

繊維板の土中における材質劣化について (第2報) 完

松 本 章 西 川 介 二

Hardboard Decay in the Soil ()

Akira MATSUMOTO Kaiji NISHIKAWA

Hardboards were buried horizontally 15 cm deep in the soil, and after a certain period of time, the decay of their properties was examined. As a result, it was found that after a lapse of 60 months the weight loss of the tempered hardboard 3.5 mm in thickness was 42% and their retained MOR was only 25%. The other mechanical properties were also observed to have deteriorated. The standard hardboard 3.5 mm in thickness showed a weight loss of 34%, while two kinds of siding boards, which were 5 mm and 7 mm in thickness, showed a weight loss of 22% and 26% respectively. Their water absorption also became 7 to 10 times as high as that of the control boards.

繊維板を土中(地下15cm)に埋没させ、一定期間経過後の材質低下を観察した。60カ月経過した時点では3.5mm厚テンパーボードでは42%の重量減少率を示し、曲げ強さの残存率はわずかに25%で、他の強度的性質も大幅に低下していた。3.5mm厚標準品の重量減少率は34%で、5及び7mm厚サイディングボードではそれぞれ、22及び26%であった。吸水率も大幅に増加し、コントロールの7~10倍の値であった。

1. はじめに

ハードボードが土砂と接触する状態で用いられる例がある。ひとつは水稲用育苗箱で、これには5mm厚さのボードが用いられ、使用に際してはできるだけ長持ちすることが要求される。一方、林道工事などにおいて緑化土留材として用いる場合には、土留材としての役割を果たした後は、環境上の問題から速やかに腐朽分解して土に帰ることが要求される。また、のり面工事などのブロックを積み上げる工事においては、土砂のくずれを一時的に防止する目的で、ハードボードをうめ殺しで用いる場合もある。この場合には栗石とコンクリートブロックの間にボードを用い、セメント

を流し込んで固めるので、前二者の例のように「長持ちする」あるいは「腐朽分解する」うんぬんの要求はない。

いずれにしても、ハードボードを土砂と接触する状態で用いる場合に、相反する性能が要求されているわけであるが、これに関するデータが皆無で、かつ業界からの強い依頼を受けて本試験を開始した。3年目までのデータは本誌(1980年8月号)¹⁾にて発表済みである。

なお、5年経過後の材質試験終了をもって本試験は完了とし、今回はこれまでのデータと合わせて検討を加えた。

2. 試験方法

試験方法については前報¹⁾にて詳細に述べてあるので、要点のみを記す。

30×30cmに裁断した3.5mm厚ハードボード標準品（以下3.5S）、3.5mm厚テンパーボード（3.5T）、5mm厚サイディングボード（5SD）、7mm厚サイディングボード（7SD）を地下15cmの位置に水平に埋没させ、一定期間（1, 2, 3, 6, 12, 24, 36, 60カ月）経過後掘り出して、湿潤状態のまま比重、E（曲げ弾性係数）及びEI（曲げ剛性）を測定した。20℃、65%RHで約30日間調湿後にも同様の測定を行った後、適宜裁断して曲げ強さ、同弾性係数、せん断弾性係数、衝撃曲げ力及収エネルギー、くぎ逆引き抜き抵抗、くぎ側面抵抗（端より6, 12mm）、内部結合力、吸水率、同厚さ膨張率、同長さ膨張率（%）、20℃、65%RHにおける平衡含水率、1%水酸化ナトリウム水溶液による抽出率（以下アルカリ抽出率）を測定した。

なお、試験地の相対的な腐朽力を評価するため、スギ及びブナのステーキ（3×3×42cm）を地下に半分埋没させ、一定期間経過後、部位別に比重、圧縮強度の残存率及びアルカリ抽出率を求めた。

3. 試験結果

3.1 試験時の気象条件

試験時の3年目までの気象条件については、前報において詳述した。試験後半の4, 5年目では7, 8月の月平均最高気温及び同最低気温が前半の1~3年目より若干低く、逆に1, 2月の厳寒期の月平均最高気温及び同最低気温が幾分高くなっているほかは、目立った変動は見られない。年間降雨量についてはほとんど差はみられなかった。

3.2 試験地の腐朽力

一般的に、ステーキ等を土中に埋没させた場合、地際の腐朽力が一番高いと言われている。そこでスギとブナステーキの地際（地面より1~7cmの深さ）とボードを埋没させた位置に相当する深さの部分（13~19cm）から採取した試験片について、比重、圧縮強度の

残存率及びアルカリ抽出率を比較して第1表に示した。24カ月目では位置の違いによる腐朽力の差はみられない。36カ月目ではスギとブナとでは、比重と圧縮強度の残存率で判定した腐朽力は位置により逆転していた。60カ月目になると、位置による腐朽力の差は、スギの圧縮強度残存率で地際の方が低い値を示したほかは、大きな差は認められなかった。したがって、ボードを埋没させた位置でも地際に匹敵する腐朽力があつたことになり、ボードの劣化を試験するための埋没位置としては適当であつたものと考えられる。

両樹種ステーキの腐朽による圧縮強度残存率（y）と重量減少率（x）との間には、高度に有意な関係が認められた。両樹種を総合してみると、

$$y = 88.92 - 1.53x \quad (\text{相関係数 } r = -0.956)$$

となる関係が認められた。これは後述するハードボードの曲げ強さ残存率と重量減少率との関係（ $y = 80.92 - 1.52x$ ）を単に平行移動させたにすぎないことがわかる。すなわち、圧縮強度と曲げ強さという違いこそあれ、スギやブナの素材もハードボードと同様に、同じ重量減少率で同じ強度の低下率を示すということである。これは単なる偶然なのかどうか不明であるが、興味ある結果である。

3.3 ボードの強度的性質の変化

掘り出し直後（湿潤状態）と調湿後の30×30cmの大きさの試験体で測定したEIの経時変化について第

第1表 位置の違いによる腐朽力の差

位置 (cm)	24		36		60		
	1~7	13~19	1~7	13~19	1~7	13~19	
比 重	スギ	95.3	95.5	88.4	84.1	82.3	83.4
	ブナ	68.6	69.2	54.2	60.7	56.9	55.7
圧 縮 強 度	スギ	79.8	78.8	70.9	62.9	53.1	62.1
	ブナ	41.0	41.4	25.2	32.3	27.2	27.9
アルカリ抽出率	スギ	8.0	8.3	11.1	11.7	14.0	14.6
	ブナ	21.4	21.3	27.9	26.8	27.9	31.1

注) 比重、圧縮強度はコントロールに対する残存率(%)。アルカリ抽出率は実測値(%)。位置とは地表面からの距離。

1図に示した。

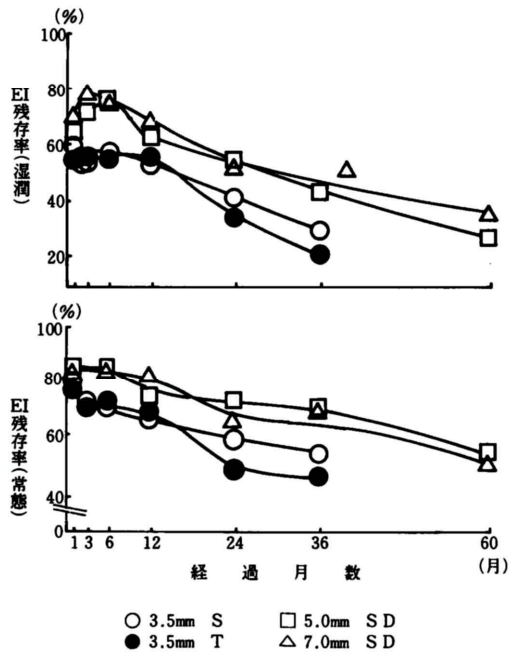
試験した4種類のハードボードについては、3.5mm厚さのボードと5及び7SDのボードとは湿潤及び調湿状態ともに残存率(コントロールを100とした)に差があり、厚いボードほど残存率は大きかった。また、3.5mmボードではS、Tともに後述する如く、60カ月目では腐朽の状態が激しく、Eを測定することはできなかった。いずれのボードも湿潤状態のものを20%、65%RHで調湿することによりEI残存率は回復するが、経時変化のパターンは湿潤あるいは調湿状態による差が認められなかった。5及び7SDの60カ月の湿潤状態のEI残存率はそれぞれ、28及び36%であるが、調湿することにより56及び51%まで回復した。

60カ月経過した時点での各材質の変化をみると、強度的性質の中で一番低下の激しかったのは、3.5Tの内部結合力で残存率はわずかに19%であった。この性質についてはボードの種類ごとのバラツキが大きく、7SDで79%、3.5Sで43%、5SDでは22%であった。4種類のボードともに残存率の低かったのはせん断弾性係数で3.5Sで20%、3.5Tで23%、5SDで28

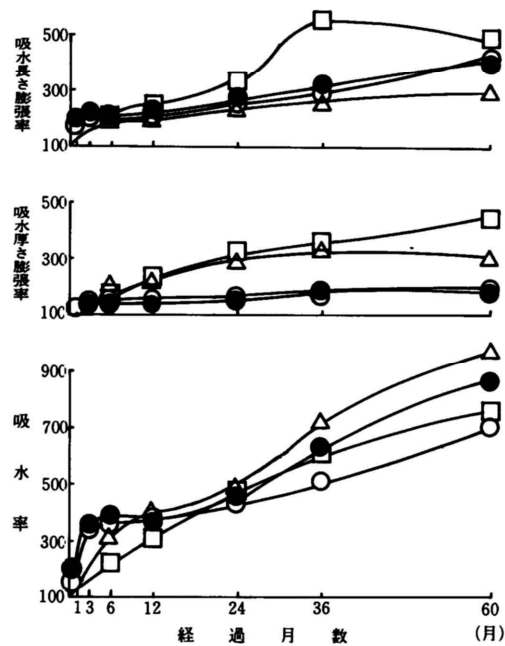
%、7SDでは23%であった。曲げ性能(曲げ強さ及び曲げ弾性係数)については、3.5mm厚の薄物ボードで30%前後の残存率を示したが、5及び7SDでは41~54%の幾分高い残存率であった。衝撃曲げ吸収エネルギーについては、3.5Tの26%を除くと、他のボードでは44~53%と思いの外高い値を示した。強度的性質の中で全般的に高い残存率を示したのは、釘に対する性質で(くぎ逆引き抜き抵抗、くぎ側面抵抗の端より6及び12mm)3.5Tの平均40%を除くと他のボードでは55(3.5S)~68(5SD)%であった。

吸水特性の経時変化については第2図に示した。

吸水率は4種類のボードともにまだ上昇傾向にあるが、この傾向がいつまで続くのかは60カ月で試験を終了しているので不明である。60カ月経過した時点で、いずれのボードもコントロールの7倍以上の吸水率を示し、特に7SDでは10倍(コントロールで5.4%の吸水率)の値を示した。厚さの膨張率については上昇傾向にあるもの(5SD)、ほぼ平衡状態にあるもの(3.5S及びT)及び低下傾向にあるものなどさまざまである。吸水による長さ膨張率は5SD(低下傾向)



第1図 EI残存率の経時変化



第2図 吸水特性の経時変化

を除くと、吸水率ほどではないが上昇傾向にある。図からもわかるとおり、吸水率の上昇に比べると、厚さや良さの膨張が少ないのは次のような理由による。それは掘り出し直後の湿潤状態のものを20%RHで調湿して含水率を下げても、厚さや良さは元にはもどらず（このため比重が小さくなっている）、水を吸収しやすい状態にある）、比較的大きな厚さや長さをベースとして吸水試験を行うため、計算上の値は小さくなり、厚さ膨張率あるいは良さ膨張率が吸水率ほどの上昇を示さないのである。また、60カ月目の吸水率は3.5Sで78%（調湿後の含水率12%を含めても含水率で表すと111%）、3.5Tで102%（138%）、5SDで51%（81%）、7SDで53%（83%）で、掘り出し直後の含水率（それぞれ、122、154、84、102%）はこれよりも更に高く、地中においては吸水試験で得られた以上に厚さなどが膨張していることが推定される。

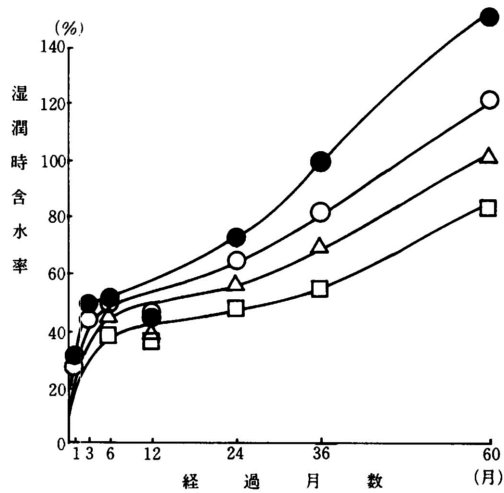
ハードボードの強度的性質に限らず、吸収特性値等が土中で変化する経過をながめてみると、おおよそ次のような過程を経て劣化が進行するものと思われる。まず、ボードが水分を吸収することにより、厚さが膨潤する。厚さが膨潤すればボードのみかけの比重は小さくなると同時に、ファイバー同志の結合点を引き離そうとする力が作用する。比重が小さくなると腐朽菌の侵入が容易になり、木質成分の腐朽分解作用が促進される。このような作用が複雑にからみ合っただけでなく、ついにボードの重量減少という現象が起き、実質的にボード比重は低下する。これによりボードの材質は低下し始めるのである。

ボードの土中における材質劣化の状態を曲げ強さ残存率で代表させ、これとボード掘り出し直後の含水率、アルカリ抽出率及び重量減少率との関係を検討した。

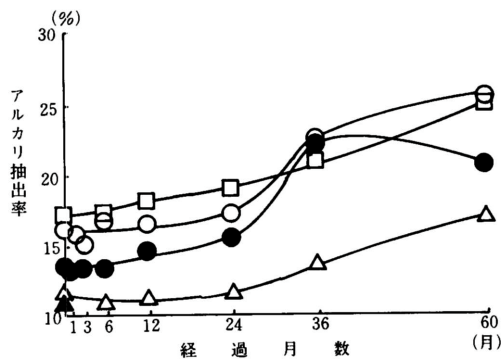
第3図にボード掘り出し直後の含水率の経時変化を示した。12カ月目（1977年6月）で前後の曲線からはずれる値がプロットされているが、これは単なるバラツキではなく、11カ月目（1977年5月）～12カ月目にかけての降雨量が少なく、そのため土壌含水率が他の試験時（32.5～35.6%とほぼ一定）に比較して約10%ほど少なかったためである。

次にアルカリ抽出率の経時変化を第4図に示した。これによると、一番腐朽の激しかった3.5Tの値が60カ月目で異質な値を示している。また、3.5Sの値も曲線の流れからみると60カ月目はやや小さいようにみえる。これは次のような理由によるものであろう。掘り出し直後の含水率の変化や次に示す重量減少率（第5図）の経過変化などからみると、腐朽の状態は時間の経過とともに着々と進行していることがうかがえるが、腐朽分解がある程度進み、しかもボード中の含水率が高い状態では、分解生成物中の水可溶分が水を媒体としてボードから土壌中へと拡散して失われるため、小さな値として測定されたのである。特に薄いボードはどこの現象が強く現れたものと思われる。

これら三つの因子（ボード含水率、アルカリ抽出率、



第3図 湿潤時含水率の経時変化

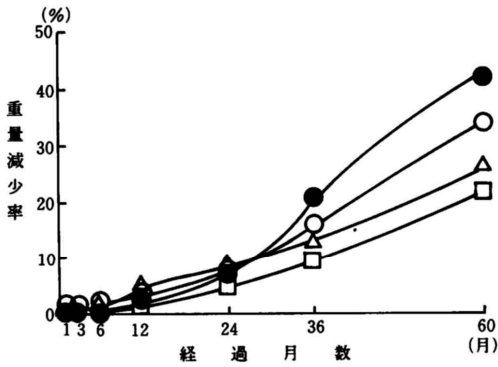


第4図 アルカリ抽出率の経時変化

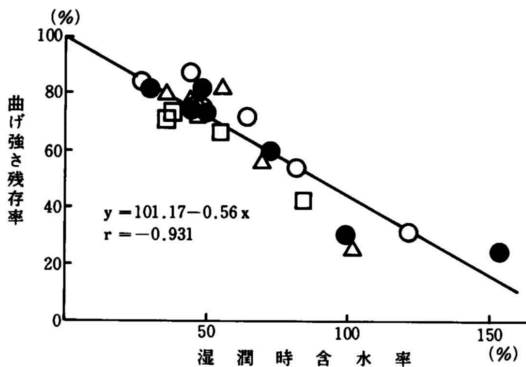
重量減少率)と曲げ強さ残存率との関係をそれぞれ第6.7.8図に示した。アルカリ抽出率については、ハードボードの種類によりコントロールの抽出率に差があったので、それぞれのコントロールに対する増加分との関係を示してある。

アルカリ抽出率の増加や重量減少率の増加が、いずれも腐朽菌により木質成分が腐朽分解された結果と考えられるので、これにより曲げ強さを始めとするさまざまなボード材質が低下することは容易にうなづける。それではボードを掘り出した直後の含水率が高いということと、ボードの材質低下とをどのようにとらえれば良いのであろうか。一般的にボードの比重が小さい(空げき部分が多い)ものは吸水しやすい(ただし、厚さの膨張率は小さいと言われている)が、たとえ比重が高くてもファイバー同志の結合がしっかりしていなければ、吸水することにより厚さが膨張し、それにより一層吸水しやすい状況が作り出される。通常の吸

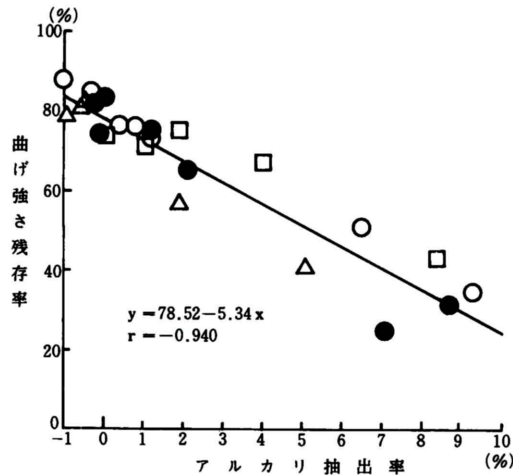
水試験程度の浸せき時間(24時間)であれば、吸水することにより発生する「ボードを膨張させようとする力」にある程度耐えることができる。しかし、長時間の吸水試験を行うと、ハードボードに限らずパーティクルボードなどでも、ボードの体積は増加(主として厚さ膨張に由来する)し続け吸水量も多くなる。一度吸水したボードを比較的低温度で水分を取り除いても、もとの厚さ(すなわち比重も)に復元することはない。比重が小さくなっているということは、ファイバー同志の結合点の一部が引き離されていることでもあり、ボード材質が低下する大きな原因となる。これは多くの



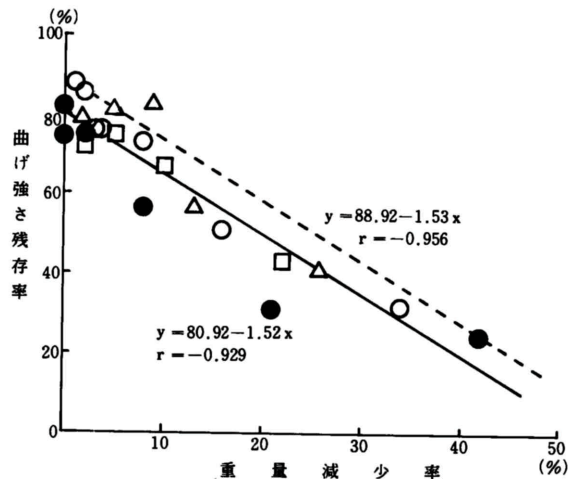
第5図 重量減少率の経時変化



第6図 曲げ強さ残存率と湿潤時含水率の関係



第7図 曲げ強さ残存率とアルカリ抽出率の関係 (アルカリ抽出率はコントロールに対する増加分)



第8図 曲げ強さ残存率と重量減少率の関係

水分を吸収して厚さが膨張しているものほど、厚さが復元しやすく材質の低下は一層助長される。したがって、ボード掘り出し直後の含水率が高いということは、腐朽ということ抜きにしても、材質が低下していることの指標となり得るわけである。

次に曲げ強さ残存率を含めたこれら4因子間の相関性について第2表に示した。

第2表 因子間の相関

	重量減少率	アルカリ抽出率	湿潤時含水率
曲げ強さ残存率	-0.929	-0.940	-0.931
湿潤時含水率	0.965	0.844	
アルカリ抽出率	0.871		

腐朽菌により木質成分が腐朽分解作用を受けると、当然のことながら重量減少を起こすが、分解生成物はアルカリ水溶液に可溶するといわれているので、アルカリ抽出率が増加するのもやはり当然といえよう。また、腐朽が進むことによりボード比重は大幅に低下し、ファイバー同志の結合力も弱くなっているため、吸水・膨張というパターンをくり返しやすい状況にあることは容易に推定される。したがって、ボード掘り出し直後の含水率、アルカリ抽出率及び重量減少率の間に高い相関性が認められるのは当然の結果といえよう。

4. おわりに

ハードボードが土砂と接触して用いられる例があるということで本試験を実施した。その後のこれらの用途を追跡してみたところ、緑化土留材については施工後、吸水した状態での強度不足のため、その目的を十分果し得なかったという。一方、水稻育苗箱については最盛期（昭和49年）には新規需要の全育苗箱中（5,000万箱）、ハードボード製のものは40%を占めていたと報告されているが²⁾その後の減反政策により、ここ2、3年は300万箱程度に落ち込んでいるという。強度不足という内的因子（土留材）と減反政策という外的因子（育苗箱）によりその利用の道は厳しかったわけであるが、ここに得られたデータが今後何らかの形で参考になれば幸いである。

文 献

- 1) 松本 章ら：林産試月報，343，6（1980）
- 2) 佐野弥三郎：農業及び園芸，Vol. 50，No. 3，386（1975）

- 林産化学部 繊維化学科 -
（原稿受理 昭58.1.24）