

論文

# べっ甲端材の再生および製品化

廣瀬徳豊\* 浅見淳一\*\* 今津好昭\*\*\* 金谷公彦\*\*\*\* 横澤佑治\*\*\*\*\*

Recycling and processing of tortoise-shell parts

Norimitsu HIROSE, Junichi ASAMI, Yoshiaki IMAZU, Kimihiko KANAYA and Yuji YOKOZAWA

**Abstract** A new method of recycling and processing partially used tortoise-shell parts was investigated. The method can produce tortoise-shell block at a low cost because there was no use a hot press.

In order to research the optimum condition to recycle tortoise-shell, tortoise-shell parts were pulverized (particle size:<100 μm), and compacted at pressure of 30 to 70MPa at room temperature. Die set, fixed with bolts and nuts, was heated at 370 – 390 K in an autoclave. The transverse rupture strength of the recycled tortoise-shell made by optimum condition was two or three times as strong as old type recycled tortoise-shell (already commercialized). The gloss, machinability and bondability of them can be satisfied for tortoise-shell work (Bekko zaiku).

**Keywords** tortoise-shell, recycle, transverse rupture strength, die set, autoclave

## 1. はじめに

べっ甲はワシントン条約により1992年末をもって輸入が禁止されている。代替として、タイマイの養殖も検討されているが、現状では在庫として大量にあるべっ甲の端材を利用することが考えられる。

べっ甲は貼り合わせにより厚みや大きさを調整することができるものの、べっ甲端材はすでに一部使用された残りであるため利用できる部位が小さく、端材のままでは再利用しにくい。

べっ甲100%の製品のみ「本べっ甲」と商品に表示できるので、本研究ではべっ甲と水のみで再生化することを目的とした。

べっ甲代替品の研究<sup>1,2)</sup>や、ホットプレスを用いた再生べっ甲の研究<sup>3)</sup>も行われているがそれに対し、簡易なプレス装置を用い、低コストでの再生を考慮して、特に在庫量の多い黒べっ甲をべっ甲業者が自社内で再生できるような再生プロセスを検討した。

## 2. 実験方法

Fig. 1はべっ甲端材の再生プロセスである。端材の粉末化、粉末成形、成形体の切削・研磨により製品化される。

べっ甲にはフジツボや貝類が付着している場合があるので、それらを除く後、粉砕した。なお、本研究では Fig. 2に示す形状で、100μm以下の粒径の粉砕べっ甲粉末を用いた。

これら粉末の成形プロセスの詳細を Fig. 3に示す。まず、

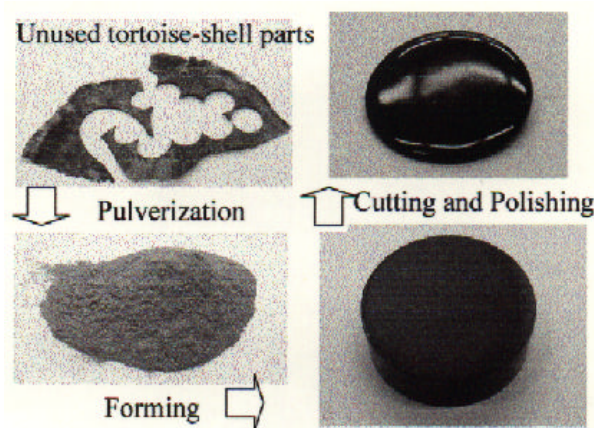


Fig. 1 Recycle process of tortoise-shell.

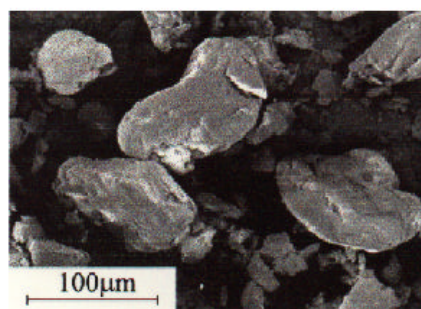


Fig. 2 Tortoise-shell powder.

べっ甲粉末と水を混ぜ合わせ、ペースト状にしたものを金型キャビティ内に流し込んだ。次に油圧プレスを用いて加圧し、所定の加圧で保持しながらボルト締めにより金型とパンチを固定した。それらダイセット (Fig. 4: 金型およびプレートは一部断面図) をオートクレーブ内にセットし所定の時間加熱した。冷却後、試料を取り出し乾燥させた。

\* 城東地域中小企業振興センター

\*\* 精密加工グループ      \*\*\* 技術評価室

\*\*\*\* 製品科学グループ      \*\*\*\*\* 資源環境グループ

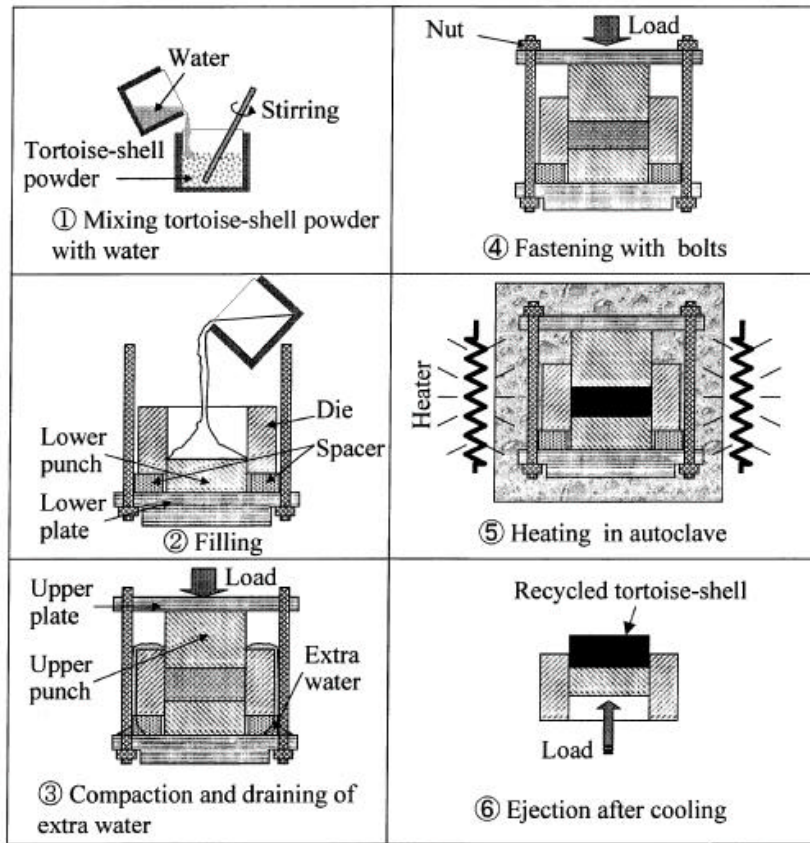


Fig. 3 Compaction and heating process of recycled tortoise-shell.

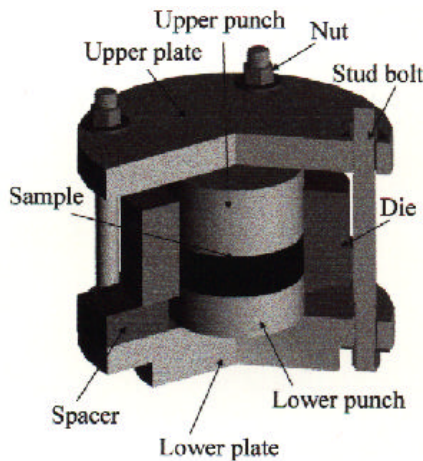


Fig. 4 Die set used in this study. Except punch and sample, parts of tools are shown as cross-section.

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 粉末粒度及び水分の調整

本研究では最初に粉末の粒度を検討した。予備実験では100-300 $\mu\text{m}$ の粒径の粉末と100 $\mu\text{m}$ 以下の粉末を用いた。100-300 $\mu\text{m}$ の粒径の粉末を用いた再生べっ甲では研磨後に組織の粒界が見られた。しかしながら100 $\mu\text{m}$ 以下の粉末を用いた再生べっ甲では研磨後光沢や気孔等の問題は見られなかった。それゆえ本研究では100 $\mu\text{m}$ 以下の粉末を用

いた。

次に、べっ甲粉末と水との調整を検討した。べっ甲工芸において、べっ甲同士をはり合わせるのに水分と温度を調整している。べっ甲粉末同士を結合させるためにも水分と温度の調整が必要であると考えられる。金型をボルト締めした後オートクレーブに入れて飽和水蒸気中で加熱するが、乾燥粉末のみを用いた場合には水分の供給はほとんど見られなかった。本研究では粉末と水を同量とした。この場合それらはペースト状であり、水分過多と思われたが、Fig. 3において余分な水分は加圧時に金型とパンチのクリアランスから除去された。オートクレーブ内での加湿は、加熱中にべっ甲成形体から水分が蒸発するのを防ぐ目的で行った。

#### 3.2 成形圧力および加熱温度の調整

成形圧力および加熱温度は再生品の品質に多大な影響を与える。Fig.5はべっ甲端材、成形体(成形のみ)および不良部のある再生べっ甲の内部組織である。べっ甲端材の組織は均一であり方向性が見られた。成形体の外観色は黄土色であり、また、組織には100 $\mu\text{m}$ 程度の気孔が見られた。加熱を行うと、色は黒色になり、組織から気孔は見えなくなった。Fig. 5では加熱後、気孔の残っている不良試料の組織を示しているが、それでも加熱無しのものに比べ不良部の気孔のサイズは小さくなっている。また、成形し

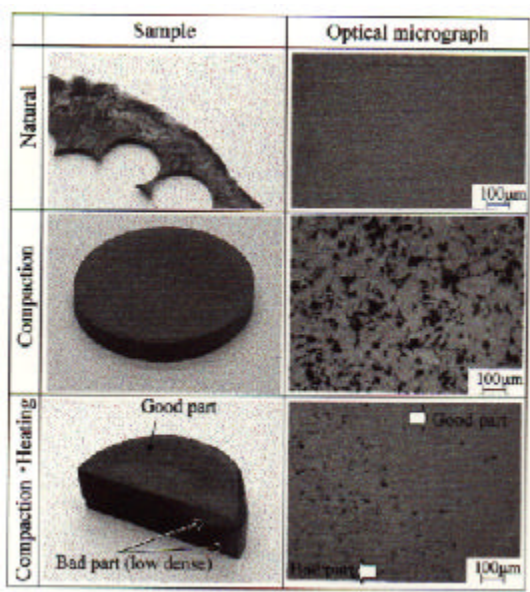


Fig. 5 Sample shape and micrographs of tortoise-shell.

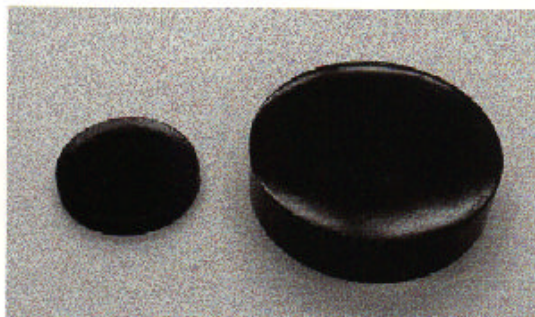


Fig. 6 Recycled tortoise-shell compacts. Left: 33mm, thickness 4mm, right: 60mm, thickness 15mm.

たものを加熱せず金型から取り出し、そのままオートクレープに入れると成形体は膨張し、黒色への変化は見られなかった。それゆえボルト締めによる金型とパンチの固定は成形体の外側への膨張を抑える。膨張現象は粉末間の隙間方向に働き、その結果気孔が消滅することが分かった。この手法は従来のホットプレスを用いる手法と異なり、取り扱いが簡易であり、低コストでの作成が可能である。

Fig.6左側は試作品である(33mm, 厚さ4mm)。この試作品は40MPaで成形し、373Kで15min保持した。この試作品は再生品としては内部に気孔がなく均一なものである。しかしながら、この寸法ではべっ甲製品を作る場合には小さく使用しにくい。そこで右側にあるような試料(60mm, 厚さ15mm)にスケールアップした。

試料の寸法増加は水平方向および垂直方向の荷重分布や温度分布に影響を及ぼし、条件によっては不良が出る場合が考えられる。Table 1は成形圧力、加熱温度および加熱時間を変化させ、試料内部の状態を比較した結果である。内部状態は切断した断面を目視検査にて評価した。成形圧

Table 1 Quality testing result at varied condition

Compacting pressure(MPa)	Heating temperature (K)	Heating time(min)		
		15	30	45
17	393	—	××	—
	373	×	×	×
35	383	○×	○	○
	393	○○○	○	○
	373	○	×	○
52	383	○	○	○
	393	○	×	○
	373	×	○	×
69	383	○	○	○
	393	○	○	○

○ : OK, × : Error, — : un-tested

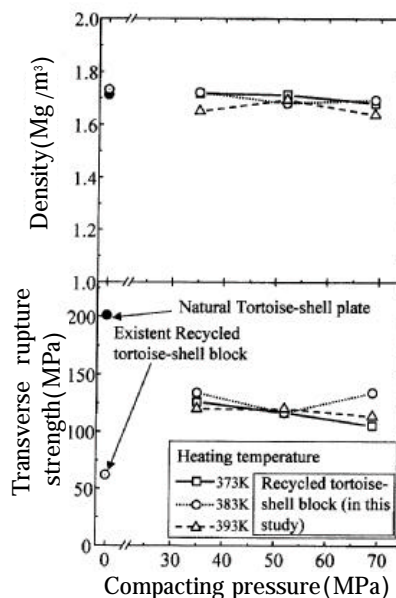


Fig. 7 Relationship between density and strength against natural and recycled tortoise-shell sample.

力が低い場合は、加熱温度に関わらず不良が発生しやすかった。成形圧力が高い場合は、加熱温度が低いほうが不良が出やすいが、温度が高すぎる(約403K以上)とべっ甲が焦げたような状態になった。べっ甲は主に蛋白質<sup>3)</sup>のため、高温での処理は変質の原因になる。本実験条件では加熱時間の影響はあまり見られなかった。

### 3.3 従来品との比較

Fig.7は、すでに市場にある再生べっ甲(従来品)および本研究で作成した再生べっ甲の密度および抗折力を比較したものである。

本研究での再生べっ甲の密度や抗折力に対して成形圧力や加熱温度の影響は見られなかった。また、べっ甲端材と再生べっ甲(従来品)と密度はほぼ同等であった。ホットプレスを用いた再生べっ甲(従来品)やべっ甲端材と密度



Fig. 8 Products of recycled tortoise-shell from the right sample in Fig. 6. Black parts are recycled tortoise-shell.

が同じということは、内部に気孔がないことを示している。

本研究での再生べっ甲は従来の再生べっ甲の2倍から3倍近い抗折力を持っており加工において十分な強度があるといえる。

べっ甲端材に比べ抗折力が劣っているのは Fig.5において、べっ甲端材のように配向した繊維がないためと考えられる。曲げ加工のような加工は再生べっ甲には不得意であるが、例えばべっ甲を曲げて指輪のようなリングを作る場合、再生べっ甲ではリング状の金型を作ることで曲げ加工を行う必要はなくなる。

貼り合わせたべっ甲の場合、繊維の方向で割れが発生する場合がある。それに対し、再生べっ甲では繊維の方向性が無いので割れが発生しにくいという長所も考えられる。製造後1年を経過した再生べっ甲でも現在のところ割れは見られない。

Fig.8は再生べっ甲を加工したものであるが、8ヶ月を経過しているが現在のところ不具合は見られない。切削等の加工にも問題はない。図中のネクタイピンの一部は白べっ甲を用いており、本研究での再生べっ甲とつなぎ合わせたものである。従来の再生べっ甲では接合がうまくいかなかったが、本研究の再生べっ甲では接合性も良好であり、接合界面にも異常は見られなかった。

#### 4.まとめ

本研究では、在庫量の多い黒べっ甲の端材をブロック形状に再生する手法を検討した。

その結果、粉末粒度、水分、成形条件、加熱条件等を検討することで高額装置であるホットプレスを使わずに簡易な装置で再生できる条件を見出した。また、加圧成形と加熱加湿処理を分離することで製造が容易となり、生産性が向上するとともに、安定した品質の再生べっ甲が得られた。さらに、強度も従来の再生べっ甲に比べ2倍から3倍近いものが得られた。また、加工性も従来のべっ甲と変わらず、接合性も良好であることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 森 重之, 長田純夫: 化学工学論文集, 22, 1313 (1996).
- 2) 細川 純, 遠藤貴士, 西山昌史, 森田孝男, 船橋宗夫: 高分子論文集, 50, 929(1993).
- 3) 森 重之, 長田純夫, 上岡龍一: 化学工学論文集, 21, 690(1995).

(原稿受付 平成11年8月9日)