

鰹節整形加工に関する研究

電子部 飯屋一昭, 伊藤博雅, 久保 敦, 岩本竜一*, 宮原栄稔**, 山下賢治***

Study on Form Processing of Dried Bonito

Kazuaki KARIYA, Hiromasa ITO, Atsushi KUBO, Ryuichi IWAMOTO, Masatoshi MIYAHARA and Kenji YAMASHITA

鰹節整形加工の省力化を目指して、最適な加工方法を検討するために、ブラシ、サンドペーパー、サンドブラスト、ドライアイスブラスト、ボールミル、V型混合機、振動ミルを用いて実験を行った。その結果、加工後の状態が現状の加工状態と同等な結果が得られたのは、ブラシ、サンドペーパーであった。次に、サンドブラストが、背側と内部とで加工状態が異なるものの現状に近かった。改良型振動ミルは、加工状態がブラシ、サンドペーパーによる加工方法にはおよばなかったが、複数の鰹節を同時に加工でき、加工時間が比較的時間が短いため、大量の鰹節加工に利用できる可能性が確かめられた。

1. 緒言

鹿児島県は、鰹節の日本有数の生産地であり、多くの鰹節製造業者が操業している。一般に鰹節の製造工程は、鰹を煮た後、いぶして乾燥させ（荒節と呼ばれる）、さらに、整形加工を施し、表面に”カビ付け”作業を数回行い製品となる。整形加工は、荒節の段階で、表面に付着した油脂成分を除去し、カビが付きやすいようにすることと、ねじれ、曲がり等が発生しているため、形状を整えるための工程である。現在は、この工程を手で行っているが、削り粉等の粉塵や重労働であるなど、好ましくない作業環境であることから、工程の改善が望まれているところである。このため、整形加工工程の省力化を目指して、様々な加工方法について検討を行ったので報告する。

2. 加工方法の検討

2.1 鰹節整形加工の条件

加工業者間では、以下のような加工条件を念頭にいれ作業を行っている。

- ・鰹節は、食品であるため、人体に悪影響のない加工方法であること。
- ・昨今の健康食品ブームから化学薬品は、使用しないこと。
- ・削り粉も食品の原料となることから、回収し食品として使用できること。
- ・できる限り、荒節の形状を損なわず、削り粉の量が少ないこと。（質量比2%程度）

これらの加工条件から、製造業者の多くは、鰹節表面整形機（グラインダの大型のもの）を用い、砥布は、牛皮に砥粒を糊付けしたものをそれぞれの作業所で作成し、手作

業で行っている。また、削り粉は、集塵機で回収し食品の原料として販売している。

この加工条件を元に、以下のような加工実験を行った。

2.2 加工実験と考察

2.2.1 ブラシを用いた加工方法

図1のような、4タイプのブラシ（5種類 表1）を用いし、図2のように、回転軸に対し、加工する鰹節の面を垂直、平行、傾斜を付け、ブラシの回転を任意に変更できるインバータをモータ、電源間に設置して実験を行った。

表1の1のベベル型ブラシは、鰹節に垂直にブラシを当て、周辺部で加工した。約5000回転で削り加工したところ、切削面は荒削りとして利用できる程度の仕上がりであった。

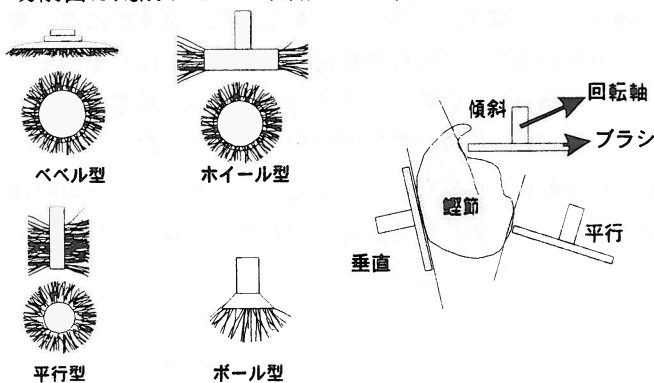


図1 ブラシタイプ

図2 加工方法

表1 ブラシの種類

型(種類)	材質	ブラシ径 (mm)	線径 (mm)	ブラシの当て方
1 ベベル型	スチール	130	0.5	垂直
2 ホイール型	スチール	75	0.3	平行
3 ホイール型	真鍮	75	0.15	平行
4 平行型	スチール	25	0.15	平行
5 ボール型	スチール	30	0.3	傾斜

表1の2のホイール型ブラシはブラシを鏝節と平行に当て周辺部で削り加工を行った。鏝節の繊維と同じ方向に加工した場合は、柔らかい部分のみが切削され、表面の凹凸が目立った。繊維と垂直方向に加工した場合はベベル型ブラシと同様であった。表1の3のホイール型ブラシは、ブラシの線径が0.15mmと細く、削り加工するには鏝節をブラシに強く圧着する必要があった。削り面は、仕上がりがよいもの切削時間がスチール製を用いたときより長かった。表1の4の平行型ブラシは、ブラシの削り線が目立つため、他のブラシで再加工する必要がある。このため、鏝の加工には、使用できないと思われる。表1の5のボール型ブラシは、湾曲した部位の加工では、鏝節とブラシの曲面が合致する場合は、加工可能であったが、平坦部の加工には適さなかった。

2. 2. 2 ブラシを用いた加工方法の結果

加工面に対し、垂直に加工した場合は、鏝節の面が、平板状に加工されるため鏝節又はブラシを回転移動させる必要が生じる。削られた面は、荒削りとして利用できる程度の加工状態であった。鏝節の面に対して平行に加工した場合は、鏝節の方向により、一部に深く削れる部位があり、荒削りには、注意が必要であった。また、ブラシに傾斜を付けて加工する場合は、湾曲した部位の加工に使用できた。ブラシは、加工と同時にブラシ屑が生じる。削り粉は、回収して販売し、食品の原料となることから、ブラシ屑の回収を行う必要がある。その他にも材質がビニール系のブラシでも検討したが、加工には適さなかった。

2. 2. 3 サンドペーパーを用いた加工方法

図3のようなサンドペーパーを用いた。基本的には、現在行っている牛皮に砥粒を糊付けしたものと同一である。加工した結果は、砥粒が小さくなるほど良い結果となった。しかしながら、砥粒の材質が問題になり、結局、現在使用している砥布と同じになる。また、サンドペーパーの材質が不明なため、削り粉を回収しても食品の原料として使用できない可能性がある。

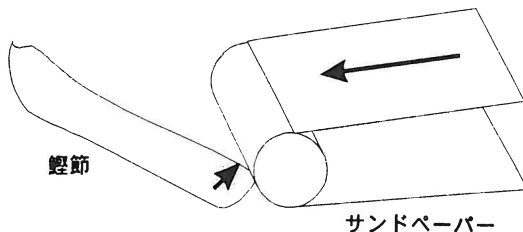


図3 サンドペーパーを用いた加工方法

2. 2. 4 サンドブラストを用いた加工方法

サンドブラストを用いた加工方法を図4に、加工条件を表2に示す。なお、親東プレメーター(株)製 MY-30Eを用いた。

鏝節の背側については、油脂成分が良好に取れ、削り取られた表面の鏝繊維の毛羽立ちもなかった。しかし、内部側(内蔵側)では、表面の柔らかい部位のみが削られ、比較的堅いと思われる部位が浮き出た結果となった。また、荒節には、表面に割れがあるものがあり、今回の実験で使用した砥粒の粒径では、砥粒が割れに入り込むことがあった。このため、鏝節に入り込んでも食品として問題のない材質の砥粒を選ぶ必要がある。

表2 サンドブラスト加工条件

砥粒の粒径	0.42mm~0.59mm
材質	アルミナグリッド36
投射圧	5.2kg/cm ²
加工時間	各鏝節につき2~4分

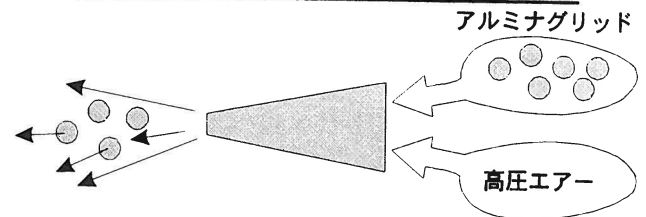


図4 サンドブラスト

2. 2. 5 ドライアイスブラストを用いた加工方法

サンドブラストによる加工方法では、鏝節の割れに、砥粒が入り込み食品として問題があったが、砥粒をドライアイスに変えることでこの問題を解決しようと試みたのがドライアイスブラスト加工方法である。図4のアルミナグリッドをドライアイスに変えることで、割れに入り込んだ砥粒が昇華し、食品としての安全性が保たれ、また、削り粉にも砥粒が全く混入しないため、高付加価値の削り粉ができると考え実験を行った。ドライアイスブラスト加工条件は表3のとおりである。

今実験で使用したドライアイスブラストは、金型や機器等のクリーニング用の装置(岩谷産業(株)製 TDI-G3)であったため、破壊力が大きく、荒節の縁や割れの部分が破壊されるものがあった。加工面は、荒削りであったものの、ドライアイスの形状を工夫することで良好な結果が得られる可能性はあった。

表3 ドライアイスブラスト加工条件

ドライアイス形状	円筒状
ドライアイス長さ	3mm~5mm
エア圧	4.2kg以上

2. 2. 6 ボールミルを用いた加工方法

実験方法は、図5のように、直径15mm(比重約3.8g/cm³)と直径5mmの粉碎用アルミナボールをプラスチック製の容器に入れ、これに鏝節を混入し、ボールミル(日陶科学(株)製AN-3S)で回転させて鏝節の表面の加工状態をみた。直径15mmのボールのみ、直径5mmのボールのみ、直径15mmと直径5mmの混在したボールでおこなった。回転時間

は、約72時間であった。

結果は、鏝節の背側の加工は、金属製のブラシには劣るものの、実用になる程度の加工状態であった。また内部側については、表面の油脂成分が若干落ちる程度の加工状態であった。

内部側が加工できなかった原因の一つは、鏝節とボールの密度が異なるため、回転時に鏝節が浮き、鏝節の背側が下方向になり常にボールと接触した状態であった。このため、内部側には効率よくボールが接触できず、背側に比べ内部側が加工されなかったと考えられる。

また、この方法では、加工時に出る粉末に混入する異物が従来の方法より格段に減ると思われ、再利用を検討すれば利用方法が拡大する可能性がある。

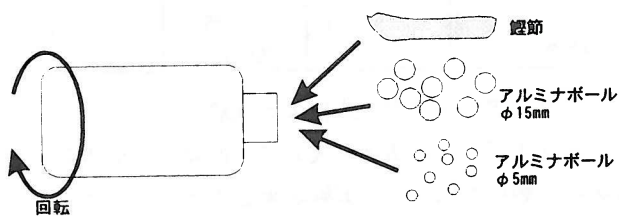


図5 ボールミルを用いた加工方法

2. 2. 7 V型混合機を用いた加工方法

V型混合機(吉田製作所(株)製 1101-10)を図6に示す。V型の円筒の中に、鏝節と砥粒を混入し、V型の円筒を回転させることで、鏝節を加工しようとする試みである。

2. 2. 6 ボールミルを用いた加工方法では、砥粒にアルミナボールを使用したのが、スケールアップしたときのコストを考え、表4の玉砂利を利用した。また、使用した玉砂利の量5000g、加工時間120分、V型混合機の回転数33.3rpmで実験を行った。

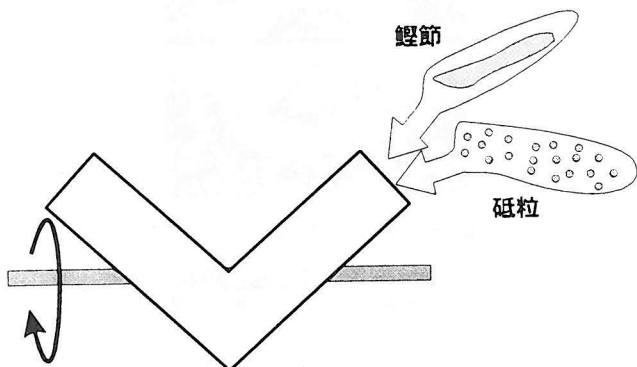


図6 V型混合機

実験では、60分と120分でV型混合機から鏝節を取り出し、鏝節の状況を見た、この結果を表5に示す。V型の円筒が密封状態のため、削り粉が鏝節と玉砂利に付着していた。また、鏝節の背側は、良好に加工されていたが、内部側については、削り粉が付着しているのみで加工されている部位が少なかった。回転時に円筒内部で、鏝節同士が接

触するため、縁部が欠けているものが多かった。

表4 玉砂利の形状

比重	約2.5g/cm ³
粒径	厚さ3mm~5mm 幅 5mm~10mm

表5 V型混合機での結果

番号	加工前(g)	60分			120分		
		質量(g)	減量(g)	%	質量(g)	減量(g)	%
1	104.7	101.6	3.1	3.0	100.3	4.4	4.2
2	75.2	71.4	3.8	5.1	70.9	4.3	5.7
3	95.1	90.5	4.6	4.8	89.5	5.6	5.9
4	88.1	85.9	2.2	2.5	85.1	3	3.4
5	79.6	76.5	3.1	3.9	75.4	4.2	5.3
平均				3.8			4.9

2. 2. 8 振動ミルを用いた加工方法

使用した振動ミル(中央化工機(株)製 BMC-15)を図7に示す。上下にある円筒を変心カムで振動させ、V型混合機と同様に、内部の鏝節と砥粒が接触しあい、切削される。振動ミルでの結果を表6に示す。加工状態は、V型混合機と同様であった。V型混合機と単純に比較できないものの、振動ミルでの切削時間は、重量比で6.6%の切削量に15分、V型混合機では、120分後においても4.9%と、振動ミルが早い切削が可能なのことがわかった。

切削後、削り粉の状態を調べたところ、鏝節の削り粉に大量の玉砂利自身が切削された粉が混入していた。玉砂利

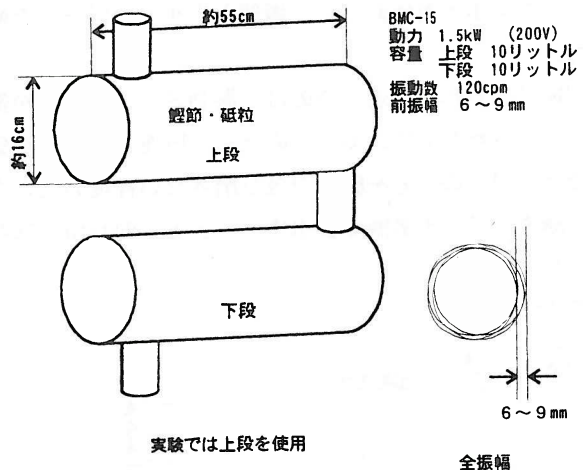


図7 振動ミル

表6 振動ミルでの結果

番号	加工前		15分後		30分後		45分後		120分後		
	g	g	減量(g)	%	g	減量(g)	%	g	減量(g)	%	
1	131.4	121.8	9.6	7.3							
2	81.9	75.3	6.6	8.1	71	10.9	13.3				
3	104	93.5	10.5	10.1	89.6	14.4	13.8	88.4	15.6	15.0	
4	79.7	75.3	4.4	5.5	72.5	7.2	9.0	71.5	8.2	10.3	
5	102.9	95.1	7.8	7.6	90.7	12.2	11.9	89.7	13.2	12.8	
6	121.7	118.8	2.9	2.4	114	7.8	6.4	111.3	10.4	8.5	
7	111.7	107	4.7	4.2	105	6.6	5.9	104.3	7.4	6.6	
8	112	107.5	4.5	4.0	104	7.6	6.8	100.8	11.2	10.0	
9	147.3	134.5	12.8	8.7	130	17.2	11.7	129.4	17.9	12.2	
10	123.6	113.6	10	8.1	113	11.1	9.0	108.1	15.5	12.5	
11	113.3								91.1	22.2	19.6
12	82								62	20	24.4
13	78.8								60.9	17.9	22.7
14	95.7								77.3	18.4	19.2
15	77.1								60.6	16.5	21.4
平均				6.6			9.8			11.0	21.5

のみで小型振動ミルで切削したところ、10分で質量比0.15%、40分で0.3%程度玉砂利自身が削られていることがわかった。

2. 2. 9 加工方法実験結果の検討

加工状態は、ブラシ、サンドペーパーを用いた加工法が、良好で、現在行われている加工法で行った場合と同様の仕上がりだった。しかしながら、ブラシ、サンドペーパーを用いた方法では、1本づつの加工となり、大量の鏝節を加工するには、高速加工が必須となる。また、個々の鏝節の形状が異なっているため、鏝節の固定や、ブラシの移動など、自動機の開発には、解決すべき大きな問題がある。一方、V型混合機、振動ミル等のパッチによる加工法は、仕上がりは、ブラシ等に及ばないものの、大量の鏝節を同時に加工できる利点があり、スケールアップ後の自動機開発も可能と思われる。

これらの実験の結果から、大量に加工でき、加工時間の短い、振動ミルに改良を加え新たに実験した。

3. 振動ミルを用いた改良加工方法

2. 2. 8の実験では、鏝節、砥粒に削り粉が付着し、切削後、付着した削り粉の除去と、削り粉の中から砥粒を取り除く必要がある。これを、解決するために、図8のように振動ミルに改良を加え、また、砥粒自身の切削を小さくするため玉砂利に変えて、鋼球とアルミナボールを使用した。

鏝節に削り粉が付着するのは、振動ミルの円筒内が密封状態であったためである。このため、円筒の上部に空気穴を設け、円筒の一方を砥粒が飛び出さない程度の大きさの格子網を付け、集塵機で吸引することで、削り粉の回収を行った。

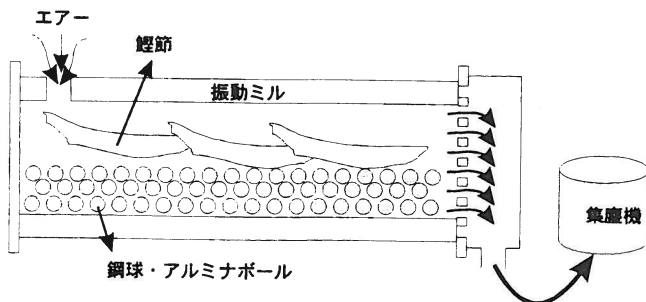


図8 振動ミルの改良

3. 1 鋼球による実験

鋼球の諸元を表7に、実験結果を表8に示す。

削り粉を吸引したために、鏝節及び砥粒に削り粉が付着しなかった。しかし、鋼球が重すぎたためか、振動ミルの円筒内の振動が少なく、鏝節は図8のように鋼球の上部に浮いたままの状態、背側のみが切削された。また、鋼球の表面メッキが削れ、振動ミル及び鏝節に付着した。さら

に、鏝節からは、金属臭がした。

表7 鋼球(クローム)の諸元

質量	0.44 g/個
直径	4.70 mm
密度	8.10 g/cm ³
質量 (13,000個)	5720.00 g
質量 (50,000個)	22000.00 g

表8 鋼球を用いた実験結果

番号	実験前 (g)	(20分) (g)	減量率 (%)
1	102.0	96.3	5.59
2	97.0	91.1	6.08
3	96.6	88.7	8.18
4	91.2	86.5	5.15
5	98.4	88.3	10.26
6	81.8	76.0	7.09
7	107.3	91.6	14.63
8	133.1	126.3	5.11
備考		13000個	

3. 2 アルミナボールによる実験

アルミナボールの諸元を表9に、振動中のアルミナボールの振る舞いを図9に、実験結果を表10に示す。

アルミナボールは、湾曲した鏝節内部側にも効率よく当たるように、直径が16mmと5mmの2種類の大きさを大小2対1の割合で混合（質量比）したものをを使用した。この結果、図9のようにアルミナボールの跳ねがよく、鏝節全体に当たっているようである。このため、削られた鏝節の表面の状態は、良好であった。しかし、この切削状態でも、鏝節内部の油脂成分については、かなり残っていると思われる。鏝節に付着した削り粉は、微量であり、また、削り粉も砥粒の混入は極めて少ないようであった。

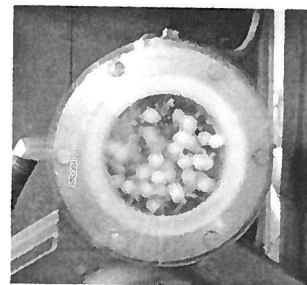


図9 アルミナボールの状態

表9 アルミナボールの諸元

	諸元	
	大	小
質量	8.60 g/個	
直径	16.43 mm	
密度	3.71 g/cm ³	
総質量	2662.00 g	
個数	310 個	
質量	0.24 g/個	
直径	4.98 mm	
密度	3.71 g/cm ³	
総質量	1359.00 g	
個数	5663 個	
混合比	大	小
	質量比	2662.00 1359.00
		1.96 1.00
	個数比	310 5663
		1.00 18.30

表10 アルミナボールを用いた実験結果

番号	実験前 (g)	実験後 (10分) (g)	減量率 (%)	実験後 (20分) (g)	減量率 (%)
1	93.3	89.7	3.86	85.7	8.15
2	90.3	82.3	8.86	81.3	9.97
3	125.3	116.7	6.86	113.8	9.18
4	116.9	110.3	5.65	108.2	7.44
5	96.0	90.8	5.42	85.3	11.15
6	77.5	74.6	3.74	73.9	4.65

4. 鏝節業者による評価

これまでの実験では、それぞれの加工方法で、一長一短があり、現在の加工法に置き換えられるような、全てに優れた加工方法はなかった。しかし、砥粒を工夫することで、今後可能性のある加工は、あるように思われる。実験後に鏝節製造業者に、加工した鏝節を評価してもらったところ、サンドブラストでの加工に興味をもたれ、また、加工結果としても、良いのではとのことであった。しかし、2. 2. 4サンドブラストを用いた加工方法で述べた問題があり、2. 2. 5ドライアイスブラストを用いた加工方法においても良好な結果は得られなかった。3. 2アルミナボールによる実験で述べた方法については、背側と内部側の削れ具合が異なり、減量率で切削時間を設定すると内部側が削れず、内部側に合わせれば、鏝節の割れ等が発生する事がわかった。

5. 結 言

ブラシ、サンドペーパー、サンドブラスト、ドライアイスブラスト、ボールミル、V型混合機、振動ミルを用いた最適な加工方法について検討した結果をまとめると表11のとおりである。加工後の状態が現状の加工状態と同等な結果が得られたのは、ブラシ、サンドペーパーであった。

次に、サンドブラストが、背側と内部とで加工状態が異なるものの現状に近かった。これらの加工方法は、鏝節を1本づつ、しかも、手作業で行ったため、鏝節の様々な形状に対応できたことが、好結果となった要因であると思われる。自動化、省力化を考える場合に、これらの加工方法では、様々な形状の鏝節の把持、固定、位置制御などが、複雑になり装置の開発が容易でないと思われる。これに対し、バッチ式のミルによる加工は、複数の鏝節を同時に加工できるため、装置の開発は、比較的容易にできると思われる。ミルの中では、改良型振動ミルが、加工時間が比較的短く、しかもスケールアップが可能と思われるが、加工状態がブラシ、サンドペーパーによる加工方法には及ばなかった。この原因としては、鏝節同士の接触による欠けと、砥粒として用いたアルミナボールの粒形、比重等が加工条件にマッチしていなかった可能性が大きい。接触による欠けがあっても、商品として認められれば、自動化の可能性は大きいと思われる。ドライアイスブラストについては、今回の実験では、良い結果が得られなかった。しかし、削り粉に砥粒が混入しておらず、当然、鏝節自体にも砥粒が混入していない加工状況であった。ドライアイスの粒形を改良すれば、サンドブラストと同等の結果が得られる可能性がある。

今回の実験からは、現在の加工方法に置き換わる方法は、見い出せなかったが、加工方法の将来性としては、手作業で加工を行うが、現在の加工法よりも、作業性がよい加工法に改良したい場合は、ブラストによる加工、全てを自動化したい場合はミルによる加工方法が考えられる。

今後、整形加工の省力化・自動化はさけられない問題である。この問題解決にチャレンジするときの参考になれば幸いである。

表11 まとめ

分類	加工方法	加工時間	加工結果	部位による加工状態		問題点	今後の発展性
				背側	内側		
サンドペーパー	現状の加工方法	数分/1本	鏝節を形よく加工できる	○	○	作業が単純で、重労働	
	ベベル型ブラシ	数分/1本	湾曲した部位以外は良好	○	△	ブラシ屑の回収が必要	
ブラシ	ホイール型ブラシ	数分/1本	切削方向で筋ができる	△	△	ブラシ屑の回収が必要	
	平行型ブラシ	数分/1本	・削り線が目立つ ・再加工が必要	×	×	ブラシ屑の回収が必要	
	ボール型ブラシ	数分/1本	湾曲した部位は良好	△	△	ブラシ屑の回収が必要	
サンドペーパー	サンドペーパー	数分/1本	現状の加工法と同じ	○	○	砥粒等の回収が必要 (現状と同様)	
ブラスト	サンドブラスト	数分/1本	背側については良好	○	△	・砥粒等の回収が必要 ・割れに砥粒が入り込む	割れ、削り粉に混入しても、食品として問題のない砥粒の選定
	ドライアイスブラスト	数分/1本	破壊される部位があった	△	△	・ドライアイスの粒形が問題 ・コスト高	ドライアイスの粒形の改良
ミル	ボールミル	約70時間/複数本	背側については比較的良好	○	×	・加工時間が長く、背側のみが加工される。 ・削り粉が付着	
	V型混合機	約1時間/複数本	背側については比較的良好	○	×	・背側のみが加工される。 ・削り粉が付着	
	振動ミル	1時間以内/複数本	背側については比較的良好	○	△	比較的良く加工されるが、縁の欠け等がある。	
	改良型振動ミル	1時間以内/複数本	背側については比較的良好	○	△	比較的良く加工されるが、縁の欠け等がある。	砥粒の選定

