

水 力 発 電

目 次

第 1 章 総 論

1.1 エネルギー源と水力発電	1
1.1.1 概 説	1
1.1.2 水力エネルギーと発電電力	2
1.2 水力発電の発達と開発状況	2
1.2.1 水力発電の発達	2
1.2.2 わが国の水力電源の分布	5
1.2.3 わが国の水力開発計画	6
1.2.4 水力発電と火力発電の割合	6
1.2.5 周波数の分布	8
1.2.6 送電の発達	9
1.3 水力発電所の種類	10
1.3.1 落差による分類	10
低落差発電所——中落差発電所——高落差発電所	
1.3.2 取水方法による分類	12
水路式発電所——ダム式発電所——ダム水路式発電所	
1.3.3 発電所の運用による分類	12
流れ込み式発電所——貯水池式発電所——調整池式発電所——揚水式発電所——潮力発電所	
1.3.4 機械の配置による分類	14
立軸発電所——横軸発電所——斜軸発電所	
1.3.5 発電所建屋による分類	14
屋内発電所——屋外発電所——半屋外発電所——地下発電所——半地下発電所——水中発電所	
1.3.6 運転操作による分類	15
手動発電所——一人制御発電所——遠隔監視遠方制御発電所——遠方制御発電所——全自動発電所	
1.4 水力発電所の進歩	16
1.4.1 発電方式と出力	16
1.4.2 使用水量	18

1.4.3	水 車	19
	水車の種類——水車の材質——水車の効率	
1.4.4	発電機	20
	発電機の容量——発電機電圧	
1.4.5	配電盤その他	21
1.5	建設費と発電原価	22
1.6	摘 要	24
1.7	問 題	25

第2章 水力学概論

2.1	水の物理的性質	26
2.1.1	水の比重	26
2.1.2	水の膨張率	26
2.1.3	圧縮性	27
2.1.4	圧力の伝搬速度	27
2.1.5	水の粘性	27
	粘性係数——温度および圧力の影響	
2.1.6	表面張力	28
	凝集力——毛管現象	
2.2	静水力学	28
2.2.1	静水圧と圧力単位	28
	水圧の方向——圧力の強さ——圧力の単位	
2.2.2	圧力の伝達	29
	パスカルの原理——水圧機	
2.2.3	水圧の中心	30
	全圧力——圧力の中心	
2.2.4	浮 力	31
	アルキメデスの原理——浮揚体の安定	
2.2.5	水圧の測定	31
	液柱計——示差圧力計——ブルドン管	
2.3	水の流れの基本定理	32
2.3.1	連続の原理	32
	流量——連続の原理	
2.3.2	ベルヌーイの定理	33
	水頭——ベルヌーイの定理——トリチェリーの定理	
2.3.3	ベルヌーイの定理の応用	34
	ベンチュリメータ——ピトー管	

2.3.4	整流と乱流	36
	整流——乱流	
2.3.5	水流の相似律	36
	レーノルズ数——管内の摩擦抵抗	
2.4	流出口	37
2.4.1	流出口を通る水流	37
	縮流——流速係数——収縮係数——流量係数	
2.4.2	流出口の種類	39
	薄刃オリフィス——丸味を持つのみ口——短い管——大きいオリフィス	
2.5	せき	40
2.5.1	せきを越える水流	40
	端収縮——完全越流と不完全越流	
2.5.2	せきの種類	41
	薄刃長方形せき——薄刃三角せき——薄刃台形せき——広頂せき	
2.6	水路の流速	43
2.6.1	平均流速公式	43
	シェジの公式——各種の流速係数——粗度係数	
2.6.2	流速分布	44
	垂直分布——水平分布	
2.6.3	水路断面の形状	45
	長方形断面——台形断面——円形水路	
2.7	管路の流速	47
2.7.1	平均流速	47
	動水こう配とエネルギー線——平均流速と摩擦係数	
2.7.2	流速分布	48
	整流の速度分布——乱流の速度分布——管路軸線または断面変化の影響	
2.8	水路および管路の損失水頭	49
2.8.1	流入損失	49
	流入口的水流——流入口の形状と損失係数	
2.8.2	摩擦損失	49
	水路の損失——管路の損失	
2.8.3	屈折および湾曲損失	50
	屈折損失——湾曲損失	
2.8.4	急激な断面変化の損失	51
	断面急拡損失——断面急縮損失	
2.8.5	ゆるやかな断面変化の損失	53
	断面緩拡損失——断面緩縮損失	

2.8.6	分岐損失	53
	分岐管損失——合流管損失	
2.8.7	弁および格子の損失	54
	弁損失——格子損失	
2.9	動水圧力	56
2.9.1	噴流の圧力	56
	ジェットの流れ——ジェットの壁面圧力	
2.9.2	流水の圧力	57
	流水の動水圧——動水圧とレーノルズ数	
2.10	水撃作用	58
2.10.1	圧力波の伝搬	58
	剛性管の伝搬速度——弾性管の伝搬速度	
2.10.2	水撃作用による水圧変化	59
	弁の急閉鎖による水圧変化——弁の緩閉鎖による水圧変化	
2.10.3	アリエビの略算式	61
	一様な管径の場合——管径が変化する場合	
2.11	摘 要	62
2.12	問 題	66

第3章 流量と落差

3.1	総 説	67
3.1.1	理論水力	67
3.1.2	降水量	67
3.1.3	河川の流量	67
3.1.4	流量の測定	68
3.1.5	落 差	68
3.2	降水量	68
3.2.1	降水量の測定方法	68
3.2.2	わが国各地の降水量	69
3.2.3	降水量の季節的变化	69
3.2.4	世界各地の降水量	70
3.3	河川流量	70
3.3.1	概 説	70
3.3.2	降水量と流量との関係	71
3.3.3	流量の季節的变化	71
3.3.4	流量の種別	72
3.3.5	流量図	72

3.3.6	流況曲線	72
3.3.7	流量累加曲線	73
3.3.8	水位流量曲線	74
3.4	流量の測定	74
3.4.1	流量測定法の種類	74
3.4.2	量水せき法	75
3.4.3	流速計法	75
	流速計——測定箇所——測定法	
3.4.4	浮子法	76
3.4.5	塩水速度法	77
3.4.6	ピトー管法	78
3.4.7	ギブソン法	79
3.4.8	ベンチュリ管法	80
3.4.9	その他の方法	80
	容積法——熱力学的方法	
3.5	落差	81
3.5.1	概 説	81
3.5.2	河川のこう配	81
3.5.3	落差のとり方	82
	自然流下式無圧水路による方式——ダムによる方式——河川の流域変更 による方式——揚水して発電する方式——海水の干満の落差を利用する 方式	
3.5.4	落差の種類	82
	総落差——静落差——有効落差——損失落差	
3.6	摘 要	84
3.7	問 題	85

第4章 土 木 設 備

4.1	概 説	86
4.1.1	土木設備の分類	86
4.1.2	土木設備の特質	86
4.2	取水設備およびダム	87
4.2.1	ダ ム	87
	コンクリート重力ダム——ロックフィルダム——バットレスダム——中 空重力ダム——アーチダム	
4.2.2	ダム付属設備	92
	余水吐き——警報設備——測定機器——土砂吐き——魚道——舟ばつ路	

4.2.3	可動せき	95
	引込みゲート—ローラゲート—ストローネーゲート—ローリングゲート—テンターゲート—起伏ゲート—フラッシュボード—角落し	
4.2.4	可動せき付属設備	101
4.2.5	取入れ口	101
	取入れ口の配置—除じん装置—排砂装置—貯水池，調整池からの取水	
4.3	導水路	105
4.3.1	概 説	105
4.3.2	水路の設計	106
	経済的こう配—水路の経過地—水路の寸法—水路に関する注意事項	
4.3.3	開きよ	108
4.3.4	暗きよ	108
	断面形状—圧力暗きよ	
4.3.5	トンネル	109
4.3.6	その他	111
	水路橋—水路管—とい—マンホール	
4.3.7	沈砂池	112
4.3.8	放水路	113
4.4	上水そう，サージタンクおよび余水路	114
4.4.1	上水そう	114
	沈砂—水車負荷変動に対する作用—上水そうの容量—上水そうの付属設備—水路式発電所と調整発電所に使う場合	
4.4.2	サージタンク	117
	水撃圧—サージ作用—サージタンクの種類—サージタンクの配置—サージタンクの設計条件—放水路に圧力トンネルを設ける場合	
4.4.3	余水路	121
4.5	水圧管路	123
4.5.1	水圧管路の設計	123
	水圧管路の位置—水圧管の材質—水圧管の敷設—水圧管の条数—水圧管の直径—水圧管に作用する力—水圧管の強度	
4.5.2	水圧鉄管	126
	水圧鉄管の種類—水圧鉄管の支承	
4.5.3	水圧鉄管付属設備	127

伸縮接手——制水弁——空気弁および空气管——排水弁——流速測定装置——マンホール

4.5.4 超高压トンネル	129
4.6 その他	130
4.6.1 発電所基礎	130
4.6.2 土捨場	133
4.7 摘要	134
4.8 問題	136

第5章 水 車

5.1 総説	137
5.1.1 水車の効率と出力	137
5.1.2 水車の種類	138
5.1.3 水車の制御	138
5.1.4 揚水発電所のポンプ	139
5.2 水車の種類	139
5.2.1 概説	139
5.2.2 ベルトン水車の分類と形式の呼び方	140
5.2.3 フランス水車の分類と形式の呼び方	141
放流の数による分類——ケーシングの形による分類	
5.2.4 プロペラ水車の分類と形式の呼び方	142
ケーシングの形による分類——ランナベーンの構造による分類とカブラン水車	
5.2.5 斜流水車の呼び方	145
5.3 ベルトン水車の構造とこれに作用する水力	145
5.3.1 ベルトン水車の構造	145
主軸・主軸受・パッキン箱——ノズル——ランナ——デフレクタとジェットブレーキ	
5.3.2 ベルトン水車に作用する水力	149
ランナに作用する力——ベルトン水車の効率	
5.4 フランス水車の構造とこれに作用する水力	151
5.4.1 フランス水車の構造	152
ケーシングとスピードリンク——ランナ——水量調整機構	
5.4.2 フランス水車に作用する水力	154
ランナに作用する力——ランナに作用するスラスト——フランス水車の効率	
5.5 カブラン水車および斜流水車の構造とプロペラ水車に作用する水力	157

5.5.1	カブラン水車の構造	158
	ランナ—ランナペーン操作機構—ケーシング—円筒水車	
5.5.2	斜流水車の構造	160
5.5.3	プロペラ水車に作用する水力	161
	ランナに作用する力—プロペラ水車の効率	
5.6	吸出し管と吸出し高さ	163
5.6.1	吸出し管の機能と構造	163
	吸出し管の機能—吸出し管の形	
5.6.2	吸出し高さとの吸出し管の作用	164
5.6.3	吸出し高さの決定	166
5.7	付属装置	168
5.7.1	入口弁	168
5.7.2	調速機	169
	調速機の構造と作用—調速機の種類—調速機の機能	
5.7.3	制圧装置	175
	ベルトン水車の制圧装置—フランス水車の制圧装置	
5.7.4	圧油装置と潤滑油装置	176
	圧油装置による水車の制御—圧油装置の構成—潤滑油装置	
5.7.5	その他の装置	177
	水位調整機—運転制御装置	
5.8	水車の特性と選定	177
5.8.1	概 説	177
5.8.2	比速度	178
	比速度—比速度と水車の種類との関係	
5.8.3	効 率	181
	水車の種類と効率—最高効率とその概数	
5.8.4	落差の変化に対する特性	182
5.8.5	回転速度と周波数の変化に対する特性	183
5.8.6	無拘束速度	184
5.8.7	水車の形式と回転速度の選定	185
	形式の選定—回転速度の選定—形式選定上考慮する事項	
5.8.8	水車の重量と大きさ	188
5.9	水車の据付, 水車に与える障害	189
5.9.1	水車の据付	189
5.9.2	水車に与える障害	190
	キャビテーションによる喰食—土砂による侵食—酸と塩分による腐食—水車の振動—水車に与える障害の対策	

5.10 揚水発電所のポンプ	192
5.10.1 概 説	192
5.10.2 ポンプの種類と構造	195
5.10.3 ポンプ水車の種類と呼び方	195
フランス形——プロペラ形——斜流形	
5.10.4 ポンプの揚程と吸込み高さ	197
揚程——吸込み高さ	
5.10.5 ポンプの過渡現象	198
5.10.6 ポンプの一般特性	199
ポンプの比速度——ポンプの効率——回転数と揚程、動力の関係——揚水量と揚程、効率、動力の関係	
5.10.7 ポンプ水車の特性	201
フランス形——プロペラ形——斜流形	
5.10.8 ポンプ運転	205
ポンプ運転に要する動力——ポンプの起動方法——流量の調整	
5.10.9 ポンプの選定	206
ポンプの形式の選定——軸方向の選定——回転速度の選定	
5.11 摘 要	209
5.12 問 題	211

第6章 水車発電機

6.1 概 説	215
6.1.1 機械の形態	215
6.1.2 原動機に関する問題	215
広い速度範囲——水車調速機に関する特異点	
6.1.3 据付場所に関する問題	216
輸送に関する考慮——現場組立の考慮	
6.1.4 送電線路に関する問題	217
送電線路の充電——安定度——送電線路の事故に対する考慮——両サイクル運転	
6.2 種 類	217
6.2.1 励磁方式による分類	218
6.2.2 軸方向による分類	218
6.2.3 軸受配置による分類	219
普通形——かさ形	
6.3 構 造	222
6.3.1 固定子	223

	台床——固定子わく——保護カバー——固定子鉄心——固定子コイル	
6.3.2	回転子	228
	磁極鉄心——回転子コイル——回転子リムとスパイダ——主軸	
6.3.3	軸受	232
	横軸発電機——立軸発電機	
6.4	冷却方式	237
6.4.1	開放形	237
6.4.2	全閉管通風形	237
6.4.3	全閉内冷形	238
6.5	電圧、力率および速度	239
6.5.1	電圧	239
6.5.2	力率	239
6.5.3	速度	239
6.6	励磁方式および自動電圧調整器	240
6.6.1	概説	240
6.6.2	励磁方式	241
6.6.3	自動電圧調整器	242
6.6.4	自動交流発電機	242
6.7	周波数	244
6.8	特性	245
6.8.1	短絡比	245
6.8.2	線路充電	245
	同期機の容量負荷に対する特性——送電線路の充電方法	
6.8.3	安定度	247
	安定度の増進——制動巻線	
6.8.4	はずみ車効果	249
6.8.5	効率の概数	250
6.9	寸法および重量の概数	251
6.10	付属設備	253
6.10.1	立軸発電機の軸受給油装置	253
6.10.2	ブレーキ	254
6.10.3	通風翼	254
6.10.4	コイル保護用消火装置	254
6.11	並行運転	255
6.11.1	電力系統との並行運転	255
6.11.2	同期化力	256
6.11.3	乱調	258

6.11.4 並列法	258
同期並列——強制並列	
6.12 揚水発電用発電電動機	259
6.12.1 発電電動機の容量	259
6.12.2 可逆式発電電動機	259
起動方法——回転方向の正逆転——2速度機	
6.13 摘要	262
6.14 問題	264

第7章 水力発電計画

7.1 計画概論	265
7.1.1 概説	265
7.1.2 需給関係	265
7.1.3 水火力の併用	265
7.1.4 河川の総合的利用	265
7.1.5 建設費	267
7.1.6 発電原価と収入との関係	267
7.1.7 既設発電所および将来の開発計画との関係	268
7.1.8 補償問題	268
7.1.9 地質の問題	268
7.1.10 完成までに要する工期	268
7.1.11 資材および労務関係	269
7.1.12 需要地点までの送電線路、変電所の計画	269
7.1.13 工事能力	269
7.1.14 特殊な技術的問題	269
7.1.15 その他	269
7.2 発電地点の選定	270
7.2.1 概説	270
7.2.2 水力地点の選定方針	270
7.3 発電方式	270
7.3.1 構造上の分類	270
7.3.2 流量の使用方法による分類	271
7.4 使用流量と落差	271
7.4.1 使用流量の決定	271
水路式の場合——調整池のある場合——貯水池のある場合	
7.4.2 落差	274
損失落差——基準落差——貯水池における落差の変化——水路式発電	

所における落差——こう水時における落差の変化

7.5 発電所出力と機械台数	275
7.5.1 発電所出力	275
7.5.2 機械台数の決定	276
7.6 発電電力量	278
7.6.1 発電電力量の算出	278
7.6.2 河川流量の利用実績	279
7.7 調整池	279
7.7.1 調整池の容量	279
7.7.2 調整池を設ける方法	280
7.7.3 逆調整池	280
7.8 貯水池	280
7.8.1 概 説	280
7.8.2 貯水池の種類	281
7.9 建設費と発電原価	282
7.9.1 建設費	282
7.9.2 発電原価	283
金利——減価償却——般経費——諸税——業務上の一般関連費	
7.10 資 材	284
電気関係——土木関係——仮設備および工事中用機械——所要資金と資 材量	
7.11 総合開発計画	286
7.12 摘 要	286
7.13 問 題	289

第 8 章 変 圧 器

8.1 総 説	294
8.2 構 造	294
8.2.1 概 説	294
8.2.2 本 体	294
鉄心——巻線——付属品	
8.3 絶 縁	296
8.3.1 絶縁の基準	296
異常電圧——絶縁階級	
8.3.2 シャーヒと段絶縁	297
内部電位振動——非共振変圧器——段絶縁	
8.4 特 性	298

8.4.1	インピーダンス	298
	インピーダンス電圧——インピーダンスの測定	
8.4.2	電圧変動率	298
8.4.3	損失および効率	299
	無負荷損——負荷損——効率	
8.4.4	励磁電流	299
	高調波電圧・電流——過渡励磁突流	
8.5	変圧器の設備個数と結線方式	300
8.5.1	設備個数	300
8.5.2	結線方式	300
8.6	変圧器の選定方針	301
8.6.1	容量	301
8.6.2	単相変圧器と三相変圧器	301
8.6.3	巻線方式	301
	二巻線・三巻線変圧器——単巻変圧器	
8.6.4	冷却方式	302
	油入自冷式——油入風冷式——油入水冷式——送油風冷式——送油水冷式——乾式	
8.6.5	定格電圧およびタップ電圧	304
	定格電圧——タップ電圧——周波数	
8.7	温度上昇、過負荷および劣化	305
8.7.1	温度上昇限度	305
8.7.2	過負荷	306
8.7.3	劣化	306
8.8	絶縁油	306
8.9	工事	306
8.9.1	運搬および組立	306
	小中容量変圧器の場合——大容量変圧器の場合	
8.9.2	乾燥	308
	熱風乾燥法——電気乾燥法——熱油乾燥法——真空乾燥法	
8.10	負荷時の電圧調整	309
8.10.1	概説	309
8.10.2	負荷時のタップ切換変圧器	309
8.10.3	負荷時電圧調整器	309
8.10.4	応用	310
	電力系統の連系——並列送電回路——母線電圧の調整	
8.11	摘要	310

8.12 問題	311
---------	-----

第9章 配電盤および開閉装置

9.1 総説	312
9.2 回路結線方式	312
9.2.1 回路結線方式の選定方針	312
9.2.2 単線結線図	313
9.2.3 標準回路結線方式	314
発電機と変圧器間の結線方式——母線の結線方式——標準回路結線方式	
9.3 母線および導線	315
9.3.1 母線の形式	315
屋外鉄構——パイプ構造物——コンクリート構造物——その他の支持方法	
9.3.2 母線および導線に使用される導体	317
導体の種類と選定——裸導体の電流容量——電力ケーブルの電流容量——アルミニウム線と銅線との比較——電流と温度上昇との関係——電圧別の導体太さ	
9.3.3 線間距離と対地距離	320
9.3.4 短絡電流に対する母線の機械的耐力	321
計算式——短絡電流による電磁力	
9.4 配電盤	323
9.4.1 配電盤の材料	323
鋼板盤——大理石盤——エポニーアスベスト盤	
9.4.2 配電盤の分類	324
構造による分類——配列法による分類——特殊盤	
9.4.3 配電盤の構造	325
9.4.4 配電盤用計器	326
種類——指示計器——記録計器——積算電力計——表面形計器と埋込形計器	
9.4.5 付属機器および配線	327
制御スイッチ——模擬母線——信号燈——配線	
9.4.6 メタルクラッドキュービクルとコンクリートクラッドキュービクル	328
9.5 シャ断器	329
9.5.1 交流回路のシャ断	329
9.5.2 シャ断器の規格および性能	331
シャ断器の定格——シャ断器の性能	

9.5.3	しゃ断器の種類および形式 油入鉄そう形——油入がいし形——水しゃ断器——空気しゃ断器—— 磁気しゃ断器	336
9.5.4	しゃ断器の操作方式 電磁および電動操作——圧縮空気操作	340
9.5.5	しゃ断器の運用および選定方針 送電系統としゃ断容量との関係——短絡容量の計算——構造または形 式——使用場所——操作方式——定格電圧および絶縁階級	341
9.5.6	高速度再投入 高速度再投入の必要性——高速度再投入方式	344
9.6	断路器	345
9.6.1	断路器の分類	345
9.6.2	断路器の規格と性能 断路器の定格——性能	346
9.6.3	断路器の操作方式	347
9.6.4	断路器の開閉能力	347
9.7	電力ヒューズ	348
9.7.1	電力ヒューズの種類 放出形ヒューズ——密閉形ヒューズ——引込形ヒューズ	348
9.7.2	電力ヒューズの規格と性能 定格——溶断特性	349
9.8	計器用変成器	349
9.8.1	計器用変圧器 計器用変圧器の種類——計器用変圧器の規格と性能	350
9.8.2	変流器 変流器の種類——変流器の規格と性能	351
9.8.3	計器用変圧変流器	353
9.9	補助回路	353
9.9.1	所内電力回路	353
9.9.2	操作回路	353
9.9.3	蓄電池および充電器	354
9.9.4	制御ケーブル	354
9.10	摘要	354
9.11	問題	356

第10章 制御および保護装置

10.1	総説	357
------	----	-----

10.2	制 御	358
10.2.1	制御方式	358
	手動制御方式——一人制御方式——遠隔制御方式——遠隔監視制御方式	
10.2.2	制御装置	366
	水車制御装置——発電機制御装置——自動同期装置——自動電圧調整装置および自動力率調整装置——自動周波数制御装置	
10.2.3	制御方式の選定	372
10.3	保 護	373
10.3.1	保護方式	373
	手動保護——一人制御における保護方式——遠隔制御における保護方式	
10.3.2	保護方式の選定	375
10.4	保護継電器	376
10.4.1	概 説	376
10.4.2	継電器の種類	376
10.4.3	継電器の適用例	377
	水車発電機——変圧器——送電線路——特殊保護方式——水車	
10.5	避雷器	380
10.5.1	避雷器の作用	381
10.5.2	構 造	382
	直列ギャップ——特性要素——サージ吸収形	
10.5.3	種 類	383
	抵抗形——弁形——弁抵抗形——放出形	
10.5.4	避雷器の規格および特性	385
	定格——性能	
10.5.5	避雷器の選定	386
	送電系統の過電圧と定格電圧——避雷器の被保護機器との距離——変圧器中性点避雷器	
10.5.6	絶縁協調	389
10.5.7	避雷器の接地	389
	接地抵抗——接地工事——接地導線	
10.5.8	架空地線	390
10.6	サージ吸収器および絶縁変圧器	391
10.6.1	概 説	391
10.6.2	設置場所	391
10.6.3	構 造	392

10.6.4	保護効果	392
10.7	中性点接地方式	393
10.7.1	発電機の接地	394
10.7.2	変圧器の接地	394
	計器用変圧器接地——抵抗接地——消弧リアクトル接地——直接接地	
10.8	摘要	396
10.9	問題	398

第11章 付 帯 設 置

11.1	機械組立設備	399
11.2	屋外鉄構	399
11.3	照明設備	400
11.3.1	概 説	400
11.3.2	屋内照明	401
11.3.3	屋外照明	403
11.4	給水排水設備	403
11.4.1	給水設備	403
11.4.2	排水設備	403
11.5	通信設備	404
11.6	修理設備	404
11.6.1	修理設備	404
11.6.2	工 具	405
11.7	雑設備	405
11.7.1	概 説	405
11.7.2	予備電源	405
11.8	摘要	405
11.9	問題	406

第12章 発 電 所 建 物

12.1	総 説	407
12.1.1	工場建築のありかた	407
12.1.2	発電所建物	409
	発電所本館——発電所付属建物	
12.2	建築構造一般	409
12.2.1	構造法の選定および構造設計	409
12.2.2	木構造	410
12.2.3	鋼構造	412

12.2.4	鉄筋コンクリート構造	413
12.2.5	新しい構造	415
12.3	建物の計画	416
12.3.1	建築計画	416
12.3.2	建物各部の構造	417
	雨仕舞—耐候性—熱，光の調節性—音の調節性—防災性— 耐食性—建具—色彩調和	
12.3.3	建築設備	418
	換気，空気調和設備—照明その他電気，機械設備—給排水，衛生 設備	
12.4	建物の保守	420
12.4.1	建物の損耗と災害	420
12.4.2	建物の保守	420
12.5	摘 要	421
12.6	問 題	421

第 13 章 試験と運転保守

13.1	概 説	422
13.2	工場試験	422
13.2.1	水 車	422
	模型試験—耐圧試験—材料試験—組立検査—調速機の試験— —入口弁の漏水試験—圧油ポンプ，給水ポンプなどの運転試験— 運転制御器具の調整および試験	
13.2.2	発電機	424
	主発電機—主励磁機—副励磁機	
13.2.3	変圧器	427
13.2.4	しゃ断器	427
13.2.5	クレーン	428
13.2.6	操作用蓄電池	428
	型式試験—受入れ試験	
13.2.7	制御ケーブル	429
13.3	現場試験	429
13.3.1	継電器	429
13.3.2	補助設備	429
	圧油ポンプと圧油系統—潤滑油ポンプ—冷却水ポンプ—排水ポ ンプ	
13.3.3	接地抵抗	430

13.3.4	通水検査と試運転	430
	通水検査—試運転	
13.3.5	発電機の乾燥運転	431
13.3.6	発電機の特性試験	431
13.3.7	調速機試験	431
13.3.8	負荷試験	431
13.3.9	出力試験	432
13.3.10	効率試験	432
13.3.11	機器の細密試験	432
13.4	官庁試験	432
13.5	運転保守	432
13.5.1	水車	432
	ランナ—吸出し管—スピードリング、ケーシング—ガイドベ ン—入口弁—圧油および潤滑油装置—調速機—制圧機	
13.5.2	発電機	434
	軸受—巻線焼損—励磁機—冷却効果の調査	
13.5.3	変圧器	434
13.5.4	制御および保護装置	434
13.5.5	ダムおよび取入れ口	435
13.5.6	導水路	435
13.5.7	貯水池および調整池	436
13.5.8	沈砂池	436
13.5.9	水そうおよび余水路	436
13.5.10	水圧管路	437
13.6	給電業務の概要	437
13.7	電力系統の運営	438
13.7.1	電力需給	438
	供給力—需要電力—電圧調整—周波数調整—系統構成	
13.7.2	設備の運営	439
13.8	摘要	440
13.9	問題	440

第14章 調相設備

14.1	水車発電機の調相機運転	441
14.1.1	調相機運転の効果	441
14.1.2	運転方法	441
14.1.3	水車発電機の低励磁運転	442

14.2	電力系統と調相設備	442
14.2.1	概 説	442
	調相設備の種類——調相設備の必要性	
14.2.2	調相機	444
	形式，構造——特性——起動方式および制動方式——電圧調整方式	
14.2.3	非同期調相機	448
14.2.4	水素冷却同期調相機	443
14.2.5	調相機の選定	449
	同期調相機と非同期調相機——進相容量と遅相容量	
14.2.6	電力用コンデンサ	449
	種類，形式，構造——結線と配置方式——付属設備	
14.2.7	分路リアクトル	452
14.2.8	同期調相機，電力用コンデンサ，分路リアクトルの比較	453
14.3	摘 要	453
14.4	問 題	454
	索 引	456

