

「木質材料用合成系接着剤と天然系接着剤の環境影響比較」報告書

2008年5月

積水化学工業（株）

1 一般的事項

1.1 評価実施者

所属機関：積水化学工業（株）環境・ライフラインカンパニー 京都研究所

名 前：中島 古史郎

連絡先：nakajima016@sekisui.jp

1.2 報告書作成日

2008 / 05 / 30

2 調査実施の目的

2.1 調査実施の理由

従来の石油由来成分からなる木質材料用合成系接着剤と、新開発の天然系素材を用いた接着剤の環境影響を LCA により評価し、その環境性能を把握する。

2.2 調査結果の用途

新開発の天然系素材を用いた接着剤の環境性能を把握すると共に、環境影響の改善に必要なプロセスを明確にし、設計並びに生産における改善のための情報提供を行う。

3 調査範囲

3.1 調査対象とその仕様

日本国内で製造、使用、廃棄される木質材料用接着剤単品（重量：1kg）。

3.2 機能および機能単位

木質材料として、“リサイクル・エンジニアード・ウッド”（商品名：積水化学『エコバリューウッド』）を想定し、その機能単位として以下2項目を満たす事とした。

(1) 木質接着成形軸材料の品質基準

(2) S P F 甲種 2 級の基準強度

即ち、木質材料に使用した場合に、一定の品質ばらつきと所定の接着強度を発現出来る機能を定義した。

3.3 システム境界

資源採取から製造まで（図 3.2-1）。

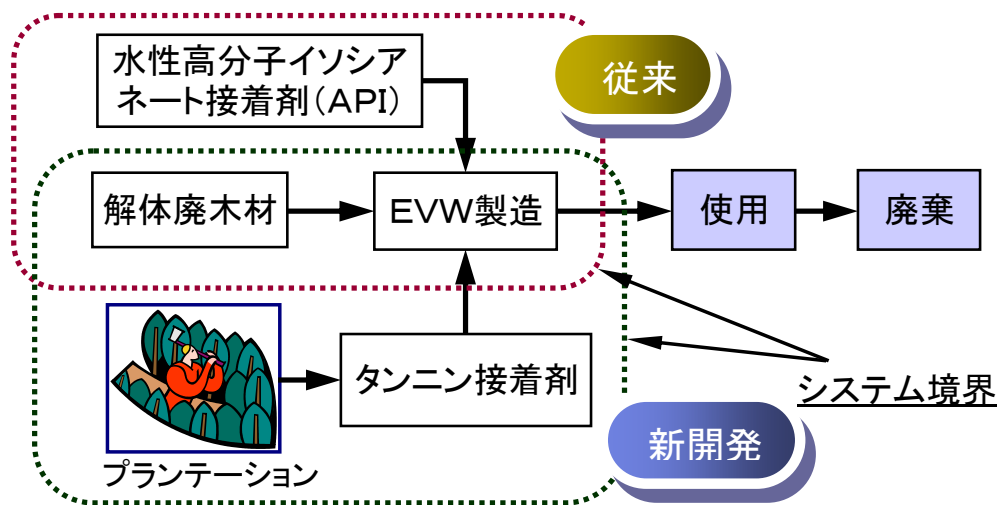


図 3.2-1 接着剤と木質建材製品システムおよびシステム境界

3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

本環境評価では、従来の合成系接着剤については、製造までのインベントリ分析を行った文献¹⁾データを用いる。従って、システム境界は 資源採取～製造までとした。

また、L I M E 2 は日本国内を対象としているので、海外輸送段階での環境負荷を考慮しない。

4 インベントリ分析

4.1 フォアグラウンドデータ

従来の石油由来の合成系接着剤(A P I : 水性高分子イソシアネート)については澤田ら¹⁾の調査結果を採用した。天然系素材を用いた接着剤 (タンニン接着剤) については、自社工場におけるデータを採用した。木質材料として、“リサイクル・エンジニアード・ウッド” (商品名: 積水化学『エコバリューウッド』) を想定し、自社工場におけるデータを採用した。

4.2 バックグラウンドデータ

産業環境管理協会の L C A ソフト『J E M A I - P r o』²⁾ のデータベース及びオプション『データパック』³⁾ を利用した。

4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.3-1, 表 4.3-2 に、A P I 接着剤（1 k g）およびタンニン接着剤（1 k g）のインベントリ分析の対象とした項目と分析結果の一覧を示す。

表 4.3-1 A P I 接着剤の L C I 分析結果（単位 [kg/kg]）

	No.	名 前	単位	製造
				全体
Resources	1	Al(資源)	kg	5.05E-07
	2	Cu(資源)	kg	1.05E-07
	3	Pb(資源)	kg	3.85E-09
	4	U(資源)	kg	2.66E-06
	5	Zn(資源)	kg	2.14E-08
	6	ケイ砂	kg	3.12E-08
	7	一般炭	kg	4.18E-02
	8	原料炭	kg	1.47E-07
	9	原油(資源)	kg	4.76E-01
	10	天然ガス	kg	2.85E-02
	11	石灰石	kg	6.63E-05
Air	1	CO2	kg	8.97E-01
	2	As	kg	2.52E-09
	3	CH4	kg	4.36E-05
	4	Cd	kg	2.08E-10
	5	Cr	kg	4.59E-09
	6	Hg	kg	3.04E-09
	7	N2O	kg	3.73E-05
	8	NMHC	kg	5.55E-06
	9	NOx	kg	4.28E-04
	10	NOx(移動発生源)	kg	6.31E-05
	11	Ni	kg	5.15E-09
	12	PM10(移動発生源)	kg	4.62E-06
	13	Pb	kg	1.21E-08
	14	SO2	kg	8.50E-04
	15	SOx	kg	7.18E-05
	16	ばいじん	kg	1.01E-04
	17	炭化水素	kg	1.35E-05
Water	1	As	kg	5.02E-12
	2	BOD	kg	1.02E-04
	3	Cd	kg	7.52E-13
	4	Cr	kg	1.50E-11
	5	Hg	kg	5.02E-13
Industrial	1	がれき類(埋立)	kg	1.56E-10
	2	低レベル放射性廃棄物	kg	1.86E-06
	3	廃プラスチック類(埋立)	kg	7.88E-11
	4	産廃・埋立廃棄物(特定せず)	kg	6.23E-09
	5	鉱さい(埋立)	kg	2.02E-07

注) 文献¹⁾ データより算出。

表 4.3-2 タンニン接着剤の L C I 分析結果 (単位 [kg/kg])

	No.	名 前	単位	全体	素材	
					粉末タンニン製造	接着剤製造
Resources	1	Al(資源)	kg	4.97E-07		4.97E-07
	2	Cu(資源)	kg	1.03E-07		1.03E-07
	3	Pb(資源)	kg	3.79E-09		3.79E-09
	4	U(資源)	kg	7.97E-07	2.56E-11	7.97E-07
	5	Zn(資源)	kg	2.10E-08		2.10E-08
	6	ケイ砂	kg	3.07E-08		3.07E-08
	7	一般炭	kg	2.37E-02	1.09E-06	2.37E-02
	8	原料炭	kg	1.45E-07		1.45E-07
	9	原油(資源)	kg	9.43E-02	2.61E-02	6.83E-02
	10	天然ガス	kg	3.60E-02	3.60E-04	3.57E-02
	11	石灰石	kg	5.08E-06		5.08E-06
Air	1	CO2	kg	3.69E-01	8.29E-02	2.87E-01
	2	As	kg	7.51E-10		7.51E-10
	3	CH4	kg	7.46E-06	2.84E-11	7.46E-06
	4	Cd	kg	6.21E-11		6.21E-11
	5	Cr	kg	1.37E-09		1.37E-09
	6	Hg	kg	9.07E-10		9.07E-10
	7	N2O	kg	1.93E-05	1.35E-06	1.79E-05
	8	NMHC	kg	1.66E-06		1.66E-06
	9	NOx	kg	1.42E-04	2.39E-05	1.18E-04
	10	NOx(移動発生源)	kg	7.91E-05	3.41E-05	4.49E-05
	11	Ni	kg	1.54E-09	5.80E-05	1.54E-09
	12	PM10(移動発生源)	kg	6.55E-06		4.16E-06
	13	Pb	kg	3.60E-09		3.60E-09
	14	SO2	kg	1.45E-04		1.42E-04
	15	SOx	kg	2.82E-05	1.27E-06	2.69E-05
	16	ばいじん	kg	2.54E-05		2.27E-05
	17	ばいじん(移動発生源)	kg	9.70E-09		9.70E-09
	18	炭化水素	kg	1.81E-05		1.28E-05
Water	1	As	kg	4.93E-12		4.93E-12
	2	BOD	kg	6.74E-06		6.74E-06
	3	Cd	kg	7.40E-13		7.40E-13
	4	Cr	kg	1.48E-11		1.48E-11
	5	Hg	kg	4.93E-13		4.93E-13
Industrial	1	がれき類(埋立)	kg	1.54E-10		1.54E-10
	2	低レベル放射性廃棄物	kg	5.57E-07		5.57E-07
	3	廃プラスチック類(埋立)	kg	7.75E-11		7.75E-11
	4	産廃・埋立廃棄物(特定せず)	kg	6.13E-09		6.13E-09
	5	鉱さい(埋立)	kg	1.99E-07		1.99E-07

5 インパクト評価

5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法LIME2を利用し，特性化，被害評価，統合化の3ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域について表5.1-1に示す。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

	特性化	被害評価	統合化
資源消費（エネルギー）	○	○	○
資源消費（鉱物）	○	○	○
地球温暖化	○	○	○
都市域大気汚染	—	○	○
オゾン層破壊			
酸性化	○	○	○
富栄養化	○	○	○
光化学オキシダント	○	○	○
人間毒性			
生態毒性			
室内空気質	—		
騒音	—		
廃棄物			
土地利用	※	※	※

※：LIME 計算シートでは非対応

—：LIME の係数なし

5.2 インパクト評価結果

5.2.1 特性化

A P I 接着剤、タンニン接着剤の特性化結果として、資源（エネルギー）消費と酸性化に関する結果を図 5.2-1、図 5.2-2 に示す。エネルギー消費においてはタンニン接着剤の天然ガス消費の影響が大きい一方で、総量に差は殆ど無い。酸性化においてはA P I 接着剤は成分製造の窒素酸化物排出による影響が大きく、タンニン接着剤の2倍以上の負荷となっている。その他の影響領域も含めると、地球温暖化、富栄養化などでも酸性化と同じく、A P I 接着剤は、タンニン接着剤の2倍を越える負荷となり、鉱物資源消費では天然系素材から製造したタンニン接着剤は、A P I 接着剤の約1/3の負荷となって、優位であるという結果となった。

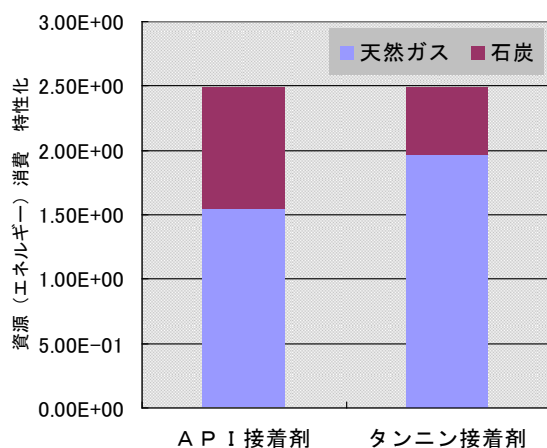


図 5.2-1 特性化結果(エネルギー消費)

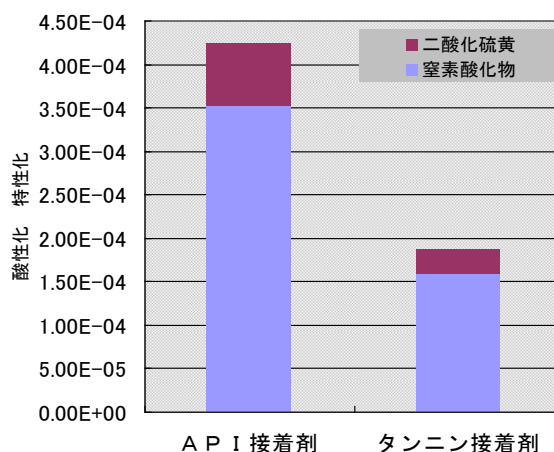


図 5.2-2 特性化結果(酸性化)

5.2.2 被害評価

図 5.2-3～図 5.2-4 に 4 つの保護対象に対する被害評価結果（物質別内訳）を示す。人間健康と社会資産では特に両者の環境影響における差が 2 倍以上と大きく、一次生産及び生物多様性でも傾向は同じで、タンニン接着剤は A P I 接着剤より優位となった。その原因として、A P I 接着剤の合成成分の製造が天然素材タンニンを用いるより多いことが挙げられる。

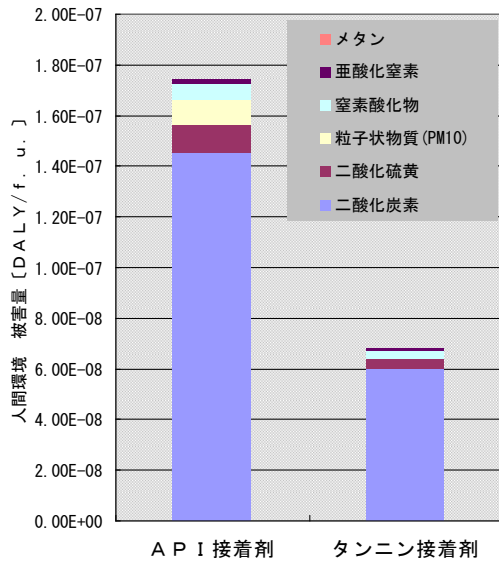


図 5.2-3 被害評価結果(人間健康)

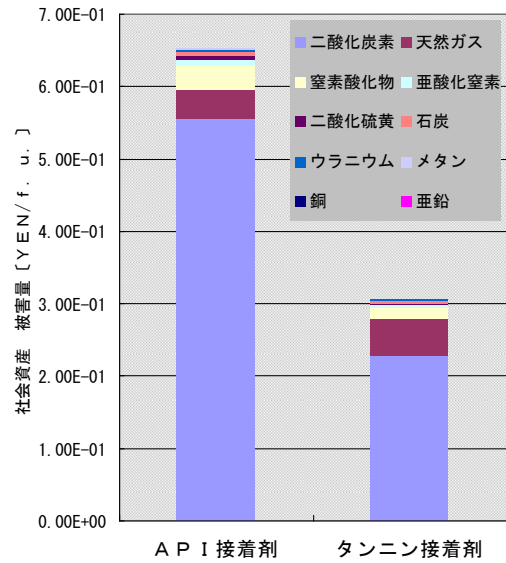


図 5.2-4 被害評価結果(社会資産)

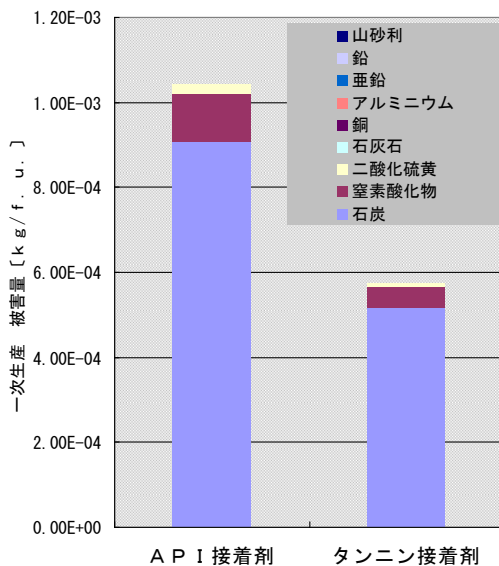


図 5.2-5 被害評価結果(一次生産)

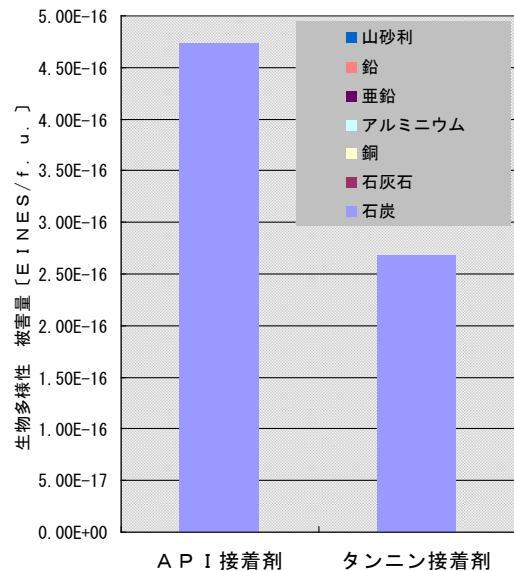


図 5.2-6 被害評価結果(生物多様性)

API 接着剤とタンニン接着剤の間に大きな差が確認された人間健康と、やや差が小さい一次生産についてプロセス別の内訳を図 5.2-7, 図 5.2-8 に示す。タンニン接着剤において、海外でプランテーションを行い、粉末タンニン製造するまでを「素材」としている。人間健康では、日本の工場では接着剤製造の際の環境影響は、タンニン接着剤が 1 / 4 程度にとどまる事が推測される。また、一次生産ではタンニン粉末製造段階における被害が非常に小さく、また接着剤製造時の投入電力が両者ほぼ等しい事から、合成成分に起因していると思われる。

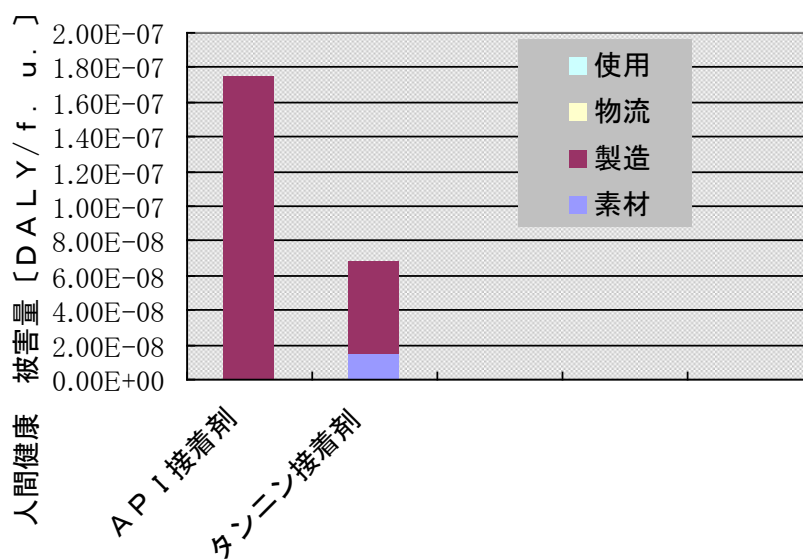


図 5.2-7 プロセス別人間健康被害

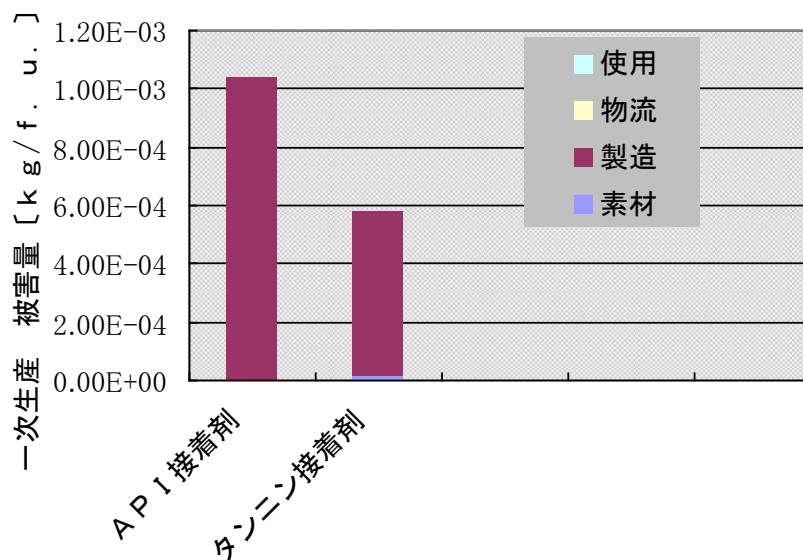


図 5.2-8 プロセス別一次生産被害

5.2.3 統合化

図 5.2-9 にAPI接着剤，タンニン接着剤の統合化結果（物質別）を示す。資源採取～製造の環境影響としては，API接着剤，タンニン接着剤で共通して影響割合が大きい項目は，CO₂の排出である。ただし，合成系のAPI接着剤ではSO₂やPM10の排出による影響が少なからず認められる点はタンニン接着剤とは異なる特徴である。

また，図 5.2-10 にはプロセス別の内訳を，図 5.2-11 には影響領域別の内訳を示す。図 5.2-10 より，プロセス別では，タンニン接着剤の海外プラントにおける影響（=素材）は，自家発電設備で人手を多く用いた工程である事などから，影響が非常に小さい。影響領域別に見ると，地球温暖化，都市域大気汚染，非生物系資源消費の影響が顕著であった。

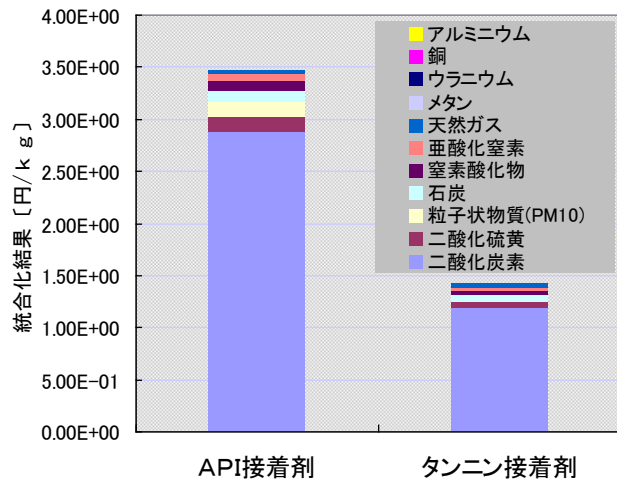


図 5.2-9 統合化結果（物質別）

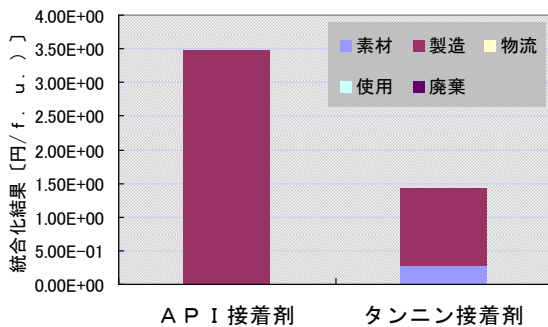


図 5.2-10 統合化結果（プロセス別）

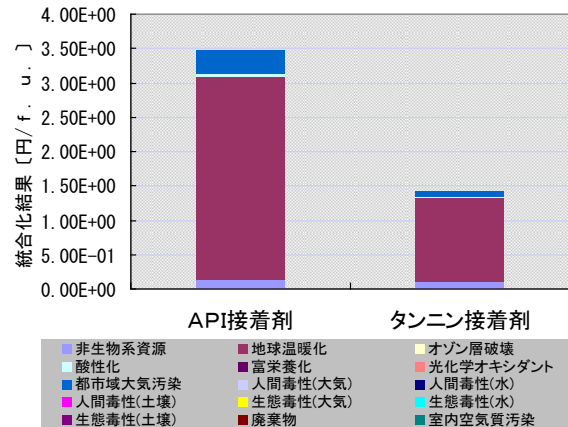


図 5.2-11 統合化結果（影響領域別）

6 結論

6.1 調査結果のまとめ

A P I 接着剤、タンニン接着剤を対象として、資源採取から製造までの環境影響の評価を行った。環境影響は社会コストとしてA P I 接着剤（1 k g 当り）では約3. 5円、タンニン接着剤（1 k g 当り）では約1. 4円と算出された。現在、市販A P I 接着剤（1 k g 当り）は約350円であり、木質材料向け接着剤の社会コストは、ライフ（資源採取～製造）サイクルコストの約1%程度と推定される。

接着剤に関わる影響としては主に合成成分の製造が大きな影響割合を占めていた。特に、CO₂、CH₄の排出および原油の消費による影響が大きく、その結果として地球温暖化、都市域大気汚染、および非生物系資源消費に対する影響が想定される主要な環境影響であることが明らかとなった。

木質材料向け接着剤の環境影響削減のためには、合成系から天然系素材にシフトし、環境負荷物質の排出を抑制することが効果的であり、近年ホルムアルデヒドを含有していない特長などから使用が増した水性高分子イソシアネート接着剤（合成系）と比較して、タンニン接着剤（天然系）は環境影響を半減するポテンシャルを示した。

6.2 限界と今後の課題

今回の評価では、比較対象とした文献のシステム境界に合わせて、対象としたプロセス（資源採取～接着剤製造）は限られたものとなり、網羅性を欠く事から、結果の妥当性は限定されたものと考えられる。また、L I M E 2は日本国内を対象としているので、海外でプランテーションした天然素材の海外輸送段階での環境負荷を除外したが今後検討は必要であろう。一方、評価対象物質では木質材料使用時の化学物質類の放散や、廃棄燃焼時の発生化学物質についての調査を行っていないため、評価結果に与える影響度は不明であり、評価対象物質の網羅性としては十分であるとはいえない可能性がある。

現在は木質材料の製造工場では、更なる省エネ・環境負荷低減に向け、端材利用の木チップボイラー導入が多くなってきており、こうしたシステム全体のL C I Aは次のステップで検討が必要である。

参考文献

- 1) 澤田幸伸, 安藤恵介, 服部順昭, 田村靖夫 (2006) : 木質材料に使われる接着剤のインベントリ分析, 木材学会誌, vol.52, No4, p 235-240
- 2) (社) 産業環境管理協会 (2005) : L C A ソフト "JEMAI-LCA Pro ver.2.1.2"
- 3) (社) 産業環境管理協会 (2006) : L C A ソフト "JEMAI-LCA Pro オプションデータパック"