

総合科学技術としての原子力

日本原子力研究所 松浦祥次郎

1. 人類の知的機能の展開

対象の認識：対象を各要素の構成システムとして認識

対象を要素に分解

→その要素をシステムとして再構成

(例：アルタミラ洞窟の絵画)

→対象の特性を認識し、新しいシステムとして構成

→新しい概念、効用の創出

(例：石器、弓矢、ほとんどの道具類、

龍[スーパーパワーのシンボル])

↳ 要素の新しい組合せが新しい力、可能性を生むとの信念



— 認識対象の拡大、多様化、精緻化（どれほど微細な要素をいかに精緻に、かつ必要に応じて巨大なシステムまで構成できるか） —

世界像の追究、構築：「この世界は全体何によって、どのようにできているか？」
この謎を追究する好奇心、熱意、努力 → **学術の発展、自然科学の発展**

← **原子論的世界像（微視的世界像）へのアプローチ**

— 古代 観念的原子論（デモクリトス）

— ルネッサンス～ 実証的科学の萌芽（物質的・機械的自然観）
（ガリレオ、コペルニクス、ニュートン）

— 近代 分子・原子の存在の科学的証明
（ドルトン、アヴォガドロ）

— 19世紀末～ 放射能、放射線、X線・・・
（レントゲン、キュリー、ラザフォード）

— 現代 核物理、量子力学、統計論、場の理論、宇宙論
微視的世界像と巨視的世界像の統合へ
原子力科学技術の萌芽と発展

— 未来 **微視的世界像に基づく方法論の全科学領域への展開**
（新しい科学との相互影響：カオス・複雑系の科学、
自己組織化の科学）

物理的：クォーク－素粒子－原子核－原子－分子－物質－材料－

－機構・機能 → **新しい有用な機構・機能の創成**
→ **現用材料・機構の根本課題の解決**
（統一的理解）（錆、経年劣化、破壊等）
→ **宇宙構造・現象の統一的理解**

化学的：反応・作用・構造の量子論的理解

→ **新機能物質の創成（諸材料、医薬等）**
→ **現用物質の課題解決**
（毒物、発がん性物質、環境汚染物質の分解・無毒化）

生物学的：蛋白質・DNAレベルの機序解明－細胞－組織－器官－

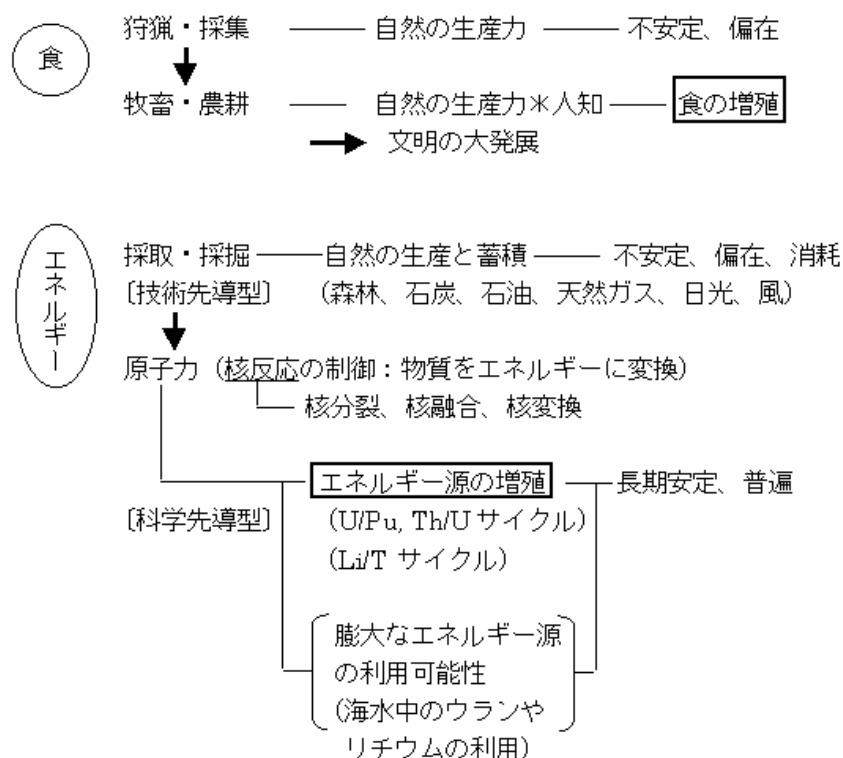
－生物個体－生命の統一的理解 → **健康維持・増進**
→ **新しい医療法・医薬品の開発**

<原子力科学技術は、原子的世界像、微視的世界像に基づく、またそれを構成する体系>

<原子力科学技術は、技術先導型というより科学先導型の科学技術：これは20世紀に発達したいくつかの科学技術の特徴>

└ この内から新しい理念の提示、システムの構築 → **知的な存在感**

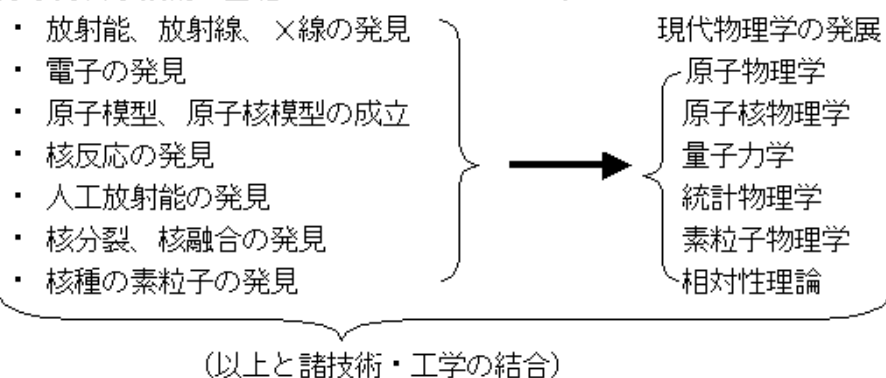
2. 人類文明社会の大転換：自然の生産力→人工増殖の可能性の開拓



超長期的には、「エネルギー」における原子力の導入は「食」における牧畜・農耕の導入に匹敵する画期的変革といえるのではないか。

3. 「原子力」とは

●原子力科学技術の基礎はどのようにできたか。



●原子力の利用（軍事以外）

- 20世紀初頭～ 放射線、X線の医療への利用 (Early 20th century ~ Use of radiation, X-rays in medicine)
- 20世紀中期～ 核分裂エネルギーの利用 (Mid 20th century ~ Use of nuclear fission energy)
- 20世紀後半～ 同位元素、加速器の広範な利用 (Late 20th century ~ Widespread use of isotopes, accelerators)

●「原子力」＝「核エネルギー」＋「放射線」＋「放射線、放射能、核反応に関する事項」 (放射線には電磁波、イオンビーム、素粒子ビームを含む)

〔発電への利用を導入しようとした頃は、「核エネルギー」の側面の意識が強かった。しかし、元来放射線関連を含むもの。〕

●「原子力科学技術」

- ：上記の「原子力」を扱う科学技術
- ：対象、方法において類縁関係の強いもの

【注】

原子力基本法 第三条（定義） （昭和30年12月19日法律第186号）

第1項 「原子力」とは、原子核変換の過程において原子核から放出されるすべての種類のエネルギーをいう。

第5項 「放射線」とは、電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるものをいう。

（アルファ線、重陽子線、陽子線その他の重荷電粒子線及びベータ線、中性子線、ガンマ線及び特性エックス線、1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線）

●「原子力」の特徴

- ・ 超高密度のエネルギーの発生の可能性
 - ・ 膨大なエネルギーの発生の可能性
 - ・ 放射線の発生（放射線プロセスが本質）
 - ・ 放射性物質の発生
- （両刃の剣： 利器の活用、凶器の刃止め）

4. 総合科学技術の3つの側面

「綜」：タテ系とヨコ系を交わらせる意

- （1）極めて広い分野の科学技術成果が総合されて当該科学技術体系（システム）を構築
 → 航空機、自動車がいちろいゝな科学技術がタテ系とヨコ系になって作られるように

例）原子炉、核燃料施設

原子核物理	→	核分裂反応、中性子吸収・散乱反応
化学の成果	→	燃料加工（ウランの精錬、転換、濃縮）
金属・冶金学・窯業	→	燃料棒（ペレット、被覆管）、各種配管
機械工学	→	駆動装置、ポンプ、タービン、発電機、変圧器
熱・流体工学	→	冷却特性、流動
材料工学	→	燃料被覆材料、構造材、疲労破壊
土木・建築工学	→	原子炉建屋建設
電気・電子・情報	→	送電、機器制御、データ通信、計測

例）加速器

原子核物理	→	加速する電子やイオンの生成、放射線計測
電気・電子・機械	→	電磁石、高周波装置、加速管、高電圧発生装置、精密加工、送変電
材料工学	→	磁性体、超伝導体、耐放射線材料
熱・流体工学	→	冷却特性、超低温技術
表面加工・真空	→	加速管製作、高真空装置
土木工学	→	精密測量、加速器建屋
制御・情報	→	加速器制御、監視

(2) 当該科学技術の基本的な構成要素(概念、現象、実体)が広い分野にわたる共通基盤(タテ系とヨコ系)となる。

－ 原子力科学技術の基本的構成要素は核反応、放射線、放射線と物質との相互作用であり、これらは多くの分野と認識対象、認識手段、作用手段として共通。

例) 物質変換、核反応観測、放射線測定、エネルギー分析、微量分析、
反応時間分析、データベース、解析計算

－ 科学技術の革命的進歩は観測手段の進歩による視野の拡大が契機となる。

例) 望遠鏡が宇宙の姿を、顕微鏡が細胞の姿を鮮明に示した。

－ レーザー、X線、イオンビーム、中性子ビーム等による観測技術の出現は、空間的にも時間的にも微視的世界の窓を大きく開きつつある。

・ 研究炉、加速器施設は天文台(オブザーバトリー)のようなもの

例) 科学技術の発展

- ・ 物理学 : 核物理、素粒子物理による極微の世界の探求、
宇宙の根源の解明
- ・ 生命科学 : タンパク質の構造解明、生命機能解明
- ・ 物質科学 : 物質の構造決定、高温超伝導現象追求
- ・ 人文科学 : 遺跡発掘物の分析・調査

例) 暮らしの向上

- ・ 医療 : 殺・滅菌、診断、頭頸部がん、脳腫瘍、皮膚がん等各種腫瘍の治療
- ・ 環境 : 環境汚染物質の詳細分析、分解処理
- ・ 産業 : エネルギー生産、シリコン半導体製造、品質改質、
材料機能化、非破壊検査、放射線育種、害虫駆除、食品保存

(3) 他の理念、システム等との強い相互影響

○ 計算機科学技術

－ システム解析、システム制御・管理、現象解明、概念構築

○ 安全工学、安全思想

－ 多重防護、セーフティーカルチャー、リスク分析、リスク低減

○ リサイクルシステムの構築

－ 環境排出の極少化: 核燃料、解体機材、放射性廃棄物も再利用

○ 危険性と効用の比較による判断手法

－ リスクアセスメント、リスクマネージメント、リスクコミュニケーション、
リスク/ベネフィット・アセスメント

5. まとめ

● 原子力科学技術は、

- 微視的世界像に基づく科学先導型の新しい科学技術体系
- 総合科学技術としての特徴を強く有し、21世紀以後も重要な役割を果たすもの
- エネルギー分野における画期的な変革であり、食における農耕・牧畜に当たるもの
- 「両刃の剣」の特性に留意し、必要十分でかつ合理的な制御が不可欠

● 原子力科学技術の進展に不可欠な配慮

- 社会との調和(国内的にも国際的にも)
- 長期的視野に立った研究開発とその評価及び技術の確実な継承

－ 研究開発に要するタイムスパン、技術発展のリズムと社会的なニーズの動向とは必ずしも一致しない場合がある。しかし、一旦衰退した科学技術システムは回復が極めて困難である。その国家・社会にとって長期的に重要性が高いものに対しては、適切な評価・判断が必要。

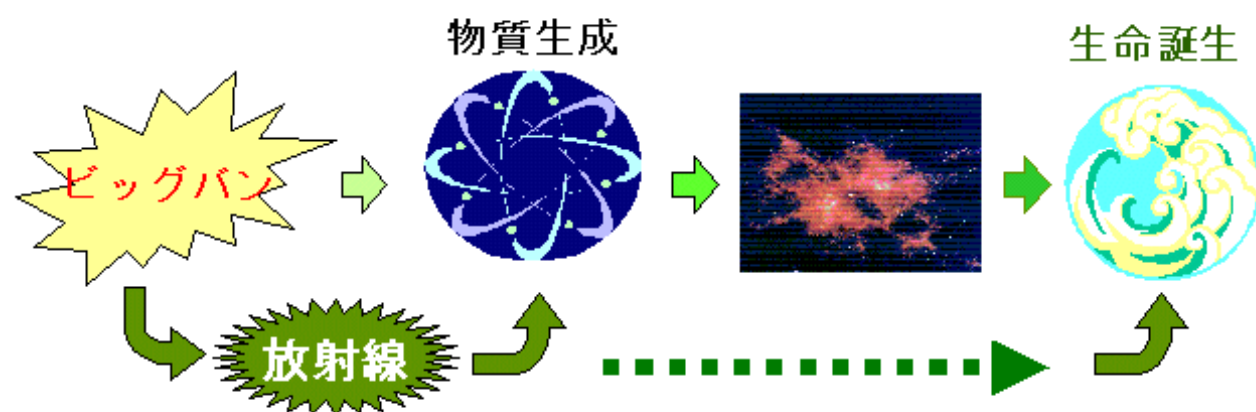
総合科学技術としての原子力

- 原子力の多様な展開 -

日本原子力研究所 松浦祥次郎

原子核・素粒子物理

宇宙の根源・進化の探究



学問・研究の発展

高パワーレーザーと物質

との相互作用現象

レーザーによる磁場の発生と
高エネルギージェット形成



磁力線再結合現象



惑星形成時における
ジェット生成



原始星

電磁波・入射

プラズマ流と惑星磁場の相互作用



オーロラ形成



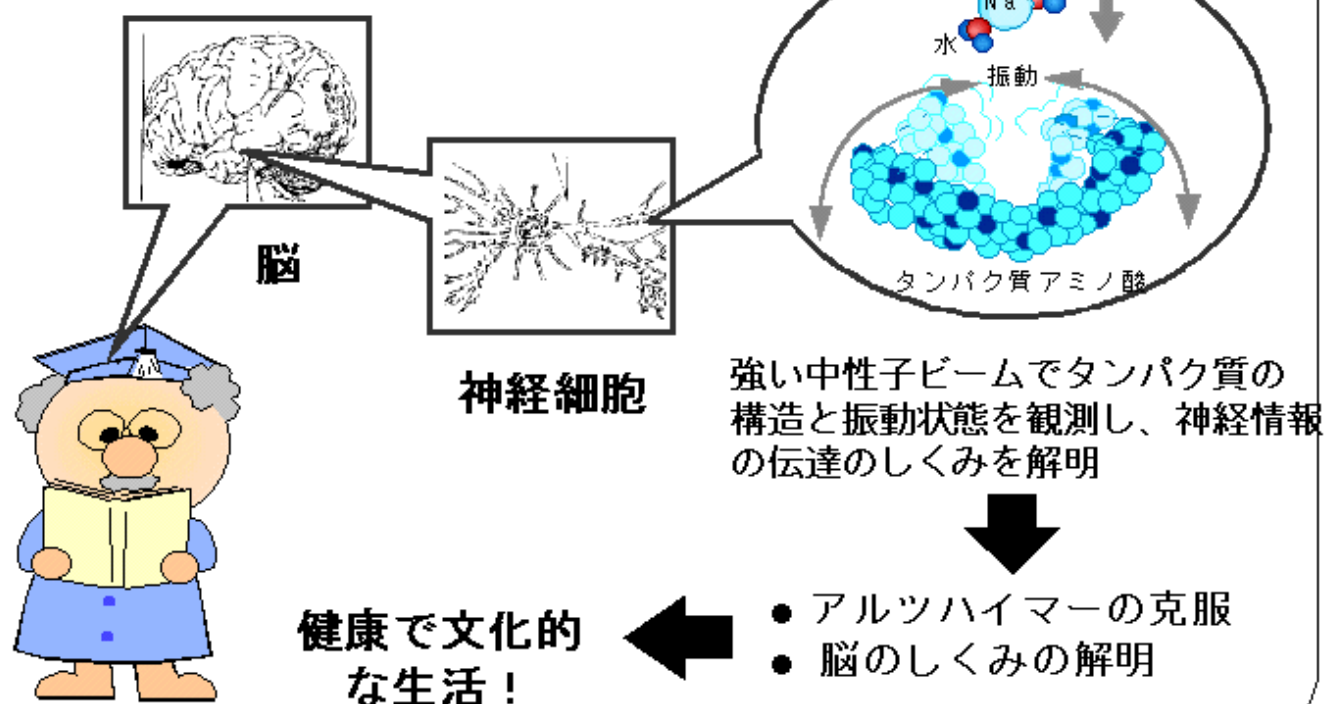
乱流輸送、カオス、自己組織化現象



2次元MHD乱流の
自己形成とシート電流



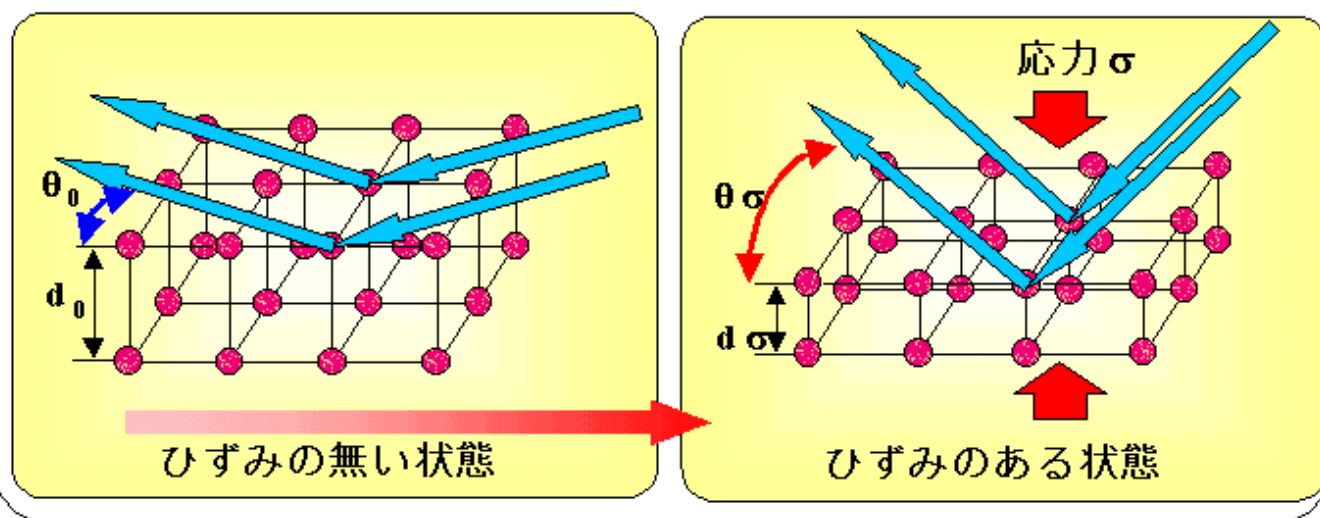
生命科学への貢献



物質科学研究への貢献

材料のひずみ測定の実例

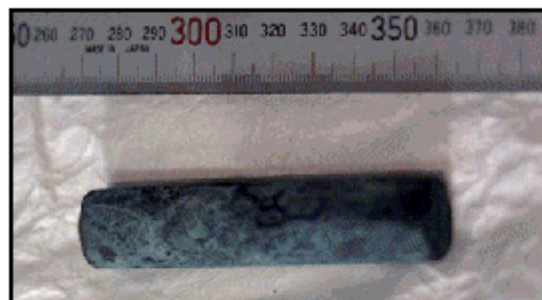
中性子散乱により結晶格子のひずみ量が測定できる
この結果は材料の健全性の検証、製法の改善に役立つ



人文科学への貢献

銅製経筒の内容物の観察例

水素、炭素等を検出



銅製経筒（外観写真）



中性子による画像

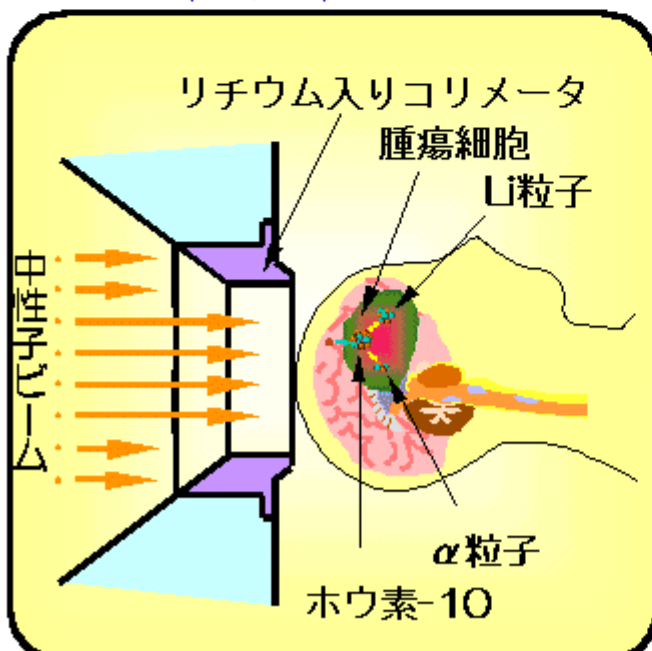


γ線による画像

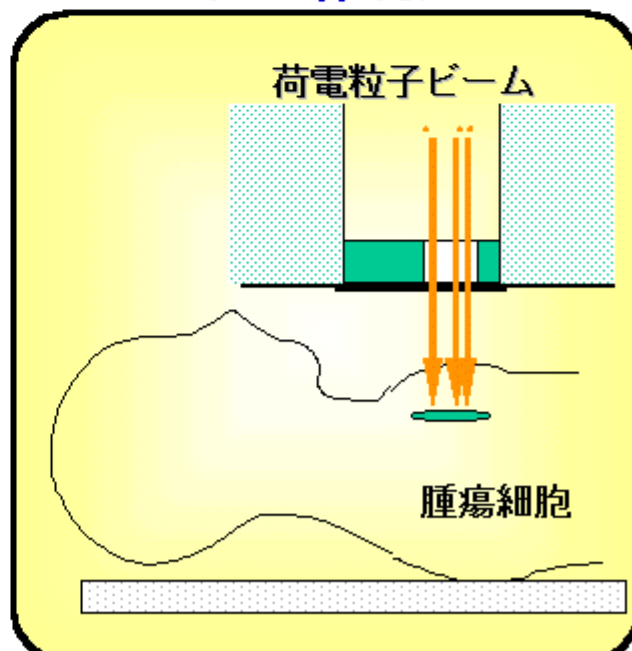
医療への貢献

$^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$ 反応

粒子線利用



ホウ素中性子捕捉療法の原理



ビーム照射治療・診断

工業利用

放射線架橋により耐熱性を向上させた電線ケーブル

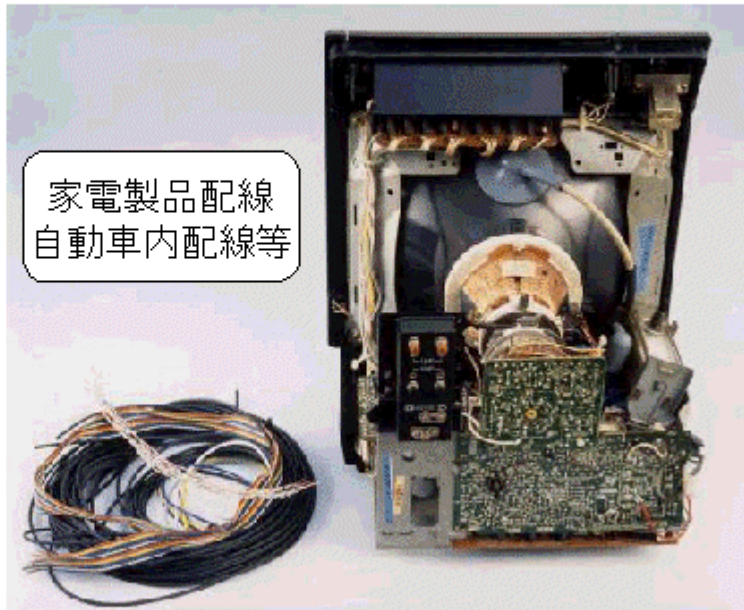
プラスチック被覆後
電子線照射



細い電線も

- ・ 薄い被覆で
- ・ 芯位置がずれ ない

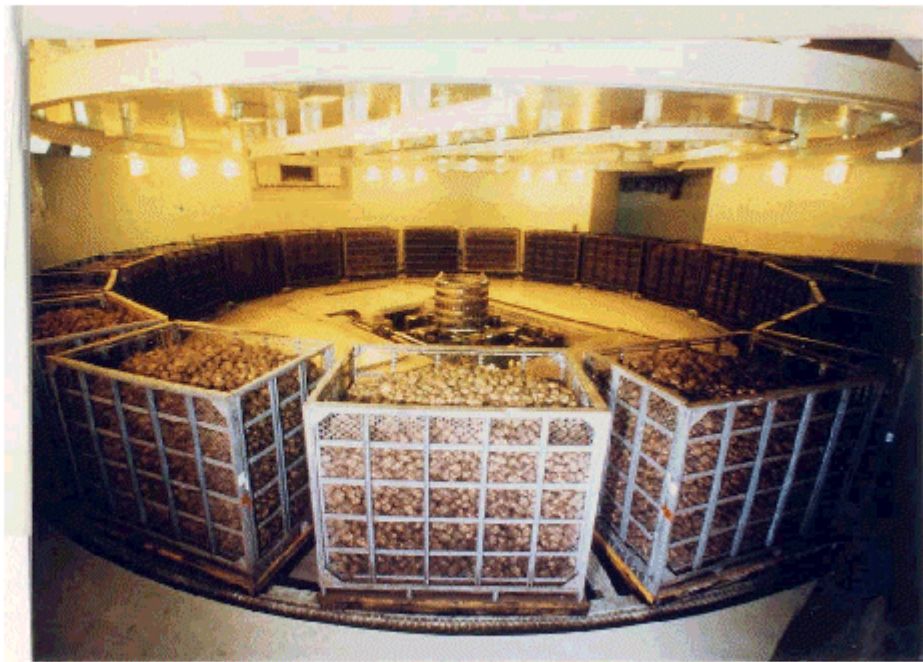
家電製品配線
自動車内配線等



農業利用

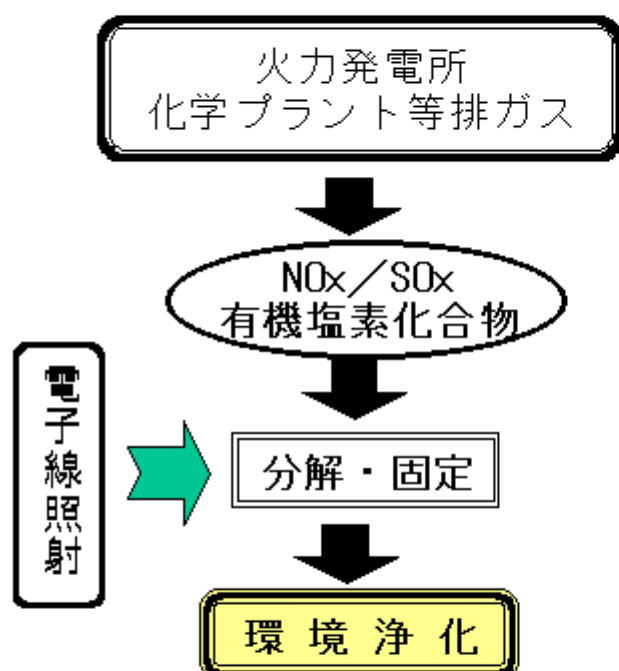
ガンマ線照射による馬鈴薯の発芽防止

日本で唯一
許可されてい
る食品照射



環境保全利用

排煙中の有害物質の分解除去



中部電力西名古屋発電所

未来型炉の可能性の追求

