

目 次

第1章 応用微生物学とは	1
1. 微生物学の歴史と応用微生物学..... (大西康夫) ...	1
1) 微生物の発見.....	1
2) 微生物機能の発見と応用微生物学.....	1
3) 微生物の多様性に基づいた微生物機能の多様性.....	3
4) 微生物生態学と応用微生物学の新展開.....	4
2. 応用微生物学の実学としての広がり..... (小川 順) ...	4
第2章 微生物機能を利用する産業	7
1. 発酵産業..... (原 吉彦) ...	7
1) 発酵の定義と発酵食品および発酵産業.....	7
2) 発酵産業発展の経緯.....	8
2. 微生物変換..... (上田 誠) ...	13
1) 微生物変換とは.....	13
2) 微生物変換の特徴.....	14
3) 酵素の発見とバイオコンバージョンの産業利用.....	14
4) バイオコンバージョンの発展.....	15
5) カスケード反応と近年の工業化例.....	17
3. 新たな発酵産業に向けた課題と今後の展開..... (中川 智) ...	18
1) これまでの合成生物学の取組み.....	19
2) バイオものづくりの社会実装に向けた課題.....	20
3) バイオものづくりの社会実装を推進する取組み.....	22
4) バイオものづくりの社会実装の加速に向けて.....	24
5) 結 言.....	24
第3章 微生物の分類および形態 (大熊盛也) ...	27
1. 微生物の分類.....	27
1) 微生物の分類学上の位置.....	27
2) 微生物の分類と同定.....	28
3) 系統分類学.....	31

4) 化学分類学	33
5) 細菌	35
6) 放線菌	37
7) アーキア	39
8) 真菌	40
9) 酵母	43
10) 藻類	45
11) 真菌および藻類以外の真核微生物	46
12) バクテリオファージ	46
13) 微生物の保存	47
2. 微生物細胞の構造および機能	48
1) 原核細胞と真核細胞の違い	48
2) 原核細胞の構造と機能	49
3) 真核微生物の細胞構造と機能	50
4) バクテリオファージ	54
第4章 微生物の生態および生理	57
1. 微生物の生態	57
1) 自然界の微生物 (尾仲宏康)	57
2) 物質循環と微生物 (和田 大)	61
3) 生物圏の微生物生態	65
(1) 微生物間相互作用 (尾花 望)	65
(2) 植物と微生物 (浅川 晋)	68
(3) 動物およびヒトと微生物 (井上 亮)	70
2. 微生物の生理 (本田孝祐・長森英二・小西正朗)	72
1) 微生物の栄養	72
2) 微生物の培養	76
第5章 微生物の代謝	85
1. 代謝と化学エネルギー (河井重幸)	86
1) 代謝における ATP の役割	86
2) 生体内の酸化還元反応を仲介する低分子化合物	86
2. 発 酵	88
1) 解糖系によるエタノール発酵と乳酸発酵 (田中 勉)	88
2) 解糖系による種々の発酵 (田中 勉)	91
3) エントナー・ドウドロフ経路によるエタノール発酵 (田中 勉)	93

4) ペントースリン酸経路	(栗原達夫)	94
5) ホスホケトラーゼ経路によるヘテロ乳酸発酵	(栗原達夫)	95
6) Stickland 反応	(栗原達夫)	96
3. 好気呼吸と有機炭素の酸化的代謝	(原 清敬)	98
1) TCA 回路		99
2) 電子伝達系(呼吸鎖)		101
3) 酸化的リン酸化		103
4) 種々の有機化合物の異化		104
4. 嫌気呼吸	(新井博之)	106
1) 硝酸呼吸		107
2) 硫酸呼吸		108
3) メタン生成		108
4) その他の呼吸		109
5. 無機物を電気供与体とする呼吸	(新井博之)	110
1) 硝化細菌		110
2) 硫酸酸化細菌		111
3) 鉄細菌		112
4) 水素細菌		112
6. 光合成と独立栄養的二酸化炭素固定	(小山内崇)	113
1) 微生物における光合成の型		113
2) 独立栄養的二酸化炭素固定経路		115
7. 無機窒素の同化	(高谷直樹)	119
1) アンモニアの同化		119
2) 硝酸の同化		120
3) 窒素固定		121
4) 無機硫黄の同化		121
8. 生体主要成分の生合成		122
1) アミノ酸	(新谷尚弘・戸部隆太)	122
2) 核 酸	(佐藤喬章)	127
3) 脂質, テルペノイド	(岩崎雄吾)	131
9. 二次代謝	(荒川賢治)	133
1) ポリケチド合成		133
2) 非リボソーマルペプチド合成		137
10. 代謝制御	(吉田彩子)	138
1) 酵素生産量の調節		138
2) 酵素活性の調節		140

第6章 微生物の遺伝および育種	143
1. 微生物の遺伝学..... (丸山潤一・堀内裕之)	143
1) 遺伝子の構造と発現.....	143
2) 微生物における遺伝子発現の制御機構.....	145
3) 微生物のゲノムと逆遺伝学.....	147
4) トランスポゾン.....	148
5) CRISPR とゲノム編集への利用	149
6) 原核微生物の遺伝学.....	150
7) 真核微生物の遺伝学.....	153
2. 遺伝子工学..... (橋本義輝)	155
1) 遺伝子工学のための酵素と利用法.....	155
2) 遺伝子のクローニングと PCR	157
3) 遺伝子工学のための宿主とベクター系.....	160
3. 微生物のスクリーニングと育種..... (中川智行)	160
1) 有用微生物のスクリーニング.....	161
2) 有用微生物の育種.....	163
4. 微生物の設計..... (黒田浩一)	167
1) 合成生物学.....	168
2) 細胞内局在と集積化.....	168
3) 宿主細胞の強化.....	169
4) 細胞設計・育種を加速させる新たな技術.....	169
5. 組換えタンパク質の生産..... (牧野伸一)	170
1) タンパク質生産のための遺伝子発現系.....	170
2) タンパク質精製.....	171
3) タンパク質改変技術.....	172
第7章 物質生産	175
1. 発酵生産.....	175
1) アルコール, 溶媒..... (田代幸寛・小林元太)	175
2) 有機酸..... (田代幸寛・小林元太)	182
3) アミノ酸..... (川崎 寿・横田 篤)	188
4) 核 酸..... (清水 昌・川崎 寿)	202
5) 脂肪酸, テルペノイド, ステロイド..... (櫻谷英治)	213
6) 生理活性物質..... (上田賢志)	216
2. バイオコンバージョン.....	227
1) 酵素合成..... (米田英伸)	227

2) 微生物変換	231
(1) 微生物変換の概念と全細胞触媒の利用	(満倉浩一) …231
(2) ニトリル変換酵素の応用	(満倉浩一) …232
(3) 補基質供給系との共役	(満倉浩一) …233
(4) 生体触媒カスケード	(満倉浩一) …234
(5) ステロイド類の微生物変換	(櫻谷英治) …236
3. 酵素利用技術	238
1) 産業用酵素	(石原 聡) …238
2) センサー	(辻村清也) …241
4. 醸造・発酵食品	246
1) 食品加工	(片山高嶺) …246
2) 醸造食品	(小柳 喬) …250
3) 発酵食品	(小柳 喬) …258
第8章 物質循環	263
1. 排水および廃棄物の微生物処理	263
1) 活性汚泥	(野村暢彦) …263
2) 生物学的窒素除去法1(硝化脱窒法)	(安藤晃規) …265
3) 生物学的窒素除去法2(アナモックス法)	(安藤晃規) …266
4) メタン発酵	(中島田豊) …267
5) 脱リン	(黒田章夫・廣田隆一) …269
2. バイオレメディエーション	(野尻秀昭) …271
1) 化学物質による環境汚染	…272
2) 環境汚染物質の微生物代謝	…274
3) 環境修復への微生物機能の利用	…276
3. 金属と微生物	(黒田浩一) …277
1) 生体内での金属の役割	…277
2) レアメタル	…278
3) 微生物による金属吸着・回収	…279
4. 生態系の維持	(黒田浩一) …280
第9章 生態学的応用	283
1. プロバイオティクス, プレバイオティクス	(吹谷 智) …283
1) 腸内細菌叢と宿主の健康	…283
2) プロバイオティクス	…285
3) プレバイオティクス	…285

4) 腸内細菌およびプロバイオティクスの機能解明	287
2. 組換え乳酸菌, ビフィズス菌によるワクチンおよびドラッグデリバリー	
..... (梶川揚申)	288
1) 経口ワクチン	289
2) 炎症性腸疾患治療	290
3) がん治療	290
3. 微生物農薬	(篠原 信) 291
1) 病原菌に対する微生物農薬	291
2) 害虫に対する微生物農薬	292
3) 雑草に対する微生物農薬	292
4) 土壌病害対策	292
5) ワクチン様微生物農薬	293
6) 耕種の防除	293
4. 作物生産	(篠原 信) 294
1) 微生物の共生を利用した作物生産	294
2) 堆 肥	295
3) 土壌化 (solization)	295
第 10 章 循環型未来社会への取組み	297
1. CO ₂ 資源化	(亀谷将史) 297
1) バイオマス変換によるバイオ燃料生産	298
2) 光合成生物による CO ₂ の直接利用	298
3) CO ₂ 固定を行うために必要な代謝機能	299
4) 化学合成無機栄養生物による CO ₂ 固定	300
5) 今後の展望	300
2. ガス発酵	(中島田豊) 300
1) 水素酸化細菌によるガス発酵	300
2) 嫌気性酢酸生成菌によるガス発酵	302
3) メタン生成菌によるガス発酵	304
4) ガスを原料として生育させた微生物菌体の利用	305
3. C ₁ 化合物の利用と C ₁ 微生物	(中川智行) 305
1) 自然界における C ₁ 微生物の位置づけ	306
2) C ₁ 微生物の C ₁ 代謝経路	307
3) C ₁ 微生物による C ₁ 化合物からの物質生産	310
4. 微生物電気化学技術	(高妻篤史) 311
1) 電気活性微生物と微生物電気化学技術	311

2) 発電菌の利用技術（微生物燃料電池と微生物電解セル）	312
3) 電気合成菌の利用技術（微生物電気合成）	313
4) 電極を利用した発酵促進技術（電気制御発酵）	314
5) 今後の展望	315
5. 光エネルギー利用	（小山内崇） 315
1) 光エネルギー利用と光子束密度問題	315
2) 変換効率	316
3) 光合成による光エネルギーの変換効率	317
6. バイオ燃料	（蓮沼誠久） 318
1) バイオエタノール	318
2) 遺伝子組換え酵母を用いたバイオエタノール生産プロセスの効率化	321
3) バイオディーゼル	322
7. バイオサーファクタント	（森田友岳） 323
1) バイオサーファクタントの種類と構造	324
2) バイオサーファクタントの機能と応用	326
8. バイオプラスチック	（松本謙一郎） 327
1) バイオプラスチックとは	327
2) 微生物産生ポリエステル PHA	328
3) PHA の合成機構	329
4) PHA の物性	330
5) 非天然型 PHA の生合成	330
6) さまざまな宿主を利用した PHA 生産	331
9. 微生物による代替食料生産	（坂元雄二） 331
1) 伝統的な微生物由来の食料とシングルセルプロテイン（SCP）の試み	332
2) 新たな持続可能な食料生産としての「発酵」の試み	333
3) 微生物による代替食料の普及に向けた課題	335
10. ヒト常在菌関連技術	（河合総一郎・國澤 純） 335
1) ゲノム情報をもとにしたヒト常在菌解析技術	336
2) 質量分析計を利用したプロテオーム解析	337
3) 特異的抗体を利用したヒト常在菌検出技術の開発	337
4) 今後の展望	338
11. マリンバイオテクノロジー	（三浦夏子） 338
1) 海洋環境と海洋生態系	339
2) 海洋微生物の機能とその利用	340
3) 海洋資源の調査, 利用, 保全	342
4) 国際的な動向とわが国における政策	343

5) 今後の展望	344
12. 難培養微生物 (玉木秀幸)	344
1) 難培養微生物とは何か	344
2) 難培養微生物の系統学的な多様性	345
3) 難培養微生物の分離・培養技術	345
4) 培養により明らかになった難培養微生物の多彩な新生物機能	346
5) バイオものづくりへの難培養微生物の利活用に向けて	347
13. ゲノム情報利用 (春田 伸)	348
1) 環境からの新規機能遺伝子の発掘	349
2) 既知微生物からの未同定生理機能の発見	350
3) 未培養微生物のゲノム情報解読	350
4) 微生物群集の特徴づけ	350
5) 細胞外 DNA の検出	352
6) 人工ゲノム微生物の作製	352
7) 今後の展望	352
参考図書	353
索引	355