

岐阜県森林研究所

研 究 報 告

第 49 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Research Institute for Forests

Vol. 49

岐阜県森林研究所

Gifu Prefectural Research Institute for Forests

岐阜県美濃市

Mino, Gifu

2020 年 3 月

March 2020

—— 論 文 ——

- 1 現状の施設で製造可能なヒノキ材副製品としての床暖房用フローリングの開発／
富田守泰，土肥基生

- 13 大発生を予測するマイマイガのモニタリングトラップの考案／
片桐奈々，大橋章博

—— 論文抄録 ——

- 19 列状間伐がヒノキの成長に与える影響について，樹幹解析による成長量の評価／
三村晴彦，堤隆博，渡邊仁志

清流の国ぎふ憲章

～ 豊かな森と清き水 世界に誇れる 我が清流の国 ～

「清流の国ぎふ」に生きる私たちは、

知 清流がもたらした自然、歴史、伝統、文化、技を知り学びます

創 ふるさとの宝ものを磨き活かし、新たな創造と発信に努めます

伝 清流の恵みを新たな世代へと守り伝えます

平成26年1月31日 「清流の国ぎふ」づくり推進県民会議

論文

現状の施設で製造可能なヒノキ材副製品としての 床暖房用フローリングの開発¹

富田 守泰・土肥 基生

Development of flooring material for floor heating by side lumber of Hinoki pillar
which can be manufactured at the current facility

Moriyasu Tomita, Motoo Dohi

ヒノキ構造材製材工場の経営安定化のため、副製品としての側板を、より付加価値の高い床暖房用フローリングに用いるべく開発した。床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準に適合すべく、寸法安定性を向上させ、①工場で利用されている高温乾燥機の活用、②板目板から安定化した柃目幅はぎ板の生産方法、③最適製品幅、④単層フローリングの欠点を補うとされる下貼り合板の利用の是非、等について検討した。構造材の120℃ドライイングセット乾燥時に、副製品である板材を一緒に乾燥し、交互に積層して直交に挽き直した柃目幅はぎ板から有効幅 75mm のフローリングを製造した。そのフローリングを根太に直貼りすることで、塗装の如何を問わず床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準に適合し得る製品が可能になった。今後は施工仕様を完備し、それに準じた施工をすることで、中小製材工場であっても日本フローリング工業会の「床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準」以外のガス会社の規格等にも応用が可能となり得た。

キーワード：ヒノキ、床暖房、高温乾燥、柃目幅はぎ、フローリング、幅寸法、下貼り合板、隙間、反り、段差

I はじめに

岐阜県の東濃地域は中小製材工場によるヒノキ柱材生産が盛んである。しかし構造材価格が低迷したため、側板から様々な副製品を作って全体の付加価値を上げることで経営を支えてきた。一方、ヒノキ構造材の乾燥にも高温乾燥装置が普及し、高温ドライイングセット材を出荷している事例が増えてきた。そこでこれらの設備を利用して、側板をより付加価値の高い床暖房用フローリングを開発する手法の確立を目指した。

床暖房用フローリングは現時点で公的機関による統一された規格は存在しない。フローリングには単層フローリングと複合フローリングが存在し（農林水産省, 2013）、業界も分かれている。単層フローリングについては、大手ガス会社が独自で実施している規格（未公開）に準じて、「床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準」（日本フローリング工業会, 2005）（以下基準という）が業界として設定され、判定基準も公開されている。一方、複合フローリングについてもガス会社の規格に準じて、「複合フローリングの床暖房への適合性試験規格」（日本複合・防音床材工業会, 2019）

が公開されているが、判定基準は複合フローリング協会会員以外には公開されていない。木製フローリングに限定されない（コルクなど収縮異方性のない素材も含める）床暖房用としてのガス会社の規格は収縮異方性の性能に差をつけることなく設定されている。複合フローリングの判定基準が不明のため断定できないが、収縮の異方性を緩和した複合フローリングに対して、素材そのものである単層フローリングにとっては、複合フローリングと同じくガス会社の規格に準じたフローリング工業会の基準は、かなりハードルの高い規格になっていると想定される。結果的に、単層フローリングでの開発成功事例が少ない理由でもあろう。

本研究では、この基準に基づき、規格を満たす単層フローリングの開発を行った。研究の目的はヒノキ柱材製材工場の副製品である側板を用いて、現状の施設で製造可能で、且つ、付加価値の高い床暖房用フローリングを開発することである。その技術要素として①現状の施設として構造材乾燥で普及している高温乾燥機での乾燥処理（最大温度 120℃）②幅方向の収縮を低減すべく、板幅方向を半径方向にすべく副製品である板目板を積層

¹ 本研究の一部は、第 69 回日本木材学会大会および第 29 回日本木材学会中部支部大会で発表した。

接着し、直交方向に挽き直す幅はぎ板の製造 ③規格は隙間の絶対量が問われるので、製品幅で対応し得る製品最大幅の設定 ④現行の床暖房用無垢フローリングのガス会社規格適用への対処方法を考慮し、施工仕様にて下貼り合板施工の是非について検討した。

Ⅱ 試験方法

1. 試験片の作成

対象としたヒノキは芯持ち柱材を製材した際に生じる側板を、厚さ20mm幅135(85)mmに製材して試験に用いた。材料別には、表-1および以下に示す3つの仕様に分類した。

① 乾燥温湿度別

乾燥温度別に高温乾燥機温度最大の130℃湿球温度30℃差（以下130℃30℃差）、一般の高温乾燥機を想定した120℃30℃差、中温乾燥の60℃及び80℃10～30℃差、天然乾燥とした。

② 塗装別

各乾燥材を5種に分け、4種は施工後の現地塗装を想定して無垢材で需要の高い浸透性塗装（桐油、水系ウレタン塗装）を施した。この内表-1の+印は塗装を浸透させる目的で、塗装前40℃で24時間乾燥した直後に塗装した（表-1）。

③ 板柃別

通常の板目板に加え、120℃30℃差及び80℃10～30℃差については、図-1に示すよう積層接着し、直角方向に再鋸断して幅はぎ状態の柃目板（以下、幅はぎ柃目板という）とし、図-2に示す断面に加工した。なお幅はぎ柃目板は無塗装とした。

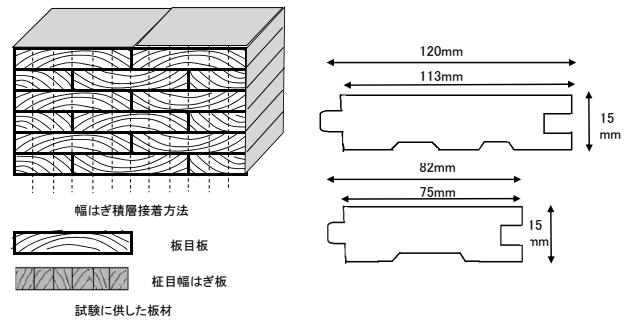


図-1 板目板の幅はぎ柃目板化

図-2 試験に供したフローリング断面

2. 試験片による試験

表-2に基準の項目一覧と本試験で実施した項目を示した。基準は大別してフローリング試験片による試験と、根太間に床暖房放熱板を設置し、上部にフローリングを設置した施工面試験に分かれる。試験片による試験は集成材の接着試験、塗面試験、耐熱試験に分かれている。このうち接着試験はフィンガージョイントも含めてJASの浸漬剥離試験（70℃2時間浸漬、60℃3時間乾燥時の剥離）に準じた規格であり、通常の幅はぎ接着では十分耐えられる基準である。塗面試験は塗面のある製品であり、目標フローリングは無塗装品を含むので試験対象とならないと推察される。

このため、今回は耐熱試験のみ実施した。試験は乾燥、寸法調整、調湿、試験の順に実施した（図-3）。処理終了後すべての試験材について両端木口から30cm以内で含水率サンプルを採取して平均含水率を中央含水率として、随時重量から各段階の含水率を算出した。その後15×120×600mmに寸法調整して試験片を作成した後、同一条件とすべく、送風型恒温恒湿器で40℃関係湿度60%条件（平衡含水率10%）にて120時間調湿した。

耐熱試験は試験片を60℃±2℃の恒温器に120時間放置して中央幅、中央厚さを測定し、続いて温度40℃±1℃、関係湿度90%±3%の恒温恒湿器に120時間放置して同様に測定した。各測定値から40℃関係湿度60%条件からの収縮・膨張率を算出した。

表-1 試験片試験に用いた各試験片の分類と表示

事前処理	表示	加工	塗装	表示	個体数(枚)
天然乾燥	天	板目	桐油塗装	桐油	18
60℃乾燥	60	板目	乾燥+桐油塗装	桐油+	18
120℃30℃差	120	板目	無塗装	無塗装	18
130℃30℃差	130	板目	水系ウレタン塗装	水系ウレタン	18
			乾燥+水系ウレタン塗装	水系ウレタン+	18
80℃乾燥	80柃	柃目幅はぎ	無塗装	無塗装	12
120℃30℃差	120柃	柃目幅はぎ	無塗装	無塗装	12

表-2 単層フローリングの試験基準項目と試験した項目

各項目	実施	摘要
試験片による試験	○	60℃120h収縮 40℃90%120h膨張
耐熱試験	○	フローリングJASに準ずる
接着強度試験	×	
塗面試験	×	
試験体の作成	△	試験室 15m ³
	△	暖房機器 5m ² 以上 放熱体80℃
	△	フローリング 6m ² 以上 根太、合板各仕様
熱性能試験	△	表面温度試験 室温-床温差10℃以上
環境試験	○	室温+15℃上昇60分以内
耐熱ランニング試験	○	稼働8h停止4h 100サイクル +300h
環境及び測定条件	○	試験観測点 普通、境界、被覆、湿潤箇所
適合基準	○	観測点別 隙間、反り、段差
耐湿ランニング試験	○	10～20℃85%18h45%6h 4サイクル
環境、試験法、適合基準	○	反り、750mm間床面起伏
製品含水率安定試験	△	フローリングJASに準ずる
含水率試験	△	

○ 試験基準に基づき実施した
△ 規模が異なるが準じて実施した。あるいは別項で実施した
× 実施していない

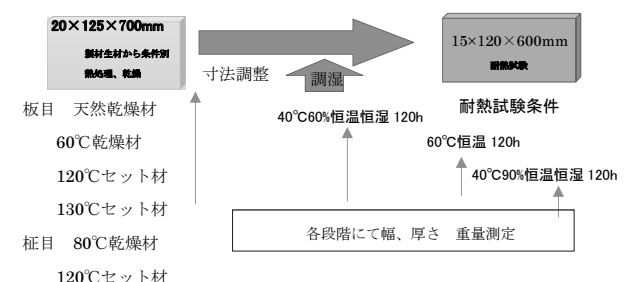


図-3 試験片による耐熱試験の流れ

3. 施工面試験

施工面試験は熱性能試験、耐熱ランニング試験、耐湿ランニング試験に分かれている（表-2）。

3.1 熱性能試験

放熱体は3.2で説明するホットプレート上にアルミ角材を放熱体として載せて使用した。室内面積の基準は15m²程度としており、試験では1/10程度として1.43m²とし、放熱体は（同）5m²以上を、試験では1/10としてアルミ角材0.48m²とした（図-4）。周囲と上部（1.5m高さ）は厚さ50mmの発砲スチロールにて囲った。

本項試験には、表面温度試験と環境試験とがある。表面温度試験は室温と床面温度差が一定以上あることを調べる。環境試験は試験体の立ち上げ能力を規定している。具体的には、放熱体に入る湯温が80℃で、室温と床温度の差が10℃以上（表面温度試験）の条件の下で、立ち上がり時間（室温が+15℃になる時間）が60分以内（環境試験）となることを規定している。環境試験は、このように暖房機能の立ち上がり性能を求めるもので、稼働当初は設備の性能が大きく左右する。温水循環による場合は熱源機の火力と温水循環能力差により、電熱であればヒーターのKW数の差による。放熱体が設定温度に到達すれば、以後は放熱体から床表面までの熱貫流抵抗に左右される。従って、材料・施工面の視点から本試験により得られるのは、下貼り合板の有無が影響する立ち上がり性能差である。次項の耐熱ランニング試験では下貼り合板の是非が問われるので、本項試験では直貼りと下貼り合板の差を比較することとした。

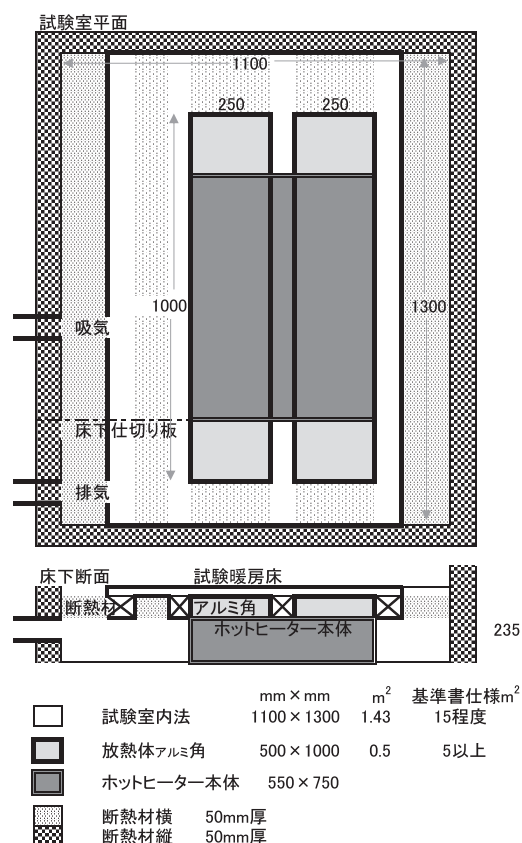


図-4 施工面 - 熱性能 - 環境試験の試験平面、断面図

加えて、環境試験は放熱体からの放熱量が結果に大きく左右するので、放熱体の温度を基準に床暖房設備を想定してホットプレートの設定温度を設定した。つまり放熱体温度が80℃となるよう、ホットプレートの設定温度を事前に測定しておき、設定した。なお、床下はホットプレートの本体熱源により加熱されるので、床下は別途高さ235mmの空間を空けて放熱体以外からの部屋への伝熱を防ぐため、外部への強制排熱ファンを設置した（図-4）。

別途、直貼りと下貼り合板の2種と下面の断面形状を平にした計3種（200mm × 200mm）のサンプルを用いて平板熱流計法（一枚熱流計方式）（JISA1412）に基づき熱伝導率を求めた。

3.2 耐熱ランニング試験

試験片による試験は収縮率で基準化されているが、施工面試験では隙間量（絶対値）で規定されている。そこで、規格適合にはフローリング幅の考慮が必要になる。そこで耐熱ランニング試験材は有効幅113mmに加え75mm幅フローリングを加えた。なお試験片試験の結果、寸法効果の低い天然乾燥材と実務上可能性のない130℃乾燥については除外し、80℃と120℃乾燥材のみとした。同じく試験片による試験で効果の薄かった塗装については無塗装材とした。

施工は根太間熱源タイプとし、図-5上部に示す根太直貼り工法と合板（t=9mm）下貼り工法とした。熱源は700mm × 500mmの熱板を有する実験用大型ホットプレート（メガホットプレート EC-7050 アズワン（株））（野上英孝他，2004）とし、ヒーター本体に載せたアルミ角材40mm × 60mm × 1000mm（t=3mm）、12本を介して施工材を加熱した。施工パネルは750mm × 1300mmで、図-5下部に示した。

測定は基準（日本フローリング工業会，2005）の耐熱ランニング試験に準拠させた。すなわち、普通面、境界面、乾燥被覆面、散水面を設定し、図-5下部に示す位置で隙間、段差、そりを各最小単位0.05、0.01、0.01mmで測定した。ヒーターの温度80℃8時間、停止4時間を100サイクル実施し、その後300時間連続通電した。散水面は通電停止2サイクルに一度30ccの水を滴下した。測定は7日（14サイクル）（以下同）、14日（28）、28日（56）、50日（100）とし、終了時64日目と終了3カ月後の計6回実施した。温度についてはホットプレートの温度調節により設定した。なお各箇所と測定内容と適合基準の関係を表-3に示した。

表-3 施工面 - 耐熱ランニング試験の測定面と内容、基準

(mm)			
面	内容	隙間	反り
普通面			◎
境界面			●
適合基準		0.7	±0.2
被覆面			○
散水面			●
適合基準		1.0	±0.3
		段差	±0.1
			±0.3

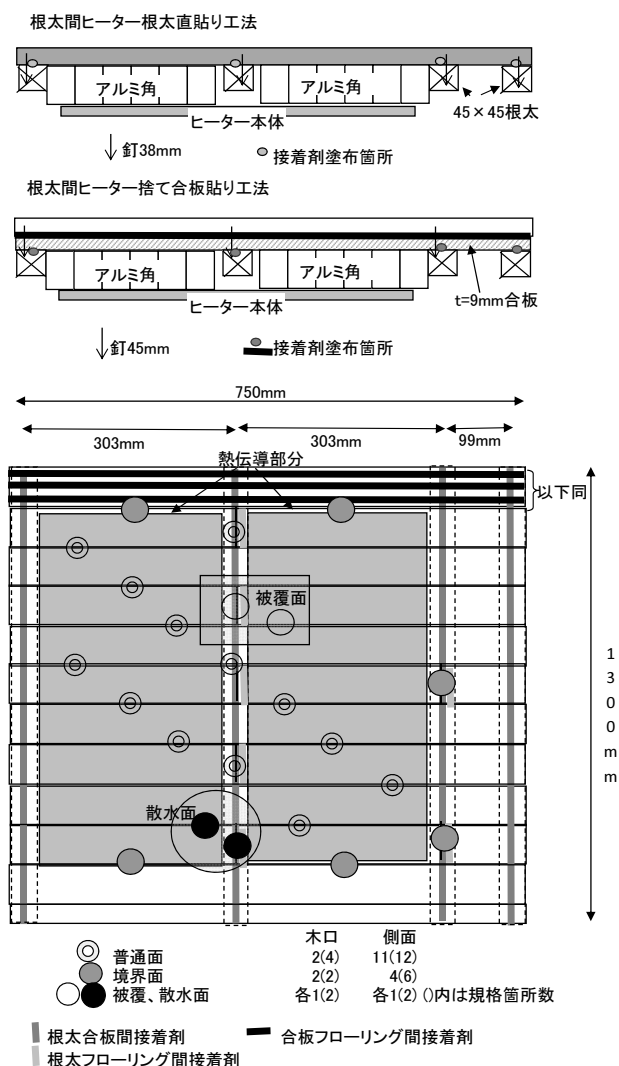


図-5 施工面 - 耐熱ランニング試験の工法別断面と測定箇所

3.3 耐湿ランニング試験

本試験は別名「梅雨期試験」と称されるとおり、加湿にともなうフローリングのむくれの有無を確認するもので、室温 10 ～ 20℃で室内関係湿度 85% ± 5%(平衡含水率 18.5%)18 時間、同 45% ± 5%(同 9%)6 時間を 4 サイクル実施して、フローリング単体の反り 0.3mm 以下、ストレートエッジ750mm での床面起伏を 3mm 以内としている。幅 750mm(長さ方向)長さ 1300mm(幅方向)のフローリング施工した試験材を、チャンバー式環境試験室にてまとめて、2 回に分け実施した。

III 結果と考察

1. 試験片による試験

1.1 耐熱試験

結果については既報(富田ら, 2016, 2018)に基づき

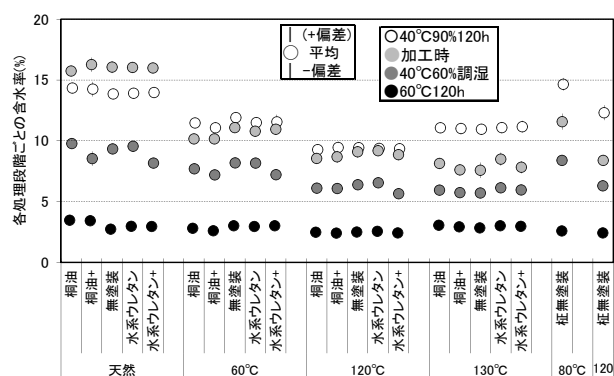


図-6 乾燥別塗装別処理段階ごとの含水率

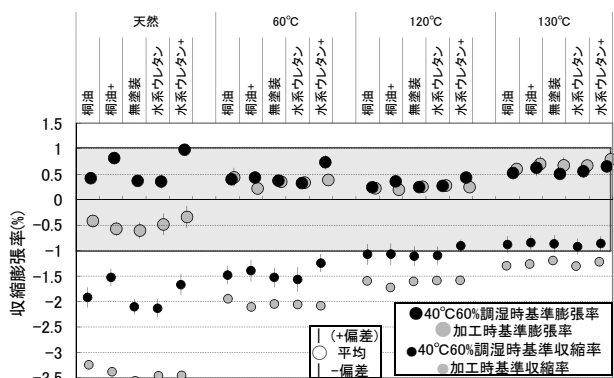


図-7 乾燥別塗装別処理段階ごとの収縮膨張率

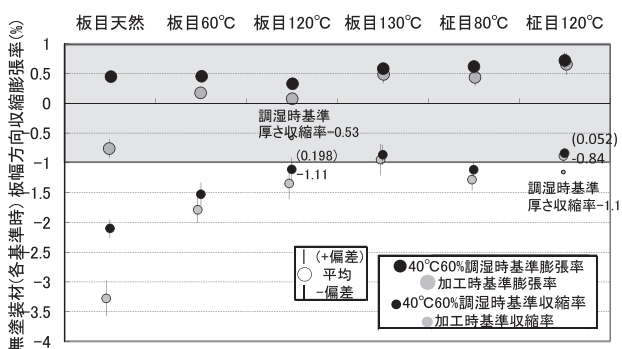


図-8 乾燥別無塗装の収縮膨張率

下記に示す。

基準による適合は板幅収縮量が直前の幅に比して ± 1% 以内とされている。その結果、以下の 3 点に集約される。

- ① 含水率や寸法安定性に関しては、全般的に熱処理による効果が大きく、塗装や塗装前 40℃ 24 時間乾燥 (+ 表示) による効果は限定的であった (図-6, 7)。
- ② 40℃ 60% の調湿後を基準とした場合、床暖房フローリング基準である幅膨張率は 1% 以内にほぼ該当した (図-7)。なお幅収縮率 1% 以内には 130℃ 熱処理のみが該当した。加工時を基準とした場合、収縮膨

張率は収縮側（一侧）に移行する。40℃ 60%の調湿により 120℃処理材では含水率が9%から7%へ低下していることから、この差が基準合否を決める。加工後の調湿管理が重要な因子になろう。

- ③ 無塗装柃目幅はぎ板の幅収縮率は板目板のそれに比べ低くなった（図-8）。ただ、120℃の事例によれば幅収縮率が平均で-1.11%に対し厚さ収縮率は-0.53%であったものの、柃目板の厚さ収縮率が同じく-1.11%に対し幅収縮率は-0.53ほど低くなく、-0.84%になった（図-8）。本製造法による柃目幅はぎ板は板目板の収縮率に対し1/4程度の減少が期待できた。

その結果、製材品は130℃熱処理でないと幅収縮率は1%以内に該当しない。それでも加工時基準ではばらつきにより1%越えもある。一方、柃目幅はぎ板は市販の乾燥室対応可能な120℃熱処理で幅収縮膨張とも1%以内にし得た。

2. 施工面試験

規格では実際に使用する温水循環タイプ等の設備で施工して施工面試験をすることになっているが、本研究ではフローリング素材の開発を目指しており、複数回実施できるよう、小規模な伝熱ホットプレートを使用した。両者とも放熱板が同一温度でコントロールされておれば、加熱当初を除き、基本的には差はない。ただ、詳細で規格と本試験内容に2点相違が想定される。

一つは、設定温度と実際にフローリングに影響する温度の相違である。規格の80℃は放熱体流入時湯温であり、フローリングに接する放熱板の温度とは異なることもあり得る。また、ホットプレートであってもフローリングが直に接するような試験であればプレートの設定温度でも大差はないと想定されるが、根太間の熱源とするべくアルミ角材を介して伝熱させていることから、その放熱板の温度を把握する必要がある。ガス会社規格に基づく公的試験結果（IOC japan HP）によると、湯温80℃の循環で15mm複層フローリングを介したフローリング表面温度は結果的に38度～45度とされており、表面温度がその範囲であれば、温水循環タイプの設備と同等の条件とされよう。

もう一つはヒーターによる温度の均質性である。ヒーターの場合は周辺で温度が低下することが想定される。循環タイプであっても温水の入出部位により、均質ではないことから、測定点を複数として測定することで対応した。

2.1 熱性能試験

熱性能試験結果を図-9に示す。放熱体温度を80℃一定にした比較では、床表面温度上昇は直貼りに対し下貼り合板の方が遅く、熱源温度が設定値に達した後もその差は一定で推移した。室温温度上昇は床表面温度と同様に、直貼りに対し下貼り合板の方が遅く、熱源温度が設定値に達した後もその差は開いたままである。つまり、直貼り施工に比較し、下貼り合板施工は床の熱感触や室温上昇の立ち上がりが遅くなるといえる。

表-4 フローリング加工別、仕様別熱伝導率

200×200mm平板		
フローリング種別	厚さ mm	熱伝導率 W/mK
裏面、溝あり	15	0.1036
裏面、溝なし	15	0.1132
合板+溝あり	24	0.1208

平板熱流計法(JISA1412)

表-5 フローリング仕様別熱貫流算出

各項目	単位	裏面、溝あり	合板+溝あり
表面 A	℃	40.5	33
裏面 B		76	76
放熱部		80	80
B-A (C)		35.5	43
厚さ D	mm	15	24
熱伝導率* E	W/mk	0.1036	0.1208
熱貫流 E×C/D	W/m ²	245.2	216.4
比率		1.0	0.88

* 伝導率測定値

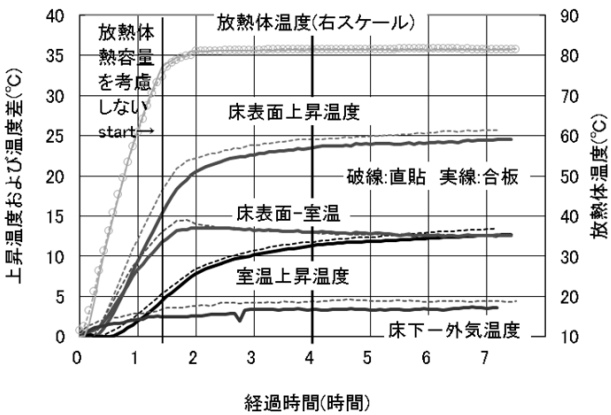


図-9 熱性能環境試験における下貼り有無の温度差

規格との適合性については、表面温度試験では床表面温度と室温との差はどちらも同程度に推移し、4 時間後温度差は規格の 10℃以上に対して 13℃であり、同じく床下温度と外気温との差はほぼ 3℃程度で、ほぼ基準内であった。一方で、環境試験は直貼り試験体であっても、7 時間が経過しても室温は +14℃で、規格の +15℃に 1 時間以内での到達には程遠い結果であった。

ホットプレート本体アルミの熱容量に加えホットプレート上に設置したアルミ放熱体の熱容量（計 51Kg/放熱体 1m²）の大きさが初期温度上昇を阻んでいると考えられる。通常の床暖房機器の放熱体はアルミ箔で、0.3mm 厚として、0.8Kg/放熱体 1m² と想定すれば熱量は 0.8/51=1/64 に相当する。プレート温度が最大に到達し始め、温度上昇速度が低下する（測定点間隔が狭くなる）までの時間（90 分）を 1/64 の比で算出すると 1.5 分になる。そこで放熱体自体の立ち上がり時間は考慮せずに、ほぼ 90 分以後の時間を規定時間とした。1 時間経過した 2.5 時間後の室温上昇は 10℃であり、それでも規定には到達していない。プレート温度が最大になった後の室温上昇が規定以下ということになる。

さらに考察を加えるため、直貼りと下貼り合板の熱伝導率を別途測定した（表 -4）。各熱伝導率と 20cm 四方で作成したフローリング（+合板）の上下端の温度差と厚さから熱貫流量を算出し、直貼りに対する下貼り合板の貫流比を算出した（表 -5）。環境試験とは装置は別で、規模も違うので数値は異なる。下貼り合板は放熱体との接面が広く、合板とフローリング間も全面接着により、溝も溢れた接着剤で一部塞がれるので（9mm 合板厚分低くなくても）距離あたりの熱伝導は高くなる。フローリング下の形状溝を無くした事例を追記した。

環境試験の図 -9 では両者とも放熱体温度はほぼ同一で推移するが、下貼り合板の方が熱伝導率は高いにもかかわらず、床表面温度は合板の厚さが厚くなった分低くなった。下貼り合板の直貼りに対する貫流比 0.88 はその差に相当し、下貼合板の方が放熱の効率面から有利になる。室温上昇の差の比較 4 時間後の 11.6/12.4=0.93 に相当する。

ここまで考察した上で、1 時間以内に室温 +15℃にするための対策を再度考察する。まずは熱貫流式の C の上昇が考えられる。それは裏面 B つまり放熱板温度の上昇に転嫁できる。これは 80℃の規定があり変更できない。次に、放熱板温度をそのままに床表面温度（現行 36℃）を上昇させるためには熱貫流式の板厚（D）を薄くする対策が必要である。12mm 厚とすることも必要である。表 -4 による裏面を溝無しとすれば、熱伝導率は 10% 上昇する。ただ床表面温度が上昇すれば、その一方で低温火傷の危険性を孕み、規格の性能は確保しても実用的な性能とは言えないともいえる。環境試験の基準は過去に設置された密度の高い広葉樹フローリングの経験的な結果に基づき、消費者からの要求に応えるべく規定されたと思われる。熱伝導率 E については、接着や基材の選択で（わずかであろうが）

上げることのできる複合フローリングに対し、低密度針葉樹で低い熱伝導率の無垢フローリングでは、限界があるかもしれない。

この結果については不明な点が多い。規定には部屋を構成する断熱素材や部屋の性能自体の規定はなく、部屋の規定を設定してから機器の性能を規定すべきであろう。また、60 分以内に室温 +15℃に上昇することは、暖房前に 10℃の部屋では 25℃になり、実際には室温が高すぎると思われる。暖房前温度の規定を設けるなど、規定そのものを再考する必要がある。

2.2 耐熱ランニング試験

結果については既報（富田ら, 2019）に基づき下記に示す。

開発にあたって、乾燥温度因子と板目・柾目別、直接貼り・合板下貼り別の因子は隙間・反り・段差に影響すると想定されたので、これらの因子を共通の比較項目として決定した。次に、最も関心の高い隙間を規格に適合させることから始め、フローリング幅の変更に及んだ。隙間の基準適合に目途が付いた後、反り・段差の基準適合因子として、下貼り合板と直貼りの比較を実施した。

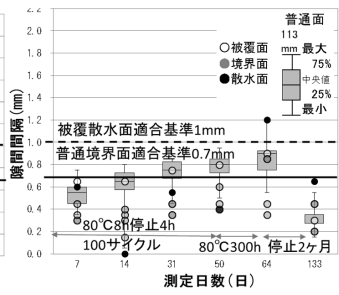
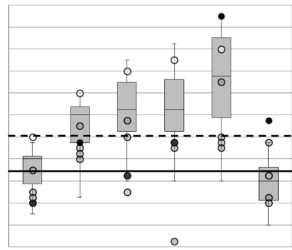
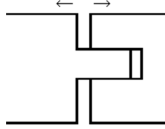
2.2.1 フローリング幅 113mm による隙間の適合可能性

図 -10 ～ 12 に乾燥時温度（80℃, 120℃, 130℃）別（縦）と、直貼り板目板・合板下貼り板目板・合板下貼り幅はぎ柾目板別（横）の仕様を比較項目とし、フローリング幅を 113mm とした結果を示す。図中の丸印の濃淡で被覆面、境界面、散水面の分布を示し、四分位で普通面の分布を表している。普通面、境界面の適合基準を太線で、被覆、散水面の適合基準を破線で示し、分布との比較で適合判断した。

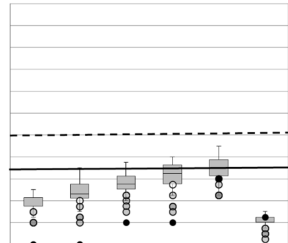
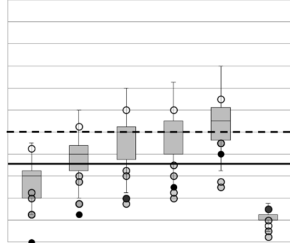
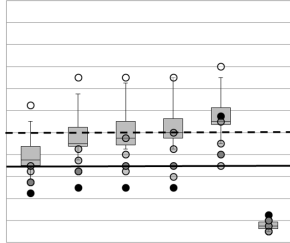
隙間（図 -10）は隣接する材の両者の収縮により生じるため、被覆は含水率を下げ、散水は上げることから被覆面＞普通面＞境界面＞散水面の順に大きい傾向にある。中央合板下貼りでは処理温度により隙間は 80℃＞120℃＞130℃であり、合板下貼りによる効果は 130℃で最大になった。しかし、130℃であっても板目板では普通面の平均値で 0.7mm であるが最大値は 1.0mm を超えた。一方、幅はぎ柾目板は 120℃であっても普通面の平均値で 0.7mm、最大値は 0.9mm になった。

反り（図 -11）は幅はぎであっても板目板と同様一側に推移し、凹側変化を呈した。130℃処理では基準内になるが、120℃処理では幅はぎ加工をしなければ基準値の ±0.2mm に収まらない。直貼りは凸側変化が生じ、後に検討することにした。段差（図 -12）でも 130℃処理の効果がみられた。段差は厚み収縮の隣接材との差であり、柾目に幅はぎすると厚みは接線方向の収縮で大きくなり、境界面の基準値は普通面と同じ 0.1mm に関わらず、値は普通面より大きい傾向がみられた。その一方直貼りの境界面は普通面より低めに推移している。

80℃



120℃



130℃

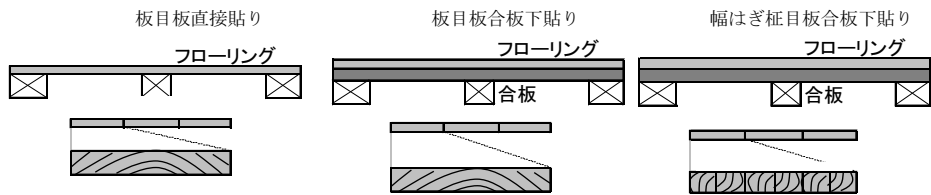
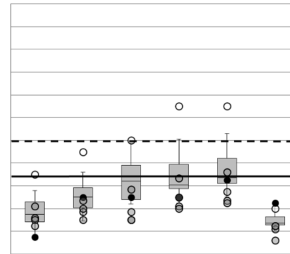
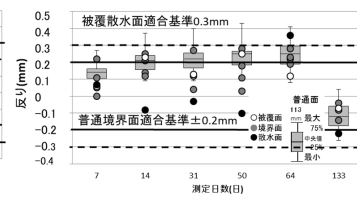
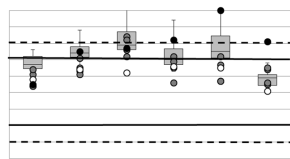
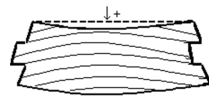


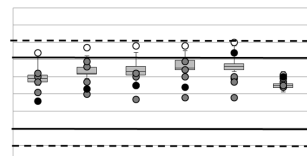
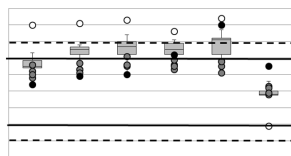
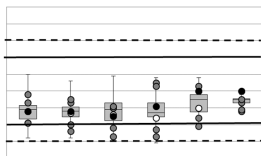
図-10 フローリング幅 113mm の各仕様別隙間変化

80℃

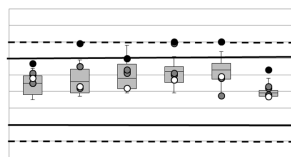
下に凹形を正の値とした。



120℃



130℃



板目板直貼り施工

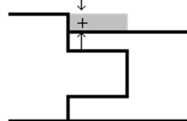
板目板合板下貼り施工

幅はぎ柾目板合板下貼り施工

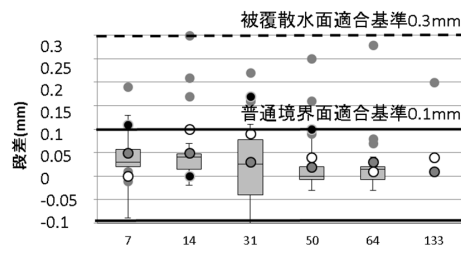
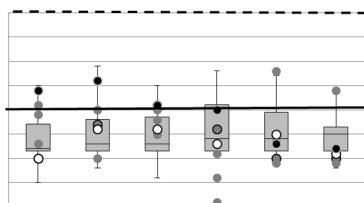
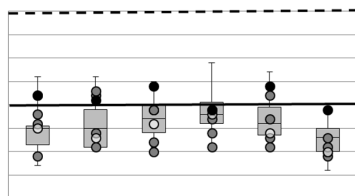
図-11 フローリング幅 113mm の各仕様別反り変化

一定方向(左→右)移動の下が
りを正の値とした。

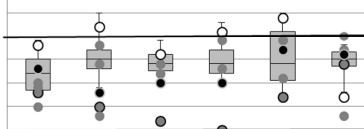
80℃



120℃



130℃



板目板直貼り施工

板目板合板下貼り施工

幅はぎ柵目板合板下貼り施工

図-12 フローリング幅 113mm の各仕様別段差変化

2.2.2 製品幅が基準適合に及ぼす影響

試験片による試験結果は、有効幅 113mm フローリングで、板目板の最大収縮率は 130℃ 処理材でも基準の収縮率 1% 以下には達しなかったが、幅はぎ柵目板の 120℃ 処理材では達した。そこで普及している 120℃ 処理可能な乾燥機での製造可能性を得るため、有効幅を 75mm としたフローリングでの試算をした。幅はぎ柵目板を下貼り合板施工した場合、120℃ 処理で最大隙間 0.9mm であり、有効幅 75mm の試算をすると、最大隙間は $0.9 \times 75/113 = 0.6\text{mm}$ で、計算上では適合基準の 0.7mm 以下になった。そこで 113mm 幅の結果に 75mm 幅とした事例を追記して図-13～15 に示した。

合板下貼りの上に接着施工されたフローリングの隙間(図-13)は、120℃ 乾燥・柵目幅はぎ・幅 75mm の対策に応じて減少する方向性が認められ、すべての対策で基準内に収まった。反り(図-14)と段差(図-15)は一部に方向性が明確でなく、下面の拘束や下面からの水分減少に伴う変動と推測される。施工方法が及ぼす関係を明らかにし、改善する必要がある。

2.2.3 合板下貼り施工と根太直貼り施工の比較

以上の結果、幅 113mm の製造可能性が薄くなった。また 75mm 幅のフローリングであっても、反りや段差で規定外になった。その一方 113mm 幅であっても、直貼りでは、反りや段差が合板下貼りよりも小さく、75mm 幅材の合板下貼りと直貼り工法の比較が必要になった。そこで 75mm 幅について、直貼りを追加して、合板下貼り工法と直貼り工法別に図-16～18 にまとめた。

隙間について、柵目板は、合板下貼りよりも根太直

貼りの方が隙間は少ない傾向(図-16 右上下)にあり、120℃ 処理後の柵目板(同右下)は明らかに基準より低い結果であった。

反りについては、板目板・柵目板ともに合板下貼りは+側に反り基準を超えたが、根太直貼りは一側で基準内に推移した(図-17)。

段差については、120℃ 処理であっても柵目板の合板下貼りで一部ばらつきが大きかったが、根太直貼りはほぼ基準内に収まっていた(図-18)。

合板下貼りと根太直貼りの違いが及ぼす反りと段差への影響の因果関係について図-19 に示した。根太直貼りの幅方向の拘束は根太部分の接着のみで、下からの加熱により、裏面は表面より収縮が大きく、表裏収縮差により表面で凸の傾向がある。一方合板下貼りは全面接着で裏面が拘束されて、下からの加熱であっても表面のみが収縮して表面で凹の傾向になる。段差についても裏面の接着力の差が合板下貼りで表面からの収縮量増大に影響するのであろう。

本項 2.2 耐熱ランニング試験は 2.1 熱性能試験以前に実施しており、湯温に相当する温度 80℃ をホットプレート本体の設定温度とした結果である。2.1 熱性能試験ではプレート設定温度 85℃ 程度でアルミ角材放熱温度は 80℃ に保たれており、本項の結果は余裕を見て個々の製品開発に臨む必要がある。その意味で、120℃ 乾燥、幅はぎフローリングの直貼り施工は、隙間で最大でも 0.4mm 以下で、0.7mm 規定にも余裕があり、この仕様での規格への実現可能性は高い。

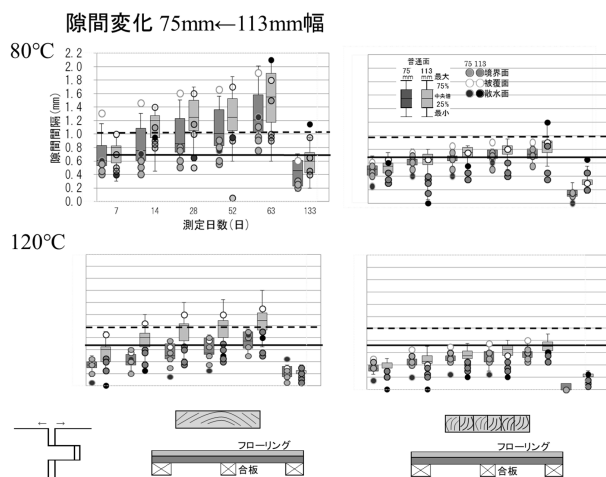


図-13 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別隙間変化

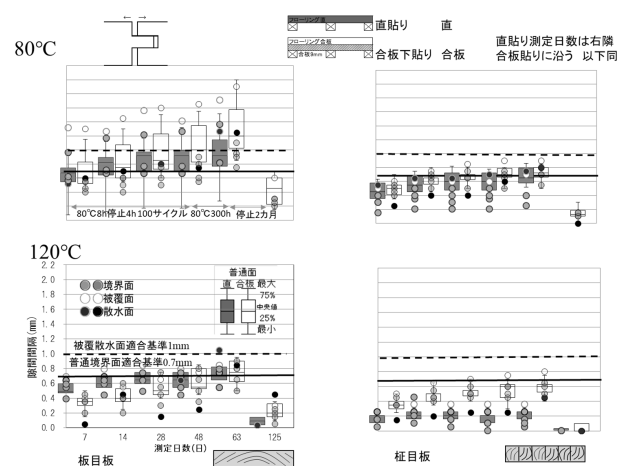


図-16 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別隙間変化

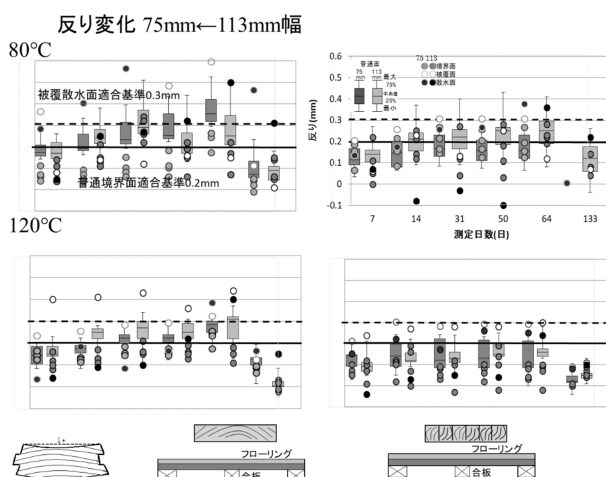


図-14 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別反り変化

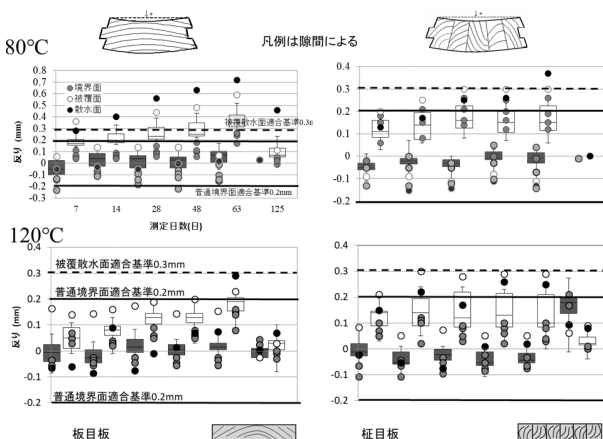


図-17 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別反り変化

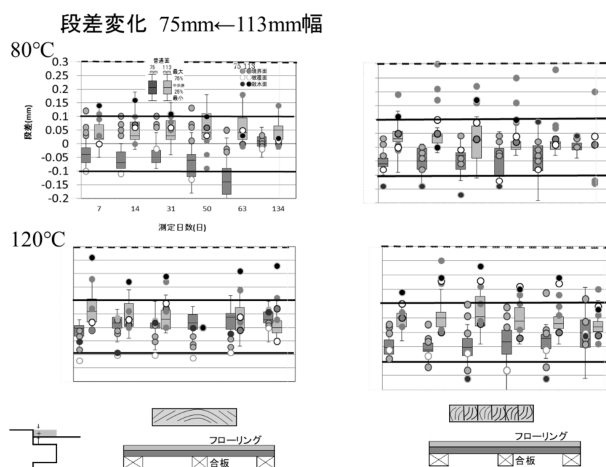


図-15 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別段差変化

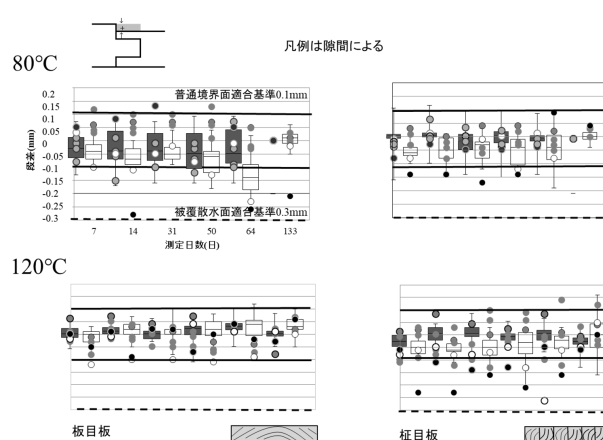


図-18 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別段差変化

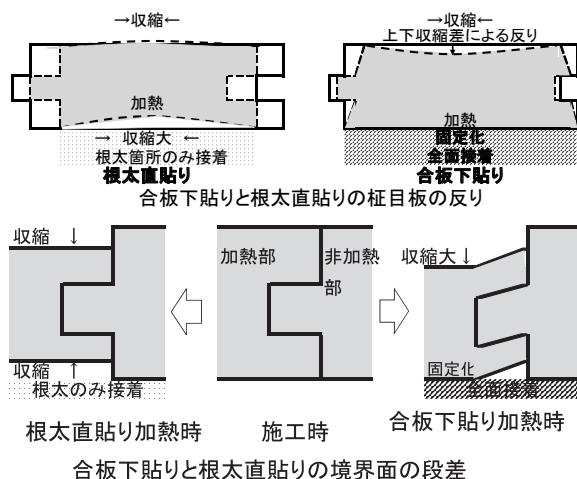


図-19 想定される下貼り施工と反り・段差

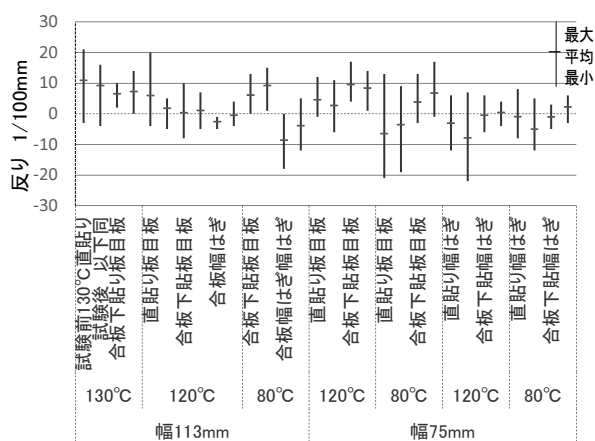


図-20 耐湿ランニング試験前後の反り(7か所)

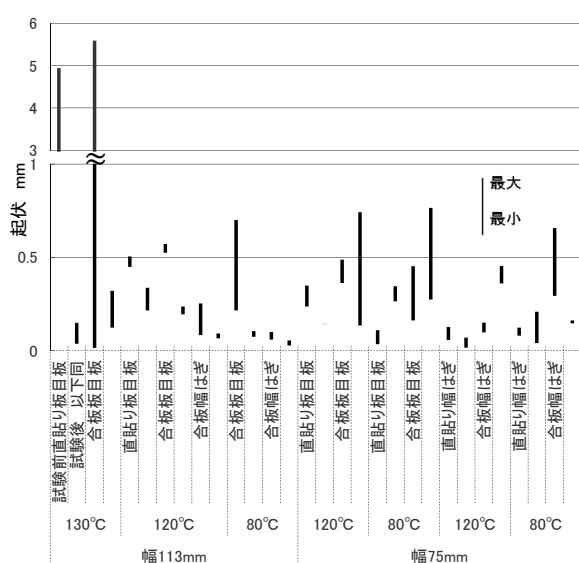


図-21 耐湿ランニング試験前後の起伏(2か所)

2.3 耐湿ランニング試験

隙間測定はしていないが、ほとんどの隙間が閉じており、横圧がかかっていると想像される。単体の反りは基準の±0.3mm以下であった。個々に確認すると、直貼りで試験によりわずかに減少する一方、合板下貼りはわずかに大きくなっている(図-20)。全体の起伏については、試験前に基準の3mmを超える個体があったものの加湿により基準内に収まった。膨張による起伏よりも、加湿試験によって乾燥変形起伏が補正された結果と推察される(図-21)。

750mmスケール(弦長)の起伏基準3mmは、根太や合板に拘束されていない幅では750.03mm(弧長)で、0.03mmの膨張の影響になり、75mm幅フローリングの間隔では0.003mmに相当する。隙間+0.003mmの膨張を許容する施工を意味する。施工時環境に応じて仕様ではハガキ厚の0.2mmか、荷造りテープ厚の0.5mmスペーサー設置の明記となっている事例が多いが、板目板幅1%の膨張0.75mmを基準とすればほぼ妥当な隙間設定であろう。

IV まとめ

県内でもヒノキ構造材の乾燥法が除湿乾燥から高温ドラインセットを利用した乾燥に移行している。この設備導入は、高温条件を生かして副製品としての造作材の用途をより高付加価値化させてゆくチャンスでもある。付加価値の高い製品である床暖房用フローリングは寸法安定性能要求が高く、今まで中小製材工場単独では製品化できなかった。地域で住宅づくりをしている建築設計士(横濱ら(2007)(2008))は、スギ・ヒノキの無垢フローリングの床暖房への活用に対する期待と通常の製材フローリング性能の実態との格差を提示している。

現在、床暖房用のフローリングの大半は、施工性で有利な合板を基材とした複合フローリングである。その一方で上記設計士に代表されるように、複合フローリングの施工性の有利性よりも国産材の無垢フローリング(製品区分では単層フローリング)への関心の高い消費者に向けて、床暖房フローリングへの要求基準に対する無垢材の技術的対応が必要とされてきた。

素材の差に影響することなく同一環境条件の下でフローリングの要求基準がほぼ決まっているため、それに対応できる現状の処理と形状を試行錯誤して設定した。その一つを高温処理による寸法安定性とし、もう一つを収縮の異方性を安定化させるための集成化技術とした。まずは、現行の高温乾燥温度の制約120℃と製品幅の設定75mmを実現化可能な数値として設定し得た。次に、規格に余裕のある性能を得る方法として幅はぎを考案した。副製品としての側板は板目板であり、半径方向の収縮は接線方向に対してほぼ1/2であることから、板目板の柃目板化としての幅はぎの利用である。個々のフローリング間の収縮量のばらつきを少なくすることが求められるので、更には積層時にずらすことで追柃と柃目を均等に幅はぎして対処した。

引用文献

消費者の無垢材の床暖房用フローリング志向に対応すべく、無垢材フローリングメーカーは合板を下貼りした上に施工する方法を仕様として提示している（例えばマルホン（2019））。しかしながら高温乾燥して幅はぎしたフローリングは下面で合板と固定化されることで上下面が均等な収縮ではなく、最も隙間の少ない試験体であっても反りが生じやすく、一部で基準を越えた。メーカー仕様との違いは、広葉樹フローリングと針葉樹フローリングの違いや塗装の有無により影響していることも考えられる。ただ、塗装した製品となれば中小製材工場の製造範疇では無くなる。地域工務店に向けて幅広い対応ができる建材として、施工後の塗装（塗装、オイル等消費者の要求に対応）を可能とする無塗装品で基準内とさせることが重要である。そこで、従来通りの根太直貼りの試験体を追加して測定した結果、120℃で高温乾燥し、製品幅 75mm の幅はぎ柃目フローリングは、無塗装であっても隙間・反り・段差すべてで基準内に収まった。製造の効率性を考えた場合、幅はぎ条件以外を同じとした板目板は隙間のみ規格外になるため、副製品とせず、材料と木取りと他の副製品利用で工夫すれば、柃目板のみで製造することも考えられる。

今後製材工場側で個々に必要とされる仕様を追加し、床暖房用フローリングとして既述のガス会社の試験への申請が期待される。本試験は無塗装での結果であり、塗装品であれば僅かではあっても安定すると期待される。他の樹種についても期待されるが、本試験の予備試験として実施したスギの試験片による試験の収縮率の判定（富田ら（2016））ではヒノキより大きく、その結果、施工試験ではヒノキより隙間が大きいと推察される。更なる処理が必要かもしれない。

一部環境試験において、立ち上がり温度性能が規定に満たないことになった。しかし、熱源温度上限 80℃の規定がある状態で、室温を上げるには、フローリング表面温度を上げなければならず、直貼りは合板下貼りに対し有利に働く。更なる方策としては裏面の溝を無くして伝導率を向上させるかフローリング厚を薄くするしか方法はない。密度の低い針葉樹無垢フローリングではこの規定内の性能には限界があるかもしれない。一般的に消費者側の床暖房性能に対する不満はこの立ち上がり性能にあるとも言われている。床暖房のみで早急な加温要求に応えるには、床面のみを放熱体とするのではなく、放熱体温度を上げられる壁面ヒーターなどとの併用や加熱媒体の違う空調機器との運用を推奨するなど消費者教育を行うべきと思われる。

本研究は 2020 清流の国ブランド開発プロジェクト：東濃松の色艶香りが際立つ無背割り乾燥材を受けて実施したものである。本課題に賛同しフローリング加工の協力をしていただいた株式会社丸七ヒダ川ウッド、ならびに耐湿ランニング試験としてチャンバー式環境試験室を借用させていただいた生活技術研究所に厚くお礼申し上げます。

IOCjapan HP https://www.iocjapan.biz/technical/_DATA/_Floor_Heating_Heat_Run_Result.pdf, 参照 (2020-01-20)

株式会社マルホン 施工説明書 (2019)

https://www.mokuzai.com/user_data/pdf/pdf_sekou.pdf 20190416 参照 (2020-01-20)

日本複合・防音床材工業会 (2019) 複合フローリングの床暖房への適合性試験規格 平成 31 年 2 月 18 日

日本フローリング工業会 (2005)：床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準 木材工業 2005 年 60:451-455

野上英孝他 (2004)：県産針葉樹を利用した住環境構成部材の開発 岡山県農林水産総合センター森林研究所

農林水産省 (2013) フローリングの日本農林規格 平成 25 年 11 月 28 日農林水産省告示第 2903 号

富田守泰・土肥基生 (2016)：スギ・ヒノキ板材の高温乾燥による寸法安定性能試験 日本木材学会中部支部大会講演要旨集 2016 年 26:30-31

富田守泰・土肥基生 (2018)：熱処理を施した床暖房単層フローリング用材の耐熱効果 木材加工技術協会 第 36 回年次大会研究発表要旨集 (CD 版)

富田守泰・土肥基生 (2019)：現状の施設で製造可能なヒノキ材副製品としての床暖房用フローリングの開発 第 69 回木材学会研究発表要旨集 (CD 版)

富田守泰・土肥基生 (2019)：床暖房用単層ヒノキフローリングの合板下貼り施工有無による性能比較 日本木材学会中部支部大会講演要旨集 2019 年 29:-31

横濱金平 (2007)：床暖房と地域材スギ・ヒノキ無垢フローリング (1) 住宅と木材 2007 年 12 月

横濱金平 (2008)：床暖房と地域材スギ・ヒノキ無垢フローリング (2) 住宅と木材 2008 年 1 月

論文

大発生を予測するマイマイガのモニタリングトラップの考案

片桐 奈々・大橋 章博

Monitoring traps developed to estimate overabundance of gypsy moth

Nana Katagiri, Akihiro Ohashi

マイマイガの大発生を引き起こさないためには、増加の初期に防除を行うことが効果的である。そのため、個体数密度を把握するモニタリングは重要である。現在、日本でモニタリングに用いられているアメリカ製トラップの問題である入手の困難性を解決するため、手軽に入手できるペットボトルを加工したモニタリングトラップ 2 種 (A, B) を考案した。網室内でマイマイガを放虫し、各トラップの捕獲割合を調査した結果、A と B の間では差がなかったが、両方とも既存トラップよりも高かった。また、考案トラップの作製時間は B よりも A が短かった。網室での検証であるが既存トラップよりも捕獲効率が高く、製作の容易なトラップを考案できたと考えられた。

キーワード : マイマイガ, モニタリングトラップ, 大発生

I はじめに

マイマイガ (*Lymantria dispar*) はドクガ科に属する大型のガで、幼虫は落葉広葉樹を中心に様々な樹種を摂食する (尾崎 1990, 峯岸ら 2015)。世界に広く生息しており、ヨーロッパ、北アメリカなどに分布するヨーロッパ型と日本、東アジア、極東ロシアなどに分布するアジア型の 2 タイプに大きく分けられる (岩泉 2010)。これらは形態や生態の異なる点がいくつかあり、例えばヨーロッパ型に比べてアジア型は体サイズが大きい (ヨーロッパ型は雄の前翅長 : 14.5-22 mm, 雌の前翅長 : 20-30 mm, アジア型 (日本亜種) は雄 : 25-32 mm, 雌 : 34-41 mm) (峯岸ら 2015)。たびたび大発生することでよく知られており、北アメリカでは重大な森林害虫となっている (岩泉 2010, 峯岸ら 2015, 軸丸 2017)。日本においても古くから大発生が報告されており (尾崎 1990)、最近では 2013 年, 2014 年に、岐阜県 (大橋 2016)、福井県 (水谷 2014, 2017)、新潟県 (宮嶋 2015)、富山県 (松浦・中島 2016) などで大発生が報告された。特に岐阜県では、全域でマイマイガが大発生し、住宅地へ多数の成虫が飛来して建物や電柱に大量の卵塊を産み付けて不害虫として問題になったり、多数の幼虫がスギ、ヒノキの植栽樹を食害して枯死させるといった被害がみられた (大橋 2016)。このようにマイマイガが大発生した際には大きな問題となるため、防除を行うことが必要となる。ところが、マイマイガは数年～数十年ごとに大発生するが、はっきりとした周期は明らかになっていないため (例えば尾崎 1990, 水谷 2014, 松浦・中島 2016,

大橋 2016)、大発生したときに初めて被害が顕在化し、防除が後手に回ってしまうことがあり得る。あらかじめ個体数密度の推移をモニタリングして大発生初期の段階で防除対策を行えば、その後の個体数増加を抑制することができる、防除を効率的に行うことができる。

モニタリングの方法として、森林の樹幹に産み付けられた卵塊の密度調査が行われているが (東浦・山口 2012, USDA 2019)、それ以外にマイマイガの性フェロモンを利用する方法がある。マイマイガは繁殖の際に雌が性フェロモンを出して雄を誘引する性質がある。この性フェロモンを人工的に合成した合成フェロモンを設置したトラップで雄を誘引捕殺し、個体数密度の増加を推測することができる。この方法は、森林内の広い範囲で樹幹についた卵塊を計数しなければならない卵塊密度調査とは異なり、設置したフェロモントラップを回収して捕殺されたマイマイガの頭数を計数するだけなので、時間的にも人員的にも労力が少なくすむ。

これまで、日本においてマイマイガの合成フェロモンを用いたモニタリングトラップは湿式、粘着式、乾式でそれぞれ身近で手に入る資材を使ったものが考案されている (久保園 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 滝沢ら 1986)。湿式と粘着式は捕獲されやすいが、前者は水を必要とし捕獲虫が腐敗しやすいこと、後者は粘着面の広さに限界があり粘着剤の定期的な交換が必要であることがデメリットとして挙げられる (滝沢ら 1986)。乾式は、一度設置してしまえば回収まで手入れの必要がなく取扱いが簡単であるが、捕獲効率の面で他よりも劣る (滝

沢ら 1986)。このためか、先行研究で考案された乾式トラップは実用化にいたっていない。野外で実際にモニタリングする場合のトラップが備える条件のひとつは、扱いに手間がかからないことである（滝沢ら 1986）。したがってモニタリングには、捕獲効率の高い乾式トラップが必要とされる。現在、日本においてフェロモンを用いたモニタリングでは、アメリカ合衆国農務省（United States Department of Agriculture：USDA）が推奨している牛乳パックを使った乾式トラップ（USDA 2019）をそのまま利用している（峯岸ら 2015）。このトラップはアジア型マイマイガも捕獲することができるが、日本で使用する場合にアメリカから輸入しなければならない、国内で入手しづらいという問題がある。

以上の問題を解決するために、身近な資材を使った捕獲効率の良い乾式モニタリングトラップを考案することを本研究の目的とした。

先行研究で考案された乾式トラップは、段ボールのような野外での耐久性に欠ける資材で作ったものが多い（久保園 1980, 滝沢ら 1986）。そこで今回は、耐久性の高いペットボトルを資材とし2種類のモニタリングトラップを考案した。これらの捕獲効率を調査するため、人工飼育したマイマイガ雄成虫を網室内で放虫した。また、モニタリングトラップのコストを算出し、低コスト化の検討を行った。

II 材料と方法

1. 考案したトラップ2種類の構造

本研究では2種類のトラップ(A, B)を考案した。トラッ

プの作製に用いる資材は、ペットボトルを選択した。この理由として、(1) 比較的加工がしやすいこと、(2) 野外に設置した場合の耐久性が高いこと、(3) 透明のため、内部を外から確認できること、(4) 家庭ゴミから入手しやすいことなどがある。トラップ作製に使用したペットボトルは、容量2 Lの角型タイプで、高さ32 cm、横10 cm、縦8.5 cmである。

考案したトラップ2種の構造は以下のとおりである。まず、Aは、ペットボトル1本から作製している（図-1）。マイマイガが侵入後脱出しにくくするために、かえしのついた侵入口をペットボトルの4つの側面それぞれにつけた。侵入口の大きさは、アジア型マイマイガの体サイズを考慮して横3.5 cm、縦1 cmとした。捕獲効率を検証するため、本実験では捕殺されたマイマイガを取り出せるようペットボトルの中心部分で分割し、ガムテープで固定して実験に用いた。

Bでは作製のためにペットボトル2本を使用した（図-2）。Aと異なり、トラップ内部にかえしをつけた。また、Aよりも大きい横4 cm、縦1 cmの侵入口を4つの側面全てにつけた。内部にかえしがあり、Aよりも侵入口を大きくすることで、マイマイガがより入りやすく出にくい構造となると予想した。Aとは異なり、捕殺されたマイマイガを取り出すことのできる構造となっている。

2. トラップの捕獲効率の検証試験

考案したトラップの捕獲効率を検証するため、既存トラップと比較試験を行った。既存トラップは、USDAが推奨しヨーロッパ型マイマイガのモニタリングに用いら

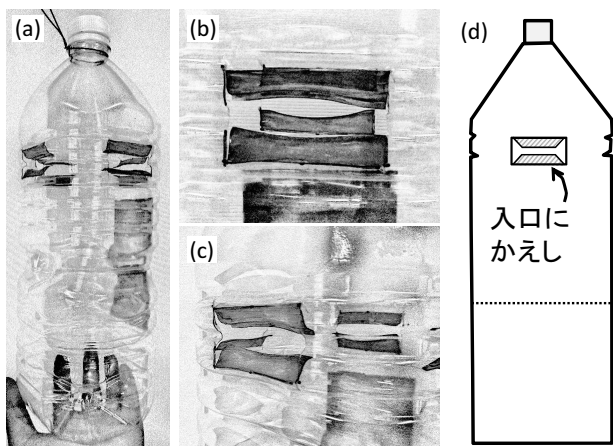


図-1 ペットボトルAの構造

(a) ペットボトルトラップAの全体図、(b) 侵入口正面、(c) 侵入口、(d) 概略図を示す。

(a)～(c)の塗りつぶされた部分は「かえし」を示し、実験に使用する際には塗りつぶしていない。

(d)の斜線部分は「かえし」を示す。点線は捕殺したマイマイガを取り出すために分割した線を示す。

ペットボトル1本を使用して作製する。

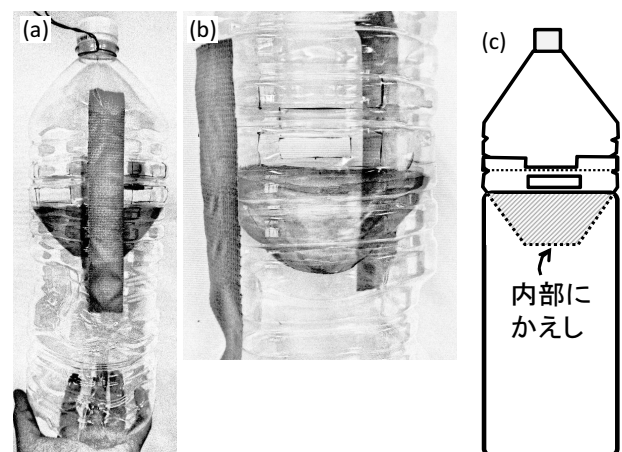


図-2 ペットボトルBの構造

(a) ペットボトルトラップBの全体図、(b) 侵入口正面、(c) 概略図を示す。

(a)、(b)の塗りつぶされた部分は「かえし」を示し、実験に使用する際には塗りつぶしていない。

ペットボトル2本を使用して作製する。全ての部品はガムテープで固定した。

れる緑色の耐水性のある厚紙からできた乾式トラップ (Scentry, Biologicals, Inc., 以降, ミルクカートントラップとする) とした。ミルクカートントラップの組立後のサイズは高さ 24 cm, 横 9.5 cm, 縦 9.5 cm である (図-3)。侵入口は 4 つの側面全てに 2 つずつ上下に並んでついている。侵入口のサイズは峯岸ら (2015) と同様に, 縦 0.9 cm, 横幅は標準が 2.6 cm であるのをア

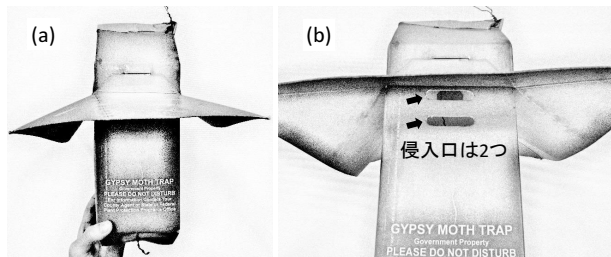


図-3 ミルクカートントラップの構造
(a) ミルクカートントラップの全体図,
(b) 侵入口を示す。

ジア型マイマイガの体サイズを考慮して 3.5 cm に拡張した。上側の侵入口すぐ上に幅 7 cm の屋根をつけるため, 設置する際は屋根が侵入口に覆いかぶさる状態となる。内部にかえしなどはない。捕殺されたマイマイガを取り出すため, 底部分を開閉できるようビニールタイで固定して設置した。

岐阜県美濃市の岐阜県森林研究所の敷地内において, 野外に縦 3.5 m, 横 9 m, 高さ 2 m の網室を設置した。網室には, 2 mm メッシュの寒冷紗を使用した。その中に, 2017 年 5 月から 7 月の間, 考案したトラップ 2 種 (A, B) とミルクカートントラップを順次, 一定期間設置した。網室内で, マイマイガ雄成虫を放虫して各トラップの捕獲効率を調査した。

マイマイガは, 2016 年夏に岐阜県恵那市で採集した卵塊からふ化した幼虫を人工飼料 (島津 1991) により飼育して得られた羽化して 3 日以内の雄成虫を用いた。羽化後の雄成虫は, 試験に用いるまで 15 °C 条件下で保存した。放虫は網室内のトラップから 6 m 離れた位置

で, 晴れか曇天の日のマイマイガの活動が活発な 10:30 ~ 13:00 の間に行った。また, 放虫する際にトラップごとに用いた成虫を区別するため, 前翅に油性マジックで印をつけた。

トラップは侵入口の高さが地表から 1.4 m となるように設置し, トラップ内部にはルアーとしてマイマイガの性フェロモン成分である (+) -disparlure < (7R, 8S) -cis-7, 8-epoxy-2-methyloctadecane > を 0.5 mg 含浸させたゴムセプタム (信越化学工業株式会社) を取り付けた。また, 約 3 cm 四方に切った樹脂蒸散殺虫剤 (バポナ®, アース製薬株式会社) をトラップの底に投入し, 捕獲したマイマイガ雄成虫を殺虫するようにした。ルアーと殺虫剤は約 1 ヶ月半で新しいものに取り換えた。

羽化した雄成虫から順次放虫していき (放虫 1 回あたり 1 ~ 13 頭)、最終的に放虫数がトラップあたり 10 頭前後になるまでトラップを設置した (表-1)。成虫の寿命が約 1 週間のため最後の放虫から 3 ~ 4 日経過してから捕獲頭数を計数し, 次のトラップに付け替えた。この際の各トラップは, 調査期間をとおして同一のものである。これをトラップ 1 種類あたり 3 反復行った。トラップを設置する順番は, 表-1 のとおり気温の違いを考慮して設置時期に過度の偏りがないよう一定にせず入れ替えた。前のトラップで放虫した雄成虫が捕獲された場合は, その成虫を放虫頭数, 捕獲頭数から除外した。

トラップ間の捕獲割合をモデル選択によって比較した。まず, 二項分布の一般化線形混合モデル (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) を, 説明変数の分類を変えて 5 種類構築した。説明変数はトラップの種類で, その分類は, ① (ミルクカートン)・(A)・(B) の 3 つの場合, ② (ミルクカートン+A)・(B) の 2 つの場合, ③ (ミルクカートン+B)・(A) の 2 つの場合, ④ (ミルクカートン)・(A+B) の 2 つの場合, ⑤ (ミルクカートン+A+B) の 1 つの場合の 5 種類である。目的変数は捕獲頭数/未捕獲頭数, ランダム効果はトラップの設置順番を指定した。モデル選択規準 Akaike Information Criterion (AIC) が最小のベストモデルにおける説明変

表-1. 各トラップの設置期間と放虫頭数

設置した トラップ	トラップの設置期間と期間中の放虫頭数 (2017年5月~7月)				合計 放虫数
ミルクカートン トラップ	5/20~26 9頭		7/10~14 10頭	7/21~28 11頭	30頭
ペットボトルA	5/27~6/1 9頭	6/8~7/6 8頭	7/14~18 13頭		30頭
ペットボトルB		6/2~8 13頭	7/6~9 9頭	7/18~21 15頭	37頭

数の分類から、トラップ間の捕獲割合の違いを検討した。例えば、②の説明変数の分類をもつモデルがベストモデルになった場合、ミルクカートントラップとAの捕獲割合に差はないが、Bの捕獲割合はこれらと差があると解釈することができる。

3. 考案したトラップの製作コストの算出について

考案したトラップ2種の製作コストの指標として、材料に費用がかからないためトラップの加工時間を用いた。トラップの加工は、岐阜県森林研究所の職員である女性3名が行った。その際トラップの完成品は見せず、トラップ作製方法を書いた説明書を事前に渡し、熟読してもらった。加工時間の測定は、トラップ1種類につき1名あたり8回行った。本試験で測定したトラップAの加工時間には、出入口やかえしの加工だけではなく、トラップに捕獲されたマイマイガを取り出すためのペットボトルの分割を行った時間も含まれている。初回の作製および計測作業に時間を置いた場合の初回は、作業にまだ慣れていないため解析から除外した。加工時間（秒）をモデル選択によりトラップ間で比較した。ガンマ分布のGLMMを、説明変数をトラップの種類とし分類が①(A)・(B)の2つの場合、②(A+B)の1つの場合の2種類、構築した。目的変数は加工時間、説明変数はトラップ種、ランダム効果は作製者とした。モデル選択規準AICが最も小さいモデルの説明変数の分類から、トラップ間の加工時間を比較した。以上の全ての解析には、統計解析ソフトウェアR 3.3.0を用いた(R Development Core Team 2016)。

Ⅲ 結 果

1. モニタリングトラップ3種の捕獲割合

捕獲割合はミルクカートントラップが0%で設置期間に関係なく全く捕獲できなかった一方、Aは15.4～55.6%、Bは0～30.8%で、設置期間をとおしてAの方がBよりも捕獲割合が高い傾向にあった(図-4)。また、AとBは設置期間が遅くなるにつれて捕獲割合が低くな

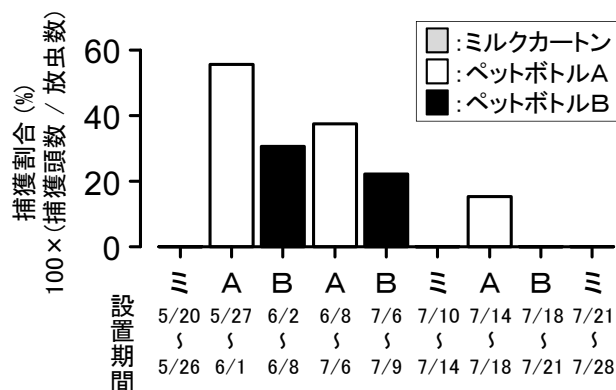


図-4 設置期間ごとの各トラップの捕獲割合 (%)

る傾向もみられた。各モニタリングトラップの捕獲割合を比較するためモデル選択を行った結果、AIC値が最も小さいモデルは説明変数の分類が(ミルクカートン)・(A+B)という組み合わせであった(表-2)。

表-2 トラップの捕獲割合を比較するため構築したモデルの説明変数の分類の組み合わせとAIC値

モデルの説明変数の組み合わせ	AIC値	deviance
(ミルクカートン)・(A+B)	18.07	12.07
(ミルクカートン)・(A)・(B)	18.41	10.41
(ミルクカートン+B)・(A)	22.24	16.24
(ミルクカートン+A+B)	24.50	20.50
(ミルクカートン+A)・(B)	26.49	20.49

2. 考案トラップの作製コスト

加工時間は職員による違いはあるが、Aが374.19～687.92秒、Bが594.12～1242.10秒とAよりもBで高い傾向となった(図-5)。また、考案トラップ2種の加工時間を比較するためのモデル選択によると、AIC値が最も小さいモデルの説明変数は(A)・(B)という組み合わせであった(表-3)。

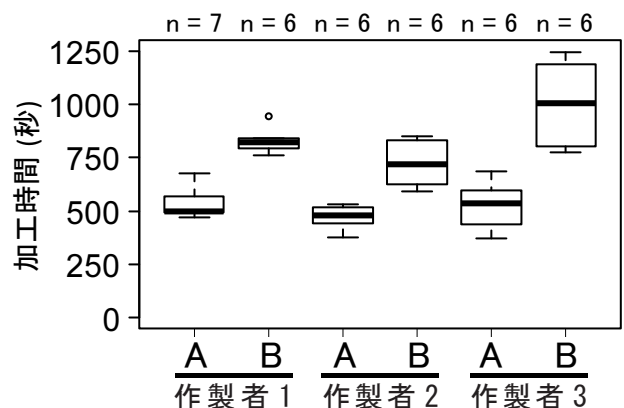


図-5 作製者ごとの考案トラップAとBの加工時間(秒)

表-3 トラップの加工時間を比較するため構築したモデルの説明変数の分類の組み合わせとAIC値

モデルの説明変数の組み合わせ	AIC値	deviance
(A)・(B)	460.7	452.7
(A+B)	504.7	498.7

IV 考 察

モニタリングトラップの捕獲割合を比較するためのモデル選択により選ばれたベストモデルの説明変数の分類の組み合わせから、AとBの捕獲割合に差はないが、ミルクカートントラップはこれらと差があると推測された。各トラップの捕獲割合の結果(図-4)とあわせると、AおよびBの捕獲割合がミルクカートントラップよりも高いことがわかった。したがって、本研究において網室という条件下ではあるが、ミルクカートントラップよりも捕獲効率の良いモニタリングトラップを考案することができたと考えられた。

本研究において、日本でもモニタリングに使用されているヨーロッパ型マイマイガ用のミルクカートントラップは、侵入口を通常よりも大きくしたがマイマイガを捕獲することができなかった。ミルクカートントラップの回収時に、侵入口の周辺に雄成虫の鱗粉が全く付着しておらず、雄成虫はミルクカートントラップに入ろうとしていなかった。したがって、一度トラップに侵入したマイマイガが殺虫されず脱出してしまったわけではなく、マイマイガが侵入口を見つけられなかったと推測される。しかし、本試験と同様の仕様で設置した峯岸ら(2015)のミルクカートントラップは、マイマイガを捕獲できている。本試験のミルクカートントラップでマイマイガを捕獲できなかった要因は、今回わからなかった。

次に、既存のミルクカートントラップよりも捕獲効率の良かった今回の考案トラップAおよびBについて、コストの面からどちらがモニタリングに適しているかを検討していきたい。

考案トラップの加工時間を比較するためのモデル選択により選ばれたベストモデルの説明変数の分類は、(A)・(B)という組み合わせであった。このことから、AとBの加工時間は差があると推測された。したがって図-5における加工時間の結果から、Aの加工時間よりもBの加工時間の方が長かった。これはAよりもBの方が、作製工程が複雑であることが要因だろう。また、Aの平均加工時間は作製者間で大きな違いはないが、Bは作製者の間で最大約5分の差がみられた。これは、Aに比べBの作業工程が複雑なため、手先の器用さ等の作製者の特性が作業効率に反映された結果みられた作業時間の差と考えられる。以上のことから、作製の工程が比較的単純なAの方が、専門的な知識やトラップ作製の経験が少ない人にも作製しやすく、誰でも同様の作業効率で作製が可能と考える。さらに、Aはペットボトル1本から作製することができるが、Bはペットボトル2本を使用しなければならない。資材が家庭ゴミであるとはいえ、Bを作製する場合、家庭ゴミからペットボトルを集める労力がAの倍かかることになる。今回のコスト算出試験において、同じ型タイプのペットボトルを大量に集めるにはある程度の時間が必要で、必要なタイミングで大量にモニタリングトラップを用意したい場合は、使用する資材の量が少ないAの方が適していると思われる。

考案トラップのコストを把握するため、トラップの加

工費(加工時間×人件費)を算出した。人件費は、岐阜県における雇員の基本賃金1070円/時間(平成30年3月)とした。AとBの加工費の平均値±SDはそれぞれ、152.52±25.13円と253.13円±53.49円であった。一方、アメリカの通販サイトにおけるミルクカートントラップの価格は、1個あたり約2米ドルで、日本円では約218円(2019年11月の米ドル対円相場平均値)であった。さらにミルクカートントラップを日本へ輸入する場合、輸送費や仲介手数料などが上乗せされ、上記価格よりも高くなると考えられる。また、購入時のトラップは組み立てられておらず、設置前に加工する時間も必要となる。ただし、製品として販売されているミルクカートントラップの価格と、安定した捕獲効率が保証されていない考案トラップの製作コストを単純に比較することはできない。

本研究で行った網室内での実験から、これまでマイマイガのモニタリングに使用されてきたミルクカートントラップよりも、考案トラップAおよびBの方がより精度の高いマイマイガのモニタリングをできることが示唆された。さらにコストの面から、考案トラップBよりも低価格で製作の容易なAの方が、モニタリングに適していると考えられた。

一方で、今回考案したペットボトルのトラップには、さらに検討しなければならない事項がある。今後、考案トラップを用いたモニタリングを実用化していくためには、野外でも考案トラップで実際に捕獲することができるかを検証していく必要がある。また、今回トラップに用いたペットボトルは、侵入口やかえしの構造の違いのみで捕獲効率を検討するため、全て同じ形のものを使用した。今回使用したのとは別の形の角型ペットボトルを使っても捕獲の効果は同等か、今後検討していく余地がある。

引 用 文 献

- 東浦康友・山口博史(2012)大発生したマイマイガ北海道個体群の21年間の動態と密度依存性. 第59回日本生態学会大会講演要旨集(オンライン), <https://www.esj.ne.jp/meeting/abst/index.html>, 2019.12.17アクセス
- 岩泉 連(2010)マイマイガの生態と防除に関する最近の知見について. 植物防疫 64: 724~729
- 久保園正昭(1980)薬剤によるマイマイガの誘引試験(第I報). 日林九支研論集 33: 169~170
- 久保園正昭(1981)薬剤によるマイマイガの誘引試験(第II報). 日林九支研論集 34: 237~238
- 久保園正昭(1982)薬剤によるマイマイガの誘引試験(第III報). 日林九支研論集 35: 177~178
- 久保園正昭(1983)薬剤によるマイマイガの誘引試験(第IV報). 日林九支研論集 36: 219~220
- 久保園正昭(1984)薬剤によるマイマイガの誘引試験(第V報). 日林九支研論集 37: 215~216

- 松浦嵩遠・中島春樹 (2016) マイマイガの卵塊密度および林分の現存量と食葉被害との関係. 中森研 64: 43 ~ 46
- 峯岸啓之・弘中 豊・尾崎研一・小野寺賢介・大橋章博・中牟田潔 (2015) 日本産マイマイガ (チョウ目: ドクガ科) の性フェロモントラップ: ルアーの担持量, トラップ形状と誘殺数の関係. 応動昆 59: 191 ~ 194
- 宮嶋大介 (2015) マイマイガの大量発生について. 林業にいがた 751: 6
- 水谷瑞希 (2014) 2013 年の福井県におけるマイマイガの大発生とミズナラ堅果生産への影響について. 中森研 62: 63 ~ 66
- 水谷瑞希 (2017) 福井県におけるマイマイガの大発生とその終息. 中森研 65: 83 ~ 84
- 大橋章博 (2016) 岐阜県におけるマイマイガの大発生とスギ・ヒノキ造林地の被害. 森林防疫 65: 15 ~ 21
- 尾崎研一 (1990) 北海道におけるマイマイガの大発生. 森林防疫 39: 198 ~ 201
- R Development Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (オンライン), <http://www.R-project.org>, 2017.9.1 アクセス
- 島津光明 (1991) マイマイガ. (昆虫の飼育法. 湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男編, 日本植物防疫協会). 172 ~ 174
- 滝沢幸雄・山家敏雄・片桐一正 (1986) 合成性フェロモントラップへのマイマイガの飛来状況 — 飛来時期とトラップの捕獲効率—. 森林防疫 35: 212 ~ 217
- United States Department of Agriculture (2019) Gypsy Moth Program Manual. United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service (オンライン), <http://www.aphis.usda.gov>, 2019.12.2 アクセス
- 軸丸祥大 (2017) 何故, 広島県南部の森林ではマイマイガの卵塊が見つからないのか?: 常緑広葉樹の葉に対する産卵選好性. 森林防疫 66: 99 ~ 106

抄 録

列状間伐がヒノキの成長に与える影響について
樹幹解析による成長量の評価¹

三村 晴彦²・堤 隆博²・渡邊 仁志

Influences of line-thinning on diameter growth and branch expansion of
Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) trees,
Estimation of growth amount by stem analysis¹

Haruhiko Mimura², Takahiro Tsutsumi², Hitoshi Watanabe

19年生のヒノキ人工林における初回間伐として1伐2残, 2伐4残, 3伐6残の列状間伐を実施し, 列状間伐における伐採幅の違いが残存木の成長に及ぼす影響を調査した。林分調査の結果, 3伐6残区の林内木の胸高直径は, 他の調査区より小さかった。樹幹解析の結果, 2伐4残区, 3伐6残区において林内木の相対直径成長率は林縁木に対して低かった。伐採列の間伐効果により林縁木の成長が促進された可能性があるものの, 保残列における林内木への効果は小さいと推測された。また, 枝の伸長量は0.2~0.3m/年で, 3年程度で林冠が再閉鎖した。1伐2残区における間伐効果の持続には, 短い周期で次の間伐を検討する必要がある。

キーワード : 樹幹解析, 直径成長, ヒノキ人工林, 列状間伐

¹ 中部森林研究 Chubu Forestry Research 67, 23-24, 2019.

² 所属 : 中部森林管理局 森林技術・支援センター

岐阜県森林研究所研究報告 執筆要領（抜粋）

1. 投稿は、岐阜県森林研究所の職員または旧職員（以下、職員という）に限る。ただし、編集委員会が認めたときはこの限りではない。筆頭者以外の著者にはその他の者を含むことができる。
2. 原稿内容は、職員が在職中に実施した研究の業績を扱ったものとする。職員は研究課題の終了時には、研究成果の学術的な公表に努める。
3. 原稿種別は、「論文」、「短報（旧資料）」、「技術資料」、「学術雑誌論文抄録」および「その他」とする。「論文」とは、学術的に新規性のある知見を、十分な議論を含めて公表するものとする。「短報」とは、予報的または速報的な内容を持ち、論文に準ずる調査結果・実験結果などを論文形式で取りまとめたものであり、単なるデータ集ではない。「技術資料」とは、「論文」、「短報」にはならないが、記録として公表することがふさわしい有益なデータを提示するものとする。「学術雑誌論文抄録」とは、研究報告が刊行される前年に他の学術雑誌に掲載された論文等の抄録とする。「その他」とは、印刷公表することがふさわしく、かつ、本執筆要領の適用が困難な論文（学位論文等）とする。
4. 原稿の採否は、査読審査を経て編集委員長と複数名の編集委員からなる編集委員会が決定する。査読者の数は「論文」および「短報」の場合は2名以上、「技術資料」の場合は1名以上とし、編集委員会が指定する。「学術雑誌論文抄録」と「その他」の場合は、体裁の確認のみ行う。

岐阜県森林研究所研究報告 第49号

令和2年3月23日 印刷

令和2年3月31日 発行

編集者 岐阜県森林研究所研究報告編集委員会

発行者 岐阜県森林研究所

発行所 岐阜県森林研究所

〒501-3714 岐阜県美濃市曾代1128-1

TEL 0575-33-2585 FAX 0575-33-2584

URL <http://www.forest.rd.pref.gifu.lg.jp/>

e-mail info@forest.rd.pref.gifu.jp

印刷所 株式会社 サン・ライン
