

建設省総合技術開発プロジェクト

バイオテクノロジーを活用した
新排水処理システムの開発
報告書（下水道編）

平成3年2月

建設省

バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発（下水道編）

報告書目次

第1章 研究開発の背景	1
1.1 わが国の下水道事業の現状	3
1.2 わが国の下水処理技術の課題	3
(1) 省エネルギー・低コスト化	4
(2) 省スペース化	5
(3) 処理水質の向上	5
(4) 下水処理からの有価資源の回収	5
(5) 汚泥の処分・有効利用	5
(6) 維持管理の簡易化	7
1.3 先端技術活用懇談会の論議	7
(1) 建設分野におけるバイオテクノロジーの活用	7
(2) 排水処理への活用	8
(3) 環境汚染監視への活用	9
(4) バイオテクノロジーの主要技術と相互関連	10
第2章 研究開発の目標及び研究開発課題	13
第3章 開発体制	17
第4章 研究開発のまとめと今後の課題	23
4.1 排水処理に係る微生物に関する研究	25
4.2 遺伝学的手法による改良微生物の排水処理への適用に関する研究	26
4.3 固定化方法に関する研究	26
4.4 バイオセンサーに関する研究	27
4.5 固液分離に関する研究	28
4.6 下水処理用バイオリアクターに関する研究	29
4.7 汚泥処理用バイオリアクターに関する研究	31
4.8 新下水処理システムに関する研究の開発	32
第5章 排水処理に係わる微生物に関する研究	35
5.1 概要	37
(1) 研究の目的	37
(2) 成果の概要	38
(3) まとめと今後の課題	39

5.2	排水処理に係わる微生物バンクに関する研究	40
(1)	研究の目的	40
(2)	微生物バンクの構成	40
(3)	微生物バンクの排水処理技術への適用	41
(4)	微生物情報バンクデータベース収録基準	42
(5)	微生物情報バンクデータベース	42
(6)	収録菌株の解説	42
(7)	排水処理に係わる微生物バンク活用の手引き	43
5.3	糸状性硫黄酸化細菌 (<i>Beggiatoa</i>) の分離と代謝特性に関する研究	61
(1)	<i>Beggiatoa</i> の細菌学的特性と排水処理における影響	61
(2)	<i>Beggiatoa</i> の分離方法	61
(3)	<i>Beggiatoa</i> の代謝特性	63
(4)	まとめと今後の課題	64
5.4	硫酸塩還元細菌に関する研究	65
(1)	硫酸塩還元細菌の細菌学的特性と排出処理における影響	65
(2)	硫酸塩還元細菌の代謝特性	66
(3)	硫酸塩還元細菌の抑制に関する基礎実験	70
(4)	まとめと今後の課題	72
5.5	汚泥の嫌氣的可溶化に係わる有用微生物の検索に関する研究	73
(1)	研究の目的	73
(2)	可溶化微生物の検索方法	73
(3)	可溶化微生物の検索結果	75
(4)	分離した可溶化優良微生物の活用性	76
(5)	まとめと今後の課題	77
5.6	低温細菌に関する研究	79
(1)	研究の目的	79
(2)	研究方法	80
(3)	増殖速度に及ぼす温度の影響	81
(4)	増殖速度に及ぼすpHの影響	82
(5)	分離株の有機物の資化性	83
5.7	有機塩素化合物分解菌に関する研究	85
(1)	研究の目的	85
(2)	オルトクロロフェノール分解菌に関する研究	85
(3)	オルトクロロ安息香酸分解菌に関する研究	88
(4)	まとめと今後の課題	90

5.8	天然系難分解性物質分解菌の探索	91
(1)	研究の目的	91
(2)	研究方法	91
(3)	分離結果	92
(4)	まとめと今後の課題	93
5.9	凍結乾燥等による活性汚泥の保存と再活性化研究	93
(1)	研究の目的	93
(2)	活性汚泥の凍結乾燥方法の検討	94
(3)	人工下水による処理実験	95
(4)	実下水による処理実験	96
(5)	凍結乾燥汚泥への凝集剤の添加効果	98
(6)	脱水汚泥による処理特性	99
(7)	まとめと今後の課題	101
第6章	遺伝学的手法による改良微生物の排水処理への適用に関する研究	103
6.1	概要	105
(1)	研究の目的	105
(2)	成果の概要	105
6.2	活性汚泥中の細菌からのプラスミドの分離に関する研究	107
(1)	研究の目的	107
(2)	研究方法	107
(3)	実験結果	108
(4)	まとめと今後の課題	109
6.3	改良微生物の安定性に関する研究	109
(1)	まえがき	109
(2)	研究の目的	110
(3)	研究方法	111
(4)	研究結果	115
(5)	考察	123
(6)	まとめと今後の課題	127
6.4	染色体レベルの組換えによる細菌の生理・生態的特性の改良	128
(1)	まえがき	128
(2)	研究の目的	128
(3)	研究方法	128
(4)	研究結果	130
(5)	染色体レベルの組換え体とその生態的特性の長期培養下での安定性	132

(6) まとめと今後の課題.....	133
6.5 遺伝子操作微生物の開放系での利用に関する研究.....	135
(1) 研究の目的.....	135
(2) 遺伝子操作微生物とは.....	135
(3) 排水処理系と遺伝子操作微生物.....	136
(4) 遺伝子操作微生物の安定性.....	136
(5) 排水処理系における遺伝子操作微生物の近似的封じ込め.....	137
(6) まとめと今後の課題.....	139
第7章 固定化方法に関する研究.....	141
7.1 概要.....	141
(1) 研究の目的.....	141
(2) 成果の概要.....	142
(3) まとめと今後の課題.....	142
7.2 包括固定化法.....	142
(1) 研究の目的.....	143
(2) 材料とその特性評価.....	151
(3) まとめと今後の課題.....	153
7.3 結合固定化法.....	153
(1) 研究の目的.....	153
(2) 固定床用材料とその特性評価.....	162
(3) 流動床用材料とその特性評価.....	167
(4) まとめと今後の課題.....	168
7.4 自己固定化法.....	168
(1) 研究の目的.....	169
(2) 自己固定化の条件.....	174
(3) まとめと今後の課題.....	177
第8章 バイオセンサーの開発.....	179
8.1 概要.....	179
(1) 研究の目的.....	179
(2) 成果の概要.....	180
8.2 水質測定機器の現状と課題.....	180
(1) 水質自動測定機器の現状.....	180
(2) バイオセンサー.....	181
(3) アンケートからみた水質測定自動化の現状と課題.....	181
(4) まとめと今後の課題.....	184

8.3	バイオセンサーの開発目標の設定	184
8.4	BODセンサーの開発	185
(1)	BODの迅速測定法の概要	185
(2)	既存BODセンサーの原理と特性評価	186
(3)	BODセンサー用生体反応素子の開発実験	187
(4)	BODセンサーの改良方法	191
(5)	まとめと今後の課題	196
8.5	アンモニアセンサーの開発	198
(1)	研究の目的	198
(2)	微生物電極の開発	198
(3)	アンモニア分析計の試作	199
(4)	フィールド実験	200
(5)	毒物センサーへの応用	201
(6)	まとめと今後の課題	202
8.6	有機酸センサーの開発	202
(1)	研究の目的	202
(2)	微生物電極の開発	203
(3)	測定システムの試作	205
(4)	フィールドテスト	206
(5)	まとめと今後の課題	207
8.7	水質測定用バイオセンサーの今後の展開	208
第9章	固液分離に関する研究	211
9.1	概要	213
(1)	研究の目的	213
(2)	成果の概要	213
(3)	まとめと今後の課題	214
9.2	固液分離技術に関する研究	214
(1)	固液分離技術の現況	214
(2)	バイオリアクター組合せ用固液分離装置の開発目標	215
(3)	凝集と傾斜板沈殿の組合せ技術の適用	215
(4)	ろ過と浮上分離の組合せ技術の適用	217
(5)	浮上ろ材によるろ過処理法	218
(6)	パルス洗浄式ろ過と特殊メディアろ過の組合せ	219
(7)	上向流式沈殿池	220
9.3	生下水中の浮遊物の粒度分布と生分解性に関する研究	223

(1) 研究の目的	223
(2) 粒度分布測定方法	223
(3) 生下水中の浮遊成分の粒度分布特性	224
(4) 生下水中の浮遊成分の粒度と生分解性	225
(5) まとめと今後の課題	225
第10章 下水処理用バイオフィアクターに関する研究	227
10.1 概要	229
(1) 研究の目的	229
(2) 成果の概要	229
(3) まとめと今後の課題	231
10.2 有機物除去用バイオフィアクターに関する研究	232
(1) 研究の目的	232
(2) 好気性固定床リアクター	232
(3) 好気性流動床型リアクター	234
(4) 好気性, 微好気性汚泥床型リアクター	237
(5) 嫌気性固定床型リアクター	239
(6) 嫌気性流動床型リアクター	240
(7) 嫌気性汚泥床型リアクター	241
(8) 嫌気性リアクターと好気性リアクターの組合せ処理	242
(9) まとめと今後の課題	244
10.3 栄養塩類除去用バイオフィアクターに関する研究	244
(1) 研究の目的	244
(2) 固定化方法	244
(3) バイロットプラント実験	246
(4) まとめと今後の課題	255
10.4 多段反転流式バイオフィアクターの開発	256
(1) 研究の目的	256
(2) MRBの原理	256
(3) プロトタイプMRBの設計条件と処理成績	260
(4) バイロットプラント実験	265
(5) まとめ	275
(6) 今後の課題	276
10.5 下水の嫌気性処理水中の硫化物の除去に関する研究	277
(1) 研究の目的	277
(2) 下水中の硫黄濃度	277

(3) 硫化水素の除去方法の種類	278
(4) 好気性生物処理による除去	280
(5) 微好気性生物処理における硫化水素の挙動	283
(6) 嫌気性生物処理における硫化水素の除去	283
(7) まとめと今後の課題	286
10.6 光利用型高度処理システムに関する研究	287
(1) まえがき	287
(2) 研究の目的	287
(3) 研究方法	288
(4) 研究結果	289
(5) まとめと今後の課題	291
10.7 耐水性気体透過膜を用いたバイリアクターに関する研究	292
(1) 研究の目的	292
(2) 清水での酸素供給特性及び空気圧力損失	292
(3) 排水処理への適用	294
(4) 消費エネルギーの算出	296
(5) まとめと今後の課題	298
10.8 難分解性COD除去用バイリアクターに関する研究	298
(1) 研究の目的	298
(2) 結合固定化担体を用いた流動床によるPVA含有人工下水の処理実験	299
(3) 結合固定化担体を用いた流動床によるPVA添加都市下水の処理	303
(4) 二相式反応槽におけるPVA除去実験	304
(5) まとめと今後の課題	306
第11章 汚泥処理用バイリアクターに関する研究	307
11.1 概要	309
(1) 研究の目的	309
(2) 成果の概要	309
(3) まとめと今後の課題	311
11.2 汚泥処理用嫌気性バイリアクターの開発に関する研究	312
(1) 研究の目的	312
(2) 汚泥の可溶化及び微生物の固定化方法の検討	312
(3) 汚泥処理用嫌気性バイリアクターの形式とパイロットプラント実験	315
(4) 実用性の検討	324
(5) まとめと今後の課題	330
11.3 高濃度有機物除去用嫌気性バイリアクターの開発に関する研究	331

(1) 研究の目的	331
(2) 嫌気性バイオリアクター形式の基礎的検討	331
(3) 上向流式ハイブリット法のパイロットプラントによる検証実験	333
(4) 上向流式ハイブリット法の実用性の検討	338
(5) まとめと今後の課題	341
11.4 バクテリアリーチングによる汚泥中の重金属の除去に関する研究	342
(1) 研究の目的	342
(2) バクテリアリーチングによる重金属の除去	342
(3) 液化酵素による重金属の除去	346
(4) まとめと今後の課題	354
11.5 下水汚泥の性状に関する研究	355
(1) 研究の目的	355
(2) 研究の経緯	356
(3) 成分分析の方法	356
(4) 研究の結果	357
(5) まとめと今後の課題	362
11.6 汚泥の無加温メタン酸酵に関する研究	363
(1) 研究の目的	363
(2) 無加温消化の概要と現状	363
(3) 室内消化実験	364
(4) 消化温度と消化機能の関係	365
(5) 無加温消化の適用性	368
(6) まとめと今後の課題	369
第12章 新下水処理システムに関する研究	371
12.1 概要	373
(1) 研究の目的	373
(2) 成果の概要	373
(3) まとめと今後の課題	373
12.2 省エネルギー型下水処理システムに関する研究	373
(1) 研究の目的	373
(2) 提案システム	373
(3) まとめと今後の課題	375
12.3 省面積型下水処理システムに関する研究	375
(1) 研究の目的	375
(2) 比較対象システム	375

(3) 提案システム	376
(4) まとめと今後の課題	377
12.4 窒素除去用下水処理システムに関する研究	378
(1) 研究の目的	378
(2) 比較対象システム	378
(3) 提案システム	378
(4) まとめと今後の課題	380
12.5 エネルギー自立型下水処理システムに関する研究	380
(1) 研究の目的	380
(2) エネルギー自立型下水処理システム	380
(3) エネルギー自立率	381
(4) 消費電力と回収電力の積算	381
(5) エネルギー自立率検討システム	382
(6) エネルギー自立率の検討結果と考察	382
(7) まとめと今後の課題	384
12.6 既存施設改造用下水処理システムに関する研究	384
(1) はじめに	384
(2) 対象施設	385
(3) まとめ	387
12.7 小規模下水用下水処理システムに関する研究	387
(1) 研究の目的	387
(2) 比較対象システム	387
(3) 提案システム	387
(4) まとめ	390
12.8 高濃度有機物除去用システムに関する研究	390
(1) 研究の目的	390
(2) 提案システム	391
(3) まとめと今後の課題	392
12.9 特定物質除去用システムに関する研究	392
(1) 研究の目的	392
(2) 特定物質除去用システム開発のための基礎的検討	392
(3) 包括固定化法によるパラジクロロベンゼンの除去	393
(4) まとめと今後の課題	393
12.10 処理水再利用システムに関する研究	394
(1) 研究の目的	394

(2) 処理水再利用システム.....	394
(3) まとめと今後の課題.....	394
12.11 自己造粒汚泥を利用した新しい下水処理システム	395
(1) 研究の目的.....	395
(2) 自己造粒の機構.....	395
(3) 自己造粒プロセスの特性.....	395
(4) まとめと今後の課題.....	395
委員名簿.....	397
共同研究成果資料.....	401