

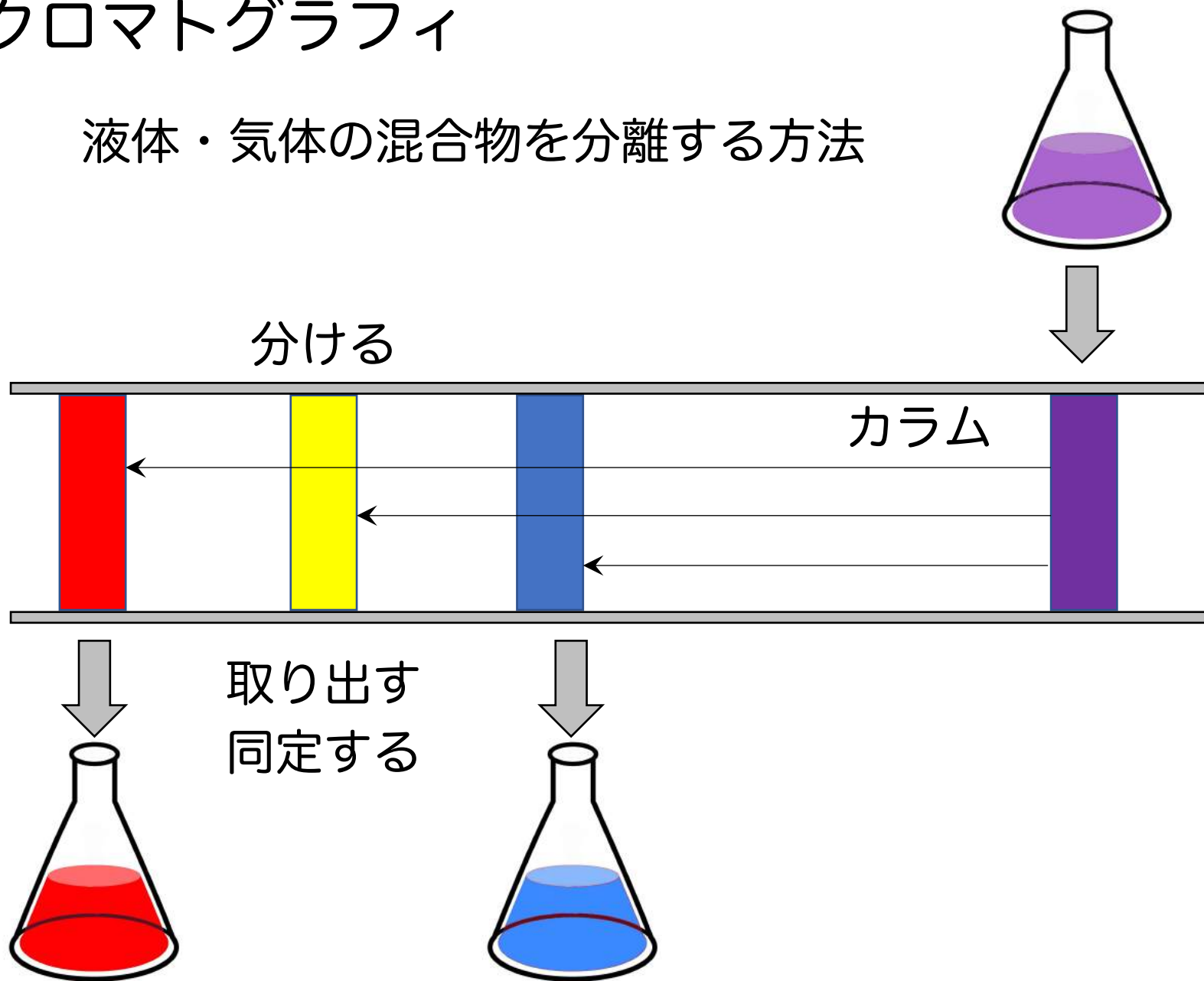
# 微小重力下で永久磁石を用いた 固体粒子の分離・同定 ～「固体版クロマトグラフィ」をめざして～

Separation and identification of solid particles  
using permanent magnet under microgravity  
～Making “Solid version Chromatography”～

大阪府立春日丘高等学校	定時制の課程	科学部
大阪府立大手前高等学校	定時制の課程	科学部
大阪府立今宮工科高等学校	定時制の課程	科学部

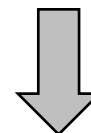
# クロマトグラフィ

液体・気体の混合物を分離する方法

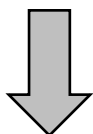
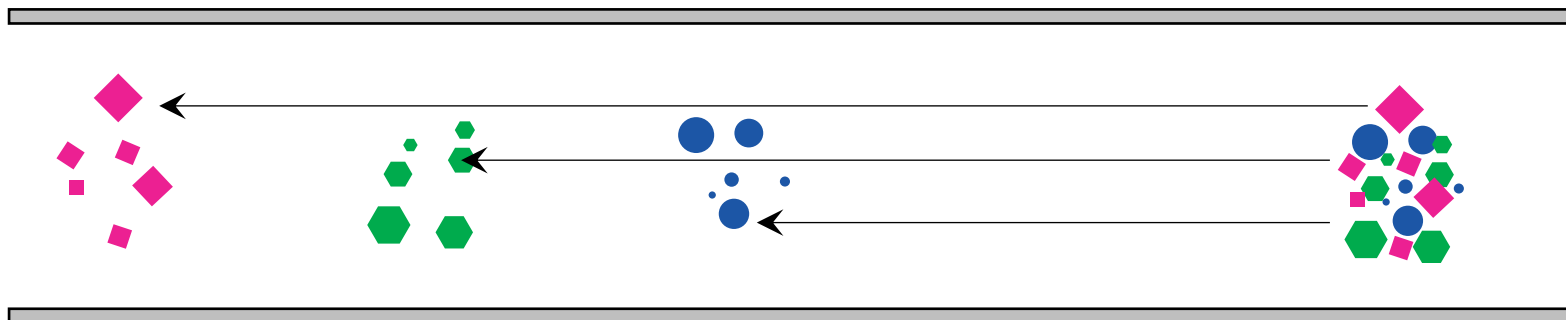


# “固体版クロマトグラフィ”

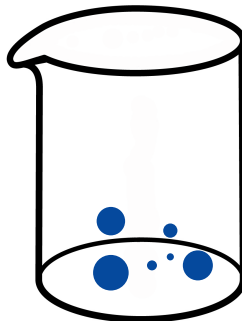
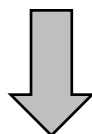
固体粒子の混合物を分離する方法は  
まだ確立されていない



分ける



取り出す  
同定する



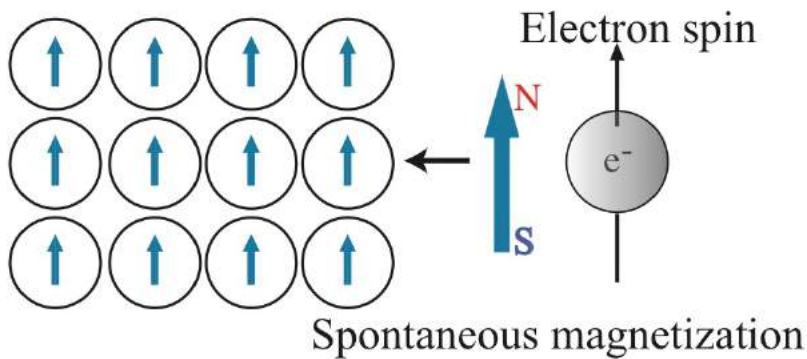
Mixture of  
solid particles

If not, Make it !

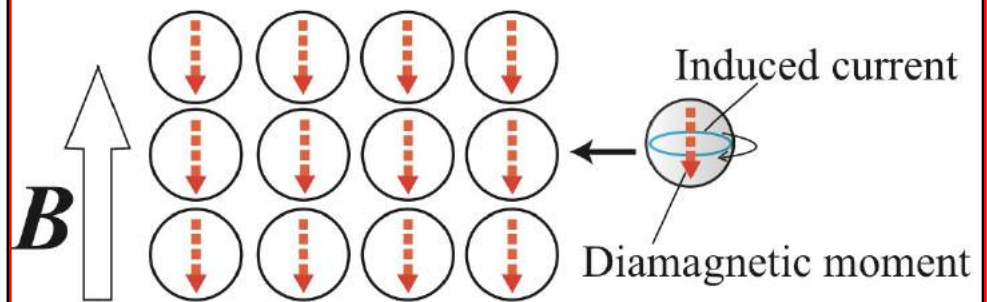
どうやって?

磁性を使う

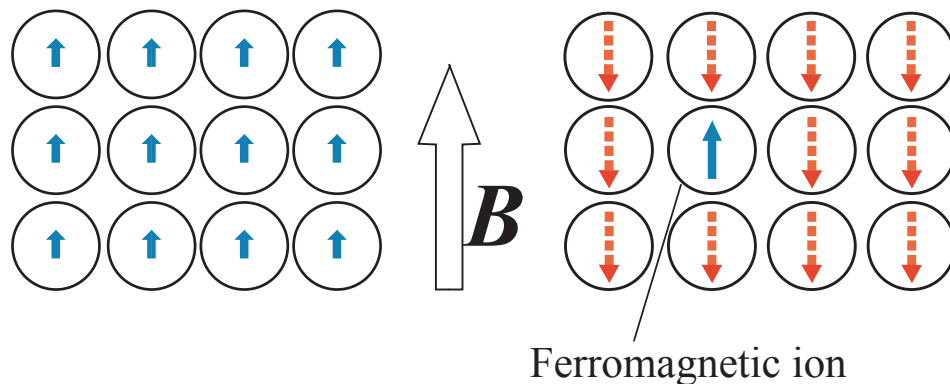
### 強磁性体



### 反磁性体



### 常磁性体



# 測定原理

微小重力中で実験

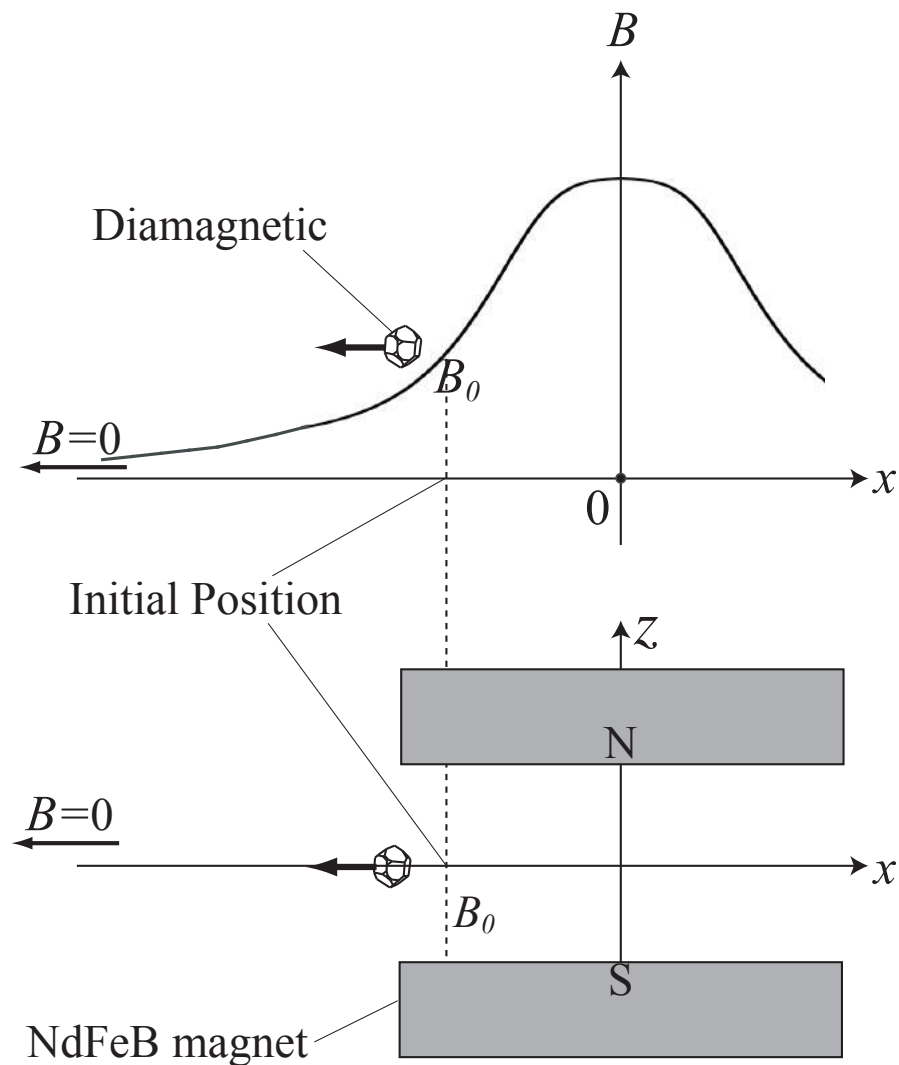
運動方程式

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = m\chi B \frac{dB}{dx}$$

したがって

$$a = \chi B \frac{dB}{dx}$$

加速度は質量に依存しない



# Measurement Principle

in Microgravity

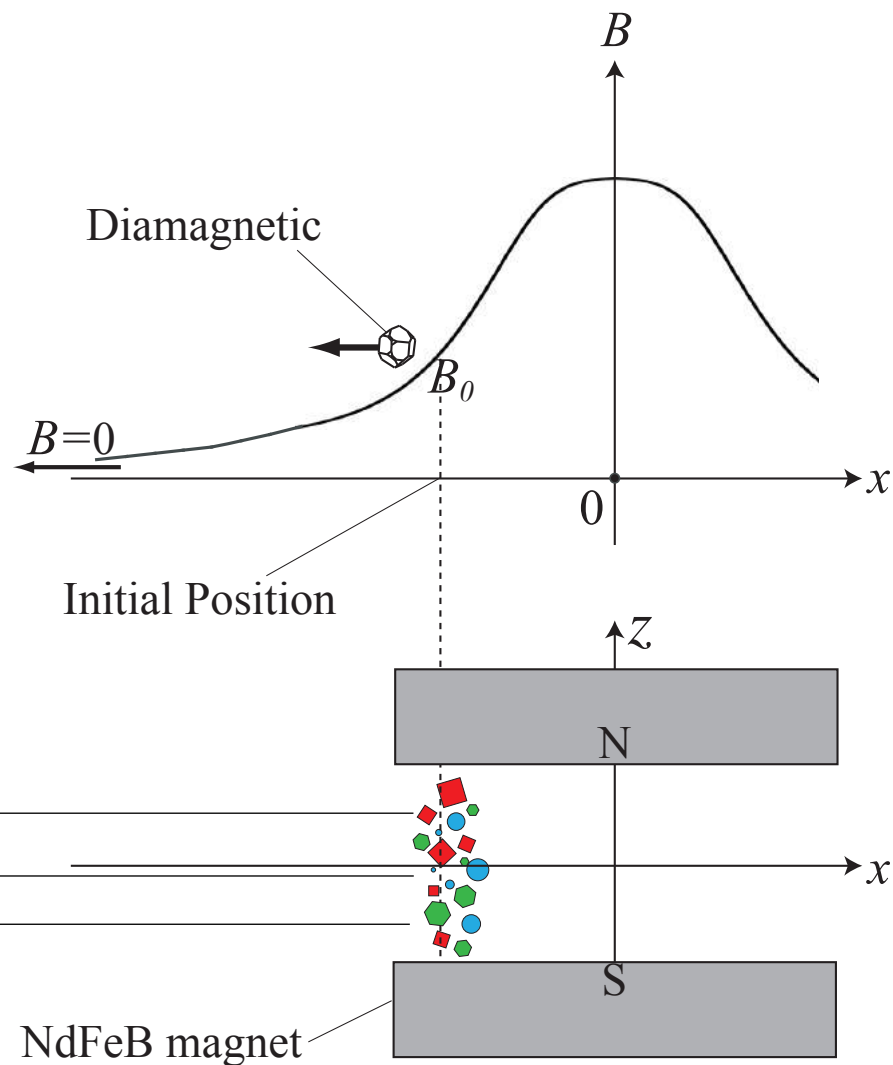
運動方程式

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = m\chi B \frac{dB}{dx}$$

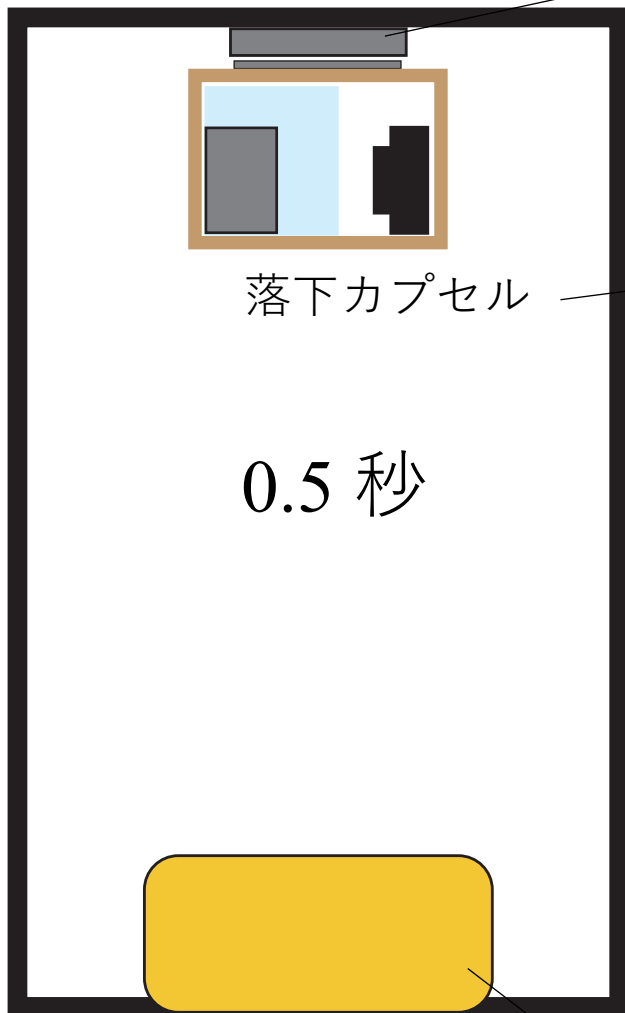
したがって

$$a = \chi B \frac{dB}{dx}$$

加速度は質量に依存しない



# 落下装置（落下棟）



電気錠

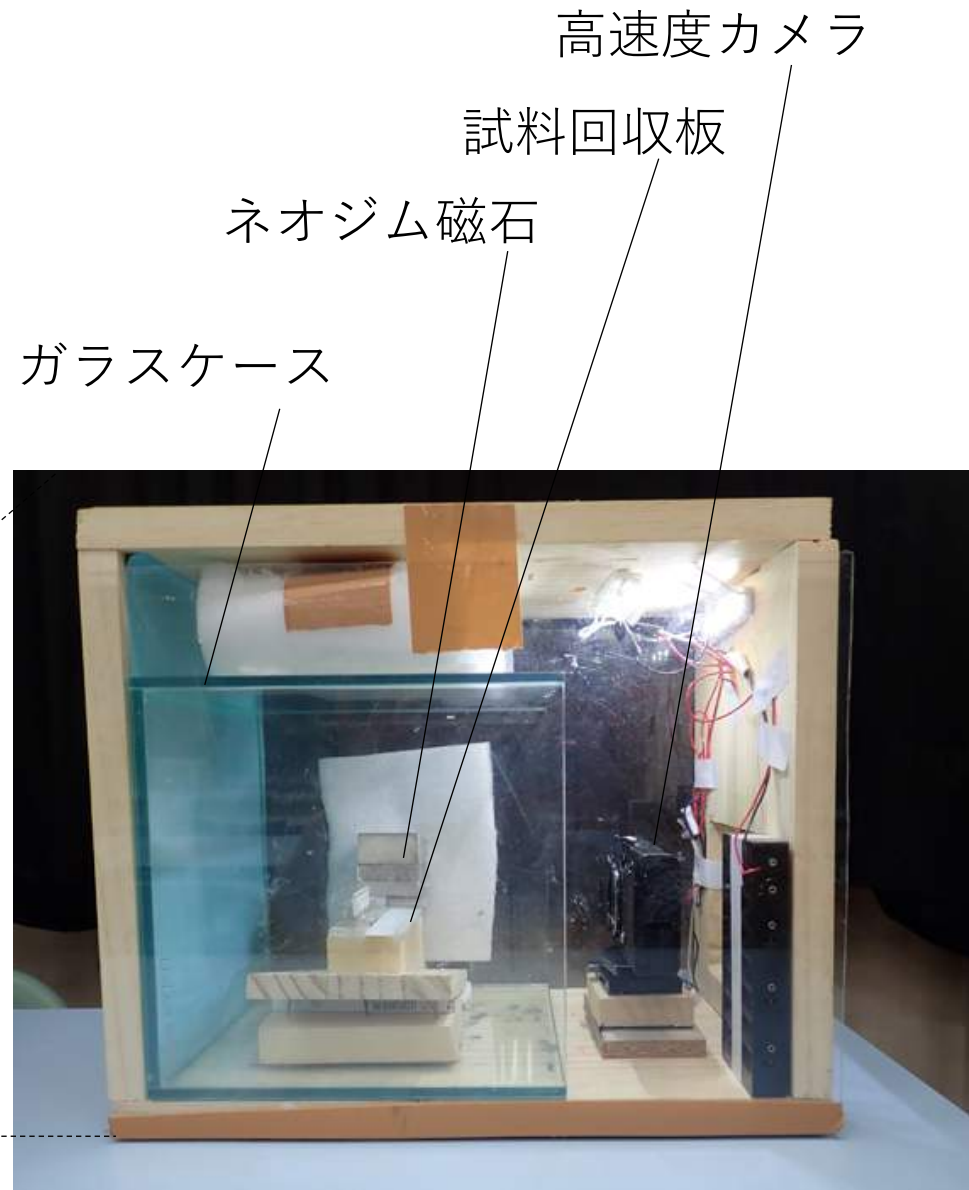
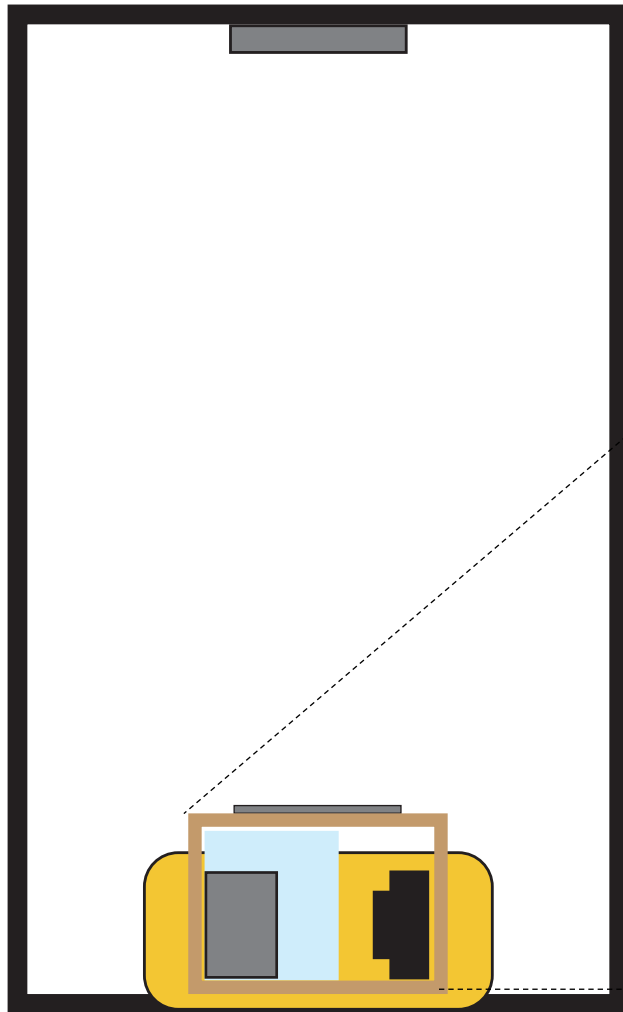


落下カプセル

0.5 秒

ビーズクッション

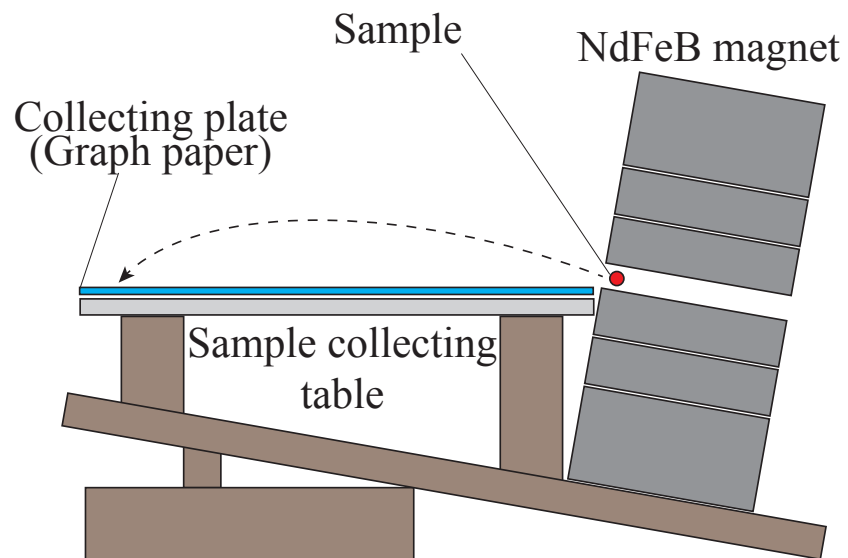
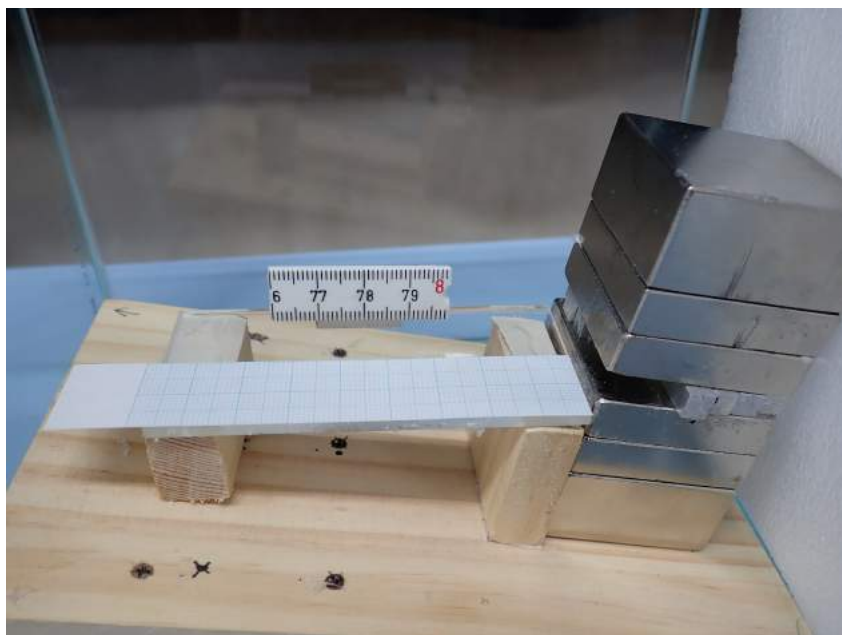
# 落下カプセル





# 分離装置本体

スケール



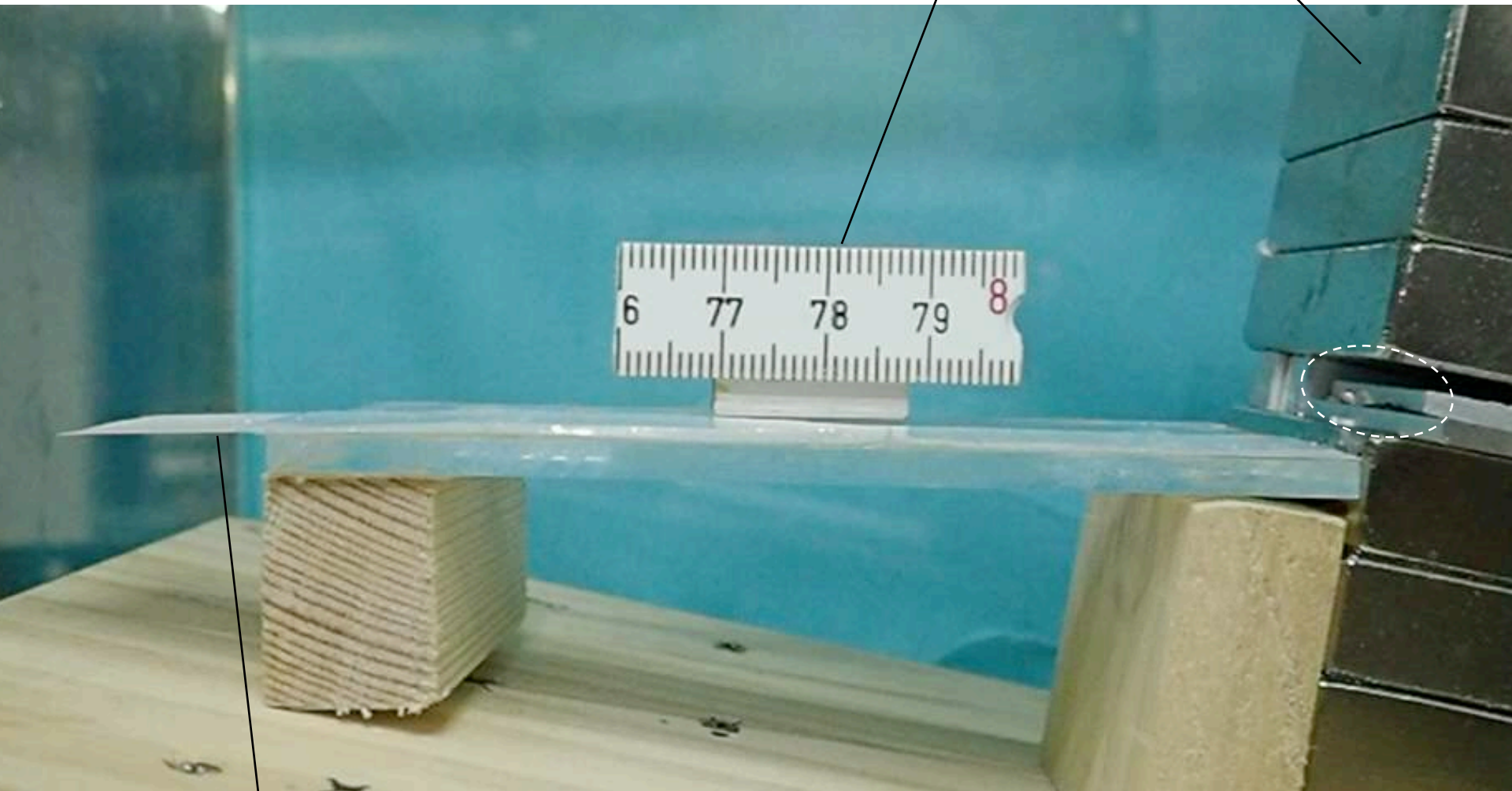
試料回収板

ネオジム磁石

# 実験

スケール

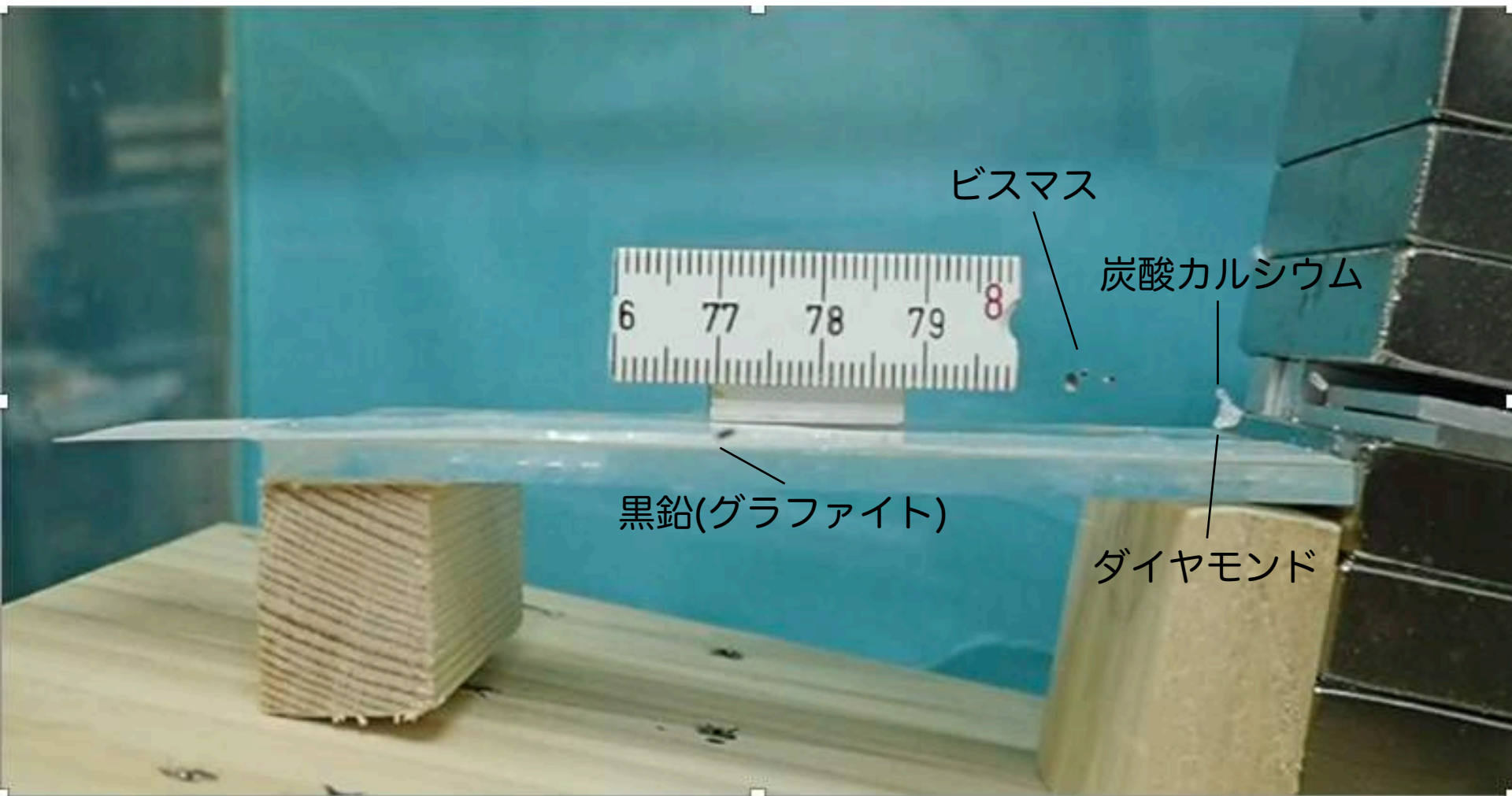
ネオジム磁石



試料回収板

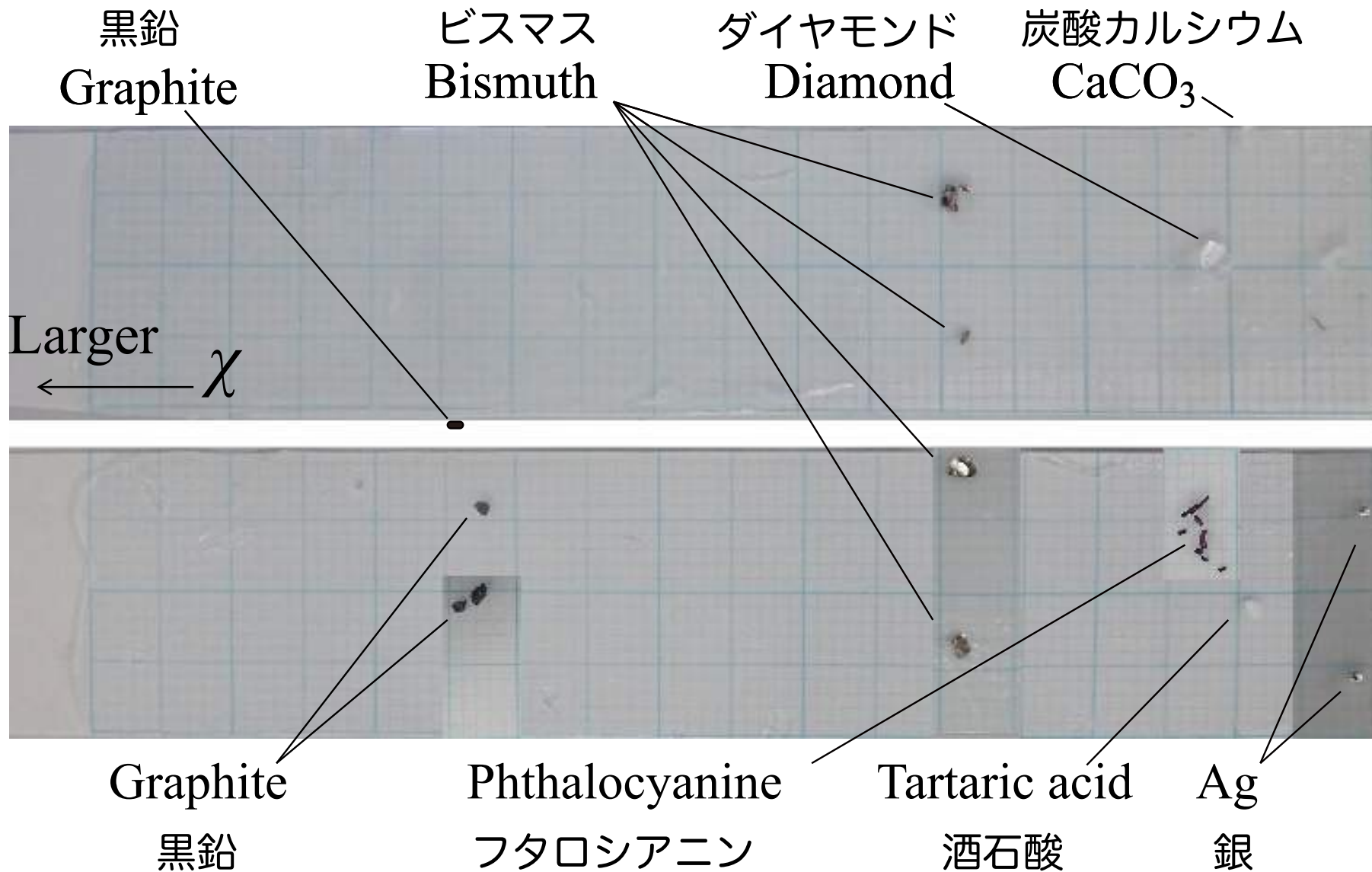
(× 8倍速)

# 実験



# 実験

## 回収板上の試料



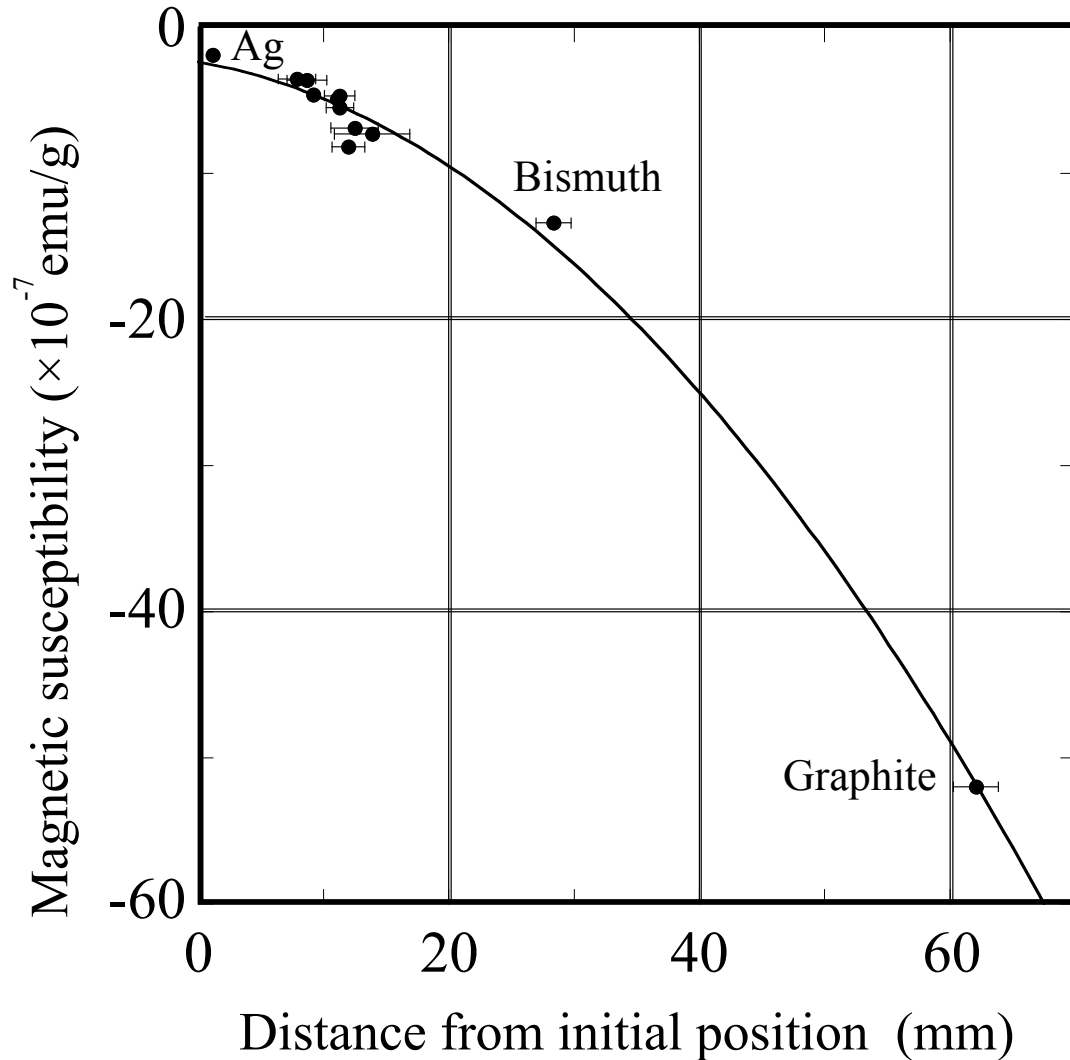
# 実験結果

## 反磁性磁化率と試料の位置の関係

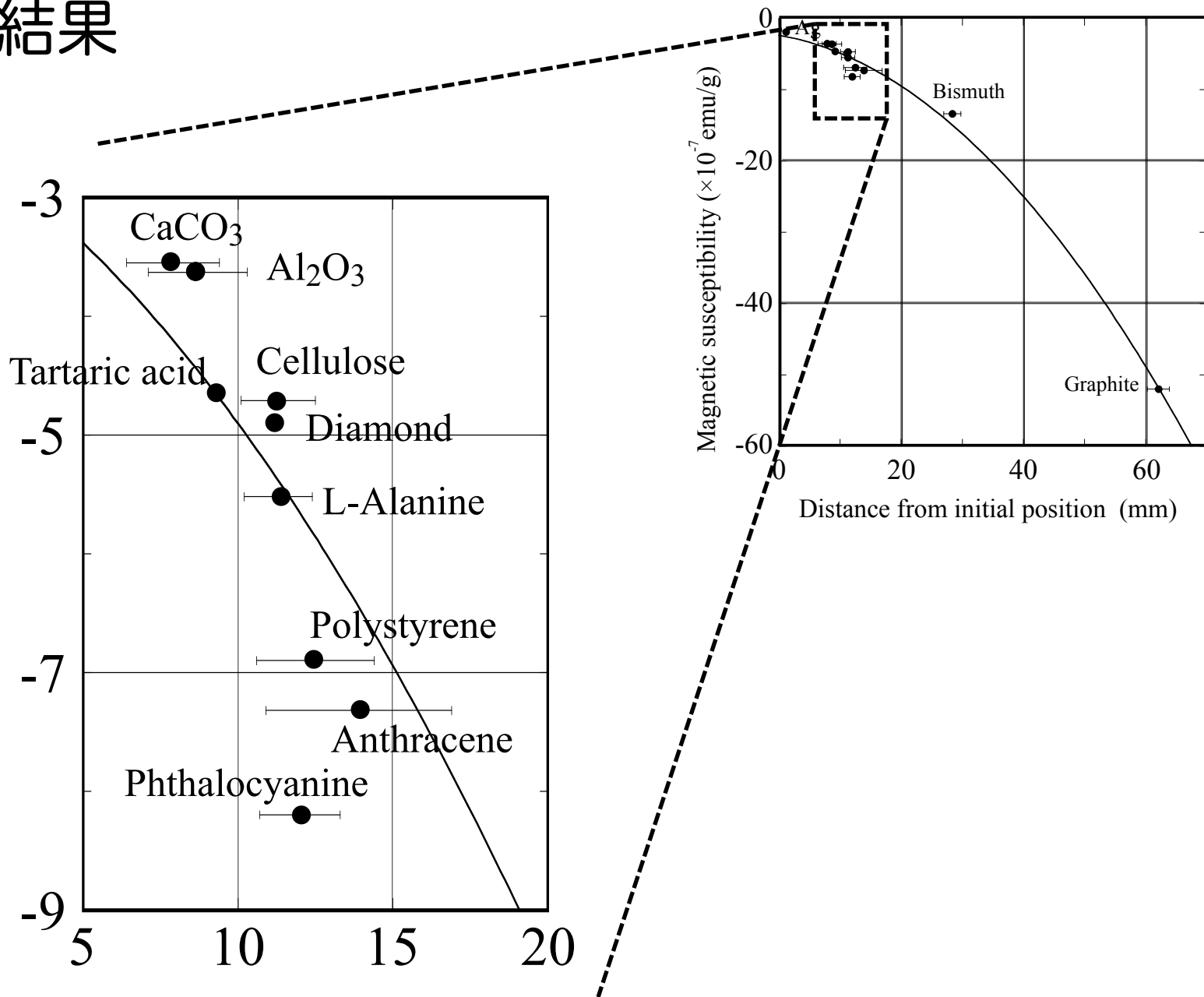
Sample		Number of sample	Published susceptibility ( $\times 10^{-7}$ emu/g)	Position on collecting plate (mm)
Graphite	C	10	-52	62.1 $\pm$ 1.8
Bismuth	Bi	10	-13.4	28.4 $\pm$ 1.4
Phthalocyanine	C <sub>32</sub> H <sub>18</sub> N <sub>8</sub>	10	-8.2	12.0 $\pm$ 1.3
Anthracene	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	3	-7.32	13.9 $\pm$ 3.0
Polystyrene	(C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub>	4	-6.9	12.5 $\pm$ 1.9
L-Alanine	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>	5	-5.52	11.3 $\pm$ 1.1
Diamond	C	1	-4.9	11.1
Cellulose	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>	4	-4.71	11.3 $\pm$ 1.2
Tartaric acid	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	1	-4.65	9.2
Corundum	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	-3.63	8.7 $\pm$ 1.6
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	9	-3.55	7.9 $\pm$ 1.5
Ag	Ag	3	-1.9	1.2 $\pm$ 0.3

# 実験結果

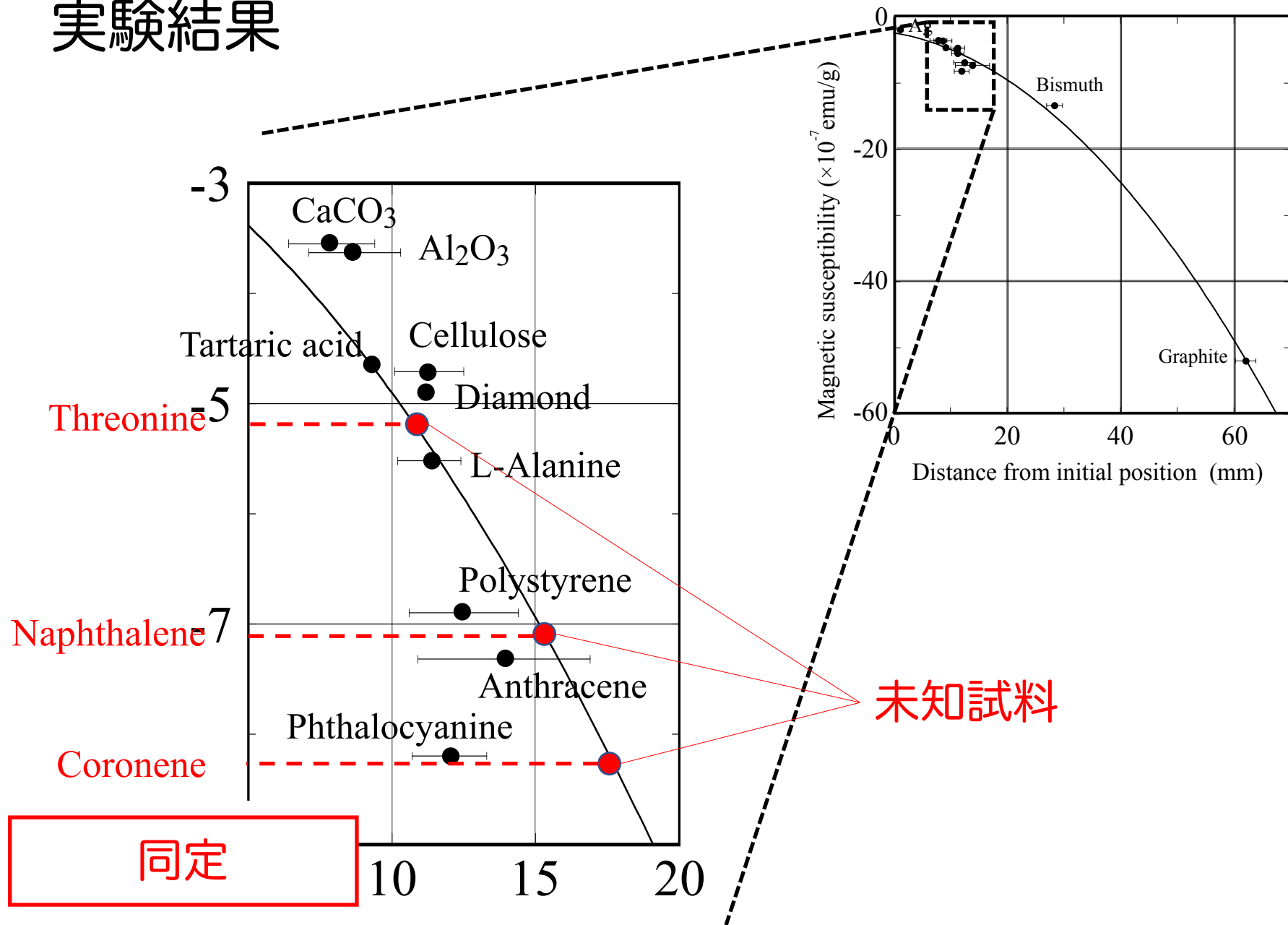
反磁性磁化率を試料の位置の関係



# 実験結果

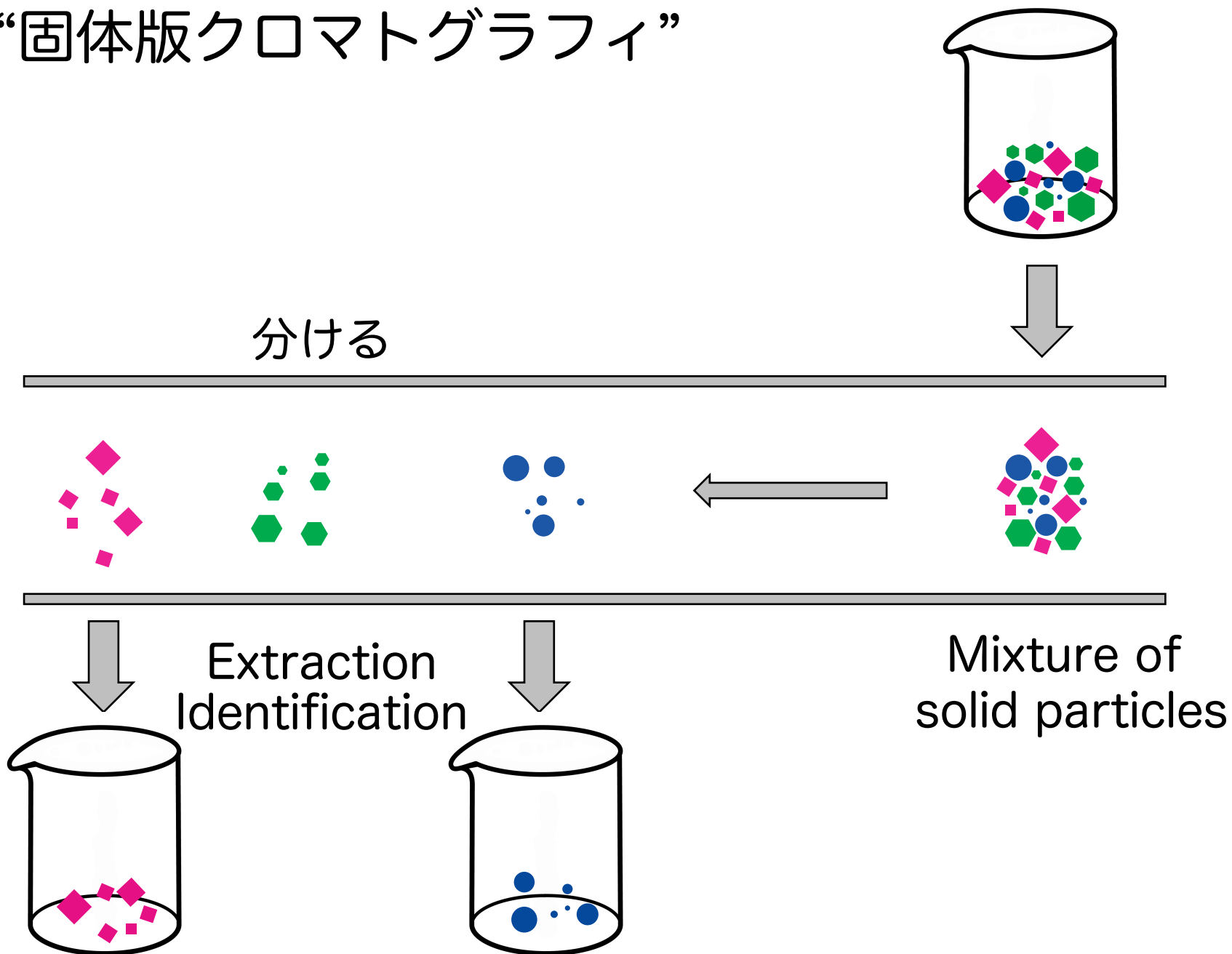


# 実験結果



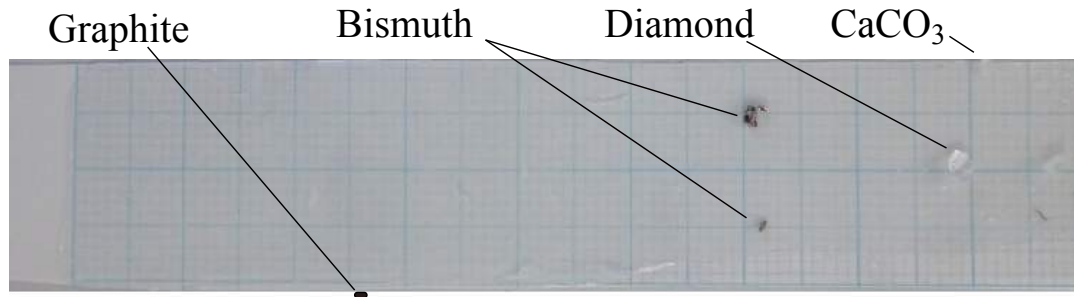


# “固体版クロマトグラフィ”

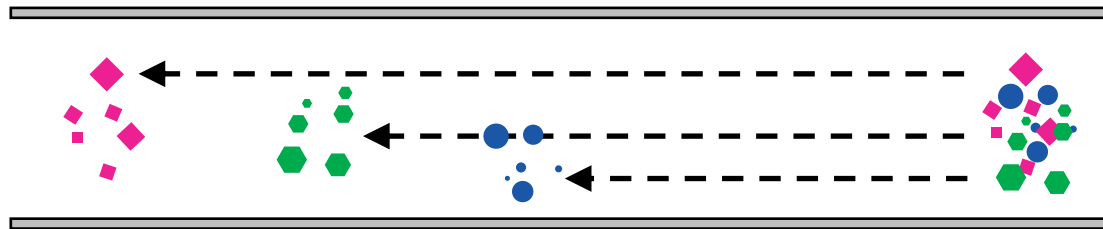


# 結論

1. 反磁性固体粒子は，微小重力下で，ネオジム磁石の磁場により，物質の種類に応じて分離できた。

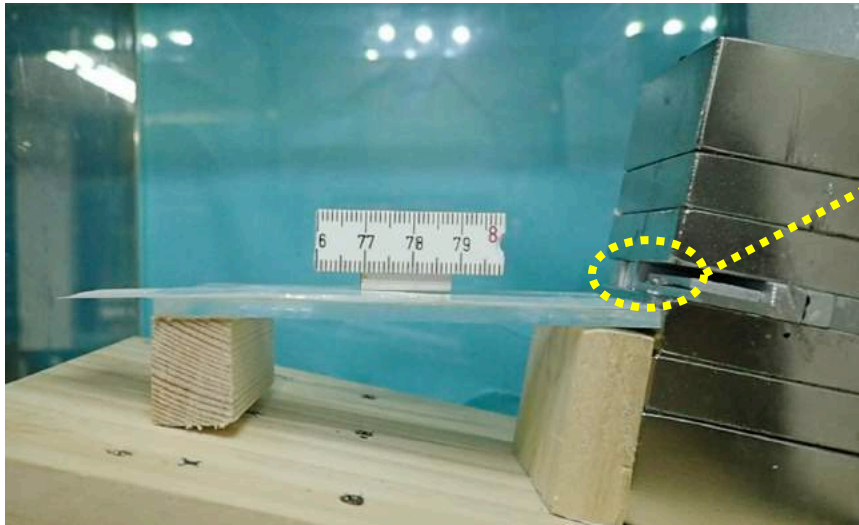


2. 提案した単純な原理と簡単な実験方法は，磁化率という新しいスペクトルを用いて，混合粒子を分離/識別する「固体版クロマトグラフィー」として機能する。



# 今後の展望

1. 不均質な固体粒子集団から新しい固相を抽出することは、無機/有機材料に関する重要な発見をもたらされる可能性がある。



第四紀堆積岩

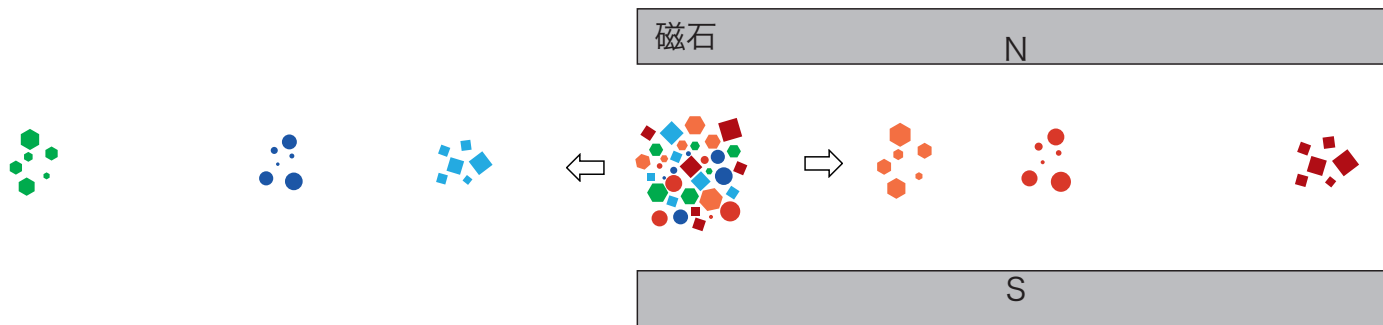


アエンデ隕石

堆積岩や隕石を構成粒子に分解し，この装置で反磁性物質を抽出する。  
微小化石やプレソーラー粒子を分離できないかな．．．

# 今後の展望

2. 反磁性物質だけでなく，常磁性物質の固体粒子に拡張できる可能性がある。

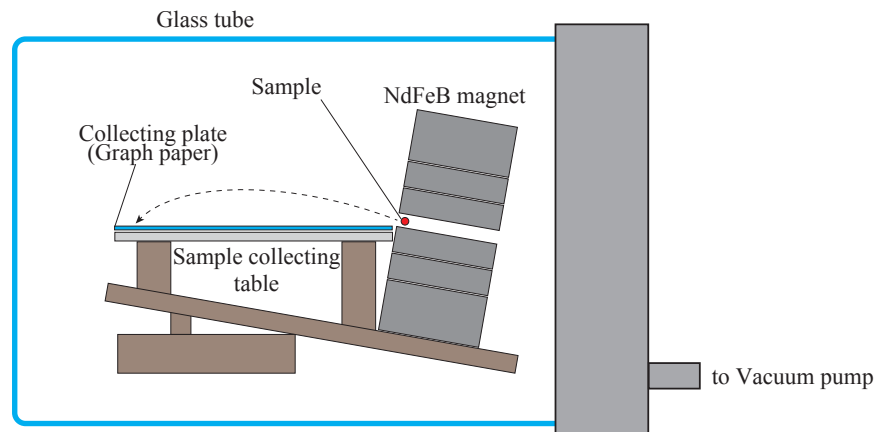


反磁性物質，常磁性物質を同時に分離できないかな．．．

# 今後の展望

## 3. 分離の精度を上げる

(1) 真空チャンバーを使用



(2) 試料と装置の静電除去



イオナイザーを使用する

(3) 磁気回路を変更. . . 磁場勾配を緩くする

大手前高等学校 定時制の課程



春日丘高等学校 定時制の課程



今宮工科高等学校 定時制の課程



## Reference

- (1) K. Hisayoshi, C. Uyeda, and K. Terada, "Magnetic separation of general solid particles realised by a permanent magnet." *Sci. Rep.*, 6, 38431(2016).
- (2) H. Fukuyama et al, "Material Identification of Single-Organic Particles Realized by Observing Their Field-Induced Translations." *IEEE Trans Magnetics* 55, 6000304 (2019)
- (3) 「電気物性, 磁気物性」, 日本化学会編第5版実験化学講座7, 丸善株式会社
- (4) 「化学便覧」, 日本化学会編改訂3版基礎編II, 丸善株式会社