

インバースマニュファクチュアリングを取り入れたものづくり学習の試み

Attempt of Learning Object Making with Concept of Inverse Manufacturing

紅 林 秀 治*・白 鳥 努†

Shuji KUREBAYASHI and Tsutomu SHIRATORI

（平成21年10月6日受理）

We introduce lessons of learning object making with the Inverse Manufacturing for junior high school students. The Inverse Manufacturing is the idea of manufacturing to resolve various environmental problems. By learning woodworking with the Inverse Manufacturing, students have been able to know the importance of using materials that are easy to recycle or reuse in the process of manufacturing. Moreover they have been able to think about the environmental problem depending on the producer's perspective.

1 はじめに

環境問題を取り上げた学習が、小中学校の理科教育や総合的な学習の時間で実践されている¹⁾。実践の中で、省エネルギーの工夫に関する内容や資源を回収して再利用するリサイクルを学ぶ事例等がある²⁾。中学校「技術・家庭」の技術分野（以後技術科という）でも現行の学習指導要領では「A 技術とものづくり」領域の中で「イ 技術と環境・エネルギー・資源との関係について知る。」と記されている³⁾。また、新学習指導要領の中でも「A 材料と加工に関する技術」領域の中で「イ 技術の進展と環境との関係について考えること。」と記されている⁴⁾。さらに、「特定の課題に関する調査（技術・家庭）調査結果（中学校）」では、「4 分析結果からみた主な課題と指導上の改善」の中で「省エネルギーや省資源の視点から部品を検討させる活動」や「機器の製造、仕様、排気、再利用の各場面における環境負荷について調べる活動」を指導に取り入れる必要性を述べている⁵⁾。以上の理由から、技術科でも環境教育について取り組む必要がある。環境教育の授業では、節電や節水、家庭排水の浄化あるいは家庭ゴミの分別等、家庭生活あるいは消費者生活の視点に立った学習が多いが、技術科の学習では「ものづくり」学習を大切にしている以上、生産者の視点にたった学習こそ重要ではないかと筆者らは考えた。生産者の視点に立った環境教育としては、製品設計にゴミを減らすための工夫や、再使用・再利用が促進できる設計および製作方法を取り入れた「ものづくり学習」を行うことやエネルギー消費を考慮した「ものづくり学習」等があげられる。その中でも製品を「再使用」「再利用」しやすくなるようように設計・製造する方法を「インバースマニュファクチュアリング」⁷⁾と言う。日本国内では、インバースマニュファクチュアリングの考え方を基に製品化されたものがすでに市販されている。しかし、インバースマニュファクチュアリングの考え方

*静岡大学 †掛川市立大浜中学校

を学ぶ「ものづくり学習」を授業実践した事例はない。そこで筆者らは、技術科のものづくり学習に、インバースマニファクチュアリングの考え方を取り入れた教材を考案し、授業実践を試みた。本稿では、その考案した教材、実践した授業内容およびその結果について述べる。

2 インバースマニファクチュアリングについて

インバースマニファクチュアリングとは、部品や材料の再使用(reuse) 再利用 (recycle) を考えた設計を行い、廃棄量をなるべく減らす (reduce) ものづくりシステムである。具体的な例では、レンズ付きフィルムの「写ルンです(FUJI FILM 製)」⁶⁾がインバースマニファクチュアリングの考え方で設計・製造されている。図1は、「写ルンです」の一方方向組み立てと分解の図である⁷⁾。図1で示すように、製品は分解組み立てが簡単に行えるようにできており、それぞれの部品が再使用できるようユニット化設計されている。このため写真現像で回収されたカメラから、フィルムを取り除いた他の部品のほとんどは、再使用が可能になり、回収後ゴミとして捨てるパーツが少なくなるよう工夫されている。製品設計の特徴は、使用後の各パーツを再使用・再利用できるように、分解組み立てが容易にできる設計および製造方法になっていることである。

3 教材化の視点

インバースマニファクチュアリングの考え方を「ものづくり学習」に取り入れるためには、「分解可能」な設計と「再使用・再利用可能」な材料の使い方を考えなくてはならない。

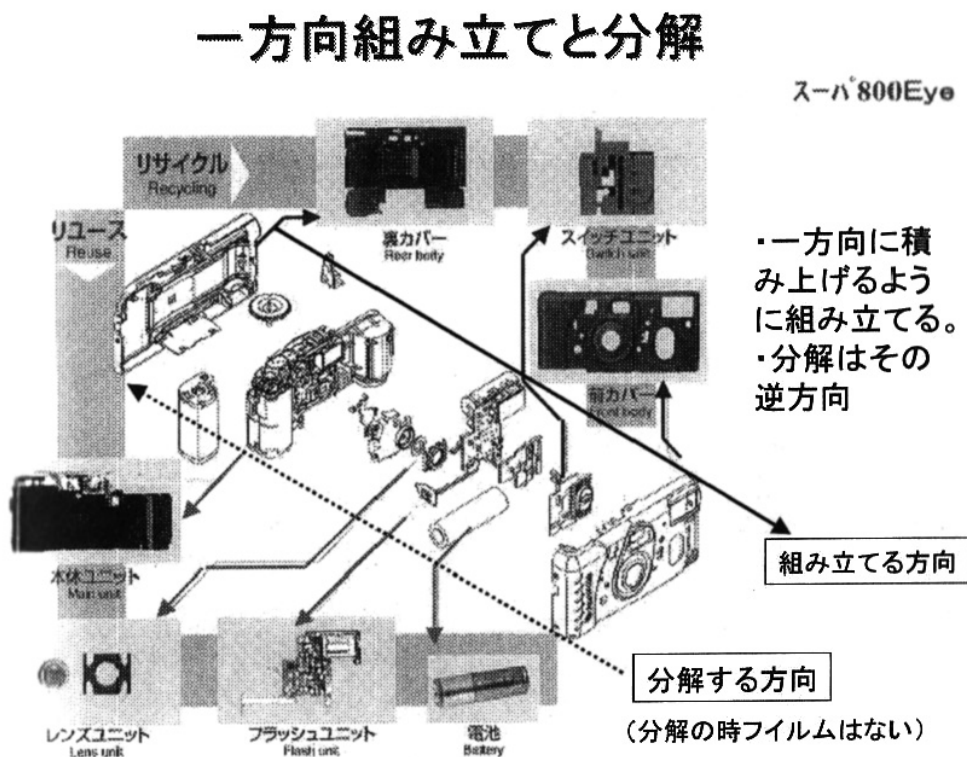


図1 「写ルンです」の組み立て・分解図 (インバースマニファクチュアリングハンドブック⁷⁾より転載)

特に設計段階では、分解・組み立て可能な仕組みが重要になってくる。分解可能にするためには、部品と部品の接合方法に工夫が必要である。また、再利用・再使用を可能にするためには、材料の加工方法に工夫が必要である。ものづくり学習の教材全てに適用することは難しいが、今回は木材加工の学習において、「分解・組み立て可能な本立て」の製作題材を考案した。図2 に考案した製作題材の「本立て」の図面を示す。

この本立ての特徴は接合方法にある。接合方法は、釘や接着剤を使用せず、ほぞ穴加工にくさびを打ち込み固定する。この方法により分解・組み立てを可能にした。また、加工にはボール盤や糸鋸盤を用いて加工できるようにした。くさびにはダボを加工して使用した。図3 に、ダボを使用した接合部を示す。

4 授業実践

4.1 授業の構成

インバースマニファクチュアリングを取り入れた授業を構成するにあたり、以下に示す三つのステップを考えた。

1. 分解・組み立てを考慮しない作品作り
2. 分解・組み立てすることを考慮に入れた作品作り
3. インバースマニファクチュアリングの考えを取り入れた製品の紹介

第1ステップでは、学習者に「丈夫な構造」「丈夫な接合方法」等、技術科の木材加工で学ぶべき基本的な技能の修得⁸⁾⁹⁾を目的としている。第2 ステップでは、分解・組み立てを考慮した作品作りを行うことで、第1ステップで学んだものとは異なる接合方法を学ぶことを目的としている。さらに、二つの製作課題を学習することで、両製作方法の利点や欠点を、学習者が比較できると考えた。第3 ステップでは、第2 ステップで学習した製作課題が環境問題解決にどのような効果をもたらすのかを、商品として販売されている具体例を基に解説する。

このように三つのステップで授業を構成することで、設計や製作の段階から環境問題の解決を生産者の視点で考える力が育つと考えた。

4.2 授業内容

授業では、「ハンディーボックスの製作」「分解・組み立て可能な本立ての製作」の二つの製作課題を準備した。今回は、生徒の創意工夫を取り入れた課題にせず、提示した製作例通りに作る実習を行った。その理由として、二つの製作課題を生徒に課すことは、通常の授業よりも製作にかかる時間数が多く必要となり、授業時数（35時間）の関係上、設計にかかる時間確保が難しいと判断したからである。それぞれの実習課題を以下に述べる。

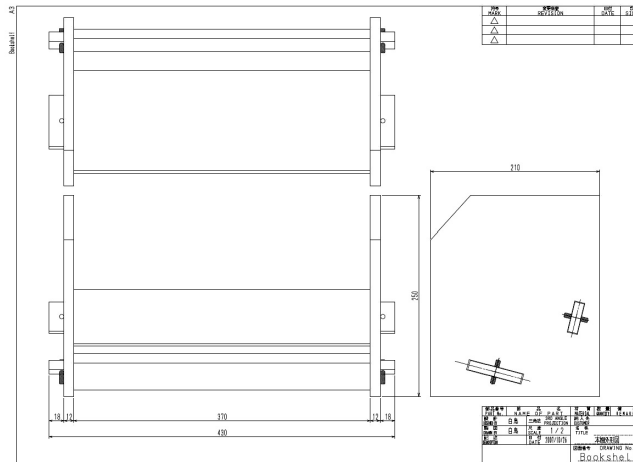


図2 考案した分解・組み立て可能な本立ての図面



図3 接合部

4.2.1 ハンディーボックスの製作

木材加工の基本となる木工用道具（さしがね，両刃のこぎり，鉋，げんとう等）について学ぶことに主眼をおき「ハンディーボックスの製作」を課題とした。この課題の目的は，製作を通じて木材の基本的な加工法や接合方法を習得させることである。さらに，次の課題である「分解・組み立て可能な本立て」の製作で学ぶ接合方法との違いや特徴を，両作品を比較することで検討しやすくなると考えた。課題の「ハンディーボックス」は，接合に釘やボンドを用い，仕上げには水性ニスによる塗装を行った。また，蝶番，留め具，取手の部分は市販されているものを利用し，木ねじなどで留めるようにした。

4.2.2 分解・組み立て可能な本立ての製作

ハンディーボックスを製作した後，「分解・組み立て可能な本立て」の製作を行う。この製作では，図2をもとに製作する。本授業では製作時間の関係で，全員同じ型の本立てを製作した。製作終了後，分解・組み立てができることが，製品としてどのような利点や欠点を生むのか，先に製作した「ハンディーボックス」と比較しながら検討する時間も製作時間の中に設定した。図4に，製作した「ハンディーボックス」と「分解組み立て可能な本立て」を示す。

4.2.3 ものづくりから環境問題を話し合う授業

「ハンディボックスの製作」と「分解・組み立て可能な本立ての製作」を終えた後に、分解・組み立てが可能になることでゴミを減らす設計に成功した、使い捨てカメラを例に学習する。この学習では、目的を以下のように設定した。

- ・分解の際に使用しているパーツが傷まないような接合方法の工夫を知る。
- ・簡単に分解・組み立てができることは、捨てずに再使用・再利用できる部品を増やすことであることを知る。
- ・部品の再使用・再利用を可能にする製品設計がゴミを減らすことにつながることを知る。

カメラはFUJIFILM 社製使い捨てカメラ⁶⁾を使用した。カメラは4人に1台の割合で準備し、分解されたパーツから工夫されていることを話し合うようにした。



図4 ハンディボックスと分解・組み立て可能な本立て

4.3 授業計画

授業構成を考慮し、授業を計画した。授業は、掛川市立大浜中学校の生徒1年生140名（1クラス35名・4クラス）に対し、2008年4月～2009年3月にかけて技術科の授業として実施した。表1に授業内容と時間配当を示す。また、環境問題を解決するための生徒の考えの変化を調べるために、事前（授業開始前）と事後（総ての授業終了後）に下記に示すアンケート（記述式）を実施した。

質問1 地球の環境問題と聞いて、あなたは何を思い浮かべますか。思い浮かべるものすべて教えてください。

質問2 私たちは日々捨てているゴミを減らすために、何をしたらいいですか。思い当たることをすべて教えてください。

質問3 環境問題を解決する方法はなんだと思いますか？自分の考えを教えてください。

表1 授業内容と時間

No.	授業内容	時間
1	オリエンテーション ・身の回りの木製品を考える (1)	1
2	木の種類や名称、性質を知ろう ・木材の種類 (3) ・板材における各部の名称 (3) ・木の性質 (繊維と強さ) (3)	9
3	ハンディボックスを作ろう ・けがき作業 (3) ・のこぎりびき (3) ・接合方法 (4) ・かんな (4) ・ニス塗りをしよう (1)	15
4	本立てを制作しよう ・けがき (2) ・のこぎりびき (3) ・ほぞ組をしよう (2) ・分解できる利点を考えよう (1)	8
5	ものづくりから環境問題を考えよう (使い捨てカメラを例に分解・組み立てができる利点を考える) ・学習のまとめ (1) ・環境問題と資源問題 (1)	2
1時間は50分		計 35

質問1は、生徒が環境問題に対して抱いているイメージを調べる目的で実施した。質問2は、日常のゴミを減らす方法に対する考え方の変化を調べる目的で行った。質問3は、環境問題を解決する方法に関する考え方の変化を調べる目的で行った。各質問の回答内容を分類し事前事後で比較することとした。

5 授業実践の結果

5.1 製作課題

生徒は、二つの製作課題を時間内(表1 No.3とNo.4)に終えることができた。一つめの「ハンディボックス」の製作で、基本的な技能を身に付けていたので、二つめの「分解・組み立て可能な本立て」の製作では無理なく製作に取り組む様子がうかがえた。本立て製作後、分解できることの利点として、「仮に壊れても、壊れた板だけ交換すれば良い。」や「いらなくなったら板を別な材料として使える。」等が生徒から聞けた。しかし、「接合がゆるくなりやすく壊れやすい」と欠点を指摘する意見も出された。二つの製作題材を比較しながら、接合方法の違いだけでなく、それぞれの製作目的における長所や短所を述べる生徒が多くいた。さらに、二つの作品の用途が異なるため、活用段階でなく、廃棄段階までを考えて作品を評価する視点の意見も出された。図5 に授業中の生徒の様子を示す。

5.2 アンケート結果

質問1「地球の環境問題と聞いて、あなたは何を思い浮かべますか。思い浮かべるものすべて答えてください。」の回答結果を「地球温暖化」「オゾン層破壊」「ゴミの削減」「森林破壊」「砂漠化」等の生徒が記述したキーワードに分類しそれぞれ回答した人数を調べた。

質問2「私たちは日々捨てているゴミを減らすために、何をしたらいいですか。思い当たるこ

とをすべて答えてください。」の回答結果を「リデュース（廃棄物の削減）」「リユース（再使用）」「リサイクル」「エコマーク（商品を買う）」「ゴミの分類」等の回答に分類しその人数を調べた。それぞれの結果を表2 に示す。



図5 材料を切断する生徒（左）と分解・組み立てが可能なことの利点を考える生徒（右）

質問3「環境問題を解決する方法はなんだと思いますか？自分の考えを教えてください。」の回答は「リサイクルの使用」「リデュース（廃棄物の削減）」「省エネ」「その他」に分類し、それぞれの説明内容と人数を調べた。その結果をまとめたものを表3に示す。

表2より質問1の地環境問題に関しては、事前と事後では大きな差は見られなかった。環境問題に関するイメージは事前と事後では変わらなかったと言える。また、質問2のゴミを減らす工夫に関しては、再使用を意味する「リユース」やゴミを減らす「リデュース」に関する記述が事前に比べて増えたことがわかった。

表2 質問1と質問2のアンケート結果

質問1				質問2			
キーワード	事前	事後	差	キーワード	事前	事後	差
地球温暖化	108	118	10	リデュース	11	22	11
オゾン層破壊	16	13	-3	リユース	13	61	48
ゴミの削減	19	33	14	リサイクル	93	73	-20
森林破壊	28	19	-9	エコマーク	8	3	-5
砂漠化	16	12	4	ゴミの分類	4	3	-1
排気ガス	5	8	3	ポイ捨ての禁止	15	5	-5
酸性雨	6	4	-2				
N=140			人	N=140			人

表3 質問3の結果

分類項目	事前	人数	事後	人数
リサイクル 再使用	リサイクル活動（ゴミの収集 ペットボトル集め等）に参加する	34人	リサイクルや再使用できる製品や部品が 多いものを使う	50人
			リユースのため分解しやすい製品を作る	21人
リデュース	無駄に買わずゴミを増やさない	4人	ゴミを出さない工夫があるものを作る	13人
			長く使えるものを使う	7人
			製品ごと回収できるシステムがあるものを使う	3人
			単一素材だけで作られているものを使う	2人
省エネ	省エネに心がける 車に乗る機会を減らす ハイブリットカーにする	27人 13人 15人	エネルギーをあまり使わないもの （電気自動車など）を利用	7人
			安全なものを使用	6人
			デザインが優れている物を使用	3人
その他	植林活動 ゴミのポイ捨て	17人 4人		

質問3 の環境問題を解決する方法に関しては、表3「リサイクル」に関する記述が事前の34人から事後には71人に増えたことがわかった。また、記述内容も「リサイクル活動に参加する」から、「再使用できるものを使う」「分解しやすいものを作る」など使用や設計の観点で再使用を考えるものに変化していた。ところが、省エネに関する記述は事前には55人いたが、事後には7人と減った。これは、環境問題の解決方法として、省エネの考え方をしていた多くの生徒が、授業により「リサイクル」や「リデュース」の考え方に変わったからであった。また、環境問題の解決に、「分解しやすい製品の製作」や「使用する部品」が重要であるというような製作に関わる視点から環境問題の解決を考える生徒が増えてきたことがわかった。

6 考察

表3の回答結果からわかるように、環境問題の解決策に関する考えを述べる生徒の記述内容が事前と比べて事後ではかなり具体的になり、省エネ的な考え方から「リサイクル」「リデュース」の考え方を述べる生徒が増えた。その理由として、市販されている使い捨てカメラを例に、分解組み立てのしやすさと環境問題の解決を結びつける授業が、効果的に機能したとことが考えられる。さらに、生徒は二つの製作課題を通して、分解・組み立てが可能な設計・製作ができることを体験的に理解している。そのため、製作段階からの工夫で環境問題に対処できるという、生産者的な視点が獲得されたと考えられる。

また、ステップ1 から3 までの授業を行うことで、製作したものを廃棄することも含めた話し合いができた。これは、今までの技術科の製作実習では取り上げてこなかった課題であった。ものづくりを材料、設計、製作、活用という流れで見ただけでなく、活用後の廃棄という観点で製品を見ることも付け加えることができた。それが、質問3の結果で「省エネ」の考え方から「リデュース」や「リサイクル」という観点を増やし、「分解しやすい製品を使う」「ゴミを出さない工夫があるもの」という観点で回答する生徒を増やしたと考えられる。製作した分解・組み立て可能な本立てに関しては、底板や側板が割れるなどの損傷が生じた場合、損傷した板のみ交換が可能である。また、廃棄する際にも分解できるためそれぞれの板を再使用あるいは、加工し直し再利用することができる。接合に釘や接着剤を使用しないため、従来の方法で製作した本立てと比較して丈夫ではないと考えられるが、本立てとしての機能は問題はなかった。多くの生徒は、作品を分解して家に持って帰り家で組み立てるなど、分解・組み立てができる利点を輸送という観点から省エネルギーの学習へと発展できる可能性もあることがわかった。

7 まとめ

インバースマニュファクチャリングを取り入れた技術科の授業により、環境問題の解決に生産者的な視点を与える可能性があることがわかった。本立ての製作に関しては、接合方法をダボを利用した簡単ものにしたため、製作できない生徒はいなかった。しかし、今回の実践では、生徒の製作課題に対して設計や工夫をする授業を試みることはできなかった。分解や組み立てを設計に取り入れた製作題材の開発は容易ではないが、生徒の創意や工夫を導き出すための新たな教材を考える必要がある。

環境問題を考える学習は、今後も益々重要になってくるであろう。しかし、その解決策を「も

のづくり」における設計や開発の段階から取り組めることを教えることは、機能だけでなく環境を考えた創意工夫の重要性を生徒に教えることになる。また、製品の活用だけでなく廃棄まで想定した「ものづくり学習」の展開もでき、持続可能な社会を生産者の目で考えるきっかけを与えることができる。今後、木材加工の学習だけでなく、ロボット教材や金属加工教材などへの応用も考えていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、静岡県掛川市立大浜中学校の教職員と生徒のみなさんに多大なご協力をいただきました。また、本研究は「財団法人マツダ財団助成金」により行われました。紙面を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 山崎功, 岡本正志: 教科学習と総合的な学習の時間を組み合わせた「エネルギー環境教育」の実践, エネルギー環境教育研究, vol. 1 No. 1, pp50-57, 2007
- [2] 本田清: 「プロジェクトメソッド」による環境教育, エネルギー環境教育研究, vol. 1 No. 1, pp95-100, 2007
- [3] 文部科学省: 中学校学習指導要領 (平成10年12月), 国立印刷局, p82, 2004
- [4] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 (平成20年9月) 技術・家庭編, 教育図書, p17, 2008
- [5] 国立教育政策研究所教育課程研究センター: 特定の課題に関する調査 (技術・家庭) 調査結果 (中学校) 平成21年3月, 国立教育政策研究所, p86, 2009
- [6] 富士フィルム: 写るんですスタンダードタイプ,
<http://fujifilm.jp/personal/utsurundesu/standard/index.html>
- [7] 木村文彦他: インバースマニュファクチュアリングハンドブック, pp476-477, 丸善, 2004
- [8] 加藤幸一, 長野和男他: 新編新しい技術・家庭 技術分野, 東京書籍, pp52-79, 2005
- [9] 間田泰弘, 中村祐治他: 技術・家庭 技術分野, 開隆堂, pp40-75, 2005

