

# 木材と天然系接着剤を用いた環境学習教材の開発 (第1報) デンプン糊によるスギ材の接着性能の評価

木村 彰孝\* 寺床 勝也\*\*

\*長崎大学教育学部

\*\*鹿児島大学教育学部

Development of Environment Learning Material by Using of Wood and Natural Glue (1)  
Performance of Japanese Cedar Wood Bonded with Natural Starch Glue

Akitaka KIMURA\* , Katsuya TERATOKO\*\*

\*Faculty of Education, Nagasaki University

\*\*Faculty of Education, Kagoshima University

(Received October 31 , 2012)

## Abstract

In this research, the performance of starch glue was evaluated to develop the environment learning materials used for wood and natural glue. The starch glues, wheat, corn, and potato were used for shear performance test. And, the Japanese cedar wood was used as adherent. As a result, the shear mechanical performance of the wheat starch glue of 15% concentration was a most value it. This performance was similar to polyvinyl acetate adhesive; wood failure was lower than it was. All starch glues were inferior to water resistance.

**Keywords:** starch glue, Japanese cedar wood, shear bond strength, wood failure, water resistance

## 1. 緒 言

平成20年度中学校学習指導要領技術・家庭科編の技術分野では、技術と社会や環境とのかわりについて理解を深めることが目標とされ、技術の進展と環境との関係について考えさせることが求められている<sup>1)</sup>。以上のことから、木材によるものづくりにおいても、木材をはじめとする森林資源の有効利用やリサイクルについて、実践的・体験的な学習活動を進めるための環境学習教材が必要と考える。

また、中学校技術・家庭科「技術分野」の木材によるものづくりの組立ての工程では、接着剤として合成系接着剤である酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（以下「酢ビ」とする）が使用されている。酢ビを使用した場合、安全かつ安価で手軽に木材接着を行うことができる反面、製作品のリサイクルを考慮した場合、小片化によるボード類の作成は行え

るものの、解体時に木部での破壊を生じる可能性が高く、解体前の部品の大きさを生かした新たな製作品の作成、つまり再使用（リユース）には不向きな接着剤であると考えられる。

以上のことから、木材によるものづくりにおける環境学習教材を開発する上で求められる接着剤の性能は、(1) 誰にでも安全かつ安価で手軽に使用できる、(2) 使用期間に応じた接着力を発揮し、解体が容易に行える、と考える。そのような条件を満たす接着剤の1つとして、植物系天然素材であり古くから接着剤として使用されてきたデンプン糊が挙げられる。紙工作等に使用される一般的なデンプン糊は、安全かつ安価で手軽に使用できるものの、水溶性であることから耐水性に劣ることが知られている。本研究では、この特性を生かし、使用期間に応じた接着力を発揮し、解体が容易に行える木材接着剤として利用することで、木材と天然系接着剤を用いた環境学習教材の開発を目指す。そのうち、本報では被着材として日本を代表する造林樹種であり、戦後の拡大造林により現在では人工林面積の43%を占め、利用拡大が急務となっているスギ材を用いた場合における木材用接着剤としての一般性状および使用条件に関する試験、そして各試験条件における木材の接着強さ試験を3種類のデンプン糊により実施し、酢ビとの比較を通してデンプン糊の接着性能に関する基礎的知見を蓄積することを目的とした。加えて、その知見を基に環境学習教材への利用の可能性を検討した。

## 2. 試験方法

### 2.1 デンプン糊の調合と被着材

デンプン粉には、トウモロコシ・馬鈴薯・小麦の3種のデンプン粉（ナカライテスク（株））を使用した。濃度5，10，15，20%に調合した水溶液を攪拌しながら約60℃で加熱し、水溶液が半透明になったことを確認した後、 $20 \pm 2$ ℃に冷却することでデンプン糊を作成した<sup>2)</sup>。被着材には鹿児島県産スギ（*Cryptomeria japonica*）板材（含水率13.9～14.7%，全乾法により測定）を用いた。

### 2.2 一般性状および使用条件に関する試験

木材の酸またはアルカリによって引き起こされる赤変や褐変などの汚染<sup>3)</sup>の可能性の有無を考察するため、一般性状に関する試験としてpH（twin pHメータ、堀場製作所）を測定した（JIS K 6833）。測定は、各試料について2回行い、その平均値を測定値とした。

使用条件に関する試験として塗布量を測定した（JIS K 6833）。あらかじめ塗布面積を算出した被着材の重量を測定し、試料を被着材の塗布面に塗布用具で均一に塗布した後、直ちに重量を測定した。その後、式（1）により塗布量を算出した。各試料について2回行い、その平均値を測定値とした。

$$Q = \frac{W_2 - W_1}{A} \quad (1)$$

Q：塗布量（g/m<sup>2</sup>）

W<sub>1</sub>：塗布前の被着材の重量（g）

W<sub>2</sub>：塗布後の被着材の重量（g）

A：塗布面積（m<sup>2</sup>）

### 2.3 せん断接着強さ試験

本研究では、木材の接着強さを評価する上で最も一般的な引張りせん断接着強さ試験（JIS K 6851）と圧縮せん断接着強さ試験（JIS K 6852）を実施した。

#### 2.3.1 試験片の製作

引張りせん断接着強さ試験用として図1、圧縮せん断接着強さ試験用として図2に示す試験片を作成した。試験片は2枚合わせとし、被着材の両面に接着剤を均一に塗布し、圧力10kg/cm<sup>2</sup>で3時間以上圧縮した後、室温下に12時間以上養生した板材3枚から合計12個以上の試験片を切り出した。

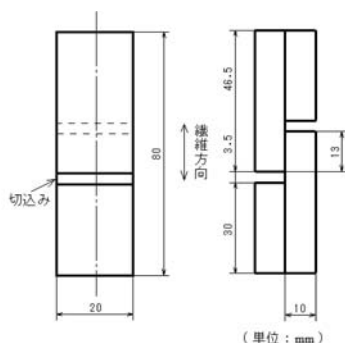


図1 2枚合わせ引張りせん断接着強さ試験片の形状および寸法

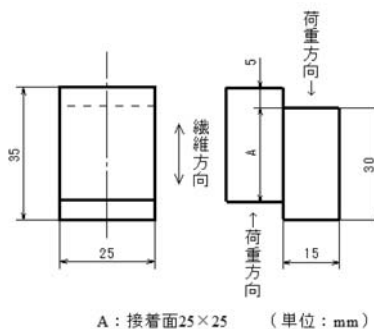


図2 圧縮せん断接着強さ試験片の形状および寸法

#### 2.3.2 試験条件

本研究では加熱前・常態試験，加熱後・常態試験，加熱前・耐水試験の3条件について試験を行った。ここで、「加熱前」とは接着剤を前処理無し、「加熱後」とは接着剤の貯蔵安定性を検証することを目的に、前処理として調合後50±2℃で20時間加熱した後、20±2℃まで冷却したものを使用したことを示す<sup>4)</sup>。また、「常態試験」は試験片を前処理無し、「耐水試験」は湿潤状態でのせん断接着強さ、つまり耐水性能を評価することを目的に、試験片製作後30±1分の水中に3時間、20±1分の水中に10分間浸漬し濡れたままの状態を試験に供したことを示す。

#### 2.3.3 せん断接着強さ試験

製作した試験片を用いて、引張りせん断接着強さ試験と圧縮せん断接着強さ試験を行い、引張りせん断接着強さと圧縮せん断接着強さおよびそれぞれの木部破断率を求めた。試験機には万能引張圧縮試験機（新興通信工業（株））を用い、クロスヘッドの移動速度は2.0mm/minとした。せん断接着強さは、試験片が破断するまでの最大荷重を記録し、式（2）により算出した。また、木部破断率は破断した断面における被着材のせん断面積を目視によって5%刻みで目視により読み取った。

$$S = \frac{P}{A} \quad (2)$$

S : せん断接着強さ (N/mm<sup>2</sup>)

P : 最大荷重 (N)

A : 各試験片のせん断面積 (mm<sup>2</sup>)

### 3. 結果および考察

#### 3.1 接着剤の pH および塗布量

表 1 に加熱前における各デンプン糊の pH と塗布量を示す。pH は全ての条件において 4 ~ 6 の弱酸性を示し、被着材の変色は認められなかったことから、デンプン糊による木材の汚染は起こらないと考えられる。また、塗布量は種類や濃度によって異なり、濃度が高くなると塗布量も大きくなる傾向が示唆された。

表 1 加熱前における各デンプン糊の pH と塗布量

		濃度			
		5%	10%	15%	20%
pH	トウモロコシデンプン糊	4.7	4.5	4.3	4.2
	馬鈴薯デンプン糊	6.1	6.1	5.7	5.8
	小麦デンプン糊	5.5	4.8	5.2	5.0
塗布量 (g/m <sup>2</sup> )	トウモロコシデンプン糊	0.05	0.15	0.20	0.19
	馬鈴薯デンプン糊	0.11	0.09	0.04	0.12
	小麦デンプン糊	0.05	0.08	0.12	0.17

#### 3.2 せん断接着強さおよび木部破断率

表 2 に加熱前・常態試験における各デンプン糊の引張りおよび圧縮せん断接着強さと木部破断率を示す。デンプン糊の種類や濃度によってせん断接着強さと木部破断率に違いが見られ、引張りせん断接着強さとその木部破断率は小麦デンプン糊の濃度 15% で最も大きい値を示した。圧縮せん断接着強さとその木部破断率についても小麦デンプン糊の濃度 15% で最も大きい値を示し、小麦デンプン糊の濃度 20% においても同等の値であった。また、トウモロコシデンプン糊と小麦デンプン糊のせん断接着強さと木部破断率は引張と圧縮の共に濃度が大きくなるとせん断接着強さも大きくなる傾向を示したが、濃度 20% で減少するものも見られた。以上のことから、小麦デンプン糊の濃度 15% が最もせん断接着性能に優れており、高濃度とした場合、せん断接着強さは低下する可能性が考えられる。

また、せん断接着強さと木部破断率の関係をみると、引張りと圧縮の共にせん断接着強さが高いものは木部破断率も他と比較して高くなる傾向を示した。また、破断面の破壊形態から、引張りと圧縮の共にせん断接着強さが大きいものは基材凝集破壊を示し、せん断接着強さが小さくなるにしたがって凝集破壊<sup>5)</sup>の割合が大きくなる傾向が確認された。以上のことから、各濃度におけるデンプン糊のせん断接着強さと木部破断率は相関関係があり、せん断接着強さが大きいと木部破断率も大きくなると考えられる。また、せん断接着強さが大きくなるとともに接着層破壊から木部破壊へと移行していくと考えられる。

以降、3種のデンプン糊のうち最もせん断接着性能に優れていた小麦デンプン糊を中心に述べる。

表2 加熱前・常態試験における各デンプン糊の引張りおよび圧縮せん断接着強さと木部破断率

			濃度							
			5%		10%		15%		20%	
			平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
引張り	トウモロコシ デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	1.80	0.72	3.42	0.93	4.34	1.41	4.68	1.31
		木部破断率 (%)	1.88	2.59	25.00	19.07	32.92	18.02	29.64	17.26
	馬鈴薯 デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	3.27	0.66	5.02	1.17	3.10	1.07	3.82	0.96
		木部破断率 (%)	28.00	11.46	50.00	24.86	15.00	16.01	21.67	20.41
	小麦 デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	2.91	1.11	3.75	1.29	5.36	1.25	4.76	0.71
		木部破断率 (%)	23.68	13.73	44.50	25.54	67.11	17.58	46.00	23.49
圧縮	トウモロコシ デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	1.61	0.53	3.80	1.27	3.89	1.30	4.59	1.60
		木部破断率 (%)	0.00	0.00	5.67	7.04	41.67	43.86	38.44	36.87
	馬鈴薯 デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	2.00	0.59	3.37	0.88	2.38	0.89	3.73	0.94
		木部破断率 (%)	1.39	3.35	29.06	32.16	1.67	3.83	57.94	43.16
	小麦 デンプン糊	せん断接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	5.35	1.06	5.65	1.06	7.08	1.81	7.02	0.64
		木部破断率 (%)	16.88	14.58	29.79	24.82	72.17	29.15	72.92	34.16

### 3.3 小麦デンプン糊のせん断接着強さと塗布量の関係

図3に小麦デンプン糊の加熱前・常態試験におけるせん断接着強さと塗布量を示す。引張りと圧縮の共にせん断接着強さと塗布量には相関関係が認められ、塗布量が大きくなる

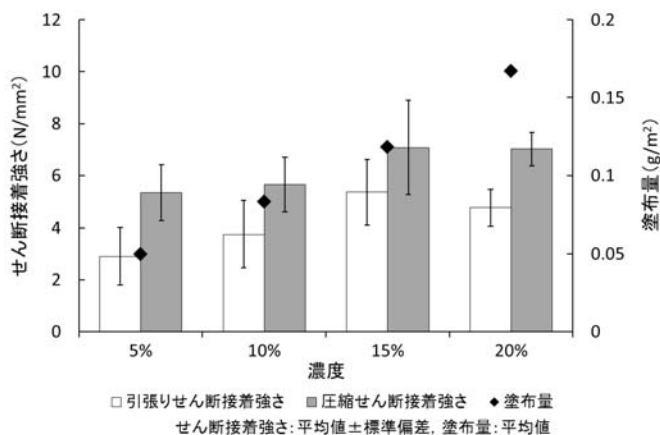


図3 小麦デンプン糊の加熱前・常態試験におけるせん断接着強さと塗布量

とせん断接着強さも大きくなる傾向を示した。しかし、濃度15%から20%の間では塗布量は増加しているがせん断接着強さは同等の値を示した。以上のことから、高濃度になると共に塗布量は増加し、せん断接着強さも大きくなるものの、ある一定の濃度以上となった場合、木部での破壊となるため塗布量の増加はせん断接着強さの向上に寄与せず、被着材として用いたスギ材のせん断接着強さに左右されるのではないかと考えられる。

### 3.4 小麦デンプン糊と酢ビのせん断接着強さと木部破断率の比較

図4に加熱前・常態試験における小麦デンプン糊と酢ビのせん断接着強さと木部破断率を示す。最もせん断接着性能に優れていた濃度15, 20%について、圧縮せん断接着強さは酢ビと同等のせん断接着強さを得られたが、引張りせん断接着強さは酢ビの70%前後であった。また、木部破断率については、全ての濃度において酢ビより低い値を示し、酢ビと同等であった圧縮せん断接着強さ試験の濃度15, 20%の木部破断率は各76.2, 77.0%であった。以上のことから、小麦デンプン糊のせん断接着強さは酢ビと同等であり、木部破断率は低い値を示したものの、中学校技術・家庭科「技術分野」の木材によるものづくりでの接合部等への使用には十分な接着強さを有していると考えられる。また、小麦デンプン糊は酢ビと比較して接着層の脆性が高いのではないかと推測される。

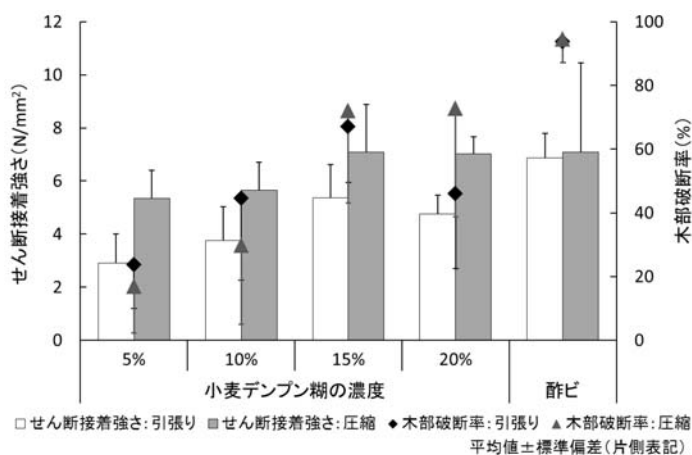


図4 加熱前・常態試験における小麦デンプン糊と酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤のせん断接着強さと木部破断率

### 3.5 小麦デンプン糊の加熱前と加熱後におけるせん断接着強さと木部破断率の比較

加熱前と加熱後の常態試験における小麦デンプン糊のせん断接着強さと木部破断率のうち図5に引張り、図6に圧縮の結果を示す。引張りについて酢ビと小麦デンプン糊の濃度5, 10, 15%では加熱によりせん断接着強さは低下したのに対し、濃度20%では増加した。また、圧縮については酢ビでは加熱前後で同等、小麦デンプン糊の濃度5, 10%では加熱によりせん断接着強さは低下したのに対し、濃度15, 20%では増加した。木部破断率においても同様の傾向を示した。全体の傾向としては、加熱によりデンプン糊のせん断接着性能は低下したことに加え、長期間保存した場合、腐敗による劣化も推測されることから、

貯蔵安定性は低いといえる。環境学習教材への利用を図る場合、調合後直ちに使用する、添加剤を加えるなどの対応が必要と考える。また、高濃度条件におけるせん断接着強さおよび木部破断率の増加は、デンプン糊の調合時における加熱不足によるものと推測されることから、適切な接着性能を得るための調合条件の明示が必要と考える。

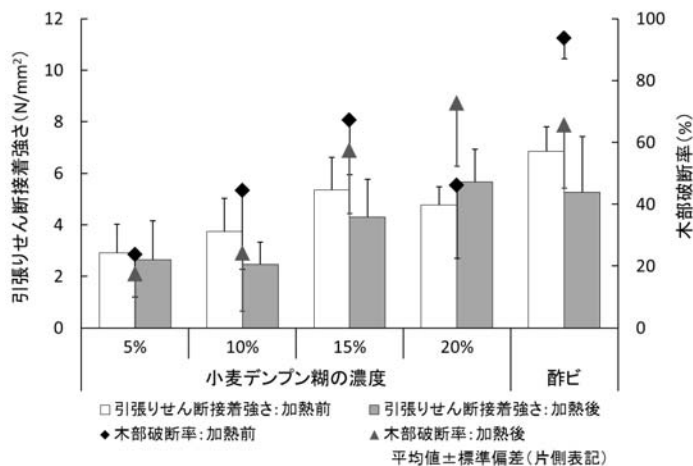


図5 加熱前と加熱後の常態試験における小麦デンプン糊の引張りせん断接着強さと木部破断率

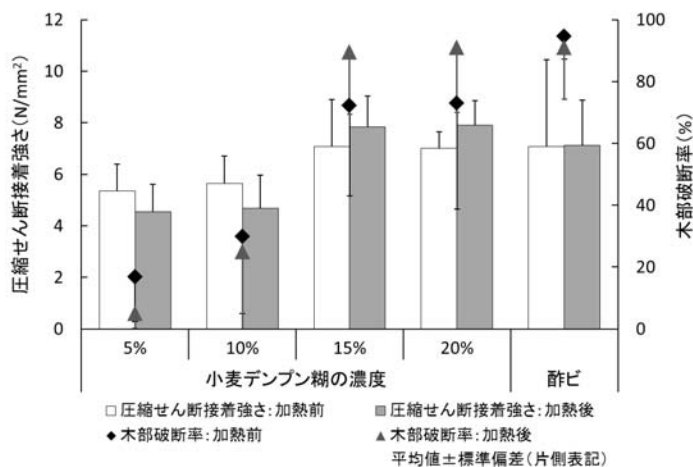


図6 加熱前と加熱後の常態試験における小麦デンプン糊の圧縮せん断接着強さと木部破断率

### 3.6 小麦デンプン糊の常態試験と耐水試験におけるせん断接着強さと木部破断率の比較

加熱前の常態試験と耐水試験における小麦デンプン糊のせん断接着強さと木部破断率のうち図7に引張り、図8に圧縮の結果を示す。引張りと圧縮の共に小麦デンプン糊の加熱前・耐水試験のせん断接着強さは加熱前・常態試験より低い値を示し、木部破断率は全ての濃度で0%となった。また、加熱前・耐水試験における小麦デンプン糊のせん断接着強さと

木部破断率は酢ピより低い値を示した。他のデンプン糊においても同様の傾向を示したことから、デンプン糊の耐水性能は著しく劣ると言える。このことは、デンプン糊は水が無くなると乾固して接着し、水に遭遇すると再び溶けて剥がすことができる、つまり再湿接着性に優れている<sup>2)</sup>ことを示し、適切に調合したデンプン糊を用いることで使用期間に応じた接着力を発揮し、解体が容易に行うことが可能となる、つまり環境学習教材として有効ではないかと考える。

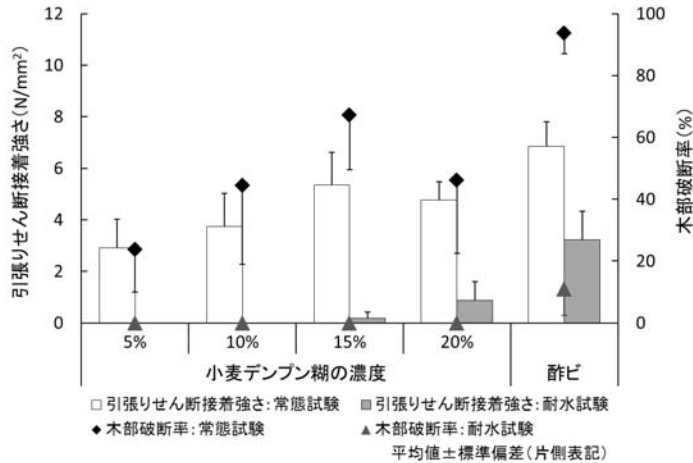


図7 加熱前の常態試験と耐水試験における小麦デンプン糊の引張りせん断接着強さと木部破断率

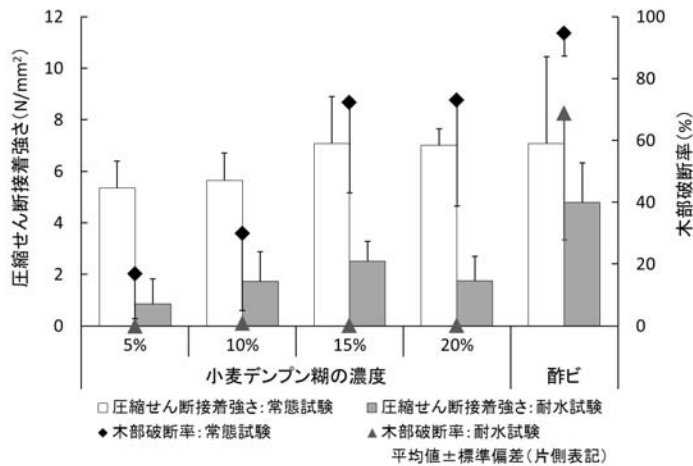


図8 加熱前の常態試験と耐水試験における小麦デンプン糊の圧縮せん断接着強さと木部破断率

#### 4. 結 言

木材と天然系接着剤を用いた環境学習教材の開発に関する基礎的検討のうち、本研究ではデンプン糊によるスギ材の接着性能について、以下の知見を得た。



- 1) pH は全ての条件において 4 ~ 6 の弱酸性を示した。また、塗布量は種類や濃度によって異なり、濃度が高くなると塗布量も増加した。
- 2) 小麦デンプン糊の濃度15%前後が最も接着性能に優れており、酢ビに比べ木部破断率は低かったものの同等のせん断接着強さを示した。
- 3) 塗布量の増加はデンプン糊の接着性能の向上に影響を与えるが一定の濃度以上では接着性能の向上に寄与しない。
- 4) デンプン糊の貯蔵安定性と耐水性能は低かった。

以上のことから、デンプン糊は木材の有効利用やりサイクルについて実践的・体験的な学習活動を進めるための環境学習教材に適した接着剤である可能性が示唆された。

#### 【参考文献】

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭科編，教育図書，14-18（2008）
- 2) 小西信：被着材から見た接着技術木質材料編，日刊工業新聞社，97-101（2003）
- 3) 城代進，鮫島一彦：木材科学講座 4 化学，海青社，96-98（1993）
- 4) 芝崎一郎：接着百科（上），株式会社高分子刊行会，78-79（1975）
- 5) 小西信：被着材から見た接着技術木質材料編，日刊工業新聞社，218-221（2003）