

## 目次

原子力の利用を考える基礎を知るために——刊行にあたって	i
はじめに	xi

### 第 1 章 原子力問題と放射性廃棄物 (山名 元)

<b>1-1 放射性廃棄物に関わる論争</b> .....	3
1-1-1 原子力反対機運と放射能	
1-1-2 放射性廃棄物に対する国民感情	
1-1-3 放射性廃棄物を考える	
1-1-4 廃棄物の量的感覚	
1-1-5 放射性廃棄物に対する市民理解の難しさ	
<b>1-2 放射性核種と放射能を知る</b> .....	11
1-2-1 放射性核種と放射性壊変	
1-2-2 放射線と放射能	
1-2-3 放射能と半減期	
1-2-4 放射線による被曝	
1-2-5 さまざまな放射性核種	
1-2-6 原子力利用に伴う放射性核種	
1-2-7 人工放射性核種の位置づけ	
1-2-8 放射性廃棄物管理の視点から見た放射能	

1-3 放射性廃棄物への取り組み	25	3-1-2 核燃料サイクルでのウランの流れとフロントエンド	
1-3-1 放射性廃棄物に対する基本的考え方		3-1-3 原子力のバックエンドの選択肢	
1-3-2 人への影響の抑制		3-1-4 わが国の燃料サイクルの状況	
1-3-3 放射性廃棄物発生 of 全体像		3-2 バックエンド管理を考える	84
1-3-4 使用済核燃料や放射性廃棄物についての国際的取り決め		3-2-1 使用済核燃料中での TRU 核種の生成	
コラム1 $\beta$ -放射性壊変と $^{137}\text{Cs}$ (上原章寛)	36	3-2-2 再処理による元素の分離回収	
第2章 使用済核燃料の発生 (山名 元・窪田卓見)		3-2-3 軽水炉 (LWR) 使用済核燃料の燃料としての価値	
2-1 使用済核燃料の発生	39	3-2-4 バックエンド路線を決める要素	
2-1-1 使用済核燃料の発生		3-2-5 高レベル放射性廃棄物の比較	
2-1-2 使用済核燃料の発生量		3-2-6 軽水炉 (LWR) の核燃料サイクルのコスト	
2-1-3 使用済核燃料の貯蔵状況		3-3 わが国での再処理路線	98
2-2 使用済核燃料の性状	47	3-3-1 原子力委員会での検討	
2-2-1 核燃料中での放射性核種の生成		3-3-2 燃料サイクルについての考え方	
2-2-2 使用済核燃料の元素組成		3-4 軽水炉 (LWR) 使用済核燃料の再処理	101
2-2-3 使用済核燃料の放射能と放射線毒性		3-4-1 再処理工場とは	
2-2-4 使用済核燃料の放射能の時間変化		3-4-2 ピューレックス再処理法	
2-2-5 使用済核燃料の発熱		3-4-3 再処理工場の安全性	
2-3 使用済核燃料の保管と管理	64	3-5 代替の再処理法	106
2-3-1 使用済核燃料の保管		3-5-1 代替湿式再処理法	
2-3-2 使用済核燃料の中間貯蔵施設		3-5-2 乾式再処理法	
2-4 使用済核燃料問題	68	3-6 混合酸化物燃料の利用	110
第3章 核燃料サイクルとは (山名 元・上原章寛)		3-6-1 プルサーマル	
3-1 核燃料サイクル	73	3-6-2 MOX 燃料の特徴	
3-1-1 核燃料サイクルとは		3-6-3 プルサーマルの運用	
		3-6-4 核燃料サイクルからの廃棄物のフロー	
		コラム2 六ヶ所再処理工場の経緯 (山名 元)	119

## 第4章 放射性廃棄物とは (山名 元・出光一哉)

### 4-1 放射性廃棄物の管理体系 ..... 123

- 4-1-1 焦眉の急の処理・処分スキーム
- 4-1-2 さまざまな放射性廃棄物とその素性
- 4-1-3 放射性廃棄物として扱うものと、扱わないもの
- 4-1-4 放射性廃棄物の分類
- 4-1-5 放射性廃棄物の処置の考え方
- 4-1-6 液体廃棄物と気体廃棄物
- 4-1-7 低レベル放射性廃棄物の処理方法
- 4-1-8 高レベル放射性廃液の処理方法
- 4-1-9 IAEA の管理体系と安全原則

### 4-2 放射性廃棄物「処分」の展望 ..... 156

- 4-2-1 廃棄物のリスクを極小化する処分
- 4-2-2 放射性廃棄物の処分に求められること
- 4-2-3 放射能レベルによる廃棄物の区分
- 4-2-4 処分の形態
- 4-2-5 低レベル放射性廃棄物の浅地中処分
- 4-2-6 地層処分
- 4-2-7 地層処分の安全性
- 4-2-8 地層処分という“4次元の希釈”
- 4-2-9 炭素 14 とヨウ素 129 の特殊性
- 4-2-10 深い地下の研究
- 4-2-11 処分地の選定

## 第5章 核変換 (山名 元)

### 5-1 核変換処理とは何か ..... 202

- 5-1-1 核変換の原理
- 5-1-2 核変換の方法

### 5-2 核変換の仕組みと原理 ..... 205

- 5-2-1 中性子と原子核の相互作用
- 5-2-2 中性子を発生させる仕組み
- 5-2-3 重元素を使った高エネルギー中性子発生の原理
- 5-2-4 原子炉を使ったマイナーアクチニド核種の核変換
- 5-2-5 核変換量
- 5-2-6 国内外における核変換研究

### コラム3 ノーベル物理学賞受賞者Carlo Rubbia博士の提案 (山名 元) .. 214

### コラム4 さまざまな加速器と大型化 (石 禎浩) ..... 215

## 第6章 加速器駆動未臨界システム (ADS) による核変換の研究

(卞 哲浩・石 禎浩)

### 6-1 加速器駆動未臨界システム (ADS) の開発 ..... 219

- 6-1-1 実用機概念
- 6-1-2 実現に必要な技術課題
- 6-1-3 ADS 加速器に要求される性能
- 6-1-4 JAEA の加速器駆動未臨界システム (ADS) 開発計画

### 6-2 ADSに関わる基礎研究 ..... 226

- 6-2-1 核破砕中性子源で駆動される未臨界体系の核特性研究の重要性
- 6-2-2 京都大学原子炉実験所における ADS 実験
- 6-2-3 FFAG 加速器を用いた結合実験
- 6-2-4 FFAG 加速器を用いた KUCA 実験

### コラム5 臨界集合体実験装置KUCA (卞 哲浩) ..... 237

## 第7章 放射性廃棄物の視点から原子力と燃料サイクルを考える

(山名 元)

<b>7-1 原子力システムのリスクを下げる</b> .....	241
7-1-1 原子力ライフサイクルのリスク	
7-1-2 放射性廃棄物とバックエンドのリスク	
7-1-3 リスク低減の基本方針	
7-1-4 リスクをどこまで下げるか	
7-1-5 コストの感覚	
<b>7-2 放射性廃棄物のリスクを下げる</b> .....	250
7-2-1 燃料システム全体からの視点	
7-2-2 放射性廃棄物負荷を小さくするための方向性	
7-2-3 核種生産量の低減と在庫量の低減	
7-2-4 高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物	
7-2-5 原子力の終わり方の問題	
7-2-6 燃焼度の問題	
<b>7-3 軽水炉システムでの改良の方向性</b> .....	261
<b>7-4 燃料サイクルとTRU核種のマネジメント</b> .....	264
7-4-1 TRU核種管理のパターン	
7-4-2 TRU核種マネジメントに高速炉を使う理由	
7-4-3 プルサーマルの特性	
7-4-4 TRUの積極的リサイクルに必要な条件	
7-4-5 トリウム燃料の利用がTRU核種低減に生きるのか	
<b>7-5 将来の路線選択のあり方</b> .....	278
7-5-1 バックエンドと国民理解	
7-5-2 リサイクル形態	
7-5-3 分離核変換の導入について	
7-5-4 分離核変換の条件	

<b>7-6 トリウム燃料サイクルによるTRU核種の低減</b> .....	287
7-6-1 トリウムの利用	
7-6-2 トリウム燃料の利用	
7-6-3 トリウム溶融塩炉	
7-6-4 トリウム利用の可能性	
<b>7-7 どのような原子力を目指すか</b> .....	293
7-7-1 今後の原子力利用展望	
7-7-2 原子力終了の場合のバックエンド対策のオプション	
7-7-3 原子力継続利用の場合のバックエンド対策のオプション	
7-7-4 TRU核種の積極的燃焼を進める分離核変換オプション	
7-7-5 高温ガス炉の利用の可能性	
<b>7-8 多様性が求められる今後の原子力研究</b> .....	303
7-8-1 多様性の重要性	
7-8-2 大学としての取り組み	

## 付録 技術解説：活断層、地震・津波によるハザードとその対策

(釜江克宏・隈元 崇)

<b>第1節 活断層と原子力規制</b> .....	309
(1) 原子力発電所の耐震安全性に関わる活断層評価	
(2) 日本列島で発生する被害地震のタイプと原子力発電所の関係	
(3) 原子力発電所の耐震安全性評価の取り組みの経緯	
(4) 活断層と変動地形	
(5) 活断層と地震の繰り返しや規模との関係	
(6) 震源を事前に特定できない場合の地震に対する耐震安全性評価	
(7) 変動地形学に基づく活断層評価を強震動予測に生かすために	
<b>第2節 「基準地震動」の導き方</b> .....	326
(1) 応答スペクトルによる地震動評価	

(2) 断層モデルによる地震動評価

**第3節 1,600 GAL を超える KUR の基準地震動の背景** ..... 330

(1) 活断層連動による地震のモデル化

(2) 不確定性と「残余のリスク」

**第4節 不確定性の考慮のためのロジックツリー構築** ..... 334

参考文献 337

おわりに 343

索引 346