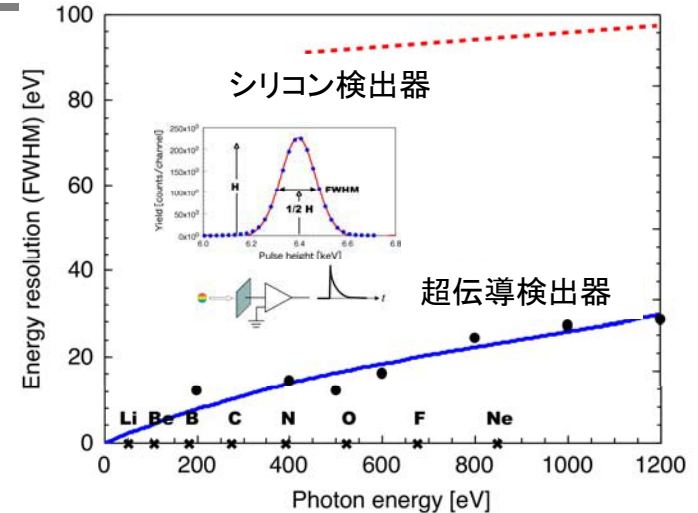
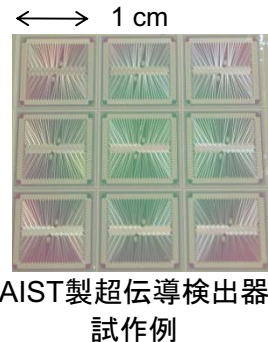
X線吸収分光に必要な高計数率、広い有感面積を達成し、超伝導検出器の動作に必要な極低温冷凍機を搭載した分析ステーションを開発。放射光ビームラインに設置し、ユーザーに公開。

研究開発項目

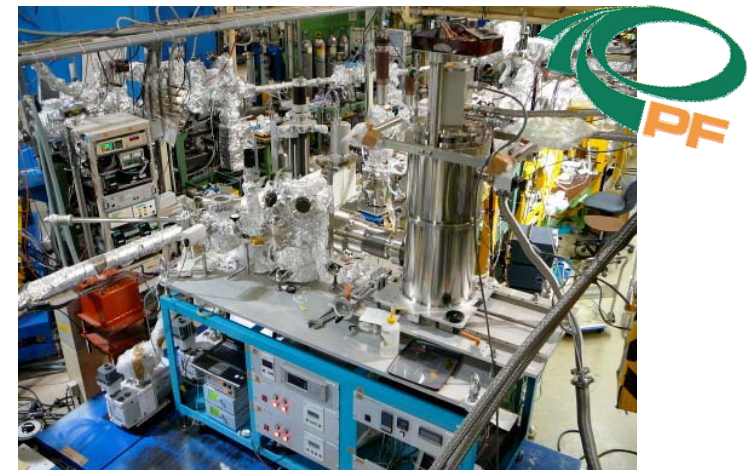
- ・大規模超伝導アレイ分光検出器開発
(世界最高の高計数率、ハイスループット分析)
- ・アレイ検出器信号処理系開発
- ・寒剤フリー冷凍システム
(ユーザーフレンドリー超伝導計測技術を実現)

想定される応用分野

- ・次世代半導体材料開発(ドーパント分析)
- ・鉄鋼材料開発(微量元素分析)
- ・ライフサイエンス(金属タンパク質)



軟X線領域の高い分光性能(高い元素選択性)



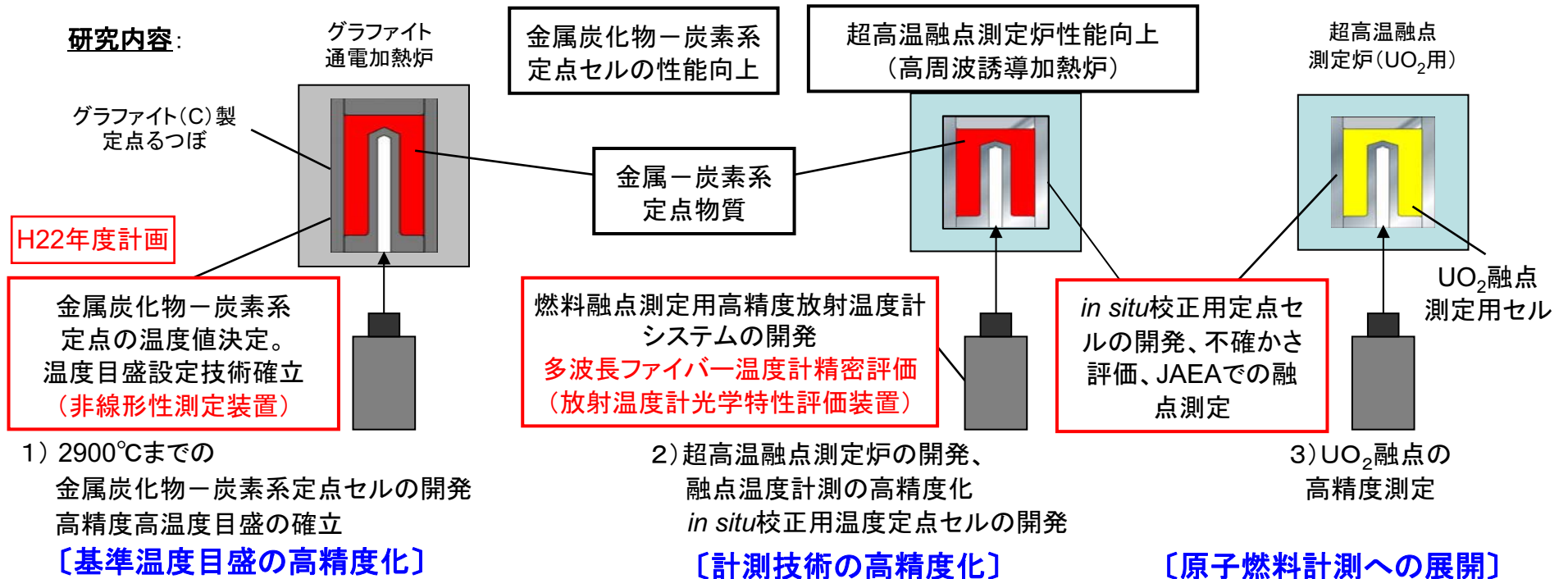
KEK PFIに設置し、テスト中の超伝導XAFS分析ステーション。

原子燃料融点の高精度測定に関する研究

目標: 原子炉の高熱出力・安全操作のため、燃料(UO₂、MOX)の融点を高精度で測定する技術を確立する。

- 1) UO₂融点を超える2900°Cまでの高精度温度目盛の開発。目標不確かさ:0.5K@ 2900°C。
- 2) 融点測定用高温炉($T_{max}=2900^{\circ}\text{C}$)の開発。燃料プロトタイプとしての酸化物融点温度の高精度計測技術の確立。
- 3) UO₂融点の高精度測定。目標不確かさ:5K。

研究内容:



波及効果

- 融点高精度化を通じた高速増殖炉・プルサーマルの高熱出力・安全操作・資源の有効利用
- 高温測定高精度化による高温ガス炉燃料や核融合炉構造材料など原子力技術開発への貢献
- 高温材料開発など大学・産業界の高温測定ニーズに広く波及

原子力試験研究：実施中のテーマ(2)

● 生体・環境基盤技術（2課題）

- 表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究 (H19-23)
- 放射線被曝による生体障害の予防・治療のための細胞増殖因子とその利用技術に関する研究 (H17-21)

生体予防・治療

● 知的基盤技術・システム基盤技術（7課題）

システム安全

- 化学災害の教訓を原子力安全に活かすEラーニングシステムの開発に関する研究 (H19-23)
- 再処理工程に係わるエネルギー物質の爆発安全性評価に関する研究 (H18-22)
- 放射能表面密度測定法の確立に関する研究 (H18-22)

- 放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究 (H18-22)
- 深部岩盤掘削時の高精度破壊制御技術に関する研究 (H17-21)

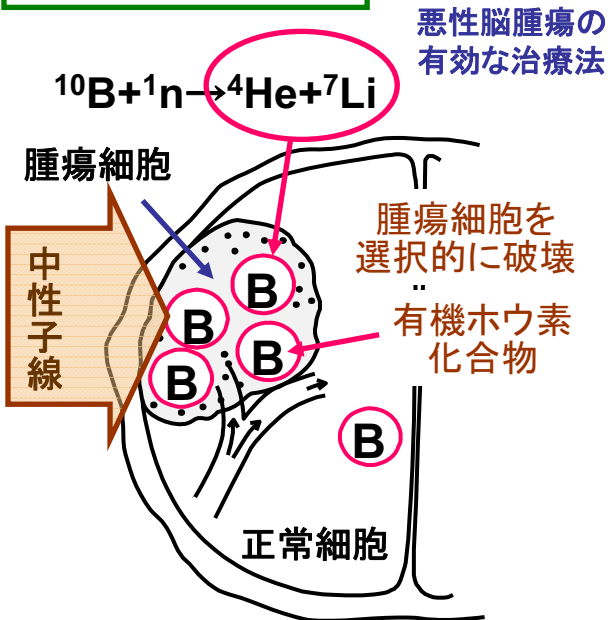
地層処分

- 断層水理モデルの確立に関する実験的研究 (H18-22)
- 超臨界発電用炉水浄化技術の開発に関する研究 (H17-21)

水処理

表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究

中性子捕捉療法



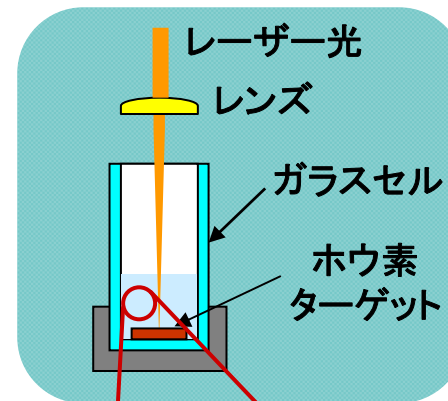
本研究の目標

- ホウ素ナノ粒子の開発
- その表面修飾
- in vitro, in vivo評価

高効率中性子捕捉療法用ホウ素薬剤の開発

従来のホウ素源(有機ホウ素化合物)の問題点

- 効率が悪い:ホウ素量小→純ホウ素、 ^{10}B の使用→天然ホウ素
- 多段階反応でコスト高→簡便なプロセス

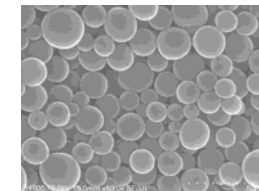


ナノテク手法

液相レーザーアブレーション法



- 微小プラズマの利用
- 室温・大気圧・簡便
- 低コスト・安全
- 表面修飾が容易



合成例

ホウ素ナノ粒子

従来法では困難な
ホウ素ナノ粒子の作製

表面修飾

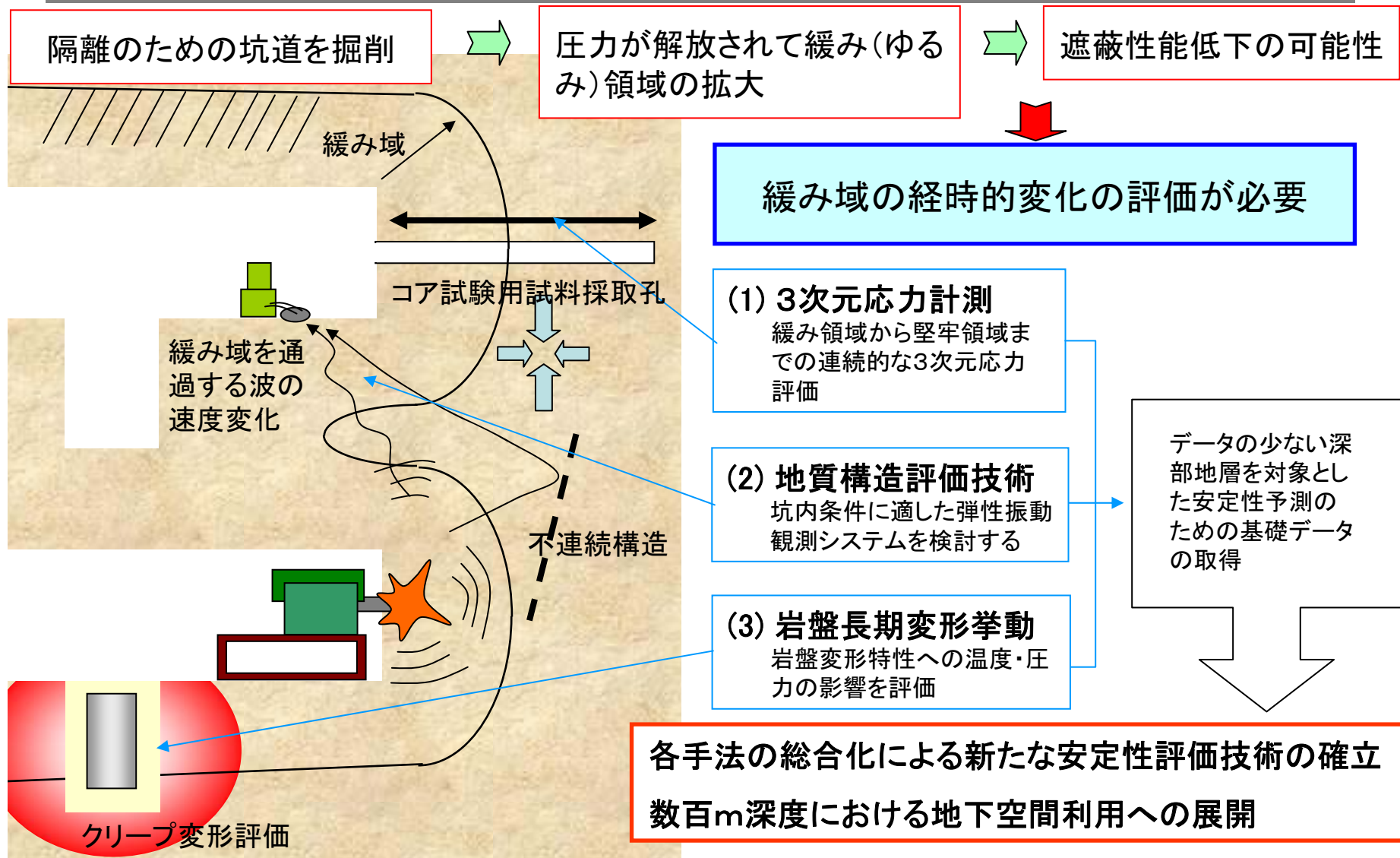
腫瘍選択性を与える
ホウ素ナノ粒子表面修飾



in vitro評価



放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究



化学災害の教訓を原子力安全に活かすEラーニングシステムの開発に関する研究

- 1)原子力関連施設の事故および類似の原因で起きた化学事故事例情報を収集
 - 2)事故事例を解析し、原因や教訓を抽出
 - 3)Eラーニングシステムの構築
 - ケーススタディ教材＝事例を選択して学習
 - 教訓学習教材＝教訓から事例を逆引きして学習
- 利用者に事故について考えさせるEラーニングシステムを構築

トップページ

**化学災害の教訓を
原子力安全に活かす
eラーニング**

▼パスワードを入力してください

AIIST

ログイン

職種,教材の選択画面
学習履歴を管理する機能を付加

化学災害の教訓を原子力安全に活かす eラーニング

ログインID: AIIST / 安全担当者

▼ 職種管理

あなたの「職種」を選んでください

安全担当者	オペレータ
安全教育担当者	管理者
管理部門	
作業部長	

▼ 「教材」を選んでください

ケーススタディ教材 教訓学習教材

ケーススタディ教材検索画面

化学災害の教訓を原子力安全に活かす eラーニング

ログインID: AIIST / 安全担当者

▼ 事例検索

検索の種類を選んでください

▼ クラススタディ教材大分類

▼ 検索のキーワードを選んでください

- すべて
- 使用済み燃料受け入れ・貯蔵
- 前記等せん断、破砕、溶解
- 分離
- 精製
- フランジ閉鎖
- フランジ・ブルトコム適合確認
- 分析
- 高レベル廃液ガラス固化
- 高レベル廃棄物処理
- 高レベル廃棄物貯蔵
- 包装・製造
- 試験研究

検索せずに、自動選択された事例を表示します

▼ 1日1件学習

検索開始

教訓学習教材検索画面

化学災害の教訓を原子力安全に活かす eラーニング

ログインID: AIIST / 安全担当者

▼ 事例検索

検索の種類を選んでください

施設・装置名から検索 教訓の種類から検索

▼ 「教訓の大分類」を選択してください

- 化学物質に関する教訓
- 装置・設備に関する教訓
- 装置・設備と制御とのインターフェースに関する教訓
- 装置・設備と人間とのインターフェースに関する教訓
- 人間に関する教訓
- 人間と制御とのインターフェースに関する教訓
- 制御に関する教訓
- 目次システムと社会とのインターフェースに関する教訓

さらに細かく選択 ※選択しなくても先に進めます

▼ 「教訓の中分類」を選択してください

- すべて
- マニュアルとルール
- 教育訓練
- 「教訓」を選択してください
- マニュアルの期間に危険は増む！たとえ重要事項であっても
- マニュアルの期間に危険は増む！実際にはマニュアルは
- マニュアルは安全でない！マニュアルは安全でない！
- マニュアルの期間に危険は増む！マニュアルは操作手順

検索開始

事故進展図画面

化学災害の教訓を原子力安全に活かす eラーニング

ログインID: AIIST / 安全担当者 / N0009

▼ 事故進展図

事故進展フロー

- 1 NOX発生装置からの廃液を貯留する設備設置
- 2 化学試験用からウラン濃縮用へ用途変更
- 3 元請工事は用途変更に伴う設備改造作業
- 4 ウラン濃縮用には使用しない不要フランジ閉鎖が存在
- 5 元請工事は作業内容に誤差を伴って閉鎖作業
- 6 後日閉止プラグのないフランジへ交換しようとする
- 7 元請工事会社による検査
- 8 元請工事会社は溶液の酸性度が低いと判断し、交換しないうまま放置
- 9 元請工事会社の設備改造作業終了
- 10 担当部署が指定の外観検査を対象外と判断し実施せず(再処理工場は、実施するものと考えていた)
- 11 運転開始
- 12 H17/2/3 運転終了
- 13 配管に硝酸性溶液が残留したまま放置

▼ 「考えてみよう」 アイコンを隠す

考えてみよう？ (管理書用)

元請工事会社はなぜ暫定的な作業を行ったのでしょうか？

- 考えられる一因
不適切な作業の習慣化
作業管理不足
- ここでの教訓
[たぶん安全は危険]
作業者は、習慣的にたぶん大丈夫だろうと根拠なく安全と判断し、勝手に作業を実施することがあります。全ての作業者の作業管理を徹底し、作業者の判断のみで作業内容を決定できないような管理体制を構築する必要があります。

職種ごとに異なる「考えてみよう」を表示

考えてみよう？ (作業書用)

元請工事会社はなぜ暫定的な作業を行ったのでしょうか？

- 考えられる一因
恒時的な補修作業が当然
**そのようなことが実施で
- 不適切な作業の習慣化
作業管理不足
- ここでの教訓
[たぶん安全は危険]
たぶん大丈夫だろうと根拠なく安全と判断し、勝手に作業を実施し習慣化すると大きな事故に進展することがあります。作業要領にない作業は行わないこと、やむを得ず行なう場合には、作業者間および組織間における相談を即座に行う必要があります。

この事例の教訓

- 軽微な変更でも危険性は増大する
僅かに変更しただけでも、危険性は著しく増加する場合がある。軽微な設備変更であってもそれによって引き起こされる危険性の変化に十分に評価することが重要である。
- たぶん安全は危険
たぶん大丈夫だろうと根拠なく安全と判断し、勝手に作業を実施してはならない。作業者間および組織間における相談が必要である。
- マニュアルの期間に危険は増む
実際にはマニュアルは全ての手順を網羅していない。記載がない事項はマニュアルの意を理解し、作業者間および組織間でコミュニケーションをとった上でやるべきことを判断する必要がある。
- 不要なものは即座に廃棄
薬品や装置を長期間放置すると危険な状態になる。不要と認められた物品については即座に廃棄する必要がある。

教訓を表示

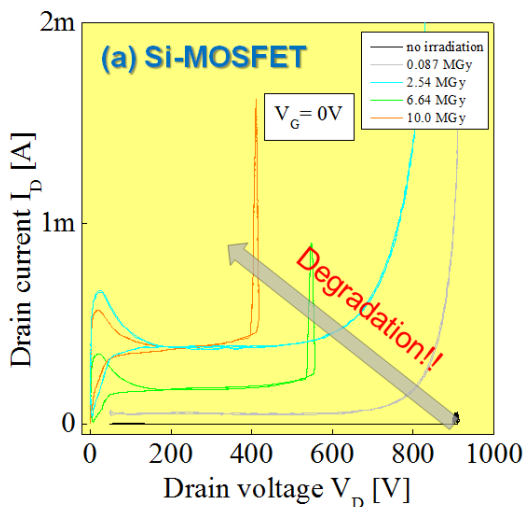
原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ 実施中のテーマ

- 若手原子力研究プログラム
 - 革新的原子力エレクトロニクス技術を活用した原子炉制御・保全システムに関する基盤研究（H20-21）
- 戦略的原子力共同研究プログラム
 - 白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究（H21-23）

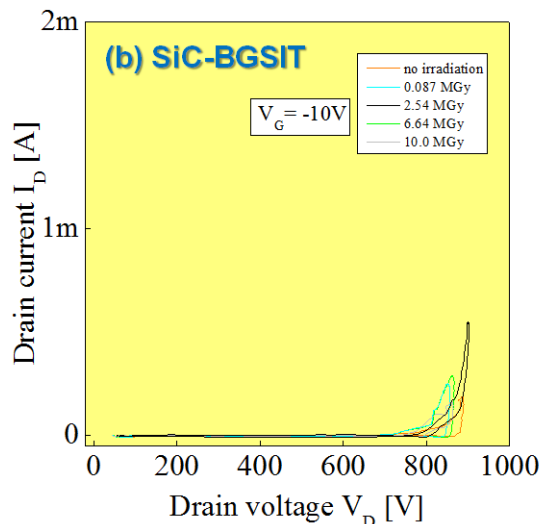
革新的原子力エレクトロニクス技術を活用した原子炉制御・保全システムに関する基盤研究 (産総研、日本原子力研究開発機構)

放射線耐力の高いSiCパワー半導体素子を用いて、原子炉制御や原子炉安全検査への活用が期待されている各種アクチュエータ駆動用のチョッパー若しくはインバータ制御回路を試作し、圧力容器近傍で想定される高温・高放射線環境下での安定動作を実証する。

ブロッキング特性の評価



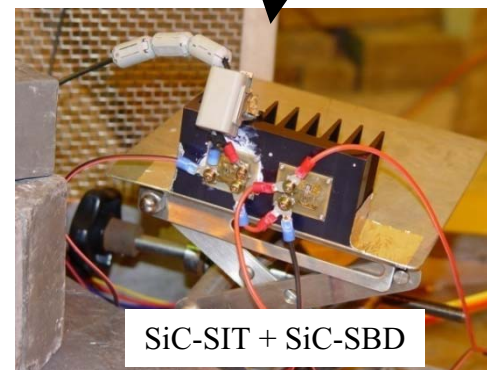
耐圧、リーク電流共に大きく劣化



大きな変化無し

SiC-BGSITの耐放射線性が実証された

吸収線量35 kGyまで照射した結果問題なく動作

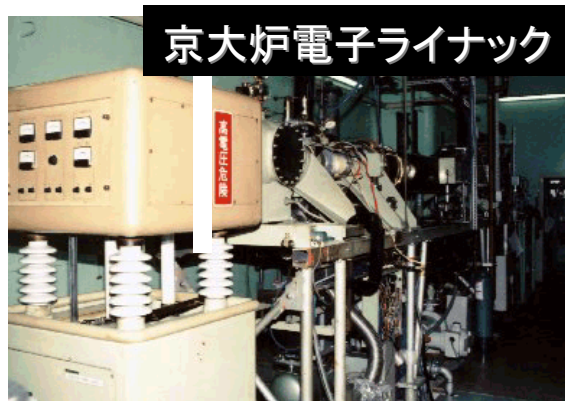


白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法 に関する研究

(産総研、放医研、KEK,京大、富士電機、日本原燃)

中性子線量を正確に評価し、安全・安心を担保するため、パルス白色中性子源を利用して中性子の感度曲線が一度に得られる新たな校正法を開発する。

- (1) 白色中性子源を用いた中性子飛行時間と測定器出力の2次元測定による校正方法に関する研究 (研究代表:産総研、京大、放医研、富士電機、日本原燃)
- (2) 静電加速器を用いたパルス白色中性子源の開発 (研究代表:産総研)
- (3) 準単色高エネルギー中性子場における低エネルギー成分の解明
(研究代表:KEK、放医研)



今後の展望

- 産総研は、幅広い研究分野と高い研究ポテンシャルを有し、原子力先端的基盤研究の実績も有する。
- 今後の原子力の国内外への展開には、幅広い基盤研究、国際標準化、長期にわたる人材育成等が必要。