

1章 水素エネルギーとは何か

1・1	水素の基本的性質	2
①	水素エネルギーとは	2
②	元素としての水素	4
③	水素の基礎物性	5
1・2	エネルギーキャリアーとしての水素	13
1・3	水素エネルギー導入の意義	18
①	水素エネルギー導入への期待	18
②	水素社会への中間シナリオ	18
③	各種地球温暖化対策における水素の意義	19
④	水素を中間キャリアーとした低中温熱エネルギーの高質化再利用	20
1・4	地球上の物質循環における水素エネルギーの位置づけ	20
1・5	水素エネルギー技術開発の歴史	26
1・6	エネルギー資源と水素	28
①	今後のエネルギー需要は増加する	28
②	化石資源には有限性の議論がある	30
③	地球温暖化への対応	34
④	水素エネルギーによる解決の可能性	36
	Column：水素エネルギー 130 年前の予言	37
	引用・参考文献	38

2章 水素を何からどのようにして作るか

2・1	燃料の改質	40
①	水蒸気改質反応	41
②	部分酸化反応	42
③	自己熱改質反応（オートサーマル）	44
④	CO 変成反応（水性ガスシフト反応）	44
⑤	脱 硫	44
⑥	改質技術の開発動向	44

7	石炭の改質	46
2・2	水の分解	46
1	水の電気分解	48
2	水の熱化学分解法（熱化学水素製造法）	54
3	水の光分解	56
2・3	副生水素の利用	58
1	食塩電解工業における副生水素	58
2	鉄鋼業における副生水素	59
3	既存工業における水素製造設備の余力を活用した水素供給可能性	60
4	副生水素とエネルギーシステム	61
2・4	バイオマスの利用	61
1	熱化学的ガス化法	62
2	生物的水素生産法	65
	Column：バクテリア	69
2・5	水素の精製	70
1	吸収法	70
2	深冷分離法	71
3	吸着剤による水素精製（PSA）	71
4	膜分離による水素精製	72
5	メンブレンリアクターへの展開	75
	引用・参考文献	76

3章 水素をどうやって貯蔵・輸送するか

3・1	水素の物性と水素輸送・貯蔵技術	80
3・2	圧縮ガスによる水素輸送・貯蔵技術	81
1	水素の圧縮因子	81
2	圧縮ガス容器の構造	82
3	圧縮ガス容器の課題	83
4	圧縮ガス容器の用途開発	84
5	規制緩和への取組み	85
3・3	液化水素による水素輸送・貯蔵	86
1	液化水素について	86
2	液化水素の製造	86

3	オルト・パラ変換	88
4	液化水素貯蔵容器	89
5	液化水素による水素貯蔵・輸送の課題	91
3・4	水素貯蔵材料による水素輸送・貯蔵	91
1	水素貯蔵材料の特徴	91
2	水素貯蔵材料の分類	92
3	水素吸蔵合金（合金系水素貯蔵材料）	94
	Column：ニッケル水素電池	96
4	無機系水素貯蔵材料	101
5	高比表面積材料	106
6	有機ハイドライド	107
3・5	水素配送システム	109
1	はじめに	109
2	水素製造原料の形での配送	110
3	圧縮水素による配送	111
4	液化水素による配送	112
5	水素キャリアーによる配送	113
6	パイプラインによる配送	115
	引用・参考文献	115

4章 水素を何に利用するか

4・1	燃料電池技術	118
1	燃料電池の基本的原理	119
2	燃料電池の種類と用途	120
3	燃料電池の特徴	120
4	燃料電池のシステム構成	122
5	燃料電池のコスト	124
4・2	燃料電池自動車	125
1	燃料電池自動車のメリット	125
2	燃料電池による自動車用ハイブリッド電源システム	126
3	燃料電池自動車の開発経過	126
4	燃料電池自動車の開発現状	127
5	燃料電池バスの開発状況	130

4・3	家庭用燃料電池	131
1	家庭用燃料電池のメリット	132
2	家庭用燃料電池の仕様とシステム	132
3	家庭用燃料電池の開発状況	133
4	家庭用燃料電池の課題	134
5	将来の家庭用燃料電池と普及への期待	134
4・4	業務用燃料電池	135
1	業務用燃料電池のメリット	135
2	業務用燃料電池の種類と仕様	136
3	業務用燃料電池の開発経過と利用状況	137
4	業務用燃料電池への期待	137
4・5	船舶、鉄道、航空機、民生用機器	138
1	船舶、鉄道、航空機、民生用機器への水素・燃料電池利用の メリット	139
2	船舶用システムと開発状況	139
3	燃料電池鉄道車両のシステムと開発状況	141
4	航空機での水素の利用	141
Column：水素と飛行船ヒンデンプルグ号の火災事故の真相		
5	民生用機器（燃料電池応用小型移動体）	143
4・6	水素エンジン自動車	144
1	水素エンジン技術	145
2	BMWにおける水素エンジン車の開発状況	147
3	マツダにおける水素エンジン車の開発状況	148
4	欧米における水素エンジン車導入の動向	150
5	水素エンジン自動車の展望	150
4・7	大容量水素エンジンシステム（水素ディーゼルエンジン）	151
1	水素/空気オープンサイクルディーゼルエンジン	152
2	水素/酸素クローズドサイクルディーゼルエンジン	152
4・8	水素燃焼タービン	153
1	水素/空気燃焼タービン	153
2	水素/酸素燃焼タービン	154
3	水素/空気燃焼タービン発電所建設計画	155
引用・参考文献		
		157

5章 水素ステーション

5・1	水素ステーション	160
1	水素ステーションの基本システム	160
2	燃料改質型ステーション	162
3	水電解型ステーション	167
4	圧縮水素貯蔵型ステーション	169
5	液体水素貯蔵型ステーション	171
6	水素パイプライン利用型ステーション	172
7	水素ステーションの高圧設備機器	173
8	わが国のJHFC燃料電池車/水素ステーション 実証試験プロジェクト	177
9	商業用ステーション	180
10	移動式水素ステーション	182
11	水素ステーションの設備能力と標準化	183
12	水素ステーションの安全対策	183
13	水素ステーションの設置に関わる法令	184
5・2	自動車用水素インフラの構築	185
5・3	大規模水素インフラの構築	186
1	水素所要量	186
2	大規模インフラ技術と水素利用技術	186
3	大規模インフラの水素源	187
5・4	水素エネルギーの市場導入への課題	188
引用・参考文献		
		190

6章 水素の安全を支える技術

6・1	水素検出技術	192
1	濃度計測原理の分類	192
2	濃度変動計測	195
3	可視化	196
6・2	水素の安全性	197
1	水素の安全に関わる基本特性	197
2	代表的な燃焼・爆発特性	203
3	水素の拡散特性	209

4	安全対策	211
6・3	水素材料の安全性評価	212
1	候補材料	213
2	溶接法	214
3	今後の研究動向	215
6・4	水素エネルギーシステムの安全性	216
1	水素を取り扱う設備・装置の安全性	217
2	水素エネルギーシステムの安全確保における課題	218
3	水素エネルギーシステムのリスクマネジメント	218
	引用・参考文献	220

7章 水素エネルギーシステム実現への筋道

7・1	わが国ならびに各国の水素導入シナリオ	224
1	わが国の水素導入シナリオ	224
2	アメリカの水素導入シナリオ	229
3	EUの水素導入シナリオ	235
4	日本，アメリカ，EUの水素エネルギー導入戦略の比較	238
	Column：物質・材料生産プロセスへの水素の利用は1000年前中国に 始まる	240
7・2	水素エネルギー技術開発・実証プロジェクトの現状	241
1	わが国における水素エネルギー技術開発・実証プロジェクト の現状	241
2	アメリカにおける水素エネルギー技術開発・実証プロジェクト の現状	244
3	EUにおける水素エネルギー技術開発・実証プロジェクトの現状	246
	引用・参考文献	251

付録	水素の歴史	253
索引		257