

# 原子力技術による国際社会への貢献

和田 智明

FNCA(アジア原子力協力フォーラム)コーディネーター  
神戸市立青少年科学館長

令和元年10月16日  
日本鉄道車輛工業会

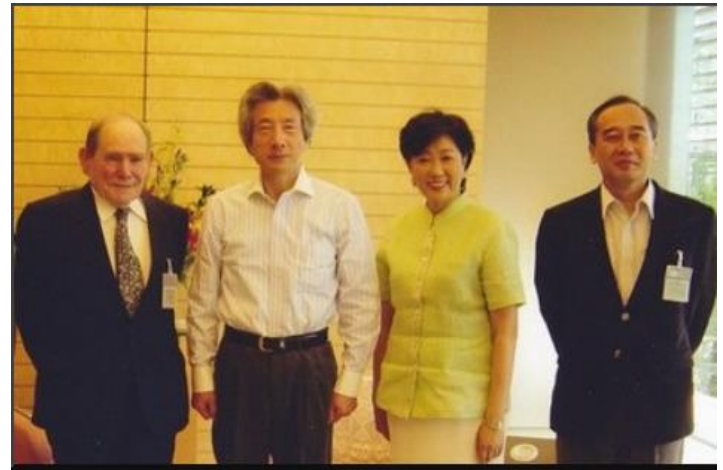
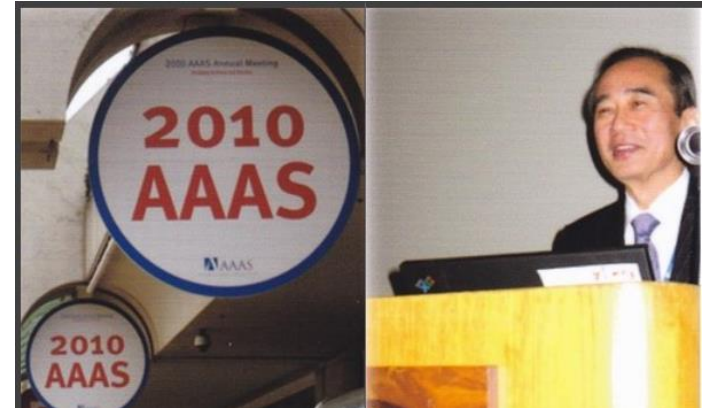
# 講演項目

---

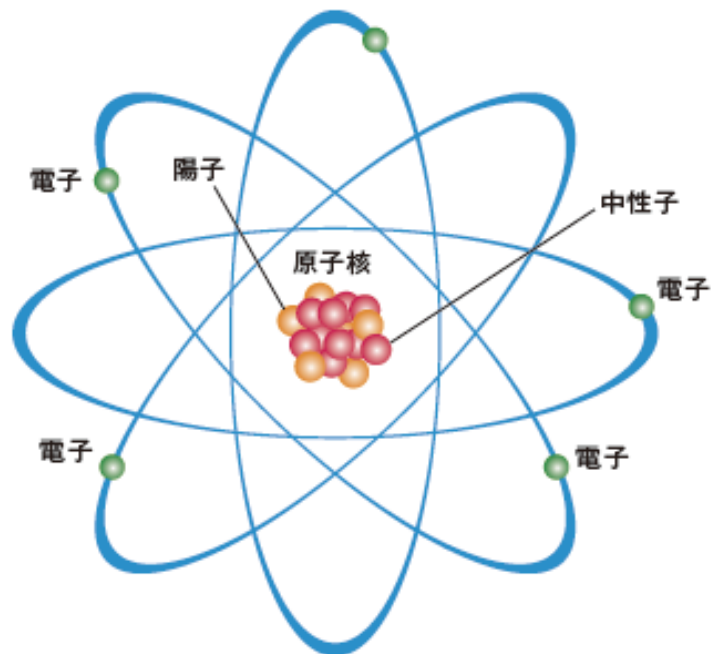
- 原子力エネルギーを中心とする国際社会の状況
- 放射線利用技術による国際協力

# 私の略歴

- 1977年 東京大学工学系大学院 (修士)卒、科学技術庁に入庁
- 1986－1990年 国際原子力機関 (IAEA) 保障措置分析官
- 1990年から2004年 文部科学省及び科学技術庁で原子力課長、原子力機構執行役等原子力関係の要職を歴任
- 2004年から2006年 内閣府沖縄担当審議官
- 2008年から2010年 文部科学省科学技術政策研究所所長
- 2010年から2014年 東京理科大学教授
- 2014年から 神戸市立青少年科学館館長
- 2016年から FNCA(アジア原子力協力)コーディネーター



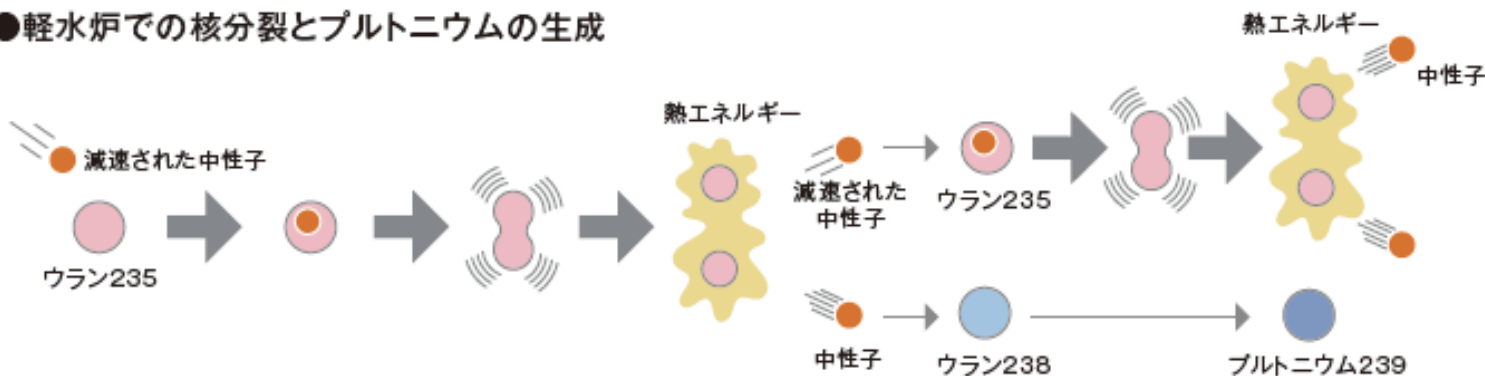
# 原子の構造



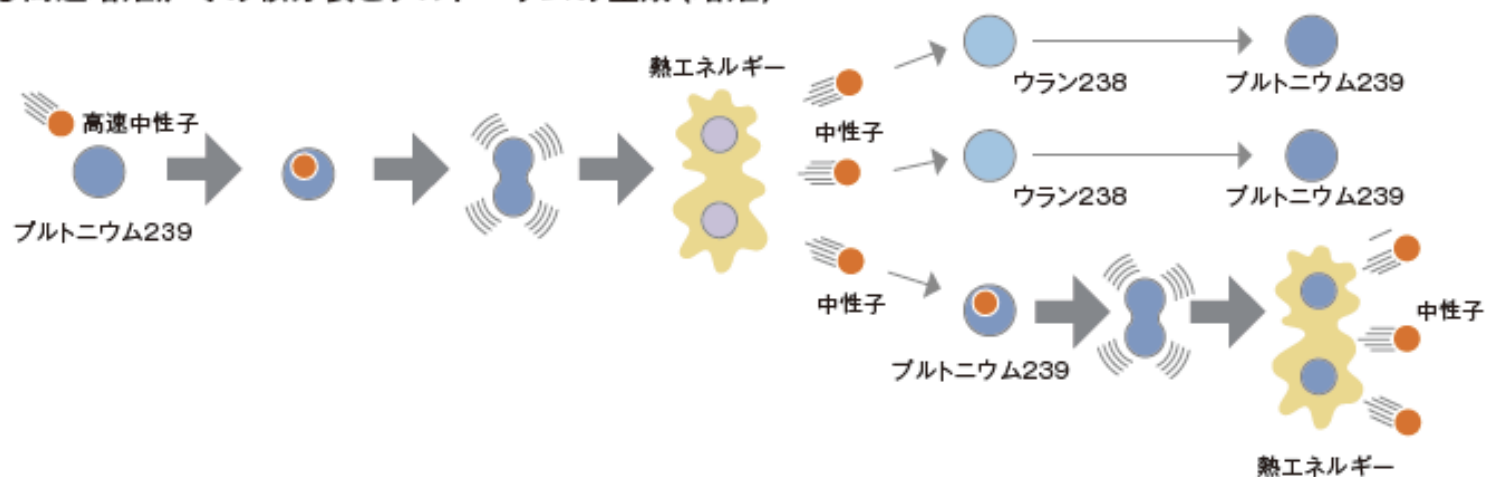
|        | 陽子の数 | 中性子の数 | 陽子と中性子の数の和 | 自然界に存在する割合 |
|--------|------|-------|------------|------------|
| ウラン234 | 92   | 142   | 234        | 0.0055%    |
| ウラン235 | 92   | 143   | 235        | 0.7200%    |
| ウラン238 | 92   | 146   | 238        | 99.2745%   |

# ウランの核分裂とプルトニウムの生成・核分裂

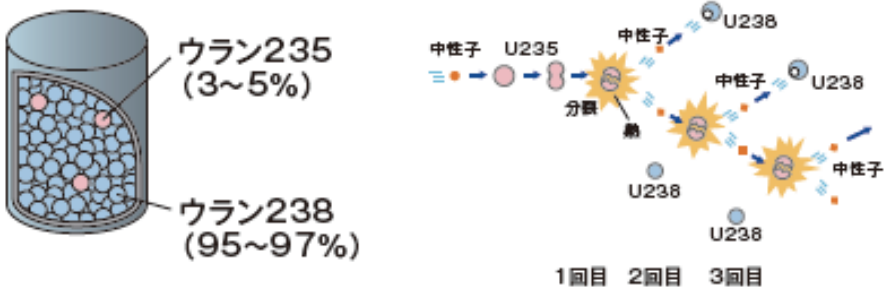
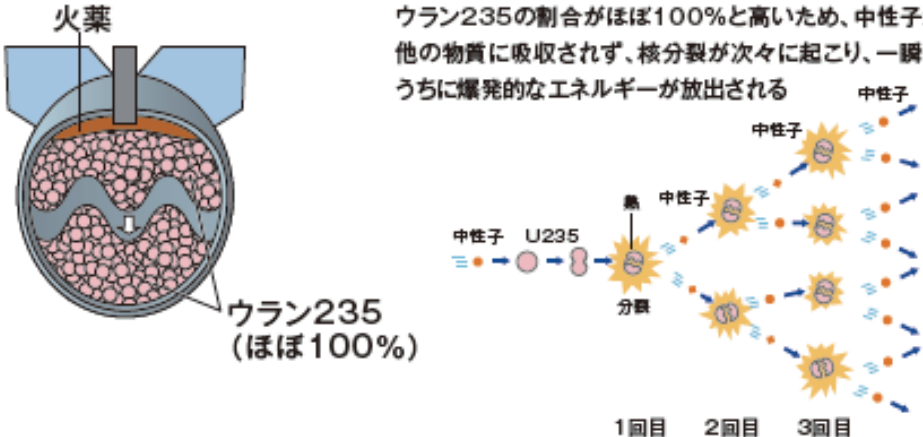
## ●軽水炉での核分裂とプルトニウムの生成



## ●高速増殖炉での核分裂とプルトニウムの生成(増殖)

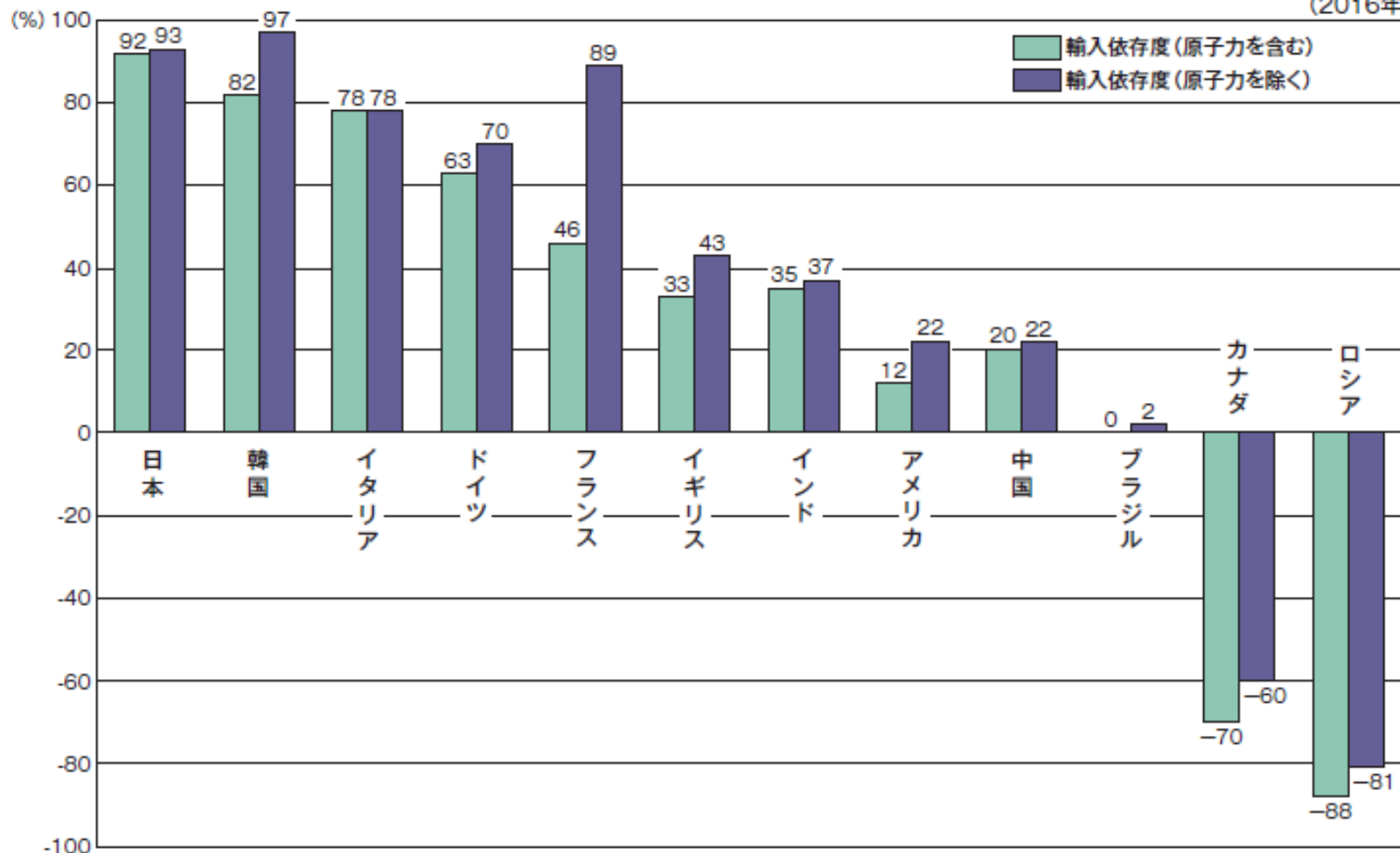


# 原子力発電と原子爆弾の違い

|                 | ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応   | 核分裂数の制御の方法   |
|-----------------|--|--|
| <p>原子力発電の場合</p> | <p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する</p>  <p>ウラン235 (3~5%)<br/>ウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>             | <p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない</p>   |
| <p>原子爆弾の場合</p>  | <p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々に起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される</p>  <p>火薬</p> <p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p> | <p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止めることはできない</p> |

# 主要国のエネルギー輸入依存度

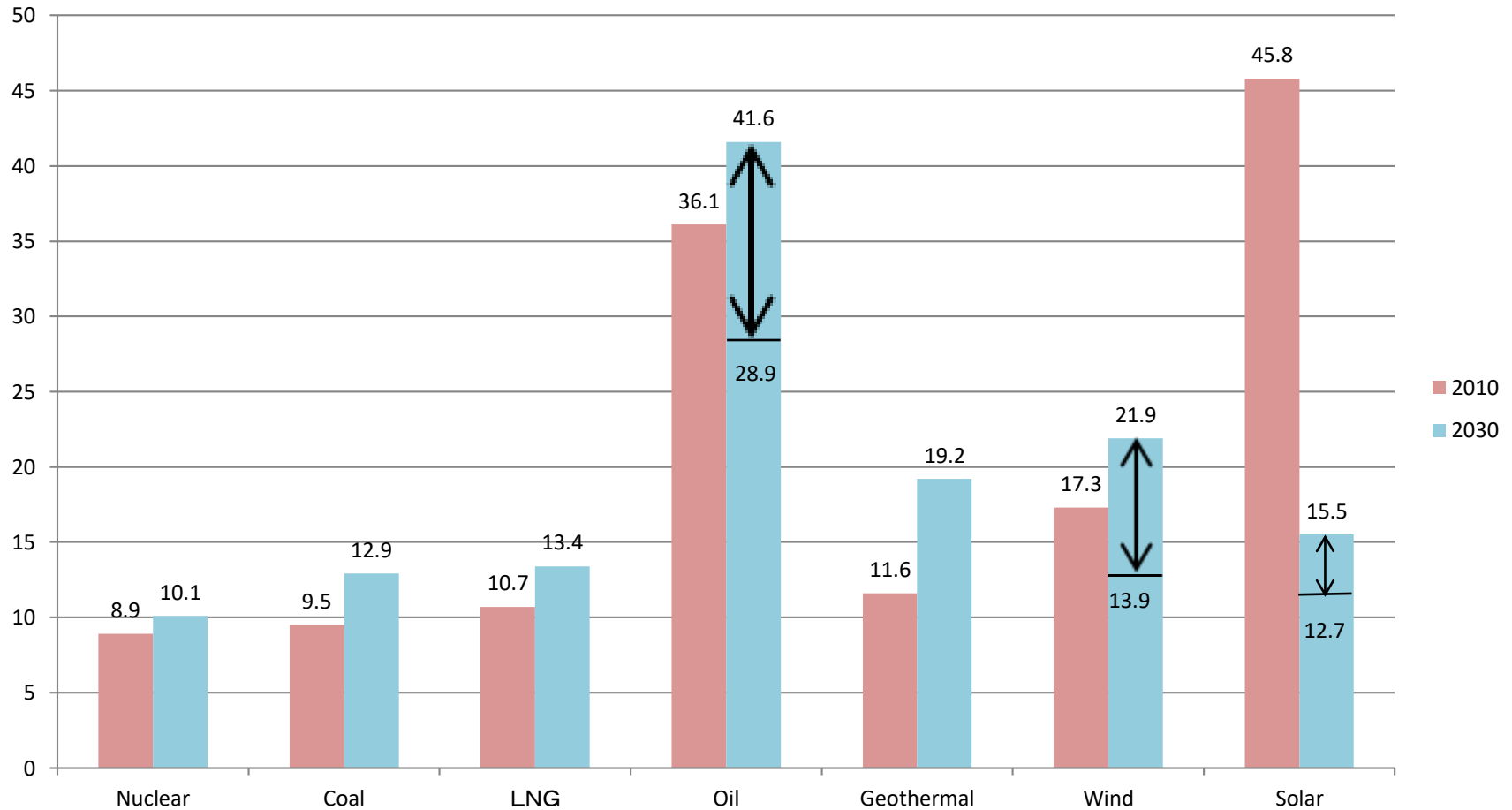
(2016年)



(注) 下向きのグラフは輸出していることを表す

# Estimating the cost of power generation in 2030 in Japan

(JPYen/Kwh)

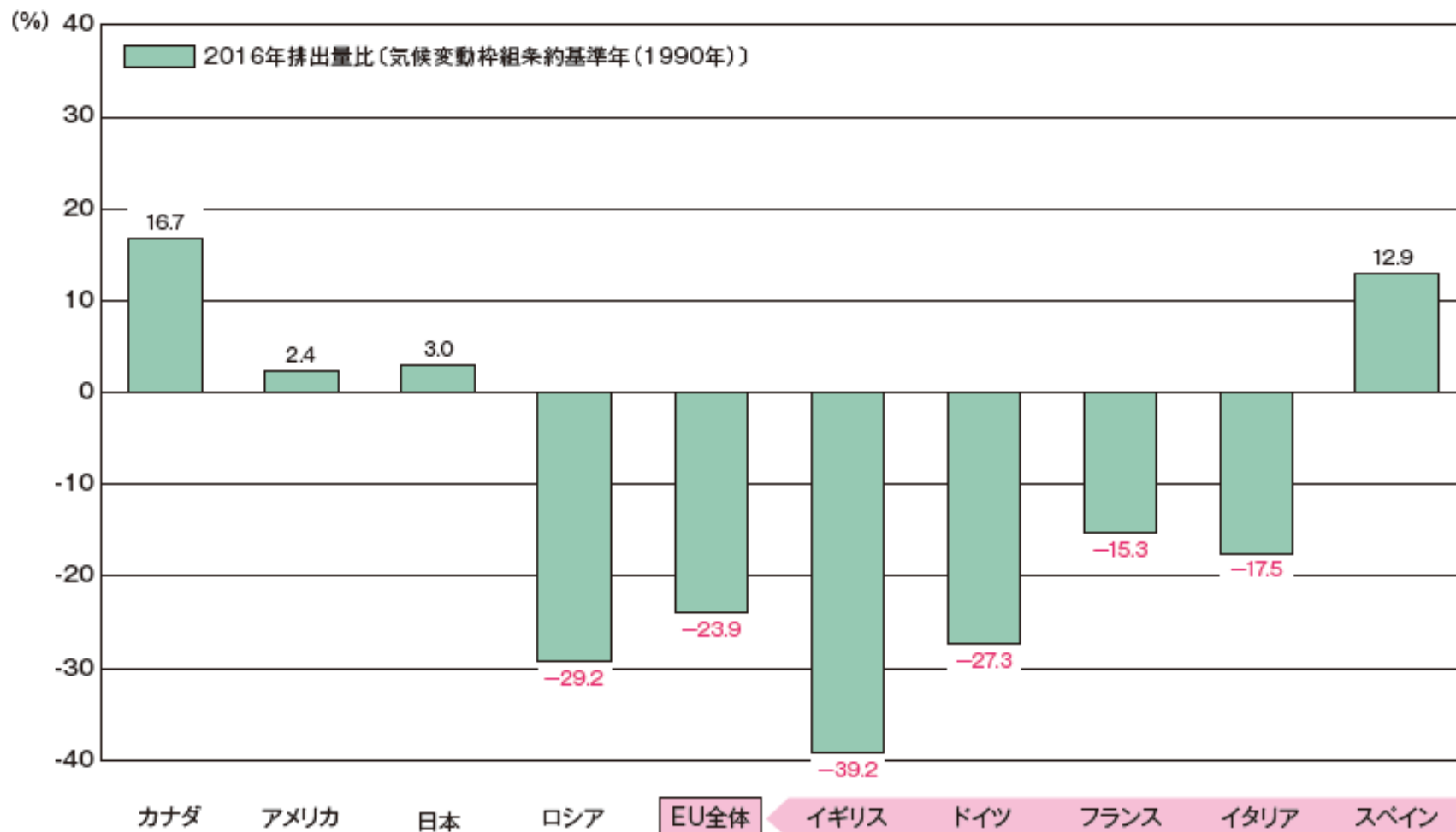




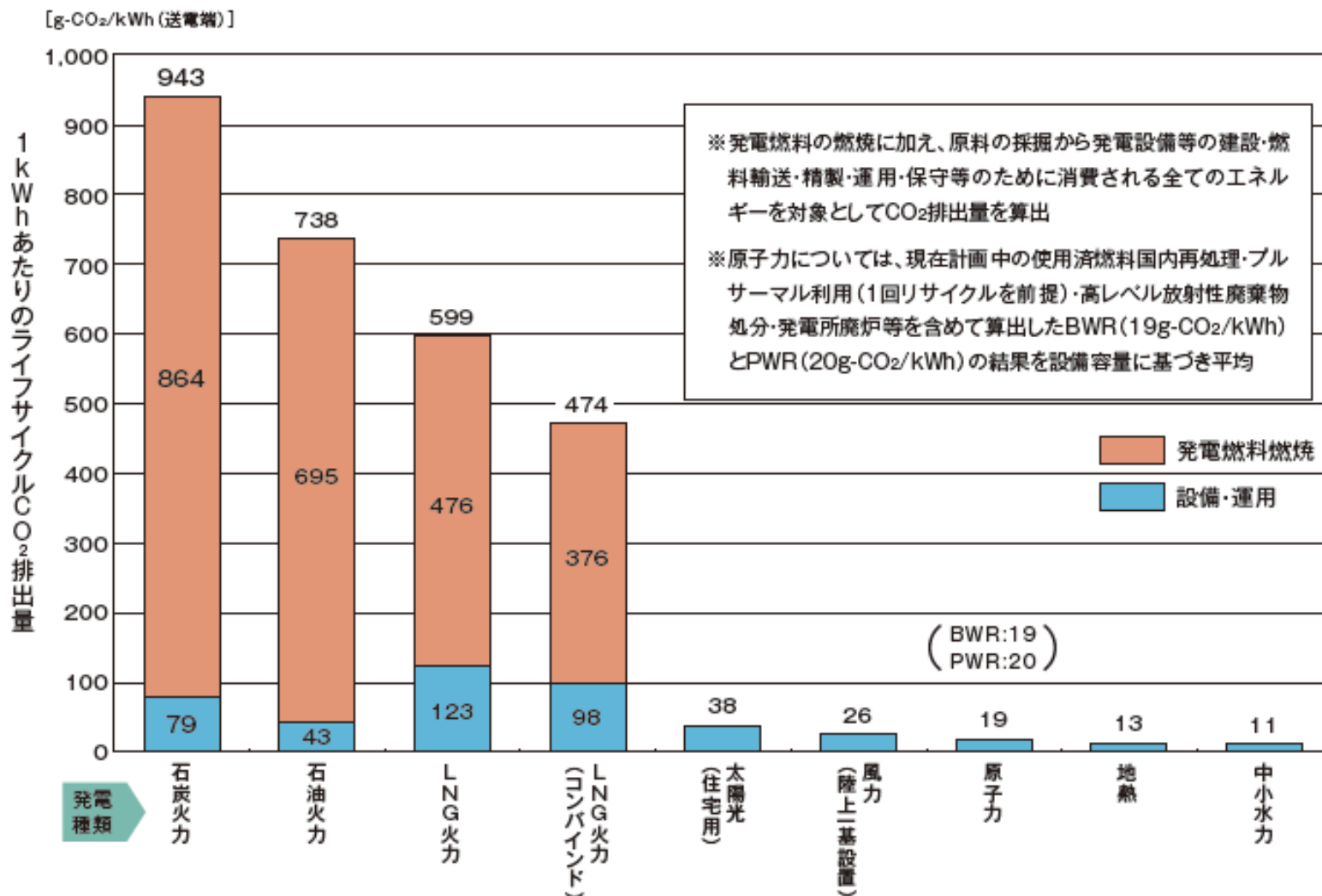
## CO<sub>2</sub>増加による気温上昇の実績と予測

|    |    |  |
|----|----|--|
| 実績 | 世界 | 100年あたり約0.73℃の割合で上昇 <sup>※1</sup>  |
|    | 日本 | 100年あたり約1.21℃の割合で上昇 <sup>※2</sup>  |
| 予測 | 世界 | 21世紀末の平均気温は、20世紀末に比べ約1.5℃上昇 <sup>※3</sup>  |
|    | 日本 | <p>2100年頃に0.5～5.4℃上昇<sup>※4</sup></p> <p>○RCP2.6シナリオ(低位安定化シナリオ:気温上昇を2℃以下に抑えることを想定):0.5～1.7℃上昇</p> <p>○RCP8.5シナリオ(高位参照シナリオ:政策的な緩和策を行わないことを想定):3.4～5.4℃上昇</p> <p>(RCPシナリオは政策的な緩和策を前提として、将来、温室効果ガスをどのような濃度に安定化させるかという考え方から算出するシナリオ)</p> |

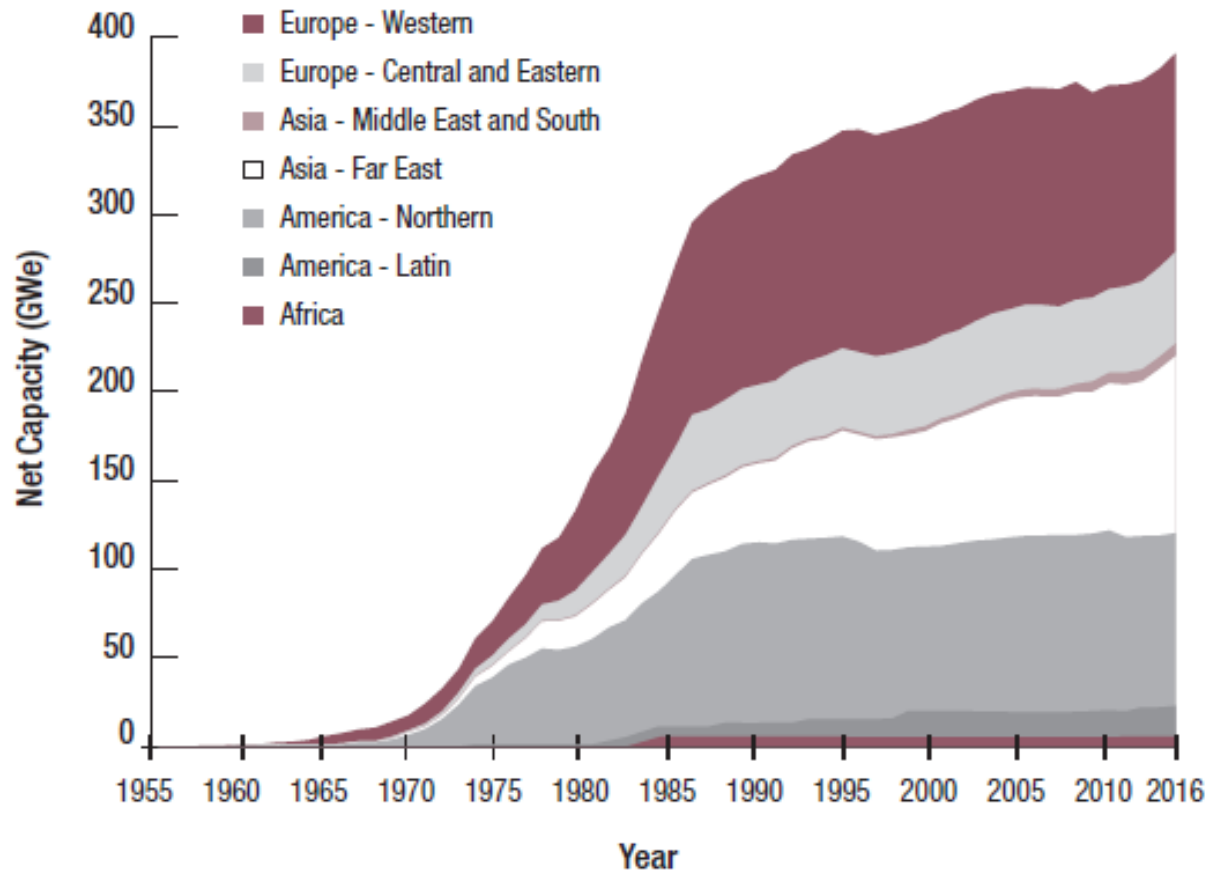
# 主要国の温室効果ガス排出状況



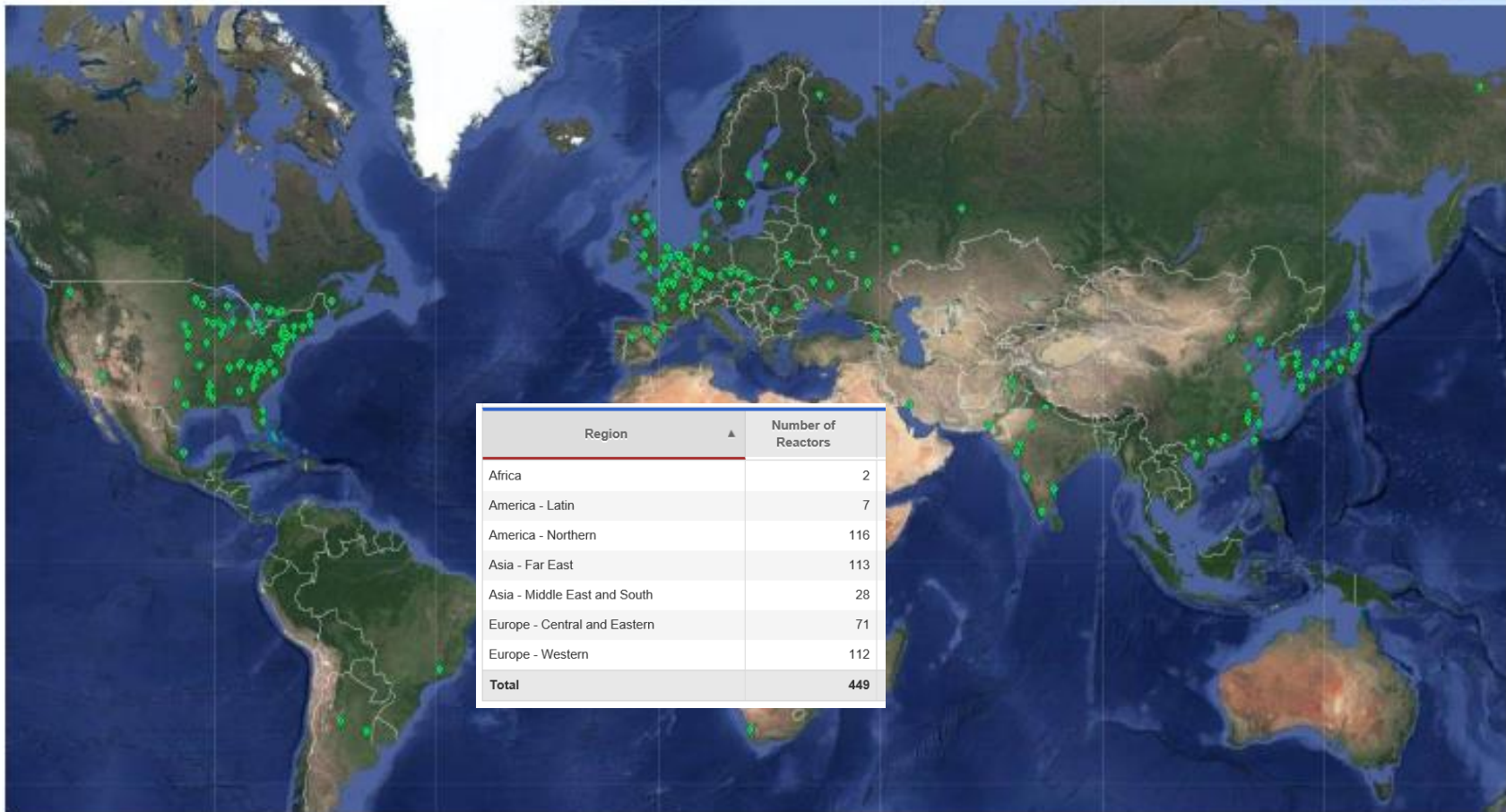
# 各種電源別のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量



# INSTALLED NUCLEAR GENERATING CAPACITY IN THE WORLD (Net GWe)



# Global Nuclear Power Plants (as of July 2019)



| Region                       | Number of Reactors |
|------------------------------|--------------------|
| Africa                       | 2                  |
| America - Latin              | 7                  |
| America - Northern           | 116                |
| Asia - Far East              | 113                |
| Asia - Middle East and South | 28                 |
| Europe - Central and Eastern | 71                 |
| Europe - Western             | 112                |
| <b>Total</b>                 | <b>449</b>         |

**449** nuclear power reactors in operation in 30 countries

**398** GW ( ~11% of global electricity)

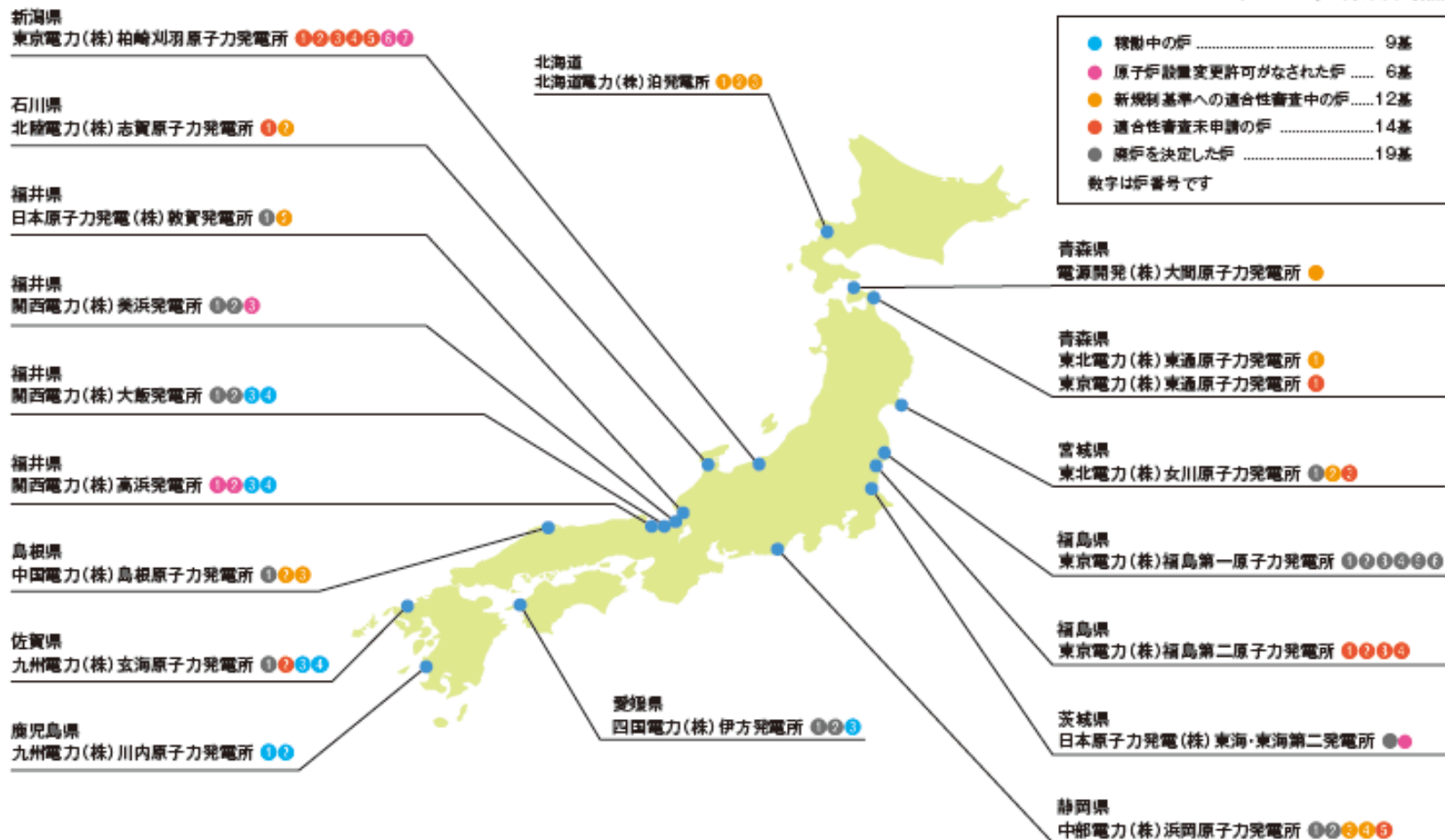
# Advantages of Nuclear Power

Nuclear power offers many advantages on the environmental, economic, strategic and operational levels:

- It helps combat climate change;
- It is cost-competitive compared with other sources of baseload electricity;
- It offers heightened operational and safety performance, particularly with the new type of reactors such as generation III.
- It ensures security of supply: nuclear fuel is easy to store and uranium resources are well distributed around the world, unlike oil and gas reserves, which are concentrated in Russia and the Middle East;
- It is a solution for limiting trade deficits for countries that import fossil energies and for preserving the reserves of the exporting countries by limiting their domestic use;
- It creates significant added value locally as well as a large number of highly qualified jobs that cannot be delocalized;

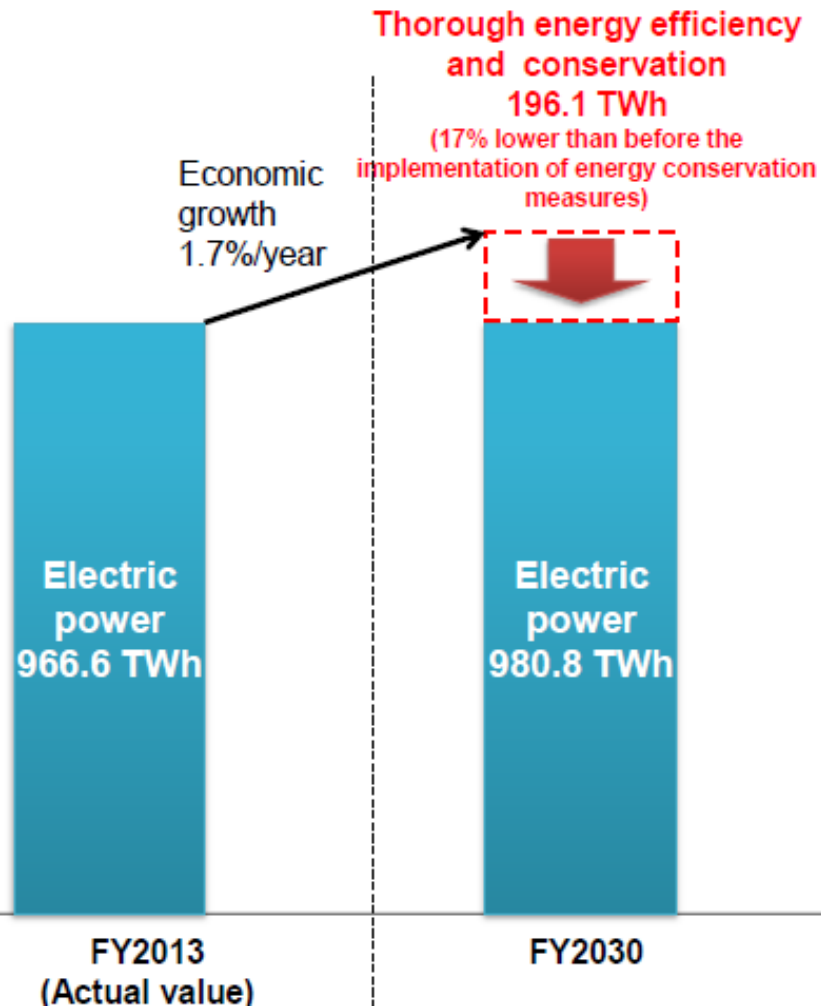
# 日本の原子力発電所の運転・建設状況

(2019年1月末日時点)

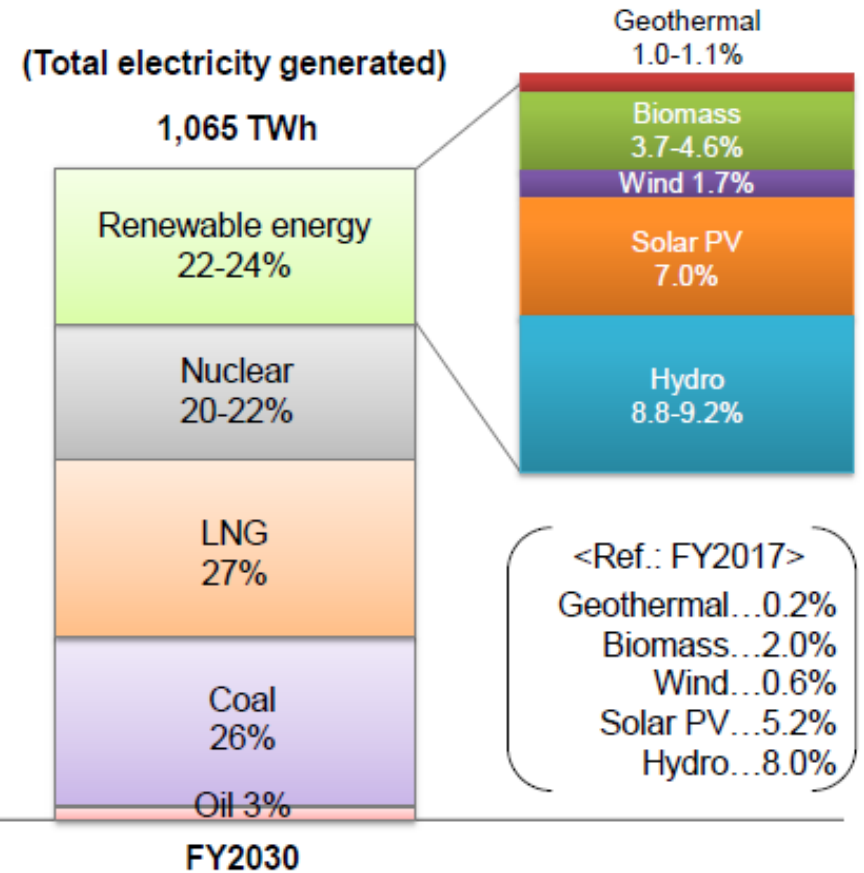


# Energy supply and demand outlook for FY2030: Electricity demand and power source mix

## Electric power demand

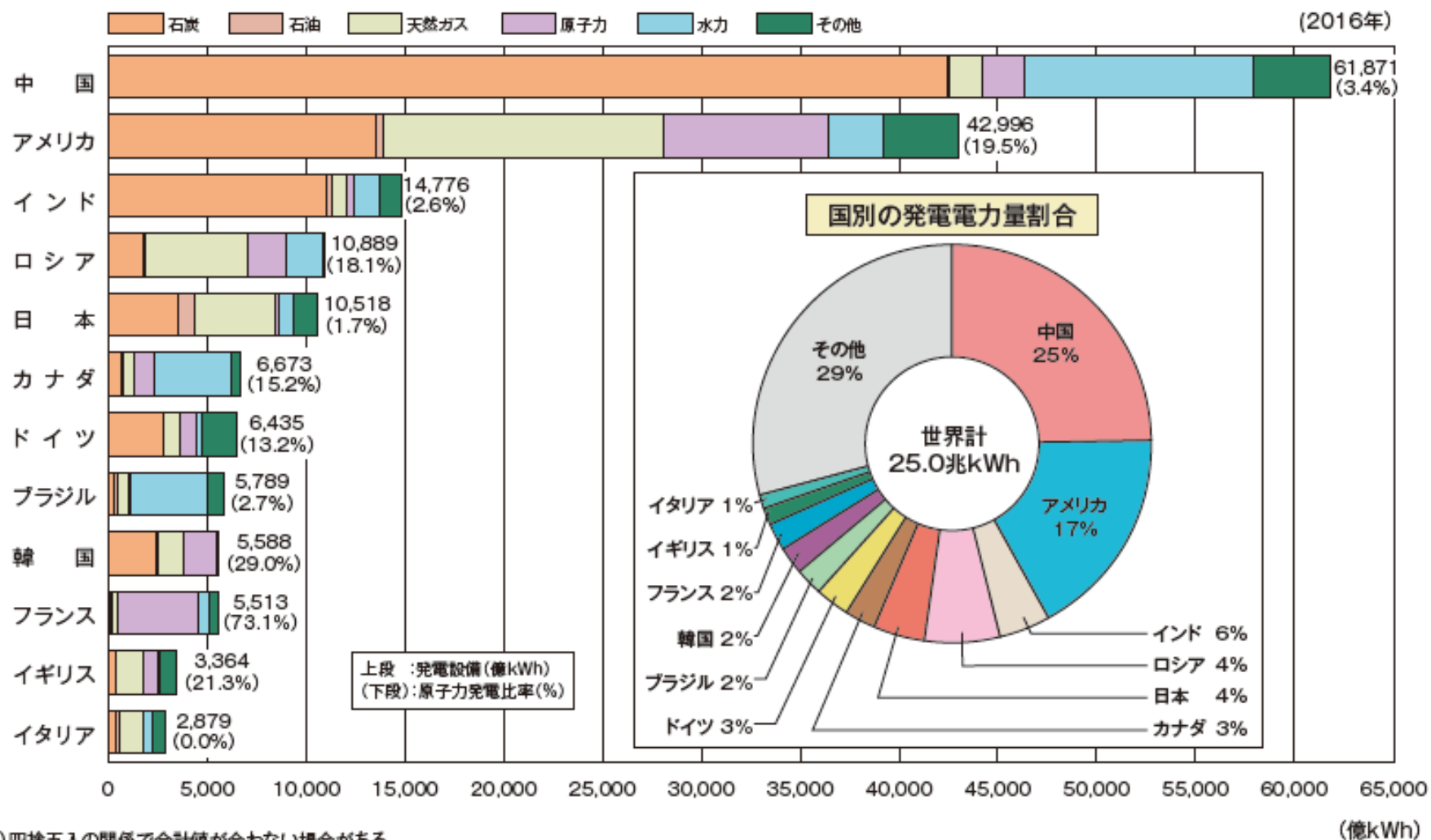


## Power source mix





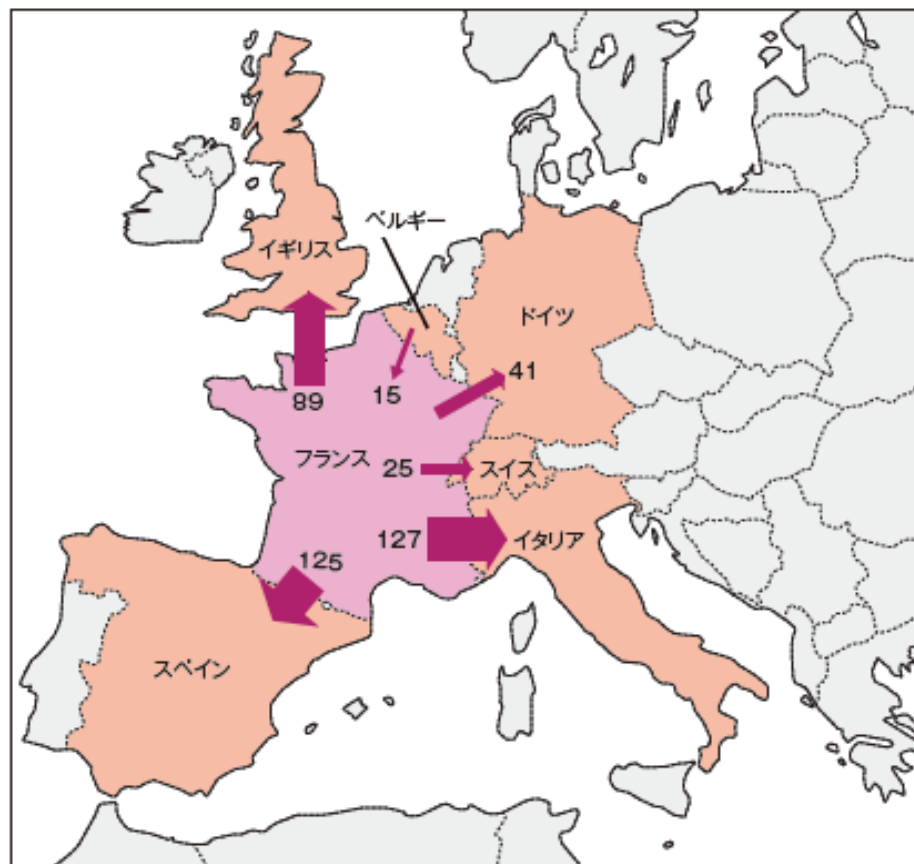
# 主要国の発電電力量と原子力発電の割合



(注)四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

# フランスを中心とした電力の輸出入

(単位:億kWh)

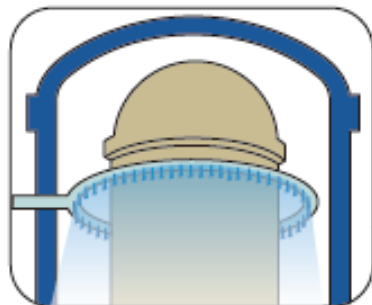


(2016年)

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| フランスの総輸出電力量(A)      | 602億kWh   |
| フランスの発電電力量(B) (送電端) | 5,314億kWh |
| 輸出比率(A/B)           | 11%       |

(注)・四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
・フランスから各国への輸出力は、輸入量との差引分

# 非常用炉心冷却装置等の例 (BWR)

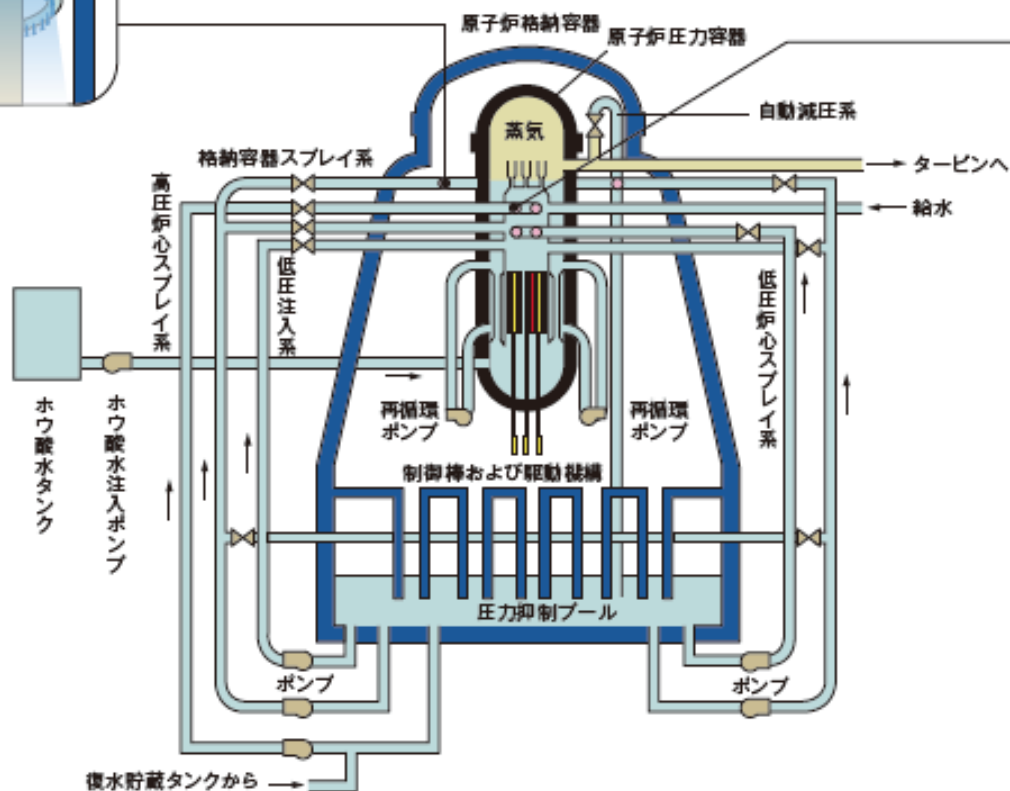
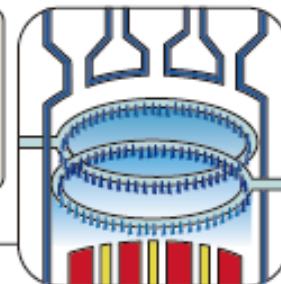


## 格納容器スプレイ装置

格納容器の内壁に取り付けたドーナツ型の水管からも、水がシャワーのように流れて格納容器の内部を冷却。これが格納容器スプレイである。

## 非常用炉心冷却装置

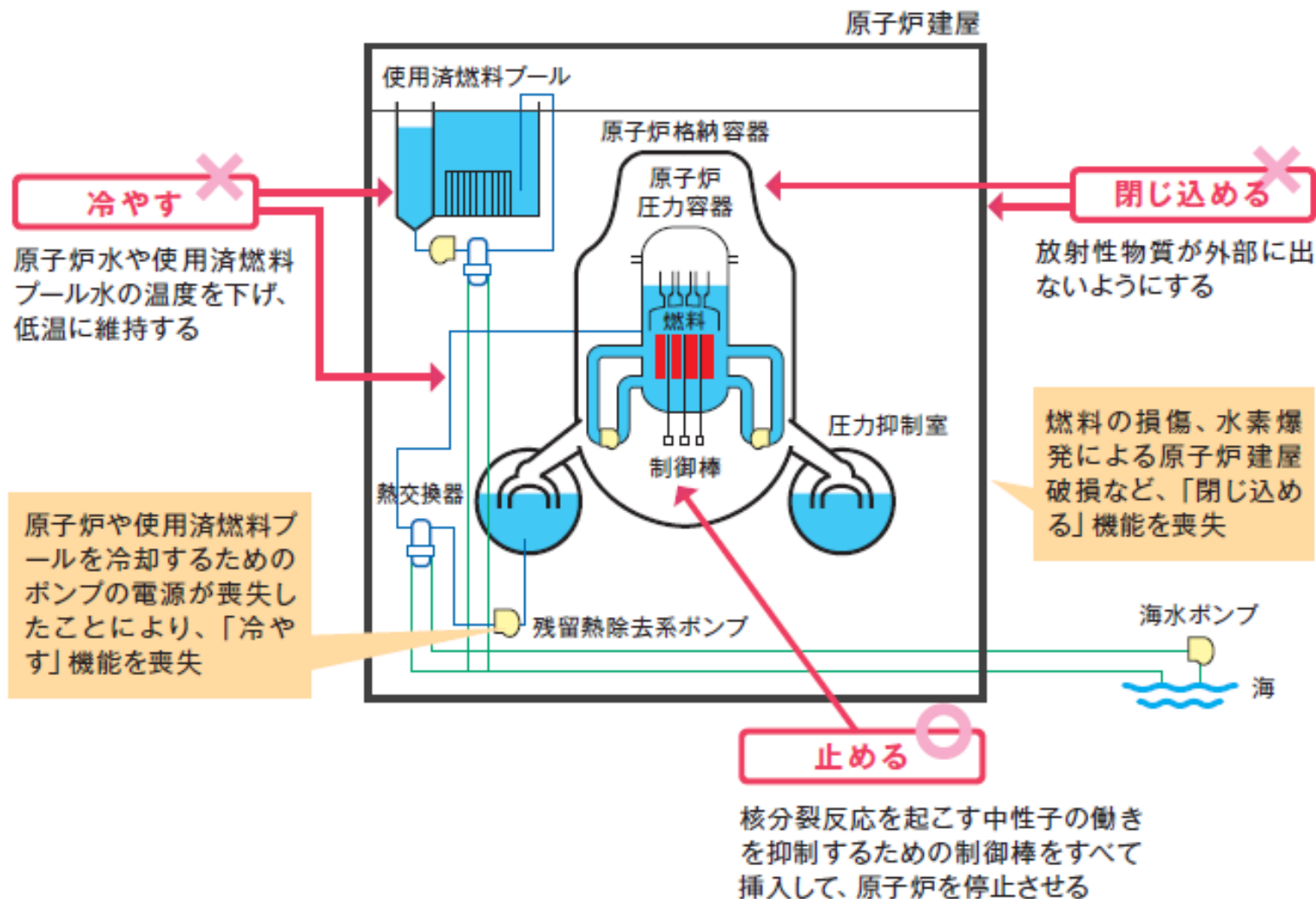
ドーナツ型の穴のあいた水管があつて炉心の水が減ると、自動的にスプレイのように放水され燃料を冷却。これが炉心スプレイ系の冷却装置である。



# Tsunami wave strikes Fukushima Nuclear Power Plant on March 11, 2011



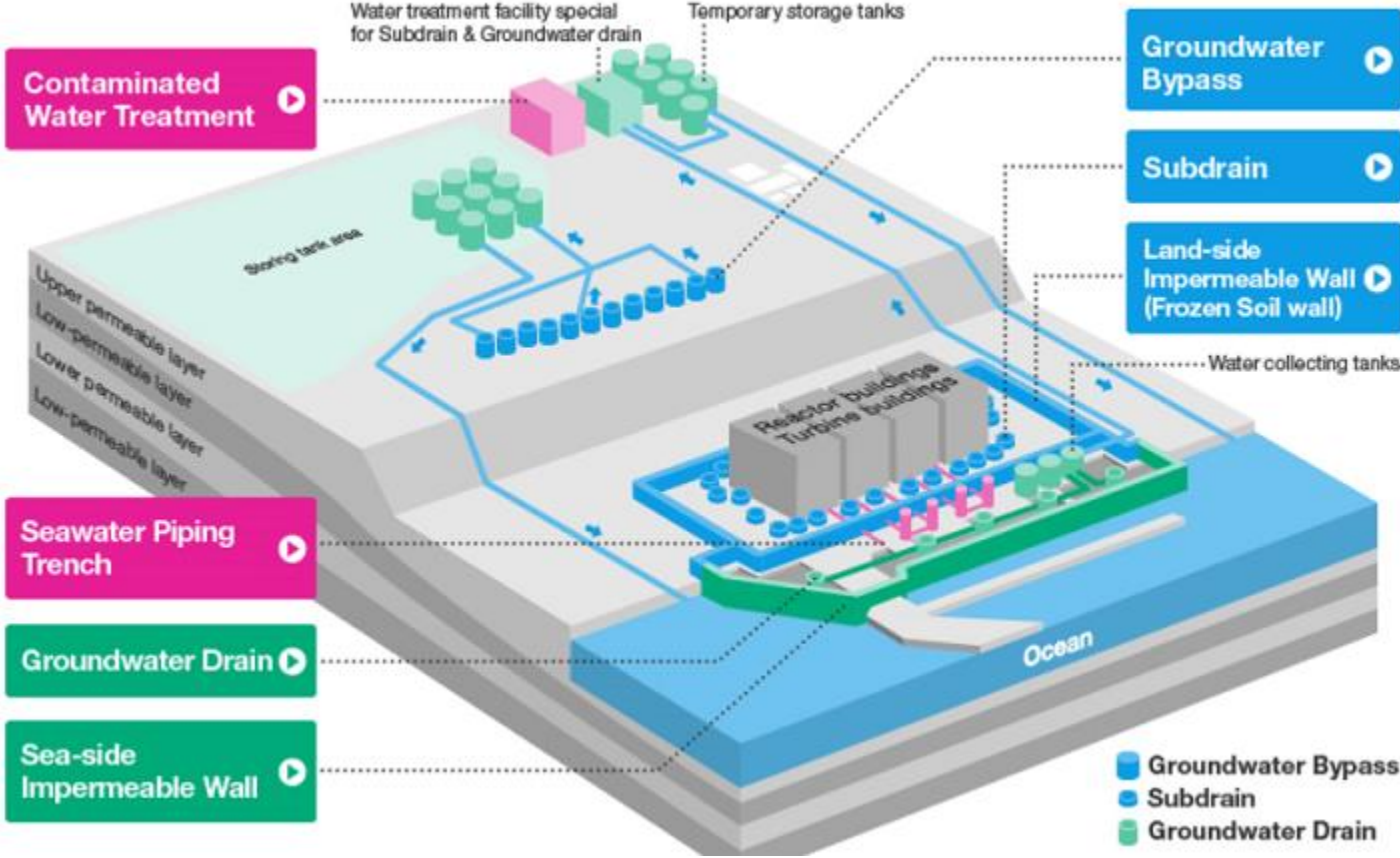
# 福島第一原子力発電所の事故概要



# Reasons why Fukushima nuclear accident occurred

- TEPCO (Tokyo Electric Power Company) and NISA (Nuclear and Industrial Safety Agency) had recognized that the cores of the nuclear reactors could be damaged if a tsunami higher than the ground level of the nuclear plant occurred, but no action was taken because of the interference with the plant operations, inducing concern over plant safety among residents, and weakening their stance in potential lawsuits,
- Guidelines from the Cabinet Office's Nuclear Safety Commission stated that power companies need not consider a situation where all electric power is lost for an extended amount of time because the probability was so small and other measures were in place.
- After the Sept. 11, 2001, terrorist attacks on the United States, the U.S. government required power companies to prepare for the potential loss of all electricity. NISA did not adopt similar requirements.

# Water Management at Fukushima Dai-ichi Plant



REMOVE

REDIRECT

RETAIN

# 原子力発電所の新規制基準

## 〈従来の規制基準〉

## 〈新規制基準〉

シビアアクシデントを防止するための  
基準（いわゆる設計基準）  
（単一の機器の故障を想定しても  
炉心損傷に至らないことを確認）

|            |
|------------|
| 自然現象に対する考慮 |
| 火災に対する考慮   |
| 電源の信頼性     |
| その他の設備の性能  |
| 耐震・耐津波性能   |

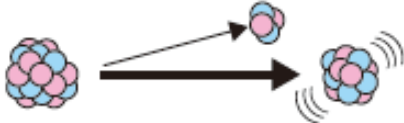



設計基準の強化  
外的事象に対する  
考慮の拡大

|                               |
|-------------------------------|
| 意図的な航空機衝突への対応                 |
| 放射性物質の拡散抑制対策                  |
| 格納容器破損防止対策                    |
| 炉心損傷防止対策<br>（複数の機器の故障を想定）     |
| 内部溢水に対する考慮（新設）                |
| 自然現象に対する考慮<br>（火山・竜巻・森林火災を新設） |
| 火災に対する考慮<br>（難燃性ケーブルの使用等）     |
| 電源の信頼性（独立の2回線確保等）             |
| その他の設備の性能<br>（通信設備の強化等）       |
| 耐震・耐津波性能（防潮堤の設置等）             |

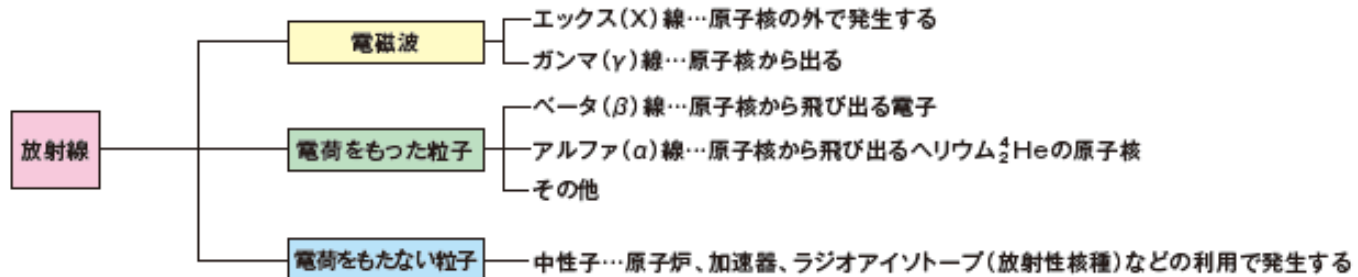
新設  
新設  
強化又は新設  
強化



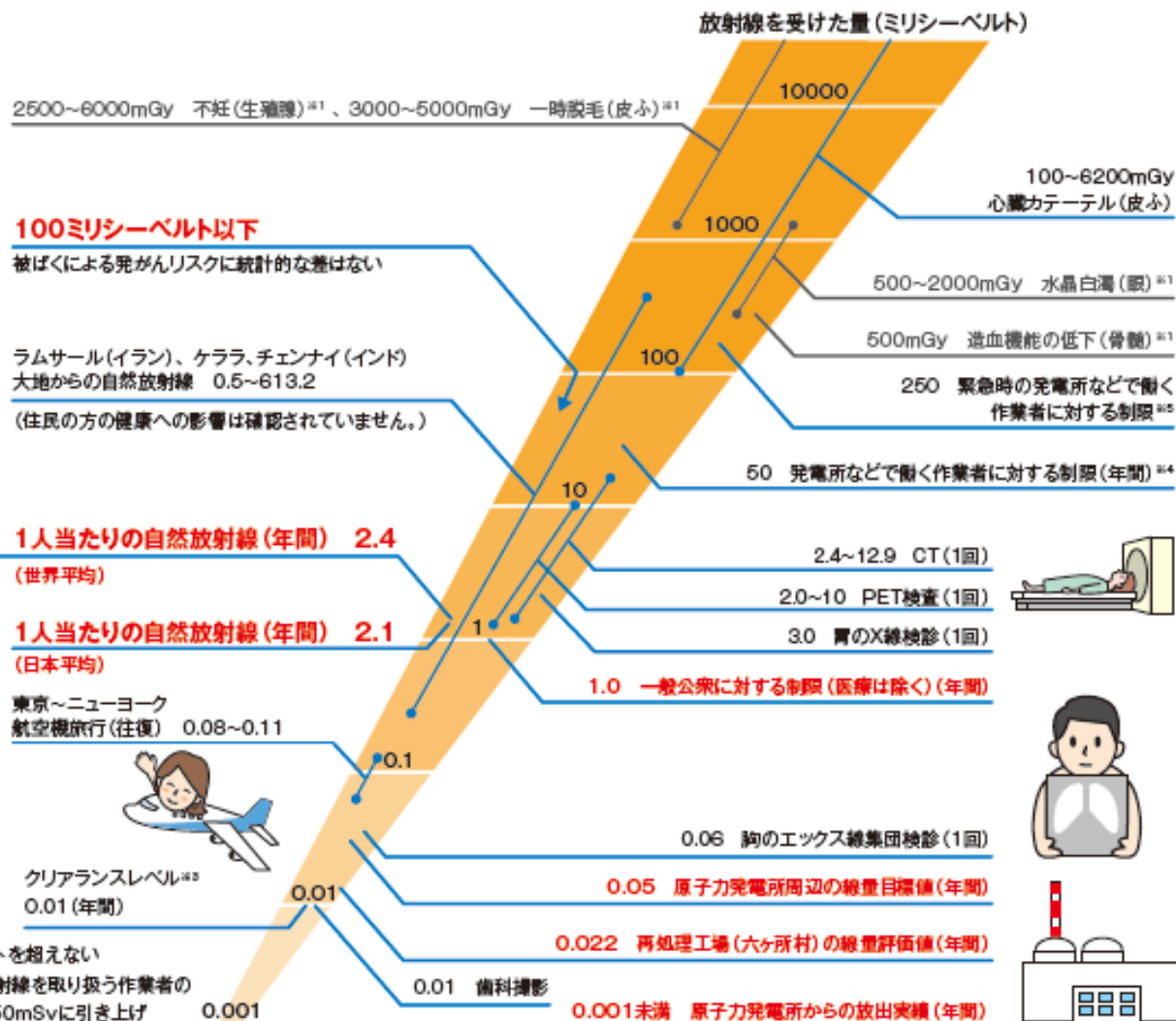
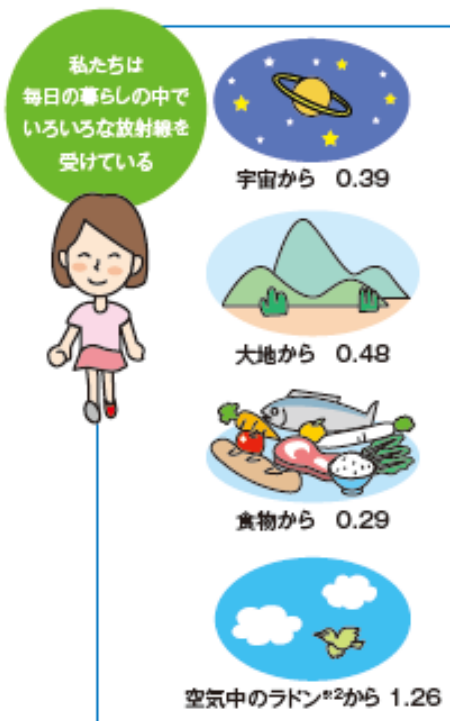
# 放射線の種類

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>アルファ (<math>\alpha</math>) 壊変 (崩壊)</p> | <p>アルファ線 (<math>{}^4_2\text{He}</math>原子核)</p>  | <p>(例)</p> ${}^{226}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{86}\text{Rn}$     |
| <p>ベータ (<math>\beta</math>) 壊変 (崩壊)</p>   | <p>ベータ線 (電子)</p>                                | <p>(例)</p> ${}^{24}_{11}\text{Na} \xrightarrow{\beta} {}^{24}_{12}\text{Mg}$        |
| <p>ガンマ (<math>\gamma</math>) 線の放出</p>     | <p>ガンマ線 (電磁波)</p>                               |  |

● 陽子 ● 中性子



# 日常生活と放射線



※1 放射線障害については、各部位が均等に吸収線量1ミリグレイのガンマ線を全身に受けた場合、実効線量1ミリシーベルトに相当するものとして表記

※2 空気中に存在する天然の放射性物質

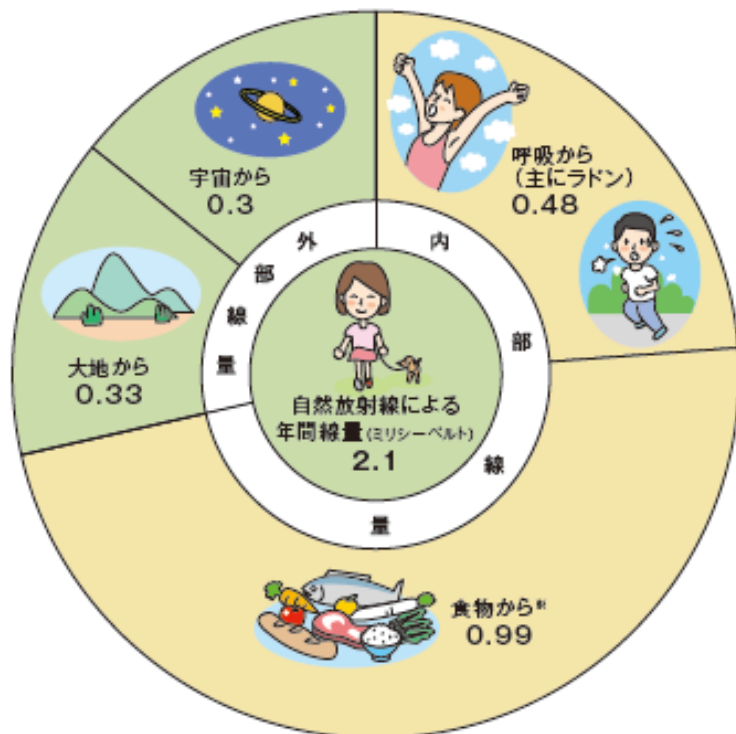
※3 自然界の放射線レベルと比較して十分小さく、安全上放射性物質として扱う必要のない放射線の量

※4 発電所などで働く作業員に対する線量は5年間につき100ミリシーベルトかつ1年間につき50ミリシーベルトを超えない

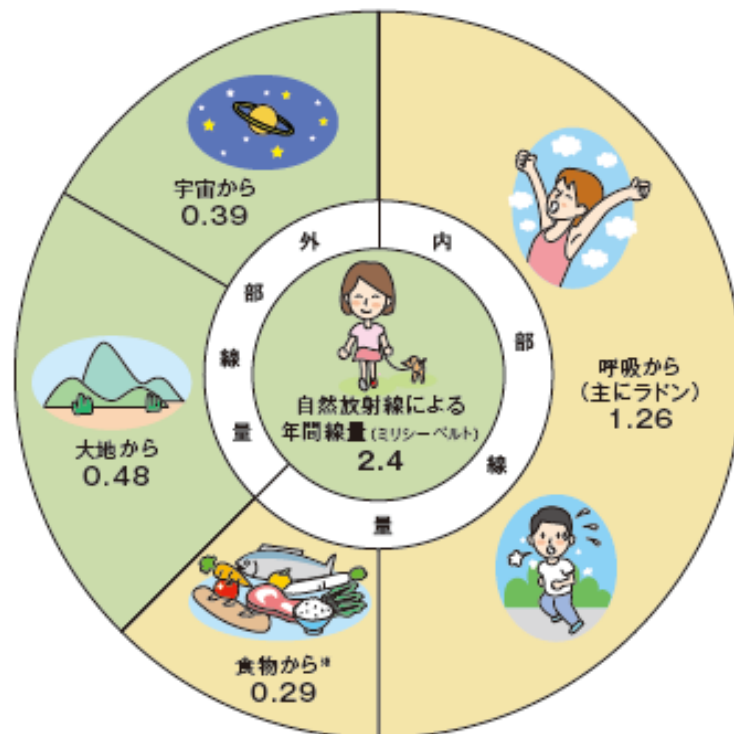
※5 電離放射線障害防止規制等の改正により、緊急時の放射線を取り扱う作業員の緊急作業従事期間中の線量限度を2016年4月より250mSvに引き上げ

# 自然放射線から受ける線量

一人あたりの年間線量(日本平均)



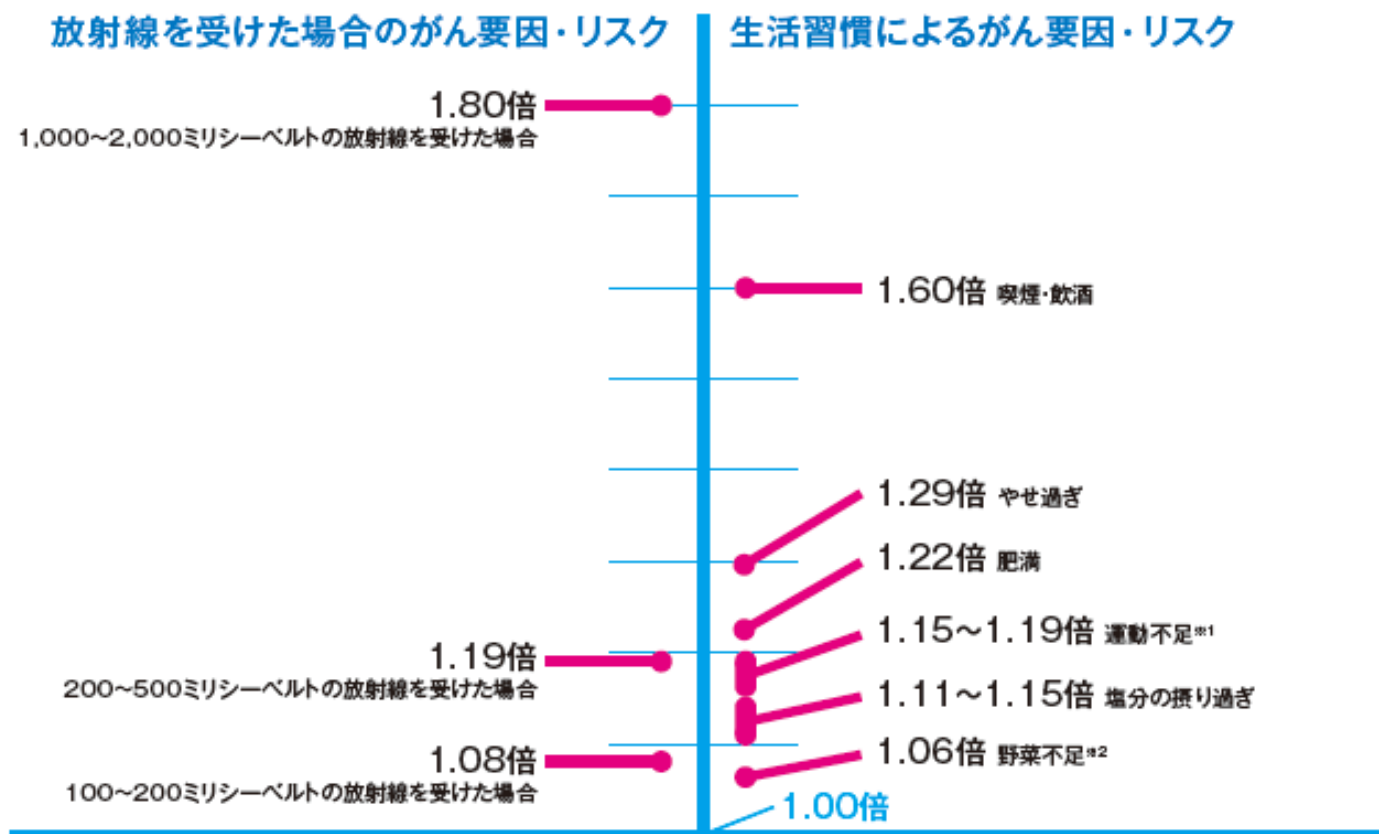
一人あたりの年間線量(世界平均)



※欧米諸国に比べ、日本人は魚介類の摂取量が多く、ポロニウム210による実効線量が大きい

# 放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク

(対象:40～69歳の日本人)



(注) 放射線は、広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない

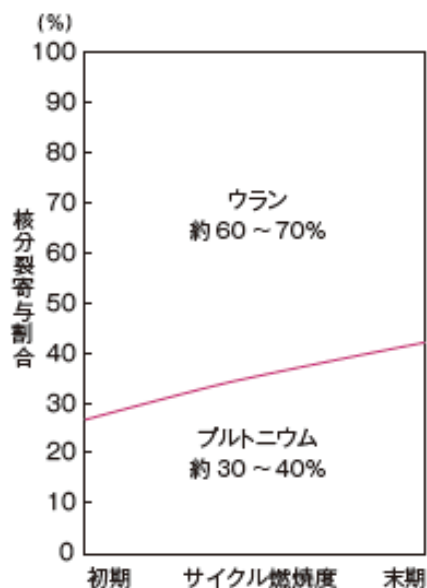
※1 運動不足:身体活動の量が非常に少ない

※2 野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない

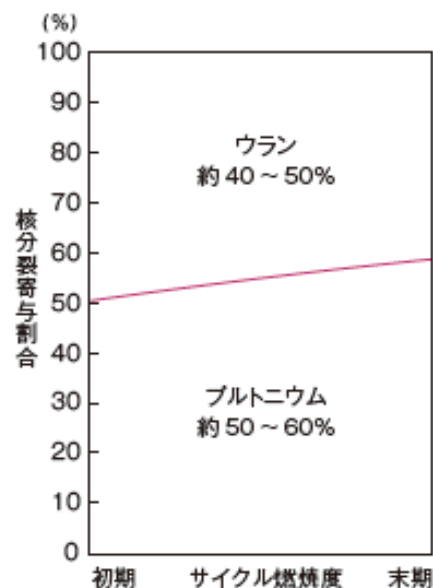
# 軽水炉内でのウラン燃料の燃焼による変化

## ① 炉心におけるウランとプルトニウム核分裂寄与割合 (BWR平衡炉心の例)

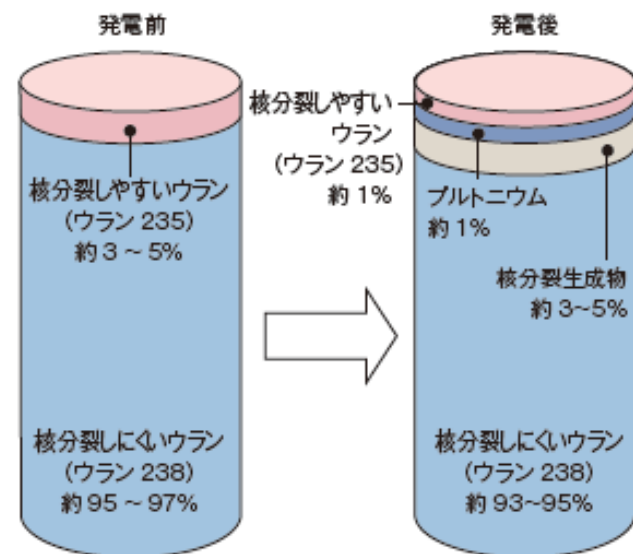
●燃料の全てをウラン燃料とした場合



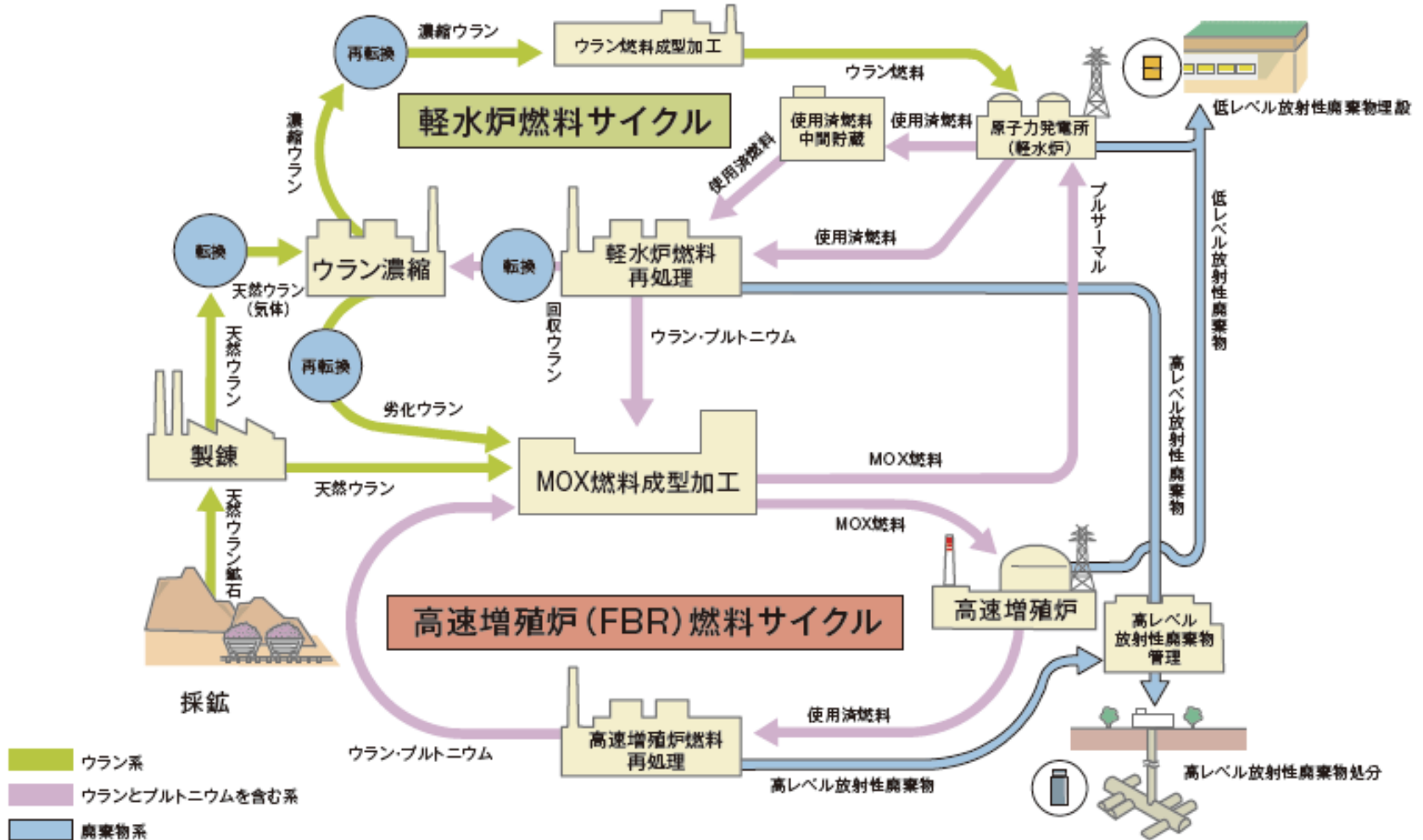
●燃料の 1/3 を MOX 燃料とした場合



## ② 発電前後でのウラン燃料の変化 (例)



# 原子燃料サイクル(FBRを含む)



# 世界の主な再処理工場

(2018年1月現在)

| 国名   | 運転者                           | 所在地              | 施設名                                       | 年間最大製造能力<br>(tHM <sup>※1</sup> /年) | 営業運転                          |
|------|-------------------------------|------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
| フランス | Orano Cycle                   | ラ・アーグ            | La Hague Plant                            | 1,700                              | 1966                          |
| イギリス | Sellafield Ltd.               | カンブリア・<br>シースケール | Sellafield<br>(THORP)                     | 900                                | 1994                          |
|      |                               |                  | Sellafield<br>(Magnox Reprocessing Plant) | 1,000t                             | 1964                          |
| ロシア  | PA Mayak                      | チェリャピンスク         | RT-1 Plant                                | 400                                | 1977                          |
| 日本   | 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構<br>(JAEA) | 茨城県東海村           | 東海再処理工場                                   | 120                                | 1981<br>(2018.6.13 廃止措置計画認可済) |
|      | 日本原燃株式会社 (JNFL)               | 青森県六ヶ所村          | 六ヶ所原子燃料サイクル施設                             | 800tU <sup>※2</sup>                | 2021年度 上期<br>(しゅん工)           |

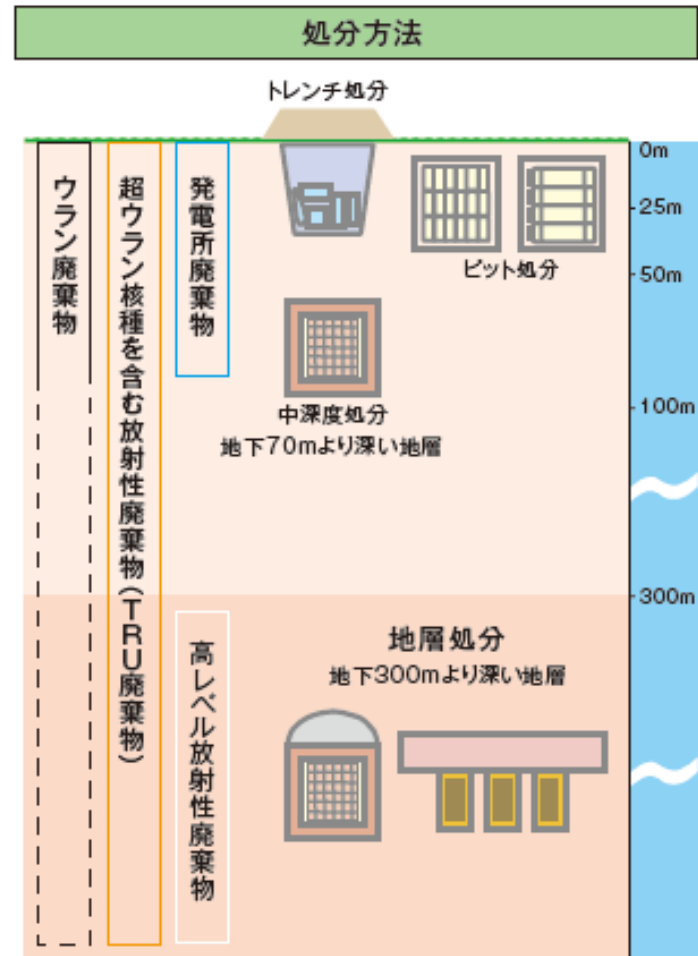
※1 HM:MOX中のプルトニウムとウランの金属成分の質量を表す単位

※2 U:ウランが金属の状態であるときの質量を表す単位

# 放射性廃棄物の種類と処分の概要

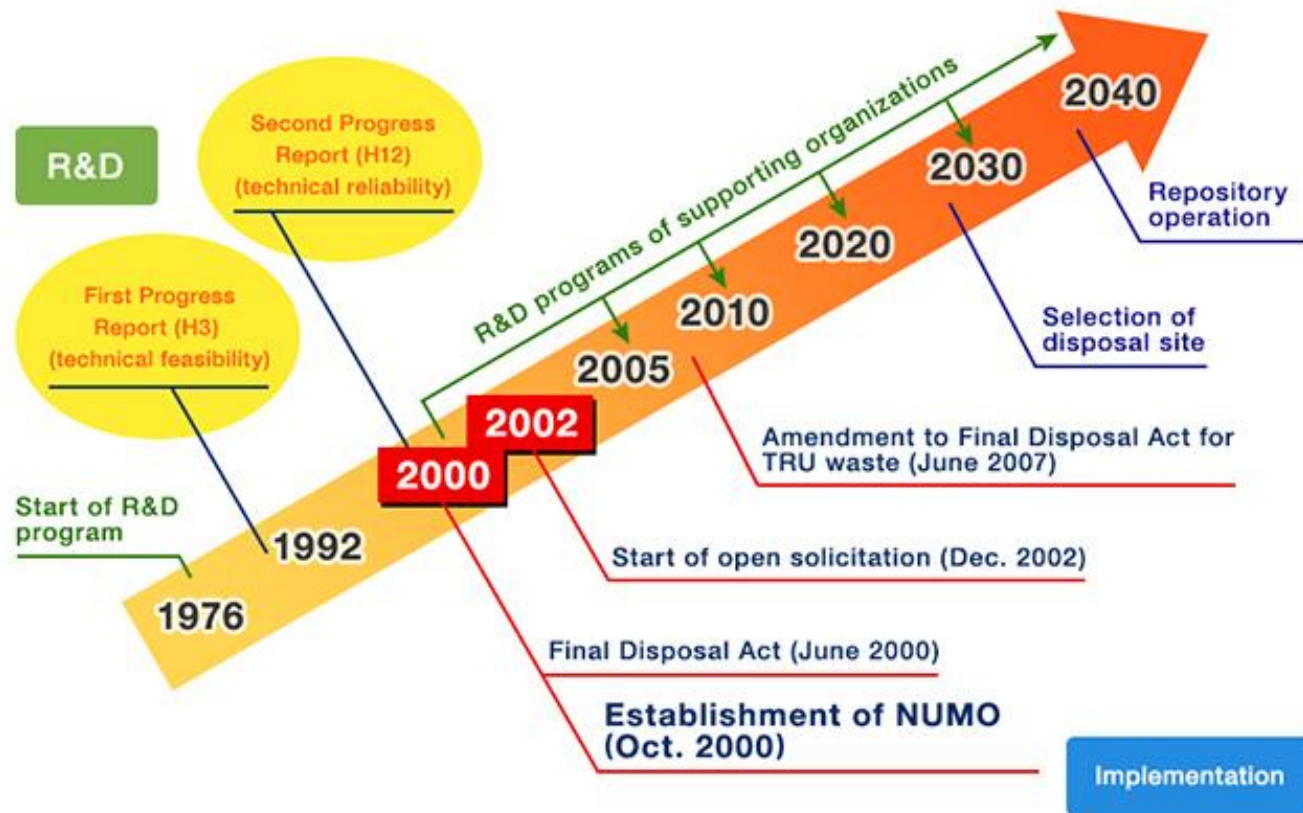
放射能レベルに応じた深度や障壁（バリア）を選び、トレンチ・ピット処分、中深度処分、地層処分に分けて処分が行われる。

| 発生源          | 廃棄物の種類     |                          |
|--------------|------------|--------------------------|
| 原子力発電所       | 低レベル放射性廃棄物 | 発電所廃棄物                   |
|              |            | 放射能レベルの極めて低い廃棄物          |
|              |            | 放射能レベルの比較的低い廃棄物          |
| ウラン濃縮・燃料加工施設 | ウラン廃棄物     | 放射能レベルの比較的高い廃棄物          |
|              |            | 超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU廃棄物) |
| 再処理施設        | 高レベル放射性廃棄物 |                          |





# Geological Disposal Program in Japan (High Level Radioactive Waste)



# 世界の高レベル放射性廃棄物処分計画

| 国名     | 実施主体  | 対象廃棄物                                      | 処分量   | 処分場の候補サイトおよび岩種                               | 処分深度           | 操業開始<br>予定時期  |
|--------|---|--|---|--|----------------|---------------|
| フランス   | 放射性廃棄物管理機関<br>(ANDRA)                           | 高レベル・ガラス固化体                                | 10,000m <sup>3</sup><br>(全量再処理の場合)                  | ビュール地下研究所の近傍<br>岩種:粘土層                       | 約500m          | 2025年頃        |
| 日本     | 原子力発電環境整備機構<br>(NUMO)                           | 高レベル・ガラス固化体                                | ガラス固化体<br>40,000本以上                                 | サイトは未定<br>岩種:未定                              | 300m以上         | 2030年代後半      |
| ベルギー   | ベルギー放射性廃棄物・<br>濃縮核分裂性物質管理機関<br>(ONDRAF/NIRAS)   | 高レベル・ガラス固化体と<br>使用済燃料                      | 11,700m <sup>3</sup><br>(再処理ケース)                    | サイトは未定<br>岩種:粘土層                             | 未定             | 2080年         |
| スイス    | 放射性廃棄物管理共同組合<br>(NAGRA)                         | 高レベル・ガラス固化体と<br>使用済燃料                      | 9,402m <sup>3</sup>                                 | 3か所*の候補サイト区域を連邦<br>政府が承認<br>岩種:オパリナス粘土       | 約400m~<br>900m | 2060年頃        |
| アメリカ   | 行政府に設置される独立機関として<br>形態を検討中<br>連邦エネルギー省<br>(DOE) | 使用済燃料<br>(商業用が主)<br>高レベル・ガラス固化体<br>(国防用が主) | 70,000t<br>(重金属換算)                                  | ネバダ州ユッカマウンテン<br>(中止の方針)<br>岩種:凝灰岩            | 200m~<br>500m  | 2048年         |
| ドイツ    | 連邦放射性廃棄物機関<br>(BGE)                             | 高レベル・ガラス固化体と<br>使用済燃料                      | 28,100m <sup>3</sup><br>(2022年までに全ての<br>原子炉を閉鎖する場合) | サイトは未定<br>岩種:未定                              | 未定             | 2050年代以降      |
| フィンランド | ポシヴァ社   | 使用済燃料                                      | 6,500t<br>(ウラン換算)                                   | エウラヨキ自治体オルキルオト<br>岩種:結晶質岩                    | 約400m~<br>450m | 2020年代<br>初め頃 |
| スウェーデン | スウェーデン核燃料・<br>廃棄物管理会社<br>(SKB)                  | 使用済燃料                                      | 12,000t<br>(ウラン換算)                                  | エストハンマル自治体フォルスマルク<br>(建設許可申請書を提出)<br>岩種:結晶質岩 | 約500m          | 2029年頃        |

\*ジュラ東部(アールガウ州)、北部レゲレン(チューリッヒ州・アールガウ州)、チューリッヒ北東部(チューリッヒ州・トゥールガウ州)

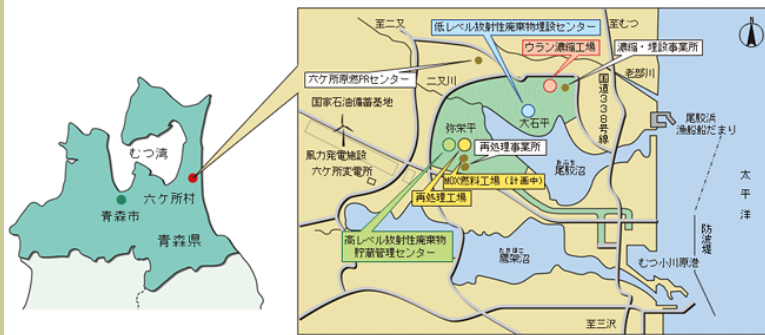
# 青森県



- 青森原子力企画調整事務所長(平成2年—4年)
- 農協中央会が反対にまわる等厳しい情勢の中、知事選の争点が核燃料サイクル施設の推進or反対であった。
- フォーラムイン青森を県内各地で2年間で43回開催し、安全性と必要性について説明した。

# 青森県の原子燃料サイクル施設

## 原子燃料サイクル施設の位置



## 原子燃料サイクル施設の概要

(2009年10月末現在)

|       | 再処理工場   | MOX燃料工場                             | 高レベル放射性廃棄物<br>貯蔵管理センター                   | ウラン濃縮工場  | 低レベル放射性廃棄物<br>埋設センター  |
|-------|---|-------------------------------------|--|--|---|
| 建設地点  | 青森県六ヶ所村弥栄平地区                                  |                                     |  | 青森県六ヶ所村大石平地区   |   |
| 施設の規模 | 最大処理能力<br>800トン・U/年<br>使用済燃料貯蔵容量<br>3,000トン・U | 最大処理能力<br>130トン・HM <sup>※1</sup> /年 | 返還廃棄物貯蔵容量<br>ガラス固化体1,440本<br>将来的には2,880本 | 施設規模<br>1,050トンSMU <sup>※2</sup> /年<br>最終的には<br>1,500トンSMU/年規模 | 約20万立方メートル(予定)<br>(200iドラム缶約100万本相当)<br>最終的には約60万立方メートル<br>(200iドラム缶約300万本相当) |
| 現状    | 建設中   | 事業許可申請中                             | 累積受入<br>1,310本                           | 150トンSMU/年<br>規模で操業中   | 累積受入<br>213,331本  |
| 建設費   | 約2兆1,930億円                                    | 約1,900億円                            | ※3 約800億円                                | 約2,500億円   | ※4 約1,600億円   |
| 工期    | 工事開始 1993年<br>操業開始 2010年(予定)                  | 操業開始時期 2015年(予定)                    | 工事開始 1992年<br>貯蔵開始 1995年                 | 工事開始 1988年<br>操業開始 1992年                                       | 工事開始 1990年<br>埋設開始 1992年  |

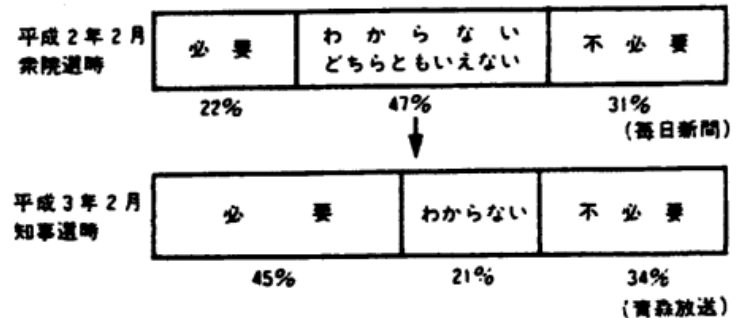
※1 HM: MOX中のプルトニウムとウランの金属成分の重量 ※2 SMU: 質量を表す単位。ウランの濃縮に必要な仕事量を表す単位  
 ※3 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)1,440本分の建設費 ※4 低レベル放射性廃棄物20万立方メートル(200iドラム缶約100万本相当)分の建設費

# 核燃料サイクル施設に対する意識の変化

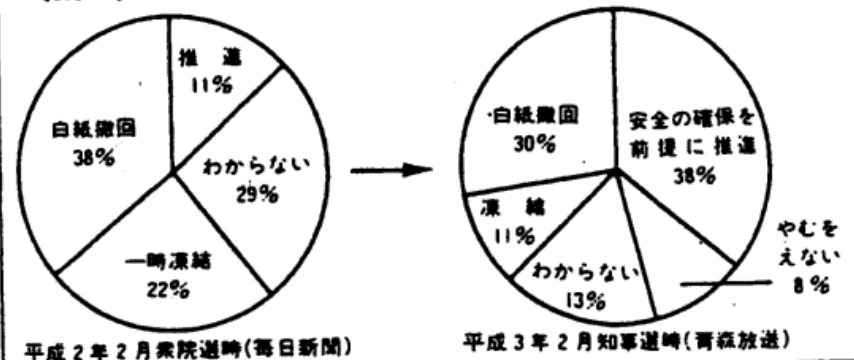
- 東海村の農作物は東京で売れないので青森県にこっそり持ってきて販売しているそうですね。
- 再処理施設が運転開始すると放射能が「やませ」に載って飛んできて、津軽の人たちは年間500ミリレムずつ浴びるそうですね。

フォーラム・イン青森で説明中の筆者

(図1) 核燃料サイクル施設の必要性



(図2) 核燃料サイクル施設の建設に対する意識の変化

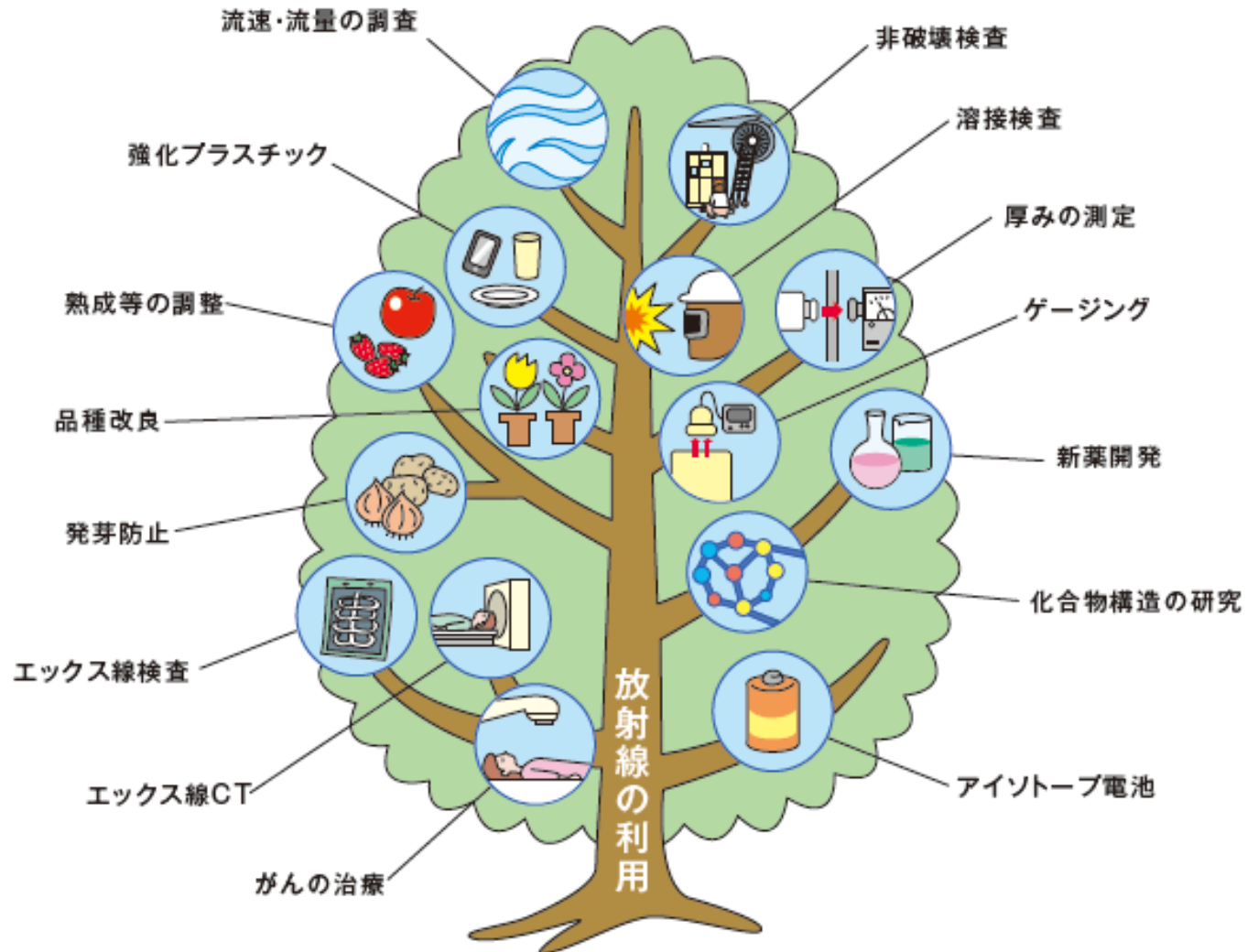


# PART II

---

- 放射線利用技術による国際協力

# 放射線のいろいろな利用

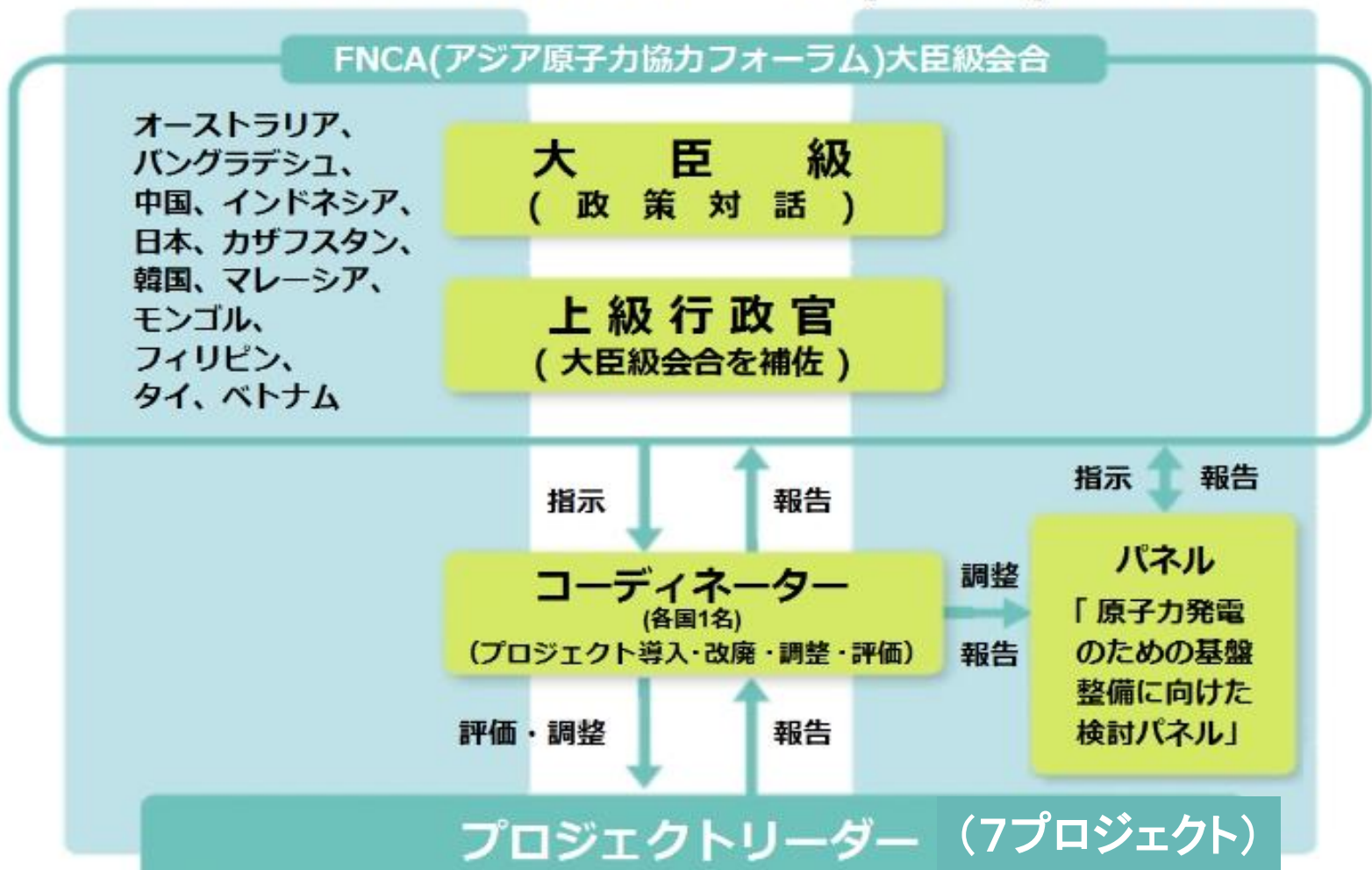


# FNCA

- 1990 ICNCA (アジア原子力協力国際会議) の開催 (原子力委員会)
  - ・ 各国の原子力担当大臣の率直な意見交換により、アジア地域の原子力協力を促進する
  - ・ 特定のテーマの下での国際協力の実施
- 2000 FNCA (アジア原子力協力フォーラム)
  - ・ 大臣級会合、コーディネーター、プロジェクトリーダー制度
  - ・ 4分野: (1) 放射線利用 (農業、環境、医療・健康分野) (2) 研究炉利用 (3) 原子力安全の確保 (4) 原子力基盤形成促進.
  - ・ 12 か国: オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、カザフスタン、韓国、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、ベトナム



# アジア原子力協力フォーラム(FNCA)の構成



# FNCA大臣級会合 (2017年10月、アスタナ)

- 環境保護、健康・医療、農業への適用を主目的とした原子力科学技術の応用に関するFNCAの活動をさらに加速する。
- 法的整備に関する国際機関との協力を促進する。
- メンバー各国が、環境モニタリングに加え、環境汚染対策に直接取り組む技術の促進を行うことを奨励する。



# 放射線とアイソトープの利用に関する研究開発プロジェクト

- 放射線育種プロジェクト
- 農業、環境、医療利用のための放射線処理・高分子改質プロジェクト
- 放射線治療プロジェクト
- 研究炉利用プロジェクト
- 原子力技術・アイソトープを利用した気候変動研究プロジェクト

# 原子力基盤形成プロジェクト

- 放射線安全・廃棄物管理プロジェクト
- 核セキュリティ・保障措置プロジェクト

原子力発電協力のためのスタディパネル

# 放射線育種プロジェクト

- 2002-2006 耐旱性ソルガムと大豆
- 2003-2009 耐虫害性のラン
- 2004-2010 耐病性バナナ
- 2007-2012 コメの組成と品質研究
- 2013~ 持続型農業のためのコメの放射線育種

-各国のニーズに対応し、ガンマ線またはイオンビームを用いて様々な環境ストレスに強い品種や肥料と農薬の投入が少なくても収量の高い品種の開発を目指している。

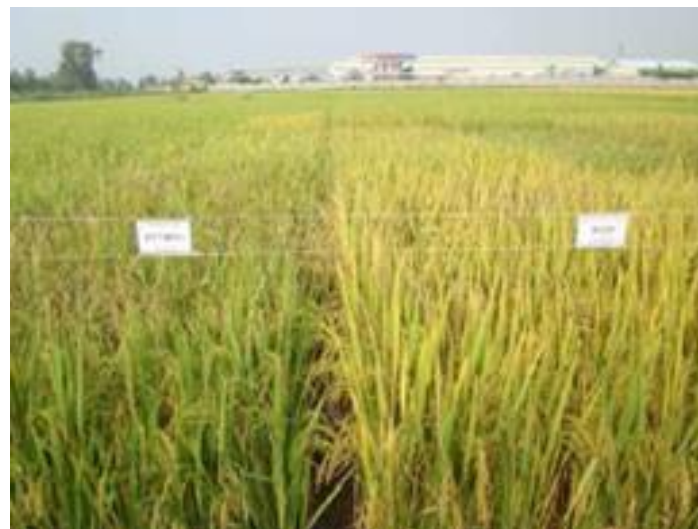
# 放射線育種成功例



**Disease resistant banana in the Philippines**



**Insect resistant orchid in Malaysia**



**New disease resistant rice variety in Vietnam (right):  
5-14% yield increase**

# Mutant Varieties of Rice

- Malaysia



**Mutant NMR152**

**Parent MR 219**

Drought tolerance and high yielding mutant NMR 152 (Left) with gamma irradiation and parent MR 219 (Right).

- Bangladesh



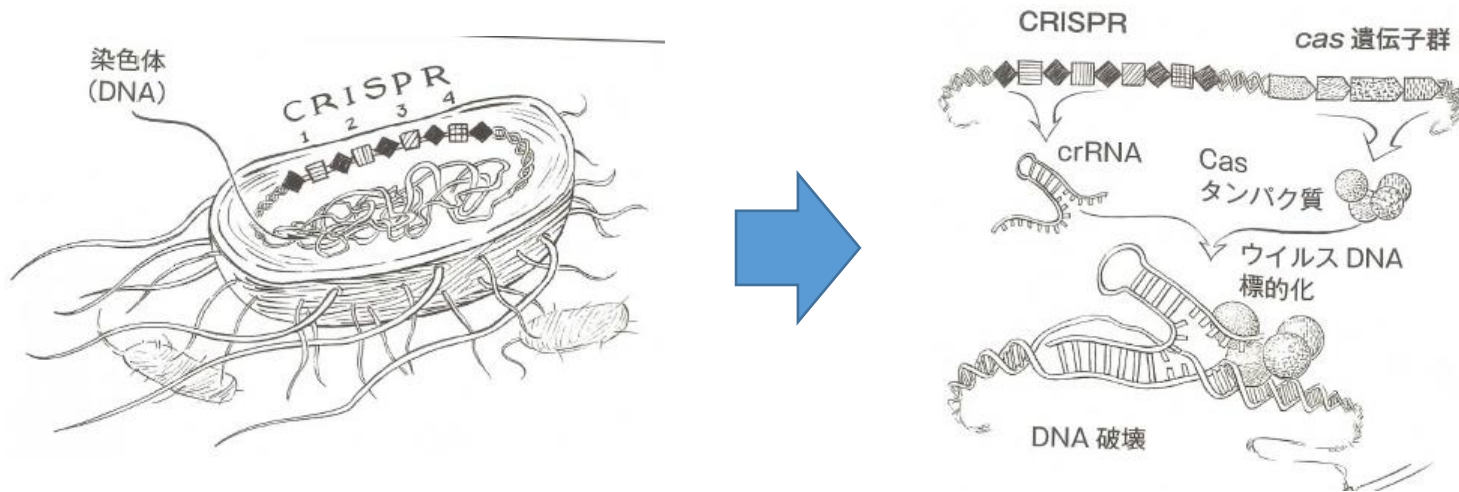
**Mutant**

**Parent**

High yielding and early mature mutant line (Left) derived from the original variety BRRi dhan29 (Right) with carbon ion irradiation

# (参考) CRISPR/Cas システム

- 2012年ダウドナ博士（米）とシャルパンティエ博士（仏）が開発ー細菌の免疫システムをすべての生物に適用できる簡易、高速なゲノム編集ツールに改変





# CRISPR研究の許容と実用化

|    | 体細胞 | 生殖細胞  |
|----|-----|-------|
| 植物 | ○   | ○     |
| 動物 | ○   | ○     |
| 人間 | ○   | × (△) |

## ●すでに開発された例

- ▶ トランス脂肪酸を発生しない大豆、変色しないマッシュルーム、収量の多い稲
- ▶ 伝染病にかかりにくい豚、成長の早いサバ、メスしか生まない鶏
- ▶ エイズ、白血病治療への適用

# 農業、環境、医療利用のための放射線 処理・高分子改質プロジェクト

- 2002-2005 放射線の環境分野への利用
  - 2006-2008 天然高分子の放射線加工処理
  - 2009~2017 植物生長促進剤と超吸水剤ハイドロゲルの開発
  - 2018~農業、環境、医療利用のための放射線処理・高分子改質プロジェクト
- 天然高分子の放射線分解による植物生長促進剤を用いたフィールド試験の実施、放射線架橋による高品質な超吸水材ハイドロゲルの研究開発等を行い、エンドユーザーへの技術移転を図ることを目標としている。

# 植物生長促進剤を投与した水田（フィリピン）



*Ricefields sprayed with PGPs (left) proved much more resilient to lodging compared to the ricefields without PGPs (right) when exposed to typhoons. (2015)*

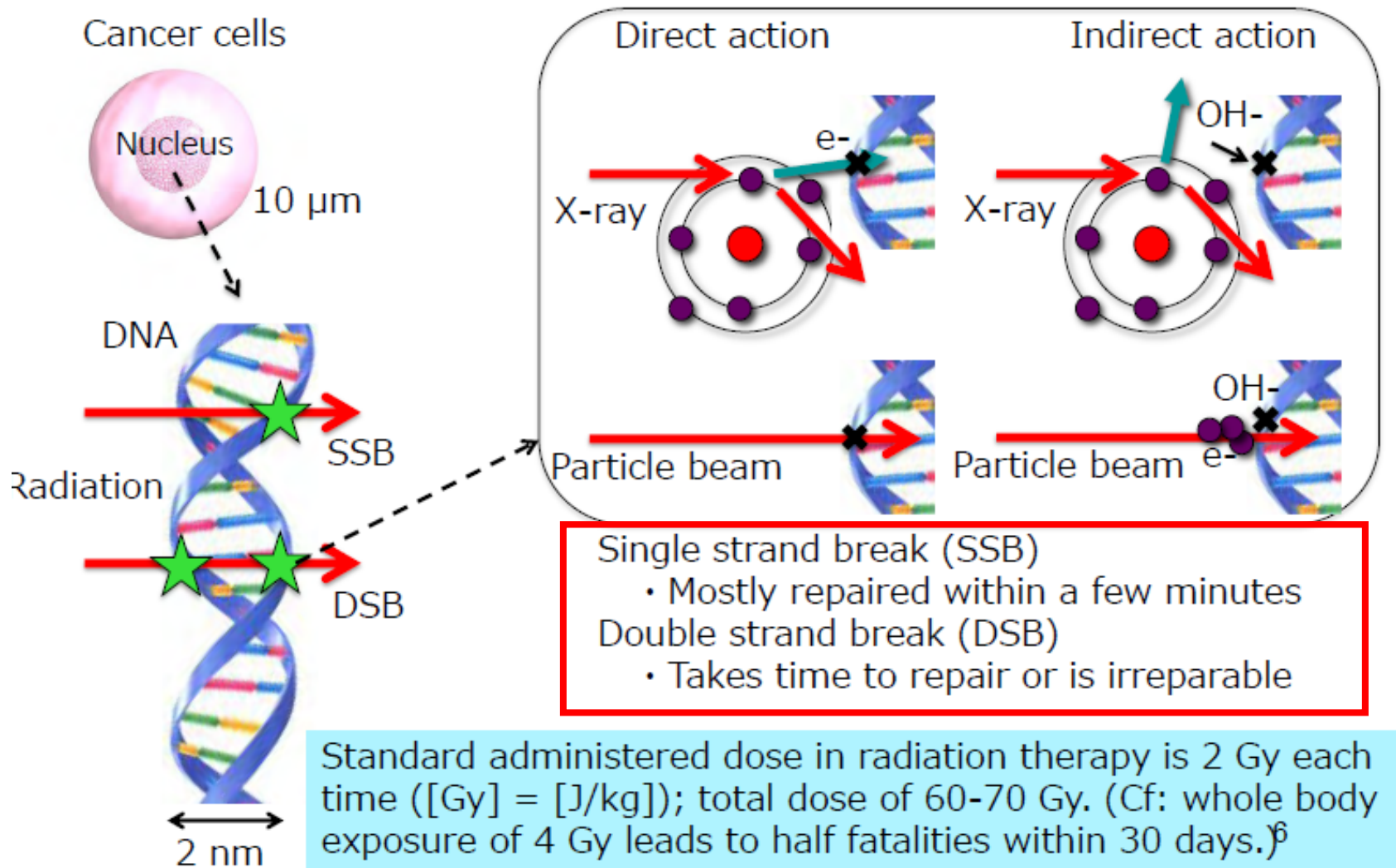
# 放射線治療プロジェクト

- 1996~ 子宮頸がんの放射線治療または放射化学療法
- 2005~ 上咽頭がんの放射化学療法
- 2009~ 乳がんの多分割照射治療
- 2017~ CERVIX-V 開始.

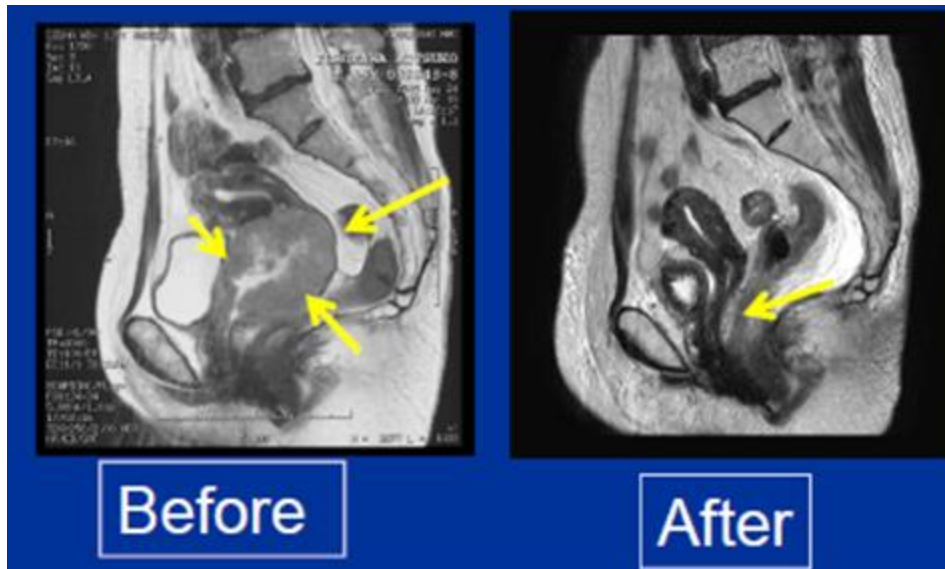
## 3-D IGBT (Three Dimension Image Guided Brachytherapy) の新たな導入

- このプロジェクトは、アジア地域に多いがんを対象とし、放射線治療技術を向上させることを目的としている。
- このプロジェクトで確立されたプロトコル(統一・基準化された治療手順)はすでにすべてのFNCAメンバー国で利用されている。
- 今後の目標はメンバー国のすべての病院で採用されること。

# Action of Radiation on Cancer Cells



# 新プロトコルで治療された子宮頸がん (CERVIX IV)



全生存率(平均)  
2年生存率: 91%  
5年生存率: 77%

**Challenge: Dissemination  
to all hospitals in MCs**

# Hands-on Training of CERVIX-V at United Hospital in Bangladesh (November 2018)



Home » City

12:00 AM, November 07, 2018 / LAST MODIFIED: 02:16 AM, November 07, 2018

## Cancer specialists visit United Hospital



Photo: Collected

---

### City Desk

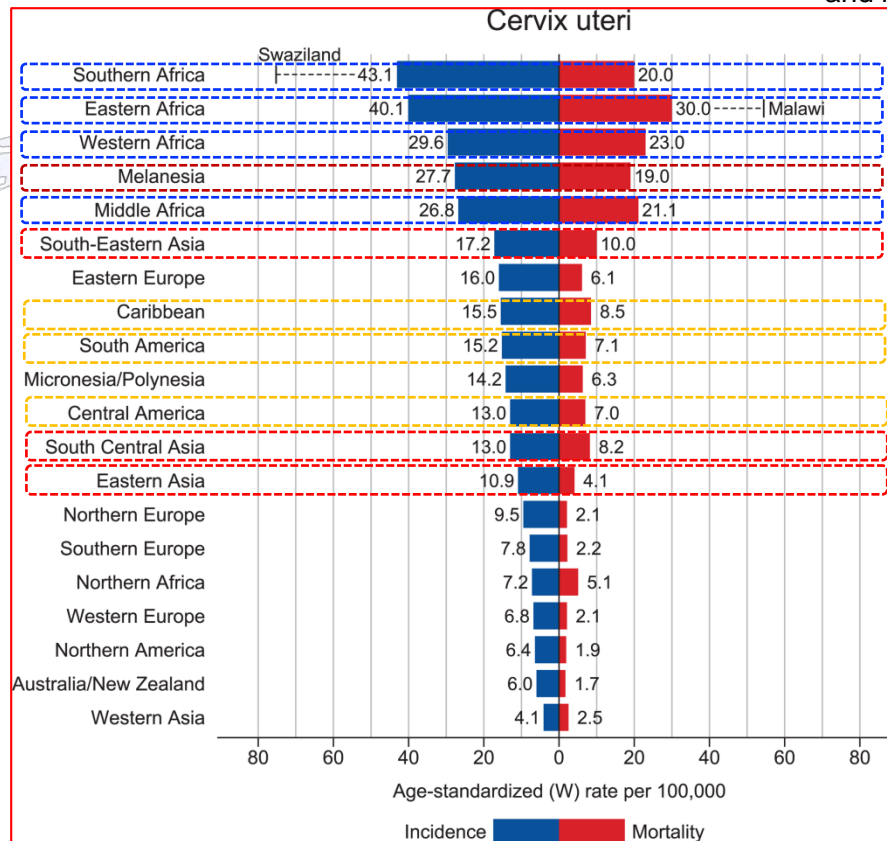
---

A 30-member team of cancer specialists from the Forum and Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) recently visited United Hospital Cancer Care Center, says a press release. Prof Shingo Katto and Prof Masru Waka Suki from Japan, along with specialists from Indonesia, Malaysia, Thailand, China, Kazakhstan, the Philippines, Vietnam, Mongolia and Bangladesh were also present. They conducted a training session and visited the hospital's radiation therapy facility. The hospital's Managing Director Faridur Rahman Khan, CEO Faizur Rahman, Chief of Communications Dr Shagufa Anwar and oncologists were also present on the occasion. 5656565



# 子宮頸癌に対するFNCAの活動：更なる可能性

Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries



## 途上国における子宮頸癌の年間新規患者数推計

- ・ **アジア**：160,000人
- ・ **アフリカ**：210,000人
- ・ **中央・南アメリカ**：44,000人
- ・ **メラネシア**：14,000人

→ **計428,000人**

428,000人のおよそ2/3（約282,000人）が進行子宮頸癌である。

**FNCAの活動が世界に広がれば（子宮頸癌5年生存率が40%→85%できれば）、127,000人/年もの命が救える可能性がある。**

# 原子力技術とアイソトープを利用した 気候変動研究プロジェクト

- 新プロジェクト(2017-2019)
- 気候変動に対するエコシステム等の脆弱性と回復力を理解するための研究に対する原子力技術とアイソトープの適用について、メンバー国をサポート
- 地球の気候システムのドライバーを理解することを目的とし、これらの技術を用いて過去の気候変動の解析を行う。



**Hadapi Iklim dengan Nuklir**

Penulis: STAFF JEM  
Foto: Suara Pembaruan / Staff Thenu

## Teknologi Nuklir Solusi Atasi Dampak Perubahan Iklim

気候変動の影響を克服するための核技術を用いた解決方法



Kepala Batan Djarot Sulisto Wisnubroto (kelima dari kiri) dan para narasumber berfoto bersama sebelum pertemuan Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) di ruang sidang Sekolah Pascasarjana Undip, Serin, 24 September 2018. (Foto: suara pembaruan / staff thenu)  
2018年9月24日曜日、UNDIP大学の会議室にて、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）に先立ち撮影されたグループ写真。Batn Djarot Sulisto Wisnubroto（左から5番目）（写真：sound update / staff thenu）  
Staff Thenu | JEM Serin, 24 September 2018 | 14:31 WIB

**Semarang** - Isu dampak perubahan iklim tidak hanya menjadi perbincangan hangat di dalam negeri saja, melainkan sudah mendunia. Bahkan pada sidang umum Badan Tenaga Atom Internasional atau Atomic Energy Agency (IAEA) ke-62 yang berlangsung seminggu ini juga mengangkat isu peran teknologi nuklir dalam memberikan solusi dampak perubahan iklim.

# 研究炉利用プロジェクト(2017-2019)

- FNCA各国の研究炉利用のさらなる向上を目的
- 3年間に以下の項目を議論
  - a. 中性子放射化分析 (NAA)
  - b. 新アイソトープを含むアイソトープ生産
  - c. 中性子散乱
  - d. 核科学
  - e. BNCT(ホウ素中性子捕捉療法), 中性子ラジオグラフィ
  - f. 材料研究
  - g. 新研究炉
  - h. 人材育成
- **中性子放射化分析プロジェクトと研究炉ネットワークプロジェクトを2017年より統合**

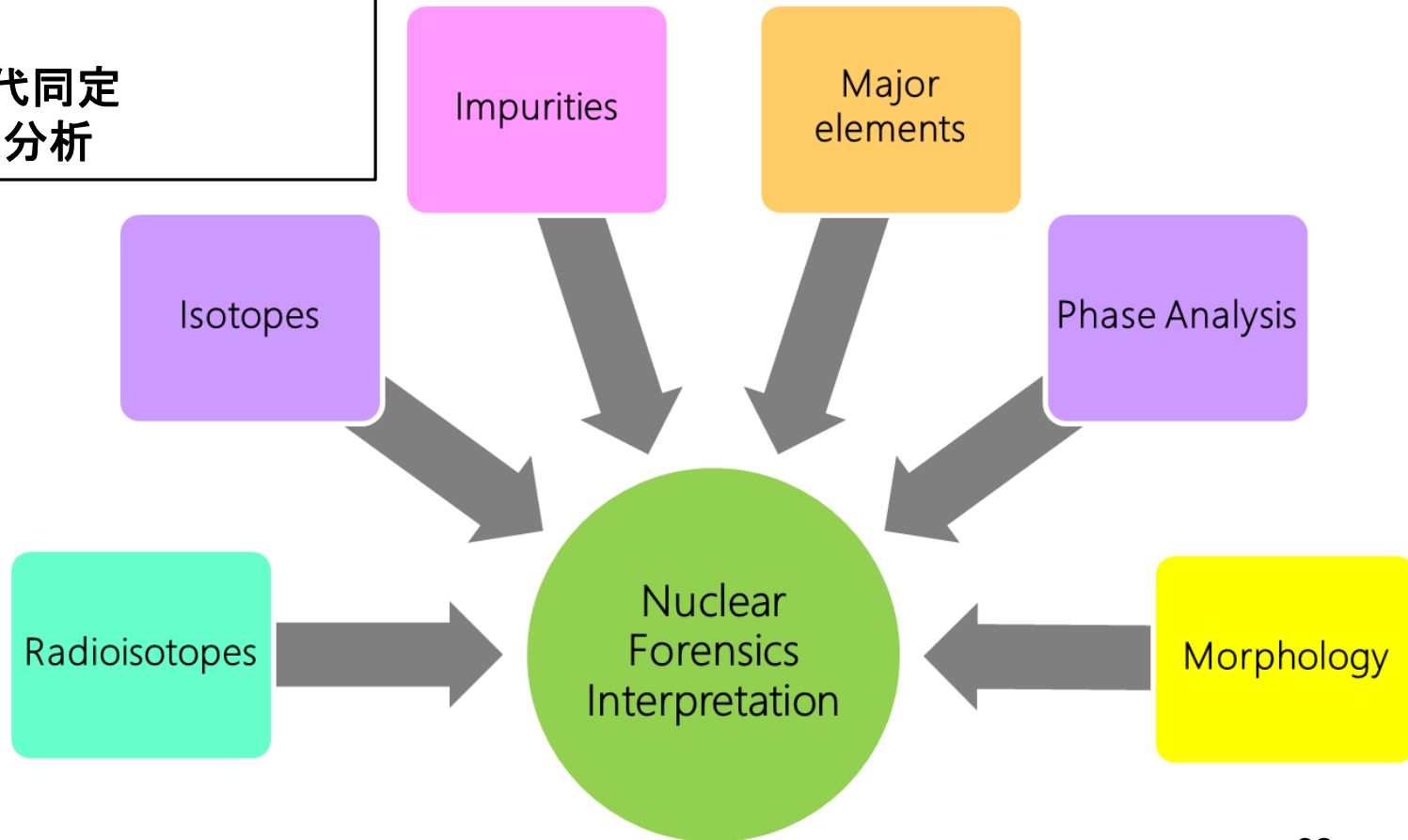
## 核セキュリティ・保障措置プロジェクトの新たな方向性 (FNCAコーディネータ会合の結論 – 2017年3月)

- 核鑑識、サイバー・セキュリティ、放射線源のセキュリティについて、向こう3年間にわたり集中的に議論し、喫緊の課題であるアジアに於ける核セキュリティの有効な国際的な仕組みを構築すべき。
- 核セキュリティの人材養成が、本プロジェクトにおいて推進されることが強く期待される。

# 核鑑識 (Nuclear Forensics) のための分析技術

核鑑識のための4つのキーテクノロジー:

- 同位体比分析
- 不純物測定
- ウランの年代同定
- 粒子の形態分析



# FNCA研究活動と原子力・放射線利用研修制度(文部科学省)

## アジア原子力協カフォーラム (FNCA)

### 原子力研究者研修プログラム

#### 1. FNCA 研究コース

FNCAのプロジェクト活動に関連する研究コース  
(3~6か月)

#### 2. 個別研究コース

アジア各国の原子力研究ニーズに対応するコース  
(3~6か月)

#### 3. 基礎コース

原子力工学、原子力安全工学の基礎を講習する  
コース(1~3か月)

原安協



### 指導者育成プログラム

#### 1. 指導者育成コース

各国で将来指導者を目指す人を招へいするコース  
(6~8週間)

#### 2. フォローアップコース

指導者育成コースに参加した人の国を日本のエク  
スパートが訪れ、技術的アドバイスをを行うコース  
(1~2週間)

#### 3. 原子力技術に関するセミナー

- (1)原子力プラント安全
  - (2)原子力行政
  - (3)放射線の基礎知識
  - (4)原子力施設の立地
- (1~4週間)

JAEA

# 文部科学省人材育成プログラム

## <原子力研究者研修プログラム>

|         | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 |
|---------|--------|--------|--------|
| バングラデシュ | 4      | 2      | 3      |
| 中国      | 1      | 1      | 3      |
| インドネシア  | 3      | 1      | 1      |
| カザフスタン  | 1      | 1      | 1      |
| マレーシア   | 1      | 3      | 2      |
| モンゴル    | 0      | 1      | 2      |
| フィリピン   | 2      | 2      | 1      |
| スリランカ   | 1      | 3      | 2      |
| タイ      | 3      | 3      | 2      |
| ヴェトナム   | 4      | 6      | 3      |
| 合計      | 20     | 20     | 20     |

## <指導者育成プログラム>

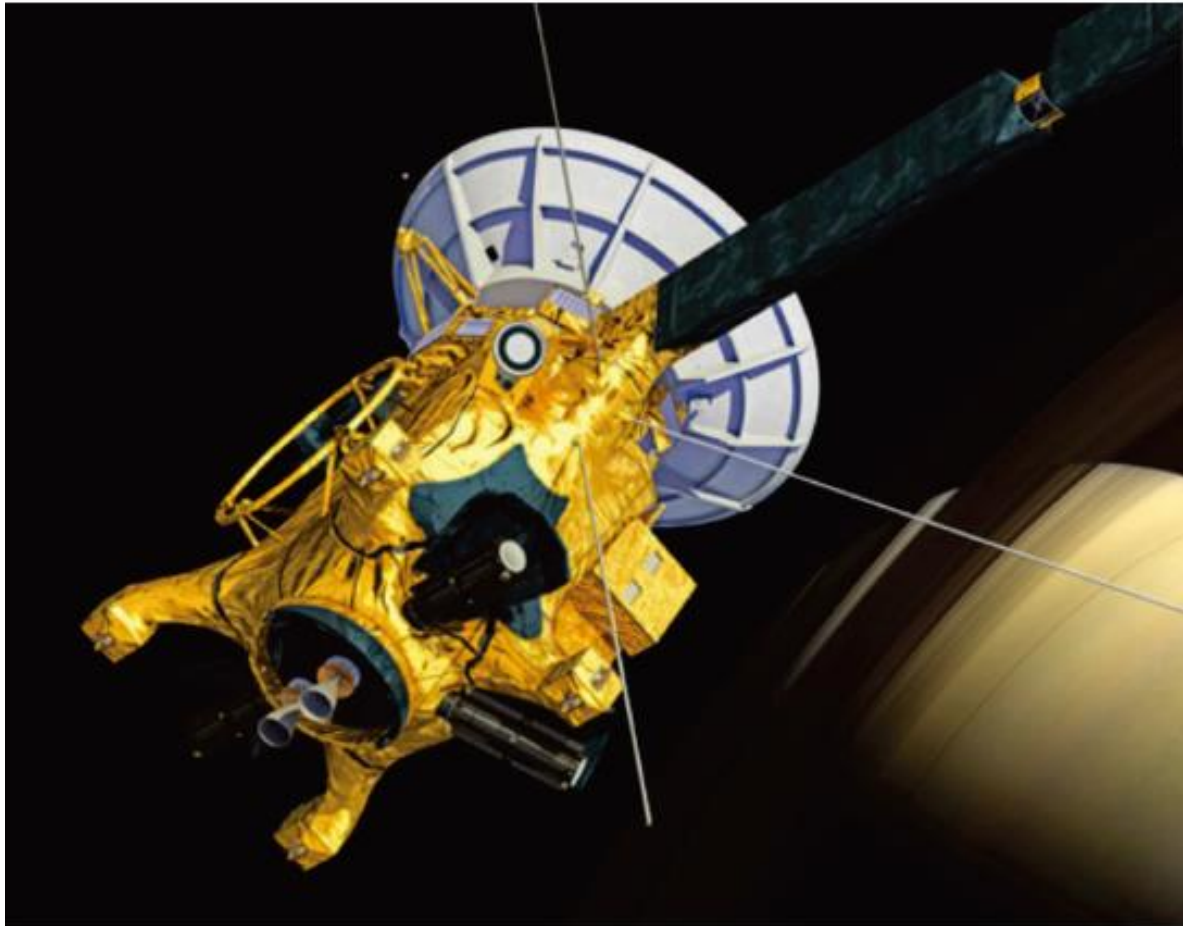
|         | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 |
|---------|--------|--------|--------|
| バングラデシュ | 8      | 9      | 9      |
| 中国      | 0      | 0      | 0      |
| インドネシア  | 8      | 7      | 7      |
| カザフスタン  | 5      | 4      | 5      |
| マレーシア   | 8      | 10     | 12     |
| モンゴル    | 6      | 6      | 9      |
| フィリピン   | 5      | 7      | 7      |
| スリランカ   | 5      | 5      | 4      |
| タイ      | 8      | 14     | 15     |
| ヴェトナム   | 13     | 9      | 8      |
| トルコ     | 10     | 4      | 4      |
| サウジアラビア | 1      | 1      | 0      |
| 合計      | 77     | 76     | 80     |



# 原子力を輸送のための 推進力として使うケース

- 砕氷船、原子力空母等の強力な推進力を要する船舶もしくは原子力潜水艦（長期間海上に浮上しなくてよい）— 原子力はスケールメリットがあり、寄港地のPAもあるため通常船舶には適さない。
- 原子力推進式巡航ミサイル— ロシアが開発中「プレヴェニスク」（放射性同位元素による原子力ジェットエンジン?）
- 深宇宙探査における推進力— 放射性同位元素の発生熱を利用、原子力推進ロケット

# Space Technology



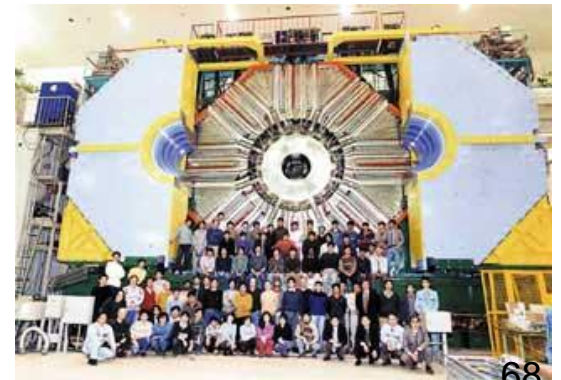
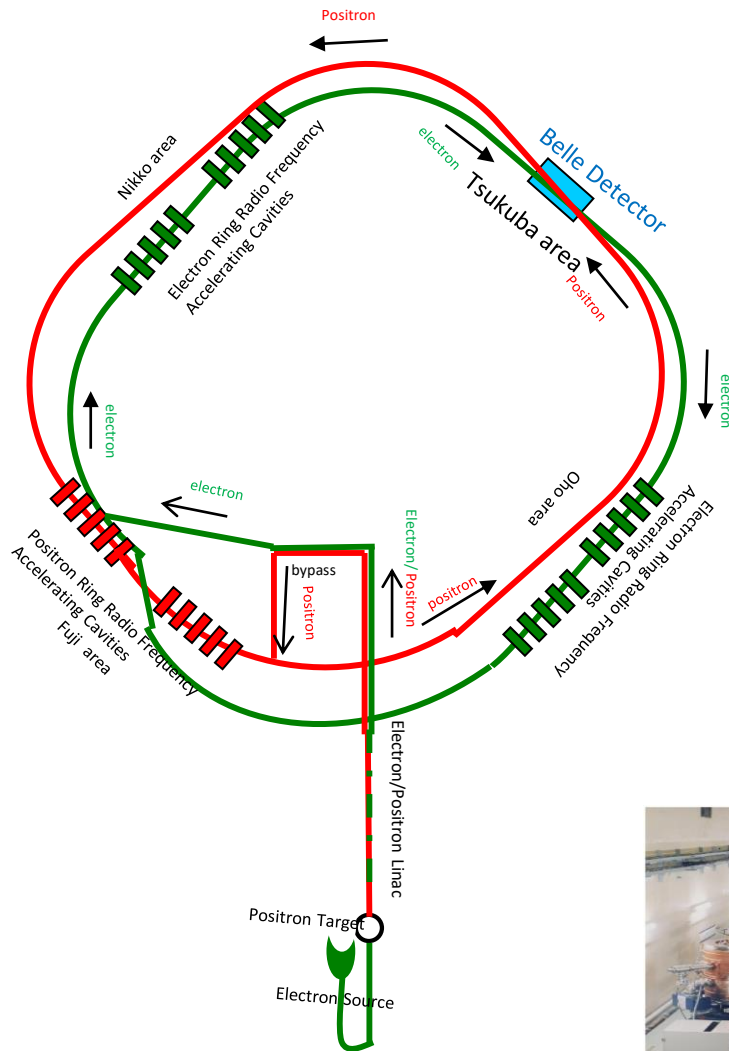
- Solar panels fill needs for inner solar system
- Deep-space research requires alternate power source
- Radioisotope power sources have been used for many missions

# SPACE EXPLORATION

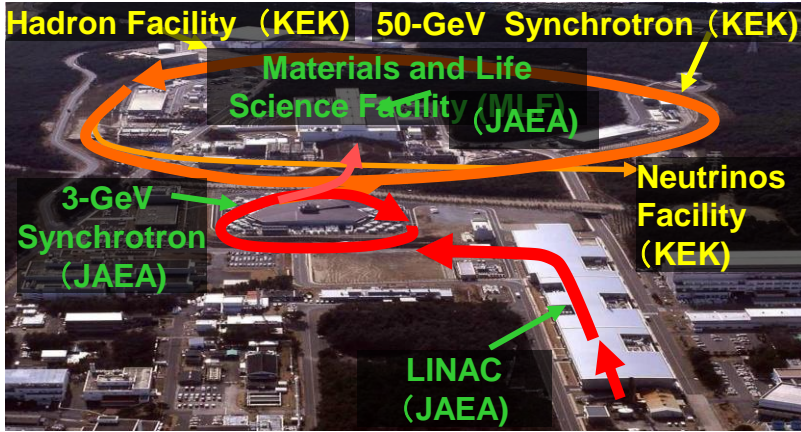
- **Heat Generation**
  - **Radioisotope Heater Unit (RHU)**
    - Pu-238 excellent heat source (87.7 yr half-life)
- **Electricity Generation**
  - Radio-Thermal Generators (RTG)
    - Direct conversion to electricity (~ 7% efficiency)
  - Dynamic Isotope Power System (DIPS)
    - Pu-238 still excellent heat source
    - Rankine cycle active system (~20% efficiency)
- **Nuclear Reactors**
  - For Missions > 100 KW

# B Factory

B Factory is an electron-positron collider. The KEK B factory experiment (Belle) was initiated in 1999. Using a large data sample that corresponds to an integrated luminosity of  $\sim 0.8 \text{ ab}^{-1}$  or 900 million B anti-B meson pairs, which is the highest value in the world, the Belle experiment has verified the Kobayashi-Maskawa theory that explains CP violation and quark mixing in the weak interaction. This research eventually led to a Nobel prize for Kobayashi and Maskawa in 2008.

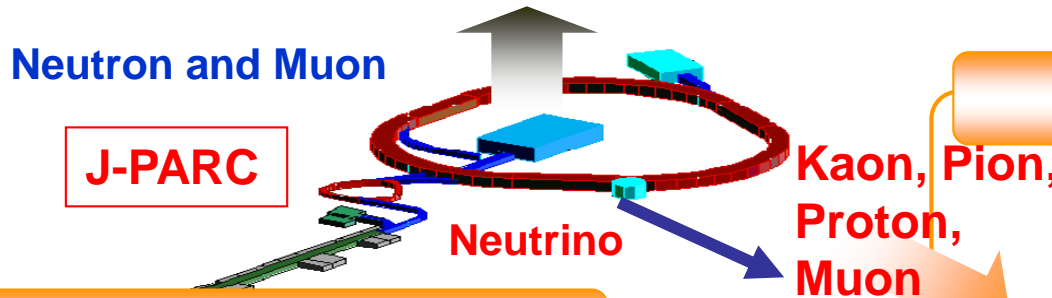


# J-PARC Project



J-PARC is located in Tokai-mura, 120km from Tokyo

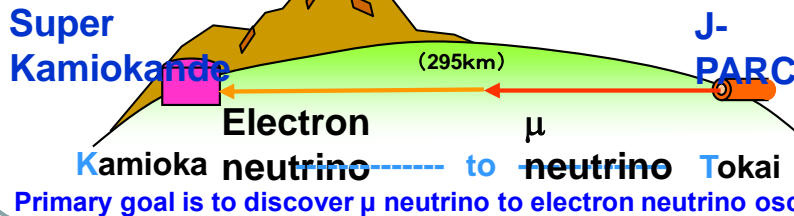
J-PARC is one of the world largest accelerator-driven secondary particle source (neutron, muon, pion, kaon, neutrino, etc.), which can provide a broad research development from basic science to industrial development.



## Neutrino Experiment: T2K

Uncover unknown nature of neutrinos by precise measurement of “neutrino oscillation” and find clues toward

- Fundamental law of elementary particles
- Origin of matter



## Hadron physics

Origin of Matter



- Mystery of the Origin of Mass  
 Why dose the mass of the hadrons are much heavier than that of free quarks?
- Particle/Anti-particle asymmetry beyond Kobayashi-Maskawa Theory  
 Asymmetries in quark and lepton sectors

御静聴ありがとうございました