

1 緒言

真珠は中心核とその周りを覆う真珠層の二層で構成されており、歪な真珠や規格外の真珠はこれら二層に分離後、中心核は再利用、真珠層は化粧品などの様々な分野で再利用されている。一方、アコヤ貝内面にも真珠層と同質層が形成されるため、真珠層と区別するために、球殻形状を残した分離が望まれている。そこで本研究では、研究室内で作製された回転円盤機の分離評価より問題を抽出し、最良な分離装置の提案と基本設計を行う。

2 回転円盤機の評価

Fig.1 に示す回転円盤機はアルミ製のボックス内にブレード付き回転円盤が装着されている。装置上部より投入された真珠は回転するブレードに衝突後、それを囲む側面にも衝突し分離される。この装置による分離確率を調査したところ、回転数 1800rpm で、適正分離数は最多であったが、投入した真珠の半数が分離できておらず、また Fig.2 のように真珠層も核も細かく砕けること確認できた。そこでハイスピードカメラにより衝突状況の観察を行った。映像より、真珠がブレードに衝突し、離れるまでの接触時間は 198 μ s であることが確認された。



Fig.1 External view of rotating disk separator



Fig.2 Separation of pearls by rotating disk

3 落錘衝撃試験

3.1 実験方法 個々の真珠を確実に分離することに着目し、真珠層を理想的に近い状況で分離するために必要な衝撃特性の調査を行った。

Fig.3 に示す落錘試験機は重量 260g のステンレス製円柱錘をアクリルパイプ内で落下させ、台座部に真珠を固定し分離する単純な仕組みである。計測は落下高さと同様に設置された水晶圧電式荷重センサを用いた。落下高さ h は 100, 150, 200 mm の 3 種類で



Fig.3 External view of the falling weight tester

確認した。

計測データから、力積を

$$F\Delta t = mv \quad (1)$$




とし、速度 v は

$$v = \sqrt{mgh} \quad (2)$$

より算出した。ここでは簡単のために衝突時のエネルギー変化は無視し、計測した時間変化 Δt を読み取った。

Table 1 に各落下高さの落錘試験による真珠の分離観察写真を示す。落下高さ 100 mm では真珠表面にき裂発生が確認されたが、分離には至らなかった。200 mm では真珠層の分路は確認できたが、核の破碎が確認された。一方、150 mm ではすべての真珠において球殻形状の真珠層と無欠損の核が分離できた。

Table 1 Observation of pearl separation by drop weight test at several heights

Fall height		
100mm	150mm	200mm
		

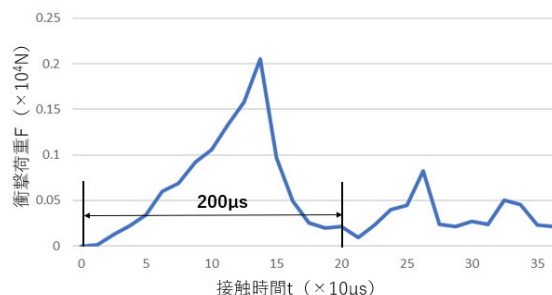


Fig.4 Typical example of the relationship between impact load and contact time at 150 mm drop height

Fig.4 は落下高さ 150mm の衝撃荷重と接触時間の関係の典型例を示す。衝撃開始から 200 μ s で最大衝撃荷重 $F_{max}(=2300N)$ に達している。

(1)および(2)式より、理論衝撃荷重 F を求めると 2230N であり、実測値と一致した。本研究において、質量や形状が小さい真珠では、理論式で近似できることが確認できた。また、2章で求めた接触時間を用い回転円盤機における力積計算を行うと、衝撃荷重 F は 61N であったため、落錘衝撃機ではかなり大きな力がかかっていることが考察できた。

4 落錘衝撃機の開発

4.1 落錘衝撃分離機的设计ポリシー 落錘衝撃分離機は設計ポリシーを3つ挙げる。①小型、②最小限の動力、③安価、である。衝撃負荷が繰り返し行われるため、強度も重要な要素である。

4.2 落錘重量と落下高さの決定 上述した落錘衝撃試験において、真珠の分離に必要な力積が導かれたことで、小型化のために落錘重量を決定する。設計落錘高さを100mmに設定することで、理論式より求めた落錘重量は310gである。そこで実際に真珠の落錘試験を3回実施し、全ての試験において、球殻形状の真珠層と無欠損の核の取り出しに成功した。よって錘310g、落下高さ100mmを基準に設計を進める。

4.3 落錘衝撃分離機の外観と分離機構 Fig.5に分離機の完成予想図と構成部品を示す。分離される真珠は真珠ホルダに装填され、ホルダの回転によりガイドまで運搬される。一方、ガイド内の落錘は螺旋カムの回転により落下高さまで持ち上げられ、カムの切れ目から落下し、真珠に衝撃を与える仕組みとなっている。動力は外部よりモーターとそれに付随する歯車を、ホルダとカムの回転はゼネバ機構と歯車機構を利用し、コンパクトに動作する機構となっている。分離機の全体形状は、高さ250×幅200×奥行き200mmとコンパクトである。

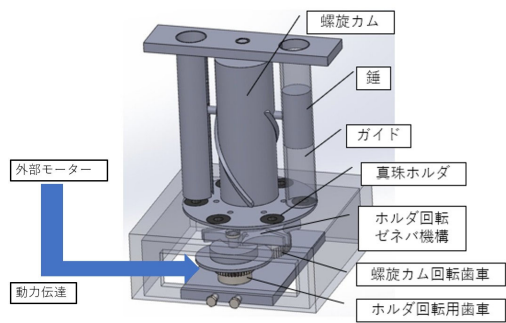


Fig.5 External view and separation mechanism of the drop tower impactor

4.4 動力伝達機構設計 外部モーター動力を伝達する歯車とホルダ回転用歯車の歯数 z_1 を40、螺旋カム回転歯車の歯数 z_2 を80とすることで減速比を1/2とした。Fig.6に示すタイムチャートを作成し、落錘の自由落下時間において後述のゼネバ機構によって真珠ホルダが静

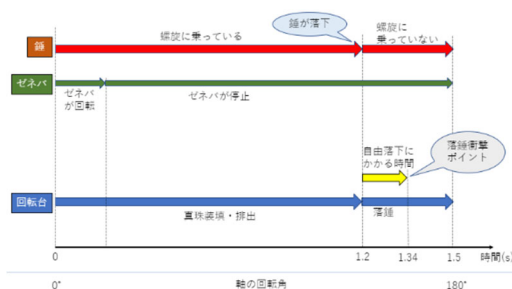


Fig.6 Drop tower separator time chart

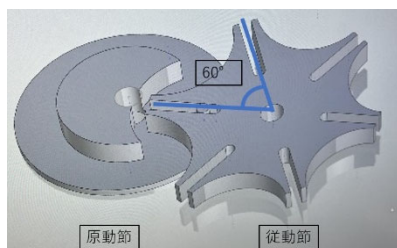


Fig.7 The full scope of the Geneva mechanism

止する最短時間を考慮するとモーターの最速回転速度は42rpmとなる。ただし、本装置の定常回転数を最速回転数の1/2を定常回転数約20rpmで運用する。

4.5 ゼネバ機構設計 Fig.7にゼネバ機構の外観を示す。本装置の従動節には60°毎に計6つのスロットが付いており、原動節が3秒間に1回転する毎にピンがスロットにかみ合うことで従動節が60°回転する仕組みになっている。

4.6 真珠運搬部の設計 真珠ホルダ付き回転台にはFig.8のように60°毎に、計6つの穴が開いており、それぞれの穴には交換可能なEPDM製の真珠静止チップが埋め込まれている。装填部には漏斗状の真珠タンクを設置し、真珠ホルダ付き回転台が回転し、(a)地点で真珠ホルダ付き回転台に真珠が装填される。(b)地点で落錘により真珠に衝撃荷重が加えられ、真珠層と核に分離し、(c)地点で分離された真珠層と核を本装置外に排出する。

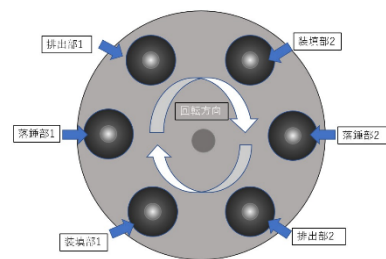


Fig.8 Drawing of a spiral cylinder

4.7 落錘構造の設計 螺旋カムには2本のレーンがついており、装置の左右で同時に2つの錘が上昇落錘を行うことができる。2つのカム機構は同形状であるため横展開した半円周分をFig.9に示す。カムは黄色矢印方向に回転する。錘がレーン上をスムーズに昇るために、錘側にはころ付き丸棒が装着されている。錘はレーンに沿って縦方向に100mm上昇した後にレール端部より落錘部にて自由落下する。前述の構成部品が連動することで3秒毎に1度、左右2箇所落錘が行われる。

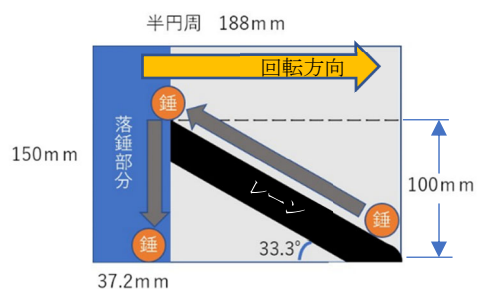


Fig.9 Drawing of a spiral cylinder

5 結論

回転円盤機の分離特性をハイスピードカメラの映像や理論計算を用い評価し、真珠層と核の分離に対して最適な力積値が導出され、落錘衝撃による分離方法の有効性が確認された。最適条件に加えて、①小型、②最小限の動力、③安価を設計ポリシーとした落錘衝撃分離装置の機構と基本設計が完成した。

参考文献 省略