

報告 ライフサイクルアセスメントの概念を取り入れた  
 廃棄木材利用教材製造を通して考える  
 環境調和型製品に関する教育

杉森 正敏\* 谷口 敦哉\*\* 今井 一馬\*\*\*  
 愛媛大学農学部\* 岐阜県加茂郡白川町立白川小学校\*\* 岐阜市教育情報センター\*\*\*

Learning Environmentally Friendly Products Evaluated by the Concept  
 of Life Cycle Assessment through Making Wood Based Material

Masatoshi SUGIMORI\* Atsuya TANIGUCHI\*\* Kazuma IMAI\*\*\*  
 Faculty of Agriculture, Ehime University\* Shirakawa Elementary School\*\*  
 Gifu Network Center\*\*\*  
 (受理日1999年7月10日)

Some people are suffering from formaldehyde vaporized from wood-based materials, such as a particleboard even in their home. It makes us wonder that although wood materials are environmentally friendly, some of wood-based products are not. This misleading is due to shortsighted evaluation. It should be considered the environmental evaluation of every stage in a product's life cycle—from the extraction of the raw materials from the ground through the processing, manufacturing, and transportation phases, ending with use and disposal or recycling. Life cycle assessment (LCA) is one of such environmental evaluation methods. LCA is expected to become a criterion of ecolabeling, which gives consumers information about products' environmental evaluation.

It is said that consumers are being likely to choose environmentally friendly products and it promotes manufacturers to produce such products. And LCA focuses on the whole process of products' environmental burdens. Then this may let manufacturers reduce environmental burdens during the process of products. It is useful to reduce total environmental burdens in the society.

In this paper, we discuss about teaching and considering products' evaluation using with a concept of life cycle assessment (LCA) through making a particleboard and dissemination of environmentally friendly products using with ecolabeling.

Key words : ecolabeling, environmental education, life cycle assessment, particleboard, wood-based material

1. はじめに

持続可能な社会における森林の役割はきわめて重要である。森林は、生物多様性を維持する場であり、砂漠化防止に果たす機能が認められている。

また、平成9年12月に開催された地球温暖化防止京都会議（UNFCCC COP3 Kyoto）においても、森林の二酸化炭素固定能力があらためて見直された。さらに、非更新性の資源に対して、われわれが建築、家具および燃料として利用している最も

(問い合わせ先) 〒790-8566 松山市樽味3-5-7 愛媛大学農学部森林資源 杉森正敏

E-Mail : sugimori@agr.chime-u.ac.jp

多いバイオマスである木材の供給源である。このような視点から、持続可能な社会にとって森林の保全・育成と木材の有効利用はどうあるべきかについての教育が必要であると思われる。

特に、木材は自然のシステムにおける物質循環に乗っており、しかも、加工エネルギーが小さく、廃棄・燃焼に際し有害物質の排出が少ないにもかかわらず、現在われわれが使用している木材および木材を原料にした材料（木質材料）は、その使用、廃棄ならびにリサイクル過程で環境への負荷を増大させていることが多い。これは、従来、環境調和型製品に関して、たとえば木材のリサイクル製品であるという点だけを評価して、環境にやさしいとしていたことに起因している。持続可能な森林経営により環境にやさしい方法で生産された木材が、その後の段階で環境への負荷を大きくしてしまえば、社会全体の環境負荷を小さくする上で意味がない。

このことは、木材製品だけの問題ではない。すべての製品は、その生産から最終廃棄物となるまでの生涯において、何らかの環境負荷をもたらしており、環境への負荷の大小を論じるとき、ある場面における一面的な要素だけに着目するのではなく、その製品の「ゆりかごから墓場まで（From the cradle to the grave）」を考え、なるべく定量的かつ総合的に評価すべきである（エコマテリアル研究会、1995）と言われる。このための手法として、ライフサイクルアセスメント（LCA）が注目されている。

このようなLCAは、環境負荷が小さい製品の設計時に有効な手法であるだけでなく、環境ラベル（エコラベル）の認定により消費者への公平な情報の提供とそれによる製品の選択の判断根拠を与えるなどの役割が期待される。

そこで、当研究では、エコマーク認定製品類型にある廃木材等を使用したボードを実際に製造することにより、材料としての木材の役割と今後の有効利用を考える教材について検討した。この際、LCAの概念を取り入れることで、製品のライフステージ全般に渡り様々な環境負荷を考慮することが、今後の産業における物づくりの基本であるこ

とを理解させて、LCAによる評価を生かし、消費生活の中で総合的に製品を選択できる能力を養うことを目的とする教材を開発した。これについて、中学校技術・家庭科木材加工領域で授業実践した結果を報告する。

## 2. 資源の有効利用ならびに消費者教育に関する環境教育

ゴミ問題やリサイクルなどの資源の有効利用ならびに消費者教育の一環として環境にやさしい商品を選択するという視点からの環境教育教材については、これまでに多数の研究実践が積み重ねられてきている。ゴミの分別収集とそれによる生活規制について考えさせる教材（小関禮子、1992）や分別収集することによってゴミを資源として利用するだけでなくゴミそのものを減量することに焦点を当てる教材（阿部敏恵ら、1992）などが一例としてあげられる。体験を通してリサイクルについて考えさせる教材としては、牛乳パックを用いるもの（安田まさ子、1997）、アルミ缶を用いるもの（佐藤博ら、1995）、使用済み用紙を用いるもの（谷口義昭ら、1995）などがある。また、ベオグランド憲章の環境教育の目標は、環境問題の要因を物質の生産・消費・廃棄という現象として捉えるのではなく、人の行動の結果として捉える点であるとして、多消費型のライフスタイルが都市・生活型公害を引き起こしていることを考慮して、消費者教育に環境教育を強く反映させていくべきであるとする「環境にやさしい商品を選ぶ」という教材（渡辺彩子、1992）が報告されている。これらは、「使い捨て文化にどっぷりと浸かり、資源の枯渇と環境汚染を招いている私たちの生活様式を見直し、グリーンコンシューマーとして実践できる人を育てる環境教育と、生産－流通－消費－廃棄－再生という一連の循環過程の中でごみ問題をとらえ、社会経済システムを変革していくこと」（北野日出男、木俣美樹男、1992）という観点からの教材化ということができる。

当研究では、これらをベースにして、生産－流通－消費－廃棄－再生という一連の循環過程についての環境負荷を考える際にライフサイクルアセ

表1 製品ライフステージ環境負荷項目選定表（日本環境協会エコマーク事務局，1997a）

環境負荷項目	製品のライフステージ					
	A. 資源採取	B. 製 造	C. 流 通	D. 使用消費	E. 廃 棄	F. リサイクル
1. 資源の消費						
2. 地球温暖化影響物質の排出						
3. オゾン層破壊物質の排出						
4. 生態系の破壊						
5. 大気汚染物質の排出						
6. 水質汚染物質の排出						
7. 廃棄物の排出・廃棄						
8. 有害物質等の使用・廃棄						
9. その他の環境負荷						

メントの概念を取り入れることにより、「ものづくり」におけるトータルの環境負荷低減と、それを促すわれわれの消費者行動について理解することが重要であると考えて教材化を進めた。

### 3. 環境調和型製品に関する考え方とエコラベルによる普及

#### 3.1 ライフサイクルアセスメント

木材は、生分解性があり、燃焼時にも有害物質の排出が少ないなど環境負荷が小さいという性質を持っている。しかし、これらの性質は、使用中に「腐る、変形する、燃える」という特徴となるため、従来欠点と考えられていた。これらを克服することが高付加価値化であるとされて、耐用年数を増加させるために、防腐剤処理を施してきた。また、加工が容易なため、残廃材を利用して木材を小片・繊維化した後に、接着剤を用い成形熱圧することにより木質ボードを製造してきた。これらは、一面では、木材中に一旦固定された大気中のCO<sub>2</sub>を再び大気に戻す期間を長くしたり、建築解体材、廃パレット、廃梱包材などを原料にした木材のリサイクルという側面を持っている。しかし、他面では、このような高付加価値化は、有害な物質を利用する場合には高環境負荷化である。

最近になって、建築材料に使用されたホルマリン

残留物からそれらの使用時に揮発したホルムアルデヒドによってシックハウス症候群が引き起こされることが広く知られるようになってきた。環境負荷の小さい木材を用い環境および人間の健康面への負荷を大きくしていることから、環境調和型製品とは何かを考え、教える必要がある。

このような製品などの環境負荷を評価する手法としてのLCAについては、現段階では手法として確立されておらず、また、事業者や研究機関が共有できる客観的で正確なデータベースが整備されていないため、その結果や評価において個々の事業者や研究機関による相違や偏りが見られることもあり、信頼性に欠けるという問題点が起きている（環境情報科学センター、1996）と言われる。しかし、LCA的な考え方そのものは環境問題を考えるうえで絶対的とも思える要件であり、その厳密な定義にこだわるより、むしろいろいろな対策を評価するあらゆる機会に、いかにLCA的な考え方を取り入れていくかが重要である（エコマテリアル研究会、1995）という認識が正しいと思われる。

#### 3.2 エコラベル

我が国の代表的な環境ラベルであるエコマークも、その認定基準が、1996年3月1日に改定され、LCAの概念を取り入れることとなり、「製品ライ

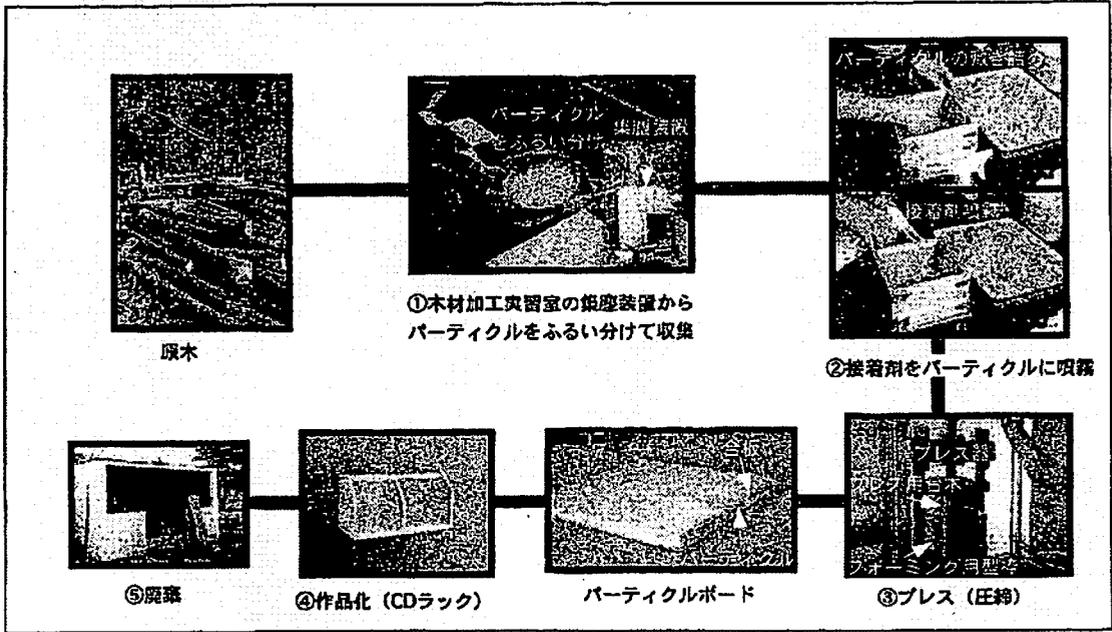


図1 実習で製造するパーティクルボードのライフサイクル

「フステージ環境負荷項目選定表」(表1)を使い、その商品類型で重要と考えられる負荷項目を選び、その負荷項目ごとに先導的な商品が選定されるようなレベルで定性的または定量的な認定基準を策定することとなった(日本環境協会エコマーク事務局、1997a)。現在、エコマーク付きの製品の普及は低調で、購入されにくい。その要因の一つとして認定基準の信頼性の問題、再生材へのマイナスイメージ、効果の実感のしにくさ、販売価格の割高感など消費活動に深く関わる問題点や複数の環境ラベルの混在、率先してマーク付きの製品を購入する主体がないといった社会体制の問題点が挙げられている(中野、1995)。しかし、将来、客観的で正確なLCAデータベースが整備されて、エコマークの認定基準として採用されれば、エコマークは日本における統一的環境調和型製品の指標として機能する可能性がある。LCAはこのような国内での統一な基準として実施されることにより混乱を避けることができ、環境調和型製品の普及手段としてのエコラベルと同時に考え、教えることが適切であると考えられる。

#### 4. パーティクルボードの製造

##### 4.1 廃木材を使用したボード

木くずは、木材工業生産、建築物の解体、新築工事、コンクリート型枠、パレット、梱包、家具および土木工事などの廃棄物として発生しており、我が国で年間4800万立方メートルと推定されている。このうちの大半を占めるのが木材工業生産および建築物の解体である。ただし、木材工業生産時に出る木くずは、ボードやパルプ用チップや、燃料、きのご培地等として幅広く利用されてきており、ほとんど「ごみ」になっていない。しかし、建築物の解体材は、ほとんどがごみとなっており、不法投棄や野焼きの原因ともなっている(秋山、1993)。

このような木くずを原料にした木質ボードは木材資源の有効利用を促進する製品である。その代表的な製品であるパーティクルボードは、木材の小片(パーティクル)を接着剤を用いてフォーミング・プレスした板状材料である。その用途は、建築物の床や壁の下地、家具類、および音響機器等

と幅広い。エコマークの商品類型中には、「廃木材等を使用したボード」（日本環境協会エコマーク事務局、1997b）として、原料に廃棄木材等（製材残材、解体廃材、廃材又はもみがら）を90%以上使用し再加工したものであって、添加剤等に有害物質が含有されないことなどの認定基準が定められている。しかしながら、前述したようにホルムアルデヒド残留物が問題となっている。

#### 4.2 材料および製造器具

材料としては、岐阜大学教育学部技術教育講座木材加工実習室から排出された木くずの中から採取したパーティクル（図1参照）および3プライ合板（厚さ約3.7mm）、接着剤として木材加工で一般的に使用されている木工用ボンド（コニシ株式会社CH18酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤）を用いた。

製造器具としては、パーティクル選別用ふるい、スプレー、フォーミング用型枠（図2（a））、フォーミング用押さえ板（図2（b））、アルミ板（図2（c））、鉄板（図2（d））、アクリル板（図2（e））、プレス用台木（図2（f））、プレス器（東洋精器製作所製）を用いた。フォーミング用型枠は、160mm×160mmの寸法で、フォーミングの際にできるだけ端面ま

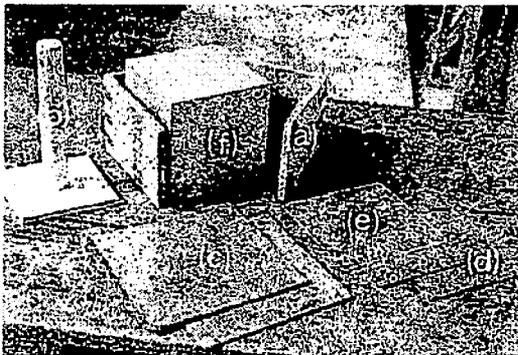


図2 フォーミングに用いた器具  
 (a) フォーミング用型枠 (b) フォーミング用押さえ板  
 (c) アルミ板 (d) 鉄板 (e) アクリル版 (f) プレス用台木

でパーティクルが敷き詰められるように側面を囲むようにした。このままでは、プレス時にボード端面から水分が蒸発し難いため、欵番や止め金具

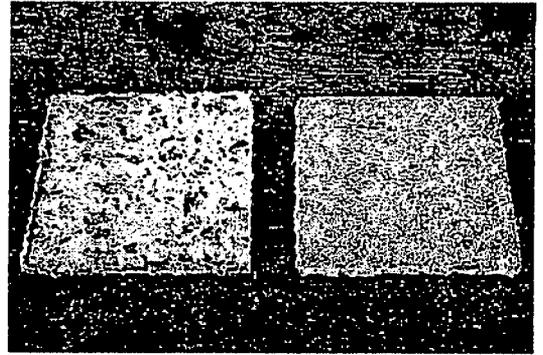


図3 プレス解除後の素地パーティクルボード（左）と合板を両面に貼ったパーティクルボード（右）

等によって取り外しができるようにした。

#### 4.3 パーティクルに接着剤噴霧、フォーミングおよびプレス

予備実験において、表面に合板を用いないパーティクルボードも製造したが、強度が小さいため、用途が限られてしまうことがわかったので、以下の①から⑧の工程で表裏両面に合板を用いるパーティクルボードの製造を行うこととした。

- ①アルミ板を敷いた上にフォーミング用型枠を置く。その中に鉄板とアクリル板を置き、接着剤を塗布した合板を重ねる。
- ②パーティクルを1cmの厚さを目安に敷き詰め（図1参照）、フォーミング用押さえ板で押さえて平らにならす。
- ③接着剤と水を3：2で混合し、スプレーでパーティクルに均等に噴霧する（図1参照）。
- ④フォーミング用型枠の底面から約10cmまで、②と③の工程をくり返す。
- ⑤接着剤を塗布した合板、アクリル板、および鉄板を上から重ね、その上にプレス用台木をのせる（図1参照）。
- ⑥プレス器に移し圧縮してから、フォーミング用型枠を取り外す（図1参照）。
- ⑦時間経過とともに水分が蒸発してボードの厚さが減少するので、密度を高めるために1日ごとにプレスを強めていく。
- ⑧1週間前後でプレスを解除する。

プレス解除後のパーティクルボードを図3に示

した。参考のため、図中左に表面に合板を用いないボードも示した。図中右のボードの端面を研磨して、題材製作に用いる。

#### 4.4 製造したパーティクルボードを用いた製作題材の考案

合板を両面に貼ったパーティクルボードは、実習用製作題材の材料として十分な強度を有していたが、寸法は型枠の大きさに制限されるため、今回製作したものは160mm×160mmであり、大きな製作題材に用いることはできない。また、釘は端面への打ち込みはできないため、接合に関しても制限を受ける。これらの点に配慮して、フォトフレーム、CDラックおよび鉛筆立てなどの製作題材を考案した。

ここには、実践授業に用いた鉛筆立ての完成品を、図4に示す。軸棒には丸棒部材を用いて、底板と鉛筆を立てる天板にはパーティクルボードを用いている。これらはボードを対角線上に切断したものであり、一枚のボードを一度切削するだけで主要な部品を切り出すことができる。天板には

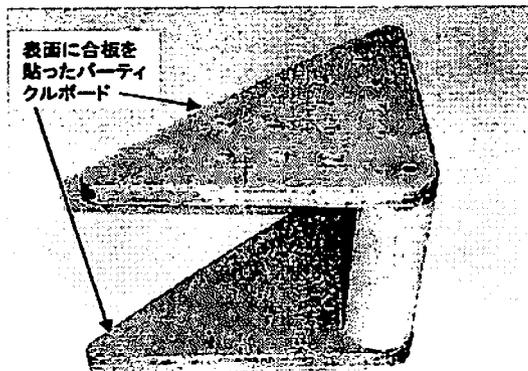


図4 鉛筆立て

鉛筆が入る大きさの穴をハンドドリルを用いて開け、底板・天板の角の部分木工用やすりを用いて丸みを施した。最後に、その底板と天板の間に軸棒を入れ、釘と接着剤により接合した。

### 5. 実践授業

実践授業は、岐阜市立陽南中学校の協力を得て、

技術科の選択授業希望者2年生10名を対象として平成9年12月11、18日に行った。

#### 5.1 授業の目的

中学校指導書技術・家庭編(文部省、1988)では、「日常生活や産業の中で果たしている木材の役割について考えさせる」とある。本題材では、エコマーク認定商品類型にある木材の再利用であるパーティクルボードの作品化により、材料としての木材の役割と今後の有効利用を考える。この際、LCAの概念を取り入れることで、製品のライフステージ全般に渡り、いわゆる製品のゆりかごから墓場までの様々な環境負荷を考慮することが、今後の産業における物づくりの基本であることを理解させる。さらに、LCAによる製品の評価を生かし、消費生活の中で総合的に製品を選択できる能力を養うことを目的とする。

#### 5.2 授業内容

授業構成は全2時間で、それぞれの時間で「木材の有効利用」、「LCAによる製品の評価」のテーマを持たせ、導入-展開-まとめという表2に示した授業案に沿って進めた。

##### 5.2.1 「木材の有効利用」(1時間目)

導入部分では、リサイクルについての認識を確かめるため、日常生活におけるリサイクル製品を生徒に挙げてもらうことにした。次に、木質ボードにおけるリサイクル製品のみを取り出し、木材の再利用について視点を向けさせる。しかし、木材のリサイクル製品(カラーボックス、防音壁など)は身の回りに多くあるが表面に化粧用材が貼ってあり実感しにくいいため、実際にそれらを提示して利用頻度が高いことを示す。ここで、展開部分として木材のカスケード型利用という視点から生徒に説明する。カスケード型利用の特徴をわかりやすくするため図5の「木材の多段階(カスケード型)利用」を模造紙によって提示し、木質材料は原料形態が原木からパーティクルまで種々の段階があり、排出される木くず等が再生利用に用いられることを生徒に伝える。生徒が木材の多段階

表2 授業案

時間	学習段階	予想される生徒の発言	教師の問いかけ
1/2	導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>●アルミ缶：金属材料 ノート：紙、ペットボトル：化石燃料etc.</li> <li>●リサイクルされた木材が、いろいろな木材製品に使われているようには見えない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;身の回りの物におけるリサイクルの認識</li> <li>●日常生活においてリサイクルされているものは何だろう。</li> <li>&gt;木質ボードにおけるリサイクルの認識と学習</li> <li>●身の回りの木材製品にはリサイクルされて使われているものが多くある。例えば、床や壁の下地ならびにカラーボックス、ラックなどの家具である。しかし、どのような形でこれらにリサイクルされているのだろうか。</li> </ul>
	展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;木材が多段階に利用できることを知り、リサイクルできる可能性に気付く。</li> <li>▽板材、柱材▽合板▽集成材▽パーティクルボード▽ファイバーボード</li> <li>&gt;パーティクルボードの原料と製造方法を知る(図6参照)。</li> <li>&gt;パーティクルボードの製造(図1参照)</li> <li>1.パーティクルボードの敷き詰め</li> <li>2.接着剤の塗布</li> <li>3.堆積(1と2の繰り返し)</li> <li>4.圧縮開始</li> <li>●木材がリサイクルできることを再確認するとともにその利用価値を考える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;木材の多段階利用についての学習</li> <li>●模造紙(図5参照)と実物による提示</li> <li>●木材のリサイクルの段階は様々で、用途によりいろいろな道筋をたどる(図5参照)。</li> <li>●今回は、リサイクル段階の1つであるパーティクルボードを実際につけてみよう。</li> <li>&gt;パーティクルボード製造の説明</li> <li>●製造過程をまとめた模造紙(図1参照)を提示し、製造に用いる道具、材料を手順にそって説明する(図2参照)。</li> <li>●パーティクルは木工室からでた木くずを使う。</li> <li>●ホルムアルデヒドを揮発しない木工用ボンド(酢酸ビニル樹脂系接着剤)を利用する。</li> <li>●接着や圧縮に熱などのエネルギーは使わない。</li> <li>&gt;木材の有効利用についての説明(図5参照)</li> </ul>
	まとめ	>授業後の感想を記入する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;授業の理解度の確認</li> <li>●今回作ったようなパーティクルボードがいろいろな所で利用されているのはどうしてだろうか。そのことも含めて感想を書かせる。</li> </ul>
2/2	導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;パーティクルボードの製作(続き)</li> <li>5.圧縮解除(図1参照)</li> <li>&gt;パーティクルボードを用いた題材(鉛筆立て)の製作(図4参照)</li> <li>&gt;作品鑑賞 CDラック、フォトフレーム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;前回の授業での感想を紹介する。(森林破壊や地球温暖化を考慮した感想を中心に紹介する。)</li> <li>&gt;材料として加工できることを実感させる。</li> </ul>
	展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>●予想される意見 安い；見た目(色・形)が良い；大きさ・重さがちょうど良い；リサイクルされているetc. このような製品選定で地球にやさしい製品を選べるだろうか？今、世界的な基準としてLCAの考え方がある。</li> <li>&gt;LCAのマトリックス表で市販のパーティクルボードと製作したものとを比較・考察する。</li> <li>&gt;普段の何気ない製品選定では、「使用」に当たる面しか考えていなかったことに気付く。</li> <li>&gt;ラベルによる製品選定や製品をつくる立場の努力に気付く。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;作品として利用できることを確認させる。</li> <li>&gt;作品を製品と見立て、これらの製品を購入することをイメージさせる。</li> <li>●自分達がいろいろな製品(ノート)を買うときに、どのようなことを基準にして選ぶか。</li> <li>●現在、LCAという基準が作られつつある。今回製作したパーティクルボードについてもその考え方を取り入れることができる。</li> <li>&gt;自分達が作ったパーティクルボードと市販されているパーティクルボードの製作各工程を辿りながらLCAのマトリックス表(表3参照)の項目を○, △, ×で評価する。</li> <li>&gt;発表で出てきた製品の選定基準をマトリックス表と照らし合わせて考えさせる。</li> <li>&gt;世界や日本での傾向を簡単に述べ、製品を買うときやものをつくるときの視点を広げさせる。</li> <li>●様々な製品を一目見てこのように評価することは大変難しい。しかし、環境負荷の少ない製品には、「エコマーク」認定品があるので、このような表示などを利用して消費活動をすることで、今回行ったような新しい評価ができそうである。</li> </ul>
	まとめ	>授業後の感想を記入する。	

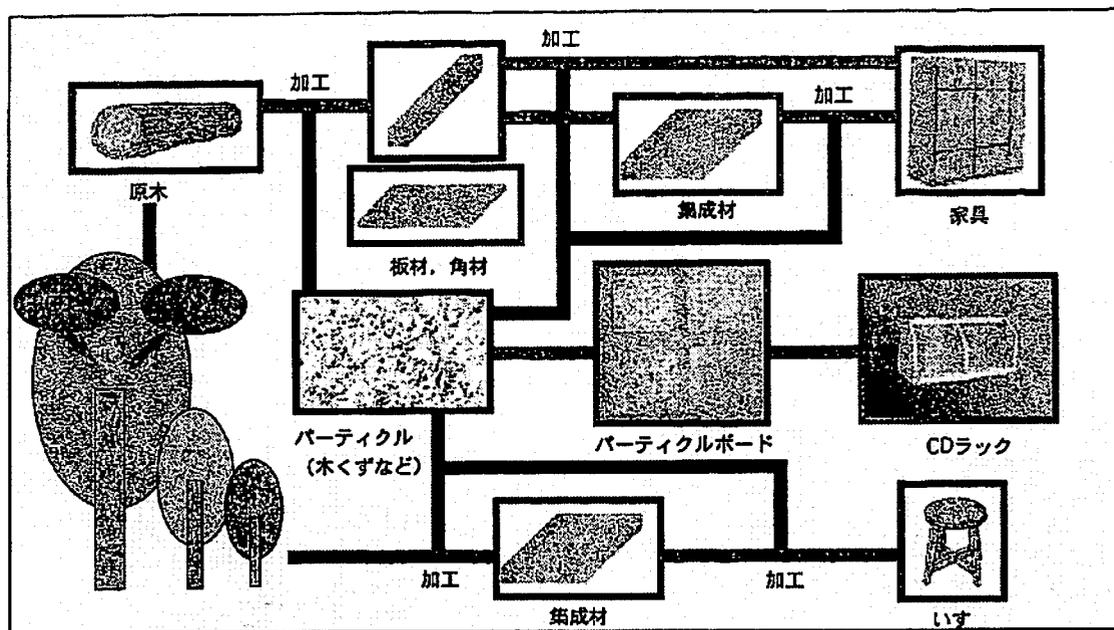


図5 木材の多段階（カスケード型）利用

での利用を知った上で、リサイクルの1つであるパーティクルボードの製造を行う。これは、実際にパーティクルボードを製造することで、リサイクル製品を消費する立場から生産する立場に変わり、木材の有効利用をより身近に実感させるためである。パーティクルボードの製造は、図1の「パーティクルボードの製造工程」を模造紙で示し、使用する材料、製造の順序を説明した後、生徒に作業を行わせる。作業内容は、合板が底に設置された型枠に、パーティクルを敷き詰め、接着剤を塗布し堆積していくもので、この作業を生徒全員が1人ずつ行い、その後、型枠に堆積されたパーティクルの上から合板を乗せ圧縮器で圧縮する。圧縮作業終了後、まとめとして、リサイクルを木材の有効利用と結びつけ、地球環境の視点からその価値を確認する。ここでは、森林の役割と炭素固定材料としての木材の働きについて説明し、有効利用を必要とする背景を生徒に理解させる。最後に、授業を通しどれだけ木材の有効利用について理解が得られたかを確認するため、「どうして、パーティクルボードのような木材のリサイク

ルが大切なのだろうか。」という質問を提示し、授業の感想とともに事前に用意した感想用紙に記入させる。

### 5.2.2 「LCA的手法による製品の評価」（2時間目）

授業の初めに、前回記入した感想を紹介し、仲間の意見をもとに木材の有効利用について再確認する。続いて、パーティクルボードの圧縮を解除し、できあがったパーティクルボードがどれほどの強度があるか生徒に予想させる。それを確かめるため、パーティクルボードを実際に加工し、鉛筆立て（図4）を3人1組の共同作業で製作する。製作後、色々なところに利用できることを示すため、これらを用いたCDラックとフォトフレームといった題材を鑑賞させる。

次に、本時間の導入としては、どのような選定基準で製品を選ぶのかを生徒に質問する。また、製品選択をすることについて具体性を持たせるため3種類のノート（再生利用のノート、エコマーク認定の再生利用のノート、有名メーカーのロゴ

表3 LCAを考慮したマトリックス表

	①パーティクル採取		②接着剤塗布		③プレス		④使用		⑤廃棄	
資源の消費										
有害物質の使用・排出										
エネルギーの使用										

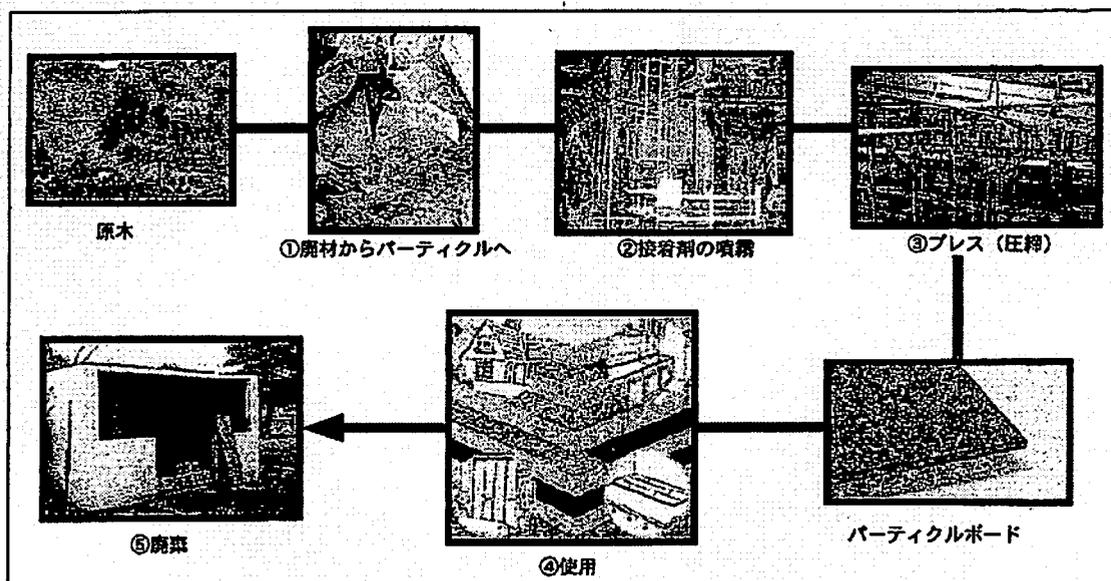


図6 工業的に生産されているパーティクルボードのライフサイクル

入りのノート)を提示し生徒に選択させる。生徒の選択基準は、価格や見た目、品質など使用条件に固定されがちであると予想される。ここでは、生徒自身が今までどのような視点を持って消費活動をしていたのか振り返り、本当にその視点のみでよいのかということを考えさせ、さらに、前時に学習した地球環境の視点が含まれていないことに気づかせる。そして、その固定された視点を広げる方法の1つとしてLCAというすべての環境負荷を考慮する考え方がエコマークに導入されつつあることを生徒に知らせる。

さらに、今回製造したパーティクルボードを対

象としてLCA手法による評価を生徒とともに行う。これにより、地球環境を考えた上で将来的にどのようなことが社会の生産活動と私たちの生活(消費)活動で必要とされるのかを考え、理解させることができる。しかし、LCAによる製品の評価は、その構成段階が複雑で、長年にわたる膨大な調査結果を集計し総括的、客観的な判断を必要とするため、生徒の理解を得ることが困難であると考えられる。そのため、LCAの概念を考慮して、エコマークの認定基準に用いられる表1を参考に表3のようなマトリックス表を作成し、これを用いて製品の評価を行うことにした。製品の全ライフス

テージの環境負荷を想定し、主に挙げられる環境負荷項目と、評価対象であるパーティクルボードの原料～製造～廃棄に至るライフステージ（①～⑤）を枠組みとし、それぞれが対応する欄の項目に評価を与えていくものとした。また、製造したパーティクルボードの評価だけでなく、工業的に製造されるパーティクルボードについても評価することにした。これは、それぞれの評価を比較すると同時に、市販される製品の評価の現状を認識するためである。工業的に製造されるパーティクルボードの製造工程については、図6を模造紙で生徒に提示する。その過程についても、今回製造したパーティクルボードに対応した順序であり、その製造機器や材料の違いをわかりやすくした。マトリックス表での評価は、パーティクルボードのライフステージである①～⑤の番号が図1「実習で製造するパーティクルボードのライフサイクル」と図6「工業的に生産されているパーティクルボードのライフサイクル」の番号と対応させた。評価法については、各項目について負荷が少なく、環境に影響がないと思われるものについては○、環境負荷が大きく改善すべきものについては×、現状では負荷がやむを得ないが将来的に改善すべきものには△とする。各項目に関して、○、△、×の評価を与える要因を説明して、生徒の意見を統合して、1つの評価を与えることにした。特に、以下の3点について重点的に説明した。

- 製造したパーティクルボードが、木工室等から排出された木くずをリサイクルしているように、工業的に生産されているパーティクルボードも廃材や低質材の利用をしている。
- 製造したパーティクルボードでは、一般的に利用される木工用ボンド（酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤）を使用するため有害物質の排出は少ないと考えられる。市販のパーティクルボードでは、一般的にはユリア樹脂接着剤を使用している。この際、製造ラインにおいてホルムアルデヒドなどの有害物質が排出される。使用時においてもボードに残留したホルムアルデヒドが揮発して有害である。これを防止するためには、非ホルムアルデヒド系接着剤やホルマリン

キャッチャー剤を利用することが可能であるが普及していない。

- 廃棄においてはともにエネルギーの有効利用が十分になされておらず、他へのエネルギー変換が望まれる。また、燃焼時に、接着剤やボードへのコーティング剤等から発生する有害物質が、環境に負荷を与える可能性がある。

評価されたLCAのマトリックス表をもとに、製品の評価を再考し、どのような視点を持って生産および消費活動をすべきか考える。そして、先ほどまで生徒が持っていた製品の選択基準を思い出させ、「使用」や「リサイクル」に当たる面だけの評価では、地球環境を考慮できないと気づかせ、製品すべてのライフステージに対する環境負荷を考慮する広い視点を持つことが重要であると理解させる。また、このような地球環境を考慮した製品を普及させるツールとして環境ラベルが存在していることを説明する。最後に、授業の理解度を試す「私たちはどんなことに気を付けて製品を選択すればよいのでしょうか」という質問に対する答えと授業の感想を、用意した用紙に記入させる。

### 5.3 結果と考察

#### 5.3.1 「木材の有効利用」（1時間目）に対する感想

授業で行った木材の有効利用に関して「どうして、パーティクルボードのような木材のリサイクルが大切なのだろうか。」という質問を提示したところ、主に次のような意見が述べられていた。

- 木材をリサイクルすることは、木を有効に使うだけでなく、その間、木を成長させることもできるから。
- リサイクルは、木の消費を減らし、地球の自然破壊を防止するから。
- いろいろなところで出る木くずを製品にできるから。

このように、木材は自然の物質循環に乗っており、再生産可能であるということが理解されて、木材の有効利用は森林の育成を助けて地球環境を保全するという視点が理解されたと考えられる。

### 5.3.2 「LCA的手法による製品の評価」(2時間目)に対する感想

授業で行ったLCAを用いた製品の評価に関して「私たちはどんなことに気を付けて製品を選択すればよいのでしょうか」という質問に対して、次のような意見が述べられていた。

- 見た目や値段だけでなく原料や製造などすべての工程を考える必要がある。
- エコマークやグリーンマークのラベルにも目を向けて選ばなければならない。
- 製品を使用するときのことだけでなく原料から廃棄までのことも考え、エコマークなどを参考にして選びたい。

LCAの概念を取り入れることにより生産-流通-消費-廃棄-再生という一連の循環過程についての環境負荷を考えて、それらを製品を選択する際に考慮することができるように生徒の視点が広げられたことがわかる。しかし、エコマーク等の環境ラベルについては、環境ラベルが、環境調和型製品の普及手段として完成されたツールであると認識されがちであり、環境ラベルの表示されたすべての製品が地球環境にやさしいと理解する傾向が見られる。このため、環境ラベルについての問題点や、今後の課題をLCAの概念と並行して話し合う時間が必要である。

## 6. まとめ

中学校技術科木材加工領域において、パーティクルボードの製造及びそれを用いた鉛筆立て題材の製作を行い、LCA概念を導入した製品評価に関する実践授業を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

- ①木材は自然の物質循環に乗っており、再生産可能であるということが理解されて、木材の有効利用は森林の育成を助けて地球環境を保全するという視点を理解させることができた。
- ②LCAの概念を取り入れて実際に製品を製造することにより、生産-流通-消費-廃棄-再生という一連の循環過程についての環境負荷を考えて、それらを商品を選択する際に考慮することができるように生徒の視点が広げられた。

- ③今後の課題として、エコマーク等の環境ラベルについては、それら自身が環境調和型製品の普及手段として完成されたツールであると認識されがちであり、環境ラベルの表示されたすべての製品が地球環境にやさしいと理解する傾向が見られる。このため、環境ラベルについての問題点や、今後の課題をLCAの概念と並行して話し合う時間が必要である。
- ④合板は広葉樹合板を用いずに針葉樹合板を利用し、熱帯林の破壊との関連とその防止のための努力について学習するようにすれば、さらなる発展が期待できる。

## 謝辞

当研究における実践授業を行うに当たり、ご協力いただいた岐阜市立陽南中学校技術科の清水茂樹教諭、久保田尚志教諭に厚く感謝の意を表します。

## 文献

- 阿部敏恵, 小松正直, 1992, 「ガラスびんの循環」の授業, ネットワーク編集委員会編, 「環境教育授業記録1」, 93-98, 学事出版, 東京.
- 秋山俊夫, 1993, 木質資源のリサイクルの推進, 木材工業48(2), 86-89.
- エコマテリアル研究会, 1995, LCAのすべて-環境への負荷を評価する-, 8-9, 工業調査会, 東京.
- 堀内一男, 山下宏文編, 「学校の中での環境教育」, 226-230, 国土社, 東京.
- 環境情報科学センター, 1996, ライクサイクルアセスメントの実践-環境負荷低減を目指して-, 4, 化学工業日報社, 東京.
- 北野日出男, 木俣美樹男, 1992, 環境教育概論, 56-59, 培風館, 東京.
- 文部省, 1988, 中学校指導書技術・家庭編, 20, 開隆堂, 東京.
- 中野加都子, 1995, 環境管理規格審議委員会第2分科会環境ラベル小委員会編, 「環境ラベル」, 147-157, 丸善, 東京.
- 日本環境協会エコマーク事務局, 1997, エコマー

- クのでびき, 12-13, 日本環境協会, 東京.
- 日本環境協会エコマーク事務局, 1997, エコマーク製品認定基準, 33, 日本環境協会, 東京.
- 日本工業規格, 1997, 日本工業規格 JIS Q 14040 (ISO 14040), 日本規格協会, 東京.
- 小関禮子, 1992, ごみの学習, 沼田眞監修, 佐島群己, 堀内一男, 山下宏文編, 「学校の中での環境教育」, 181-187, 国土社, 東京.
- 佐藤博, 小野一人, 渡辺武, 1995, 金属加工領域におけるリサイクルの授業—アルミ缶を用いた環境教育—, 日本産業技術教育学会誌, 37(2), 179-187.
- 谷口義昭, 水谷克己, 吉田誠, 1995, 使用済み用紙からボードを製作する学習実践, 日本産業技術教育学会第38回全国大会要旨集, 68.
- 渡辺彩子, 1992, 消費者教育—環境にやさしい商品を選ぶ, 沼田眞監修, 佐島群己, 安田まさ子, 1997, 古紙・牛乳パックの変身, 「教職研修1997/6 増刊」, 209-210, 教育開発研究所, 東京.