

オフィス空調の室内混合損失に関する研究

小島, 昌一
Graduate School of Engineering, Kyushu University

<https://doi.org/10.11501/3122983>

出版情報 : 九州大学, 1996, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

オフィス空調の室内混合損失に関する研究

小 島 昌 一

①

オフィス空調の室内混合損失に関する研究

1996年12月

九州大学大学院工学研究科建築学専攻博士後期課程

小島 昌一

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.1.1 背景	1
1.1.2 室内混合損失の定義	3
1.1.3 本研究の目的	4
1.2 既住の研究	4
1.2.1 室内混合損失に関する研究	4
1.2.2 ペリメータとインテリアの熱移動を考慮した熱負荷計算	5
1.2.3 空調システムと制御方式の改良	6
1.3 論文の構成	7
◇ 参考文献	9
第2章 室内混合損失発生メカニズム	11
2.1 はじめに	11
2.2 実測概要	11
2.2.1 建物概要および空調システム	11
2.2.2 空調機のサーモ特性	14
2.2.3 実測計画	17
2.3 実測結果と考察	20
2.3.1 実測データ解析の前提条件	20
2.3.2 室内混合損失発生状況	22
2.4 混合損失量の推定	28
2.4.1 二つのゾーンの比較による推定	28
2.4.2 実測データに基づく計算による混合損失量の推定	31
2.5 おわりに	33
◇ 参考文献	35
第3章 オフィス空調における室内混合損失の実態	36
3.1 はじめに	36

3.2	実測および調査方法	36
3.3	実測結果	40
3.4	室内混合損失量の推定方法	43
3.4.1	計算プログラム	43
3.4.2	計算精度と夏季（冷房のみ）除去熱量	43
3.5	室内混合損失量の推定結果	44
3.5.1	ゾーン方位別除去熱量比較	44
3.5.2	空調システム別除去熱量比較	47
3.5.3	室内混合損失量	48
3.6	おわりに	50

第4章 室内混合損失量推定方法の検討 51

4.1	はじめに	51
4.2	室内の温度分布予測に関する既往の研究	51
4.2.1	空間を上下方向に複層に分割し、上下温度分布を予測する方法	51
4.2.2	オフィス空間における上下温度分布予測に関する研究	52
4.3	2ブロックモデルによる室内混合損失量の推定	54
4.3.1	対象ゾーンおよび空調システム	54
4.3.2	計算方法	55
4.3.3	対流熱伝達率の同定	56
4.3.4	室内混合損失量推定結果	57
4.3.5	2ブロックモデルによる室内混合損失量推定に必要な空気温度測定点	59
4.3.6	混合損失率の比較	60
4.4	6ブロックモデルによる室内混合損失量の推定	62
4.4.1	ブロック間の空気移動	62
4.4.2	計算条件	63
4.4.3	空気温度計算結果	64
4.4.4	空調機供給熱量の配分に関する検討	67
4.4.5	空調機供給熱量配分係数	68
4.4.6	室内混合損失量推定結果	71
4.4.7	空調機吹出し空気配分に関する検討	72
4.5	おわりに	73
◇	参考文献	74

第5章 シミュレーションによる室内混合損失ケーススタディ・・・75

5.1 はじめに・・・75

5.2 シミュレーション方法・・・75

5.2.1 シミュレーション項目・・・76

5.2.2 空調機熱量配分係数・・・77

5.2.3 計算対象ゾーンと計算条件・・・79

5.3 外壁面方位の影響・・・80

5.3.1 計算条件・・・80

5.3.2 外壁面方位別室内混合損失発生状況・・・80

5.4 外壁断熱性能の影響・・・86

5.4.1 計算条件および外壁壁体構成・・・86

5.4.2 外壁断熱性能と室内混合損失発生状況・・・87

5.4.3 窓ガラスの熱特性が室内混合損失に与える影響・・・90

5.5 空調機設定温度の影響・・・92

5.5.1 空調機設定温度の組み合わせ・・・92

5.5.2 空調機設定温度の室内混合損失への影響・・・92

5.6 空調温度制御点の影響・・・96

5.6.1 空調温度制御点の組み合わせ・・・96

5.6.2 空調温度制御点位置が室内混合損失に与える影響・・・96

5.7 おわりに・・・104

◇ 参考文献・・・105

第6章 総括・・・106

謝辞・・・110

付録

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

Faint, illegible text covering the majority of the page, likely bleed-through from the reverse side.

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的

1.1.1 背景

省エネルギーの目的は、経済性、化石燃料の保存、現在はさらに環境負荷の低減が加わっている。逼迫した地球環境問題を考えるならば、省エネルギーは急務であり、エネルギー管理が重要である。オフィスビル運用段階のエネルギーの大部分は建築設備やOA機器などにより消費される。なかでも空調に使われるエネルギーは一般オフィスビルの場合、一次エネルギー消費量の約47%に及ぶ¹⁾。これらのエネルギー消費量の削減が省エネルギーの基本であろう。

近年のオフィスビルは、アメニティの充足のための室内熱環境の向上や業務時間の多様化にあわせた空調の24時間対応、快適性に関する個人差やインテリジェント化による内部発熱の偏在化などにあわせた空調の個別対応が要求される。最近のオフィス空調の動向もこれらの問題解決のために、高度化、分散化の方向に進んでいる。図-1.1に1978年～1994年までの17年間に竣工したオフィスビルで採用された空調方式別の度数経年変化を、図-1.2に1994年に竣工したオフィスビルの延べ床面積と空調方式の関係を示す。この2つのグラフから、パッケージ方式、ビルマルチ方式などの個別分散型の空調方式が増加していることがわかる。この傾向は延べ床面積10,000m²以下の中小規模のオフィスビルにおいて顕著である。個別分散型の空調方式は、執務者の快適性の向上、熱負荷の除去に個別対応が可能であるが、一方で個別対応であるが故に室内混合損失が起りやすいという問題がある。個別分散型の空調方式の増加にあわせて、今後ますます室内混合損失の増加が予想される。また、空調の省エネルギーおよび最適化の計画において、室内空気温度分布を設計時に予測する適当な手法が少なく、経験的・直観的に判断していることが多いことも問題である。これは特に、ペリメータ・インテリアの空調システムの選定、省エネルギーおよび快適性の事前評価において顕著と言える。したがって、室内混合損失の実態を把握し、その予測手法を開発し、防止策を講じることが省エネルギー計画において必要である。

□その他 □ビルマルチ+その他 ▨ビルマルチ ■パッケージ+その他 ▩パッケージ

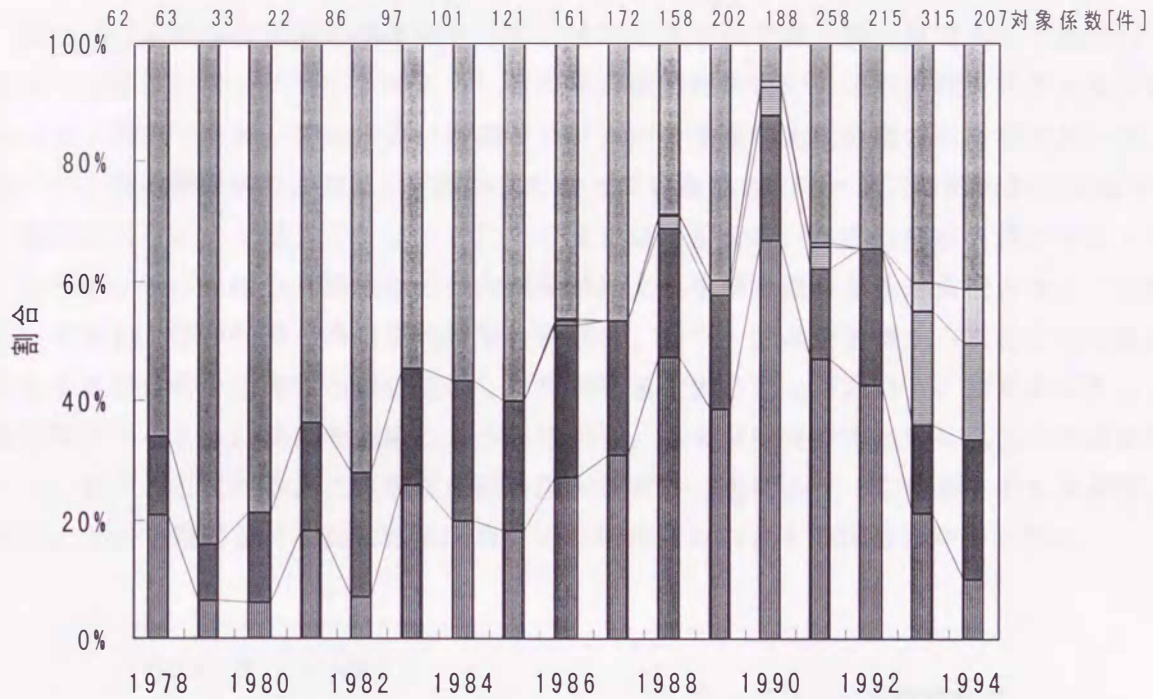


図-1.1 空調方式の経年変化 (1978~1994年竣工の事務所ビル対象)

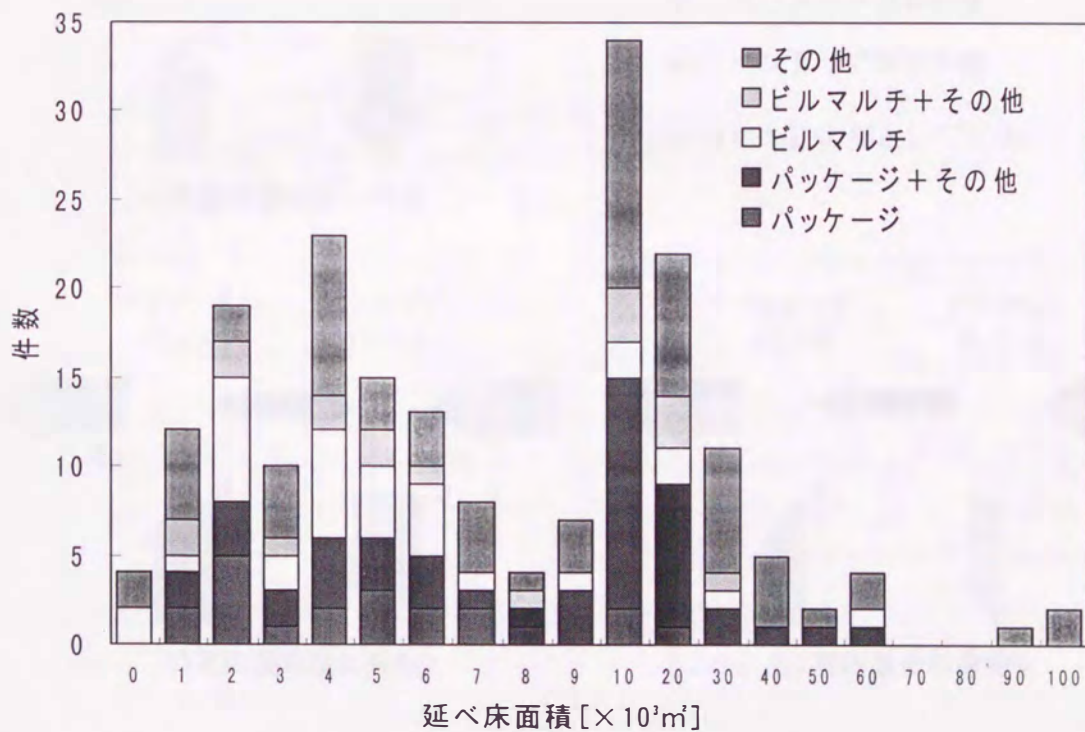


図-1.2 延べ床面積と空調方式 (1994年竣工の事務所ビル対象)

1. 1. 2 室内混合損失の定義

図-1.3に室内混合損失の概念図を示す。オフィスビルでは、同一室であってもペリメータゾーンとインテリアゾーンのようにその熱負荷特性の違いにより空調システムを分離するのが一般的である。このような空調システムが2系統以上に分離された室において、隣接ゾーンとの間仕切りがなく、空間がつながっている場合、ゾーン間の気流混合が起きる。一般的にペリメータはスキンロードにより夏季は冷房負荷、冬季は暖房負荷が発生する。一方、インテリアはOA機器などの内部発熱により年間を通じて冷房負荷となることが多い。冬季および中間期の冷暖房同時発生時期に、各ゾーンの空調機から供給された温熱または冷熱が負荷を処理する前に相殺し、有効熱量を失うことが起きる。制御系は失った熱量を補うべくさらに熱量を供給しようとする作用し、本来室に発生する負荷以上の熱量を供給してしまうことになる。これを室内混合損失と言う。逆に各ゾーンに発生する負荷が、空調機によって処理される前に気流混合により相殺することを室内混合利得と呼ぶ。

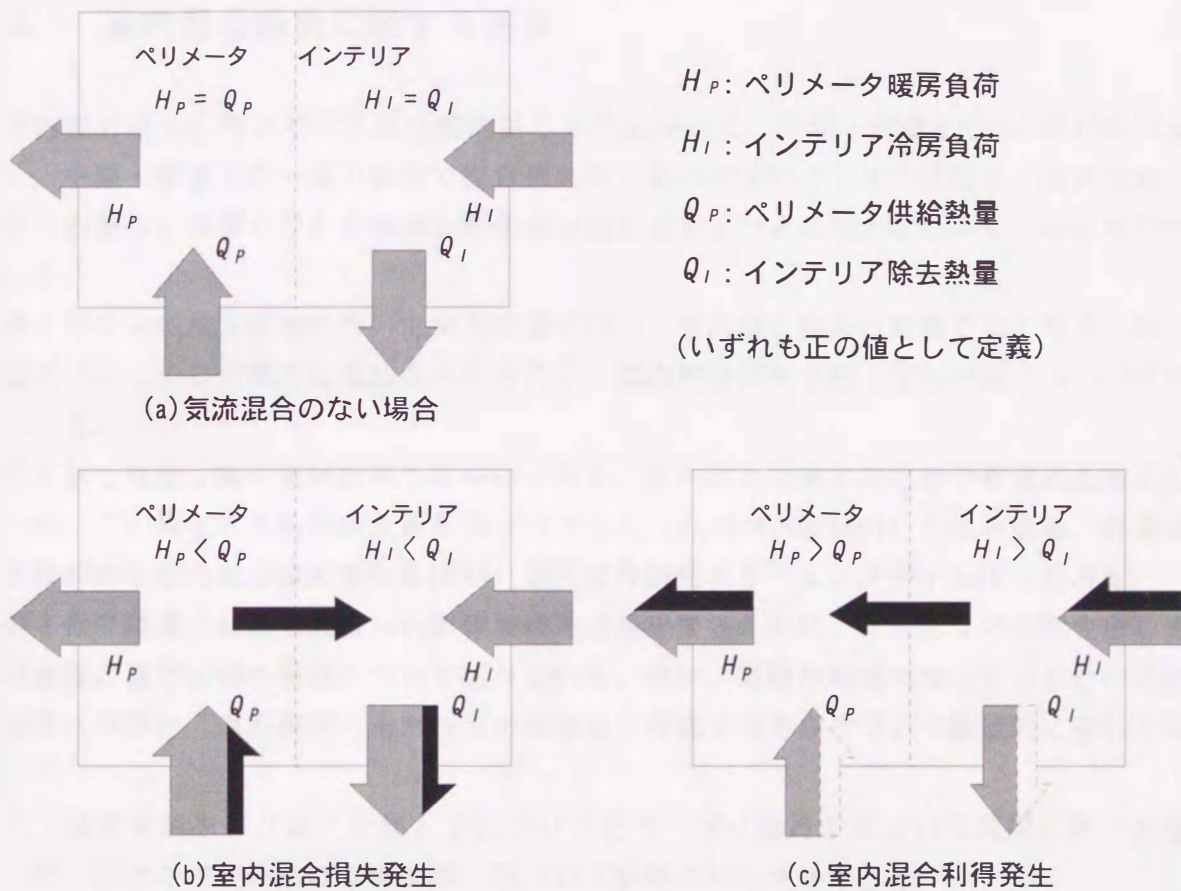


図-1.3 室内混合損失・利得の概念²⁾

1.1.3 本研究の目的

空調の省エネルギー設計の一方策として室内混合損失の予測と防止が必要である。本論文では、従来から不可能と言われてきた既存ビルにおける室内混合損失発生状況の実態を定量的に把握し、混合損失量が空調エネルギー消費量に占める割合を推定する。本論文の混合損失量推定法は、実測時の空調機運転状況と室内温度分布に基づくものであり、実際の空調システム運用時に混合損失量を推定する手段となりうるものを目指している。

また、空調設計時の省エネルギー計画を考える上で参考となる混合損失を考慮した熱負荷計算法を提案する。

1.2 既往の研究

1.2.1 室内混合損失に関する研究

室内混合損失に関する研究は比較的新しいため少なく、中原・伊藤ら²⁾³⁾⁴⁾の研究が目を引く。中原・伊藤らは一連の研究で混合損失発生量の定量的モデルを定義し、実大実験によりその発生に影響を与える要因と発生量の推定式およびその防止策に多くの提言を行っている。

第1報では気流実験室において実大実験を行い、室内混合損失に影響すると考えられる要因についてその効果の定量的な分析を行い、室内混合損失を防止する方策について考察している。

第2報では第1報の実験結果を重回帰分析し、室内混合損失率の定量的推定式を提示している。この推定式を動的熱負荷計算プログラム (HASP/ACLD/8001) に組み込み、計算された負荷から室内混合損失量を算出し、室内混合損失のケーススタディを行っている。

第3報では室内混合損失量への影響要因を定量化するために、インテリアの吹き出し方式の影響と蓄熱負荷の影響について述べている。また、同時冷暖房が発生するときの分離空調方式の設計・運転制御にあたっての留意点、考慮すべき点について総括的に論じている。

- 1) 温熱環境をペリメータ部とインテリア部で一定に維持するという前提にたった場合、両者の環境条件は体感指標に基づいて決定されるべきである。
- 2) 暖房期には、ふく射の影響が大きく湿度の影響は小さいので、簡便性も考慮すると作用温度が体感指標として適切であろう。
- 3) ペリメータ部の空気設定温度がインテリア部より高い場合には、多大な混合損失が

発生するばかりか、温度分布的にも、ペリメータ部は設定温度より低く、インテリア部では逆に高くなって、体感上不利な分布形となる。

- 4) 作用温度を両部で一定に保持した上で、ペリメータ部の空気設定温度をインテリア部より低くするには、放射暖房の併用が有効である。設置面積と表面温度の許す範囲で、最大限パネルヒータに負荷を分担させるのが望ましい。
- 5) 外壁の窓面積の縮小、断熱の強化も放射暖房と同様な効果をもたらす。その極限はペリメータ暖房負荷をインテリア冷房負荷とともに混合利得として処理しても、温度分布的に何ら問題を起こさない程度まで極小化し、“ペリメータ部”を消滅させたものである。
- 6) 混合損失には空気分布と制御に関する要因が影響し、蓄熱負荷量は制御位置との関係で間接的にしか影響を及ぼさない。したがって、混合損失量の定量的予測には空気分布と制御に関する要因に的を絞って行えばよい。
- 7) 上下温度差を小さくする、という快適環境上の要請を満たすためには、ファンコイルユニットの吹き出し風量を多くする（吹き出し温度差を小さくする）必要がある。

1.2.2 ペリメータとインテリアの熱移動を考慮した熱負荷計算

奥行きのある大きな室に対する熱負荷計算は、ペリメータとインテリアに分けて計算するのが一般的である。この両ゾーン間には仮想の間仕切りがあり、熱および空気の移動は全くないという完全独立の仮定の下に計算される。ペリメータ・インテリア間の熱移動に関する研究は、ゾーン間の換気に着目した計算法はいくつかあるが、室内混合損失を考慮した計算は1例¹⁰⁾¹¹⁾しかない。

石野⁹⁾は、天井排熱システムを有するビルの設計用熱負荷特性を検討するために、ペリメータ・インテリア間に仮想の間仕切りを設け（間仕切り仮定法）、間仕切りの熱通過率を与えることにより両ゾーンの熱移動を考慮した熱負荷計算を行っている。この計算は間仕切りを通して各ゾーンの負荷が相殺しあう混合利得を考慮した計算である。

同じく石野ら⁹⁾は、エネルギーと室内熱環境の評価に関する研究で、熱負荷計算にペリメータとインテリアの空気の移動を考慮した計算法を提案している。この計算では室の熱平衡式をペリメータとインテリアで一体化し、かつ各ゾーンの室温は独立するようにしている。ペリメータとインテリアの空気移動については、非空調時はペリメータ容積基準で換気回数20回/hとし、空調時はエアハンドリングユニットによるペリメータ吹き出し風量だけインテリアに流れ込むものとしている。計算のアルゴリズムから考えると、これも前述の石野の研究⁹⁾と同じく混合利得を表現した計算である。

福島・岩崎・中原ら⁷⁾は、非空調時間帯のペリメータとインテリアは完全混合に近く相

互干渉があるとして、非空調時間帯は熱的に完全混合という仮定のもとで冬季の室温変動と熱負荷の計算を行っている。また、非空調時の室温と床表面温度との変動状況を実測し、夜間蓄熱の影響が室の奥まで及んでいることを確認している。このような室統合は室奥行き11mに対して6mまでは統合域と見なされるとしている。

石野⁹⁾は、最大熱負荷計算に関する研究で、室統合率を取り入れた計算法について考察している。室統合率とは非空調時間帯にペリメータとインテリアが熱的に完全混合する割合である。計算の結果、冬期の暖房負荷、冷房負荷ともに最大負荷は従来の計算に比べて減少するとしている。

中原ら⁹⁾は、暖房予熱時の装置容量と予熱負荷係数に関する研究において、インテリアの熱容量のペリメータ負荷への寄与を無視していることにより、動的熱負荷計算による予熱負荷が過大に評価されているとして、室統合率を導入した計算により予熱時装置容量の正しい評価ができる予熱負荷係数を作成している。

ブロックモデルを用いた熱・空気混合評価には戸河里・武政ら¹⁰⁾¹¹⁾の研究がある。設計者が個々の計画において、設計要素を変えた場合にも室内混合損失の定量的な評価が可能な物理的なイメージが明確なモデルを検討している。このモデルはペリメータとインテリアを上下方向に複数のブロックに分割するもので、上下方向の温度分布の予測にはブロックモデルを用い、各ブロック間の水平方向の熱・空気の混合は温度差換気で評価している。このモデルでは、ペリメータ、インテリアの両ゾーンにまたがる吹き出し気流の挙動を考慮しないこと、ペリメータ、インテリア間の大きな対流を取り扱わないことなど、室内空気移動の面からみて不十分な点を有しており、実測値との比較が必要である。

1.2.3 空調システムと制御方式の改良

ペリメータ空調方式の改良に関しては、今後ペリメータレス化の傾向が増すようである。これは、室内混合損失防止の観点からも望ましいことであるが、各種空調システムとその制御系との最適な組み合わせについても検討が必要である。

斉藤らはペリメータレス化の一連の研究で、放射暖房併用エアバリア方式¹²⁾の検討を行っている。また、この放射エアバリアと現在実用化されている4空調方式およびペリメータ空調がない方式の6方式の定常時熱環境・エネルギー性を実大実験により比較検討している¹³⁾。実験の結果、床置きFCU方式では、居住域熱環境は設定値になるが、混合損失量が最も大きい。天井吹き出し方式では、熱環境は設定値になり、混合損失量も少ない。簡易エアフローウィンドウ方式では熱環境はほぼ設定通りになり、混合利得になる。エアバリア方式だと窓付近はやや寒くなるが、混合利得になる。放射エアバリア方式では居住域の熱環境は設定通りになり、混合利得になると報告している。

空調制御上の問題点として、温度が設定値にならないという空調の基本に関わる問題がある。その原因として不適切なセンサの選定、設置位置の選定が影響する場合が多い。室内温度分布が大きい場合は壁、天井などのセンサで居住域を直接測定することは難しい。センサに関する留意点¹⁰⁾は、真の体感のセンシング、放射・気流・代謝・着衣などを考慮したセンサの開発、居住域を対象としたセンシングなどである。

加藤・田中ら¹¹⁾は室内側からペリメータ表面（窓面、外壁室内側、ペリカウンタ）温度を放射温度として計測し、ペリメータ設定温度と比較することからスキンロードを推定する方法について検討している。

シミュレーションによりペリメータ空調のPMV一定制御を試みた研究¹⁰⁾もある。PMV一定制御を用いれば快適性が得られ年間負荷の軽減もできるが、センサの選択、設置方法に課題が残る。

1.3 論文の構成

本研究は、これらの背景を踏まえて、空調の省エネルギー設計の一方策として、室内混合損失の予測方法と防止策、空調システム運用時の損失量推定方法について論じるものである。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的、室内混合損失の定義、室内混合損失に関連する既往の研究、論文の構成について述べる。

第2章では、竣工後引き渡し直前の実存ビルにおいて秋季実測を行い、室内熱環境と空調機運転状況等の実測データから室内混合損失の実態を把握し、発生メカニズムを解明する。室内混合損失量の推定は、熱的に同一の特性を有する2つのゾーンにおいて、同一時刻に室内混合損失がある場合とない場合の空調機処理熱量を比較することで行う。また、既存の動的熱負荷計算プログラムを利用した、簡易な計算による混合損失量の推定方法についても検討する。

第3章では、第2章と同一ビルにおいて実際に室を使用している状態の春季実測データから、ペリメータ方位、室使用状況、空調システムの違いが室内混合損失発生量に与える影響を比較し、実際の室使用時の室内混合損失発生状況を定量的に把握する。

第4章では、1つの空間をペリメータとインテリアに分割し、両ゾーンの空気・熱移動を考慮できる2ブロックモデルと、2ブロックモデルを拡張し、上中下の温度分布を考慮できるようにした6ブロックモデルによる室内混合損失量計算方法を検討し、実測データに基づく室内混合損失量の推定方法を提案する。2ブロックモデルについては、室内混合損失量の推定における室内空気温度測定位置について検討する。6ブロックモデルによる

計算では、空調機供給熱量を吹き出し口のあるブロックだけに配分するのではなく、室内の各ブロックへの配分方法を検討する。また、この6ブロックモデルでは、ブロック間の空気移動は室全体で大きな流れ場を形成しているものと想定している。

第5章では、実測では検討できなかった点、あるいは不十分な点についてシミュレーションによりケーススタディを行い、室内混合損失防止策について検討する。本章のシミュレーションでは、第4章で検討した6ブロックモデルを用いた熱負荷計算プログラムにより、外壁の方位、壁体構成、空調機設定温度、空調機制御用室温センサ位置が室内混合損失量に与える影響を検討する。

第6章では、各章で得られた知見をまとめ、本研究の室モデルによる混合損失量の推定、予測の適用限界について言及し、今後の研究課題を整理する。

参考文献

- 1) 社団法人 空気調和・衛生工学会：建築・設備の省エネルギー技術指針，1994年
- 2) 中原信生，梶原豊久，伊藤尚寛：空気調和における室内混合損失の防止に関する研究第1報 実大実験による要因効果分析，空気調和・衛生工学会論文集，No.33，1987年2月
- 3) 伊藤尚寛，中原信生：同上 第2報 期間損失発生量のケーススタディ，空気調和・衛生工学会論文集，No.33，1987年2月
- 4) 伊藤尚寛，中原信生：同上 第3報 インテリア部吹出し方式，蓄熱負荷の分析と室内温度分布特性に関する解析，空気調和・衛生工学会論文集，No.41，1989年10月
- 5) 石野久彌：天井排熱システムの設計用熱負荷計算，空気調和・衛生工学，第46巻，第10号，1972年10月
- 6) 石野久彌，郡 公子：空調方式とエネルギー・室内温熱環境評価に関する理論構成，建築環境工学論文集第5号学術論文講演発表資料，1983年6月
- 7) 福島正之，岩崎博志，中原信生：非空調時に於ける室温変動の予測と実測，日本建築学会大会学術講演梗概集，1978年9月
- 8) 石野久彌：最大熱負荷の精度に関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，1982年10月
- 9) 中原信生，島田謙児，湯澤秀樹：暖房予熱時の装置容量と予熱負荷係数の推定法に関する研究，空気調和・衛生工学会論文集，No.38，1988年10月
- 10) 戸河里 敏，武政祐一：オフィス空間の空調・熱環境計画手法の研究 その7 ペリメータとインテリアの熱・空気の混合評価モデル，日本建築学会大会学術講演梗概集，1995年8月、
- 11) 武政祐一，戸河里 敏：同上 その8 ペリメータとインテリアの熱混合問題のケーススタディと対策，日本建築学会大会学術講演梗概集，1995年8月
- 12) 関根賢太郎，斉藤正文，寺坂知明，大黒雅之，梅主洋一郎，小池武雄，笠原 勲：ペリメータ空調方式の研究，第7報 放射暖房併用エアバリア方式の性能評価と仕様確立実験，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，1994年10月
- 13) 斉藤正文，寺坂知明，関根賢太郎，大黒雅之，梅主洋一郎，小池武雄，笠原 勲：同上 第8報 暖房運転時の熱環境および建設工事費比較，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，1994年10月
- 14) 空気調和設備委員会室内環境制御システム小委員会中間報告，空気調和・衛生工学，Vol. 67，No.10，1993年10月
- 15) 加藤淳之，田中 隆，長谷川 勇，森山泰行：ペリメータ計測制御方法に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，1993年10月

- 16) 伊藤裕安, 宇井幸作, 今川 望, 大森正登: 事務所ビルのペリメータゾーンにおけるPMV一定制御について その2 PMV一定制御の効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986年8月

第二章 倉庫管理の発展と生産物の流通

1. 倉庫の機能

倉庫は、生産物の流通において重要な役割を果たす。生産物の生産から消費までの間に、生産物の在庫を保持し、必要に応じて供給する機能を果たす。また、生産物の品質を維持し、損傷を防ぐ役割も果たす。倉庫の機能は、生産物の流通の効率性を高めることに貢献する。

2. 倉庫の種類

倉庫の種類は、生産物の種類や流通の形態によって異なる。例えば、生鮮食品の流通には、冷蔵倉庫が用いられる。また、工業製品の流通には、乾燥倉庫や防湿倉庫が用いられる。また、生産物の流通の形態によっても、倉庫の種類が異なる。例えば、生産物の生産から消費までの間に、生産物の在庫を保持する必要がある場合には、生産物の生産現場に近い場所に倉庫を建設する必要がある。また、生産物の流通の形態によっても、倉庫の種類が異なる。例えば、生産物の生産から消費までの間に、生産物の在庫を保持する必要がある場合には、生産物の生産現場に近い場所に倉庫を建設する必要がある。

第2章 室内混合損失発生メカニズム

2.1 はじめに

室内混合損失に関する研究は、従来から実験室において行われている。室内気流分布、温度分布、空調機制御などが絡み合い現象を複雑にしているため、実在するビルでの測定が困難であったからである。したがって、既存ビルでの室内混合損失発生状況を定量的に把握したという報告はこれまでされていない。本章では室内混合損失の現象解析の手始めとして、個別空調システムを採用した既存のオフィスビルにおける秋季室内熱環境実測結果を解析し、室内混合損失発生状況の把握と混合損失量を推定した結果について述べる。

2.2 実測概要

2.2.1 建物概要および空調システム

表-2.1に建物概要、図-2.1に建物断面図、図-2.2に基準階平面図および実測対象ゾーンを示す。実測対象建物は、福岡市博多区に建つオフィスビル（1993年11月竣工）で、近隣には対象ビルと同程度か、それ以下の高さのビルしか存在しない。また、フロアのセンターにコア部を有し、東西を事務室とした一般的なオフィスビルである。

図-2.3に空調機配置図、表-2.2に各空調機の仕様を示す。この空調システムは、コンプレッサを内蔵した空気熱源小型ヒートポンプユニットを建物内に分散配置することにより個別空調を行うシステムである。冷暖房機能を各空調機が持っており、各ゾーンの負荷に応じて空調を行うことが出来るシステムである。ペリメータはウォールスルーユニットで、インテリアはペリカウンタ内の床置き熱源機から天井カセットに冷媒を送って空調を行う。ペリメータの温度センサは空調機内蔵で、インテリアはコア側の壁面（床から1.2mの位置）に取り付けられている。また、空調機の制御方法はペリメータ、インテリアともにコンプレッサのON-OFF制御である。

新鮮外気の導入はペリメータのウォールスルーユニットで行われ、排気はコア側からのみ行われる。したがって、空気の流れは窓側からコア側に向かい、新鮮な空気が室全体に行き渡ることになる。

表-2.1 建物概要 (Nビル)

所在地	福岡市博多区美野島1丁目49-1
地区・地域	商業地域、近隣商業地域、準防火地域
用途	事務所
敷地面積	4,283 m ²
建築面積	2,444 m ²
延べ床面積	11,718 m ²
階数	地上10階 地下1階 塔屋1階
軒高	41.4 m
基準階階高	3.9 m
基準階天井高	2.6 m
構造	鉄筋コンクリート造

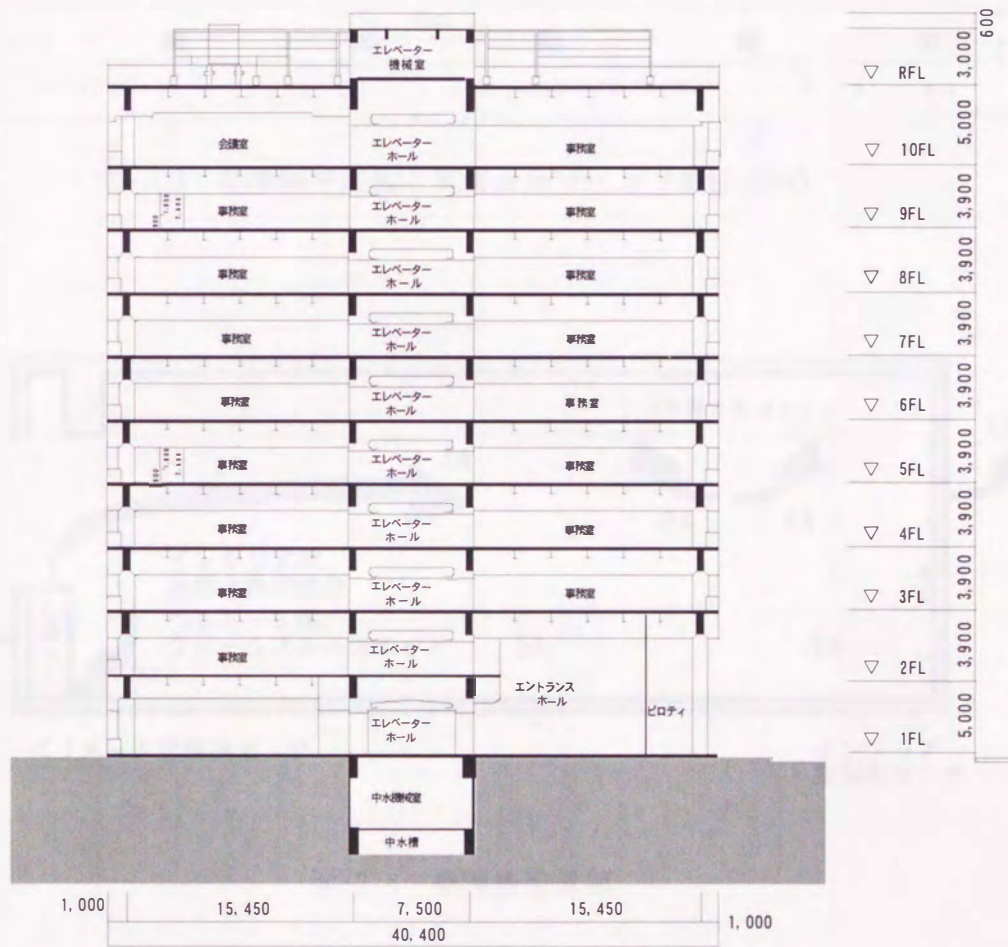


図-2.1 建物断面図 (Nビル, 単位: mm)

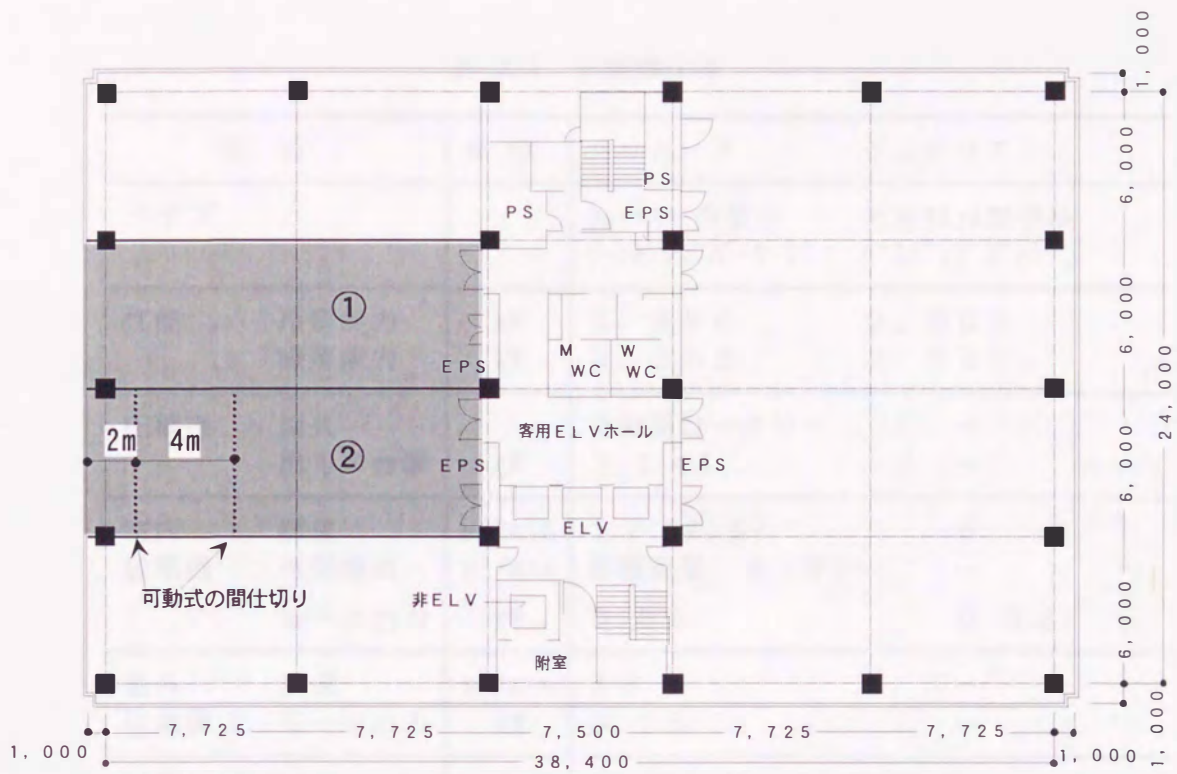


図-2.2 基準階平面図と実測対象ゾーン（単位はmm）

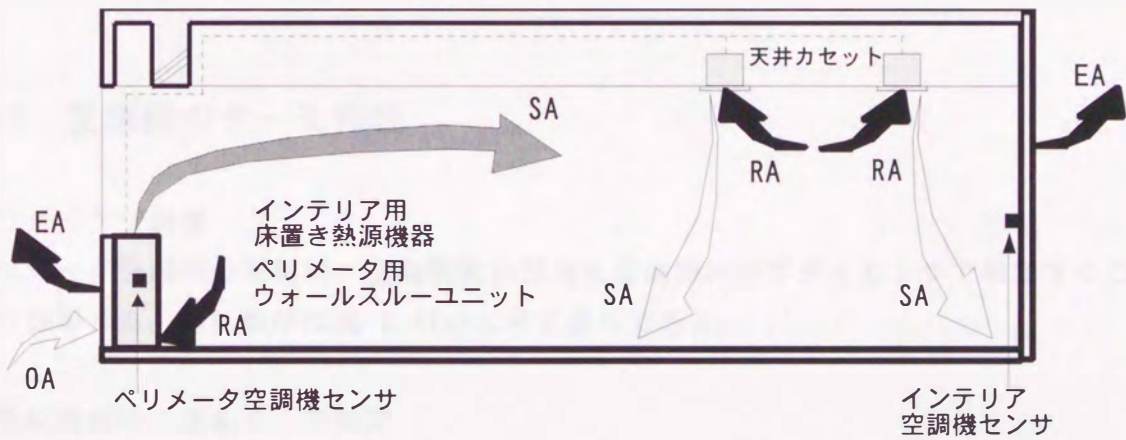


図-2.3 空調機配置図

表-2.2 空調機仕様

項目		単位	ペリメータ	インテリア
タイプ			ウォールスル-型空冷 ヒートポンプパッケージ	天井カセット型空冷 ヒートポンプパッケージ
性能	冷房能力	kW	3.896	2.605
	暖房能力	kW	4.652	2.733
圧縮機	型式		全密閉ロータリー	-
	出力×台数	kW	1.1×1	-
室内 送風機	風量	m ³ /min	11 (2.5)	8
	外気冷房	m ³ /min	循環風量 8 (6)	-
	モータ出力	kW	0.03	0.02
室外 送風機	風量	m ³ /min	18	-
	モータ出力	kW	0.15	-
熱交換器	室内	-	プレートフィン型	プレートフィン型
	室外	-	プレートフィン型	-
冷媒		-	R-22	R-22

() 内の数字は取り入れ可能外気量

2.2.2 空調機のサーモ特性

①ペリメータ空調機

ペリメータ空調機の運転は、空調機吸込温度を空調機内のボディセンサで検知することにより制御する。運転動作は図-2.4(a)に示す通りである。

a) 運転開始時の運転モード判定

運転開始時に設定温度と室温の比較を行い、運転モード（冷房／暖房）を選択する。

室温 ≥ 設定温度 + 1℃	:	冷房運転
設定温度 + 1℃ > 室温 > 設定温度 - 1℃	:	送風運転
設定温度 - 1℃ ≥ 室温 > 設定温度 - 2℃	:	暖房運転
室温 ≤ 設定温度 - 2℃	:	暖房運転（ヒータON）

b) 運転中の運転モード判定

冷房モードから暖房モードへの切替は、送風運転時に室温が設定温度より2℃以上低くなったときに行われる。この時、コンプレッサだけでなく補助暖房としてヒータも入る。また、暖房モードから冷房モードへの切替は、送風運転時に室温が設定温度より2℃以上高くなった場合に行われる。

c) 運転動作

冷房運転は冷房モード時に、設定温度に対して室温が1℃以上高い時に開始され、設定温度より1℃低くなるまで行われる。冷房運転が終了すると、室温が設定温度より1℃以上高くなるまでは送風運転を行う。暖房運転は暖房モード時に、設定温度に対して室温が1℃以上低い時に開始され、設定温度より1℃以上高くなるまで行われる。暖房運転が終了すると、室温が設定温度より1℃以上低くなるまでは送風運転を行う。

②インテリア空調機

インテリア空調機の運転は、壁面に取り付けられた操作パネルに付随している液晶パネルセンサで室温を検知することにより制御する。図-2.4(b)に運転動作を示す。

a) 運転開始時の運転モード判定

運転開始時に設定温度と室温の比較を行い、運転モード（冷房／暖房）を選択する。

室温 \geq 設定温度 : 冷房運転

室温 $<$ 設定温度 : 送風運転

b) 運転中の運転モード判定

設定温度と室温の比較を行い、運転モード（冷房／暖房）を切り替える。

- ・設定温度より ± 1 ℃以内の時は運転モードを変更しない。
- ・コンプレッサOFF後60分以上経過して室温が設定値より1.5～3℃高い場合は冷房、設定値より1.5～3℃低い場合は暖房となる。
- ・コンプレッサOFF後10分以上経過して室温が設定値より3℃以上高い場合は冷房、設定値より3℃以上低い場合は暖房となる。

c) 運転動作

冷房運転は冷房モード時に、設定温度に対して室温が0.5℃以上高い時に開始され、設定温度に等しくなるまで行われる。冷房運転が終了すると、室温が設定温度より0.5℃以上高くなるまでは送風運転を行う。暖房運転は暖房モード時に、室温が設定温度以下になった時に開始され、設定温度より0.5℃以上高くなるまで行われる。暖房運転が終了すると、室温が設定温度以下になるまでは送風運転を行う。

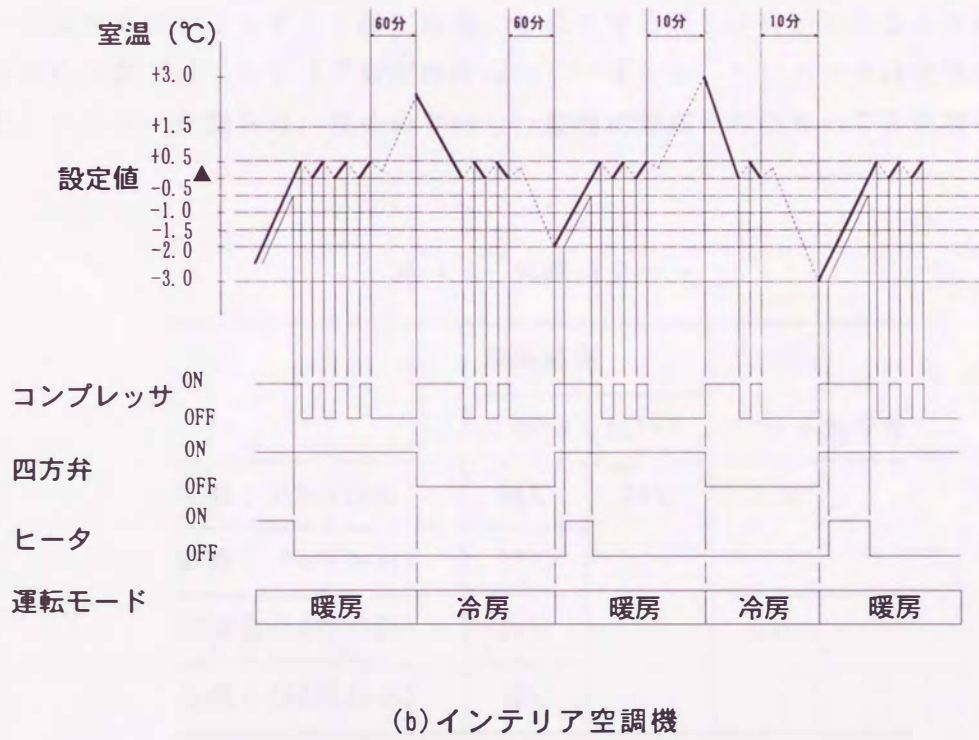
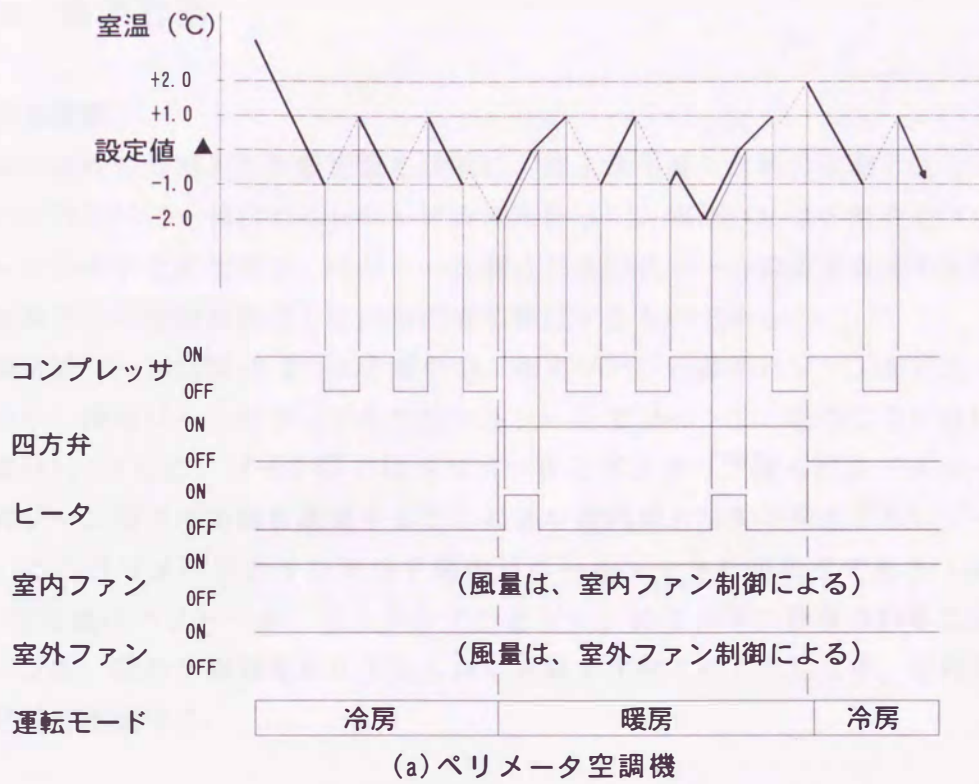


図-2.4 空調機運転動作

2.2.3 実測計画

(1) 実測概要

秋季の室内混合損失の実態把握を目的に、竣工後引渡し直前の実測可能な空調調整期間（1993年10月25日～28日の4日間）に実測を行った。実測方法は5階西側フロアの一部をビニールシートで間仕切り、ペリメータ深さおよび各ゾーンの設定温度を変化させ、それらの条件下での空調機負荷と室内熱環境を測定するものである。

実測対象ゾーンは図-2.2に示す通りで、測定ゾーンと非測定ゾーンをビニールシートで間仕切り、測定ゾーンについてもビニールシートでゾーン①、②の二つに分けた（図-2.2太線部分）。さらに、ゾーン②ではペリメータとインテリア間もビニールシートで間仕切り、両ゾーン間での気流を遮断することにより室内混合損失の発生しないゾーンとした。また、このペリメータとインテリア間のビニールシートは可動式である（図-2.2点線部分）。空調機はペリメータ、インテリアの各ゾーンに2台ずつ設置されることになる。このゾーン①、②の空調機運転状況ならびに室温を比較することにより、室内混合損失量の発生状況を把握する。

(2) 実測パターン

実測のパターンを表-2.3に示す。既往の研究^{1~3)}では、室内混合損失の防止策としてペリメータ設定温度をインテリア設定温度より低くすることが有効であるとされている。そこで今回の実測ではインテリア設定温度は24℃一定とし、ペリメータ設定温度を22、24℃とした。ペリメータ深さは、浅めの2mと一般的に想定される6mの2種類を設定した。

表-2.3 実測パターン

	設定温度		ゾーン② ペリメータ奥行き
	ペリメータ	インテリア	
実測1 (10月25日)	24℃	24℃	2 m
実測2 (10月26日)	22℃		
実測3 (10月27日)	24℃		6 m
実測4 (10月28日)	22℃		

(3) 測定項目

表-2.4に測定項目を示す。測定方法はパソコンによるオンライン自動計測である。図-2.5に室内空気温度測定点を示す。今回の実測では顕熱だけを考慮して解析を行うため、室内空気温度分布に主眼をおく測定項目とした。室内空気温度の測定点には床から天井に伸縮自在の棒を立て、その棒にT型熱電対を固定した。また、PMVの測定は1日3回午前9:00、午後1:30、午後5:00に、ゾーン①では3カ所、ゾーン②では4カ所行った。

外気温度と外気絶対湿度の測定は実測対象ビル屋上に設置した百葉箱内にて行い、日射量の測定は屋上およびビル壁面に日射計を取り付けて行った。

表-2.4 測定項目

	測定項目	測定機器
室内熱環境	室内空気温度分布	T型熱電対
	水平方向16点	
	垂直方向 5点 計76点	赤外線放射カメラ
	天井・床面温度	T型熱電対
	窓表面温度	T型熱電対
	室内湿度分布	静電容量式薄膜センサ
	PMV	コンフォートメータ®
空調装置	吸込・吹出温度	T型熱電対
	外気導入温度	T型熱電対
	吹出風量	熱線風速計
	消費電力量	パワーメータ
隣室熱環境	室内空気温度	T型熱電対
	コア部空気温度	T型熱電対
外界気象	外気温度	T型熱電対
	外気湿度	セラミックセンサ
	水平面全天日射量	簡易日射計
	四方位鉛直面全日射量	簡易日射計

(4) 実測条件

表-2.5に実測条件を示す。空調機吹出風速は通常のコールドモード時には自動設定であるが、今回はすべての空調機の吹出風速を固定した。また、実測時には測定ゾーン内に照明以外の発熱がなかったため、白熱灯でOA機器と人体の発熱を模擬した。図-2.5に示す通り、白熱灯の設置位置は測定ゾーン①と②で同様で、室全体に均一である。

表-2.5 実測条件

		設定値	使用時間
内部発熱	照明	15W/m ² (蛍光灯)	9~18時
	人体	31W/m ² (白熱球)	
	OA機器		
空調装置	ペリメータ吹出風速	3.42m/s (一定)	8~18時
	ペリメータ吹出角度	鉛直面に対して インテリア方向に30°	
	インテリア吹出風速	0.86m/s (一定)	
	インテリア吹出角度	天井面に対して 床方向に45°	
	運転モード	冷暖房自動切替	
	外気導入	全てカット	

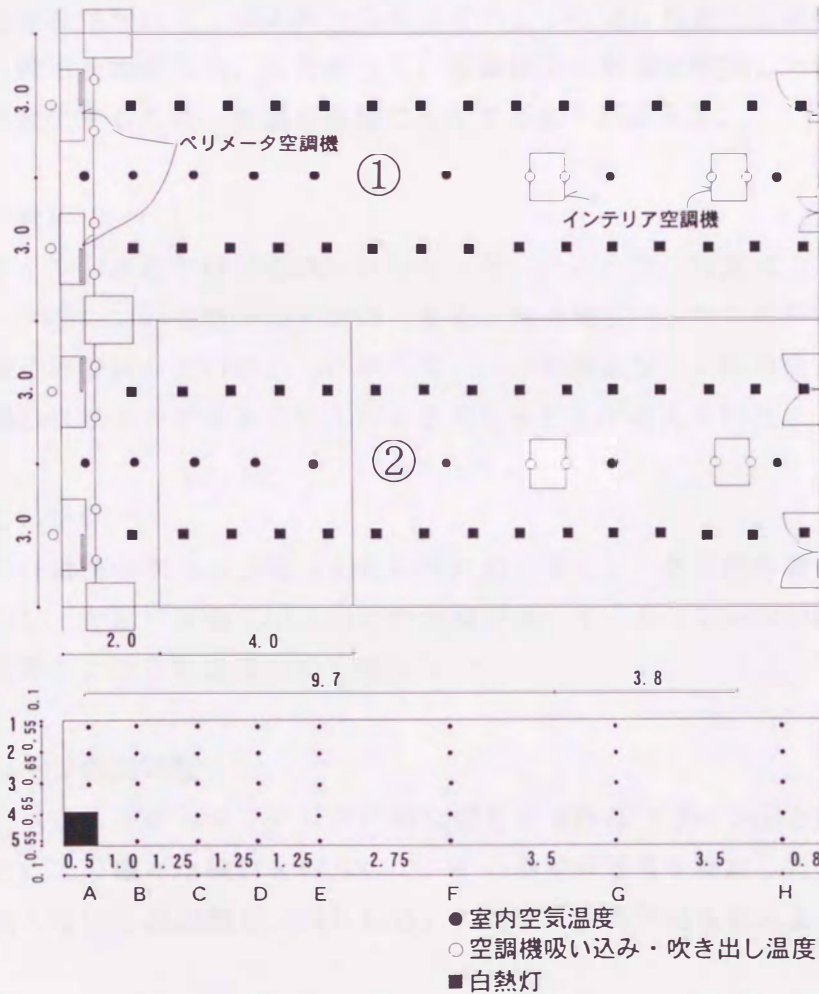


図-2.5 室内空気温度測定点および白熱灯設置位置 (単位: m)

2.3 実測結果と考察

2.3.1 実測データ解析の前提条件

(1) 通常の室使用条件との違い

今回の実測は、以下に示す4つの点で通常の室使用条件とは異なっている。

1) 外気導入を全く行わない

測定ゾーン②ではペリメータ・インテリアに間仕切りがあるため、ゾーン外部に排気できない。そこで、実測条件を統一するためにすべての実測ゾーンおよび実測パターンにおいて外気をカットした。したがって、通常の窓側からコア側に空気が流れる状態とは異なる。

2) 空調機吹き出しは負荷によらず全て定風量

空調機の除去熱量は吹出し・吸込み空気温度差および吹出し風量から求めるため、実測時には吹出し風速を固定した。したがって、空調機除去熱量は吹出し・吸込み空気温度差のみにより変化するため、室温が極端に変化するおそれがある。

3) 全窓ブラインド無し

実測時はブラインドが取り付けられていなかった。そのため、写真-2.1に示すように南側の測定ゾーン②については午前8時頃、また、両実測ゾーンともに午後から日射がインテリア奥深くまで届いていた。したがって、二つの測定ゾーン間の負荷に違いが出ることで、夜間のペリメータ室温の低下が大きくなることが考えられる。

4) 什器類が入っていない

什器類により空調機の吹出し空気は複雑な流れ場を形成し、その熱容量も負荷に影響を与える。しかし、今回の実測では室内に什器類がまったく入っていないため、実際の室使用時とは負荷および空気温度分布も異なる。

(2) 二つの測定ゾーンの同等性

今回の実測は、ペリメータ・インテリアに間仕切りを設けないゾーン①と設けたゾーン②を比較することにより様々な検討を行うので、その熱的同等性を検証した。図-2.6に空調および内部発熱のない予備実測日（10月24日）の両ゾーンの平均室温および隣接ゾーン温度を示す。

予備実測では測定ゾーン②にペリメータ・インテリアの間仕切りは施されていない。ゾ

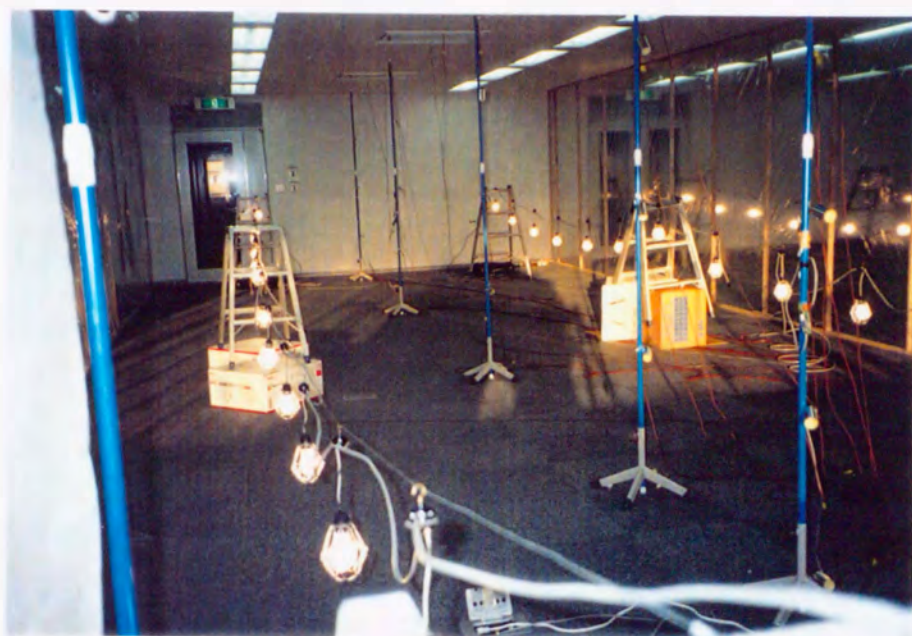


写真-2.1 実測風景

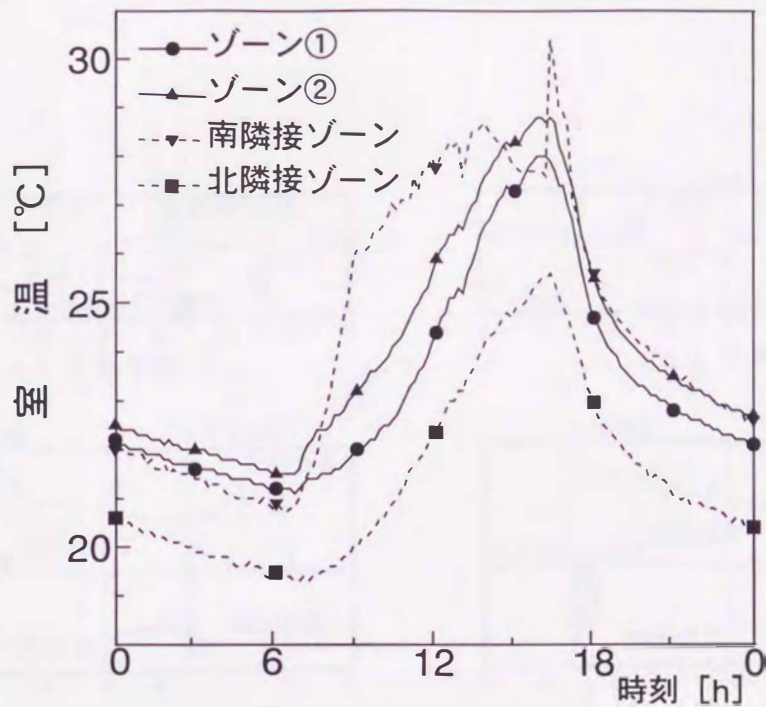


図-2.6 各ゾーンの非空調時平均室温

ゾーン①、ゾーン②の室温変化の傾向は類似しているが、ゾーンが南に位置するにつれて平均室温は高くなる。ゾーン②の平均室温はゾーン①より常に高く、特に午前中は約1℃以上の差が生じる。これはブラインドがないことによる南面の窓からのゾーン②への日射が大きく影響している。

非空調時については以上のような傾向であるが、空調時においては隣接ゾーンがほぼ設定温度に維持されることと、実測ゾーン①と②が同一方位の区画であることから、本論文では熱的に同一として扱う。

2.3.2 室内混合損失発生状況

(1) 平均室温と空調機運転状況

各ゾーンの平均室温は各測定点温度にそれぞれが代表する体積を乗じる体積加重平均により求めた。除去熱量は各空調機の吹出し空気と吸込み空気の温度差に代表風量等乗じて求めた。図-2.7に実測1～4の外界気象（外気温度、外気相対湿度、西側鉛直面全日射量）、各ゾーンの平均室温および除去熱量を示す。平均室温および空調機運転状況を検討し、以下の知見を得た。

- 1) ペリメータ設定温度が24℃の実測1と3の場合、ゾーン②では空調立上がり後約70分で冷暖併存状態が終了しているが、ゾーン①では昼頃まで続いている。したがって、実測1と3では室内混合損失が発生していると推測できる（図-2.7(b)～(e), (b')～(e')）。

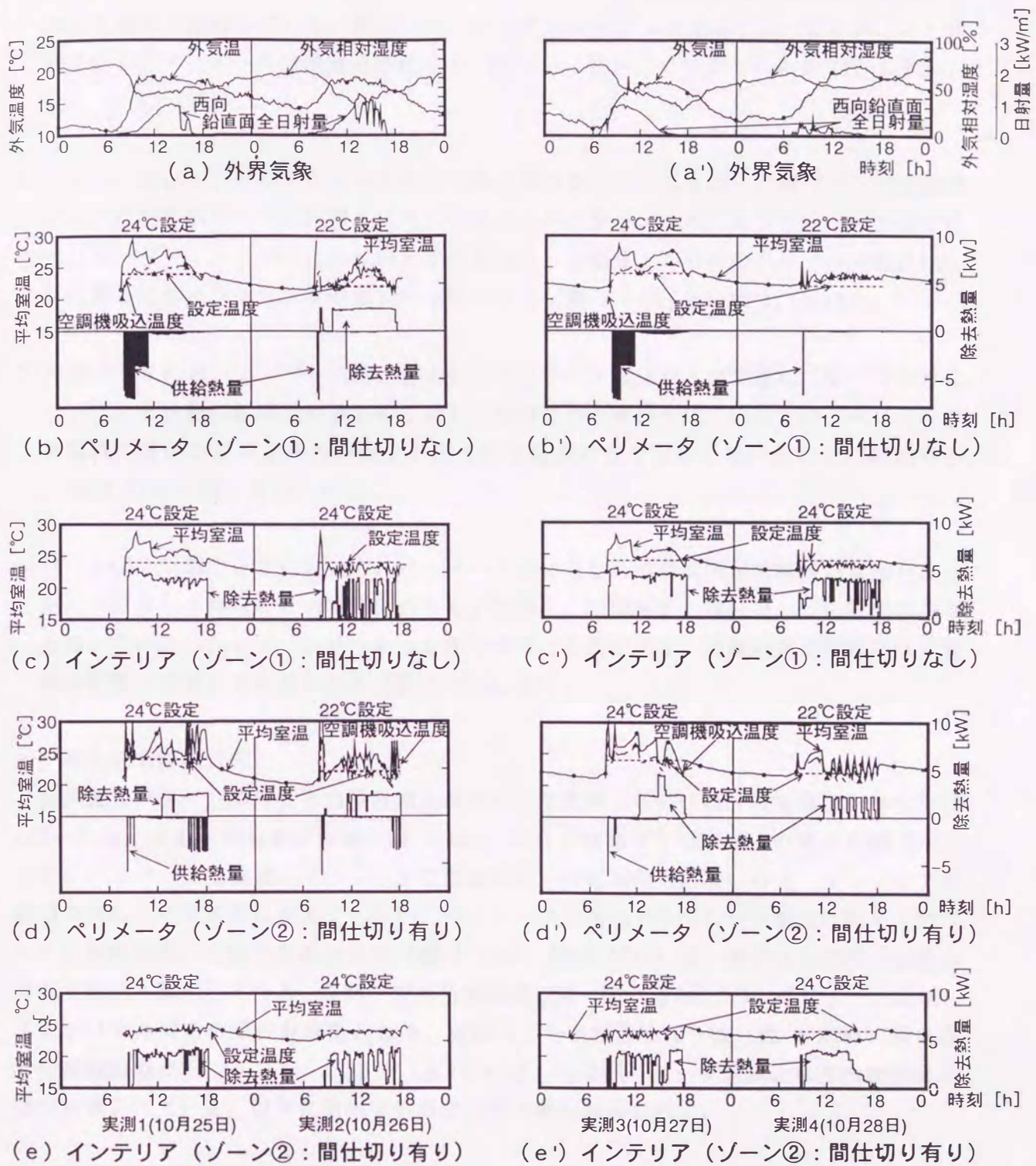


図-2.7 平均室温と空調機運転状況

- 2) 実測 1 と 3 のゾーン①においてペリメータ、インテリアともに平均室温が設定値24℃に対して高めで推移している。特に、インテリア空調機が冷房運転となっていることを考慮すれば、ペリメータ空調機の温風がインテリアに侵入しているといえる (図-2.7(b), (c), (b'), (c'))。
- 3) ペリメータとインテリアの平均室温の変動に類似性があることから、両ゾーンの空調機が互いに相手のゾーンに影響を与えていることがわかる。これに対して、ゾーン②ではペリメータ・インテリアに間仕切りがあるため、空調立上がり時のペリメータ温風吹出しに対してもインテリア平均室温の上昇はない (図-2.7(b), (c), (b'), (c'))。
- 4) 実測 1 と 3 において、ゾーン①、②ともにペリメータ暖房から送風運転に切り替わりにくいことと送風運転時も室温上昇に対して冷房に切り替わりにくいことは、ペリメータ空調機の吸込み温度が平均室温より低く設定温度付近で推移していることに起因する (図-2.7(b)~(e), (b')~(e'))。
- 5) ゾーン②の実測 1 と 2 において、ペリメータ内に 2 台ある空調機が冷暖併存状態となった。ペリメータ奥行き 2 m で間仕切りをした場合、空調機から狭いゾーンに吹出されるため、このようなショートサーキットがおきる。したがって、実際の室使用時には什器類の配置に留意する必要がある (図-2.7(d), (e))。

(2) 室内空気温度分布

全実測 4 パターンのうち室内混合損失が発生した実測 3 (10月27日)の空調立上がり時(8:00~8:20)の室内空気温度分布を図-2.8に、同じく実測 4 (10月28日)の場合を図-2.9に示す。ペリメータ空調機とインテリア空調機が同一測定断面上にないので、インテリア空調機の吹出し空気温度は捉えているが、ペリメータ空調機の吹出し空気温度は捉えていない。空調開始前の室内空気温度分布 (図-2.8(a), 図-2.9(a)) は、両者ともに均一な温度分布で傾向も類似している。実測 3 では空調開始以降 (図-2.8(b), (c)) ペリメータ暖房、インテリア冷房の冷暖併存状態となる。実測 4 でも空調開始10分後 (図-2.9(b)) は同様の空調機運転状況であるが、20分後 (図-2.9(c)) にはペリメータ送風となり冷暖併存状態が解消されている。以下に室内空気温度分布の検討結果を示す。

- 1) ペリメータの天井付近はペリメータ空調機吹出し温風の影響で高温となり、高温部分が20分後 (図-2.8(c)) にはインテリアの奥深くのコア寄りの付近まで侵入している。これにより、インテリア空調機の温度センサはその付近の高温の空気温度を検知して冷房を継続しようとする。

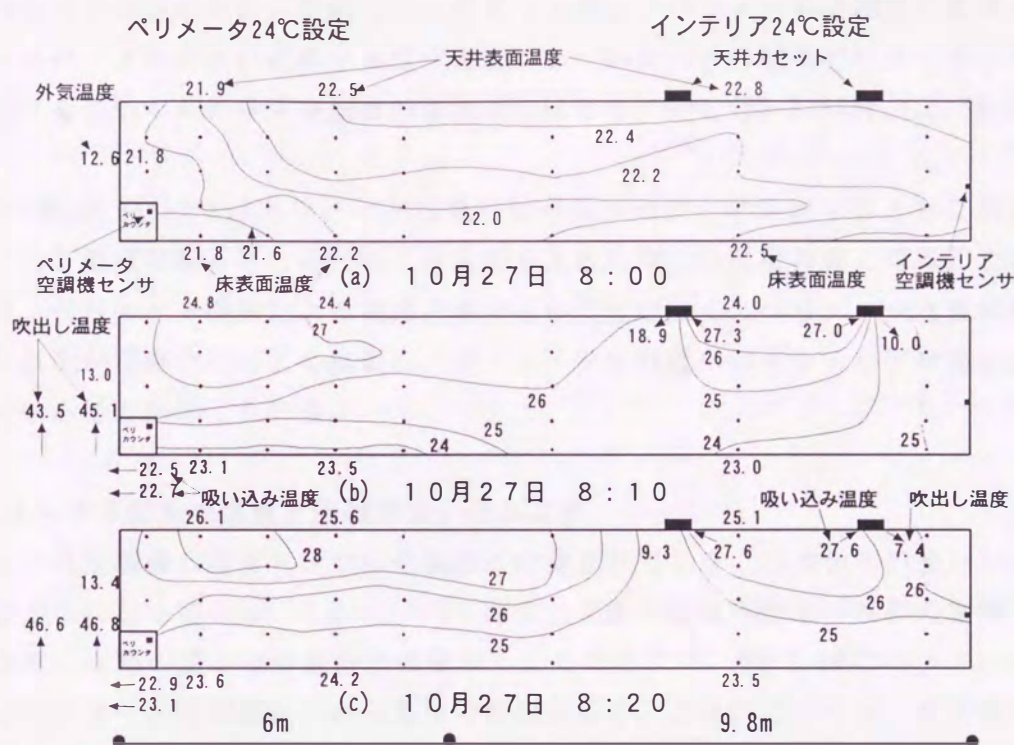


図-2.8 室内空気温度分布 (実測 3, 単位: °C)

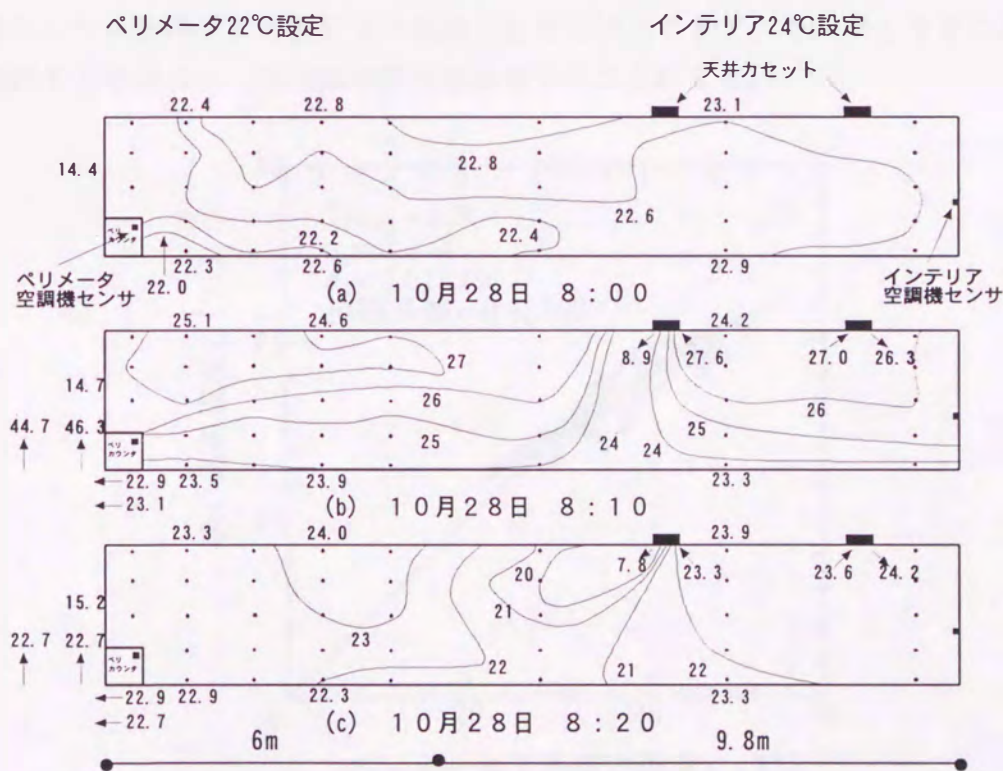


図-2.9 室内空気温度分布 (実測 4, 単位: °C)

- 2)天井カセットからの吹出し冷風は床付近まで下降し、ペリメータ空調機の温度センサが検知するペリメータ床付近の空気温度を低くしている。その結果ペリメータが設定温度以上であるにもかかわらず空調機が暖房運転になっている(図-2.8(b), (c), 図-2.9(b))。
- 3)実測4(図-2.9(c))ではペリメータ送風時にペリメータ・インテリアともに設定温度に近く、上下温度勾配もほとんどなく室全体も比較的均一な温度分布となる。この理由としては、ペリメータ暖房による室温上昇がないだけでなく、ペリメータ送風状態のため吹出し気流が垂直方向に広く拡散し、ペリメータ床付近へのインテリア冷風の侵入を阻止していることが考えられる。

(3)ペリメータ下部空気温度と空調機吸い込み温度

ペリメータ空調機の温度センサは空調機に内蔵されており、室側からの還り空気温度を検知するようになっている。しかし、ペリメータ内での温度検知は外界の影響を受けることにより、実際の還り空気温度とは異なったものとなる。図-2.10にペリメータ下部空気温度とペリメータ空調機吸い込み温度の相関を示す。全体的にペリメータ下部空気温度に対してペリメータ空調機吸い込み温度が低くなり、その傾向は高温域において顕著に現れている。上下温度勾配の影響とも併せて、室内熱環境とは異なった位置に設置された空調機内蔵センサを使用すると還り空気温度を正確に検知できず、中間季と冬季においては過剰な暖房を引き起こし、室内混合損失を助長することになる。

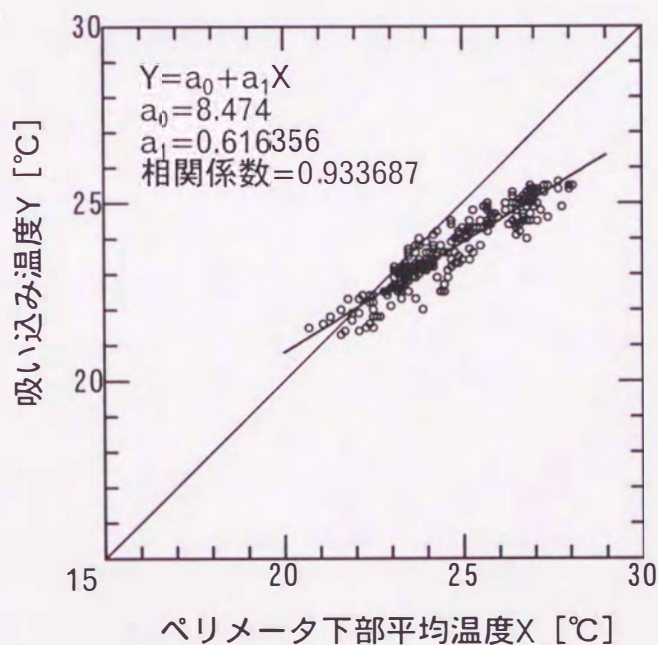


図-2.10 ペリメータ下部空気温度と空調機吸い込み温度の相関

(4) 室内混合損失防止と室内熱環境

表-2.6に測定ゾーン①の実測3、4のPMVを示す。ペリメータ設定温度をインテリアより低くした場合（実測2、4）、冷暖併存状態が減少することにより室内混合損失が防止された（図-2.7(b), (c), (b'), (c')）。また、ペリメータ平均室温は設定温度22℃より高めの24℃前後で推移し、インテリア平均室温も設定温度どおりの24℃となったことと、PMVの測定結果から良好な室内熱環境であることがわかる。ただし、これは今回のような特定の季節とゾーンについての結果である。

また、上下温度勾配と空調機のセンサ位置の関係が室内混合損失に大きく関係していることから、空調立上がり時および冷暖併存状態時に強制的にすべての空調機を送風運転にして、上下温度勾配を小さくすることが室内混合損失の防止に有効である。

表-2.6 ゾーン①のPMV (1.2clo, 1.2met)

時刻	実測 3		実測 4	
	ペリメータ	インテリア	ペリメータ	インテリア
9:00	1.10	1.20	0.57	0.80
13:30	1.00	0.89	0.59	0.72
17:00	1.10	0.94	0.56	0.71

2.4 混合損失量の推定

2.4.1 二つのゾーンの比較による推定

(1) 空調機除去熱量日積算値

図-2.11にそれぞれペリメータとインテリア空調機の除去熱量日積算値を示す。ペリメータ・インテリアの間仕切りの有無により空調機の運転状況がまったく異なるため、除去熱量と供給熱量の日積算値の割合も変わる。間仕切りのないゾーン①では、ペリメータ設定温度がインテリアより低い実測2（10月26日）と実測4（10月28日）において、他の実測日と比べてペリメータ暖房が極端に少ない。逆に、実測2（10月26日）においては全実測パターン中唯一ペリメータ冷房が出ており、その影響で実測2（10月26日）のインテリア冷房は、他の実測日の約半分になっている。また、実測4のインテリア除去熱量も実測1、3の約7割となっている。

間仕切りのあるゾーン②のペリメータ除去熱量に実測パターンによる顕著な違いは見られない。ただし、暖房に関しては実測1（10月25日）と実測2（10月26日）については前述の通り、ペリメータ内で冷暖併存状態となっているため、若干大きめとなっている。ゾーン②のインテリアの除去熱量は実測2（10月26日）を除けばゾーン①より小さく、実測パターンによる顕著な違いもペリメータと同様に見られない。

以上のことからペリメータ・インテリアの間仕切りのないゾーン①では、ペリメータとインテリアの各空調機が他方のゾーンに影響しあうことにより、実測1と3において室内混合損失が発生し、ペリメータ供給熱量およびインテリア除去熱量が増加していると考えられる。

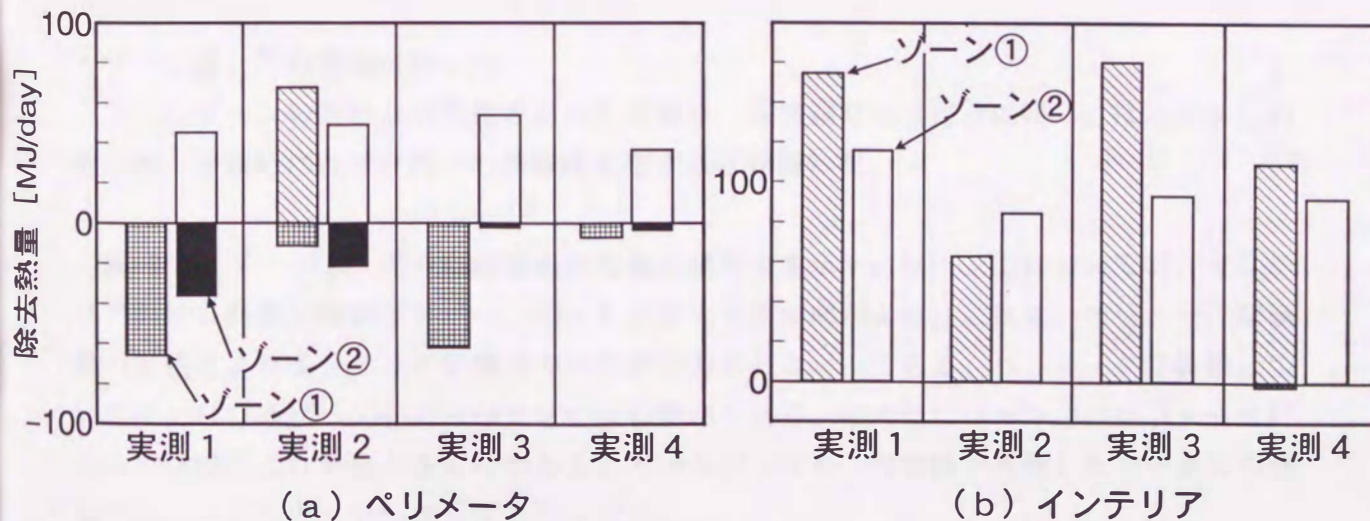


図-2.11 空調機除去熱量日積算値

(2) 室内混合損失量

室内混合損失の定義式を式(2.1)に示す¹⁾。ゾーン①で発生する混合損失量 ML は、空調機除去熱量 Q_P+Q_I とゾーンの負荷 H_P+H_I との差である。したがって、空調機除去熱量 Q_P+Q_I が既知の値であることからゾーン①の負荷 H_P+H_I がわかれば混合損失量 ML を求めることができる。そこで、本論文では次の二つの仮定に基づいて負荷を決定し、混合損失量を求める。ここで求める混合損失量は式(2.1)からもわかる通り、ペリメータおよびインテリア混合損失量の和の全混合損失量である。

$$ML = (Q_P - H_P) + (Q_I - H_I) \\ = (Q_P + Q_I) - (H_P + H_I) \quad \dots \dots \dots \text{式(2.1)}$$

混合損失無し : $ML = 0$

混合損失 : $ML > 0$

混合利得 : $ML < 0$

ML : 混合損失量, Q_P : ペリメータ供給熱量, Q_I : インテリア除去熱量
 H_P : ペリメータ暖房負荷, H_I : インテリア冷房負荷
(ML 以外は、全て正の値として定義)

・ゾーン②の除去・供給熱量は負荷と等しい

ペリメータ・インテリア間にビニールシートによる間仕切りのあるゾーン②では室内混合損失が全く発生しないと仮定すると、ゾーン②の空調機除去熱量はゾーン②の負荷と等しいことになる。ただし、ペリメータに関しては前述の通り平均室温が設定値より高めであることから、供給熱量は負荷より大きいことが考えられる。

・ゾーン①と②の負荷は等しい

二つのゾーンの熱的な同等性を検討した結果、非空調時には完全に同一とはみなせないものの、空調時にはほぼ同一の熱特性を有すると判断した。

表-2.7にゾーン①, ②の空調機処理熱量日積算値を示す。ゾーン①においては、インテリアの除去熱量日積算値がゾーン②より大きくなる傾向がある。これは、ペリメータ空調機の温風によりインテリア空調機の冷房が促進されるからである。ペリメータ空調機については、むしろゾーン②の方が大きくなる傾向がある。これは、ゾーン②のペリメータにおいては暖房より冷房が多く行われることが原因であり、空調機が処理したトータルの熱量ではゾーン②の方が大きくなるからである。

前述の定義に従えば、ゾーン①と②の空調機が処理した熱量の差が混合損失量または混合利得量を表すことになる。したがって、室内混合損失が発生したのは実測1(10月25日)

表-2.7 空調機処理熱量日積算値（ゾーン①，ゾーン②別）

	ゾーン①の負荷			ゾーン②の負荷			熱量の差（①-②）
	ペリメータ	インテリア	計	ペリメータ	インテリア	計	
実測 1	65.56	154.37	219.92	81.90	115.60	197.50	22.42
実測 2	78.88	63.22	142.10	70.74	84.53	155.27	-13.17
実測 3	61.92	160.34	222.26	66.31	93.46	159.77	62.49
実測 4	6.98	111.53	118.51	40.21	92.09	132.30	-13.79

※単位はMJ/day

（10月28日）となる。実測 1 と実測 3 の混合損失量を比較すると、実測 1 が22.42MJ/day、実測 3 が62.49MJ/dayと実測 3 の方が40.07MJ/day大きい。これはゾーン①の除去・供給熱量日積算値には大きな違いがないにもかかわらず、ゾーン②の実測 1 の値が実測 3 と比較して37.73MJ/dayも大きいからである。実測 1 の値が実測 3 より大きくなった理由は前述の通り、ペリメータ内で冷暖併存状態となり負荷以上に熱を供給あるいは除去したためである。したがって、実測 1 の値はゾーン②本来の負荷を表しているとはいえないことから、実測 3 の値が本来の負荷に近く、混合損失量も実測 3 の値の方が通常の空調時に発生する量に近いと推測できる。実測 3 の混合損失量はゾーン①のペリメータ、インテリアの両空調機が処理した熱量の28%に当たる量である。また、実測 2 と実測 4 の混合利得についても同様の理由で実測 4 の方が通常の空調時の混合利得量に近いと推測できる。

既往の研究^{1~3)}では、室内混合損失防止策としてペリメータ設定温度をインテリア設定温度より低くすることが有効であるとしているが、今回の実測結果から実際のオフィスビル空調時においてもそれが有効であるだけでなく、むしろ室内混合利得となることも期待される。

2.4.2 実測データに基づく計算による混合損失量の推定

ここでは、実測データを入力値とした熱負荷計算により、間仕切りのないゾーン①の室内混合損失量の推定を試みる。

(1) 計算プログラム

計算プログラムは動的熱負荷計算プログラムHASP/ACLD/8501および空調システム標準シミュレーションプログラムHASP/ACSS/8502に、実測データを入力して空調機除去熱量が求められるよう改造したものである。

この計算プログラムのHASPは単室モデルであり、気流などによるゾーン間の熱の移動は全く考慮されず、各計算ゾーンは熱的に完全独立となる。したがって、ゾーン①を対象とした計算においてもゾーン②と同様のペリメータ・インテリアに間仕切りのあるゾーンを想定することになり、計算除去熱量はペリメータ・インテリアの各ゾーンの平均室温の変動を反映するものとした。そして、除去熱量の実測値と計算値の差を混合損失量とした。

表-2.8に示す入力データを、通常のHASP/ACLDが使用する標準気象データフォーマットに合わせて整理した。なお、雲量と風向、風速は実測データがないので、実測期間中の福岡管区気象台データを使用した。また、通常のHASP/ACLDの日射データは、法線面直達日射量と水平面天空日射量を使用するが、この実測では水平面全天日射量および4方位の全天日射量しか測定していないので、測定ゾーンに直接影響を与える西向き鉛直面全天日射量のみを日射の入力値として計算できるようにプログラムを改造している。隣室温度はビニールシートを通しての貫流熱量を考慮したもので、瞬時定常として取り扱った。

表-2.8 入力データ一覧

外界 気象	外気温度	実測値
	外気絶対湿度	実測値
	西向き鉛直面全日射量	実測値
	雲量	気象台データ
	風向	気象台データ
	風速	気象台データ
室内 負荷	実測平均室温（ペリメータ）	実測値
	実測平均室温（インテリア）	実測値
	実測内部発熱量（ペリメータ）	実測値
	実測内部発熱量（インテリア）	実測値
	隣室温度（南隣接ペリメータ）	実測値
	隣室温度（北隣接ゾーン）	実測値

(2) 混合損失量

計算プログラムを室内混合損失・利得が発生するゾーン①に使用して除去熱量を求めた。ゾーン②のペリメータ奥行き6mと一般的に空調設計時のゾーニングで行われるペリメータ奥行き5~6mに基づいて、ゾーン①のペリメータ奥行きを6mと設定した。

1) 計算除去熱量

図-2.12にゾーン①実測3、4の計算除去熱量と実測除去熱量の比較を示す。実測除去熱量は10分間隔でプロットされているが、計算除去熱量は1時間間隔データなので細かい変動は一致しない。

ペリメータにおいては実測除去熱量は午前中暖房となるが、その量は計算値と比較して3倍程になる。また、計算除去熱量では午後から冷房となるが、実測除去熱量では送風となり冷房にはならない。実測4についてみると、計算除去熱量は空調立上がり時から終了時まで常に冷房となっている。しかし、実測除去熱量は空調立上がり時に暖房となるがすぐに送風となり、空調終了時まで送風が継続する。このように実測4においてはペリメータで実測値の方が計算値より小さいことから、実測4の室内混合利得の発生が確認できる。

インテリア除去熱量をみると、実測3の実測除去熱量は空調立上がり時から冷房となり空調終了時まで続くが、計算除去熱量は午前中暖房で午後から冷房となる。これはペリメータの温風がインテリアに侵入するためインテリアの平均室温が高くなることから、平均室温を反映する計算値ではインテリア空調立上がり時から暖房となるからである。実測4についてみると、空調立上がり時から冷房となることに関しては計算と実測とで一致するものの、その量は実測値が計算値の約2倍になっている。

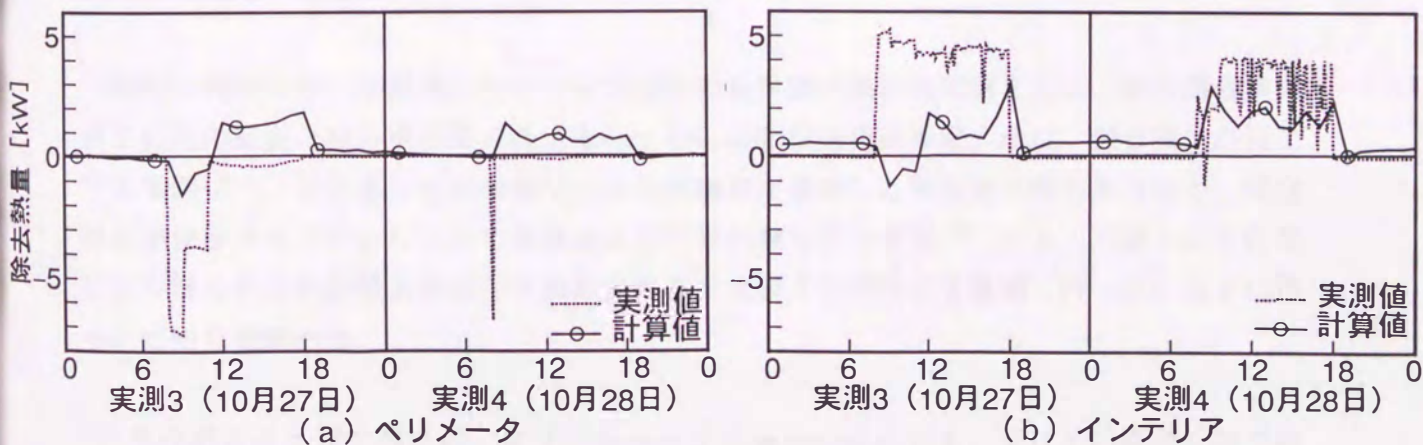


図-2.12 ゾーン①除去熱量の計算値と実測値の比較

2) 混合損失量推定

表-2.9にゾーン①の実測と計算の空調機処理熱量日積算値を示す。ペリメータ計算除去熱量については、実測4以外は51~60MJ/day前後である。また、実測パターンによる違いは実測値と同じ傾向であるが、その差は小さい。インテリア計算除去熱量については、実測2が他の実測より大きくなった。実測パターンによる除去熱量の違いは、実測除去熱量は室内混合損失発生日に除去熱量が大きくなるが、計算除去熱量の違いはほとんどない。室内混合損失発生日は前述の二つのゾーンの比較による推定結果と同様であるが、室内混合損失発生日の混合損失量は、計算除去熱量が実測除去熱量より小さくなり、計算による推定結果の方が二つのゾーンの比較による推定結果より大きくなった。計算除去熱量が実測除去熱量より小さくなる理由は、実際にはゾーン内に上下温度勾配があるにもかかわらず、それらの平均室温を計算入力値とした時点でゾーン内の高温部分と低温部分が計算上の有効熱量を失うからである。

表-2.9 ゾーン①空調機処理熱量日積算値（実測値，計算値別）

	実測値			計算値			熱量の差 (実測値 - 計算値)
	ペリメータ	インテリア	計	ペリメータ	インテリア	計	
実測 1	65.56	154.37	219.92	51.07	68.32	119.39	100.53
実測 2	78.88	63.22	142.10	60.57	98.45	159.02	-16.92
実測 3	61.92	160.34	222.26	53.79	73.21	127.00	95.26
実測 4	6.98	111.53	118.51	31.94	89.79	121.73	-3.22

※単位はMJ/day

2.5 おわりに

個別空調システムを採用したオフィスビルの秋季室内熱環境実測を行い、室内混合損失発生状況の把握と混合損失量の推定を行った。混合損失量の推定方法は、混合損失が発生する実測ゾーンと発生しない実測ゾーンの空調機が処理した熱量を比較する方法と、混合損失が発生するゾーンについて室温および外界気象などの実測データを入力値として計算により得られた計算除去熱量と実測除去熱量を比較する方法の2種類で行った。以下に得られた知見を述べる。

- (1) 室内混合損失発生時には、まずペリメータ空調機の温風がインテリアの奥深くまで侵入してインテリア室温を上昇させる。それによりインテリアは冷風吹出しとなり、この冷風が床に沿ってペリメータ空調機の温度センサに到達する。この悪循環により室

内混合損失が助長されることから、上下温度勾配がつきやすい空調システムでは室内混合損失が発生しやすいといえる。

(2) 二つのゾーンの比較による推定で得られた混合損失量は、ペリメータ設定温度がインテリアと同じ場合、全空調機処理熱量の約28%となった。

(3) 既往の研究で提案されているペリメータ設定温度をインテリアより低くすることが、実際のオフィスビルの室内混合損失防止に有効であることを確認した。また、ペリメータ設定温度をインテリアより低くすることによる室内熱環境の悪化は、今回の空調システムおよび中間季実測の場合にはみられなかった。

(4) 強制的に全空調機を送風運転にすることにより上下温度勾配を小さくし、冷暖併存状態を少なくして室内混合損失を防止することも有効であると考えられる。

(5) 計算による混合損失量の推定結果は(2)の推定結果より大きいものとなった。これは実測ゾーンに上下温度勾配が大きいにもかかわらず、入力データとして平均室温にしたためゾーン内の高温部分と低温部分が有効熱量を失うことと、実測時のペリメータ空調機は混合損失時の上下温度勾配により平均室温より低い吸込み空気温度を検知して暖房運転が多くなるが、計算ではそれが反映されず暖房は少なくなることが原因である。

(6) 室内混合損失発生時に上下温度勾配が大きくなることは、室内混合損失を助長するだけでなく、それ自身が空調エネルギーの過剰消費ならびに室内熱環境の悪化となる。したがって、この問題も室内混合損失に含めて解決すべきである。

(7) 室側空調機は個別分散であっても熱源側の集中化により、室側で損失した熱量を回収できるシステムが室内混合損失対策として必要である。

参考文献

- 1) 中原信生, 他: 空気調和における室内混合損失防止に関する研究 (第1報), 空気調和・衛生工学会論文集, No.33, pp. 1~12, 1987年2月
- 2) 伊藤尚寛, 中原信生: 同上 (第2報), 空気調和・衛生工学会論文集, No.33, pp. 13~22, 1987年2月
- 3) 伊藤尚寛, 中原信生: 同上 (第3報), 空気調和・衛生工学会論文集, No.41, pp. 51~60, 1989年10月

第3章 オフィス環境における 室内空気質改善の手法

はじめに

近年、オフィス環境における室内空気質（IAQ）の重要性が認識され、健康と生産性の観点から、IAQの改善が求められている。本稿では、IAQ改善の重要性、IAQの測定方法、IAQ改善の手法について解説する。

IAQの重要性は、健康と生産性の観点から、近年認識されつつある。IAQの悪化は、頭痛、目眩、鼻水、喉の痛み、アレルギー症状、呼吸器疾患、さらにはがんや心臓病などの深刻な健康被害を引き起こす可能性がある。また、IAQの悪化は、従業員の生産性を低下させる要因となる。IAQ改善の重要性は、健康と生産性の観点から、近年認識されつつある。

IAQの測定方法は、IAQの悪化を把握するために不可欠である。IAQの測定方法は、IAQの悪化を把握するために不可欠である。IAQの測定方法は、IAQの悪化を把握するために不可欠である。

1. IAQ改善の手法

IAQ改善の手法は、IAQの悪化を把握し、その原因を特定し、適切な対策を講ずることによって実現される。IAQ改善の手法は、IAQの悪化を把握し、その原因を特定し、適切な対策を講ずることによって実現される。

第3章 オフィス空調における 室内混合損失の実態

3.1 はじめに

冬季および秋季、春季においてもインテリアでは冷房負荷が発生すると考えるならば、室内混合損失はペリメータで発生する暖房負荷の発生状況に影響される。したがって、ペリメータの方位によりゾーンの負荷特性が異なることから、ペリメータ方位毎に室内混合損失量にも違いが出るであろう。また、室の使用状況、空調システムの違いによっても室内混合損失量に違いが出るであろう。

前章では、竣工前のオフィスビルを利用した室内熱環境実測データに基づいて、室内混合損失発生メカニズムを解明した。また、HASP/ACLD/8501を利用した室内混合損失量推定方法も提案した。本章では、実際の室使用時における室内混合損失を定量的に把握する。検討項目はペリメータ方位毎の室内混合損失発生状況、室使用状況が室内混合損失発生状況に与える影響、室で使用される空調システムの違いが室内混合損失発生量に与える影響等である。検討方法は、前章と同じ既存ビルを対象に冷房と暖房が同時に発生する春季の室内熱環境実測を行い、実測データに基づいて計算により室内混合損失量を推定するものである。空調システムの違いによる室内混合損失発生状況の比較は、ペリメータとインテリアにパッケージ空調方式（以下、PAC方式と略）を採用した空調システムと、ペリメータはPAC方式、インテリアはセントラル方式を採用したPAC・セントラル併用空調方式の2つについて行う。ペリメータ方位別の比較は実測の都合上、西、南、北の3方位で比較する。

3.2 実測および調査方法

実測・調査対象期間および空調機運転モードを表-3.1に、実測対象ゾーンを図-3.1に、実測項目を表-3.2に示す。実測対象ゾーンはPAC方式の5階とPAC・セントラル併用空調方式の8階である。外界気象、室内熱環境、空調システムは測定間隔10分、24時間オンラ

イン自動計測である。在室人員、照明のON/OFF、OA機器のON/OFF等の室内発熱量およびブラインドの開閉は、1時間間隔の目視で調査した。5階と8階の空調機器配置および測定点を図-3.2に示す。実測期間中の空調機の運転モードは5階、8階共通である。

表-3.1 実測期間と空調機運転モード

自動計測	1994年4月25日(月)～5月23日(日)
室内調査	1994年5月16日(月)～5月21日(金)
空調機運転モード	設定温度：22℃，冷暖自動モード

表-3.2 実測項目一覧

実測・調査項目		測定センサ	測定点*	
自動計測	外界気象	外気温度	熱電対	A 1
		外気湿度	セラミックセンサ	A 2
		日射量	簡易日射計	A 3
	室内熱環境	室内温度	熱電対	B 1
	空調系統	吹出・吸込温度	熱電対	C 1
		吹出・吸込湿度	静電容量式薄膜湿度センサー	C 2
		外気導入温度	熱電対	C 3
		FCU冷温水往還温度	白金測温抵抗体	C 4
氷蓄熱冷水往還温度		白金測温抵抗体	C 5	
室内調査	使用電力量	照明機器電力量		
		空調機器電力量		
		冷温水ポンプ電力量		
	室内発熱量	在室人数		
照明のON/OFF OA機器のON/OFF				
その他	ブラインドの開閉			

* 記号は図-3.2に対応

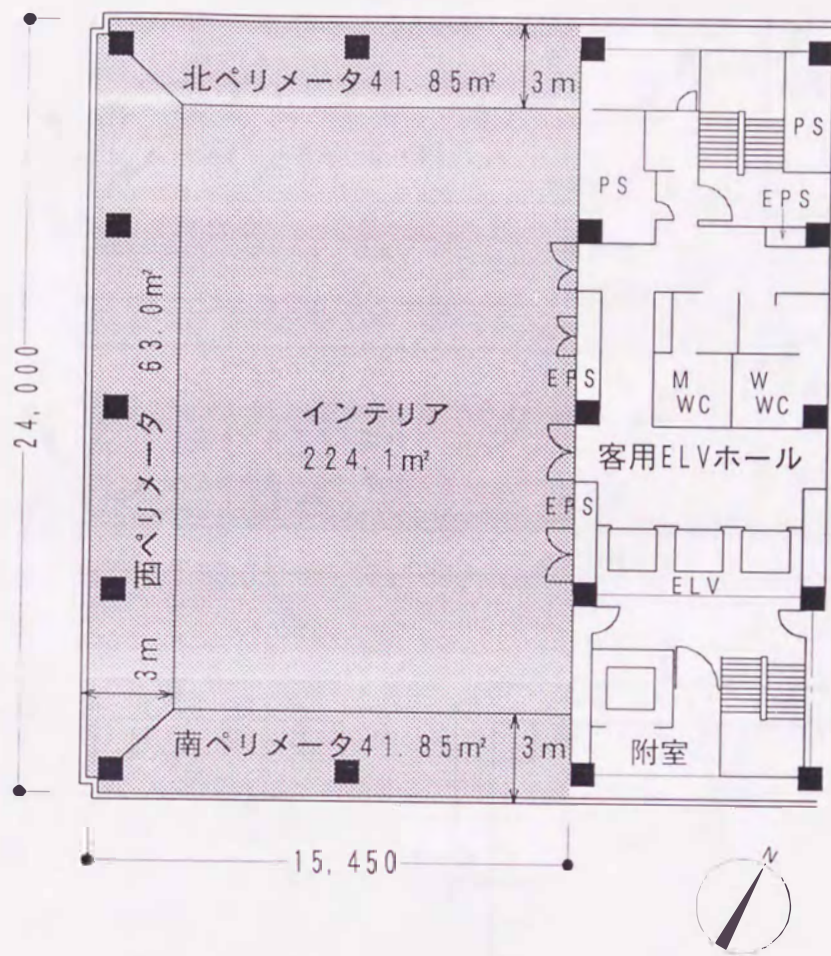
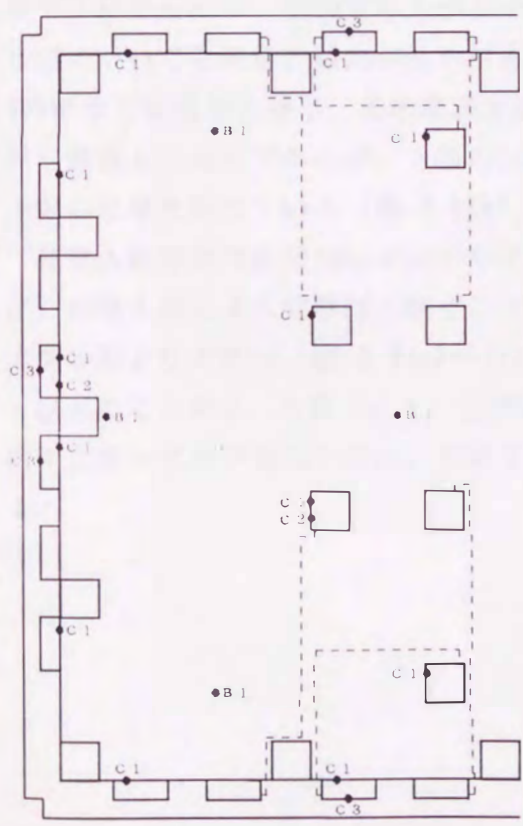
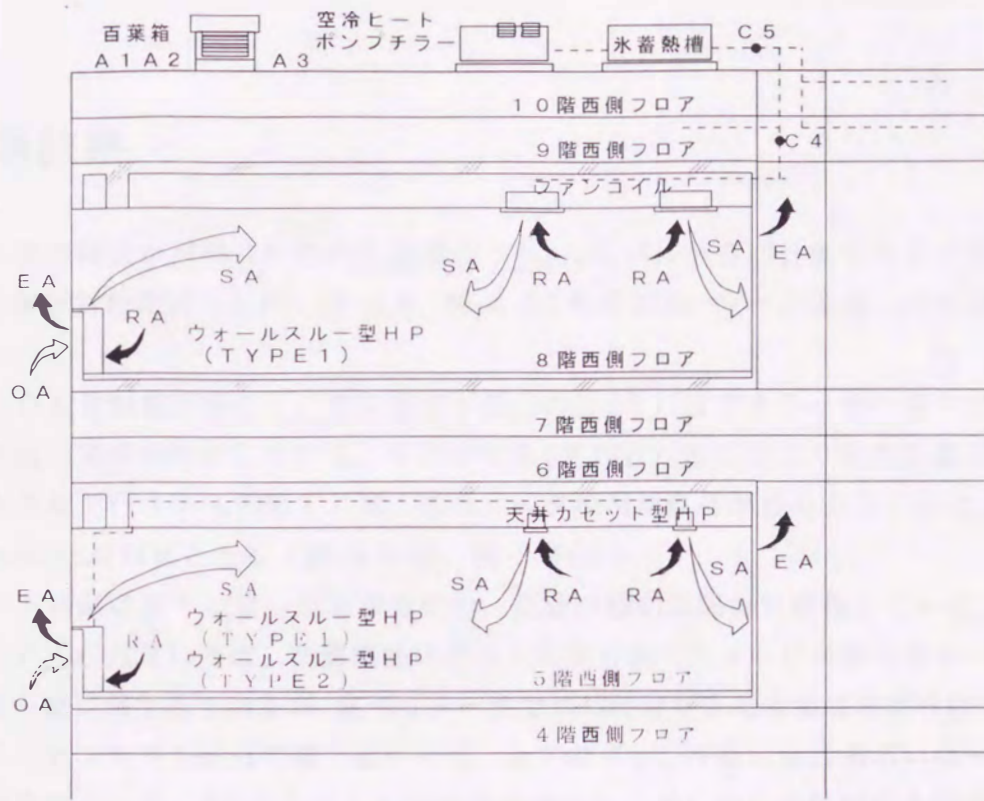
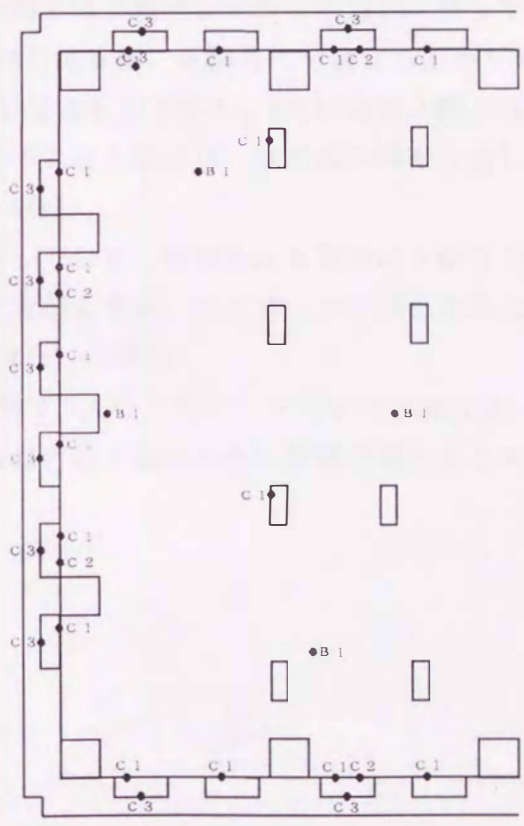


図-3.1 実測対象ゾーン (単位 : mm)



5階実測フロア



8階実測フロア

図-3.2 空調機配置と測定点

3.3 実測結果

自動計測と室内調査が同時に行われた期間のうち、5月16日から19日までの4日間を室内混合損失の解析対象期間とした。図-3.3、図-3.4に外界気象、ゾーン室温、内部発熱量を示す。

対象期間のうち日射量が少なく、外気温度が低いのは5月17日である。その他の日は日射および外気温の傾向が類似している。その中でも5月16日は他の日より外気温が高めである。外界気象データから判断すれば、ペリメータの暖房負荷が最も大きいのは5月17日で、小さいのは5月16日となる(図-3.3(a), 図-3.4(a))。

各階のゾーン室温は若干の違いがあるものの、変動の傾向は階毎に類似している。5月16日の5階(PAC方式)では、空調開始の午前8時から北ペリメータを除く他のゾーンで室温はほぼ一定に保たれているが、北ペリメータでは12時過ぎまで室温は下がり続けた。8階(PAC・セントラル併用空調方式)では、全てのゾーンが設定温度あるいはそれ以下の室温に保たれている。5月17日は、5階では空調立ち上がり時に室温が設定温度付近まで下がるものの、空調立ち上がりから2時間半ほど経過してから室温が上昇している。8階についても同様の傾向が見られる。5月18日は5階、8階共に空調立ち上がり時から14時頃まで室温が上昇し、その後設定温度22℃付近まで下がる。5月19日は5階、8階共に設定温度より高めであるが、5階の14時以降の室温を除けば、全空調時間帯を通してほぼ一定の室温を保っている(図-3.3(b), 図-3.4(b))。

在室人数等の内部発熱はインテリアに集中しており、照明による発熱は8階インテリアが、在室人員による発熱は5階インテリアの方が大きい。ペリメータの内部発熱は5階の方が8階より大きい(図-3.3(c)~(f), 図-3.4(c)~(f))。

以上のことから、5階(PAC方式)と8階(PAC・セントラル併用空調方式)では、内部発熱の状況が異なるため、後述する室内混合損失量にもその影響が現れると考えられる。

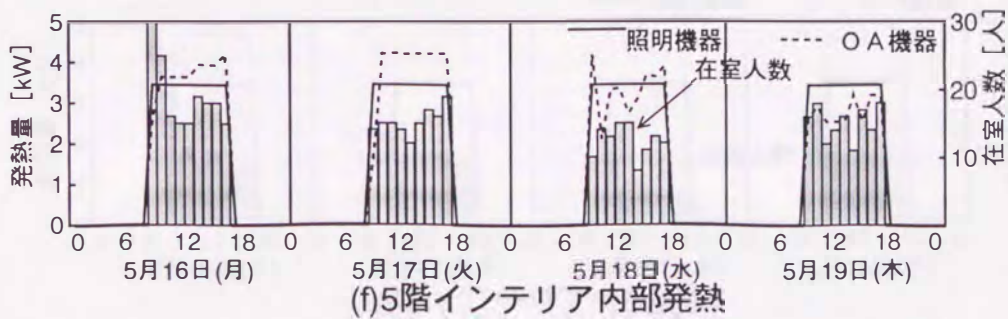
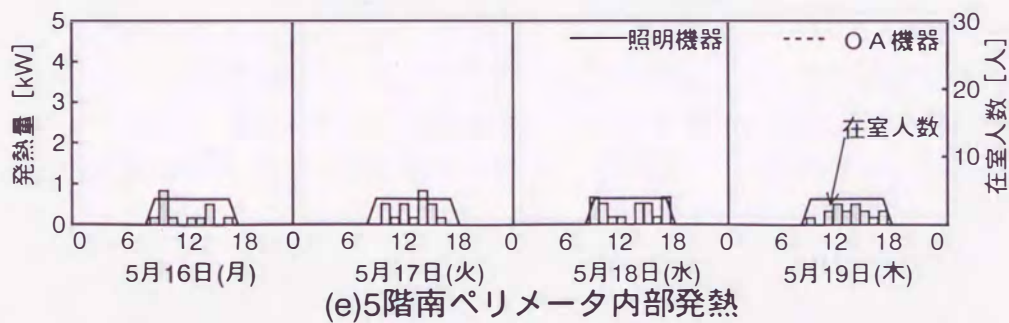
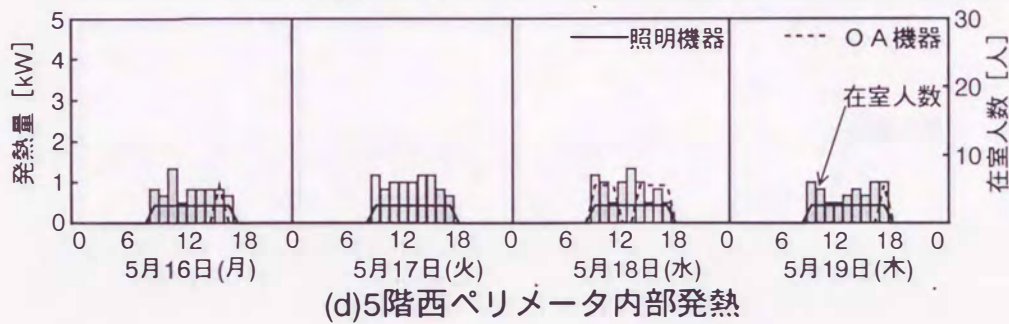
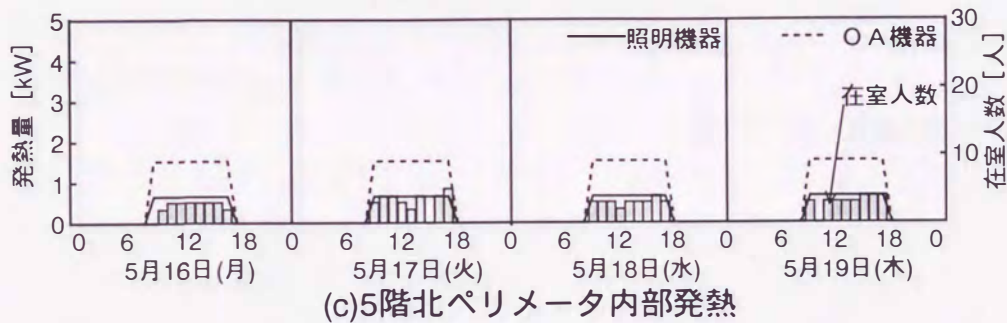
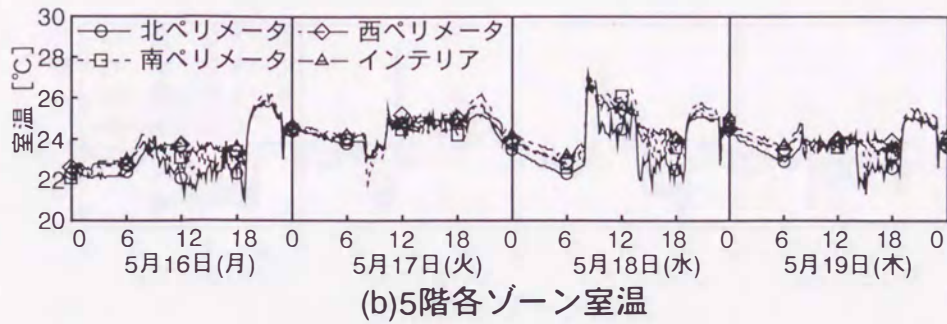
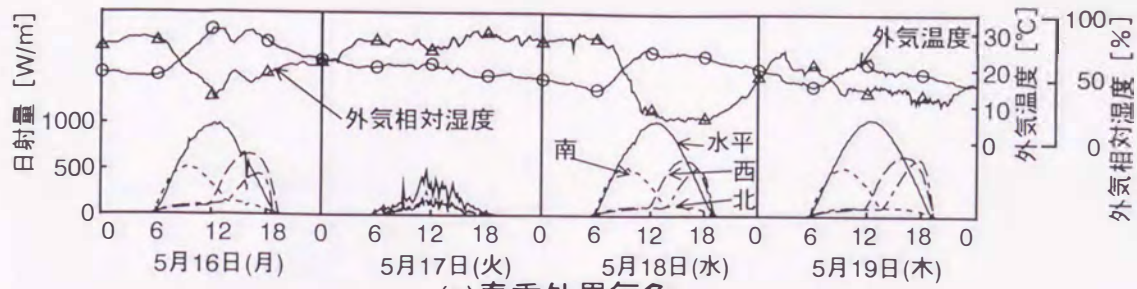
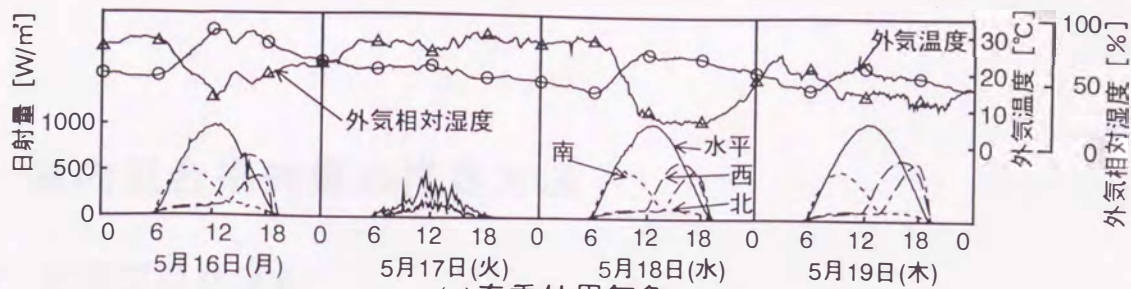
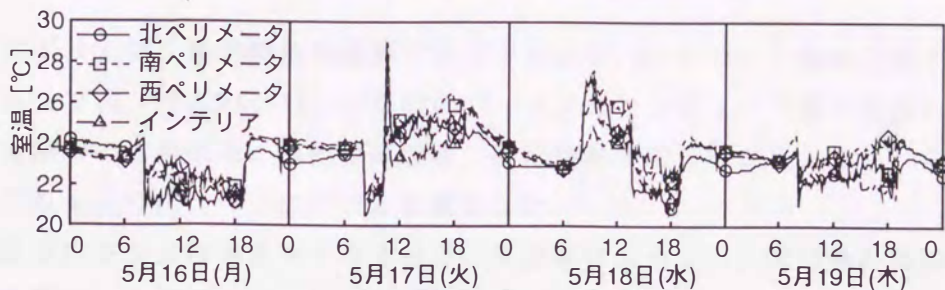


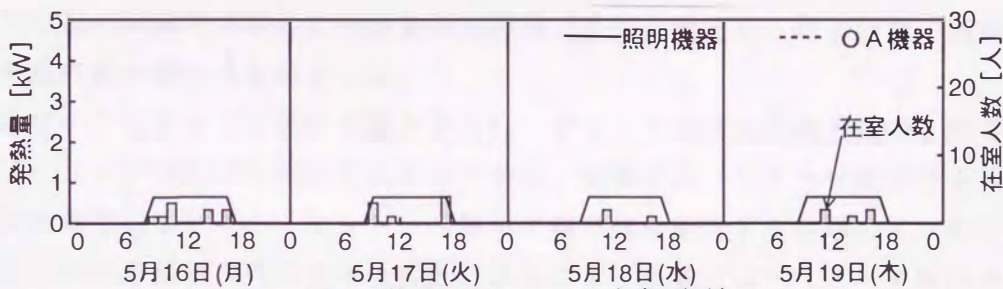
図-3.3 外界気象および5階（PAC方式）室温と内部発熱状況



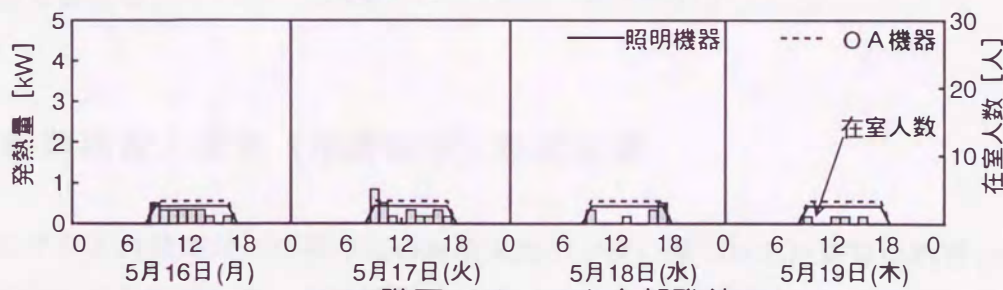
(a)春季外界気象



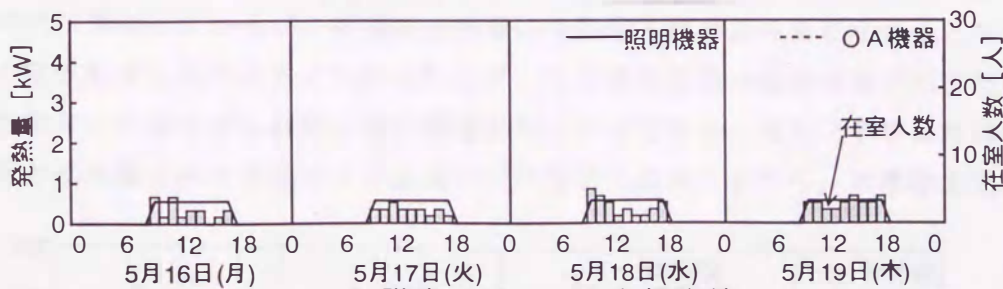
(b)8階各ゾーン室温



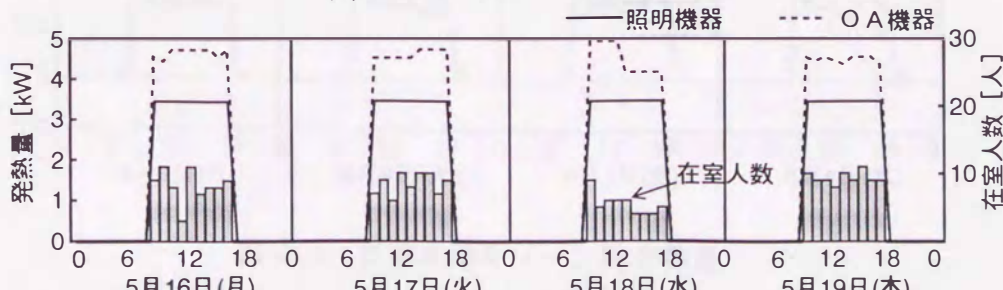
(c)8階北ペリメータ内部発熱



(d)8階西ペリメータ内部発熱



(e)8階南ペリメータ内部発熱



(f)8階インテリア内部発熱

図-3.4 外界気象および8階 (PAC・セントラル併用空調方式) の室温と内部発熱状況

3.4 室内混合損失量の推定方法

3.4.1 計算プログラム

計算プログラムは、動的熱負荷計算プログラムHASP/ACLD/8501と空調システム標準シミュレーションプログラムHASP/ACSS/8502のパーソナルコンピュータ版であるMICRO-ACSSを用いた。実測時の外界気象、室内空気温度、内部発熱等のデータを入力し、空調機除去熱量が求められるようにこのプログラムを変更した。

この計算プログラムは単室モデルであり、気流等によるゾーン間の熱の移動は全く考慮されず、計算対象の各ゾーンは熱的に完全独立となる。したがって、計算除去熱量は各ゾーンの平均室温の変動を反映した空調機除去熱量であると仮定し、除去熱量の実測値と計算値の差を室内混合損失量と想定した。

計算対象ゾーンはPAC方式の5階とPAC・セントラル併用空調方式の8階である。計算時のゾーニングは図-3.1に示すとおりである。前章ではペリメータ奥行きを6mとしたが、実測対象であるPAC・セントラル併用空調方式を使用する8階のインテリア空調機の吹き出し口が窓面から奥行き4m付近にあるので、本章ではペリメータ奥行きを3mとして検討を進める。

3.4.2 計算精度と夏季（冷房のみ）除去熱量

計算プログラムの精度は、冷房のみの夏季実測データに基づいた計算除去熱量と実測除去熱量の比較により確認した。その結果を図-3.5に示す。計算期間における除去熱量の経時変化の傾向は類似しているが、計算除去熱量は実測除去熱量より常に小さめとなった。これは室内空気温度分布があるにもかかわらず、入力値の室温は代表室温であるためゾーン内の高温部分と低温部分は計算上有効熱量を失うからである。また、冬季または中間期は、室内混合損失発生時を含めて上下温度勾配が大きくなることから、計算除去熱量は実

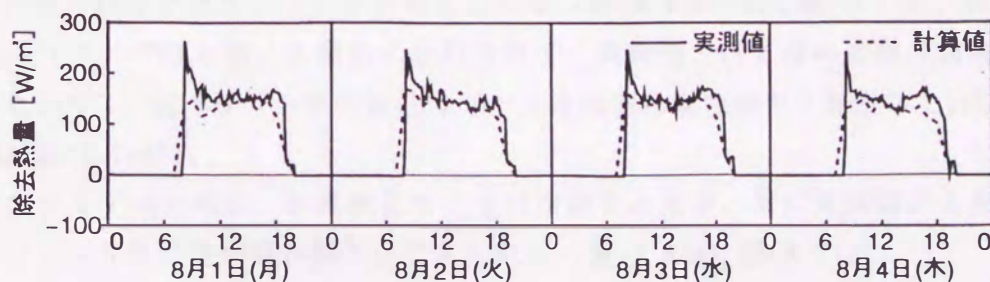


図-3.5 夏季8階全ゾーン除去熱量

際の除去熱量より小さくなり、混合損失推定量は大きくなる。したがって、本計算プログラムによる室内混合損失量推定にあたっては、損失量を小さく見積もる必要があるだろう。

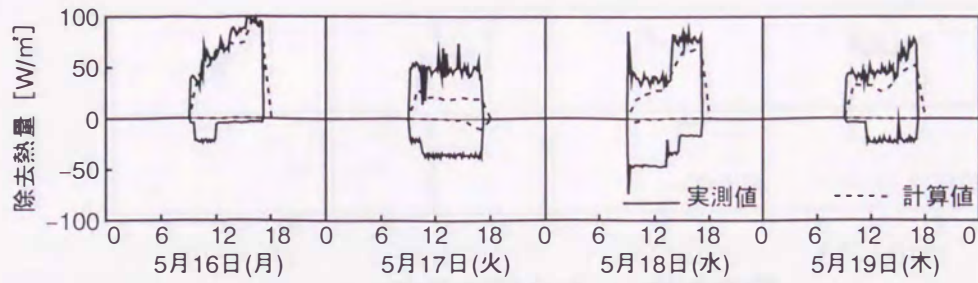
3.5 室内混合損失量の推定結果

計算対象期間は1994年5月16～19日の4日間とした。除去熱量の実測値および計算値の経時変化を5階については図-3.6に、8階については図-3.7に示す。除去熱量日積算値を図-3.8に、混合損失量、混合損失率を表-3.3に示す。混合損失率とは、第1章で述べたように本来は室の負荷に対する室内混合損失量の割合を示すものであるが、ここでは空調除去熱量に対する室内混合損失量の割合とする。

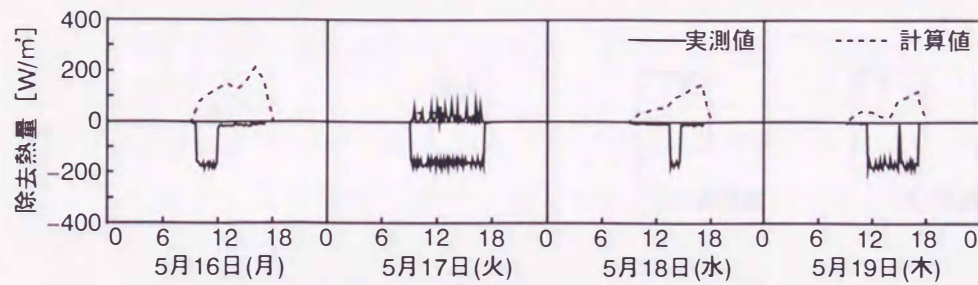
3.5.1 ゾーン方位別除去熱量比較

除去熱量のゾーン方位別検討結果を以下に示す。

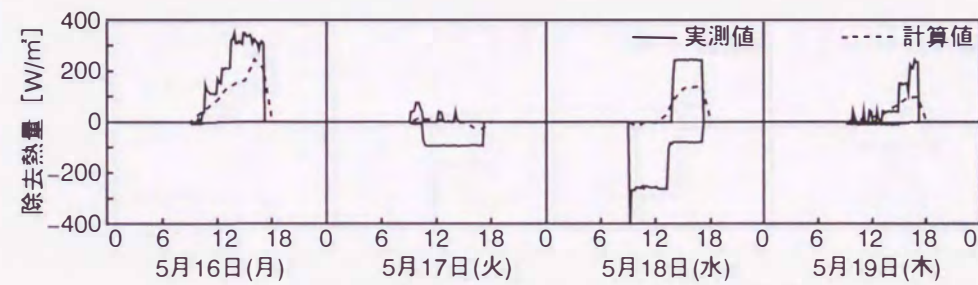
- (1) 全ゾーン除去熱量を見ると、5階、8階共に実測では冷暖房が同時発生しているが、計算ではほとんど冷房あるいは送風となった。計算除去熱量の方が実測値より小さいことと、実際に冷房と暖房が同時に行われているにもかかわらず計算ではほとんどが冷房状態となることから、実測時の室内空気は冷風と温風が相殺し、温風の有効熱量の大部分が損失していると考えられる（図-3.6(a), 図-3.7(a)）。
- (2) 曇天日の5月17日と午前中の外気温が低い5月18日において、北および西ペリメータは計算では冷房または送風であるが、実測値は8階北ペリメータ以外は暖房となった。特に5階の北ペリメータで供給熱量が多いのは、ゾーンのほとんどがロッカールームと休憩室になっており、その間仕切りによりインテリアの内部発熱の影響を受けにくいことと、ペリメータ空調機吹き出し温風が間仕切りのない天井面付近に沿ってインテリアに流出することに起因する。したがって、北および西ペリメータでは午前中に室内混合損失が発生していると考えられる（図-3.6(b), (c), 図-3.7(b), (c)）。
- (3) 南ペリメータは5階、8階共に全日冷房で、実測値と計算値の変動は類似している。したがって、南ペリメータでは他のゾーンとの室内混合損失は発生していない（図-3.6(d), 図-3.7(d)）。
- (4) インテリアは実測値、計算値ともに全日冷房であるが、常に実測値が大きいことからペリメータとの室内混合損失が考えられる（図-3.6(e), 図-3.7(e)）。



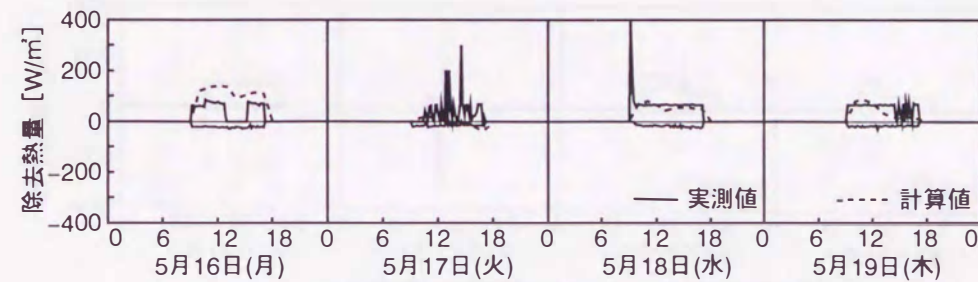
(a)春季5階全ゾーン除去熱量



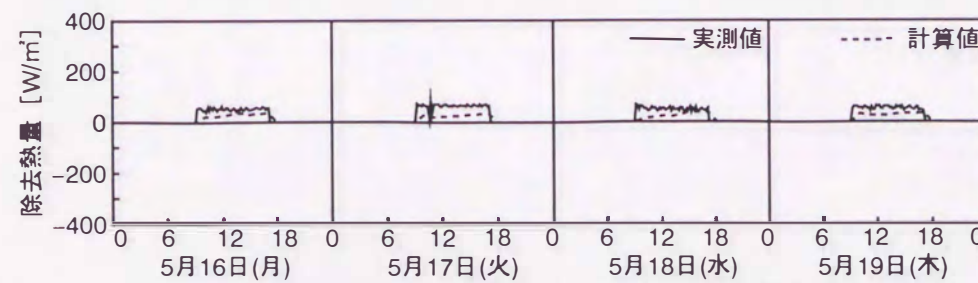
(b)春季5階北ペリメータ除去熱量



(c)春季5階西ペリメータ除去熱量



(d)春季5階南ペリメータ除去熱量



(e)春季5階インテリア除去熱量

図-3.6 5階除去熱量経時変化

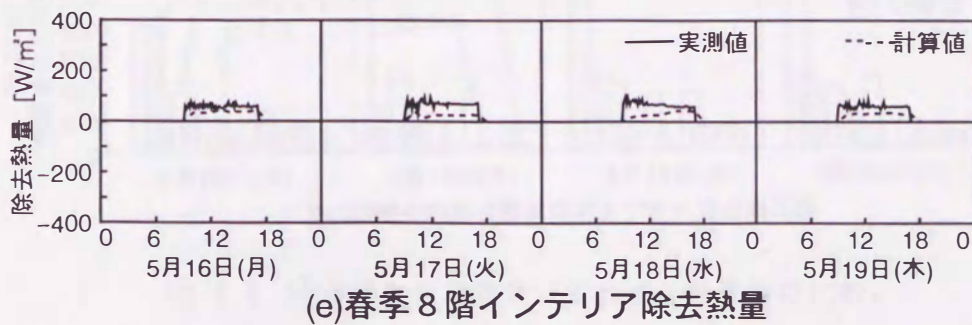
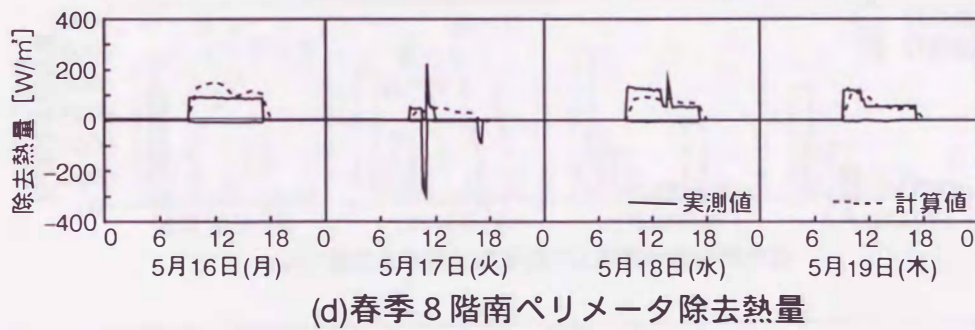
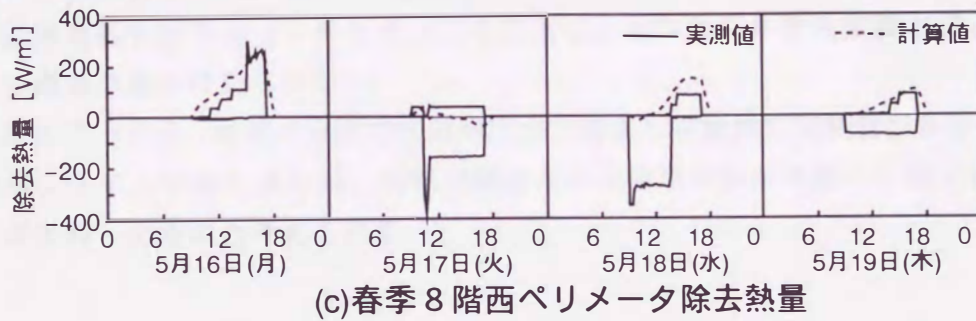
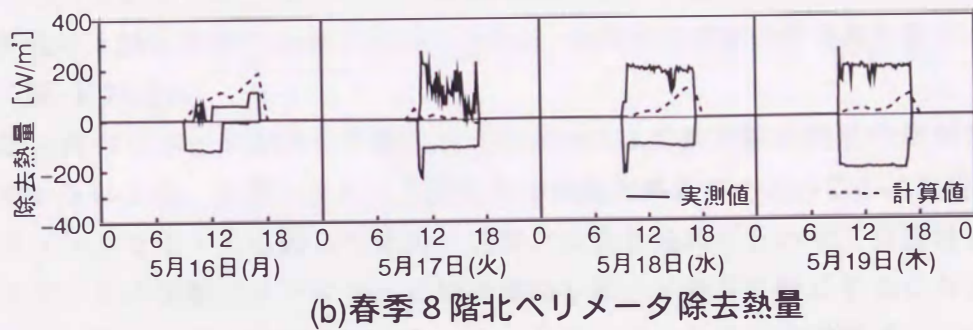
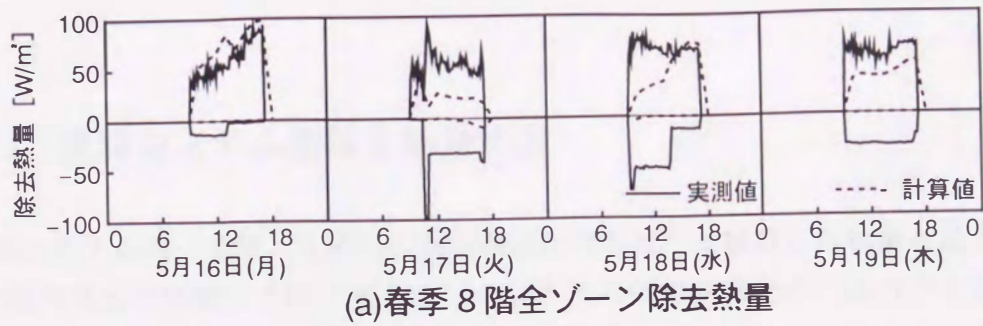


図-3.7 8 階除去熱量経時変化

3.5.2 空調システム別除去熱量比較

空調システム別（5階，8階）に除去熱量の経時変化を検討した結果を示す。

- (1) 冷暖同時発生状態は8階（PAC・セントラル併用空調方式）の方が5階（PAC方式）より多いことと、全ゾーンの実測除去熱量も8階の方が5階より大きく、計算除去熱量は5階と8階で大差がないことから、8階の方が室内混合損失量が多い（図-3.6(a), 図-3.7(a)）。
- (2) 8階の西ペリメータの方が5階の西ペリメータより実測時の供給熱量が多く、除去熱量が少ないのは、5階に比べて8階の方が内部発熱量が小さいことに起因する。
- (3) ペリメータでは一日を通して暖房、送風、冷房と負荷に合わせて空調機運転状況が変わるが、この実測ではペリメータ空調機は5階、8階共に同じPAC方式であり、運転状況に顕著な違いは見られなかった。また、インテリア空調機は一日中冷房あるいは送風運転を行うので、PAC方式とPAC・セントラル併用空調方式として比較しても顕著な違いは見られない。
- (4) 上記のことから、本章の実測で8階の方が5階より空調機処理熱量が多かった理由は、空調システムの違いよりも、内部発熱などの室使用状況が8階と5階で違っていたことが影響したものと考えられる。

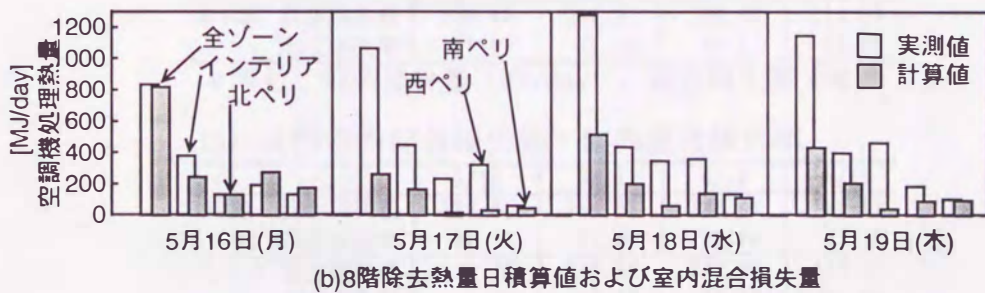
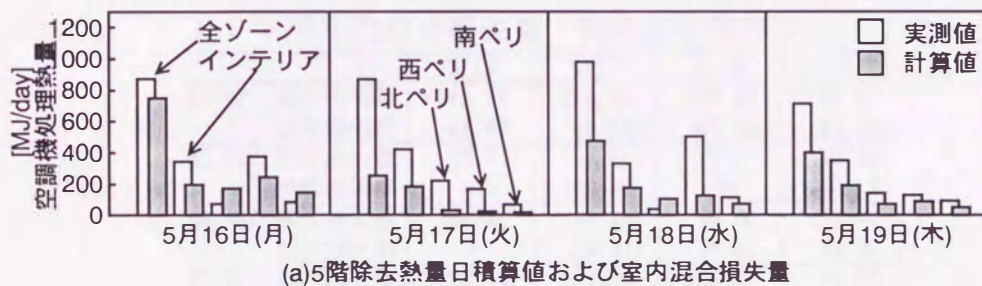


図-3.8 除去熱量日積算値（実測値と計算値の比較）

3.5.3 室内混合損失量

算出した室内混合損失量の検討結果を以下に示す。

- (1) 全ゾーン混合損失率は、8階（PAC・セントラル併用空調方式）の方が5階（PAC方式）より若干大きい。
- (2) 方位別では北ペリメータと西ペリメータの混合損失率が大きいことから、インテリアが全日冷房運転という状態を考えれば、スキンロードによりペリメータ空調機が暖房運転となりやすいことは、室内混合損失の増加に影響すると考えられる。
- (3) 5階の北ペリメータの混合損失率が大きいのはスキンロードが最も大きく影響しているが、間仕切りによりインテリア側からの熱の流入（混合利得）が全くないことと、ペリメータ空調機吹き出し温風が天井に沿って間仕切りのない部分からインテリア流出してしまうことも大きな原因である。したがって、混合損失防止のためには室内の間仕切りおよび什器類の配置にも配慮が必要である。
- (4) 上記のように、5階北ペリメータでの室内混合損失量が多かった理由にペリメータ空調機吹き出し風と間仕切りの関係を挙げたが、ペリメータ吹き出し温風が天井面に沿ってインテリアに進入する様子を熱画像でとらえたものを参考として写真-3.1、写真-3.2に示す（ただし、今回の実測期間中のものではない）。

表-3.3 室内混合損失量および室内混合損失率
(a) 5階室内混合損失量・室内混合損失率

	5/16	5/17	5/18	5/19
インテリア 混合損失量	146.34	238.56	160.87	160.87
混合損失率	43.00	56.78	45.71	45.71
北ペリ 混合損失量	-97.74	187.91	-15.29	70.49
混合損失率	-	86.58	-	50.13
南ペリ 混合損失量	-58.02	49.90	38.80	39.47
混合損失率	-	73.77	34.87	43.52
西ペリ 混合損失量	130.14	142.70	378.75	43.20
混合損失率	34.87	86.13	75.31	33.22
5F計 混合損失量	276.48	619.07	578.42	314.03
混合損失率	31.07	71.16	59.14	44.03

* 単位：混合損失量 [MJ/day]，混合損失率 [%]

(b) 8階室内混合損失量・室内混合損失率

	5/16	5/17	5/18	5/19
インテリア 混合損失量	138.01	284.61	234.67	189.17
混合損失率	32.46	63.50	53.66	47.75
北ペリ 混合損失量	1.72	220.52	287.46	423.59
混合損失率	1.30	93.69	82.19	91.33
南ペリ 混合損失量	-37.42	14.02	23.99	9.80
混合損失率	-	23.33	17.97	9.50
西ペリ 混合損失量	-85.60	290.72	222.07	95.48
混合損失率	-	89.93	60.34	51.53
8F計 混合損失量	139.73	809.87	768.19	717.04
混合損失率	15.85	75.91	60.02	62.53

* 単位：混合損失量 [MJ/day]，混合損失率 [%]

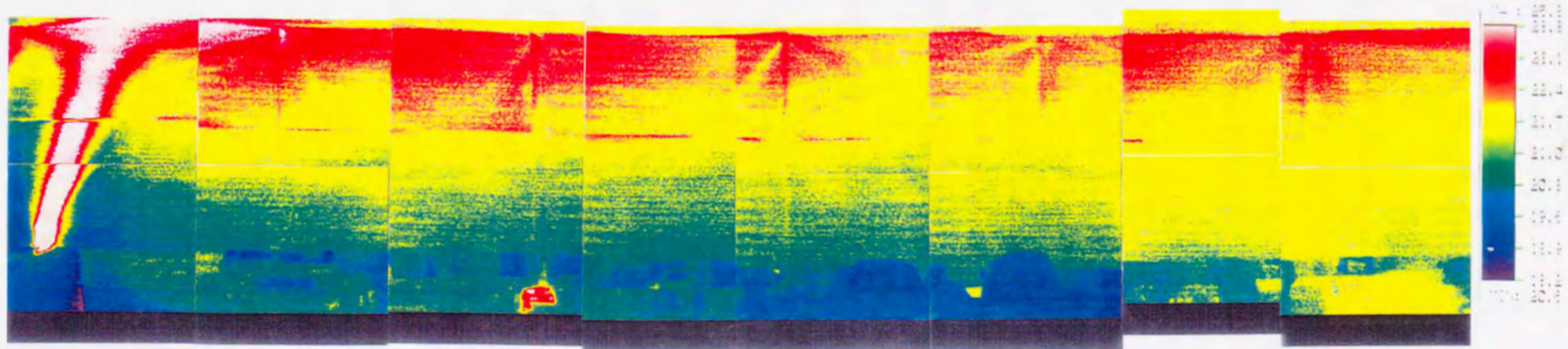


写真-3.1 ペリメータ空調機温風吹き出し時の空気温度分布（熱画像）

- 49 -

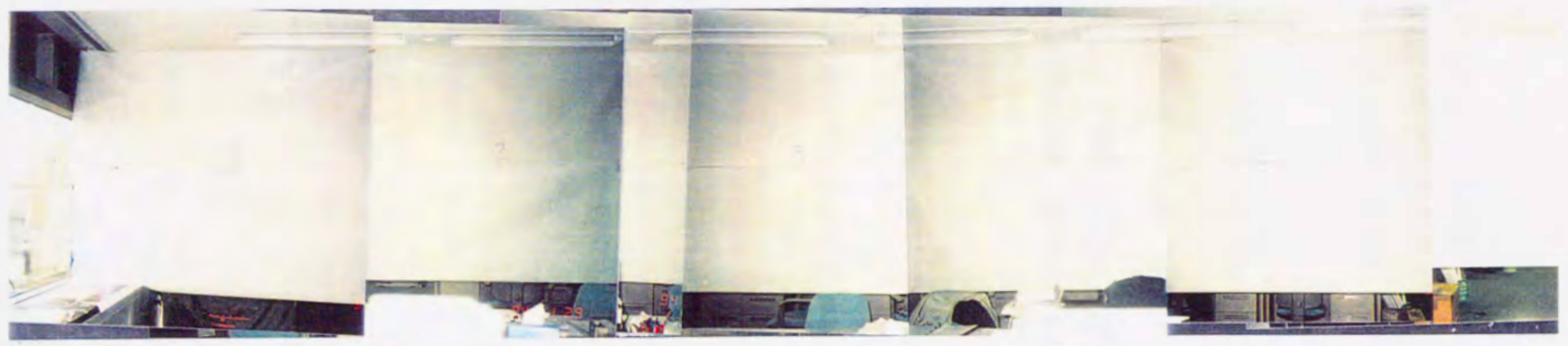


写真-3.2 熱画像撮影状況

3.6 おわりに

本章では、第2章と同一ビルにおいて実際に室を使用している状態の春季実測データから、ペリメータ方位、室使用状況、空調システムの違いが室内混合損失発生量に与える影響を比較し、実際の室使用時の室内混合損失発生状況を定量的に把握した。以下に本章で得られた知見を述べる。

- (1) ゾーン方位毎に室内混合損失発生状況を見ると、南ペリメータでは空調立ち上がり時以外は全日冷房となるので、室内混合損失はほとんど発生しない。
- (2) 内部発熱状況にもよるが、北ペリメータはスキンロードにより常に暖房運転になりやすく、西ペリメータでは空調立ち上がり時から昼頃にかけて暖房となりやすく、室内混合損失の発生頻度も高い。
- (3) 間仕切り、什器類の配置も室内混合損失に影響を与えるので配慮が必要である。
- (4) ペリメータで内部発熱量が多い場合、ペリメータの暖房負荷が軽減され、室内混合損失も減少する。
- (5) 室内混合損失に影響するのは空調時間内に暖房、送風あるいは冷房とスキンロードに応じて運転状態が変わるペリメータ空調機の挙動である。本章の実測では、インテリア空調システムはPAC方式とセントラル方式とで異なるものの、ペリメータ空調システムは同じPAC方式であったことが、2つの空調システムの室内混合損失発生状況に顕著な差が見られなかった理由と考えられる。

