

短報 (Note)

木炭敷設による床下の温度と相対湿度の年変動

森川 岳^{1)*}・末吉 修三¹⁾

Annual variations in temperature and relative humidity induced by laying charcoals in crawl spaces under the ground floor

MORIKAWA Takeshi^{1)*} and SUEYOSHI Shuzo¹⁾

Abstract

We examined the ability of charcoal to control the humidity in crawl spaces under the ground floor by observing the variations of temperature and relative humidity for one year before and one year after laying charcoal made of demolition wood wastes. According to the annual variation before laying charcoal, relative humidity in the crawl spaces under the ground floor varied at a higher level than that of the open air. After laying charcoal, the relative humidity was lowered to a level close to that of the open air, whereas temperature was not affected. These results indicate that charcoal reduced moisture in the crawl spaces. Therefore, laying charcoal is an effective method for reducing moisture in crawl spaces under the ground floor.

Key words : temperature, relative humidity, soil moisture content, charcoal, crawl space

1 はじめに

環境問題が地球規模で深刻になっている中、日常我々を取り巻く様々な資源の節約が求められており、木材についてもその例外ではない。このような情勢の中、国内では木材をリユース、リサイクルすると共に、木造住宅に高い耐久性をもたせることでライフサイクルを長期化し、省資源化をはかる取り組みが活発になっている。特に、湿度が高い日本では、床下に湿気がこもった場合、シロアリや菌類などによる生物劣化を生じ、耐久性が低下してしまうことがあるため、床下湿気の問題は、様々な方法で解決が試みられている。一戸建て住宅団地において、木造住宅を中心に床下湿気による被害の実態調査をしたところ、過去に被害を受けたか、現在でも被害が継続しているという回答が、70%以上に上った(末吉ら, 1993)。このような被害を抑えるための対策としては、布基礎の換気口の増設や開口部面積の拡大、床下換気扇の設置などの方法がとられていた(中野ら, 1995a; 末吉ら, 1996)。

一方、これらの方法とは別に、近年、木炭の調湿機能に着目し、床下に木炭を敷いて温湿度環境を改善する試みが盛んになっている。特に、建築廃材木炭の利用は、廃材需要の拡大につながり、木材のリサイクルを促進することにもなるため、大きな関心が寄せられている。木炭の調湿機能に関しては、木炭の吸湿性、吸水性ならび

に各含水率での熱伝導率などの基本的性質(中野ら, 1996)、吸湿性、吸水性に及ぼす木炭の粒度の影響(滝本ら, 2000)、あるいは木炭の調湿機能に及ぼす温度の変動周期などの影響(栗本ら, 2002)が実験室実験で明らかにされている。また、実際に床下への木炭敷設による調湿効果について検討した研究もこれまでいくつか進められてきた(中野ら, 1995a, 1995b; 葉石ら, 1996; 藤田ら, 1995, 1996, 1997)。本研究では、既往の研究を踏まえて、実験室における静的および動的吸放湿試験(外崎ら, 2001a, 2001b)で調湿機能が確認されている建築廃材由来の木炭を実大の布基礎モデルに敷設し、床下や外気の温湿度などの変動に基づいて、木炭による床下調湿を実証する実験を継続して行なってきた。その際、布基礎モデルの内部の地面には防湿処理などを施さず、不織布袋に入った木炭をそのまま露出した地面に隙間が空かないように敷き詰めて実験を行なった。この場合、換気口を通して床下に流入する水蒸気に対する不織布袋内の木炭による吸放湿のみならず、地面からの水蒸気の移動抑制、あるいは不織布袋表裏面の結露水の吸収などが生じていると推察される。これらの総合的な現象として、不織布袋入り木炭の床下調湿機能を検証してきた(末吉ら, 2002, 森川ら, 2002)。本報では、木炭の調湿機能について、敷設前1年から敷設後1年にかけての温湿度変動に基づいて考察した結果を報告する。

原稿受付：平成15年2月13日 Received Feb. 13, 2003 原稿受理：平成15年9月10日 Accepted Sep. 10, 2003

* 森林総合研究所 構造利用研究領域 〒305-8687 つくば市松の里1

Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan;
e-mail: tmorik@ffpri.affrc.go.jp

1) 森林総合研究所構造利用研究領域 Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

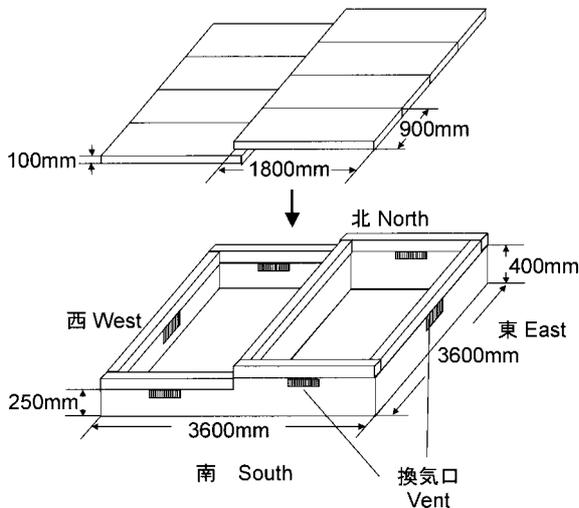


Fig. 1. 実大布基礎モデル
Full-size continuous footing model

2 材料と方法

床下の調湿には、市販の床下調湿用木炭（広島炭化工業）を用いた。木炭は、建築廃材をチップ化し炭化したものを450mm×450mmの不織布袋に約3kgずつ詰めたもので、直接床下に敷き詰めることが出来る。本実験では54個を使用した。

森林総合研究所構内にある木質構造実験家屋（大断面集成材の軸組構造、地上高1000mmの高床）の床下スペースに実大のコンクリート布基礎モデルを設置した。Fig. 1に布基礎モデルの模式図を示す。布基礎は縦3600mm×横3600mmで、中央で東西の区画に仕切られており、高さは東側400mm、西側250mmである。換気口（縦140mm、横250mm）は、南北の面にそれぞれ2つずつ、東西に1つずつ設けられている。布基礎の周囲には、廃水処理のための溝などは施工されていない。布基礎の上部は、木枠（枠材断面寸法88mm×32mm）に12mm厚合板を張った木質パネル（寸法900mm×1800mm×100mm）8枚を用いて閉じた。前述の通り、布基礎の内部は、コンクリートを打ったり、防湿シートを敷き詰めたりしておらず、地面が露出した状態である。不織布袋に入った木炭は、隙間がないよう地面に直接敷き詰めた。この場合、床下空間には主に換気口を通して空気の流れによって流入する水蒸気と床下地面から蒸散する水蒸気とが滞留していると考えられる。このような状況では、床下空間の水蒸気に対する不織布袋入りの木炭による吸放湿だけでなく、地面からの水蒸気の移動の抑制、さらに不織布袋の表裏面で生じた結露水の吸収などが生じると推察される。本報では、これらの総合的な現象を不織布袋入り木炭の敷設による床下調湿の効果として確かめることとなる。

各センサーの配置をFig. 2に示す。温湿度センサー（ヴァイサラ社、HMP45A、-40～+60、0～100%RH）を地上高150mmで6カ所、土壌水分計（東北電子産業（株）TRIME-EZ、0～100%）を2カ所に設置し、温度、相対湿度ならびに土壌含水率（体積含水率＝一定体積の

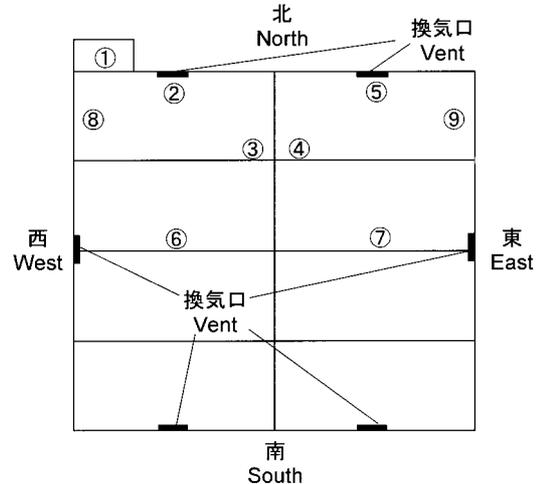


Fig. 2. 温湿度センサーと土壌含水率センサーの配置
Measuring positions for temperature, humidity and soil moisture content.

～ : 温湿度センサー Measuring positions for temperature and humidity.
、 : 土壌水分計 Measuring positions for soil moisture content.

土壌中に占める水の体積の割合)を30分間隔で測定した。いずれのセンサーも中央の仕切りを挟んで東西の対称な位置に同数ずつ設置した。また、外気の測定用として、木質構造実験家屋北側の壁面に地上から1500mmの高さで小型の百葉箱を設け、同型の温湿度センサーを設置した。

1999年8月7日から2000年10月30日までの約1年間は木炭を敷設しない状態で測定を行ない、2000年10月31日に木炭を敷設して、その後も同様の測定を続けた。

3 結果と考察

外気である測定位置、ならびに東西の区画で対称な位置にある（西側区画）、（東側区画）における温度と相対湿度の10日毎の平均値をプロットしたものをFig. 3に示す。床下内部の温度は外気に追従して変化しているが、気温が低い10月から3月にかけては外気より床下の方がやや高く、気温が高い4月から9月にかけては外気より床下のほうがやや低い。敷設前1年間において、外気での最も高い10日間と最も低い10日間の較差は、24.1 であった。一方、床下においては測定位置で21.8、で22.6で、較差は外気よりも1.5から2.3小さかった。木炭敷設後もこの傾向は変化しておらず、外気で28.0であるのに対し、床下では25.3、で26.3であった。これらのことから、床下の温度は、木炭敷設前も敷設後も常に外気よりやや緩和された状態で推移することが分かる。

床下の相対湿度は外気に追従して変化しているが、敷設前においては西側（ ）と東側（ ）のいずれも外気より常に高く推移している。また、西側は東側より常に高い値を示している。この原因の一つとして、東側が西側よりも布基礎が高いため通気性が良く、外気の影響を受けやすいことが考えられる。木炭敷設後では東側、西側ともに、外気との差は小さくなり、東西の区画間の差も小さくなった。年較差を見ると、敷設前では、外気で、

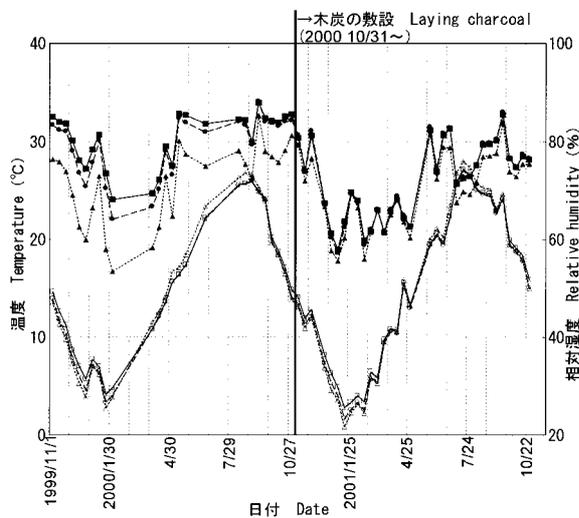


Fig. 3. 床下における温度と相対湿度の年変動
Annual variations in temperature and relative humidity in the crawl spaces and open air.

各プロットは10日毎の平均値を表す。
Each plot shows the average of ten-day periods.

.....: 測定位置 Measuring position 温度 Temperature
 —□—: 同上 same as above 温度 Temperature
 -○-: 同上 same as above 温度 Temperature
: 同上 same as above 相対湿度 Relative humidity
 —▲—: 同上 same as above 相対湿度 Relative humidity
 —●—: 同上 same as above 相対湿度 Relative humidity

2000年9月10日前後の10日間平均が最も高く85.4%RHを示し、2000年2月3日前後の10日間が最も低く53.5%RHで、較差は31.9%RHであった。床下においても、同じ時期に最高値と最低値を示し、測定位置では88.2%RH - 68.4%RH、較差19.8%RH、で88.1%RH - 64.0%RH、較差24.1%RHであった。いずれの較差も、外気のそれより小さい。この違いは、最高値の差は小さいものの、最低

値の差は10%以上と大きく、寒冷な時期に床下の相対湿度が外気ほど低下していないことによる。一方、敷設後では、外気、床下とも2001年9月12日に最高値、2001年1月5日に最低値を示しており、で84.3 - 58.0%RH、較差26.3%RH、では85.5 - 57.2%RH、較差28.3%RHを示し、83.8 - 53.3%RHで較差30.5%RHであった外気の水準に近づいた。床下の最高値、最低値とも外気の水準に近づいており、特に最低値の低下は顕著である。すなわち、木炭敷設によって相対湿度の外気との差が縮まったのは、木炭敷設前では、特に相対湿度が低い季節において床下の相対湿度は外気に追従して低下せず外気との差が大きくなるのに対し、木炭敷設後には、年較差の大きい外気に1年を通じて追従して変化するようになったためである。

Table 1に、敷設前および敷設後の1年間における温度および相対湿度の平均値ならびに外気との差を示す。敷設前の相対湿度の平均値を東西で対称な位置にある測定位置同士(と、と、と)で比べると、それぞれ測定位置、の方が高値を示しており、西側全体で相対湿度が高いことが分かる。土壌含水率は、Fig. 4に示すように、木炭敷設前において西側が東側より常に高く推移している。東西の間には10%近い土壌含水率の差があり、相対湿度の違いに大きく影響を及ぼしているものと思われる。土壌含水率が東西の区画の間で大きく異なったのは、布基礎モデル周辺環境によるものであろう。布基礎モデルの東西両側には隣接して建物が建っていたが、東側は排水溝を備えた鉄筋コンクリート造建物であったのに対し、西側は周囲に排水施設を設けていない木造住宅で、雨水などは雨樋から布基礎モデルと木造建物との間の地面にそのまま流されている状態であった。床下の湿度には、布基礎の通気性に加え、周囲の環境に由来する土壌の水分状態も影響していることがうかがえる。

Table 1. 木炭敷設前、敷設後1年間における各測定点の温度と相対湿度の平均値および外気との差
Averages of temperature and relative humidity at each measuring position and their differences from open air one year before and one year after laying charcoal.

測定位置 Measuring position	敷設前1年間 one year before laying charcoal				敷設後1年間 one year after laying charcoal			
	平均値 Average		外気()との差 Differences from open air		平均値 Average		外気()との差 Differences from open air	
	温度() Temperature	相対湿度 (%RH) Relative humidity	温度() Temperature	相対湿度 (%RH) Relative humidity	温度() Temperature	相対湿度 (%RH) Relative humidity	温度() Temperature	相対湿度 (%RH) Relative humidity
(外気 Open air)	14.6	71.7	-	-	15.0	70.1	-	-
	14.9	78.3	0.3	6.6	15.2	72.4	0.2	2.3
	15.0	80.8	0.4	9.1	15.3	72.0	0.3	1.9
	14.5	79.2	-0.1	7.5	14.8	72.1	-0.2	2.0
	14.9	77.6	0.3	5.9	15.2	70.0	0.2	-0.1
	15.0	81.9	0.4	10.2	15.3	73.2	0.3	3.1
	15.2	79.1	0.6	7.4	15.5	71.8	0.5	1.7

敷設前1年 one year before laying charcoal : 1999/11/1 ~ 2000/10/30
敷設後1年 one year after laying charcoal : 2000/11/1 ~ 2001/10/30

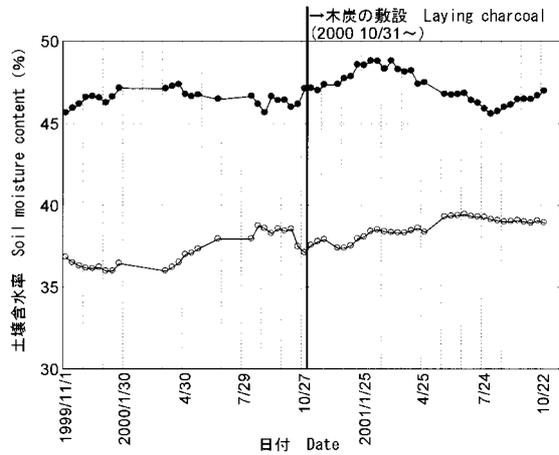


Fig. 4. 床下における土壌含水率の年変動
Annual variations in soil moisture content in the crawl spaces.

各プロットは10日毎の平均値を表す。
Each plot shows the average of ten-day periods.

●: 測定位置 Measuring position
○: 同上 same as above

外気との相対湿度差は、敷設前では最も高い西側奥の測定位置で10.2%RH、最も通気の良い換気口そばにおいても約5.9%RHである。しかし、敷設後ではにおいて3.1%RHの差になり、では外気との差はほぼなくなっている。その他の各測定位置においても4~8%RH程度低下が認められた。一方、外気との温度差はいずれの測定位置においても敷設前、敷設後でほとんど変化していない。温度は木炭敷設前後で変化がないのに対し、相対湿度は外気との差が小さくなっていることから、床下内空気中の水分実質量が低下して外気に近づいていることが示された。また、敷設後の東西で外気との相対湿度差を比較すると、-、-において東がやや低いものの、-ではほぼ差がない。土壌含水率については、敷設後も西側が東側より高い傾向は変わっていないにもかかわらず、両区画の相対湿度の差はいずれも2.5%RH以内に収まっている。木炭の敷設によって、土壌含水率の高い西側も東側並に相対湿度が低下することが明らかになった。以上に示された相対湿度の低下については、前述の通り、木炭による吸放湿、地面からの水蒸気の移動の抑制、さらに不織布袋の表裏面で生じた結露水の吸収などの要因が総合的に影響しているものと考えられる。しかし、本実験のデータに関してそれぞれの要因の相対湿度低減分を算出し寄与度を推定するのは困難である。

4 まとめ

本研究においては、比較した二つの区画は布基礎の高さが異なり、しかも布基礎周囲の環境に由来する土壌含水率の違いが観測された。それにもかかわらず、建築廃材木炭を敷設することで両区画における相対湿度をほぼ同じ水準にすることができた。これらの結果から、木炭の敷設により床下の相対湿度を低減できることが示された。

引用文献

- 藤田晋輔・服部芳明・橘田紘洋・葉石猛夫・中野達夫・元木英夫(1995)木造住宅床下の気象環境改善(3)5地区の床下気象環境の改善状況,第45回日本木材学会大会研究発表要旨集,621.
- 藤田晋輔・服部芳明・寺床勝也・橘田紘洋・葉石猛夫・中野達夫・元木英夫(1996)木造住宅床下の気象環境改善(4)4地区の床下気象環境の改善状況,第46回日本木材学会大会研究発表要旨集,601.
- 藤田晋輔・松尾敦子・服部芳明・寺床勝也・橘田紘洋・葉石猛夫・中野達夫・元木英夫(1997)木造住宅床下の気象環境改善(5)4地区の床下気象環境の改善状況,第47回日本木材学会大会研究発表要旨集,515.
- 葉石猛夫・織部雄一郎(1996)コンクリート布基礎床下の気象環境()布基礎モデルによる湿度分布の観察,第46回日本木材学会大会研究発表要旨集,49.
- 栗本康司・鹿野厚子・高妻洋成・則元 京・澤辺 攻(2002)木炭の調湿能力,木材工業,57,392-397.
- 森川 岳・末吉修三(2002)木炭敷設による床下温湿度の変動 その1 実大布基礎モデルの温熱特性,第52回日本木材学会大会研究発表要旨集,179.
- 中野達夫,葉石猛夫(1995a)木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水率状態の改善 - 4年間の測定結果 -,第45回日本木材学会大会研究発表要旨集,68.
- 中野達夫(1995b)木炭を床下に敷くとカビが発生せず家屋の耐久性も増す - 木炭による木造住宅床下の調湿実験,炭を使う知恵,62-72.
- 中野達夫・葉石猛夫・水野徹哉・武田孝志・徳本守彦(1996)木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水率状態の改善 - 木炭の吸湿性,吸水性及び熱伝導率 -,木材工業,51,198-202.
- 末吉修三・外崎真理雄・織部雄一郎・山之内清竜(1993)戸建住宅の床下湿気による被害調査,第43回日本木材学会大会研究発表要旨集,52.
- 末吉修三・外崎真理雄・織部雄一郎(1996)戸建住宅の床下湿気による被害調査 - 被害事例 -,第46回日本木材学会大会研究発表要旨集,50.
- 末吉修三・森川 岳(2002)木炭敷設による床下温湿度の変動 その2 木炭による床下調湿,第52回日本木材学会大会研究発表要旨集,180.
- 滝本裕美・中野達夫・武田孝志・徳本守彦(2000)木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水状態の改善 - 4種類の木炭の吸湿性及び吸水性に及ぼす粒度の影響 -,木材工業,55,14-17.
- 外崎真理雄・鈴木養樹・松岡真吾(2001a)床下調湿用廃材木炭の吸放湿特性について,第51回日本木材学会大会研究発表要旨集,160.
- 外崎真理雄・鈴木養樹・松岡真吾(2001b)床下調湿用廃材木炭の吸放湿特性,木材工業,56,464-467.