

木材用撥水剤のシリコーンゴムエマルジョンによる耐候性の向上

山本 昭^{*1}, 今村 祐嗣^{*2}

* 1 信越化学工業株式会社
Shin-Etsu Chemical Co., Ltd

* 2 京都大学生存圏研究所
Research Institute for Humanosphere Kyoto University

木材用撥水剤のシリコーンゴムエマルジョンによる 耐候性の向上

山 本 昭^{*1}, 今 村 祐 嗣^{*2}

1. はじめに

木材は太古の昔から人類の身近な天然の材料として使われてきた。軽量であること、重さに比べて強いこと、断熱性や通気性をもつこと等の長所のほか、最近では環境負荷が低いことが特に注目されている。しかし、吸水にともなう変形や腐れや虫害が生じることは木材の利用を阻む大きな欠点であり、それらを抑制し木材に安定した物性と耐久性を付与する技術¹⁾が種々検討されてきた。

特に木材と水との関係は材料としての利用を考える場合にきわめて大きな課題であり、膨張・収縮による割れの発生ばかりでなく、腐朽の進行にも木材の吸水は大きな影響を及ぼしている。最近では、木材の屋外利用の拡大がとみに期待されているが、木材表面からの雨水の浸入をいかに防ぐかが重要となっている。

従来から木材の吸水を防止する手段として各種の撥水剤が検討されてきているが、長期にわたる屋外暴露に耐えられるものは今のところ確立はされていない。その結果、木材表面を撥水剤で処理したとしても、雨水や日射への暴露によって水が木材中に浸入、滞留し、変形や腐朽の発生が生じ、材料としての信頼性を著しく損ねているのが現状である。

耐候性が高いとされるシリコーン系の撥水剤も、シリコーンカップリング剤やシリコーンレジジン塗料として使用されてきているが、長期にわたる暴露期間中での木材の膨張・収縮によって処理層に割れが発生し、撥水性が低下する現象がしば

しば観察される。

われわれは、長期の暴露に対して信頼性の高いシリコーンゴムエマルジョンを開発し、木材の撥水剤として検討を行ったので報告したい。

2. 実験方法

2.1 木材試験体

木材試験体は木口面20×20mm、長さ10mmのスギ(*Cryptomeria Japonica* D. Don)の辺材を使った。処理前に20℃、65%RH下、2週間の調湿を行った。これを無処理スギ材とした。

2.2 シリコーンゴムエマルジョンXの合成

木材用撥水剤として新たに開発したシリコーンゴムエマルジョンXの合成方法を以下に示す。

(溶液Aの製法)

オクタメチルシクロテトラシロキサン498g、トリエトキシフェニルシラン2g、10%ラウリル硫酸ナトリウム水溶液100gおよび10%ドデシルベンゼンスルホン酸水溶液50gを2ℓ容ポリエチレン製ビーカーに入れ、ホモミキサー(PRIMIX製 T. K. HOMOMIXER MARK II Model 2.5)で3,000rpmの撹拌で均一に乳化した後、水350gを徐々に加えて希釈し、高圧ホモジナイザー(BOS HO-MOGENISER b. v. 製 Model MG 2-12B)に圧力30MPaで2回処理を行い、均一な白色エマルジョンを得た。このエマルジョンを撹拌装置、温度計、還流冷却器の付いた2ℓ容ガラスフラスコに移し、50℃で24時間重合反応を行った後、10℃で24時間放置してから10%炭酸ナトリウム水溶液12g

* 1 信越化学工業株式会社 Shin-Etsu Chemical Co., Ltd

* 2 京都大学生存圏研究所 Research Institute for Humansphere Kyoto University

で pH6.2 に中和して溶液 A を合成した。

(溶液 B の製法)

マレイン酸無水物 154g をエタノール 500g に溶解した後、 γ -アミノプロピルトリエトキシシラン 346g を室温下、1 時間で滴下し、更に 80℃ でエタノール還流下、24 時間反応を行い、溶液 B を合成した。

(シリコーンゴムエマルジョン X の合成)

溶液 A 742g、コロイダルシリカ (日産化学工業株式会社製 スノーテックス C：有効成分 20%) 230g、溶液 B の 50% 溶液 19g、 γ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン 9g を混合してシリコーンゴムエマルジョン X (不揮発分 40%) を合成した。

2.3 シリコーンゴムエマルジョン X の処理

2.2 で合成したシリコーンゴムエマルジョン X (不揮発分 40%)、それを水にて希釈した 30% 濃度 (不揮発分 12%)、20% 濃度 (不揮発分 8%)、10% 濃度 (不揮発分 4%)、5% 濃度 (不揮発分 2%)、2.5% 濃度 (不揮発分 1%)、1% 濃度 (不揮発分

0.4%)、0.5% 濃度 (不揮発分 0.2%)、0.2% 濃度 (不揮発分 0.08%) の 8 種のエマルジョン、および 0% 濃度 (水) を 100ml ずつ 200ml 容ポリエチレン製ビーカー中に調製した。つぎに、常温にて 2.1 で調製した無処理スギ材をピンセットにてつまみ、3 秒間浸漬 (塗布もしくは吹きつけ操作とほぼ同等の処理量) してすばやく引き上げ、室温にて 24 時間乾燥したものを、耐候試験に供した。

2.4 耐候試験

2.3 で調製した 9 種の処理スギ材サンプルを用いて下記条件でスーパー UV テスターによる耐候試験を行った。なお、このスーパー UV テスターの 100 サイクルの条件は、自動車塗料の耐候試験に使われている条件でアリゾナ実曝露約 10 年に相当する非常に厳しい条件である。一般的な促進試験であるサンシャインカーボンアークウエザーメーター促進試験では^{2,3)} 5,000 時間に相当するものである。

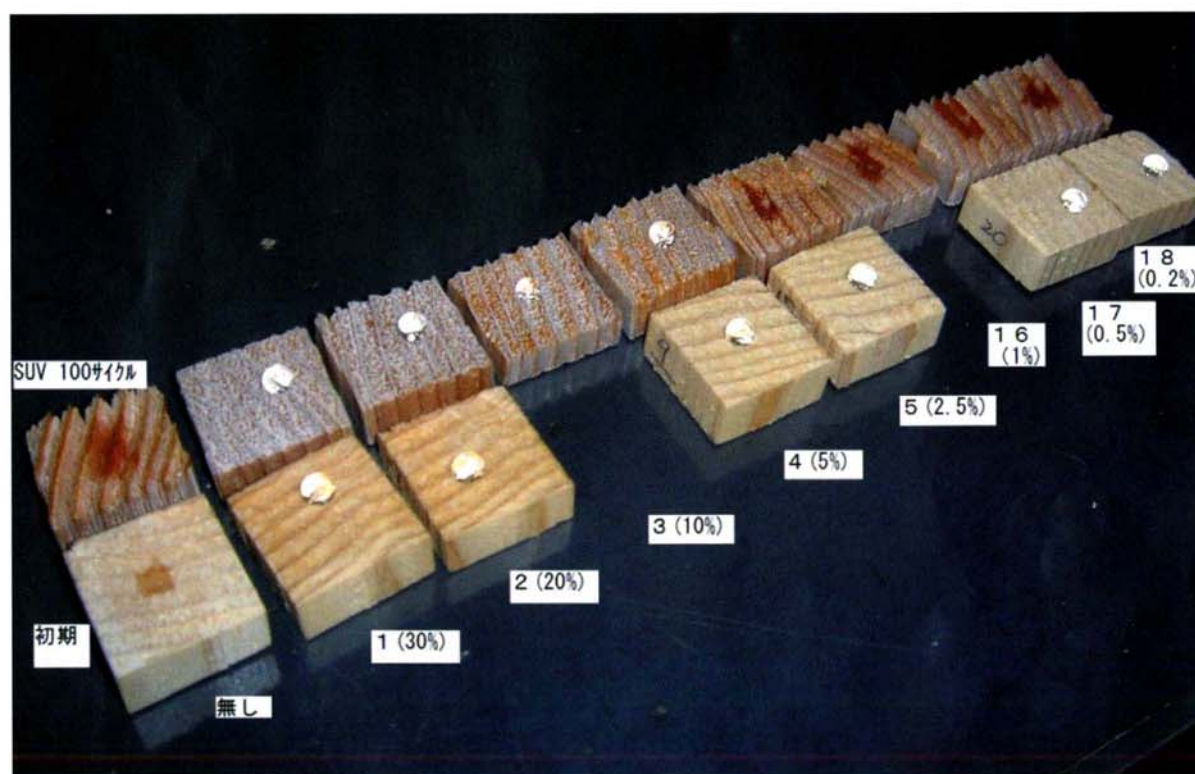


図 1 耐候試験後における処理スギ材表面の撥水状態

表 1 耐候性試験後における処理スギ材表面の水接触角

試験体 No.	1	2	3	4	5	16	17	18	未処理
希釈濃度 (%)	30	20	10	5	2.5	1	0.5	0.2	0
水接触角 (度)	123.5	126.3	126.9	129.5	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能

(試験条件)

岩崎電気(株)製 スーパー UV テスター W-11使用

木材試験体の木口面に UV を照射

照射 4 時間/結露 4 時間を 100 サイクル (途中 33 サイクルでもチェック)

UV 照度: 100mW/cm²

BP 温度 (ブラックパネル温度): 照射時 70℃

湿度: 照射時 50%

シャワー: 照射前後 15 秒

2.5 接触角の測定

耐候試験後における処理スギ材表面に水を約 5 μ L 滴下して水接触角を測定した。測定は接触角計 (協和界面科学製 CA-X150) を用いて行った。

2.6 重量減少率の測定

処理スギ材の耐候試験前後での重量変化を測定した。

2.7 吸水率の測定

耐候試験前後における処理スギ材の吸水前の重量を基準とした時の吸水後の処理スギ材重量増加率, すなわち吸水率を測定した。処理スギ材を水 50ml 中で 4 時間浸漬させ, 吸水率を測定した。

3. 実験結果

3.1 処理材の撥水性

耐候試験後における処理スギ材表面に水を約 5 μ L 滴下してその撥水状態の様子を図 1 に, 水接触角の測定結果を表 1 に示す。耐候試験前 (初期) にはシリコンゴムエマルジョンの希釈濃度が 0.2% まで十分な撥水状態を示していた。しかし, 耐候試験後 (SUV 100 サイクル) にはシリコンゴ

ムエマルジョンの希釈濃度が高い領域 (30~5%) では撥水状態を保っているが, 希釈濃度が低い領域 (2.5~0.2%) では水が浸透している様子が分かった。

なお, 図 1 中の試験体 No. は表 1 記載の試験体に対応している。

3.2 耐候試験による処理材の重量変化

処理木材の耐候試験後の重量比変化についての結果を図 2 に示す。

シリコンゴムエマルジョンの希釈濃度が高い領域 (30%~2.5%) のものは, 低い領域 (1%~未処理) と比べて重量減少率が小さくなっている

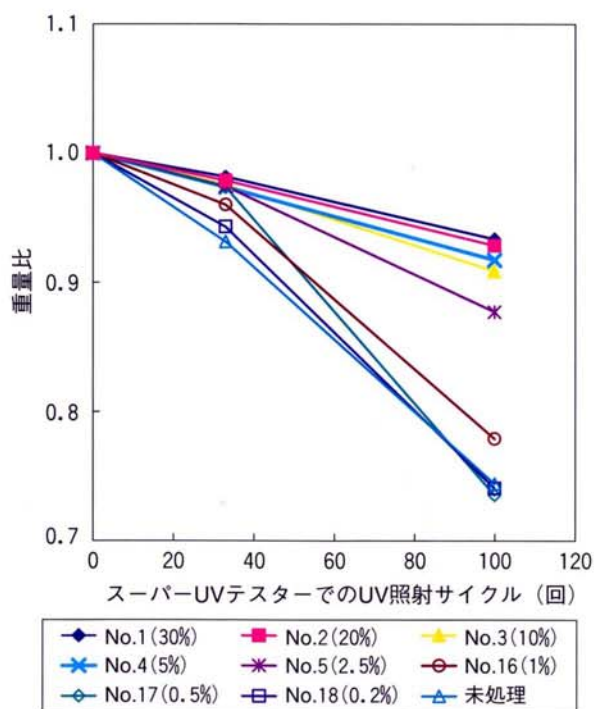


図 2 処理スギ材の耐候試験後の重量比変化



図 3 未処理および処理木材の耐候試験前後の外観

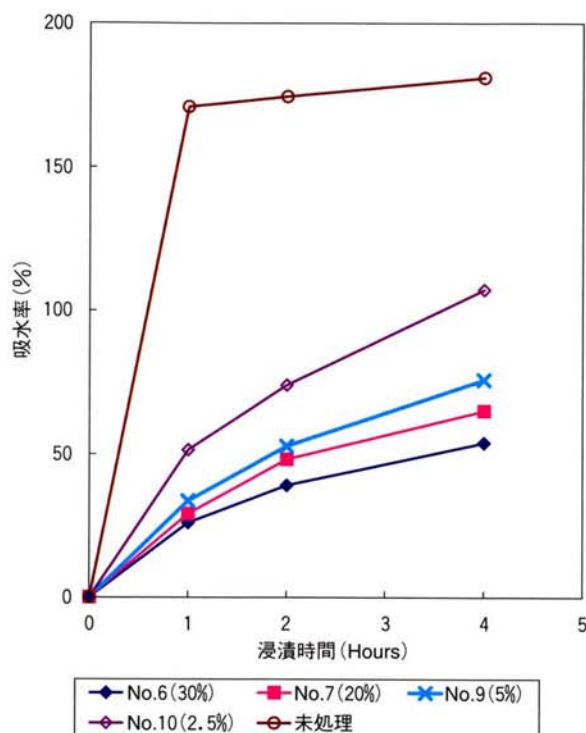


図4 耐候性試験前の吸水率

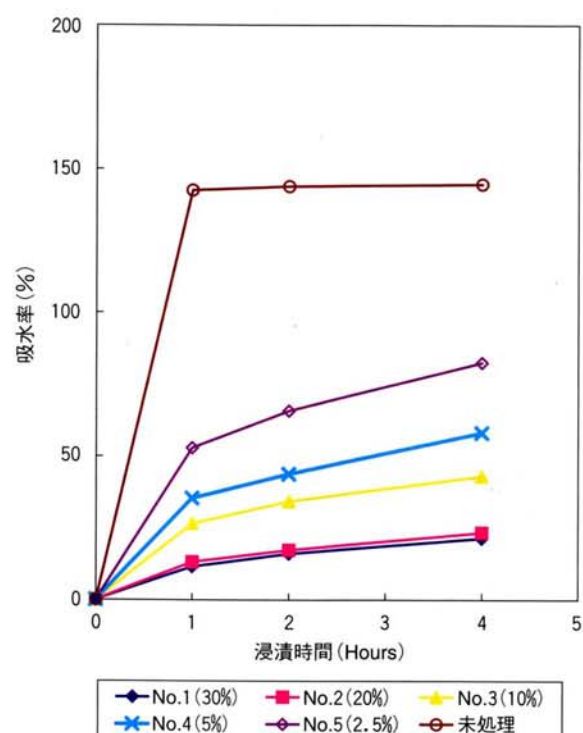


図5 耐候性試験後の吸水率

傾向が認められた。

また未処理および処理木材の耐候試験前後の外観を図3に示す。なお、図2中の試験体 No. は表1記載の試験体に対応している。

3.3 処理材の吸水率

処理スギ材の耐候試験前後の吸水率の測定結果を図4に示した。耐候試験後の吸水率でもシリコーンゴムエマルジョンの希釈濃度30%～5%までは、未処理スギ材の吸水率よりも小さいことが認められた。

なお、図4中の試験体 No. は表1記載の試験体に対応している。また、図5中の試験体 No. は表1記載の試験体に対応している。

4. 考 察

スギ試験片を自動車塗料の促進耐候試験と同じ条件のスーパー UV テスターで100サイクルの繰り返し操作を行ったところ、紫外線と水分の作用によって無処理木材は激しく劣化し、表層からかなりの早材部分が失われた。一方、シリコーンゴムエマルジョン X の5%（不揮発分＝シリコーン分で2%）濃度以上の水溶液で表面処理したものは、耐候試験後も劣化部分はわずかであり、表層における撥水性も保持されていた。

一般的に、シリコーン樹脂は紫外線等の劣化に対して抵抗性の高いことが知られている。そのうち建築用屋外部材等の塗料に使われているアルキルトリアルコキシシランやテトラアルコキシシラン、あるいはそれらの加水分解物を成分とするシリコーンレジンに耐候性の高い皮膜を形成するが、木材に処理した後、長期間の耐候試験にかけると、木材の膨張、収縮にともなう変形に追従することができず、皮膜にクラックが生じて撥水性が低下する。この理由は、皮膜そのものの弾力性が乏しいことに起因している。

ここで取り上げたシリコーンゴムエマルジョンは、木材表面から内部に浸透して耐候性の高いゴム皮膜をつくり、この皮膜は木材の膨張、収縮変化にも十分耐えることが明らかとなった。ジメチルシロキサン骨格を主成分とする本シリコーンゴムは、弾力性に富むとともに、圧縮変形に対してきわめて高い性能を保持している。一方、シリコーンゴムは引っ張り強度がやや弱い点が指摘されているが、本シリコーンゴムエマルジョン X は通常のシリコーンゴムと異なり、前述の製造方法によって引張強度と伸びを大幅に改良したものである。

このように、撥水性とともに通気性にも優れた皮膜が木材の表層内部に形成され、この皮膜が紫外

線抵抗性と弾力性を備えていることから、厳しい耐候試験にも耐えることができたものと考えられる。

ただ、シリコーンゴムエマルジョン X を適用した場合においても、2.5%濃度（シリコーン分で1%）以下にして表面処理した際は、耐候試験前は撥水性を呈するものの、耐候試験後では撥水性は失われ木材表層部の劣化も大きくなっていた。これは形成されたシリコーン皮膜が薄すぎたため、木材表層部における膨張・収縮に追従できずに破壊されたためと推定される。

耐候試験前後のスギ試験片を水に水中浸漬する吸水試験⁴⁾に供した結果、シリコーンゴムエマルジョン X を処理したものは吸水率が大幅に低下しており、しかも耐候試験後の方がより低い吸水率を示していた。これは耐候試験によって木材表層部における吸水性の高い木材実質部が失われるものの、シリコーンゴム皮膜は残存していたことを示している。特に希釈濃度20%および30%のシリコーンゴムエマルジョン X で処理したスギ材は、耐候試験後に5時間の浸漬操作に供してもわずか25%の吸水率を保持していた。このことは非固着性の木材保存剤であっても、薬剤注入後に本シリコーンゴムエマルジョンで表面処理することによって、水分による溶脱性を大幅に抑えられる可能性を示唆している。

5. おわりに

シリコーンゴムエマルジョンを木材に表面処理して常温乾燥するだけで、過酷な屋外暴露の試験条件下で10年以上に相当する高い耐候性を付与できることが促進試験から明らかになった。しかも、耐候試験後であっても、十分な撥水性が保持されていた。このシリコーンゴムエマルジョン処理は透明であり、かつ気体透過性にもすぐれているこ

とから、木材の風合いや呼吸という性能を保持したまま木材表層を改質できるという利点も指摘することができる。

このことは、吸水性が高い木材であっても、長期間にわたり吸水性を低下させる可能性を示したといえる。また、ホウ素化合物のように低毒性で高耐候性であっても、水に対する溶脱性⁵⁾が高いことが課題となっている木材保存剤に対して、このシリコーンゴムエマルジョン X を併用することにより野外条件で使える可能性が大きくなった。これについては別途報告したい。

引用文献

- 1) Williams, R. S. : Effect of water repellents on long-term durability of millwork treated with water-repellent preservatives, *Forest Product J.*, **49** (2), 52-58 (1999).
- 2) Kiguchi, M., Suzuki, M., and Imamura, Y. : Quality testing for exterior coated wooden products in Japan, Proceedings of IUFRO Working Party 5-04.12, Surfacing and Finishing of Wood, Austral-Asian Subgroup Meeting, 1-11 (1998).
- 3) 木口実, 鈴木雅洋, 木下稔夫, 川村二郎: 木材保護着色塗料の新しい塗り替え基準による耐候性評価, 木材工業, **52**, 612-617 (1997)
- 4) 由井浩, 星恵仁, 梶原祐一, 生島和正: 水の浸透防止性を付与した表面処理木材に関する研究, 木材保存, **33**, 9-15 (2007).
- 5) Peylo A. and Willeitner H. : The problem of reducing the leachability of boron by water repellents, *Holzforschung*, **49**, 211-216 (1995).
(2007. 3. 20受付)

要 旨

木材の吸水を防止するために、従来から各種の撥水剤が検討、使用されてきているが、長期にわたる屋外暴露に耐えられるものは今のところ確立されていない。

高強度で弾力性に富んだ皮膜を形成するシリコーンゴムエマルジョンを新たに開発し、木材に適用した場合の撥水効果をスーパー UV テスターによる促進試験で評価したところ、優れた性能が認められた。このゴムエマルジョンは木材の耐候性の向上、非固着型防腐剤の溶脱抑制に寄与できるものと期待される。