

珠混魚目如何有效分離－震動、攪動、簸動 對固體對流影響之探討

國中組物理科第三名

高雄市立中正國民中學

作者：許虔禎

指導教師：曾鶯芳、金葉葦

一、研究動機

地科中的靜水沈積，層理為“下粗上細”，但當我在混合“三合一”咖啡時，卻發現，無論如何震動、攪動……，總呈現“下細上粗”讓我十分好奇，想設計一簡單方法，建構一理論，一探究竟，並能應用於日常生活中。另外，以簡單可行的實驗條件來應證老師所說的反擴散理論【註】也是我們的動機之一。（註：老師說：「反擴散現象違反熱力學第二定律“平衡趨向最大亂度”的情形。」）

二、研究目的

〈A部份〉震動對粗粒浮出速率之影響：

- 1.震動方式對粗粒物質浮出速率之影響
- 2.粗粒物質的形狀與大小對浮出速率的影響
- 3.容器形狀與大小對粗粒物質浮出速率之影響
- 4.粗粒物質埋在細砂中的深度對浮出速率的影響

〈B部份〉攪動對粗粒浮出速率之影響：

- 1.粗粒物質的形狀與大小對浮出速率的影響
- 2.粗粒物質分布的面積對浮出速率的影響
- 3.粗粒物質埋在細砂中的深度對浮出速率的影響

〈C部份〉簸動：

- 1.探討簸動對粗粒物質浮出速率的影響

三、研究設備器材

細砂，大小，形狀不同之陶土（作為粗粒物質），大小不同之豆類，小米，大小、形狀不同之各式容器，鋼珠，玻璃珠，長尺，攪拌竹棒。

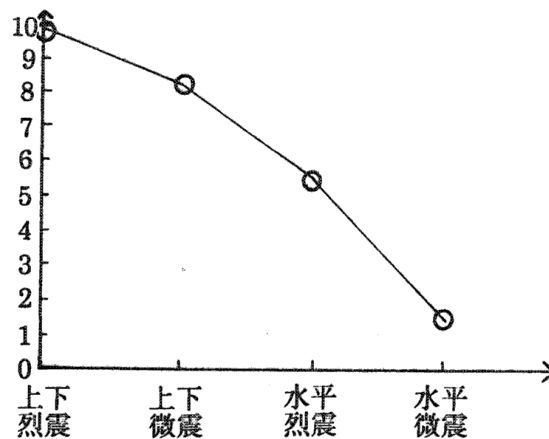
四、研究過程與結果

〈A部份〉

(一)震動方式之影響：

1.方式：

類別	震動程度	操作 方 法
上下震動	烈 震	從高5cm處落下
	微 震	從高1cm處落下
左右震動	烈 震	從側面15cm處敲打
	微 震	從側面1cm處敲打



圖一

2.方法：取直徑0.5cm的圓石十顆，置入裝有細砂4cm深之圓盒底部，每種方式均震動100次，數其圓石浮出個數。

3.結果：見表(A1)

4.作圖：見圖(一)

表A1

類 別	上下烈震	上下微震	水平烈震	水平微震
平均值	10	8.2	5.6	1.4

表A2

形 狀	圓扁形	圓球形	長柱形	長扁形	圓錐形	不規則
平均值	101.8	68.2	117.4	132.2	74.2	75

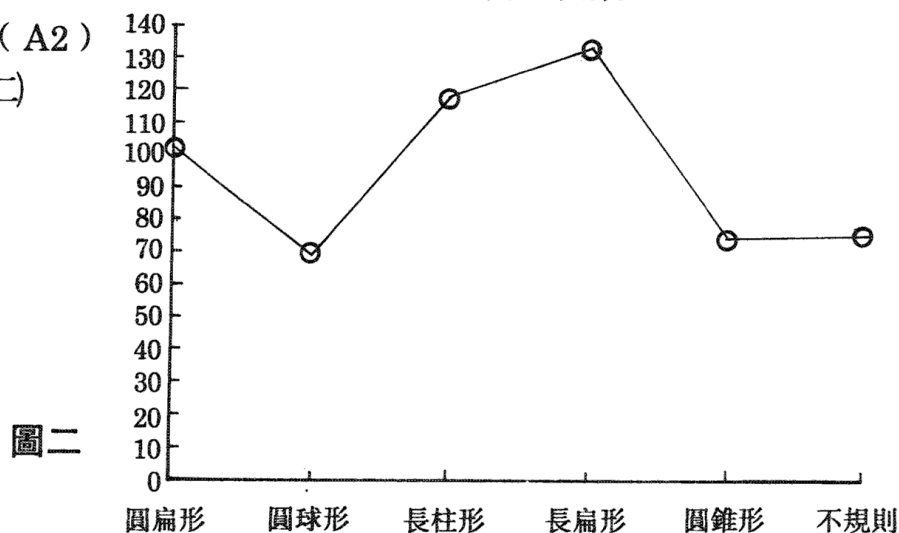
(二)粗粒物質的形狀與大小對浮出速率的影響：

1.形狀之影響：

〈方法〉取等質量之不同形狀石塊(陶土)，置入裝砂4cm深之圓盒底部，以微震方式，數其石塊完全浮出所需之次數。

〈結果〉見表(A2)

〈作圖〉見圖(二)



圖二

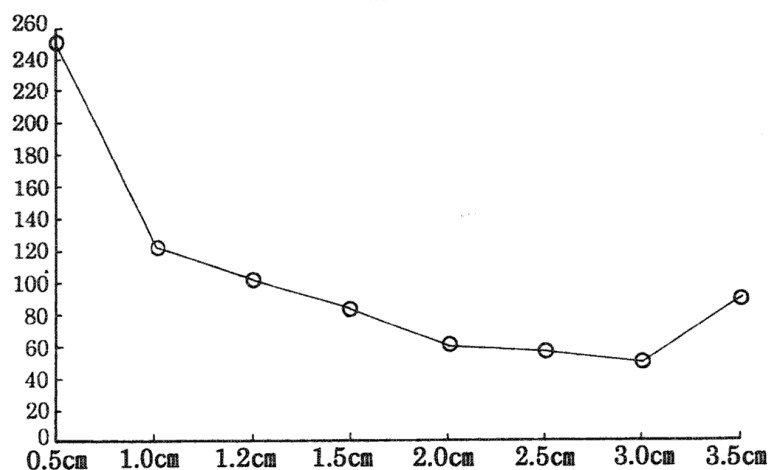
2.大小之影響：

<方法>取直徑不等之圓石數塊，置入裝砂4cm深之圓盒底部，以微震方式，數其石塊完全浮出所需之次數。 表A3

<結果>見表(A3)

<作圖>見圖(三)

直徑	0.5cm	1.0cm	1.2cm	1.5cm	2.0cm	2.5cm	3.0cm	3.5cm
平均值	251.4	122.0	101.4	84.2	59.6	57.0	49.4	89.4



圖三

3.以小米為底，紅豆、綠豆作為粗粒物質，與(二)-2.作對照：

<方法>將紅豆、綠豆各五顆，置入裝有小米2.5cm的小圓盒底部，微震視其浮出之先後順序。

<結果>見表(A4)

表A4

浮出順序 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	紅豆	紅豆	紅豆	紅豆	綠豆	紅豆	綠豆	綠豆	綠豆	綠豆
2	紅豆	紅豆	紅豆	紅豆	綠豆	紅豆	綠豆	綠豆	綠豆	綠豆
3	紅豆	紅豆	綠豆	紅豆	紅豆	紅豆	綠豆	綠豆	綠豆	綠豆
4	紅豆	紅豆	紅豆	紅豆	紅豆	綠豆	綠豆	綠豆	綠豆	綠豆
5	紅豆	紅豆	紅豆	紅豆	綠豆	綠豆	綠豆	紅豆	綠豆	綠豆

(三)容器形狀與大小對粗粒物質浮出速率之影響：

1.容器之形狀與大小：見表(A5)

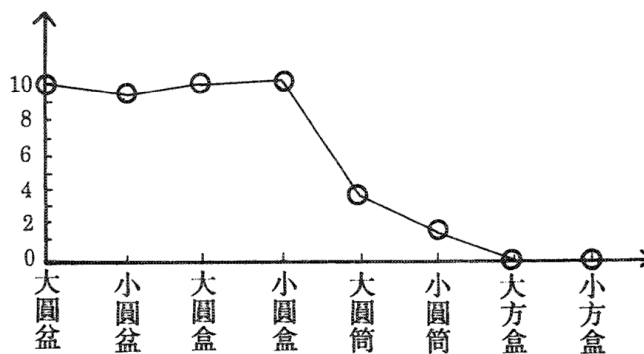
2.方法：圓盒底部置入直徑0.8cm之圓石10顆，填入細砂4cm，微震100次，數其浮出之個數。

3.結果：見表(A6)

4.作圖：見圖(四)

表A5

容器形狀	容器大小	內徑 (cm)	高度 (cm)	內徑/高度
圓盆	大圓盆	22.50	9.50	2.37
	小圓盆	14.40	7.70	1.87
圓盒	大圓盒	13.50	5.00	2.70
	小圓盒	9.90	3.70	2.68
圓筒	大圓筒	15.60	17.60	0.89
	小圓筒	12.00	24.70	0.49
方盒	大方盒	長:31.50 寬:17.50	4.50	
	小方盒	長:14.40 寬:7.50	6.40	



圖四

表A6

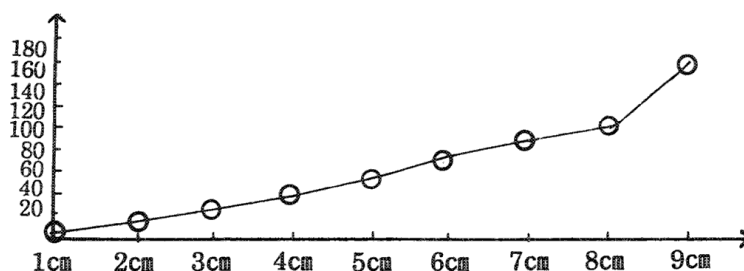
容 器	大圓盆	小圓盆	大圓盒	小圓盒	大圓筒	小圓筒	大方盒	小方盒
平均值	10	9.6	10	10	3.8	1.2	0	0

(四)粗粒物質的深度對浮出速率的影響：

- 1.方法：在大圓筒底部置入一直徑0.8cm之圓石，改變細砂之深度，微震，數其圓石浮出所需之次數。
- 2.結果：見表(A7)
- 3.作圖：見圖(五)

表A7

深度 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
平均值	6.8	14.8	27.6	40.8	58.2	79.2	89	97.4	162



圖五

(五)粗粒物質的大小與反彈高度之比較：

1.方法：取大小不同之鋼珠與玻璃珠數顆，自40cm處自由落下測其反彈高度

。

2.結果：ㄅ.鋼珠：見表（A8）

ㄆ.玻璃珠：見表（A9）

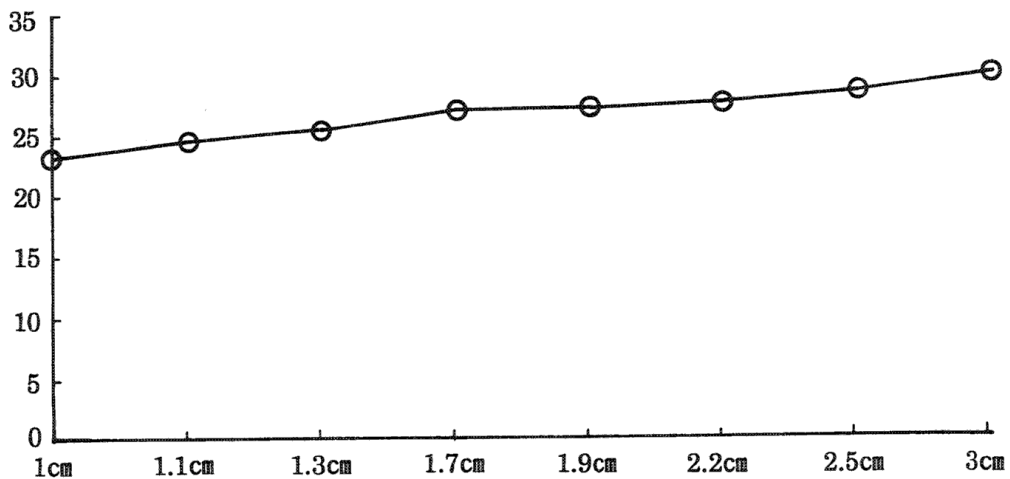
3.作圖：見圖(六)、(七)。

表A8(鋼珠)

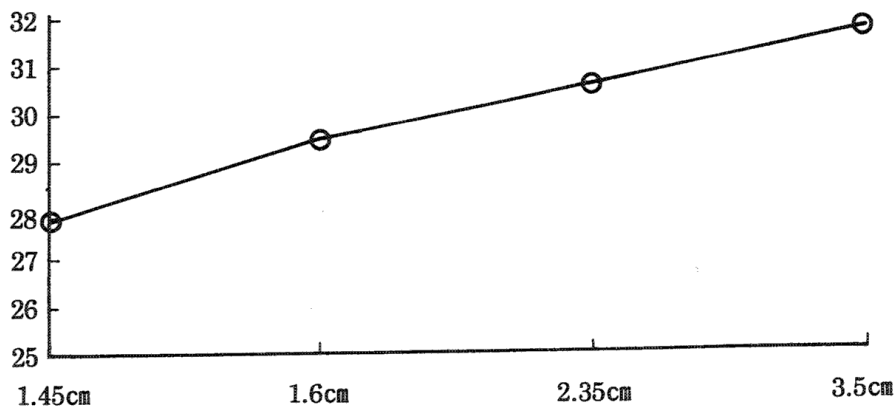
直徑	1cm	1.1cm	1.3cm	1.7cm	1.9cm	2.2cm	2.5cm	3cm
平均值	23.2	24.8	25.7	27.5	27.4	27.9	28.9	30.2

表A9(玻璃珠)

直徑	1.45cm	1.60cm	2.35cm	3.50cm
平均值	27.8	29.5	30.6	31.7



圖六



圖七

(六)震動前後細砂中央與周圍鬆硬程度之比較：

1.方法：大圓盒中置入細砂4cm，分別在中央與周圍自20cm處自由落下一鋼珠，測其下陷程度，待微震100次及200次後，再重覆前述過程，測其下陷程度。

2.結果：見表（A10）

表A10

	中央	周圍
震動前	0.95cm	0.95cm
震動100次	1.20cm	0.90cm
震動200次	1.10cm	0.85cm

< B部份 > 攪動對粗粒物質浮出之探討：

(一)形狀對浮出速率的影響：

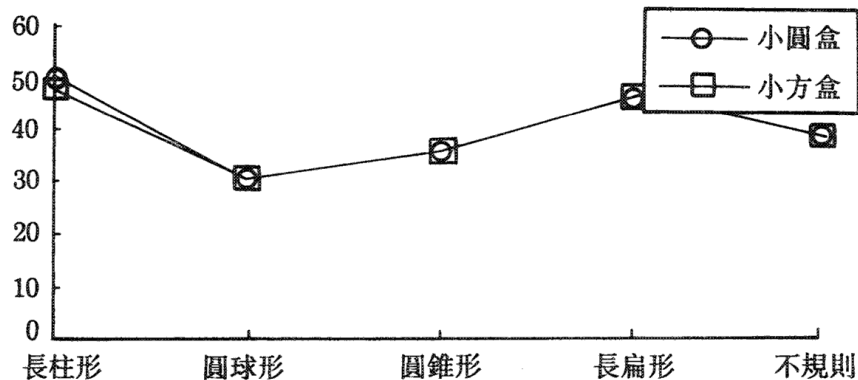
1.方法：取等質量形狀不同之石塊各10個，置入裝砂4cm深之小圓盒（或小方盒）底部，以同容器外形之螺旋攪動方式，數其石塊完全浮出所需之次數。

2.結果：見表（B2）

3.作圖：見圖(八)

表B2

	長柱形	圓球形	圓錐形	長扁形	不規則
小圓盒	50.2	30.2	36.2	46.2	39
小方盒	48	30.2	35.6	47	38.6



圖八

(二)大小對浮出速率的影響：

1.方法：取直徑不等之圓石各10顆，置入裝細砂4cm深之各容器底部，以同容器外形之螺旋方式平均攪動，數其石塊完全浮出所需之次數。（各容器見附件表（B1））

2.結果：見表（B3）

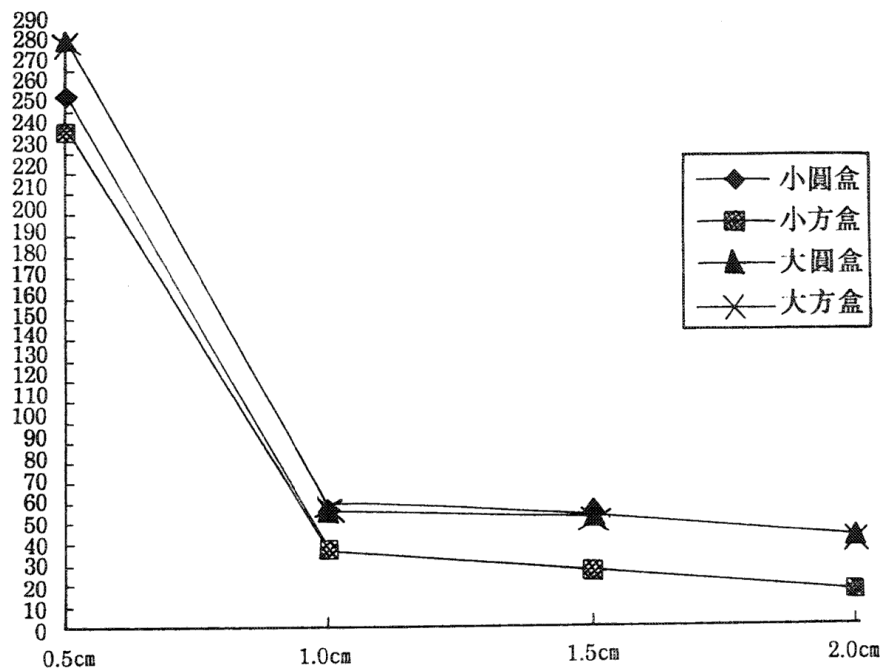
3.作圖：見圖(九)

表B1

容器形狀		內徑(cm)	面積(cm ²)
圓盒	大	23.2	422.52
	小	13.5	143.07
方盒	大	長：20.5 寬：20.5	420.25
	小	長：14.5 寬：10.0	145

表B3

	0.5cm	1.0cm	1.5cm	2.0cm
小圓盒	258.2	36.6	27	15.8
小方盒	240.2	37.2	26.4	16.6
大圓盒	286.4	55.8	53.2	42
大方盒	283.2	60	51.8	40.2



圖九

(三)深度對浮出速率的影響：

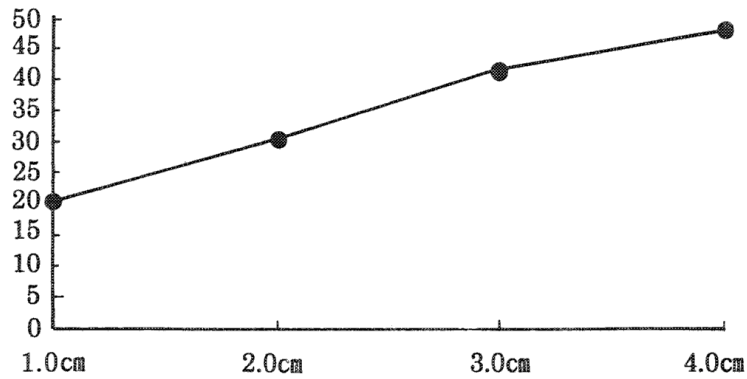
1.方法：在圓筒底部置入直徑0.8cm之圓石10顆，改變細沙之高度，採螺旋攪動方式，數其完全浮出之個數

2.結果：見表（B4）

3.作圖：見圖(十)

表B4

深 度	1.0cm	2.0cm	3.0cm	4.0cm
平均值	20.6	30.6	41.6	47.8



圖十

(四)攪動前後細砂中央與周圍鬆硬程度之比較：

1.方法：小圓盒中置入細砂4cm，分別在攪動前、攪動100次、攪動200次後，自20cm處自由落下一鋼珠，測其下陷程度。

2.結果：見表（B5）

表B5

	中央	周圍
震動前	0.90cm	0.90cm
震動100次	2.15cm	2.2cm
震動200次	2.2cm	2.3cm

< C部份 > 簸動：

1.方法：將綠豆鋪在大圓盆底部約2cm深，並混入一把黃豆以微簸及剝簸方式觀察黃豆（粗粒物質）之運動情形。

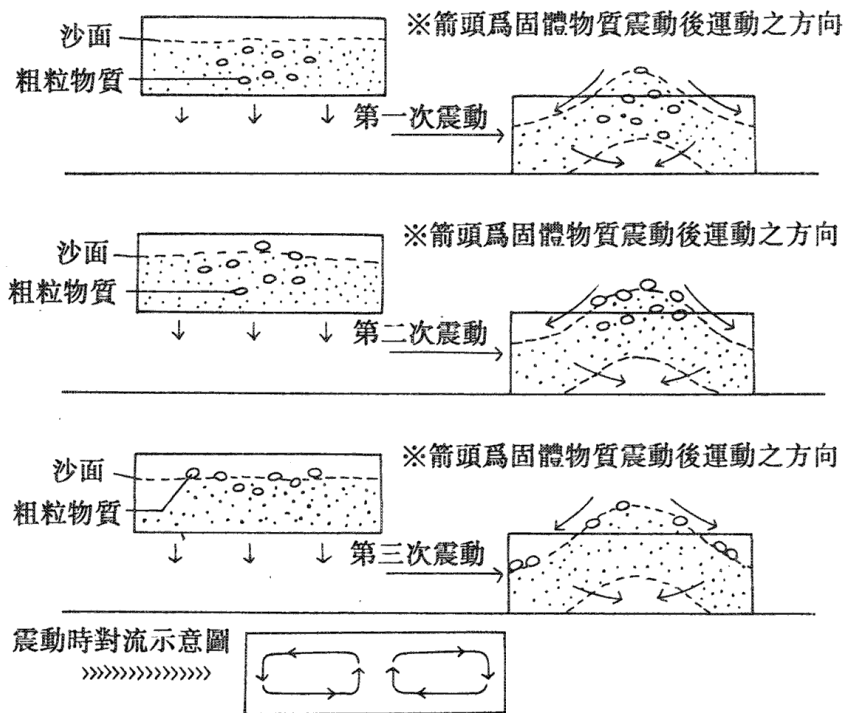
2.結果：①微簸時，黃豆聚集於圓盆近人體之後端，形成前細後粗之情形。

②劇簸時，無法區隔出大、小顆粒之物質。

五、討 論

< A部份 >

1.圓形容器受震動時，易在中央產生建設性干涉波，使中央振幅加大，砂面呈凸起狀，周圍之細砂則因與器壁摩擦及振幅較小，幾乎不反彈，因此當震動時，中央瞬時中空，周圍的細砂因重力擠壓，會向中央流入，在中央部份的石塊會跟細砂一起被擠出，形成對流，此現象以上下震動較水平震動來的明顯，其示意圖如下：



- 2.由表(A2)知,形狀以愈接近球形者,與容器底部接觸面最小,震動時,砂粒易填入空隙中,故浮出較快。
- 3.由表(A8)、(A9)及(A3)、(A4)中知,材質相同時,顆粒大的反彈較高,故推斷:顆粒愈大者,受震動時,造成瞬時中空的現象愈明顯,細砂愈易填入,故浮出較快,但粗粒直徑超過3cm時,會因本身重量大,易再度下陷,致完全浮出所需之次數多。
- 4.容器形狀的影響頗巨,大小則較無關係,方形容器因器壁對中心不等距,無明顯之建設性干涉波,對流不明顯,圓形容器,則不論大小,對流均明顯,但圓形容器若屬高筒形,則又因震動之能量會被高出砂面甚多之器壁之餘震所浪費,浮出速率又告減緩,大致而言,以內徑/高度比值在2.0以上者較佳。
- 5.深度愈深粗粒愈不易浮出,當達10cm時,易因砂粒本身重量的擠壓,致使下層細砂變硬,對流不易,粗粒不易浮出。
- 6.由表(A10)知,中央震動振幅大,砂粒變鬆;周圍振幅小,砂粒變硬,故浮出之粗粒,因顆粒大,不會隨細砂從周圍沒入。

〈B部份〉

- 1.攪動細砂時,中央細砂易向外推擠,致下凹呈錐狀,兩旁細砂向內回填,形成與震動方式方向相反之對流,因此中央細砂變硬,兩旁較鬆(見表B5),粗粒易從周圍浮出,(此亦與震動方式相反)其示意圖如下:

六、結 論

〈A部份〉

1.震動浮出之速率與①震動方式②粗粒形狀③粗粒大小④深度⑤容器形狀有關。

符合下列條件者，粗粒物質浮出較易：

- ①上下震動方式及烈震（但砂不可濺出方可）。
- ②形狀愈接近球形者（浮出快慢順序為球形>圓錐形≡不規則形>圓扁形>長柱形>長扁形）。
- ③直徑在3cm以下，顆粒愈大者。
- ④深度淺（10cm以上之深度，石塊浮不出來）。
- ⑤內徑與高度比在2.0以上的圓形容器(方盒不論大小，均難使石塊浮出)。

〈B部份〉

攪動浮出之速率只與①粗粒的形狀②粗粒大小③分布的面積④深度有關，與容器形狀無關。

符合以下條件者，粗粒物質浮出較易：

- ①形狀愈接近球形者（浮出快慢順序為圓球形>圓錐形>不規則形>長扁形>長柱形）。
- ②顆粒大。
- ③分布面積小。
- ④深度淺。

〈C部份〉

欲以簸動方式，區分粗細顆粒，應採微簸效果較佳。

七、參考資料

- 1.國中理化第一、三冊 國立編譯館
- 2.用心動腦話科學 曾志朗著 遠流出版社 P177~P181
- 3.Physical Review, Letters. Volume 70,Number24 14 June 1993

八、本實驗可應用於

- 1.混合豆類中藉此分類顆粒大小不同之豆類。
- 2.除去茶葉中之碎屑茶渣。
- 3.穀物中泥砂、碎屑的分離。

九、未來擬定發展方向

1. 探討粗、細顆粒直徑比在對流（反擴散）現象上的極限值。
2. 探討容器壁性質對對流（反擴散）現象的影響。
3. 探討容器底部形狀對粗粒物質浮出之影響。
4. 在儘可能的情況下把結論中所得之重要結果量化、細緻化、使結論的適用範圍能更加的明確、寬廣。

評 語

本作品利用機械垂直上下振動方式，或攪動方式，或簸動方式，很方便將容器內之大小顆粒物質分離。振動，攪動之機械設計係以電動方式，速率可依實際需要調整，本作品具有經濟實用價值。