

浅深度地中熱利用の研究

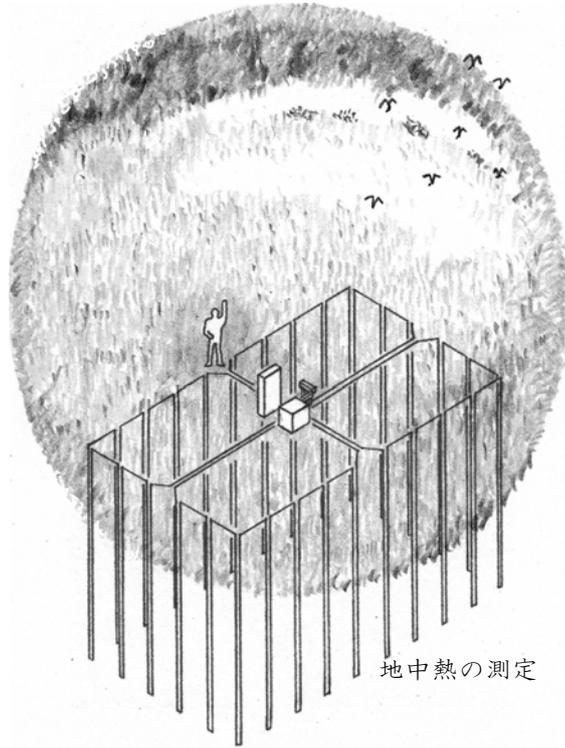
地中熱の住宅冷暖房への利用

STUDY ON USE OF UNDERGROUND THERMAL ENERGY
FROM SHALLOW UNDERGROUND

Underground thermal energy use in heating and cooling of residential house

2014年1月

千葉大学大学院工学研究科
建築・都市科学専攻 建築学コース
岩澤昭彦



地中熱の測定

(千葉大学審査学位論文)

浅深度地中熱利用の研究

地中熱の住宅冷暖房への利用

STUDY ON USE OF UNDERGROUND THERMAL ENERGY
FROM SHALLOW UNDERGROUND

Underground thermal energy use in heating and cooling of residential house

2014年1月

千葉大学大学院工学研究科
建築・都市科学専攻 建築学コース
岩澤 昭彦

浅深度地中熱利用の研究

地中熱の住宅冷暖房への利用

目 次

まえがき	1
第1章 研究の背景と目的	4
第1節 研究の背景 1	5
1-1. 自然エネルギーを住宅の冷暖房に使用する	
1-2. 地中熱と空気熱の比較	
1-3. ヒートポンプを使った住宅の温熱環境の調整	
1-4. エアコンと地中熱利用床放射冷暖房の比較	
第2節 研究の背景 2	13
2-1. NEDO指摘の問題点	
2-2. 一般的に考えられる問題	
第3節 100m採熱管と6m採熱管	21
第4節 既往研究の検討	23
第5節 研究の目的と論文の構成	25
第2章 地中温度の推計	26
第1節 地中温度の測定データと採熱管周囲平均温度の推計の方針	27
第2節 地中6mまでの平均地中温度の推計	29
2-1. 暖房期間の検討	
2-2. 測定値に無い深さのデータの検討	
2-3. 6m採熱管周囲平均温度の概算	
2-4. 1950年における各地の6m採熱管周囲平均温度の検討	
2-5. 2011年6m採熱管周囲温度の推計	
第3節 深度100mまでの地中平均温度の推計	37
3-1. 地中100mの60年間の温度変動	
3-2. 地表面温度と熱拡散率	
3-3. 2011年100m採熱管周囲平均温度の推計	
第4節 6m採熱管周囲平均温度の実測値との比較	39
第5節 計算の結果と考察	40
5-1. 採熱管周囲平均温度の推計値 (0.5mより埋設、2011年)	
5-2. 100m採熱管周囲平均温度の推定値(2011年)	
5-3. 6m採熱管、100m採熱管周囲平均温度の推定値 (2011年) の温度差	
5-4. 地域的な特徴	
5-5. 6m採熱管の埋設深さ	
第6節 地中温度の推計まとめ	42

第3章	6m採熱管の採熱量	44
第1節	6m採熱管の特徴	42
1-1.	地層	
1-2.	採熱管の種類	
1-3.	採熱管の平面配置	
1-4.	採熱管の接続/直列と並列	
1-5.	採熱管の埋設深さと横引き配管	
第2節	実験Ⅰ 6か月間の長期間運転	48
2-1.	実験方法	
2-2.	実験結果	
第3節	実験Ⅱ 各種採熱管による短時間採熱実験	52
3-1.	実験値と計算値	
3-2.	測定装置	
3-3.	使用した採熱管	
3-4.	調布での採熱実験	
3-5.	藤沢での採熱実験	
3-6.	測定結果とデータの整理	
第4節	実験結果	59
第5節	採熱量と採熱量逓減のまとめ	59
第6節	本実験の総括的位置づけ	61
第4章	実験結果の考察と6m採熱管の提案	65
第1節	実験結果の考察	60
1-1.	地中温度の地域比較	
1-2.	将来の温度差の推計	
1-3.	採熱量の逓減について	
1-4.	6m採熱管の採熱量の考察	
第2節	6m採熱管の形状の提案	71
あとがき		75
参考文献リスト		77
附 録	日本国内の地中温度・年間サイクル(資料)	82

1旭川	83頁	13福島	107頁	25甲府	129頁	37鳥取	145頁
2網走	85	14水戸	109	26静岡	131	38下関	147
3帯広	87	15宇都宮	111	27岐阜	132	39徳島	148
4釧路	89	16前橋	113	28名古屋	133	40松山	149
5根室	91	17熊谷	115	29津	134	41高知	150
6浦河	93	18東京	117	30彦根	135	42福岡	151
7札幌	95	19銚子	118	31京都	137	43佐賀	152
8函館	97	20横浜	119	32大阪	139	44長崎	153
9秋田	99	21新潟	121	33神戸	140	45熊本	154
10盛岡	101	22金沢	123	34和歌山	141	46大分	155
11山形	103	23福井	125	35岡山	142	47宮崎	156
12仙台	105	24長野	127	36広島	143	48鹿児島	157

まえがき

古来日本の住宅は、暑さ寒さを防ぐ手だてとして地中熱を利用してきたと考えられる。

大海一雄「現代住宅の見直し『家に床下は必要か』 平地式住宅のすすめ」は住宅の地中熱利用を考えるうえで示唆に富んだ著作といえる。参考a) 平地式住宅は地面に直接柱を立てて組み上げて作られる床下のない住宅である。平地式住宅は竪穴式住居の発展形の住宅と考えられる。

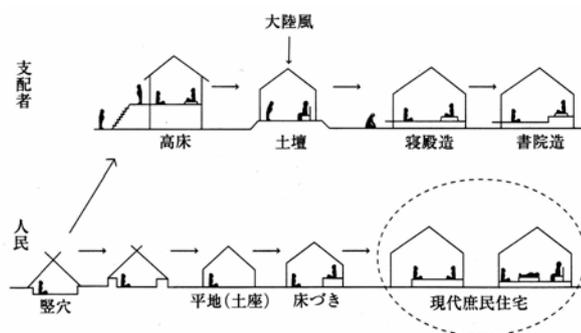
住宅の起居様式の変化は西山卯三「住まい考古学」参考b) によれば、支配者と人民により異なり、支配者は竪穴→高床→土壇→寝殿造→書院造へ、また人民は竪穴→平地（土座）→床つき→現代庶民住宅へ、と移っていく。（図a）

この流れの中に大きな二つの事項が隠されている。

一つは住いで炉が炊けたかどうか、もう一つは床が直接土に接触していたかどうかである。

支配者の住宅は高床になった時点でこの二つの項目が消されている。人民の住宅は民家の囲炉裏として炉は長く生き残り、土との接触は平地式住宅として昭和の初期までは存在していたとされる。参考a)

庶民が貴族の「高床」を見習いやっと床を獲得したのは、早い地方でわずか300年前とされ、遅い地方では200年前である。平地式住宅の廃止は明治時代の建築条例案に衛生上の理由で、床下を作ることを奨励し始めたためとされる。参考a)



図a. 起居様式の変化

参考a) 大海一雄：「現代住宅の見直し『家に床下は必要か』 平地式住宅のすすめ」メタモル出版、1998年。

参考b) 西山卯三「住まい考古学」（彰国社）、1998年。

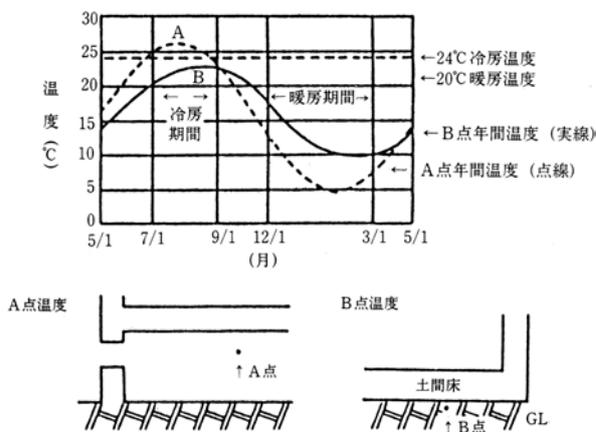
人々が平地式住宅にどうしてこだわったかは、土間床の温度によるものと考えられる。神戸で計測された資料（図b）によれば参考c）、床下の温度は夏季27℃程度、冬季は5℃より少し低い。これに対し土間床下の温度は夏季23℃程度、冬季は10℃程度で、その影響下にある住宅内は明らかに平地住宅の方が冬暖かく夏涼しいことがわかる。

世捨て人とされる吉田兼好がどのような住まいに居て「家の作りよは夏をむねとすべし・・・」と書いたのかはわからないが、出家する前兼好は貴族の住宅である「高床」に住んでいたとされている。参考a)

つまり、吉田兼好は高床住宅に住み冬は火鉢を抱えて寒さに耐えていたと考えられる。それに対し、当時の人民は床づきの住宅で炉もあり夏も床冷涼の住まいに起居し兼好よりも快適な生活をしていたと考えられる。

当時の快適な生活は地中熱のおかげであり、いまでいえば地中熱使用床涼床暖房方式である。現在は当時と比較して年間平均気温が上がり地中熱の効果が兼好の時代と比較できないが、現在は地中熱ヒートポンプがあり、地中から得た熱を床の配管に通して冬は床暖房で快適な冬を過ごすことができる。

近年地中熱利用が提唱されているが、なかなか一般住宅で使おうという風潮になっていない。この小論文は、6m程度の短い採熱管を使い、一般の住宅で地中熱の利用ができないかを検討したものである。



図b 土間床及び中空床、床下年間平均温度（神戸）

参考c) 神戸不燃板工業株式会社技術資料N09. (2008年)

《この論文の原典》

1. 岩澤昭彦、中山茂樹：浅深度採熱管周囲温度データベースの作成－浅深度地通熱利用の研究（その1）
日本建築学会環境系論文集 第77巻 第681号、925-932、2012年11月.
2. 岩澤昭彦、中山茂樹：6m採熱管を使った地中熱利用の実験－浅深度地中熱利用の研究（その2）
日本建築学会環境系論文集 第79巻 第696号、181-189、2014年2月.

□ 第 1 章 研究の背景と目的

住宅の冷暖房に電力を使わず、再生可能なエネルギーを使うことは、化石燃料の削減とCO2排出の削減に大きく寄与するものである。

本研究は、住宅の冷暖房に自然エネルギーとして地中からの冷温熱を取り上げ、一般的に使用されている高価格な100m採熱管との比較で、6mの短い採熱管利用の可能性を検討するものである。

第1節. 研究の背景 1

1-1. 自然エネルギーを住宅の冷暖房に使用する

地球環境に対する意識が高まり、省化石エネルギーやCO₂排出削減が課題となっている今日、再生可能な自然エネルギーに対する期待が大きい。

日本政府は地球温暖化防止対策を進めるため、「省エネ法」を強化し、工業用、運輸用などとともに、住宅や建築物の省エネルギー化の基準を定め、省エネルギー化の目標の達成を目指している。^{参考1)} これまでの省エネ基準は建物全体の省エネ性能を客観的に比較しにくいこと、再生エネルギーの導入効果が適切に評価されにくいなどから、一次エネルギー消費量を指標として建物全体の省エネ性能を評価できる基準に見直す必要があった。^{参考1)} そこで2012年(平成24年) 13年ぶりに省エネ基準が見直され、住宅と建築物の省エネ基準について、一次エネルギー消費量を指標として、同一の考え方により、断熱性に加えて設備性能や再生エネルギーの利用も含め総合的に評価できる基準に一本化される方向である。^{参考1)}

東京都においても、再生可能エネルギー利用の推進テーマとして、住まいで使う日常の熱は自然エネルギーの熱から取り込もうというテーマを掲げて、「熱は熱で」とのキャンペーンを行っている。^{注1)}

住宅など住まいの温熱環境の調整には、本来高温の熱はいらないはずである。私たちの体温36℃程度に近い低密度のエネルギーを自然エネルギーから「熱は熱で」取込むことにより省エネ化をめざすべきである。電気を火力発電所でつくる場合、化石燃料を燃やしているわけだが(一次エネルギー消費)、そのときに発生する膨大な熱の多くは有効に利用されず、送電し利用者に到達する間に、電気をつくるために使用されたエネルギーのうち約6割が廃熱として海や大気中に捨てられている。給湯や暖房など、比較的低温の熱の用途に、このようにして生み出された電気を使うことは、エネルギーを効率的に利用できていないし、結果的に必要以上にCO₂を排出しているという意味で、必ずしも好ましいとは言えない。

電気は、電気でしか使えない用途(照明やテレビや通信など)に使い、低温の熱の用途にはなるべく太陽熱や地中熱などの再生可能エネルギー熱を利用していくことが望ましい。また、こうした再生可能エネルギーの熱を積極的に活用することで、化石燃料の使用量を削減することができ、地球温暖化の原因となるCO₂排出の抑制に寄与することができる。

参考1) 省エネ法省エネ基準の見直し等に伴う改正
<http://www.mlit.go.jp/common>

注1) 東京都環境局 (Webサイト)、地球温暖化対策、再生エネルギーの利用について
「湯や暖房など比較的低温で利用される熱はなるべく太陽熱や地中熱などの再生可能エネルギーにより生み出される熱で賄いましょう」という考え方。
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp>

表1-1 自然エネルギーの比較

		空気熱	地中熱	地熱	太陽熱	太陽光	風力	小水力	バイオマス	雪氷
場所の制約		なし	なし	火山・温泉の近傍	なし	なし	風況調査が必要	落差のある河川	(要搬送)	積雪地近傍(要搬送)
		◎	◎	△	◎	◎	△	△	○	△
時間の制約		なし	なし	なし	昼間	昼間	風の吹く時間帯	渇水期以外	(要搬送)	(要搬送)
		◎	◎	◎	○	○	△	△	○	△
エネルギー利用形態	電気	—	—	主に事業用発電	主に事業用発電	自家用発電 事業用発電	自家用発電 事業用発電	主に事業用 発電	主に事業用 発電	—
	熱	冷暖房 給湯	冷暖房 給湯 融雪	暖房 給湯 融雪	給湯 (冷)暖房	—	—	—	暖房 給湯	冷蔵 冷房
住宅の冷暖房への利用の適否		◎	◎	△	○	—	—	—	○	△

(H社資料を基に作成した)

自然エネルギーとして、一般的に地中熱、地熱、太陽熱、太陽光、風力、小水力、バイオマス、雪氷、を取り上げて議論されている。住宅の冷暖房としてエアコンが広く普及していることから、ここでは空気熱を加えて自然エネルギーの住宅での使用を比較検討する。エネルギーの「使用の場所の制約」、「時間の制約」、「電気をつくれるか」、「熱として使用するか」の内容で比較検討した。

(表1-1)

「熱は熱で」の条件を入れ、自然エネルギーを使い発電により高質なエネルギーを取り出すものを除くと、自然エネルギーの中で温熱冷熱両方の熱を取り出し可能なものは、空気熱と地中熱である。

住宅の省エネ法の中に省エネ基準として、「特定住宅に必要とされる性能の向上に関する住宅主の判断基準（住宅事業主の判断基準）」が2009年(平成21年)4月に施行されている。(図1-1)さらに省エネの達成率の表示制度(図1-2)、「住宅省エネラベル」(図1-3)も2009年6月よりスタートした。参考2) これらの基準の基となるものは、気候条件に応じた地域区分ごとに決められた基準一次エネルギー消費量 (GJ/年・戸) で、それぞれの住宅で消費されるエネルギーの比較をおこなう。参考3) この基準の中で特記すべきことは、太陽光発電設の設置が独立して考慮されていることである。

地中熱の果たす役割として、ヒートポンプの成績係数（以下COPと表現する）の効果のみならず、太陽光発電のパネルの発熱による発電効率低下に対して、地中熱により冷却して効率を上げる方法により、莫大な太陽光エネルギーを地球の大地が持つ冷却熱がサポートして、一次エネルギー消費を削減していくことを検討していくべきである。

参考2) 国土交通省・経済産業省より定められた基準
<http://www.airshome.co.jp/shouene.pdf>

参考3) 省エネ法
<http://ees.ibec.or.jp/cal/index.php>

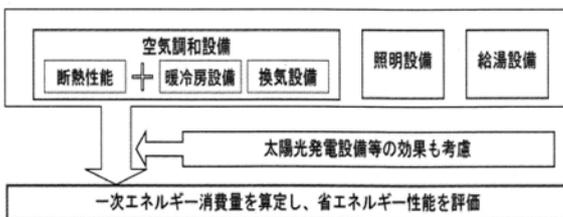


図1-1 一次エネルギー消費量の算定対象参考3)

$$\text{評価対象住宅の基準達成率} = \frac{\text{基準一次エネルギー消費量 (GJ/年・戸)}}{\text{評価対象住宅の一次エネルギー消費量 (GJ/年・戸)}} \times 100\%$$

図1-2 評価対象住宅の基準達成率 参考3)



図1-3 住宅省エネラベル参考2)

1-2. 地中熱と空気熱の比較

地中熱の利用は、土からの直接の熱伝導による利用法を始め、地中を通した空気の循環（クールチューブ）、水を地中に循環させる方法やヒートパイプを利用する方法など「熱から熱へ直接に」利用が可能な多くの方法が採用されている。しかし空気熱源の利用法はエアコンとしての利用の方法だけであるから、空気熱と地中熱との比較は、ヒートポンプを介しての効率等の比較となる。

近年急速に普及している技術としてヒートポンプが挙げられるが、ヒートポンプは既にある熱を利用することにより投入したエネルギーに対し3～6倍のエネルギーを取得できるから、確かな省エネの方法と考えられる。近年日本でも、水熱源から温水や冷水として取り出す5～10KWの小型のヒートポンプの製造が始まり注2)、高効率ヒートポンプの検討も始まっている。空気から水への熱源の見直しが行われる可能性が出てきたということである。

空気熱源ヒートポンプは、住宅の冷暖房へはいわゆるエアコンとして日常に広く普及して安価に利用できるが、地中熱は<効率がよく冷房排熱を空気に放出しない>、また<長寿命・メンテナンスが少ない>など優位が確認されているものの、参考4) 日本では欧米・中国に比較して普及していない。(図1-4)

地中熱利用ヒートポンプシステムは、欧米では1980年代から普及し始め、米国ではすでに100万台以上が利用されている。日本では設置の数は欧米に比べまだ数えるほどしか無いのが実情である。

(図1-5、1-6) 欧米諸国や中国では、国のエネルギー政策で地中熱が取り上げられ、助成制度があるが、参考5) 日本では平成22年にエネルギー基本計画に書き込まれるまでは、エネルギー政策で認知されていなかった。

注2) 日本製の住宅用地中熱ヒートポンプ出力	
S社	暖房10.0KW、冷房10.0KW
C社	暖房6.0KW、冷房5.0KW
M社	暖房3.9KW、冷房3.1KW
	暖房7.2KW、冷房6.5KW

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2006年

参考5) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：地球熱利用システム、2006年6月

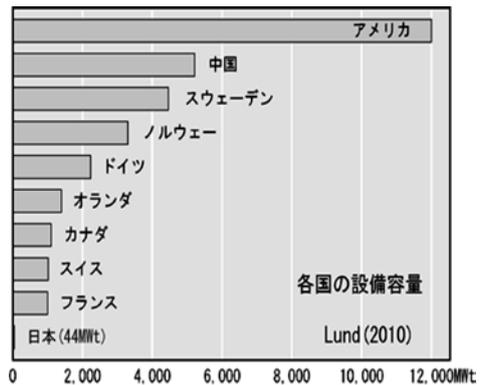


図1-4 各国の地中熱利用状況参考5)

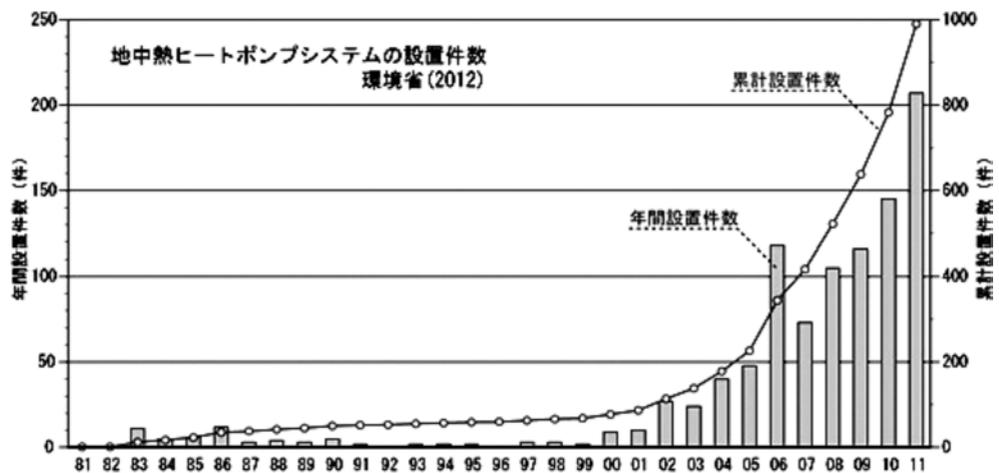


図1-5 地中熱ヒートポンプシステムの設置件数参考5)

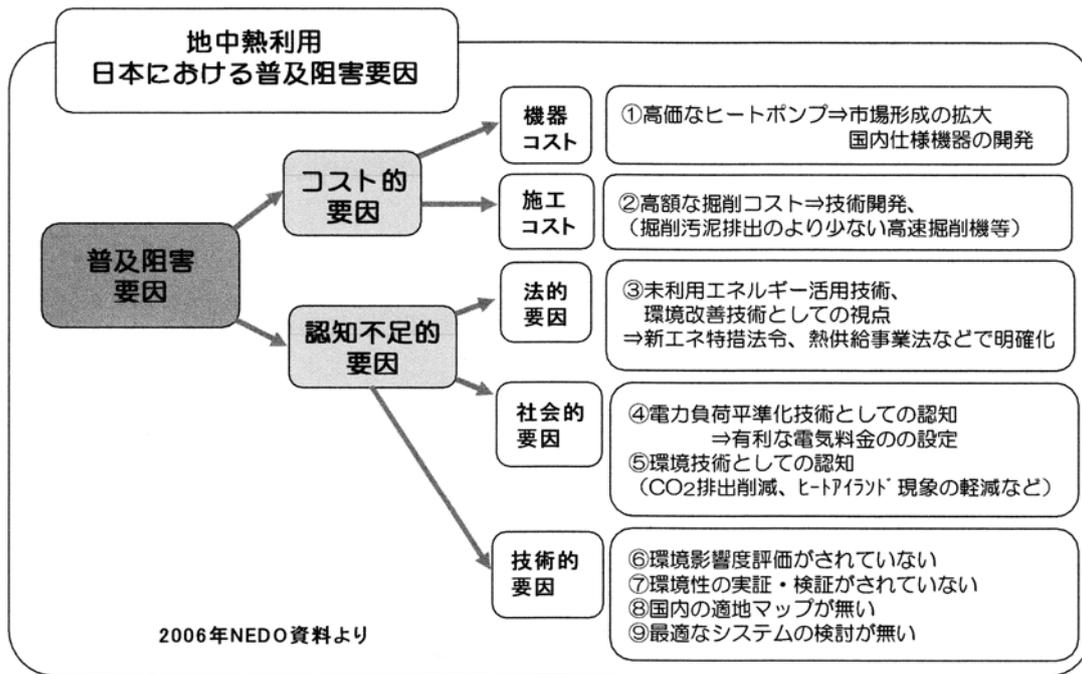


図1-7 日本の地中熱利用普及阻害要因 (参考5) を基に作成した)

参考6) エネルギー助成金 経済産業省 平成23年
http://www.meti.go.jp/information_2/data/hojo201107_09.html

平成23年度からは経産省の補助金ができるようになり、これからの普及が期待される。参考6)

日本地熱学会では地中熱利用が普及した際のヒートアイランド現象抑制効果も考慮すると、空冷エアコン利用時と比べ、冷房時の消費電力は半分程度になると試算してる。

(<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp>)

日本での地中熱利用の普及阻害要因はNEDOが示すように数々の要因があるが、その第一は地中熱交換器設置のための工事と費用が高額であることがあげられる。(図1-7) 地中熱利用の設備コストを、性能が高くもコストも安く日常的に使う、エアコン並みにしていくことが強く望まれる。

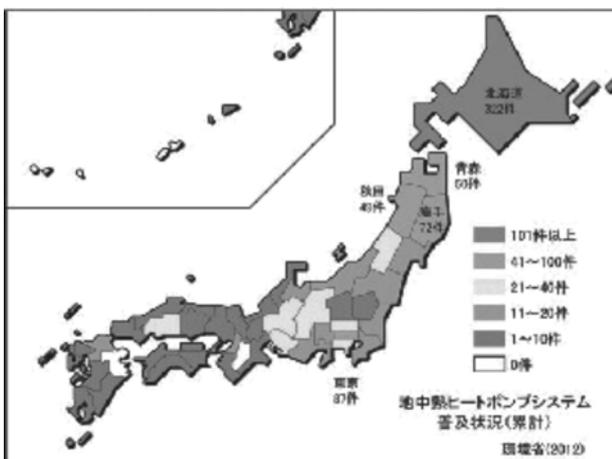


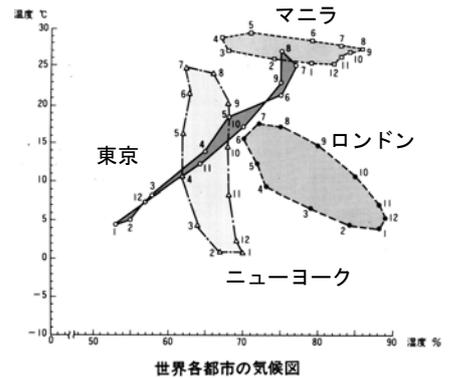
図1-6 地中熱ヒートポンプシステム普及状況参考5)

1-3. ヒートポンプを使った住宅の温熱環境の調整

日本の気候には四季があり、春と秋は気持ちのよい温・湿度である。しかし、徒然草第五十五段で吉田兼好が綴るように「暑き頃、わろき住居はたえがたきことなり」とあり、夏は古来から厳しい気候であった。「冬はいかなるところにも すまる」とあるが、現代人にとっては冬もまた厳しい寒さと乾燥の気候である。暑さ寒さに対し私たちは室内気候を快適な状態とすべく空調技術を作り上げてきたが、現在では住まいをさらに快適でエコロジカルなものとする調整方法を探り始めている。参考7)・参考8) 本来、通常の室内環境の場合、人体に与える熱の伝わり方の効果は<放射の効果がおよそ全体の1/2>であり、<対流と蒸発の効果がそれぞれ全体の1/4>、<伝導による寄与分は非常に小さい>参考9) と言われている。放射を日常の冷暖房に使用すれば対流より効率は良いということである。

世界の気候(図1-8)の中で、夏の高湿・高湿、冬の低温・低湿、が特徴である日本の風土にすまう私たちの住宅にとって、空気による暖房は乾燥を助長し夏の冷房は多湿を助長する。一方床による放射暖房を使えば、室内の空気は低温度でも住む人は快適に過ごせて乾燥を助長しにくい。また夏は結露対策を行えば外気温に近い室温でも体にやさしい涼冷環境を実現できることも分ってきた。参考7)参考8) 以上のようなポイントをふまえて日本の住宅の温熱環境の調整にヒートポンプを使う場合の概念をまとめると(図1-9)となる。

- 参考7) 葉山成三、天井冷暖房のすすめ：筑摩書房、1990年
- 参考8) 欧米日室内気候研究室：モンスーン日本の室内気候、鹿島出版会、2009年
- 参考9) 加藤信介、土田義郎、大岡龍三：建築環境工学、彰国社、2002年



各都市の特色	夏	冬
東京	高温・高湿	低温・低湿
ロンドン	適温・適湿	低温・高湿
ニューヨーク	高温・適湿	低温・適湿
マニラ	高温・高湿	—

世界各都市の気候の特色

図1-8 世界の気候の比較参考7)

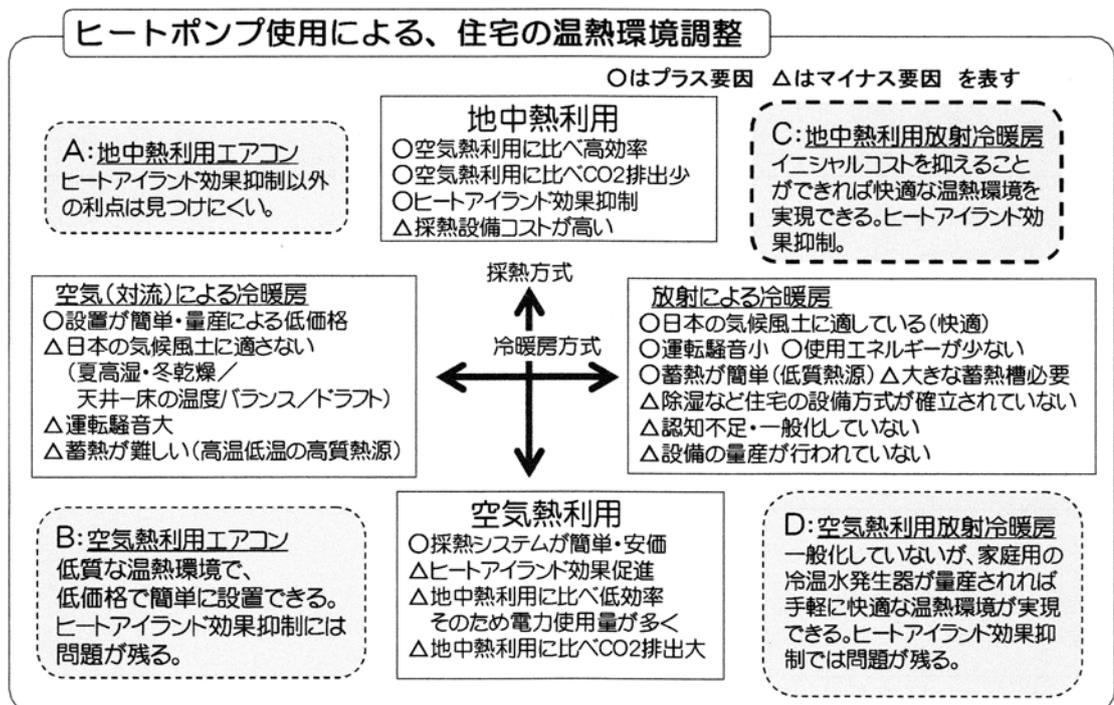


図1-9 ヒートポンプ使用による住宅の温熱環境整備

住まいの温熱環境の調整に使うヒートポンプの熱源として一般的な住宅の周りにあるものとしては、空気熱と地中熱が考えられる。それらを住宅の冷暖房に使用する方法は「空気の対流」による方法と、「水熱源として放射」による方法である。

熱源の種類と調節の方法の組み合わせの比較は（図1-9）により、以下ようになる。

- A 地中熱を使ったエアコンの方式は、ヒートアイランド現象の抑制以外に利点は見つけにくい。
- B 空気熱利用のエアコンの方式は、低価格で設置が可能であるがヒートアイランド現象への問題は大きい。
- D 空気熱利用の放射冷暖房の方式は、機器が開発され取り上げることができる方向にあるが、ヒートアイランド現象への問題はのこる。
- C に示すように、地中熱利用放射冷暖房はインシヤルコストを抑える条件が整えば、最も快適な温熱環境を実現でき、また都会でのヒートアイランド現象抑制も可能である。

ここに残るポイントは、空気熱利用のエアコンと地中熱利用の放射冷暖房の省エネ性と運転コストの比較である。設置コストは大量流通しているエアコンが圧倒的に廉価であるが、省エネ性と運転コストについてはどうかを検討する。

1-4. エアコンと地中熱利用床放射冷暖房の比較

以下の4ポイントにより、地中熱利用床放射冷暖房はエアコンより省エネで運転コストが安く、快適である。注3)

- i. 床放射を設置することにより、室内の空気温度を暖房では低く冷房では高めにしても快適である。
 - ii. 床放射の効果空間を天井高さでなく、人間の行動範囲に抑えることができる。
 - iii. 空気熱源より水熱源の方がヒートポンプのCOPが高い。
- 以上が省エネの要素である
- iv. 水熱源は蓄熱層に貯めておけるから、安価な深夜電力を使用して安く熱源を得ることができる。

以下に、東京地区の住宅を例に省エネとコストの比較を行う。次世代省エネルギー基準Q値2.7W/m²・℃の120m²住宅での比較。冷暖房運転一日16時間した場合の年間の省エネと運転コストを計算する。

注3) 図1-9に示すように
 ・床天井の温度バランスがよい
 ・風のドラフトがない

i. 床放射冷暖房による省エネ性

室内空気温度 (T_r) と床の温度 (t_m) とその中で感じる体感温度 (t_e) についての関係を示す式 $t_e = 0.58T_r + 0.48t_m - 2.2$

が、財団法人日本空調衛生工事協会出版の空衛工事便覧 に掲載されている。この式によると (図1-10) に示すように、暖房時床を29℃に保てば室温が18℃であってもそこで生活する人の体感は通常の暖房設定温度の22℃である。また冷房時床を25℃に保てば室温が28℃の暑さでも体感は通常の冷房設定温度26℃と感ずる。

住宅の㎡当りの熱負荷は以下の式で計算される。注4)

$$A \text{ (W/㎡)} = \text{住宅の熱損失係数 } Q \text{ 値 (W/㎡} \cdot \text{℃)} \\ \times [\text{設定室温 (℃)} - \text{設計最低または最高外気温度 (℃)}] \\ + \text{内部発熱 (W/㎡)}$$

暖房時は、エアコンで22℃を保つ運転を行うが、床暖房であれば18℃の負荷に対応すればよいことになり、(図1-11) に示すように、37.8%の省エネとなる。同じく冷房時は (図1-12) に示すように45.0%の省エネとなる。

注4) 設定室温は暖房18℃22℃、冷房26℃28℃、を比較。外部温度は、暖房時は日平均温度16℃以下の期間平均温度 9.5℃。冷房は日最高温度26℃以上の期間の日最高温度と日平均温度26℃以上の期間の平均温度の中間として28.6℃を使用した。内部発熱は5W/㎡とした。

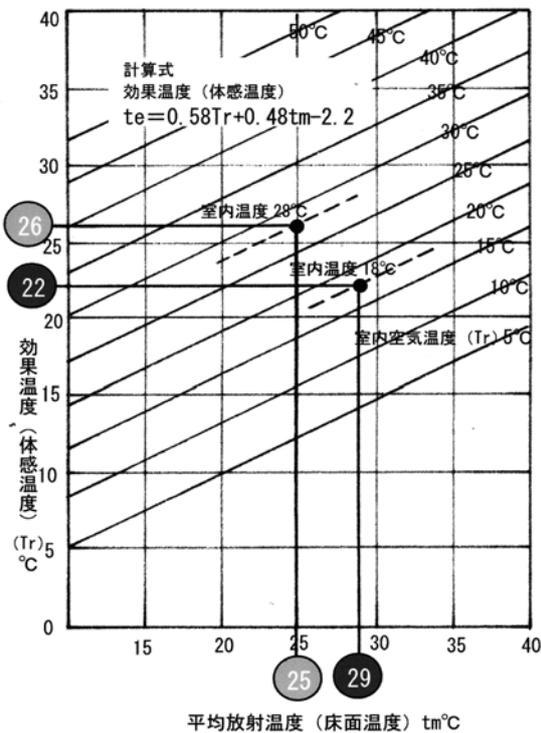


図1-10 床放射冷暖房による体感温

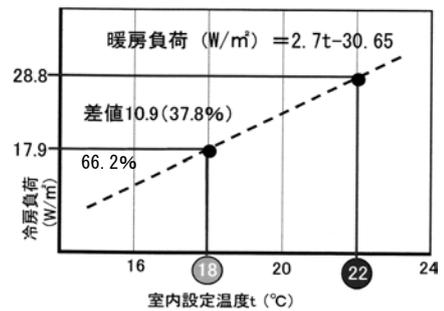


図1-11 床放射暖房による負荷の削減

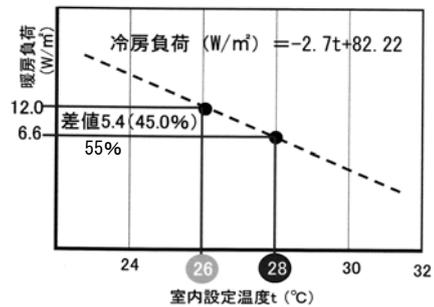


図1-12 床放射冷房による負荷の削減

ii. 床放射冷暖房による効果空間の削減による省エネ

床による放射冷暖房は以前から体育館やホールなど天井の高い空間に使用されてきた。空調による大容量の空間調整には大きなエネルギーと巧みな制御が必要である。床による放射冷暖房は人間の活

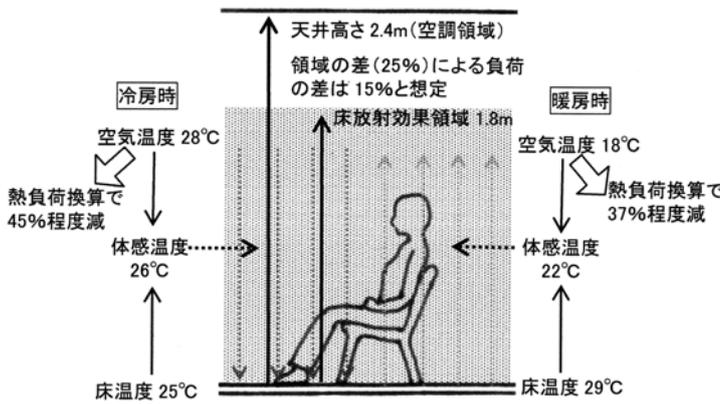


図1-13 床放射冷暖房による省エネ

動く領域を制御すればよいためエネルギーは少なくてすむ。

住宅においては (図1-13) で示すように、空間ボリュームは25%減となる。しかし放射熱の効果空間は囲われたものではないから、空間による削減効果は15%程度と推定する。

iii. 熱源によるCOPの違い

ヒートポンプの効率を示すCOPは1次側の熱源温度により変化する。暖房では1次側温度は低くなるとCOPは下がり、冷房では1次側温度は高いほどCOPが下がる。住宅のヒートポンプの水熱源と空気熱源の比較において使用するCOPの数値は以下とする。参考4)

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007.9.

- ・エアコン暖房COP3.5 (熱源3°C) 冷房COP3.3 (熱源0°C)
- ・水熱源ヒートポンプ暖房COP4 (熱源3°C) 冷房COP4.2 (熱源30°C)

iv. 蓄熱槽による熱のロス

熱源水は蓄熱槽に貯めて使用するが、蓄熱槽の断熱等によるロスを10%と想定した。

《120㎡の住宅のエアコンと放射冷暖房の運転コスト比較》注5)

□エアコンの運転コスト (年間)

年間使用電力量1,465.4KWH
年間電力料 35,169.6円

□放射冷暖房の運転コスト (年間)

蓄熱槽使用 979.7KWH エアコン使用時の66.9%
年間電力料 15,220.0円
エアコン電力料の 43.3%

□CO2の削減量

電力量は485.7KWHの削減。
この電力のCO2削減効果はとして、年間 499.4Kg
削減となる。

注5)

暖房は東京地区日平均気温26°C以上の日数、冷房は15°C以下の日数を使用する。

□エアコンの運転コスト

暖房電力量=120㎡×60% (居室率) ×28.8W/㎡×70% (稼働率) ×16時間×174日=4,041.0KWH
COP3.5として1,154.6KWH ①

冷房電力量=120㎡×60% (居室率) ×12.0W/㎡×70% (稼働率) ×16時間×106日=1,025.7KWH
COP3.3として310.8KWH ②

年間冷暖房電力量 1,465.4KWH ③

電気料金24円/KWHとして

年間の冷暖房費35,169.6円 ④

□放射冷暖房の運転コスト

暖房電力量 4,041.0×0.622 (負荷比率) /4 (COP)
=628.4KWH ⑤

冷房電力量 1,025.7×0.55 (負荷比率) /4.2 (COP)
=134.3KWH ⑥

⑤+⑥=762.7KWH

年間冷暖房電力量760.6×1.1 (蓄熱槽ロス率)
=839.0KWH ⑦

ポンプ稼働を100W冷暖房期間3,136時間稼働して、
313.6WH ⑧

年間電力使用量 ⑦+⑧ 1,152.6KWH ⑨

床冷暖房の空間効果による削減0.85を考慮すると
1152.6×0.85=979.7KWH ⑩

電力料削減 ⑩/③ 66.9%

深夜電力料 9.17円/KWHとして

年間冷暖房費839.0×9.17円+313.6×24円=15,220.0円 ⑪

電力費用の削減 ⑩/④ 43.3%

第2節 研究の背景 2

地中熱利用の問題点の整理と対応の方向

NEDOは大局的な視点からの問題の指摘を行うが(2-1)、一方使用する立場からの問題点の整理を行う(2-2)。

2-1. NEDO指摘の問題点

(図1-7)の項目より、法制度上の問題を除き、技術的な問題を取り上げる。

i. ヒートポンプ

2000年ドイツ製の住宅用水冷ヒートポンプが日本で発売され、その後2003年に国産で初の地中熱ヒートポンプが発売された。このSP社製の国産ヒートポンプは優秀な機器で、住宅で地中熱を使用する上でのあらゆる機能を持ち耐久性も優れている優等生であるが、1台は100万円以上の高価なものである。

現在日本の国内では注2)に示すようにいくつかの住宅で使用可能な水冷ヒートポンプが発売されている。また、中国で生産されたヒートポンプも導入されているが、著者が使用した実績では運転の安定性に欠けるようである。

ヒートポンプに関する技術は、制御、圧縮機、熱交換器、などのそれぞれの技術は全て成熟の域にあって、大きな改良の余地が少ないことが知られている。ヒートポンプを高効率で運転する上で最も必要なものは、熱源の確保と各種熱交換器の最適な組み合わせであると考え、ヒートポンプユニット自体の省コスト化は制御の簡略化、無駄を省いたシンプルな設計につきる。

冷媒ガスの種類を変更した実験により費用対効果を検討し、将来には自然冷媒の検討もなされるであろう。

浅深度地中熱利用では、敷地条件により採熱管の本数、配置等が一定でないため配管抵抗にばらつきがあり、適切な採熱量や温度差が確保できない場合も多く、水冷にとどまらず空冷熱源も兼ねた複熱源ヒートポンプの開発も必要と考える。

現時点では大量生産されているエアコンのように大手メーカーが地中熱ヒートポンプを開発し発売することは考えにくい。一部の小さなメーカーがシンプルな機能を求めることにより、環境保護とCOP向上の両方を実現させて、密やかに地中熱利用を支えることを願う。

筆者らはヒートポンプの機能を確認するため、市販で入手できるパーツを組み合わせて、2008年8月原理試作を始めた。(写真1-1)

注2) 日本製の住宅用地中熱ヒートポンプ出力
S社 暖房10.0KW、冷房10.0KW
C社 暖房6.0KW、冷房5.0KW
M社 暖房3.9KW、冷房3.1KW
暖房7.2KW、冷房6.5KW



写真1-1 原理試作ヒートポンプ

簡単な試作でコストを下げる方法は見出せないが、住宅への安価な地中熱ヒートポンプの安定した供給はまだ少し先の事と考える。

ii. 高額な掘削コスト

現在使用されている採熱管は深さ75m～150m程度1本又は2本が一般的で、そのためには井戸を掘る技術の掘削工事が欠かせない。掘削のコストはその土地の地盤の状態に沿った伝統的な値で、すぐに安価な工法が開発されるとは考えにくい。現在の掘削コストは線形としての深さに対し10,000円～20,000万円/m程度とされ、地中熱利用設備のコストの中では大きな位置を占めている。



写真1-2 3tユニックス

筆者らは地中熱の普及阻害要因の大きな位置を占める設備設置費用のコスト高の原因が、深深度への採熱管の埋設にあると考え、コスト高の大きな要素と考えられるボーリング掘削を必要としない浅深度部へ日常的な技術で埋設する採熱管を検討してきた。6mの水道管の直埋設による採熱試験に続き、鋼管同軸採熱管を開発した。

採熱管の長さは6mとしているが、6mの長さは、住宅地の狭い道路でも3tのユニックス（写真1-2）でも搬入でき、建柱車を使い無理なく打設できる長さである。（6m採熱管については3節で述べる）

iii. 環境影響評価がされていない

空冷ヒートポンプは自由に流れる空気を熱源とするため、使用者の境界を限定した環境影響評価などの考え方を経ずに普及しているが、その結果ヒートアイランド現象を起し大きな問題となっている。また運転騒音も問題になることがある。

地中熱は採熱すれば地中の温度が変化し、その影響が地表にあらわれ植物へ影響を与えることが考えられる。また土には空気と違い境界がありそこから採取する熱の使用権利は当然問題となることであろう。地中熱利用には基本的なルールづくりが必要となる。地中熱利用の影響やそれに対応するルールなどは、地中熱使用の先進国に教えを受けることも必要であろう。

iv. 国内の適地マップが無い

1本が百数十万円の100mもの長さの採熱管を打ち込むならば、その地盤の複合的な特性、地下水の有無や流速などの実態が大きな要素となり、地中熱利用の適地マップが必要である。

6m程度の地盤は、建築の際の調査資料が全国的にデータベース化されているなど、想定は難しくない。その結果採熱量はある程度事前に想定が可能である。また6m採熱管は本数の調節が可能である。

そのため、6m採熱管では100m採熱管ほど、国内の適地マップは必要としないと考える。

v. 最適なシステムの検討が無い

いわゆるエアコンが普及しているが、エアコンによる冷暖房は私達人間の体に最適なものではない。空気による住環境の調整はいろいろな問題を抱えている。同じく地中熱利用の住環境調整システムも空気で行うことであればエアコンのもつ問題を同じく抱えることになる。その意味では熱源の問題ではなく、住宅の温熱環境の調整の技術の問題である。この問題は、2-2.で行う住宅提供者の意識調査と地中熱を使用する製品の市場調査を行い考察していく。

2-2. 一般的に考えられる問題

i. 住宅提供者の意識調査

地中熱利用は少しずつ世の中に知られるようになってきたが、今後の普及への参考として現時点の地中熱利用への意識調査として、ハウスメーカーや工務店また住宅設計者などが、どのように考えているかを、少ない範囲であるが東京地区で活動している住宅関連業務者にヒアリングを行った。

- ・ハウスメーカー P社 H社 S社 各1名
- ・設計者 3名
- ・地下室関係者 2名
- ・住宅施工者 2名

ヒアリングは 2011年8月におこなう。

聞き方としては、

- ・空気熱ヒートポンプ（エアコン）と地中熱ヒートポンプの比較。
- ・これからの使用方法として、建築化・固定設備として使うか、可動・パーソナル設備として使うか。

など使用方法を分けてヒアリングを行った。

結果は、地中熱に対する現時点の平均的な考え方のようであるが、それらの内容を（図1-14）にまとめた。

ヒアリングの中で、放射冷暖房について特記すべき点は以下である。

- ①工事費200万円位以下ならば設置を考えたい。P社の冷温水をラジエーターに流し放射冷暖房を行う方式は良いものだが高級志向でスペースも必要だ。
- ②高級志向の住宅へは、P社の冷暖房器を設置して、良い環境で暮らしたい。夏季の結露は除湿を兼ねて排出する。
- ③冬期には床暖房が最適だが、冬の乾燥夏の結露対策として外気を処理して取り込む装置がほしい。
- ④床の暖房配管に夏場冷水を入れて簡単に床冷暖房を可能にする技術は無いのだろうか。

地中熱利用ヒアリング調査

(2011年8月実施)

住宅へ地中熱を利用する場合
エアコンと比較して住宅メーカー等はどう考えているか

水熱源・放射冷暖房

水冷—パーソナル（放射冷暖房志向）

- ・床置きなど可動の空調器が無い。
- ・オイルヒーターは温かい、冷輻射の可動器具がほしい。
- ・いずれにしても個人使用の冷温水器があったら便利である。
- ・高齢者などは空気が当たらない冷暖房器具がほしい。
- ・既設の住宅に入れられる放射冷暖房がないか。
- ・エアコンは床が寒いし顔は火照る。
- ・地中熱はアドバルーン的に展示場で使用しているが、顧客はなかなか採用しない。
- ・ボアホール 100mは高価で薦めにくい。
- ・よほど進んだ人は取り上げるが、一般の人はなかなか理解してくれない。
- ・日本の気候にはエアコンは不適である。室温の上下バランスや空気のドラフトが気持ちよくない。それに変わるシステムが開発されていない。

水冷—セントラル（放射冷暖房志向）

- ・放射冷暖房は何しろ高価である。
- ・高級志向の住宅には放射冷暖房が良いし、運転コストも安い。
- ・地中熱利用はこの時期大変話題を呼ぶから、展示場に設置したい。
- ・総工事 200万円以下なら、考える。
- ・P社方式は高位級志向である。スペースもとる。
- ・地中熱利用は世に知られていない。
- ・床で暖房は良いが、冷房は快適なのかな。
- ・放射冷房は、スペインのパティオのように気持ちが良いだろうが、結露対策の方式が無い。
- ・外気を簡単に処理する装置がない。
- ・空冷水冷いずれでも安いコストで冷水が出来ればいろいろと使用法はあるのではないか。
- ・良い冷暖房が出来れば、メーカーとしては取り上げ、良い環境、CO₂対策といって売り込みたい。

可動・パーソナル設備

建築化・固定設備

空冷—パーソナル（エアコン志向）

- ・エアコンは後付ができるから便利である。安いいろいろなタイプのが開発されてきた。
- ・除湿・加湿タイプも開発されている。
- ・エアコンは手軽だが、室外機の音がうるさい。夏に排熱を外に撒き散らすのは屋外の人に申し訳ない。
- ・新しい冷暖房は本社の研究所で研究しているが一向に開発効果がでない。

空冷—セントラル（エアコン志向）

- ・住宅に建築化・固定式は大げさではないか。
- ・外気を簡単に処理する装置がない。
- ・空冷水冷いずれでも安いコストで冷水が出来ればいろいろと使用法はあるのではないか。
- ・エアコンは簡単だが、冬の乾燥、夏のじめじめは何かならないか。
- ・良い冷暖房が出来れば、メーカーとしては取り上げ、良い環境、CO₂対策といって売り込みたい。
- ・エアコンに変わる安いものがあるのだろうか。

空気熱源・空気冷暖房

図1-14 地中熱利用ヒアリング調査

ii. 地中熱を使用する製品の市場調査

ヒアリングをもとに、現在日本のメーカーが供給する住宅設備として地中熱や放射冷暖房方式としてどのような設備がありどのような使われ方をしているかを調べた。(図1-15)

水熱源と空気熱源に関わらず、室内の温熱調整を空気の対流で行う場合は、ファンコイルユニットを使う。夏季の除湿はコイルへの結露を排出することにより比較的簡単に排出できる。しかし冬季の乾燥に対しての加湿は難しい。

放射による温度の調整は天井を使う方式と床を使う方式があり、いずれも湿度の調整には別に空調機を設置することが一般的で、オフィスなどの大型設備に取り入れられている。

I社の方式は床の中にファンコイルユニットを設置して、空気のサプライと床の放射温度の調整を行うユニークなシステムである。

住宅では、P社が冷温水をラジエーターに流し放射冷暖房を行う方式を長い年月を掛けて開発してきた。夏の除湿は結露水を直接排水するシンプルな方式である。

水熱源・放射冷暖房を可動・パーソナルで使う設備は見当たらないが、製品化すればどのようなものとなるかを検討し(図1-15)の中に点線で囲み描きこんだ。

それらは隙間的に扱われる設備として以下の①および②あげられる。

①氷柱 低温水を流す装置で、除湿を兼ねて結露水は外部へ排出する。既設の住宅にも後付けで設置できる。

②放射冷暖房送風機 氷柱にファンを設置したもの。除湿を兼ねて結露水は外部へ排出する。

地中熱を使い、太陽熱温水器と生活排熱回収装置を使った冷温熱源をバランスさせた使い方として③が考えられる。

③太陽熱利用排熱回収設備付の床放射冷暖房器、外気処理も簡易ファンコイルを設置する。

地中熱利用市場調査・構想

メーカーはどのような商品を提供しているか
 今後は何処に焦点を当てるか

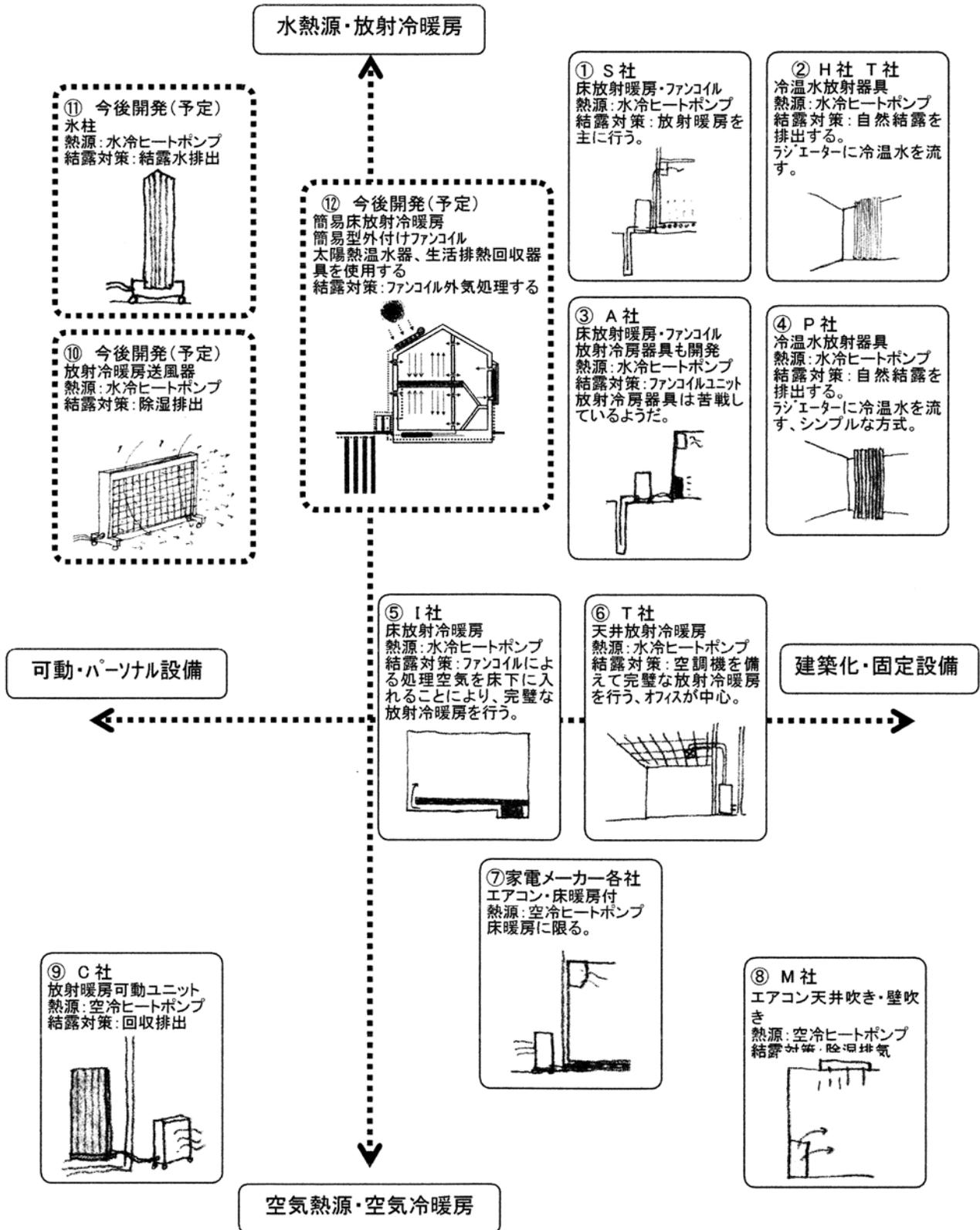


図1-15 地中熱利用市場調査

iii. 住宅で使う熱量

住宅で使用するエネルギーは、暖房・給湯の温熱源と冷房で使う冷熱源であり、これらの総量を年間を通して比較すると大きな差があることがわかる。

地中熱利用で冷暖房を行う場合、オフィスなどでは冷熱源過多、住宅では温熱源過多で、2007年エネルギー白書によれば、住宅では暖房給湯で使用する温熱エネルギーは52%、冷房エネルギーが3%、である。給湯を地中熱で賄うとさらに温熱量が増える。連続運転を行ううちに地中温度が上り過ぎたり冷えきったりで、数年で採熱が出来ないなどの弊害が起こっている。参考4) 地中熱利用では、年間使用熱量のアンバランスをどう解決するかが今後の課題となっている。大きなエネルギーを持つ地中からの採熱を考えれば、多くの本数の採熱管を使用することにより地中温度の分布のアンバランスを小さくすることができるが、住宅では敷地の広さから採熱管の本数は限られたものとなるから、ここでは、身近に採用できる複数の熱源を使い採熱量を補いながら、採熱管も最少の長さとする 것을検討する。

住宅で使用できる複数熱源として、生活排熱を回収して使用、及び太陽熱温水器からの温水を蓄熱し、暖・冷の熱量のバランスをとると共に、システム全体のCOPの向上をはかることが必要である。

太陽熱を地中に流しどれだけの蓄熱をするか検討した。注6)

また生活排熱の回収の簡単な実験も行ってみた。注7)

<地中蓄熱という考え方>

生活で使用する熱は太陽熱温水器からも生活排熱回収装置からも得ることができる。生活排熱を回収して熱を直接利用するためには、回収のためにヒートポンプを稼働し採熱して蓄熱槽へ貯める。地中熱及び太陽熱も同じ蓄熱槽へ貯めて一緒に使用することが考えられる。この方式では、複数の熱源からの採熱と蓄熱槽への蓄積の運転を個々に行う必要がある。生活排熱は不定期であり運転時間の調整が難しく、そのためだけにヒートポンプを稼働することは得策ではない。

地中を大きな蓄熱槽と考えて、複数熱源からの熱を地中に蓄熱しながら採熱も行うことを考えた。

この蓄熱・採熱は年間を通じて実施し年間の使用熱のアンバランスを解消する目的でおこなう。

先人が堅穴住居の土間床で

<夏も小さな焚火を絶やさずに地中を暖めておき、

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2006年



写真1-2 太陽熱を地中に蓄熱する

注6) 太陽熱を採取して地中の配管に流しどの程度の蓄熱効果があるかを実験した。この実験の場合は、採熱された太陽熱の90%程度が地中に蓄熱されることが分った。

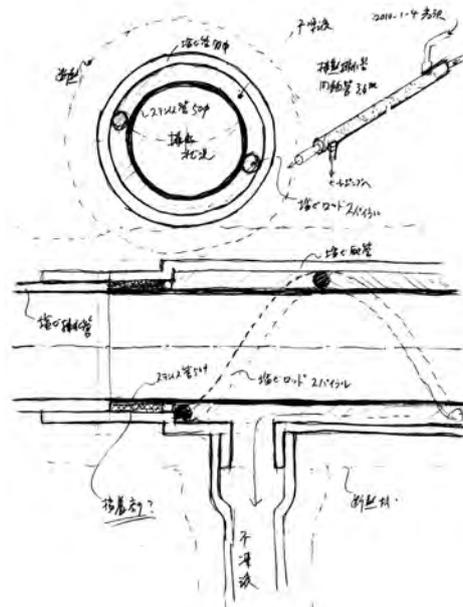


図1-16 生活排熱回収器の試作

注7) 生活排熱回収装置の試作
住宅の床下に設置し排熱を回収する実験を行った。延べ長さ2m程度では効果的な採熱ができなかったことが分った。

来るべき冬に備えた>との知恵を生かすものである。

iv. 蓄熱槽

自然エネルギーの中で地中熱はいつでも採熱できる利点があり、その利点を最大に利用するためには深夜電力の利用で安価な冷温水を確保することが効果的である。蓄熱槽としては冷温水槽と貯湯槽が必要で、一般住宅では冷温水槽1.6t、貯湯槽0.7t程度である。最も簡単で安価な構造として、亜鉛メッキの1.6t鋼板を折り曲げて折板構造の水槽を組み上げて実際の大きさや工程を確認した。

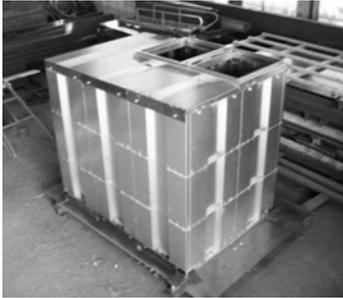


写真1-3 蓄熱槽の試作

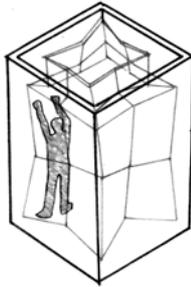


図1-17 ふうせん蓄熱槽

水槽の外形寸法は、1.926×1.374×H1.690で満水時は総重量3t程度となる。(写真1-3)

内部は断熱材を張り付けて、防水は内部に風船状のふくろを入れる「ふうせん蓄熱槽」(図1-17)の構想とした。

作り上げた実際の蓄熱層は予想以上に大きく、住宅に設置するには大きすぎるということを実感した。今回の試作経験から、冷温水槽設置は現実的な方法ではないことを確認し、貯湯槽は市販品を使用するが、冷温水は地中蓄熱など他の方法を検討することとした。

注8) モデル住宅での使用熱量の検討

モデル住宅を120㎡の木造住宅とする。建設地は東京の渋谷区の関東ロー層に建設する。Q値は2.0(W/㎡・℃)とする。注4)の気温条件にて計算する。

<暖房期間の熱量>

120㎡×0.6(居室率)×20W/㎡×16時間×0.7(稼働率)×174日×0.7(放射暖房の省エネ率を30%とする)
=1,964.4KWH

<冷房期間の熱量>

120㎡×0.6×10.2W/㎡×16時間×0.7(稼働率)×106日×0.7(放射冷房の省エネ率を30%とする)=601.3KWH

<給湯に使用する熱量>

一日に使用する湯を300L、水道水の平均温度16.6℃(東京都水道局資料より)から40℃へ上げる。

給湯のための年間熱量

(40-16.6)×300L/860Kcal/KW×0.8(稼働率)×365日=2,383.5KWH

<太陽熱温水器から求められる熱量>

東京の傾斜面の平均日射量は3.92KWh/㎡・日である。(南面30度傾斜NEDO資料より)太陽熱温水器の面積を3.2㎡とし、採熱効率を60%として1年間の採熱量を計算する。

3.92KWh/㎡・日×3.2㎡×0.6×365日=2,747.1KWH

<生活排熱からの回収熱量>

年間の給湯熱量2,383.5KW 40℃の湯を30℃で排水し地中へ入れて再度回収する効率を60%とすると1年間の生活排熱からの回収熱量は

2,383.5×30/40×0.6=1,072.6KWH

<冷暖房熱量のバランスの検討>

年間に使用する熱量のおよその数値の比較、1,000kwhを1として

- 暖房熱量およそ +2.0 ①
- 給湯熱量およそ +2.4 ②
- 冷房用熱量およそ -0.6 ③
- 地中への蓄熱する熱量
- 太陽熱熱量およそ -2.7 ④
- 生活排熱回収およそ -1.1 ⑤

上記の熱量①～⑤は地中でおおよそバランスする。

v. 住宅で使用する熱の年間バランスの検討

住宅で年間に使用する温熱(暖房用と給湯用)を地中から採取し、それに見合う地中への放熱(冷房の排熱、太陽熱温水器から採取した熱及び生活排熱の回収熱)のバランスを検討した。注8)

単純計算では、太陽熱温水器3.2㎡、生活排熱回収率60%でバランスすることがわかる。(図1-18)

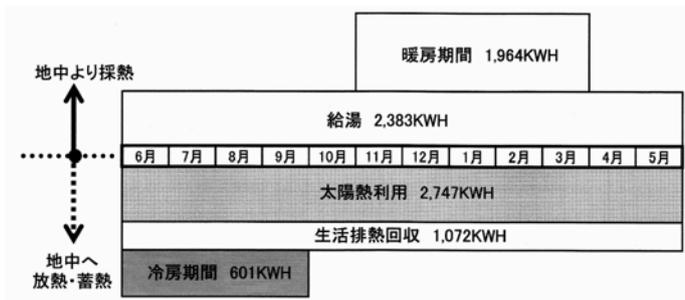


図1-18 住宅で使用する熱の年間バランス

第3節 100m採熱管と6m採熱管

日常的技術で使用する6m採熱管のについて
100m採熱管の比較において概要を述べる

採熱管とヒートポンプを使った地中熱利用の技術は欧米に発祥し、1980年代に日本に伝わり普及したもので、採熱管は欧米で使われているボアホール方式で、一般的に長さは75m～150m程度で垂直に設置するものである。参考4)

最近では事業用の建物で基礎杭に併設した基礎杭方式等も採用されているが参考10)、住宅への使用へは相変わらずボアホール方式である。日本では欧米に比べて高額な工事費のボーリング掘削を行い、ポリエチレン製の採熱部を埋設する仕様で、現在も住宅でありながら業務用の建物と同じ採熱管が採用されている。その結果住宅への地中熱利用の設備の置費用が高額になり、地中熱利用の採用に至らない方向へつながっていると考えられる。

地中熱利用は主に事業用の大規模な使用に向けて研究開発が進み、住宅への使用のような小規模な利用方法の開発が待たれるのが我が国の現実である。

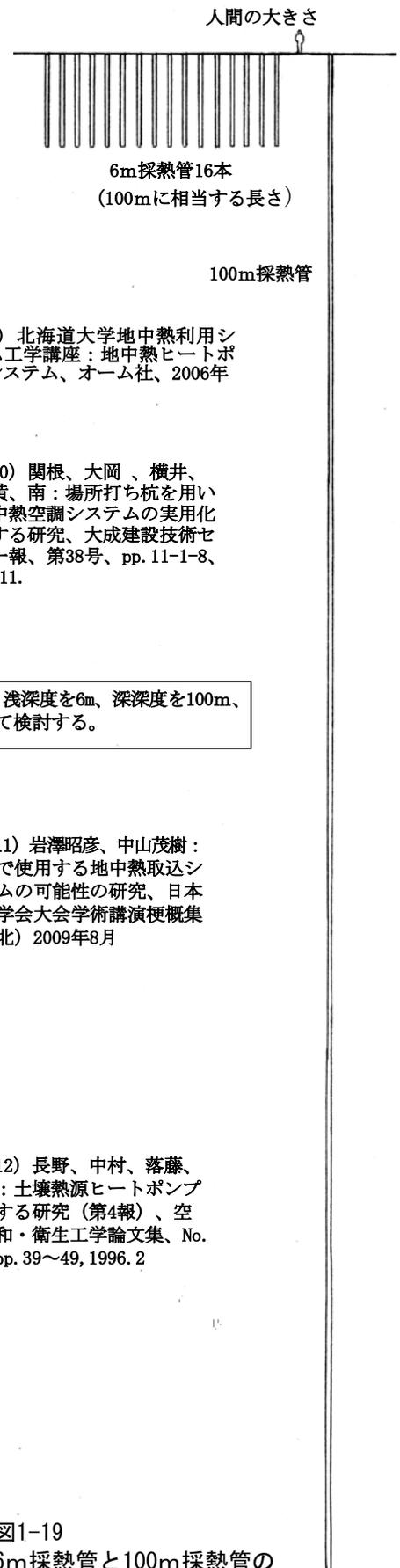
筆者らは地中熱の普及阻害要因の大きな位置を占める設置費用のコスト高の原因が、深深度への採熱管の埋設にあると考え注9)、コスト高の大きな要素と考えられるボーリング掘削を必要としない浅深度部へ日常的な技術で埋設する採熱管を検討してきた。(図1-19) 6mの水道管の直埋設による採熱試験に続き、鋼管同軸採熱管を開発し採熱試験を行っている。参考11)

採熱管の長さは6mとしているが、6mの長さは、住宅地の狭い道路でも3tユニック車でも搬入できること、建柱車を使い無理なく打設できる長さとして採用した。

浅い深度からの地中熱利用は海外では地中の浅層に水平ループ状に埋設する方法などが採用されている。施工費は比較的安価であるが、垂直埋設より採熱量が劣るため広い敷地面積が必要となり、広いとは言えない敷地の日本の住宅では不向きと考える。参考12)

6mの採熱管は一般住宅で必要とされる採熱管本数12～20本程度を1日で埋設可能であり、100m採熱管に比べて設置コストが25～40%削減可能である。地中熱利用の普及阻害要因の現実的な問題としてのコストの件は浅深度利用が実現すれば解決が可能であるが、採熱能力と採熱後の地中温度の検討が問題として残される。

住宅での地中熱利用は、街の工務店でも採用できる簡単な技術を使用して行えるべきものとする。将来は、地中深く掘削する方法ではなく、住宅の庭先に6mの採熱管を必要な本数だけ埋め込み、



参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2006年

参考10) 関根、大岡、横井、柴、黄、南：場所打ち杭を用いた地中熱空調システムの実用化に関する研究、大成建設技術センター報、第38号、pp. 11-1-8、2005. 11.

注9) 浅深度を6m、深深度を100m、として検討する。

参考11) 岩澤昭彦、中山茂樹：住宅で使用する地中熱取込システムの可能性の研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 2009年8月

参考12) 長野、中村、落藤、横山：土壌熱源ヒートポンプに関する研究(第4報)、空気調和・衛生工学論文集、No. 60、pp. 39～49、1996. 2

図1-19
6m採熱管と100m採熱管の長さの比較

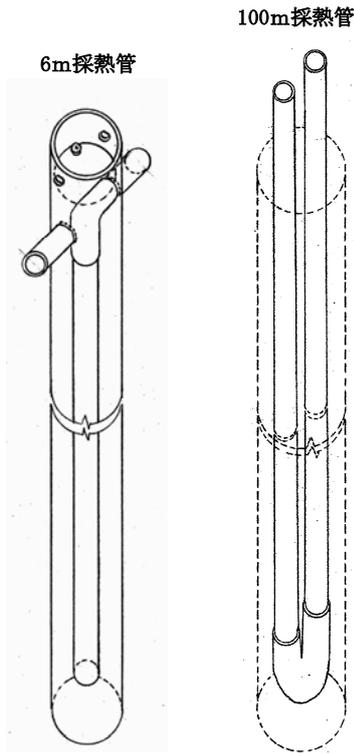


図1-20
6m採熱管及び100m採熱管
のイメージ

日常的に地中熱を利用できるようにするべきと考える。 そのためには、100mの地中も6mの地中もあまり変わらない温度であることを確認しておくこと、また採熱量や運転に伴う採熱量の低下の傾向を知っておくことが必要である。

地中100mの温度は一般的には不易層と呼ばれ年間を通じて一定の温度とされる。100m深度の地中熱利用では安定した温度の層を熱源として利用すると位置づけされている。一方、地中6mは年間を通じて地上の季節に追従して温度が変化し、また深さによっても温度は変わる。浅深度の地中熱利用は地上からのエネルギーが季節に応じて蓄積され変化するタイプの熱源を使用することになる。

浅深度採熱管の検討の導入として、深深度部分と浅深度部分の地中温度に着目し、第2章では暖房期間における地中6m程度の深さにの平均温度のデータを作成した。また100mの深さの平均温度を検討し、6m程度の深さの平均温度が100mの平均温度と同等であることを確認する。業務用の建物で使用される場合はエネルギーが冷房中心の冷熱エネルギーであるのに対し、住宅では暖房中心である。住宅の暖房用としての採熱管本数を用意すれば冷房用としても容量は賅えるものと考え、第2章の地中温度の検討は暖房期間に限定して検討を行う。

(図1-19) に6m採熱管と100m採熱管の長さの違いを示した。

6m採熱管と100m採熱管のイメージを(図1-20)に、比較を(表1-2)に示す。

表1-2
6m採熱管と100m採熱管の比較

	6m採熱管	100m採熱管
外管	60φ 80φ 100φ 鋼管	100φ~150φ 管壁保護のため鞘管として鋼管を入れながら掘削する
中管	鋼管 20φ	高密度ポリエチレンポリパイ25φ
グラウト	◎ なし	モルタルグラウト
打ち込み方法	◎ 厚入	ボーリング掘削
打ち込み日数	◎ 1日で20本打ち込み可能	100m掘削に2~3日 その後ポリパイ挿入
地中での横つなぎ	△ あり	なし
住宅で使う本数	12~20本	通常は1本
引き抜き	◎ 可能	不可能
コスト(指数)	◎ 30~40	100

100m採熱管は100φ程度のボーリング掘削で岩盤や礫層をくりぬきながら100mの空孔を空ける。その後既成のU字管であるポリパイ管25φを挿入し通常はモルタルを充填して完成させる。通常の住宅では100m1本で冷暖房を賅えられ、設置時は10㎡程度のスペースが必要だがそれ以上に敷地の場所は取らない利点がある。6m採熱管としては鋼管同軸管が現在一番最も使いやすいものと考えられる。管径としては、80φ、90φ、100φを使用し、中管は20φ鋼管を使用する。

6m採熱管を打ち込む技術は、細径鋼管地盤改良や小径鋼管杭工事で確立されているように、圧入やねじ込みで設置する。

通常の住宅では12~20本打ち込み、住宅の周囲を囲む配置となる。

6m採熱管は不要となった場合は引き抜き撤去が可能である。土地の利用の面から引き抜き可能は特記すべき特徴と言えよう。

第4節 既往研究の検討

これまで地中熱に関し各分野で研究がおこなわれているが、それらの研究資料を検討しヒートポンプ1次側の採熱管の採熱量を中心に分析を行い(表1-3)にまとめた。

採熱管のタイプは欧米で開発されたボアホール方式が主流であるが、ボアホール方式の日本での使用は欧米に比べコストがかかることから、最近では建物の基礎杭の周囲に採熱管を設置する方法が採用されており、中空の杭を採熱管として使用し内部に水を入れて直接採熱するものもある。これらの基礎杭方式の中には、青木健史の採熱管長さ17mのものがあり、浅深度へ近い深さの地中熱利用も含まれている。勝俣盛の鋼管355φを使った深さ5mの採熱測定があるが採熱量は冷房運転で12.7W/mである。

ヒートポンプのメーカーが工場内で6m程度の浅い部分にボアホールを埋め込み予備実験を行なったが、採熱量が低く報告として取り上げなかったという話は聞くが、ボアホール方式で浅深度6m程度の地中熱利用の検討論文は見当たらない。

筆者らは、100m採熱管を使う地中熱利用は大がかりで住宅への利用は向いていないと考え、簡単で安価な6m採熱管の検討を行うこととするが、既往研究に無い範囲の地中熱のデータを得ることが出来るものとする。

既往研究で取りあげられた各タイプの採熱量を比較するため、採熱管の表面積の単純な比較で25φの採熱管に換算し採熱量W/mを求めた。例えば鋼管径355φで12.7W/mの採熱量があった場合、25φ管への換算は、 $12.7 \times 25 / 355 = 0.89 \text{ W/m}$ と計算する。

(表1-3) から以下のことがわかる。

- ①基礎杭方式はほとんどが一桁[W/m]の採熱量である。
- ②ボアホール方式は濱田らの測定^{参考14)}で、25φダブル暖房67.7W/mの高い採熱量のデータがある。
- ③2005年以降に検討された採熱量に関する資料の中では25φダブル暖房40~50 W/mが採用されている。^{参考4) 参考13)}
- ④地中に直接採熱管を埋設したタイプでは、水平設置で63.8 W/m^{参考24)}、ラジアルウエル方式で暖房41.2W/m^{参考22)}の大量の採熱ができたというデータがある。
- ⑤25φのダブルはシングルより10~20%上昇する^{参考4)}ことをふまえて、25φシングルの採熱量は33~45W/m程度と考える。

この採熱量33~45W/mを、6m採熱管の採熱量を比較する上の基準数値とすることにする。

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座著：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007.9.

参考13) 笹田政克：地中熱利用による小規模オフィスビルの空調更新《都心で初めて実用化導入した一番町笹田ビルの1年間の実績》日本工業出版「建築設備と配管工事」第48巻第5号2010.4.8.

表1-3 地中熱利用の研究資料の中に記録されている採熱管の採熱量W/m

著者代表名等	発表年	測定か 想定	採熱管のタイプと 長さm	採熱管径mm	採熱量の想定又は提案 (25Aへ単純換算)W/m		地盤の確認 地下水の流れ	一次水の確認		参考文献 番号
					暖房	冷房		水量	温度	
濱田靖弘	1996	測定	ボアホール30	架橋PE13A	53.5(シングル) 67.7(ダブル)	ハットプ 25.2(シングル) 33.5(ダブル)	○地下水流あり	○	○	参考14)
加賀久宣	2001	測定	基礎杭RC22	RC内径310	6.6	9.6	—	○	○	参考15)
加賀久宣	2003	測定	基礎杭PHC16.5	PHC内径460,360,310	3.8	5.7	—	○	○	参考16)
関根賢太郎	2003	想定	基礎杭PHC30	PHC内径460	(3.2)		—	—	—	参考17)
青木健史	2005	測定	金属強化PE管17	金属強化PE管20A	42.8	52.3	○地下水流あり	○	○	参考18)
成田耕二	2005	想定	ボアホール100	高密度EP管25Aダブル	(20程度・シングル) (40程度・ダブル)		—	—	—	参考19)
関根賢太郎	2006	測定	基礎杭RC20	架橋PE25A	26.5	27.6	○	○	○	参考20)
秋林智	2007	測定	基礎杭RC48	高密度PE25A	3.6	5.1	○地下水流あり	○	○	参考21)
北海道大学地中熱利用システム工学講座	2007	想定	ボアホール100	高密度EP管25A	(40程度・ダブル)		—	—	—	参考4)
水谷国男	2008	測定	ラジアルウエル鋼管25	鋼管65A	30.8	41.2	○地下水流あり	—	—	参考22)
青木健史	2008	測定	水平パイプ32	金属強化PE16A	63.6	77.7	○地下水流あり	○	○	参考23)
成田樹昭	2008	想定	ボアホール150	高密度EP管25A	暖房(36.0シングル) (44.4ダブル)		—	—	○	参考24)
笹田政克	2010	想定	ボアホール75	高密度EP管25Aダブル	(50程度・ダブル)		○	—	—	参考13)
勝俣 盛	2012	測定	鋼管5	鋼管内径355	—	12.7	○	○	○	参考25)

(ボアホール採熱管を網掛けとした)

《参考文献》

- 参考14) 濱田靖弘、中村、落藤、永坂、長野：垂直埋設U字管を用いた地中蓄熱型冷暖房システムの実験と解析、空気調和・衛生工学会論文集、No. 61、pp. 45-54、1969. 5.
- 参考15) 加賀久宣、宮本重信、西畑正一、多田幹男、小林一郎、竹内正紀、大岡龍三：基礎杭利用地熱空調システムの研究開発—実大実験システムによる性能検証—、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2001.
- 参考16) 加賀久宣、竹内正紀、宮本重信：基礎杭利用地中熱空調システムの研究開発（その2）—実証化施設の稼働一年目の運転実績について—、福井県建設技術研究センター、研究所年報「地域技術第16号」2003. 7.
- 参考17) 関根賢太郎、大岡龍三、深尾仁、立原教、横井睦己、村上正吾：基礎杭利用による地中熱空調システムの経済的導入可能性の調査研究—中規模事務所ビルをモデルにしたフィージビリティスタディ—、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2003. 9. 松江.
- 参考18) 青井健史、大塚雅之、関根賢太郎、深尾仁、飯塚宏、新村浩一、湯澤正信：熱交換杭を利用した空調システムに関する研究その1—熱交換用パイプの種類差による熱特性の検討、2005年度日本建築学会関東支部研究報告集.
- 参考19) 成田耕二、大地の熱の冷暖房への利用—足もとに眠っているエネルギーを活かす—、環境建築連続セミナー2005、2005. 3. 19.
- 参考20) 関根賢太郎、大岡龍三、横井睦己、柴芳郎、黄錫編、南有嶺：場所打ち杭を用いた地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、No. 107. 2006. 2.
- 参考21) 秋林智、石井学、石上孝、花田征吉、前田秀樹、三浦司：秋田市立山王中学校の建物基礎杭を用いた地中熱利用冷暖房システム、日本地熱学会誌第29巻 第3号 p 151-162. 2007.
- 参考22) 水谷国男、角田正、木下義隆：地下帯水層熱交換型自然エネルギー利用冷暖房システムに関する研究（その5）東北地方の医療施設における地中熱利用冷暖房システム、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008. 8. 27. 草津.
- 参考23) 青井健史、大塚雅之、石井隆敏、中島古史郎、飯塚宏、深尾仁、湯澤正信：臨海部土壌における地中熱利用空調システムに関する研究—浅埋設水平パイプの検証—、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008. 8. 27. 草津.
- 参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座著：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007. 9.
- 参考24) 成田樹昭：冷房を主目的とした地中熱ヒートポンプシステムの設計法に関する実験的研究、一般財団法人国土技術研究センター、成果報告2008.
- 参考13) 笹田政克：地中熱利用による小規模オフィスビルの空調更新（都心で初めて実用化導入した一番町笹田ビルの1年間の実績）、日本工業出版「建築設備と配管工事」第48巻第5号2010. 4. 8.
- 参考25) 勝俣盛、島中真一、越後滋、稲田正信、清水礼二：浅層土壌の地中熱を利用した空調の実験的検討—短尺鋼管を用いた同軸型地中熱交換器の熱負荷実験について—、川田技研工業 論文・報告 川田技報Vo131. 2012.

第5節 研究の目的と論文の構成

本研究は住宅への自然エネルギー使用を基本理念として、地中熱の住宅への利用の背景を意識しつつ、一般的に使用されている高価格な100m採熱管との比較で、6m程度の浅い深度からの地中熱の住宅への利用の実現性について検討しようというものである。

浅深度の地中熱利用の研究の第一の目標は、はたして地中6mまでの平均温度は地中100mまでの平均温度と比較して高いのか低いのかを、第2章で先ず確認することから始める。

その結果内容を確認した後、6m採熱管による採熱実験を行い、採熱量を確認するとともに、長期運転により採熱量の変化と地中の温度等の変化を第3章で確認する。

地中6mという深さは、現在一般的に利用されている100m採熱管の深さに比べると非常識に近いほど浅い部分である。

しかし、日本中の100mと6m部分の地中温度の比較がなされ、深さに関係なく地中温度の観点から地中熱利用が可能であることがわかれば、住宅での地中熱利用にとっての明るい情報となる。

日本における地中温度に関しては、明治期の気象台開設以計測し続けられた農業気象資料が公開されている。この膨大なデータを使用して、2011年の日本全国の地中6mまでの平均温度のシミュレーションをおこなう。

100mの地中温度に関しては不易層温度と呼ばれ地域の年間平均気温と等しいとされている。しかし、土壌物理学的には地中300m程度までは地上温度の変化との相関があり、2011年の地中100mまでの平均温度から推計が可能である。

これらの検討結果から2011年の6m採熱管の周囲平均温度と100m採熱管の周囲平均温度の比較を行った。

この結果を得て、東京地区における6m採熱管の採熱量の測定と6か月間の長期運転による採熱量の逓減の計測を行い、6m採熱管の性能を確認する。

第4章では6m採熱管の採熱実験結果の考察を行い、今後使用できる6m採熱管の形状を提案した。

巻末、附録では日本各地における地中温度と年間の変化サイクルが調べられるよう、データベースとして48ポイントの資料を示した。

□ 第 2 章 地中温度の推計

暖房期間における6m採熱管周囲平均温度の現時点のデータを、過去の資料からシミュレーションして作成した。一方、土壌物理学の数式を用い100m採熱管周囲平均温度を、同じポイントに合わせて推計する。

その結果、暖房期間において6m採熱管周囲平均温度と同等以上であることを確認できた。

第1節 地中温度の測定データと採熱管周囲平均温度推計の方針

日本各地の地中6m程度の深さの温度測定データとしては、気象庁がまとめた農業気象資料第3号「地中温度等に関する資料」^{参考26)}がある。測定値は地中5mまでが主なもので、10mの測定データが数点含まれる。農業気象資料第3号(以下農業気象資料と記す)は全国の気象台が明治の開設以来測定した地中温度測定値を60年前にまとめたものである。

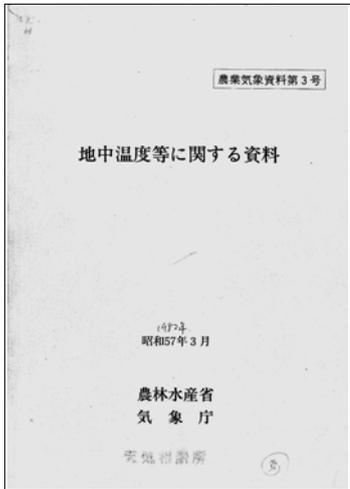
60年前の6mまでの地中平均温度概算値は農業気象資料のデータを使い計算によって求めることができる。60年後の6mの地中平均温度は、地上気温の変化が6m地中温度に与える影響の傾向を調べて、地上温度の60年間の変化の度合いから推計する。

日本各地の地中温度の測定値で地中100mの深さのものは公式に発表されていない。100mの地中平均温度は、年間平均温度の60年間の変化量を使い熱伝導理論式から推計する。

参考26) 農業気象資料3号「地中温度に関する資料」
表紙と内容を示す。冒頭の文章及び使用にあたっての注意事項を引用する。データの一部を(表2-1)に示す。

地中温度等に関する資料<農業気象資料第3号>

はじめに



◇地面や地中の温度(以下、地温と呼ぶ)は、種子の発芽や、根に発生する病虫害、あるいは凍霜害などの関係が深いため、農業関係で観測されることが多い。また、その観測結果は、地中への熱の流れを知る目安となるので、土木・建築関係では、土の凍結を知る資料とするなど、いろいろな部門で利用される。

このため、気象官署でも、1970年までは、これらの観測が行われていた。しかし、長期間の観測資料が蓄積され、その土地の地温の状態が過去の資料からわかるようになったので、それ以後は観測が中止された。

これらの資料は、各気象官署ごとに収集・整理され、農業機関をはじめ、土木・建築等さまざまな分野の利用に供された。

しかし、全国的な地温分布の資料は、1947年にそれまでの観測資料に基づいて作成された「日本気象図便覧」以来刊行されていなかった。

また1970年に観測を中止してからの、地中温度を気温等の気象資料から推定して利用するとしても、累年の地温資料が必要となってくる。

そこで、こうした利用に供するため、全国104官署における1931年-1970年の地温資料を収集・統計し、地温の全国的な分布や季節変化及び累年値表を作成した。

◇地中温度等の月別累年値表、都府県支庁ごとに気象官署を1地点づつ合計61地点選択し、次の11種類の深さについて、1931年以降の毎年の月平均値、累年平均値及び標準偏差値を掲載した。

地温観測の深さ・・・地面、5、10、20、30、50cm、1、2、3、5、10m。

◇今回作成した資料は、全国の気象官署における観測露場(地表面は芝生でおおわれている)で観測されたものであり、実際の農耕地とは条件が異なる。したがって、地温分布図等を利用する際は、これらの点を踏まえて利用されたい。

表2-1 農業気象資料のデータ例 (横浜/新潟)

横 浜													
YEAR	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANN.
1949	182	173	165	157	149	146	149	154	172	188	194	190	168
MEAN	177	168	157	147	141	140	146	155	166	180	185	183	162
S.D.	4	3	4	4	4	3	5	7	8	7	6	4	4
深さ 5 m 統計年数 19 年													
1931	174	175	174	170	165	160	155	152	154	157	161	164	163
1932	167	169	168	166	162	157	153	152	154	159	165	169	162
1933	171	171	170	166	161	157	155	154	155	157	160	163	162
1934	166	168	167	165	162	158	155	154	156	157	162	165	161
1935	167	167	166	162	158	154	151	150	153	158	159	163	159
1936	165	165	165	161	155	150	146	145	146	150	154	158	155
1937	161	163	162	159	155	152	148	148	149	152	157	161	156
1938	164	165	164	160	156	152	150	151	154	160	166	169	159
1939	171	171	170	166	161	156	153	150	152	156	162	166	161
1940	169	170	169	166	162	158	156	155	156	159	163	167	163
1941	169	170	169	166	161	155	152	154	158	163	166	170	163
1942	173	173	170	167	161	157	155	155	156	160	164	168	163
1943	171	172	170	167	163	159	155	155	155	163	164	167	163
1944	169	171	170	167	163	159	156	156	155	157	163	166	163
1945	168	168	167	164	160	155	151	150	150	156	160	165	160
1946	165	166	165	160	148	146	143	149	146	152	155	159	155
1947	162	163	163	161	158	155	152	160	160	153	157	159	159
1948	163	164	164	160	155	152	-	148	153	159	166	173	-
1949	176	177	174	168	159	149	146	147	152	161	172	176	163
MEAN	168	169	168	164	159	155	152	152	153	157	162	166	161
S.D.	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	3
深さ 10m 統計年数 15 年													
1931	162	162	163	163	164	164	165	165	164	164	164	164	164
1932	163	162	163	163	163	163	164	163	163	162	162	162	163
1933	162	162	162	162	163	163	163	163	163	163	163	163	163
1934	163	162	162	162	163	163	163	163	163	163	162	162	163
1935	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	161	162
1936	161	161	162	162	161	162	161	160	160	160	161	161	161
1937	160	159	159	159	159	160	160	160	160	160	160	160	160
1938	160	159	159	159	159	159	160	160	159	160	160	159	159
1939	159	159	159	160	160	160	160	161	161	160	160	160	160
1940	160	160	160	160	160	161	161	161	161	161	161	161	161
1941	161	161	161	161	161	162	162	162	162	162	161	160	161
1942	161	161	162	162	162	163	163	162	162	162	162	161	162
1943	162	162	162	162	162	163	163	163	163	162	163	163	163
1944	162	162	162	162	162	163	163	163	162	162	162	162	162
1945	161	161	162	162	162	162	163	162	162	-	-	-	-
MEAN	161	161	161	161	162	162	162	162	162	162	162	161	162
S.D.	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
新 潟													
YEAR	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANN.
地 面 統計年数 25 年													
1931	15	10	50	94	154	210	222	278	220	147	96	46	129
1932	39	28	46	97	169	210	252	277	223	154	97	49	137
1933	17	8	25	104	175	228	281	280	232	150	94	46	137
1934	11	15	33	91	161	214	239	248	210	141	85	38	124
1935	22	28	51	112	150	209	253	262	221	161	97	37	134
1936	8	12	36	94	154	226	252	259	234	153	94	47	131
1937	21	34	51	103	153	211	260	288	220	154	101	33	136
1938	12	12	63	105	171	206	256	297	220	156	94	41	136
1939	-3	9	44	110	163	241	318	316	255	166	95	36	146
1940	6	3	51	114	182	239	274	297	215	157	106	44	141
1941	21	19	61	112	188	226	241	293	210	153	98	45	139
1942	8	5	71	117	170	243	306	289	230	149	77	35	142
1943	2	1	37	103	170	233	340	321	237	159	86	35	144
1944	6	7	53	96	180	253	264	307	234	153	93	22	139
1945	4	2	43	118	161	229	234	336	221	162	92	27	136
1946	16	23	44	123	168	253	309	342	221	157	104	26	149

第2節 地中6mまでの平均地中温度の推計

6m採熱管の周囲の平均温度は採熱管を埋設する深さで微妙に変わるはずである。地中6mまでの平均値地中温度を検討するが厳密には、6m採熱管の周囲平均温度のデータとして、地上よりの埋設深さを、0.2m、0.3m、0.5m、の場合を検討する。つまり、地中0.2mから6.2m、地中0.3mから6.3m、地中0.5mから6.5mまでの平均温度を推計するものである。

2-1. 暖房期間の検討

採熱管周囲の平均温度は暖房期間の測定値を使い推計するが、暖房期間とはどの期間なのか。空調の設計に際しては外気の温度を指定して計算を行うが、特に期間を指定しているものではない。

住まう人が暖かく過ごせるように行う暖房は、地域の習慣により開始や終了が違うはずであり、住まいの断熱性能（Q値）が違えば暖房を入れる時期も違うはずである。ここでは一つの目安として、以下のように暖房期間を決めることとする。

暖房を何も行わない場合住宅の室内気温が、建築物環境衛生管理基準^{注9)}で定める室温下限17℃となる時期の外気温度を《検討式A》により算出した。熱損失係数Q値2.7 (W/m²・℃) の住宅で、内部発熱5W/m²、平均天井高さ2.4m、換気回数1回/時で行うとすると、室内外の熱損失バランスから、外気温度は15.58℃のときに室内は17℃となる。以上の検討により地中温度を検討する期間とは暖房期間として、月平均気温16℃以下の月とした。東京や横浜その他多くの地域では11月から4月の6ヶ月間となる。

注9) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令 第二条（建築物環境衛生管理基準）
空気環境の調整は、次に掲げるところによること。（温度）十七度以上二十八度以下、居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。

《検討式A》

$$\begin{aligned} \text{熱損失 } Q(W) = & - \text{熱損失係数 } Q\text{値 [W/m}^2 \cdot \text{℃]} \\ & \times \text{床面積 [m}^2\text{]} \\ & \times (\text{設定室温 [℃]} \\ & - \text{設計用外気温度 [℃]}) \\ & + \text{内部発熱 [W]} \\ & - \text{換気による熱損失 [W]} \end{aligned}$$

2-2. 測定値に無い深さのデータの検討

農業気象資料では日本中の104の地域の地中温度のデータが記載されているが、その中で6m採熱管周囲の平均温度を推計するために採用する測定場所は、地中5mまでの地中温度が測定されているポイントとして、北は旭川から南は鹿児島まで48ポイントを採用した。

地中温度の計測データは農業気象資料の地上から0.2、0.3、0.5、1、2、3、5m、の地中温度測定値を採用する。6m採熱管は地上0.5mから打ち込むと最深部は6.5mとなる。しかし6.5mの地中温度は農業気象資料では測定されていない。地上から0.2m、0.3mから打ち込む場合は最深部6.2m、6.3mとなるが、地上より最も離れた6.5m位置の温度を検討する。

5m以深の地中温度の変化は僅かと考えられることから、6.5m部分の温度として5m部分の温度を使用しても、概算として支障が無いことを検討した。

表2-2 地中6.5m温度の検討

0.5m埋設	暖房期間	①5mの地温	②10mの地温	①-②	(①-②) × 1.5/5	①-按分値	5m温度との比較%	
盛岡	10月	11.9	11.8	0.1	0.0	11.80	99.16	
	11月	12.3	11.7	0.6	0.2	11.70	95.12	
	12月	12.6	11.7	0.9	0.3	11.70	92.86	
	1月	12.6	11.7	0.9	0.3	11.70	92.86	
	2月	12.5	11.7	0.8	0.2	11.70	93.60	
	3月	12.3	11.7	0.6	0.2	11.70	95.12	
	4月	11.9	11.7	0.2	0.1	11.70	98.32	
	5月	11.5	11.8	-0.3	-0.1	11.80	102.61	
	水戸	10月	15.7	15.0	0.7	0.2	15.00	95.54
		11月	16.1	15.1	1.0	0.3	15.10	93.79
12月		16.2	15.1	1.1	0.3	15.10	93.21	
1月		16.0	15.1	0.9	0.3	15.10	94.38	
2月		15.8	15.2	0.6	0.2	15.20	96.20	
	3月	15.3	15.2	0.1	0.0	15.20	99.35	
	4月	14.8	15.2	-0.4	-0.1	15.20	102.70	
	5月	14.4	15.1	-0.7	-0.2	15.10	104.86	
	熊谷	11月	18.6	17.5	1.1	0.3	17.50	94.09
		12月	17.5	17.2	0.3	0.1	17.20	98.29
1月		15.8	16.4	-0.6	-0.2	16.40	103.80	
2月		14.4	15.7	-1.3	-0.4	15.70	109.03	
3月		13.3	15.1	-1.8	-0.5	15.10	113.53	
	4月	12.8	14.5	-1.7	-0.5	14.50	113.28	
	横浜	11月	16.2	16.2	0.0	0.0	16.20	100.00
		12月	16.6	16.1	0.5	0.2	16.10	96.99
		1月	16.8	16.1	0.7	0.2	16.10	95.83
		2月	16.9	16.1	0.8	0.2	16.10	95.27
3月		16.8	16.1	0.7	0.2	16.10	95.83	
	4月	16.4	16.1	0.3	0.1	16.10	98.17	
	新潟	10月	17.7	14.3	3.4	1.0	14.30	80.79
		11月	17.9	14.5	3.4	1.0	14.50	81.01
		12月	16.9	14.6	2.3	0.7	14.60	86.39
		1月	15.1	14.8	0.3	0.1	14.80	98.01
2月		13.2	15.0	-1.8	-0.5	15.00	113.64	
	3月	11.8	15.0	-3.2	-1.0	15.00	127.12	
	4月	11.0	14.9	-3.9	-1.2	14.90	135.45	
	5月	11.1	14.7	-3.6	-1.1	14.70	132.43	
	大分	11月	18.8	18.1	0.7	0.2	18.10	96.28
		12月	18.8	18.1	0.7	0.2	18.10	96.28
1月		18.6	18.1	0.5	0.2	18.10	97.31	
2月		18.2	18.1	0.1	0.0	18.10	99.45	
3月		17.7	18.1	-0.4	-0.1	18.10	102.26	
	4月	17.1	18.2	-1.1	-0.3	18.20	106.43	
	鹿児島	11月	18.7	17.6	1.1	0.3	17.60	94.12
		12月	19.1	17.6	1.5	0.5	17.60	92.15
		1月	19.8	17.7	2.1	0.6	17.70	89.39
		2月	18.9	17.8	1.1	0.3	17.80	94.18
3月		18.6	17.6	1.0	0.3	17.80	94.62	
4月	18.0	17.9	0.1	0.0	17.90	99.44		
平均値						99.59		

農業気象資料で部分的に発表されている7都市（盛岡、水戸、熊谷、横浜、新潟、大分、鹿児島）の地中10mの測定値から比例配分して求めた6.5mの温度概算値と5mの地中温度測定値を比較した、比較期間は暖房期間とする。注10)

地中10mの測定値により按分で求めた6.5mの平均値は5mの測定値の99.59%程度である。（表2-2）

6.5の地中温度として5mの測定値を用いても概算には大きな支障が無いこととし、6.5mの地中温度の値として5mの地中温度の値を使用する。

同じ検討で、

0.3m埋設では、99.89%、

0.2m埋設では99.95%である。

注10) 農業気象資料では、盛岡、水戸、熊谷、横浜、新潟、大分、鹿児島の7ポイントについて地中10mの温度が計測されている。5mと10mの地中温度差値の1.5/5と5m地中温度を加えて、6.5mの温度とした。

2-3. 6m採熱管周囲平均温度の概算

採熱管周囲平均温度は採熱管が接する地中温度から算出する。
 6m採熱管が接する周囲の地中の平均温度の概算値は、採熱管の深さに対応する地中温度の積分値の合計を、採熱管長さ6mで除して求める。今回は農業気象資料で測定された値を使い採熱管部分の長さ
 と地中温度測定値の台形面積を求め、その合計を採熱管長さ6mで除して概算値とした。

地上0.2mから打ち込む場合は(図2-1)に示すように、採熱管部分長と温度値の台形面積(°C・m)①~⑦を指標として求めその合計を採熱管長さ6mで除して概算値とする。横浜の1月の6m採熱管周囲の平均温度の計算過程を表2-3に示す。

暖房期間の月ごとの地中温度計算を行い6m採熱管周囲の平均値を求める。採熱管を地上から0.3m、0.5mから打ち込む場合も同じ手順で計算を行う。

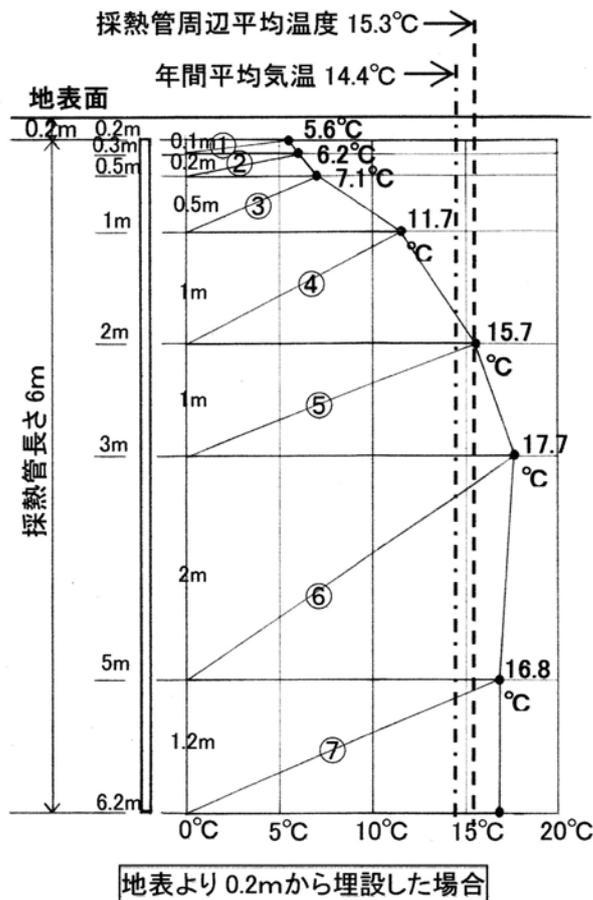


表2-3 地中温度の計算過程

横浜1月の平均地中温度概算	
面積①	$(6.0+6.2) \times 0.1/2 = 0.61 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積②	$(6.2+7.1) \times 0.2/2 = 1.33 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積③	$(7.1+11.7) \times 0.5/2 = 4.7 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積④	$(11.7+15.7) \times 1.0/2 = 13.7 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積⑤	$(15.7+17.7) \times 1.0/2 = 16.7 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積⑥	$(17.7+16.8) \times 2.0/2 = 34.5 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
面積⑦	$(16.8+16.8) \times 1.2/2 = 20.16 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{m})$
①~⑥合計/6 = 15.3°C	

図2-1 6m採熱管周囲の平均温度計算図(横浜)

2-4. 1950年における各地の6m採熱管周囲温度の検計

全国48ポイントの暖房期間における地中に埋設した6m採熱管周囲温度を2-3.の方法により計算し1950年における平均値を算出する。

算出過程はデータシートとしてまとめるが、地中温度のデータ資料して使用できるよう、各地域の地中温度の年間のサイクルグラフ、地域の北緯、標高、年間平均気温、年間平均気温差、3mの位置の平均温度、を記入した。

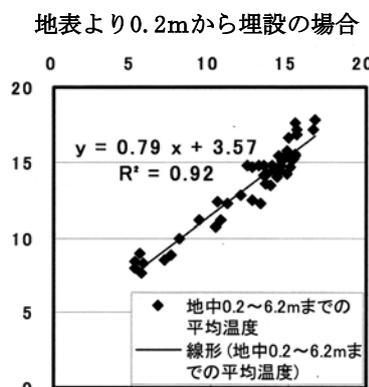
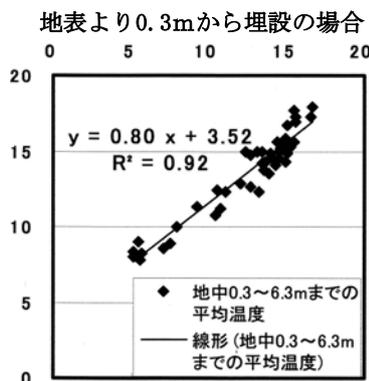
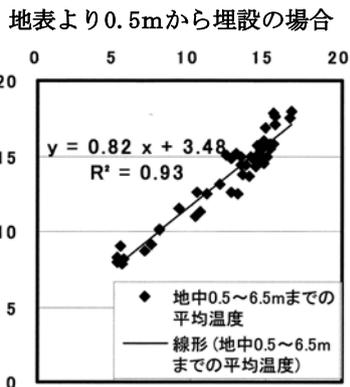
1950年までの年間平均気温データとして、日本建築学会・建築学便覧（1956年刊）による1950年までの累計年間平均気温平均値を使用した。建築学便覧にない地域の年間平均気温は気象庁ホームページのデータから計算により求めた。

計算は48ポイントについて地上から0.2m、0.3m、0.5mの埋設3ケースについて行い、計算表を144枚制作した。

横浜における計算を（表2-4、表2-5、表2-6）へ示す。

1950年の全国各地の6m採熱管周囲平均温度の集計を表2-7に示す。

巻末に、附録として全国の0.5m埋設の資料を掲載する。



2-5. 2011年6m採熱管周囲平均温度の推計

地中温度はその地域の年間平均気温と相関があるとされる参考27)

1950年の6m採熱管周囲の地中温度平均値と各地域の1950年の年間平均気温の相関を検討した。地中0.5mから打ち込む場合は、6m採熱管の周囲の平均温度と年間平均温度は $y=0.82x+3.48$ の回帰式となった(図2-2)。同じく0.3mより埋設は $y=0.80x+6.52$ 、0.2mより埋設は、 $y=0.79x+3.57$ 、である。

1950年の各地の地中6m採熱管周囲平均温度値 T_a 、1950年より2011年までの年間平均気温の上昇分 ΔT とすると2011年の全国各地の6m採熱管周囲の平均温度は、

$$0.2m埋設で \quad T_a + 0.79 \Delta T$$

$$0.3m埋設で \quad T_a + 0.80 \Delta T$$

$$0.5m埋設で \quad T_a + 0.82 \Delta T$$

の式で求められる。

日本各地48ポイントの2011年の地中6m採熱管周囲平均温度を（表2-7）に示す。

参考27) 牛山素行編：身近な気象・気象調査の基礎、古今書院、2000
「地温を測らずに地温を知る」
(年平均地温の推計) より

図2-2 地中温度平均値と年間平均気温の相関

表2-4 地中平均温度計算表・地中0.5mより埋設（横浜）

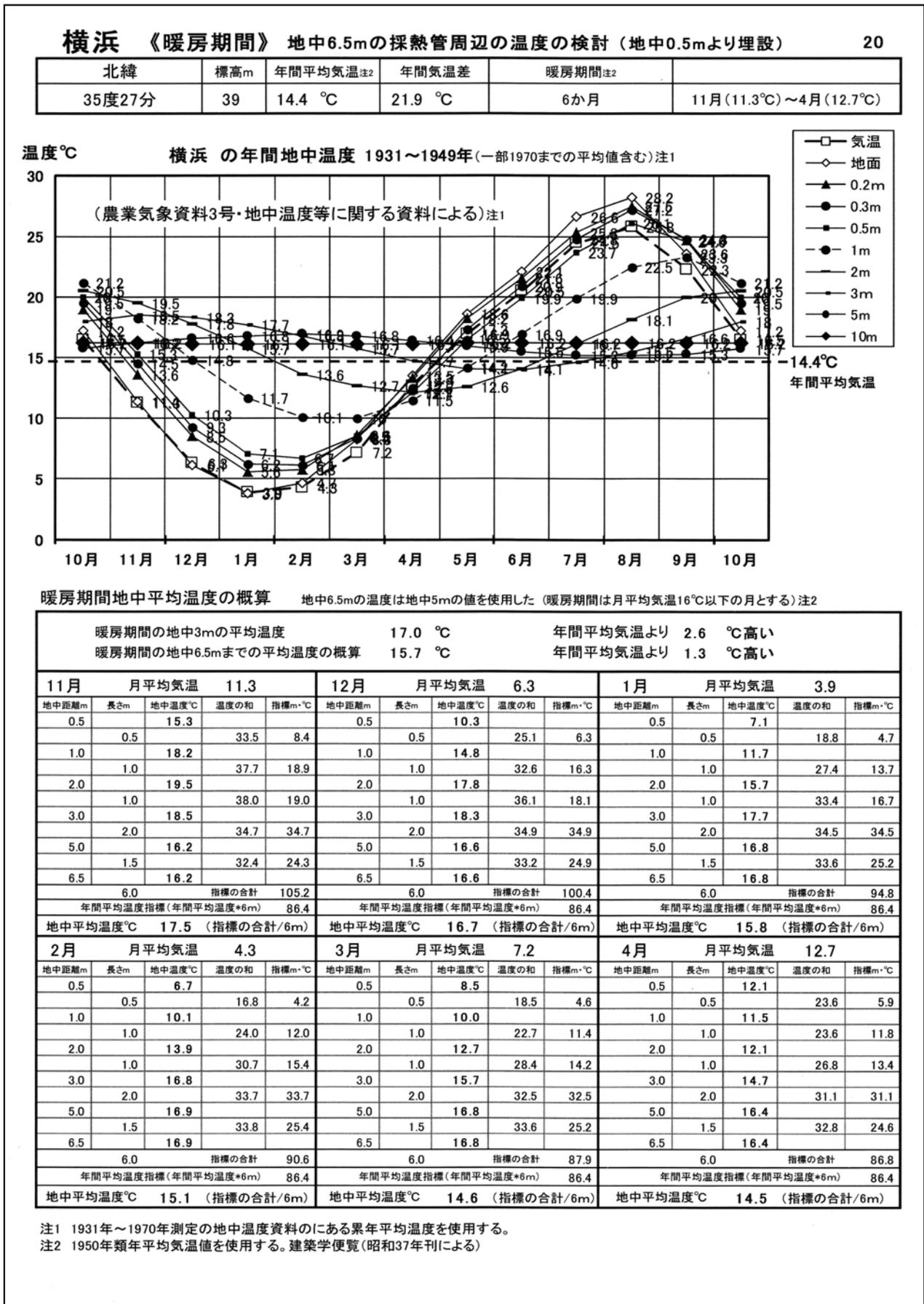


表2-5 地中平均温度計算表・地中0.3mより埋設（横浜）

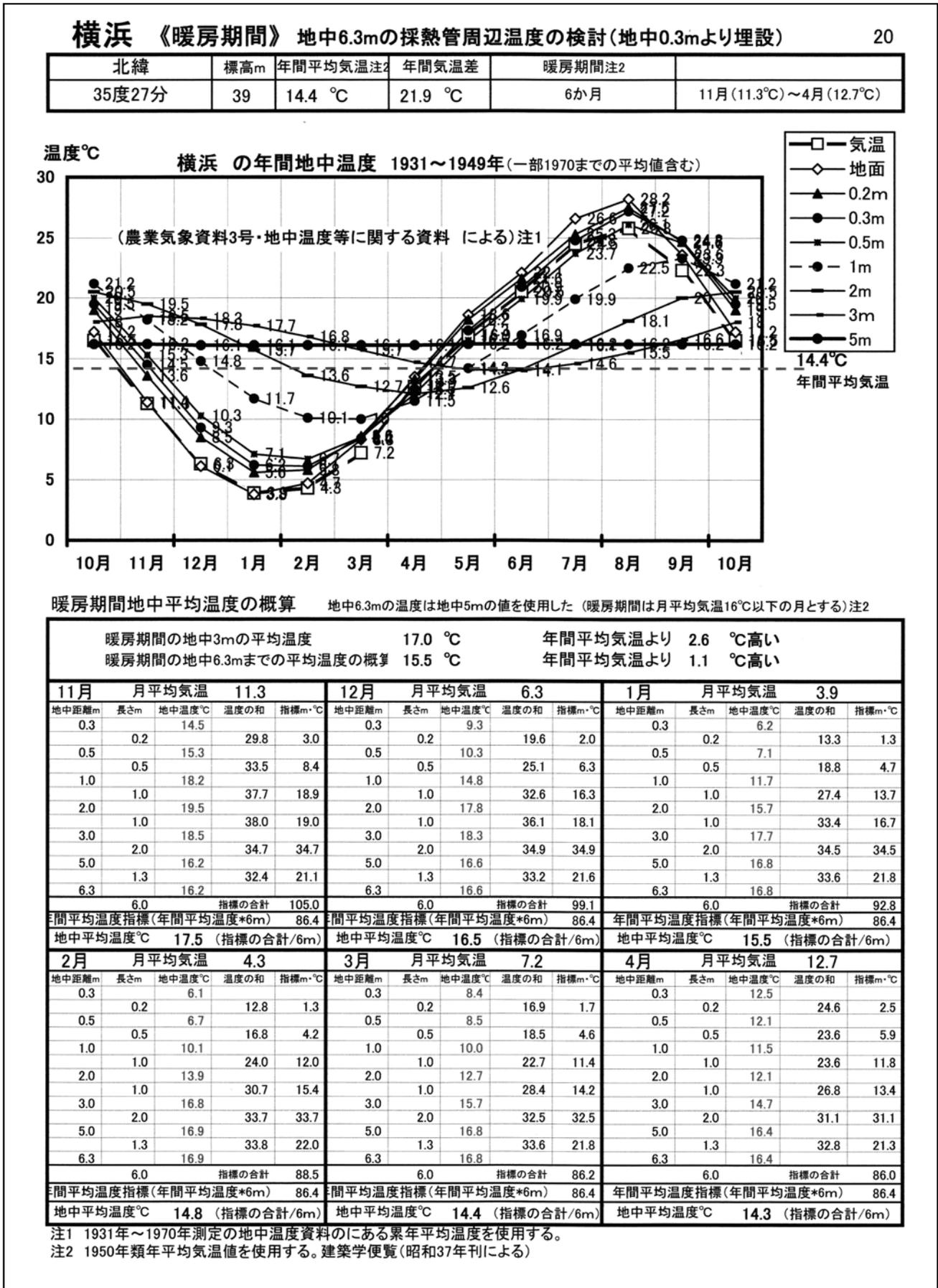


表2-6 地中平均温度計算表・地中0.2mより埋設（横浜）

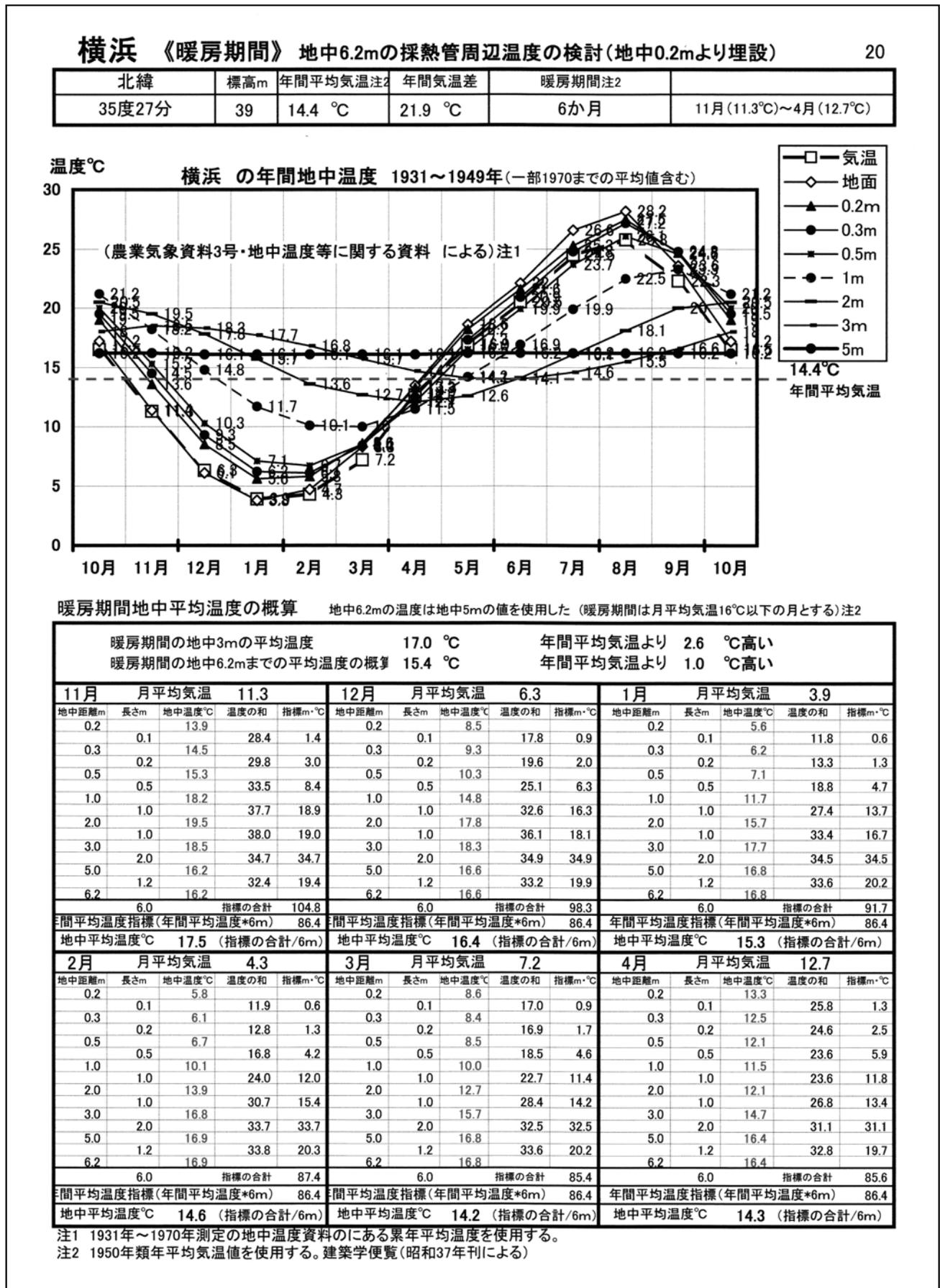


表2-7 採熱管周囲平均温度関連データ

			6m採熱管周囲平均温度の検討									100m採熱管周囲平均温度の検討					6mと100m採熱管の比較	
測定場所	北緯(度)	標高(m)	1950年	2011年	1950年			2011年			10年間の年平均気温変動(推計値)℃	1940年	1950年	1940年	2011年	2011年		
			年平均気温(測定値)℃	年平均気温(測定値)℃	地中0.2mより埋設(概算値)℃	地中0.3mより埋設(概算値)℃	地中0.5mより埋設(概算値)℃	地中0.2mより埋設(推計値)℃	地中0.3mより埋設(推計値)℃	地中0.5mより埋設(推計値)℃		年平均気温(測定値)℃	地中5m年平均温度(測定値)℃	地表面温度(推計値)℃	100m採熱管周囲平均温度(推計値)℃	6mと100m採熱管周囲平均温度の差値℃	日本各方の6mと100mの採熱管周囲平均温度差値の平均℃	
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧		⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
1 旭川	43.76	112	5.5	7.2	9.0	9.0	9.0	10.34	10.36	10.39	0.28	5.22	9.3	9.11	9.57	0.82	北海道地方	
2 網走	44.00	38	5.7	7.0	8.3	8.2	8.2	9.33	9.24	9.27	0.21	5.49	8.5	8.36	8.71	0.56		
3 帯広	42.91	39	5.2	7.3	8.4	8.3	8.3	10.06	9.98	10.02	0.34	4.86	8.8	8.57	9.14	0.89		
4 釧路	42.98	32	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	9.19	9.20	9.23	0.25	4.95	8.0	7.84	8.24	0.99		
5 根室	42.93	26	5.6	6.6	7.7	7.8	7.8	8.49	8.60	8.62	0.16	5.44	7.9	7.79	8.06	0.56		
6 浦河	42.15	34	7.5	8.3	8.9	8.9	9.1	9.53	9.54	9.76	0.13	7.37	9.6	9.51	9.73	0.03		
7 札幌	43.07	17	7.1	9.3	8.5	8.9	8.7	10.24	10.36	10.50	0.36	6.74	9.2	8.96	9.55	0.95		
8 函館	41.77	33	8.0	9.5	9.9	8.9	10.1	11.09	11.20	11.33	0.25	7.75	10.8	10.64	11.04	0.29		
9 秋田	39.72	9	10.4	12.1	10.7	8.9	11.0	12.04	12.16	12.39	0.28	10.12	11.8	11.61	12.07	0.32		
10 盛岡	39.70	155	9.3	10.5	11.2	8.9	11.5	12.15	12.26	12.48	0.20	9.10	11.8	11.67	11.99	0.49		
11 山形	38.25	153	10.7	12.0	11.1	8.9	11.3	12.13	12.24	12.37	0.21	10.49	12.1	11.96	12.31	0.06		
12 仙台	38.27	39	11.1	12.7	12.2	8.9	12.5	13.46	13.58	13.81	0.26	10.84	13.4	13.23	13.66	0.16		
13 福島	37.77	67	12.0	13.3	12.8	8.9	13.1	13.83	13.94	14.17	0.21	11.79	13.4	13.26	13.61	0.56		
14 水戸	36.37	29	12.7	14.0	14.6	8.9	14.8	15.63	15.74	15.87	0.21	12.49	15.2	15.06	15.41	0.46		
15 宇都宮	36.55	119	12.4	14.3	14.8	8.9	15.1	16.30	16.42	16.66	0.31	12.09	15.4	15.19	15.70	0.95		
16 前橋	36.38	112	13.1	15.0	14.8	8.9	15.2	16.30	16.52	16.76	0.31	12.79	16.4	16.19	16.70	0.05		
17 熊谷	36.13	30	13.4	15.5	14.1	8.9	14.4	15.76	15.88	16.12	0.34	13.06	15.6	15.37	15.94	0.19		
18 東京	35.67	5	14.1	16.6	14.4	8.9	14.8	16.38	16.50	16.85	0.41	13.69	16.2	15.93	16.60	0.25		
19 鎌子	35.72	27	14.7	15.7	15.3	8.9	15.7	16.09	16.30	16.52	0.16	14.54	16.8	16.69	16.96	-0.44		
20 横浜	25.45	39	14.4	16.2	15.4	8.9	15.7	16.82	17.04	17.18	0.30	14.10	16.1	15.90	16.39	0.79		
21 新潟	37.92	2	12.7	14.1	12.5	8.9	12.6	13.61	13.72	13.75	0.23	12.47	14.6	14.45	14.82	-1.08		
22 金沢	36.58	26	13.2	15.0	12.2	8.9	12.5	13.62	13.74	13.98	0.30	12.90	13.6	13.40	13.89	0.09		
23 福井	36.07	9	13.5	14.8	13.6	8.9	13.8	14.63	14.74	14.87	0.21	13.29	14.4	14.26	14.61	0.26		
24 長野	36.66	418	10.5	12.2	12.3	8.9	12.6	13.64	13.76	13.99	0.28	10.22	13.3	13.11	13.57	0.42		
25 甲府	35.67	272	13.4	15.1	14.8	8.9	15.0	16.14	16.26	16.39	0.28	13.12	15.2	15.01	15.47	0.92		
26 静岡	34.97	14	15.4	16.9	15.4	8.9	15.7	16.59	16.70	16.93	0.25	15.15	16.6	16.44	16.84	0.09		
27 岐阜	35.42	13	14.3	16.2	14.0	8.9	14.3	15.50	15.62	15.86	0.31	13.99	15.8	15.59	16.10	-0.25		
28 名古屋	35.18	51	14.9	16.2	14.2	8.9	14.5	15.23	15.34	15.57	0.21	14.69	16.2	16.06	16.41	-0.84		
29 津	34.72	2	14.5	16.3	14.4	8.9	14.8	15.82	15.94	16.28	0.30	14.20	15.9	15.70	16.19	0.09		
30 彦根	35.25	87	13.7	15.1	14.2	8.9	14.4	15.31	15.42	15.55	0.23	13.47	15.1	14.95	15.32	0.22		
31 京都	34.98	41	14.0	16.2	14.7	8.9	15.0	16.44	16.56	16.80	0.36	13.64	15.9	15.66	16.25	0.55		
32 大阪	34.68	23	15.1	17.2	14.6	8.9	15.0	16.26	16.48	16.72	0.34	14.76	16.5	16.27	16.84	-0.11		
33 神戸	34.70	59	15.1	17.1	14.6	8.9	15.0	16.18	16.40	16.64	0.33	14.77	16.5	16.28	16.82	-0.18		
34 和歌山	34.23	13	15.3	16.9	15.4	8.9	15.8	16.66	16.78	17.11	0.26	15.04	17.8	17.63	18.06	-0.94		
35 岡山	35.17	3	14.5	16.6	14.8	8.9	15.2	16.46	16.58	16.92	0.34	14.16	16.2	15.97	16.54	0.39		
36 広島	34.38	29	14.6	16.5	15.1	8.9	15.4	16.60	16.72	16.96	0.31	14.29	16.7	16.49	17.00	-0.05		
37 鳥取	35.48	7	13.9	15.2	13.4	8.9	13.7	14.43	14.54	14.77	0.21	13.69	14.5	14.36	14.71	0.06		
38 下関	33.95	3	15.2	17.1	15.4	8.9	15.7	16.90	17.02	17.26	0.31	14.89	16.5	16.29	16.80	0.45		
39 徳島	34.07	2	15.3	16.9	15.2	8.9	15.5	16.46	16.58	16.81	0.26	15.04	16.8	16.63	17.06	-0.24		
40 松山	33.80	32	15.0	16.8	15.3	8.9	15.7	16.72	16.84	17.18	0.30	14.70	18.3	18.10	18.59	-1.41		
41 高知	33.57	2	15.6	17.5	17.2	8.9	17.6	18.70	18.82	19.16	0.31	15.29	18.3	18.09	18.60	0.55		
42 福岡	33.58	3	14.9	17.4	15.7	8.9	16.0	17.68	17.80	18.05	0.41	14.49	16.9	16.63	17.30	0.75		
43 佐賀	33.27	6	15.5	16.9	15.5	8.9	15.8	16.61	16.72	16.95	0.23	15.27	16.9	16.75	17.12	-0.18		
44 長崎	32.75	27	15.6	17.5	16.8	8.9	17.1	18.30	18.42	18.66	0.31	15.29	17.7	17.49	18.00	0.65		
45 熊本	32.80	38	15.5	17.4	17.6	8.9	17.9	19.10	19.22	19.46	0.31	15.19	18.4	18.19	18.70	0.75		
46 大分	33.27	5	15.0	17.0	16.6	8.9	16.9	18.18	18.30	18.54	0.33	14.67	17.8	17.58	18.12	0.42		
47 宮崎	31.90	7	16.6	17.8	17.2	8.9	17.5	18.15	18.26	18.48	0.20	16.40	18.1	17.97	18.29	0.19		
48 鹿児島	31.60	4	16.7	18.9	17.8	8.9	18.0	19.54	19.66	19.80	0.36	16.34	18.1	17.86	18.45	1.35		
平均			12.7	14.4	13.6	8.9	13.8	14.89	15.00	15.20	0.28	12.38	14.7	14.50	14.95	0.25		

第3節 深度100mまでの地中平均温度の推計

3-1. 地中100mの60年間の温度変動

地下の温度分布は地殻深部からの熱流に支配されるが、地表面に近い部分（0～300m程度の深部）では地表面温度の変動が地下の温度を支配する主要な要因とされている。参考28)

地表面温度のステップ状変化が地下温度分布に及ぼす影響は図2-3による。地表部分に ΔT の変化が起きてから1、10、100、500年後の温度擾乱（土壌の熱拡散率 $1 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ）を示している。このグラフのもとになる式は式(1)である。(Carslaw and Jaeger, 1959) 参考28)

地表面温度が一定の割合で0から ΔT へ変化した場合の地中の温度変化はDuhamelの積分式を用い式(1)の結果を使用して式(2)であらわされる。(Carslaw and Jaeger, 1959) 参考29) 参考30)

この数式により地中10m、20m、30m、・・・90m、100m、の温度を算出して、地表面温度が一定の割合で変化した場合の経過年後の100mまでの地中の平均温度を算出する。注29)

式(1)

地表面に ΔT の変化が起きてから t 年後の地中 x mの単位変化

$$\theta_1(x, t) = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right)$$

熱拡散率 a [$\text{m}^2/\text{年}$] 地中深さ x [m] 時間 t [年]

式(2)

地表面が一定の割合で0から ΔT へ変化した場合、 t 年後の地中 x mの単位温度変化

$$\theta_2(x, t) = kt \left\{ \left(1 + \frac{x^2}{2at}\right) \theta_1(x, t) - \frac{x}{\sqrt{\pi at}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) \right\}$$

熱拡散率 a [$\text{m}^2/\text{年}$] 地中深さ x [m] 時間 t [年] 実常数 k [1/70]

3-2. 地表面温度と熱拡散率

地表面温度の測定は、天候の影響や土壌の湿度による蒸散の影響、土壌の蓄熱による放射熱、測定地の植物の状態など植生による影響、また冬季の測定不可能など、地表面環境が影響し安定した測定が難しい。これに対し地中温度は地表面環境の条件を全て含んだ結果の温度と考えられる。

農業気象資料の7か所の地中10mの測定値と地中5mの測定値の年間平均温度の差は 0.07°C であり、年間を通して恒温とされる10mの温度と5mの温度も同程度であることが伺える。

地中の温度の変動は地表面温度の変動から求められるが、今回は地

参考28) 谷口真人編：アジアの地下環境、学報社、2010

参考29) 川下研介著：熱傳導論、河出書房、1941

参考30) 渡辺 要編：建築計画原論Ⅱ、丸善、1965

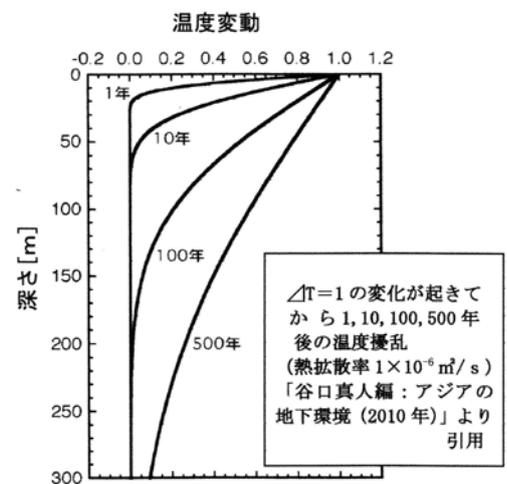


図2-3 地表面温度のステップ状変化が地下温度分布に及ぼす影響

注11)

erf は誤差関数 (error function)
 数学におけるシグモイド形状の特殊関数 (非初等関数) の一種で、確率論、統計学、物質科学、偏微分方程式などで使われる。

exp は指数関数 (exponential function)
 冪乗における指数を変数として、その定義域を主に実数の全体へ拡張して定義される初等超越関数の一種のこと。対数関数の逆関数であるため、逆対数と呼ばれることもある。

(Wikipediaによる)

表面温度の変動の主な原因と考えられる年間平均気温の変動値を使用する。

100mの地中温度の推計には、地表面温度の測定値を採用せず、地中5mの測定値から推計した10年前の地表温度を使用する。1950年と2011年の61年間の年間平均気温差から10年間の気温変動を求め、式(2)から地中5mの10年間の地中温度変動値を求め、これらの値から1940年の地表面温度を推計した。

土壌の熱拡散率は1時間当たり約0.0005~0.0025m²/hとされている。参考31) 年間の熱拡散率は約4.38~21.90m²/年となるが、この平均値18.4m²/年を地中6mと100mの平均温度の比較の計算に使用する。

参考31) 浦野良美著：住宅のパスシブクーリング：森北出版、1991

3-3. 2011年100m採熱管周囲平均温度の推計

式(2)により求めた、1940年から71年後の地中100mまでの10m間隔の温度を(図2-4)に表す。この期間の地中温度の平均値は0.231である。2011年の地中100m採熱管周囲の平均温度は、各地の1940年の地表面温度値をT_b、71年間の年平均温度上昇値をΔTとして、

$$T_b + 0.231 \Delta T$$

で求められる。

日本の各地48地点の100m採熱管周囲温度平均値を求め(表2-7)に示す。

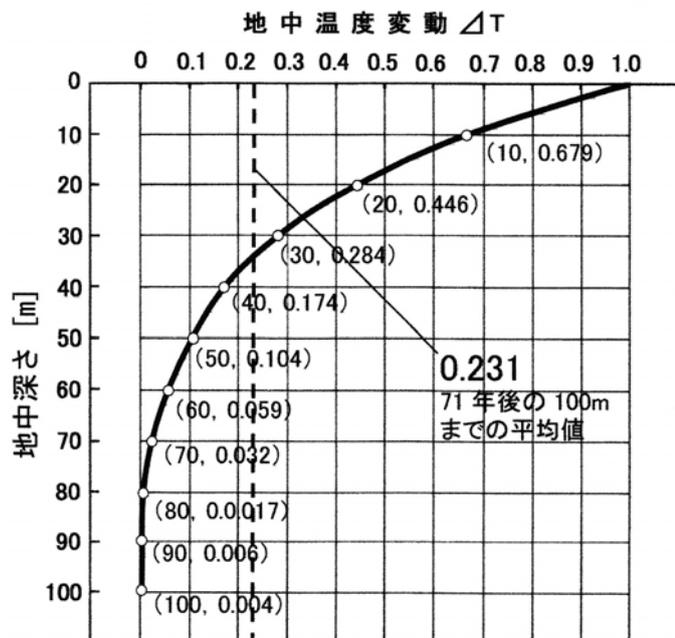


図2-4 71年後の100mの採熱管の表面温度

第4節 6m採熱管周囲平均温度の実測値との比較

6m採熱管周囲平均温度に関して、2-3.の算出法および年間平均気温の相関係数を使い2011年の推計を行ったが、推計値が実際の採熱管周囲平均温度と差異がないかを確認するため、地中温度を測定し6m採熱管周囲平均温度を算出した。

測定場所は東京都調布市深大寺南にて、6m採熱管による採熱試験とともに地中温度の測定をおこなった。測定ポイントは、外気温、地表面、地中1m～6mまで1m毎8ポイントに温度センサーを設置した。測定は、2009年12月2日～2010年7月4日まで8時間運転16時間休止の連続測定をおこなった。地上0.5mから6m採熱管を埋め込んだと想定し、採熱管の周囲平均温度概算値を3-2.の方法により求めた。0.5m地点の温度は地表面と地中1m温度の平均値を採用した。

調布の2009年年間平均気温（隣接する府中の気象庁データを採用）と東京地区1950年の年間平均気温差は1.5℃である。相関値0.82と年間平均気温差により、0.5mより埋設した6m採熱管周囲平均温度を推計した。12月から4月までの推計平均温度は15.29℃実測値は15.38℃であった。推計値と実測値に大きな差異がないことを確認した。

(表2-8)

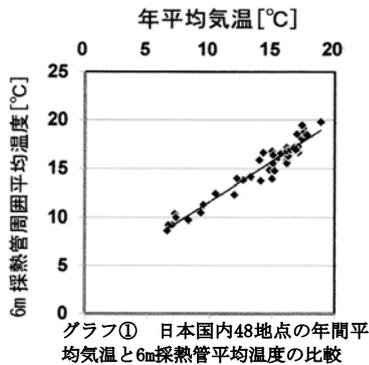
表2-8 6m採熱管周囲平均温度推計値と実測値の比較

6m採熱管周囲平均温度の検討(調布)		2009年	2010年					平均値
		12月	1月	2月	3月	4月		
東京の6m採熱管周囲平均温度(1950年概算値)℃	①	16.5	14.5	13.2	12.9	13.2		
東京の1950年年間平均気温℃	②	14.1						
府中の(調布隣接地の記録)2009年年間平均気温℃	③	15.6						
③-②	④	1.5						
調布の6m採熱管周囲平均温度(推計値)℃ $①+④ \times 0.82$	⑤	17.73	15.73	14.43	14.13	14.43		
調布の6m採熱管周囲平均採熱管温度(実測値)℃	⑥	16.27	15.46	15.22	15.02	14.92	15.38	

第5節. 計算の結果と考察

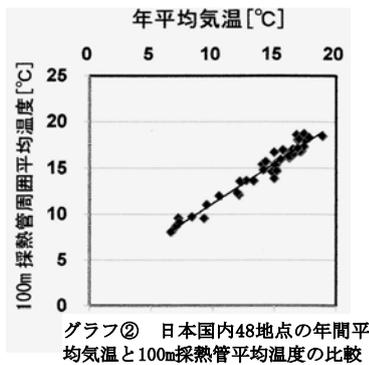
5-1. 6m採熱管周囲平均温度の推定値 (0.5mより埋設、2011年)

想定範囲として測定地の年間平均気温が高いほど6m採熱管周囲平均温度は高い。(図2-5、グラフ①) 6m採熱管周囲平均温度は鹿児島が最高で19.80°Cで釧路が最低で9.23°C、平均値は15.20°Cである。



5-2. 100m採熱管周囲平均温度の推定値 (2011年)

想定範囲として測定地の年間平均気温が高いほど100m採熱管周囲の平均温度は高い。(図2-5、グラフ②) 地表面温度の変動が地下の温度を支配する主要な要因とされていることが判る。最高は熊本で18.70°C、最低は根室で8.06°C、全国平均値は14.95°Cである。



5-3. 6m採熱管、100m採熱管周囲平均温度の推定値 (2011年) の温度差

6mと100mの採熱管周囲温度の差は最高が鹿児島の1.35°C、最低は松山の-1.41°Cであり、全国平均は0.25°Cで6m採熱管のほうが若干高い結果となった。6mと100mの採熱管周囲温度の差は、年平均気温に相関関係は無い。(図2-5、グラフ③)

それ以外のファクターである地層の熱伝導率や地下水による影響が大きいことが予想される。

今後年間平均気温の上昇に伴い、6mと100mの採熱管周囲の温度差は開き6m採熱管周囲の温度が高くなると予想される。

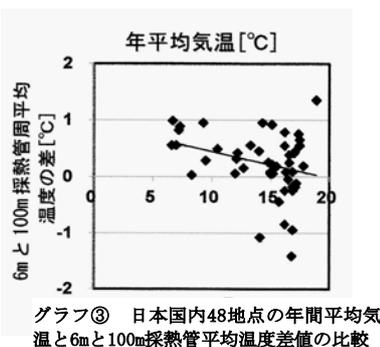


図2-5 採熱管周囲の平均温度と年間平均温度の相関

5-4. 地域的な特徴

暖房期間において、浅深度地中熱利用が有利といえる地域として、九州地方が0.56°C、北海道地方が0.49°C、深深度温度より周囲平均温度が高い結果となっている。浅深度地中熱利用は北国でも使用できる地域が多いということである。

100m採熱管に有利な地域は四国地方、近畿地方、中部北陸地方に沿っていることが判る。(表2-7、図2-6)

6m採熱管周囲の平均温度は地域の年間平均気温に従って北から南へ沿って温度が上がる傾向にある、(図2-6) しかし100m採熱管周囲平均温度との差値は地域的な特徴があることが判る。(図2-7)

5-5. 6m採熱管の埋設深さ

6m採熱管を地表面から0.3mより深い位置から埋めると周囲平均温度 (15.00°C) が100m採熱管周囲平均温度 (14.95°C) より高くな

ることが判った。寒冷地以外では水道管などの埋設深さは30cmとさ
 れているから、6m採熱管も地中30cmから埋設して使用できる。

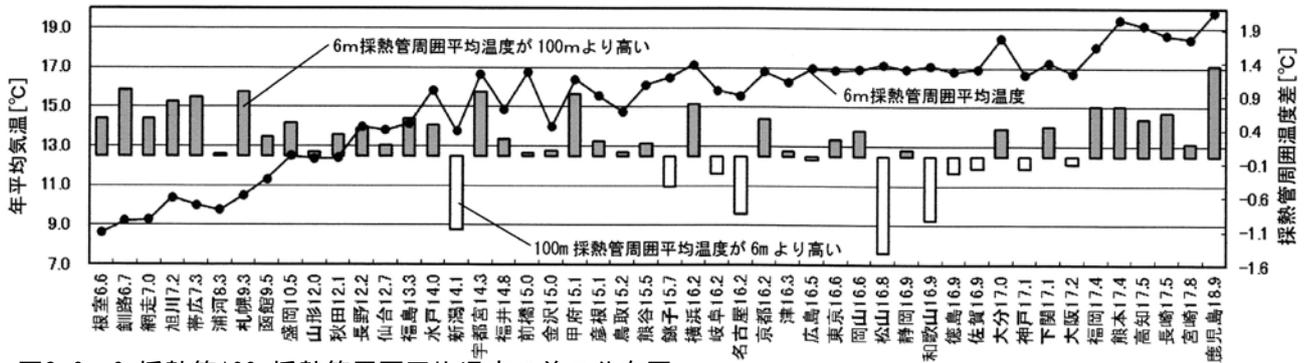


図2-6 6m採熱管100m採熱管周囲平均温度の差の分布図
 (差値を各地の平均気温の昇順に並べる)

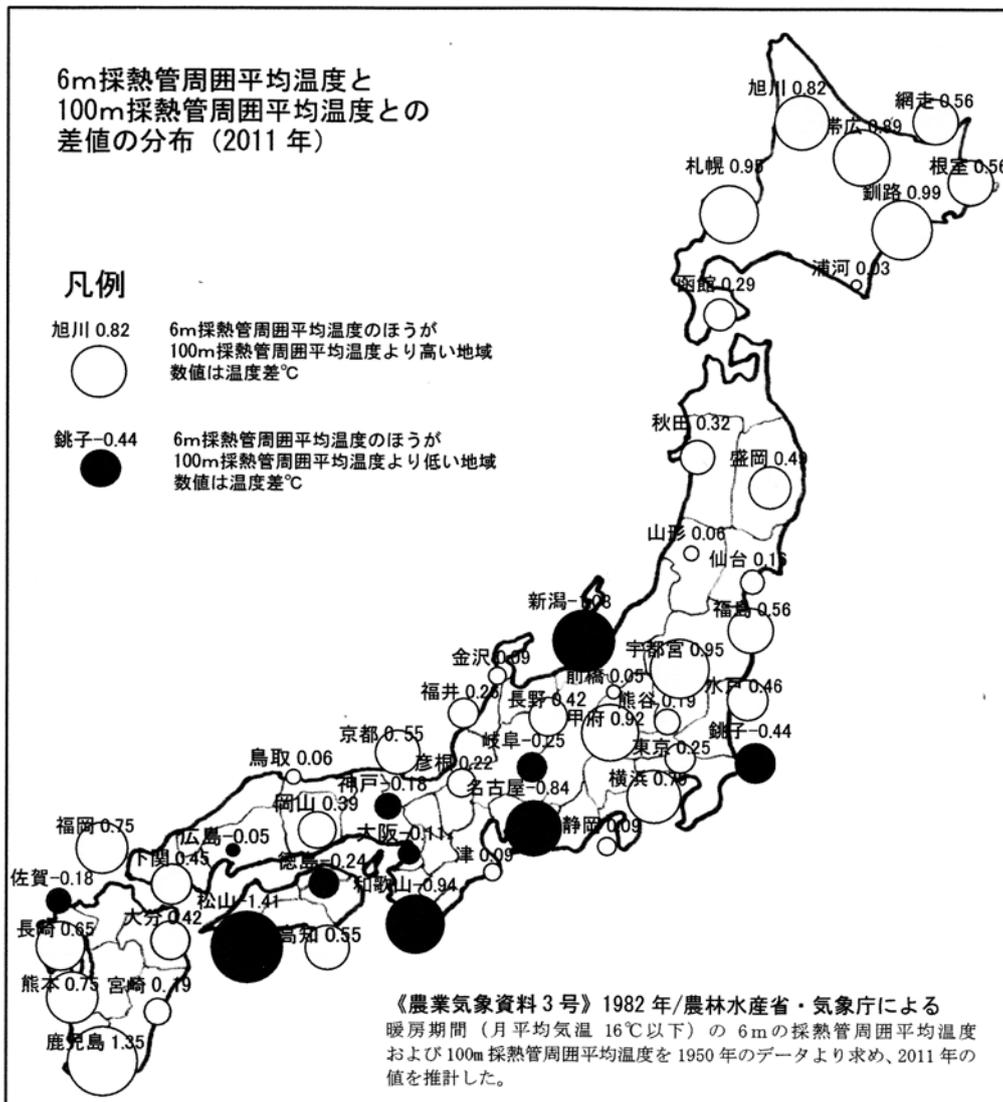


図2-7 6mと100m採熱管周囲平均温度の差値の分布

第6節. 地中温度の推計まとめ

冬季において地表近くの地中温度は、地表の低い気温に影響されて深深度部分の温度より低いと考えられるが、今回の検討により、年間平均気温に関係なく6m探熱管周囲平均温度が100m探熱管周囲平均温度より高い地域が日本中に沢山あることがわかった。

(図2-7)

地中温度の観点からは従来の100m探熱管と同じように6mの探熱管も北海道をはじめとして多くの地域で使用の実現性が高いと言える。

□ 第 3 章 6m採熱管の採熱量

種々の管材料による6m採熱管での短・中期間採熱実験のより、6m採熱管が100m採熱管と同等以上の採熱が可能であり、また6か月間の長期間実験運転で採熱管の採熱量低減は51%程度であるとのデータを得た。

これらの知見から、日常的な材料と技術を使い、容易に設置できる6m採熱管を使用することにより、住宅への冷暖房に以前より低コストの方法で地中熱利用が可能で、今後の住宅における地中熱利用の普及が期待できる。

住宅で使いやすい6m程度の採熱管から、実際の程度の地中熱を取り入れることができるのかの検討をおこなう。

6m採熱管の実態を明らかにするため、下記2種類の実験結果を報告する。

実験Ⅰ 6か月間の長期間運転

実験Ⅱ 各種採熱管による短時間採熱実験

第1節 6m採熱管の特徴

6m採熱管の採熱性能の実験を行うが、実験に当って6m採熱管の持つ特徴とそれに対する考え方を以下のように整理した

1-1. 地 層

100m採熱管は地中深く採熱管を埋設するが100mの深さまでには、表層の盛土や砂やシルト層部分から、深層の砂礫や岩石層等に至るまで様々な地層が重なり合っている。そのため、その地層の採熱性を確認するため、熱応答試験を行いその地層の有効熱伝導率を調べることが一般に行われている。

これに対し6m採熱管ではほとんどが単一種の地層であり、住宅建設が予定されればその地層は事前に簡単な調査で確認されるか、または地域の地層から想定して確認することが可能である。

6m採熱管では100mの採熱管と違いその地層のおおよその熱伝導率が事前に把握できることが特徴である。

垂直密閉型の採熱管では、採熱量を q とし m を定数として、 $q=m4\pi$ の式で採熱量は計算される(参考4)。地層の熱伝導率 λ が大きいほど採熱量は大きい。本実験では調布でローム層、藤沢では砂層の採熱実験をおこなう。

実験地の地層の柱状図を(図3-1)に示す。

1-2. 採熱管の種類

100m採熱管ではボーリング工法により地盤の掘削を行いその内部にUチューブを埋設し充填材を入れて採熱管を完成させる。Uチューブには一般的に25φの高密度ポリエチレン管が使われ、既製品の100m巻きなどを使用する。

これに対し住宅で使用する6m採熱管には現場の状況に合わせていろいろな材料が使用可能であり、採熱管の多様性が特徴である。 実験Ⅰでは20φ水道管(架橋ポリエチレン管)、実験Ⅱでは、25φ水道管、30φ銅管、

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007.9.

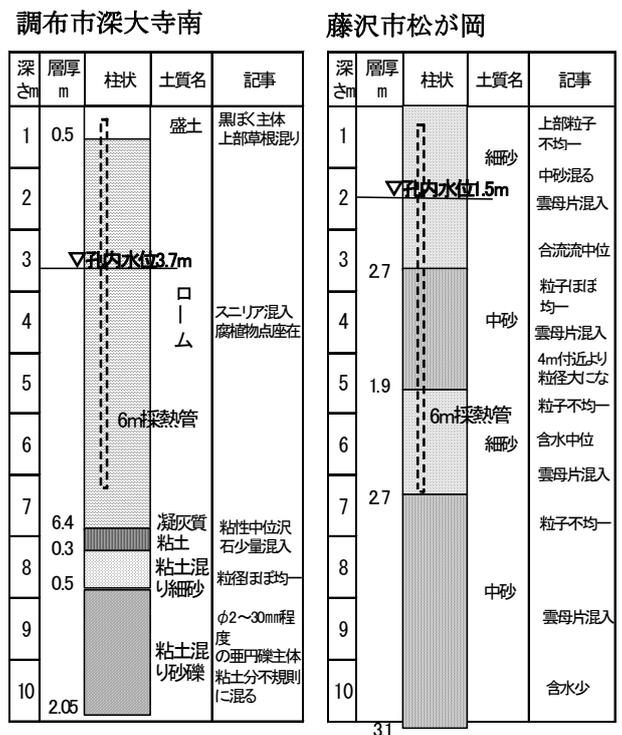


図3-1 6m採熱管を設置する地層の柱状図

50φ同軸鋼管および100φ同軸鋼管を使用した。

1-3. 採熱管の平面配置

住宅への浅深度地中熱利用では、6mボアホール利用では採熱管の本数は30本以上必要になることもあり、採熱管の配置とそれぞれの接続については十分検討することが必要である。

住宅での使用では敷地の広さの制約から、それぞれの採熱管の離隔は短くならざるをえない。

その特徴を考慮して100m採熱管で推奨される離隔距離

(4m以上離すのがよいが最少は2mまで狭められる) ^{参考4)} によらない状態での採熱実験を行った。

実験Ⅰでは採熱管20φの間隔を@1,000mmピッチに、

実験Ⅱでは、25φ、30φおよび50φの採熱管で@1,000mm、100φでは@1,800mmのピッチとした。

1-4. 採熱管の接続/直列と並列

採熱管の接続については、ヒートポンプの能力、群としての分割数、および採熱管への1次水の流量を考慮して決定する必要がある。

接続の方法については、ヘッダー方式、直列方式、直列・ヘッダー方式、並列方式(リバースターン)など各種の方法がある。 ^{参考4)}

実験Ⅰでは(図3-2)のように7本一群直列4群ヘッダー方式とし、

実験Ⅱではリバースターン(並列方式)として採熱実験を行った。

100m採熱管では住宅使用においては1本の採熱量で足りることが多い。

6m採熱管では数量が多いのを逆に利用して、採熱による地中の熱容量の通減に対して、採熱管を群管理して休ませて採熱量の回復を待つことができる。多くの採熱管を分割しヘッダーに接続して管理運転を行う。

実験Ⅰにおいては、住宅のまわりへライン状に配置することを考慮して、(図3-2)に示すような配置とした。

6m採熱管では本数が多いことから、横つなぎ配管部分にエア抜きを設置するなど特別に考慮する必要がある。

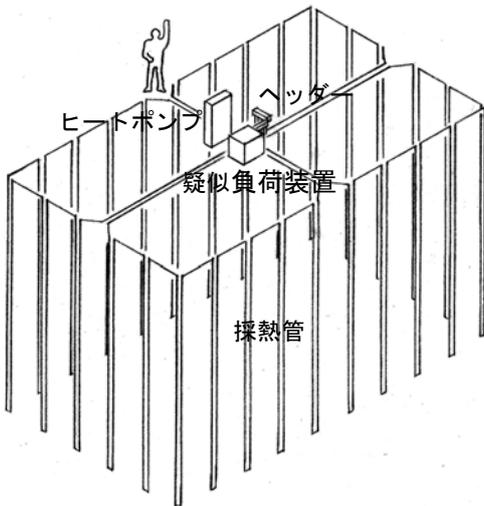


図3-2 住宅で使う採熱管の埋設イメージ

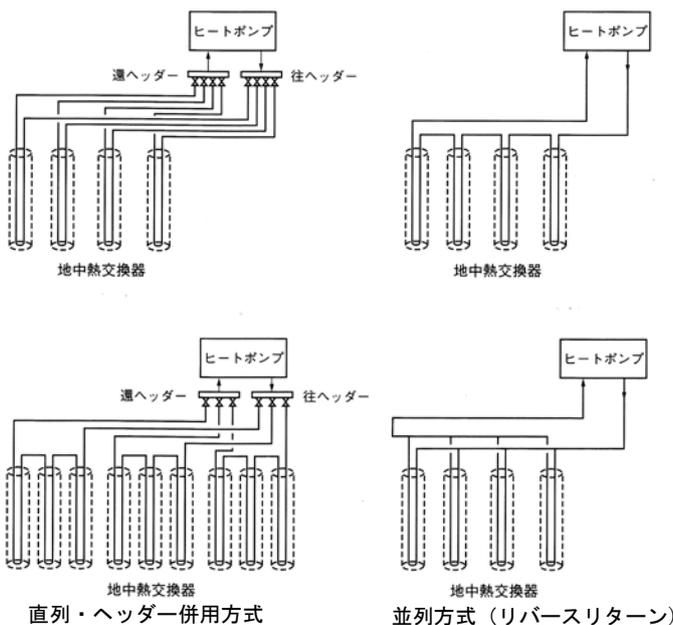


図3-3 採熱管接続の仕方 ^{参考4)}

1-5. 採熱管の埋設深さと横引き配管

採熱管の埋設深さは、第2章 5-5. で確認した結果を受けて、地表面から300mmからの埋設とした。横引きのつなぎ配管も一般的な水道等の配管の埋設深さとされる地表面から300mmとした。

横引きのつなぎ配管は地中埋設となるため、配管へは完全に防水された断熱を行うことは難しいと考える。地上にある部分は断熱を行うが、地中での横引き管は基本的には断熱を行わないこととする。

その結果地中に埋設された横引きの配管部分からも地中熱は採熱できる。横引き管の採熱できる実質的な長さは、鉛直に埋め込まれた採熱管の採熱量との対比で換算長さを計算し、6m採熱管の長さに加えて実験での実質長さとした。横引き管の換算長さを割り出す計算の考え方は以下とした。

①採熱量は、配管行き還り1m（合計2m）からの採熱を《単位採熱量》として計算する。

②採熱量は地中温度に比例すると考える。今回の採熱実験を行った場所での6m採熱管周囲平均温度と0.3m部分の地中温度を計算により求め、採熱量の計算には（表3-1）の数値を使用した。

表3-1 0.3mの地中温度と6m採熱管周囲平均温度の割合

	0.3m地中温度a	採熱管周囲平均温度b	a/b	b/a
調布（8月～10月）	27.3℃	20.7℃	1.32	0.76
藤沢12月～2月）	8.1℃	13.5℃	0.6	1.67

③採熱量は配管の周囲面積（配管径）に比例する。

④横引き管は20φ架橋ポリエチレン管を使用した。

第2節. 実験 I 6か月間の長期運転

第2-1. 実験方法

本研究では各種の採熱管を使って一般的な温度での冷暖房の採熱実験をおこなうが、最初の長期間採熱実験では、厳しい条件下で実験をすることとした。実験装置と実験方法は下記による。(図3-4)

i. 採熱管

実験に使用する採熱管は、一般住宅で身近に使用されている水道管である20φの架橋ポリエチレン管を採用する。20φの架橋ポリエチレン管を電気融着継手で接続し、ビルトアップして6m採熱管として使用した。(図3-5)

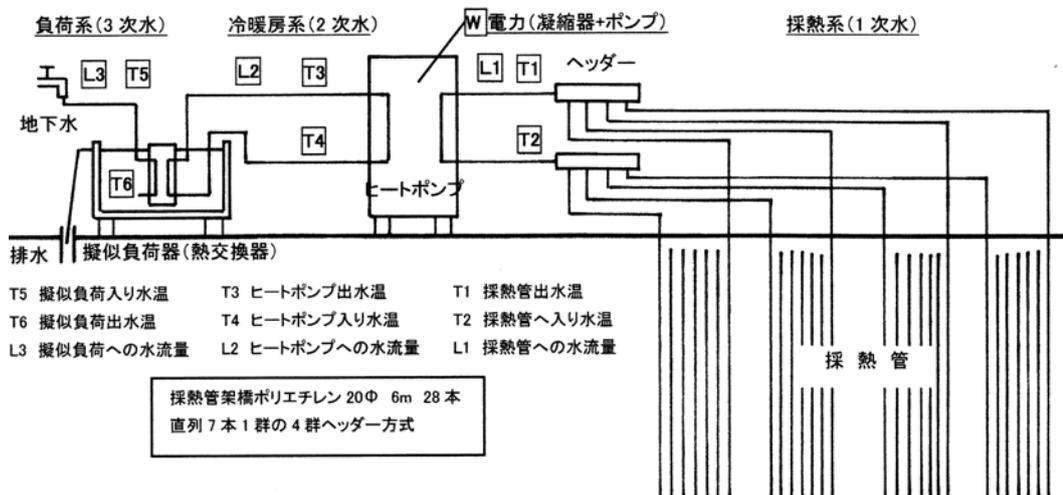


図3-4 地中熱測定システム

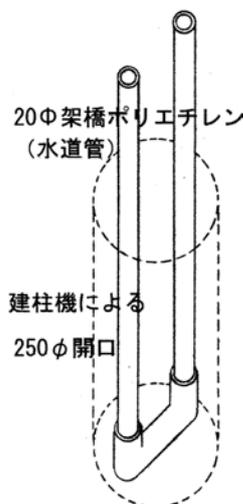


図3-5 20φ採熱管

札幌市における130㎡の次世代エネルギー基準の住宅での暖房最大負荷は6kW程度とされ、ここに使用される従来の100m採熱管の場合の採熱管長さは150mとされている。参考4) 実験では同じ程度の長さの採熱管として6m採熱管往還2本一組を28組を使用する。建柱機で250φの穴をあけ採熱管を山形鋼の治具を使用しながら挿入し、開口時の残土を使い水締めしながら埋め戻した。横引き管は20φ架橋ポリエチレン管、各種配管とつなぐ横引き管の中間にエア抜き弁を設置した。

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007.9.

ii. 採熱管の配置

住宅の周囲に採熱管を配置することを想定し列状に埋設した。埋設間隔のピッチを@1,000mmとして（図3-6）のように直列7本を一群として4群をヘッダーへ接続した。

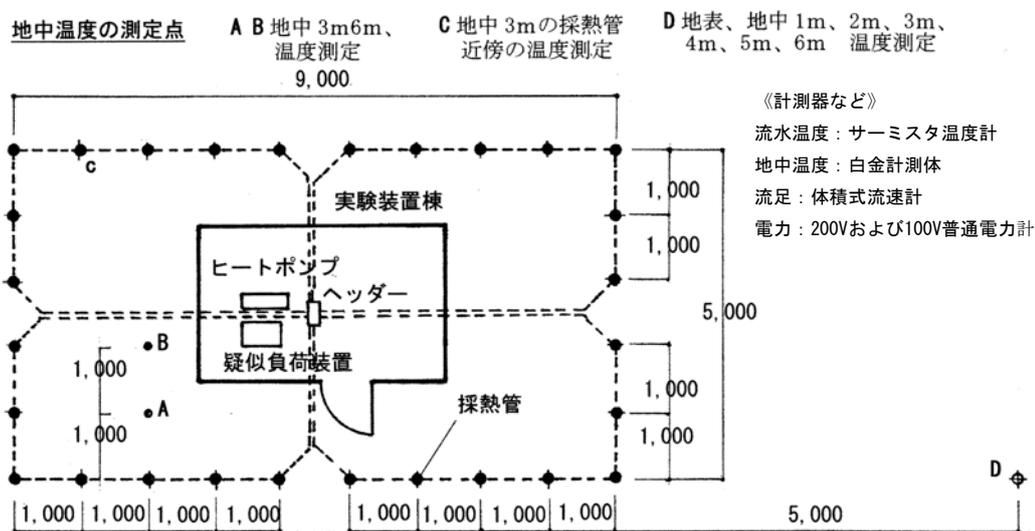


図3-6 実験 I 測定装置配置図

iii. ヒートポンプと模擬負荷

ヒートポンプは国産既製品の地中熱ヒートポンプ暖房能力10kWを使用した。不凍液はヒートポンプのメーカー推奨品で採熱量通減の係数として、質量×熱容量0.89を採用した。模擬負荷として、地下水を定量流すこととする。

iv. 運転・休止

日本各地において暖房期間は11月～4月の6か月間であることが多いことから、6か月間の運転による採熱量の低減を検討する。住宅での一日の冷暖房平均運転時間を12時間とする。暖房方法は一般的な床暖房と仮定すれば、35℃程度の温水の熱量を地中から12時間採熱することになる。

ヒートポンプの運転状況は、35℃程度の温度の運転では1次水の流量がヒートポンプ側の都合で変わることが考えられ、一方50℃での運転では常時32リットル/分程度の1次水が流れることが確認されている。同じ程度の熱量を50℃で採熱するため、1日の運転を8時間とした。実際の住宅の運転では季節により気温も変わることから、6か月間にわたり暖房として12時間連続運転することはない、また50℃などの高温条件で連続運転することもないが、地中からの採熱量がどう変わるかを知るためヒートポンプにとっては最大限の厳しい条件として実験運転をおこなった。

《ヒートポンプ緒元》	
□冷暖房熱源範囲	-10～+10℃
□電源	1φ200V+100V
□最大消費電力	(冷房) 337kW+6W
□出力/COP	
暖房 0～35℃	10kW/3.7
暖房 0～50℃	8.9kW/2.6
冷房 30～7℃	100kW/3.2

実験は調布深大寺南として、試し運転のあと、ヒートポンプの採熱温度の最高温度50℃を指定し、一日8時間運転16時間休止を繰り返し、12月26日から6月4日まで継続して運転し、運転停止後7月4日まで地中の温度の測定を継続した。この実験は、8時間運転を行い16時間休止の間に採熱量の回復を待ち再度8時間運転（インターバル運転）を行う検討でもある。実験装置の様子を（写真3-1）に示す。



測定装置棟内部

測定装置棟外部

写真3-1 実験棟 内外の様子

v. データの記録項目

<ヒートポンプ関連>

- ・ 地中へ行く1次水温度、流量、地中から還る水温度
- ・ ヒートポンプから疑似負荷へ送る2次水温度、流量
- ・ 疑似負荷としての、地下水の流入温度と流量、地下水の排出温度
- ・ 全ての実験システムを動かす電力量

<地中の温度関係>（図3-6に示す位置に温度センサーを設置した）

- ・ 採熱管一群の中央の外部地中3mの近傍温度
- ・ 採熱管から1m離れて地中3mおよび6mの地中温度
- ・ 採熱管から2m離れて地中3mおよび6mの地中温度
- ・ 気温と地表面温度
- ・ 地域の一般地中温度として採熱管から5m離れ地中1m2m3m4m5m6mの温度

2-2. 実験結果

i. 定常採熱量

採熱開始直後の最高採熱量の時点ゼロ点として単位m当りの採熱量 W/m の8時間を(図3-7)に表す。最高採熱量から下降し2時間ほどで安定し定量の運転へ移る。採熱管の採熱量としては8時間の採熱量平均値でなく、2時間経過～8時間経過迄の6時間の安定した採熱量を平均値とすることに決める。この値を採熱管の《定常採熱量 W/m 》と呼ぶ。

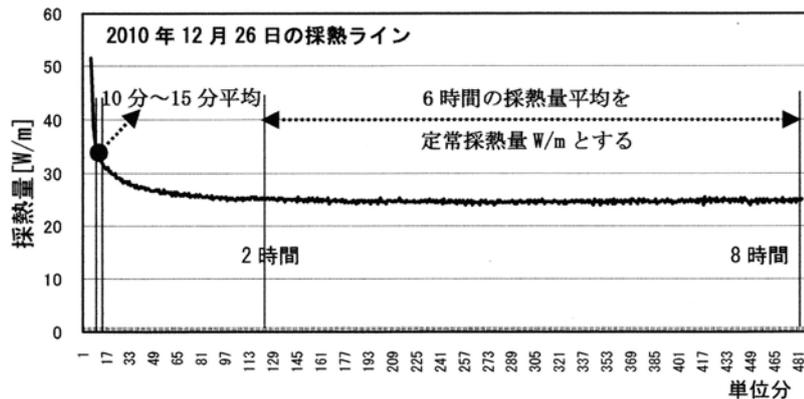


図3-7 8時間の採熱量グラフ

ii. 実験期間の採熱量と地中温度の状態

20φ架橋ポリエチレン管を採熱管として、12月26日から50℃の温度指定で毎日8時間運転16時間休止で採熱実験を行い、6月4日に運転を終えた。実験の結果を(図3-8と図3-9及び図3-10)に示す。

この期間の20φ採熱管の運転状況と採熱量、それに伴う地中の温度状況は以下の通りである。

- ①1次水の温度は、2月17日に-7℃まで低下した。1次水流量は期間中ほとんど変わりがなく、平均7.9 l/minであった。
- ②定常採熱量は実験開始時24.5W/mで2か月間程度は安定した採熱を行うが、その後採熱量は逡減し6か月後には12.5W/mとなった。この期間の20A採熱管の採熱量の逡減率は51.0%である。
- ③6か月間で51%の逡減を考慮すれば、採熱管配置間隔は@1,000mm程度の列状配列で採熱が可能である。
- ④地中で最も影響を受けているところは地中3m程度の付近であるが、運転停止後は回復に向かって変化していることがわかる。
- ⑤運転開始時の採熱量は、採熱管の周囲の温度変化に関わりなく一般的な地中温度に合わせて45W/m程度で運転している。
- ⑥1次水温度は、運転開始後2か月間程度は温度を下けているが、地中の熱量が減り採熱量が下がるにつれて温度を上げている、何故地中温度が上がるかは不明である。

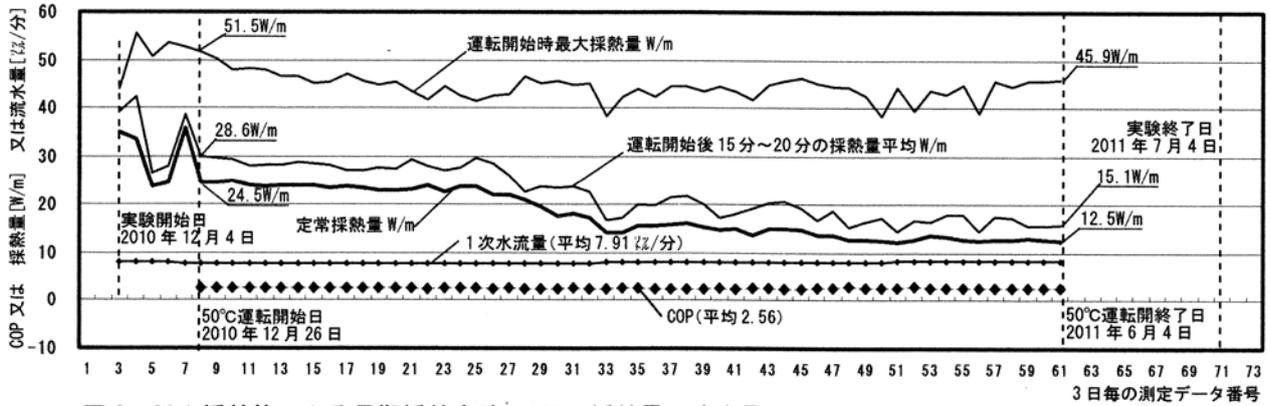


図 8 20φ採熱管による長期採熱実験 COP・採熱量・流量

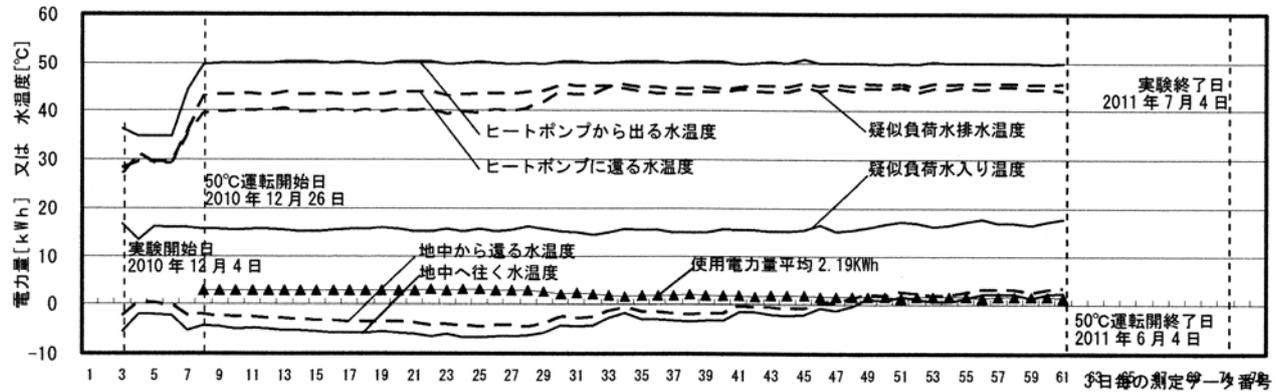


図 3-9 20φ採熱管による長期採熱実験
電力量・温度変化 (1次水往還/ヒートポンプ水往還/疑似負荷水往還)

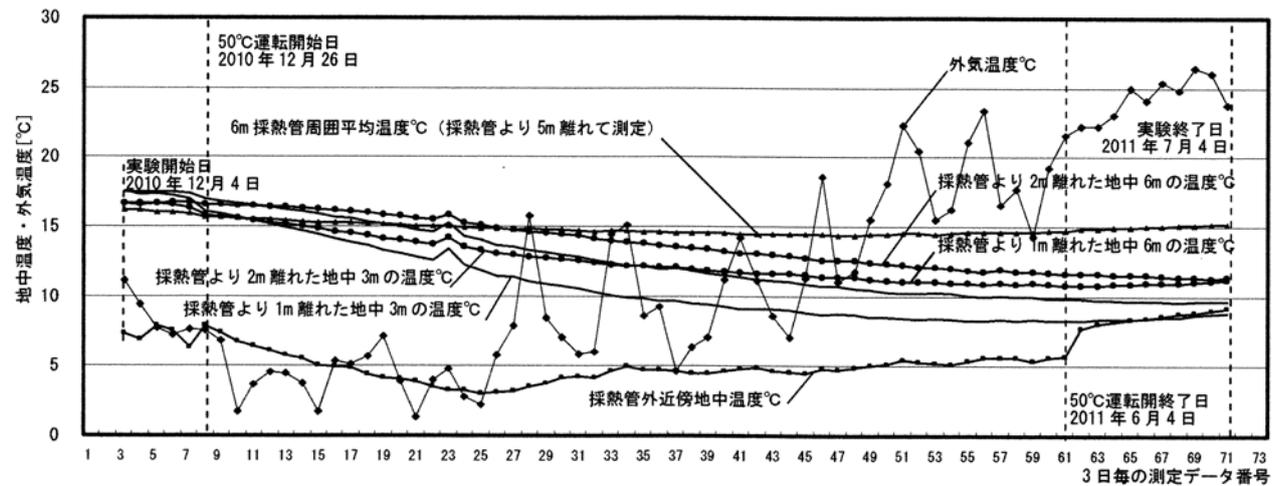


図 3-10 20φ採熱管による長期採熱実験 外気温度・地中の温度変化

第3節 実験Ⅱ 各種採熱管による短時間採熱実験

各種の採熱管の地中からの採熱の性能を確認するためには、一次水の温度と流入する水量を変えて測定することが必要である。そのためには水温が一定の多量の水が必要となる。一日8時間の運転を行い定常採熱量を測定するには膨大な量の定温の水が必要となるが、そのような大きな設備を使わずに、短時間の測定で定常採熱量を測定する方法を検討した。

Kelvinの線熱源理論およびフーリエ数と呼ばれる無次元時間が十分に大きな範囲では、(1)式のように地中温度 T は経過時間 t の自然対数を用いて表わされる。参考4)

q (地中でのある部分の熱量変化) が一定のとき、 m 、 b は定数となり、さらに m は q と熱伝導率 λ を用いて、(2)式で表わされる。参考4)

$$T = m \cdot \ln(t) + b \quad (b \text{ は定数}) \quad (1)$$

$$m = q / 4\pi r \quad (2)$$

これらの式から、

$$q = 4\pi\lambda (T - b) / \ln(t) \quad (3) \text{ が導かれる。}$$

この式を使い採熱量の時系列だけによる遞減率を計算する。

t (秒) の数値を変えて、初期採熱量 (運転開始後10分~15分の採熱量平均値) と定常採熱量 (2時間~8時間の採熱量の平均値) の関係を求めると、計算値として定常採熱量は初期採熱量の68.3%である。初期採熱量を測定して0.683を掛ければ定常採熱量が得られる。

実験Ⅱは各種採熱管の初期採熱量を測定しこれに0.683を掛けることにより定常採熱量を求めることとした。短時間の採熱量測定を行うことにより多くの回数の実験をおこなうことが可能で、またその結果から短時間測定法の有効性の確認もおこなう。

3-1. 実測値と計算値

採熱実験Ⅰで測定された数値により、運転初期の採熱量と定常採熱量の割合を求め、計算により求めた低減の割合との比較を行った。採熱実験Ⅰで6か月間に繰り返した8時間運転により得られた160ほどのデータにより、定常採熱量と初期採熱量の関係は、6か月の平均として80.3%であることを確認した。

計算値68.3%は時系列の遞減だけであるが、測定値80.3%には土壌の熱伝導率、地中温度、および採熱管近傍の温度によるファクターの影響が含まれている。更に大きな影響を与える地下水の有無や地下水の流速のほか、土壌の空隙率、含水率、熱拡散率など総合的な

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：
地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007.9.

ファクターによる影響が含まれているはずである。

本研究で求めたいものは、その土壤の一般的な状態の λ_0 値だけによる時系列の逓減の傾向である。様々なファクターが総合的に影響するフィールド実験でそれを求めることは難しい。

本実験では実験地の地下水位が高いことに注目し、土壤の含水率の比較により一般的な状態の λ_0 値を推定し定常的な採熱量を求めることとする。

《安定した含水率の土壤での熱伝導率 (W/m・k) の推定》

調布・藤沢とも、地盤柱状図 (図3-1) によれば地中の浅い位置に地下水が確認されるが、地域の状態から地下水の流れは無いと推定される。藤沢の実験地では、土壤の体積含水率は飽和の状態、また調布のローム層も飽和に近い状態と考えられる。

今回の実験で測定された初期採熱量は飽和の熱伝導率 λ_* 又はそれに近い状態と考え、一般的な安定した含水率の状態の採熱量を求めるには、含水率の安定状態の土壤での熱伝導率 λ_0 との比較により逓減させる必要がある。

参考32) ウィリアム・ジュリー+ロバート・ホーン
著、取出伸夫監訳：土壤物理学、築地書館、2006。

参考33) 宮崎 毅、長谷川周一、粕渕辰昭著：土壤物理学、朝倉書店、2009。

参考31) 浦野良美編著：住宅のパッシブクーリング：
森北出版、1991。

体積含水率と熱伝導率の関係を示したウィリアム・ジュリー及びロバート・ホーン提案のグラフの上で、実験地の土壤の飽和・不飽和の状態の熱伝導率を検討する。参考32)

①一般的な安定した含水率の状態とは、毛管飽和の状態と考える。毛管飽和における体積含水率は飽和の状態より数%から十数%小さいとされている。参考33)

マトリックスポテンシャルの測定による水分特性曲線の提案から土の含水率は自然土壤で0%となることは考えにくく、一般的な自然な土壤での体積含水率の下限は10%~20%以上と想定する。

②土の105°Cの加熱の実験によるローム層の重量含水率 u_l は0~40%、砂層の重量含水率 u_s は0~25%が一つのデータとされる。参考31)

これらの数字は、ローム層の乾燥密度 ρ を0.75 g/cm³、砂層の乾燥密度 ρ 1.25 g/cm³と想定すると、体積含水率 θ としてローム層0~50%、砂層0~42%と読み替えることができる。含水率0%は自然状態では考えにくいから、ローム層10~50%砂層10~42%と想定しその後の検討を行った。

(体積含水率 $\theta = \rho u / (1 - u)$ u は重量含水率、 ρ は乾燥密度)

③ ②から毛管飽和の状態の体積含水率は飽和の体積含水率-10%と想定すると、②で検討した数値から、毛管飽和はローム層40%、砂層32%と推計できる。

④ローム層の安定した状態の含水率は、別の資料から、40%程度であることを確認した。参考29) 参考9) 。③の検討によるローム層の毛管飽和は40%で符合する。

以下の内容の記述が確認できた。

◇参考29) 高松塚古墳石室周囲の空地・草地では、地表近くは6月～12月において地中の体積含水率は地表近くでは10%以下であるが深部に行くにつれて数値が上がり、地中1.9mから安定し40%程度になる。

◇参考9) 草地・圃場の地中0.75mの体積含水率は年間を通じて40%程度である。

⑤一般的に使われる熱伝導率 λ は、ローム層で0.72 (不飽和) ～1.0 (飽和)、砂層で1.19 (不飽和) ～1.53 (飽和) と考える。参考4)

⑥以上の数値を、参考27) ウィリアム・ジュリー及びロバート・ホーン提案のグラフ上にプロットして検討した。

ローム層及び砂層ともに、不飽和と想定される下限値がグラフ上で自然な状態に無いことを考慮して、体積含水率の自然状態の値を見直し、ローム層25%～50%安定値40%、砂層20%～42%安定32%、と推定した(図3-11)。これらのデータは、温度条件は常温20℃程度で土の密度などは一般的な土の状態を想定した、一般的な熱伝導率と考える。

⑦このグラフから読みとれる一般的な安定した体積含水率の状態での熱伝導率 λ_0 は、ローム層で0.89、砂層で1.39である。この数値により安定状態の採熱量を推計した。

《採熱量 (W/m) の推計》

各採熱管の単位長さ当りの採熱量の算出は以下の式によった。

藤沢の含水状態は飽和状態と想定した。

砂層の単位長さ当りの採熱量 (W/m)

$$= \text{初期採熱量 (W)} \times \text{定常採熱量への低下率 (0.683)}$$

$$\times \lambda_0 / \lambda_* \div \text{採熱管の実質長さ (m)}$$

λ_0 : 一般的な安定した含水率状態での熱伝導率

λ_* : 砂層飽和の熱伝導率

$$\text{砂層 } \lambda_0 / \lambda_* : 1.39 / 1.53 = 0.908 \Rightarrow 0.91$$

調布の含水状態は飽和より少し乾燥していると想定し、熱伝導率

$\lambda_* * 0.97$ (体積含水率47%) と想定して、採熱量を計算した。

参考34) 石崎 武志、佐野 千絵、三浦 定俊. :

「高松塚古墳石室の温湿度および墳丘部の水分分布調査」、保存科学 No. 43、2004.

参考27) 牛山素行編：身近な気象 気候調査の基礎、古今書院、2000.

参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム、オーム社、2007. 9.

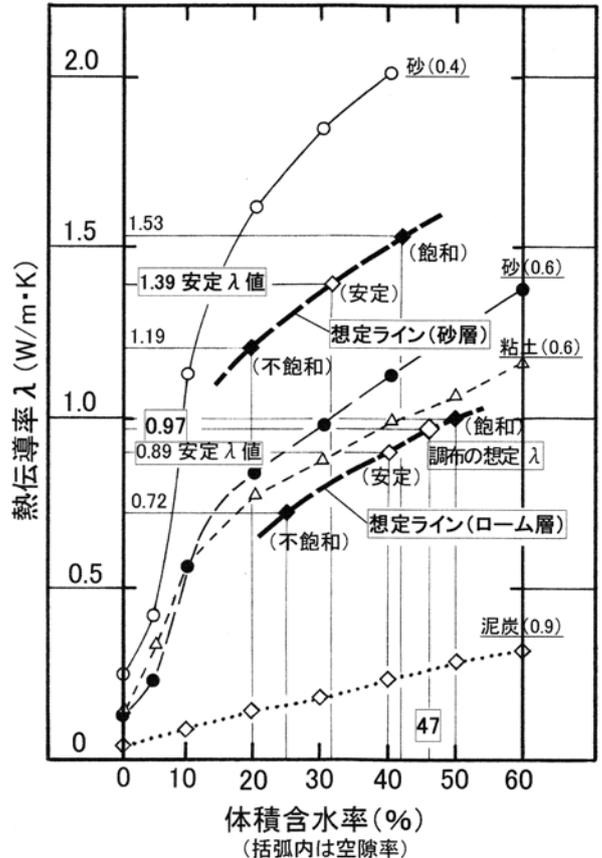


図3-11 安定した体積含水率の土壌における熱伝導率の想定 (ウィリアム・ジュリー及びロバート・ホーン提案のグラフに加筆。)

ローム層の単位長さ当りの採熱量 (W/m)
 =初期採熱量 (W) ×定常採熱量への低下率 (0.683)
 × λ_0/λ_{**} ÷採熱管の実質長さ (m)
 λ_0 : 一般的な安定した含水率状態での熱伝導率
 λ_{**} : 調布の測定時の想定熱伝導率
 ローム層 λ_0/λ_{**} : 0.89/0.97=0.917 ⇒0.92

3-2. 測定装置

地中の採熱管への水の温度T1と流量Lを変えながら1次水を流し採熱管から還る水温T2の変化を測定する。

水冷ヒートポンプで作った冷温水をサーバータンクへ一時貯蔵し、温度と流量を調整して地中の採熱管へ流す(図3-12)。温度調整および流量調整は手動とした。模擬熱源は暖房運転では調布で井水、藤沢で市水を使用して冷やし、冷房運転では電気ヒーターおよびガスヒーターで補助的に加熱した。ヒートポンプおよび不凍液は実験Iと同じものを使用した。

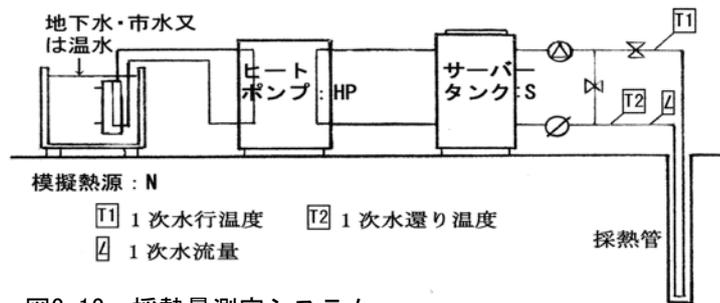


図3-12 採熱量測定システム

3-3. 使用した採熱管 (図3-13、図3-14、および図3-15参照)

使用した配管と横引き管を含めた実質の長さを表3-1へ示す。

30φ銅管は地中埋設した場合、電蝕の問題や打ち込み強度などから採熱管としてふさわしくないが、30φ管からの採熱用として実験的に採用した。

表3-1 使用した採熱管と実質長さ

使用した採熱管		単位長さ当り採熱量計算用の実質長
調布	架橋ポリエチレン管 25φ 5本	暖房時 / 38.45m、冷房時 / 34.84m
	同軸鋼管 50φ 3本	暖房時 / 19.58m、冷房時 / 18.92m
	鋼管 30φ 3本	暖房時 / 23.31m、冷房時 / 21.06m
藤沢	同軸鋼管 50φ 3本	暖房時 / 19.08m、冷房時 / 21.00m
	第1群 同軸鋼管 100φ 3本	暖房時 / 18.49m、冷房時 / 20.61m
	第2群 同軸鋼管 100φ 3本	暖房時 / 18.82m、冷房時 / 20.27m
	第3群 同軸鋼管 100φ 3本	暖房時 / 18.46m、冷房時 / 19.27m
	第4群 同軸鋼管 100φ 4本	暖房時 / 24.80m、冷房時 / 26.24m

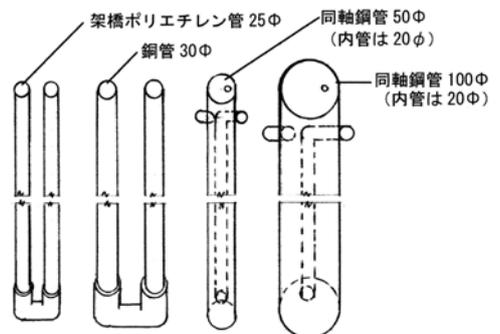


図3-13 使用した採熱管

3-4. 調布での採熱実験（測定装置の様子は写真3-2に示す）

- ・実験地 調布市深大寺南・地層はローム層で地下水位-3.7m程度。
- ・実験実施日2010年8月12日～9月29日。平均気温26.5℃。
- ・採熱管の配置は図3-14による。25φ管30φ管は250φの穴を開けて挿入後ローム土で埋戻し。50φ同軸管はローム層へ圧入した。
- ・測定は20分運転とし、参考のために30分および1時間の運転も数回行い、延べ300回程度の採熱実験を行う。
- ・基本的な測定サイクルは、水温度及び流量調整等に30分、測定20分、その後に採熱管を替えて実験した。3種の採熱管を採用したから、同じ採熱管の運転間隔は約2時間10分程度である。
- ・採熱管へ入れる水温度（1次水温度）は、不凍液は使用しているが調布・藤沢共零度以上の温度とした。

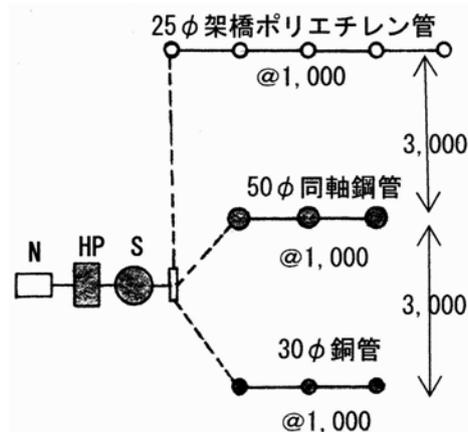


図3-14 調布の測定器配置

3-5. 藤沢での採熱実験（測定装置の様子は写真3-3に示す）

- ・実験地 藤沢市松が岡・地層は砂層で地下水位-1.5m程度。
- ・実験実施日2010年12月2日～2011年2月16日。平均気温5.8℃。
- ・採熱管配置は図3-15による。50φ同軸管および100φ同軸管とも250φの穴を開けて挿入後砂で埋め戻した。
- ・測定は20分運転とし、参考のために30分および1時間の運転も数回行い、延べ100回程度の採熱実験を行う。100φは4群を用意し同じ採熱管の運転 間隔は約2時間程度である。

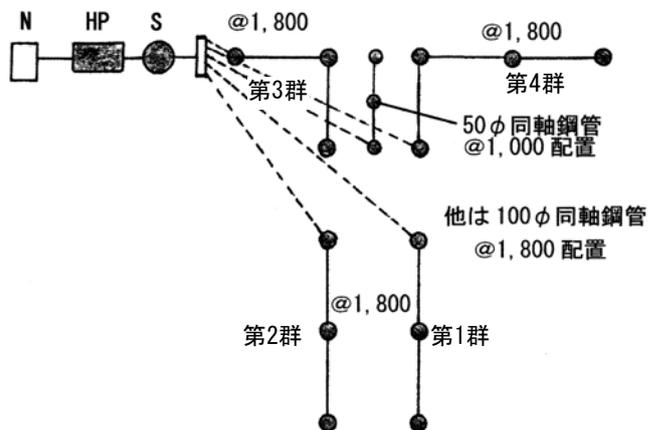


図3-15 藤沢の測定器配置

3-6. 測定結果とデータの整理

1次水の温度と流量を確認してサーバータンクへ水量をセットする。地中の採熱管へ流し込みを開始するが、流し込み開始時と採熱開始時には5分程度のタイムラグがある。流し込み開始後最高の採熱量に達した時点を探熱開始時とし、その後10分～15分間のデータを10秒毎に記録した。

データはすべて時間軸と採熱量軸の折れ線グラフを作成し、 $1/\ln(t)$ のグラフラインに沿ったかたちのデータのみを採用して採熱量を計算した。

実験値の整理にあたっては、基礎杭使用の採熱量として25φ換算10W/m程度を採用していることを考慮し、各種採熱管とも25φ換算実験値の10W/m以上の測定値を採用して平均値を算出した。

25A 10W/m以上、30φ 12W/m以上、50φ 20W/m以上、100φ 40 W/m以上、のデータを採用し平均値とした。

横軸を1次水温度、縦軸を1次水流量、バブル面積に採熱量を表わすバブルチャートを作成した。それぞれの項目の平均値を求めグラフ上に濃いバブルで記入した。採熱実験結果を(図3-16と図3-17)に示す。(表3-3)に6m採熱管の採熱量平均値をまとめた。



写真3-2 調布の測定器写真



写真3-3 藤沢の測定器写真

第4節 実験結果

①暖房運転における採熱量は、25A架橋ポリエチレン管で1次水温度平均4.8℃毎分平均流量5.3リットルの条件で、ローム層から41.3 W/mの採熱が確認された。

6か月間の採熱量の逓減も考慮して、従来の100m採熱管25Aシングルの一般的な採熱量と比較し（表3-2）に示す。運転後2か月程度は従来の100m採熱管と同等以上の採熱量であるが、6か月後は半分程度の熱量となることが判る。

②暖房運転で30φの銅管は25φ管の採熱量の管径の比例値に近い熱量51.3W/mが採熱が確認された。

③50φ同軸鋼管は25A採熱管の2本分の表面積を持つが、暖房運転で53.3W/mで25Aの1.3倍、冷房運転でも1.5倍程度の41.0 W/mであった。

④50φ同軸管の暖房では砂層/ローム層比0.77、冷房では0.91であり、λの数値比の傾向にはあるが、λの比0.64ほどの差は出ていない。

⑤夏に暖房の実験をやれば、実験用の水を温めやすく、冬に冷房の実験をやれば冷やしやす。夏の実験である50φ同軸管はローム層での冷房/暖房の比率平均は0.77、冬の実験である砂層での冷房/暖房の比率平均は0.91であった。ローム層では夏の運転で暖房有利、砂層では冬季運転で冷房有利の傾向が出ている。

⑥記録された採熱量に対応する1次水の温度は、暖房冷房とも各種採熱管で同じ程度の温度の範囲の幅となっているが、流量は採熱管の表面積が大きいほど広い範囲の流量に対応して採熱する傾向があることが判る。

表3-2 6m採熱管と100m採熱管の採熱量の比較

採熱管	25Aシングル		25Aダブル
	100m	6m（本研究）	100m
長さ			
採熱量	33~45 (W/m) (一般想定値)	41.3 (W/m) (インターバル運転初期2か月程度)	40~50 (W/m) (一般想定値)
		20.6 (W/m) (インターバル運転の連続6か月後)	

第5節 採熱量と採熱量逓減のまとめ

今回行なった短時間測定法によれば、@1,000~1800のピッチの採熱管配置で、運転から2か月間程度は6m採熱管も従来の100m採熱管の一般的採熱量とされる33~45W/mと同程度以上の量の採熱が可能であるが6か月程度の運転では約半分程度となることが判った。

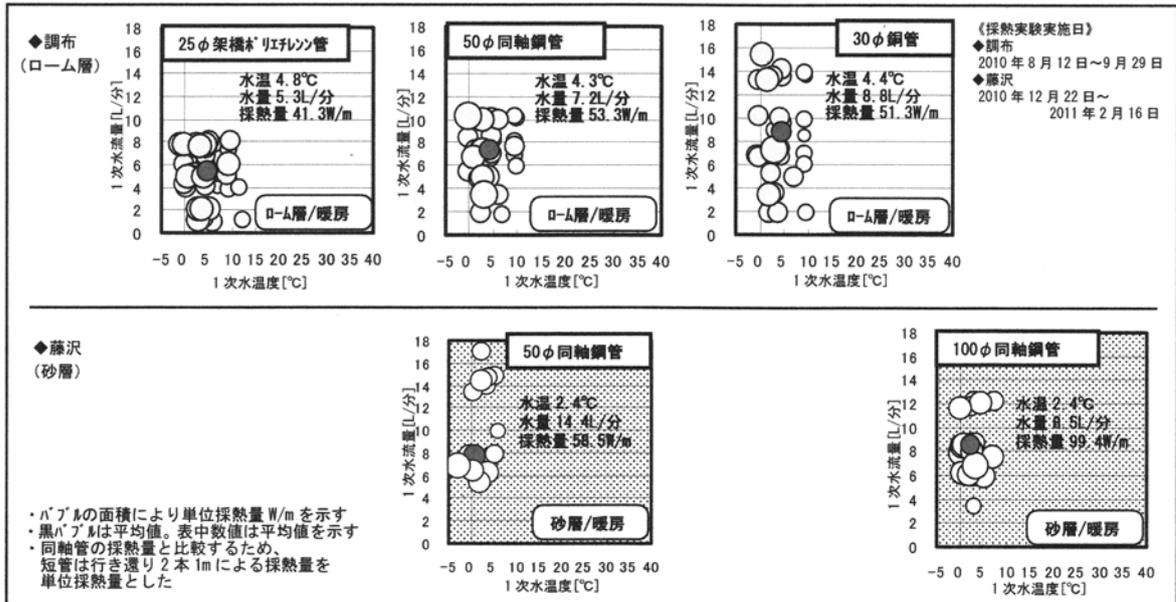


図3-16 6m採熱管による採熱実験のデータ (暖房運転)

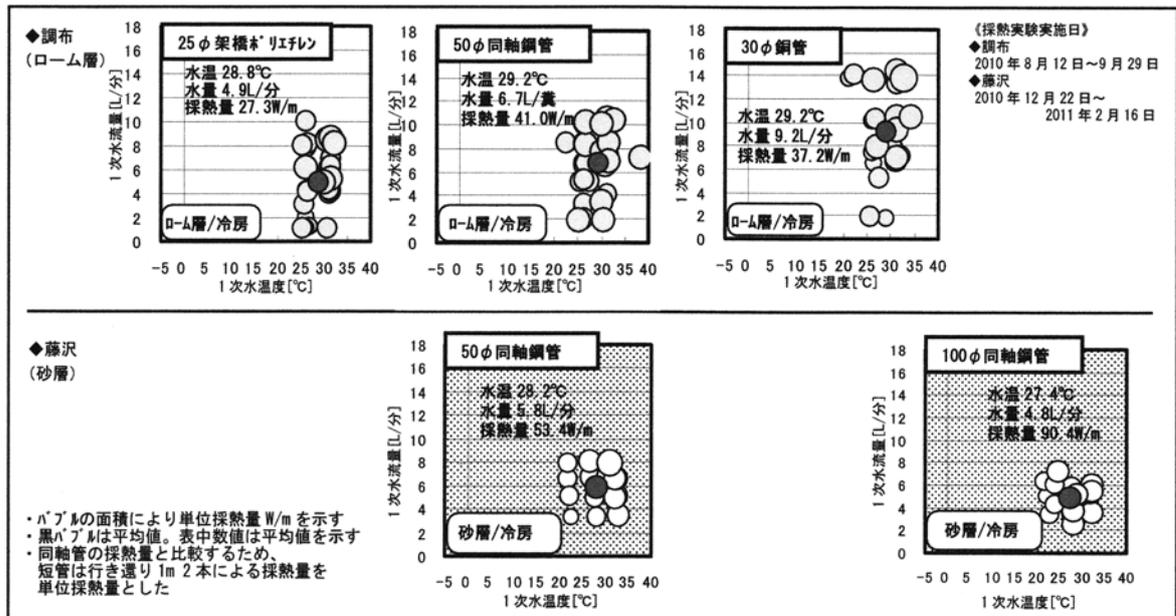


図3-17 6m採熱管による採熱実験のデータ (冷房運転)

表3-3 6m採熱管採熱量の平均値 (30W/m以上の測定値の平均)

暖房運転		25φ架橋ホリエレン管	50φ同軸鋼管	30φ銅管	100φ同軸鋼管
ローム層 (調布)	水温 (°C)	4.8	4.3	4.4	
	流量 (L/分)	5.3	7.2	8.8	
	採熱量 (W/m)	41.3	53.3	51.3	
砂層 (藤沢)	水温 (°C)		2.4		2.4
	流量 (L/分)		14.4		8.5
	採熱量 (W/m)		58.5		99.4
冷房運転		25φ架橋ホリエレン管	50φ同軸鋼管	30φ銅管	100φ同軸鋼管
ローム層 (調布)	水温 (°C)	28.8	29.2	29.2	
	流量 (L/分)	4.9	6.7	9.2	
	採熱量 (W/m)	27.3	41.0	37.2	
砂層 (藤沢)	水温 (°C)		28.2		27.4
	流量 (L/分)		5.8		4.8
	採熱量 (W/m)		53.4		90.4

実験Ⅱの暖房運転では不凍液を使用しながら1次水温度は零下としない運転で採熱量を確認したから、寒冷地以外では不凍液を使用しない運転を工夫すれば、不凍液を使用する場合の採熱量の逓減が無いから暖房でさらに1割以上の採熱量増が可能である。

ここで特記しておかなければいけない事項は、この実験では、
①短期の採熱量の測定と長期間の測定については、同じ状態での採熱の傾向について確認をしていない。
また、②採熱量の測定にCOPを考慮した検討をしていない。そのため採熱量の扱いは慎重にしなければならないと考える。

ここまでの一つの結論を、「6m採熱管を使用する場合は、要求される採熱量に必要な採熱管の長さとして、逓減率と安全率を考慮して、推計採熱量による採熱管の長さの2倍の長さを採用する」とする。

短時間測定法による検討の結果から、2か月程度の運転ならば6m採熱管も100m採熱管と同じ程度の採熱が可能である、との一つのデータが得れたと考える。

第6節 本実験の総括的位置づけ

次の第4章ではこれまでのデータをさらに分析し、6m採熱管を実際に使用するための検討を行うが、この章の終わりとして、これまでの実験の内容が《6m採熱管の全容を知るための検討のどの程度の部分》にあたるかを述べておきたい。

地中熱利用の概念と関係要素の、100m採熱管使用と6m採熱管使用の場合を図示する。(図3-18)

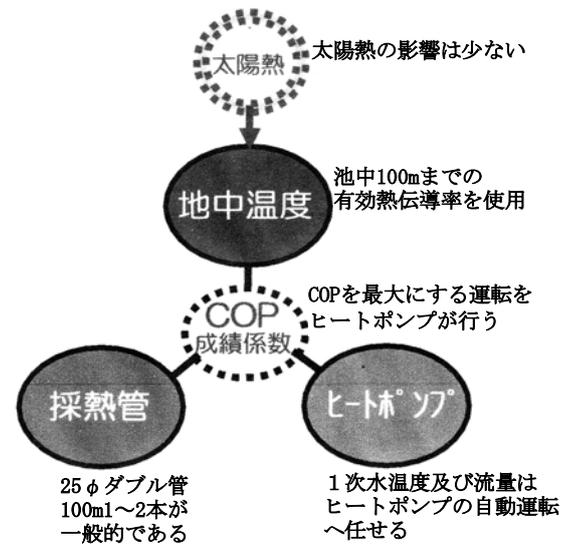
太陽熱

地中熱利用は結局太陽熱により温められた地中の熱を使うことである、と言われているが、100m採熱管使用では太陽熱の直接の影響は少ない。6m採熱管使用では、年間サイクルの地中温度の影響を強く受けるものと考え。

地中温度

6mの地中では太陽熱の影響が大きく、地中温度は年間の四季のサイクルに合わせて変化する。採熱により温度が低下した場合その回復が、周囲熱からの移動なのか、年間サイクルの結果なのか、関係のメカニズムは解明されていないため判断がつきにくい。100m採熱管では年間サイクルの影響は少なく、周囲熱の移動により回復する。

100m採熱管使用の場合



6m採熱管使用の場合

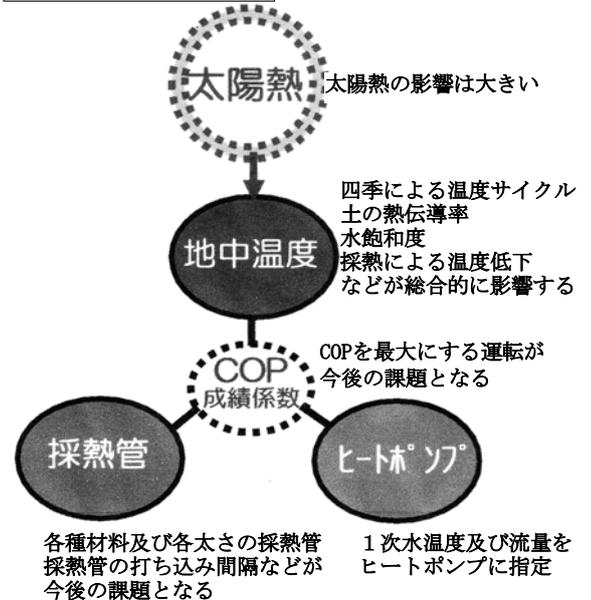


図3-18 地中熱利用の概念と関係要素

採熱管

100m採熱管では通常25φ管ダブルが標準で、本数も1本又は2本であり、その間隔は4m以上離すことが推奨されている。

6m採熱管としては各種材料が使用可能であり、U字管や同軸管が採用できる。本研究では同軸管を推奨し、太さは50φから100φまでが使用可能である。

6m採熱管の本数は住宅1軒分としては10～20本程度である。間隔は、長期採熱実験では1,000ピッチ、各採熱管の採熱実験では50φ以下は1,000、100φでは1,800間隔で実験を行った。

ヒートポンプ

採熱のために地中の採熱管へ入れる水の温度と流す流量を調節する必要がある。現在市販されているヒートポンプはこの2要素に関して自動調節となっており、指定ができない。

COP（成績係数）

ヒートポンプを稼働するための電力と採熱した熱量の割合である。運転効率を上げるためヒートポンプはすべての状態を把握して、1次水温度と流量を調整する。

地中熱利用の概念と関係要素における、本実験の位置づけを示す(図3-19)

採熱管・ヒートポンプ

①採熱量の通減の実験では、20φ管のみによる実験であり、可能であればもう1種類の採熱管を使用した実験を行い比較すべきと考える。しかし、本実験はヒートポンプの性能の極限を使った採熱実験であり、6ヶ月で半減する内容は安全側のデータとして採用が可能であると考え。採熱管の打ち込み間隔は、6m採熱管の住宅での利用を考えて、住宅の基本寸法の900や1,000や1,800などの数字を使用した。採熱管の間隔と採熱量や採熱量の通減については、各種採熱管を使用している様々な間隔の場合を測定しなければ、厳密な意味での必要間隔はわからない。また直角に並べる場合や格子状に打ち込むなど、色々なケースを試みなければならない。

②現時点で考えられる種類の採熱管を使用して、1次水温度及び流量を変えた実験を行い、それに伴う採熱量を測定し100m採熱管の採熱量と比較した。ヒートポンプの便利な自動運転装置を使わず、1次水と流量を手動で操作した実験を行った。

地中温度

①6ヶ月の採熱量通減の実験による地中温度の変化について、温度の低下が採熱によるものなのか、年間サイクルによる影響があった

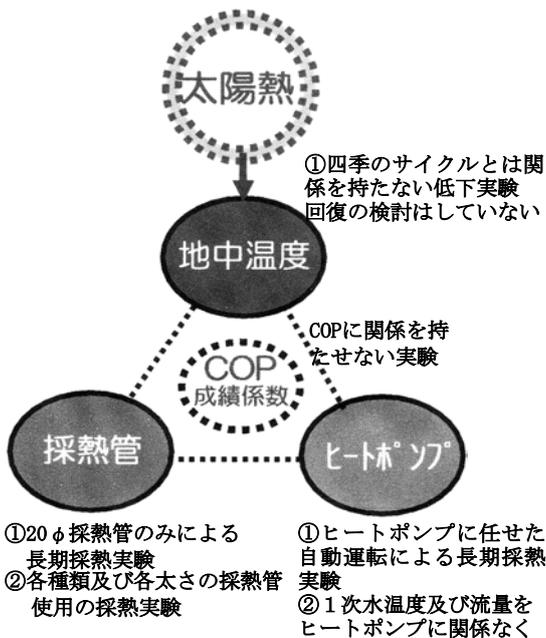


図3-19 本論文の実験の内容

のかは確認されていない。

②各種採熱管による採熱実験は繰り返し行ったものである。同じ採熱管を使用する間隔は2時間以上時間をおいたものであるが、その時間が採熱に影響するものかの確認はされていない。

COP（成績係数）

①長期の低減実験ではすべてヒートポンプの自動運転に任せて運転した。1次水の流量はヒートポンプが流せる最大の流量で、1本当たり常時8ℓ/分、温度は-7℃迄低下した。ヒートポンプの能力一杯に運転したものと判断する。COPは2.56で良い成績とは言えない。

②6m採熱管を使用した今回の採熱量の実験は、COPを確認しながら行った実験ではなかった。実験Ⅱにより瞬間的な採熱量に対する1次水と流量はわかってきたと考える。これらの数値は市販のヒートポンプを採用する場合は指定することはできない。その意味では実験Ⅱの結果は現在では地中熱利用に実際は反映できない事項である。つまり、1次水温度と水量の指定できるヒートポンプが発売されるか、そのような付加装置を開発する必要がある。その時点では、不凍液を使用しないで、実験Ⅱで得られた採熱量の1割増しの温熱の採熱が期待できる。

以上が本実験の総括的な位置付である。6m採熱管の全容を知ることができたとは言えないが最小限のデータが得られたものと考え、今後さらに検討を重ねて行きたい。

ここで得られた知見を元に、6m採熱管を作成していろいろな住宅に使い改良を加えて行く。そして電気をなるべく使わずに自然エネルギーを住宅で日常使用する さきがけとなる結果 を導きたい。

□ 第 4 章 実験結果の分析と 6m同軸採熱管の提案

これまでの実験により得られたデータを分析し、
今後利用できる 6 m採熱管の形を提案する。

第1節. 実験結果の考察

1-1. 地中温度の地域比較

6mと100m採熱管周囲平均温度を比較すると、全国の48か所の暖房時の推計値の差値は、平均で0.25℃ 6m採熱管の方が高かった。

しかしわずかな温度差であるから、

《6mも100mもほとんど同じ温度である》

が結論である。

全国の各地方によりその温度差の大小があり、地域において違いがあることがわかった。全国の各地方の6m管と100m管の平均温の差値を比較すると、6m採熱管が100m採熱管より優位とみられる順は以下のとおりである。

- ① 九州地方 0.56℃
- ② 北海道地方 0.49℃
- ③ 東北地方 0.27℃
- ④ 関東地方 0.26℃
- ⑤ 中国地方 0.20℃
- ⑥ 中部東海地方 -0.02℃
- ⑦ 近畿地方 -0.12℃
- ⑧ 四国地方 -0.39℃

冬季に、外気と部屋の中の温度差のある寒冷地では暖房機としてエアコンは不利であるといわれる。室温が上がらず使い物にならないため、100mの採熱管を使用した地中熱利用ヒートポンプが北海道において普及し始めている。地中が外気により冷やされていると考えられるため、短い採熱管では地中熱利用に使用出来ないと考えれ勝ちであるが、今回の検討で6m採熱管を利用すると、100m採熱管を利用するよりもむしろ有利であるという結果が出た。今後はさらに、北海道地方及び東北地方で、6m採熱管の採熱実験を行い地中からの採熱量を確認すべきと考える。

1-2. 将来の温度差の推計

6mも100mも地中温度は地上の年間平均気温の上昇に伴い少しずつ上昇していくことがわかった。各地で年間平均気温が上がる傾向にあるが、今後の上昇に沿った6m採熱管及び100m採熱管の周囲平均温度を推計した。

6mの採熱管の上昇の係数は0.82、100mの採熱管の上昇の係数

は0.321、である。

1970年から61年後の2011年の年間平均気温の上昇温度は1.7℃で61年間の上昇勾配は、0.28℃/年である。

2011年の6m採熱管平均温度(全国平均値)は15.20℃、

2011年の100m採熱管平均温度(全国平均値)は14.95℃である。

それぞれの平均温度に温度上昇値と係数を掛けたものを加えて、9年後の2020年の6mと100m採熱管の平均温度差を求めると、0.4℃となる。また、16年後にはその差が1℃を超えることになる。

差値が1℃を超えることになれば、住宅への地中熱の暖房利用は6m採熱管が有利であることがはっきりといえることになると思われる。

1-3. 採熱量の逓減について

架橋ポリエチレン管20φシングルで、8時間運転16時間休止のインターバル運転を6か月間行い、採熱量の逓減を調べた。運転開始から2か月間程度は採熱量の逓減は少ないが、6か月後には51.0%へ逓減することを確認した。

この実験にはいくつか考慮をしておかなければいけない事項がある。

① 50℃での運転指定温度は高すぎたのではないか

この運転で地中の採熱管へ入る1次水温度は-5℃より下がる場合がありヒートポンプはかなり厳しい運転を行なっていることがわかる。ヒートポンプメーカーの技術基準の1次水温度の数値としても-5℃が一番厳しい運転状態で、COPもあまり良い成績とはいえない。ヒートポンプの自動運転に任せた結果が、そのまま成績に現れたということである。一般的に床暖房で使用する水温は35℃程度であり、35℃指定で運転すれば違う成績が得られたものと考えられる。

② 季節サイクルの暖房負荷に沿った熱量での運転

暖房期間は6か月としたが、実際の暖房負荷は50℃指定の連続運転するほど厳しいものではなく、季節のサイクルに沿った負荷に合わせた運転により、採熱量の低減を測定すべきと考える。そのためには、運転の指定温度を月ごとに変えるなど、状況に合わせた実験が必要である。

③ 1次水の温度及び流量の管理

実験Ⅱにおいて、ヒートポンプから地中へ流す1次水の温度と流量を変えながら、色々な採熱管の採熱量の測定実験を行った。その結果、1次水の温度と流量の違いによる採熱量の傾向がわかってきた。今後の採熱量の逓減の実験には今回の実験結果を使って、

採熱管の種類と1次水の温度と流量を変えながら行うことが可能である。しかし、現在市販されているヒートポンプは、自動運転だけを行うものであり、理想とする条件での採熱量の通減の実験には向かない。将来の実験には定温定流量装置を開発する必要がある。

その結果、1次水温度と流量を一定に保つ難しい調節をしなくても、1次水を零度以下にしない運転の採熱実験が可能で、COPの検討を含めた運転の採熱実験ができるものとする。

④ 採熱管の本数を変えた低減の実験

採熱量を考慮した採熱管の本数や安全率の検討のため、いくつかの群に分けた余裕を持った本数の採熱管による実験が必要とする。

1-4. 6m採熱管の採熱量の考察

各種の採熱管の採熱量の測定を行ったが、それらの代表として架橋ポリエチレン管25φシングルで41.3W/mの採熱を確認した。

100mボアホール採熱管25φシングルで採熱量は33~45W/m程度と考えられるから、2か月間程度は、6m採熱管は100m採熱管と同程度以上の地中熱が採熱ができると言える。しかし6か月の長期運転では採熱量は半減すると思われる。

6m採熱管の実際の使用に於いては、100m採熱管の採熱量と同程度の採熱量があるとして採熱管の長さを計算し、安全率として2倍の長さを用意することで地中熱が利用できると考える。

i. 管径と採熱量について

実験I及び実験IIを通じて、架橋ポリエチレン管20φ、25φ、銅管30φ、同軸鋼管50φ及び100φの採熱管により採熱実験を行った。

得られたデータにより、採熱管の管径と採熱量の関係を検討する。その結果から、他の管径の採熱管の採熱量を推計することが目的である。

20φ、25φ、30φの採熱管をU字管と呼ぶ。採熱量の測定は、U字管6m往還合計12mを1本として計算したものである。同軸管は6mを1本で採熱量を測定しており、それらの比較のためには、U字管は長さを1/2として計算する必要がある。

表4-1 管径に対する採熱量
(砂層ローム層データを共に使用)

種類	暖房運転						冷房運転				
	U字管			同軸管			U字管		同軸管		
管径mm	20	25	30	50	50	100	25	30	50	50	100
採熱量W/m	12.0	20.7	25.7	53.3	58.5	99.4	13.7	18.6	41.0	53.4	90.4

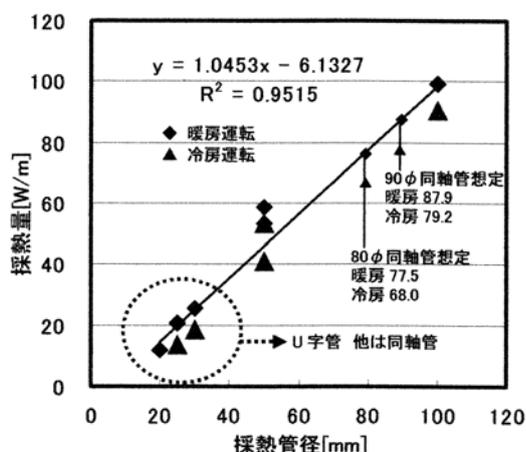


図4-1 採熱管径と採熱量

測定はローム層と砂層で行った測定値であるが、(表3-3)に記録した採熱量の暖房熱及び冷房熱の数値を共に同じ散布図にプロットした。また実験Iで得られた、20φによる採熱量2か月間の平均として24W/mを採用してプロットした。

採熱量をy、採熱管径をxとすると、

$$y=1.0453x-6.1327 \text{ の回帰式を得る。 (図4-1)}$$

今後採用したい80φ及び90φ同軸管の想定採熱量は、

暖房採熱量として

80φ同軸管 77.5 W/m、90φ同軸管 87.9 W/m、

100φ同軸管 98.4W/m、

が推計される、ローム層又は砂層における想定採熱量である。

このグラフから実験IIでは、50φ同軸管の採熱量が大きいことがわかる。

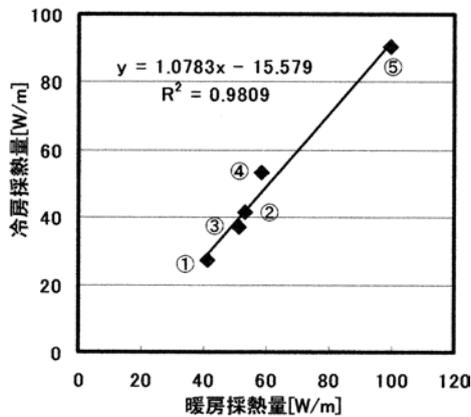


図4-2 暖房採熱量と冷房採熱量

ii. 採熱管の暖房と冷房の採熱量について

実験IIで得られたデータの暖房と冷房の採熱量の比率を検討する。

横軸に暖房採熱量、縦軸に冷房採熱量の散布図を作成し(図4-2)、

$$y=1.0783x-15.579 \text{ の回帰式を得る。}$$

表4-2 暖房及び冷房採熱量と比率

	①	②	③	④	⑤
暖房(W/m)	41.3	53.3	51.3	58.5	99.4
冷房(W/m)	27.3	41.4	37.2	53.4	90.4
冷房/暖房(%)	66.1	77.7	72.5	91.3	90.9

今後採用したい80φ、90φ同軸管及び100φ同軸管の想定採熱量は、冷房採熱量として

80φ同軸管 68.0W/m、90φ同軸管 79.2W/m、

100φ同軸管90.5W/m、

が推計される。

iii. 採熱管の径と採熱量の成績について

実験IIで得られたデータを使い、採熱管の径と採熱量の成績を検討した。

今回の実験では、COP(成績係数)の算出は行わなかったが、1次水の流量(ℓ/分)と温度(℃)の積数と採熱量の関係を検討すれば、採熱管の径による採熱量の成績がある程度判別できると推測した。

30φ、50φ、100φの採熱量を25φ管としての採熱量へ管径の割合で換算して比較した。

暖房運転においては、1次水温度は高いほど効率は良いから、1次水の温度(°C)と流量(L/min)の積数は大きいほど投入エネルギーは少ない、反対に冷房運転においては、1次水の温度(°C)と流量(L/min)の積数は小さいほど投入エネルギーは少ない。

横軸に1次水の流量(L/min)と温度(°C)の積数を、縦軸に採熱量の散布図を作成した。冷房熱量には放射熱としてマイナス数字を用いた。(図4-3)より以下のことが推測される。

- ①U字管より同軸管の方が採熱量が多い。
- ②暖房運転では50φ同軸管の採熱量が最も多く、投入エネルギーも少ない。100φ同軸管は50φ同軸管に次ぐ採熱量を得ることができる。
- ③冷房運転では50φ同軸管は採熱量は多いが、投入エネルギーも多い。100φ同軸管は50φ同軸管に次ぐ採熱量を得ることができる。
- ④このグラフにはないが、80φ及び90φの同軸管も、50φ同軸管と100φ同軸管の中間の採熱量が想定できる。

iv. 80φ90φ100φ同軸採熱管の1次水の温度・流量の検討

実験Ⅱにおいて、各種の採熱管を使用して、流し込む1次水の温度と流量を変えて採熱量を測定し、採取されたデータの平均値から使用した採熱管の標準的な採熱量を検討した。

今後6m採熱管として鋼管同軸管を採用することを想定して、80φ90φ100φの同軸管の標準的な採熱量を得るための1次水温度と流量を検討した。実験Ⅱではローム層と砂層で採熱実験をおこなったがその範囲でのデータを使い、標準的な採熱量を得るための1次水温度と流量を検討する。

(表3-3)の数値を使い、横軸に1次水温度、縦軸に1次水流量とし採熱量をバブルとする、暖房運転および冷房運転のグラフを作成した。(図4-4)

このグラフの白抜きバブルはU字管採熱管を灰色バブルは同軸採熱管を表す。

実験Ⅰは夏にローム層において、その後の冬に砂層で実験したものであるが、実験の大きな方針を立てずにいろいろな採熱管を使用して実験を行った反省は残るが、50φ鋼管同軸管を両方の実験に加えてローム層と砂層にまたがる関係を検討する方針であった。

実験の結果からは、やはり同じ採熱管を使用する大がかりな実験が望ましかったという反省を記述しなければならない。

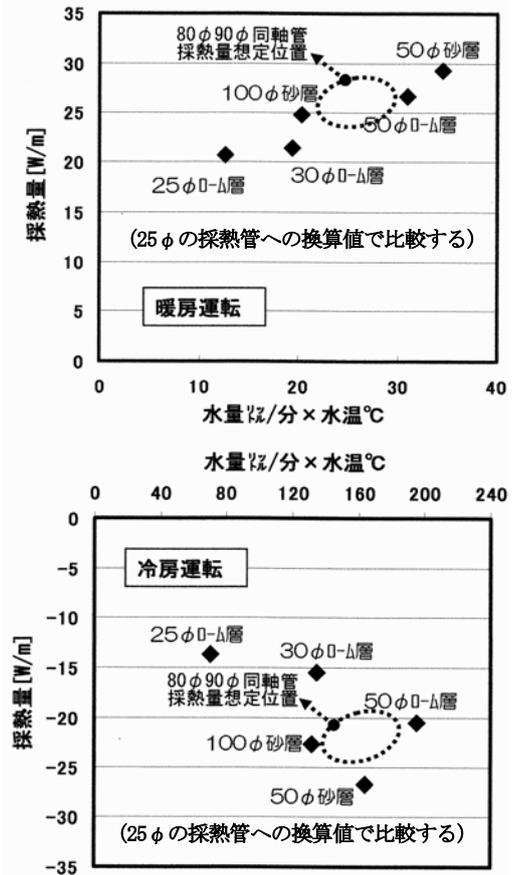


図4-3 採熱管径と採熱量成績
25φ管への換算採熱量で比較する

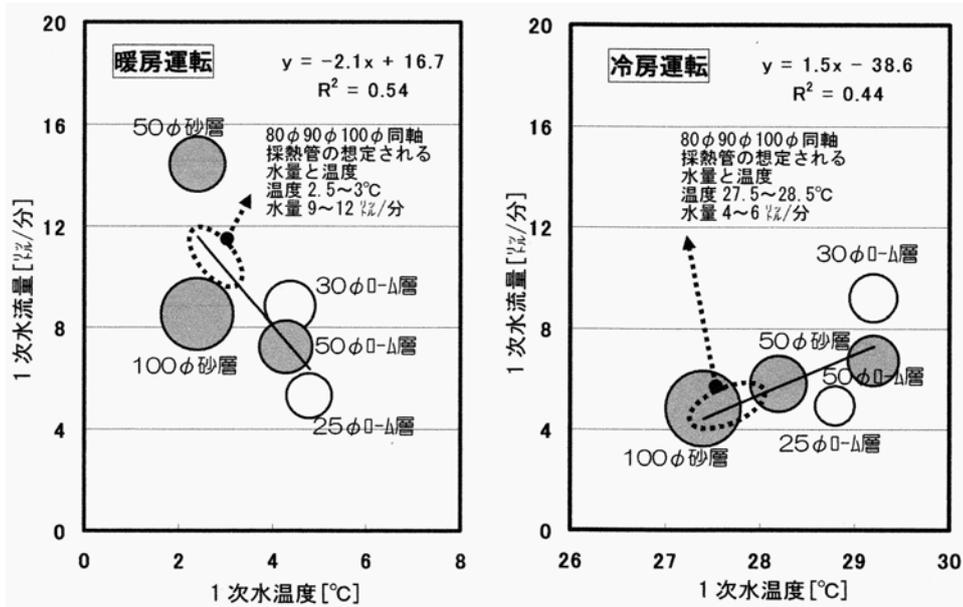


図4-4 標準的採熱量を得るための1次水温度と流入量の検討
白抜きバブルはU字採熱管、灰色バブルは同軸管を示す

(図4-4) に示す決定係数 R^2 の値から、ローム層と砂層にまたがる1次水温度と流量の数値の関係は中程度の相関関係を示すものとなった。しかし、このグラフから想定される関係は、ある程度の目安としての傾向を示すものとし、1次水温度と流量の関係は、以下のような傾向にあると考える。

①暖房運転で、標準的な熱量を得るために

- ・太い採熱管では、1次水温度は低めで流量は多めにする、つまり低めの温度で早めに流す。

(太い採熱管は80φ90φ100φ同軸管とする)

- ・細い採熱管では、1次水温度は高めで流量は少なめにする。つまり高めの温度でじっくり流す。

②冷房運転で、標準的な熱量を得るために

- ・太い採熱管では、1次水温度は低めで流量は少なめにする、つまり低めの温度でじっくり流す。

- ・細い採熱管では、1次水温度は高めで流量は多めにする。つまり高めの温度で早めに流す。

③暖房運転で80φ90φ100φ同軸管で標準的な熱量を得るため

温度は、 2.5°C~3°C 程度

流量は、 9 L/分~12 L/分程度、の設定条件。

④冷房運転で80φ90φ100φ同軸管で標準的な熱量を得るため

温度は、 27.5°C~28.5°C 程度

流量は、 4 L/分~6 L/分程度、の設定条件。

と考える。この程度の1次水の条件での運転が一つの目安と考えられるが、実際には多様な条件で、実施運転を行うべきと考える。

第2節 6m採熱管の形状の提案

i. 同軸採熱管の管径について

前節にて採熱管の採熱量を比較すると、U字管より同軸管が有利であることが確認された。実験Ⅱにおいては、100m採熱管の標準的な管径と考える25φの架橋ポリエチレン管を使用して6m採熱管の採熱実験を行った。また同軸管の採熱量の検討のため、25φU字管と同じ表面積の50φ鋼管同軸管を作成して採熱実験に使用した。

50φ鋼管同軸管は内管には20φの鋼管を使用している。50φ同軸管の構造は、同軸管への流入側は内部管20φを矩型に溶接したものを、50φ管壁を内部から貫通して外部に通す、またもう一方（同軸管からの流出側）は50φの鋼管に20φを溶接したものである。

50φ同軸管の製作は細い管内への2重管の設置という特殊な技術が必要で、今回の採熱実験用に特別に製作したものであり、一般的な鉄工所での製作は難しく、まして量産には適さない。同軸管は製作の上からは、80φ、90φまたは100φの鋼管を使用することが望ましいと考える。

これに加えて、採熱量のデータを示す(図3-17)でわかることは、第3章第5節に述べたように、採熱量に対する1次水の温度は暖房冷房とも各種採熱管で同じ程度の範囲の幅となっているが、流量は採熱管の表面積が大きいほど広い範囲の流量に対応して採熱する傾向があることである。つまり採熱管は大きな径のものを利用すべきだということである。

ii. 6m採熱管の標準的な形状

本研究の実験において採熱量を確認したものではないが、これまでの検討をふまえて、6m採熱管の標準的な形状は、方式としては鋼管同軸管で、外管は80φ、90φ、100φ、内管を20φ鋼管を使用する方針とした。

同軸管の断面の形状は(72頁、図4-4)によるが、これらの形状は今後試作を行い改良を重ねて最終のものとする、その意味で同軸管の草案と考える。

6m採熱管を地中でつなぐ横引き管は、原則として20φ架橋ポリエチレン管を使用し、地上より30cmの深さに埋設するものとする。



写真4-1 50φ同軸採熱管



写真4-2 50φ同軸採熱管打ち込み

標準住宅に使用する採熱管の本数を以下に算定する。

iii. 標準的住宅で使用する6m採熱管の本数

東京地域のローム層又は砂層における、一般住宅120㎡に使用する6m採熱管の本数を試算する。

Q値は2.0W/㎡・℃

室内の設計用設定温度を22℃、外気の最低想定温度を-5℃

内部標準発熱量5W/㎡ 住宅の居室率60% と想定すると、

冬季の最大負荷への出力は、3.5KW程度が必要になることがわかる。

6m採熱管の暖房時の想定採熱量として

80φ同軸管 77.5 W/m、

90φ同軸管 87.9 W/m、

100φ同軸管98.4 W/m、

を使用する。

必要な採熱管の本数は、採熱管の本数の安全率及び長期間運転による採熱量の半減を考慮し、標準採熱量により求めた採熱管本数を2倍とすることで求めた。6m採熱管の本数は、

80φ同軸管 16本、

90φ同軸管 14本、

100φ同軸管 12本、

である。

同軸管をライン状に埋め込むとして、採熱管間隔を

80φ同軸管 @1,400、

90φ同軸管 @1,600、

100φ同軸管 @1,800

と想定すると、

6m採熱管をライン状に打ち込むための最低の長さは、

80φ同軸管 21.0m、

90φ同軸管 22.4m、

100φ同軸管 21.6m

程度の長さが必要である。

iv. 6m採熱管の形状

仕上げは
鉄素地のままとする

◇80φ鋼管同軸管
外径89.1 重量65kg
想定採熱量77W/m

内管20A鋼管
外径27.2

◇90φ鋼管同軸管
外径101.6 重量73kg
想定採熱量87W/m

内管20A鋼管
外径27.2

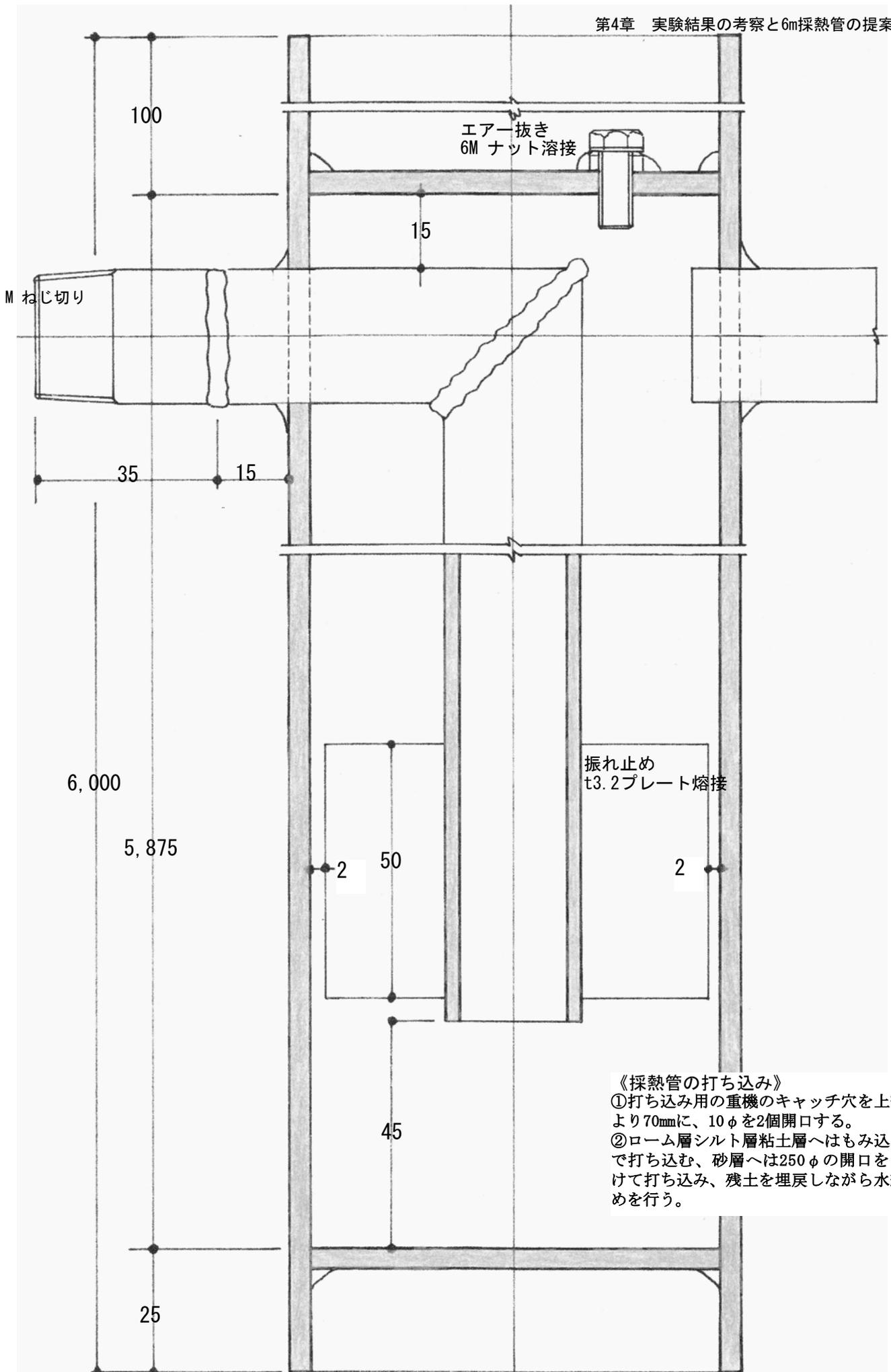
◇100φ鋼管同軸管
外径114.3 重量96kg
想定採熱量98W/m

内管20A鋼管
外径27.2

50

図4-5. 6採熱管径の形状

平断面図 縮尺 1/1



縦断面図 縮尺 1/1

あとがき

地中熱が日常的な技術で利用できることがわかったが、その利用についての検討をおこない使用方法の概要を提案する

<床暖床涼の検討>

暖房で現在最も人気があり普及している方法は床暖房である。床に配管を設置して暖房期間に30℃から35℃の温水を流すことは一般的であり、足元が温まり部屋の温度のバランスもよく、空気が乾燥しにくく心地よい環境が保たれる。換気のために外気を入れて室温が少し下がっても体感としての暖かさはあまり変わらない。

冬は良いのだが、夏季に床配管に冷水を流して冷房を行うことをしないのは、「頭寒足熱」を考慮して足元を冷やすことを一般的に嫌うことと、台風などが来て急に湿度が上がりにつれて床が結露するためである。

放射冷房として「スペインのパティオ」のようにひんやりとした環境はできないものかと誰でも考えるが、なかなか良い案が浮かばない。

放射冷房の採用には、別に空調機を使い湿度調節を行うことが現在の一番良い方法になっている。結果として床冷房設備と湿度調整設備を持った「高度の空調システム」となってしまう。

〈床の温度を25℃保てば室温が28℃でも体感温度は26℃となる〉（11頁、図1-10）ことを考えて、中間期になったら、ヒートポンプの暖房運転モードで最も低い温度25℃運転を行い床内の配管に流すことを、現在検討している。

中間期から室内の床壁天井及び全ての家具什器に冷熱を蓄熱しておく。その状態で夏に25℃運転やフリークーリング運転で、床を冷涼状態にして夏季を乗り切ろうと考えている。

<既成品の冷温熱放射用の鋼管ユニットを作ろう>

床による放射冷暖房は、建物を建設するときに床配管を行わないかぎり設置は難しい。既設の住宅で地中熱を利用する方法として、簡易型ラジエーター方式を検討した。40φの鋼管を素材として作った放射冷暖器を室内で使う方式を考えている。

日本の住宅の部屋の標準的広さ〈6帖用、8帖用など〉に対応する容量の既製品の放熱装置を用意する。既設の住宅にも部屋の大きさに応じて放熱装置を設置し、外壁を通して冷温水を各部屋へサプライし使用する。

冬季は45℃～50℃の湯を通し、夏季は7℃から10℃の冷水を通す。夏季の結露水は除湿を兼ねて外部へ排出する。もっともシンプルな地中熱利用方法である。

<太陽熱と生活排熱を使用する>

給湯を含めた全ての熱を自然エネルギーで賄う場合、大量の温熱が必要である。地中からそれらの温熱を全て採集すれば、年間の冷温の熱がアンバランスになる。アンバランス解消のためには、太陽熱温水器と生活排熱回収装置を使い、採取された熱を採熱管を通して地中蓄熱を行う利用法が考えられる。

<2階床に放射設備を集約させる>

住宅の建築計画に2つのアイデアを組み込む。

- ① 2階の床配管に冷温水を通し、2階の部屋は床放射冷暖房、1階の部屋は天井を張らずに仕上げ、天井放射冷暖房を行う。2階の床だけで1・2フロア分の冷温水配管として使用する。2階の床下が1階の天井の代わりになる。
- ② 階段室外部に簡単な外気処理装置を取り付けて、夏は結露を取り乾燥した空気を、冬は加湿し温めた空気を階段室へ流し、各部屋から階段室の処理された空気を取り入れようという計画である。

<熱は熱で、の実施>

都市部のヒートアイランド現象の解消と住宅での地中熱利用促進を一度に実現する方法がある。

都市部の住宅が過密な地域には採熱管を設置する空地のスペースは無いと想定される。都心部の戸建住宅では窓を開ければ隣の窓があるのが常識である。しかし過密の住宅が増える原因は、大きな敷地は小さく区切って販売されるからであり、その敷地は私道により公道とつながっている。建築基準法第1項5号道路・位置指定道路、つまり道路といえども私有地で税金も権利者が支払っている。私道に採熱管が埋設できれば、過密な住宅地ではエアコンをやめて地中熱利用が採用できることになる。都心3区の一つの区役所にヒアリングを行った。

私道の位置指定は建築指導課が確認申請時に道路としてみなして決定し建築の確認を行う。一般に道路面の下に構築物の設置は条件付で認められている。私道に関しては地下建築物の建設も可能である。一般には私道は複数の建築主の共用部であり給水排水ガスの引き込みに使われる、私道には採熱管の設置も可能であり、設置に当たっては共同の所有者の同意があればよい。

私道には採熱管が設置できる、将来は私道沿いにはエアコン室外機が無く排熱と排気音のない住宅を増やしたい。

《 参考文献リスト 》

- 参考a) 大海一雄：「現代住宅の見直し 『家に床下は必要か』 平地式住宅のすすめ」
メタモル出版、1998年。
- 参考b) 西山卯三「住まい考古学」（彰国社）、1998年。
- 参考c) 神戸不燃板工業株式会社技術資料N09, 2008年。
- 参考1) 省エネ法省エネ基準の見直し等に伴う改正 <http://www.mlit.go.jp/common>
- 参考2) 国土交通省・経済産業省より定められた基準 <http://www.airshome.co.jp/shouene.pdf>
- 参考3) 省エネ法 <http://ees.ibec.or.jp/cal/index.php>
- 参考4) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中 x 熱ヒートポンプシステム、オーム社、
2006年。
- 参考5) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：地球熱利用システム、2006年6月。
- 参考6) エネルギー助成金 経済産業省 平成23年
http://www.meti.go.jp/information_2/data/hojo201107_09.html
- 参考7) 葉山成三、天井冷暖房のすすめ：筑摩書房、1990年。
- 参考8) 欧米日室内気候研究室：モンスーン日本の室内気候、鹿島出版会、2009年。
- 参考9) 加藤信介、土田義郎、大岡龍三：建築環境工学、彰国社、2002年。
- 参考10) 関根、大岡、横井、柴、黄、南：
場所打ち杭を用いた地中熱空調システムの実用化に関する研究、
大成建設技術センター報、第38号、pp. 11-1-8、2005. 11.
- 参考11) 岩澤昭彦、中山茂樹：住宅で使用する地中熱取込システムの可能性の研究、
日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2009年8月。
- 参考12) 長野、中村、落藤、横山：土壌熱源ヒートポンプに関する研究（第4報）、
空気調和・衛生工学論文集、No. 60、pp. 39～49、1996年2月。
- 参考13) 笹田政克：地中熱利用による小規模オフィスビルの空調更新《都心で初めて実用化導入
した一番町笹田ビルの1年間の実績》日本工業出版「建築設備と配管工事」
第48巻第5号2010. 4. 8.
- 参考14) 濱田靖弘、中村、落藤、永坂、長野：
垂直埋設U字管を用いた地中蓄熱型冷暖房システムの実験と解析、
空気調和・衛生工学会論文集、No. 61、pp. 45-54、1969年5月。
- 参考15) 加賀久宣、宮本重信、西畑正一、多田幹男、小林一郎、竹内正紀、大岡龍三：
基礎杭利用地熱空調システムの研究開発—実大実験システムによる性能検証—、
空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2001年。
- 参考16) 加賀久宣、竹内正紀、宮本重信：基礎杭利用地中熱空調システムの研究開発（その2）
—実証化施設の稼働一年目の運転実績について—、福井県建設技術研究センター、
研究所年報「地域技術第16号」2003年7月。

- 参考17) 関根賢太郎、大岡龍三、深尾仁、立原敦、横井睦巳、村上正吾：
基礎杭利用による地中熱空調システムの経済的導入可能性の調査研究
中規模事務所ビルをモデルにしたフィージビリティスタディ、
空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2003.9. 松江。
- 参考18) 青井健史、大塚雅之、関根賢太郎、深尾仁、飯塚宏、新村浩一、湯澤正信：
熱交換杭を利用した空調システムに関する研究その1 熱交換用パイプの種類差による
熱特性の検討、2005年度日本建築学会関東支部研究報告集。
- 参考19) 成田耕二、大地の熱の冷暖房への利用一足もとに眠っているエネルギーを活かすー、
環境建築連続セミナー2005、2005年3月。
- 参考20) 関根賢太郎、大岡龍三、横井睦巳、柴芳郎、黄錫鎬、南有鎮：
場所打ち杭を用いた地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究、
空気調和・衛生工学会学術講演論文集、No. 107. 2006年2月。
- 参考21) 秋林智、石井学、石上孝、花田征吉、前田秀樹、三浦司：
秋田市立山王中学校の建物基礎杭を用いた地中熱利用冷暖房システム、
日本地熱学会誌第29巻 第3号 p 151-162. 2007年。
- 参考22) 水谷国男、角田正、木下義隆：
地下帯水層熱交換型自然エネルギー利用冷暖房システムに関する研究（その5）
東北地方の医療施設における地中熱利用冷暖房システム、
空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008年8月草津。
- 参考23) 青井健史、大塚雅之、石井隆敏、中島古史郎、飯塚宏、深尾仁、湯澤正信：
臨海部土壌における地中熱利用空調システムに関する研究
ー浅埋設水平パイプの検証ー、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008年8月草津。
- 参考24) 成田樹昭：
冷房を主目的とした地中熱ヒートポンプシステムの設計法に関する実験的研究、
一般財団法人国土技術研究センター、成果報告2008。
- 参考25) 勝俣盛、畠中真一、越後滋、稲田正信、清水礼二：
浅層土壌の地中熱を利用した空調の実験的検討ー短尺鋼管を用いた
同軸型地中熱交換器の熱負荷実験についてー、
川田技研工業 論文・報告 川田技報Vol131. 2012年。
- 参考26) 農業気象資料3号「地中温度に関する資料」気象庁、1952年3月。
- 参考27) 牛山素行編：身近な気象・気象調査の基礎、古今書院、2000年。
- 参考28) 谷口真人編：アジアの地下環境、学報社、2010年。
- 参考29) 川下研介著：熱伝導論、河出書房、1941年。
- 参考30) 渡辺 要編：建築計画原論Ⅱ、丸善、1965年。
- 参考31) 浦野良美著：住宅のパッシブクーリング：森北出版、1991年。
- 参考32) ウィリアム・ジュリー＋ロバート・ホーン著、取出伸夫監訳：
土壌物理学、築地書館、2006年。
- 参考33) 宮崎 毅、長谷川周一、粕渕辰昭著：土壌物理学、朝倉書店、2009年。
- 参考34) 石崎 武志、佐野 千絵、三浦 定俊。：
「高松塚古墳石室の温湿度および墳丘部の水分分布調査」、保存科学 No. 43、2004年。

謝 辞

本研究をまとめるにあたっては、多くの方々のご指導とご協力を頂きました。先ず、指導教官千葉大学大学院中山茂樹教授に本論をまとめるにあたり、貴重なご指導とご助言を頂きました。また専門の立場から東北工業大学ライフデザイン学部教授石川善美先生からは、建築学会の学術講演発表の会場にてと、その後仙台の研究室でのご指導も頂き、最後には論文の審査もお願いするようになりました。この場を借りて深く感謝を表し、厚く御礼申し上げます。

本論文の審査をしていただいた、川瀬貴晴先生、高橋徹先生にはさまざまな角度から貴重なご意見をいただきました、心より感謝いたしております。

私は以前、組織設計事務所で大規模な建築を担当し、住宅や住宅の環境などにはほとんど注目はしていませんでした。住宅へ目を向けさせたのは、埼玉の大手住宅建設会社K社の標準仕様で作った自邸の《冬の寒さがひどいものであった》からで、もし自邸がふっくらと暖かいものとしてでき上がっていたならば、住宅の環境に目を向けることは無かったと思います。

2000年、住宅環境の第一人者 ひと・環境計画 高橋 元さんの主催するエコバウツアーでドイツの環境住宅を見学しました。ツアー主催者としてお世話になった濱田ゆかりさん、その後、建売住宅を教えていただいたアートハウジング社の故中島敏子さん、地中熱の基本的なことを教えていただいたサンポット社の岡本淳さんは、私にとって「建築の新しい世界」で生きる人たちでした。

2008年、千葉大学の先輩であられる東方洋雄さんの鋼製地下室の専門会社スリー・ユーと共にNEDOの委託研究で「浅深度地中熱利用」をテーマに3度にわたる研究をおこなうことになり、先輩の息子さんである、東方 陽さん東方完図さんに大変お世話になりました。この研究は専門の企画研究会社イー・アンド・イーの古川雅章さんの力が無ければ完成しない研究でした。

地中熱の基本的なことを筑波の産業技術総合研究へ何度も訪れ、退任間際の盛田耕二さんから親切な説明をいただきました。またNEDOのグループリーダーの河口真紀さんから、地味な研究にも関わらず叱咤激励を頂き奮起して研究を続けることができました。

地中熱利用は実験では土地の一時的な提供が必要であり、幸いにも国分寺市に広瀬孝雄さんから、調布市に富澤重信さんから、藤沢市に大橋信夫さんから土地の使用提供が得られて、地中熱の採熱実験を行うことができました。ありがとうございました。

地中熱利用研究設備の工事は採熱管を埋める土工事、ヒートポンプと採熱管を接続する工事、また各種センサーを設置する細かい作業、大量の同一温度の水を蓄える設備など、通常の工事では扱えないものがほとんどです。しかし東方 陽さんのスリー・ユーの土工事における頼もしさは素晴らしく、地中熱の研究設備における栗原太郎さんの株式会社bks. corpの仕事は目を見張るような手際の良さでした。

地中熱利用の管理をも含めてシステムを検討していただいた小路幸市郎さん率いるサイエンスパーク(株)の萱森 弘之さんには最後まで面倒を見ていただきました。

また、床による放射冷暖房について(株)インターセントラル研究所の三島史朗さんの助言をいただき省エネ性などを検討することができました。

住宅の空調設備の基本を検討する専門グループを立ち上げ、ヒートポンプの専門分野を山村道生さん、空調設備のシステムの専門分野を大藪和太郎さん、空調の負荷に関する専門分野を岡田廣士さんに検討をお願いしました。

地中温度のデータについては、千葉のエコホームズ玉川和浩さんから宇佐美知和子を紹介いただき、気象庁の農業気象資料へ行きつき、全国の地中温度を検討することができました。また100m地中温度については、NPO法人地中熱利用促進協議会理事長笹田政克さんの助言がなければ、熱伝導の関数に行きつくことはできませんでした。

そもそも地中温度の測定は明治以来の気象台の仕事で、日本各地のそれこそ数えきれない多くの人たちが毎日測定していただいた結果のデータを使わせて頂きました。測定にあたった目に見えない多数の方々へ、心から感謝を述べたいと思います。

定年後にどうしてまた大学院へ行くことになったか、大きな理由はありませんが、私を取り巻くいろいろな事情から気楽に旅行などできない、と予見したため、家に居てできることは研究くらいか、と簡単に考えた結果でした。しかし実情はその逆で簡単には研究は進みませんでした。

2005年千葉大学旧小原研究室の有志で誌上タイムカプセルとして小原先生の卒寿を記念して「いま、わたしは」を発行し、いまある自分を皆が記録しました。その過程で故梶田尚令さん中心に、もう少し何かまとまったことをしようという機運が生まれ、そのなかでわたしもなにかを考えようという気持ちになっていたのかもしれない。

恩師の小原二郎先生のインテリア随想の一つ「『見る』『聞く』『創る』老化防止の秘訣」の『創る』の中に『研究』があり、定年後に勧めること、として述べられています。

結局私の予見は的中し、この論文に8年間を費やし今思いかえすと、小原先生の勧めも研究を続けた一つの理由であったように感じます。

一つの知見として、一人で少しずつまとめたものですが、陰にはこのように多くの皆様の助けがあり完成できたもので、皆様に心より感謝を述べたいとおもいます。その中で“ただ一人の助っ人”はパソコンであり、昔と違い良い時代に生きていること、にも感謝したいと思います。

平成26年2月

□ 附 録

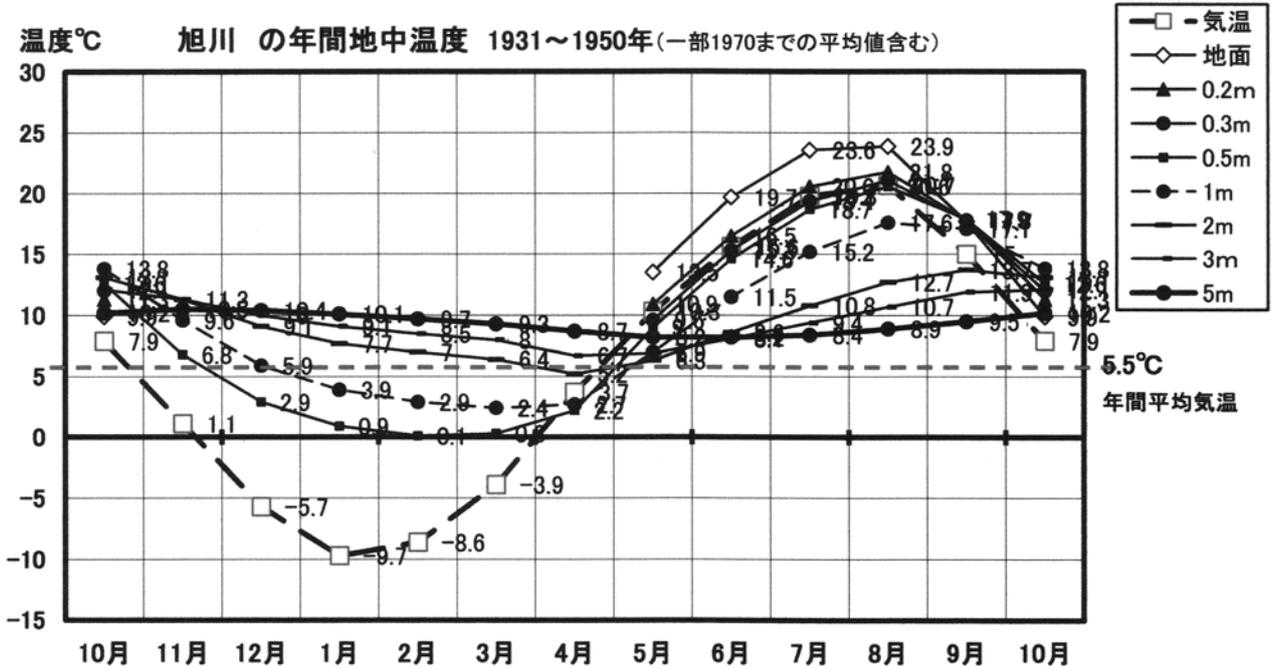
日本国内の地中温度・年間サイクル (資 料)

各地の6m探熱管周囲暖房期間平均温度
地中0.5mより埋設した場合
全国48ポイント

地中温度のデータを使用できるよう、
各地域の地中温度の年間のサイクルグラフ、
地域の北緯、標高、年間平均気温、年間平均
気温差、地中3mの位置の平均温度、を記入した

旭川 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注 1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
43度46分	112	5.5 °C	30.4 °C	10か月	9月(15.0°C)~6月(15.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		9.3 °C	年間平均気温より 3.8 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		9.0 °C	年間平均気温より 3.5 °C高い	

9月 月平均気温 15.0					10月 月平均気温 7.9					11月 月平均気温 1.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	17.9	35.0	8.8	0.5	0.5	12.6	26.4	6.6	0.5	0.5	6.8	16.4	4.1
1.0	1.0	17.1	30.8	15.4	1.0	1.0	13.8	26.9	13.5	1.0	1.0	9.6	20.9	10.5
2.0	2.0	13.7	25.6	12.8	2.0	2.0	13.1	25.2	12.6	2.0	2.0	11.3	22.6	11.3
3.0	3.0	11.9	21.4	21.4	3.0	3.0	12.1	22.3	22.3	3.0	3.0	11.3	21.8	21.8
5.0	5.0	9.5	19.0	14.3	5.0	5.0	10.2	20.4	15.3	5.0	5.0	10.5	21.0	15.8
6.5	6.5	9.5	19.0	14.3	6.5	6.5	10.2	20.4	15.3	6.5	6.5	10.5	21.0	15.8
6.0 指標の合計 72.6					6.0 指標の合計 70.3					6.0 指標の合計 63.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0				
地中平均温度°C 12.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.6 (指標の合計/5.7m)				
12月 月平均気温 -5.7					1月 月平均気温 -9.7					2月 月平均気温 -8.6				
0.5	0.5	2.9	8.8	2.2	0.5	0.5	0.9	4.8	1.2	0.5	0.5	0.1	3.0	0.8
1.0	1.0	5.9	15.0	7.5	1.0	1.0	3.9	11.6	5.8	1.0	1.0	2.9	9.9	5.0
2.0	2.0	9.1	19.1	9.6	2.0	2.0	7.7	16.8	8.4	2.0	2.0	7.0	15.5	7.8
3.0	3.0	10.0	20.4	20.4	3.0	3.0	9.1	19.2	19.2	3.0	3.0	8.5	18.2	18.2
5.0	5.0	10.4	20.8	15.6	5.0	5.0	10.1	20.2	15.2	5.0	5.0	9.7	19.4	14.6
6.5	6.5	10.4	20.8	15.6	6.5	6.5	10.1	20.2	15.2	6.5	6.5	9.7	19.4	14.6
6.0 指標の合計 55.3					6.0 指標の合計 49.8					6.0 指標の合計 46.2				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 33.0				
地中平均温度°C 9.2 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 8.3 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 7.7 (指標の合計/5.7m)				

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

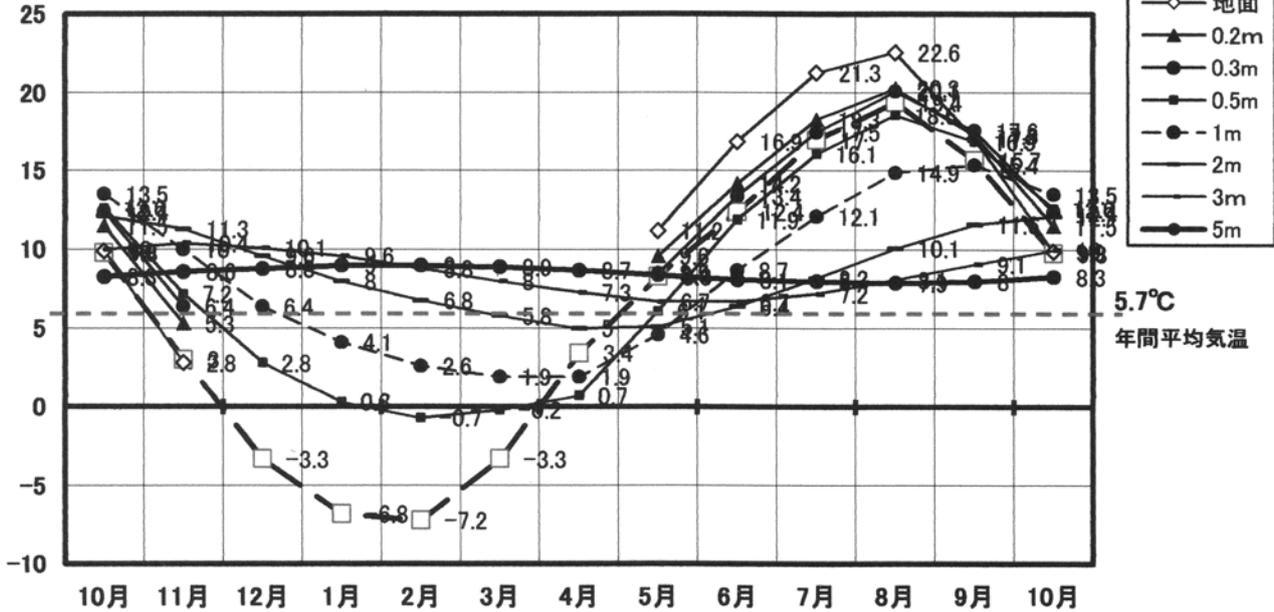
旭川

3月 月平均気温 -3.9					4月 月平均気温 3.7					5月 月平均気温 10.3				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		0.3			0.5		2.2			0.5		9.0		
	0.5		2.7	0.7		0.5		4.9	1.2		0.5		16.0	4.0
1.0		2.4			1.0		2.7			1.0		7.0		
	1.0		8.8	4.4		1.0		7.9	4.0		1.0		13.3	6.7
2.0		6.4			2.0		5.2			2.0		6.3		
	1.0		14.4	7.2		1.0		11.9	6.0		1.0		13.2	6.6
3.0		8.0			3.0		6.7			3.0		6.9		
	2.0		17.3	17.3		2.0		15.4	15.4		2.0		15.1	15.1
5.0		9.3			5.0		8.7			5.0		8.2		
	1.5		18.6	14.0		1.5		17.4	13.1		1.5		16.4	12.3
6.5		9.3			6.5		8.7			6.5		8.2		
	6.0		指標の合計	43.5		6.0		指標の合計	39.6		6.0		指標の合計	44.7
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0
地中平均温度℃ 7.3 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 6.6 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 7.4 (指標の合計/6m)				
6月 月平均気温 15.6					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		14.6			0.5					0.5				
	0.5		26.1	6.5		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.5			1.0					1.0				
	1.0		20.1	10.1		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		8.6			2.0					2.0				
	1.0		16.7	8.4		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		8.1			3.0					3.0				
	2.0		16.3	16.3		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		8.2			5.0					5.0				
	1.5		16.4	12.3		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		8.2			6.2		0.0			6.2		0.0		
	6.0		指標の合計	53.5				指標の合計	0.0				指標の合計	0.0
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.0
地中平均温度℃ 8.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

網走 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
44度0分	38	5.7 °C	26.6 °C	10か月	9月(15.7°C)~6月(12.4°C)

温度°C 網走 の年間地中温度 1931~1952年(一部1970までの平均値含む)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		8.7 °C		年間平均気温より 3.0 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		8.2 °C		年間平均気温より 2.5 °C高い	

9月 月平均気温 15.7					10月 月平均気温 9.8					11月 月平均気温 3.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.9			0.5		12.6			0.5		7.2		
	0.5		32.3	8.1		0.5		26.1	6.5		0.5		17.2	4.3
	1.0	15.4		13.5		1.0		13.5	12.8		1.0		10.0	10.7
	1.0		27.0	10.4		1.0		25.6	11.1		1.0		11.3	10.9
	2.0	11.8		17.1		2.0		12.1	18.3		2.0		10.4	19.0
	1.0		20.7	12.0		1.0		18.3	12.5		1.0		19.0	10.3
	2.0	9.1		16.0		2.0		16.6	12.5		2.0		8.6	17.2
	1.5		17.1	12.0		1.5		8.3	12.5		1.2		8.6	10.3
	6.0		61.0	61.0		6.0		61.1	61.1		6.0		55.1	55.1
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2				
地中平均温度°C 10.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.2 (指標の合計/6m)				
12月 月平均気温 -3.3					1月 月平均気温 -6.8					2月 月平均気温 -7.2				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		2.8			0.5		0.3			0.5		-0.7		
	0.5		9.2	2.3		0.5		4.4	1.1		0.5		1.9	0.5
	1.0	6.4		8.0		1.0		4.1	6.1		1.0		2.6	4.7
	1.0		16.0	8.0		1.0		12.1	6.1		1.0		9.4	4.7
	2.0	9.6		18.9		2.0		8.0	8.8		2.0		6.8	7.8
	1.0		19.7	9.9		1.0		17.6	8.8		1.0		15.6	7.8
	3.0	10.1		18.9		3.0		9.6	18.6		3.0		8.8	17.8
	2.0		18.9	13.2		2.0		18.6	13.5		2.0		17.8	13.5
	5.0	8.8		17.6		5.0		9.0	13.5		5.0		9.0	13.5
	1.5		17.6	13.2		1.5		18.0	13.5		1.5		18.0	13.5
	6.5		52.3	52.3		6.5		48.1	48.1		6.5		44.3	44.3
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 34.2				
地中平均温度°C 8.7 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 8.0 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 7.4 (指標の合計/5.7m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のある累年平均温度を使用する。

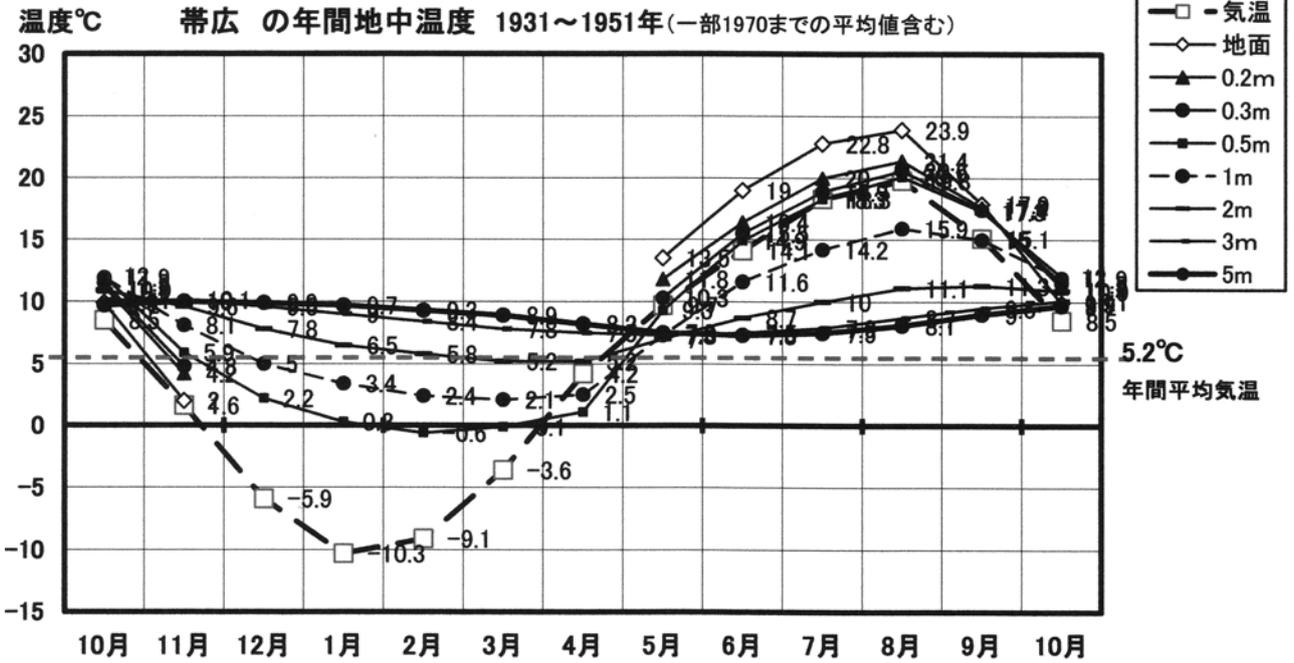
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊)による

網走

3月 月平均気温 -3.3					4月 月平均気温 3.4					5月 月平均気温 8.3				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		-0.2			0.5		0.7			0.5		6.1		
	0.5		1.7	0.4		0.5		2.6	0.7		0.5		10.7	2.7
	1.0	1.9			1.0		1.9			1.0		4.6		
	1.0		7.7	3.9		1.0		6.9	3.5		1.0		9.7	4.9
	2.0	5.8			2.0		5.0			2.0		5.1		
	1.0		13.8	6.9		1.0		12.3	6.2		1.0		11.8	5.9
	3.0	8.0			3.0		7.3			3.0		6.7		
	2.0		16.9	16.9		2.0		16.0	16.0		2.0		15.1	15.1
	5.0	8.9			5.0		8.7			5.0		8.4		
	1.5		17.8	13.4		1.5		17.4	13.1		1.5		16.8	12.6
	6.5	8.9			6.5		8.7			6.5		8.4		
	6.0		指標の合計	41.4		6.0		指標の合計	39.3		6.0		指標の合計	41.1
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2
地中平均温度℃ 6.9 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 6.6 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 6.9 (指標の合計/6m)				
6月 月平均気温 12.4					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		11.9			0.5					0.5				
	0.5		20.6	5.2		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
	1.0	8.7			1.0					1.0				
	1.0		15.1	7.6		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
	2.0	6.4			2.0					2.0				
	1.0		13.1	6.6		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
	3.0	6.7			3.0					3.0				
	2.0		14.8	14.8		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
	5.0	8.1			5.0					5.0				
	1.5		16.2	12.2		1.5		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
	6.5	8.1			6.5		0.0			6.2		0.0		
	6.0		指標の合計	46.2				指標の合計	0.0				指標の合計	0.0
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	34.2
地中平均温度℃ 7.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

帯広 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による) 注 3

北緯	標高m	年間平均気温注1	年間気温差	暖房期間注2	
42度55分	39	5.2 °C	30.1 °C	10か月	9月(15.1°C)~6月(14.1°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		8.7 °C		年間平均気温より 3.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		8.3 °C		年間平均気温より 3.1 °C高い	

9月 月平均気温 15.1					10月 月平均気温 8.5					11月 月平均気温 1.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		17.3			0.5		12.0			0.5		5.9		
	0.5		32.3	8.1		0.5		23.9	6.0		0.5		14.0	3.5
1.0		15.0			1.0		11.9			1.0		8.1		
	1.0		26.3	13.2		1.0		22.8	11.4		1.0		17.7	8.9
2.0		11.3			2.0		10.9			2.0		9.6		
	1.0		20.8	10.4		1.0		21.0	10.5		1.0		19.7	9.9
3.0		9.5			3.0		10.1			3.0		10.1		
	2.0		18.5	18.5		2.0		19.8	19.8		2.0		20.1	20.1
5.0		9.0			5.0		9.7			5.0		10.0		
	1.5		18.0	13.5		1.5		19.4	14.6		1.5		20.0	15.0
6.5		9.0			6.5		9.7			6.5		10.0		
6.0 指標の合計 63.6					6.0 指標の合計 62.2					6.0 指標の合計 57.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度°C 10.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.6 (指標の合計/6m)				
12月 月平均気温 -5.9					1月 月平均気温 -10.3					2月 月平均気温 -9.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		2.2			0.5		0.3			0.5		-0.6		
	0.5		7.2	1.8		0.5		3.7	0.9		0.5		1.8	0.5
1.0		5.0			1.0		3.4			1.0		2.4		
	1.0		12.8	6.4		1.0		9.9	5.0		1.0		8.2	4.1
2.0		7.8			2.0		6.5			2.0		5.8		
	1.0		17.4	8.7		1.0		15.5	7.8		1.0		14.2	7.1
3.0		9.6			3.0		9.0			3.0		8.4		
	2.0		19.5	19.5		2.0		18.7	18.7		2.0		17.7	17.7
5.0		9.9			5.0		9.7			5.0		9.3		
	1.5		19.8	14.9		1.5		19.4	14.6		1.5		18.6	14.0
6.5		9.9			6.5		9.7			6.5		9.3		
6.0 指標の合計 51.3					6.0 指標の合計 46.9					6.0 指標の合計 43.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度°C 8.5 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 7.8 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 7.2 (指標の合計/5.7m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料にある累年平均温度を使用する。

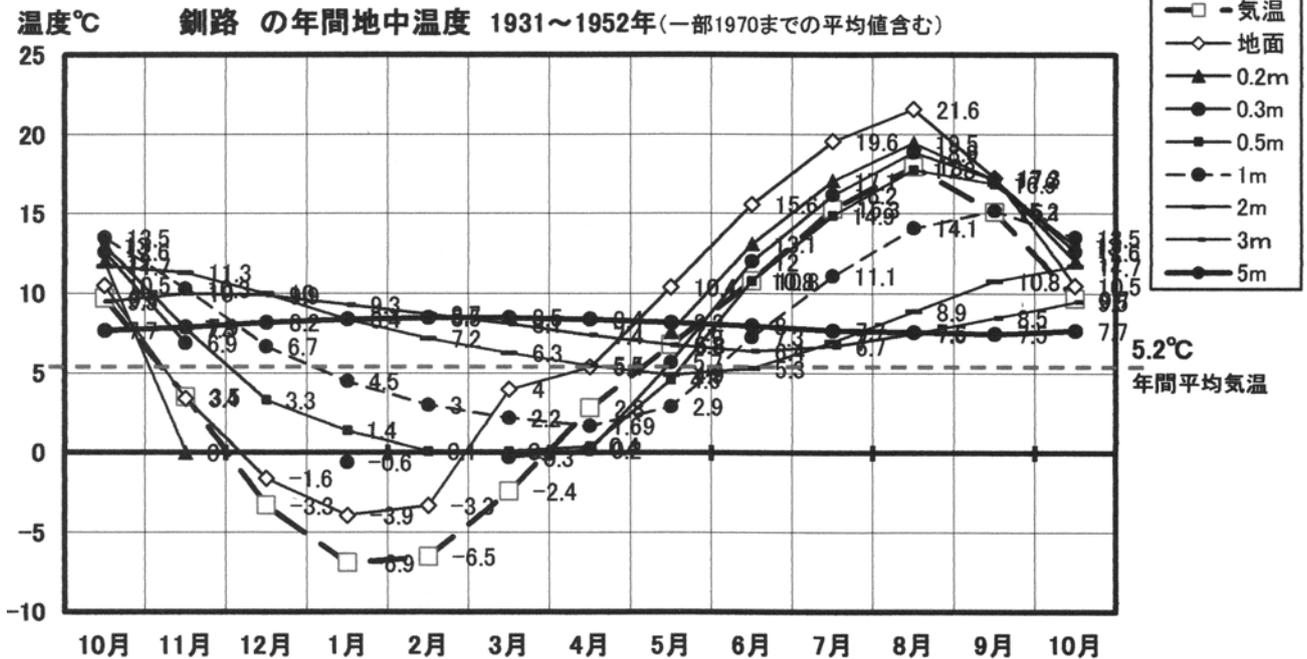
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊)による

帯広

3月 月平均気温 -3.6					4月 月平均気温 4.2					5月 月平均気温 9.7				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		-0.1			0.5		1.1			0.5		9.3		
	0.5		2.0	0.5		0.5		3.6	0.9		0.5		16.6	4.2
1.0		2.1			1.0		2.5			1.0		7.3		
	1.0		7.3	3.7		1.0		7.7	3.9		1.0		14.3	7.2
2.0		5.2			2.0		5.2			2.0		7.0		
	1.0		13.0	6.5		1.0		12.7	6.4		1.0		14.3	7.2
3.0		7.8			3.0		7.5			3.0		7.3		
	2.0		16.7	16.7		2.0		15.7	15.7		2.0		14.8	14.8
5.0		8.9			5.0		8.2			5.0		7.5		
	1.5		17.8	13.4		1.5		16.4	12.3		1.5		15.0	11.3
6.5		8.9			6.5		8.2			6.5		7.5		
6.0 指標の合計 40.7					6.0 指標の合計 39.1					6.0 指標の合計 44.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度℃ 6.8 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 6.5 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度℃ 7.4 (指標の合計/6m)				
6月 月平均気温 14.1					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		14.9			0.5					0.5				
	0.5		26.5	6.6		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.6			1.0					1.0				
	1.0		20.3	10.2		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		8.7			2.0					2.0				
	1.0		16.2	8.1		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		7.5			3.0					3.0				
	2.0		14.8	14.8		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		7.3			5.0					5.0				
	1.5		14.6	11.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		7.3			6.2		0.0			6.2		0.0		
6.0 指標の合計 50.6					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					不易層の指標(不易層温度*6m) 31.2				
地中平均温度℃ 8.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

釧路 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
42度59分	32	5.2 °C	24.9 °C	11か月	9月(15.1°C)~7月(15.3°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		9.0 °C		年間平均気温より 3.8 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		8.0 °C		年間平均気温より 2.8 °C高い	

9月 月平均気温 15.1					10月 月平均気温 9.7					11月 月平均気温 3.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.9			0.5		13.0			0.5		7.8		
	0.5		32.1	8.0		0.5		26.5	6.6		0.5		18.1	4.5
1.0		15.2			1.0		13.5			1.0		10.3		
	1.0		26.0	13.0		1.0		25.2	12.6		1.0		21.6	10.8
2.0		10.8			2.0		11.7			2.0		11.3		
	1.0		19.3	9.7		1.0		21.2	10.6		1.0		21.3	10.7
3.0		8.5			3.0		9.5			3.0		10.0		
	2.0		16.0	16.0		2.0		17.2	17.2		2.0		17.9	17.9
5.0		7.5			5.0		7.7			5.0		7.9		
	1.5		15.0	11.3		1.5		15.4	11.6		1.5		15.8	11.9
6.5		7.5			6.5		7.7			6.5		7.9		
6.0 指標の合計 57.9					6.0 指標の合計 58.6					6.0 指標の合計 55.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度°C 9.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.3 (指標の合計/5.8m)				

12月 月平均気温 -3.3					1月 月平均気温 -6.9					2月 月平均気温 -6.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		3.3			0.5		1.4			0.5		0.1		
	0.5		10.0	2.5		0.5		5.9	1.5		0.5		3.1	0.8
1.0		6.7			1.0		4.5			1.0		3.0		
	1.0		16.7	8.4		1.0		12.9	6.5		1.0		10.2	5.1
2.0		10.0			2.0		8.4			2.0		7.2		
	1.0		19.9	10.0		1.0		17.7	8.9		1.0		15.9	8.0
3.0		9.9			3.0		9.3			3.0		8.7		
	2.0		18.1	18.1		2.0		17.7	17.7		2.0		17.2	17.2
5.0		8.2			5.0		8.4			5.0		8.5		
	1.5		16.4	12.3		1.5		16.8	12.6		1.5		17.0	12.8
6.5		8.2			6.5		8.4			6.5		8.5		
6.0 指標の合計 51.2					6.0 指標の合計 47.1					6.0 指標の合計 43.8				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度°C 8.5 (指標の合計/5.7m)					地中平均温度°C 7.8 (指標の合計/5.8m)					地中平均温度°C 7.3 (指標の合計/5.7m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

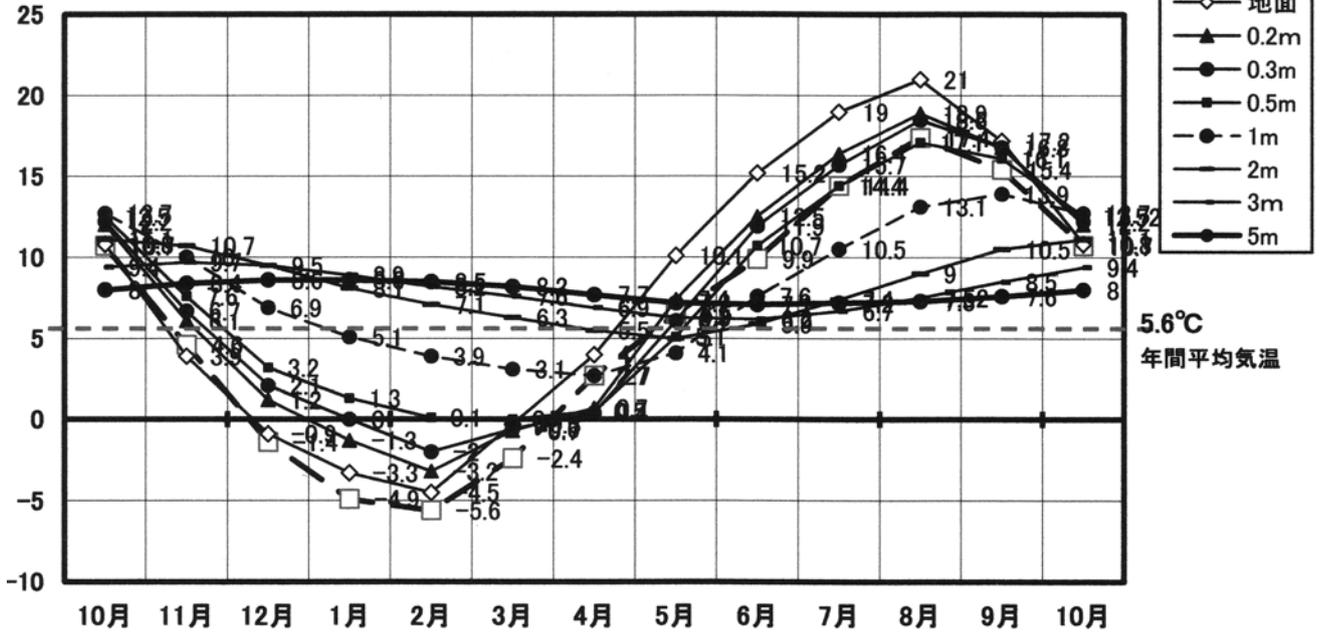
釧路

3月 月平均気温 -2.4					4月 月平均気温 2.8					5月 月平均気温 6.8				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		0.1			0.5		0.4			0.5		4.6		
	0.5		2.3	0.6		0.5		2.3	0.6		0.5		7.5	1.9
1.0		2.2			1.0		1.9			1.0		2.9		
	1.0		8.5	4.3		1.0		7.4	3.7		1.0		8.4	4.2
2.0		6.3			2.0		5.5			2.0		5.5		
	1.0		14.4	7.2		1.0		12.9	6.5		1.0		12.3	6.2
3.0		8.1			3.0		7.4			3.0		6.8		
	2.0		16.6	16.6		2.0		15.8	15.8		2.0		15.0	15.0
5.0		8.5			5.0		8.4			5.0		8.2		
	1.5		17.0	12.8		1.5		16.8	12.6		1.5		16.4	12.3
6.5		8.5			6.5		8.4			6.5		8.2		
6.0 指標の合計 41.4					6.0 指標の合計 39.1					6.0 指標の合計 39.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2				
地中平均温度℃ 6.9 (指標の合計/5.8m)					地中平均温度℃ 6.5 (指標の合計/5.8m)					地中平均温度℃ 6.6 (指標の合計/6m)				
6月 月平均気温 10.8					7月 月平均気温 15.3					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		10.8			0.5		14.9			0.5				
	0.5		18.1	4.5		0.5		26.0	6.5		0.5		0.0	0.0
1.0		7.3			1.0		11.1			1.0			0.0	0.0
	1.0		12.6	6.3		1.0		18.1	9.1		1.0		0.0	0.0
2.0		5.3			2.0		7.0			2.0			0.0	0.0
	1.0		11.7	5.9		1.0		13.7	6.9		1.0		0.0	0.0
3.0		6.4			3.0		6.7			3.0			0.0	0.0
	2.0		14.4	14.4		2.0		14.4	14.4		2.0		0.0	0.0
5.0		8.0			5.0		7.7			5.0			0.0	0.0
	1.5		16.0	12.0		1.5		15.4	11.6		1.2		0.0	0.0
6.5		8.0			6.5		7.7			6.2		0.0		
6.0 指標の合計 43.1					6.0 指標の合計 48.4					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 31.2					31.2				
地中平均温度℃ 7.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 8.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

根室 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による) 注

北緯	標高m	年間平均気温注1	年間気温差	暖房期間注2	
42度56分	26	5.6 °C	23.0 °C	11か月	9月(15.4°C)~7月(14.4°C)

温度°C 根室 の年間地中温度 1931~1949年(一部1970までの平均値含む)



暖房期間地中平均温度の概算

地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		8.7 °C	年間平均気温より	3.1 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		7.8 °C	年間平均気温より	2.2 °C高い

9月 月平均気温 15.4					10月 月平均気温 10.7					11月 月平均気温 4.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	16.1	8.05	7.5	0.5	0.5	12.5	6.25	6.3	0.5	0.5	7.6	3.8	4.4
1.0	1.0	13.9	13.9	12.2	1.0	1.0	12.7	12.7	11.9	1.0	1.0	10.0	10.0	10.4
2.0	2.0	10.5	21.0	10.5	2.0	2.0	11.1	22.2	10.3	2.0	2.0	10.7	21.4	10.2
3.0	3.0	8.5	25.5	8.5	3.0	3.0	9.4	28.2	9.4	3.0	3.0	9.7	29.1	9.7
5.0	5.0	7.6	38.0	7.6	5.0	5.0	8.0	40.0	8.0	5.0	5.0	8.4	42.0	8.4
6.5	6.5	7.6	49.5	7.6	6.5	6.5	8.0	52.0	8.0	6.5	6.5	8.4	54.6	8.4
6.0 指標の合計 56.7					6.0 指標の合計 57.9					6.0 指標の合計 55.7				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6				
地中平均温度°C 9.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.3 (指標の合計/6m)				
12月 月平均気温 -1.4					1月 月平均気温 -4.9					2月 月平均気温 -5.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	3.2	1.6	2.5	0.5	0.5	1.3	0.65	1.6	0.5	0.5	0.1	0.05	1.0
1.0	1.0	6.9	6.9	8.2	1.0	1.0	5.1	5.1	6.6	1.0	1.0	3.9	3.9	5.5
2.0	2.0	9.5	19.0	9.5	2.0	2.0	8.1	16.2	8.5	2.0	2.0	7.1	14.2	7.7
3.0	3.0	9.5	28.5	9.5	3.0	3.0	8.9	26.7	8.5	3.0	3.0	8.2	24.6	7.7
5.0	5.0	8.6	43.0	8.6	5.0	5.0	8.6	43.0	8.6	5.0	5.0	8.5	42.5	8.5
6.5	6.5	8.6	55.9	8.6	6.5	6.5	8.6	55.9	8.6	6.5	6.5	8.5	55.25	8.5
6.0 指標の合計 51.2					6.0 指標の合計 47.1					6.0 指標の合計 43.6				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 33.6				
地中平均温度°C 8.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 7.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 7.3 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

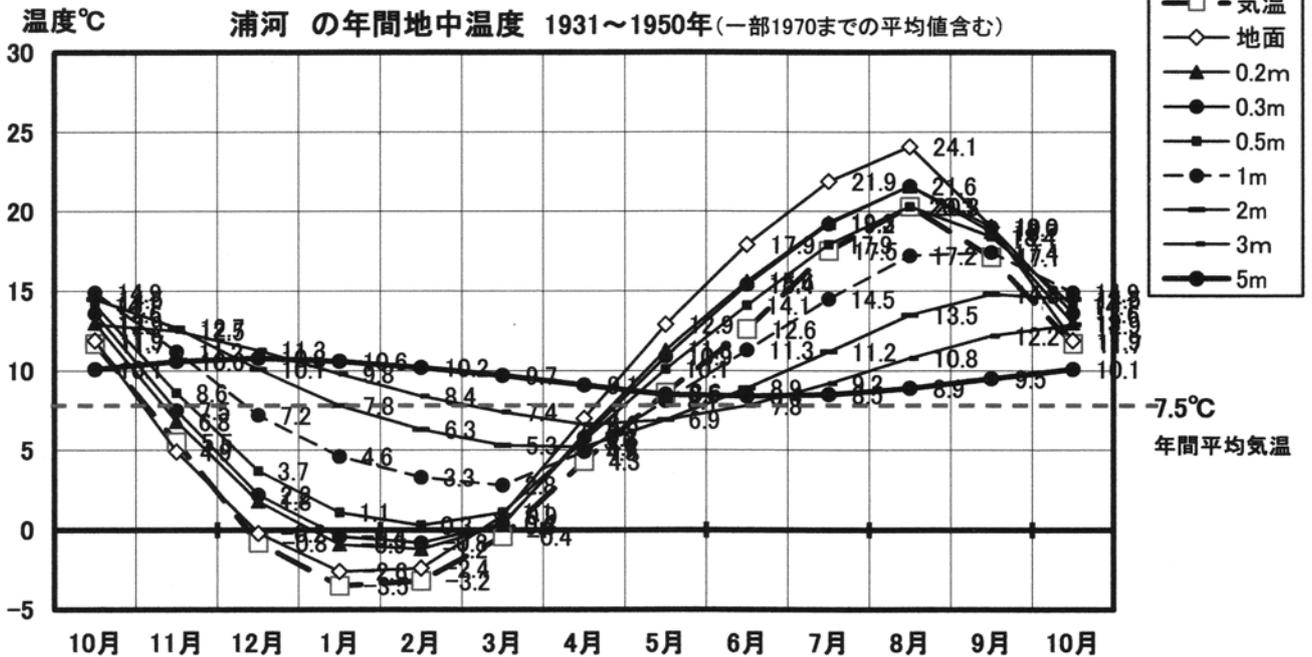
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

根室

3月 月平均気温 -2.4					4月 月平均気温 2.7					5月 月平均気温 6.5				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		0.0			0.5		0.5			0.5		5.1		
	0.5		3.1	0.8		0.5		3.2	0.8		0.5		9.2	2.3
1.0		3.1			1.0		2.7			1.0		4.1		
	1.0		9.4	4.7		1.0		8.2	4.1		1.0		9.1	4.6
2.0		6.3			2.0		5.5			2.0		5.0		
	1.0		13.9	7.0		1.0		12.4	6.2		1.0		11.3	5.7
3.0		7.6			3.0		6.9			3.0		6.3		
	2.0		15.8	15.8		2.0		14.6	14.6		2.0		13.5	13.5
5.0		8.2			5.0		7.7			5.0		7.2		
	1.5		16.4	12.3		1.5		15.4	11.6		1.5		14.4	10.8
6.5		8.2			6.5		7.7			6.5		7.2		
	6.0		指標の合計	40.5		6.0		指標の合計	37.3		6.0		指標の合計	36.8
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6
地中平均温度℃ 6.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 6.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 6.1 (指標の合計/6m)				
6月 月平均気温 9.9					7月 月平均気温 14.4					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		10.7			0.5		14.4			0.5				
	0.5		18.3	4.6		0.5		24.9	6.2		0.5		0.0	0.0
1.0		7.6			1.0		10.5			1.0				
	1.0		13.5	6.8		1.0		17.9	9.0		1.0		0.0	0.0
2.0		5.9			2.0		7.4			2.0				
	1.0		12.1	6.1		1.0		14.1	7.1		1.0		0.0	0.0
3.0		6.2			3.0		6.7			3.0				
	2.0		13.3	13.3		2.0		13.9	13.9		2.0		0.0	0.0
5.0		7.1			5.0		7.2			5.0				
	1.5		14.2	10.7		1.5		14.4	10.8		1.2		0.0	0.0
6.5		7.1			6.5		7.2			6.2		0.0		
	6.0		指標の合計	41.3		6.0		指標の合計	46.9				指標の合計	0.0
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	33.6
地中平均温度℃ 6.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 7.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

浦河 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
42度9分	34	7.5 °C	23.8 °C	9か月	10月(11.7°C)~6月(12.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		9.3 °C		年間平均気温より 1.8 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		9.1 °C		年間平均気温より 1.6 °C高い	

10月 月平均気温 11.7					11月 月平均気温 5.5					12月 月平均気温 -0.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	14.1	29.0	7.3	0.5	0.5	8.6	19.8	5.0	0.5	0.5	3.7	10.9	2.7
1.0	1.0	14.9	29.4	14.7	1.0	1.0	11.2	23.9	12.0	1.0	1.0	7.2	17.3	8.7
2.0	1.0	14.5	27.4	13.7	2.0	1.0	12.7	25.2	12.6	2.0	1.0	10.1	21.4	10.7
3.0	2.0	12.9	23.0	23.0	3.0	2.0	12.5	23.1	23.1	3.0	2.0	11.3	22.1	22.1
5.0	1.5	10.1	20.2	15.2	5.0	1.5	10.6	21.2	15.9	5.0	1.5	10.8	21.6	16.2
6.5	1.5	10.1	20.2	15.2	6.5	1.5	10.6	21.2	15.9	6.5	1.5	10.8	21.6	16.2
6.0 指標の合計 73.8					6.0 指標の合計 68.5					6.0 指標の合計 60.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0				
地中平均温度°C 12.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.1 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -3.5					2月 月平均気温 -3.2					3月 月平均気温 -0.4				
0.5	0.5	1.1	5.7	1.4	0.5	0.5	0.3	3.6	0.9	0.5	0.5	1.1	3.9	1.0
1.0	1.0	4.6	12.4	6.2	1.0	1.0	3.3	9.6	4.8	1.0	1.0	2.8	8.1	4.1
2.0	1.0	7.8	17.6	8.8	2.0	1.0	6.3	14.7	7.4	2.0	1.0	5.3	12.7	6.4
3.0	2.0	9.8	20.4	20.4	3.0	2.0	8.4	18.6	18.6	3.0	2.0	7.4	17.1	17.1
5.0	1.5	10.6	21.2	15.9	5.0	1.5	10.2	20.4	15.3	5.0	1.5	9.7	19.4	14.6
6.5	1.5	10.6	21.2	15.9	6.5	1.5	10.2	20.4	15.3	6.5	1.5	9.7	19.4	14.6
6.0 指標の合計 52.7					6.0 指標の合計 47.0					6.0 指標の合計 43.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0				
地中平均温度°C 8.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 7.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 7.2 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

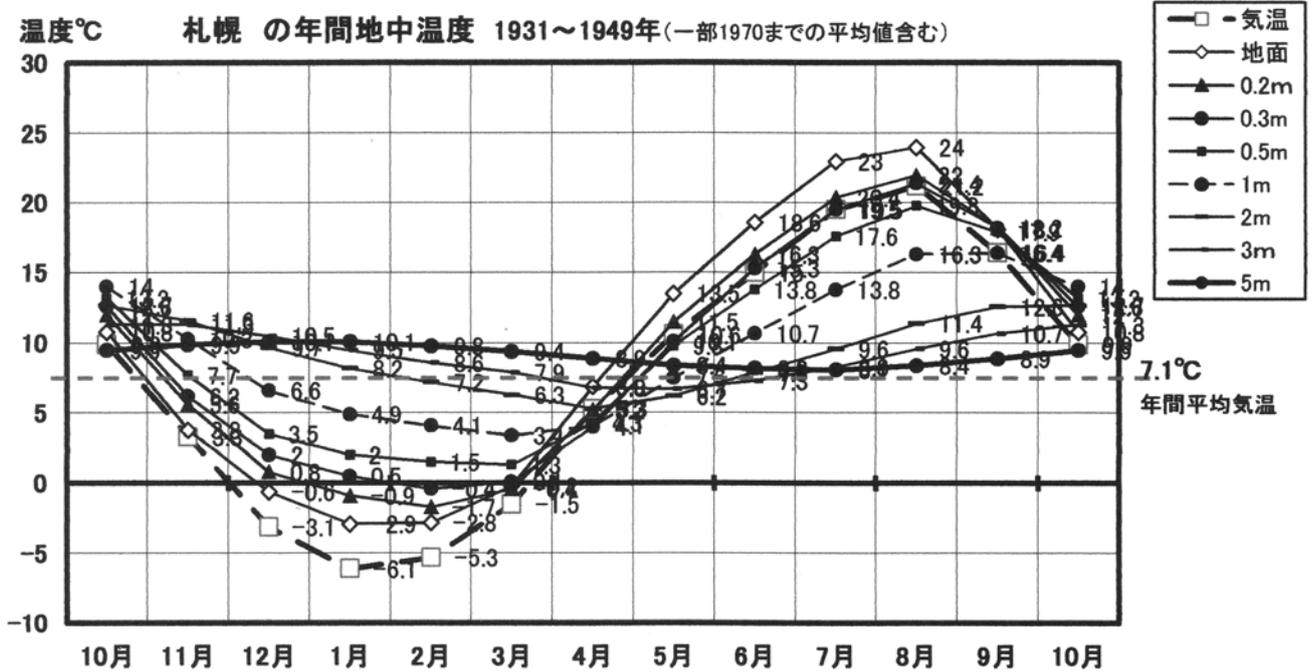
浦河

4月 月平均気温 4.3					5月 月平均気温 8.6					6月 月平均気温 12.6				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		5.6			0.5		10.1			0.5		14.1		
	0.5		10.5	2.6		0.5		18.2	4.6		0.5		25.4	6.4
1.0		4.9			1.0		8.1			1.0		11.3		
	1.0		10.1	5.1		1.0		15.0	7.5		1.0		20.2	10.1
2.0		5.2			2.0		6.9			2.0		8.9		
	1.0		11.8	5.9		1.0		13.8	6.9		1.0		16.7	8.4
3.0		6.6			3.0		6.9			3.0		7.8		
	2.0		15.7	15.7		2.0		15.4	15.4		2.0		16.2	16.2
5.0		9.1			5.0		8.5			5.0		8.4		
	1.5		18.2	13.7		1.5		17.0	12.8		1.5		16.8	12.6
6.5		9.1			6.5		8.5			6.5		8.4		
6.0 指標の合計 42.9					6.0 指標の合計 47.1					6.0 指標の合計 53.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0				
地中平均温度℃ 7.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 7.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 8.9 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2		0.0			6.2		0.0		
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 45.0				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

札幌 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
43度04分	17	7.1 °C	27.3 °C	9か月	10月(9.9°C)~6月(15.0°C)

札幌 の年間地中温度 1931~1949年(一部1970までの平均値含む)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		8.9 °C		年間平均気温より 1.8 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		8.7 °C		年間平均気温より 1.6 °C高い	

10月 月平均気温 9.9					11月 月平均気温 3.3					12月 月平均気温 -3.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5	0.5	13.2	27.2	6.8	0.5	0.5	7.7	18.0	4.5	0.5	0.5	3.5	10.1	2.5
1.0	1.0	14.0	26.7	13.4	1.0	1.0	10.3	21.9	11.0	1.0	1.0	6.6	16.3	8.2
2.0	1.0	12.7	24.0	12.0	2.0	1.0	11.6	22.9	11.5	2.0	1.0	9.7	20.2	10.1
3.0	2.0	11.3	20.8	20.8	3.0	2.0	11.3	21.2	21.2	3.0	2.0	10.5	20.6	20.6
5.0	1.5	9.5	19.0	14.3	5.0	1.5	9.9	19.8	14.9	5.0	1.5	10.1	20.2	15.2
6.5	1.5	9.5	19.0	14.3	6.5	1.5	9.9	19.8	14.9	6.5	1.5	10.1	20.2	15.2
6.0 指標の合計 67.2					6.0 指標の合計 63.0					6.0 指標の合計 56.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6				
地中平均温度°C 11.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.4 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -6.1					2月 月平均気温 -5.3					3月 月平均気温 -1.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5	0.5	2.0	6.9	1.7	0.5	0.5	1.5	5.6	1.4	0.5	0.5	1.3	4.7	1.2
1.0	1.0	4.9	13.1	6.6	1.0	1.0	4.1	11.3	5.7	1.0	1.0	3.4	9.7	4.9
2.0	1.0	8.2	17.7	8.9	2.0	1.0	7.2	15.8	7.9	2.0	1.0	6.3	14.2	7.1
3.0	2.0	9.5	19.6	19.6	3.0	2.0	8.6	18.4	18.4	3.0	2.0	7.9	17.3	17.3
5.0	1.5	10.1	20.2	15.2	5.0	1.5	9.8	19.6	14.7	5.0	1.5	9.4	18.8	14.1
6.5	1.5	10.1	20.2	15.2	6.5	1.5	9.8	19.6	14.7	6.5	1.5	9.4	18.8	14.1
6.0 指標の合計 51.9					6.0 指標の合計 48.1					6.0 指標の合計 44.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6				
地中平均温度°C 8.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 8.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 7.4 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

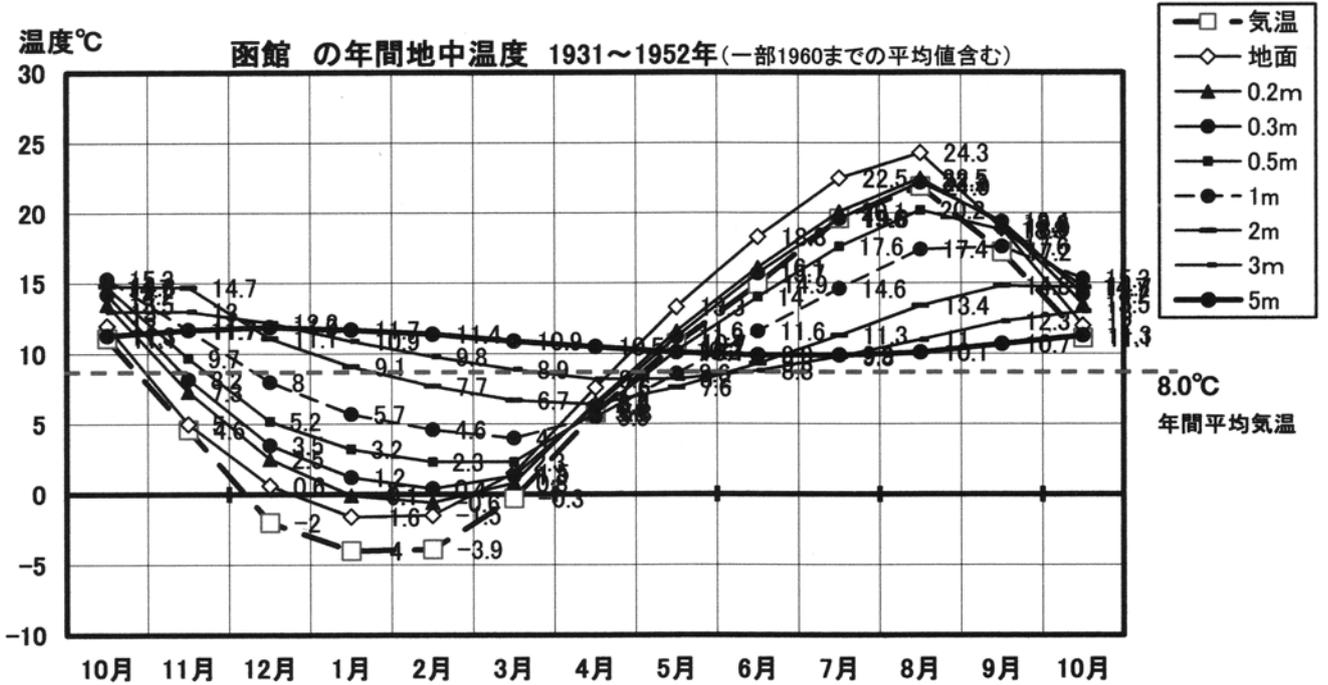
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

札幌

4月 月平均気温 5.3					5月 月平均気温 10.6					6月 月平均気温 15.0				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		4.3			0.5		9.8			0.5		13.8		
	0.5		8.4	2.1		0.5		17.3	4.3		0.5		24.5	6.1
1.0		4.1			1.0		7.5			1.0		10.7		
	1.0		9.4	4.7		1.0		13.7	6.9		1.0		18.6	9.3
2.0		5.3			2.0		6.2			2.0		7.9		
	1.0		12.1	6.1		1.0		12.9	6.5		1.0		15.2	7.6
3.0		6.8			3.0		6.7			3.0		7.3		
	2.0		15.7	15.7		2.0		15.1	15.1		2.0		15.5	15.5
5.0		8.9			5.0		8.4			5.0		8.2		
	1.5		17.8	13.4		1.5		16.8	12.6		1.5		16.4	12.3
6.5		8.9			6.5		8.4			6.5		8.2		
6.0 指標の合計 41.9					6.0 指標の合計 45.3					指標の合計 50.8				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6				
地中平均温度℃ 7.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 7.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 8.5 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2		0.0			6.2		0.0		
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 42.6				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

函館 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
41度46分	33	8.0 °C	25.9 °C	9か月	10月(11.1°C)~6月(14.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		10.3 °C	年間平均気温より 2.3 °C高い	
暖房期間の地中65mまでの平均温度の概算		10.1 °C	年間平均気温より 2.1 °C高い	

10月 月平均気温 11.1					11月 月平均気温 4.6					12月 月平均気温 -2.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		14.7			0.5		9.7			0.5		5.2		
	0.5		30.0	7.50		0.5		21.4	5.35		0.5		13.2	3.30
1.0		15.3			1.0		11.7			1.0		8.0		
	1.0		30.0	15.00		1.0		25.0	12.50		1.0		19.1	9.55
2.0		14.7			2.0		13.3			2.0		11.1		
	1.0		27.7	13.85		1.0		26.3	13.15		1.0		23.3	11.65
3.0		13.0			3.0		13.0			3.0		12.2		
	2.0		24.3	24.30		2.0		24.7	24.70		2.0		24.1	24.10
5.0		11.3			5.0		11.7			5.0		11.9		
	1.5		22.6	16.95		1.5		23.4	17.55		1.5		23.8	17.85
6.5		11.3			6.5		11.7			6.5		11.9		
	6.0		77.60	77.60		6.0		73.25	73.25		6.0		66.45	66.45
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00				
10月 月平均気温 11.1					11月 月平均気温 4.6					12月 月平均気温 -2.0				
地中平均温度°C 12.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.1 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -4.0					2月 月平均気温 -3.9					3月 月平均気温 -0.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		3.2			0.5		2.3			0.5		2.3		
	0.5		8.9	2.23		0.5		6.9	1.73		0.5		6.3	1.58
1.0		5.7			1.0		4.6			1.0		4.0		
	1.0		14.8	7.40		1.0		12.3	6.15		1.0		10.7	5.35
2.0		9.1			2.0		7.7			2.0		6.7		
	1.0		20.0	10.00		1.0		17.5	8.75		1.0		15.6	7.80
3.0		10.9			3.0		9.8			3.0		8.9		
	2.0		22.6	22.60		2.0		21.2	21.20		2.0		19.8	19.80
5.0		11.7			5.0		11.4			5.0		10.9		
	1.5		23.4	17.55		1.5		22.8	17.10		1.5		21.8	16.35
6.5		11.7			6.5		11.4			6.5		10.9		
	6.0		59.78	59.78		6.0		54.93	54.93		6.0		50.88	50.88
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00				
10月 月平均気温 11.1					11月 月平均気温 4.6					12月 月平均気温 -2.0				
地中平均温度°C 10.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 8.5 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

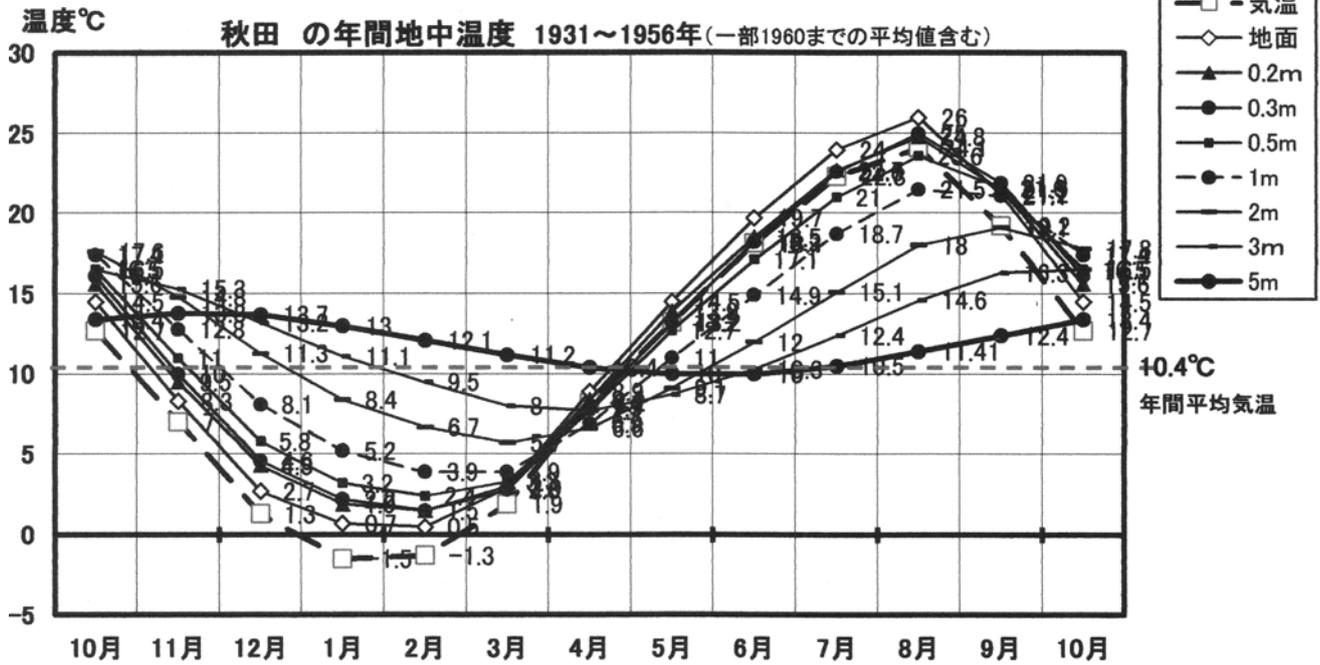
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

函館

4月 月平均気温 5.8					5月 月平均気温 10.7					6月 月平均気温 14.9				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		5.8			0.5		10.2			0.5		14.0		
	0.5		11.3	2.83		0.5		18.8	4.70		0.5		25.6	6.40
1.0		5.5			1.0		8.6			1.0		11.6		
	1.0		11.9	5.95		1.0		16.2	8.10		1.0		20.9	10.45
2.0		6.4			2.0		7.6			2.0		9.3		
	1.0		14.6	7.30		1.0		15.8	7.90		1.0		18.1	9.05
3.0		8.2			3.0		8.2			3.0		8.8		
	2.0		18.7	18.70		2.0		18.3	18.30		2.0		18.7	18.70
5.0		10.5			5.0		10.1			5.0		9.9		
	1.5		21.0	15.75		1.5		20.2	15.15		1.5		19.8	14.85
6.5		10.5			6.5		10.1			6.5		9.9		
6.0 指標の合計 50.53					6.0 指標の合計 54.15					6.0 指標の合計 59.45				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.00				
地中平均温度℃ 8.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 9.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 9.9 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2		0.0			6.2		0.0		
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 48.0				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

秋田 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
39度43分	9	10.4 °C	25.9 °C	8か月	10月(12.7°C)~5月(13.2°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		11.3 °C		年間平均気温より 0.9 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		11.0 °C		年間平均気温より 0.6 °C高い	

10月 月平均気温 12.7					11月 月平均気温 7.0					12月 月平均気温 1.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	16.5	33.9	8.5	0.5	0.5	11.0	23.8	6.0	0.5	0.5	5.8	13.9	3.5
1.0	1.0	17.4	35.2	17.6	1.0	1.0	12.8	27.6	13.8	1.0	1.0	8.1	19.4	9.7
2.0	1.0	17.8	34.3	17.2	2.0	1.0	14.8	30.1	15.1	2.0	1.0	11.3	24.5	12.3
3.0	2.0	16.5	29.9	29.9	3.0	2.0	15.3	29.1	29.1	3.0	2.0	13.2	26.9	26.9
5.0	1.5	13.4	26.8	20.1	5.0	2.0	13.8	27.6	20.7	5.0	2.0	13.7	27.4	20.6
6.5	1.5	13.4	26.8	20.1	6.5	1.5	13.8	27.6	20.7	6.5	1.5	13.7	27.4	20.6
指標の合計 93.2					指標の合計 84.6					指標の合計 72.9				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4				
地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.1 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -1.5					2月 月平均気温 -1.3					3月 月平均気温 1.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	3.2	8.4	2.1	0.5	0.5	2.4	6.3	1.6	0.5	0.5	3.3	7.2	1.8
1.0	1.0	5.2	13.6	6.8	1.0	1.0	3.9	10.6	5.3	1.0	1.0	3.9	9.6	4.8
2.0	1.0	8.4	19.5	9.8	2.0	1.0	6.7	16.2	8.1	2.0	1.0	5.7	13.7	6.9
3.0	2.0	11.1	24.1	24.1	3.0	2.0	9.5	21.6	21.6	3.0	2.0	8.0	19.2	19.2
5.0	1.5	13.0	26.0	19.5	5.0	2.0	12.1	24.2	18.2	5.0	2.0	11.2	22.4	16.8
6.5	1.5	13.0	26.0	19.5	6.5	1.5	12.1	24.2	18.2	6.5	1.5	11.2	22.4	16.8
指標の合計 62.3					指標の合計 54.7					指標の合計 49.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4				
地中平均温度°C 10.38 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.12 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 8.24 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

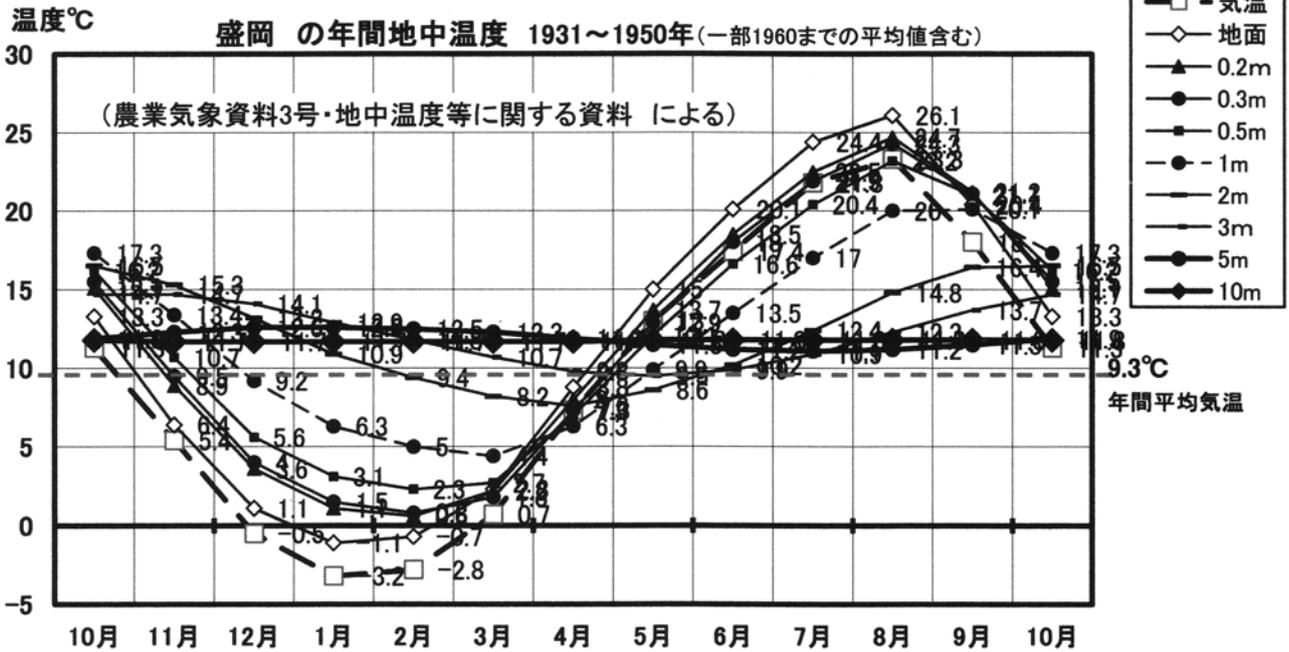
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

秋田

4月 月平均気温 8.2					5月 月平均気温 13.2					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		7.7			0.5		12.7			0.5				
	0.5		14.6	3.7		0.5		23.7	5.9		0.5		0.0	0.0
1.0		6.9			1.0		11.0			1.0				
	1.0		13.5	6.8		1.0		20.1	10.1		1.0		0.0	0.0
2.0		6.6			2.0		9.1			2.0				
	1.0		14.3	7.2		1.0		17.8	8.9		1.0		0.0	0.0
3.0		7.7			3.0		8.7			3.0				
	2.0		18.1	18.1		2.0		18.7	18.7		2.0		0.0	0.0
5.0		10.4			5.0		10.0			5.0				
	1.5		20.8	15.6		1.5		20.0	15.0		1.2		0.0	0.0
6.5		10.4			6.5		10.0			6.2				
6.0 指標の合計 51.3					6.0 指標の合計 58.8					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4				
地中平均温度℃ 8.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 9.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2		0.0			6.2		0.0		
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 62.4				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

盛岡 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
39度42分	155	9.3 °C	26.5 °C	8か月	10月(11.3°C)~5月(13.0°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		12.3 °C	年間平均気温より		3.0 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		11.5 °C	年間平均気温より		2.2 °C高い

10月 月平均気温 11.3					11月 月平均気温 5.4					12月 月平均気温 -0.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.2			0.5		10.7			0.5		5.6		
	0.5		33.5	8.4		0.5		24.1	6.0		0.5		14.8	3.7
1.0		17.3			1.0		13.4			1.0		9.2		
	1.0		33.8	16.9		1.0		28.7	14.4		1.0		22.4	11.2
2.0		16.5			2.0		15.3			2.0		13.2		
	1.0		31.2	15.6		1.0		30.0	15.0		1.0		27.3	13.7
3.0		14.7			3.0		14.7			3.0		14.1		
	2.0		26.6	26.6		2.0		27.0	27.0		2.0		26.7	26.7
5.0		11.9			5.0		12.3			5.0		12.6		
	1.5		23.8	17.9		1.5		24.6	18.5		1.5		25.2	18.9
6.5		11.9			6.5		12.3			6.5		12.6		
	6.0		85.3	85.3		6.0		80.8	80.8		6.0		74.2	74.2
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8				
地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.4 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -3.2					2月 月平均気温 -2.8					3月 月平均気温 0.7				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		3.1			0.5		2.3			0.5		2.7		
	0.5		9.4	2.4		0.5		7.3	1.8		0.5		7.1	1.8
1.0		6.3			1.0		5.0			1.0		4.4		
	1.0		17.2	8.6		1.0		14.4	7.2		1.0		12.6	6.3
2.0		10.9			2.0		9.4			2.0		8.2		
	1.0		23.8	11.9		1.0		21.2	10.6		1.0		18.9	9.5
3.0		12.9			3.0		11.8			3.0		10.7		
	2.0		25.5	25.5		2.0		24.3	24.3		2.0		23.0	23.0
5.0		12.6			5.0		12.5			5.0		12.3		
	1.5		25.2	18.9		1.5		25.0	18.8		1.5		24.6	18.5
6.5		12.6			6.5		12.5			6.5		12.3		
	6.0		67.3	67.3		6.0		62.7	62.7		6.0		59.0	59.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8				
地中平均温度°C 11.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.8 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

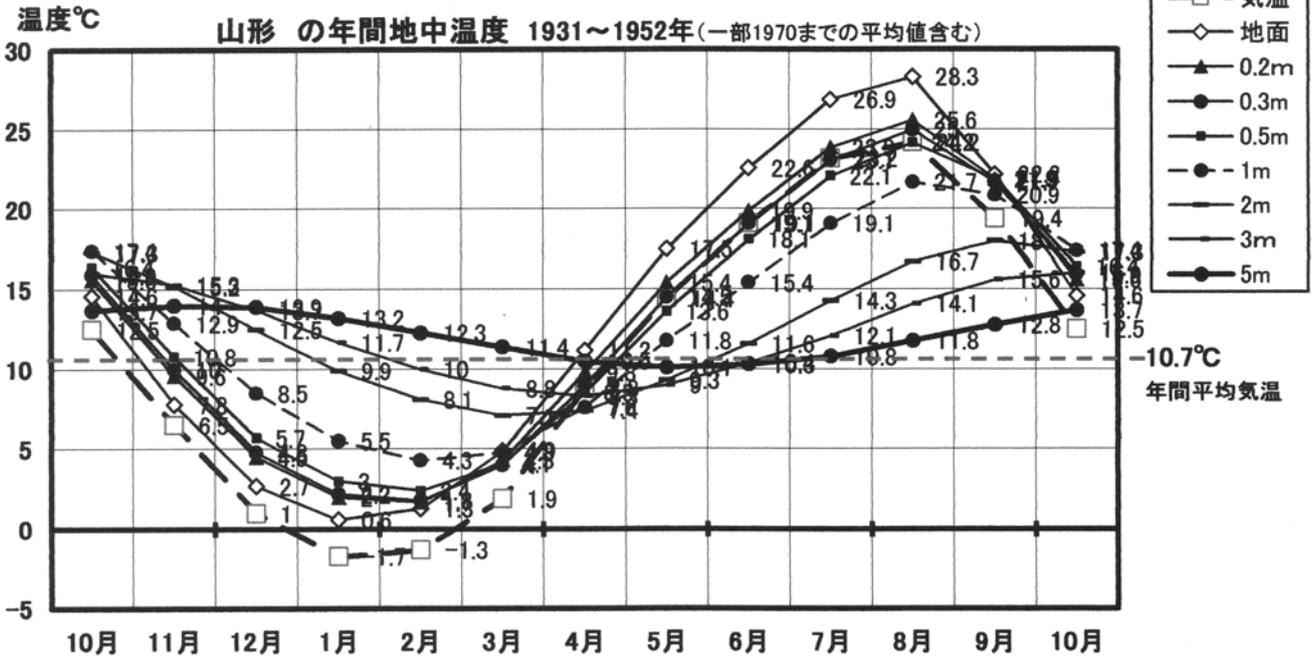
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

盛岡

4月 月平均気温 7.3					5月 月平均気温 13.0					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		7.0			0.5		12.1			0.5				
	0.5		13.3	3.3		0.5		22.0	5.5		0.5		0.0	0.0
1.0		6.3			1.0		9.9			1.0				
	1.0		13.9	7.0		1.0		18.5	9.3		1.0		0.0	0.0
2.0		7.6			2.0		8.6			2.0				
	1.0		17.4	8.7		1.0		18.1	9.1		1.0		0.0	0.0
3.0		9.8			3.0		9.5			3.0				
	2.0		21.7	21.7		2.0		21.0	21.0		2.0		0.0	0.0
5.0		11.9			5.0		11.5			5.0				
	1.5		23.8	17.9		1.5		23.0	17.3		1.2		0.0	0.0
6.5		11.9			6.5		11.5			6.2				
6.0		指標の合計 58.5			6.0		指標の合計 62.1			指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		55.8			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		55.8			年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 55.8				
地中平均温度℃ 9.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 10.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2		0.0			6.2		0.0		
指標の合計		0.0			指標の合計		0.0			指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		55.8			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		55.8			55.8				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

山形 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
38度15分	153	10.7 °C	25.9 °C	8か月	10月(12.5°C)~5月(14.4°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		11.6 °C		年間平均気温より 0.9 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		11.3 °C		年間平均気温より 0.6 °C高い	

10月 月平均気温 12.5					11月 月平均気温 6.5					12月 月平均気温 1.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.4			0.5		10.8			0.5		5.7		
	0.5		33.8	8.5		0.5		23.7	5.9		0.5		14.2	3.6
	1.0	17.4		17.4		1.0	12.9		14.1		1.0	8.5		10.5
	2.0	17.3		16.7		2.0	15.2		15.3		2.0	12.5		13.1
	3.0	16.0		29.7		3.0	15.3		29.3		3.0	13.7		27.6
	5.0	13.7		29.7		5.0	14.0		29.3		5.0	13.9		27.6
	6.5	13.7		20.6		6.5	14.0		21.0		6.5	13.9		20.9
6.0 指標の合計 92.7					6.0 指標の合計 85.5					6.0 指標の合計 75.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2				
地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.6 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -1.7					2月 月平均気温 -1.3					3月 月平均気温 1.9				
0.5		3.0			0.5		2.4			0.5		4.1		
	0.5		8.5	2.1		0.5		6.7	1.7		0.5		8.9	2.2
	1.0	5.5		7.7		1.0	4.3		6.2		1.0	4.8		6.0
	2.0	9.9		10.8		2.0	8.1		9.1		2.0	7.1		8.0
	3.0	11.7		24.9		3.0	10.0		22.3		3.0	8.8		20.2
	5.0	13.2		24.9		5.0	12.3		22.3		5.0	11.4		20.2
	6.5	13.2		19.8		6.5	12.3		18.5		6.5	11.4		17.1
6.0 指標の合計 65.3					6.0 指標の合計 57.7					6.0 指標の合計 53.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2				
地中平均温度°C 10.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 8.9 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

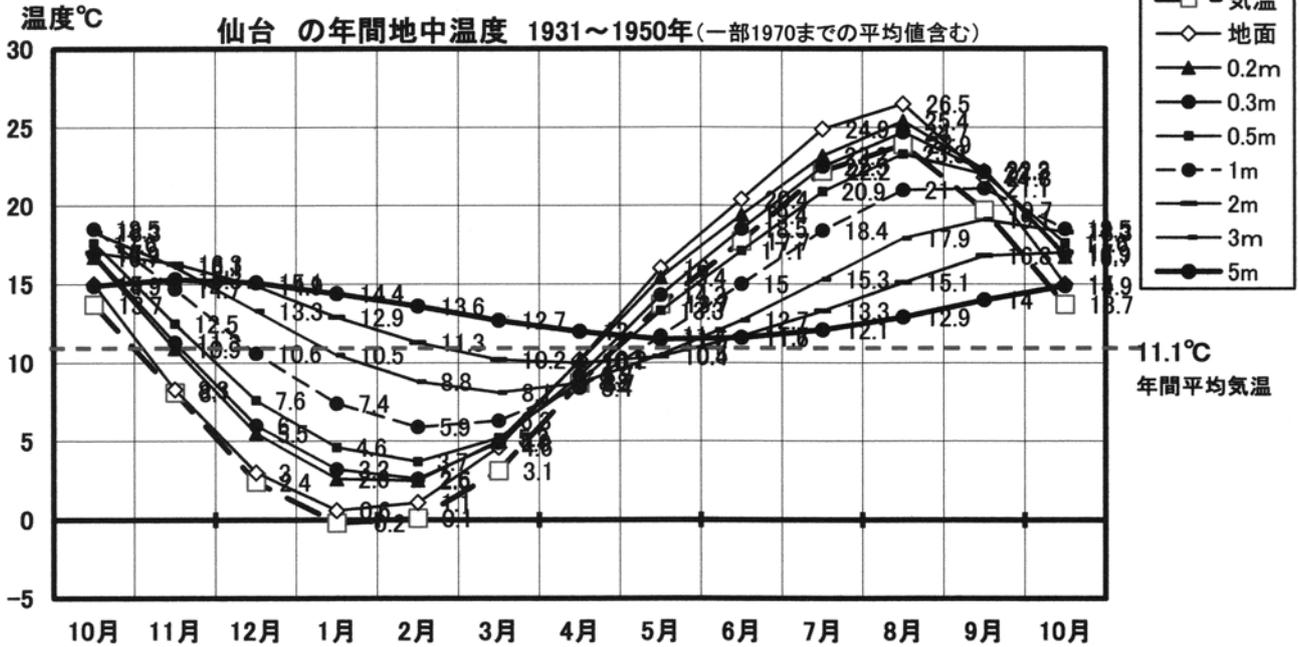
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

山形

4月 月平均気温 8.8					5月 月平均気温 14.4					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		8.5			0.5		13.6			0.5				
	0.5		16.1	4.0		0.5		25.4	6.4		0.5		0.0	0.0
1.0		7.6			1.0		11.8			1.0				
	1.0		15.0	7.5		1.0		21.1	10.6		1.0		0.0	0.0
2.0		7.4			2.0		9.3			2.0				
	1.0		15.7	7.9		1.0		18.3	9.2		1.0		0.0	0.0
3.0		8.3			3.0		9.0			3.0				
	2.0		18.8	18.8		2.0		19.1	19.1		2.0		0.0	0.0
5.0		10.5			5.0		10.1			5.0				
	1.5		21.0	15.8		1.5		20.2	15.2		1.2		0.0	0.0
6.5		10.5			6.5		10.1			6.2				
6.0 指標の合計 53.9					6.0 指標の合計 60.3					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2				
地中平均温度℃ 9.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 10.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 64.2				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

仙台 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注1	年間気温差	暖房期間注2	
38度16分	39	11.1 °C	24.1 °C	8か月	10月(13.7°C)~5月(13.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		11.8 °C		年間平均気温より 0.7 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		12.5 °C		年間平均気温より 1.4 °C高い	

10月 月平均気温 13.7				11月 月平均気温 8.1				12月 月平均気温 2.4			
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和 指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和 指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和 指標m°C
0.5		17.6		0.5		12.5		0.5		7.6	
	0.5		36.1		0.5		27.2		0.5		18.2
	1.0	18.5	35.5		1.0	14.7	31.0		1.0	10.6	25.5
	2.0	17.0	35.3		2.0	16.3	32.4		2.0	14.9	28.2
	3.0	18.3	33.2		3.0	16.1	31.4		3.0	13.3	28.4
	5.0	14.9	29.8		5.0	15.3	30.6		5.0	15.1	30.2
	6.5	14.9	22.4		6.5	15.3	23.0		6.5	15.1	22.7
6.0 指標の合計 100.0				6.0 指標の合計 92.9				6.0 指標の合計 82.5			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6			
地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)				地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)				地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)			
1月 月平均気温 -0.2				2月 月平均気温 0.1				3月 月平均気温 3.1			
0.5		4.6		0.5		3.7		0.5		5.2	
	0.5		12.0		0.5		9.6		0.5		11.5
	1.0	7.4	20.3		1.0	5.9	17.2		1.0	6.3	16.5
	2.0	12.9	23.4		2.0	11.3	20.1		2.0	10.2	18.3
	3.0	10.5	24.9		3.0	8.8	22.4		3.0	8.1	20.8
	5.0	14.4	28.8		5.0	13.6	27.2		5.0	12.7	25.4
	6.5	14.4	21.6		6.5	13.6	20.4		6.5	12.7	19.1
6.0 指標の合計 71.4				6.0 指標の合計 63.9				6.0 指標の合計 60.1			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6			
地中平均温度°C 11.9 (指標の合計/6m)				地中平均温度°C 10.6 (指標の合計/6m)				地中平均温度°C 10.0 (指標の合計/6m)			

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

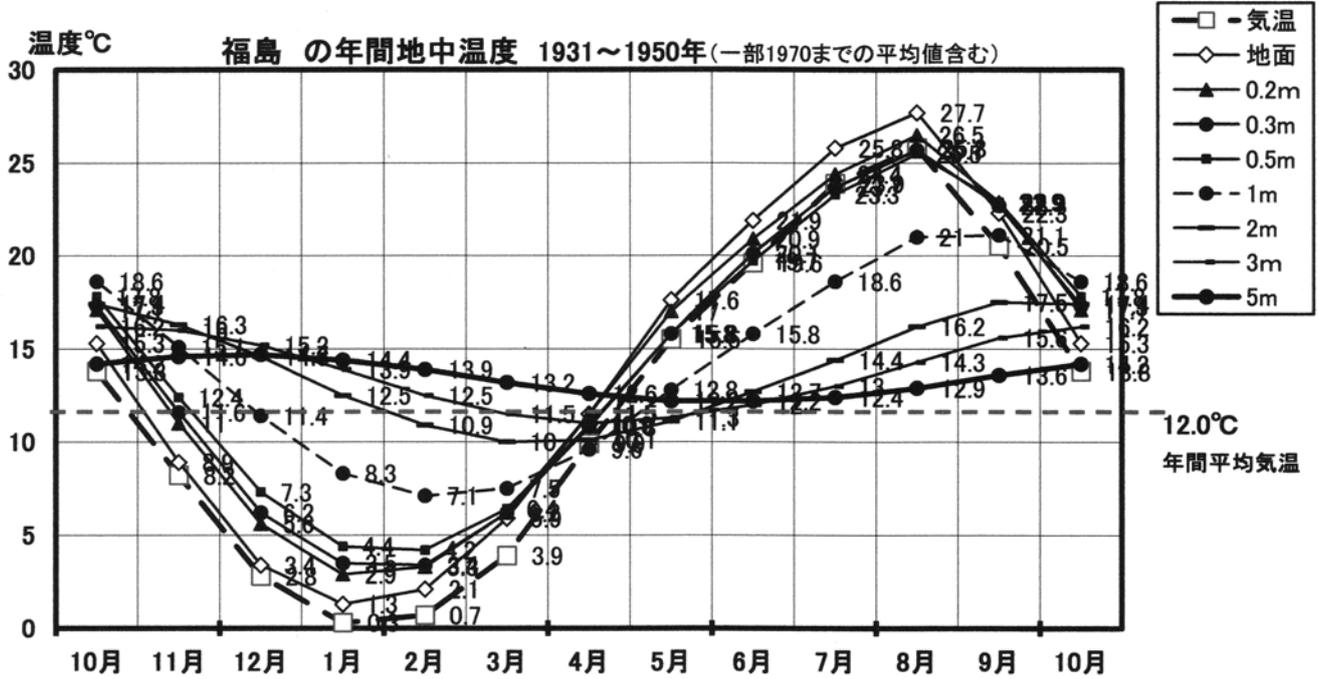
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

仙台

4月 月平均気温 8.7					5月 月平均気温 13.7					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		8.8			0.5		13.3			0.5				
	0.5		17.2	4.3		0.5		25.0	6.3		0.5		0.0	0.0
1.0		8.4			1.0		11.7			1.0			0.0	0.0
	1.0		18.4	9.2		1.0		22.1	11.1		1.0		0.0	0.0
2.0		10.0			2.0		10.4			2.0			0.0	0.0
	1.0		18.7	9.4		1.0		20.9	10.5		1.0		0.0	0.0
3.0		8.7			3.0		10.5			3.0			0.0	0.0
	2.0		20.7	20.7		2.0		22.0	22.0		2.0		0.0	0.0
5.0		12.0			5.0		11.5			5.0			0.0	0.0
	1.5		24.0	18.0		1.5		23.0	17.3		1.2		0.0	0.0
6.5		12.0			6.5		11.5			6.2				
6.0 指標の合計 61.6					6.0 指標の合計 67.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				
地中平均温度℃ 10.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 11.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 66.6				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

福島 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
37度46分	67	12.0 °C	24.9 °C	8か月	10月(13.8°C)~5月(15.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		13.5 °C		年間平均気温より 1.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		13.1 °C		年間平均気温より 1.1 °C高い	

10月 月平均気温 13.8					11月 月平均気温 8.2					12月 月平均気温 2.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	17.8	36.4	9.1	0.5	0.5	12.4	27.5	6.9	0.5	0.5	7.3	18.7	4.7
1.0	1.0	18.6	36.0	18.0	1.0	1.0	15.1	31.4	15.7	1.0	1.0	11.4	26.0	13.0
2.0	2.0	17.4	33.6	16.8	2.0	2.0	16.3	32.3	16.2	2.0	2.0	14.6	29.8	14.9
3.0	3.0	16.2	30.4	30.4	3.0	3.0	16.0	30.6	30.6	3.0	3.0	15.2	29.9	29.9
5.0	5.0	14.2	28.4	21.3	5.0	5.0	14.6	29.2	21.9	5.0	5.0	14.7	29.4	22.1
6.5	6.5	14.2	28.4	21.3	6.5	6.5	14.6	29.2	21.9	6.5	6.5	14.7	29.4	22.1
指標の合計 95.6					指標の合計 91.2					指標の合計 84.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0				
地中平均温度°C 15.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 0.3					2月 月平均気温 0.7					3月 月平均気温 3.9				
0.5	0.5	4.4	12.7	3.2	0.5	0.5	4.2	11.3	2.8	0.5	0.5	6.4	13.9	3.5
1.0	1.0	8.3	20.8	10.4	1.0	1.0	7.1	18.0	9.0	1.0	1.0	7.5	17.5	8.8
2.0	2.0	12.5	26.4	13.2	2.0	2.0	10.9	23.4	11.7	2.0	2.0	10.0	21.5	10.8
3.0	3.0	13.9	28.3	28.3	3.0	3.0	12.5	26.4	26.4	3.0	3.0	11.5	24.7	24.7
5.0	5.0	14.4	28.8	21.6	5.0	5.0	13.9	27.8	20.9	5.0	5.0	13.2	26.4	19.8
6.5	6.5	14.4	28.8	21.6	6.5	6.5	13.9	27.8	20.9	6.5	6.5	13.2	26.4	19.8
指標の合計 76.7					指標の合計 70.8					指標の合計 67.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0				
地中平均温度°C 12.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.2 (指標の合計/6m)				

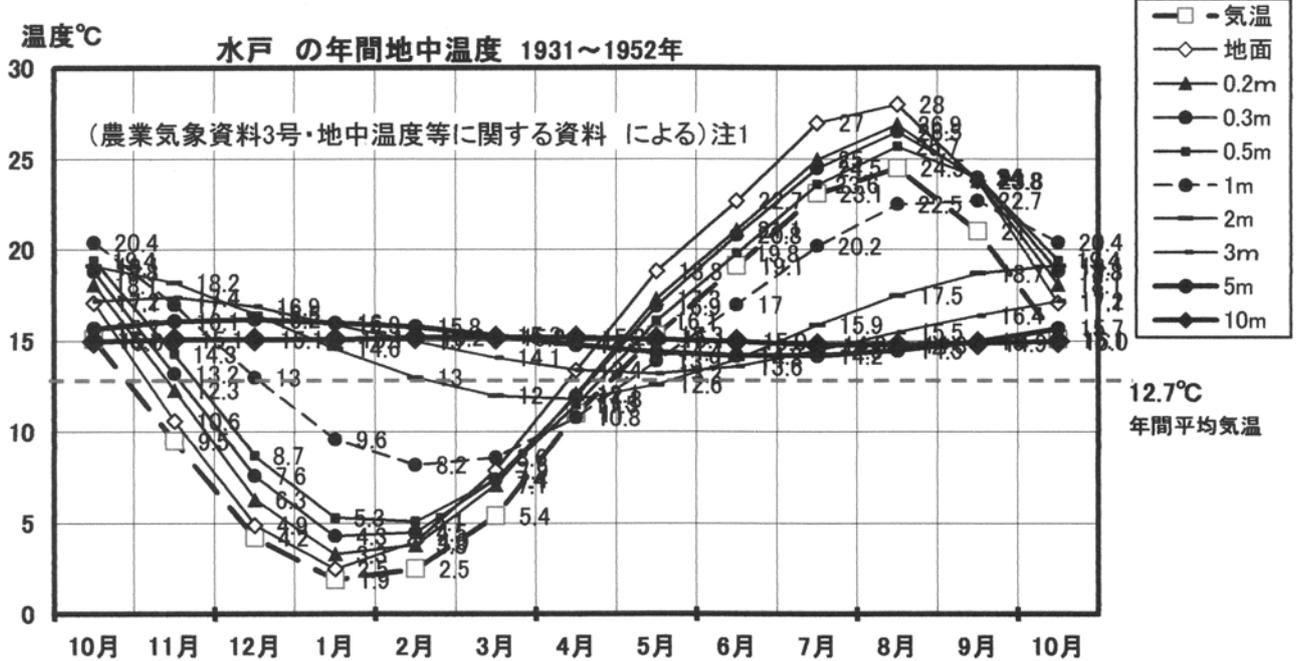
注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。
 注2 1930~1950年平均気温値を使用する。気象庁ホームページ発表データより作成。

福島

4月 月平均気温 9.9					5月 月平均気温 15.5					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		10.9			0.5		15.8			0.5				
	0.5		20.5	5.1		0.5		28.6	7.2		0.5		0.0	0.0
1.0		9.6			1.0		12.8			1.0				
	1.0		19.7	9.9		1.0		23.9	12.0		1.0		0.0	0.0
2.0		10.1			2.0		11.1			2.0				
	1.0		21.1	10.6		1.0		22.4	11.2		1.0		0.0	0.0
3.0		11.0			3.0		11.3			3.0				
	2.0		23.6	23.6		2.0		23.5	23.5		2.0		0.0	0.0
5.0		12.6			5.0		12.2			5.0				
	1.5		25.2	18.9		1.5		24.4	18.3		1.2		0.0	0.0
6.5		12.6			6.5		12.2			6.2				
6.0 指標の合計 68.0					6.0 指標の合計 72.1					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0				
地中平均温度℃ 11.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 12.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 72.0				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

水戸 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度22分	29	12.7 °C	22.6 °C	8か月	10月(15.1°C)~5月(15.3°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.4 °C		年間平均気温より 2.7 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.8 °C		年間平均気温より 2.1 °C高い	

10月 月平均気温 15.1					11月 月平均気温 9.5					12月 月平均気温 4.2				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		19.4			0.5		14.3			0.5		8.7		
	0.5		39.8	10.0		0.5		31.3	7.8		0.5		21.7	5.4
1.0		20.4			1.0		17.0			1.0		13.0		
	1.0		39.5	19.8		1.0		35.2	17.6		1.0		29.5	14.8
2.0		19.1			2.0		18.2			2.0		16.5		
	1.0		36.3	18.2		1.0		35.6	17.8		1.0		33.4	16.7
3.0		17.2			3.0		17.4			3.0		16.9		
	2.0		32.9	32.9		2.0		33.5	33.5		2.0		33.1	33.1
5.0		15.7			5.0		16.1			5.0		16.2		
	1.5		31.4	23.6		1.5		32.2	24.2		1.5		32.4	24.3
6.5		15.7			6.5		16.1			6.5		16.2		
6.0 指標の合計 104.3					6.0 指標の合計 100.9					6.0 指標の合計 94.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度°C 17.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.7 (指標の合計/6m)				

1月 月平均気温 1.9					2月 月平均気温 2.5					3月 月平均気温 5.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		5.3			0.5		5.1			0.5		7.4		
	0.5		14.9	3.7		0.5		13.3	3.3		0.5		16.0	4.0
1.0		9.6			1.0		8.2			1.0		8.6		
	1.0		24.2	12.1		1.0		21.2	10.6		1.0		20.6	10.3
2.0		14.6			2.0		13.0			2.0		12.0		
	1.0		30.5	15.3		1.0		28.0	14.0		1.0		26.1	13.1
3.0		15.9			3.0		15.0			3.0		14.1		
	2.0		31.9	31.9		2.0		30.8	30.8		2.0		29.4	29.4
5.0		16.0			5.0		15.8			5.0		15.3		
	1.5		32.0	24.0		1.5		31.6	23.7		1.5		30.6	23.0
6.5		16.0			6.5		15.8			6.5		15.3		
6.0 指標の合計 87.0					6.0 指標の合計 82.4					6.0 指標の合計 79.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.3 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

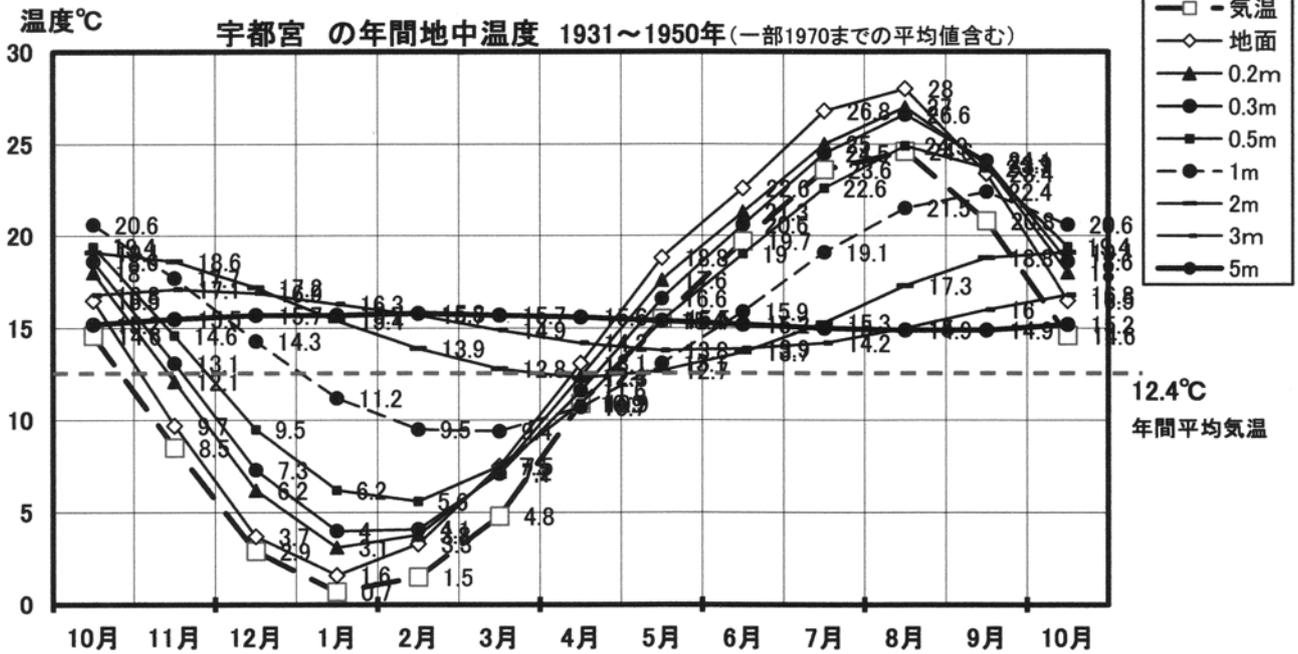
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊)による

水戸

4月 月平均気温 11.0					5月 月平均気温 15.3					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		11.5			0.5		16.1			0.5				
	0.5		22.3	5.6		0.5		30.0	7.5		0.5		0.0	0.0
1.0		10.8			1.0		13.9			1.0				
	1.0		22.6	11.3		1.0		26.5	13.3		1.0		0.0	0.0
2.0		11.8			2.0		12.6			2.0				
	1.0		25.2	12.6		1.0		25.8	12.9		1.0		0.0	0.0
3.0		13.4			3.0		13.2			3.0				
	2.0		28.2	28.2		2.0		27.6	27.6		2.0		0.0	0.0
5.0		14.8			5.0		14.4			5.0				
	1.5		29.6	22.2		1.5		28.8	21.6		1.2		0.0	0.0
6.5		14.8			6.5		14.4			6.2				
6.0 指標の合計				79.9	6.0 指標の合計				82.9	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2
地中平均温度℃ 13.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 13.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計				0.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				76.2
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

宇都宮《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 15

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度33分	119	12.4 °C	23.9 °C	8かげつ	10月(14.6°C)~5月(15.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.7 °C	年間平均気温より	3.3 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.1 °C	年間平均気温より	2.7 °C高い

10月	月平均気温	14.6	11月	月平均気温	8.5	12月	月平均気温	2.9						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	19.4	40.0	10.0	0.5	0.5	14.6	32.3	8.1	0.5	0.5	9.5	23.8	6.0
1.0	1.0	20.6	39.7	19.9	1.0	1.0	17.7	36.3	18.2	1.0	1.0	14.3	31.5	15.8
2.0	2.0	19.1	35.9	18.0	2.0	2.0	18.6	35.7	17.9	2.0	2.0	17.2	34.1	17.1
3.0	3.0	16.8	32.0	32.0	3.0	3.0	17.1	32.6	32.6	3.0	3.0	16.9	32.6	32.6
5.0	5.0	15.2	30.4	22.8	5.0	5.0	15.5	31.0	23.3	5.0	5.0	15.7	31.4	23.6
6.5	6.5	15.2	30.4	22.8	6.5	6.5	15.5	31.0	23.3	6.5	6.5	15.7	31.4	23.6
6.0		指標の合計 102.6			6.0		指標の合計 99.9			6.0		指標の合計 94.9		
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4		
地中平均温度°C 17.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.8 (指標の合計/6m)				
1月	月平均気温	0.7	2月	月平均気温	1.5	3月	月平均気温	4.8						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	6.2	17.4	4.4	0.5	0.5	5.6	15.1	3.8	0.5	0.5	7.5	16.9	4.2
1.0	1.0	11.2	26.6	13.3	1.0	1.0	9.5	23.4	11.7	1.0	1.0	9.4	22.2	11.1
2.0	2.0	15.4	31.7	15.9	2.0	2.0	13.9	29.6	14.8	2.0	2.0	12.8	27.7	13.9
3.0	3.0	16.3	32.0	32.0	3.0	3.0	15.7	31.5	31.5	3.0	3.0	14.9	30.6	30.6
5.0	5.0	15.7	31.4	23.6	5.0	5.0	15.8	31.6	23.7	5.0	5.0	15.7	31.4	23.6
6.5	6.5	15.7	31.4	23.6	6.5	6.5	15.8	31.6	23.7	6.5	6.5	15.7	31.4	23.6
6.0		指標の合計 89.1			6.0		指標の合計 85.5			6.0		指標の合計 83.3		
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		74.4		
地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.9 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

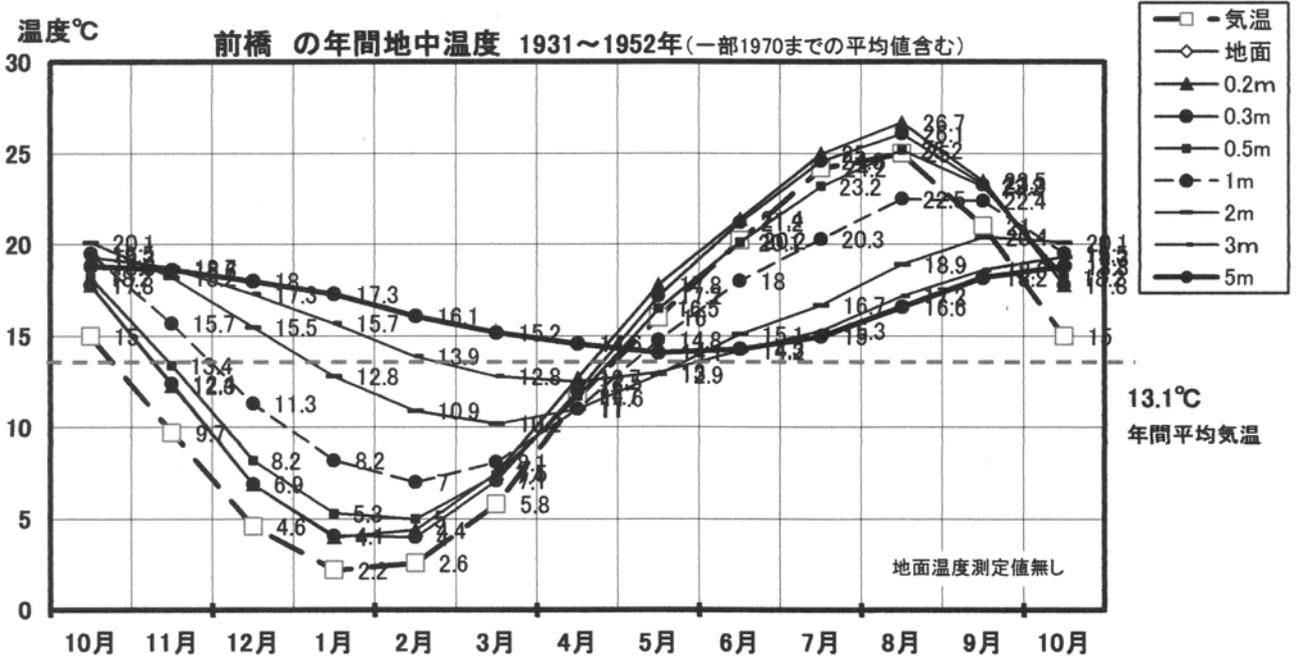
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

宇都宮

4月 月平均気温 10.9					5月 月平均気温 15.5					6月 月平均気温					
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	
0.5		10.9			0.5		15.4			0.5					
	0.5		21.6	5.4		0.5		28.5	7.1		0.5		0.0	0.0	
1.0		10.7			1.0		13.1			1.0					
	1.0		23.0	11.5		1.0		25.8	12.9		1.0		0.0	0.0	
2.0		12.3			2.0		12.7			2.0					
	1.0		26.5	13.3		1.0		26.5	13.3		1.0		0.0	0.0	
3.0		14.2			3.0		13.8			3.0					
	2.0		29.8	29.8		2.0		29.2	29.2		2.0		0.0	0.0	
5.0		15.6			5.0		15.4			5.0					
	1.5		31.2	23.4		1.5		30.8	23.1		1.2		0.0	0.0	
6.5		15.6			6.5		15.4			6.2					
6.0 指標の合計				83.4	6.0 指標の合計				85.6	指標の合計					0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				74.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				74.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					74.4
地中平均温度℃ 13.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 14.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温					
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	
0.2					0.2					0.2					
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0	
0.3					0.3					0.3					
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0	
0.5					0.5					0.5					
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0	
1.0					1.0					1.0					
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0	
2.0					2.0					2.0					
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0	
3.0					3.0					3.0					
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0	
5.0					5.0					5.0					
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0	
6.2					6.2		0.0			6.2					
指標の合計				0.0	指標の合計				0.0	指標の合計					0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				74.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				74.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					74.4
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					

前橋 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度23分	112	13.1 °C	22.8 °C	7か月	10月(15.0°C)~4月(11.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.7 °C	年間平均気温より		2.6 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.2 °C	年間平均気温より		2.1 °C高い

10月 月平均気温 15.0					11月 月平均気温 9.7					12月 月平均気温 4.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	18.2	37.7	9.4	0.5	0.5	13.4	29.1	7.3	0.5	0.5	8.2	19.5	4.9
1.0	1.0	19.5	39.6	19.8	1.0	1.0	15.7	33.9	17.0	1.0	1.0	11.3	26.8	13.4
2.0	2.0	20.1	39.4	19.7	2.0	2.0	18.2	36.9	18.5	2.0	2.0	15.5	32.8	16.4
3.0	3.0	19.3	38.1	38.1	3.0	3.0	18.7	37.3	37.3	3.0	3.0	17.3	35.3	35.3
5.0	5.0	18.8	37.6	28.2	5.0	5.0	18.6	37.2	27.9	5.0	5.0	18.0	36.0	27.0
6.5	6.5	18.8	37.6	28.2	6.5	6.5	18.6	37.2	27.9	6.5	6.5	18.0	36.0	27.0
6.0 指標の合計 115.2					6.0 指標の合計 107.9					6.0 指標の合計 97.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6				
地中平均温度°C 19.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 2.2					2月 月平均気温 2.6					3月 月平均気温 5.8				
0.5	0.5	5.3	13.5	3.4	0.5	0.5	5.0	12.0	3.0	0.5	0.5	7.4	15.5	3.9
1.0	1.0	8.2	21.0	10.5	1.0	1.0	7.0	17.9	9.0	1.0	1.0	8.1	18.3	9.2
2.0	2.0	12.8	28.5	14.3	2.0	2.0	10.9	24.8	12.4	2.0	2.0	10.2	23.0	11.5
3.0	3.0	15.7	33.0	33.0	3.0	3.0	13.9	30.0	30.0	3.0	3.0	12.8	28.0	28.0
5.0	5.0	17.3	34.6	26.0	5.0	5.0	16.1	32.2	24.2	5.0	5.0	15.2	30.4	22.8
6.5	6.5	17.3	34.6	26.0	6.5	6.5	16.1	32.2	24.2	6.5	6.5	15.2	30.4	22.8
6.0 指標の合計 87.1					6.0 指標の合計 78.5					6.0 指標の合計 75.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6				
地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.6 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

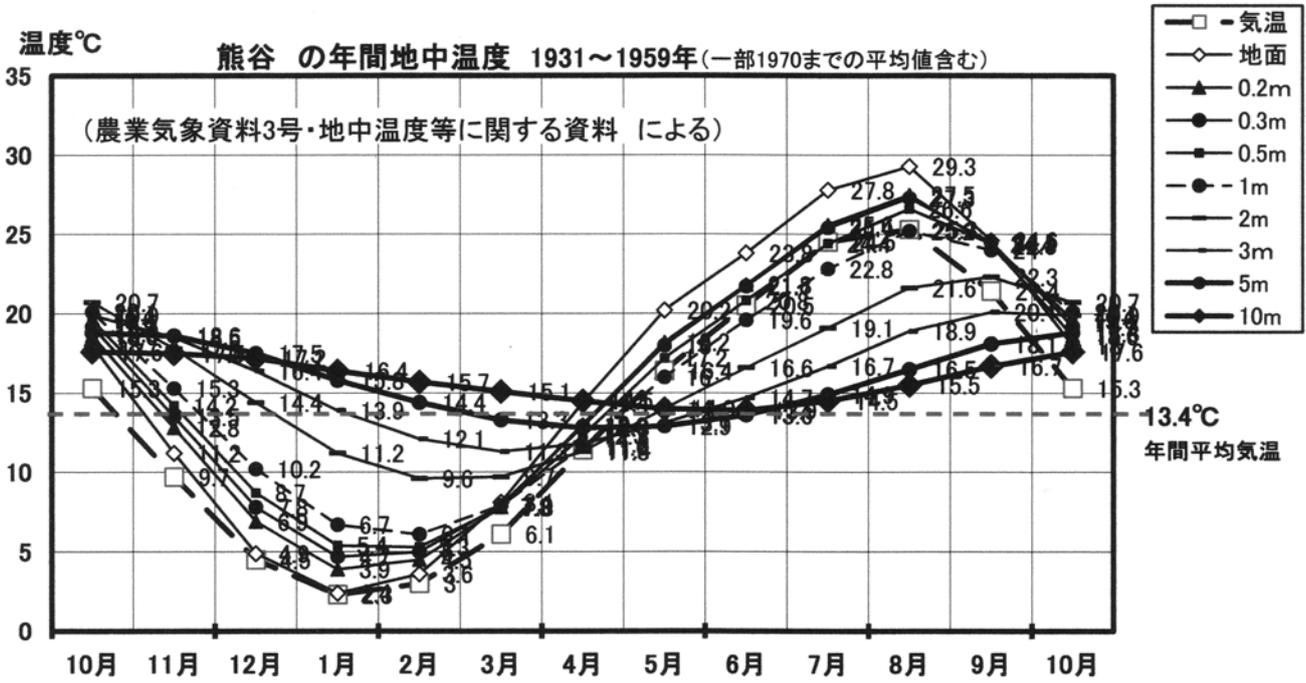
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

前橋

4月 月平均気温 11.6					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		11.7			0.5					0.5				
	0.5		22.7	5.7		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.0			1.0					1.0				
	1.0		22.0	11.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		11.0			2.0					2.0				
	1.0		23.5	11.8		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		12.5			3.0					3.0				
	2.0		27.1	27.1		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		14.6			5.0					5.0				
	1.5		29.2	21.9		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		14.6			6.2					6.2				
6.0 指標の合計 77.4					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6				
地中平均温度℃ 12.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 78.6				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

熊谷 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度08分	30	13.4 °C	23.0 °C	7か月	10月(15.3°C)~4月(11.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.8 °C	年間平均気温より		1.4 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.4 °C	年間平均気温より		1.0 °C高い

10月	月平均気温	15.3	11月	月平均気温	9.7	12月	月平均気温	4.5						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		19.6			0.5		14.2			0.5		8.7		
	0.5		39.7	9.9		0.5		29.5	7.4		0.5		18.9	4.7
1.0		20.1			1.0		15.3			1.0		10.2		
	1.0		40.8	20.4		1.0		33.1	16.6		1.0		24.6	12.3
2.0		20.7			2.0		17.8			2.0		14.4		
	1.0		40.6	20.3		1.0		36.3	18.2		1.0		30.8	15.4
3.0		19.9			3.0		18.5			3.0		16.4		
	2.0		38.7	38.7		2.0		37.1	37.1		2.0		33.9	33.9
5.0		18.8			5.0		18.6			5.0		17.5		
	1.5		37.6	28.2		1.5		37.2	27.9		1.5		35.0	26.3
6.5		18.8			6.5		18.6			6.5		17.5		
	6.0		117.5	117.5		6.0		107.1	107.1		6.0		92.6	92.6
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度°C 19.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.4 (指標の合計/6m)				
1月	月平均気温	2.3	2月	月平均気温	3.0	3月	月平均気温	6.1						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		5.4			0.5		5.3			0.5		7.8		
	0.5		12.1	3.0		0.5		11.4	2.9		0.5		15.7	3.9
1.0		6.7			1.0		6.1			1.0		7.9		
	1.0		17.9	9.0		1.0		15.7	7.9		1.0		17.6	8.8
2.0		11.2			2.0		9.6			2.0		9.7		
	1.0		25.1	12.6		1.0		21.7	10.9		1.0		21.0	10.5
3.0		13.9			3.0		12.1			3.0		11.3		
	2.0		29.7	29.7		2.0		26.5	26.5		2.0		24.6	24.6
5.0		15.8			5.0		14.4			5.0		13.3		
	1.5		31.6	23.7		1.5		28.8	21.6		1.5		26.6	20.0
6.5		15.8			6.5		14.4			6.5		13.3		
	6.0		77.9	77.9		6.0		69.7	69.7		6.0		67.8	67.8
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度°C 13.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.3 (指標の合計/6m)				

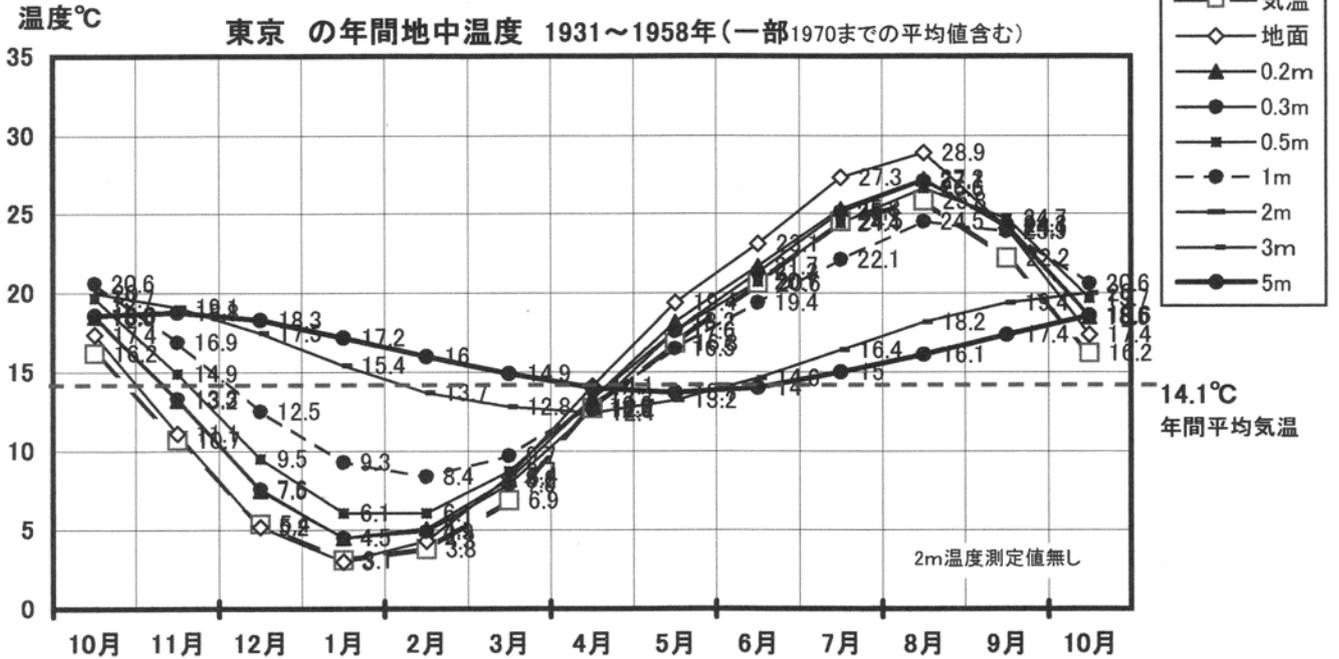
注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。
 注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

熊谷

4月 月平均気温 11.9					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		12.3			0.5					0.5				
	0.5		23.9	6.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.6			1.0					1.0				
	1.0		22.9	11.5		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		11.3			2.0					2.0				
	1.0		23.1	11.6		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		11.8			3.0					3.0				
	2.0		24.6	24.6		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		12.8			5.0					5.0				
	1.5		25.6	19.2		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		12.8			6.2					6.2				
6.0 指標の合計 72.8					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度℃ 12.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

東京 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2
35度40分	5	14.1 °C	22.7 °C	11月(10.7°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.2 °C	年間平均気温より		1.1 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.8 °C	年間平均気温より		0.7 °C高い

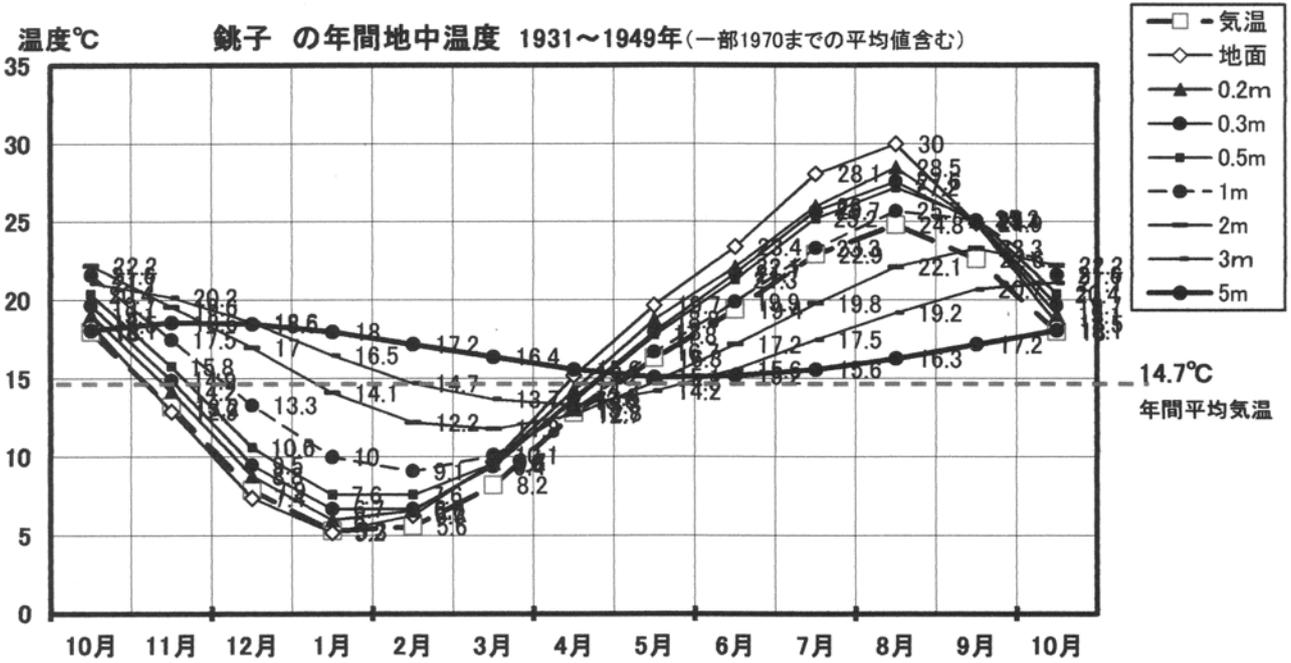
11月 月平均気温 10.7					12月 月平均気温 5.4					1月 月平均気温 3.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		14.9			0.5		9.5			0.5		6.1		
	0.5		31.8	8.0		0.5		22.0	5.5		0.5		15.4	3.9
	1.0	16.9				1.0		12.5			1.0		9.3	
	2.0		36.0	36.0		2.0		30.0	30.0		2.0		24.7	24.7
	3.0	19.1				3.0		17.5			3.0		15.4	
	2.0		37.9	37.9		2.0		35.8	35.8		2.0		32.6	32.6
	5.0	18.8				5.0		18.3			5.0		17.2	
	1.5		37.6	28.2		1.5		36.6	27.5		1.5		34.4	25.8
	6.5	18.8				6.5		18.3			6.5		17.2	
6.0 指標の合計 110.1					6.0 指標の合計 98.8					6.0 指標の合計 87.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6				
地中平均温度°C 18.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 3.8					3月 月平均気温 6.9					4月 月平均気温 12.7				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		6.1			0.5		8.7			0.5		13.3		
	0.5		14.5	3.6		0.5		18.4	4.6		0.5		26.2	6.6
	1.0		8.4			1.0		9.7			1.0		12.9	
	2.0		22.1	22.1		2.0		22.5	22.5		2.0		25.3	25.3
	3.0	13.7				3.0		12.8			3.0		12.4	
	2.0		29.7	29.7		2.0		27.7	27.7		2.0		26.4	26.4
	5.0	16.0				5.0		14.9			5.0		14.0	
	1.5		32.0	24.0		1.5		29.8	22.4		1.5		28.0	21.0
	6.5	16.0				6.5		14.9			6.5		14.0	
6.0 指標の合計 79.4					6.0 指標の合計 77.2					6.0 指標の合計 79.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.6				
地中平均温度°C 13.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.2 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

銚子 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 **19**

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度43分	27	14.7 °C	19.5 °C	6か月	11月(13.2°C)~4月(12.8°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.2 °C	年間平均気温より	1.5 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.7 °C	年間平均気温より	1.0 °C高い

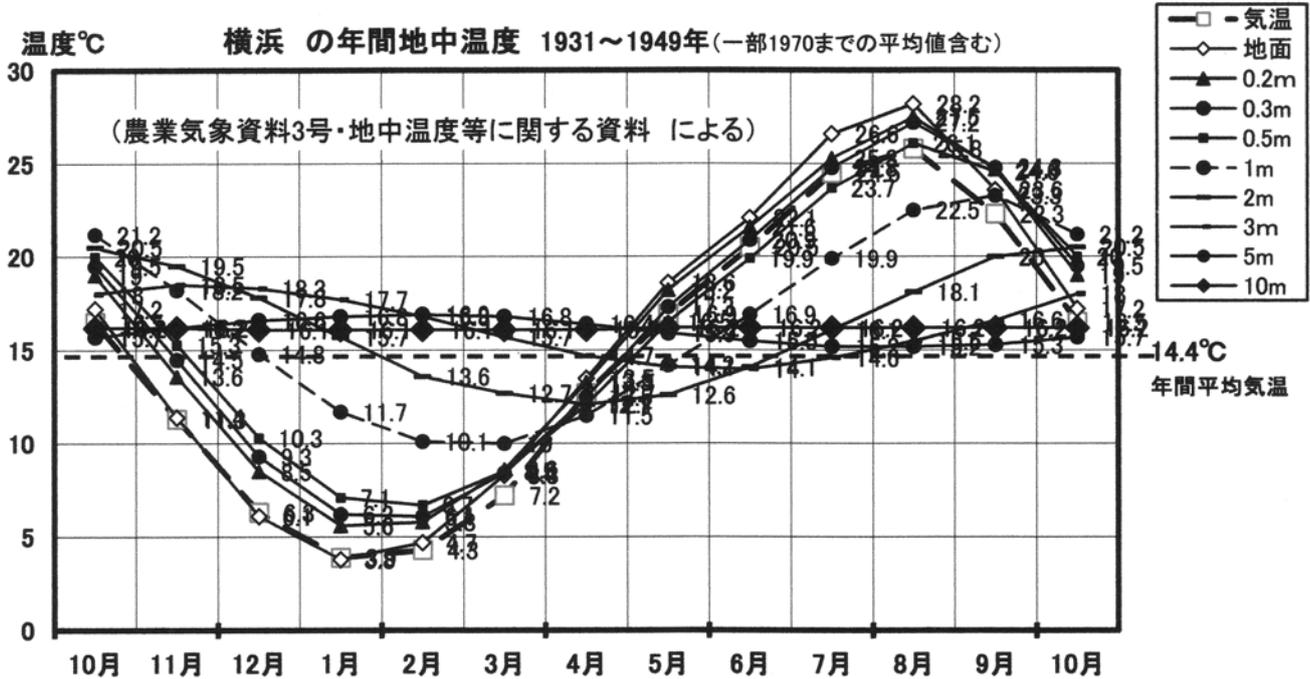
11月 月平均気温 13.2					12月 月平均気温 7.9					1月 月平均気温 5.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	15.8			0.5	0.5	10.6			0.5	0.5	7.6		
	0.5		33.3	8.3		0.5		23.9	6.0		0.5		17.6	4.4
	1.0	17.5				1.0	13.3				1.0	10.0		
	1.0		37.1	18.6		1.0		30.3	15.2		1.0		24.1	12.1
	2.0	19.6				2.0	17.0				2.0	14.1		
	1.0		39.8	19.9		1.0		35.6	17.8		1.0		30.6	15.3
	3.0	20.2				3.0	18.6				3.0	16.5		
	2.0		38.8	38.8		2.0		37.1	37.1		2.0		34.5	34.5
	5.0	18.6				5.0	18.5				5.0	18.0		
	1.5		37.2	27.9		1.5		37.0	27.8		1.5		36.0	27.0
	6.5	18.6				6.5	18.5				6.5	18.0		
	6.0		指標の合計	113.5		6.0		指標の合計	103.8		6.0		指標の合計	93.3
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2				
地中平均温度°C 18.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 5.6					3月 月平均気温 8.2					4月 月平均気温 12.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	7.6			0.5	0.5	9.6			0.5	0.5	13.6		
	0.5		16.7	4.2		0.5		19.7	4.9		0.5		26.8	6.7
	1.0	9.1				1.0	10.1				1.0	13.0		
	1.0		21.3	10.7		1.0		21.9	11.0		1.0		25.7	12.9
	2.0	12.2				2.0	11.8				2.0	12.7		
	1.0		26.9	13.5		1.0		25.5	12.8		1.0		26.0	13.0
	3.0	14.7				3.0	13.7				3.0	13.3		
	2.0		31.9	31.9		2.0		30.1	30.1		2.0		28.9	28.9
	5.0	17.2				5.0	16.4				5.0	15.6		
	1.5		34.4	25.8		1.5		32.8	24.6		1.5		31.2	23.4
	6.5	17.2				6.5	16.4				6.5	15.6		
	6.0		指標の合計	86.0		6.0		指標の合計	83.3		6.0		指標の合計	84.8
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 88.2				
地中平均温度°C 14.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料にある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

横浜 《暖房期間》 地中6.5mの探熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度27分	39	14.4 °C	21.9 °C	6か月	11月(11.3°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		17.0 °C	年間平均気温より	2.6 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.7 °C	年間平均気温より	1.3 °C高い

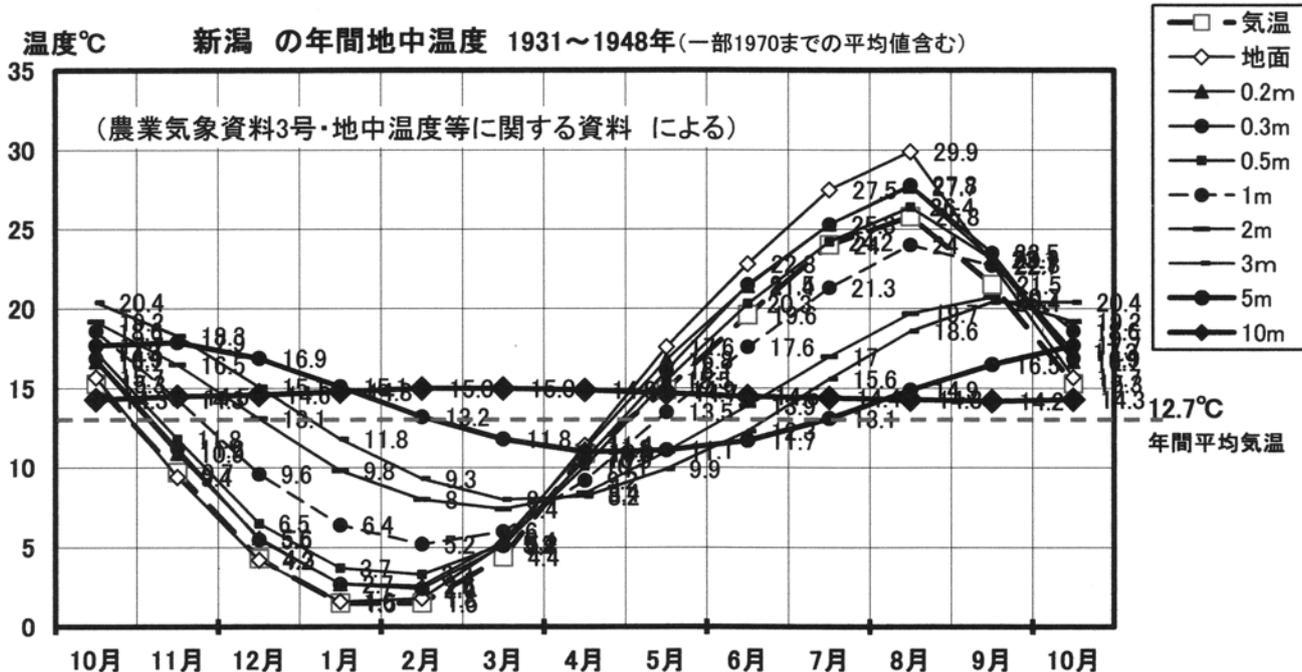
11月 月平均気温 11.3					12月 月平均気温 6.3					1月 月平均気温 3.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	15.3	33.5	8.4	0.5	0.5	10.3	25.1	6.3	0.5	0.5	7.1	18.8	4.7
1.0	1.0	18.2	37.7	18.9	1.0	1.0	14.8	32.6	16.3	1.0	1.0	11.7	27.4	13.7
2.0	1.0	19.5	38.0	19.0	2.0	1.0	17.8	36.1	18.1	2.0	1.0	15.7	33.4	16.7
3.0	2.0	18.5	34.7	34.7	3.0	2.0	18.3	34.9	34.9	3.0	2.0	17.7	34.5	34.5
5.0	1.5	16.2	32.4	24.3	5.0	1.5	16.6	33.2	24.9	5.0	1.5	16.8	33.6	25.2
6.5	6.0	16.2	105.2	105.2	6.5	6.0	16.6	100.4	100.4	6.5	6.0	16.8	94.8	94.8
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4				
地中平均温度°C 17.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.8 (指標の合計/6m)				

2月 月平均気温 4.3					3月 月平均気温 7.2					4月 月平均気温 12.7				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	6.7	16.8	4.2	0.5	0.5	8.5	18.5	4.6	0.5	0.5	12.1	23.6	5.9
1.0	1.0	10.1	24.0	12.0	1.0	1.0	10.0	22.7	11.4	1.0	1.0	11.5	23.6	11.8
2.0	1.0	13.9	30.7	15.4	2.0	1.0	12.7	28.4	14.2	2.0	1.0	12.1	26.8	13.4
3.0	2.0	16.8	33.7	33.7	3.0	2.0	15.7	32.5	32.5	3.0	2.0	14.7	31.1	31.1
5.0	1.5	16.9	33.8	25.4	5.0	1.5	16.8	33.6	25.2	5.0	1.5	16.4	32.8	24.6
6.5	6.0	16.9	90.6	90.6	6.5	6.0	16.8	87.9	87.9	6.5	6.0	16.4	86.8	86.8
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 86.4				
地中平均温度°C 15.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。
 注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

新潟 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
37度55分	2	12.7 °C	24.3 °C	8か月	10月(15.3°C)~5月(14.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		12.6 °C	年間平均気温より		-0.1 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		12.6 °C	年間平均気温より		-0.1 °C高い

10月 月平均気温 15.3					11月 月平均気温 9.7					12月 月平均気温 4.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		17.3			0.5		11.8			0.5		6.5		
	0.5		35.9	9.0		0.5		26.1	6.5		0.5		16.1	4.0
	1.0	18.6				1.0	14.3				1.0	9.6		
			37.8	18.9				30.8	15.4				22.7	11.4
	2.0	19.2				2.0	16.5				2.0	13.1		
			39.6	19.8				34.8	17.4				28.2	14.1
	3.0	20.4				3.0	18.3				3.0	15.1		
			38.1	38.1				36.2	36.2				32.0	32.0
	5.0	17.7				5.0	17.9				5.0	16.9		
			35.4	26.6				35.8	26.9				33.8	20.3
	6.5	17.7				6.5	17.9				6.2	6.5	16.9	
			112.3	112.3				102.4	102.4				81.8	81.8
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度°C 18.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.6 (指標の合計/6m)				

1月 月平均気温 1.5					2月 月平均気温 1.5					3月 月平均気温 4.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		3.7			0.5		3.3			0.5		5.2		
	0.5		10.1	2.5		0.5		8.5	2.1		0.5		11.2	2.8
	1.0	6.4				1.0	5.2				1.0	6.0		
			16.2	8.1				13.2	6.6				13.4	6.7
	2.0	9.8				2.0	8.0				2.0	7.4		
			21.6	10.8				17.3	8.7				15.4	7.7
	3.0	11.8				3.0	9.3				3.0	8.0		
			26.9	26.9				22.5	22.5				19.8	19.8
	5.0	15.1				5.0	13.2				5.0	11.8		
			30.2	22.7				26.4	19.8				23.6	17.7
	6.5	15.1				6.5	13.2				6.5	11.8		
			71.0	71.0				59.7	59.7				54.7	54.7
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度°C 11.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 9.1 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

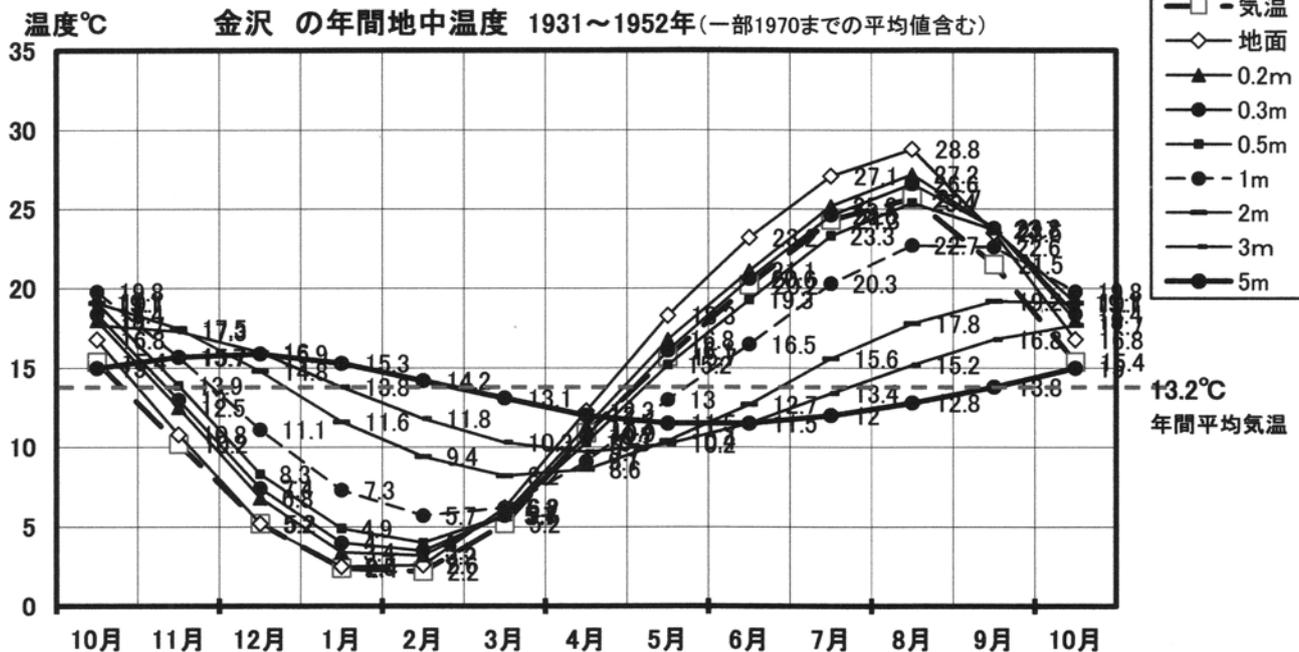
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

新潟

4月 月平均気温 10.9					5月 月平均気温 14.9					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		10.1			0.5		15.5			0.5				
	0.5		19.3	4.8		0.5		29.0	7.3		0.5		0.0	0.0
1.0		9.2			1.0		13.5			1.0				
	1.0		17.6	8.8		1.0		24.5	12.3		1.0		0.0	0.0
2.0		8.4			2.0		11.0			2.0				
	1.0		16.6	8.3		1.0		20.9	10.5		1.0		0.0	0.0
3.0		8.2			3.0		9.9			3.0				
	2.0		19.2	19.2		2.0		21.0	21.0		2.0		0.0	0.0
5.0		11.0			5.0		11.1			5.0				
	1.5		22.0	16.5		1.5		22.2	16.7		1.5		0.0	0.0
6.5		11.0			6.5		11.1			6.5				
6.0 指標の合計 57.6					6.0 指標の合計 67.6					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度℃ 9.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 11.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 76.2				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

金沢 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度35分	26	13.2 °C	23.3 °C	7か月	11月(10.2°C)~5月(15.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		12.7 °C		年間平均気温より -0.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		12.5 °C		年間平均気温より -0.7 °C高い	

11月 月平均気温 10.2					12月 月平均気温 5.2					1月 月平均気温 2.4							
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C			
0.5		13.9			0.5		8.3			0.5		4.9					
	0.5		29.6	7.4		0.5		19.4	4.9		0.5		12.2	3.1			
	1.0	15.7				1.0		25.9	13.0		1.0		18.9	9.5			
	2.0	17.5		17.4		2.0		30.8	15.4		2.0		25.4	12.7			
	3.0	17.3		33.0		3.0		31.9	31.9		3.0		29.1	29.1			
	5.0	15.7		33.0		5.0		31.8	23.9		5.0		30.6	23.0			
	6.5	15.7		23.6		6.5		23.9			6.5		23.0				
6.0 指標の合計				98.0	6.0 指標の合計				89.0	6.0 指標の合計				77.3			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2
地中平均温度°C 16.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.9 (指標の合計/6m)							
2月 月平均気温 2.2					3月 月平均気温 5.2					4月 月平均気温 10.9							
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C			
0.5		4.0			0.5		5.7			0.5		10.3					
	0.5		9.7	2.4		0.5		11.9	3.0		0.5		19.4	4.9			
	1.0	5.7		7.6		1.0		14.4	7.2		1.0		17.7	8.9			
	2.0	9.4		10.6		2.0		18.5	9.3		2.0		18.3	9.2			
	3.0	11.8		26.0		3.0		23.4	23.4		3.0		21.7	21.7			
	5.0	14.2		21.3		5.0		19.7			5.0		24.0	18.0			
	6.5	14.2				6.5					6.5						
6.0 指標の合計				67.9	6.0 指標の合計				62.5	6.0 指標の合計				62.6			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2
地中平均温度°C 11.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.4 (指標の合計/6m)							

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

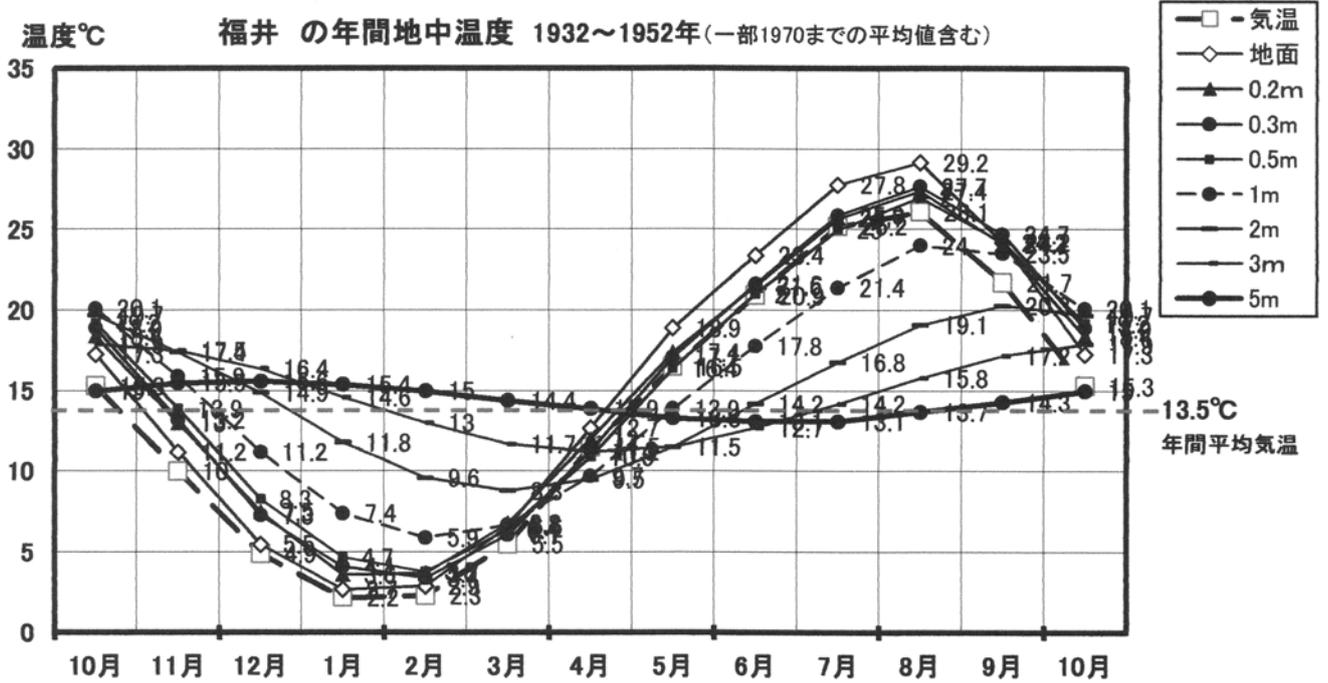
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

金沢

5月 月平均気温 15.7					月 月平均気温					月 月平均気温							
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃			
0.5		15.2			0.5					0.5							
	0.5		28.2	7.1		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0			
1.0		13.0			1.0					1.0							
	1.0		23.4	11.7		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0			
2.0		10.4			2.0					2.0							
	1.0		20.6	10.3		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0			
3.0		10.2			3.0					3.0							
	2.0		21.7	21.7		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0			
5.0		11.5			5.0					5.0							
	1.5		23.0	17.3		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0			
6.5		11.5			6.2					6.2							
6.0 指標の合計				68.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2
地中平均温度℃ 11.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)							
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温							
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃			
0.2					0.2					0.2							
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0			
0.3					0.3					0.3							
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0			
0.5					0.5					0.5							
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0			
1.0					1.0					1.0							
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0			
2.0					2.0					2.0							
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0			
3.0					3.0					3.0							
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0			
5.0					5.0					5.0							
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0			
6.2					6.2					6.2							
指標の合計				0.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					79.2
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)							

福井 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度04分	9	13.5 °C	23.9 °C	7か月	10月(15.3°C)~4月(11.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.6 °C		年間平均気温より 1.1 °C高い	
暖房期間の地中6.2mまでの平均温度の概算		13.8 °C		年間平均気温より 0.3 °C高い	

10月 月平均気温 15.3					11月 月平均気温 10.0					12月 月平均気温 4.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		19.2			0.5		13.9			0.5		8.3		
	0.5		39.3	9.8		0.5		29.8	7.5		0.5		19.5	4.9
1.0		20.1			1.0		15.9			1.0		11.2		
	1.0		39.8	19.9		1.0		33.3	16.7		1.0		26.1	13.1
2.0		19.7			2.0		17.4			2.0		14.9		
	1.0		37.6	18.8		1.0		34.9	17.5		1.0		31.3	15.7
3.0		17.9			3.0		17.5			3.0		16.4		
	2.0		32.9	32.9		2.0		33.0	33.0		2.0		32.0	32.0
5.0		15.0			5.0		15.5			5.0		15.6		
	1.5		30.0	22.5		1.5		31.0	23.3		1.5		31.2	23.4
6.5		15.0			6.5		15.5			6.5		15.6		
6.0 指標の合計 103.9					6.0 指標の合計 97.8					6.0 指標の合計 89.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0				
地中平均温度°C 17.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 2.2					2月 月平均気温 2.3					3月 月平均気温 5.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		4.7			0.5		3.8			0.5		6.4		
	0.5		12.1	3.0		0.5		9.7	2.4		0.5		13.1	3.3
1.0		7.4			1.0		5.9			1.0		6.7		
	1.0		19.2	9.6		1.0		15.5	7.8		1.0		15.5	7.8
2.0		11.8			2.0		9.6			2.0		8.8		
	1.0		26.4	13.2		1.0		22.6	11.3		1.0		20.5	10.3
3.0		14.6			3.0		13.0			3.0		11.7		
	2.0		30.0	30.0		2.0		28.0	28.0		2.0		26.1	26.1
5.0		15.4			5.0		15.0			5.0		14.4		
	1.5		30.8	23.1		1.5		30.0	22.5		1.5		28.8	21.6
6.5		15.4			6.5		15.0			6.5		14.4		
6.0 指標の合計 78.9					6.0 指標の合計 72.0					6.0 指標の合計 69.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 81.0				
地中平均温度°C 13.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.5 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

福井

4月 月平均気温 11.5					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		10.9			0.5					0.5				
	0.5		20.6	5.2		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		9.7			1.0					1.0				
	1.0		19.2	9.6		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		9.5			2.0					2.0				
	1.0		20.7	10.4		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		11.2			3.0					3.0				
	2.0		25.1	25.1		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		13.9			5.0					5.0				
	1.5		27.8	20.9		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		13.9			6.2					6.2				
6.0		指標の合計 71.1			指標の合計 0.0		指標の合計 0.0							
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0		
地中平均温度℃ 11.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計		0.0			指標の合計		0.0			指標の合計		0.0		
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		81.0		
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

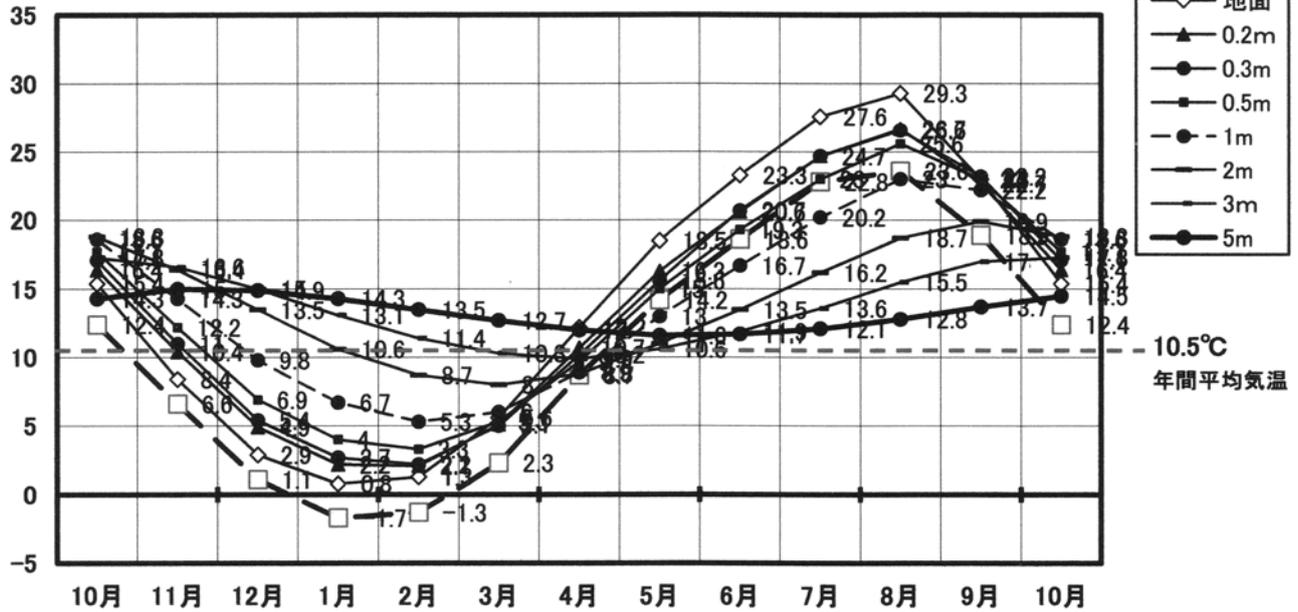
長野

《暖房期間》地中6mの探熱管周辺温度の検討（地中0.5mより埋設）

24

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
36度39.7分	418	10.5 °C	25.3 °C	8か月	10月(12.4°C)~5月(14.2°C)

温度°C 長野 の年間地中温度（農業気象資料3号 1950年頃の平均地中温度による）注1



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した（暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする）注2

暖房期間の地中3mの平均温度		13.0 °C		年間平均気温より 2.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		12.6 °C		年間平均気温より 2.1 °C高い	

10月 月平均気温 12.4					11月 月平均気温 6.6					12月 月平均気温 1.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5	0.5	17.7	36.3	9.1	0.5	0.5	12.2	26.5	6.6	0.5	0.5	6.9	16.7	4.2
1.0	1.0	18.6	37.4	18.7	1.0	1.0	14.3	30.7	15.4	1.0	1.0	9.8	23.3	11.7
2.0	1.0	18.8	36.1	18.1	2.0	1.0	16.4	33.0	16.5	2.0	1.0	13.5	28.5	14.3
3.0	2.0	17.3	31.8	31.8	3.0	2.0	16.6	31.6	31.6	3.0	2.0	15.0	29.9	29.9
5.0	1.5	14.5	29.0	21.8	5.0	1.5	15.0	30.0	22.5	5.0	1.5	14.9	29.8	22.4
6.5	6.0	14.5	99.4	99.4	6.5	6.0	15.0	92.6	92.6	6.5	6.0	14.9	82.3	82.3
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0				
地中平均温度°C 16.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 -1.7					2月 月平均気温 -1.3					3月 月平均気温 2.3				
0.5	0.5	4.0	10.7	2.7	0.5	0.5	3.3	8.6	2.2	0.5	0.5	5.3	11.3	2.8
1.0	1.0	6.7	17.3	8.7	1.0	1.0	5.3	14.0	7.0	1.0	1.0	6.0	14.0	7.0
2.0	1.0	10.6	23.7	11.9	2.0	1.0	8.7	20.1	10.1	2.0	1.0	8.0	18.3	9.2
3.0	2.0	13.1	27.4	27.4	3.0	2.0	11.4	24.9	24.9	3.0	2.0	10.3	23.0	23.0
5.0	1.5	14.3	28.6	21.5	5.0	1.5	13.5	27.0	20.3	5.0	1.5	12.7	25.4	19.1
6.5	6.0	14.3	72.0	72.0	6.5	6.0	13.5	64.4	64.4	6.5	6.0	12.7	61.0	61.0
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 63.0				
地中平均温度°C 12.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.2 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

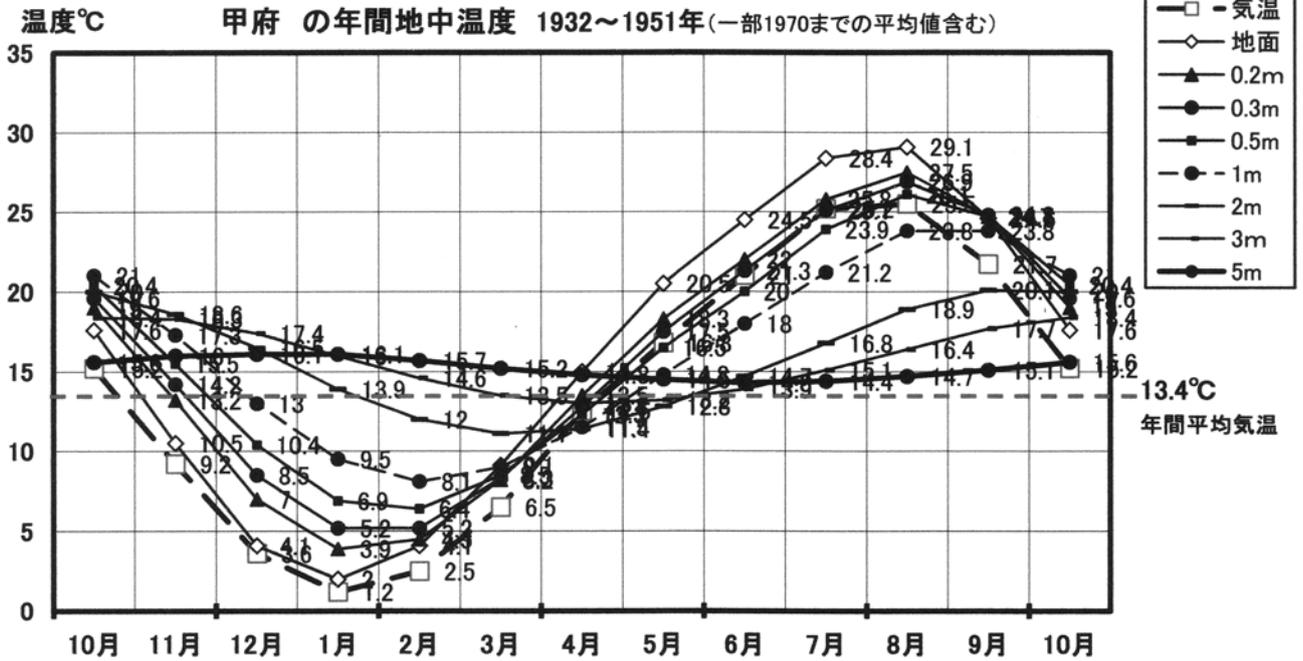
注2 1930~1950年平均気温値を使用する。気象庁ホームページ発表データより作成。

長野

4月 月平均気温 8.7					5月 月平均気温 14.2					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		9.7			0.5		15.0			0.5				
	0.5		18.6	4.7		0.5		28.0	7.0		0.5		0.0	0.0
1.0		8.9			1.0		13.0			1.0				
	1.0		17.7	8.9		1.0		24.0	12.0		1.0		0.0	0.0
2.0		8.8			2.0		11.0			2.0				
	1.0		18.7	9.4		1.0		21.6	10.8		1.0		0.0	0.0
3.0		9.9			3.0		10.6			3.0				
	2.0		21.9	21.9		2.0		22.2	22.2		2.0		0.0	0.0
5.0		12.0			5.0		11.6			5.0				
	1.5		24.0	18.0		1.5		23.2	17.4		1.2		0.0	0.0
6.5		12.0			6.5		11.6			6.2				
6.0		指標の合計 62.8			6.0		指標の合計 69.4			指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		63.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		63.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 63.0				
地中平均温度℃ 10.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 11.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
		指標の合計 0.0					指標の合計 0.0			指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		63.0			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)		63.0			63.0				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

甲府 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 25

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度40分	272	13.4 °C	24.3 °C	7か月	10月(15.2°C)~4月(12.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.9 °C	年間平均気温より 2.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.0 °C	年間平均気温より 1.6 °C高い	

10月	月平均気温	15.2	11月	月平均気温	9.2	12月	月平均気温	3.6						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	20.4	40.5	10.1	0.5	0.5	15.5	32.8	8.2	0.5	0.5	10.4	23.4	5.9
1.0	1.0	20.1	40.1	20.1	1.0	1.0	17.3	35.9	18.0	1.0	1.0	13.0	29.5	14.8
2.0	2.0	20.0	38.4	19.2	2.0	2.0	18.6	36.9	18.5	2.0	2.0	16.5	33.9	17.0
3.0	3.0	18.4	34.0	34.0	3.0	3.0	18.3	34.3	34.3	3.0	3.0	17.4	33.5	33.5
5.0	5.0	15.6	31.2	23.4	5.0	5.0	16.0	32.0	24.0	5.0	5.0	16.1	32.2	24.2
6.5	6.5	15.6	31.2	23.4	6.5	6.5	16.0	32.0	24.0	6.5	6.5	16.1	32.2	24.2
6.0		指標の合計 106.8			6.0		指標の合計 102.9			6.0		指標の合計 95.2		
年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4			年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4			年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4		
地中平均温度°C 17.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.9 (指標の合計/6m)				
1月	月平均気温	1.2	2月	月平均気温	2.5	3月	月平均気温	6.5						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	6.9	16.4	4.1	0.5	0.5	6.4	14.5	3.6	0.5	0.5	8.5	17.5	4.4
1.0	1.0	9.5	23.4	11.7	1.0	1.0	8.1	20.1	10.1	1.0	1.0	9.0	20.1	10.1
2.0	2.0	13.9	29.9	15.0	2.0	2.0	12.0	26.6	13.3	2.0	2.0	11.1	24.6	12.3
3.0	3.0	16.0	32.1	32.1	3.0	3.0	14.6	30.3	30.3	3.0	3.0	13.5	28.7	28.7
5.0	5.0	16.1	32.2	24.2	5.0	5.0	15.7	31.4	23.6	5.0	5.0	15.2	30.4	22.8
6.5	6.5	16.1	32.2	24.2	6.5	6.5	15.7	31.4	23.6	6.5	6.5	15.2	30.4	22.8
6.0		指標の合計 87.0			6.0		指標の合計 80.8			6.0		指標の合計 78.2		
年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4			年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4			年間平均温度指標(年間平均温度+6m)		80.4		
地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.0 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

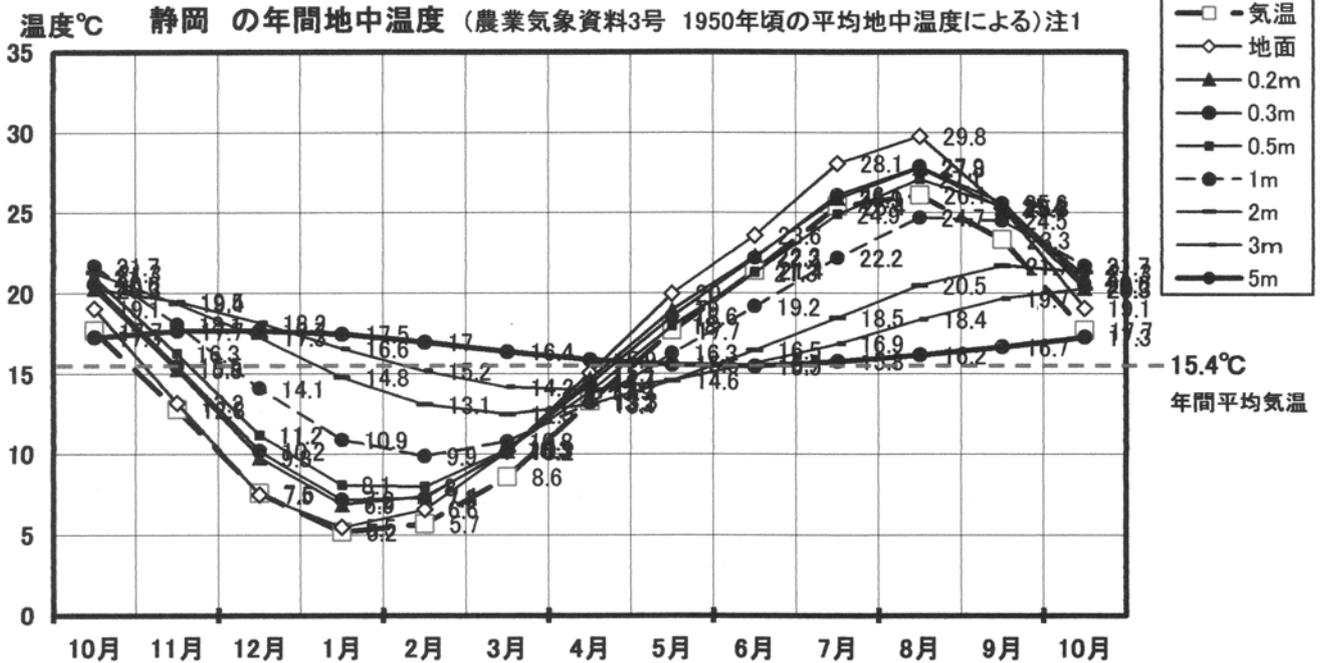
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

甲府

4月 月平均気温 12.5					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		12.3			0.5					0.5				
	0.5		23.8	6.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.5			1.0					1.0				
	1.0		22.9	11.5		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		11.4			2.0					2.0				
	1.0		24.4	12.2		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		13.0			3.0					3.0				
	2.0		27.8	27.8		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		14.8			5.0					5.0				
	1.5		29.6	22.2		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		14.8			6.2					6.2				
6.0 指標の合計 79.6					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度℃ 13.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 80.4				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

静岡 《暖房期間》地中6.5mの採熱管周辺温度の検討 (地中0.5mより埋設) 26

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度58分	14.1	15.4 °C	20.9 °C	6か月	11月(12.8°C)~4月(13.3°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.3 °C	年間平均気温より		0.9 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.7 °C	年間平均気温より		0.3 °C高い

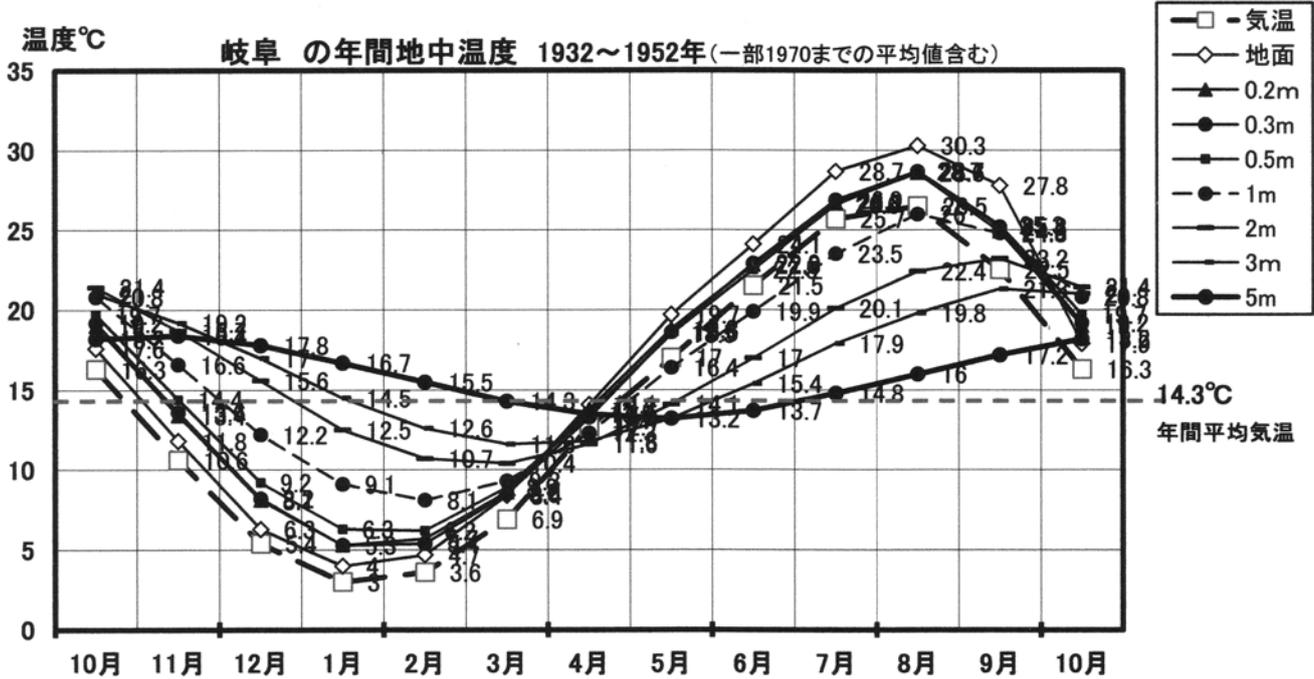
11月 月平均気温 12.8					12月 月平均気温 7.6					1月 月平均気温 5.2				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.3			0.5		11.2			0.5		8.1		
	0.5		34.4	8.6		0.5		25.3	6.3		0.5		19.0	4.8
1.0		18.1			1.0		14.1			1.0		10.9		
	1.0		37.5	18.8		1.0		31.4	15.7		1.0		25.7	12.9
2.0		19.4			2.0		17.3			2.0		14.8		
	1.0		38.9	19.5		1.0		35.5	17.8		1.0		31.4	15.7
3.0		19.5			3.0		18.2			3.0		16.6		
	2.0		37.2	37.2		2.0		35.9	35.9		2.0		34.1	34.1
5.0		17.7			5.0		17.7			5.0		17.5		
	1.5		35.4	26.6		1.5		35.4	26.6		1.5		35.0	26.3
6.5		17.7			6.5		17.7			6.5		17.5		
6.0	指標の合計 110.6				6.0	指標の合計 102.2				6.0	指標の合計 93.7			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4				
地中平均温度°C 18.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.6 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 5.7					3月 月平均気温 8.6					4月 月平均気温 13.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		8.0			0.5		10.3			0.5		13.9		
	0.5		17.9	4.5		0.5		21.1	5.3		0.5		27.1	6.8
1.0		9.9			1.0		10.8			1.0		13.2		
	1.0		23.0	11.5		1.0		23.3	11.7		1.0		26.3	13.2
2.0		13.1			2.0		12.5			2.0		13.1		
	1.0		28.3	14.2		1.0		26.7	13.4		1.0		27.1	13.6
3.0		15.2			3.0		14.2			3.0		14.0		
	2.0		32.2	32.2		2.0		30.6	30.6		2.0		29.9	29.9
5.0		17.0			5.0		16.4			5.0		15.9		
	1.5		34.0	25.5		1.5		32.8	24.6		1.5		31.8	23.9
6.5		17.0			6.5		16.4			6.5		15.9		
6.0	指標の合計 87.8				6.0	指標の合計 85.5				6.0	指標の合計 87.2			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 92.4				
地中平均温度°C 14.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1930~1950年平均気温値を使用する。気象庁ホームページ発表データより作成。

岐阜 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 27

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度25分	13	14.3 °C	23.5 °C	6か月	11月(10.6°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.5 °C	年間平均気温より 0.2 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.3 °C	年間平均気温より 0.0 °C高い	

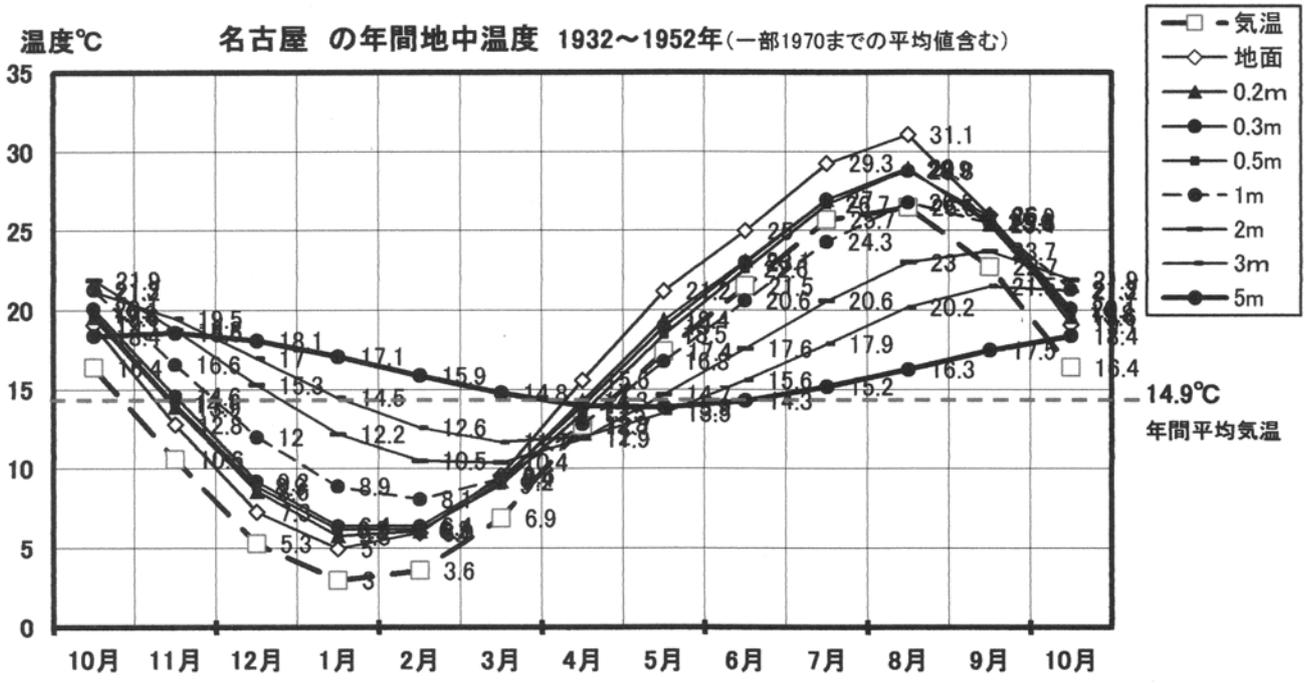
11月 月平均気温 10.6					12月 月平均気温 5.4					1月 月平均気温 3.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		14.4			0.5		9.2			0.5		6.3		
	0.5		31.0	7.8		0.5		21.4	5.4		0.5		15.4	3.9
1.0		16.6			1.0		12.2			1.0		9.1		
	1.0		35.3	17.7		1.0		27.8	13.9		1.0		21.6	10.8
2.0		18.7			2.0		15.6			2.0		12.5		
	1.0		37.9	19.0		1.0		32.6	16.3		1.0		27.0	13.5
3.0		19.2			3.0		17.0			3.0		14.5		
	2.0		37.6	37.6		2.0		34.8	34.8		2.0		31.2	31.2
5.0		18.4			5.0		17.8			5.0		16.7		
	1.5		36.8	27.6		1.5		35.6	26.7		1.5		33.4	25.1
6.5		18.4			6.5		17.8			6.5		16.7		
6.0 指標の合計 109.6					6.0 指標の合計 97.1					6.0 指標の合計 84.4				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8				
地中平均温度°C 18.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 3.6					3月 月平均気温 6.9					4月 月平均気温 12.7				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		6.2			0.5		8.9			0.5		13.5		
	0.5		14.3	3.6		0.5		18.2	4.6		0.5		25.8	6.5
1.0		8.1			1.0		9.3			1.0		12.3		
	1.0		18.8	9.4		1.0		19.7	9.9		1.0		23.9	12.0
2.0		10.7			2.0		10.4			2.0		11.6		
	1.0		23.3	11.7		1.0		22.0	11.0		1.0		23.4	11.7
3.0		12.6			3.0		11.6			3.0		11.8		
	2.0		28.1	28.1		2.0		25.9	25.9		2.0		25.3	25.3
5.0		15.5			5.0		14.3			5.0		13.5		
	1.5		31.0	23.3		1.5		28.6	21.5		1.5		27.0	20.3
6.5		15.5			6.5		14.3			6.5		13.5		
6.0 指標の合計 76.0					6.0 指標の合計 72.8					6.0 指標の合計 75.7				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 85.8				
地中平均温度°C 12.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.6 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

名古屋《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度11分	51	14.9 °C	23.5 °C	6か月	11月(10.6°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.6 °C	年間平均気温より	-0.4 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.5 °C	年間平均気温より	-0.4 °C高い

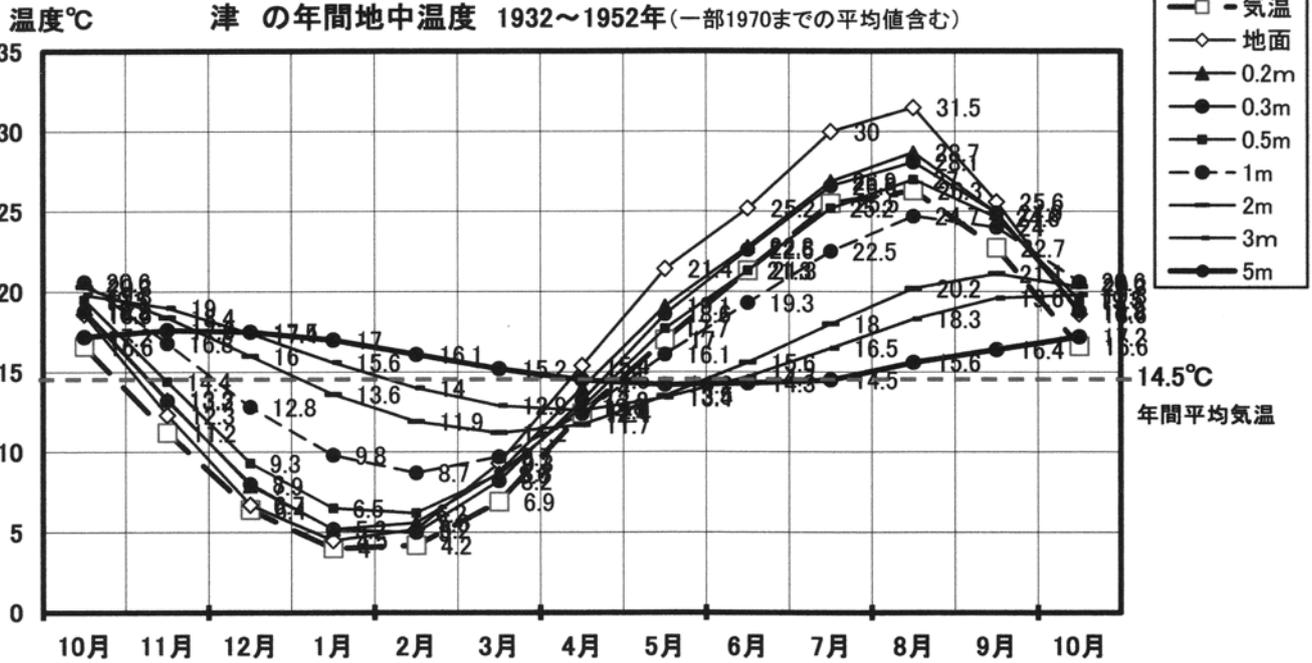
11月 月平均気温 10.6					12月 月平均気温 5.3					1月 月平均気温 3.0					
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	
0.5		14.1			0.5		8.9			0.5		6.2			
	0.5		30.7	7.7		0.5		20.9	5.2		0.5		15.1	3.8	
	1.0	16.6		17.7		1.0		27.3	13.7		1.0		21.1	10.6	
	2.0	18.8		19.2		2.0		32.3	16.2		2.0		26.7	13.4	
	3.0	19.5		38.1	38.1		3.0		35.1	35.1		3.0		31.6	31.6
	5.0	18.6		37.2	27.9		5.0		36.2	27.2		5.0		34.2	25.7
	6.5	18.6					6.5		18.1			6.5		17.1	
6.0 指標の合計 110.5					6.0 指標の合計 97.3					6.0 指標の合計 84.9					
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					
地中平均温度°C 18.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)					

2月 月平均気温 3.6					3月 月平均気温 6.9					4月 月平均気温 12.7					
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	
0.5		6.2			0.5		9.0			0.5		13.5			
	0.5		14.3	3.6		0.5		18.4	4.6		0.5		26.3	6.6	
	1.0	8.1		9.3		1.0		19.8	9.9		1.0		24.7	12.4	
	2.0	10.5		11.6		2.0		22.1	11.1		2.0		23.9	12.0	
	3.0	12.6		28.5	28.5		3.0		26.5	26.5		3.0		26.0	26.0
	5.0	15.9		31.8	23.9		5.0		29.6	22.2		5.0		28.0	21.0
	6.5	15.9					6.5		14.8			6.5		14.0	
6.0 指標の合計 76.8					6.0 指標の合計 74.3					6.0 指標の合計 77.9					
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					
地中平均温度°C 12.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.0 (指標の合計/6m)					

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のある累年平均温度を使用する。
 注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

津 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 29

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度43分	2	14.5 °C	22.3 °C	6か月	11月(11.2°C)~4月(12.4°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.3 °C	年間平均気温より	0.8 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.8 °C	年間平均気温より	0.3 °C高い

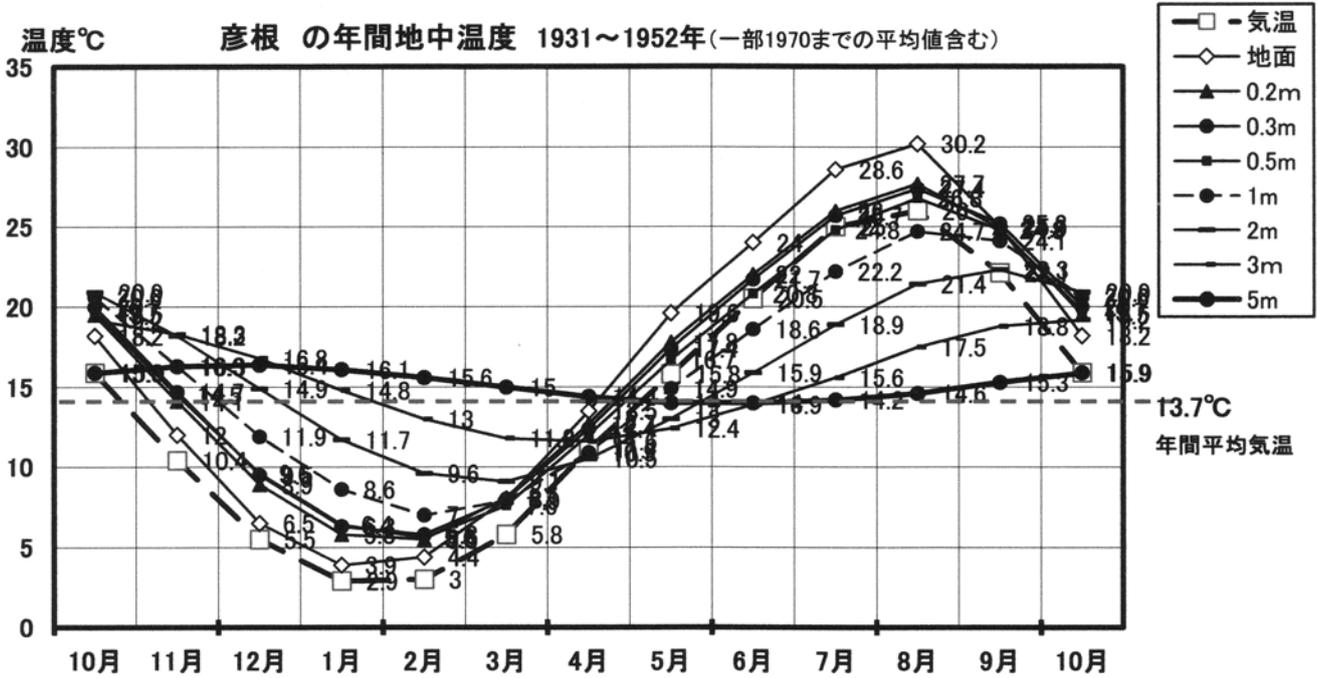
11月 月平均気温 11.2					12月 月平均気温 6.4					1月 月平均気温 4.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		14.4			0.5		9.3			0.5		6.5		
	0.5		31.2	7.8		0.5		22.1	5.5		0.5		16.3	4.1
1.0		16.8			1.0		12.8			1.0		9.8		
	1.0		35.2	17.6		1.0		28.8	14.4		1.0		23.4	11.7
2.0		18.4			2.0		16.0			2.0		13.6		
	1.0		37.4	18.7		1.0		33.4	16.7		1.0		29.2	14.6
3.0		19.0			3.0		17.4			3.0		15.6		
	2.0		36.6	36.6		2.0		34.9	34.9		2.0		32.6	32.6
5.0		17.6			5.0		17.5			5.0		17.0		
	1.5		35.2	26.4		1.5		35.0	26.3		1.5		34.0	25.5
6.5		17.6			6.5		17.5			6.5		17.0		
6.0 指標の合計 107.1					6.0 指標の合計 97.8					6.0 指標の合計 88.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0				
地中平均温度°C 17.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.7 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 4.2					3月 月平均気温 6.9					4月 月平均気温 12.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		6.2			0.5		8.6			0.5		12.8		
	0.5		14.9	3.7		0.5		18.3	4.6		0.5		25.2	6.3
1.0		8.7			1.0		9.7			1.0		12.4		
	1.0		20.6	10.3		1.0		20.9	10.5		1.0		24.1	12.1
2.0		11.9			2.0		11.2			2.0		11.7		
	1.0		25.9	13.0		1.0		24.1	12.1		1.0		24.3	12.2
3.0		14.0			3.0		12.9			3.0		12.6		
	2.0		30.1	30.1		2.0		28.1	28.1		2.0		27.1	27.1
5.0		16.1			5.0		15.2			5.0		14.5		
	1.5		32.2	24.2		1.5		30.4	22.8		1.5		29.0	21.8
6.5		16.1			6.5		15.2			6.5		14.5		
6.0 指標の合計 81.2					6.0 指標の合計 78.0					6.0 指標の合計 79.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.0				
地中平均温度°C 13.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.2 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

彦根 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 30

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度15分	87	13.7 °C	23.1 °C	8か月	10月(15.9°C)~5月(15.8°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.7 °C		年間平均気温より 1.0 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		14.4 °C		年間平均気温より 0.7 °C高い	

10月 月平均気温 15.9					11月 月平均気温 10.4					12月 月平均気温 5.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		19.7			0.5		14.5			0.5		9.6		
	0.5		40.3	10.1		0.5		30.8	7.7		0.5		21.5	5.4
	1.0	20.6		20.8		1.0	16.3		17.3		1.0	11.9		13.4
	2.0	20.9		20.1		2.0	18.2		18.3		2.0	14.9		15.9
	3.0	19.2		35.1		3.0	18.3		34.6		3.0	16.8		33.2
	5.0	15.9		31.8		5.0	16.3		32.6		5.0	16.4		32.8
	6.5	15.9		23.9		6.5	16.3		24.5		6.5	16.4		24.6
6.0 指標の合計 109.8					6.0 指標の合計 102.3					6.0 指標の合計 92.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2				
地中平均温度°C 18.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.4 (指標の合計/6m)				

1月 月平均気温 2.9					2月 月平均気温 3.0					3月 月平均気温 5.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		6.4			0.5		5.6			0.5		7.6		
	0.5		15.0	3.8		0.5		12.6	3.2		0.5		15.5	3.9
	1.0	8.6		10.2		1.0	7.0		8.3		1.0	7.9		8.5
	2.0	11.7		20.3		2.0	9.6		11.3		2.0	9.1		10.5
	3.0	14.8		30.9		3.0	13.0		28.6		3.0	11.8		26.8
	5.0	16.1		32.2		5.0	15.6		31.2		5.0	15.0		30.0
	6.5	16.1		24.2		6.5	15.6		23.4		6.5	15.0		22.5
6.0 指標の合計 82.2					6.0 指標の合計 74.8					6.0 指標の合計 72.1				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2				
地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.0 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

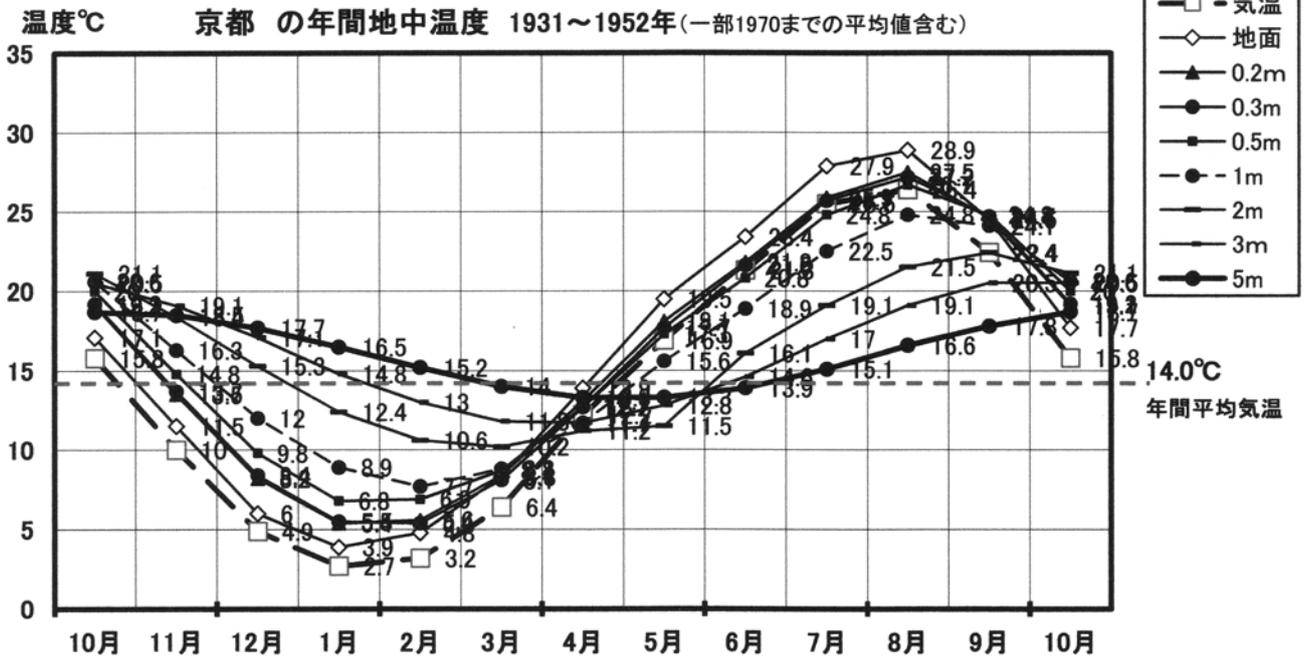
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

彦根

4月 月平均気温 11.1					5月 月平均気温 15.8					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		12.0			0.5		16.7			0.5				
	0.5		22.9	5.7		0.5		31.6	7.9		0.5		0.0	0.0
1.0		10.9			1.0		14.9			1.0				
	1.0		21.4	10.7		1.0		27.9	14.0		1.0		0.0	0.0
2.0		10.5			2.0		13.0			2.0				
	1.0		22.1	11.1		1.0		25.4	12.7		1.0		0.0	0.0
3.0		11.6			3.0		12.4			3.0				
	2.0		26.0	26.0		2.0		26.4	26.4		2.0		0.0	0.0
5.0		14.4			5.0		14.0			5.0				
	1.5		28.8	21.6		1.5		28.0	21.0		1.2		0.0	0.0
6.5		14.4			6.5		14.0			6.2				
6.0 指標の合計 75.1					6.0 指標の合計 82.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2				
地中平均温度℃ 12.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 13.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計 0.0					指標の合計 0.0					指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 82.2				
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

京都 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 31

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度59分	41	14.0 °C	23.7 °C	7か月	10月(15.8°C)~4月(12.2°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.4 °C	年間平均気温より	1.4 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.0 °C	年間平均気温より	1.0 °C高い

10月 月平均気温 15.8					11月 月平均気温 10.0					12月 月平均気温 4.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	20.0	40.6	10.2	0.5	0.5	14.8	31.1	7.8	0.5	0.5	9.8	21.8	5.5
1.0	1.0	20.6	41.7	20.9	1.0	1.0	16.3	34.7	17.4	1.0	1.0	12.0	27.3	13.7
2.0	2.0	21.1	41.6	20.8	2.0	2.0	18.4	37.5	18.8	2.0	2.0	15.3	32.4	16.2
3.0	3.0	20.5	39.2	39.2	3.0	3.0	19.1	37.6	37.6	3.0	3.0	17.1	34.8	34.8
5.0	5.0	18.7	37.4	28.1	5.0	5.0	18.5	37.0	27.8	5.0	5.0	17.7	35.4	26.6
6.5	6.5	18.7	37.4	28.1	6.5	6.5	18.5	37.0	27.8	6.5	6.5	17.7	35.4	26.6
6.0 指標の合計 119.1					6.0 指標の合計 109.2					6.0 指標の合計 96.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0				
地中平均温度°C 19.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.1 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 2.7					2月 月平均気温 3.2					3月 月平均気温 6.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	6.8	15.7	3.9	0.5	0.5	6.9	14.6	3.7	0.5	0.5	8.7	17.5	4.4
1.0	1.0	8.9	21.3	10.7	1.0	1.0	7.7	18.3	9.2	1.0	1.0	8.8	19.0	9.5
2.0	2.0	12.4	27.2	13.6	2.0	2.0	10.6	23.6	11.8	2.0	2.0	10.2	22.0	11.0
3.0	3.0	14.8	31.3	31.3	3.0	3.0	13.0	28.2	28.2	3.0	3.0	11.8	25.8	25.8
5.0	5.0	16.5	33.0	24.8	5.0	5.0	15.2	30.4	22.8	5.0	5.0	14.0	28.0	21.0
6.5	6.5	16.5	33.0	24.8	6.5	6.5	15.2	30.4	22.8	6.5	6.5	14.0	28.0	21.0
6.0 指標の合計 84.2					6.0 指標の合計 75.6					6.0 指標の合計 71.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 84.0				
地中平均温度°C 14.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 12.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.9 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

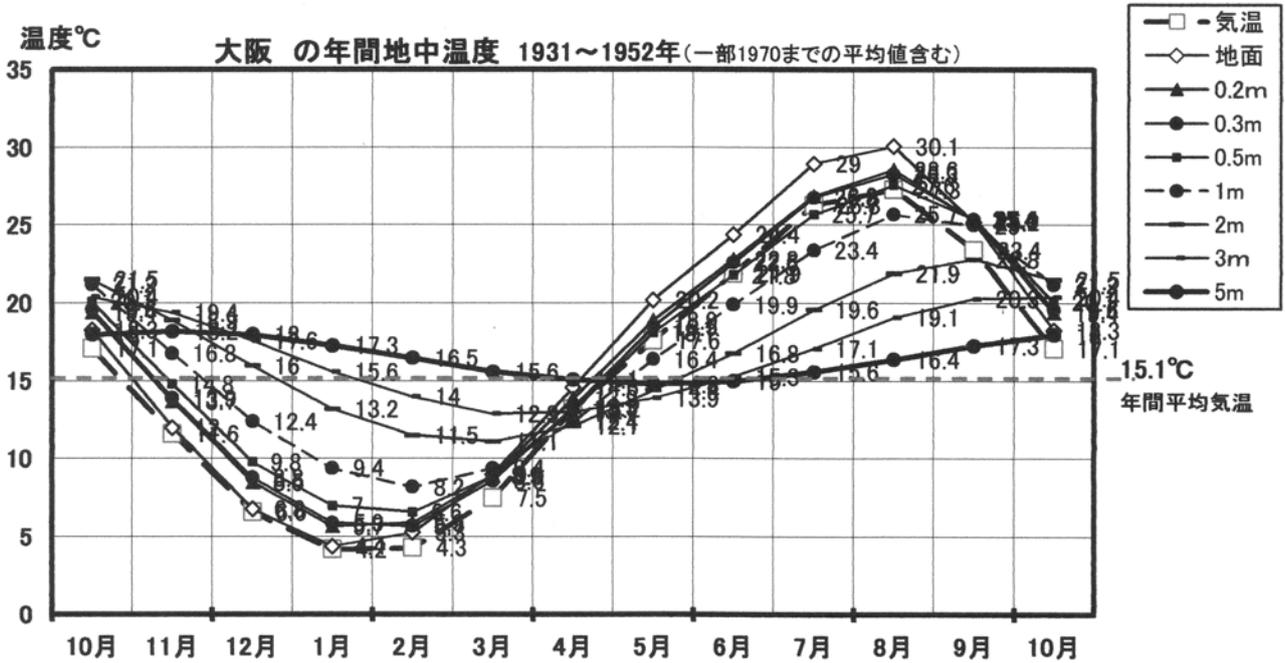
注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

京都

4月 月平均気温 12.2					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		12.7			0.5					0.5				
	0.5		24.4	6.1		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		11.7			1.0					1.0				
	1.0		22.9	11.5		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		11.2			2.0					2.0				
	1.0		22.9	11.5		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		11.7			3.0					3.0				
	2.0		25.0	25.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		13.3			5.0					5.0				
	1.5		26.6	20.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		13.3			6.2					6.2				
6.0 指標の合計				74.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0
地中平均温度℃ 12.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計				0.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				84.0
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

大阪 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度41分	23	15.1 °C	23.1 °C	6か月	11月(11.6°C)~4月(13.2°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.4 °C	年間平均気温より		0.3 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.0 °C	年間平均気温より		-0.1 °C高い

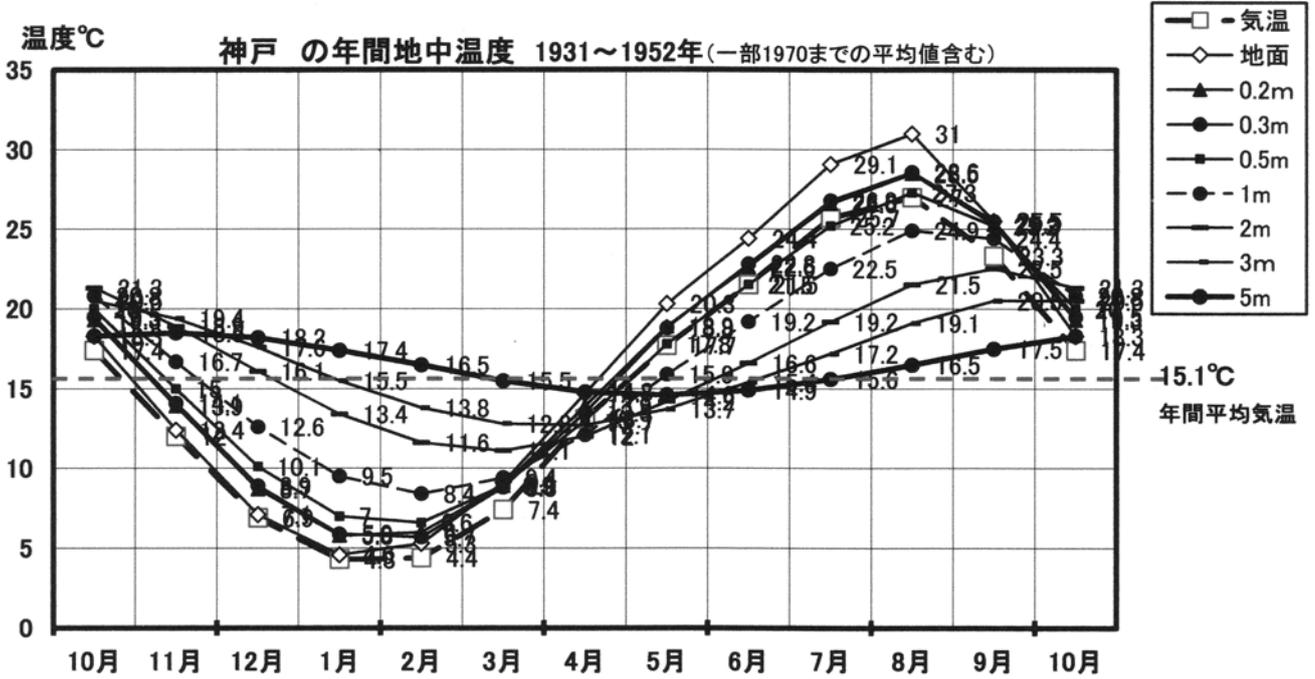
11月 月平均気温 11.6					12月 月平均気温 6.6					1月 月平均気温 4.2				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		14.8			0.5		9.8			0.5		7.0		
	0.5		31.6	7.9		0.5		22.2	5.6		0.5		16.4	4.1
	1.0	16.8		17.9		1.0	12.4		14.2		1.0	9.4		11.3
	2.0	18.9		19.2		2.0	16.0		16.8		2.0	13.2		14.4
	3.0	19.4		37.6		3.0	17.6		35.6		3.0	15.6		32.9
	5.0	18.2		36.4		5.0	18.0		36.0		5.0	17.3		34.6
	6.5	18.2		27.3		6.5	18.0		27.0		6.5	17.3		26.0
6.0 指標の合計 109.8					6.0 指標の合計 99.2					6.0 指標の合計 88.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6				
地中平均温度°C 18.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 4.3					3月 月平均気温 7.5					4月 月平均気温 13.2				
0.5		6.6			0.5		8.9			0.5		13.1		
	0.5		14.8	3.7		0.5		18.3	4.6		0.5		25.5	6.4
	1.0	8.2		9.9		1.0	9.4		10.3		1.0	12.4		12.3
	2.0	11.5		12.8		2.0	11.1		12.0		2.0	12.1		12.6
	3.0	14.0		30.5		3.0	12.9		28.5		3.0	13.0		28.1
	5.0	16.5		33.0		5.0	15.6		28.5		5.0	15.1		28.1
	6.5	16.5		24.8		6.5	15.6		23.4		6.5	15.1		22.7
6.0 指標の合計 81.6					6.0 指標の合計 78.7					6.0 指標の合計 81.9				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6				
地中平均温度°C 13.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

神戸 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注 33

北緯	標高m	年間平均気温注1	年間気温差	暖房期間注2	
34度42分	59	15.1 °C	23.5 °C	6か月	11月(12.°C)~4月(13.1°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.3 °C		年間平均気温より 0.2 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.0 °C		年間平均気温より -0.1 °C高い	

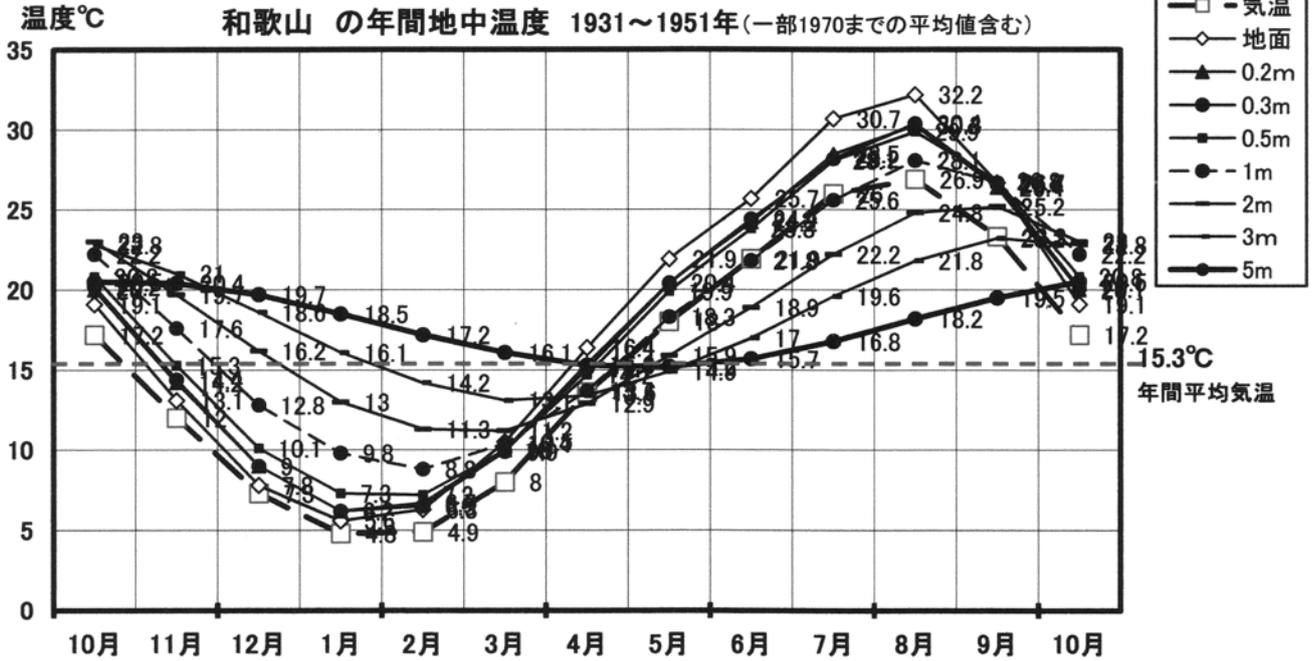
11月 月平均気温 12.0					12月 月平均気温 6.9					1月 月平均気温 4.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5	0.5	15.0	31.7	7.9	0.5	0.5	10.1	22.7	5.7	0.5	0.5	7.0	16.5	4.1
1.0	1.0	16.7	35.6	17.8	1.0	1.0	12.6	28.7	14.4	1.0	1.0	9.5	22.9	11.5
2.0	2.0	18.9	38.3	19.2	2.0	2.0	16.1	33.7	16.9	2.0	2.0	13.4	28.9	14.5
3.0	3.0	19.4	37.9	37.9	3.0	3.0	17.6	35.8	35.8	3.0	3.0	15.5	32.9	32.9
5.0	5.0	18.5	37.0	27.8	5.0	5.0	18.2	36.4	27.3	5.0	5.0	17.4	34.8	26.1
6.5	6.5	18.5	37.0	27.8	6.5	6.5	18.2	36.4	27.3	6.5	6.5	17.4	34.8	26.1
6.0 指標の合計 110.5					6.0 指標の合計 100.0					6.0 指標の合計 89.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6				
地中平均温度°C 18.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 4.4					3月 月平均気温 7.4					4月 月平均気温 13.1				
0.5	0.5	6.6	15.0	3.8	0.5	0.5	8.9	18.3	4.6	0.5	0.5	13.0	25.1	6.3
1.0	1.0	8.4	20.0	10.0	1.0	1.0	9.4	20.5	10.3	1.0	1.0	12.1	24.1	12.1
2.0	2.0	11.6	25.4	12.7	2.0	2.0	11.1	23.9	12.0	2.0	2.0	12.0	24.7	12.4
3.0	3.0	13.8	30.3	30.3	3.0	3.0	12.8	28.3	28.3	3.0	3.0	12.7	27.5	27.5
5.0	5.0	16.5	33.0	24.8	5.0	5.0	15.5	31.0	23.3	5.0	5.0	14.8	29.6	22.2
6.5	6.5	16.5	33.0	24.8	6.5	6.5	15.5	31.0	23.3	6.5	6.5	14.8	29.6	22.2
6.0 指標の合計 81.5					6.0 指標の合計 78.3					6.0 指標の合計 80.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.6				
地中平均温度°C 13.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.4 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

和歌山《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 34

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度14分	13	15.3 °C	22.1 °C	6か月	11月(12.0°C)~4月(13.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.1 °C	年間平均気温より 0.8 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.8 °C	年間平均気温より 0.5 °C高い	

11月 月平均気温 12.0					12月 月平均気温 7.3					1月 月平均気温 4.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		15.3			0.5		10.1			0.5		7.3		
	0.5		32.9	8.2		0.5		22.9	5.7		0.5		17.1	4.3
1.0		17.6			1.0		12.8			1.0		9.8		
	1.0		37.3	18.7		1.0		29.0	14.5		1.0		22.8	11.4
2.0		19.7			2.0		16.2			2.0		13.0		
	1.0		40.7	20.4		1.0		34.8	17.4		1.0		29.1	14.6
3.0		21.0			3.0		18.6			3.0		16.1		
	2.0		41.4	41.4		2.0		38.3	38.3		2.0		34.6	34.6
5.0		20.4			5.0		19.7			5.0		18.5		
	1.5		40.8	30.6		1.5		39.4	29.6		1.5		37.0	27.8
6.5		20.4			6.5		19.7			6.5		18.5		
6.0 指標の合計 119.2					6.0 指標の合計 105.5					6.0 指標の合計 92.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8				
地中平均温度°C 19.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.4 (指標の合計/6m)				

2月 月平均気温 4.9					3月 月平均気温 8.0					4月 月平均気温 13.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		7.2			0.5		10.0			0.5		14.7		
	0.5		16.0	4.0		0.5		20.4	5.1		0.5		28.4	7.1
1.0		8.8			1.0		10.4			1.0		13.7		
	1.0		20.1	10.1		1.0		21.6	10.8		1.0		26.6	13.3
2.0		11.3			2.0		11.2			2.0		12.9		
	1.0		25.5	12.8		1.0		24.3	12.2		1.0		26.3	13.2
3.0		14.2			3.0		13.1			3.0		13.4		
	2.0		31.4	31.4		2.0		29.2	29.2		2.0		28.7	28.7
5.0		17.2			5.0		16.1			5.0		15.3		
	1.5		34.4	25.8		1.5		32.2	24.2		1.5		30.6	23.0
6.5		17.2			6.5		16.1			6.5		15.3		
6.0 指標の合計 84.0					6.0 指標の合計 81.4					6.0 指標の合計 85.2				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8				
地中平均温度°C 14.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)				

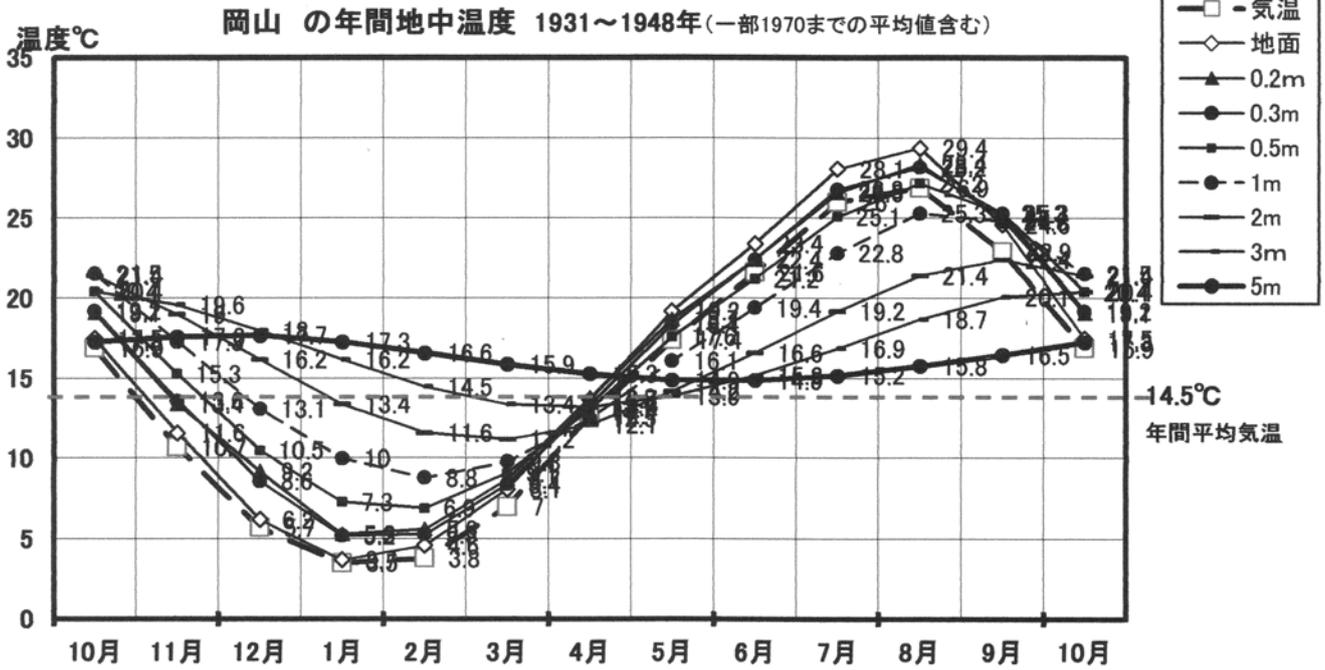
注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

岡山 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

35

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度10分	3	14.5 °C	23.4 °C	6か月	11月(10.7°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.8 °C		年間平均気温より 1.3 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.2 °C		年間平均気温より 0.7 °C高い	

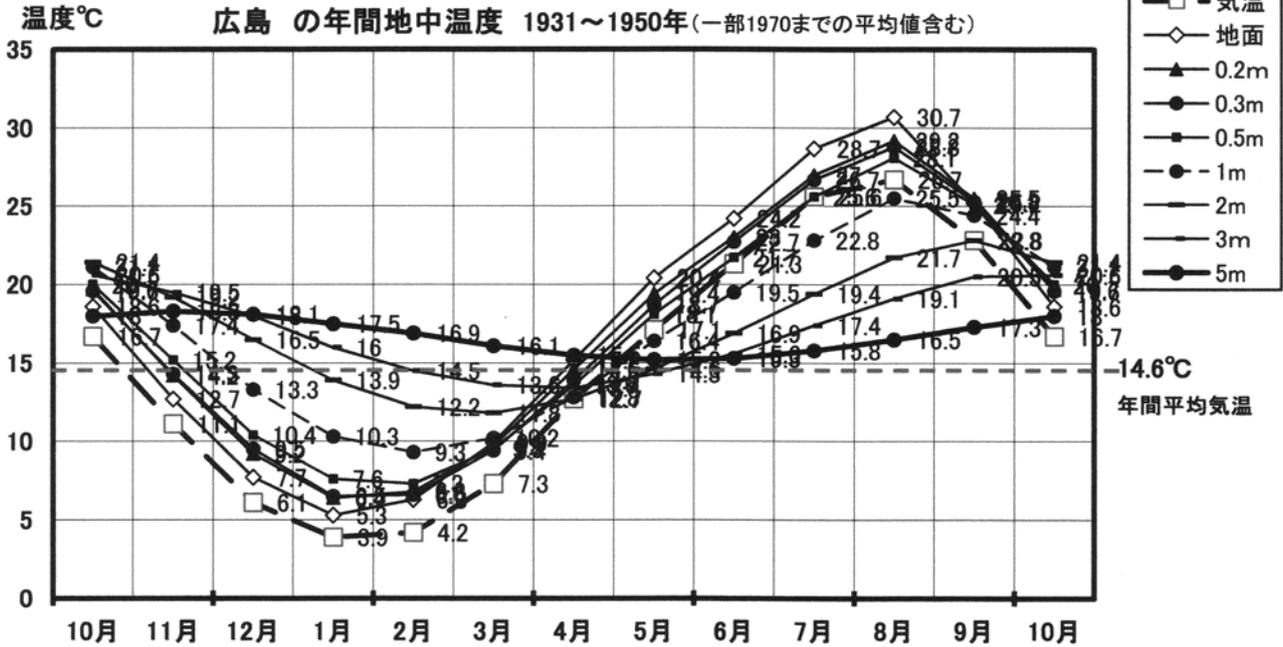
11月		月平均気温		10.7		12月		月平均気温		5.7		1月		月平均気温		3.5			
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		15.3			0.5		10.5			0.5		7.3			0.5		7.3		
	0.5		32.6	8.2		0.5		23.6	5.9		0.5		17.3	4.3		0.5		17.3	4.3
	1.0	17.3		18.2		1.0		29.3	14.7		1.0		23.4	11.7		1.0		23.4	11.7
	2.0	19.0		19.3		2.0		34.2	17.1		2.0		29.6	14.8		2.0		29.6	14.8
	3.0	19.6		19.3		3.0		35.7	17.1		3.0		33.5	16.8		3.0		33.5	16.8
	5.0	17.6		26.4		5.0		35.4	17.7		5.0		34.6	17.0		5.0		34.6	17.0
	6.5	17.6		26.4		6.5		35.4	17.7		6.5		34.6	17.0		6.5		34.6	17.0
6.0 指標の合計				109.2	6.0 指標の合計				99.9	6.0 指標の合計				90.3					
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0					
地中平均温度°C 18.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.0 (指標の合計/6m)									
2月		月平均気温		3.8		3月		月平均気温		7.0		4月		月平均気温		12.7			
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		6.9		3.9	0.5		9.1		4.7	0.5		13.1		6.4	0.5		13.1		6.4
	0.5		15.7	3.9		0.5		18.9	4.7		0.5		25.6	6.4		0.5		25.6	6.4
	1.0	8.8		10.2		1.0		21.0	10.5		1.0		24.6	12.3		1.0		24.6	12.3
	2.0	11.6		13.1		2.0		24.6	12.3		2.0		25.3	12.7		2.0		25.3	12.7
	3.0	14.5		13.1		3.0		29.3	13.1		3.0		28.5	12.5		3.0		28.5	12.5
	5.0	16.6		24.9		5.0		31.8	23.9		5.0		30.6	23.0		5.0		30.6	23.0
	6.5	16.6		24.9		6.5		31.8	23.9		6.5		30.6	23.0		6.5		30.6	23.0
6.0 指標の合計				83.2	6.0 指標の合計				80.7	6.0 指標の合計				82.8					
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				87.0					
地中平均温度°C 13.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.8 (指標の合計/6m)									

注1 1931年~1970年測定の日中温度資料にある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊)による

広島 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度23分	29	14.6 °C	22.8 °C	6か月	11月(11.1°C)~4月(12.7°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.8 °C		年間平均気温より 1.2 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.4 °C		年間平均気温より 0.8 °C高い	

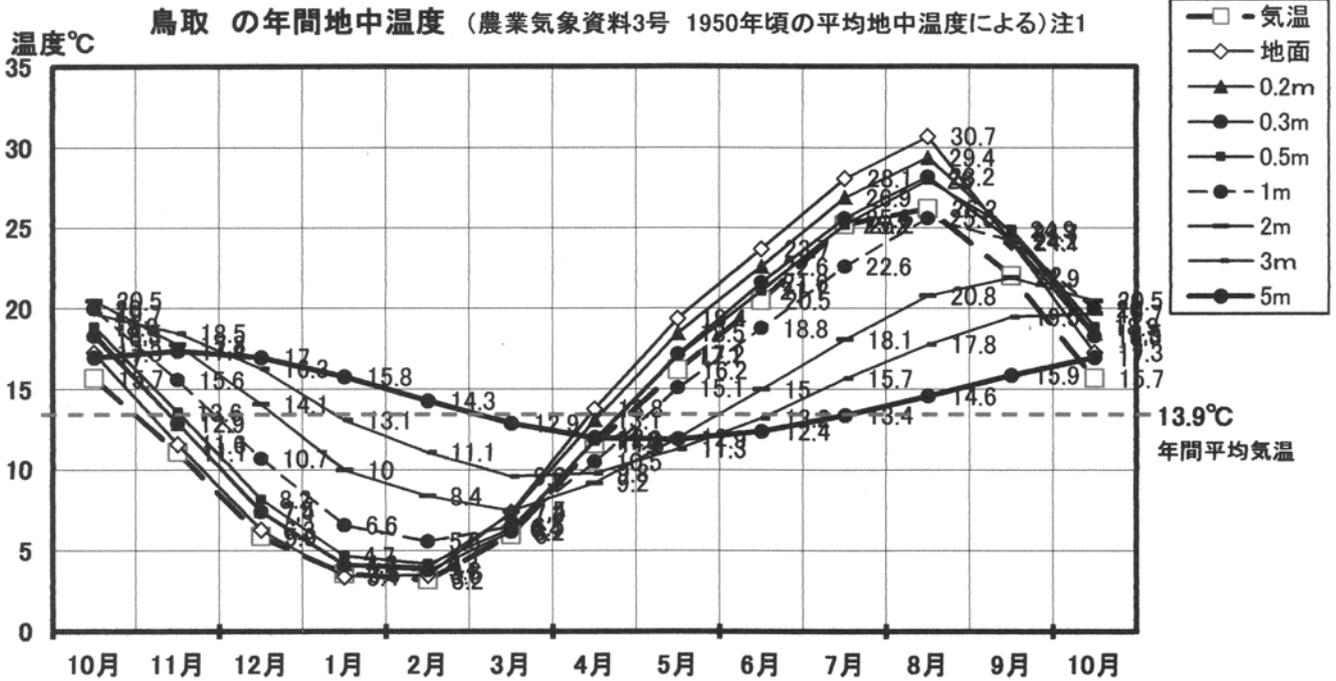
11月 月平均気温 11.1					12月 月平均気温 6.1					1月 月平均気温 3.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5		15.2			0.5		10.4			0.5		7.6		
	0.5		32.6	8.2		0.5		23.7	5.9		0.5		17.9	4.5
1.0		17.4			1.0		13.3			1.0		10.3		
	1.0		36.6	18.3		1.0		29.8	14.9		1.0		24.2	12.1
2.0		19.2			2.0		16.5			2.0		13.9		
	1.0		38.7	19.4		1.0		34.5	17.3		1.0		29.9	15.0
3.0		19.5			3.0		18.0			3.0		16.0		
	2.0		37.8	37.8		2.0		36.1	36.1		2.0		33.5	33.5
5.0		18.3			5.0		18.1			5.0		17.5		
	1.5		36.6	27.5		1.5		36.2	27.2		1.5		35.0	26.3
6.5		18.3			6.5		18.1			6.5		17.5		
6.0 指標の合計 111.1					6.0 指標の合計 101.3					6.0 指標の合計 91.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6				
地中平均温度°C 18.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.2 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 4.2					3月 月平均気温 7.3					4月 月平均気温 12.7				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5		7.3			0.5		9.5			0.5		13.6		
	0.5		16.6	4.2		0.5		19.7	4.9		0.5		26.4	6.6
1.0		9.3			1.0		10.2			1.0		12.8		
	1.0		21.5	10.8		1.0		22.0	11.0		1.0		25.5	12.8
2.0		12.2			2.0		11.8			2.0		12.7		
	1.0		26.7	13.4		1.0		25.4	12.7		1.0		26.1	13.1
3.0		14.5			3.0		13.6			3.0		13.4		
	2.0		31.4	31.4		2.0		29.7	29.7		2.0		28.9	28.9
5.0		16.9			5.0		16.1			5.0		15.5		
	1.5		33.8	25.4		1.5		32.2	24.2		1.5		31.0	23.3
6.5		16.9			6.5		16.1			6.5		15.5		
6.0 指標の合計 85.0					6.0 指標の合計 82.5					6.0 指標の合計 84.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 87.6				
地中平均温度°C 14.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊)による

鳥取 《暖房期間》地中6.5mの採熱管周辺温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
35度29分	7.1	13.9 °C	23.0 °C	7か月	10月(15.7°C)~4月(11.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		14.0 °C		年間平均気温より 0.1 °C高い	
暖房期間の地中6.2mまでの平均温度の概算		13.7 °C		年間平均気温より -0.2 °C高い	

10月 月平均気温 15.7					11月 月平均気温 11.1					12月 月平均気温 5.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		18.9			0.5		13.6			0.5		8.2		
	0.5		38.9	9.7		0.5		29.2	7.3		0.5		18.9	4.7
1.0		20.0			1.0		15.6			1.0		10.7		
	1.0		40.5	20.3		1.0		33.4	16.7		1.0		24.8	12.4
2.0		20.5			2.0		17.8			2.0		14.1		
	1.0		40.2	20.1		1.0		36.3	18.2		1.0		30.4	15.2
3.0		19.7			3.0		18.5			3.0		16.3		
	2.0		36.7	36.7		2.0		35.9	35.9		2.0		33.3	33.3
5.0		17.0			5.0		17.4			5.0		17.0		
	1.5		34.0	25.5		1.5		34.8	26.1		1.5		34.0	25.5
6.5		17.0			6.5		17.4			6.5		17.0		
	6.0		指標の合計	112.3		6.0		指標の合計	104.2		6.0		指標の合計	91.1
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4
地中平均温度°C 18.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.2 (指標の合計/6m)				
1月 月平均気温 3.6					2月 月平均気温 3.2					3月 月平均気温 6.0				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		4.7			0.5		4.2			0.5		6.4		
	0.5		11.3	2.8		0.5		9.8	2.5		0.5		12.9	3.2
1.0		6.6			1.0		5.6			1.0		6.5		
	1.0		16.6	8.3		1.0		14.0	7.0		1.0		14.0	7.0
2.0		10.0			2.0		8.4			2.0		7.5		
	1.0		23.1	11.6		1.0		19.5	9.8		1.0		17.1	8.6
3.0		13.1			3.0		11.1			3.0		9.6		
	2.0		28.9	28.9		2.0		25.4	25.4		2.0		22.5	22.5
5.0		15.8			5.0		14.3			5.0		12.9		
	1.5		31.6	23.7		1.5		28.6	21.5		1.5		25.8	19.4
6.5		15.8			6.5		14.3			6.5		12.9		
	6.0		指標の合計	75.3		6.0		指標の合計	66.1		6.0		指標の合計	60.6
			年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4				年間平均温度指標(年間平均温度*6m)	83.4
地中平均温度°C 12.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 11.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 10.1 (指標の合計/6m)				

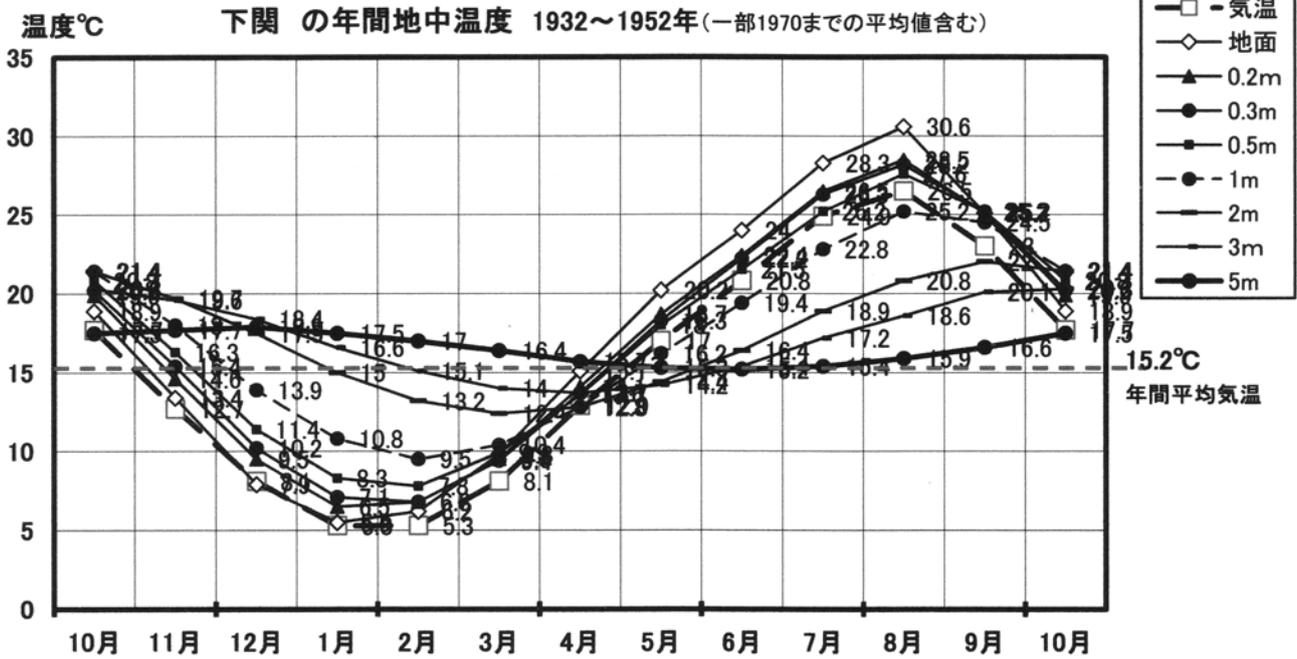
注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。
 注2 1930~1950年平均気温値を使用する。気象庁ホームページ発表データより作成。

鳥取

4月 月平均気温 11.6					5月 月平均気温					6月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.5		11.8			0.5					0.5				
	0.5		22.3	5.6		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0		10.5			1.0					1.0				
	1.0		19.7	9.9		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0		9.2			2.0					2.0				
	1.0		19.0	9.5		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0		9.8			3.0					3.0				
	2.0		21.8	21.8		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0		12.0			5.0					5.0				
	1.5		24.0	18.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.5		12.0			6.2					6.2				
6.0				指標の合計	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4
地中平均温度℃ 10.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				
月 月平均気温					月 月平均気温					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃	地中距離m	長さm	地中温度℃	温度の和	指標m・℃
0.2					0.2					0.2				
	0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0		0.1		0.0	0.0
0.3					0.3					0.3				
	0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0		0.2		0.0	0.0
0.5					0.5					0.5				
	0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0		0.5		0.0	0.0
1.0					1.0					1.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
2.0					2.0					2.0				
	1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0		1.0		0.0	0.0
3.0					3.0					3.0				
	2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0		2.0		0.0	0.0
5.0					5.0					5.0				
	1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0		1.2		0.0	0.0
6.2					6.2					6.2				
指標の合計				0.0	指標の合計				0.0	指標の合計				0.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				83.4
地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度℃ 0.0 (指標の合計/6m)				

下関 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度57分	3	15.2 °C	21.2 °C	6か月	11月(12.7°C)~4月(12.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.2 °C		年間平均気温より 1.0 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.7 °C		年間平均気温より 0.5 °C高い	

11月 月平均気温 12.7					12月 月平均気温 8.1					1月 月平均気温 5.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	16.3	34.3	8.6	0.5	0.5	11.4	25.3	6.3	0.5	0.5	8.3	19.1	4.8
1.0	1.0	18.0	37.7	18.9	1.0	1.0	13.9	31.4	15.7	1.0	1.0	10.8	25.8	12.9
2.0	2.0	19.7	39.3	19.7	2.0	2.0	17.5	35.9	18.0	2.0	2.0	15.0	31.6	15.8
3.0	3.0	19.6	37.3	37.3	3.0	3.0	18.4	36.3	36.3	3.0	3.0	16.6	34.1	34.1
5.0	5.0	17.7	35.4	26.6	5.0	5.0	17.9	35.8	26.9	5.0	5.0	17.5	35.0	26.3
6.5	6.5	17.7			6.5	6.5	17.9			6.5	6.5	17.5		
6.0 指標の合計 110.9					6.0 指標の合計 103.1					6.0 指標の合計 93.8				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2				
地中平均温度°C 18.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.6 (指標の合計/6m)				

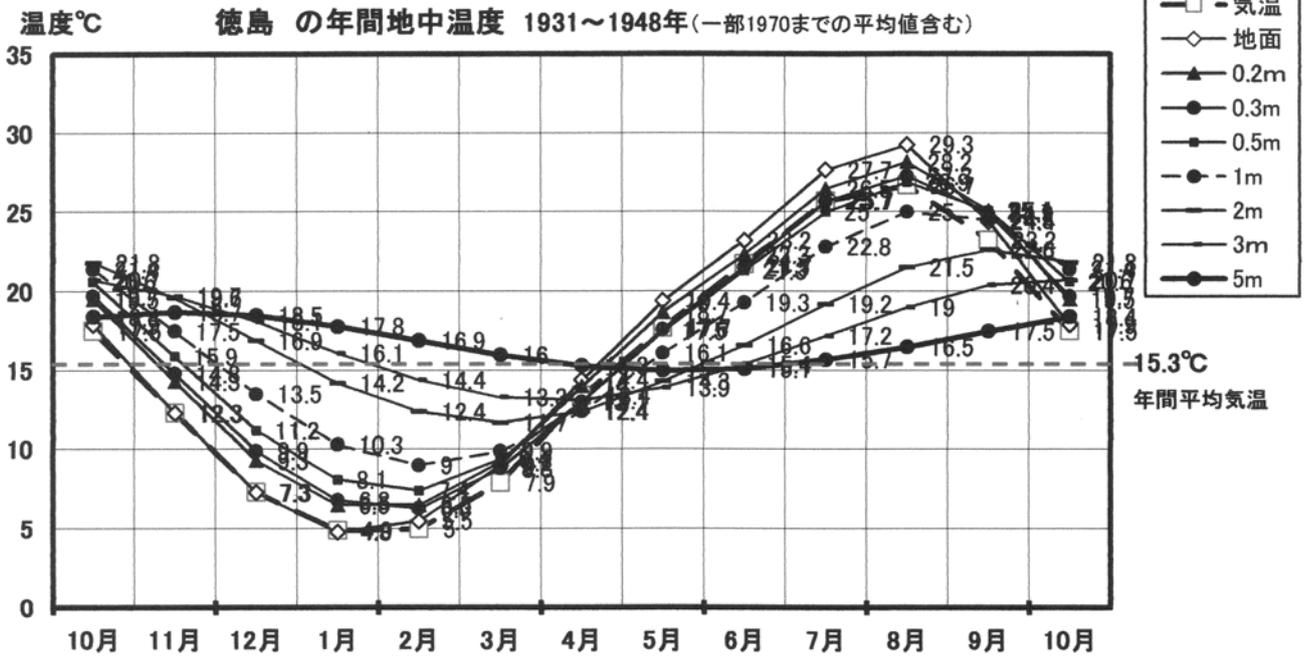
2月 月平均気温 5.3					3月 月平均気温 8.1					4月 月平均気温 12.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	7.8	17.3	4.3	0.5	0.5	9.9	20.3	5.1	0.5	0.5	13.6	26.4	6.6
1.0	1.0	9.5	22.7	11.4	1.0	1.0	10.4	22.8	11.4	1.0	1.0	12.8	25.6	12.8
2.0	2.0	13.2	28.3	14.2	2.0	2.0	12.4	26.4	13.2	2.0	2.0	12.8	26.5	13.3
3.0	3.0	15.1	32.1	32.1	3.0	3.0	14.0	30.4	30.4	3.0	3.0	13.7	29.4	29.4
5.0	5.0	17.0	34.0	25.5	5.0	5.0	16.4	32.8	24.6	5.0	5.0	15.7	31.4	23.6
6.5	6.5	17.0			6.5	6.5	16.4			6.5	6.5	15.7		
6.0 指標の合計 87.4					6.0 指標の合計 84.7					6.0 指標の合計 85.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.2				
地中平均温度°C 14.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.3 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

徳島 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 **39**

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
34度04分	2	15.3 °C	21.8 °C	6か月	11月(12.3°C)~4月(13.4°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.8 °C		年間平均気温より 0.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.5 °C		年間平均気温より 0.2 °C高い	

11月 月平均気温 12.3					12月 月平均気温 7.3					1月 月平均気温 4.9				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		15.9			0.5		11.2			0.5		8.1		
	0.5		33.4	8.4		0.5		24.7	6.2		0.5		18.4	4.6
	1.0	17.5		18.6		1.0	13.5		15.2		1.0	10.3		12.3
	1.0		39.3	19.7		1.0		30.4	17.5		1.0		30.3	15.2
	2.0	19.6		38.4		2.0	16.9		36.6		2.0	14.2		33.9
	1.0		39.3	19.7		1.0		35.0	17.5		1.0		30.3	15.2
	2.0	19.7		38.4		2.0	18.1		36.6		2.0	16.1		33.9
	1.5		37.4	28.1		1.5		37.0	27.8		1.5		35.6	26.7
	6.5	18.7		17.8		6.5	18.5		17.8		6.5	17.8		17.8
6.0 指標の合計 113.0				6.0 指標の合計 103.2				6.0 指標の合計 92.6						
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8				
地中平均温度°C 18.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.4 (指標の合計/6m)				

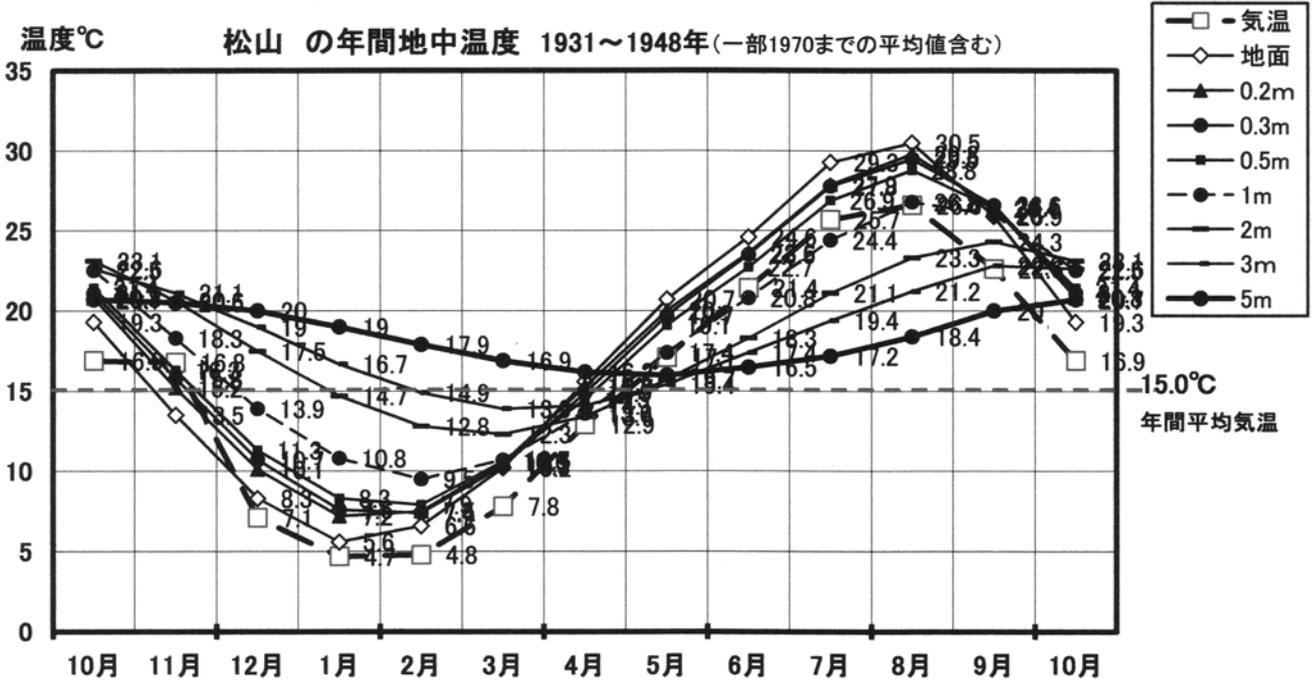
2月 月平均気温 5.0					3月 月平均気温 7.9					4月 月平均気温 13.4				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		7.4			0.5		9.4			0.5		13.0		
	0.5		16.4	4.1		0.5		19.3	4.8		0.5		25.4	6.4
	1.0	9.0		10.7		1.0	9.9		10.8		1.0	12.4		12.4
	1.0		21.4	10.7		1.0		21.6	10.8		1.0		24.8	12.4
	2.0	12.4		13.4		2.0	11.7		12.5		2.0	12.4		12.8
	1.0		26.8	13.4		1.0		25.0	12.5		1.0		25.5	12.8
	2.0	14.4		31.3		2.0	13.3		29.3		2.0	13.1		28.4
	1.5		33.8	25.4		1.5		32.0	24.0		1.5		30.6	23.0
	6.5	16.9		16.0		6.5	16.0		16.0		6.5	15.3		15.3
6.0 指標の合計 84.9				6.0 指標の合計 81.4				6.0 指標の合計 82.9						
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 91.8				
地中平均温度°C 14.1 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 13.8 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

松山 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 40

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度48分	32	15.0 °C	21.9 °C	5か月	12月(7.1°C)~4月(12.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		15.7 °C	年間平均気温より	0.7 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.7 °C	年間平均気温より	0.7 °C高い

12月 月平均気温 7.1					1月 月平均気温 4.7					2月 月平均気温 4.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		11.3			0.5		8.3			0.5		7.9		
	0.5		25.2	6.3		0.5		19.1	4.8		0.5		17.4	4.4
1.0		13.9			1.0		10.8			1.0		9.5		
	1.0		31.4	15.7		1.0		25.5	12.8		1.0		22.3	11.2
2.0		17.5			2.0		14.7			2.0		12.8		
	1.0		36.5	18.3		1.0		31.4	15.7		1.0		27.7	13.9
3.0		19.0			3.0		16.7			3.0		14.9		
	2.0		39.0	39.0		2.0		35.7	35.7		2.0		32.8	32.8
5.0		20.0			5.0		19.0			5.0		17.9		
	1.5		40.0	30.0		1.5		38.0	28.5		1.5		35.8	26.9
6.5		20.0			6.5		19.0			6.5		17.9		
6.0 指標の合計 109.3					6.0 指標の合計 97.4					6.0 指標の合計 89.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0				
地中平均温度°C 18.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)				

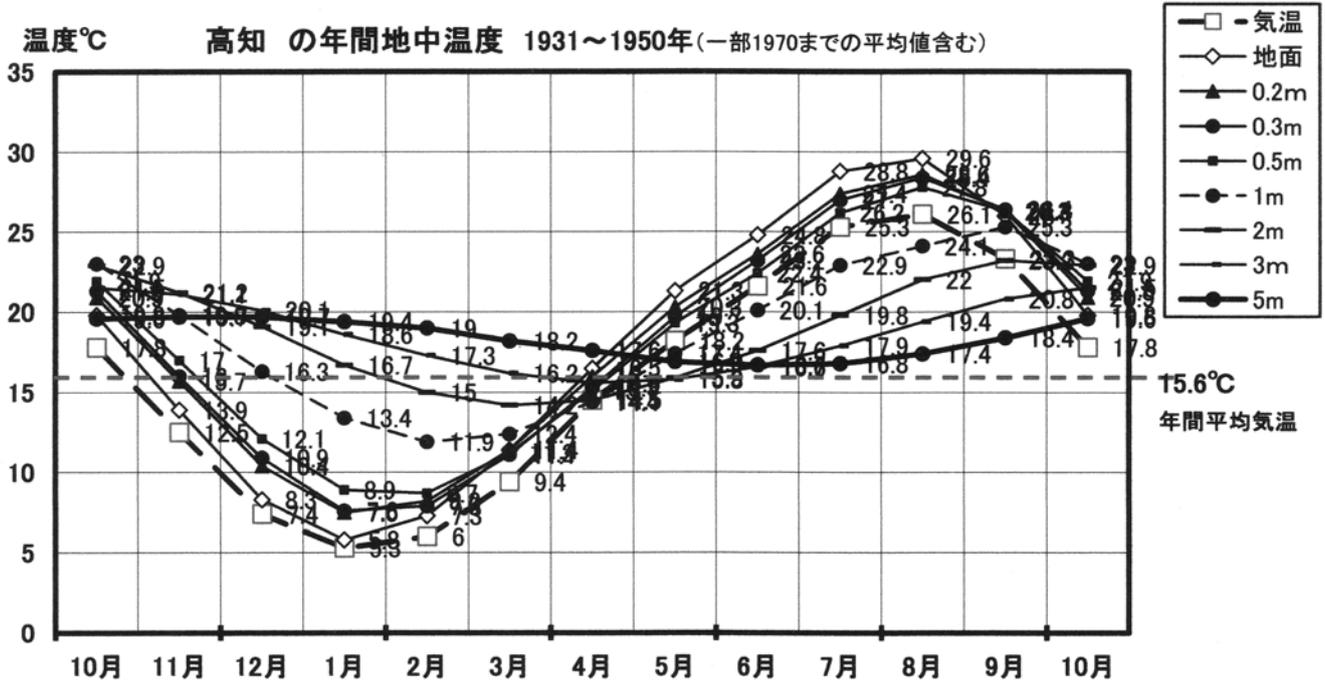
3月 月平均気温 7.8					4月 月平均気温 12.9					月 月平均気温				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		10.6			0.5		14.5			0.5				
	0.5		21.3	5.3		0.5		28.1	7.0		0.5		0.0	0.0
1.0		10.7			1.0		13.6			1.0				
	1.0		23.0	11.5		1.0		27.0	13.5		1.0		0.0	0.0
2.0		12.3			2.0		13.4			2.0				
	1.0		26.2	13.1		1.0		27.5	13.8		1.0		0.0	0.0
3.0		13.9			3.0		14.1			3.0				
	2.0		30.8	30.8		2.0		30.3	30.3		2.0		0.0	0.0
5.0		16.9			5.0		16.2			5.0				
	1.5		33.8	25.4		1.5		32.4	24.3		1.5		0.0	0.0
6.5		16.9			6.5		16.2			6.5				
6.0 指標の合計 86.1					6.0 指標の合計 88.9					6.0 指標の合計 0.0				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0				
地中平均温度°C 14.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 0.0 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の日中温度資料のある累年平均温度を採用する。

注2 1959年累年平均温度を採用する。建築基準法(昭和33年制定)による。

高知 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 41

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度34分	2	15.6 °C	20.8 °C	6か月	11月(12.5°C)~4月(14.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		18.2 °C	年間平均気温より	2.6 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		17.6 °C	年間平均気温より	2.0 °C高い

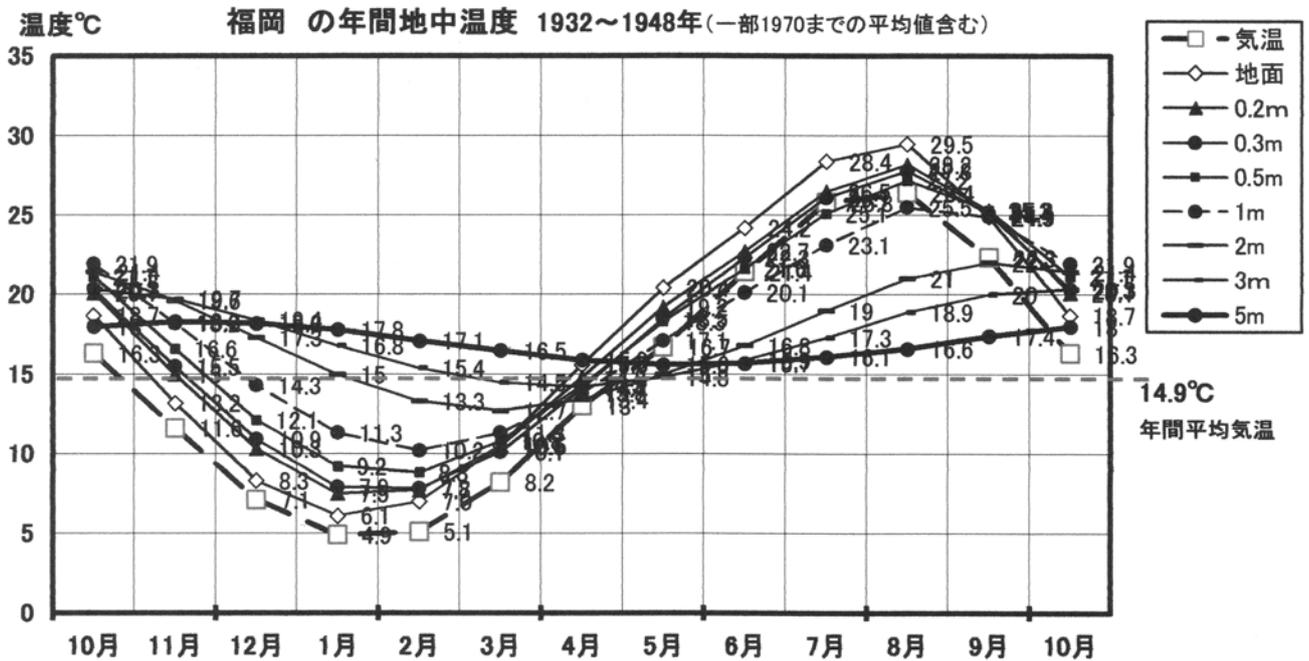
11月 月平均気温 12.5					12月 月平均気温 7.4					1月 月平均気温 5.3				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5		17.0			0.5		12.1			0.5		8.9		
	0.5		36.8	9.2		0.5		28.4	7.1		0.5		22.3	5.6
	1.0	19.8				1.0	16.3				1.0	13.4		
	1.0		41.0	20.5		1.0		35.4	17.7		1.0		30.1	15.1
	2.0	21.2				2.0	19.1				2.0	16.7		
	1.0		42.3	21.2		1.0		39.2	19.6		1.0		35.3	17.7
	3.0	21.1				3.0	20.1				3.0	18.6		
	2.0		40.8	40.8		2.0		39.8	39.8		2.0		38.0	38.0
	5.0	19.7				5.0	19.7				5.0	19.4		
	1.5		39.4	29.6		1.5		39.4	29.6		1.5		38.8	29.1
	6.5	19.7				6.5	19.7				6.5	19.4		
6.0 指標の合計 121.2					6.0 指標の合計 113.8					6.0 指標の合計 105.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6				
地中平均温度°C 20.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 19.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.6 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 6.0					3月 月平均気温 9.4					4月 月平均気温 14.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m°C
0.5		8.7			0.5		11.2			0.5		15.1		
	0.5		20.6	5.2		0.5		23.6	5.9		0.5		29.5	7.4
	1.0	11.9				1.0	12.4				1.0	14.4		
	1.0		26.9	13.5		1.0		26.6	13.3		1.0		28.9	14.5
	2.0	15.0				2.0	14.2				2.0	14.5		
	1.0		32.3	16.2		1.0		30.4	15.2		1.0		30.1	15.1
	3.0	17.3				3.0	16.2				3.0	15.6		
	2.0		36.3	36.3		2.0		34.4	34.4		2.0		33.2	33.2
	5.0	19.0				5.0	18.2				5.0	17.6		
	1.5		38.0	28.5		1.5		36.4	27.3		1.5		35.2	26.4
	6.5	19.0				6.5	18.2				6.5	17.6		
6.0 指標の合計 99.6					6.0 指標の合計 96.1					6.0 指標の合計 96.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.6				
地中平均温度°C 16.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.1 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

福岡 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 42

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度35分	3	14.9 °C	21.5 °C	6か月	11月(11.6°C)~4月(13.0°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.5 °C	年間平均気温より	1.6 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		16.0 °C	年間平均気温より	1.1 °C高い

11月					12月					1月				
月平均気温		11.6			月平均気温		7.1			月平均気温		4.9		
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		16.6			0.5		12.1			0.5		9.2		
	0.5		34.8	8.7		0.5		26.4	6.6		0.5		20.5	5.1
	1.0	18.2				1.0		14.3			1.0		11.3	
			37.8	18.9				31.6	15.8				26.3	13.2
	2.0	19.6				2.0		17.3			2.0		15.0	
			39.3	19.7				35.7	17.9				31.8	15.9
	3.0	19.7				3.0		18.4			3.0		16.8	
			38.0	38.0				36.6	36.6				34.6	34.6
	5.0	18.3				5.0		18.2			5.0		17.8	
			36.6	27.5				36.4	27.3				35.6	26.7
	6.5	18.3				6.5		18.2			6.5		17.8	
6.0 指標の合計 112.7					6.0 指標の合計 104.2					6.0 指標の合計 95.5				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4				
地中平均温度°C 18.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.9 (指標の合計/6m)				

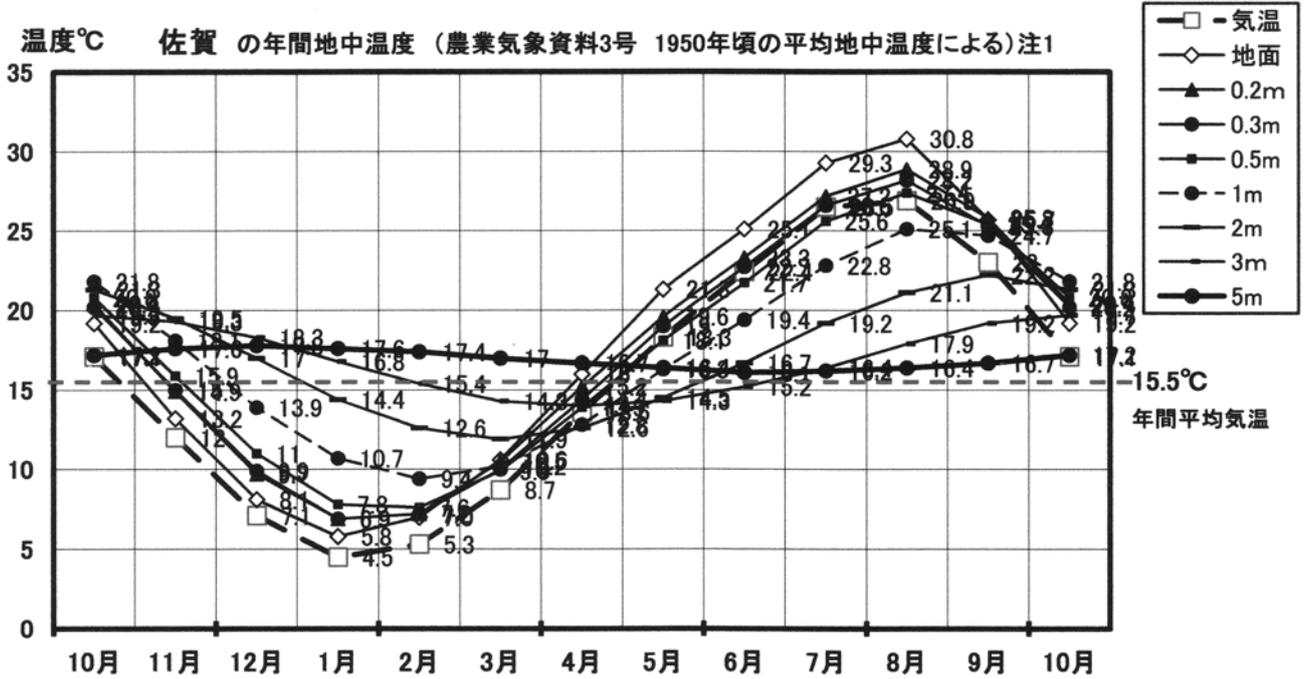
2月					3月					4月				
月平均気温		5.1			月平均気温		8.2			月平均気温		13.0		
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
		8.8			0.5		10.8			0.5		14.3		
	0.5		19.0	4.8		0.5		22.1	5.5		0.5		28.1	7.0
	1.0	10.2				1.0		11.3			1.0		13.8	
			23.5	11.8				24.0	12.0				27.2	13.6
	2.0	13.3				2.0		12.7			2.0		13.4	
			28.7	14.4				27.2	13.6				27.6	13.8
	3.0	15.4				3.0		14.5			3.0		14.2	
			32.5	32.5				31.0	31.0				30.1	30.1
	5.0	17.1				5.0		16.5			5.0		15.9	
			34.2	25.7				33.0	24.8				31.8	23.9
	6.5	17.1				6.5		16.5			6.5		15.9	
6.0 指標の合計 89.0					6.0 指標の合計 86.9					6.0 指標の合計 88.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 89.4				
地中平均温度°C 14.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.7 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

佐賀 《暖房期間》地中6.5mの採熱管周辺温度の検討 (地中0.5mより埋設) 43

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度16分	6	15.5 °C	22.4 °C	6か月	11月(12.0°C)~4月(13.6°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		16.4 °C		年間平均気温より 0.9 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		15.8 °C		年間平均気温より 0.3 °C高い	

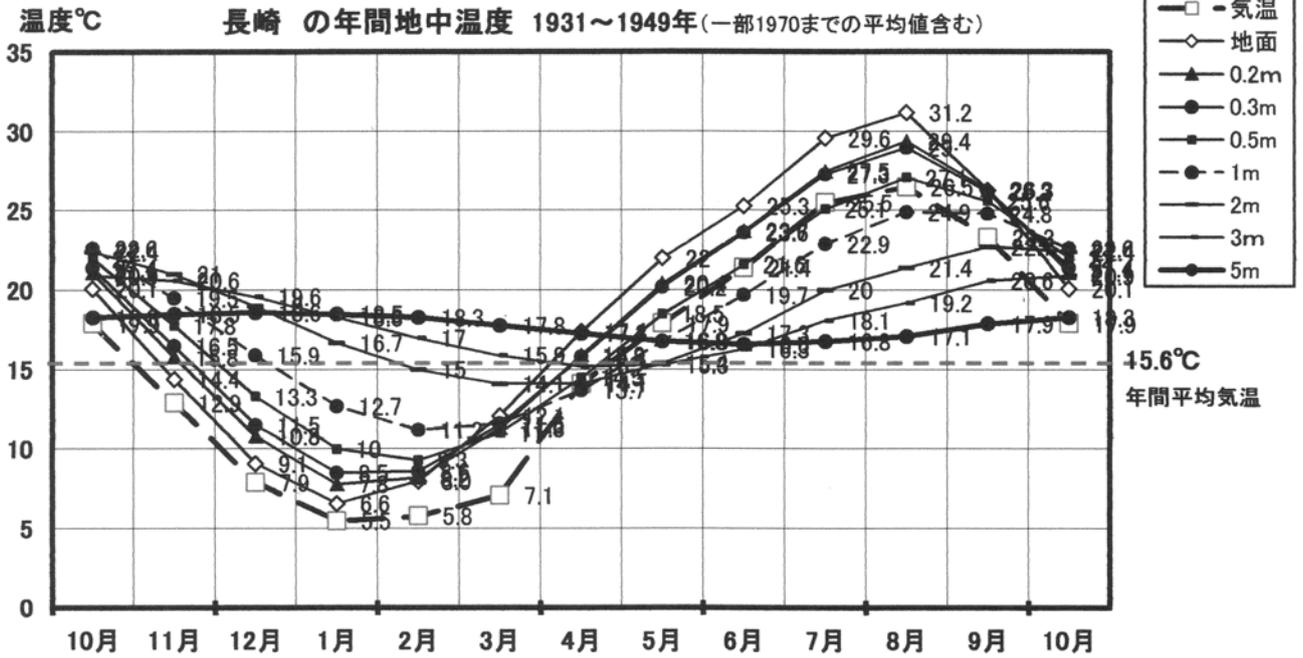
11月 月平均気温 12.0					12月 月平均気温 7.1					1月 月平均気温 4.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		15.9			0.5		11.0			0.5		7.8		
	0.5		34.0	8.5		0.5		24.9	6.2		0.5		18.5	4.6
1.0		18.1			1.0		13.9			1.0		10.7		
	1.0		37.6	18.8		1.0		30.9	15.5		1.0		25.1	12.6
2.0		19.5			2.0		17.0			2.0		14.4		
	1.0		38.8	19.4		1.0		35.3	17.7		1.0		31.2	15.6
3.0		19.3			3.0		18.3			3.0		16.8		
	2.0		36.9	36.9		2.0		36.1	36.1		2.0		34.4	34.4
5.0		17.6			5.0		17.8			5.0		17.6		
	1.5		35.2	26.4		1.5		35.6	26.7		1.5		35.2	26.4
6.5		17.6			6.5		17.8			6.5		17.6		
6.0	指標の合計 110.0				6.0	指標の合計 102.1				6.0	指標の合計 93.6			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0				
地中平均温度°C 18.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.6 (指標の合計/6m)				
2月 月平均気温 5.3					3月 月平均気温 8.7					4月 月平均気温 13.6				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		7.6			0.5		9.9			0.5		13.9		
	0.5		17.0	4.3		0.5		20.1	5.0		0.5		26.7	6.7
1.0		9.4			1.0		10.2			1.0		12.8		
	1.0		22.0	11.0		1.0		22.1	11.1		1.0		25.4	12.7
2.0		12.6			2.0		11.9			2.0		12.6		
	1.0		28.0	14.0		1.0		26.2	13.1		1.0		26.6	13.3
3.0		15.4			3.0		14.3			3.0		14.0		
	2.0		32.8	32.8		2.0		31.3	31.3		2.0		30.7	30.7
5.0		17.4			5.0		17.0			5.0		16.7		
	1.5		34.8	26.1		1.5		34.0	25.5		1.5		33.4	25.1
6.5		17.4			6.5		17.0			6.5		16.7		
6.0	指標の合計 88.2				6.0	指標の合計 86.0				6.0	指標の合計 88.4			
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 93.0				
地中平均温度°C 14.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 14.7 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料にある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

長崎 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 44

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
32度45分	27	15.6 °C	21.0 °C	6か月	11月(12.9°C)~4月(14.1°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した(暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		17.8 °C	年間平均気温より	2.2 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		17.1 °C	年間平均気温より	1.5 °C高い

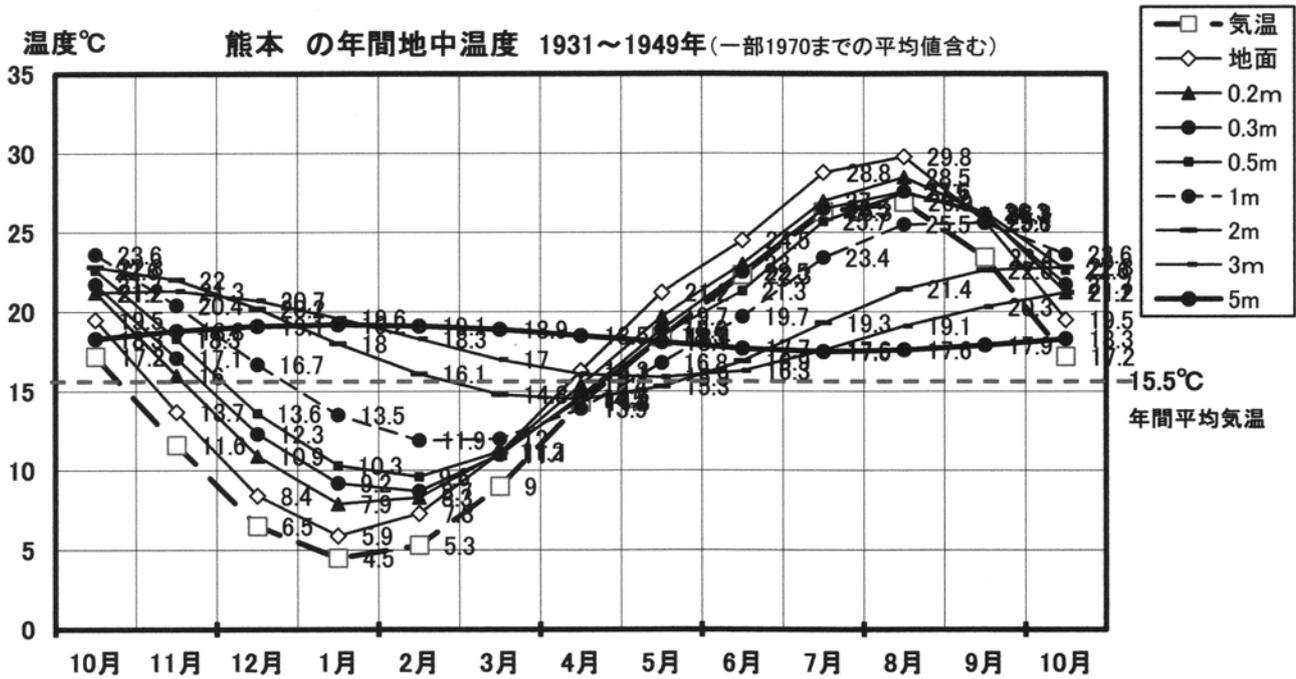
11月 月平均気温 12.9					12月 月平均気温 7.9					1月 月平均気温 5.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		17.8			0.5		13.3			0.5		10.0		
	0.5		37.3	9.3		0.5		29.2	7.3		0.5		22.7	5.7
	1.0	19.5				1.0	15.9				1.0	12.7		
			40.5	20.3				34.9	17.5				29.4	14.7
	2.0	21.0				2.0	19.0				2.0	16.7		
			41.6	20.8				38.6	19.3				35.0	17.5
	3.0	20.6				3.0	19.6				3.0	18.3		
			39.1	39.1				38.2	38.2				36.8	36.8
	5.0	18.5				5.0	18.6				5.0	18.5		
			37.0	27.8				37.2	27.9				37.0	27.8
	6.5	18.5				6.5	18.6				6.5	18.5		
6.0 指標の合計 117.2					6.0 指標の合計 110.2					6.0 指標の合計 102.4				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6				
地中平均温度°C 19.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.1 (指標の合計/6m)				

2月 月平均気温 5.8					3月 月平均気温 7.1					4月 月平均気温 14.1				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		9.3			0.5		11.0			0.5		14.5		
	0.5		20.5	5.1		0.5		22.6	5.7		0.5		28.2	7.1
	1.0	11.2				1.0	11.6				1.0	13.7		
			26.2	13.1				25.7	12.9				27.8	13.9
	2.0	15.0				2.0	14.1				2.0	14.1		
			32.0	16.0				30.0	15.0				29.3	14.7
	3.0	17.0				3.0	15.9				3.0	15.2		
			35.3	35.3				33.7	33.7				32.5	32.5
	5.0	18.3				5.0	17.8				5.0	17.3		
			36.6	27.5				35.6	26.7				34.6	26.0
	6.5	18.3				6.5	17.8				6.5	17.3		
6.0 指標の合計 97.0					6.0 指標の合計 93.9					6.0 指標の合計 94.1				
年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6					年間平均温度指標(年間平均温度+6m) 93.6				
地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.7 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.7 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。
 注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

熊本 《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による)注1 **45**

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
32度48分	38	15.5 °C	22.4 °C	6か月	11月(11.6°C)~4月(14.3°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		18.8 °C	年間平均気温より	3.3 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		17.9 °C	年間平均気温より	2.4 °C高い

11月	月平均気温	11.6	12月	月平均気温	6.5	1月	月平均気温	4.5						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	18.3	38.7	9.7	0.5	0.5	13.6	30.3	7.6	0.5	0.5	10.3	23.8	6.0
1.0	1.0	20.4	42.4	21.2	1.0	1.0	16.7	36.9	18.5	1.0	1.0	13.5	31.5	15.8
2.0	2.0	22.0	43.3	21.7	2.0	2.0	20.2	40.9	20.5	2.0	2.0	18.0	37.6	18.8
3.0	3.0	21.3	40.1	40.1	3.0	3.0	20.7	39.8	39.8	3.0	3.0	19.6	38.8	38.8
5.0	5.0	18.8	37.6	28.2	5.0	5.0	19.1	38.2	28.7	5.0	5.0	19.2	38.4	28.8
6.5	6.5	18.8	18.8	18.8	6.5	6.5	19.1	19.1	19.1	6.5	6.5	19.2	19.2	19.2
6.0		指標の合計		120.8	6.0		指標の合計		114.9	6.0		指標の合計		108.1
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0
地中平均温度°C				20.1 (指標の合計/6m)	地中平均温度°C				19.2 (指標の合計/6m)	地中平均温度°C				18.0 (指標の合計/6m)

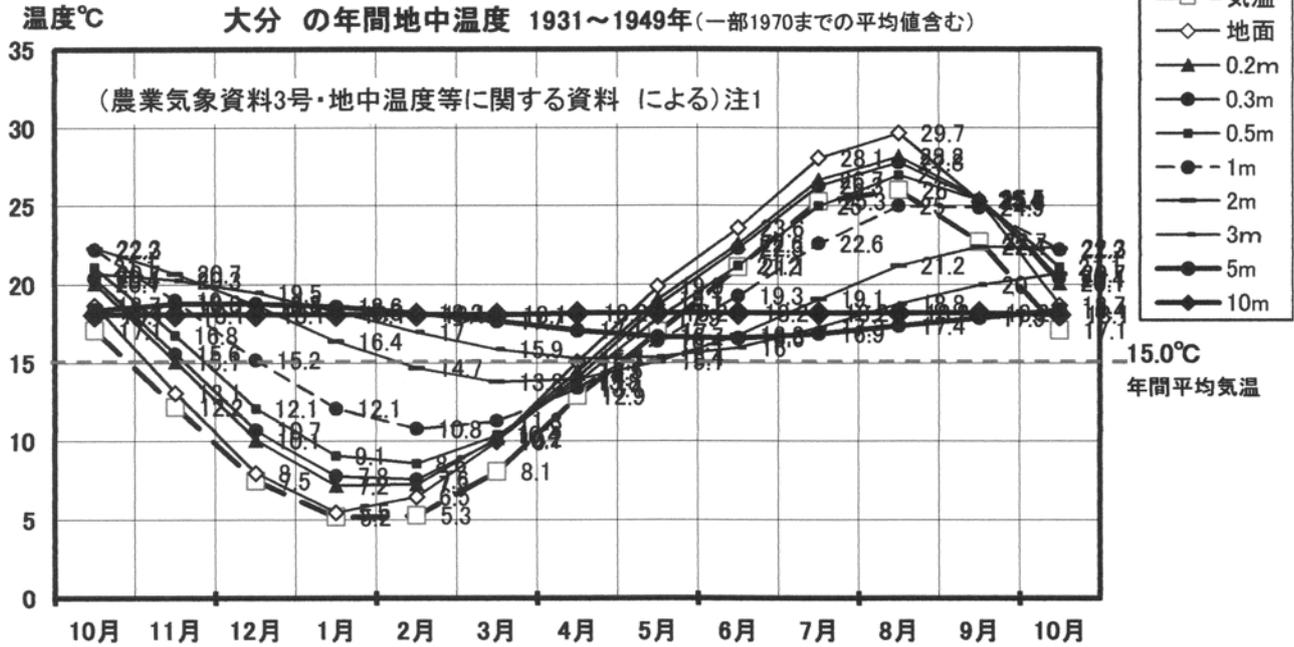
2月	月平均気温	5.3	3月	月平均気温	9.0	4月	月平均気温	14.3						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	9.6	21.5	5.4	0.5	0.5	11.2	23.2	5.8	0.5	0.5	14.5	28.4	7.1
1.0	1.0	11.9	28.0	14.0	1.0	1.0	12.0	26.8	13.4	1.0	1.0	13.9	28.4	14.2
2.0	2.0	16.1	34.4	17.2	2.0	2.0	14.8	31.8	15.9	2.0	2.0	14.5	30.6	15.3
3.0	3.0	18.3	37.4	37.4	3.0	3.0	17.0	35.9	35.9	3.0	3.0	16.1	34.6	34.6
5.0	5.0	19.1	38.2	28.7	5.0	5.0	18.9	37.8	28.4	5.0	5.0	18.5	37.0	27.8
6.5	6.5	19.1	19.1	19.1	6.5	6.5	18.9	18.9	18.9	6.5	6.5	18.5	18.5	18.5
6.0		指標の合計		102.6	6.0		指標の合計		99.4	6.0		指標の合計		99.0
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0	年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				93.0
地中平均温度°C				17.1 (指標の合計/6m)	地中平均温度°C				16.6 (指標の合計/6m)	地中平均温度°C				16.5 (指標の合計/6m)

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

大分 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
33度16分	5	15.0 °C	20.8 °C	6か月	11月(12.2°C)~4月(12.9°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		17.7 °C		年間平均気温より 2.7 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		16.9 °C		年間平均気温より 1.9 °C高い	

11月	月平均気温	12.2	12月	月平均気温	7.5	1月	月平均気温	5.2						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	16.8	35.8	9.0	0.5	0.5	12.1	27.3	6.8	0.5	0.5	9.1	21.2	5.3
1.0	1.0	19.0	39.7	19.9	1.0	1.0	15.2	33.9	17.0	1.0	1.0	12.1	28.5	14.3
2.0	2.0	20.7	41.0	20.5	2.0	2.0	18.7	38.2	19.1	2.0	2.0	16.4	34.7	17.4
3.0	3.0	20.3	39.1	39.1	3.0	3.0	19.5	38.3	38.3	3.0	3.0	18.3	36.9	36.9
5.0	5.0	18.8	37.6	28.2	5.0	5.0	18.8	37.6	28.2	5.0	5.0	18.6	37.2	27.9
6.5	6.5	18.8			6.5	6.5	18.8			6.5	6.5	18.6		
6.0 指標の合計 116.6					6.0 指標の合計 109.4					6.0 指標の合計 101.7				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0				
地中平均温度°C 19.4 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.0 (指標の合計/6m)				
2月	月平均気温	5.3	3月	月平均気温	8.1	4月	月平均気温	12.9						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	8.6	19.4	4.9	0.5	0.5	10.4	21.7	5.4	0.5	0.5	13.8	27.2	6.8
1.0	1.0	10.8	25.5	12.8	1.0	1.0	11.3	25.1	12.6	1.0	1.0	13.4	27.4	13.7
2.0	2.0	14.7	31.7	15.9	2.0	2.0	13.8	29.7	14.9	2.0	2.0	14.0	29.3	14.7
3.0	3.0	17.0	35.2	35.2	3.0	3.0	15.9	33.6	33.6	3.0	3.0	15.3	32.4	32.4
5.0	5.0	18.2	36.4	27.3	5.0	5.0	17.7	35.4	26.6	5.0	5.0	17.1	34.2	25.7
6.5	6.5	18.2			6.5	6.5	17.7			6.5	6.5	17.1		
6.0 指標の合計 96.0					6.0 指標の合計 93.0					6.0 指標の合計 93.2				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 90.0				
地中平均温度°C 16.0 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 15.5 (指標の合計/6m)				

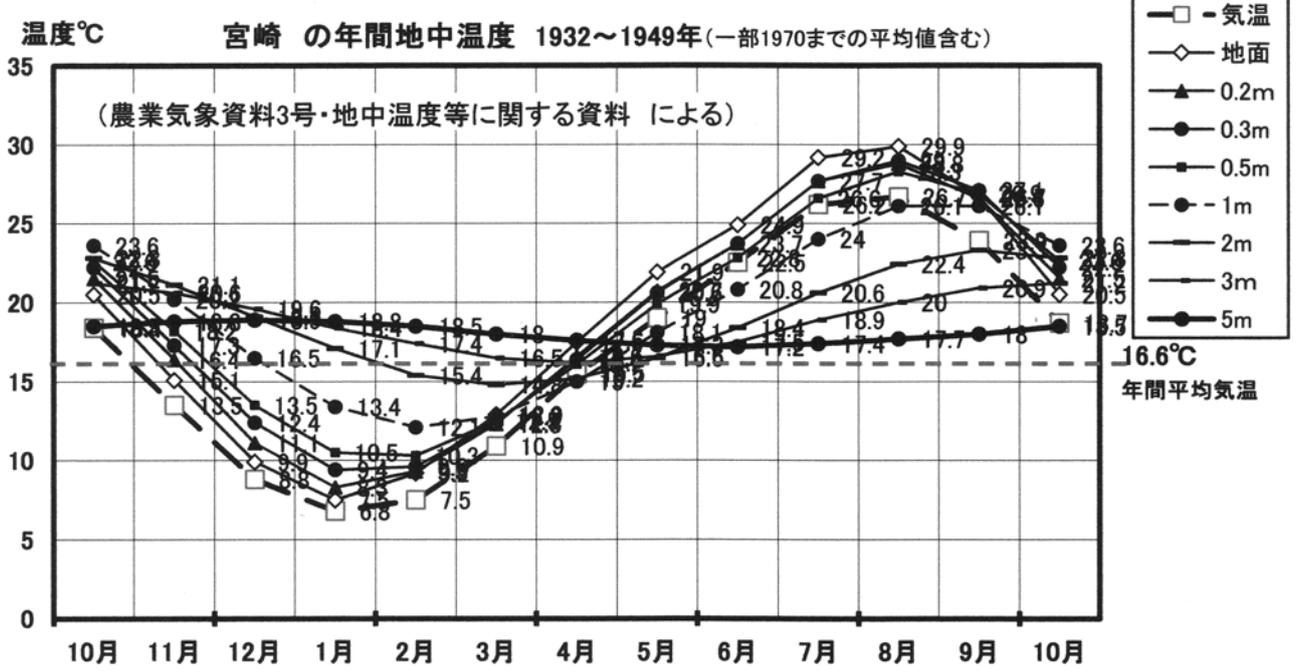
注1 1931年~1970年測定の地中温度資料のある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

宮崎 《暖房期間》 地中6.5mの採熱管周辺の温度の検討 (地中0.5mより埋設)

47

北緯	標高m	年間平均気温注1	年間気温差	暖房期間注2	
31度54分	7	16.6 °C	19.9 °C	6か月	11月(13.5°C)~4月(15.5°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		18.1 °C		年間平均気温より 1.5 °C高い	
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		17.5 °C		年間平均気温より 0.9 °C高い	

11月 月平均気温 13.5					12月 月平均気温 8.8					1月 月平均気温 6.8				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		18.2			0.5		13.5			0.5		10.5		
	0.5		38.4	9.6		0.5		30.0	7.5		0.5		23.9	6.0
1.0		20.2			1.0		16.5			1.0		13.4		
	1.0		41.3	20.7		1.0		35.6	17.8		1.0		30.5	15.3
2.0		21.1			2.0		19.1			2.0		17.1		
	1.0		41.7	20.9		1.0		38.7	19.4		1.0		35.5	17.8
3.0		20.6			3.0		19.6			3.0		18.4		
	2.0		39.4	39.4		2.0		38.5	38.5		2.0		37.2	37.2
5.0		18.8			5.0		18.9			5.0		18.8		
	1.5		37.6	28.2		1.5		37.8	28.4		1.5		37.6	28.2
6.5		18.8			6.5		18.9			6.5		18.8		
6.0 指標の合計 118.7					6.0 指標の合計 111.5					6.0 指標の合計 104.4				
99.6					99.6					99.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				
99.6					99.6					99.6				
地中平均温度°C 19.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 17.4 (指標の合計/6m)				

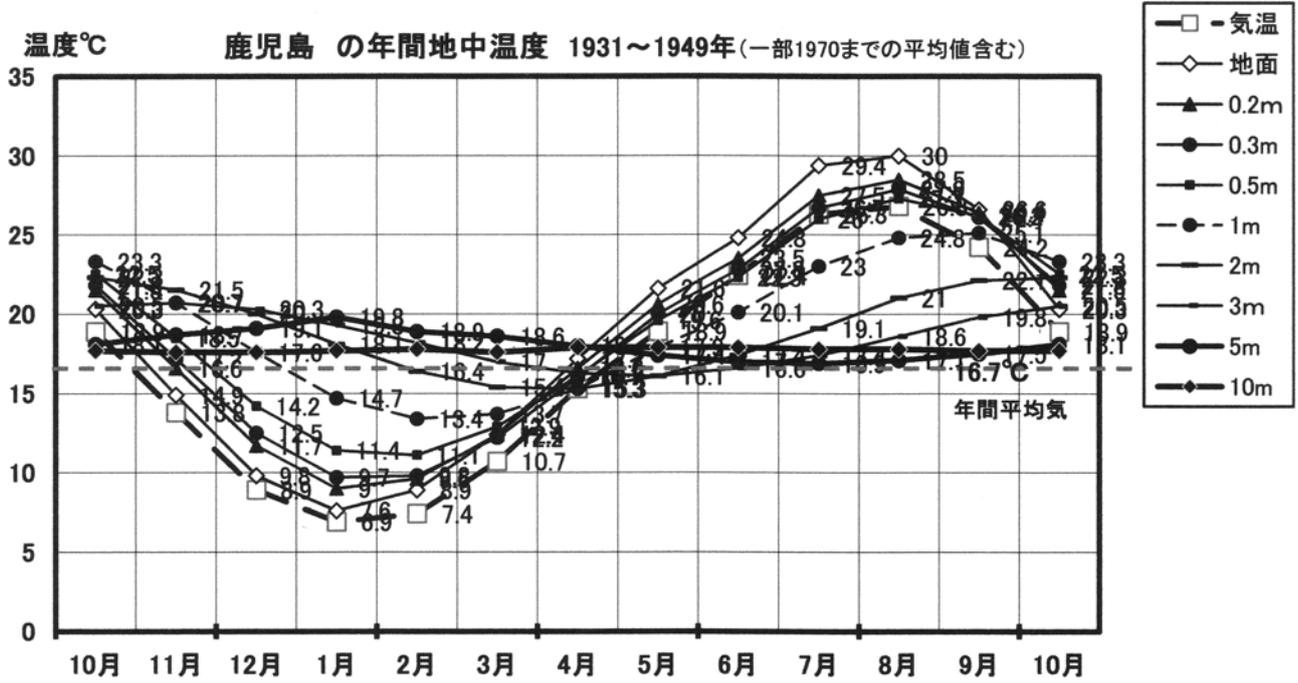
2月 月平均気温 7.5					3月 月平均気温 10.9					4月 月平均気温 15.5				
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5		10.3			0.5		12.5			0.5		16.1		
	0.5		22.4	5.6		0.5		25.3	6.3		0.5		31.1	7.8
1.0		12.1			1.0		12.8			1.0		15.0		
	1.0		27.5	13.8		1.0		27.6	13.8		1.0		30.2	15.1
2.0		15.4			2.0		14.8			2.0		15.2		
	1.0		32.8	16.4		1.0		31.3	15.7		1.0		31.4	15.7
3.0		17.4			3.0		16.5			3.0		16.2		
	2.0		35.9	35.9		2.0		34.5	34.5		2.0		33.8	33.8
5.0		18.5			5.0		18.0			5.0		17.6		
	1.5		37.0	27.8		1.5		36.0	27.0		1.5		35.2	26.4
6.5		18.5			6.5		18.0			6.5		17.6		
6.0 指標の合計 99.4					6.0 指標の合計 97.3					6.0 指標の合計 98.8				
99.6					99.6					99.6				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					年間平均温度指標(年間平均温度*6m)					年間平均温度指標(年間平均温度*6m)				
99.6					99.6					99.6				
地中平均温度°C 16.6 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.5 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定 of 地中温度資料のにある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

鹿児島《暖房期間》 地中6.5mの温度の検討 (農業気象資料3号・地中温度等に関する資料 による) 注 48

北緯	標高m	年間平均気温注2	年間気温差	暖房期間注2	
31度36分	4	16.7 °C	19.9 °C	6か月	11月(13.8°C)~4月(15.3°C)



暖房期間地中平均温度の概算 地中6.5mの温度は地中5mの値を使用した (暖房期間は月平均気温16°C以下の月とする)注2

暖房期間の地中3mの平均温度		18.6 °C	年間平均気温より		1.9 °C高い
暖房期間の地中6.5mまでの平均温度の概算		18.0 °C	年間平均気温より		1.3 °C高い

11月	月平均気温	13.8	12月	月平均気温	8.9	1月	月平均気温	6.9						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	18.5	39.2	9.8	0.5	0.5	14.2	31.8	8.0	0.5	0.5	11.4	26.1	6.5
1.0	1.0	20.7	42.2	21.1	1.0	1.0	17.6	37.6	18.8	1.0	1.0	14.7	32.8	16.4
2.0	2.0	21.5	42.2	21.1	2.0	2.0	20.0	40.3	20.2	2.0	2.0	18.1	37.4	18.7
3.0	3.0	20.7	39.4	39.4	3.0	3.0	20.3	39.4	39.4	3.0	3.0	19.3	39.1	39.1
5.0	5.0	18.7	37.4	28.1	5.0	5.0	19.1	38.2	28.7	5.0	5.0	19.8	39.6	29.7
6.5	6.5	18.7			6.5	6.5	19.1			6.5	6.5	19.8		
6.0 指標の合計 119.5					6.0 指標の合計 115.0					6.0 指標の合計 110.4				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2				
地中平均温度°C 19.9 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 19.2 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 18.4 (指標の合計/6m)				
2月	月平均気温	7.4	3月	月平均気温	10.7	4月	月平均気温	15.3						
地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C	地中距離m	長さm	地中温度°C	温度の和	指標m・°C
0.5	0.5	11.1	24.5	6.1	0.5	0.5	12.9	26.6	6.7	0.5	0.5	16.1	31.4	7.9
1.0	1.0	13.4	29.8	14.9	1.0	1.0	13.7	29.1	14.6	1.0	1.0	15.3	30.6	15.3
2.0	2.0	16.4	34.6	17.3	2.0	2.0	15.4	32.4	16.2	2.0	2.0	15.3	31.6	15.8
3.0	3.0	18.2	37.1	37.1	3.0	3.0	17.0	35.6	35.6	3.0	3.0	16.3	34.3	34.3
5.0	5.0	18.9	37.8	28.4	5.0	5.0	18.6	37.2	27.9	5.0	5.0	18.0	36.0	27.0
6.5	6.5	18.9			6.5	6.5	18.6			6.5	6.5	18.0		
6.0 指標の合計 103.8					6.0 指標の合計 100.9					6.0 指標の合計 100.3				
年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2					年間平均温度指標(年間平均温度*6m) 100.2				
地中平均温度°C 17.3 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.8 (指標の合計/6m)					地中平均温度°C 16.7 (指標の合計/6m)				

注1 1931年~1970年測定の日中温度資料のある累年平均温度を使用する。

注2 1950年類年平均気温値を使用する。建築学便覧(昭和37年刊による)

