

水道における紫外線処理設備導入及び維持管理の手引き

令和 3 年（2021 年）4 月

公益財団法人 水道技術研究センター

発刊に際して

厚生労働省は、2019年（令和元年）5月29日付けで「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」の一部改正を行いました。この改正により、紫外線処理の対象が拡大し、地表水を原水としたろ過後の水への紫外線処理が耐塩素性病原生物対策として位置づけられました。

また、最近では UV-LED の技術開発の進展もあり、さらにはクリプトスポリジウム等対策に限定されず、幅広い水分野への紫外線処理技術の一層の適用拡大も考えられるところです。

このような背景のもと、公益財団法人水道技術研究センターでは、令和元年度に水道における紫外線処理技術の適用拡大を主な目的としたプロジェクト（UV-ACE：Ultraviolet Application, Combination and Extension）を立ち上げました。このプロジェクトでは、水道における紫外線処理技術の適用拡大に向けて、地下水のみならず地表水も対象とした紫外線処理設備の導入及び維持管理に関する手引きの作成と、紫外線水処理技術を広く普及することを目的として2020年度末（令和2年度末）までの2年間にわたって活動を行いました。

UV-ACE プロジェクトの1年目の成果として令和2（2020）年3月に作成された「水道における紫外線処理設備導入及び維持管理の手引き～導入編～」は、2009年（平成21年）7月に財団法人水道技術研究センターが発行した「地表水以外の水への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアル」をベースとして、今般の水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の改正を受け、地表水への紫外線処理設備の導入を中心に、新しい知見を追加したものです。

そして、UV-ACE プロジェクトの2年目の成果が「維持管理編」であり、導入編と維持管理編を統合した完成版が、今回発刊することとなった「水道における紫外線処理設備導入及び維持管理の手引き」となります。

UV-ACE プロジェクトに参加して精力的に手引きの作成に当たっていただいた企業メンバーの方々、手引きの作成に当たって指導・助言をいただいた委員長の神子直之・立命館大学理工学部教授をはじめとした学識経験者の方々、本プロジェクトにご協力いただいた水道事業体の方々、そして、オブザーバーとして参加・助言をいただいた厚生労働省水道課の方々に厚く御礼申し上げます。

この手引きが広く活用され、クリプトスポリジウム等対策が大きく前進することを期待しています。

令和3年（2021年）3月

公益財団法人 水道技術研究センター
理事長 安藤 茂

目次

1. 目的と背景.....	1
1.1. 本書の目的.....	1
1.2. 背景.....	1
【1章参考文献】	3
2. 水道における紫外線処理の基礎.....	5
2.1. 紫外線処理の歴史	5
2.2. 本書における定義	9
2.3. 紫外線とは	9
2.3.1. 紫外線.....	9
2.3.2. 紫外線強度と紫外線照射量	10
2.4. 紫外線の発生機構	14
2.4.1. 紫外線ランプ	14
2.4.2. UV-LED	15
2.5. 紫外線による微生物の不活化	15
2.5.1. 不活化機構	15
2.5.2. 紫外線による不活化効果.....	16
2.5.3. 不活化効果と <i>RED</i> （換算紫外線照射量）	19
2.5.4. 回復現象	19
2.6. 紫外線処理の性能に影響する因子.....	21
2.6.1. 処理対象水の水質(紫外線透過率、濁度、色度).....	21
2.6.2. ファウリング	22
2.6.3. 装置内での紫外線の反射.....	23
2.7. 紫外線処理による反応・副生成物.....	23
2.7.1. 残留塩素との反応	23
2.7.2. 消毒副生成物.....	24
2.8. 対策指針における紫外線照射性能の考え方の変遷	25
2.8.1. 対策指針の改正	25

2.8.2.	紫外線照射装置選定における処理対象水の透過率データの重要性	25
2.9.	紫外線処理設備の特長	26
	【2章参考文献】	27
3.	紫外線照射装置	31
3.1.	紫外線光源	34
3.1.1.	光源の種類	34
3.1.2.	発光波長分布	37
3.1.3.	紫外線強度維持率	39
3.1.4.	光源の特徴	40
3.2.	ランプスリーブ等	42
3.3.	紫外線ランプ、ランプスリーブの破損	43
3.4.	紫外線照射槽	43
3.5.	紫外線強度計	44
3.6.	付属制御盤	46
3.7.	自動洗浄装置	46
3.8.	温度計又は温度センサ	47
	【3章参考文献】	49
4.	紫外線処理設備の導入	51
4.1.	紫外線処理設備適用の要件	51
4.1.1.	適用パターン	51
4.1.2.	適用水質	52
4.1.3.	求められる性能と紫外線照射量	52
4.1.4.	紫外線処理と組み合わせる場合のろ過の運転管理	53
4.2.	紫外線処理設備の計画	53
4.2.1.	紫外線処理設備における処理水量	54
4.2.2.	処理対象水の水質	54
4.2.3.	紫外線照射装置の選定	54
4.2.4.	付帯設備	56

4.2.5.	設置場所の選定	58
4.2.6.	適用位置	59
4.2.7.	その他留意事項	60
4.3.	据付・試運転時の留意点	61
4.3.1.	据付時の留意点	61
4.3.2.	試運転時の留意点	61
4.4.	認可変更	61
	【4 章参考文献】	64
5.	ケーススタディ	65
5.1.	紫外線処理設備導入の流れ	66
5.2.	A 浄水場での検討例	68
5.2.1.	基本情報	68
5.2.2.	紫外線処理適用可否の確認	73
5.2.3.	紫外線処理設備の概要	73
5.2.4.	損失水頭、必要スペースの検討	75
5.2.5.	設置箇所	79
5.2.6.	設備更新概要	80
5.3.	B 浄水場での検討例	81
5.3.1.	基本情報	81
5.3.2.	紫外線処理適用可否の確認	85
5.3.3.	紫外線処理設備の概要	86
5.3.4.	損失水頭、必要スペースの検討	88
5.3.5.	設置箇所	90
5.3.6.	設備更新概要	92
5.4.	C 浄水場での検討例	93
5.4.1.	基本情報	93
5.4.2.	紫外線処理適用可否の確認	97
5.4.3.	紫外線処理設備の概要	97
5.4.4.	損失水頭、必要スペースの検討	99
5.4.5.	設置箇所	101
5.4.6.	設備更新概要	103
5.5.	D 浄水場での検討例	104

5.5.1.	基本情報	104
5.5.2.	紫外線処理適用可否の確認	109
5.5.3.	紫外線処理設備の概要	109
5.5.4.	損失水頭、必要スペースの検討	111
5.5.5.	設置箇所	113
5.5.6.	設備更新概要	114
5.6.	E 浄水場での検討例	115
5.6.1.	基本情報	115
5.6.2.	紫外線処理適用可否の確認	119
5.6.3.	紫外線処理設備の概要	120
5.6.4.	損失水頭、必要スペースの検討	121
5.6.5.	設置箇所	123
5.6.6.	設備更新概要	124
5.7.	F 簡易水道での検討例	125
5.7.1.	基本情報	125
5.7.2.	紫外線処理適用可否の確認	128
5.7.3.	紫外線処理設備の概要	129
5.7.4.	損失水頭、必要スペースの検討	131
5.7.5.	設置箇所	133
5.7.6.	設備更新概要	134
5.8.	ケーススタディのまとめ	135
6.	運転管理と維持管理	137
6.1.	性能の管理	137
6.1.1.	水質の管理	137
6.1.2.	流量の管理	138
6.1.3.	紫外線強度の管理	138
6.2.	運転管理	138
6.2.1.	予備機の運用方法	138
6.2.2.	運転開始・停止時の留意点	138
6.2.3.	運転制御	139
6.2.4.	長期停止時の留意点	139
6.2.5.	結露対策の留意点	139
6.2.6.	寒冷地における留意点	140
6.3.	日常の維持管理	140

6.3.1.	紫外線光源	140
6.3.2.	紫外線強度計	141
6.3.3.	ランプスリーブの洗浄	141
6.3.4.	紫外線透過率計	142
6.3.5.	紫外線反射率の測定及び維持管理	142
6.4.	定期点検	142
6.5.	異常時の対応	145
6.5.1.	漏水異常	145
6.5.2.	紫外線強度低下	147
6.5.3.	水温異常	147
6.5.4.	ランプスリーブ等破損（水銀漏洩）対策	147
6.5.5.	その他	148
6.6.	予備部品	149
6.7.	紫外線光源の廃棄及び回収	150
6.8.	安全管理	151
	【6章参考文献】	153
7.	事例紹介	155
7.1.	光市水道局 林浄水場（山口県）	156
7.1.1.	導入の経緯	156
7.1.2.	施設概要	156
7.1.3.	処理フロー	156
7.1.4.	紫外線処理設備の内容	157
7.1.5.	水質データ	158
7.1.6.	維持管理	158
7.1.7.	装置の外観	159
7.1.8.	その他ヒアリング情報	160
7.2.	大竹市上下水道局 防鹿水源地（浄水場）及び三ツ石調整池（広島県）	162
7.2.1.	導入の経緯	162
7.2.2.	施設概要	162
7.2.3.	処理フロー	162
7.2.4.	紫外線処理設備の内容	163
7.2.5.	水質の管理	164

7.2.6.	維持管理	165
7.2.7.	紫外線処理建屋と装置の外観	166
7.2.8.	その他ヒアリング情報	167
7.3.	A 市上下水道部 Z 浄水場	168
7.3.1.	導入の経緯	168
7.3.2.	施設概要	168
7.3.3.	処理フロー	168
7.3.4.	紫外線処理設備の内容	169
7.3.5.	水質データ	170
7.3.6.	維持管理	171
7.3.7.	装置の外観	171
7.3.8.	その他ヒアリング情報	172
7.4.	A 市上下水道部 W 浄水場	174
7.4.1.	導入の経緯	174
7.4.2.	施設概要	174
7.4.3.	処理フロー	174
7.4.4.	紫外線処理設備の内容	175
7.4.5.	水質データ	176
7.4.6.	維持管理	177
7.4.7.	装置の外観	177
7.4.8.	その他ヒアリング情報	178
7.5.	岩美町環境水道課 恩志浄水場 (鳥取県)	180
7.5.1.	導入の経緯	180
7.5.2.	施設概要	180
7.5.3.	処理フロー	180
7.5.4.	紫外線処理設備の内容	181
7.5.5.	水質データ	182
7.5.6.	維持管理	182
7.5.7.	装置の外観	183
7.5.8.	その他ヒアリング情報	183
7.6.	宮田村建設課 上の宮浄水場 (長野県)	185
7.6.1.	導入の経緯	185
7.6.2.	施設概要	185
7.6.3.	処理フロー	185
7.6.4.	紫外線処理設備の内容	186
7.6.5.	水質データ	187

7.6.6.	維持管理	187
7.6.7.	装置の外観	188
7.6.8.	その他ヒアリング情報	189
7.7.	茅野市都市建設部水道課 北大塩中区配水池 (長野県)	190
7.7.1.	導入の経緯	190
7.7.2.	施設概要	190
7.7.3.	処理フロー	190
7.7.4.	紫外線処理設備の内容	191
7.7.5.	水質データ	192
7.7.6.	維持管理	193
7.7.7.	装置の外観	193
7.7.8.	その他ヒアリング情報	194
7.8.	長野県企業局 四ツ屋浄水場 (長野県)	195
7.8.1.	導入の経緯	195
7.8.2.	施設概要	195
7.8.3.	処理フロー	195
7.8.4.	紫外線処理設備の内容	196
7.8.5.	水質データ	197
7.8.6.	維持管理	197
7.8.7.	装置の外観	198
7.8.8.	その他ヒアリング情報	199
7.9.	八戸圏域水道企業団 蟹沢浄水場 (青森県)	200
7.9.1.	導入の経緯	200
7.9.2.	施設概要	200
7.9.3.	処理フロー	201
7.9.4.	紫外線処理設備の内容	201
7.9.5.	水質データ	202
7.9.6.	維持管理	202
7.9.7.	装置の外観	203
7.9.8.	その他ヒアリング情報	203
7.10.	青森市企業局水道部 横内浄水場 (青森県)	204
7.10.1.	導入の経緯	204
7.10.2.	施設概要	204
7.10.3.	処理フロー	204
7.10.4.	紫外線処理設備の内容	205
7.10.5.	水質データ	206

7.10.6.	その他ヒアリング情報	207
7.11.	羽曳野市水道局 石川浄水場 (大阪府)	208
7.11.1.	導入の経緯	208
7.11.2.	施設概要	208
7.11.3.	処理フロー	208
7.11.4.	紫外線処理設備の内容	209
7.11.5.	水質データ	210
7.11.6.	維持管理	210
7.11.7.	装置の外観	211
7.11.8.	その他ヒアリング情報	212
7.12.	長島町水道課 川内浄水場 (鹿児島県)	214
7.12.1.	導入の経緯	214
7.12.2.	施設概要	214
7.12.3.	処理フロー	214
7.12.4.	紫外線処理設備の内容	215
7.12.5.	水質データ	216
7.12.6.	維持管理	216
7.12.7.	装置の外観	217
7.12.8.	その他ヒアリング情報	218
8.	国内での導入及び維持管理状況	221
8.1.	アンケート調査の実施	221
8.1.1.	アンケート調査の概要	221
8.2.	紫外線処理の導入に関するアンケート結果	221
8.2.1.	施設能力	221
8.2.2.	水源種別	222
8.2.3.	浄水フロー	222
8.2.4.	前処理理由	223
8.2.5.	紫外線処理設備導入の背景	223
8.2.6.	紫外線処理設備の採用理由	224
8.2.7.	施設能力と処理台数	224
8.2.8.	予備機	225
8.2.9.	ストレーナ設置状況および前処理	227
8.2.10.	施設能力と使用ランプ種類	228
8.2.11.	装置 1 台当たりの処理能力とランプ出力	228
8.2.12.	施設能力と施設総ランプ出力	229

8.2.13.	コスト	230
8.3.	紫外線処理の維持管理に関するアンケート結果	235
8.3.1.	紫外線処理施設の運転実施主体	235
8.3.2.	紫外線処理施設の点検実施主体	235
8.3.3.	目視点検頻度	235
8.3.4.	定期点検	236
8.3.5.	ストレーナの清掃	236
8.3.6.	紫外線照射装置の動作タイミング	237
8.3.7.	紫外線処理設備における監視項目	237
8.3.8.	管理基準逸脱時の対応	238
8.3.9.	想定外のトラブルの有無とその内容	238
8.3.10.	導入時に想定していた効果の有無	239
8.3.11.	事前に把握しておきたかった詳細な内容の有無	240
8.3.12.	導入後の課題	240
8.3.13.	導入維持管理の注意点	241
8.3.14.	施設能力当たりの年間交換費用	241
8.3.15.	施設能力と維持管理費の関係	242
8.4.	アンケート調査票	243
9.	参考資料	249
9.1.	クリプトスポリジウム等対策に関する国内外の動向	249
9.2.	日本における導入状況	254
9.2.1.	年度別にみた紫外線処理設備導入状況	254
9.2.2.	処理水量別にみた紫外線処理設備導入状況（2019年度）	255
9.3.	紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準と適合認定	255
9.3.1.	技術審査基準	255
9.3.2.	適合認定	256
9.3.3.	技術審査基準 2019 年度版の主な特徴	256
9.3.4.	既認定機種への取り扱い	256
9.4.	海外事例	256
9.4.1.	Los Angeles Aqueduct 浄水場（米国）	256
9.4.2.	ニュージーランド	258
9.4.3.	その他海外事例	260
9.5.	紫外線に関するコラム	263

9.5.1.	紫外線強度	263
9.5.2.	紫外線照射量	264
9.5.3.	<i>RED</i>	265
9.5.4.	紫外線耐性の異なる微生物の <i>RED</i>	266
【9 章参考文献】		267
10.	添付資料	269
10.1.	用語集	269
10.2.	略語集	274