

目次

【第 I 編 プラズマ生成技術と機器開発】

第 1 章 大気圧グロー放電プラズマの開発の経過 岡崎幸子

1 大気圧グロー放電のはじまり	1	電	5
2 大気圧グロープラズマへの研究者の反応	2	5 大気圧グロープラズマの評価とその機構	
3 大気圧グロープラズマの実用上の欠点と利点	4	研究 その 2 : 金属細線網電極によるグロー放電プラズマ	5
4 大気圧グロープラズマの評価とその機構		6 大気圧グロープラズマによる全ての分野	
研究 その 1 : ヘリウムガスのグロー放	7	研究との融合効果	7
		7 結語	8

第 2 章 非平衡プラズマの種類と発生法 小駒益弘

1 熱平衡とプラズマ	10	6 非平衡プラズマ発生装置	16
2 放電場の粒子温度	10	6.1 パックトベッド (Packed bed) 放	
3 大気圧における非平衡プラズマとその発生法	11	電管	16
4 大気圧におけるストリーマ放電とグロー放電	12	6.2 パルスパワー (Pulse power) を用	
5 コロナ放電	15	いたグロー状放電	16
		6.3 ホローカソード (Hollow cathode)	
		を用いた放電	17

第 3 章 熱プラズマの種類と発生方法 渡辺隆行

1 熱プラズマの特徴	19	3.1 直流アーク放電	22
2 熱プラズマの非平衡性	20	3.2 多相交流アーク放電	24
2.1 反応非平衡状態	20	3.3 誘導結合型熱プラズマ	25
2.2 熱的非平衡状態	21	3.4 ハイブリッドプラズマ	26
3 熱プラズマの発生方法	22	3.5 マイクロ波加熱プラズマ	27

第4章 マイクロプラズマの生成と特性 酒井 道

1 はじめに	29	32
2 マイクロプラズマ中の非平衡性と内部パラメータの概要	30	33
2.1 マイクロプラズマ中の非平衡性	30	37
2.2 マイクロプラズマの内部パラメータ	30	39
3 マイクロプラズマ生成法と特徴	33	
4 マイクロプラズマにおけるパッシェン曲線からの逸脱性	37	
5 おわりに	39	

第5章 大気圧プラズマの熱流体連成解析 崎山幸紀, 佐藤岳彦

1 はじめに	41	44
2 プラズマ流体モデル	41	45
3 熱流体連成解析	44	
4 おわりに	45	

第6章 大気圧プラズマの分光計測 赤塚 洋

1 はじめに	47	51
2 電子温度計測	47	52
2.1 臨界電子密度の決定法	48	53
2.2 低電子密度の場合	48	54
2.3 高電子密度の場合	49	
3 電子密度計測	51	
4 回転温度近似によるガス温度計測	52	
4.1 窒素プラズマ中の窒素分子	53	
4.2 酸素プラズマ中のOHラジカル	54	

第7章 さまざまな大気圧プラズマ源 宮原秀一, 鍋木結貴, 沖野晃俊

1 はじめに	56	58
2 おもな大気圧プラズマの生成法	57	
2.1 電極を用いたグロー放電プラズマ	57	
2.2 電極を用いたバリエータ放電プラズマ	57	
2.3 大気圧マイクロ波単極放電プラズマジェット	58	
2.4 電極を用いたアーク放電プラズマ	58	
2.5 電極を用いない高周波誘導プラズマ	58	
3 種々の新しい大気圧プラズマ源	58	
3.1 プラズマニードル	59	
3.2 マイクロプラズマジェット (プラズマバレット)	59	
3.3 ジェット型マルチガスダメージフリープラズマ®	60	
3.4 マルチガス誘導結合プラズマ	60	
3.5 大気圧グロープラズマ	61	
3.6 大気圧マイクロホロカソード放電プラズマ	62	
3.7 大気圧コロナプラズマ (グライディンクアークプラズマ)	63	

3.8 浮遊電極型誘電体バリア放電	64	66
3.9 マイクロ波アルゴンプラズマ	64	67
3.10 高出力マイクロ波誘導プラズマ	65	
3.11 水プラズマ	66	
4 おわりに	67	

第8章 パルスパワーを用いた大気圧プラズマ生成 秋山秀典

1 まえがき	70	72
2 パルスパワー電源	70	74
3 パルスパワー生成大気圧プラズマの特徴		
4 あとがき		74

【第II編 表面処理・材料プロセス】

第1章 親水化・撥水化処理 湯浅基和

1 FPD分野での利用	75	78
1.1 基板洗浄ユニット	75	78
1.2 インクジェット工法向け撥水化処理	76	80
2 樹脂フィルム処理での利用	78	
2.1 フィルム親水化処理	78	
2.2 モノマープラズマ処理	80	

第2章 薄膜Si太陽電池開発に向けたプラズマCVD技術

垣内弘章, 大参宏昌, 安武 潔

1 はじめに	83	87
2 VHF励起大気圧プラズマを用いた機能薄膜形成の概念	84	88
3 大気圧プラズマ発生用電極	85	89
4 Siの結晶化度制御と太陽電池特性	87	90
4.1 Si薄膜の結晶化度のH ₂ /SiH ₄ 比依存性	87	
4.2 a-Si:H太陽電池の特性	88	
4.3 μc-Si:H太陽電池の特性	89	
5 おわりに	90	

第3章 熱プラズマジェットを用いた超急速熱処理と半導体プロセス応用 東 清一郎

1 まえがき	92	94
2 熱プラズマジェット (TPJ) を用いた超急速熱処理実験	92	94
2.1 TPJの高パワー密度化	93	94
3 μ-TPJによる超急速熱処理と半導体プロセス応用	94	
3.1 極浅接合 (USJ) 中の不純物活性化	94	

3.2 アモルファスシリコン (a-Si) 膜の 高速横方向結晶化	94	3.4 ガラス基板への適用	97
3.3 TFT 作製プロセスへの応用	95	4 むすび	98

第4章 プラズマ発生装置の小型化と表面プロセス応用 一木隆範

1 はじめに	99	3.2 SiO ₂ エッチング	102
2 大気圧プラズマジェット発生装置の小型 化	100	3.3 ポリマー表面の親水化処理, 金属酸 化表面の還元処理	103
3 プロセスへの応用	101	4 おわりに	104
3.1 Si エッチング	101		

【第Ⅲ編 分析・環境応用】

第1章 オゾンの生成と環境への応用 葛本昌樹

1 はじめに	107	4 環境への応用	113
2 オゾン生成の基礎反応	107	4.1 水処理	113
3 無声放電によるオゾンの生成	108	4.2 ガス処理	114
3.1 電極構造	108	4.3 パルプ漂白	114
3.2 無声放電の基本特性	109		
3.3 オゾン発生特性	110		

第2章 自動車の排出ガス処理 金 允護

1 はじめに	115	120
2 プラズマ反応器の基本構造と新規反応器 の特徴	117	4 運転状況に応じた電源制御システムの構 築	121
2.1 電極	118	5 JC08 モードにおけるプラズマ反応器の PM 除去特性	122
2.2 誘電体	119	6 おわりに	125
2.3 電極間距離	120		
3 モードシミュレーションシステムの構築			

第3章 地球温暖化ガスの分解処理 鎗木結貴, 宮原秀一, 沖野晃俊

1 はじめに	128	4 手術用麻酔ガス分解処理	132
2 大気圧マルチガス熱プラズマ	129	5 二次生成物の発生と低減	134
3 麻酔ガスプラズマの生成と諸特性の測定	130	6 おわりに	135

第4章 気泡内プラズマを用いた水処理 安岡康一

1 大気圧プラズマによる水処理	137	2.1 気泡内プラズマ	139
1.1 水処理技術	137	2.2 酢酸分解	141
1.2 直接プラズマ方式	138	2.3 有機フッ素分解	142
2 気泡内プラズマによる水処理	139	3 まとめ	143

第5章 アーク放電による廃棄物処理 岩尾 徹, 渡辺隆行, 天川正士

1 はじめに	144	6 アスベストの処理	147
2 アーク放電による廃棄物処理の特長 ..	144	7 医療廃棄物の処理	148
3 都市ごみ焼却灰の熔融処理	145	8 真空アークによる表面除染	148
4 放射性廃棄物の熔融処理	146	9 その他の処理技術	149
5 PCB (ポリ塩化ビフェニル) の処理 ..	147	10 まとめ	149

第6章 水蒸気プラズマによる廃棄物処理 渡辺隆行

1 水蒸気プラズマの特徴	153	5 水蒸気プラズマによるハロンの分解 ..	157
2 直流放電による水蒸気プラズマ	153	6 水蒸気プラズマによる有機系廃棄物の分 解	158
3 高周波放電による水蒸気プラズマ	154	7 水蒸気プラズマによる排水処理	159
4 水蒸気プラズマによるフロン類の分解	154	8 まとめ	160

第7章 プラズマを用いた微量元素分析 (ICP-AES 及び ICP-MS)

藤森英治

1 はじめに	161	3 ICP-AES 装置の構成	161
2 励起・イオン源としての ICP の特徴 ..	161	3.1 試料導入部	162

3.2 分光測光部	162	7.2 分離・濃縮法	168
4 ICP-MS 装置の構成	163	8 定量分析法	169
5 ICP-AES 及び ICP-MS の特徴	164	8.1 絶対検量線法	169
6 ICP-AES 及び ICP-MS における干渉	165	8.2 内標準法	169
6.1 ICP-AES における干渉とその対策	165	8.3 標準添加法	169
6.2 ICP-MS における干渉とその対策	166	8.4 同位体希釈法	169
7 試料の前処理法	167	9 ICP-AES 及び ICP-MS の応用例	170
7.1 分解方法	167	9.1 環境試料の多元素分析	170
		9.2 ICP-MS による廃基板試料の多元素分析	170
		10 おわりに	173

【第IV編 化学・有機合成プロセス】

第1章 大気圧プラズマによる天然ガス高度利用技術 野崎智洋

1 はじめに	175	4.3 直接ルートによる合成ガス製造	179
2 メタンの改質	176	4.4 メタン転換率と液体選択率	181
2.1 メタンからメタノール直接合成：夢の触媒反応	176	5 反応メカニズム	182
2.2 従来のメタン改質：間接合成法	176	5.1 DBD と液体の相互作用	182
3 マイクロプラズマを用いたメタンからメタノールの直接合成	177	5.2 メタン低温酸化のメカニズム	183
4 結果と考察	178	5.3 CHEMKIN による気相反応モデル	184
4.1 反応温度とメタノール選択率	178	5.4 発光分光分析	186
4.2 液相における有機物の酸化	179	6 おわりに	188

第2章 低エネルギー放電を使った燃料転換 関根 泰

1 はじめに	191	3.2 AC/DC 放電 (RF プラズマ・グロー放電・コロナ放電) の利用	193
2 どういったプロセスが考えられるか	191	3.3 DBD の利用	194
3 これまでの研究例	192	3.4 我々の結果の一例	194
3.1 グリッドアーク型非平衡放電の利用	193	4 今後の展開	196

第3章 プラズマ支援燃焼 滝田謙一

1 はじめに	198	4 パルス周波数と印加時間が着火・燃焼促進効果に及ぼす影響	201
2 プラズマによる着火・燃焼促進のメカニズム	198	4.1 解析手法	201
3 低温プラズマによる着火・燃焼促進技術	200	4.2 計算結果	202

第4章 大気圧マイクロ波プラズマ法による植物性バイオマスの転換

尾上 薫, 福岡大輔

1 はじめに	205	ルロス残渣中の固相ラジカルの生成特性	208
2 マイクロ波照射場を利用した植物性バイオマスの転換法の特徴	206	3.1 どのように試料にマイクロ波を照射するか	208
2.1 植物性バイオマスの特徴とその転換体系	206	3.2 マイクロ波加熱からプラズマ状態への移行ポイントとは	209
2.2 大気圧マイクロ波照射反応場を用いた植物性バイオマスの固相ラジカル化	207	3.3 固相ラジカルはどのように生成するのか	209
3 大気圧マイクロ波照射反応場を用いたセ	210	4 おわりに	210

第5章 新しい材料合成反応場としてのソリューションプラズマ

上野智永, 稗田純子, 是津信行, 齋藤永宏

1 ソリューションプラズマ	212	3 ソリューションプラズマによる逆ミセル法を用いた金微粒子の合成	217
2 ソリューションプラズマによる微粒子の合成とメカニズム	213	4 おわりに	219

第6章 先進材料プロセスにおけるガス温度制御型プラズマ

ークライオプラズマを例として 宗岡 均, 寺嶋和夫

1 大気圧プラズマプロセスと熱	220	要性	222
2 「ガス (中性粒子) 温度」制御の意義・方法	222	2.2 ガス温度制御が必要となる応用例	222
2.1 熱力学的パラメータと温度制御の必	223	2.3 ガス温度制御の方法	223

3	ガス温度を制御したプラズマの例—クラ イオプラズマ	224	4.1	ナノポーラス材料への適用	225
4	ガス温度制御型プラズマを用いたプロセ ス	225	4.2	生体材料への適用	227
			5	今後の展望	228

【第V編 医療・バイオ応用】

第1章 プラズマ滅菌 永津雅章

1	はじめに	229	3.1	各種大気圧プラズマ	232
2	各種滅菌法	230	3.2	大気圧プラズマを用いた包装容器内 部の低温プラズマ滅菌技術	234
	2.1 滅菌	230	4	おわりに	236
	2.2 滅菌法の比較	231			
3	大気圧プラズマ滅菌の研究動向	232			

第2章 プラズマ医療のための大気圧低温プラズマを用いた液体の 効果的殺菌技術 北野勝久, 井川 聡, 谷 篤史

1	はじめに	239	4	低pH法による液体のプラズマ殺菌	242
2	大気圧低温プラズマを用いた液体に対す るプラズマプロセス	240	5	液相中・気相中における活性種の診断	245
3	LF マイクロプラズマジェット	241	6	おわりに	246

第3章 生体組織・細胞の活性化 平田孝道

1	はじめに	248		活化	250
2	滅菌・殺菌による治療効果の向上	248	3.3	ナノ秒パルス高電界による創傷治療	250
3	電磁界に起因した細胞内・外に存在する 成長因子の活性化	249	4	プラズマにより発生した活性物質による 成長因子の活性化	250
	3.1 パルス高電界による癌治療	250			
	3.2 ナノ秒パルス高電界によるガンの不				

第4章 大気圧プラズマによる生体適合性表面の設計 長崎幸夫

1	はじめに	253	2	LF プラズマによる反応設計	253
---	------	-----	---	----------------	-----

3	LF プラズマ感受性表面処理剤の設計	254		層の形成	257
4	PCM のプラズマコーティング	255	5.2	LF プラズマ処理した各種 PP 基板 上におけるタンパク質吸着挙動	257
5	細胞接触表面の設計	256	5.3	LF プラズマ処理した各種 PP 基板 上における細胞接着挙動	258
	5.1 PP 基板上にコートした反応性ポリ マーの LF プラズマ処理による PEG		6	おわりに	259

第5章 高電圧・パルスパワーの農学的応用 高木浩一

1	はじめに	260	4	高電圧の植物成長促進への活用	264
2	電気刺激でのキノコ増産	260	5	高電圧の食品保存や成分抽出への活用	265
3	高電圧による植物の発芽の促進および抑 制	263			