

目 次

I . 基 礎 編

第1章 熱 伝 導

1・1 熱伝導の基本	1	1・4・2 単純形状固体の加熱・冷却	12
1・1・1 熱伝導率とフーリエの法則	1	1・4・3 周期熱伝導	14
1・1・2 熱伝導方程式	2	1・5 融解・凝固を伴う熱伝導	15
1・1・3 熱伝導問題の境界条件	3	1・5・1 融解・凝固を伴う熱伝導	15
1・1・4 熱伝導問題の無次元化	3	1・6 接触熱抵抗	16
1・2 定常熱伝導	4	1・6・1 接触熱抵抗の概念	16
1・2・1 定常熱伝導 (その1 平板)	4	1・6・2 接触状態のモデル化	16
1・2・2 定常熱伝導 (その2 円筒または球殻)	5	1・6・3 接触熱抵抗の推定式	16
1・2・3 定常熱伝導 (その3 多層体)	6	1・6・4 接触熱抵抗に影響を与える因子	17
1・3 フィンの熱伝導	8	1・7 熱応力と熱衝撃	18
1・3・1 フィン効率	8	1・7・1 自由膨張を拘束されることにより生じる熱応力	18
1・3・2 直線フィン	9	1・7・2 定常熱応力	18
1・3・3 環状フィン	9	1・7・3 非定常熱応力	19
1・3・4 突起フィン	10	1・7・4 熱衝撃	21
1・4 非定常熱伝導	12	1・7・5 有限要素法	22
1・4・1 半無限固体の加熱・冷却	12		

第2章 対 流 熱 伝 達

2・1 対流熱伝達の基礎	23	2・3・2 物体まわりの自然対流熱伝達	55
2・1・1 熱伝達と熱伝達率	23	2・3・3 密閉流体層	56
2・1・2 次元解析と無次元表示	23	2・4 その他の重要な対流熱伝達	59
2・1・3 境界層, 層流・乱流と熱伝達	24	2・4・1 高速気体流の熱伝達	61
2・1・4 内部流 (管内流) の場合	24	2・4・2 希薄気体の熱伝達	62
2・1・5 強制・自然対流, 層流・乱流の領域判別	25	2・4・3 超臨界圧流体の熱伝達	64
2・2 強制対流熱伝達	26	2・4・4 非ニュートン流体の対流熱伝達	66
2・2・1 外部流	27	2・4・5 液体金属の熱伝達	67
2・2・2 管内流 (内部流) の強制対流熱伝達	40	2・4・6 電磁流体の熱伝達	73
2・3 自然対流熱伝達	52	2・4・7 回転系の熱伝達	76
2・3・1 平板に沿う自然対流熱伝達	52	2・4・8 多孔質における熱伝達	78

第3章 物質移動と熱伝達

3・1 物質移動	82	3・1・7 液体中の拡散	85
3・1・1 フィックの法則と物質拡散	82	3・1・8 流れ・反応・光と物質移動の相互作用	85
3・1・2 物質伝達と物質伝達率	83	3・2 物質移動冷却	87
3・1・3 物質伝達と熱伝達のアナロジー	83	3・2・1 吹き出し, 吸い込み境界層	87
3・1・4 空気中における各種気体の拡散係数	84	3・2・2 膜冷却	89
3・1・5 多成分系拡散	84	3・2・3 ミスト冷却	91
3・1・6 相変化があるときの界面の平衡温度	84	3・2・4 着霜	94

第4章 沸騰熱伝達

4・1	プール沸騰熱伝達	97	4・2・3	二相流の圧力損失	107
4・1・1	沸騰様式	97	4・2・4	二相流のボイド率	107
4・1・2	伝熱特性に及ぼす主要因子の影響	98	4・2・5	サブクール域の熱伝達 (サブクール沸騰, 沸騰開始点)	108
4・1・3	核沸騰熱伝達	98	4・2・6	高クオリティ域の熱伝達	109
4・1・4	プール沸騰の限界熱流束	99	4・2・7	強制対流沸騰の限界熱流束	110
4・1・5	遷移沸騰及び膜沸騰の熱伝達	100	4・2・8	ポストドライアウト域の熱伝達	112
4・1・6	特殊沸騰系および液体	101	4・2・9	流動不安定性	113
4・2	強制流沸騰熱伝達	105	4・2・10	特殊二相流動系	114
4・2・1	沸騰二相流動と流動様式	106	4・2・11	重力加速度の影響	117
4・2・2	二相流の主要パラメータ	106			

第5章 凝縮熱伝達

5・1	膜状凝縮	119	5・1・5	液体金属蒸気の凝縮	123
5・1・1	鉛直面上における単一成分飽和蒸気の膜状凝縮	119	5・2	滴状凝縮	125
5・1・2	水平円管, 水平管群の外面の膜状凝縮	120	5・2・1	はじめに	125
5・1・3	管内凝縮	121	5・2・2	水蒸気の滴状凝縮	125
5・1・4	不凝縮気体を含む蒸気および多成分蒸気の凝縮	122	5・2・3	水以外の蒸気の滴状凝縮	126
			5・2・4	滴状凝縮を維持させる表面処理	128
			5・2・5	擬似滴状凝縮: マランゴニ凝縮熱伝達	128

第6章 ふく射

6・1	ふく射伝熱の基本法則	131	6・3・5	ふく射伝熱の数値解析法	145
6・1・1	プランクの法則	131	6・4	ガスと火炎のふく射	147
6・1・2	ウィーンの変位則	131	6・4・1	ガスのふく射	147
6・1・3	ステファン・ボルツマンの法則と放射率	132	6・4・2	火炎等のふく射	149
6・1・4	キルヒホッフの法則	132	6・5	ふく射と伝導・対流の共存, 表面構造の影響, 太陽・生体のふく射	151
6・1・5	ランバードの余弦法則	132	6・5・1	ふく射と伝導・対流の共存	151
6・1・6	形態係数	132	6・5・2	ガラス (半透明媒体) 内のふく射伝熱	153
6・1・7	固体の吸収率	132	6・5・3	熱ふく射に対するコーティング, 表面構造, 酸化の影響	154
6・1・8	等温気体塊の放射率と吸収率	133	6・5・4	太陽放射, 都市環境, 太陽光吸収率・放射率特性	155
6・1・9	相当厚さ	133	6・5・5	生体のふく射	157
6・2	固体面間のふく射伝熱	134	6・5・6	ふく射によるアクティブ伝熱制御	158
6・2・1	黒体面間のふく射伝熱	134	6・6	ふく射物性	161
6・2・2	非黒体面間のふく射伝熱	136	6・6・1	固体表面の放射率, 金属の指向放射率, セラミック, 半導体材料	161
6・2・3	形態係数	137	6・6・2	液体, 透過材料の放射率・吸収係数	162
6・2・4	ふく射伝熱計算	139	6・6・3	ガスの放射率	163
6・3	ふく射性媒体を含むふく射伝熱	141			
6・3・1	ふく射輸送方程式	141			
6・3・2	ふく射性媒体	143			
6・3・3	平行平板間のふく射伝熱	144			
6・3・4	ふく射伝熱の近似法	145			

Ⅱ．応用編

第1章 伝熱促進

1・1 単相流強制対流熱伝達の促進	165	1・3・3 管内凝縮	177
1・1・1 伝熱促進の基礎	166	1・3・4 その他の伝熱促進法	178
1・1・2 拡大伝熱面にある伝熱促進	168	1・4 ふく射による伝熱促進	179
1・1・3 スワール流装置	168	1・4・1 基本的な考え方	179
1・1・4 タービュレンスプロモータ	169	1・4・2 伝熱面のふく射性能	179
1・1・5 ピンフィン	169	1・4・3 作動媒体のふく射性能	179
1・1・6 拡大伝熱面（コンパクト熱交換器の基礎）	170	1・4・4 伝熱面配置の最適化	180
1・2 沸騰熱伝達の促進	172	1・4・5 エネルギー変換体ふく射伝熱	180
1・2・1 プール沸騰系	172	1・5 能動的伝熱促進	182
1・2・2 流動沸騰系	174	1・5・1 電場利用	182
1・3 凝縮熱伝達の促進	176	1・5・2 磁場利用	183
1・3・1 伝熱促進の基本的考え方	176	1・5・3 超音波他の利用	184
1・3・2 管外凝縮	176		

第2章 固体媒体・気相の対流熱伝達

2・1 充填層の伝熱	185	2・2 流動層の伝熱	187
2・1・1 充填層の有効熱伝導率	185	2・2・1 流動化開始速度	187
2・1・2 充填層の熱伝達	186	2・2・2 流動層の熱伝達	187

第3章 回転する機器の熱伝達

3・1 静止一回転円板の熱伝達	189	3・2・3 垂直軸まわりに回転する円管内の熱伝達	191
3・2 回転する流路内の熱伝達	190	3・2・4 タービュレンスプロモータ付き回転流路	192
3・2・1 軸まわりに回転する円管流路の熱伝達	190	3・2・5 回転同軸円筒	192
3・2・2 平行軸まわりに回転する流路内の熱伝達	190	3・2・6 ラビリンス	193

第4章 加熱炉における熱伝達

4・1 加熱炉の種類	195	4・2・3 炉内の熱放射	199
4・1・1 流体加熱炉	195	4・2・4 炉内の熱流動解析手法	200
4・1・2 固体加熱炉	196	4・3 加熱性能改善技術	202
4・1・3 加熱炉の熱効率と熱量原単位	196	4・3・1 加熱炉の省エネルギー対策	202
4・2 炉内の流動と熱伝達	197	4・3・2 熱再生燃焼と高温空気燃焼	203
4・2・1 炉内の流動	197	4・3・3 炉の伝熱促進技術	204
4・2・2 燃焼炉の熱収支	198		

第5章 保温・断熱

5・1 断熱	205	5・2 真空断熱	208
5・1・1 平面の断熱	205	5・2・1 真空断熱	208
5・1・2 円管の断熱	205	5・2・2 熱ふく射シールド	208
5・1・3 断熱材の有効熱伝導率	206	5・2・3 粉末断熱	209
5・1・4 多孔質層の熱伝達率	206		

Ⅲ．機 器 編

第1章 熱 交 換 器

1・1 熱交換器の分類	211	1・4・2 ハイフィンの空冷式熱交換器	226
1・1・1 隔板式熱交換器	211	1・5 コンパクト熱交換器	228
1・1・2 蓄熱式熱交換器	212	1・5・1 計算式	228
1・1・3 直接接触式熱交換器	212	1・5・2 熱伝達率, 抵抗係数の実験式	229
1・2 熱交換器の基礎	213	1・6 蓄熱式熱交換器	232
1・2・1 主要変数	213	1・6・1 蓄熱式熱交換器の構造と種類	232
1・2・2 入口と出口条件が与えられ, 伝熱面積を求め る場合 (隔壁式熱交換器)	213	1・6・2 ユングストローム形熱交換器	232
1・2・3 伝熱面積, 流量および入口条件が与えられ, 出口条件と交換熱量を求める場合 (隔壁式熱 交換器)	214	1・6・3 全熱交換器	234
1・2・4 蓄熱式熱交換器	216	1・6・4 バルブ切換式の蓄熱式熱交換器	234
1・2・5 その他の関連事項	218	1・7 極低温の熱交換器	235
1・3 シェル・アンド・チューブ熱交換器	221	1・7・1 代表的な液化ガス	235
1・3・1 交換熱量	221	1・7・2 蓄冷器	235
1・3・2 熱伝達率	221	1・7・3 蓄冷材とヘリウムガスの比熱	236
1・3・3 流動抵抗	223	1・7・4 向流型熱交換器	236
1・3・4 汚れ係数	223	1・8 熱交換器の設計例	238
1・4 フィン付管熱交換器	225	1・8・1 設計条件	238
1・4・1 ローフィンの多管式熱交換器	225	1・8・2 幾何形状の決定	238
		1・8・3 基本性能の計算	238
		1・8・4 その他	240

第2章 放 熱 機 器

2・1 自然空冷機器	241	2・4・1 まえがき	248
2・1・1 自然対流熱伝達率	241	2・4・2 熱回路網モデルの定式化	248
2・1・2 簡便式の仮定	241	2・4・3 非線形の取り扱い	248
2・1・3 密閉管体の簡便式	241	2・4・4 半導体パッケージモデル	248
2・1・4 通風管体の簡便式	242	2・4・5 熱実験結果	249
2・2 強制空冷機器	243	2・4・6 熱回路網モデルの作成	249
2・2・1 基本的事項	243	2・4・7 単相計算手順	249
2・2・2 設計の流れ	243	2・4・8 相変化進行中の節点の扱い	249
2・2・3 通風路の流体抵抗	244	2・4・9 計算結果と実験結果の比較	250
2・2・4 設計時の留意事項	244	2・4・10 あとがき	250
2・3 放熱ヒートシンク	245	2・5 マイクロ伝熱機器	251
2・3・1 強制空冷ヒートシンク	245	2・5・1 単相流の適用	251
2・3・2 自然空冷ヒートシンク	246	2・5・2 強制対流沸騰の適用	251
2・4 熱回路網法の設計応用	248		

第3章 熱輸送デバイス

3・1 ヒートパイプ	253	3・2 振動流型熱輸送管	256
3・1・1 構造と作動原理	253	3・2・1 代表的な振動流型熱輸送管	256
3・1・2 作動限界	253	3・2・2 振動流による熱拡散促進効果	256
3・1・3 使用温度範囲	255	3・2・3 管内振動流に関する無次元数	256
3・1・4 作動流体・容器材料の適合性	255	3・2・4 Dream Pipe	256

3・2・5	COSMOS Heat Pipe	257	3・3・1	ペルチェ冷却の原理	258
3・2・6	強制・单相振動流型熱輸送管の最適化	257	3・3・2	ペルチェ冷却とペルチェ素子	258
3・2・7	Pulsating Heat Pipe	257	3・3・3	ペルチェ冷却の特徴	258
3・3	ペルチェ冷却	258	3・3・4	設計例	259

Ⅳ．測定編

第1章 温度場の計測

1・1	温度測定の基本	261	1・3・3	使い方	267
1・1・1	温度目盛	261	1・4	放射温度計	268
1・1・2	各種温度測定法	263	1・4・1	原理	268
1・2	熱電対	264	1・4・2	種類と特性	268
1・2・1	原理	264	1・4・3	使い方	269
1・2・2	種類と特性	265	1・5	温度場の可視化	270
1・2・3	使い方	265	1・5・1	赤外線カメラ	270
1・3	抵抗温度センサ	266	1・5・2	光干渉計	271
1・3・1	原理	266	1・5・3	感温液晶	272
1・3・2	種類と特性	266			

第2章 測定の不確かさ

2・1	不確かさ解析の意義	274	2・3・2	計測過程の決定及び要素誤差要因の列挙	276
2・2	確率・統計論の基礎	274	2・3・3	各パラメータの要素偶然不確かさの計算	276
2・2・1	確率	274	2・3・4	各パラメータの要素系統不確かさの計算	276
2・2・2	種々の確率分布	275	2・3・5	計測の不確かさの結果への伝搬	276
2・2・3	統計的推定	275	2・3・6	結果の不確かさ	277
2・3	不確かさ解析の方法	275	2・3・7	報告	277
2・3・1	偶然誤差と系統誤差	275	2・4	不確かさ解析の例	277

Ⅴ．物性編

第1章	主要物質の基本的性質	279	4・9	水素の物性値	302
第2章	金属の物性値	281	4・10	窒素の物性値	303
第3章	固体の物性値	287	4・11	酸素の物性値	304
第4章	液体および気体の物性値	291	4・12	メタンの物性値	305
4・1	水（軽水）の物性値	291	4・13	エタンの物性値	306
4・1・1	水（軽水）の飽和状態の物性値	291	4・14	エチレンの物性値	307
4・1・2	水（軽水）の圧縮液と過熱蒸気	292	4・15	プロパンの物性値	308
4・2	重水の物性値	294	4・16	プロピレンの物性値	309
4・3	空気の物性値	295	4・17	nブタンの物性値	310
4・4	アンモニアの物性値	297	4・18	イソブタンの物性	311
4・5	二酸化炭素の物性値	298	4・19	nペンタンの物性値	312
4・6	ヘリウムの物性値	299	4・20	イソペンタンの物性	313
4・7	ネオンの物性値	300	4・21	R22 (HCFC-22) の物性値	314
4・8	アルゴンの物性値	301	4・22	R32 (HFC-32) の物性値	315

4・23	R123 (HFC-123) の物性値	316	第5章 その他の物性値	323
4・24	R125 (HFC-125) の物性値	317	5・1 液体金属	323
4・25	R134a (HFC-134a) の物性値	318	5・2 溶融塩	325
4・26	R143a (HFC-143a) の物性値	319	5・3 有機溶媒	327
4・27	R152a (HFC-152a) の物性値	320	5・4 海水およびブライン	329
4・28	R410A (HFC-32+HFC-125) の物性値	321	5・5 湿り空気	331
4・29	R502の物性値	322	5・6 主要気体の拡散係数	332
