

札幌市における一般住居の室内環境について(第2報)

— 冬期間における温湿度分布 —

Studies on Indoor Environment in Private Houses in Sapporo City (II)

Distributions of Temperature and Humidity in Winter

大谷 倫子 浦嶋 幸雄 平野 孝二 佐藤 稔
川村 貢 峰田 陵子 浅井 建爾 清水 良夫
青木 襄 高杉 信男

Tomoko Otani, Yukio Urashima, Koji Hirano,
Minoru Sato, Mitsugu Kawamura, Ryoko Mineta,
Kenji Asai, Yoshio Shimizu, Minoru Aoki
and Nobuo Takasugi

札幌市における一般住居の冬期間の室内温湿度分布を調査したところ、建築後経過年数、暖房方式などにより差がみられた。即ち、新しい家屋は、断熱性、気密性などの点で優れているため、良好な温度条件であった。一方、古い家屋では、熱貫流率が大きいため、上下の温度差が大きかった。また、相対湿度は極端に低く、乾燥状態であった。

1 緒 言

前回の調査で、居間中央部の温湿度を測定したところ、札幌市における冬期間の一般住居の室内環境は、上下の温度差が大きく、湿度が低いことがわかった¹⁾。今回、新旧の3区分の家屋(建築後2年以内、5~10年、15~20年)の計10軒を対象に、水平・垂直面の温湿度分布状況を詳細に調べたので、その結果を報告する。

2 方 法

昭和58年2月1日~15日の午後2時前後、暖房

中の居間を対象に、サーミスタ温度計を用いて、空間内の60~80点の温度を測定した。測定点は、水平面は壁面から40cmの空間を除いた0.9~1.2m四方のメッシュの点、垂直面は床上20,70,120及び180cmの点である。また、電子式デジタル温湿度計で、その代表12~16点の温湿度を測定した。さらに、表面温度計を用いて、天井、床及び壁面の70~100点の温度も測定した。

なお、調査を行った10家屋の構造、断熱材などの状況と測定日の気象条件を表1に示す。

表1 調査対象家屋の状況と気象条件

No.	建築後 経過年 数(年)	構 造	居間の 気 積 (m^3)	断 熱 材 (mm)	窓	暖房方式	測定 月日	天 候	外気温 ($^{\circ}C$)	風 速 (m/sec)
1	16	木造モルタル 2 階 建	38.7	グラスウール 50	二 重 (木・アルミ)	ポット式灯油ス トープ (温風タイプ)	2/ 1	曇	-0.1	2.94
2	19	"	20.5	な し	二 重 (アルミ)	ポット式灯油ス トープ (自然対流式)	2/ 2	晴	-2.0	1.08
3	20	ブ ロ ッ ク 2 階 建	32.8	グラスウール 50	二 重 (木)	"	2/ 4	雪	-1.6	3.04
4	8	木造モルタル 2 階 建	34.3	グラスウール 50	一 重(木) 複層ガラス	ポット式灯油ス トープ (温風タイプ)	2/ 10	雪	-0.8	2.90
5	5	"	43.9	グラスウール100 (床・天井 200)	二 重 (木・アルミ)	ポット式灯油ス トープ (自然対流式)	2/ 14	雪	-5.1	2.44
6	0.5	軽量気泡コン クリート板 鉄骨 2 階 建	57.8	グラスウール100 (床 50・天井 200)	二 重 木・アルミ	ポット式灯油ス トープ (温風タイプ)	2/ 7	雪	-1.2	2.45
7	0.5	木造サイディ ング張 2 階 建	59.9	グラスウール200 押出発泡ポリス チレン 25	二 重 (プラスチック)	セントラル・ヒ ーティング (温水式)	2/ 8	雪	-3.9	1.30
8	2	木造モルタル 2 階 建	36.2	グラスウール100	三 重 (木・アルミ)	床 暖 房	2/ 9	雪	-6.7	CALM
9	6	鉄筋コンクリ ートマンション 9 F	36.5	押出発泡ポリス チレン 25	二 重 (アルミ)	セントラル・ヒ ーティング (温水式)	2/ 3	雪	-2.4	3.04
10	3	鉄筋コンクリ ートマンション 2 F	35.4	"	"	"	2/ 15	雪	-0.8	2.96

No.1~3の家屋は、建築後16~20年で、断熱材は未使用か50mmのグラスウールを使用しているのに対し、建築後間もないNo.6~8の家屋では、断熱材は100~200mmのグラスウール、断熱性の高い壁材、三重窓など、断熱性と気密性の点で優れているのが特徴である。また、No.9,10の家屋は、鉄筋コンクリート造で建築後3~6年のマンションである。また、暖房方式も、古い家屋では自然対流式ポット型ストーブを使用しているのに対し、新しい家屋では、温風タイプのストーブ、自然対流式集中暖房設備を使用し、寒地住宅に対する配慮がなされている。

3 結果と考察

各家屋の温度分布を表2に示す。

床上20cmと180cmの平均温度差が、最大の家屋で11.2 $^{\circ}C$ 、最小の家屋で1.6 $^{\circ}C$ と、著しい差があるのに比して、同一平面内では、おおむね、どの家屋でも温度のバラツキは、さほど顕著でなかった。床上20cmと180cmの平均温度差をグループ別にみると、建築後2年以内が2~4 $^{\circ}C$ 、5~10年が3~9 $^{\circ}C$ 、15~20年が7~11 $^{\circ}C$ と、建築後経過年数が増すにつれ、差が大きくなる傾向がみられた。これは、近年の家屋の気密性や断熱材及びセントラル・ヒーティングや温風タイプのストーブ

表 2 各部屋の温度分布

No.	床上的高さ (cm)	平均 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	差 (°C)	標準 偏差	Δ^* (°C)	No.	床上的高さ (cm)	平均 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	差 (°C)	標準 偏差	Δ^* (°C)
1	240 (天井)	26.8	28.8	23.1	5.7	1.6	11.2	6	250 (天井)	20.4	21.3	19.6	1.7	0.4	3.9
	180	30.9	36.3	27.9	8.4	2.5			180	21.7	22.5	20.0	2.5	0.6	
	120	27.1	28.7	25.9	2.8	1.0			120	21.4	22.0	20.5	1.5	0.4	
	70	24.2	27.4	22.8	4.6	1.0			70	21.1	28.2	20.0	8.2	2.1	
	20	19.7	28.8	12.4	16.4	2.5			20	17.8	20.3	16.4	3.9	1.1	
	0	18.2	20.9	16.5	4.4	1.2			0	16.6	18.4	14.5	3.9	1.1	
2	225 (天井)	22.0	22.9	20.7	2.2	1.1	7.4	7	235 (天井)	24.9	25.4	23.8	1.6	0.4	2.7
	180	24.5	25.0	24.1	0.9	0.3			180	26.0	27.5	24.5	3.0	0.9	
	120	21.8	22.3	21.4	0.9	0.2			120	25.3	26.5	24.3	2.2	0.7	
	70	20.1	20.6	19.4	1.2	0.3			70	24.7	25.8	23.8	2.0	0.6	
	20	17.1	18.6	14.9	3.7	1.0			20	23.3	24.8	22.2	2.6	0.7	
	0	21.5	24.0	19.2	4.8	2.0			0	23.9	25.6	22.2	3.4	1.0	
3	235 (天井)	25.2	28.6	22.7	5.9	1.9	11.1	8	235 (天井)	21.3	21.4	21.3	0.1	0.1	1.6
	180	27.3	28.1	25.9	2.2	0.7			180	21.7	22.1	21.1	1.0	0.4	
	120	23.5	24.3	22.6	1.7	0.5			120	21.4	21.6	21.1	0.5	0.1	
	70	20.7	21.5	20.0	1.5	0.5			70	21.1	21.9	20.2	1.7	0.4	
	20	16.2	17.5	14.7	2.8	0.9			20	20.1	21.3	19.2	2.1	0.9	
	0	15.9	19.8	13.2	6.6	2.1			0	25.9	26.5	24.6	1.9	0.6	
4	230 (天井)	24.5	25.5	23.6	1.9	0.6	2.6	9	230 (天井)	21.4	23.0	19.7	3.3	1.1	4.1
	180	26.3	27.6	24.4	3.2	0.8			180	24.5	25.8	22.9	2.9	0.8	
	120	25.9	27.0	24.4	2.6	0.7			120	23.7	24.7	22.2	2.5	0.6	
	70	25.1	26.9	23.2	3.7	1.0			70	22.6	23.0	21.5	1.5	0.4	
	20	23.7	38.8	19.9	18.9	4.6			20	20.4	21.0	19.8	1.2	0.3	
	0	19.5	21.8	17.0	2.9	1.4			0	20.5	22.6	18.4	4.2	1.2	
5	235 (天井)	28.1	32.6	25.4	7.2	1.8	9.4	10	230 (天井)	24.5	25.7	23.2	2.5	0.7	9.3
	180	28.7	29.4	27.9	1.5	0.5			180	28.6	29.4	27.2	2.2	0.7	
	120	22.3	24.4	21.7	2.7	0.7			120	26.2	26.7	24.8	1.9	0.5	
	70	20.9	24.2	19.9	4.3	1.0			70	23.1	24.9	22.0	2.9	0.8	
	20	19.3	21.2	18.1	3.1	1.1			20	19.3	20.2	18.1	2.1	0.5	
	0	21.5	33.6	17.3	16.3	3.6			0	19.5	21.9	18.3	3.6	1.1	

* Δ は床上180cmと20cmの平均温度差

ブなどの暖房方式等、寒地建築に対する技術の向上進歩が大きな要因になっていると考える。

これら3区分にわけた家屋の中から、代表的な4例(No.3, 5, 7及び9)について、床面、床上20cm, 120cm及び天井面の各水平面の等温線、二直垂面の等温線並びに一垂直面の等感覚温度線を、それぞれ図1～図4に示す。

図1は、建築後20年の木造モルタル造の家屋(No.3)の等温線である。天井面、床面で高温の単一熱源と煙突からの輻射熱の拡がり特徴的に表われており、各平面の等温線も、熱の対流循環の結果、暖かい空気が上へ押し上げられ、足元の床上20cmでは、上下の開口部から冷気が侵入している様子がうかがえる。また、垂直面では、温度幅の狭い平坦な層状の分布を示している。これは、全内壁面の温度分布状況からも、熱貫流率が大きい構造体において、壁面から静かに熱が失われた結果の状態と考える。また、感覚温度は、衛生試験法注解の判定基準の最快適域(Aランク)の19℃の温度域にあるのは、床上70cm付近から1m前後と範囲が狭く、頭上が暑く、足元が寒い状態であった。

図2は、建築後5年の木造モルタル造の家屋(No.5)の等温線である。これも天井面、床面でストーブからの輻射熱の拡がり特徴的に表われており、各平面においても、ストーブの熱による自然対流、床面付近の等温線で開口部から冷気が入り込む様子がわかる。また、垂直面では、上層

部の温度傾斜が特に大きくなっており、壁面上部からの熱損失が大きいことがうかがわれる。また、感覚温度の等温線から、足元はやや寒く、床上180cm付近ではやや暑い状態であることがわかる。

図3は、建築後半年の、断熱性の高い木造サイディング張の家屋(No.7)の等温線である。線の間隔が広く、水平面では左と下、即ち南と東の低温の放熱器からの温熱の伝播が、波紋状のなだらかな拡がりを描き、垂直面でも複合熱源の効果により突出した等温線を示していた。また、感覚温度は、床上20cmから50cm付近までは快適域で足元は暖かいが、それより上の部分では暑すぎる状態であった。

図4は、建築後6年の鉄筋コンクリートのマンション(No.9)の等温線である。線の間隔も広く、熱源からのゆるやかな温熱の拡散がみられ、上下の温度差が小さかった。感覚温度も快適域が広く、ほぼ全域にわたって、適正な温熱環境が確保されていた。

以上、10家屋の調査結果から、総じて、断熱性、気密性において優れている新しい家屋の温度条件が良好であることがわかった。また、高温の単一熱源の場合、そこからの温度傾斜が急で、温度差が大きくなるので、床暖房やセントラル・ヒーティングなどの低温の複数熱源が望ましいが、単一熱源の場合には、サーキュレータなどを適切な位置に設置し、熱の拡散を計る工夫が必要であると考える。

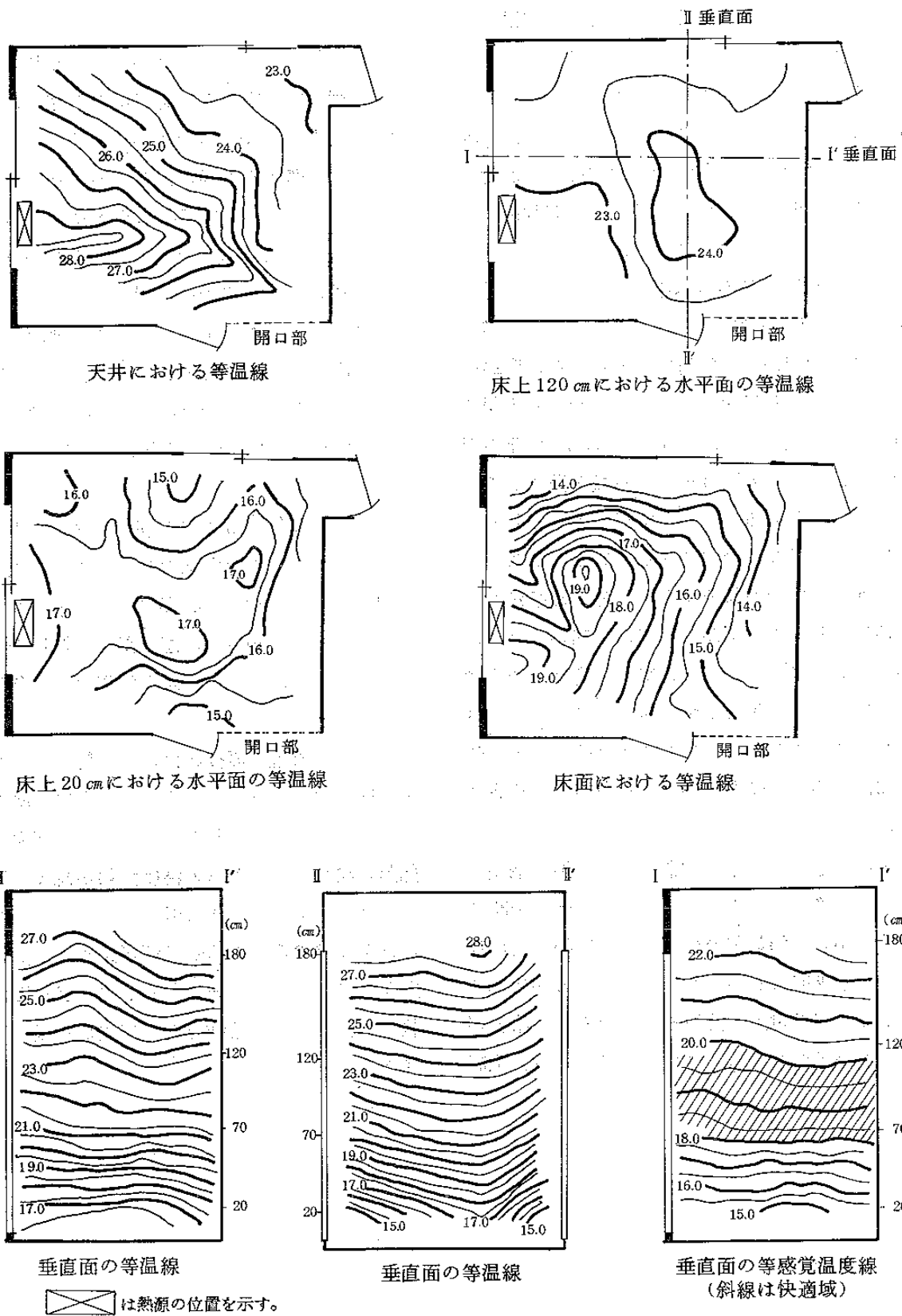
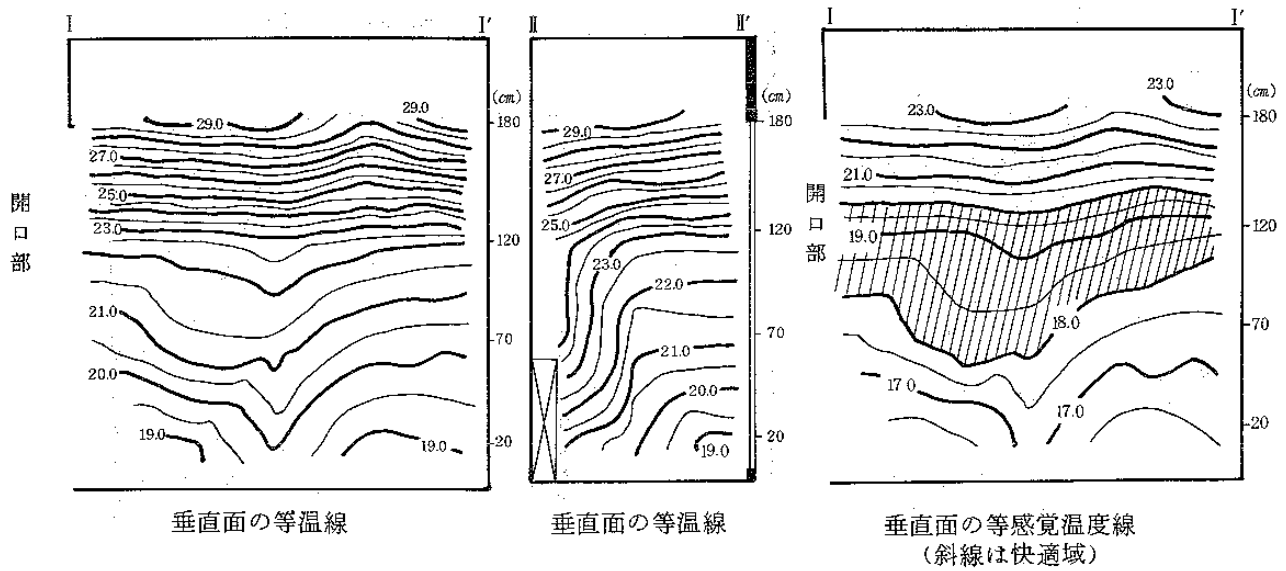
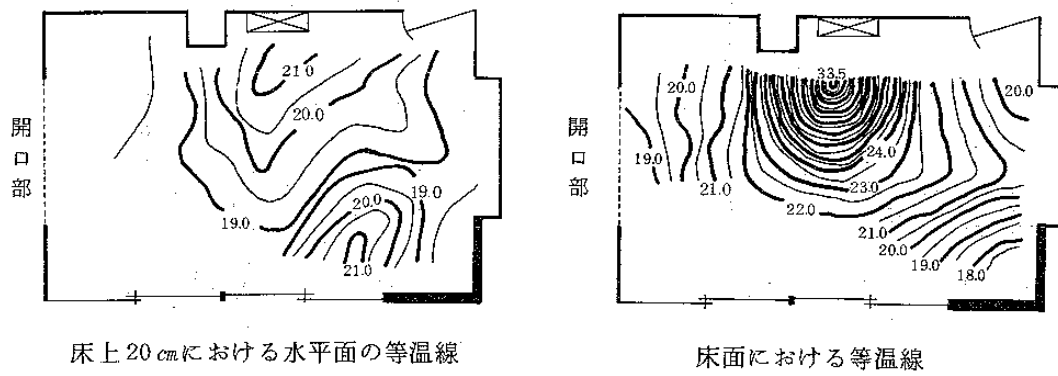
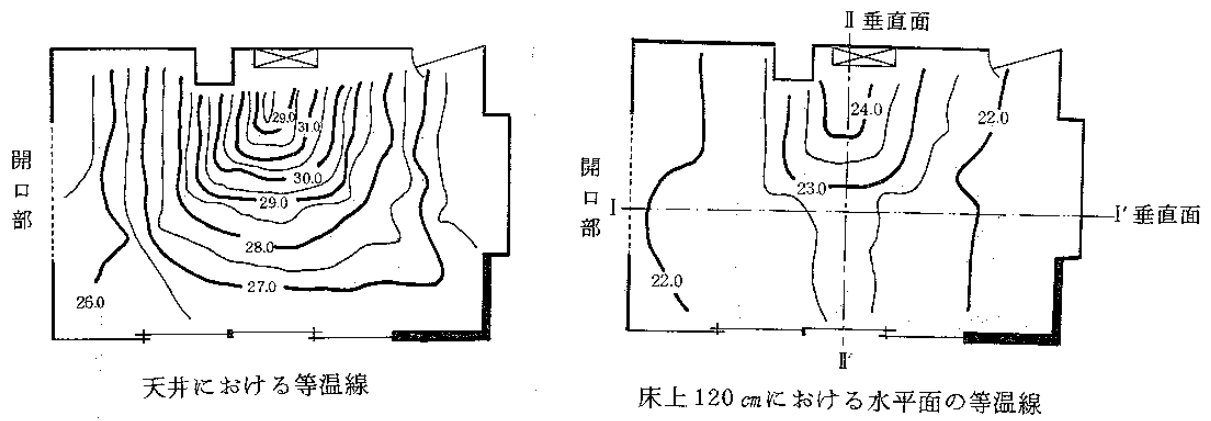
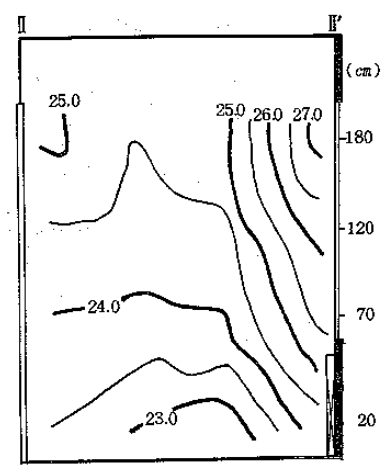
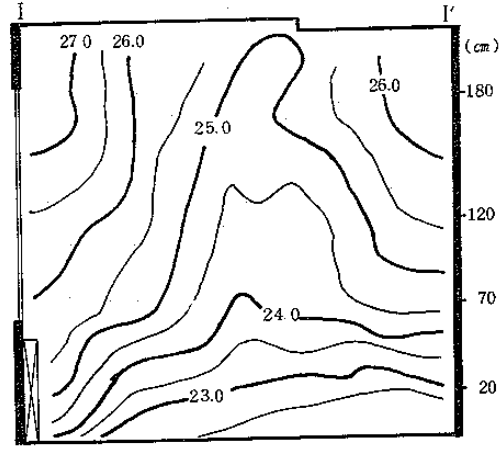
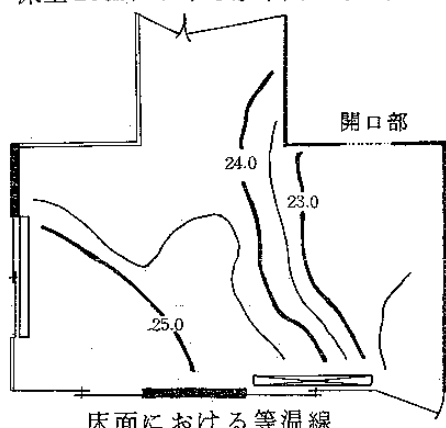
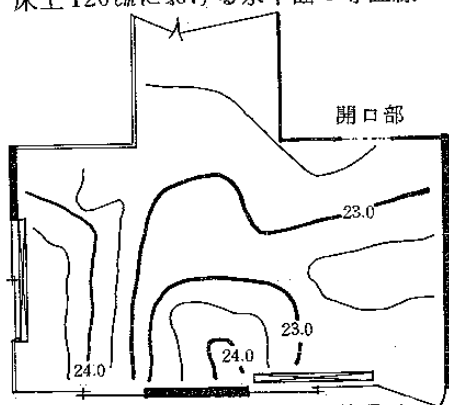
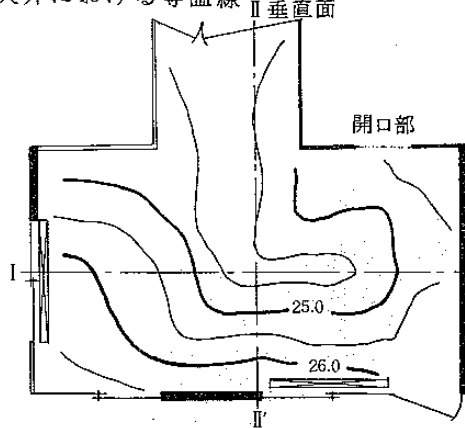
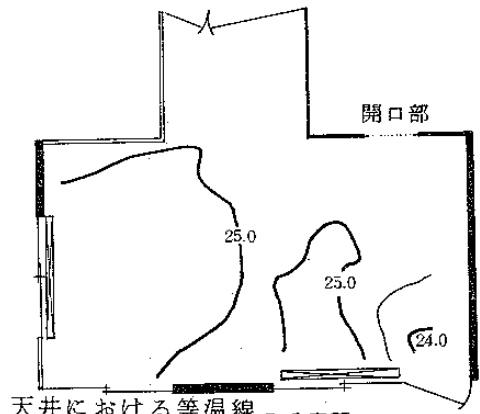


図1 家屋No.3の等温図

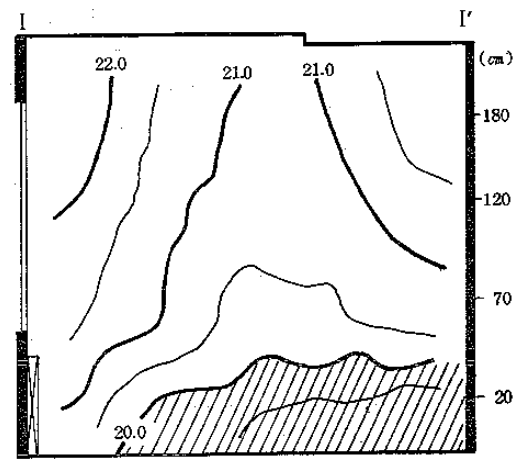


☒ は熱源の位置を示す。

図 2 家屋 No. 5 の等温図

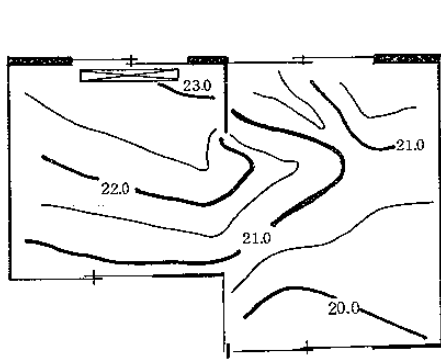


☒ は熱源の位置を示す。

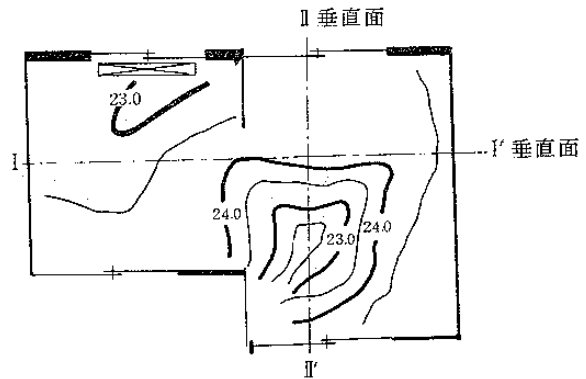


☒ は熱源の位置を示す。

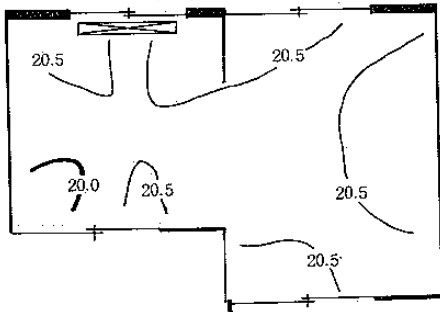
図 3 家屋 No. 7 の等温図



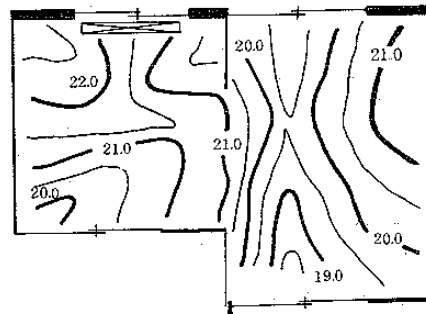
天井における等温線



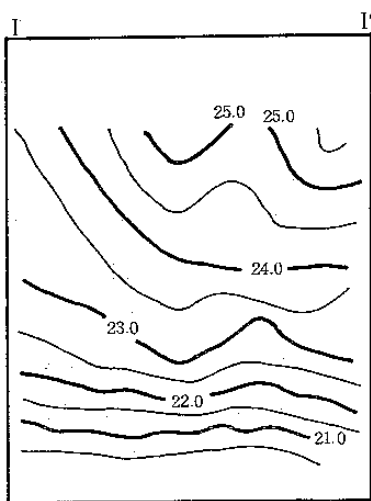
床上120 cmにおける水平面の等温線



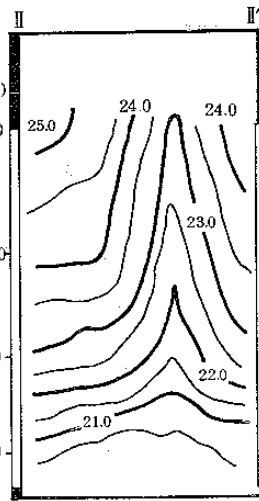
床上20 cmにおける水平面の等温線



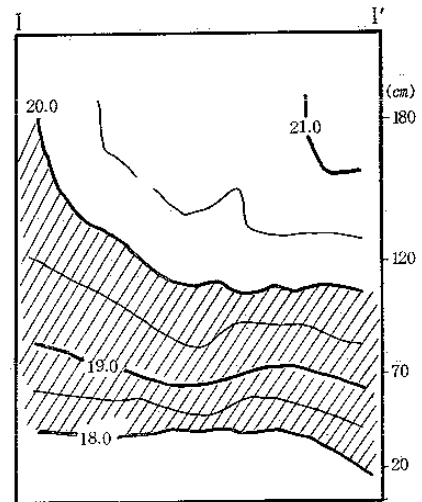
床面における等温線



垂直面の等温線



垂直面の等温線



垂直面の等感覚温度線
(斜線は快適域)


 は熱源の位置を示す。

図4 家屋No.9の等温図

表3 各家屋の湿度分布

No.	床上の高さ(cm)	平均 (%)	最高 (%)	最低 (%)	差 (%)	標準偏差	No.	床上の高さ(cm)	平均 (%)	最高 (%)	最低 (%)	差 (%)	標準偏差
1	180	35.7	40.0	32.8	7.2	3.0	6	180	36.6	36.9	35.8	1.1	0.5
	120	37.0	39.9	35.2	4.7	2.0		120	36.0	36.8	34.8	2.0	0.9
	70	41.2	42.8	39.7	3.1	1.1		70	37.8	37.8	37.7	0.1	0.1
	20	45.5	55.5	39.4	6.1	6.4		20	40.4	42.4	38.9	3.5	1.5
2	180	35.6	38.2	33.4	4.8	2.6	7	180	30.6	31.7	29.3	2.4	1.1
	120	39.0	39.6	37.6	2.0	0.9		120	31.7	32.8	30.4	2.4	1.0
	70	38.4	39.2	36.6	2.6	1.2		70	31.8	33.2	31.1	2.1	1.0
	20	42.2	42.8	41.6	1.2	0.5		20	33.8	34.2	33.1	1.1	0.5
3	180	29.2	30.1	28.7	1.4	0.6	8	180	42.3	43.0	41.1	1.9	1.0
	120	40.1	43.1	34.5	8.6	3.9		120	39.5	40.2	38.2	2.0	1.1
	70	38.4	44.7	35.9	8.8	4.2		70	40.6	41.0	40.3	0.7	0.4
	20	40.4	42.5	38.6	3.9	1.6		20	41.5	43.3	39.7	3.6	1.8
4	180	33.6	35.2	31.6	3.6	1.8	9	180	33.7	34.9	32.6	2.3	1.1
	120	33.6	33.9	33.0	0.9	0.5		120	36.0	36.3	35.7	0.6	0.3
	70	34.6	34.8	34.5	0.3	0.2		70	37.5	38.3	36.8	1.5	0.6
	20	34.8	37.3	30.0	7.3	4.2		20	39.9	40.1	39.3	0.8	0.4
5	180	27.0	31.0	23.0	8.0	4.0	10	180	27.3	28.0	26.2	1.8	1.0
	120	30.6	35.1	27.3	7.8	3.1		120	31.4	31.9	31.0	0.9	0.5
	70	34.0	36.3	31.3	5.0	2.5		70	31.3	31.5	31.1	0.4	0.2
	20	35.6	38.0	34.1	3.9	2.1		20	33.8	34.9	32.2	2.7	1.4

表3は相対湿度分布の測定結果であるが、衛生試験法の判定基準²⁾の最低許容値である相対湿度40%を超える値は、低温域の床上20cm付近以外では、ほとんどの家屋で見られず、前回同様、乾燥状態がはなはだしかった。その改善策としては、加湿器の使用など、室内に水蒸気を供給することが必要である。しかし、室内外の温度差が大きい冬期間の札幌の家屋では、結露が大きな問題となるので、室内の相対湿度を上げるには、断熱材及び吸湿性を有する壁材の使用や換気に十分留意する必要があると考える。

4 結 語

札幌市における一般住居の冬期間の室内温湿度分布状況を調査したところ、断熱性、気密性などの点で優れている新しい家屋の温度条件は良好であった。一方、熱貫流率の大きい古い家屋では、上下の温度差が著しかった。また、相対湿度は、おおむね、どの家屋でも低く、乾燥状態がはなはだしかった。

今後、札幌市における一般住居の室内環境の季節変動、経時変化などについても調査し、実態の把握に努めたいと考えている。

5 文 献

- 1) 浦嶋幸雄ら：札幌市衛生研究所年報，**9**，
73～76，(1981)
- 2) 日本薬学会編：「衛生試験法注解」，p. 1189
～1190，(1980) 金原出版
- 3) 小林陽太郎：空気調和・衛生工学，**53**(10)，
23～28，(1979)
- 4) 日本建築学会編：「建築設計資料集成1(環
境)」，p. 97～134，167～180，(1978)
- 5) 山田雅士：「建築の結露」(1981) 井上書院
- 6) 斎藤平蔵：「建築気候」(1981) 共立出版