

住宅の効率的な暖冷房・換気手法に関する研究

その2 数値流体解析(CFD解析)を用いた温風暖房と床暖房時の比較

Reserch on air-conditioning and ventilation system in house

Part 2 The comparison of indoor environment in the case of air-conditioning and floor heating by CFD analysis

正会員 ○鍛冶紘子¹⁾ 同 赤林伸一²⁾ 同 坂口 淳³⁾

KAJI hiroko, AKABAYASHI Shin-ichi, SAKAGUCHI Jun

本研究では、従来マクロ解析(回路網計算)により検討されてきた住宅全体の暖房時における換気方式の違いによる、居室の室内温熱環境や換気効率を、CFD解析を用いたミクロ解析で明らかにすることを目的とする。暖房時の換気量は、浮力により設定換気風量(0.5回/h)より増加し、第2種、第3種、第1種機械換気の順に多くなる。局所空気交換効率(ε_p)は、暖房方式(温風暖房、床暖房)による違いは見られない。

Indoor thermal environment, Ventilation efficiency, Age of air, Local air exchange efficiency
室内温熱環境、換気効率、空気齢、局所空気交換効率

1 研究目的

2003年7月の建築基準法の改正により、住宅の居室に機械換気設備(換気回数0.5回/h)の設置が義務付けられた。住宅を設計する際には地域性や気密性能等を考慮し、適切な換気システムを選定する必要がある。しかし、換気計画を行う際に、設計者が施主にシェルター性能(断熱、気密性能)や暖冷房方式、換気システムとの相互効果によって実現される室内温熱空気環境を明確に提示できないのが現状である。

本研究は、従来マクロ解析(回路網計算)により検討されてきた住宅全体の暖房時(温風暖房、床暖房)における換気方式の違いによる、居室の室内温熱環境や換気効率を、CFD解析を用いたミクロ解析で明らかにすることを目的とする。

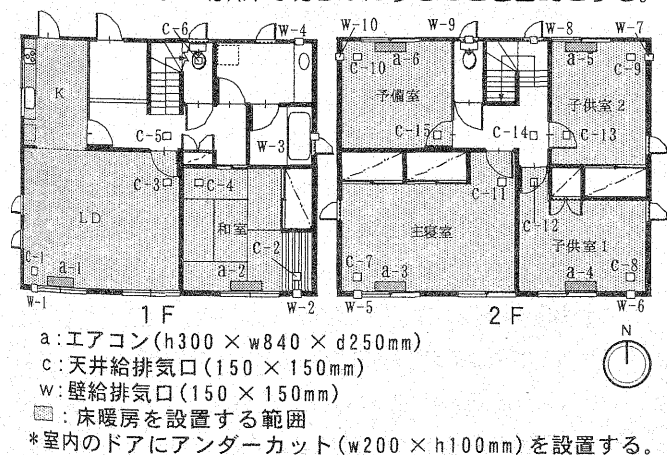


図1 解析対象の概要

2 研究概要

2.1 解析対象

図1に解析対象の概要を示す。日本建築学会標準住宅モデル(一部を修正)を対象とする。各居室にエアコン(窓上中央部に設置)及び床暖房を設置する。シェルター性能は、次世代省エネルギー基準(IV地域)を満たすものとする。

2.2 解析方法

表1に解析条件を、図2に換気方式の概要を、表2に解析caseを示す。汎用流体解析ソフトを用いて、換気方式、給排気口の位置、暖房方式(温風暖房、床暖房)を変化させた場合の室内温度分布と空気齢*1を用いた換気効率の解析を行う。温風暖房時及び床暖房時の換気効率は、各居室毎に同等なSET*になる条件で比較を行う。

表1 解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイドルSTREAM Ver. 6
乱流モデル	標準k-εモデル
境界条件	・壁面境界条件は、風速は一般化対数則、温度は温度対数則。 ・外気温は0°C、初期室温は20°Cとする。
暖房条件	・温風暖房 エアコン室内ユニットに流速境界を与える。 吹出温度 35°C ・床暖房 床面(合板)に面発熱を与える。 発熱温度 40°C
流入流出条件	・機械換気設定風量(換気回数0.5回/h) ・機械給気口 流速境界 流入温度0°C ・機械排気口 流速境界 ・自然給排気口 自然流入流出境界 流入温度0°C ・住宅の気密性能は、2.0cm ² /m ² とし、漏気は、各壁面に4cm ² の隙間を16ヶ所設置し、自然流入流出境界を与える。

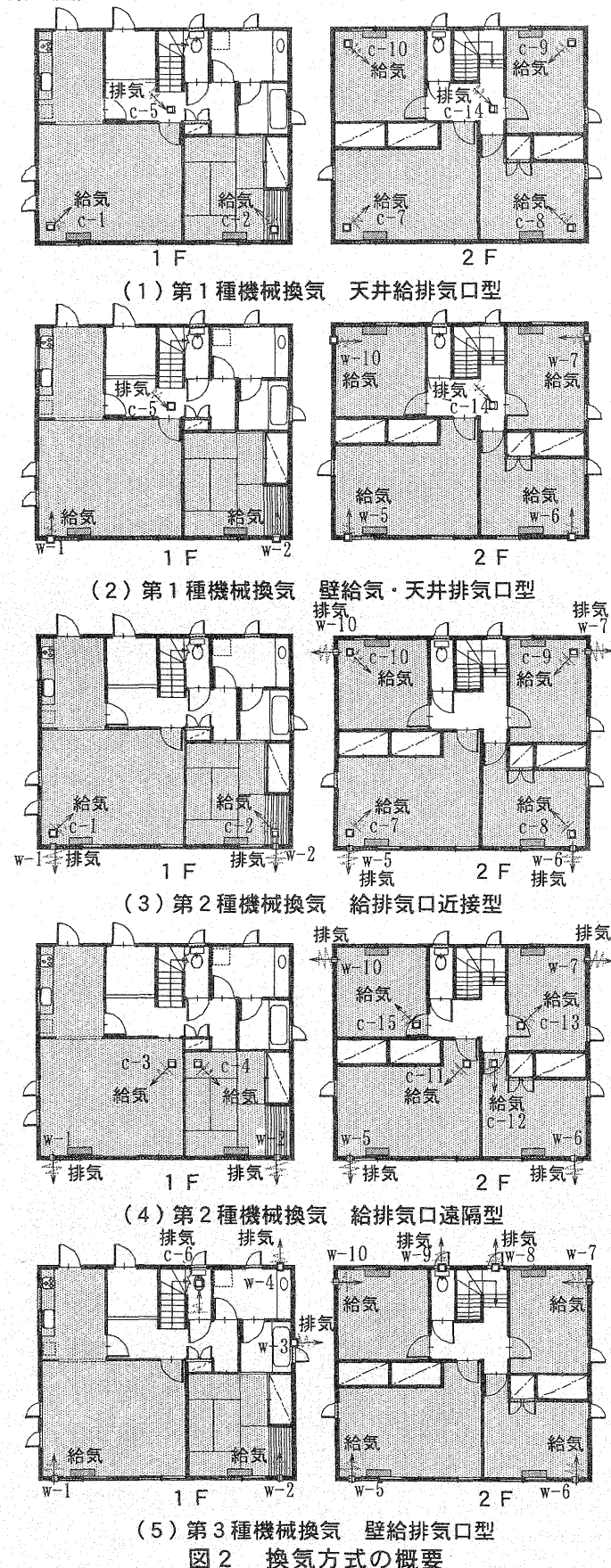
1) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生
2) 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士
3) 県立新潟女子短期大学 助教授 博士(工学)

1) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.
2) Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
3) Prof., Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Woman's College, Dr. Eng.

3 解析結果

3.1 換気量

図3に機械換気設定風量（0.5回/h）に対する各部位の給排気量の割合を示す。第2種機械換気、第3種機械換気、第1種機械換気の順に漏気量が多く、温風暖房時と床暖房時

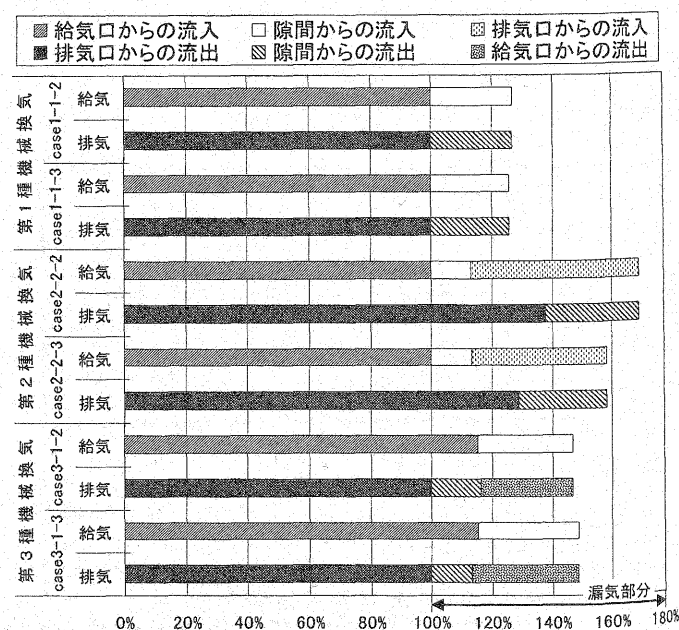


の換気量には相違が見られない。第2種機械換気では、温風暖房時で排気口からの流入が隙間からの流入の4.3倍、床暖房時で3.4倍、第3種機械換気では、温風暖房時で給気口からの流出が隙間からの流出の1.9倍、床暖房時で2.6倍となり、第2種機械換気は第3種機械換気と比較して、自然給排気口からの逆流量が多い。

図4に床暖房時における換気方式毎の室間相互換気量を示す。case1-1-3（第1種機械換気）は、機械換気設定風量（142.5m³/h）に加えて、1Fは隙間からの流入出、2Fは隙間からの流出がある。case2-2-3（第2種機械換気）は、1Fの排気口から給気され、case1-1-3（第1種機械換気）に比較して換気量が多く、1Fの空気の内160.4m³/hが2Fへと流れる。case3-1-3（第3種機械換気）は、1Fの給気口から流入する漏気量が多く、2Fの給気口からは排気が行われる。これは、暖房によって生じる室内外の温度差による浮力の影響を受け、中性帯の位置が高くなったためと考えられる。

表2 解析 case

解析case	換気方式	暖房方式
case1-1-1	第1種機械換気	なし
case1-1-2		温風暖房
case1-1-3		床暖房
case1-2-1		なし
case1-2-2	第2種機械換気	温風暖房
case1-2-3		床暖房
case2-1-1		なし
case2-1-2		温風暖房
case2-1-3	第3種機械換気	床暖房
case2-2-1		なし
case2-2-2		温風暖房
case2-2-3		床暖房
case3-1-1	第3種機械換気	なし
case3-1-2		温風暖房
case3-1-3		床暖房







3.2 温熱環境と居住域平均局所空気交換効率 ($\overline{\varepsilon_p}$)

の関係*2*3

図5にLDKと主寝室の上下温度差係数*4と $\overline{\varepsilon_p}$ の関係を示す。床暖房時は、上下温度差係数が小さく、温風暖房時に比較して相対的に良好な温熱環境である。 $\overline{\varepsilon_p}$ はどの換気方式でも温風暖房時と床暖房時の間に明確な差は見られない。

3.3 局所空気交換効率 (ε_p)

図6に代表的なcaseの ε_p の分布(床上1.1m水平断面)を示す。case1-1-2(第1種、温風暖房)とcase1-1-3(第1種、床暖房)では、 ε_p の分布に大きな相違は見られず、暖房方式による差はない。case2-2-3(第2種)は、1Fの排気口から給気されるため、1Fの居室の ε_p の値は1.6~2.0と大きく、2Fの居室は1.0となり、換気効率が良い。case3-1-3(第3種)は、1Fの全ての室で、1.0を超え、換気効率が良い。2Fの居室は1Fの空気が階段室を通り、アンダーカットから流れ込むため、居室の給気口から新鮮な外気が流入せず ε_p の値は1.0以下となる。

 機械給排気
  自然給排気口からの給排気漏気
 漏気
  自然給排気口からの逆流

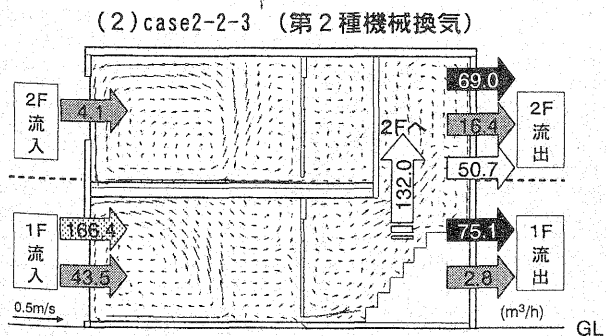
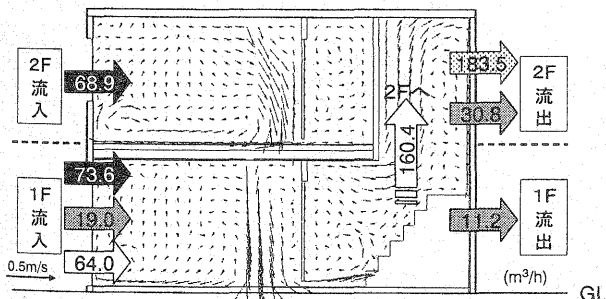
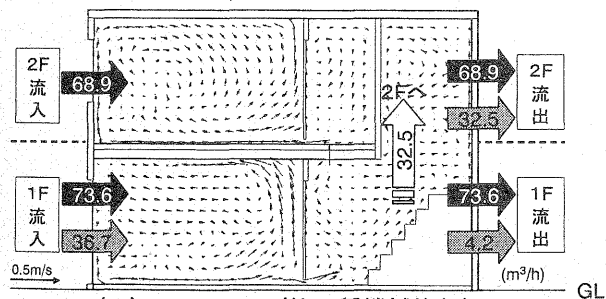


図4 床暖房時における換気方式毎の室間相互換気量

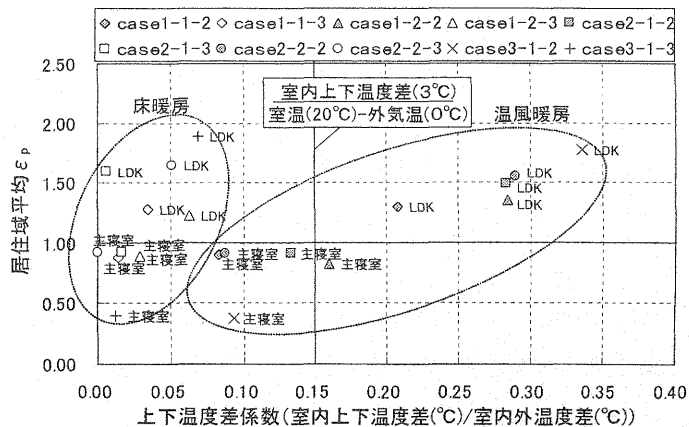


図5 上下温度差係数と $\overline{\varepsilon_p}$ の関係

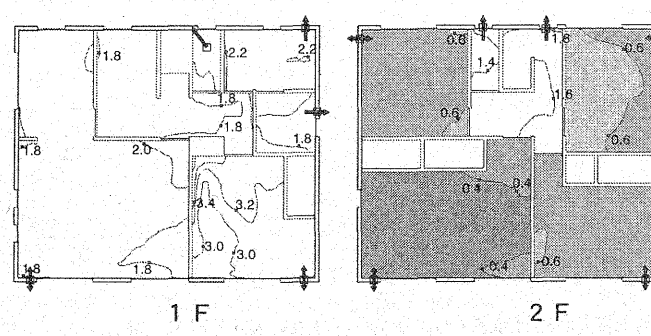
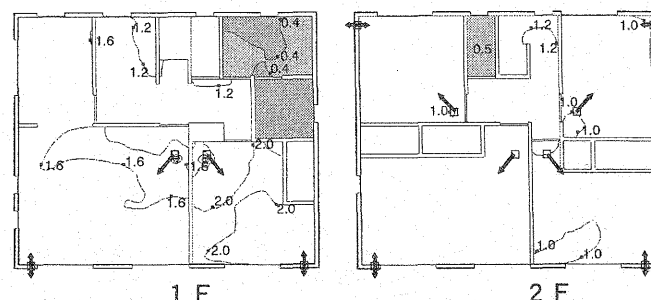
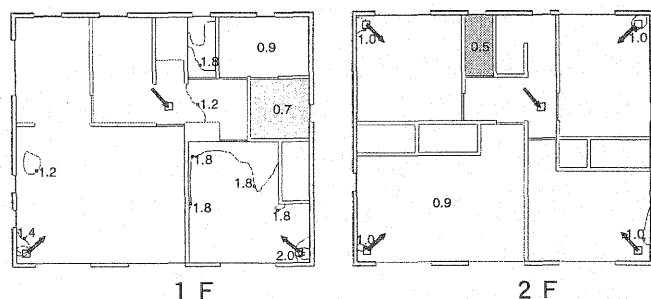
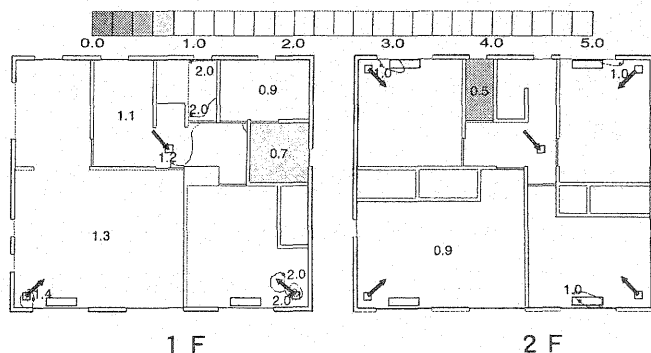


図6 代表的な case の ε_p の分布 (床上1.1m水平断面)

3.4 室内温度分布

図7に代表的なcaseの温度分布(床上1.1m水平断面)を示す。暖房時の室内温度分布は、換気方式に関わらず、温風暖房時には居室と非暖房室との室間の温度差が大きく、床暖房時に小さい。第2種機械換気(case2-2-2、case2-2-3)は1Fの自然排気口からの逆流、第3種機械換気(case3-1-2、case3-1-3)は1Fの自然給気口からの大量の外気が流入するため、第1種機械換気(case1-1-2、case1-1-3)と比較して、1Fの居室の温度は低くなる。

4 まとめ

- ①暖房時の換気量は、換気方式に関わらず設定換気風量(0.5回/h)を超え、第2種、第3種、第1種機械換気の順に多くなる。
- ②浮力の影響により、第2種機械換気では1Fの排気口で、第3種機械換気では2Fの給気口で逆流が生じる。
- ③床暖房は、温風暖房より、室内上下温度差、室間温度差が小さく、室内の温熱環境は良好である。
- ④局所空気交換効率(ε_p)には、暖房方式(温風暖房、床暖房)による違いが見られない。
- ⑤換気効率は、換気方式によって差が見られる。第1種、第2種機械換気では、居室の ε_p の値が1.0程度または1.0以上となり、換気効率は良く、第3種機械換気は2Fの ε_p が1.0以下となり、換気効率は悪くなる。
- ⑥居室と非暖房室との室間の温度差は、温風暖房時に大きく、床暖房時に小さい。
- ⑦第2種、第3種機械換気は、第1種機械換気と比較して、1Fの自然排気口からの逆流、1Fの自然給気口からの大量の外気が流入するため1Fの居室の温度は低くなる。

- *1: 空気齢は、外気が室内に供給されてからある点に到達するまでの平均時間であり、短いほど新鮮な外気が供給される。空気齢の算出には、漏気も加えた換気量を用いた。
- *2: 居住域は、床上0m~2.0mの範囲。
- *3: 局所空気交換効率は室内の換気の良否を示す指標で、完全拡散の場合に1.0となり値が大きいほど換気の効率が良い。
- *4: 上下温度差係数は上下温度差(床上1.1m~0.1m)を室内外温度差で割った値。

【謝辞】

本研究の一部は、トステム建材産業振興財団の協力で設立された「住まいの換気研究会(委員長:小峰裕己 千葉工業大学教授)」で行ったものである。関係各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 赤林・坂口・鍛冶:「住宅の効率的な暖冷房・換気手法に関する研究 その1 数値流体解析を用いた暖冷房・換気効率の検討」,日本建築学会北陸支部研究報告集,2006年7月
- 2) 赤林・坂口・鍛冶:「住宅を対象とした効率的な暖冷房・換気手法に関する研究 その1 数値流体解析を用いた暖冷房・換気効率の検討」,日本建築学会大会学術講演梗概集,2006年9月
- 3) 倉渕・内海・平野・遠藤・栗林・小峰:「地域性・建物気密性能を考慮した各種換気システムの性能評価に関する研究 第1報 第IV地域(東京)戸建住宅を対象とした各種換気システムの比較検討」,空気調和・衛生工学会論文集, No.117, 2006年12月

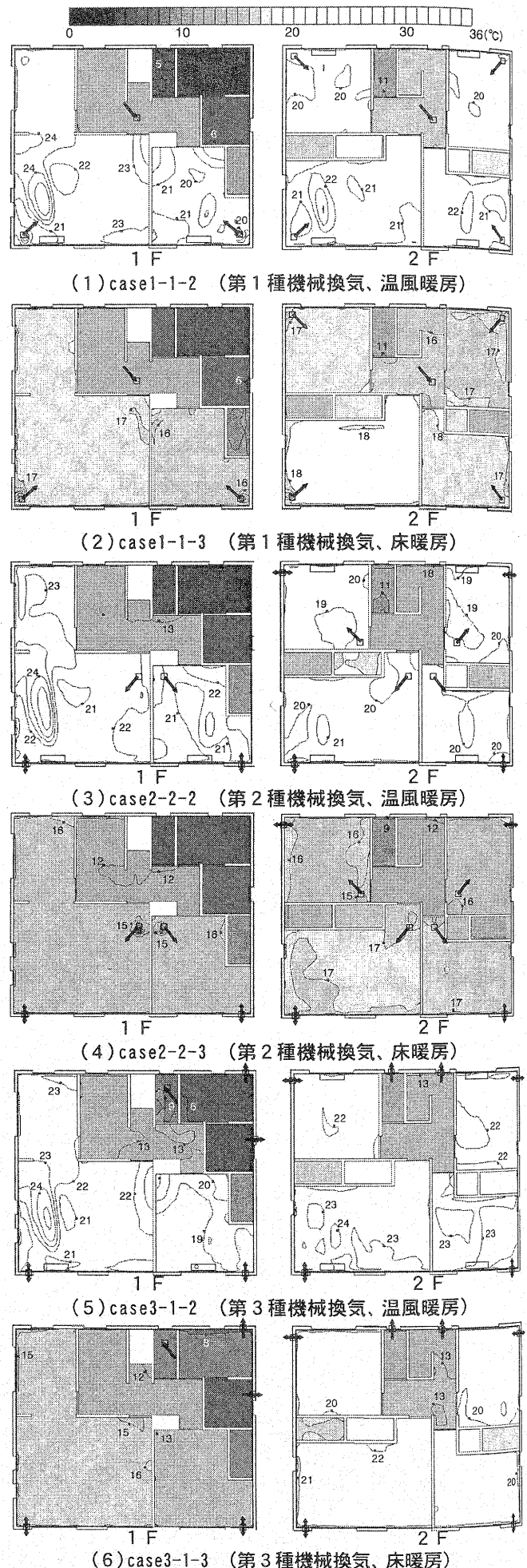


図7 代表的なcaseの温度分布(床上1.1m水平断面)