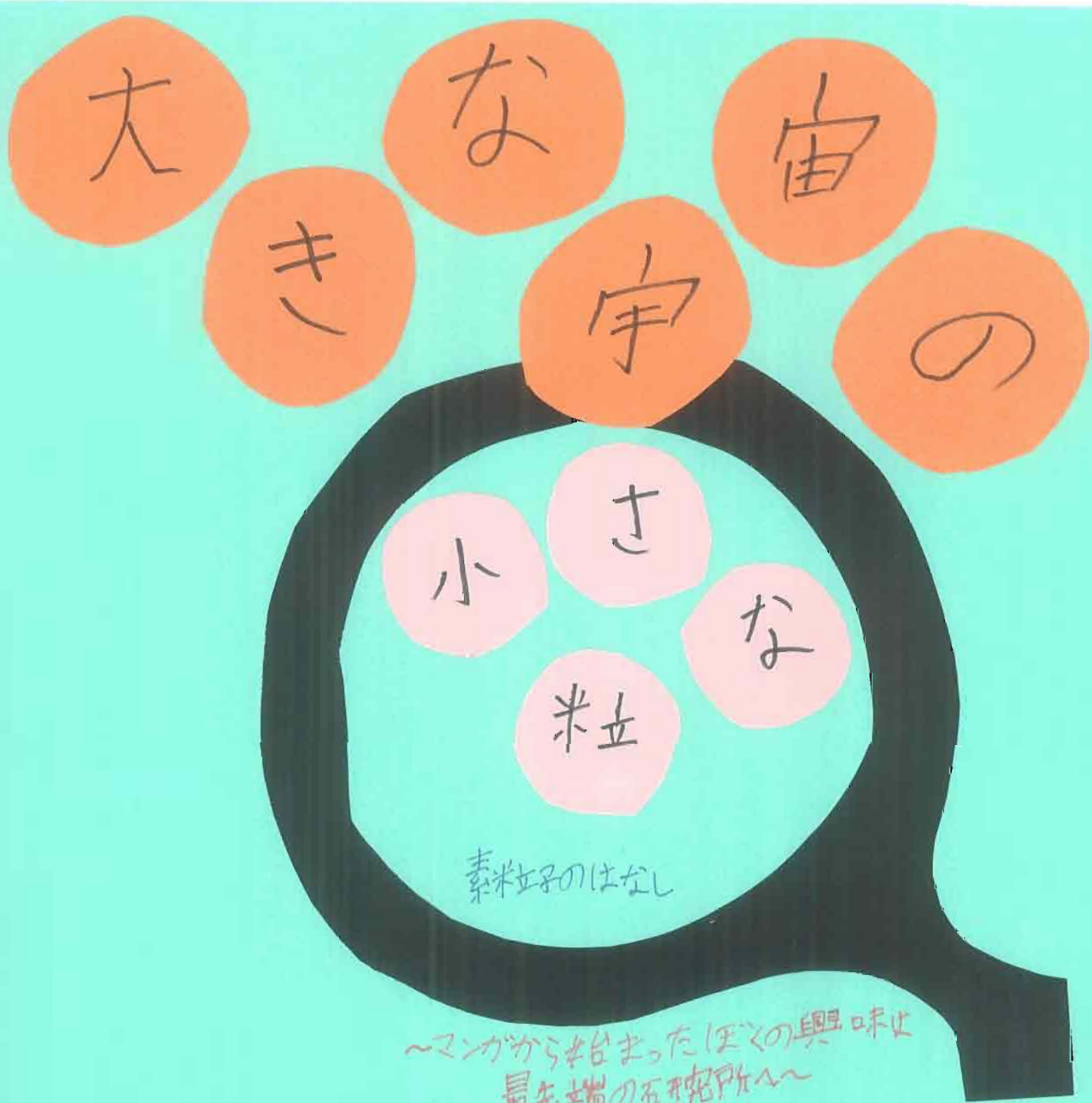




月有小学校

5年1組

志田一太

# もくじ

～大きな宇宙の  
小さな粒～

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. はじめに                    | 1 |
| 2. 世の中のものを<br>だんだん小さくしていくと | 2 |

|            |    |
|------------|----|
| 2-① 銀河     | 3  |
| 2-② 太陽系    | 7  |
| 2-③ 分子・原子  | 8  |
| 2-④ 原子核    | 10 |
| 2-⑤ 陽子・中性子 | 11 |
| 2-⑥ 素粒子    | 11 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 3. エネルギーとは         | 12 |
| 3-① エネルギーって何?      | 12 |
| 3-② エネルギー<br>保存の法則 | 18 |
| 3-③ エネルギーと質量       | 20 |

|                |    |
|----------------|----|
| 4. 宇宙について      | 22 |
| 4-① 宇宙のはじまりは?  | 22 |
| 4-② 宇宙のエネルギーは? | 23 |

|             |    |
|-------------|----|
| 5. ここまでのまとめ | 25 |
|-------------|----|



## 6. 高エネルギー加速器 研究機構 (KEK) 見学

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 6-① KEKとは?                | 26 |
| 6-② 加速器って何?               | 27 |
| 6-③ SuperKEKB             | 29 |
| 6-④ SuperKEKBで<br>何ができるの? | 30 |
| 6-⑤ フォトンファクトリー            | 31 |
| 6-⑥ Belle II 検出器          | 33 |
| 6-⑦ 常設展示                  | 34 |

## 7. おわりに

|         |    |
|---------|----|
| 参考にした資料 | 37 |
|---------|----|





# 大きな宇宙の

# 小さな粒

## 1.はじめに

全てはこのマンガから始まった！

春休みのことです。

家の本棚を見て見ると、ぼくが見たことのないマンガがありました。



お父さんに聞いてみるよ、お父さんが科学好きのぼくのために買ったけれど、内容がむずかしいので、そのまま本棚に入れておいたそうです。

お父さんに「読めるうなら読んでもいいよ」と言われたので、読んでみるよ、少しむずかしい所もあったけれど、面白かったです。

宇宙の大きさはどのくらい？とか、ものをどんどん細かくしていくと、素粒子の粒になってしまう話。

そして大きな宇宙を考えるのに、目にも見えない小さな粒を考えて研究する大きな研究所のことが書いてありました。

ぼくはもっといろいろ知りたくなったので、むずかしいかもしれないけれど、調べてみようと思いました。ー1ー

## 2. 世の中のものを たんだん小さくしていく

名前

写真・図

だいたいの大きさ

宇宙・  
銀河系



$1,000,000,000,000,000,000,000,000,000\text{ m}$   
 $1,000,000,000,000,000,000,000\text{ m}$

太陽系



$10,000,000,000,000\text{ m}$

地球



$10,000,000\text{ m}$

分子  
原子



$1/10,000,000,000\text{ m}$

原子核



$1/100,000,000,000,000\text{ m}$

陽子・  
中性子



$1/1,000,000,000,000,000\text{ m}$

これより小さくしたのが素粒子

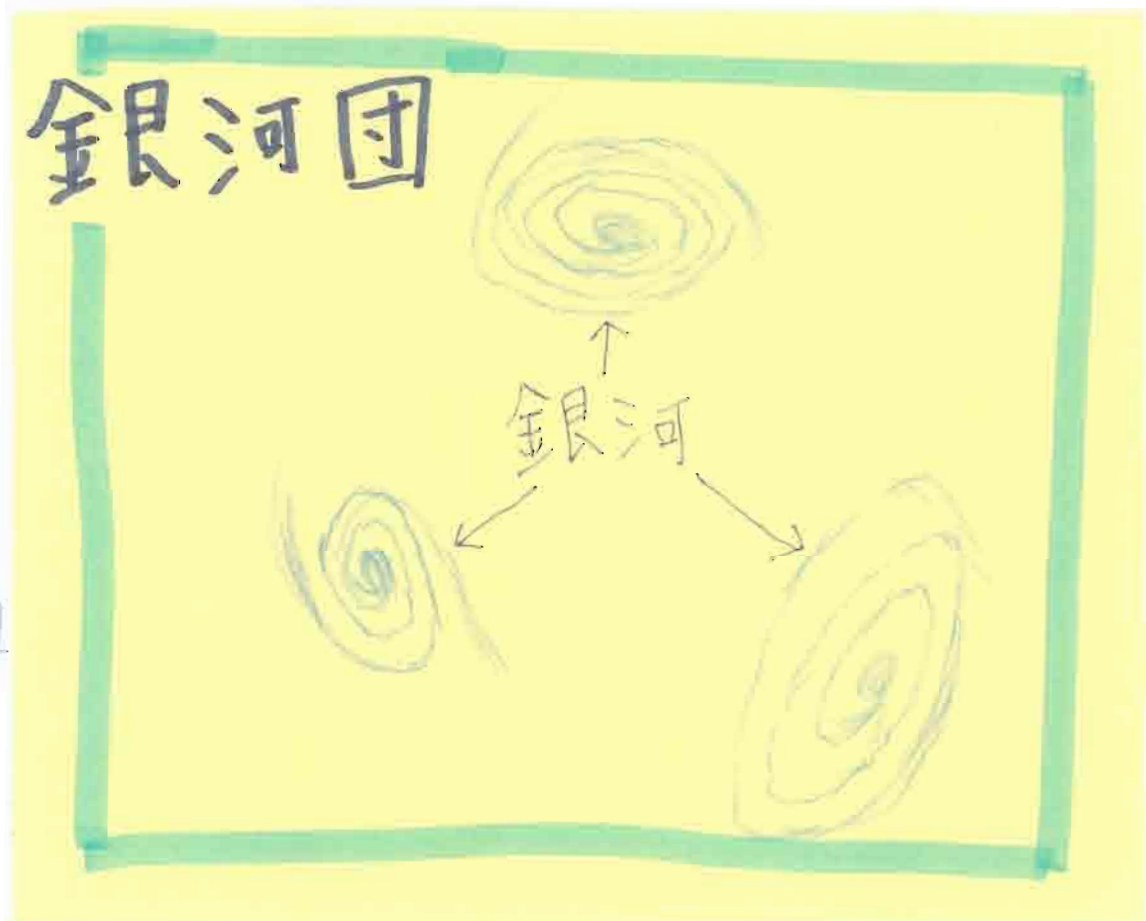


## 2-① 銀河

### 銀河団

宇宙全体には、あちこちに銀河の集団があり、50個くらいまでを銀河群、それ以上を銀河団という。

### 銀河団



### 銀河系

中心にたくさんの星があり、レンズのように広がっている。中心部はハルジと呼ばれるコを中心に、約2億年かけてひとまわりしている。

### 宇宙はふくらみつづけている

1929年、アメリカの天文学者ハッブルが全ての銀河が遠ざかっていることから「宇宙は膨張している」ことを発見した。全ての銀河が遠ざかっている。

何で膨張していると言えるの？

実験してみます

# 実験

ハッブルの理論を目でわかるようにするために実験します。

これを使  
って実験  
します。



風船台!

土也 玉球(天の川銀河)とその他の銀河を書きふくらませる (A~F)



円周 30cm



円周 60cm



円周 95cm

それぞれの間のぎりを調べます。



# 測定結果①

銀河と銀河の間をばかりました



地球(天の川銀河)

|   |      |      |      |      |      |     |
|---|------|------|------|------|------|-----|
| A | 3.5  | A    |      |      |      |     |
| B | 5.0  | 8.5  | B    |      |      |     |
| C | 6.0  | 5.0  | 10.0 | C    |      |     |
| D | 7.0  | 8.5  | 7.0  | 5.0  | D    |     |
| E | 8.0  | 6.0  | 9.5  | 9.0  | 15.0 | E   |
| F | 15.5 | 12.0 | 11.0 | 10.0 | 8.0  | 7.5 |

(cm)

内径 30cm のとき



地球(天の川銀河)

|   |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|
| A | 5.0  | A    |      |      |      |      |
| B | 6.5  | 11.0 | B    |      |      |      |
| C | 10.5 | 10.0 | 15.0 | C    |      |      |
| D | 10.0 | 14.0 | 9.0  | 10.0 | D    |      |
| E | 12.5 | 10.5 | 13.0 | 20.5 | 21.5 | E    |
| F | 24.0 | 26.0 | 15.5 | 22.5 | 14.0 | 15.0 |

(cm)

内径 60cm のとき



地球(天の川銀河)

|   |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|
| A | 17.0 | A    |      |      |      |      |
| B | 8.5  | 15.0 | B    |      |      |      |
| C | 15.0 | 15.5 | 20.5 | C    |      |      |
| D | 14.0 | 20.0 | 12.5 | 14.0 | D    |      |
| E | 17.0 | 16.0 | 18.0 | 34.0 | 30.0 | E    |
| F | 33.0 | 37.0 | 23.0 | 34.5 | 20.0 | 22.5 |

(cm)

内径 95cm のとき

# 測定結果②

その他の差を調べました。



地球(天の川銀河)

|   |     |      |     |      |         |
|---|-----|------|-----|------|---------|
| A | 1.5 | A    |     |      |         |
| B | 1.5 | 2.5  | B   |      |         |
| C | 4.5 | 5.0  | 5.0 | C    |         |
| D | 3.0 | 6.0  | 2.0 | 5.0  | D       |
| E | 4.5 | 4.5  | 3.5 | 11.5 | 6.5 E   |
| F | 8.5 | 14.0 | 4.5 | 12.5 | 6.0 7.5 |

(cm)

30cm ~ 60cm

地球(天の川銀河)

|   |     |      |     |      |         |
|---|-----|------|-----|------|---------|
| A | 2.0 | A    |     |      |         |
| B | 2.0 | 4.0  | B   |      |         |
| C | 4.5 | 5.5  | 5.5 | C    |         |
| D | 4.0 | 5.5  | 3.0 | 4.0  | D       |
| E | 4.5 | 5.5  | 5.0 | 10.5 | 8.5 E   |
| F | 4.0 | 11.0 | 7.5 | 12.0 | 6.0 7.5 |

(cm)

60cm ~ 95cm

どの間も風船がふくらむと  
おもしろい

だから

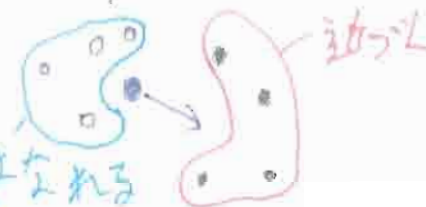
全ての銀河が  
遠ざかっている

=

宇宙が膨張  
している。

おもしろい

どこか一つの銀河  
が動いているだけ  
ならどこかには近づ  
くはず



ということになる



## 2-②太陽系

### 太陽系

太陽とその重力によってまわりを回っている惑星などと言う。私たちが住んでいる地球は内側から数えて3番目にある。

|     | 太陽からの距離     | 直径          | 地球の1日を基準にした場合 |         |
|-----|-------------|-------------|---------------|---------|
|     |             |             | 自転云 周期        | 公転云 周期  |
| 太陽  | —           | 139 2038 km | 27.275日       | —       |
| 水星  | 5790万 km    | 4879 km     | 59日           | 88日     |
| 金星  | 1億820万 km   | 12104 km    | 243日          | 225日    |
| 地球  | 1億4960万 km  | 12756 km    | 23時間56分       | 365.26日 |
| 火星  | 2億2790万 km  | 6792 km     | 1日            | 687日    |
| 木星  | 7億7830万 km  | 142984 km   | 9.9時間         | 11.9年   |
| 土星  | 14億2940万 km | 120536 km   | 10.7時間        | 29.5年   |
| 天王星 | 28億7500万 km | 51118 km    | 17.2時間        | 84年     |
| 海王星 | 45億4400万 km | 49528 km    | 16.1日         | 165年    |
| 冥王星 | —           | 2370 km     | 6日9時間         | 247.74年 |

### 大きさ比較

地球を1とした場合の他の太陽系の星の大きさ

太陽からはなれるほど大きな星があるのかと思えていたけれどそうではなかったことに気づいた。

地球 1.0

海王星 3.9

天王星 4.0

土星 9.5

木星 11

水星 0.4

火星 0.5

金星 0.95

## 2-③分子-原子

この世界はなにからできている?

紀元前  
4世紀

哲学者であり科学者であるアリストテレスが  
シチリアのエンペドクレスの万物の根源は  
水、空気、火、土であるという考えに熱さや冷たさ  
などの感覚的な物性を加えた。

1661年

イギリスのロバートボイルは空気についてさまざまな実験をし、「空気は単一である」ことを発見した。  
さらに1661年に元素とは、それ以上分けることのできない完全に純粋な物質であるとした。しかし  
元素一つ一つの性質を日月かすことはできなかった。

1789年

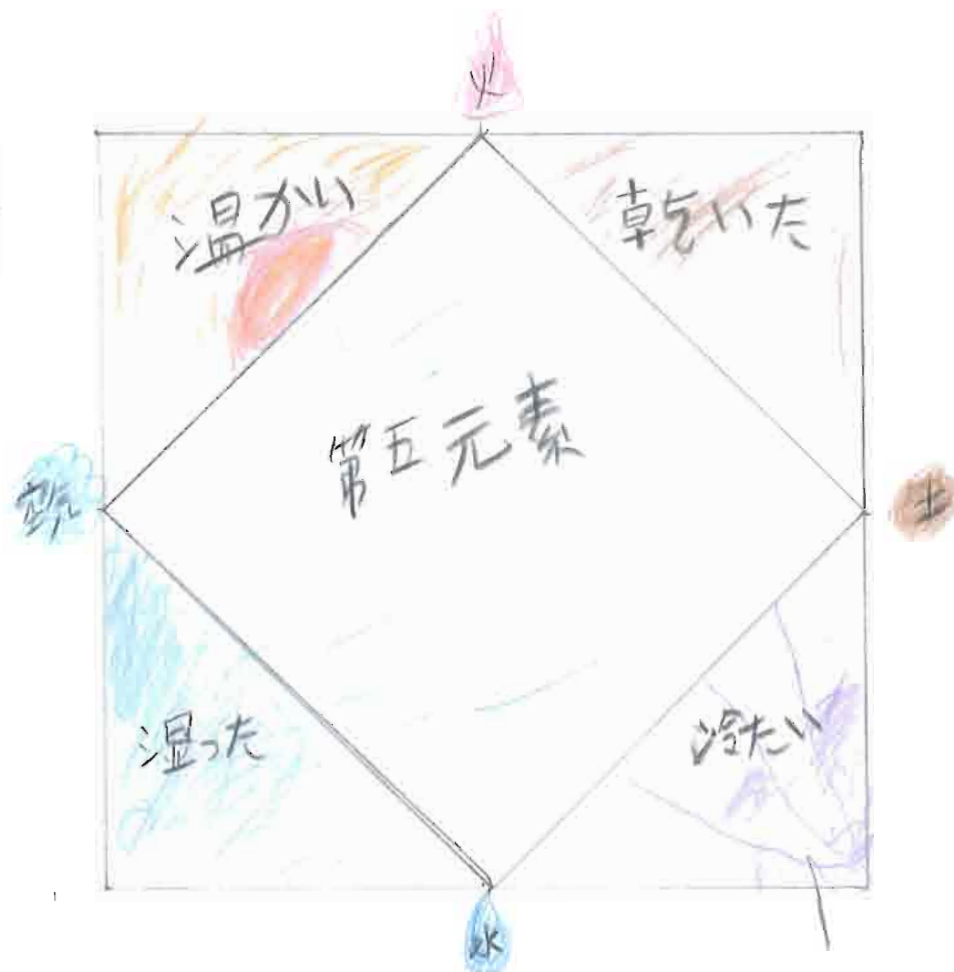
フランスのアントワーヌ・ラヴォアジエは今の化学的方法でこれ以上分けることのできないものを元素とし、  
これを唱えました。さらに、当時発見されていた33種類の物質を元素とした。

1869年

ロシアのドミトリ・メンデレーエフは、元素を分類する方法から周期表を発表した。  
現在は118種の元素が発見されている。



プリステレが  
太陽や月などの宇宙を作り  
出す物として唱えたもの。



今日の国英月表

|   |                              |                            |                               |                            |                              |                             |                              |                              |                             |                               |                             |                             |                              |                             |                             |    |                              |    |                              |    |                              |    |                               |    |                                |     |                               |     |                               |     |                               |     |                               |    |                             |
|---|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----|------------------------------|----|------------------------------|----|------------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|----|-----------------------------|
| 1 | 1.008<br><b>H</b><br>水素      | 3                          | 6.941<br><b>Li</b><br>リチウム    | 4                          | 9.012<br><b>Be</b><br>ベリリウム  | 5                           | 10.81<br><b>B</b><br>ホウ素     | 6                            | 12.01<br><b>C</b><br>炭素     | 7                             | 14.01<br><b>N</b><br>窒素     | 8                           | 16.00<br><b>O</b><br>酸素      | 9                           | 19.00<br><b>F</b><br>フッ素    | 10 | 20.18<br><b>Ne</b><br>ネオン    |    |                              |    |                              |    |                               |    |                                |     |                               |     |                               |     |                               |     |                               |    |                             |
| 2 | 11.009<br><b>Na</b><br>ナトリウム | 12                         | 24.31<br><b>Mg</b><br>マグネシウム  | 13                         | 26.98<br><b>Al</b><br>アルミニウム | 14                          | 28.09<br><b>Si</b><br>ケイ素    | 15                           | 30.97<br><b>P</b><br>リン     | 16                            | 32.07<br><b>S</b><br>硫黄     | 17                          | 35.45<br><b>Cl</b><br>塩素     | 18                          | 39.95<br><b>Ar</b><br>アルゴン  |    |                              |    |                              |    |                              |    |                               |    |                                |     |                               |     |                               |     |                               |     |                               |    |                             |
| 3 | 19.00<br><b>K</b><br>カリウム    | 20                         | 40.08<br><b>Ca</b><br>カルシウム   | 21                         | 44.96<br><b>Sc</b><br>スカンジウム | 22                          | 47.87<br><b>Ti</b><br>チタン    | 23                           | 50.94<br><b>V</b><br>バナジウム  | 24                            | 52.00<br><b>Cr</b><br>クロム   | 25                          | 54.94<br><b>Mn</b><br>マンガン   | 26                          | 55.85<br><b>Fe</b><br>鉄     | 27 | 58.93<br><b>Co</b><br>コバルト   | 28 | 58.69<br><b>Ni</b><br>ニッケル   | 29 | 63.55<br><b>Cu</b><br>銅      | 30 | 65.39<br><b>Zn</b><br>亜鉛      | 31 | 69.72<br><b>Ga</b><br>ガリウム     | 32  | 72.64<br><b>Ge</b><br>ゲルマニウム  | 33  | 74.92<br><b>As</b><br>ヒ素      | 34  | 78.96<br><b>Se</b><br>セレン     | 35  | 79.90<br><b>Br</b><br>臭素      | 36 | 83.80<br><b>Kr</b><br>クリプトン |
| 4 | 37.00<br><b>Rb</b><br>ルビウム   | 38                         | 87.62<br><b>Sr</b><br>ストロンチウム | 39                         | 88.91<br><b>Y</b><br>イットリウム  | 40                          | 91.22<br><b>Zr</b><br>ジルコニウム | 41                           | 92.91<br><b>Nb</b><br>ニオブ   | 42                            | 95.94<br><b>Mo</b><br>モリブデン | 43                          | 99<br><b>Tc</b><br>テクネチウム    | 44                          | 101.1<br><b>Ru</b><br>ルテチウム | 45 | 102.9<br><b>Rh</b><br>ロジウム   | 46 | 106.4<br><b>Pd</b><br>パラジウム  | 47 | 107.9<br><b>Ag</b><br>銀      | 48 | 112.4<br><b>Cd</b><br>カドミウム   | 49 | 114.8<br><b>In</b><br>インジウム    | 50  | 118.7<br><b>Sn</b><br>スズ      | 51  | 121.8<br><b>Sb</b><br>アンチモン   | 52  | 127.6<br><b>Te</b><br>テルル     | 53  | 126.9<br><b>I</b><br>ヨウ素      | 54 | 131.3<br><b>Xe</b><br>キセノン  |
| 5 | 55.00<br><b>Cs</b><br>セシウム   | 56                         | 137.3<br><b>Ba</b><br>バリウム    | 57                         | 178.5<br><b>Hf</b><br>ハフニウム  | 58                          | 180.9<br><b>Ta</b><br>タンタル   | 59                           | 183.8<br><b>W</b><br>タングステン | 60                            | 186.2<br><b>Re</b><br>レニウム  | 61                          | 190.2<br><b>Os</b><br>オスミウム  | 62                          | 192.2<br><b>Ir</b><br>イリジウム | 63 | 195.1<br><b>Pt</b><br>白金     | 64 | 197.0<br><b>Au</b><br>金      | 65 | 200.6<br><b>Hg</b><br>水銀     | 66 | 204.4<br><b>Tl</b><br>タリウム    | 67 | 207.2<br><b>Pb</b><br>鉛        | 68  | 208.9<br><b>Bi</b><br>ビスマス    | 69  | 210<br><b>Po</b><br>ポロニウム     | 70  | 210<br><b>At</b><br>アスタチン     | 71  | 222<br><b>Rn</b><br>ラドン       |    |                             |
| 6 | 87.00<br><b>Fr</b><br>フランシウム | 88                         | 226<br><b>Ra</b><br>ラジウム      | 89                         | 267<br><b>Rf</b><br>ラザホニウム   | 90                          | 268<br><b>Db</b><br>ドブニウム    | 91                           | 271<br><b>Sg</b><br>シーボグニウム | 92                            | 272<br><b>Bh</b><br>ボヘリウム   | 93                          | 277<br><b>Hs</b><br>ハッシウム    | 94                          | 276<br><b>Mt</b><br>マイトネリウム | 95 | 281<br><b>Ds</b><br>ダームシュタット | 96 | 280<br><b>Rg</b><br>レイトゲンニウム | 97 | 285<br><b>Uub</b><br>ウンウンビウム | 98 | 289<br><b>Uut</b><br>ウンウントリウム | 99 | 293<br><b>Uuq</b><br>ウンウンクワッドム | 100 | 293<br><b>Uup</b><br>ウンウンペンタム | 101 | 293<br><b>Uuh</b><br>ウンウンヘキサム | 102 | 293<br><b>Uus</b><br>ウンウンセプテム | 103 | 293<br><b>Uuo</b><br>ウンウンオクタム |    |                             |
| 7 | 138.9<br><b>La</b><br>ランタン   | 140.1<br><b>Ce</b><br>セリウム | 140.9<br><b>Pr</b><br>プラセオジム  | 144.2<br><b>Nd</b><br>ネオジム | 145<br><b>Pm</b><br>プロメチウム   | 150.4<br><b>Sm</b><br>サマリウム | 152.0<br><b>Eu</b><br>ユクロピウム | 157.3<br><b>Gd</b><br>ガドリニウム | 158.9<br><b>Tb</b><br>テルビウム | 162.5<br><b>Dy</b><br>ジスプロシウム | 164.9<br><b>Ho</b><br>ホルミウム | 167.3<br><b>Er</b><br>エルビウム | 168.9<br><b>Tm</b><br>ツリウム   | 173.0<br><b>Yb</b><br>イタリウム | 175.0<br><b>Lu</b><br>ルテチウム |    |                              |    |                              |    |                              |    |                               |    |                                |     |                               |     |                               |     |                               |     |                               |    |                             |
|   | 227<br><b>Ac</b><br>アクチニウム   | 232.0<br><b>Th</b><br>トリウム | 231.0<br><b>Pa</b><br>パラドニウム  | 238.0<br><b>U</b><br>ウラン   | 237<br><b>Np</b><br>ネプツニウム   | 239<br><b>Pu</b><br>プルトニウム  | 243<br><b>Am</b><br>アメリシウム   | 247<br><b>Cm</b><br>キュリウム    | 247<br><b>Bk</b><br>バークリウム  | 252<br><b>Cf</b><br>カリホリウム    | 252<br><b>Es</b><br>エスバーク   | 257<br><b>Fm</b><br>フェルミウム  | 258<br><b>Md</b><br>メンデレヴィウム | 259<br><b>No</b><br>ノーベリウム  | 262<br><b>Lr</b><br>ローレンシウム |    |                              |    |                              |    |                              |    |                               |    |                                |     |                               |     |                               |     |                               |     |                               |    |                             |

原子番号

1.008

原子量

元素記号

H

元素名

水素

この色が、元素ごとのデータの長さを示しているのね。

この表で元素をぜんぶおぼえるぞ！

この色が、元素ごとのデータの長さを示しているのね。

この表で元素をぜんぶおぼえるぞ！

ランタノイド

アクチノイド

主見症118個見つかった。

高エネルギー加速器研究機構  
配属物件

## 2-④原子核

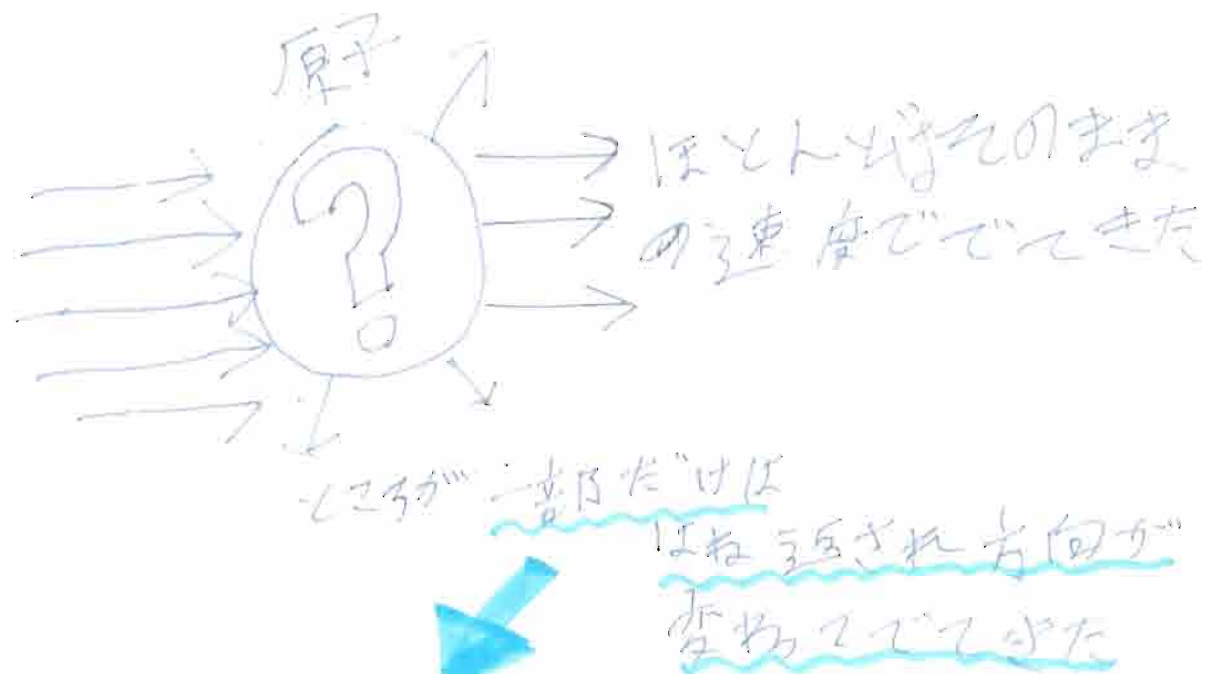
1911年ラザフォードが、原子の中を $\alpha$ 線を飛ばして見た。

言明する前

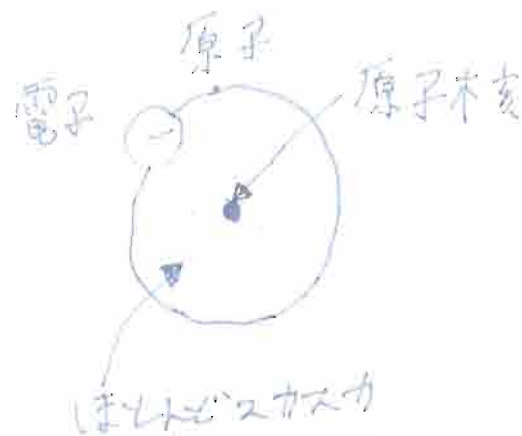
原子の中に「何か」が詰まっていると考えていた



やってみると



結果から



原子の中は小さい  
原子核があり  
そのまわりを電子がまわって  
いることが分かった。

まだまだ分かんない  
でいきなり

次は原子核の中を見ます。



## 2-⑤陽子・中性子

原子の中にある原子核は核子と呼ばれる  
“小さな粒子”の集合体です。核子には、  
プラスの電気を帯びた陽子と電氣的には  
中性な中性子の2種類があります。



## 2-⑥素粒子

### 素粒子

物質を構成している最小の  
単位である粒子。私たちの体、  
重力、物、魚、木、花などの  
土や空気などのものは、  
1億分の1センチメートル  
ほどの原子からできてい  
ます。さらにその原子はその  
1万分の1の大きさの原子核  
とその周りを回る電子からな  
っています。さらに原子核はいつ  
かの陽子と中性子からなっ  
ています。ものをだんだん細かくし  
ていくとかならずこの素粒子  
にまで分ります。

|      | 第1世代                | 第2世代                   | 第3世代                   |
|------|---------------------|------------------------|------------------------|
| レプトン | $\nu_e$<br>電子ニュートリノ | $\nu_\mu$<br>ミューニュートリノ | $\nu_\tau$<br>タウニュートリノ |
| クォーク | $e$<br>電子           | $\mu$<br>ミュー           | $\tau$<br>タウ           |
|      | $u$<br>アップクォーク      | $c$<br>チャームクォーク        | $t$<br>トップクォーク         |
|      | $d$<br>ダウンクォーク      | $s$<br>ストレンジクォーク       | $b$<br>ボトムクォーク         |

地球上のものは  
全ての3種類で  
できている

# 3. エネルギーとは

## 3-① エネルギーって何?

ほかのものを動かしたり、変形させたりできる力のこと。  
電気エネルギーや熱エネルギー、化学エネルギー、光エネルギー、  
水素エネルギー、位置エネルギー、運動エネルギーなどいろいろな種類  
がありそれぞれが別のエネルギーに変化することもできる。

| エネルギーの種類                                                                                                                                                                                                                          | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div data-bbox="67 828 164 1412" data-label="Text"> <p>力学的エネルギー</p> </div> <div data-bbox="193 977 637 1086" data-label="Text"> <p>位置エネルギー</p> </div> <div data-bbox="193 1439 579 1548" data-label="Text"> <p>運動エネルギー</p> </div> | <div data-bbox="676 828 1854 1018" data-label="Text"> <p><u>物が高いところにあるときや、バネが押し縮められに蓄えられているエネルギー</u></p> </div> <div data-bbox="676 1045 1854 1371" data-label="Text"> <p>高い位置にあるものは、重力によって落下し他の物と動かし能力を蓄えている。<br/>バネが押し縮められたときは戻す力によって他の物を動かす能力を持っている。</p> </div> <div data-bbox="676 1371 1854 1561" data-label="Text"> <p><u>動いている物の持つエネルギー</u><br/>重く速く動く大きな運動エネルギーを持っている。</p> </div> |
| <div data-bbox="106 1643 531 1751" data-label="Text"> <p>化学エネルギー</p> </div>                                                                                                                                                       | <div data-bbox="676 1588 1854 1792" data-label="Text"> <p><u>分子の中のエネルギー</u><br/>ガソリンが酸素との化学反応で熱を発生するように分子の化学反応が持つ能力。</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <div data-bbox="125 1901 444 2009" data-label="Text"> <p>光エネルギー</p> </div>                                                                                                                                                        | <div data-bbox="676 1819 1854 2037" data-label="Text"> <p><u>光の持つエネルギー</u><br/>太陽光発電は太陽の光が持つエネルギーを使って電気を作っている。</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <div data-bbox="106 2104 444 2213" data-label="Text"> <p>熱エネルギー</p> </div>                                                                                                                                                        | <div data-bbox="676 2064 1854 2227" data-label="Text"> <p><u>物を暖かくすることができ、暖かい物が持っているエネルギー</u><br/>より高い温度のものがより高いエネルギーを持っている。</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <div data-bbox="125 2308 560 2417" data-label="Text"> <p>電気エネルギー</p> </div>                                                                                                                                                       | <div data-bbox="676 2254 1854 2430" data-label="Text"> <p><u>電流電磁波などが持つエネルギー</u><br/>電気によって、モーターを回したり、電球を光らせる出来るエネルギー</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <div data-bbox="173 2498 647 2607" data-label="Text"> <p>水素エネルギー</p> </div>                                                                                                                                                       | <div data-bbox="676 2457 1854 2688" data-label="Text"> <p><u>原子核が分裂融合するときのエネルギー</u><br/>核分裂や核融合する時に発生する大きなエネルギー<br/>原子力発電所はこのエネルギーを使って発電している。</p> </div>                                                                                                                                                                                                                                  |



# 実馬金①

運動エネルギーを測ってみる。

使うもの

ねんど、下じき、厚し紙



ねんどを下じきにぶつけて

つぶれた面の大きさを測ります。

つぶれた面が「大きいほど」  
エネルギーが「大きいこと」になります。



ねんどを丸めて  
下じきに投げる。



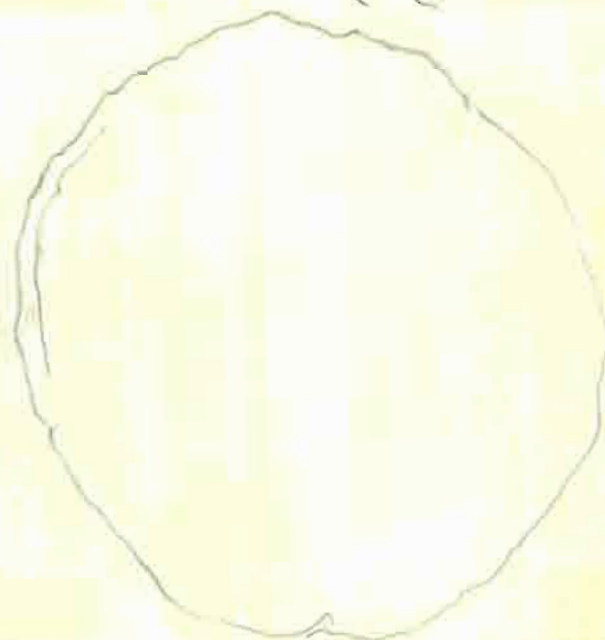
つぶれた面を厚し紙  
に写す。

# 実験結果

速い



お父さん



お母さん



お母さん



いもうと

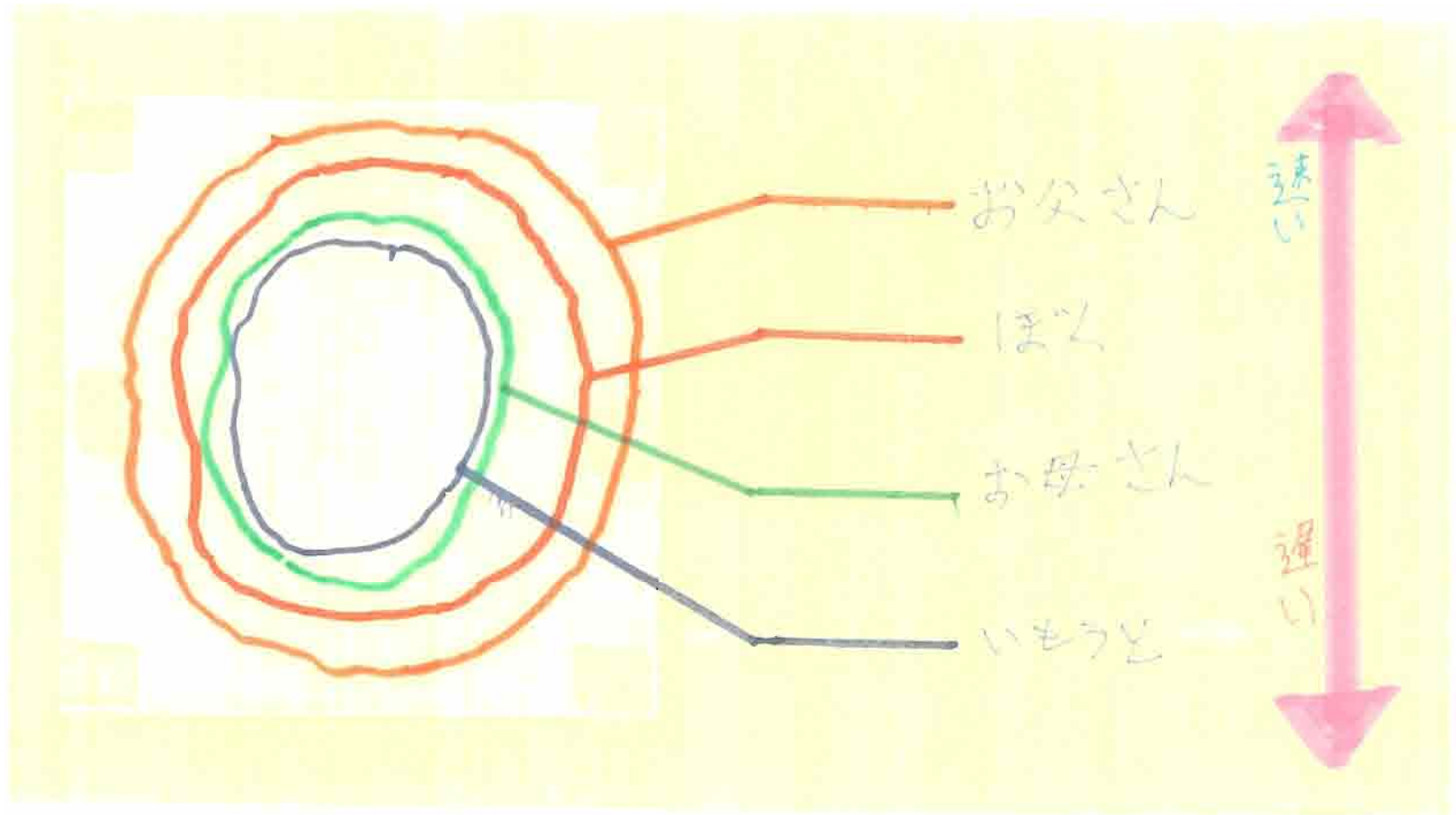


遅い



# 実験結果

重ねると



## 結果

スピードが速い方が

エネルギーが大きい

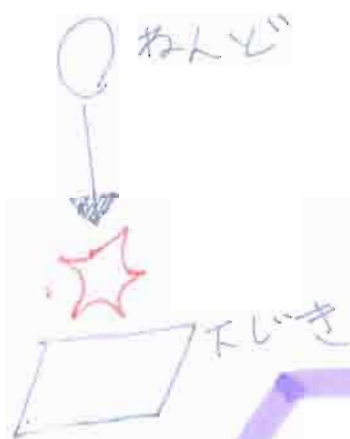
ポイント②

# 実験②

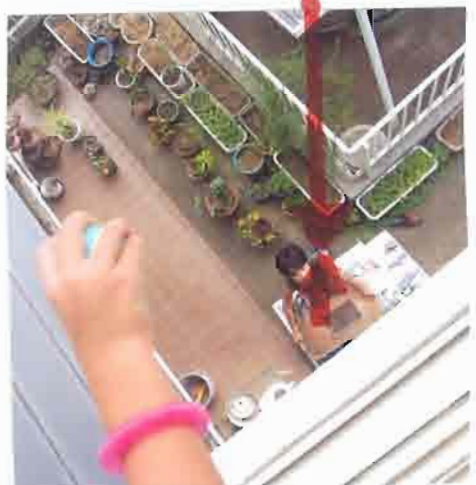
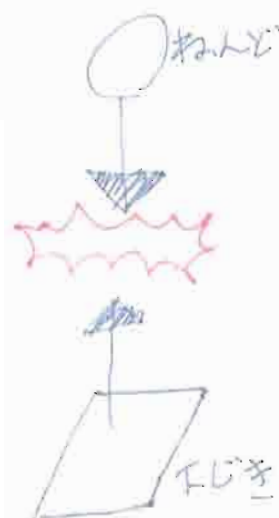
片方だけが動いているときと  
両方が動いているときのエネルギー  
のちがいをたしかめます。



二階から  
落とすだけ  
のとき。



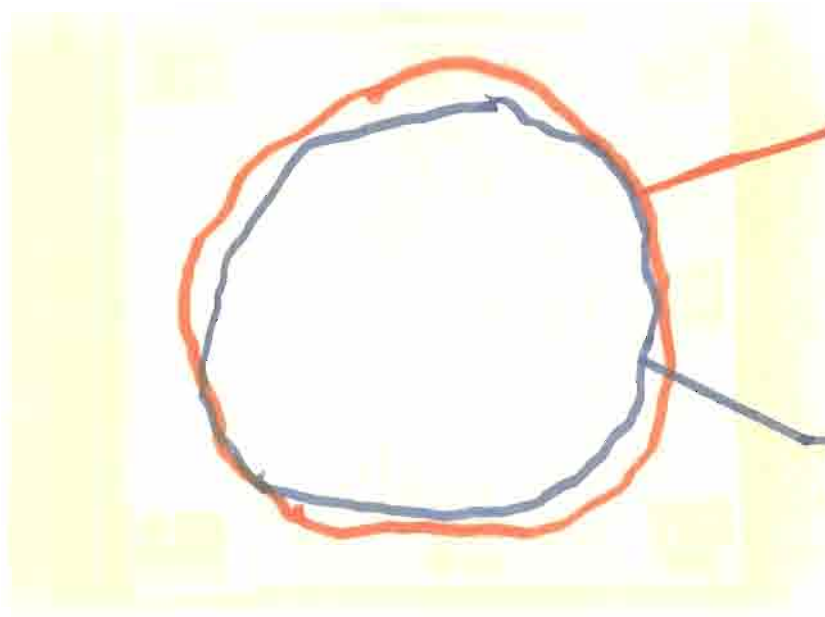
下置きも重力か  
して正面衝突  
させるとき。





## 実験結果

重ねると



下じきを持ち上げたとき

落とすだけのとき

## 結果

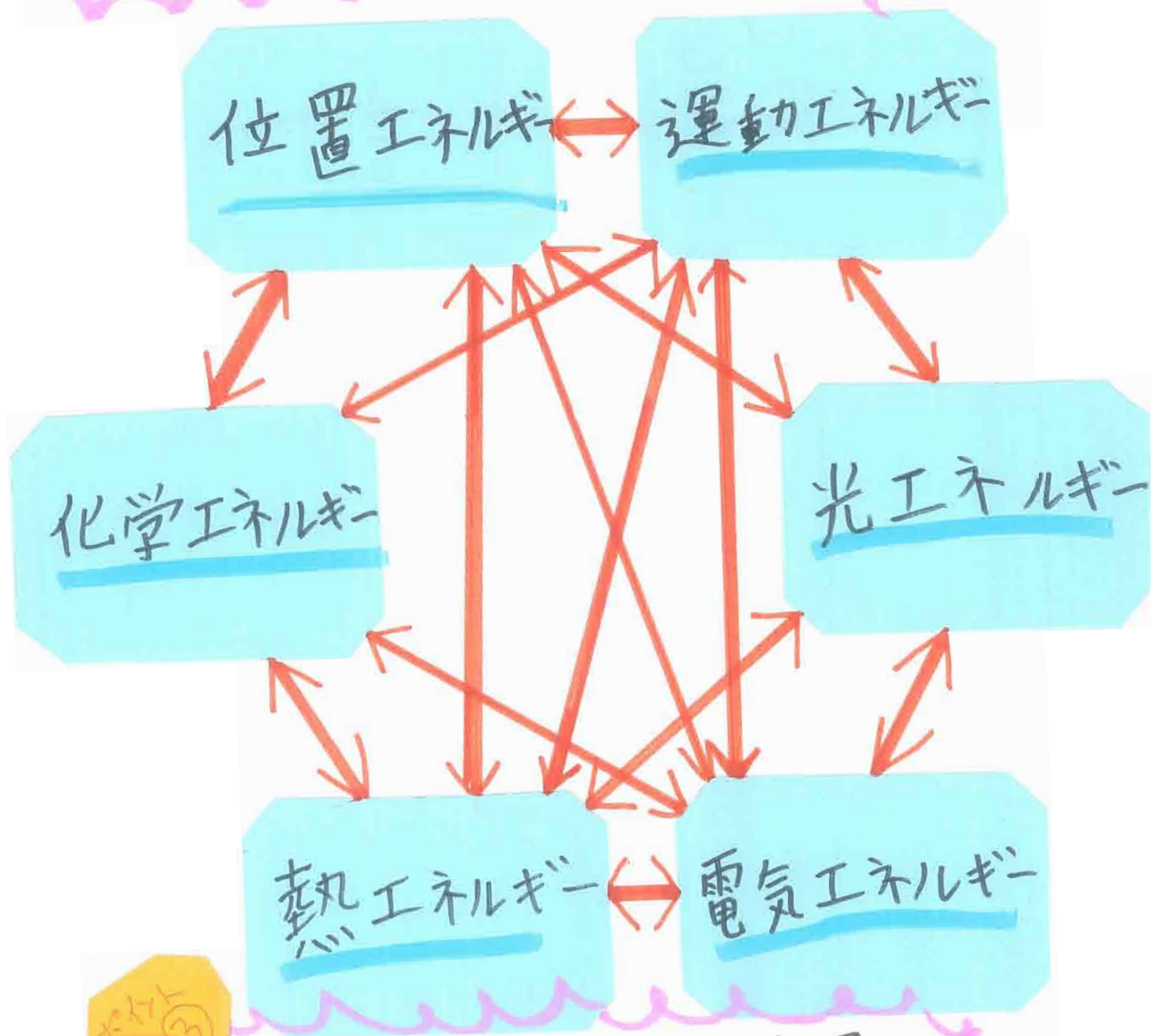
片方だけが動いてぶっかるよりも  
正面衝突させた方が

エネルギーが大きい。

## 3-②エネルギー保存の法則

ある種類のエネルギーに変換した場合でも  
そのエネルギーの総量は変化しないという法則  
熱力学第1法則とも呼ばれる

エネルギーは変換される!



ポイント③

エネルギーの全体的量は  
決して変わらない!!

形を変えているだけ



# エネルギーが変換される様子

せんのうき

電気エネルギー

コンセントから  
電気を引く



運動エネルギー

モーターを回して  
風を送る



電子レンジ

電気エネルギー

コンセントから  
電気を引く



熱エネルギー

マイクロ波で  
おたためる

水力発電

位置エネルギー

高い所に水がある



運動エネルギー

落ちて来た水でタービンを回す

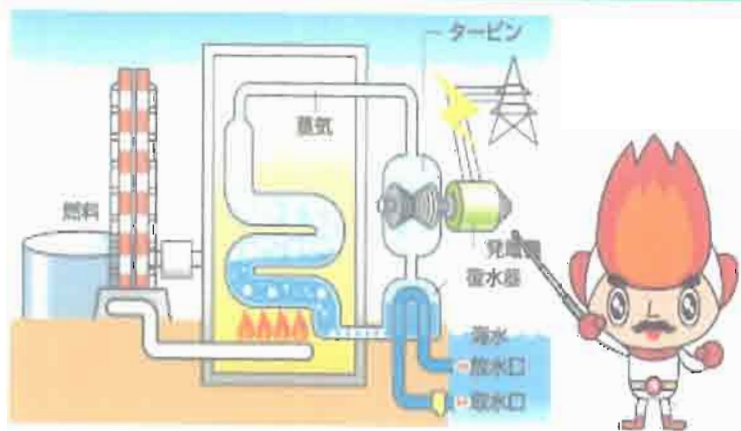


電気エネルギー

電気ができる



水力発電の様子



火力発電の様子

火力発電

熱エネルギー

燃料を燃やして



運動エネルギー

水蒸気でタービンを回す



電気エネルギー

電気ができる

# 3-③ エネルギーと質量

$E = mc^2$  何？

意味を考える

アインシュタインの  
(特殊)相対性理論

$$E = mc^2$$

光の速度の  
(秒速30万km)  
2乗

エネルギー

質量  
地球上では重さのこと  
正確には「もの」のこと

「もの」はあるだけで「エネルギー」も持っているという  
「エネルギー」も「もの」が作れるってことなんだって。



たとえば1g (0.001kg) のものを作るなら「エネルギー」  
 $E = mc^2$

エネルギー  $0.001 \text{ kg} \times (300,000,000 \text{ m/s})^2$   
 $= 90,000,000,000,000 \text{ J}$  (ジュールという単位らしい)

これって0.001gの「もの」のエネルギー？

➡ 電気エネルギー 2" 作り出すと

$E = mc^2$  って  
ナンダ？

アインシュタインが考えた特殊相対性理論。  
それは「エネルギーと質量は同じもの」で  
「どちらにもなれる」ということ。  
ホンのわずかな小さなモノでも、その全部が  
もしエネルギーに変化したら、スゴイことになるっけ。



科学の  
最前線  
理科  
ドリ





# 宇宙について

宇宙の始まりについて言っていました。

## 4-① 宇宙の始まりは？

ハッブルが時間

たつにつれ宇宙が膨張していることが分かりました。

現在

時間

未来

宇宙

宇宙

宇宙

それじゃ

時間をさかのぼると  
どうなるの？

過去

現在

時間

130億年前

宇宙

宇宙

宇宙

ビッグバン①(使用)

点だった！

宇宙は



# 4-② 宇宙のエネルギーは？

宇宙が膨張し始めたとき  
エネルギーがどうなるかを  
絵の具で実験してみました。

実験



使うもの

絵具の具



エネルギー 膨張の速さからエネルギーの量は変わっていく  
ので絵具の具の量を宇宙全体のエネルギーとして 宇宙が膨張  
したときの状態を見てみます



同じ量の絵具の具を  
カップにとがします。



絵具の具のこさがエネルギー  
と考えると実験します

こい＝エネルギーが高い  
すい＝エネルギーが低い

と考える



宇宙が膨張したときエネルギーが  
どうなるかを 1Lの水と 2Lの水で  
うずめてくらべてみました

ちょっと膨張したとき も、と膨張したとき



1Lの水に比べて

2Lの水に比べて



宇宙のはじまり  
のエネルギー

今の宇宙の  
エネルギー

高エネルギー

低エネルギー



時間  
はじまりの宇宙  
今の宇宙

宇宙のはじまりは  
高エネルギー！  
だった





# 5. ここまでのまとめ

ポイント①

風船の膨らみから

宇宙は  
点だった

130億年前

宇宙のはじまりは  
全エネルギーが  
一点に集まっていた

エネルギー保存の法則

エネルギーの  
全体量は  
変わらない

ポイント②

ポイント④

本日の物理理論

$E=Mc^2$   
エネルギーで  
ものが作れる

ポイント⑤

えのくの朝日

今は  
低エネルギー

宇宙のはじめは  
すごく高エネルギーだった!

すごく高エネルギー  
なら  
ものが作れる

宇宙のはじめは  
今の地球にない  
「もの」もあった!

素粒子

それじゃ 高エネルギー  
状態を作っちゃえば  
宇宙のはじめの状態  
を作れるんじゃない?

ポイント②

ねんどの実験

運動エネルギー  
速い  
正面衝突 → 高い

加速器を使って電子、陽子を  
加速し正面衝突させ、高エネルギー状態を  
作り宇宙のはじめにあつた素粒子を  
作り研究している

それが

KEK

(高エネルギー加速器研究機構)

行ってみよう!!

日本の科学館  
つくば研究学園都市



# 6. 高エネルギー加速器 研究機構 (KEK) 見学

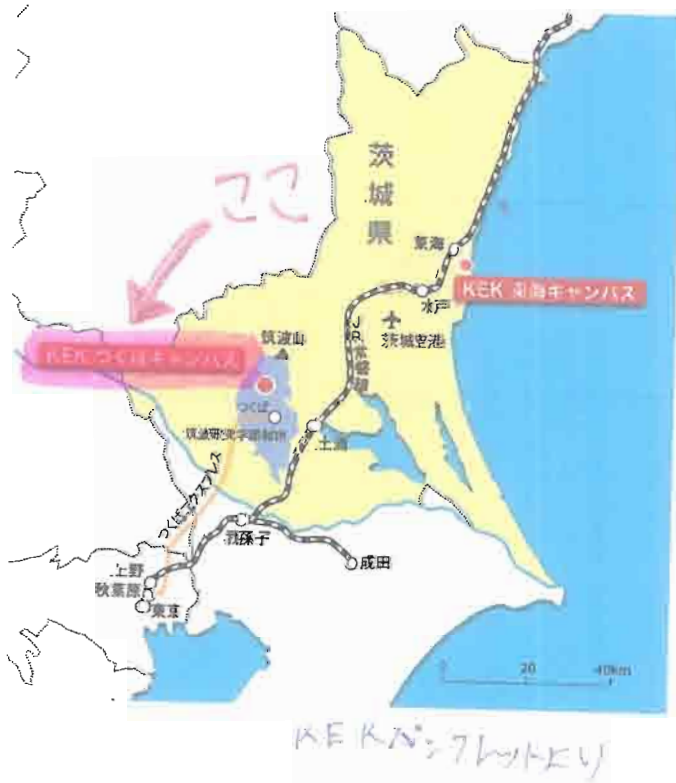
ということで行ってきました



4月18日 施設公開  
8月15日 常設展示見学

2回見学に行きました

## 6-① KEKとは



KEK  
高エネルギー加速器研究機構

つくば研究学園都市にある  
研究所・総合研究機関  
加速器と呼ばれる装置を使って  
基礎科学の基礎を築いている研究所です  
加速器って  
なに？



# 6-④加速器って何？

## 加速器

電圧をかけることで電子や陽電子を速度を上げていく装置

## 身近な加速器

蛍光灯



電子を加速して光らせています。

テレビ(ブラウン管)



加速した電子がブラウン管の発光面をたたくことで光らせています

電子レンジ



電子レンジにも加速器が応用されているんだって

私たちの身の回りにも様々な加速器があります

ただ...

KEKの加速器

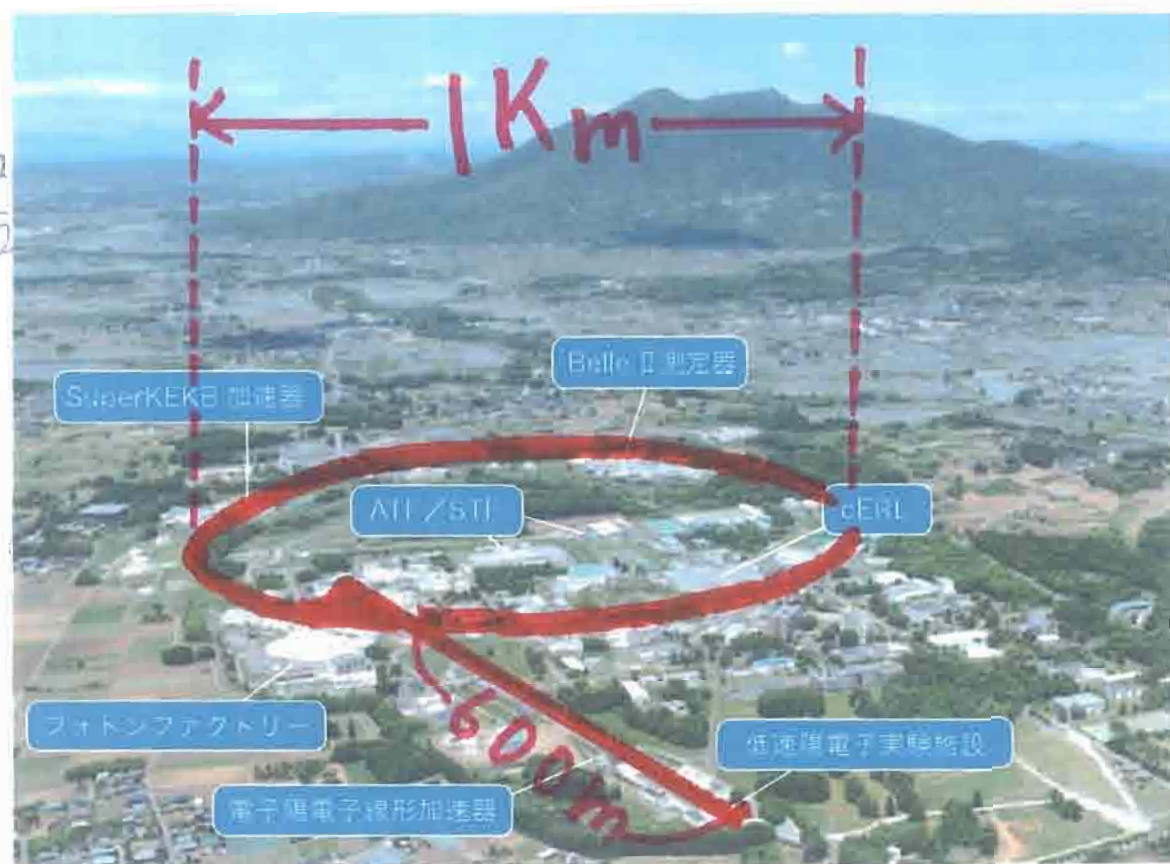
は...

超デカイ

地下11mに直径1km

円周

3kmの巨大加速器!! KEKコンプレックスより



Super KEKB

加速器



どれくらい大きいの？

もし明有小学校の周りに

Super KEKBがあったら・・・



池袋駅を出発した電子、陽子が google map 5/1

地下11mのトンネルを

帝京平成大学くらいまでまっすぐ  
加速して

大塚駅、新大塚駅、東池袋駅  
の近くを通る円を

ほぼ光の速さで走って正面衝突  
する

すごい

装置!!



6-③ Super KEKB

## Super KEKB

電子や陽子をほぼ光の速さまで加速して  
高エネルギー状態を作る装置のこと。

衝突型加速器のエネルギーはLHCのシティーという単位値で表されますが「KEK」はすでにKEKB加速器で「ルミノシティ」の世界記録を保持しています。

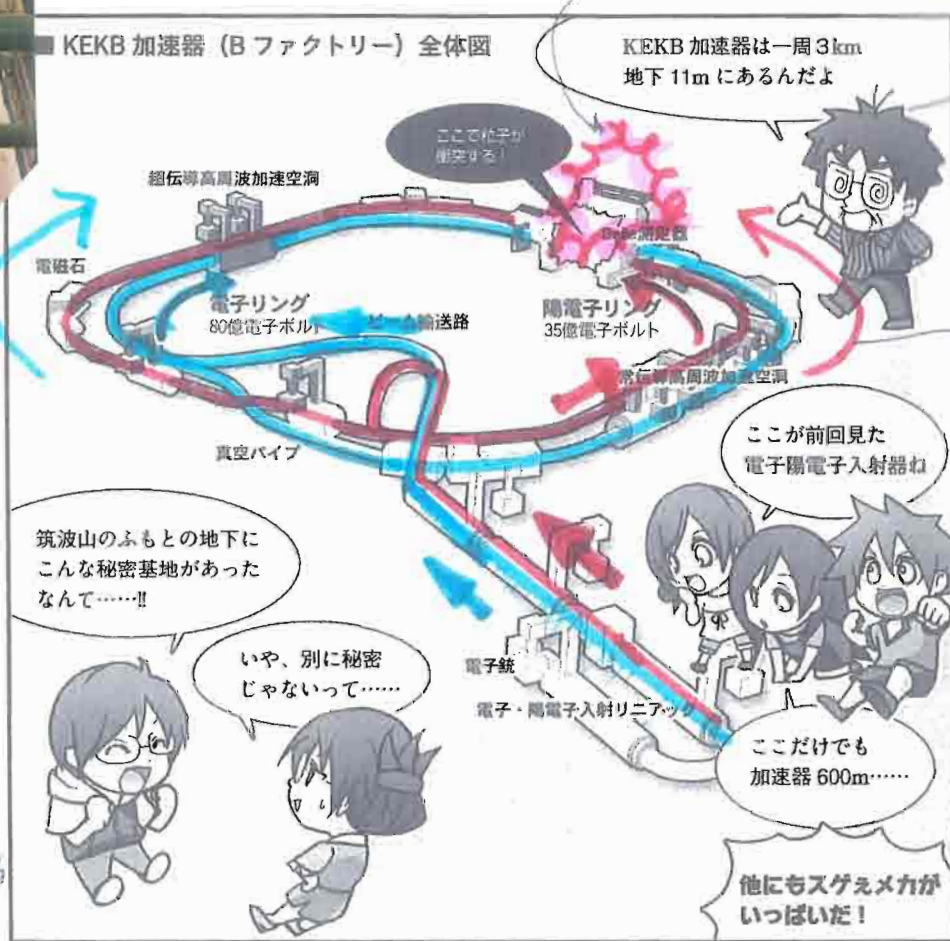
每本 10 元

二心衝突  
Belle測定器



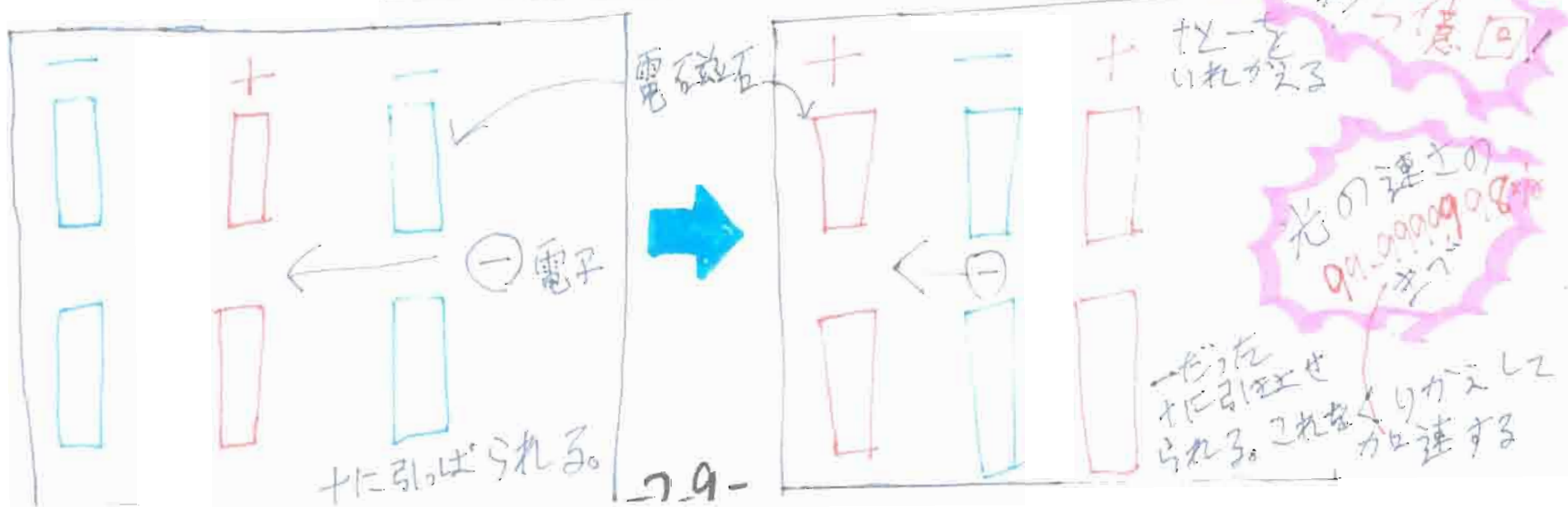
土也下トンネル

電子(書)  
時言十回



陽電子(赤)  
反時計回

マシカエガキ  
素朴な子物理  
上リ



## 6-④ SuperKEKBでなにがで きるの?

SuperKEKBで電子、陽電子を加速して  
高エネルギー状態を作ることで

できること

①

物質の構造がすごく細かくわかる

⇨ 光の工場!

フォトン  
ファクトリー



フォトンファクトリーペンフレットより

できること

②

誕生直後の宇宙がわかる

⇨ 宇宙のはじまりが見られるタイムマシン!

Belle II  
測定器



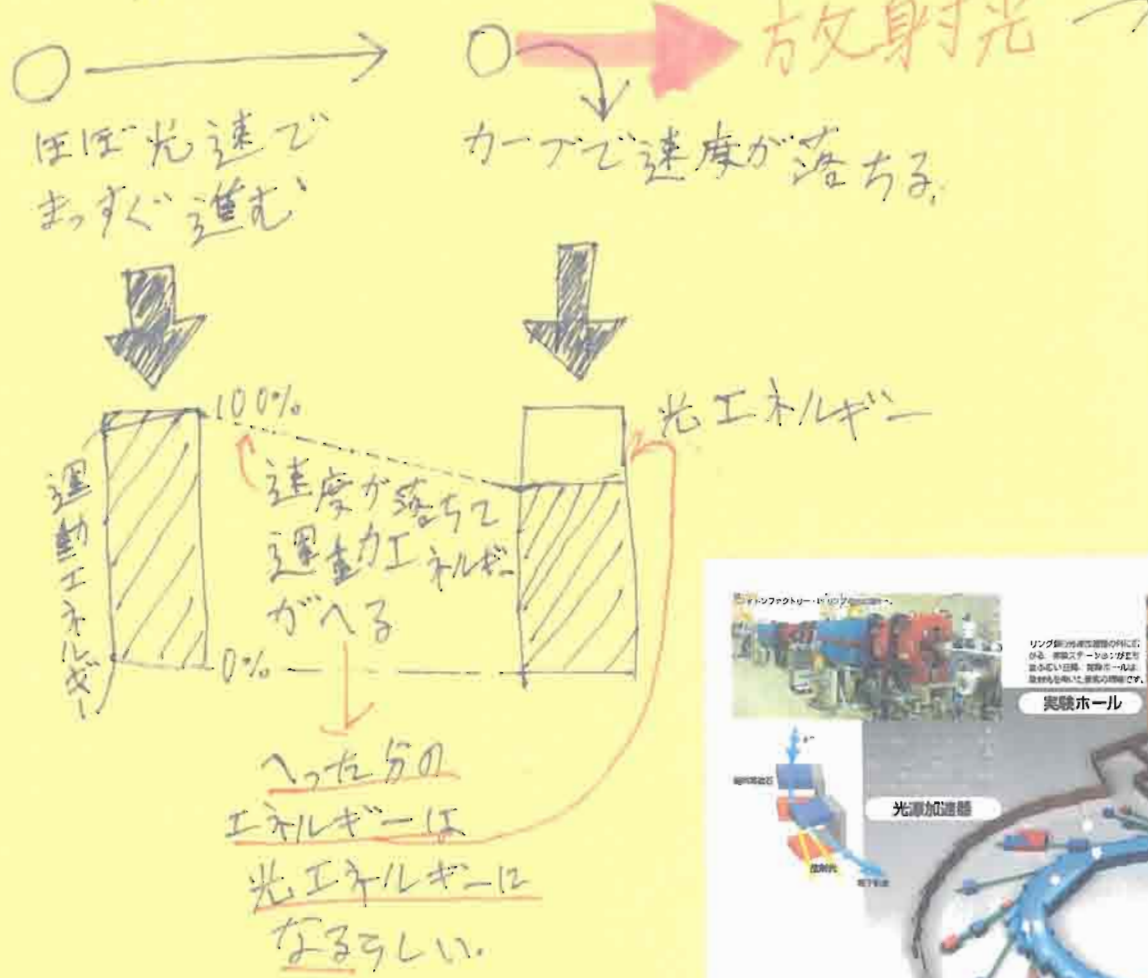


# 6-⑤ フォトンファクトリー

## フォトンファクトリー

汐口な世界を詳しく言周べて  
物質の成り立ちや構造を解る  
顕微鏡金鏡みたいなもの

電子・陽子



この光子と光をイ使て  
糸田かいものをレントゲ  
ンのように見ると  
かびまら



光子放射光をつかまえるビームライン

に役に立っているの？

物質を見る。

コンピュータ製品の小型化などに必要な物質の研究をしています。

② 生命を見る

人間の体にあるタンパク質などの仕組みを研究している。

③ 病気と戦う

ウイルスの構造や性質を調べることでそのウイルスによりがんや薬の研究をしているそうです。インフルエンザのウイルスの研究にも使われています。

2009年にはイスラエルのアダ・ヨナット博士がこのファクトリーを使った研究でノーベル賞化学賞を受賞したそうです。





## 6-⑥ Belle II 測定器

### Belle II 測定器

Super KEKB 加速器で  
光速近くまで加速された電子と  
陽電子が正面衝突すると、そのエネルギーによって宇宙の4次元にあった素粒子  
が飛び出します。この Belle II 測定器は、この衝突点を覆うように  
設置された高さ、巾幅、奥行きそれぞれ 8m の大きな測定器  
です。この素粒子たちは1兆分の1秒やそれ以下で消滅してしま  
います。この素粒子を観測することによって素粒子の正体究に  
役立っています。



2008年には、小林博士、益川博士が「Super KEKB 加速器  
とこの測定器<sup>ロロ</sup>を使って「CP対称性の破れ」を証明し  
ノーベル賞を受賞しました。



この中で

自然界にない素粒子  
が飛び出ている！



# 6-⑦ 常設展示



宇宙のものさしと未来  
いろいろなものの  
大きさがみかたできます



小・木村博士の  
ノーベル賞メダルとレプリカ



KEKB加速器の  
電石磁石



ニュートリノビームライン用  
超電石磁石

マンガをもち

常設展示を見学しているところ……

「キミはその本を読んできたのか？」と声をかけられました。  
振り向いてみると……



「おじさんはその本に出ているDrフジモトなんだよ」

ん???...フジモト???...

藤本博士!!



マンガで分かった素粒子物理学

その後藤本博士はぼくとお父さんに30分くらい話をしてくれました。



# 17 おわりに

日本の最先端の石研究所で石研究している  
博士の話なので最初はすごく面白い話になるかと思いま  
したが、藤本博士がしてくれた話はとてもわかりやすく  
面白い話でした。

藤本博士がしてくれた話

- ・日本の技術力は最先端。
- ・高エネルギー実験のできる加速器は世界に  
5つあってそのうち2つは日本にある。
- ・世界一大きな加速器は円周30km。山手線がまわり  
入っちゃう！
- ・10数年後に日本に新しい加速器を作ろうとしている。  
候補地は岩手県。直線30km！もちろん地下！！  
これが出来たらもういろいろなコトがわかる！
- ・子供たちに興味をもってほしい。  
素粒子とか、加速器とかも、何とかコトにも興味をもってほしいと  
思っ、マンガ家さんに相談して作るのが「マンガで分かる素粒子物理学」



『素粒子物理学』と聞いたときには「はるかろう」と思ったけれど矢口してみるととても面白くもと知りたくなります。さらに実験してみるとわかりやすくなりました。

また研究所へ行って実際に石研究している博士と話をすることができたのはすごくよかったです。

博士の言までいんように頑張っているのは、博士が、

「自分で見つける」とは言わず「自分たちががんばると自然が見せてくれる」と言っていたことと「岩手新しい加速器が完成するころはおいそいそ働けないうその時は君にたくした」と言ってくれたことと。ぼくはしよ来岩手に加速器が完成するころぼくもがんばって石研究して自然に新しいことを

「見せてもらえるようにがんばりたいと思います。」

お、あ、り



37-



藤本先生  
ありがとう  
ございました。

# 参考にした資料

| No | 書名                    | 著者・発行者       | 出版社         | 発行年   |
|----|-----------------------|--------------|-------------|-------|
| 1  | マンカでわかる素粒子物理学         | うしろの拓也       | 学研教育出版      | 2013年 |
| 2  | 小さい宇宙をつくる             | 藤本順平         | 幻冬舎エデュケーション | 2012年 |
| 3  | 素粒子物理学を楽しまる           | 藤本順平<br>高橋理佳 | 学研教育出版      | 2013年 |
| 4  | すごい実馬                 | 多田将          | イースト・プレス    | 2011年 |
| 5  | 四角学 宇宙論               | 二間 凍良        | ナツメ社        | 1998年 |
| 6  | 四角学 ヒッグス粒子            | 広瀬 勇         | ナツメ社        | 2012年 |
| 7  | うちらの話                 | 藤井 旭         | 金の星社        | 1990年 |
| 8  | 元素がわかる辞典              | 監修 室村 一夫     | PHP研究所      | 2010年 |
| 9  | 原色ワイド図鑑 科学の世界         | 発行人 岡 俊彦     | 学習研究社       | 2002年 |
| 10 | 2世紀子ども百科大図解           | 発行人 山川 典郎    | 小学館         | 1995年 |
| 11 | 小学館の図鑑・NEO13歳からくまの図鑑  | 発行人 山川 典郎    | 小学館         | 2009年 |
| 12 | <Newton別冊> ヒッグス粒子・素粒子 | 発行人 高森 圭介    | ニエトプレス      | 2012年 |
| 13 | <Newton別冊> 宇宙、無からの命の生 | 発行人 高森 圭介    | ニエトプレス      | 2014年 |

| No | サイト名               | URL                                                                                 |
|----|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | KEKキッズサイエンス        | <a href="http://www2.kek.jp/kids/">http://www2.kek.jp/kids/</a>                     |
| 2  | 高エネルギー加速器研究機構      | <a href="https://www.kek.jp/">https://www.kek.jp/</a>                               |
| 3  | 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  | <a href="http://www.jaxa.jp/">http://www.jaxa.jp/</a>                               |
| 4  | JAXA宇宙情報センター       | <a href="http://spaceinfo.jaxa.jp/">http://spaceinfo.jaxa.jp/</a>                   |
| 5  | 宇宙科学研究所キッズサイト みんなの | <a href="http://www.kids.isas.jaxa.jp/">http://www.kids.isas.jaxa.jp/</a>           |
| 6  | おぼろキッズ             | <a href="http://subaru telescope.org/kids/">http://subaru telescope.org/kids/</a>   |
| 7  | おぼろ望遠鏡             | <a href="http://www.nao.org/index.html">http://www.nao.org/index.html</a>           |
| 8  | 四国電力 キッズミュージアム     | <a href="http://www.yonden.co.jp/life/kids/">http://www.yonden.co.jp/life/kids/</a> |
| 9  | 宇宙ステーションキッズ        | <a href="http://iss.jaxa.jp/kids/index.html">http://iss.jaxa.jp/kids/index.html</a> |
| 10 | 国立科学博物館            | <a href="http://www.kahaku.go.jp/">http://www.kahaku.go.jp/</a>                     |
| 11 | 総務省宇宙計画            | <a href="http://www.stat.go.jp/">http://www.stat.go.jp/</a>                         |
| 12 | Wikipedia          | <a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/">https://ja.wikipedia.org/wiki/</a>         |

## 見学にいった場所

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

## 図書館

豊島区立中央図書館