

I 編 概 説

編集幹事

山根 寿巳

執筆者

住田 健二(1)

白石 健介(3)

三島 良績(2)

山根 寿巳(4)

目 次

1. 原子炉の概念

1.1 原子核と核エネルギー	1	1.2.2 連鎖反応への影響	8
1.1.1 原子核の構成	1	1.2.3 中性子の減速と中性子エネルギー・ スペクトル	8
1.1.2 核力と質量欠損	1	1.2.4 中性子の核散と中性子束の空間分布	9
1.1.3 放射能(放射性崩壊)	2	1.2.5 中性子束の時間変化と炉制御	10
1.1.4 放射線と原子・分子との相互作用	3	1.3 原子炉	12
1.1.5 中性子束と断面積	4	1.3.1 原子炉の構成	12
1.1.6 放射線と核反応	4	1.3.2 原子炉の種類	13
1.1.7 核分裂	5	1.3.3 動力炉の概要	14
1.2 核分裂連鎖反応の自己維持	7	1.3.4 原子炉の安全性	15
1.2.1 臨界	7		

2. 原子炉の構成材料

2.1 炉心構造材料	17	2.1.5 反射体材	21
2.1.1 燃料体材料	19	2.1.6 シャヘイ材	22
2.1.2 減速材	20	2.1.7 原子炉容器材	22
2.1.3 制御材	20	2.2 炉心以外の構造材料	22
2.1.4 冷却材	21		

3. 炉材料と中性子の相互作用

3.1 中性子と原子核の反応	25	3.4 核変換による原子核の生成と崩壊	30
3.2 核反応の断面積	25	3.5 核分裂	31
3.3 核反応による運動エネルギーの変化	28	3.6 中性子のエネルギー分布	33

4. 照 射 損 傷

4.1 照射損傷の基礎.....	39	4.3 機械的性質の変化	47
4.1.1 粒子線照射	39	4.4 照射損傷の回復.....	49
4.1.2 照射損傷	40	4.4.1 二次欠陥の形成	49
4.1.3 照射による格子欠陥生成	41	4.4.2 回復過程	50
4.1.4 核変換による異種原子の生成	43		
4.2 物理的性質の変化	46		

II編 核 燃 料

編集幹事

石 野 栗

執 筆 者

菊 池 武 雄 (1)	秋 元 勇 巳 (4・3・2, 4・3・3)
林 昇 一 郎 (2・1)	岩 本 多 實 (4・4・1, 4・4・3)
武 藤 正 (2・2, 2・3)	山 本 達 郎 (4・4・2)
中 村 康 治 (3)	菅 野 昌 義 (4・5)
栗 原 正 義 (4・1)	森 島 淳 好 (5・1, 5・2)
天 沼 倅 (4・2・1)	原 山 泰 雄 (〃)
田 川 博 章 (4・2・2)	城 戸 達 郎 (5・3)
本 田 裕 (4・2・3, 4・2・5, 4・2・6)	青 木 利 昌 (5・4)
小 泉 益 通 (4・2・4)	辻 野 毅 (6)
古 屋 廣 高 (4・2・7)	下 川 純 一 (7)
井 本 正 介 (4・3・1)	清 瀬 量 平 (8)

目 次

1. 核 燃 料 序 説

1・1 核燃料とその重要な因子53	1・5 転換と増殖63
1・2 核分裂54	1・6 物質形態と設計方式による燃料 の分類65
1・3 核分裂生成物58	1・7 燃料挙動の評価67
1・4 熱出力と燃焼度61	

2. 核 燃 料 の 資 源

2・1 核原料物質の資源分布75	2・2 ウランの採鉱・選鉱と製錬83
2・1・1 地殻におけるウランの存在75	2・2・1 ウラン鉱の採鉱83
2・1・2 世界におけるウラン資源の分布76	2・2・2 ウラン鉱の選鉱および粗製錬83
2・1・3 ウラン資源の経済的評価の表示79	2・2・3 ウランの精製錬88

2・3 トリウム <small>233</small> の採鉱・選鉱と製錬……………93	2・3・2 トリウム <small>233</small> の製錬……………93
2・3・1 トリウム <small>233</small> の採鉱および選鉱……………93	

3. ウラン濃縮

3・1 濃縮の必要性……………97	3・4 ガス拡散法……………104
3・2 濃縮作業とカスケード……………98	3・5 遠心法……………106
3・3 UF ₆ の特性……………100	3・6 その他の方法……………109

4. 核燃料各論

4・1 燃料用金属の性質と金属燃料……………111	4・3 炭化物系およびその他化合物系燃料……………195
4・1・1 金属燃料……………111	4・3・1 アクチニド炭化物およびその他化合物燃料の物性……………195
4・1・2 U, Pu, Thの性質……………112	4・3・2 炭化物系燃料の製造……………203
4・1・3 U, Pu, Thの合金……………133	4・3・3 炭化物系燃料の照射挙動……………207
4・1・4 金属燃料の照射挙動……………133	4・4 被覆粒子燃料……………221
4・2 酸化物燃料……………142	4・4・1 被覆粒子燃料の種類……………221
4・2・1 UO ₂ の性質……………142	4・4・2 被覆粒子燃料の製造法……………227
4・2・2 U-O系化合物の性質……………154	4・4・3 被覆粒子燃料の特性……………233
4・2・3 UO ₂ 系燃料の製造……………159	4・5 液体燃料……………240
4・2・4 混合酸化物系燃料の製造……………167	4・5・1 水溶液燃料……………240
4・2・5 混合酸化物系燃料の性質……………177	4・5・2 液体金属燃料……………242
4・2・6 その他の酸化物燃料……………183	4・5・3 融解塩燃料……………244
4・2・7 酸化物燃料の照射挙動……………183	

5. 燃料体の製造と検査

5・1 炉型と燃料要素および燃料集合体……………249	5・2・7 被覆管内厚と被覆管強度……………261
5・1・1 軽水炉燃料……………249	5・3 燃料体の製造……………262
5・1・2 高温ガス冷却炉用燃料……………255	5・3・1 まえがき……………262
5・2 燃料設計手順……………258	5・3・2 軽水炉燃料製造工程……………262
5・2・1 線出力密度……………258	5・3・3 製造工程各論……………264
5・2・2 燃料棒有効長……………259	5・3・4 燃料体の製造の特殊性……………266
5・2・3 燃料集合体の大きさ……………259	5・4 燃料検査……………267
5・2・4 燃料ペレット直径……………259	5・4・1 品質保証と燃料検査……………267
5・2・5 被覆管外径……………260	5・4・2 燃料検査の適用……………268
5・2・6 ギャップと燃料ペレット内温度……………261	5・4・3 核燃料の非破壊検査技術……………273

6. 使用済み燃料の再処理

6.1 再処理の意義とその特質	277	6.3.2 再処理工程	282
6.1.1 目的と意義	277	6.3.3 湿式再処理における材料	282
6.1.2 再処理の特質	277	6.3.4 再処理工程の研究開発と材料の選択	285
6.2 再処理方式	278	6.4 乾式法	286
6.3 湿式法	279	6.4.1 フッ化物揮発法	286
6.3.1 抽出原理	279	6.4.2 熔融塩炉燃料再処理	288

7. 核燃料サイクル

7.1 核反応と核燃料サイクル	292	7.3 核燃料サイクル費の求め方	307
7.2 軽水炉の核燃料サイクル	299		

8. 核燃料管理

8.1 核燃料管理の意義	311	8.3.3 プルトニウムの管理	318
8.2 炉内燃料管理	311	8.3.4 計量管理と保障措置	318
8.2.1 炉内燃料管理の考え方	311	8.4 核燃料の安全管理	322
8.2.2 炉内燃料管理の実際的事項	313	8.4.1 核燃料の放射線管理	322
8.3 炉外燃料管理	316	8.4.2 核燃料の臨界安全管理	323
8.3.1 炉外燃料管理の一般的事項	316	8.4.3 放射性廃棄物の安全管理	325
8.3.2 照射済み核燃料の輸送と貯蔵	317	8.4.4 核燃料管理に関する法規と規準	326

III 編 減速材・反射材

編集幹事

奥 達 雄

執筆 者

杉 暉 夫 (1, 2)

岡 田 昇 (3-1)

大 野 新 一 (3-2, 3-3)

長 沖 通 (4-1)

奥 達 雄 (4-2~4-4)

西 田 精 利 (5)

勝 田 博 司 (6)

目 次

1. 減速・反射の原理

1-1 中性子の減速	331	1-3 減速材に要求される性質	333
1-2 減速に関する諸量	332	1-4 反射体	333

2. 材料の種類と特性

2-1 中性子断面積	335	2-2 減速・反射に関する特性値	337
------------------	-----	------------------------	-----

3. 重 水

3-1 製 造	339	3-2-1 核的性質	342
3-1-1 重水の原料	339	3-2-2 物理的性質	343
3-1-2 重水製造法の原理	340	3-2-3 化学的性質	344
3-1-3 二重温度交換法	340	3-3 照射効果	345
3-1-4 蒸留法	342	3-3-1 放射線エネルギーの吸収	345
3-1-5 重水の品質	342	3-3-2 放射線分解	346
3-2 核的・物理的・化学的性質	342	3-3-3 誘導放射能	347

4. 黒 鉛

4-1 製造・加工	351	4-1-3 製品特性に及ぼす工程要因の効果	353
4-1-1 製造方法	351	4-1-4 加 工	354
4-1-2 主原料	352	4-2 種類と諸性質	355

4.2.1 各種黒鉛のおもな性質	355	4.3.2 物理的性質	369
4.2.2 物理的性質	355	4.3.3 力学的性質	371
4.2.3 力学的性質	358	4.3.4 化学的性質	375
4.2.4 化学的性質	364	4.3.5 表面・構造特性	376
4.2.5 表面・組織構造特性	367	4.4 材種の選定法	377
4.3 照射効果	368	4.4.1 選定の基本的考え方	377
4.3.1 照射損傷	368	4.4.2 選定基準	377

5. ベリリウムと化合物

5.1 製造・加工	381	5.2.1 物理的・核的性質	383
5.1.1 綜柱石より BeO および Be を製造 する方法	381	5.2.2 化学的性質	384
5.1.2 Be の成形および加工	382	5.2.3 力学的性質	385
5.1.3 Be の機械加工および接合	382	5.2.4 BeO および Be ₂ C の諸性質	385
5.2 諸性質	383	5.2.5 毒性	386
		5.3 照射効果	386

6. 水素化物

6.1 金属水素化物	389	6.3 有機物	392
6.2 金属水酸化物	391		

IV 編 制 御 材

編集幹事

石 野 栞

執 筆 者

鈴 木 弘 茂 (1, 2, 3, 6)

城 戸 達 郎 (9)

石 野 栞 (4, 5, 7, 8)

山 本 達 郎 (10)

目 次

1. 原子炉の制御方式と制御材

1・1 反応度のバランス	395	1・3 緊急時の制御	398
1・2 出力制御の方法	396		

2. 制御材の核的特性

2・1 中性子吸収断面積	401	2・3 原子炉の種類と核的特性	404
2・2 中性子吸収反応	403		

3. ホウ素およびホウ化物系制御材

3・1 炭化ホウ素	407	3・1・5 使用上の問題点	411
3・1・1 B-C 系	407	3・2 ホウ珪酸ガラス	412
3・1・2 炭化ホウ素の結晶構造	408	3・3 ステンレス鋼- ¹⁰ B(数%)など	412
3・1・3 炭化ホウ素系制御棒の製法	409		
3・1・4 炭化ホウ素の照射損傷	409		

4. ハフニウムおよびハフニウム制御材

4・1 制御材としてのハフニウム	415	4・4 化学的性質	418
4・2 ハフニウムの製錬, 融解, 加工	416	4・5 照射特性	418
4・3 物理的性質および力学的性質	416		

5. カドミウムを含む制御材

5・1 制御材としてのカドミウム	421	5・2 カドミウム制御材	422
------------------------	-----	--------------------	-----

5.3 Ag-In-Cd 系合金	423	5.3.4 Ag-In-Cd 合金の力学的性質	424
5.3.1 Ag-In-Cd 系合金開発の経緯	423	5.3.5 Ag-In-Cd 合金の化学的性質	426
5.3.2 Ag-In-Cd 系合金の核特性	423	5.3.6 照射効果	426
5.3.3 Ag-In-Cd 合金の物理的性質	424		

6. 希土類化合物系制御材

6.1 Eu_2O_3	429	6.1.4 両立性	430
6.1.1 状態図	429	6.1.5 照射特性	430
6.1.2 Eu_2O_3 の相関係	430	6.2 EuB_6 など	431
6.1.3 Eu_2O_3 ペレットの製造	430		

7. タンタルその他高速炉の制御材

7.1 高速炉の制御材	433	7.2.2 タンタルの物理的・力学的性質	434
7.2 タンタル	433	7.2.3 タンタルの製造, 両立性, 照射挙動	434
7.2.1 制御材としてのタンタル	433	7.3 その他の高速炉制御材	436

8. その他の制御材

.....437

9. 制御材の設計と製造

9.1 まえがき	439	9.3 PWR の制御材	440
9.2 BWR の制御材	439	9.4 その他の原子炉の制御棒	440

10. バーナブルポイズン入り燃料

10.1 軽水炉燃料	443	10.3 板状燃料	444
10.2 高温ガス炉燃料	444		

V編 冷 却 材

編集幹事

近藤達男

執筆者

秋山 守 (1)

黒見 尚行 (2)

安野 武彦 (3)

石渡 名澄 (4)

厚母 栄夫 (5)

古川 和男 (6)

目 次

1. 冷 却 材

1.1 要求される役割と特徴	447	1.2 種類と特性	451
----------------	-----	-----------	-----

2. 炭 酸 ガ ス

2.1 製 造	455	2.2.4 鋼材の酸化	458
2.2 性 質	455	2.3 管理技術	459
2.2.1 一般的性質	455	2.3.1 取扱い方法	459
2.2.2 原子炉冷却材としての特性	455	2.3.2 運転管理	459
2.2.3 黒鉛との反応	456	2.3.3 分析技術	460

3. ヘ リ ウ ム

3.1 製造と輸送	463	3.3 管理技術	467
3.2 ヘリウムの性質	465		

4. 水および水蒸気（軽水）

4.1 性 質	471	4.2 照射効果	475
4.1.1 軽水の核的、物理的および熱力学的性質	471	4.2.1 原子炉系内水の誘導放射能	475
4.1.2 軽水の化学的性質	473	4.2.2 水の放射線分解	476
		4.3 原子炉系内水の管理技術	478

5. 液体ナトリウム

5.1 製造	481	5.2.3 取扱い方法	485
5.1.1 まえがき	481	5.2.4 金属材料との共存性	485
5.1.2 製造法の概要	481	5.3 純度管理	488
5.2 性質	482	5.3.1 分析技術	488
5.2.1 まえがき	482	5.3.2 サンプルング技術	489
5.2.2 物理的(核的および熱力学的)特性	485	5.3.3 オンラインモニタ技術	496

6. 溶融塩

6.1 一般的特徴	501	6.2.4 塩化物	507
6.2 主要な溶融塩	503	6.2.5 硝酸塩・亜硝酸塩共融物	507
6.2.1 単純フッ化物	503	6.2.6 混合炭酸塩	507
6.2.2 フルオロベリリウム酸塩	505	6.2.7 水酸化物	508
6.2.3 ホウフッ化物	506	9.2.8 その他の溶融塩	508

VI編 構造 材

編集幹事

近藤達男

執筆者

諸住正太郎 (1)	津田正臣 (4・1, 4・2)
小西隆男 (2・1~2・3)	太田定雄 (4・3)
牧英夫 (2・4~2・7)	黒沢辰雄 (4・4)
長谷川正義 (3・1, 3・2, 3・6, 4・6)	原田一行 (〃)
野村茂雄 (3・1, 3・2)	久家靖史 (5)
岡田健 (3・3)	山本達郎 (6)
近藤達男 (3・4, 4・5)	諸石大司 (7)
松本圭司 (3・5)	志田善明 (〃)
深瀬幸重 (4・1, 4・2)	松本辰彦 (8)

目次

1. 構造材料概説

1・1 核分裂炉用炉心構造材料511	1・1・6 製造性517
1・1・1 中性子吸収断面積511	1・1・7 照射損傷518
1・1・2 燃料との両立性513	1・1・8 その他518
1・1・3 耐食性514	1・2 熱交換器用耐食・耐熱合金518
1・1・4 強度と延性515	1・3 核融合炉第1壁材料518
1・1・5 熱伝導性516	

2. ジルコニウムとその合金

2・1 ジルコニウムの性質521	2・3 燃料被覆管および圧力管の製造528
2・1・1 ジルコニウムの基本的性質521	2・3・1 ジルコニウム・スポンジの製造528
2・1・2 他元素添加の効果522	2・3・2 ジルカロイ燃料被覆管の製造530
2・2 ジルコニウム合金の種類と性質524	2・3・3 圧力管の製造531
2・2・1 ジルコニウム合金の開発524	2・4 組織と機械的性質532
2・2・2 実用ジルコニウム合金の主要性質525	2・4・1 金属組織と機械的性質532

2.4.2	集合組織と機械的性質	533	2.5.2	水素吸収	537
2.4.3	その他の要因による機械的性質の 変化	534	2.5.3	応力腐食	537
2.4.4	疲労強度	534	2.6	照射効果	538
2.5	腐食と水素吸収	536	2.6.1	照射成長	538
2.5.1	水および蒸気による腐食(酸化皮膜 の成長)	536	2.6.2	短時間機械的性質	539
			2.6.3	クリープ	539
			2.7	燃料被覆管としての使用経験	541

3. ステンレス鋼

3.1	ステンレス鋼の種類と基本的性質	543	3.4.2	応力腐食割れ	562
3.1.1	ステンレス鋼の種類と金属組織	543	3.5	高速炉ナトリウム環境との両立性	566
3.1.2	ステンレス鋼の基本的性質	548	3.5.1	まえがき	566
3.1.3	ステンレス鋼の耐食性	552	3.5.2	重量変化	567
3.2	溶接法と溶接部の性質	553	3.5.3	材質変化	569
3.3	燃料被覆管の製造	555	3.6	照射効果	572
3.4	軽水炉環境下の腐食	561	3.6.1	核変換とヘリウムぜい化	572
3.4.1	高温水腐食	561	3.6.2	スエリング	579

4. 耐食, 耐熱合金

4.1	種類と基本的性質	585	4.3.4	冷間抽伸, 冷間圧延	594
4.1.1	耐食合金	585	4.3.5	熱処理	594
4.1.2	耐熱合金	589	4.3.6	品質保証	595
4.2	高温強度	590	4.3.7	管の二次加工	595
4.2.1	合金元素の役割	590	4.3.8	溶接	596
4.2.2	T. C. P 相の析出によるクリープ強さ の低下	590	4.4	軽水炉における腐食	598
4.2.3	微量元素の役割	591	4.4.1	高温水環境と腐食	598
4.2.4	多目的高温ガス炉用材料	592	4.4.2	減肉	600
4.3	熱交換器用材料の製造	592	4.4.3	応力腐食割れ	602
4.3.1	溶解	592	4.5	高温ガス炉における腐食	603
4.3.2	鍛造, 圧延	593	4.5.1	ヘリウム中の酸化と浸炭	604
4.3.3	熱間押し出し	593	4.5.2	ヘリウム中の機械的性質	608
			4.6	照射効果	610

5. マグノックス合金

5.1	マグノックスの組成と性質	617	5.1.2	マグノックスの熱膨張係数	617
5.1.1	マグノックスの組成	617	5.1.3	マグノックスの熱伝導度	618

5.1.4	マグノックスの一般的機械的性質	618	5.2.1	被覆材の形式	620
5.1.5	延展性	618	5.2.2	被覆材の製造	621
5.1.6	クリープ特性	619	5.2.3	被覆材の溶接と圧着	621
5.1.7	キャビテーション	619	5.3	マグノックスの燃料被覆材としての使用経験	621
5.1.8	酸化性	619			
5.2	マグノックス燃料被覆管の製造	620			

6. アルミニウムとその合金

6.1	原子炉用アルミニウム合金の組成と性質	623	6.3.1	孔食	625
6.2	アルミニウム被覆燃料の製造	624	6.3.2	全面腐食	625
6.3	純水中のアルミニウムの腐食	625	6.4	アルミニウムの使用経験	626
			6.5	アルミニウム合金の接合	627

7. 低合金鋼

7.1	低合金鋼の高温水による腐食	629	7.2	低合金鋼のナトリウム中の腐食	631
-----	---------------	-----	-----	----------------	-----

8. 高融点金属とその合金

8.1	原子炉用高融点金属の種類と用途	635	8.5	腐食とガス吸収	639
8.2	高融点金属合金の製造	635	8.6	照射効果	641
8.3	基本的性質	637	8.7	高融点金属の接合	642
8.4	機械的性質	637			

VII 編 圧力容器・配管材料

編集幹事

藤村 理人

執筆 者

藤村 理人 (1・1~1・4)

長谷川 正義 (1・5)

鈴木 一弘 (ク)

小野寺 真作 (2・1)

薄 田 寛 (2・2)

岡 林 邦 夫 (3)

明 比 道 夫 (4)

宇 賀 丈 雄 (5・1, 5・2)

武 藤 康 (5・2)

目 次

1. 構造材料に要求される性質

1・1 不安定破壊	646	1・5 鋼材の照射ぜい化	660
1・2 延性変形	650	1・5・1 照射ぜい化	660
1・3 疲れ強さ	652	1・5・2 照射ぜい化に影響を及ぼす因子	661
1・4 クリープ損傷	657	1・5・3 照射ぜい化への対策	666

2. 軽 水 炉

2・1 圧力容器および格納容器	669	2・2 配管および蒸気発生器用材料	683
2・1・1 圧力容器および格納容器のタイプ	669	2・2・1 配管および蒸気発生器	683
2・1・2 規制および規格	670	2・2・2 材料規格	683
2・1・3 材料とその性能	672	2・2・3 材料とその性能	685
2・1・4 鋼材の製造	675	2・2・4 材料の製造	690
2・1・5 圧力容器および格納容器の製作	677	2・2・5 配管および蒸気発生器の製作	690
2・1・6 試験および非破壊検査	682		

3. 高 速 増 殖 炉

3・1 原子炉容器	695	3・2 配管および蒸気発生器	701
3・1・1 材料およびその特性	695	3・2・1 材料およびその特性	701
3・1・2 製造および熱処理	697	3・2・2 溶接施工法および検査	705
3・1・3 溶接施工法および検査	699		

4. 新型 転換 炉

4.1 圧力管の材料および その特性	709	4.2 原子炉冷却系の材料	712
		4.3 シールプラグ材料	712

5. 高温 ガス 炉

5.1 コンクリート圧力容器	713	5.2 蒸気発生器および配管	720
5.1.1 構造および材料	714	5.2.1 蒸気発生器材料およびその特性	723
5.1.2 施工および性能	718	5.2.2 配 管	727

VIII編 しゃへい材料

編集幹事

奥 達 雄

執筆者

古 田 悠 (1, 2.4, 3)

| 宮 坂 駿 一 (2.1~2.3)

目 次

1. しゃへい概説

1.1 放射線, 線源.....731	1.3 γ 線しゃへいの基礎733
1.2 放射線としゃへい体との相互作用 ...731	1.4 中性子線しゃへいの基礎736

2. しゃへい材料

2.1 非金属しゃへい材料739	2.2.3 ホウ素入り鋼744
2.1.1 水739	2.2.4 鉛744
2.1.2 黒鉛740	2.2.5 その他の金属材料744
2.1.3 ホウ素およびホウ素含有物741	2.3 コンクリート745
2.1.4 しゃへい用透明材料742	2.4 有機しゃへい材料749
2.1.5 砂利, 土, 粘土743	2.4.1 パラフィン749
2.2 金属しゃへい材料744	2.4.2 ポリエチレンおよびその他のプラス チック749
2.2.1 鉄744	2.4.3 木材およびその加工品750
2.2.2 ステンレス鋼744	

3. しゃへい材料の照射損傷

3.1 金属しゃへい材料の照射損傷.....753	3.3 コンクリートの照射損傷754
3.1.1 鉄および鋼753	3.4 有機しゃへい材料の照射損傷755
3.1.2 タングステン, 鉛, ビスマス753	3.4.1 ポリエチレン755
3.2 非金属しゃへい材料の照射損傷.....753	3.4.2 ポリスチロール755
3.2.1 水酸化リチウムおよびその他の 水素化合物753	3.4.3 フェノール・ホルムアルデヒド (ベークライト)756
3.2.2 水754	3.4.4 メチル・メタクリレート (ルサイト).....756
3.2.3 ホウ素化合物754	

IX 編 実用炉の材料の使用経験

編集幹事

藤村理人

執筆者

久家靖史 (1・1)

奈木野陽一 (1・2)

佃由晃 (々)

藤村理人 (2)

近藤達男 (3・1)

米澤利夫 (3・2)

目次

1. 軽水炉燃料の使用経験

1・1 BWR 燃料の使用経験	759	1・2・3 ノズルとの干渉による曲がり	765
1・2 PWR 燃料の運転実績	762	1・2・4 ノズルとの干渉によらない曲がり	765
1・2・1 水素化物による破損	763	1・2・5 ペレット-被覆相互作用	765
1・2・2 ペレットの焼しまりと被覆管の 偏平化	764	1・2・6 グリッド損傷	766
		1・2・7 パッフルに起因するフレットイング	766

2. 原子炉容器の使用経験

2・1 軽水炉の容器および配管	769	2・2 高速炉容器と配管	777
-----------------	-----	--------------	-----

3. 環境効果

3・1 水環境効果	785	腐食割れ	786
3・1・1 まえがき	785	3・1・5 蒸気発生器細管のアルカリ割れ	790
3・1・2 軽水炉でおきる水環境下の損傷	785	3・2 ナトリウム環境効果	791
3・1・3 原子炉圧力容器クラディングの 割れ	786	3・2・1 オーステナイト系ステンレス鋼	791
3・1・4 BWR のステンレス鋼配管の応力		3・2・2 $2\frac{1}{4}$ Cr-1 Mo 鋼	795

X編 照射試験

編集幹事

藤村理人

執筆者

野村末雄(1)

近藤育朗(3)

大内正博(2)

目次

1. 照射試験設備

1.1 試験, 研究用原子炉	799	1.4.2 中性子照射量の予測と測定	806
1.2 実験炉	804	1.5 ラビット	807
1.3 照射試験法	804	1.6 キャプセル	807
1.4 中性子照射量	805	1.7 ループ	810
1.4.1 炉内中性子束分布	805	1.8 その他の照射装置	812

2. 照射後試験設備

2.1 ヤ金的試験設備(燃料試験)	813	2.1.11 顕微鏡	816
2.1.1 ホットセル	813	2.1.12 その他の設備	816
2.1.2 外観検査装置	813	2.2 機械的試験設備(材料試験)	816
2.1.3 解体切断装置	813	2.2.1 引張圧縮試験機	816
2.1.4 X線撮影装置	814	2.2.2 シャルピー衝撃試験機	817
2.1.5 ガンマスキャンニング装置	814	2.2.3 内圧式強度試験装置	817
2.1.6 寸法測定装置	815	2.2.4 硬さ試験機	818
2.1.7 重量, 密度測定装置	815	2.2.5 クリープ試験機	818
2.1.8 被覆管検査装置	815	2.2.6 熱処理炉	818
2.1.9 ガス分析装置	815	2.2.7 寸法測定器	818
2.1.10 研磨装置	816		

3. 中性子線計測

3.1 しきい検出器	819	スペクトルの測定	821
3.2 照射量評価	820	3.4 耐熱中性子モニタの開発	823
3.3 しきい検出器による高速中性子			

XI編 核融合炉材料

編集幹事

長崎隆吉

執筆者

長崎隆吉 (1, 2, 3, 6)

古川和男 (4, 5・2)

菊池武雄 (5・1)

奥達雄 (7)

目次

1. 概説

1・1 核融合炉の原理	826	システム	827
1・1・1 核融合反応	826	1・2・2 核融合炉に用いられる材料	830
1・1・2 プラズマの閉込め	826	1・2・3 炉型による第1壁環境条件の違い	830
1・1・3 プラズマの加熱	827	1・2・4 真空壁材料の設計限界	831
1・2 核融合炉	827	1・2・5 核融合炉と核分裂炉との材料工学上の比較	831
1・2・1 トカマク型核融合炉のプラント			

2. 核融合炉材料の選択と照射挙動

2・1 第1壁材料の選択	833	2・3 核融合炉特有の材料上の問題点	834
2・2 ブランケット材料の選択	834	2・3・1 中性子エネルギーの分布	834
		2・3・2 14 MeV 中性子による照射挙動	834

3. 第1壁材料の表面現象

3・1 表面現象	837	3・3 ブリスタリング	838
3・2 スパッタリング	837		

4. 構造材と冷却材の共存性

4・1 液体リチウム	839	4・2 リチウム系溶融塩	839
------------	-----	--------------	-----

5. ブランケット材料

5・1 固体ブランケット材料	841	5・2 液体ブランケット材料	842
----------------	-----	----------------	-----

6. 超電導マグネット材料

6.1 超電導マグネット材料の問題点……845 | 6.2 超電導マグネット材料の照射損傷 …846

7. しゃへい材料

……………847

付 録

編集幹事

山 根 寿 巳

1. おもな物理定数	849	8. 放射性核種の壊変系列	858
2. 元素単体の結晶構造, 原子半径, イオン半径, 原子量	850	9. 各種元素の (n, p), (n, α) 反応の 平均断面積と, H および He の 生成量	860
3. 単体元素の密度, 第一イオン化エ ネルギー, 電子親和度, 融点, 沸点	852	10. 元素の熱中性子断面積	864
4. 主要元素の物理定数	854	11. γ 線に対する各種物質の減衰係数	875
5. 諸単位換算率	855	12. 種々の物質の線量ビルドアップ係 数	881
6. 放射線に関係した単位	857	13-1 種々の元素および化合物の除去断 面積	883
7. おもな放射性核種の 1 μ Ci 当りの原 子数とグラム量	857	13-2 種々の重合体の除去断面積	883