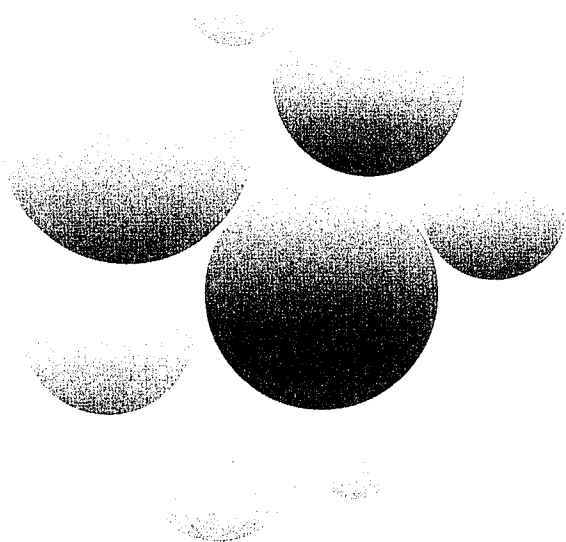


最新

# 建築設備設計マニュアル

## 空気調和編

社団法人 建築設備技術者協会 編著



井上書院

# はじめに

本書は、建築設備設計に携わる初級者を主な対象として、設備設計に関わる基礎的事項から実際的な内容までを包含するテキストである。建築設備設計に長年携わってきた先鋭の設備設計技術者を執筆陣に据え、先輩に聞きたいのだけれど今さら聞けない、または聞く人がいないという人が本書を頼りにして設計できることを目標として執筆していただいたものである。

同類の図書はいくつかあるが、この本は実務設計を主体とした内容であるために、とても平易にかつ具体的に書かれているのが特徴である。執筆者のノウハウが詰まった文章を手にとられて実感していただき、ぜひ手元に携えて長くご愛用いただきたい。

また、本編に加えて、トピックスとして、近年話題となっている情報の掲載に努めた。

本書の出版には多くの時間が費やされた。執筆委員、編集委員、査読委員には、提出された原稿の見直しを何回もしていただいた。長期間にわたる編集作業のために多大なるご心配、ご迷惑をおかけしたが、このたび何とか発行にこぎつけることができた。この場を借りて深謝申し上げたい。

また、本書の作成を引き受けていただき、発行にご協力いただいた井上書院の皆様にも感謝申し上げます。

2012年8月

編集委員長 小瀬 博之

## 目次

1章 地球環境問題と建築	13	2.2 設計段階での対応の要点	27
1 地球環境と建築設備の設計	13	2.3 今後の重要性	27
2 地球環境問題	13	3章 空調設計の進め方	29
2.1 地球環境問題の原点「人口爆発」	13	1 建築設計と空調設計の協調	29
2.2 地域環境から地球環境へ	14	1.1 建築設計と空調設計の作業の流れ	29
2.3 共通なテーマ「持続可能な発展」	14	1.1.1 企画段階	29
3 地球温暖化	14	1.1.2 基本計画段階	29
3.1 「温室効果ガス」の急速な増加	14	1.1.3 基本設計段階	29
3.2 IPCCによる地球温暖化の予測	15	1.1.4 実施設計段階	29
3.3 地球温暖化防止の国際的な動向	15	1.2 建築設計との協調による空調負荷削減	30
4 一過型社会から循環型社会へ	15	1.2.1 立地計画	30
4.1 一過型社会の現状	15	1.2.2 建物形状と方位	30
4.2 循環型社会への取り組み	16	1.2.3 外皮計画	30
4.3 建設産業における循環型社会形成の 取り組み	16	1.2.4 自然エネルギーの利用	32
5 建築物の総合的環境性能評価	17	2 空調システム計画	33
5.1 LCAによる環境性能評価	17	2.1 空調ゾーニングの考え方	33
5.2 建物の総合環境評価ツール	17	2.2 空調システム選定上の留意点	34
5.3 わが国のCASBEE	17	2.3 空調設備の省エネルギーの要点	35
2章 ライフサイクル設計	19	2.4 省エネルギー基準 (PAL/CEC)	38
1 LC設計と改修計画	19	4章 空調方式とその適用	41
1.1 ライフサイクルを考慮した設計	19	1 空調方式の分類	41
1.1.1 建築設備のライフサイクル	19	1.1 熱源方式における各方式の特徴	41
1.1.2 リニューアル工事	20	1.1.1 全空気方式の特徴	41
1.1.3 ライフサイクルコスト	21	1.1.2 空気-水方式	42
1.2 建築設備の長寿命化	21	1.1.3 水方式	42
1.2.1 長寿命化の必要性	21	1.2 熱源分散方式における特徴	42
1.2.2 保全の必要性	23	2 定風量単一ダクト方式	42
1.2.3 腐食の防止	23	3 変風量単一ダクト方式 (VAV方式)	43
1.2.4 設備診断	24	3.1 VAV方式の特徴	43
1.2.5 年次計画	24	3.2 VAVユニットの構造と特徴	44
1.2.6 道連れ工事の極小化と更新の容易さ	25	3.2.1 電子制御絞型 VAV	44
1.2.7 保全に関する用語の説明	25	3.2.2 電子制御バイパス型 VAV	44
2 ライフサイクルエンジニアリング	26	4 再熱コイル方式	44
2.1 運用段階を考慮した設計	26	4.1 定風量+再熱コイル方式の特徴	45
2.1.1 運用段階の保守管理・修繕・更新・ 可変性を容易にする設計的な配慮	26	4.2 変風量+再熱コイル方式の特徴	45
2.1.2 省エネルギーシステムの適切な運用 のための要点	26	5 二重ダクト方式	45
2.2 性能保証, 検収・検証	26	6 床吹き出し方式	46
2.2.1 コミッショニングの概念	26	7 ファンコイルユニット方式	47
		7.1 ファンコイルユニット	47
		7.2 ファンコイルユニット方式の適用	47

7.3	ファンコイルユニット方式の制御	48	4	蓄熱空調システム	66
8	パッケージユニット方式	48	4.1	負荷平準化の必要性	66
8.1	空冷式(空気熱源)	49	4.2	蓄熱空調システムの種類、特徴と 方式選定の指針	67
8.1.1	一体型	49	6	空気線図	69
8.1.2	1対1型	49	1	空気線図の基礎	69
8.1.3	マルチ型(冷暖切替型)	49	1.1	大気と空気	69
8.1.4	マルチ型(冷暖同時型)	49	1.2	湿り空気の性質	69
8.2	水冷式(水熱源)	49	1.2.1	湿り空気の湿度表示	69
8.2.1	一体型	49	1.2.2	絶対湿度	69
8.2.2	マルチ型(冷暖切替型)	49	1.2.3	水蒸気分圧と飽和水蒸気圧	70
8.2.3	マルチ型(冷暖同時型)	49	1.2.4	相対湿度	70
9	各建物への適用指針	51	1.2.5	比較湿度(飽和度)	71
9.1	事務所ビル	51	1.2.6	露点温度	71
9.2	劇場、映画館	51	1.2.7	湿球温度	71
9.3	病院	51	1.2.8	断熱飽和温度	72
9.4	ホテル、旅館	51	1.2.9	比エンタルピー	72
9.5	デパートおよびショッピングセンター	52	1.2.10	比容積	73
9.6	研究所	53	1.2.11	標準空気	73
9.7	図書館、美術館、博物館	53	2	空気線図	73
9.8	スポーツ施設	53	2.1	空気線図の構成	73
9.9	生産施設	53	2.1.1	概要	73
9.10	データセンター	53	2.1.2	顕熱比	75
9.11	放送局	54	2.1.3	熱水分比	75
9.12	学校	54	2.2	空気の単位操作と空気線図	76
9.13	共同住宅、個人住宅	54	2.2.1	加熱	76
5	熱源方式とその適用	57	2.2.2	冷却	77
1	熱源システム計画	57	2.2.3	加湿	79
1.1	エネルギーと冷温熱源の組合せ	57	2.2.4	減湿	83
1.2	熱源方式選定上の要点	58	2.2.5	混合	84
1.2.1	機器の検討	58	2.2.6	状態変化と空気線図	85
1.2.2	エネルギーの検討	59	2.3	空調プロセスの空気線図上の表示	85
1.2.3	熱源方式の経済性の検討	59	2.3.1	冷房	85
1.2.4	熱源方式の環境評価の検討	59	2.3.2	暖房	88
1.2.5	熱源の高効率化	60	7	熱負荷計算	91
2	冷熱源方式	62	1	概要	91
2.1	冷熱源方式の種類と特徴	62	1.1	熱負荷計算の目的および計算方法	91
2.2	空冷式と水冷式	62	1.1.1	熱負荷計算の目的	91
2.3	冷凍機の種類	62	1.1.2	熱負荷計算手法	91
2.3.1	往復動冷凍機方式	62	1.2	熱負荷の構成要素	91
2.3.2	スクリュウ冷凍機	64	1.2.1	室内負荷	92
2.3.3	遠心冷凍機方式	64	1.2.2	空調機負荷	92
2.3.4	吸収冷凍機方式	64	1.2.3	熱源負荷	92
2.3.5	組合せ方式による冷熱源方式	65	2	計算条件	93
2.4	ヒートポンプ(水熱源、空気熱源)方式	65	2.1	室内条件	93
3	温熱源方式	66			
3.1	温熱源方式の種類と特徴	66			
3.2	ボイラの種類	66			

2.2 外界温湿度条件	93	8章 空調機的设计	121
2.3 地中温度	93	1 エアハンドリングユニット	121
3 室内負荷—冷房	93	1.1 設計手順	121
3.1 ガラス窓負荷	93	1.2 設計要領	121
3.1.1 透過日射負荷	93	1.2.1 形式	121
3.1.2 貫流熱負荷	98	1.2.2 構成	122
3.2 構造体負荷	98	1.2.3 容量	122
3.3 内部間仕切負荷	102	1.2.4 選定法	122
3.4 すきま風負荷	103	1.2.5 チェック	122
3.5 室内発熱負荷	104	2 パッケージ空調機	125
3.5.1 照明負荷	104	2.1 選定手順	125
3.5.2 人体発熱負荷	104	2.2 選定要領	125
3.5.3 器具発熱負荷	104	2.2.1 形式	125
4 室内負荷—暖房	109	2.2.2 容量	125
4.1 ガラス窓負荷	109	2.2.3 選定法	125
4.1.1 透過日射負荷	109	2.2.4 チェック	125
4.1.2 貫流熱負荷	109	3 ファンコイルユニット	130
4.2 構造体負荷	109	3.1 選定手順	130
4.2.1 外壁, 屋根	109	3.2 選定要領	130
4.2.2 土間床, 地下壁	109	3.2.1 形式	130
4.3 内部間仕切負荷	110	3.2.2 容量	130
4.4 すきま風負荷	110	3.2.3 選定法	131
4.5 室内発熱負荷	110	3.2.4 チェック	132
4.6 方位蓄熱負荷	110	4 冷却・加熱コイル	133
5 空調機負荷	113	4.1 設計手順	133
5.1 空調機負荷	113	4.2 設計要領	133
5.2 外気負荷	113	4.2.1 形式	133
5.3 グクト材通過熱負荷	114	4.2.2 選定法	133
5.4 送風機負荷	114	5 加湿器	138
5.5 再熱負荷など	114	5.1 設計手順	138
6 熱源負荷	114	5.2 設計要領	138
6.1 熱源負荷	114	5.2.1 形式	138
6.1.1 熱源負荷	114	5.2.2 容量	139
6.1.2 空調ゾーニングと熱源負荷	114	5.2.3 選定法	140
6.2 配管材通過熱負荷	115	5.2.4 チェック	140
6.3 ポンプ負荷	115	5.2.5 その他	140
6.4 装置蓄熱負荷	115	6 エアフィルタ	140
6.5 建築用途別の冷暖房負荷概算値	115	6.1 設計手順	140
6.5.1 事務所	115	6.2 設計要領	140
6.5.2 その他の建物	117	6.2.1 形式	140
7 パソコンを用いた空調負荷 シミュレーションツール	117	6.2.2 選定法	141
7.1 シミュレーションツールの概要と 利用法	117	6.3 フィルタ効率の計算法	142
7.2 負荷計算シミュレーションツール	117	6.3.1 フィルタ効率と粉じん濃度の計算法	142
7.3 気流・温熱シミュレーションツール	119	6.3.2 計算資料	143
		7 放熱器類	144
		7.1 設計手順	144
		7.2 選定容量	144
		7.2.1 コンベクタ, ベースボードヒータ	144

7.2.2	パネルラジエータ	145	1.2	ベルヌーイの定理と圧力の単位	184
			1.3	管内流れの摩擦抵抗	185
			1.4	局部抵抗とその相当長さ	188
<b>9章</b>	<b>送風系の設計</b>	<b>147</b>	<b>2</b>	<b>冷温水配管の設計</b>	<b>190</b>
1	設計手順	147	2.1	冷温水配管の流量線図	190
2	吹出し口および吸込み口	147	2.2	冷温水配管法の分類	192
2.1	吹出し口、吸込み口の種類	147	2.3	単位摩擦損失と推奨流速	194
2.1.1	吹出し口、吸込み口の種類の決定	147	2.4	膨張水槽	197
2.1.2	配置計画	147	2.5	冷温水用自動制御弁の口径決定	198
2.2	吹出し口の選定要領	149	2.6	冷温水配管の腐食	199
2.2.1	アネモ型吹出し口の選定	149	<b>3</b>	<b>ポンプの選定</b>	<b>201</b>
2.2.2	ユニバーサル型吹出し口の選定	150	3.1	配管系の全抵抗	201
2.2.3	吹出し口取付けボックス	151	3.2	ポンプの所要揚程	202
2.3	吸込み口の選定要領	152	3.3	ポンプの選定	205
<b>3</b>	<b>ダクトの設計</b>	<b>153</b>	3.3.1	ポンプの種類	205
3.1	送風機の算出	153	3.3.2	ポンプの所要動力	205
3.2	ダクト寸法の決定と抵抗計算	153	3.3.3	ポンプの選定	206
3.2.1	ダクト寸法の決定法	153	3.3.4	ポンプの特性曲線	206
3.2.2	高速ダクト	155	<b>4</b>	<b>蒸気配管の設計</b>	<b>208</b>
3.2.3	等速法によるダクト設計	156	4.1	配管方式	208
3.2.4	グラスウールダクト	156	4.1.1	蒸気の加熱能力	208
3.3	ダクトの抵抗	157	4.1.2	蒸気管と還水管	208
3.3.1	直管ダクトの摩擦抵抗	157	4.1.3	複管真空還水式蒸気配管	209
3.3.2	ダクトの局部抵抗	158	4.2	蒸気配管流量線図と還水管容量表	209
3.3.3	概略計算法	158	4.3	配管管径の決定	209
3.3.4	ダクトの局部抵抗係数	159	4.3.1	蒸気管と還水管	209
3.4	ダクト系の空気漏れ量	170	4.3.2	相当管長さと1m当たり圧力損失	212
<b>4</b>	<b>ダンパ</b>	<b>171</b>	4.3.3	管径の決定法	212
4.1	ダンパの種類と取付け位置	171	4.4	管の伸縮と伸縮継手	213
4.2	防火ダンパの設置場所と使用区分	172	4.5	蒸気配管の付属品	214
4.3	防火ダンパの法規制	173	4.5.1	蒸気トラップ	214
<b>5</b>	<b>変風量ユニット (VAV)、 定風量ユニット (CAV)</b>	<b>175</b>	4.5.2	減圧弁	216
5.1	選定手順	175	4.5.3	蒸気用自動制御弁	216
5.2	選定要領	175	<b>5</b>	<b>冷媒配管</b>	<b>218</b>
5.2.1	VAVユニット	175	5.1	蒸気圧縮式冷凍サイクル	218
5.2.2	CAVユニット	176	5.2	冷媒配管系の許容圧力降下	219
<b>6</b>	<b>送風機の選定</b>	<b>177</b>	5.3	冷媒配管径の設計	219
6.1	選定手順	177	<b>11章</b>	<b>熱源容量の決定</b>	<b>223</b>
6.2	選定要領	177	1	熱源負荷の要素	223
6.3	参考事項	180	2	熱源負荷の計算	225
6.3.1	多翼送風機の番手と選定	180	2.1	空調スペース負荷	225
6.3.2	送風機の相似則	181	2.2	外気負荷	225
6.3.3	風量の調節	182	2.3	ダクト系の熱取得 (損失)	226
<b>10章</b>	<b>配管系の設計</b>	<b>183</b>	2.4	ファン動力負荷	226
1	配管設計の基礎	183	2.5	空調機負荷	226
1.1	配管系の設計手順	183	2.6	配管系の熱取得 (損失)	227
			2.7	ポンプ動力負荷	227

2.8 熱源負荷	227	1.6 吹出し口、吸込み口	263
2.9 その他の要素	228	1.6.1 グリル型	263
2.10 冷却塔容量の選定	228	1.6.2 フード	263
<b>3 蓄熱方式の計画</b>	229	1.7 換気計画	266
3.1 蓄熱の目的	229	1.7.1 外気取入れ口・排気口	266
3.2 蓄熱の方法と検討	229	1.7.2 送風機	266
3.2.1 構成	229	1.7.3 ダクト	266
3.2.2 蓄熱の条件と方法の種類	229	1.7.4 燃焼機器のある室	266
3.2.3 蓄熱システムの検討	229	1.7.5 厨房	267
3.3 水蓄熱方式	230	1.7.6 便所	267
3.3.1 水蓄熱の種類	230	1.7.7 浴室	267
3.3.2 水蓄熱槽容量の算定	231	<b>2 排煙設備</b>	268
3.3.3 配管系と自動制御	233	2.1 概論	268
3.3.4 蓄熱槽の補助設備	238	2.2 排煙設備の防煙区画、排煙系統設定上の留意事項	268
3.4 氷蓄熱方式	240	2.3 自然排煙方式	268
3.4.1 氷蓄熱方式の種類と特徴	240	2.4 機械排煙方式	270
3.4.2 氷蓄熱容量の決定	240	2.4.1 防煙区画の排煙風量	270
<b>4 熱源装置の選定</b>	241	2.4.2 排煙機の風量	270
4.1 熱源機器	243	2.4.3 排煙ダクトの排煙風量	270
4.1.1 冷凍機	243	2.4.4 排煙口	270
4.1.2 冷却塔	245	2.4.5 排煙ダクト計画	272
4.1.3 ボイラ	247	2.4.6 排煙機	272
4.1.4 ヒートポンプ方式	249	2.5 加圧防排煙方式	272
4.1.5 ビルマルチ方式	251	2.6 消防法による排煙設備	273
4.1.6 熱回収方式	252		
4.2 台数分割	254		
4.2.1 機器の容量制御性	254		
4.2.2 保守対策	254		
4.2.3 設備費	254		
4.2.4 運転費	254		
4.2.5 危険分散	254		
4.2.6 直列接続と並列接続	255		
<b>12章 換気・排煙設備</b>	257		
<b>1 換気設備</b>	257		
1.1 概要	257		
1.2 設計の進め方	257		
1.3 設計条件	257		
1.3.1 室内条件	257		
1.3.2 外気条件	258		
1.3.3 室内圧	258		
1.4 換気方式	258		
1.4.1 自然換気	258		
1.4.2 機械換気	259		
1.5 換気量の決め方	260		
1.5.1 換気回数による計算	260		
1.5.2 許容値による計算	260		
1.5.3 法規制による計算	261		
		<b>13章 防音・防振・耐震設計</b>	275
		<b>1 防音</b>	275
		1.1 概説	275
		1.2 基礎事項	275
		1.2.1 音の周波数	275
		1.2.2 音の強さ、大きさ	275
		1.2.3 音のレベル	275
		1.2.4 音の合成、分解	275
		1.2.5 暗騒音	276
		1.2.6 周波数分析	276
		1.2.7 騒音の測定	276
		1.2.8 騒音の評価	277
		1.3 騒音の伝搬、防音対策	278
		1.4 ダクト系の消音設計	278
		1.4.1 設計の進め方	278
		1.4.2 消音計画の留意事項	278
		1.5 許容騒音	279
		1.6 各種機器の発生騒音	280
		1.6.1 送風機の発生騒音	280
		1.6.2 ダクト内部の発生騒音	281
		1.6.3 吹出し口類の発生騒音	282
		1.7 ダクト系の騒音減衰	284

1.7.1 直管ダクトによる減衰	284	3.4.3 耐震支持部材の選定	316
1.7.2 エルボによる減衰	284		
1.7.3 分岐による減衰	285	<b>14章 自動制御と中央監視</b>	<b>319</b>
1.7.4 端末反射による減衰	285	<b>1 自動制御の基礎</b>	<b>319</b>
<b>1.8 室内での騒音減衰</b>	<b>286</b>	1.1 自動制御の基本概念	319
<b>1.9 消音器</b>	<b>287</b>	1.2 制御動作による分類	319
1.9.1 消音器の種類	287	1.3 制御機器	321
1.9.2 内張りダクト	287	<b>2 空調設備の計装と制御</b>	<b>323</b>
1.9.3 セル型およびスプリット型消音器	287	2.1 計装図の見方	323
1.9.4 波型消音器	288	2.2 定風量空調機	323
1.9.5 内張りエルボ (消音エルボ)	288	2.3 変風量空調機	326
1.9.6 マフラ型消音器	288	<b>3 熱源設備の計装と制御</b>	<b>328</b>
1.9.7 消音ボックス	288	3.1 密閉式一次ポンプ方式	328
<b>1.10 消音器に関する留意事項</b>	<b>290</b>	3.2 密閉式二次ポンプ方式	329
1.10.1 消音器の使用上の留意事項	290	3.3 水蓄熱方式	330
1.10.2 消音エルボの連続使用	290	3.4 冷却塔	331
1.10.3 吸音材の飛散防止	291	3.5 地域熱源受入れ建物の計装	332
1.11 消音計算法	291	<b>4 中央監視装置</b>	<b>333</b>
<b>2 防振</b>	<b>292</b>	4.1 中央監視装置の導入目的	333
2.1 概 節	292	4.2 監視管理機能の分類	334
2.2 設計計画の進め方	293	4.3 システム構成例	334
2.2.1 振動の許容値	293	4.4 中央監視装置の計画設計手順	336
2.2.2 設置上の留意点	293		
2.2.3 適用範囲	293	<b>15章 年間エネルギー消費量と</b>	<b>339</b>
2.3 機器の防振設計	293	<b>経常費</b>	<b>339</b>
2.3.1 防振理論	293	<b>1 年間エネルギー消費と経常費計算の</b>	<b>339</b>
2.3.2 防振材の選定	297	<b>概要</b>	<b>339</b>
2.3.3 柔構造の床に設置される機器	301	1.1 計算体系	339
2.4 配管の防振設計	302	1.2 省エネルギー計算と省エネルギー計算書	339
2.4.1 振動の原因	302	1.3 経常費計算	341
2.4.2 防振対策	302	<b>2 PAL 計算</b>	<b>341</b>
2.4.3 防振材の選定	303	2.1 拡張デグリーデー法による	
2.5 ダクトの防振設計	303	PAL 計算手順	341
2.5.1 振動の原因	303	2.2 PAL 計算例	344
2.5.2 防振対策	303	2.2.1 室内周囲空間の方位別ゾーニング	344
2.5.3 防振材の選定	303	2.2.2 ゾーン別 PAL 計算	346
<b>3 耐震</b>	<b>303</b>	2.2.3 期間熱負荷、年間熱負荷および PAL	347
3.1 概 説	303	<b>3 CEC 計算</b>	<b>350</b>
3.2 設計計画の進め方	304	3.1 CEC/AC 計算	350
3.2.1 適用範囲	305	3.1.1 CEC/AC 計算方法	350
3.2.2 地震力	306	3.1.2 CEC/AC 計算手順	350
3.3 機器の耐震設計	307	3.2 CEC/V 計算	352
3.3.1 アンカーボルト	307	3.3 その他の CEC 計算	355
3.3.2 防振機器の耐震ストッパー	312	<b>4 経常費計算</b>	<b>355</b>
3.3.3 頂部支持材	313	4.1 固定費の計算例	355
3.3.4 機器の基礎	314	4.1.1 減価償却費	355
3.4 配管、ダクトの耐震設計	315	4.1.2 金利	355
3.4.1 耐震支持の種類	315	4.1.3 諸保険料	355
3.4.2 耐震支持の適用範囲	315		



4.1.4 租税公課	355
4.1.5 占有空間固定費	355
4.1.6 付帯設備固定費	356
4.2 変動費の計算例	356
4.2.1 計算条件	356
4.2.2 電力費	356
4.2.3 燃料費	356
4.2.4 上下水道費	356
4.2.5 管理人件費	356
4.2.6 維持修理費	358
参考1 ゾーニングの方法	358
参考2 PAL 計算における非空調部分の 取扱い	360
参考3 電力料金フラットレートの算定例	361

## トピックス

大規模・高層ビルに対するビル用マルチの適用	363
過大装置容量選定がもたらす諸問題	364
大温度差送水	365
空調のエネルギー計量と課金	367
地域熱供給を受ける場合の留意点	369
ESCO 事業	370
PFI 事業	372
ビル用マルチ空調機の加湿に関する留意点	374
索引	375