

暖房方式・暖房利用が居住者の健康へ与える影響に関する測定調査
(第1報) 居住者の疾病・自覚症状への影響

Field Survey on Resident's Health Impact Affected by Space Heating System and Usage
(Part 1) Impact upon Diseases and Subjective Symptoms of Residents

学生会員 ○光本 ゆり (慶應義塾大学) 技術フェロー 伊香賀 俊治 (慶應義塾大学)
正会員 小島 弘 (慶應義塾大学) 正会員 伊藤 真紀 (積水ハウス 当時、慶應義塾大学)
学生会員 馬淵 勝之 (慶應義塾大学) 学生会員 浅倉 弘堯 (慶應義塾大学)
学生会員 小野 万里 (慶應義塾大学)

Yuri MITSUMOTO*¹ Toshiharu IKAGA*¹ Hiroshi KOJIMA*¹ Maki ITO*²

Masayuki MABUCHI*¹ Hirotaka ASAKURA*¹ Mari ONO*¹

*¹ Keio University *² Sekisui House Co. LTD.

Currently, Excess winter mortality of cardiovascular diseases and respiratory diseases is regarded as a problem. In recent years, research on the indoor thermal environment and health condition has been conducted in each country, and it is becoming clear that the improvement of the indoor thermal environment accompanying the introduction of floor heating and heat insulation repair affects blood pressure and diseases and subjective symptoms. However, there are few studies that examined the effects of differences in heating methods on health conditions in highly insulated houses. In this study, we focus on floor heating and air-flow heating, then quantify the influence of differences in heating methods on diseases and subjective symptoms.

1. 背景・目的

近年、冬季の循環器疾患や呼吸器疾患による死亡率増加が問題視されている^[1]。また、温暖な住宅と比較して寒冷な住宅では冬季死亡率がより高くなることが報告されており、住宅内温熱環境と健康状態に関する研究が各国で行われている^{[1][2]}。

既往研究より、床暖房の導入や断熱改修に伴う住宅内温熱環境の改善が血圧や疾病・自覚症状に影響を及ぼすことが明らかになりつつある^{[2][3][4]}。従って、断熱性能や暖房方式が健康状態に及ぼす影響に着目する意義は大きいと考えられるが、一定レベル以上の断熱性能の住宅を対象として、暖房方式の違いが健康状態に及ぼす影響を検討した研究は少ない。また、中島ら^[4]は床上 1.1m 室温と比較して床近傍室温の血圧への影響度が大きいと示していることから、暖房方式の中でも特に、床近傍室温を暖めることが可能な床暖房を取り上げる。

そこで本研究では、床暖房とエアコン等の気流式暖房に着目し、暖房方式の違いが居住者の疾病・自覚症状^[5]に及ぼす影響を定量化する。

2. 調査概要

表 1 に調査の概要を示す。本調査では平成 11 年基準以上の断熱が施された住宅において、2017 年度冬季に Web

表 1 調査概要

対象地域	省エネルギー地域区分 ^{注2)} 5,6 地域	
調査時期	2017 年度 1~2 月	
対象者	床暖房を導入し、メインで使用している世帯	気流式暖房を導入し、メインで使用している世帯
有効サンプル	261 世帯 517 名	358 世帯 684 名
測定項目	アンケート (期間中 1 回)	

表 2 アンケート質問項目

第一部：健康状態
SF-8 日本語版 ^[5] 、GHQ 精神健康調査票-12 ^[6]
第二部：睡眠・生活習慣
ピッツバーグ睡眠質問票
第三部：身体と活動
身体の痛み、運動習慣、歩行習慣、ソーシャルキャピタル
第四部：症状・持病
症状の頻度、通院状況と傷病、降圧剤服用の有無
第五部：住まい
CASBEE すまいの健康チェックリスト ^{注3)} ^[7]
第六部：住まい方
暖房機器、入浴習慣、着衣、在宅時間
第七部：ご自身について
年齢、性別、身長・体重、居住年数、最終学歴、世帯所得
第八部：同居する小学生以下の子供の健康
年齢、性別、アレルギー性疾患、喘息

を用いたアンケート調査を実施した。調査対象者は、主居室で主に床暖房を使用している 261 世帯 517 名 (以下、床暖房メイン群)、主居室で主にエアコン等の気流式暖房を使用している 358 世帯 684 名 (以下、気流式暖房メイ

ン群) の計 619 世帯 1,201 名であった。

表 2 に本分析で用いたアンケートの質問項目を示す。アンケート調査では、年齢、世帯年収等の個人・世帯属性や、飲酒、喫煙等の生活習慣、健康状態を問うた。各疾病の項目では罹患の有無、自覚症状の項目では症状の頻度を問うた。なお、本論文では自覚症状のうち 1 年間で体感・体験した症状について取り上げる。

また、対象者のうち 93 世帯において、温湿度測定を 2 週間実施し、居間の床上 1m 室温、床近傍室温及び床表面温度を把握した。なお、調査方法に関しては慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロトコルで調査を実施した (承認番号: 29-79)。

3. 調査結果

3.1 個人属性に関するアンケート集計結果

各群の年齢分布を図 1、BMI 分布を図 2 に示す。平均年齢は男性 50.7 (13.7) 歳 (() 内は標準偏差を表す)、女性 49.7 (14.6) 歳であった。BMI の平均は、男性 23.1 (2.8) kg/m²、女性 21.1 (2.8) kg/m² であり、対象者のうち 16% が肥満と判定された。

3.2 疾病・自覚症状に関するアンケート集計結果

図 3 より、疾病に関して有病割合が最も多いのは高血圧 (8%) であり、次いで脂質異常症 (6%)、腰痛症 (4%) であった。図 4 より、1 年間で体感・体験した症状に関して、「毎日～週数回程度」と回答した割合が最も多い項目は肩こり (23%) であり、次いで手足が冷える (18%) であった。「全くない」の割合が最も多い項目は骨折・ねんざ・脱臼 (92%) であり、次いできこえにくい (72%) であった。

3.3 住宅内温熱環境の室温集計結果

実測調査で住宅の温湿度測定を行った 93 世帯について、在宅時^{註4)}の居間平均室温を集計した。図 5 より、床上 1m 室温は気流式暖房メイン群 18.7 (2.1) °C、床暖房メイン群 18.9 (3.6) °C であり、群間に大きな差は確認されなかった。一方、床近傍室温は気流式暖房メイン群 16.4 (3.6) °C、床暖房メイン群 23.6 (5.0) °C であり、床暖房の使用により床近傍室温が有意に高かった。

3.4 暖房方式の違いと有病割合の関連

カイ二乗検定より疾病・自覚症状で有訴割合の 2 群比較を行った。高齢になると老化により代謝機能や体温調節機能を含む身体機能が低下する^{註8)}ことから、全サンプルを対象とした分析に加えサンプルを高齢者^{註5)}に限定した分析を行う。なお、以降の検定による有意水準は、***: $p < 0.001$ 、**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$ 、†: $p < 0.10$ と表記する。

図 6 に各群の高血圧の有病割合を示す。全年齢のサンプルにおいて、10%未満水準で気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の有病割合が 3.0 pt 低い傾向が確認された ($p = 0.061$ †)。また、60 歳以上のサンプルにおいて、気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の

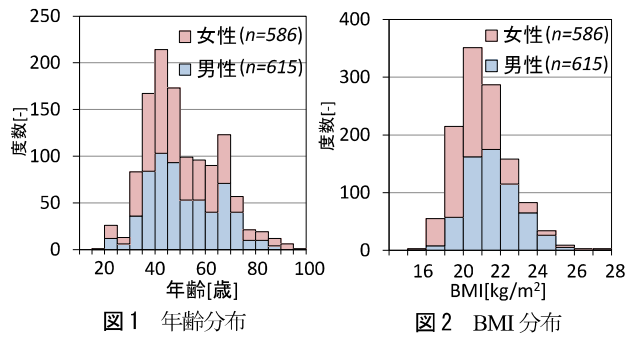


図 1 年齢分布

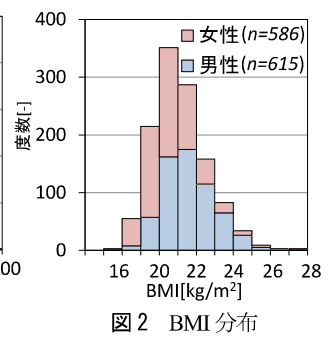


図 2 BMI 分布

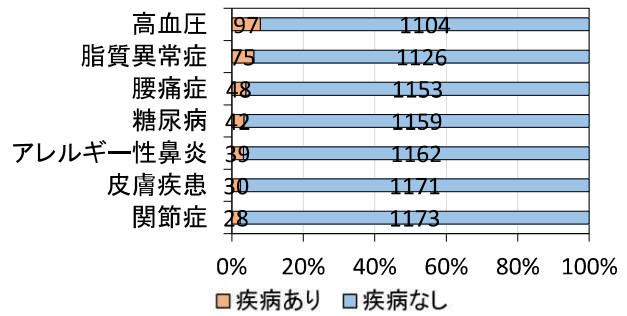


図 3 疾病の有病割合

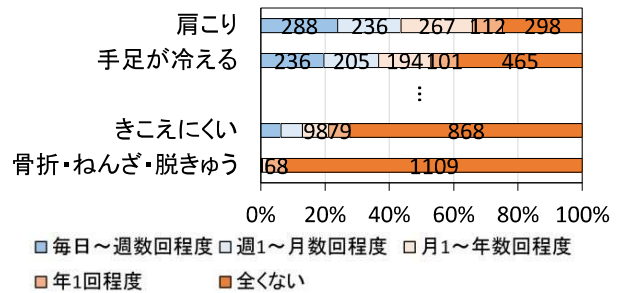


図 4 1 年間に体感・体験した症状の有訴割合

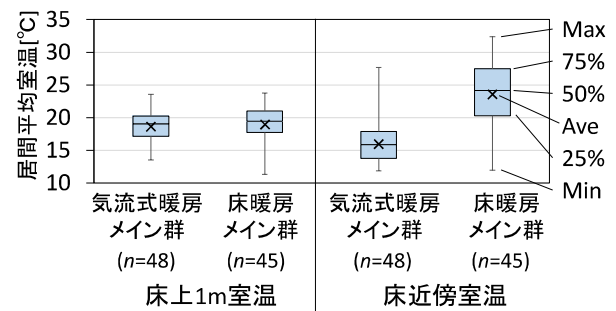


図 5 在宅時の居間平均室温

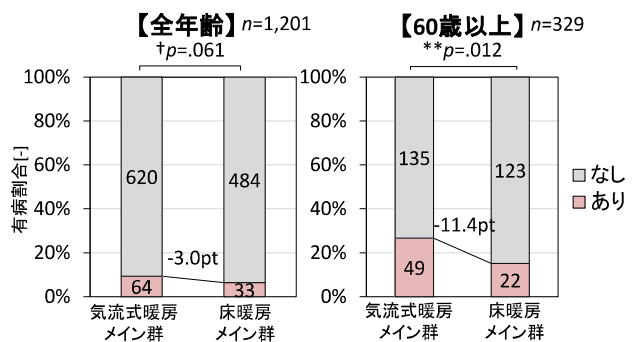


図 6 高血圧の有訴割合

有病割合が有意に 11.4 pt 低いことが示された ($p=0.012$ **).

続いて、図 7 に肩こりの有訴割合を示す。全年齢のサンプルにおいて有意な傾向は示されなかったが、70 歳以上のサンプルにおいて、気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の有訴割合が有意に 19.0 pt 低いことが示された ($p=0.026$ **).

次に、図 8 に腰痛の有訴割合を示す。全年齢のサンプルにおいて有意な傾向は示されなかった。しかし、70 歳以上のサンプルにおいて、気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の有訴割合が有意に 21.0 pt 低かった ($p=0.014$ **).

図 9 に手足の冷えの有訴割合を示す。肩こり、腰痛と同様に全年齢のサンプルにおいて有意な傾向は示されなかったが、70 歳以上のサンプルにおいて気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の有訴割合が有意に 21.7 pt 低かった ($p=0.019$ **).

3.5 暖房方式の違いが自覚症状・疾病に及ぼす影響

前述のカイ二乗検定において有意差が確認された疾病・自覚症状において、個人属性や生活習慣を考慮した上で暖房方式との関連を検討するため、多重ロジスティック回帰分析を実施した。目的変数を疾病・自覚症状の罹患有無の 2 値変数 ([0]なし [1]あり) とした。説明変数には、BMI、性別、世帯所得、喫煙習慣、飲酒習慣、運動習慣を投入した。スピアマンの相関分析を用いて変数の相関係数を確認した結果、多重共線が発生する可能性が低かったため、同一のモデルに投入した。なお、投入方法は強制投入法とした。また、日本肥満学会の基準より低体重と定義される BMI が 18.5 kg/m^2 未満のサンプルは、サンプル数が少なかったため除外した。

表 3 に 60 歳以上を分析対象サンプルとした高血圧の結果、表 4 から表 6 に 70 歳以上を分析対象サンプルとした肩こり、腰痛、手足の冷えの結果を示す。

表 3 の目的変数を高血圧とした分析結果より、個人属性・生活習慣に関して、飲酒習慣において有意差が確認された。また、暖房方式に関して、調整オッズ比は 0.443 であり、床暖房メイン群は気流式暖房メイン群と比較して高血圧である可能性が低いことが示された (95%信頼区間 0.24-0.81, $p=0.007$ **). 床近傍室温が血圧上昇に及ぼす影響のメカニズムとして、足元に近い床近傍室温が寒冷であることにより対流が生じた際、動脈血温が低い四肢末端部はより皮膚温が低下しやすく、皮膚血管が収縮し末梢血管抵抗が増加することで血圧上昇をもたらすことが言われている^{[9][10]}. したがって、床暖房の使用により床近傍室温が暖められ、足元の皮膚温低下を防ぎ血圧の上昇を抑えられる可能性が示された。

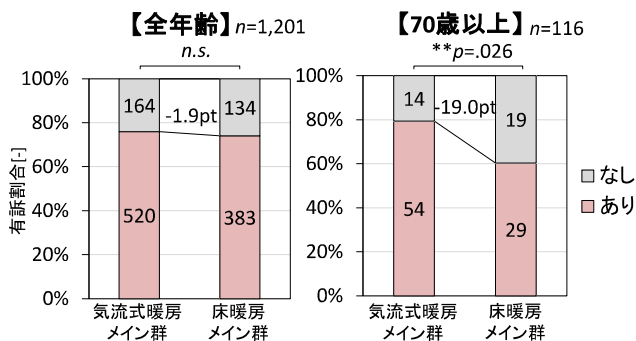


図 7 肩こりの有訴割合

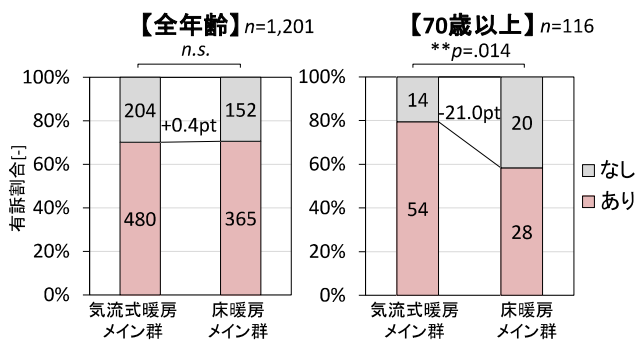


図 8 腰痛の有訴割合

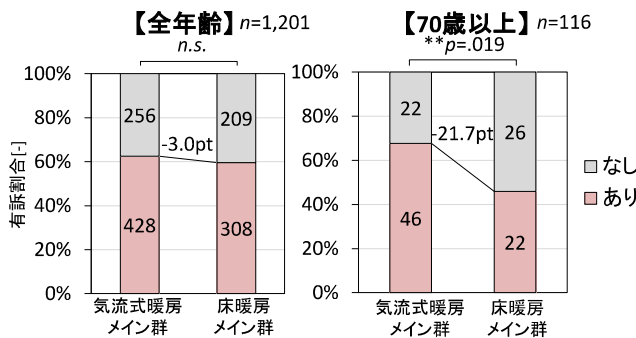


図 9 手足の冷えの有訴割合

表 3 多重ロジスティック回帰分析の結果 (高血圧)

目的変数: 高血圧罹患有無 [0]なし [1]あり

説明変数	調整オッズ比	有意確率
暖房方式 [0]気流式暖房メイン群 [1]床暖房メイン群	0.44	.007 **
BMI [0]25kg/m ² 以上 [1]18.5~25kg/m ²	0.60	.188
性別 [0]女性 [1]男性	0.58	.116
世帯所得 [0]600万円未満 [1]600万円以上	1.22	.511
喫煙習慣 [0]あり [1]なし、禁煙した	2.35	.292
飲酒習慣 [0]毎日飲む [1]時々、殆ど飲まない	0.24	<.001 ***
運動習慣 [0]なし [1]あり	1.29	.390

n=301 Hosmer-Lemeshow 検定 p=.560 正判別率 79.4%

表 4 多重ロジスティック回帰分析の結果 (肩こり)

目的変数: 肩こりの有無 [0]なし [1]あり

説明変数	調整オッズ比	有意確率
暖房方式 [0]気流式暖房メイン群 [1]床暖房メイン群	0.37	.043 *
BMI [0]25kg/m ² 以上 [1]18.5~25kg/m ²	2.23	.290
性別 [0]女性 [1]男性	1.72	.333
世帯所得 [0]600万円未満 [1]600万円以上	1.81	.253
喫煙習慣 [0]あり [1]なし、禁煙した	-注⑥	1.000
飲酒習慣 [0]毎日飲む [1]時々、殆ど飲まない	3.09	.066 †
運動習慣 [0]なし [1]あり	2.30	.090 †

n=105 Hosmer-Lemeshow 検定 p=.342 正判別率 80.0%

表4の目的変数を肩こりの有無とした分析結果より、個人属性・生活習慣に関して、10%未満水準で飲酒習慣と関連がある傾向が示された。暖房方式に関して、調整オッズ比は0.366であり、床暖房メイン群は気流式暖房メイン群と比較して肩こりの可能性が低いことが示された(95%信頼区間0.14-0.97, $p=0.043$ **)。

表5の目的変数を腰痛の有無とした分析結果より、暖房方式に関して調整オッズ比は0.438であり、床暖房メイン群は気流式暖房メイン群と比較して腰痛の可能性が低い傾向が示された(95%信頼区間0.18-1.07, $p=0.070$ †)。

肩こりや腰痛等の疼痛の原因として、主に加齢や過労、筋力低下が考えられるが、それに加えて寒冷による影響も示唆されている^[10]。肩こりや腰痛が起こるメカニズムとして、寒冷環境下において放熱を抑えるために血管が収縮して筋緊張が起き、発痛物質が発生するため痛みを感じると考えられる。よって、床暖房の使用が末端を含む全身の血管の収縮を防ぎ、肩こりや腰痛を抑えることが示唆された。

表6の目的変数を手足の冷えの有無とした分析結果より、暖房方式に関して調整オッズ比は0.362であり、床暖房メイン群は気流式暖房メイン群と比較して手足の冷えを感じる可能性が低いことが示された(95%信頼区間0.15-0.87, $p=0.023$ **)。これは、寒冷な環境下にいることで、温度調節機能を発動させるために皮膚の冷点が刺激されることが原因であり^[11]、床近傍室温が温暖であると足の冷えを感じないためである。しかし、手足の冷えに関して現状の分析モデルは適合度が低く^[註7]、妥当な結果だと評価出来ないため、更なる検討が必要である。

4. まとめ

本研究では、暖房方式の違いが疾病・自覚症状に及ぼす影響の検討を目的として実態調査を実施した。本調査・分析により得られた知見を以下に示す。

- 1) カイ二乗検定により各自覚症状で有訴割合の2群比較を行ったところ、サンプルを高齢者に限定した分析では、気流式暖房メイン群と比較して床暖房メイン群の高血圧・肩こり・腰痛・手足の冷えの有病割合・有訴割合が有意に低いことが示された。
- 2) 個人属性と生活習慣を考慮するためにサンプルを高齢者に限定して多重ロジスティック回帰分析を行った結果、床暖房メイン群は気流式暖房メイン群と比較して高血圧・肩こり・腰痛である可能性が低いことが示された。

以上より、暖房方式の違いが居住者の疾病・自覚症状に影響を及ぼす可能性が示された。本調査では一部の対象者に住宅の温湿度測定を依頼しているため、今後は温湿度の実測値を考慮した上で暖房方式と疾病・自覚症状との関連を検討する必要がある。

表5 多重ロジスティック回帰分析の結果(腰痛)

説明変数		調整オッズ比	有意確率
暖房方式	[0]気流式暖房メイン群 [1]床暖房メイン群	0.44	.070 †
BMI	[0]25kg/m ² 以上 [1]18.5~25kg/m ²	0.58	.517
性別	[0]女性 [1]男性	1.33	.586
世帯所得	[0]600万円未満 [1]600万円以上	0.87	.769
喫煙習慣	[0]あり [1]なし、禁煙した	-	1.000
飲酒習慣	[0]毎日飲む [1]時々、殆ど飲まない	1.50	.489
運動習慣	[0]なし [1]あり	0.92	.848

$n=105$ Hosmer-Lemeshow 検定 $p=.584$ 正判別率 73.3%

表6 多重ロジスティック回帰分析の結果(手足の冷え)

説明変数		調整オッズ比	有意確率
暖房方式	[0]気流式暖房メイン群 [1]床暖房メイン群	0.36	.023 *
BMI	[0]25kg/m ² 以上 [1]18.5~25kg/m ²	2.24	.247
性別	[0]女性 [1]男性	0.52	.172
世帯所得	[0]600万円未満 [1]600万円以上	0.56	.194
喫煙習慣	[0]あり [1]なし、禁煙した	-	1.000
飲酒習慣	[0]毎日飲む [1]時々、殆ど飲まない	1.36	.579
運動習慣	[0]なし [1]あり	2.16	.080 †

$n=105$ Hosmer-Lemeshow 検定 $p=.020$ 正判別率 69.5%

謝辞

本研究の実施に際し多大なご支援を頂いた日本ガス協会、積水ハウス(株)、大阪ガス(株)、東京ガス(株)の皆様、調査にご協力いただいた皆様に心より謝意を表す。尚、本研究は(一社)日本ガス協会と積水ハウス株式会社との共同研究「暖房方式・住宅の断熱性能が健康へ与える影響に関するアンケートによる調査(研究代表者:伊香賀俊治)」およびJSPS科研費JP17H06151の助成を受け実施したものである。

注釈

- 1) 質問項目のうち最近1~2週間の目鼻の症状と1年間で体験・体感した症状の総称と定義する。
- 2) 気候条件に見合った基準一次エネルギー消費量を評価するための区分。
- 3) 健康に影響を及ぼす住宅の問題を部屋ごと・要素ごとに評価するツール。
- 4) 1日のうち外出時間と就寝時間を除外した時間。
- 5) カイ二乗検定の結果、最も有意確率が小さかった年齢を閾値として用いた。
- 6) 喫煙習慣ありと回答した対象者数が少なく適切な調整オッズ比が得られなかったことから値は省略した。
- 7) Hosmer-Lemeshow 検定の結果、 $p \leq .050$ であったため。

参考文献

- 1) Public Health England, "Cold Weather Plan for England, Making the Case: Protecting health and reducing harm from cold weather" 2018
- 2) 大東開智,伊香賀俊治ら, 全国実測調査に基づく住宅内温熱環境が住民の疾病に及ぼす影響の分析, 慶應義塾大学修士論文, 2017年度
- 3) 海塩渉ら, 高断熱住宅への住み替え前後の家庭血圧比較—冬季の室内温熱環境が血圧に及ぼす影響の実態調査(その3)—, 日本建築学会環境系論文集 Vol.81, No.722, 2016
- 4) 中島雄介,伊香賀俊治ら, 冬季の住宅内における床近傍室温・外気温が起床時血圧へ及ぼす影響のマルチレベル分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 2016
- 5) QualityMetric Inc., Fukuhara S., SF-8TM, 2012
- 6) 中川泰彬・大坊郁夫, 日本版 GHQ 精神健康調査票, 日本文化科学社, 2013
- 7) 一般社団法人日本サステナブル建築協会, CASBEE 健康チェックリスト, 2011
- 8) 窪田俊夫, 高齢者の安定と不安定: 立位・歩行能力を中心に, バイオメカニズム学会誌 19 巻 4 号, 1995
- 9) 山崎昌広ら, 環境生理学, 培風館, 2000
- 10) 黒島晨汎, 環境生理学(第2報), 理工学社, 1993
- 11) 吉田敬一ら, 人間の寒さへの適応, 技報堂出版, 1986