



# 1 編 基 礎 編

編主任：斎藤雄志(専修大学)

執筆者：松井賢一(龍谷大学)

田中郁三(学位授与機構)

森雄次(東京工業大学)

越後亮三(東京工業大学)

室田泰弘(湘南エコノメトリクス)

斎藤雄志(専修大学)

茅陽一(慶應義塾大学)

大澤悦治(助電力中央研究所)

## 1 章 エネルギー史誌 3

- 1・1 第一次エネルギー革命——火の利用の開始—— 3
- 1・2 第二次エネルギー革命——牧畜・農耕の開始—— 4
- 1・3 第三次エネルギー革命——鉄の生産と利用の開始—— 4
- 1・4 第四次エネルギー革命——火薬の利用と鉄・大砲の普及—— 5
- 1・5 第五次エネルギー革命——石炭の利用の開始—— 6
- 1・6 第六次エネルギー革命——石油の利用—— 8
- 1・7 第七次エネルギー革命——原子力の利用の開始—— 9
- 1・8 これからのエネルギー 10
- 1・9 「エネルギー」知見の歴史 11
- 参 考 文 献 12

## 2 章 エネルギー科学 13

- 2・1 熱力学 13
- 2・2 エクセルギー 18
- 2・3 分子のエネルギー 23

## 3 章 エネルギー工学 31

- 3・1 熱エネルギー 31
- 3・2 エネルギー変換の種類 32
- 3・3 熱機関と基本的サイクル 33
- 3・4 エネルギーの質 35
- 参 考 文 献 37

## 4 章 エネルギー経済学 38

- 4・1 エネルギー経済学とは 38
- 4・2 エネルギー経済学の課題 39
- 4・3 エネルギーと経済成長・発展 39
- 4・4 エネルギー需要の問題 43
- 4・5 エネルギー供給の問題 45

4・6 エネルギーと環境・社会 49

参 考 文 献 52

**5 章 エネルギーシステム論** 54

5・1 エネルギーシステム 54

5・2 エネルギーの機能と質 56

5・3 エネルギー分析 58

5・4 エネルギーシステムのモデリング 63

参 考 文 献 64

**6 章 エネルギー政策論** 66

6・1 なぜエネルギー政策が必要か 66

6・2 戦後の日本のエネルギーと対応政策 68

6・3 エネルギー政策立案の政府構造 69

6・4 今後の我が国のエネルギー政策 70

参 考 文 献 71

**7 章 エネルギー産業論** 72

7・1 戦前のエネルギー産業 72

7・2 戦後のエネルギー産業 75

7・3 21世紀に向けて 83

参 考 文 献 84





# 2 編 資 源 供 給

編主任：石谷 久(東京大学) 松橋隆治(東京大学)  
執筆者：藤田和男(東京大学) 十市 勉(財団法人エネルギー経済研究所) 島 健彦(三井鉱山海外開発㈱)  
森田浩仁(財団法人エネルギー経済研究所) 宮本修平(日本オイルエンジニアリング㈱) 奥田義久(地質調査所)  
石堂昭夫(動力炉・核燃料開発事業団) 松木健次(シャープ㈱) 玉貫 滋(財団法人海外電力調査会)  
牛山 泉(足利工業大学) 前田久明(東京大学) 小木知子(資源環境技術総合研究所)  
金原啓司(地質調査所) 松橋隆治(東京大学)

## 1 章 化 石 資 源 ————— 87

- 1・1 石 油 87
- 1・2 石 炭 110
- 1・3 天 然 ガ ス 120
- 参 考 文 献 131

## 2 章 非 在 来 型 化 石 燃 料 ————— 132

- 2・1 オイルサンド, オイルシェール 132
- 2・2 メタンハイドレート 146
- 参 考 文 献 158

## 3 章 核 燃 料 ————— 159

- 3・1 原子力発電 159
- 3・2 核燃料サイクル 159
- 3・3 ウランの鉱床 164
- 3・4 ウラン資源 166
- 3・5 主要生産国 174
- 3・6 我が国のウラン資源確保 176
- 3・7 トリウム資源 176
- 参 考 文 献 178

## 4 章 自 然 エ ネ ル ギ ー ————— 179

- 4・1 太陽エネルギーの直接利用 179
- 4・2 自然エネルギー 198
- 参 考 文 献 247

## 5 章 総 合 評 価, シ ス テ ム, 資 源 構 成 ————— 250

- 5・1 持続可能な発展のための資源, 環境条件 251

2 編 資 源 供 給

5・2 エネルギーシステムのライフサイクル統合収支	252
5・3 持続可能限界の定量的考察	254
参 考 文 献	257







# 3 編 エネルギー需要

編主任：小川 芳 樹(財日本エネルギー経済研究所)

執筆：小川 芳 樹(財日本エネルギー経済研究所)

工藤 拓 毅(財日本エネルギー経済研究所)

泥谷 直 大(財日本エネルギー経済研究所)

田中 昭 雄(財住環境計画研究所)

藤 目 和 哉(財日本エネルギー経済研究所)

高 橋 邦 雄(社日本鉄鋼連盟)

馬 場 庸 之(三菱化学㈱)

佐 川 直 人(財日本エネルギー経済研究所)

木 船 久 雄(名古屋学院大学)

宗 形 直 樹(秩父小野田㈱)

中 上 英 俊(財住環境計画研究所)

湊 清 之(財日本自動車研究所)

3

## 1 章 エネルギー需要の構造とエネルギーフロー ————— 261

- 1・1 最終消費者に至る種々のエネルギー 261
- 1・2 エネルギーフローとエネルギーバランス表 262
- 1・3 最終エネルギー需要の構造 264
- 1・4 最終エネルギー消費構造の国際比較 266
- 参 考 文 献 268

## 2 章 経済成長とエネルギー消費 ————— 269

- 2・1 経済成長とエネルギー消費 269
- 2・2 エネルギー消費原単位とエネルギー弾性値 273
- 2・3 高度経済成長のメカニズムとエネルギー多消費の構造 276

## 3 章 エネルギー価格とエネルギー消費 ————— 282

- 3・1 エネルギーコストの概念と推移 282
- 3・2 エネルギー価格変動による波及効果 287
- 3・3 エネルギー価格の最終需要部門への影響 290
- 3・4 エネルギー価格の国際比較 292
- 参 考 文 献 294

## 4 章 産業部門のエネルギー消費 ————— 295

- 4・1 産業部門のエネルギー消費の特徴 295
- 4・2 鉄鋼業のエネルギー消費 300
- 4・3 セメント産業のエネルギー消費 306
- 4・4 紙パルプ産業のエネルギー消費 309
- 4・5 石油化学工業のエネルギー消費 316
- 4・6 産業構造変化と電力化 323
- 参 考 文 献 328

<b>5章</b>	<b>民生部門のエネルギー消費</b>	<b>330</b>
5・1	家庭部門におけるエネルギー消費	330
5・2	業務部門におけるエネルギー消費	338
	参考文献	344
<b>6章</b>	<b>輸送部門のエネルギー消費</b>	<b>346</b>
6・1	輸送部門のエネルギー需要の概要	346
6・2	輸送部門のエネルギー消費の構造と省エネルギーの可能性	347
6・3	各輸送機関における技術的省エネルギー	351
6・4	輸送部門におけるエネルギー消費の欧米との比較	352
6・5	輸送システムとエネルギー消費	353
	参考文献	360
<b>7章</b>	<b>発展途上国のエネルギー消費の特徴</b>	<b>361</b>
7・1	発展途上地域の特徴	361
7・2	発展途上地域のエネルギー需要の全体像	364
7・3	輸送部門で増大する石油需要	367
7・4	大きく依存せざるをえない石炭消費	369
7・5	クリーンなエネルギーとして期待が高まる天然ガス消費	370
7・6	途上国を特徴づける非商業エネルギー消費	371
7・7	電力化の進展と原子力発電の位置づけ	372
	参考文献	373





# 4編 システム・技術

編主任：内山洋司(助電力中央研究所)

執筆者：鈴木 胖(大阪大学)

徳田君代(三菱重工業株)

堀 義直(助電力中央研究所)

脇坂健一郎(三洋電機株)

澤山茂樹(資源環境技術総合研究所)

菊池謙一(東京ガス株)

神本正行(電子技術総合研究所)

岩堀 徹(助電力中央研究所)

谷井忠明(三菱重工業株)

菊池通夫(菊池技術士事務所)

野口 透(摂南大学)

塩谷正樹(鹿島建設株)

小野重好(出光興産株)

池本一郎(助電力中央研究所)

牛山 泉(足利工業大学)

廣瀬 学(助電力中央研究所)

伊東慶四郎(助政策科学研究所)

平鳴雅雄(三井金属エンジニアリング株)

堀 正幸(電源開発株)

池谷知彦(助電力中央研究所)

亀山秀雄(東京農工大学)

石谷 久(東京大学)

原 聡(東京電力株)

加来宏行(パプコック日立株)

関矢英士(東芝プラント建設株)

玉貫 滋(出海外電力調査会)

桑野幸徳(三洋電機株)

横山伸也(資源環境技術総合研究所)

雑賀幹人(関西電力株)

田中祀捷(助電力中央研究所)

内山洋司(助電力中央研究所)

嶋田隆一(東京工業大学)

杉山峻一(富士テクノサーベイ株)

小林 紀(日産自動車株)

遠藤康之(東京電力株)

## 1章 エネルギーシステムと技術 377

## 2章 エネルギー転換技術 379

2・1 石炭液化 379

2・2 石炭ガス化 381

2・3 メタノール合成 383

参考文献 383

## 3章 発電技術 384

3・1 石 油 384

3・2 石 炭 387

3・3 LNG 393

3・4 原子力 397

3・5 再生可能エネルギー 405

3・6 ごみ発電 431

3・7 燃料電池 436

3・8 コージェネレーションシステム 441

参考文献 447

## 4章 輸送技術 450

4・1 エネルギー輸送 450

4・2 電力輸送 455

参考文献 460

5章 エネルギー貯蔵 461

5・1 概論 461

5・2 電力貯蔵 465

5・3 熱貯蔵 491

参考文献 501

6章 特記すべきエネルギー利用・供給技術 503

6・1 動力 503

6・2 交通 507

6・3 照明 518

6・4 空調・給湯 522

6・5 冷熱利用 526

6・6 省エネルギー建築 531

参考文献 535

7章 エネルギー関連環境技術 536

7・1 大気環境技術 536

参考文献 542







# 5 編 エネルギーにおける諸問題

編主任：山地憲治(東京大学)

執筆者：深海博明(慶應義塾大学)

田中靖政(学習院大学)

竹下寿英(㈱テクノバ)

山地憲治(東京大学)

浅野浩志(㈲電力中央研究所)

木村 徹(㈲日本エネルギー経済研究所)

西宮 昌(㈲電力中央研究所)

渡辺千仞(東京工業大学)

## 1 章 エネルギーの資源問題 ————— 545

1・1 資源問題の所在とその分類・整理 545

1・2 資源の物理的枯渇の評価・展望とその決定因 547

1・3 資源の開発・供給・利用の実現と供給安定性の確保の問題・方策 552

参 考 文 献 555

## 2 章 エネルギーの環境問題 ————— 556

2・1 地球温暖化問題 556

2・2 地域環境・酸性雨問題 566

参 考 文 献 575

## 3 章 エネルギーの社会経済問題 ————— 577

3・1 現代社会におけるエネルギーの経済・社会・政治的基本問題 577

3・2 エネルギーの産業組織・規制問題 585

参 考 文 献 594

## 4 章 エネルギーの技術開発問題 ————— 595

4・1 エネルギーと技術開発 595

4・2 エネルギー技術研究開発政策 600

参 考 文 献 610

## 5 章 エネルギーの国際政治問題 ————— 611

5・1 エネルギーをめぐる地政学 611

5・2 エネルギー分野における国際協力 620

参 考 文 献 626



# 6 編 将来の技術と社会システム

編主任：佐野 寛(地球エネルギーシステム研究所)	森 俊介(東京理科大学)	
執筆者：佐野 寛(地球エネルギーシステム研究所)	森 俊介(東京理科大学)	本庄 孝子(大阪工業技術研究所)
工藤 勲(北海道大学)	宅間 董(京都大学)	古川 和男(東海大学)
更田豊治郎(高度情報科学技術研究機構)	福田 健三(財エネルギー総合工学研究所)	伊藤 二郎(電気技術開発㈱)
横山 伸也(資源環境技術総合研究所)	美濃輪智朗(資源環境技術総合研究所)	斎木 博(財電力中央研究所)
羽田 壽夫(東電工業㈱)	松藤 敏彦(北海道大学)	田中 信寿(北海道大学)
乾 智行(京都大学)	朴 炳植(大阪大学)	小島 紀徳(成蹊大学)
小宮山 宏(東京大学)	浅野 浩志(財電力中央研究所)	吉岡 完治(慶應義塾大学)
池田 明由(早稲田大学)	元川 浩司(日本生活協同組合連合会)	黒田 昌裕(慶應義塾大学)

## 1 章 諸問題と対策技術の展望 ————— 629

- 1・1 エネルギー資源の主要な問題点 629
- 1・2 革新的エネルギー資源対策 631

## 2 章 革新的エネルギーシステム ————— 638

- 2・1 新型エネルギー源 638
- 2・2 超省エネルギー・高効率化 668
- 2・3 難バイオ資源への挑戦 672
- 2・4 エネルギー生産型 CO<sub>2</sub> 排出対策 692
- 参 考 文 献 721

## 3 章 統合型エネルギーシステム ————— 729

- 3・1 統合型エネルギーシステムとエネルギー資源 729
- 3・2 水素エネルギー（直接・間接）システム 731
- 参 考 文 献 737

## 4 章 社会システムによる対応 ————— 738

- 4・1 デマンドサイド・マネジメントと統合資源計画 738
- 4・2 間接部門からの視点 (1)——産業連関表による間接部門の影響評価—— 748
- 4・3 間接部門からの視点 (2)——リサイクルとライフサイクルアセスメント—— 758
- 4・4 環境対策の経済効果 765
- 4・5 統合アプローチによる超長期的視点からの接近 778
- 参 考 文 献 789



# 7 編 エネルギーシステムの モデル化と分析

編主任：辻 毅一郎(大阪大学) 斎藤 雄志(専修大学)  
執筆：手塚 哲央(京都大学) 季 志 東(長岡技術科学大学) 伊藤 浩吉(財団法人エネルギー経済研究所)  
安川 茂(金沢工業大学) 辻 毅一郎(大阪大学) 七原 俊也(財団法人電力中央研究所)  
伊東 弘一(大阪府立大学) 内山 洋司(財団法人電力中央研究所)

<b>1章 エネルギーシステムモデルの役割と開発事例</b>	795
1.1 エネルギーシステムモデルとその役割	795
1.2 モデルの効用	796
1.3 エネルギーシステムモデルの背景	797
1.4 過去における代表的なモデルの概要	799
参考文献	804
<b>2章 世界エネルギー需給モデル</b>	806
2.1 石油需給モデルの概要	807
2.2 最適化モデル	807
2.3 非同時決定型逐次シミュレーションモデル	812
2.4 同時決定型シミュレーションモデル	813
参考文献	821
<b>3章 計量経済モデルとエネルギー政策評価</b>	822
3.1 EDMC長期エネルギー経済モデルの概要	822
3.2 炭素税導入に関するシミュレーション分析	828
3.3 各種の数量モデルによる温暖化対策の我が国経済への影響分析	832
参考文献	833
<b>4章 最適化モデルとエネルギー技術評価</b>	834
4.1 エネルギーシステムのモデル化	834
4.2 技術評価	850
参考文献	853
<b>5章 都市のエネルギー需給モデル</b>	854
5.1 都市のエネルギー需給問題	854
5.2 都市のエネルギー需給のシミュレーションモデル	855

5・3 都市への CGS の導入計画モデル 857  
5・4 エネルギー消費を最小化する最適都市土地利用モデル 860  
参 考 文 献 861

**6 章 電力システムのモデル** 862

6・1 電源の運用特性とそのモデル化 863  
6・2 電源計画のモデル 869  
参 考 文 献 874

**7 章 エネルギーシステムの最適設計** 875

7・1 エネルギーシステムの設計問題と最適化 875  
7・2 コージェネレーションシステムの最適設計問題 876  
7・3 ガスエンジン CGS に対する検討事例 879  
7・4 燃料電池 CGS に対する検討事例 881  
参 考 文 献 883

**8 章 エネルギー技術の評価手法** 885

8・1 評価手法の体系化 885  
8・2 各種評価手法 888  
参 考 文 献 899







# 8 編 エネルギー関連情報源, 国際機関とその動向

編主任：後藤 清(東京電力株)

執筆者：木村 繁(財団法人日本エネルギー経済研究所) 越前谷義博(新エネルギー産業技術総合開発機構) 辰田昌功(経済企画庁)

彌富泰彦(財団法人日本動力協会) 津坂秩也(財団法人地球産業文化研究所) 向野陽一郎(通商産業省)

福島宣夫(株東芝) 下田 修(日本電気事業研究国際協力機構) 山田愛子(WANO東京センター)

扇 啓一(財団法人日本ガス協会) 山口隆章(世界石油会議) 保坂駒雄(財団法人石炭利用総合センター)

松井賢一(龍谷大学) 岩崎徹也(信州大学)

## 1 章 エネルギー関連情報源 903

1・1 出版物 903

1・2 データベース 909

参考文献 916

## 2 章 エネルギー関連国際機関等とその動向 917

2・1 IEA (国際エネルギー機関) 917

2・2 IAEA (国際原子力機関) 920

2・3 WEC (世界エネルギー会議) 924

2・4 OECD (経済協力開発機構) 926

2・5 IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 929

2・6 APEC (アジア太平洋経済協力) 932

2・7 CIGRE (国際大電力システム会議) 934

2・8 IERE (電気事業研究国際協力機構) 936

2・9 WANO (世界原子力発電事業者協会) 938

2・10 IGU (国際ガス連盟) 940

2・11 IGRC (国際ガス研究会議) 942

2・12 WPC (世界石油会議) 943

2・13 ICCR (国際石炭研究委員会) 944

2・14 WCI (世界石炭協会) 946

2・15 IAEE (国際エネルギー経済学会) 947

2・16 OPEC (石油輸出国機構) 949

2・17 OAPEC (アラブ石油輸出国機構) 951

参考文献 952



# 1 編 基 礎 編

編主任：山田 興一(東京大学)

執筆者：岩田 修一(東京大学)

柳田 博明(勲フアインセラ  
ミックスセンター) 西山 孝(京都大学)

## 1 章 材 料 史 ————— 959

参 考 文 献 976

## 2 章 材 料 概 論 ————— 977

2・1 材料の要件 977

2・2 構造材料 979

2・3 機能材料 980

参 考 文 献 989

## 3 章 資 源 経 済 ————— 990

3・1 価 格 990

3・2 需給見通し 993

3・3 予測モデル——銅を例として—— 1001

3・4 エネルギー消費原単位 1006

3・5 開 発 投 資 1008

参 考 文 献 1009



# 2 編 資 源 供 給

編主任：正路徹也(東京大学)

執筆：梶原良道(筑波大学)

古宇田亮一(地質調査所)

小川修(東京大学)

正路徹也(東京大学)

山富二郎(東京大学)

栗倉泰弘(京都大学)

飯塚堯介(東京大学)

若松貴英(名城大学)

林宏爾(東京大学)

## 1 章 鉱物資源の分類 1013

1・1 元素の地球化学的分別と分類 1013

1・2 鉱床の型 1015

## 2 章 金属資源 1021

2・1 鉱種の概要 1021

2・2 鉱種各論 1024

## 3 章 工業鉱物資源 1027

3・1 鉱種の概要 1027

3・2 鉱種各論 1031

## 4 章 土石資源 1035

4・1 石材 1035

4・2 骨材 1037

4・3 軽量骨材と重量骨材 1039

参考文献 1040

## 5 章 生物系原材料資源 1041

5・1 生物系原材料資源の特質 1041

5・2 生物系原材料資源の存在形態 1043

5・3 世界の森林資源の分布 1043

5・4 紙パルプ産業と木材資源 1044

5・5 パルプの種類とその製法 1046

5・6 蒸解法の改良とパルプ漂白 1047

参考文献 1048

## 6 章 探査技術 1049

6・1 資源探査と品位・鉱量・コスト 1049

6・2 リモートセンシング 1056

- 6・3 物理探査 1064  
 6・4 地質調査と地化学探査 1067  
 6・5 試錘（ボーリング）と総合解析 1075  
 参考文献 1076

## 7章 採 鉱 技 術 1078

- 7・1 露天採鉱法か坑内採鉱法か 1078  
 7・2 露天採鉱法 1080  
 7・3 坑内採鉱法 1082  
 参考文献 1091

## 8章 選 鉱 技 術 1092

- 8・1 選鉱とは 1092  
 8・2 鉱物の性質と選鉱法 1092  
 8・3 浮遊選鉱 1095  
 8・4 選鉱工程 1097  
 参考文献 1100

## 9章 乾 式 製 錬 1101

- 9・1 鉄 鋼 1101  
 9・2 アルミニウム 1103  
 9・3 銅 1103  
 9・4 鉛 1106  
 9・5 亜鉛 1107  
 9・6 ニッケル 1109  
 参考文献 1111

## 10章 湿 式 製 錬 1112

- 10・1 浸 出 1113  
 10・2 浄液と濃縮 1115  
 10・3 金属および化合物採取 1117  
 参考文献 1120

## 11章 金 属 加 工 1121

- 11・1 緒 言 1121  
 11・2 鑄 造 1122  
 11・3 塑性加工 1125  
 11・4 粉末冶金 1128  
 参考文献 1130







# 3 編 資源の利用形態，システム

編主任：山田 興一(東京大学)

執筆者：山田 興一(東京大学)

甲賀 哲義(住友金属鉱山㈱)

大江 洋一(旭硝子㈱)

長谷川 宏(日本石油㈱)

米屋 勝利(横浜国立大学)

辰 巳 敬(東京大学)

大野陽太郎(日本鋼管㈱)

岩田 誠二(㈱日本建材産業協会)

原田 紘一(日本エコラップ㈱)

鞠谷 雄士(東京工業大学)

一ノ瀬 昇(早稲田大学)

友弘 一郎(千葉工業大学)

木島 駿(旭硝子㈱)

若槻 築(田岡化学工業㈱)

磯貝 明(東京大学)

宮山 勝(東京大学)

## 1 章 総 論 1135

## 2 章 大量使用資源の利用形態と流れ 1137

2・1 鉄 1137

2・2 アルミニウム 1146

2・3 銅 1158

2・4 セメント・石こう 1165

2・5 ガ ラ ス 1170

2・6 プラスチックス 1174

2・7 ゴム・アスファルト 1181

2・8 繊維(天然，化学) 1186

2・9 紙 1190

参 考 文 献 1192

## 3 章 資源の機能的利用技術 1194

3・1 高温・構造材料 1194

3・2 電 子 材 料 1205

3・3 エネルギー変換材料 1217

3・4 触 媒 1226

参 考 文 献 1231



# 4編 問題と対策

編主任：若松貴英(名城大学) 西山孝(京都大学)  
執筆者：漆川芳國(資源環境技術総合研究所) 井清武弘(資源環境技術総合研究所) 田森行男(資源環境技術総合研究所)  
関重承(三井物産㈱) 大和田秀二(早稲田大学) 正路徹也(東京大学)  
白井朗(地質調査所) 古宇田亮一(地質調査所) 不破章雄(早稲田大学)  
梅津良昭(東北大学) 松橋隆治(東京大学)

## 1章 環境保全 ————— 1237

- 1・1 土壌・地下水汚染 1237
- 1・2 水質汚濁 1241
- 1・3 騒音 1244
- 1・4 粉じん 1249
- 参考文献 1255

## 2章 安定供給 ————— 1256

- 2・1 消費量 1256
- 2・2 埋蔵量と鉱量枯渇 1258
- 2・3 地質学的可能埋蔵量 1259
- 2・4 資源の偏在とナショナルセキュリティ 1259
- 2・5 供給不安に対する対応策 1261
- 参考文献 1262

## 3章 リサイクリング ————— 1263

- 3・1 リサイクリングの現状 1263
- 3・2 資源リサイクリングと環境調和 1267
- 3・3 リサイクルループの最小化 1268
- 3・4 最適のリサイクル率 1269
- 3・5 マテリアルリサイクルとエネルギーリサイクル 1269
- 3・6 今後の課題 1270
- 参考文献 1272

## 4章 国際覇権と紛争 ————— 1273

- 4・1 アフリカにおける資源の争奪 1274
- 4・2 中南米における資源の争奪 1275
- 4・3 第一次世界大戦 1277
- 4・4 第二次世界大戦(ヨーロッパ) 1279

4・5 第二次世界大戦（日本） 1280

参考文献 1281

**5章 未来資源** \_\_\_\_\_ 1282

5・1 海洋資源 1282

5・2 地球外資源 1292

参考文献 1297

**6章 新しい製錬技術** \_\_\_\_\_ 1299

6・1 乾式製錬法 1299

6・2 湿式製錬法 1305

参考文献 1313

**7章 資源供給のシステム解析** \_\_\_\_\_ 1315

7・1 非エネルギー資源の資源量と持続可能性 1315

7・2 非エネルギー資源の需給システム分析 1318

7・3 鉱物資源の資源量とエネルギー必要量の関係 1318

7・4 鉱物資源のリサイクルについての分析 1320

7・5 資源問題と環境問題を考慮した利用システムの確立へ 1323

参考文献 1323





# 付録 資料

執筆者：若松貴英（名城大学）

西山 孝（京都大学）

## 世界の金属資源 —————1326

- I アルミニウム 1326
- II 銅 1326
- III 鉄 1328
- IV 鉛 1328
- V 亜鉛 1330
- VI 銀 1330
- VII 金 1332
- VIII レアメタル生産量 1334

## 我が国の資源データ —————1336

- I アルミニウム 1336
- II 銅 1338
- III 鉄 1340
- IV 鉛 1342
- V 亜鉛 1344
- VI 銀 1346
- VII 金 1346