

目 次

I. 基礎編

第1章 熱伝導

1.1 熱伝導の基本1	1.6 溶融・凝固を伴う熱伝導問題.....28
1.1.1 熱伝導の現象と形態.....1	1.6.1 解析解28
1.1.2 熱伝導の基礎式.....1	1.6.2 差分法による数値解析29
1.1.3 熱伝導問題の境界条件.....2	1.7 接触熱抵抗.....30
1.1.4 熱伝導問題の無次元化.....3	1.7.1 接触熱抵抗の概念30
1.1.5 熱伝導の熱物性値.....4	1.7.2 接触熱抵抗に影響を与える因子30
1.2 定常熱伝導5	1.7.3 接触状態のモデル化30
1.3 非定常熱伝導6	1.7.4 接触熱抵抗の推定式31
1.3.1 加熱, 冷却の熱伝導.....6	1.7.5 接触熱抵抗の推定に当たっての注意事項31
1.3.2 周期熱伝導14	1.8 熱応力と熱衝撃.....32
1.4 線形熱伝導の数値解法.....16	1.8.1 自由膨張を拘束されることにより生じる熱応力 32
1.4.1 非定常熱伝導の数値解法16	1.8.2 定常熱応力32
1.4.2 差分法の基礎16	1.8.3 非定常熱応力34
1.4.3 任意形状二次元領域に対する解法18	1.8.4 熱衝撃37
1.4.4 定常熱伝導の数値解法26	1.8.5 有限要素法38
1.5 非線形熱伝導問題.....27	1.9 ハイスラー線図.....39
1.5.1 基礎方程式27	1.9.1 ハイスラー線図の概要39
1.5.2 キルヒホッフ (Kirchhoff)変換.....27	1.9.2 計算例39
1.5.3 定常一次元熱伝導の例題27	

第2章 対流熱伝達

2.1 対流熱伝達の基礎.....42	2.4.2 渦粘性係数を用いるモデル ($\bar{K}_L=0$ の場合).....81
2.1.1 熱伝達と熱伝達率42	2.4.3 渦粘性係数を用いない乱れモデル ($\bar{K}_L=0$ の場合).....82
2.1.2 次元解析と無次元表示42	2.4.4 物体力の影響83
2.1.3 境界層, 層流・乱流と熱伝達42	2.5 その他の重要な対流熱伝達.....84
2.1.4 強制・自然対流, 層流・乱流の領域判別43	2.5.1 高速気流の熱伝達84
2.2 強制対流熱伝達.....44	2.5.2 希薄気体の熱伝達88
2.2.1 平板に沿う強制対流熱伝達44	2.5.3 超臨界圧流体の熱伝達89
2.2.2 管内流 (内部流) の強制対流熱伝達50	2.5.4 充てん層・流動層における熱伝達91
2.2.3 外部流の強制対流熱伝達59	2.5.5 スラリの熱伝達95
2.3 自然対流熱伝達.....68	2.5.6 非ニュートン流体の熱伝達98
2.3.1 平板まわりの自然対流熱伝達68	2.5.7 化学反応を伴う熱伝達.....101
2.3.2 物体まわりの自然対流熱伝達71	2.5.8 内部発熱を伴う熱伝達.....103
2.3.3 管路および熱サイフオンの自然対流熱伝達73	2.5.9 液体金属の熱伝達.....106
2.3.4 密閉流体層の自然対流熱伝達77	2.5.10 電磁流体の熱伝達111
2.4 乱流場における流れと熱伝達の数値解析.....80	
2.4.1 基礎式80	

第3章 物質移動と熱伝達

3・1 物質移動	114	3・1・6 アナロジーを利用した熱伝達率間接測定	116
3・1・1 物質伝達量と物質伝達率	114	3・1・7 液体および固体中の分子拡散	117
3・1・2 物質伝達と熱伝達のアナロジー	114	3・2 物質移動冷却	118
3・1・3 空気中における各種気体の拡散係数と シュミット数	115	3・2・1 吹き出し, 吸い込み境界層	118
3・1・4 多成分系拡散	115	3・2・2 膜冷却	120
3・1・5 相変化があるときの壁面の平衡温度	115	3・2・3 ミスト冷却	121
		3・2・4 着霜	124

第4章 沸騰熱伝達

4・1 プール沸騰熱伝達	127	4・2 強制流動沸騰熱伝達	134
4・1・1 沸騰様式	127	4・2・1 沸騰二相流動と伝達様式	134
4・1・2 伝熱特性に及ぼす諸因子の影響	127	4・2・2 二相流の主要パラメータ	136
4・1・3 核沸騰熱伝達	128	4・2・3 二相流の圧力損失	137
4・1・4 膜沸騰熱伝達	130	4・2・4 過冷域および低クオリティ域の熱伝達	138
4・1・5 プール沸騰のバーンアウト熱流束	130	4・2・5 高クオリティ域の熱伝達	139
4・1・6 極小熱流束	131	4・2・6 噴霧流域の熱伝達	140
4・1・7 特殊沸騰系および液体	131	4・2・7 強制流動沸騰の限界熱流束	142
		4・2・8 特殊二相流動系	144

第5章 凝縮熱伝達

5・1 膜状凝縮	147	5・2・2 水蒸気の滴状凝縮	151
5・1・1 鉛直面上における単一成分飽和蒸気の膜状凝縮	147	5・2・3 水以外の蒸気の滴状凝縮	152
5・1・2 水平円管および水平管群の外表面上の膜状凝縮	148	5・2・4 滴状凝縮を長時間維持させるための表面処理	152
5・1・3 管内凝縮	149	5・3 直接接触凝縮	153
5・1・4 不凝縮気体を含む蒸気および多成分気体の凝縮	149	5・3・1 低温液体が分散相の場合	153
5・2 滴状凝縮	151	5・3・2 蒸気相が分散相の場合	154
5・2・1 はじめに	151		

第6章 熱放射

6・1 基本法則等	156	6・5 熱放射による伝熱促進	175
6・1・1 熱放射現象とプランクの法則	156	6・5・1 基本的な考え方	175
6・1・2 形態係数と放射エネルギー交換	157	6・5・2 伝熱面の放射性能	175
6・1・3 放射率, 吸収率	157	6・5・3 作動媒体の放射性能	175
6・2 固体面間の放射伝熱	159	6・5・4 エネルギー変換体放射伝熱	176
6・2・1 黒体面間の放射伝熱	159	6・6 火炎等の熱放射	179
6・2・2 非黒体面間の放射伝熱	160	6・6・1 不輝炎からの熱放射	179
6・2・3 形態係数	161	6・6・2 輝炎からの熱放射	179
6・3 ガスの熱放射	165	6・6・3 輝炎放射の予測法と整理式	181
6・3・1 ガスの熱放射の概要	165	6・7 太陽放射	182
6・3・2 ガスの放射率, 吸収率とガス塊の有効厚さ	165	6・7・1 太陽常数と太陽放射スペクトル	182
6・4 熱放射射媒体を含む放射伝熱 (伝導・対流の共存 も含む)	168	6・7・2 入射エネルギーの予測法	183
6・4・1 放射伝熱の基礎式 (熱放射射媒体を含む場合)	168	6・8 熱放射物性	184
6・4・2 放射伝熱に関する無次元パラメータ	169	6・8・1 固体表面の放射率	184
6・4・3 放射伝熱の解法	169	6・8・2 液体表面の放射率	186
6・4・4 放射との複合伝熱 (伝導・対流の共存)	173	6・8・3 ガスの放射率	186
		6・8・4 太陽光吸収率	189

II. 応用編

第1章 熱伝達の促進

1.1 強制対流熱伝達の促進	190	1.3 凝縮熱伝達の促進	199
1.1.1 突起付伝熱面による伝熱促進	190	1.3.1 フィン付面	199
1.1.2 拡大伝熱面による伝熱促進	193	1.3.2 細線を取付けた面	201
1.1.3 スワール流装置	194	1.3.3 ねじれテープ, ミキサーを挿入した水平管	201
1.2 沸騰熱伝達の促進	195	1.3.4 撥水性テープを接着した水平管	201
1.2.1 粗面による促進	195	1.3.5 電場による伝熱促進	201
1.2.2 微細構造面による促進	195	1.3.6 滴状凝縮	201
1.2.3 ローフィン管による促進	198		

第2章 フィンの対流熱伝達

2.1 フィンの形状とフィン効率	202	2.2 強制対流の熱伝達率	206
2.1.1 フィン効率の一般式	202	2.2.1 電子部品の放熱フィン	206
2.1.2 直線フィンのフィン効率	204	2.2.2 円環フィン	206
2.1.3 環状フィンのフィン効率	204	2.2.3 プレートフィン	207
2.1.4 突起フィン (スパイン) のフィン効率	204	2.3 自然対流の熱伝達率	209
2.1.5 フィンからの放熱量, フィン有効度	204	2.3.1 長方形フィン列 (層流の場合)	209
2.1.6 計算例	205	2.3.2 フィン付管	212

第3章 極低温流体の熱伝達

3.1 極低温流体とその応用	213	3.4 凝縮熱伝達	216
3.2 対流熱伝達	213	3.5 超電導体の安定化設計	216
3.2.1 定物性流体	213	3.6 超流動ヘリウムの熱伝達	216
3.2.2 超臨界圧流体	213	3.6.1 カピツァ抵抗	217
3.3 沸騰熱伝達	215	3.6.2 バーンアウト熱流束	217
3.3.1 プール沸騰	215	3.6.3 管路の熱輸送限界	218
3.3.2 強制対流沸騰	216		

第4章 断熱 (保温)

4.1 断熱 (保温)	219	4.2 高真空断熱	222
4.1.1 平面の断熱	219	4.2.1 多層断熱 (Multilayer Insulation)	222
4.1.2 円管の断熱	219	4.2.2 放射シールドの放射率	223
4.1.3 熱放射シールド	220	4.2.3 Microsphere Insulation	223
4.1.4 有効熱伝導率	220	4.2.4 積層断熱柱 (Multilayer Stacks)	224
4.1.5 多孔質層の熱伝達率	220		

第5章 加熱炉における伝熱

5.1 加熱目的と炉の種類	225	5.2 炉内燃焼と燃焼技術	227
5.1.1 流体加熱炉	225	5.2.1 炉の熱力学的側面	227
5.1.2 固体加熱炉	226	5.2.2 炉内の流れ	227
5.1.3 炉の熱効率と熱量原単位	226	5.2.3 気体燃料の燃焼	228

5・2・4 液体燃料の燃焼	229	5・3・4 炉内放射による伝熱量計算法	231
5・2・5 固体燃料の燃焼	229	5・3・5 炉出口ガス温度による伝熱量計算法	231
5・3 炉内の流動と伝熱解析	230	5・4 加熱性能改善技術	233
5・3・1 炉内の流動	230	5・4・1 加熱炉の省エネルギー対策	233
5・3・2 火炎と熱発生率分布	231	5・4・2 省エネルギーのための燃焼技術	235
5・3・3 燃焼炉の熱収支	231	5・4・3 伝熱促進技術	235

第6章 回転する機器の熱伝達

6・1 回転する物体からの熱伝達	236	6・1・6 回転する円筒容器	238
6・1・1 静止流体中の回転円すい (円板を含む)	236	6・1・7 共に回転する2円板	239
6・1・2 静止流体中で回転する球	237	6・2 回転する流路内の熱伝達	240
6・1・3 軸が水平に置かれた回転円柱	237	6・2・1 平行軸まわりに回転する流路内の熱伝達	240
6・1・4 静止円板に対向して置かれた回転円板	237	6・2・2 垂直軸まわりに回転する円管内の熱伝達	242
6・1・5 円筒容器内の回転円板	238		

III. 機器編

第1章 熱交換器

1・1 熱交換器の分類	244	1・5・1 計算式	261
1・1・1 隔壁式熱交換器	244	1・5・2 熱伝達率, 抵抗係数の実験式	262
1・1・2 直接接触熱交換器	245	1・6 蓄熱式熱交換器	265
1・2 熱交換器の基礎	246	1・6・1 蓄熱式熱交換器	265
1・2・1 主要変数	246	1・6・2 全熱交換器	266
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)	246	1・7 極低温の熱交換器	269
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)	249	1・7・1 ハンプソン熱交換器	269
1・2・4 蓄熱式熱交換器	251	1・7・2 プレートフィン熱交換器	269
1・2・5 その他の関連事項	252	1・7・3 フィンチューブ熱交換器	269
1・3 シェル・アンド・チューブ熱交換器	253	1・7・4 積層熱交換器	269
1・3・1 交換熱量	253	1・7・5 蓄冷器	270
1・3・2 熱伝達率	253	1・7・6 流れ方向の熱伝導による影響	270
1・3・3 流動抵抗	255	1・8 熱交換器の設計例(1)	271
1・3・4 汚れ係数	256	1・8・1 シェル・アンド・チューブ熱交換器の設計例	271
1・4 フィンつき管熱交換器	257	1・8・2 フィンつき管熱交換器の設計例	271
1・4・1 ローフィンの多管式熱交換器	257	1・8・3 コンパクト熱交換器の設計例	272
1・4・2 ハイフィンの空冷式熱交換器	259	1・8・4 静止形全熱交換器の設計例	273
1・5 コンパクト熱交換器	261	1・9 熱交換器の設計例(2)	275
		1・9・1 強制循環形ボイラ	275
		1・9・2 高熱負荷形蒸気発生器	277
		1・9・3 フロン蒸発器	278

第2章 ヒートパイプ・ペルチエ冷却

2・1 ヒートパイプ	280	2・1・5 特殊ヒートパイプ	282
2・1・1 構造と作動原理	280	2・2 ペルチエ冷却器	283
2・1・2 作動限界	280	2・2・1 ペルチエ冷却器の原理	283
2・1・3 使用温度範囲	282	2・2・2 ペルチエ冷却器の特徴	284
2・1・4 作動流体・容器材料の適合性	282	2・2・3 ペルチエ冷却器の設計	284

IV. 測定編

第1章 温度測定

1.1 温度測定の基礎	285	1.3.3 使い方	294
1.1.1 熱力学的温度目盛と国際実用温度目盛	285	1.4 放射温度計	295
1.1.2 各種の温度測定法	286	1.4.1 原理	295
1.2 熱電対	288	1.4.2 種類と特性	295
1.2.1 原理	288	1.4.3 使い方	296
1.2.2 使い方	290	1.5 温度測定の誤差とその推定法	297
1.2.3 種類と特性	290	1.5.1 熱伝導誤差	297
1.3 抵抗温度センサ	293	1.5.2 発熱誤差	298
1.3.1 原理	293	1.5.3 応答性誤差	298
1.3.2 種類と特性	293		

第2章 温度場・流れ場の可視化

2.1 温度場の可視化	299	2.1.3 感温液晶法	301
2.1.1 サーモグラフィ	299	2.2 流れの可視化	303
2.1.2 可視光による方法	300		

第3章 流速と乱れの測定

3.1 センサ	304	3.2 変動値の取扱い	305
3.1.1 熱線（抵抗線）による測定	304	3.3 一次元プローブによる二方向速度ならびに レイノルズ応力の測定	306
3.1.2 電気化学的方法	304		
3.1.3 レーザによる測定	305		

V. 物性編

1. 物性値情報とその所在		15. 水素の熱物性値	340
1.1 物性値の種類と定義	307	16. 窒素の熱物性値	341
1.2 主要な熱物性値の温度・圧力依存性	308	17. 酸素の熱物性値	342
1.3 熱物性値情報の検索の手引き	310	18. 主要なハロゲン元素の熱物性値	343
2. 主要物質の基本的性質	312	19. メタンの熱物性値	344
3. 純金属の物性値	314	20. エタンおよびプロパンの熱物性値	345
4. 合金の物性値	317	21. プロピレンおよびブタンの熱物性値	346
5. 固体の物性値	320	22. R 11, R 12 および R 13B1 の熱物性値	347
6. 液体金属の物性値	323	23. R 21 および R 22 の熱物性値	348
7. 熔融塩の物性値	324	24. R 113, R 114 および R 502 の熱物性値	349
8. 常圧下の液体の物性値	325	25. 主要な有機溶媒の熱物性値	350
9. 常圧下の気体の物性値	328	26. 海水およびブラインの熱物性値	352
10. 水（軽水）の物性値	331	27. 空気の熱物性値	354
11. 重水の熱物性値	334	28. 湿り空気の熱物性値	355
12. アンモニアの熱物性値	335	29. 主要気体の拡散係数	356
13. 二酸化炭素の熱物性値	336	30. 流体の密度の推算	357
14. 主要な不活性気体の熱物性値	337	30.1 流体物性の予知法	357

30・2 純気体の密度	357	32. 流体の粘性率の推算	362
30・3 混合気体の密度	358	32・1 純気体の粘性率	362
30・4 純液体の密度	359	32・2 混合気体の粘性率	363
30・5 混合液体の密度	359	32・3 純液体の粘性率	363
31. 流体の定圧比熱の推算	360	32・4 混合液体の粘性率	363
31・1 純気体の定圧比熱	360	33. 流体の熱伝導率の推算	364
31・2 混合気体の定圧比熱	360	33・1 純気体の熱伝導率	364
31・3 純液体の定圧比熱	361	33・2 混合気体の熱伝導率	364
31・4 混合液体の定圧比熱	361	33・3 純液体の熱伝導率	365
		33・4 混合液体の熱伝導率	365
