

# 熊取アトムサイエンスパーク構想

(骨子案)

— 平成 19 年 1 月 —

熊取アトムサイエンスパーク構想ワーキンググループ

(熊取町、大阪府、京都大学)

熊取町「煉瓦館」



表紙：熊取交流センター「煉瓦館」

- ・旧綿布工場をリニューアルし、熊取町が設置した交流施設。
- ・平成18年度「大阪まちなみ賞・知事賞」を受賞
- ・同施設において「アトムサイエンスフェア」などが開催されている。

# 熊取アトムサイエンスパーク構想（骨子案）

## I. 構想の背景

1. 大阪・関西を取り巻く状況
  - ①関西国際空港－アジアのゲートウェイ
  - ②大阪における産業集積
  - ③大阪における高度研究機関の集積
  - ④大阪・関西における高度医療機関
2. 実験所と一体となって発展してきた熊取町
3. 国の動き
  - ①原子力政策大綱
  - ②第3期科学技術基本計画

## II. 構想の趣旨

1. 構想の趣旨
2. 熊取アトムサイエンスパーク構想とは

## III. アトムサイエンスのポテンシャル

1. 原子力の基礎研究機能と人材育成機能
2. 医療分野でのポテンシャル
  - ①がんの放射線・粒子線治療の現状と予測
  - ②ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）
  - ③実験所におけるBNCTの研究状況
  - ④今後の課題
  - ⑤治療技術の発展への期待
3. 物質材料分野でのポテンシャル（物質・材料の構造解析）
4. 安全な原子力システム分野でのポテンシャル（加速器駆動未臨界炉の研究）
5. 防災分野でのポテンシャル

## IV. アトムサイエンスパークに求められる機能と実現に向けた方策

1. 粒子線・放射線の学際的研究や教育・情報発信に関する拠点的位置づけ
2. 人材育成の推進
3. 研究支援及び産学連携の促進
  - ①医療分野
  - ②物質工学分野
  - ③安全な原子力システム
  - ④防災分野
4. 原子力の学際的利用に関する教育・研修、情報発信、啓発など

## V. アトムサイエンスパーク構想の推進体制（案）

# 熊取アトムサイエンスパーク構想（骨子案）

## I. 構想の背景

### 1. 大阪・関西を取り巻く状況

#### ①関西国際空港－アジアのゲートウェイ

- ・関西国際空港は、世界30カ国73都市を結ぶアジアを始めとする世界の玄関口であり、2期整備により2007年には24時間空港として更なる機能強化が図られる。
- ・こうした恵まれたインフラを活用して、アジアとの人・モノ・情報の交流を更に進めていくため、大阪府では平成18年3月に「アジアのにぎわい都市・大阪ビジョン」を策定し、実現に向けた施策の具体化を検討している。
- ・1963年に全国大学の共同利用研究所として京都大学に附置された原子炉実験所（以下「実験所」）は、関西国際空港に近接しアクセスも利便であることから、国際交流にも力を入れており、海外の20研究機関と協定等を交わし、原子力工学及びこれに関連した研究・教育について、研究者・学生の交流を促進している。
- ・特に、アジアを中心に原子力エネルギーへの関心が高まっていることから、今後は更なる交流の拡大が予想される。

【関西国際空港】



【実験所における国際交流】



#### ②大阪における産業集積

- ・大阪は、製造業の事業所が全国一多い上に、金属、機械、プラスチックをはじめとする多様な業種がバランスよく存在するフルセット型の産業構造を有しており、ものづくり基盤技術を担う人材も層が厚い。
- ・また、近年、中小企業が技術革新によって燃料電池やバイオ・ライフサイエンス、ナノテクノロジー、ロボットなどの先端分野へ進出する事例も多く見られ、大阪府域の中小企業新事業活動促進法による認定企業数は1,632社（平成18年3月末）となっている。

- ・現在、大阪府では大阪の強みである豊富な大学・研究機関の「知」とものづくり企業群の「技」が連携し合い、高め合うことで京都や神戸など、近隣自治体を含めた活力ある産業都市圏「大阪圏スーパークラスター」を形成することにより、10年後に目指すべき都市像「知と技の都 ものづくり新都市」を実現すべく、「大阪産業・成長新戦略（仮称）」の策定を進めている。
- ・実験所は、高速道路（阪和自動車道・近畿自動車道・阪神高速湾岸線）などにより、大阪・関西の各地域とのアクセスに優れている。また、中性子照射による材料物質構造や生物に対する影響や中性子の放射化反応を用いた放射化分析、そして中性子回折・散乱によるナノ物質の構造解析に高い技術を有しており、今後、大阪・関西の産業との連携が期待される。

### ③大阪における高度研究機関の集積

- ・大阪には、大阪大学、独立行政法人産業技術総合研究所関西センター、医薬基盤研究所など数多くの大学や国公立の高度研究機関が集積している。また、実験所が立地する大阪南部には大阪府立大学や大阪府立産業技術総合研究所などがあり、さらに実験所と関係の深い東北大学金属材料研究所大阪センターも平成18年4月に開設されている。
- ・こうした高度研究機関には、近年、産学官連携を目指した共同利用できる研究施設や起業促進のためのインキュベータも整備されており、産業の高度化・技術革新に大きな役割を果たしている。
- ・こうした中、実験所は、我が国で唯一の原子力に関わる全国大学等の共同利用研究所として、多くの研究機関とのネットワークを構築している。特に西日本の原子力工学分野においては他の追従を許さない教育機関であるのみならず、高い技術と研究開発能力を有している。
- ・また、大手企業等の研究所・研究開発部門は大阪府内に242社、335拠点が立地している。特に、電気・電子機械器具製造業、無機・有機製品・プラスチック製造業の2業種の研究開発拠点の集積が厚く、ものづくり産業の高度化を担うことができる知的基盤や人材が豊富に存在している。

### ④大阪・関西における高度医療機関

- ・大阪は府域に550病院、11万超の病床数を抱え、大阪大学医学部附属病院、国立循環器病センター、府立成人病センター、府立母子保健総合医療センターなどの多くの高度医療機関が立地している。
- ・また、大阪はがん対策に力を入れており、厚生労働省の指定を受けた地域がん診療連携拠点病院が11ある。
- ・関西圏においても高度医療機関の集積が見られ、特に放射線・粒子線の利用については、PET、CTリニアック、IMRTに取り組む神戸の先端医療センター（「神戸医療産業都市」の中核施設）、陽子線がん治療に取り組む（財）若狭湾エネルギー研究センター、炭素線と陽子線治療が実施されている兵庫県立粒子線医療センターなど優れた施設が多く立地している。
- ・実験所は、中性子照射によりがん細胞を選択的に死滅させる「ホウ素中性子捕捉療法」

の研究において世界をリードしており、今後、関西圏の高度医療機関のネットワークの一翼を担うことが期待される。

## 2. 実験所と一体となって発展してきた熊取町

- ・熊取町は40年以上の長きにわたり実験所を受け入れ、現在では4つの大学や先端企業が立地する学術文化都市へと大きく発展している。
  - ・この間、実験所は、原子炉の安全性に対する取り組みはもとより、施設公開や講演会、研究者の講師派遣、町の審議会等への参加などの活動により地域の教育や文化向上に大きく寄与し、地域社会の中で信頼関係を構築してきている。
  - ・近年、関西国際空港の開港や阪和自動車道などの開通により、国内外へのアクセスの利便性が向上している。
- 今後、実験所は内外の研究者が集い、交流する原子力科学の拠点となることが期待される。

### 【アトムサイエンスフェア】



\* 実験所は熊取町において、講演会や学習会、施設公開等を実施している。

## 3. 国の動き

### ①原子力政策大綱

- ・今後の原子力のあり方について、各界の真摯な議論の下、仕切り直しを行い、2005年10月に原子力委員会による新しい原子力政策として「原子力政策大綱」が策定された。
- ・この中では、特に、原子力利用に関わる地域との共生、原子力利用について国民の理解とコミュニケーションを促進していくことの重要性が強調されている。
- ・また、原子力発電だけではなく、科学技術分野、工業分野、医療分野などの他の分野等における放射線利用の着実な推進が必要と明記されている。
- ・上記の方向性は、「熊取アトムサイエンスパーク構想」と軌を一にするものである。

### ②第3期科学技術基本計画

- ・我が国では1996年度以降、「科学技術創造立国」たらんことを国家戦略としてきた。「第3期科学技術基本計画」は、「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」、「人材の育成と競争的環境の重視」の二つを基本姿勢とし、2006～2011年までの科学

技術の戦略的重点化を図るために 2006 年 3 月に閣議決定された。

- ・同基本計画においては、世界最高の科学技術水準を目指す構造改革を掲げ、科学の発展と絶えざるイノベーション力の強化が志向されている。具体的には、世界トップクラスの拠点形成と、大学を中心とする地域活性化として「地域の知の拠点再生プログラム」などが挙げられている。

実験所は、わが国の原子力工学の発展を支えてきただけでなく世界に誇るべきオンリーワンの研究・技術を蓄積している研究拠点であり、実験所を核とする「熊取アトムサイエンスパーク構想」は、基本計画の方向性と合致するものである。

## Ⅱ. 構想の趣旨

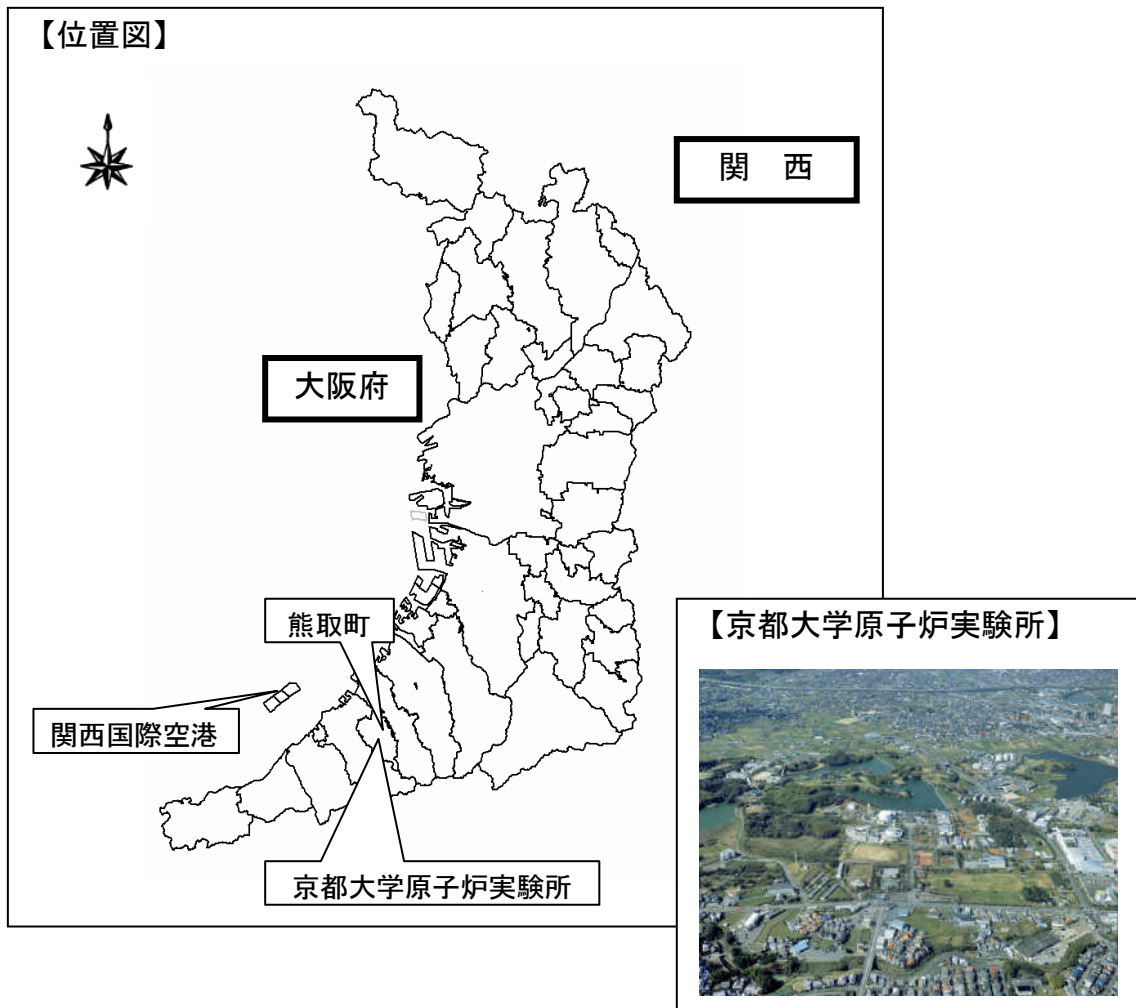
### 1. 構想の趣旨

- ・ 実験所が大阪府南部に位置する熊取町に立地して 43 年が経過した。この間、実験所に設置された西日本最大の研究用原子炉（KUR）や臨界集合体実験装置（KUCA）を活用して、多くの研究者や技術者が物理、化学、生物などの基礎的自然科学分野や原子力工学、医療などの応用分野で大きな成果を挙げてきており、今後も原子力の研究・教育拠点として特に人材育成面で大きな役割を果たすことが期待されている。
- ・ 実験所はその原子炉に対して安全の確保に最大限の努力を払い、大きなトラブルもなく、40 年以上の長きにわたり地域社会と極めて良好な関係を保ってきた。特に、地元となる熊取町においては、実験所が施設公開や講演会等で地域に溶け込むための努力を重ねてきたこともあり、住民の原子力科学に対する理解や関心は高く、医療や防災など実験所が培ってきた研究成果について地域社会への還元を求める声も多くみられる。
- ・ しかし、実験所と地域社会の関係を大阪・関西という広域的な視点で見れば、研究内容の特殊性や原子力に対するネガティブなイメージもあって、多くの住民は実験所に無関心もしくは実験所を敬遠しているという状況を脱していない。  
また、実験所は基礎研究や教育では大きな成果を挙げているものの、大学の研究機関ということもあって産業界に対して研究内容や成果が十分に伝わっているとは言い難い。
- ・ 近年、「原子力政策大綱」（2005 年 10 月）や「第 3 期科学技術基本計画」（2006 年 3 月閣議決定）において、原子力平和利用のさらなる促進と放射線利用の新たな展開の必要性、及び大学等の高度研究機関と地域との共生の重要性が謳われている。  
とりわけ、国民の中に不安の残る原子力分野については、原子力利用についての理解とコミュニケーションを促進していくことの重要性が強調されている。
- ・ 実験所では、基礎研究での成果をベースに、中性子等の粒子線・放射線の学際的・多面的利用について研究を重ねており、がん治療などの医療・健康分野、物質構造の解明や放射化分析による物質科学・ナノテクノロジー分野、原子力防災対策に関連する安全・防災分野など、社会的ニーズの高い分野において多くのシーズを生み出しつつある。こうしたシーズを積極的に公開・情報発信し、研究成果を地域や産業に還元していくことが求められている。
- ・ 関西国際空港に近接する大阪・熊取町において、西日本最大規模の研究用原子炉を有する実験所を軸に、原子力の学際的・多面的利用による社会貢献を行う拠点形成を図り、もって国民の原子力に対する理解を促していくため、熊取町、大阪府、京都大学においては三者で構成するワーキンググループを設置し、「熊取アトムサイエンスパーク構想（骨子案）」の取りまとめを行った。
- ・ 今後、国の関係機関や産業界の参画、協力を得て、構想の最終取りまとめを行い、この構想の具体化を図ってまいりたい。



## 2. 熊取アトムサイエンスパーク構想とは

- ・実験所では、人類社会と地域環境に調和した原子力の平和利用を目指して「アトムサイエンスコンソーシアム」を形成し、熊取キャンパスを「地域に根ざし、世界に広がる科学の郷」へと進化させるべく努力を続けている。
- ・「熊取アトムサイエンスパーク構想」は、実験所において蓄積されてきた原子力の学際的研究分野（医療・健康分野、物質科学分野、安全・防災分野）についての研究成果を地域社会や産業に還元する仕組みを構築し、もって原子力の平和的利用の促進と国民の理解を促していく構想である。



### Ⅲ. アトムサイエンスのポテンシャル

#### 1. 原子力の基礎研究機能と人材育成機能

- ・実験所は、①原子力基礎科学研究本部（原子力基礎工学研究部門、安全原子力システム研究センター）②粒子線物質科学研究本部（粒子線基礎物性研究部門）③放射線生命医科学研究本部（放射線生命医科学研究部門、粒子線腫瘍学研究センター）の3研究本部で構成されている。
- ・実験所では、KUR（研究用原子炉）を用いた理学、工学、農学、医学にわたる学際的研究を推進するとともに、KUCA（臨界集合体実験装置）を用いた安全な原子力システムの研究を行っており、多くの研究成果を蓄積している。
- ・実験所は、全国大学の共同利用研究所として、多くの優れた研究者を輩出している。その研究者育成に向けた取り組みとしては、昭和50年から、全国の大学院学生を対象にKUCAを利用した実験講義を実施しており、これまでの受講者数は、全国11大学の大学院学生に京都大学の学部学生を加えると、延べ2,400名を超えている。また、京都大学大学院の協力講座として多くの大学院学生の教育を行ってきた。
- ・さらに、平成15年からは韓国の6大学、平成18年からはスウェーデンの大学からも大学生を受け入れて実験講義が行われている。その上、共同利用研究の枠組みで年平均1,500人も学生の受け入れ、指導を行っている。

#### 2. 医療分野でのポテンシャル

- ・実験所では、中性子線をつかったがん治療（中性子捕捉療法）の研究に取り組んでおり、中性子捕捉療法の研究については、世界をリードしている。
- ・中性子捕捉療法は粒子線治療の一種である。近年、粒子線治療への取り組みが国内外で活発化しており、粒子線治療の国内での現状とその中における中性子捕捉療法の強み、現在の実験所における研究状況、今後中性子捕捉療法に期待されること、などについて、医療分野におけるポテンシャルとして述べる。
- ・実験所での中性子捕捉療法にかかる研究は、臨床実績の伸びが近年著しい分野であり、いち早い実用化が期待される。

#### ①がんの放射線・粒子線治療の現状と予測

##### 【国内及び大阪府域のがん発生状況】

- ・日本国内のがん死亡者数は年間30万人を超え、大阪府域のみでも、年間2万人以上ががんで死亡している。また、大阪府がん登録の2002年のデータによると、大阪府域の年間新発届出患者数は2万人を、年間の罹患者数は3万人を超え、厚生労働省人口動態統計調査特殊報告によると府内のがんの年齢調整死亡率は昭和60年度以降全国ワースト1の状況となっている。

### 【国内の放射線・粒子線治療の状況】

- ・がん治療は、手術、抗がん剤、放射線が主な治療手段である。このうち、放射線治療は、臓器の機能・形態を温存する治療手段として患者にやさしい局所療法であり、欧米が先進的である。近年、重粒子線治療やIMRT（強度変調放射線治療）を典型とするX線の高精度集中照射技術などによる放射線治療の進展が著しいことから、注目を集めている。
- ・重粒子線がん治療とは、放射線の一種である陽子線や炭素線などの電気を帯びている粒子線（重荷電粒子線）を利用して行うものと電気を帯びていない中性子線を利用するものに大別される。重荷電粒子線は、X線や電子線に比べ正常細胞への作用が原理的に少なく、がん細胞をピンポイントで破壊することが可能であり、手術とは違って臓器の機能と形を損なうことがないため、患者の体への負担の軽い高いQOLを維持できる治療法であると考えられている。日本では患者の体力（肉体的負担）の大きい外科的治療や化学療法がまだまだ主流であるが、がん患者のQOLが向上すれば、高齢社会において労働力人口の減少が問題視される中で少しでも多くの人々が自立した生活を送ることができる。こういった意味においても、がん患者のQOLの向上は日本の重要な課題であると言える。
- ・粒子線治療施設は、国内には（独）放射線医学総合研究所や兵庫県立粒子線医療センターを始めとして現在6施設あり、民間施設である南東北病院で陽子線治療施設が建設中である。陽子線や重粒子線による治療は、既に厚生労働省から高度先進医療の認定を受けているところも多い。

### 【中性子を利用したがん治療の状況】

- ・中性子を利用したがん治療は、速中性子線治療と中性子捕捉療法に大別される。
- ・このうち、京都大学原子炉実験所が研究を進めている中性子捕捉療法は、ホウ素化合物と結びついたがん細胞のみを中性子を用いて選択的に破壊する画期的な治療法であり、現在は研究段階であるが早期の実用化が期待されている。
- ・中性子捕捉療法によるがん治療については、実験所において1994年に世界で最初の中性子捕捉療法を悪性脳腫瘍で行い、2001年には再発頭頸部がん、2005年には肺がん、肝臓がんの中性子捕捉療法をいずれも世界で最初に行うなど、実験所が世界の研究をリードしている。

## ②ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）

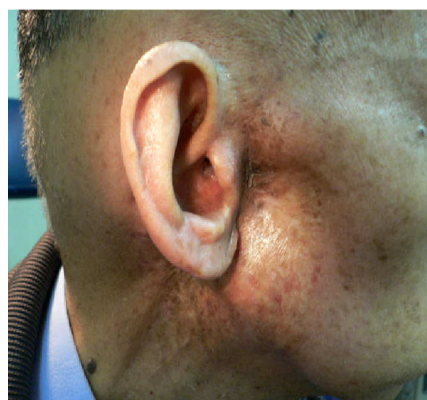
- ・原子炉から出る弱い中性子を吸収したホウ素-10原子核は、飛ぶ距離ががん細胞の直径程度のヘリウム原子核（アルファ粒子）とリチウム原子核に分裂し、これらががん細胞を破壊する。このため、ホウ素化合物ががん細胞に集まれば、中性子照射との組み合わせによってがん細胞を選択的に破壊することが可能となる。  
こうした点に着目し、実験所ではホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の研究を進めている。
- ・BNCTは、正常組織を傷つけることなくがん細胞を破壊でき、外科的治療と違い臓器をそのまま残すこともできるのが大きな特徴である。ホウ素を取り込んだ部分の細胞にのみ効果が働くので、炭素線や陽子線よりも更に正確にがん細胞を単独的に破壊

することができる。さらに、痛みを取り除く緩和ケア効果があり、適用可能な症例であれば、副作用も少ないため、患者のQOLの向上に資すると考えられる。

#### 【BNCTによるがん治療】



BNCTによる治療前



BNCTによる治療後

- ・頭頸部にできるがんは、機能面・美容面なども含め、患者への負担の軽い高いQOLが維持できる治療法が望まれる。
- ・上の写真は、頭頸部にできた耳下腺がんをBNCTにより治療したものの。

### ③実験所におけるBNCTの研究状況

- ・実験所では、1990年以降、BNCTの研究を本格化させており、熱中性子だけでなく熱外中性子による頭頸部がんの治療の有効性が平成12年に判明し、多様な臓器への領域拡大のための努力が行われた結果、平成18年3月までの臨床研究の症例数は全部で約270件となっている。特に、平成14年度が11件、15年度が36件、16年度は54件、17年度は87件と、この4年間だけで症例は約200件と急増している。(なお、実験所は平成18年2月から燃料変更のため原子炉を一旦休止した。その間、日本原子力研究開発機構の研究用炉JRR-4を用いてBNCTの研究を継続している。)
- ・現在、実験所では、大阪医科大学、大阪大学大学院歯学系研究科、川崎医科大学等と共同研究を実施しており、臨床研究対象となっている疾患は、悪性黒色腫、脳腫瘍、頭頸部がん、甲状腺がん、肝がん、乳がん、肺がん、眼窩腫瘍、中皮腫などとなっている。
- ・また、次世代DDS型悪性腫瘍治療システムとして、平成17年度からNEDOの委託先選ばれ、これについては筑波大学や大阪大学とともに研究している。京都大学はこの研究の中では、全国に普及可能な100~200 m<sup>2</sup>の大きさのFFAG方式をベースとした加速器開発を担当している。

#### ④今後の課題

- ・現在、実験所では、加速器を利用した陽子線治療と中性子捕捉療法との融合的治療の展開に関する研究に取り組もうとし、イノベーションリサーチラボ内に陽子線治療にも利用できる陽子線を発生するFFAG加速器を整備中である。この二つの治療法を組み合わせることにより、より様々な臓器のがんを適確に治療することができると考えられる。
- ・今後、医療として実用化していくためには、まず臨床実績数を増やしていくことが重要である。そのためには、①捕捉療法につかえる中性子を取り出せる中性子源としての加速器の開発が必要であり、FFAG方式やサイクロトロンなどについて検討を進めている。中性子源については、加速器単独だけではなくADSR加速器未臨界炉を使った加速器と未臨界炉をあわせた方式についても研究していくことが必要であり、現在、2009年を目標に中性子源となる医療用加速器を導入できるよう検討を進めている。
- ・さらに効果をより確実なものにし、より多様ながんに応用していくためには、次のような課題がある。②中性子捕捉療法は他の粒子線と比較して浅い部分で効果を発揮するが、様々な臓器のがんに使えるようにするにはビームを深部まで到達させること、また、③細胞によってホウ素化合物を含みやすい、含みにくいといった違いがあるので、この化合物の組成を工夫し克服する（効き目のバラつきを失くすこと）こと、さらに、④特定の臓器にのみ取り込まれやすいホウ素化合物の開発、⑤治療計画の元になる画像情報取得技術及び体内での放射線量の分布の確定を行い、治療効果の一定の質を確保することである。
- ・また、将来的には速中性子線という大きなエネルギーを持つ中性子線による治療をあわせて研究することにより、細胞による効き目のばらつきを克服するなどといったことが考えられる。しかし、速中性子線は正常細胞に与える副作用が非常に大きいため、それを克服する照射の方法を研究する必要がある。

#### ⑤治療技術の発展への期待

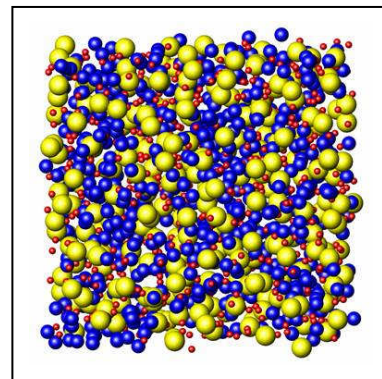
- ・粒子線治療は民間の取り組みも進みつつあるが、建設費・運営費ともに非常に高額であり、普及には時間がかかると考えられる。しかし、中性子捕捉療法であれば、小型加速器の開発により他のX線等の放射線治療と同程度の治療費にコストダウンが可能であると考えられ、数多くの患者が治療を受けることが可能になる。また、原子炉がなくとも加速器を使えばどこでも治療できるようになる。
- ・また、陽子線や炭素線などの粒子線治療については、大腸や胃等については臓器が動くので不適合であると考えられている。しかし、中性子捕捉療法であれば、これらの部位のがんについても、ホウ素を含んだ細胞だけが破壊されるので、粒子線治療が困難であった臓器へも幅広く応用が可能である。上記の「④今後の課題」を克服することにより、実用化に向け大きな飛躍が期待され、がん医療進歩への貢献が期待される。

### 3. 物質材料分野でのポテンシャル（物質・材料の構造解析）

- ・中性子を用いると、X線では撮影が困難な金属やプラスチックの内部の液体や、水素化合物の像を非破壊状態で明確に観察することができる。このような中性子ラジオグラフィ技術は、自動車のエンジンなどの内部状態の観察、航空機材の腐食検査や宇宙開発にも応用されており、さらに考古学資料や植物などの内部状態の観察にも応用することが試みられている。
- ・実験所では、中性子ラジオグラフィに加えて、タンパク質等の生体物質の構造情報の提供による新薬、免疫抗体、試薬の開発等についての協力研究を行うことができる。特に、後者については、製薬会社とのタンパク質構造解析の実施、臨床検査会社等との構造情報の共用、解析の協力が期待できる。
- ・中性子を用いた材料の構造解析では、X線を用いた構造解析では難しい、水素などの軽元素を含む材料（水素貯蔵材料、リチウム電池材料、燃料電池材料など）中の水素、リチウム、酸素などの原子の存在位置を明らかにして、新しい材料開発に有用な基礎情報を得ることもできる。
- ・また、中性子の放射化反応を利用した放射化分析では、イタイイタイ病の原因物質がカドミウムであることをつきとめた実績が実験所にはあり、物質中の微量元素を特定することが可能で、環境や生体中の微量元素分析に広く利用されている。

#### 【実験所で行われているナノ材料の研究（例示）】

- ・ナノグラファイト水素貯蔵材料の研究
- ・ナノ・アモルファス水素貯蔵合金の研究
- ・リチウム2次電池用正極ナノ材料の構造研究
- ・リチウム2次電池用負極ナノ材料の構造研究
- ・リチウム2次電池用超イオン伝導材料の研究
- ・燃料電池用酸素イオン導電体膜の研究
- ・燃料電池用固体高分子膜の研究



アモルファス合金材料の原子配列



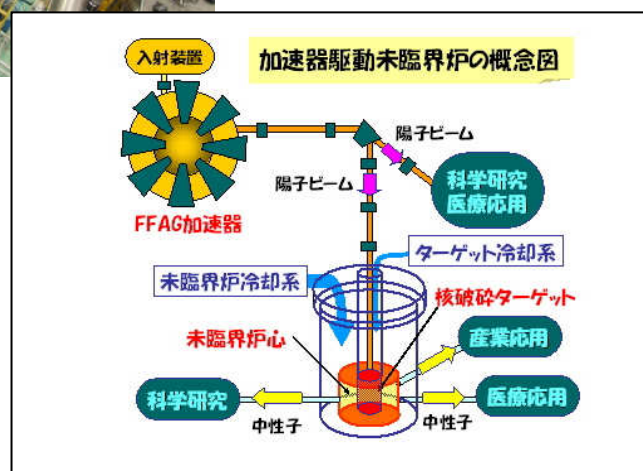
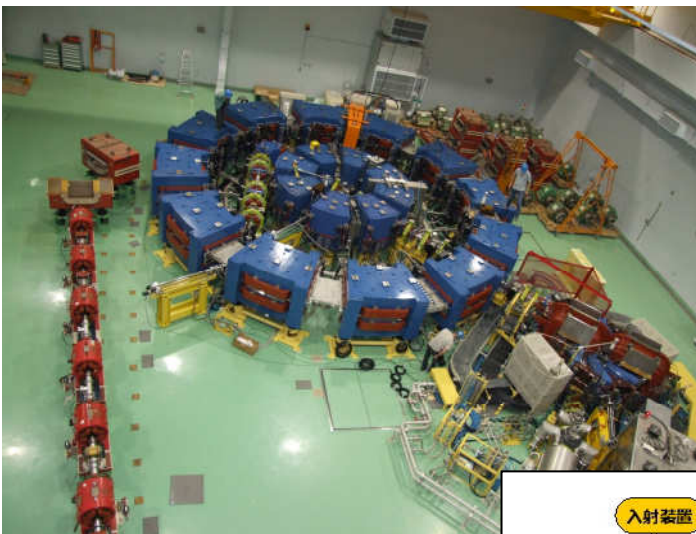
#### 4. 安全な原子力システム分野でのポテンシャル（加速器駆動未臨界炉の研究）

- ・加速器駆動未臨界炉とは、高エネルギー加速器からの粒子ビームを重金属ターゲットに当てて、核破砕反応で生じる大量の中性子を未臨界状態の原子炉に打ち込み、核分裂の連鎖反応を起こさせて中性子を増倍させることによりエネルギーを生み出すことのできるシステムである。これは、核分裂の連鎖反応の持続により臨界状態を維持して運転する通常の原子炉とは異なり、未臨界状態で運転するため、加速器を停止すれば直ちに炉は停止するという極めて安全性の高いエネルギー増倍システムになり得る。

この未臨界炉は、高い安全性のもとで大量の中性子を発生させることができるため、科学研究や産業・医療への応用に向けた中性子発生源として期待される。

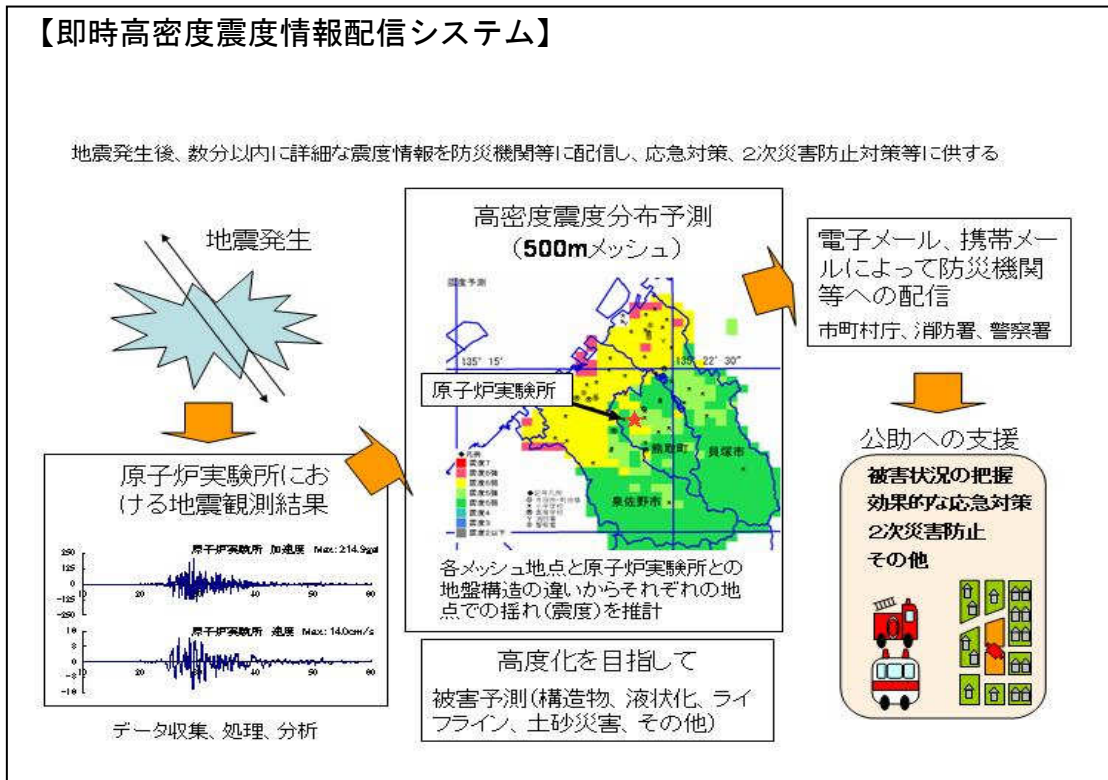
- ・実験所では、平成 14 年度より、文部科学省の委託事業として「FFAG（固定磁場強集束型）加速器を用いた加速器駆動未臨界炉に関する技術開発」に取り組み、KURと同規模で安全かつ安定的な中性子源の開発を目指している。さらに、新たな学際的研究の展開に向けて、「イノベーションリサーチラボ」として、加速器を使った物理実験や化学実験、生物実験ができる実験室のほか、医療エリアも確保し、整備しようと努力している。

#### 【FFAG加速器】



## 5. 防災分野でのポテンシャル

- ・ 今後 30 年以内に高い確率で発生が予想される「東南海・南海地震」、あるいは発生確率は低いものの甚大な被害が想定される中央構造線等を起源とする内陸型地震への対応として、国での特別措置法の制定をはじめとして、地方公共団体、民間事業者等がそれぞれの立場で、地震防災対策を推進する必要がある。
- ・ 特に、実験所では、原子炉施設の耐震安全性の確保を最重要課題と位置づけている。これに関連した地震動の予測手法の研究開発や関連する地震防災分野における研究成果は、安全・安心な原子力施設の開発だけでなく、地域社会への還元によって地域の防災力強化にも大きく貢献できる。





## IV. アトムサイエンスパークに求められる機能と実現に向けた方策

### 1. 粒子線・放射線の学際的研究や教育・情報発信に関する拠点的位置づけ

- ・実験所は、西日本で最大規模の研究用原子炉を有し、全国大学の共同利用研究所として運営されている。この実験所は関西国際空港に近接していることから、内外の放射線・粒子線を利用する者を含めた原子力関連の研究者・技術者の交流の拠点となることが期待されている。
- ・こうしたポテンシャルを活かすためには、「熊取アトムサイエンスパーク」には、粒子線・放射線利用分野の学際的研究や教育・研修・情報発信・啓発等に関する国民センターとしての位置づけが求められる。
- ・従来、放射線がん治療の研究として、わが国では関東を中心に大型加速器を用いた粒子線治療が進められてきた。一方、実験所では原子炉を用いた中性子捕捉療法が行われて優れた治療効果が示されており、適用症例の拡大が図られている。また、実験所では小型加速器を用いた中性子捕捉療法の実現に向けた開発研究が行われ、陽子線治療との併用に関する検討も開始されており、粒子線治療と相補性のある中性子捕捉療法の拠点としての役割を果たすことが期待される。
- ・なお、日本原子力研究開発機構との関係においては、西日本の原子力科学の研究・教育拠点として、実験所が先導している中性子捕捉療法によるがん治療や原子力エネルギーの安全利用などの粒子線・放射線の学際的研究分野において重点化が図られることが望まれる。

#### 【関連する国の施策】

- 先端融合領域イノベーション創出拠点の形成（第3期科学技術基本計画）
- 原子力人材育成プログラム
- グローバルCOEプログラム
- 内外の研究者・技術者の受け入れ体制の強化※

### 2. 人材育成の推進

- ・実験所が蓄積してきた資源を地域や産業に還元していくためには、その橋渡しが行えるコーディネーターの育成が不可欠である。特に、粒子線・放射線の学際的利用については、高度な専門知識を必要とし、シーズとニーズを有機的かつ効果的につないでいくマッチング能力が必要となる。また、地域再生の観点から地元自治体の役割も重要である。
- ・「熊取アトムサイエンスパーク構想」の実現に向けて、熊取町、大阪府、実験所において、粒子線・放射線の学際的研究の成果を地域や産業に還元し、地域の活性化を図るための人材の育成・活用が求められている。
- ・実験所を軸として、粒子線・放射線の学際的研究についての研究教育機能の更なる充

実強化が必要である。

- ・粒子線・放射線の学際的研究については、エネルギーや医療など様々な分野で世界的に関心が高まっている（特に中国をはじめとする東アジアにおいては原子力の研究者・技術者の育成に対する需要が大きく増加する傾向にある）。
- ・「熊取アトムサイエンスパーク」は関西国際空港に近接しており、放射線・原子力関連の研究者・技術者が交流する世界的な拠点となることも期待できる。なお、地域社会においては、こうした海外の研究者・技術者を受け入れていくための環境整備が必要となる。

**【関連する国の施策】**

- 地域再生人材創出拠点の形成（地域の知の拠点再生プログラム）
- 原子力人材育成プログラム
- グローバルCOEプログラム
- 内外の研究者・技術者の受け入れ体制の強化※

**3. 研究支援及び産学連携の促進**

- ・実験所の学際的な研究成果は多岐にわたる。この中で比較的早期に実用化が期待でき、地域住民にも目に見える形での具体的な社会貢献が期待できる分野としては、「医療分野」、「物質科学分野」、「安全エネルギー分野」、「防災分野」などが考えられる。
- ・こうした分野において、コンソーシアムの形成など産業利用支援や産業波及支援が効果的に行われるためのシステム構築が求められている。

**【関連する国の施策】**

- 地域新生コンソーシアムの形成（NEDOの競争的資金の活用）
- 原子力システム研究開発事業
- 大学等の研究成果の利用の促進
- 産学連携の促進
- 中小企業地域資源活用プログラム
- がん対策等先進医療技術開発

**①医療分野**

- ・実験所で研究している中性子捕捉療法は、陽子や重粒子などの放射線・粒子線治療と異なり、正常細胞を破壊せず、中性子を利用してホウ素化合物を取り込んだがん細胞だけを選択的に狙い撃つ画期的ながん治療法である。
- ・すでに、実験所では270もの治験例を有し、脳腫瘍、皮膚がん、頭頸部がん（耳下腺がん等）において大きな効果を挙げている。
- ・現在は、研究段階ではあるが実用化されれば効果的な放射線治療・粒子線治療のひとつ

つとなり、多くのがん患者やその家族にとって福音となることが期待されている。

- ・中性子捕捉療法は現在、実験所の原子炉を中性子源としており、その実用化に際しては、次のような環境づくりが必要である。

- ① 臨床件数を増やし、少しでも早い時期に高度先進医療としての認定を受けて医療として実用化するため、中性子源となる加速器を開発すること。
- ② 実用化にいたるための臨床件数を重ねていくため、研究活動としてだけでなく、患者をフォローアップできる医療機関として設備面やスタッフ面の整備。
- ③ 近隣の医療機関との連携。府内医療機関との連携。

- ・実験所では、加速器を用いて中性子捕捉療法と陽子線治療をその適用症例にあわせて併用することにより、肝臓がん、胃がん、肺がんなどの体の深部で発生するがんにも有効な治療法を研究している。

- ・また、実験所が位置する泉南地域は、過去にアスベスト製品製造工場が集積しており、その影響によって、中皮腫患者発生が多いと思われる。2025～30年頃には中皮腫は患者発生のパークを迎えようと考えられている。

- ・昨年度、何例か中皮腫の臨床研究を行った中には、劇的な効果の得られた事例がある。中皮腫の治療は、外科的には胸膜と肺と一緒に取り除くことになり、術後の患者のQOLの低下が問題となる。また、中皮腫は全身への転移が早い・多いという特徴があるが、中性子捕捉療法により肺の機能を残しながら治療することができ、多くの患者のQOL向上に資する。地域貢献の面からも事例の検証をさらに深めて、中性子捕捉療法による中皮腫治療の可能性を追求する必要がある。

【産官学医連携により実用化が期待されるもの（例示）】

- ホウ素中性子捕捉療法によるがん治療
- 放射線・粒子線を利用した中皮種の治療法
- 治療研究から一般的治療に移行するために必要な医療施設の設置（外部スタッフによる運用）

## ②物質工学分野

- ・中性子照射によって物質・材料の性質を変え、放射化分析によって物質・材料の微量元素分析を行うことができるので、新たなナノ材料の開発に有用な基礎的データが集積されるものと期待される。

- ・中性子を用いることにより、材料中の原子配列を明らかにし、その材料が持つ機能の特性を物質構造の観点から解明することができるので、高機能材料の探索に有用な基礎的データが集積されるものと期待される。

- ・原子力の学際的研究成果の利用には、産学官連携を促進する仕組みづくり、シーズとニーズをマッチングするコーディネーターの育成が必要である。

- ・実験所のシーズを企業に分かり易く伝える場や仕組みづくり（交流会、講演会、テーマ別研究会など）が必要である。

- ・大阪府立大学、東北大学金属材料研究所大阪センター、大阪大学、大阪府立産業技術総合研究所など、近接する研究機関との連携を図りながら研究を進めていくことが必要である。

【産官学連携により実用化が期待されるもの（例示）】

- 燃料電池における水素貯蔵材料、酸素イオン導体材料、イオン伝導膜などの開発
- 材料特性を左右する微量添加元素の分析
- 中性子ラジオグラフィによる装置内の溶液の状態観察や製品の欠陥検査
- 中性子捕捉療法用のホウ素化合物の開発及び生産

### ③安全な原子力システム

- ・実験所では、安全で、かつ、燃料の増殖性に優れ、核廃棄物の核変換処理が同時にできる夢の原子炉となる可能性を秘めた加速器駆動未臨界炉（ADS）の基礎研究として、「FFAG（固定磁場強集束型）加速器を用いた加速器駆動型未臨界炉に関する技術開発」プロジェクトを推進。
- ・実験所では、このプロジェクトによって開発したFFAG加速器をアップグレードし、これを用いて加速器駆動未臨界炉の発展的研究のみならず、物理、化学、生物学、医療などを目的とした学際研究の新たな展開を図る将来構想を有している。

【産官学連携により実用化が期待されるもの（例示）】

- 安全かつ燃料の増殖性等に優れた夢の原子炉である「加速器駆動未臨界炉」
- FFAG加速器を用いた医療やナノ材料の研究等の新たな展開

### ④防災分野

- ・実験所では、原子炉等の耐震安全確保は最重要の課題である。それ故、実験所では、東南海・南海地震の発生確率が高まり、かつ地震活動期に入ったとされる近畿圏に存在する施設として、地震学、地震工学、建築耐震構造等の最新の知見に基づき、地震動の予測手法の開発や地震防災に関する研究を推進している。
- ・こうした研究成果を地域社会に還元するものとして「即時震度情報配信システム」を構築した。地震後数分で配信される詳細な震度予測や被害予測に関する情報は、行政による初動体制の確立など、効率的かつ効果的な公助を支援することが可能となる。
- ・また、震度予測のみではなく、被害予測も導入した実効性のあるシステムに高度化させる研究も推進している。
- ・さらに、実験所内のボーリング孔を利用した地震観測システムを強化させ、その地震観測記録などを教材として地震波の伝播などの地震や地震動に関する基礎知識を広めるなど、地震防災に関する教育活動を行っている。

【産官学連携により実用化が期待されるもの（例示）】

○即時震度情報配信システム

○地震防災に関する知見・ノウハウを活かした教育活動

#### 4. 原子力の学際的利用に関する教育・研修、情報発信、啓発など

- ・アトムミュージアムを設置し、原子力に関する正しい知識の普及に努め、原子力関連の学際的研究の成果に関する情報発信を行う。なお、同ミュージアムにおいては学習会や講演会を定期的を開催することとする。
- ・中性子捕捉療法を中心として放射線治療に関する知識を普及し、情報発信を行う。
- ・防災に関する知識を普及し、情報発信を行う。
- ・地場産業の情報を集積し、学際的研究の成果の活用を念頭に交流の場を設置する。

#### V. アトムサイエンスパーク構想の推進体制（案）

- 熊取町、大阪府、京都大学、産業界、関係省庁の有識者などで構成する検討・協議組織の立ち上げ
- 産業界との連携、コンソーシアムの形成