

- ・経済産業省
- ・農林水産省「農商工連携事業」認定事業
- ・国土交通省「NETIS」登録技術

外構用加圧注入処理木材

マーベルウッド

技術資料

株式会社マーベルコーポレーション

<環境性能について>

- (1) 魚も安心のマーベルウッド
- (2) 薬剤成分が染み出しにくいマーベルウッド
- (3) 安心、安全は薬剤から。
- (4) 万が一にも備えて。燃焼時の生成ガス（52種）の安全性。
- (5) 腐らないマーベルウッド。
- (6) 防蟻性能に優れるマーベルウッド
- (7) マーベルウッドの鉄との相性は？
- (8) さらなる性能試験で証明されたマーベルウッドの防腐性能・防蟻性能

(1) 魚も安心のマーベルウッド

マーベルウッドは外構用木材として開発しており、これまでも橋や土留など池、湖といった水辺にも利用されてきました。そこで気になる魚などの生物に対する影響を調べたところ、マーベルウッドは規制の木材保存材を注入した木材と比較して、非常に低毒性であることを示す結果となりました。

【魚毒性試験】

試験方法：試験水槽に 4L の脱塩素水を用意し、ヒメダカを 10 尾入れて順化させた後、下表記載の 3 種の薬剤を注入した木片を水中に沈め、試験を開始した。木片は、木口面 20mm×20mm×高さ 10mm (体積 4cm³) のスギ辺材を用い、各試験区に 3 個ずつ、合計体積 12cm³ の木片を水中に浸漬させた。なお、各薬剤は屋外用途向けに推奨されている希釈倍率に希釈して注入した。試験開始から 96 時間、ヒメダカの死亡数を観察した。

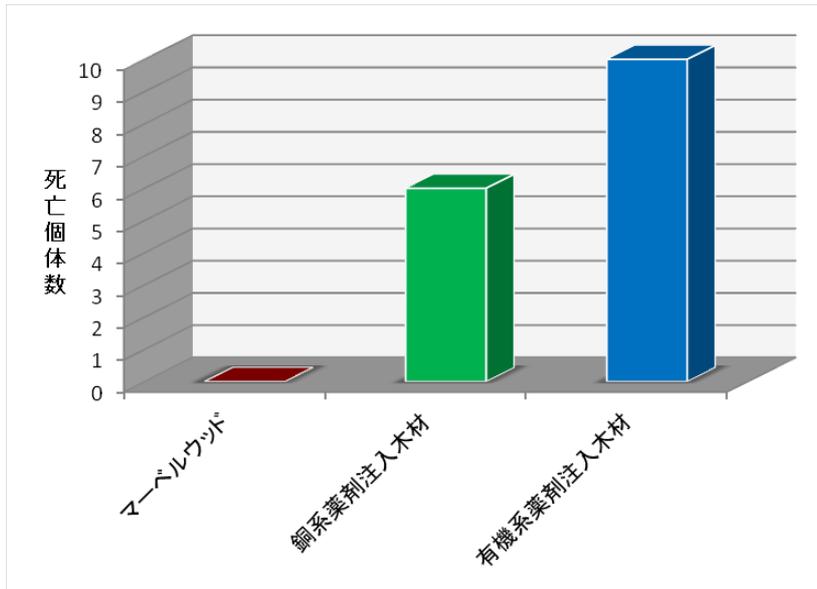
試験機関：一般財団法人日本食品分析センター

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドの試験区では、死亡個体は見られなかった。一方、既製の銅系および有機系木材保存剤を処理した木片の試験区では、銅系で 10 匹中 6 匹の、有機系では 10 匹全数の死亡が確認され、マーベルウッドより毒性が高いことが示された。

表 1. 魚毒性試験結果

	薬剤注入量 (kg/m ³)	木片の 体積合計 (cm ³)	死亡個体数 / 試験個体数 (匹)
マーベルウッド	819	12	0 / 10
銅系木材保存剤 注入処理木材	843		6 / 10
有機系木材保存剤 注入処理木材	828		10 / 10

試験開始から 96 時間後の各試験木片でのヒメダカの死亡個体数



試験開始から 96 時間後の各試験木片でのヒメダカの死亡個体数

(2) 薬剤成分が染み出しにくいマーベルウッド

マーベルウッドは低毒性であることと併せて低環境影響性があることが証明されました。日本産業規格 (JIS K 1571) に基づく試験によって水による注入処理木材からの成分溶脱性を評価したところ、マーベルウッドは既製の木材保存剤と比較して非常に低い溶脱率となりました。そこにある環境を変えないこと。これがマーベルウッドの願いです。

【薬剤成分溶脱試験】

試験方法：試験は、JIS K 1571 : 2010 内の耐候操作に基づいた溶脱操作を行った後、溶脱液中の各成分量を定量する事によって、水による木材からの成分流出性を評価した。下表記載の3種の注入処理木片（スギ辺材：木口面 20mm×20mm、高さ 10mm を 5 個）に、溶脱操作（試験体容積の 10 倍量の流水中に 8 時間浸漬）を施し、溶脱液を回収した。なお、各薬剤は屋外用途向けに推奨されている希釈倍率に希釈して注入した。各溶脱液について四級アンモニウム塩類は吸光度法にて、銅濃度は ICP 発光分光分析法によって分析した。

試験機関：(株)片山化学工業研究所

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドの主成分である DMPAP の溶脱率は 1.7%となった。一方、既製木材保存剤の主成分である銅および DDAC の溶脱率は、銅：16.8%、DDAC：23.0%となり、DMPAP より非常に多くの溶脱が検出された。

表 2. 成分溶脱試験結果

	薬剤注入量 (kg/m ³)	分析成分	溶脱率※	分析方法
マーベルウッド	822	DMPAP	1.7 %	吸光度法
銅系木材保存剤 注入処理木材	784	銅	16.8 %	ICP 発光分光光度法
有機系木材保存剤 注入処理木材	824	DDAC	23.0 %	吸光度法

※溶脱率(%)=溶脱液中の成分量/注入量から計算した木材試験片中の代表成分量×100

(3) 安心、安全は薬剤から。

マーベルウッドのためにオリジナルに開発された木材防腐・防蟻剤の安全性を試験しました。主に医薬品や農薬の評価に用いられる国際試験規格の OECD ガイドラインに基づき評価したところ、この薬剤は毒劇法・消防法・水質汚濁防止法・大気汚染防止法などの法規に対して非該当の薬剤であることが証明されました。

【薬剤の安全性試験】

試験方法：下表に記載した試験項目について、OECD の試験ガイドラインに準拠して試験を実施した。試験は GLP (毒性試験適正実施基準) 適合試験施設にて実施した。

試験機関：CiToxLAB Hungary Ltd.

試験結果：下表に試験結果を記載する。

表 3. 人畜に関する毒性試験結果

試験種	供試生物	1 郡当りの供試数	試験結果	試験ガイドライン
急性経口毒性	ラット	♀ 3	LD ₅₀ =300~2000 mg/kg	OECD423
急性経皮毒性	ラット	♂ 5 ♀ 5	LD ₅₀ >2000 mg/kg	OECD402
急性吸入毒性	ラット	♂ 5 ♀ 5	LC ₅₀ (4h) =0.51~1.05 mg/L	OECD403 (鼻部暴露)
急性眼刺激性	ウサギ	♂ 3	眼刺激性あり	OECD405
急性皮膚刺激性	ウサギ	♂ 3	軽度の刺激性あり	OECD404
皮膚感作性	モルモット	20	陰性	OECD406

表 4. 水産生物等に対する毒性試験結果

試験種	供試生物	1 郡当りの供試数	試験結果	試験ガイドライン
急性魚毒性	コイ	7	LC ₅₀ (96h)=4.04 mg/L NOEC(96h)=2.5mg/L	OECD203
ミジンコ急性遊泳阻害	ミジンコ	20	EC ₅₀ (48h)=3.28 mg/L NOEC(96h)=2.5mg/L	OECD202

(4) 万が一にも備えて。燃焼時の生成ガス(52種)の安全性。

マーベルウッドの燃焼時に生成する 52 種に及ぶガスについて、定量分析を行い、無処理木材との発生量の比較を行いました。その結果、マーベルウッドはその比較で無処理木材と大差がないことが証明されました。万が一に燃えても環境に負荷を掛けないことが証明されました。

【燃焼時生成ガス試験】

マーベルウッドおよび無処理木材の燃焼時に生成するガス (52 種類) について、定量分析を行い、発生量の比較を行いました。その結果、マーベルウッドは、無処理木材と比較して生成するガスに大差がないことが示されました。

試験方法：マーベルウッドおよび無処理木材（ベイツガ）を燃焼させ、発生したガスを回収し、ガス中に含まれる表 5 の各成分を機器分析により定量した。

試験機関：日鉄住金テクノロジー株式会社

試験結果：表 5 に試験結果を記載する。

表5. 燃焼生成ガス分析結果

化合物名	無処理材 (mg /g)	処理材 (mg /g)	化合物名	無処理材 (mg /g)	処理材 (mg /g)
一酸化炭素	210	210	トルエン	0.46	0.46
二酸化炭素	680	720	キシレン	0.48	0.45
テトラクロロエチレン	<0.02	<0.02	スチレン	0.17	0.17
トリクロロエチレン	<0.02	<0.02	二硫化炭素	<0.001	<0.001
アクリロニトリル	<0.5	<0.5	硫化水素	<0.001	<0.001
塩化ビニルモノマー	<0.01	<0.01	メチルメルカプタン	<0.001	<0.001
クロロホルム	<0.02	<0.02	硫化メチル	<0.001	<0.001
1,2-ジクロロエタン	<0.02	<0.02	二硫化メチル	<0.001	<0.001
ジクロロエタン	<0.01	<0.01	ベンゾ(a)ピレン	<0.001	<0.001
1,3-ブタジエン	2.1	2.4	ホルムアルデヒド	1.2	1.1
四塩化炭素	<0.02	<0.02	アセトアルデヒド	1.7	1.7
1,1-ジクロロエチレン	<0.01	<0.01	アクロレイン	0.32	0.25
シス-1,2-ジクロロエチレン	<0.01	<0.01	プロピオンアルデヒド	0.39	0.41
1,1,1-トリクロロエタン	<0.02	<0.02	ノルマルブチルアルデヒド	0.11	0.10
1,1,2-トリクロロエタン	<0.02	<0.02	イソブチルアルデヒド	<0.05	<0.05
1,3-ジクロロプロペン	<0.02	<0.02	ノルマルバレルアルデヒド	<0.1	<0.1
クロロベンゼン	<0.02	0.07	イソバレルアルデヒド	<0.1	<0.1
メタノール	1.8	1.8	塩化水素	0.032	<0.001
ピリジン	<0.01	<0.01	臭化水素	<0.001	<0.001
フェノール	<0.01	<0.01	硫黄酸化物	<0.05	<0.05
酸化エチレン	<0.02	0.03	アンモニア	<0.01	<0.01
トリメチルアミン	<0.01	<0.01	窒素酸化物	<0.01	0.03
イソブタノール	<0.01	0.01	シアン化水素	0.007	0.018
酢酸エチル	0.06	0.07	ホスゲン	<0.1	<0.1
メチルイソブチルケトン	<0.01	<0.01	クロロメチルメチルエーテル	<0.01	<0.01
ベンゼン	1.1	1.2	有機リン化合物	<0.005	<0.005

(5) 腐らないマーベルウッド

長くその美観性を維持することは、マーベルウッドの特徴でもあります。マーベルウッドを JIS 規格に準拠した室内防腐試験にて評価した結果、その防腐性能は JIS に規定する性能基準を満たし、質量減少率 3%以下という結果を示しました。併せて、野外における防腐試験においては、無処理木材の 3 倍以上の耐用年数が確認され、JIS 規格の性能基準を満たすことが証明されました。純国産の薬剤（AQ 1 種）を使用しており、屋外でも国内最高レベルの防腐性能が立証されています。

【室内防腐試験（JIS K 1571）】

試験方法：JIS K 1571 (2010)「木材保存剤－性能基準及びその試験方法」

5.2 防腐性能 5.2.1 室内試験 5.2.1.1 注入処理用 に準拠した。

試験機関：株式会社片山化学工業研究所

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドは、質量減少率 3%以下であり、JIS K 1571 に規定する性能基準を満たしている。

表 6. 室内防腐試験結果

	供試菌名	質量減少率 (%)	
		平均	標準偏差
マーベルウッド	オオウズラタケ	-1.4	0.0
	カワラタケ	-1.3	0.1
無処理試験体	オオウズラタケ	54.8	6.0
	カワラタケ	49.0	4.5

マーベルウッドには耐候操作(※)を施した。

※耐候操作：流水中での 8 時間浸漬+16 時間 60°C 乾燥を 1 回とし、これを 10 回繰り返す。



試験終了後の木片（左：マーベルウッド、右：無処理試験体）

【野外防腐試験 (JIS K 1571)】

マーベルウッドを JIS 規格に準拠した野外防腐試験にて評価した結果、マーベルウッドの防腐性能は性能基準を満たしました。

試験方法：JIS K 1571 (2004)「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」

4.2 防腐性能試験 4.2.3 野外試験 に準拠した。

試験機関：財団法人建築研究協会

試験地：鹿児島県南さつま市金峰町 (財)建築研究協会野外暴露試験地

試験期間：2009 年 7 月～継続中

試験結果：下表に試験結果を記載する。試験開始から 6 年経過時点において、マーベルウッドでは、頭部・地際部・地中部の全ての箇所において目立った腐朽および蟻害は観察されなかった。一方、無処理試験体では地際部を中心に多くの腐朽・蟻害が確認され、試験開始 1 年 7 カ月の時点で JIS K 1571 に規定された耐用年数を迎えた。この結果より、マーベルウッドは無処理試験体の 3 倍以上の耐用年数があり、JIS K 1571 に規定する性能基準を満たしている。

表 8. 野外防腐試験結果

	観察箇所	被害度		耐用年数	備考
		平均	標準偏差		
マーベルウッド	頭部	0	0	-	試験開始 6 年 時点の結果
	地際部	0.3	0.5		
	地中部	0.2	0.6		
無処理試験体	頭部	1.9	1.7	1 年 7 カ月	
	地際部	5.0	0		
	地中部	4.4	1.1		



マーベルウッド（試験開始 9 年目）



無処理試験体（試験開始 3 年目時点）



野外防腐試験の様子

（6） 防蟻性能に優れたマーベルウッド

木材の維持のためマーベルウッドは防蟻性能に優れていなくてはなりません。防腐性能同様に JIS 規格に準拠した室内防蟻試験・野外防蟻試験にて評価した結果、マーベルウッドはその基準を満たしました。試験結果の写真を見るとおり、無処理木材との違いは明らかとなっています。

【室内防蟻試験（JIS K 1571）】

試験方法：JIS K 1571 (2010)「木材保存剤－性能基準及びその試験方法」

5.3 防蟻性能 5.3.1 室内試験 5.3.1.1 注入処理用 に準拠した。

試験機関：財団法人建築研究協会

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドは、質量減少率 3%以下であり、JIS K 1571 に規定する性能基準を満たしている。

表 7. 室内防蟻試験結果

	死虫率 (%)		質量減少率 (%)	
	平均	最小-最大	平均	最小-最大
マーベルウッド	100	100-100	1.3	1.2-1.5
無処理試験体	8	7-9	31.8	29.4-36.0

マーベルウッドには耐候操作(※)を施した。

※耐候操作：流水中での 8 時間浸漬+16 時間 60°C乾燥を 1 回とし、これを 10 回繰り返す。



試験終了後の木片（上段：マーベルウッド、下段：無処理試験体）

【野外防蟻試験 (JIS K 1571)】

試験方法：JIS K 1571 (2004)「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」

4.3 防蟻性能試験 4.3.2 野外試験 4.3.2.1 注入処理用 に準拠した。

試験機関：財団法人建築研究協会

試験地：鹿児島県南さつま市金峰町 (財)建築研究協会野外暴露試験地

試験期間：2009年7月～2011年7月

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドは、試験開始から2年経過時点で食害指数 10 未満であり、JIS K 1571 に規定する性能基準を満たしている。

表 10. 野外防蟻試験結果

	試験体 No.	食害度		特記事項
		1 年目	2 年目	
マーベルウッド	1	0	0	
	2	0	10	
	3	0	0	
	4	0	0	
	5	0	0	
	食害指数	0	0	
無処理試験体	1	10	30	
	2	50	100	
	3	30	30	
	4	30	50	
	5	50	100	
	食害指数	34	62	



試験終了時の試験体(左：マーベルウッド、右：無処理試験体)



野外防蟻試験の様子

(7) マーベルウッドの鉄との相性は？

マーベルウッドの使用シーンでは、ジョイント部においては一般的に釘や金物など鉄素材が使用されます。果たして、マーベルウッドの薬剤がどのように鉄に作用するのか。そこで、鉄腐食性を JIS 規格に基づき試験にて評価したところ、無処理木材と同等の鉄腐食性であり、性能基準を満たすことが証明されました。マーベルウッドは、注入した薬剤の影響によって鉄腐食性が悪化することはありません。

【鉄腐食性試験 (JIS K 1571)】

試験方法：JIS K 1571 (2010)「木材保存剤－性能基準及びその試験方法」

5.4 鉄腐食性能 5.4.1 注入処理用 に準拠した。

試験機関：宇都宮大学農学部

試験結果：下表に試験結果を記載する。マーベルウッドは鉄腐食比 2.0 以下であり、JIS K 1571 に規定する性能基準を満たしている。

表 12. 鉄腐食性試験結果

	質量減少率 (%)		鉄腐食比
	平均	標準偏差	
マーベルウッド	0.8	0.1	0.9
無処理試験体	0.9	0.2	—

- (8) さらなる性能試験で証明されたマーベルウッドの防腐性能・防蟻性能
使用される環境・条件における変化を確認するため、マーベルウッドはさまざまな試験を実施しています。環境を守るための安全性はもちろんのこと耐久性や美観性の3つが高次元で備わっていること、あらゆる環境、条件下でもマーベルウッドが、それを実現することを目指しています。

【野外防腐・防蟻試験 (丸棒材による野外試験)】

樹種 : スギ・ヒノキ

試験体 : 丸棒 (木口φ100mm×長さ1500mm)

試験方法: マーベルウッドおよび無処理木材を用意し、約半分 (750mm) を地中に埋め、試験を開始した。定期的に被害の様子を観察する。

試験機関: (株)片山化学工業研究所

試験地 : 鹿児島県南さつま市金峰町 (財)建築研究協会野外暴露試験地

試験期間: 2013年3月～試験中

試験結果：試験開始2年時点の腐朽および蟻害の被害度の分布を下表に記載する。マーベルウッドは、スギ・ヒノキの両方において腐朽および蟻害は観察されなかった。一方、無処理木材では、ヒノキ材において腐朽や蟻害による杭の破損を含む多くの被害が観察され、スギ材においても軽度の被害が多く観察された。

表9. 被害度の分布

	樹種	被害度			
		低い←	健全	→高い	
			表面に軽度の腐朽もしくは蟻害	中程度の腐朽もしくは蟻害	腐朽や蟻害により形が崩れる
マーベルウッド	スギ	100%	0%	0%	0%
	ヒノキ	100%	0%	0%	0%
無処理木材	スギ	8.3%	91.7%	0%	0%
	ヒノキ	0%	58.3%	25.0%	16.7%



試験開始2年時点の試験杭の様子
奥：破損した無処理木材
手前：マーベルウッド



杭の破損箇所の拡大
左：破損した無処理木材
右：マーベルウッド



丸棒材野外試験の様子

【野外防蟻試験（沖縄県*1）】

*1 沖縄県は日本国内において最もシロアリの活性が高いとされる。

試験方法：基礎想定のコングリートブロック（基本型：100mm×190mm×390mm）を用意し、3箇所穴にシロアリ誘引用の餌木（マツ）を各1本ずつ打ち込んだ。コングリートブロックの上面に試験体を静置し、カバーをかぶせて試験を開始し、定期的に被害の様子を観察した。

樹種：ベイツガおよびスギ

試験体：木口面 105mm×105mm×長さ 150mm、各樹種 3個ずつ

試験機関：(株)片山化学工業研究所

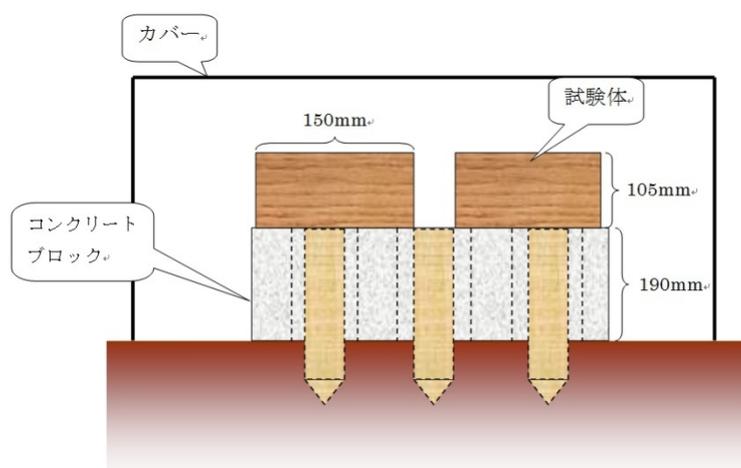
試験地：沖縄県中頭郡西原町 琉球大学農学部野外試験地

試験期間：2011年7月～継続中

試験結果：試験開始3年経過時点での観察結果を下表に記載する。無処理材は、スギ・ベイツガともに全試験体が激しい食害を受けているのに対し、マーベルウッドには一切蟻害が観察されていない。

表 11. 観察結果の分布

	樹種	被害度			
		低い← 蟻害なし	食害あり	内部まで激しい食害	→高い 食害し尽くされた
マーベルウッド	スギ	100%	0%	0%	0%
	ベイツガ	100%	0%	0%	0%
無処理試験体	スギ	0%	0%	100%	0%
	ベイツガ	0%	0%	0%	100%



沖縄での野外防蟻試験の模式図



スギ試験材
左: マーベルウッド
右: 無処理木材



ベイツガ試験材
左: マーベルウッド
右: 無処理木材



ベイツガ無処理材の被害例