

2023年7月24日、14:30-15:30  
関東SSH女子校セミナー in 京都大学

# ひとはみんな科学者

## —活物窮理の心を育てよう



渡邊正己

京都大学・名誉教授  
京都大学・大学院生命科学研究科  
附属放射線生物研究センター・特任教授  
e-mail : [msm@rbnet.jp](mailto:msm@rbnet.jp)  
URL : <http://rbnet.jp> Tel : 090-7154-0822

# 渡邊正己の紹介

1948年3月11日生、75歳、岐阜県美濃加茂市出身、和歌山県紀の川市在住

## 現職

京都大学・名誉教授

京都大学・大学院生命科学研究科附属放射線生物学研究センター（特任教授）

## 学歴

1967-71年 金沢大学・薬学部

1971-73年 金沢大学・大学院薬学研究科

1973-77年 金沢大学・薬学部・放射線生物学研究室（学術振興会研究員）

1978年 東京大学（薬学博士）

## 職歴

1977-86年 金沢大学・薬学部・放射線生物学研究室（助手）

1983-85年 ミシガン州立大学・がん研究所・研究員

1986-92年 横浜市立大学・医学部・アイソトープ研究センター・放射線生物学研究室（助教授）

1992-05年 長崎大学・薬学部・放射線生物学研究室（教授）

2005-12年 京都大学・原子炉実験所・放射線生物学研究室（教授）

2012-現在 京都大学・大学院生命科学研究科附属放射線生物学研究センター（特任教授）



**専門：放射線生物学**

**放射線発がんの仕組みを研究している研究者**

# 私は、何になりたかったのか？

小学校時代

中学校時代

高校時代

大学時代

1.パイロットになりたい

2.東海銀行の頭取になりたい

3.トヨタ自動車の社長になりたい

**経済学部**に入学

○社会主義も資本主義はどちらも**ひとつではなくお金が価値基準**であることに失望

4.薬を作る科学者になりたい

**薬学部**に再入学

○化学合成に全く興味が沸かなかった

**登山に熱中した**



白馬岳-大雪渓尻

○**ありのままの**自然から学ぶことの楽しさを実感



星はどのようにできたのだろうか？

さゆりちゃんと一緒に見れたらいいな。

自分の周囲の出来事を主観的、客観的に解析する面白さ

暗闇の焚き火を見ながら

上高地の天の川

# 自分の周囲で起きる不思議なこと

さゆりちゃん  
かわいい！

学くん

どうしてトンボは  
落ちないのに  
枯葉は落ちるのか？

もやもや

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

自分の心  
の中の出来事  
(主観的)  
哲学

自分の外で起  
きる出来事  
(客観的)  
科学



# 科学と哲学がひとを作る

## 科学 science ⇨ 自分の外で起きる現象が対象

- 未知の事象をあきらかにするための論理的活動。
- 研究対象または研究方法の違いで、自然科学・社会科学・人文科学などに分けられる。
- 哲学、宗教、芸術などと違うもの。

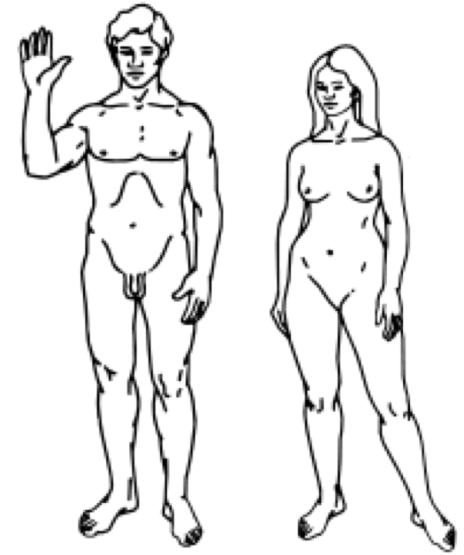
What is this ?

## 哲学 philosophy ⇨ 自分の心の中が対象

- 自分が信ずる事の本質を追求するための活動。
- 自分の存在を認識する（他人を認知する）ための活動。
- 自分の人生観や世界観を創りあげるための活動。

Who am I ?

# 改めてひとはどんな生き物が考えてみよう



Homo sapiens  
知恵のある生き物

- 知らないことを知ろうとする**探究心**・**好奇心**を持つ生き物
- 探究して見つけた**知識**を時代を超えて蓄え共有できる生き物
- 蓄えた知識を結びつけて**知恵**に変え未知のことを**予測**できる生き物
- 良い社会を作るために他人と協力できる生き物



**こうした行動には言葉と文字が必須**

# 私が科学者になれた理由？

- 経済的余裕がなかったから
- 時間**が十分にあったから
- 理屈を捏ね**ることが好きだったから
- 工夫することが好きだったから
- 硬派の議論**ができる友人がいたから
- 私の辞書には**予想と違う**という言葉はあったが**失敗**という言葉はなかった
- 恐らく**楽天主義者**だったから

**活物窮理の精神**が行動規範だった



# 活物窮理の精神とは何のことか？



華岡青洲 (震)  
(1760-1835)

- 外科医
- 内科と外科の融合
- 活物窮理の科学性実践



春林軒

## ○全身麻酔薬の開発



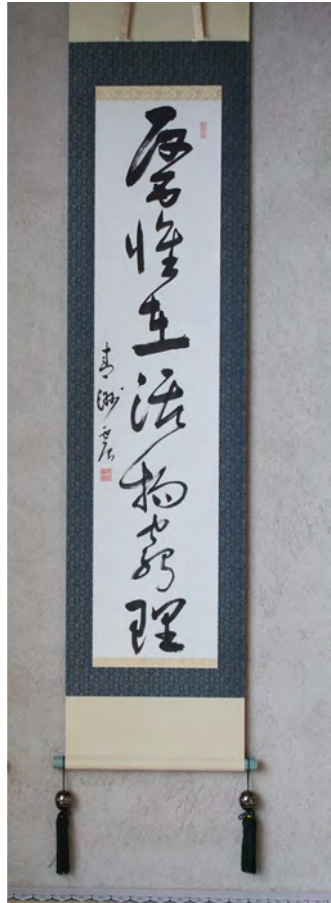
【通仙散】曼荼羅華 (まんだらげ) を主成分として烏頭 (ウズ)、川芎 (センキュウ)、当帰 (トウキ)、白芍 (ビャクシ) など10種以上の薬草を混合して調整—コリン作動性神経に作用。母於継 (おつぎ) と妻加恵 (かえ) で人体実験 (華岡青洲の妻、有吉佐和子著)



藍野利兵衛の母 (勘) の乳がん手術。

1804年：「通仙散」を使って**世界初**の全身麻酔による乳がん手術を実施。患者は、術後4.5ヶ月生存。以後、合計152回のがん摘出手術を実施。術後生存日数8日～41年、平均生存期間3年7ヶ月)。

# 青洲が説いた医師（科学者）の心得は？



青洲震

醫唯在活物窮理\*

治療の対象は生きた人間であり、患者一人一人が異なる体質や症状を持っている。そのため、ヒトを治療するのであれば、人体についての**基本知識を熟知**した上で、患者を深く観察してその**患者自身や病の状況を究めて**治療に当たらねばならない。

物事の本質を追求すること  
で物事の道理や法則を深く  
理解でき、それに基づいた  
活動でのみ真理に到達でき  
る。

\*活物窮理 = 格物窮理  
朱子学で重視された  
科学者の行動規範

勘の場合も、持病の脚気と喘息の治療をしてからがん手術が行われた。

# 私が放射線生物学者を目指したきっかけは子供のときに出会った漫画に興味を持ったこと



鉄腕アトム(1952)  
核融合原子力エネルギーで  
動くロボット (手塚治虫)



妹~ウランちゃん

なぜアトムなの？  
なぜウランちゃんなの？

- 自分の夢を叶えるためには
1. 興味のあることを見つける
  2. 疑問を見つける
  3. 疑問を解く
  4. 決して諦めない



# 満天の星はどのようにできたか？



G.ガモフ  
(1904~1968)



PW ヒッグス  
(1929~)  
ヒッグス粒子

宇宙の晴れ上がり

ビッグ・バン  
(大爆発)

素粒子

陽子  
中性子  
電子

水素・ヘリウム

原子の生成

原子核

銀河の形成

太陽系の形成

地球の形成(46億年前)

現在の宇宙

0.01秒

<100秒 30分

10億年

100億年

150億年



# 不思議だけど面白い



ジョルジュ・ルメートル  
ベルギー  
宇宙物理学者  
(1894-1966)



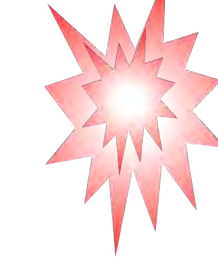
ジョージ・ガモフ  
米国、理論物理学者  
(1904-1968)

宇宙万物は  
三つの素粒子  
と  
四つの力でできた!!



# 原子は素粒子とエネルギーでできる

ビッグバン



3つの  
素粒子

4つの  
エネルギー

- 陽子 ○ -----正に荷電 (1Da\*)
  - 中性子 ● -----電荷なし (1Da)
  - 電子 ● -----負に荷電 (0.00054 Da)
- (\*1 Da=1.66x10<sup>-27</sup> kg)

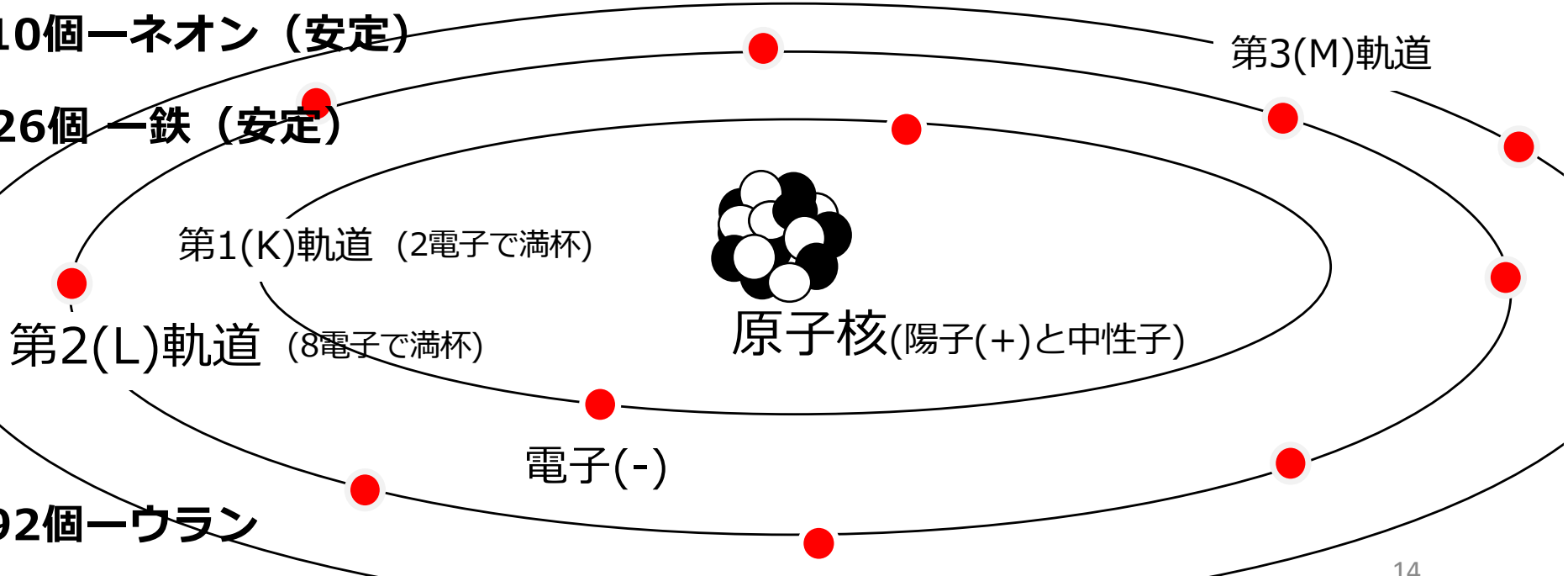
- 重力
- 電磁気力
- 強い力 (原子力)
- 弱い力 (原子力)

- 陽子1個—水素
- 陽子2個—ヘリウム(安定)
- 陽子3個—リチウム
- 陽子6個—炭素
- 陽子10個—ネオン (安定)

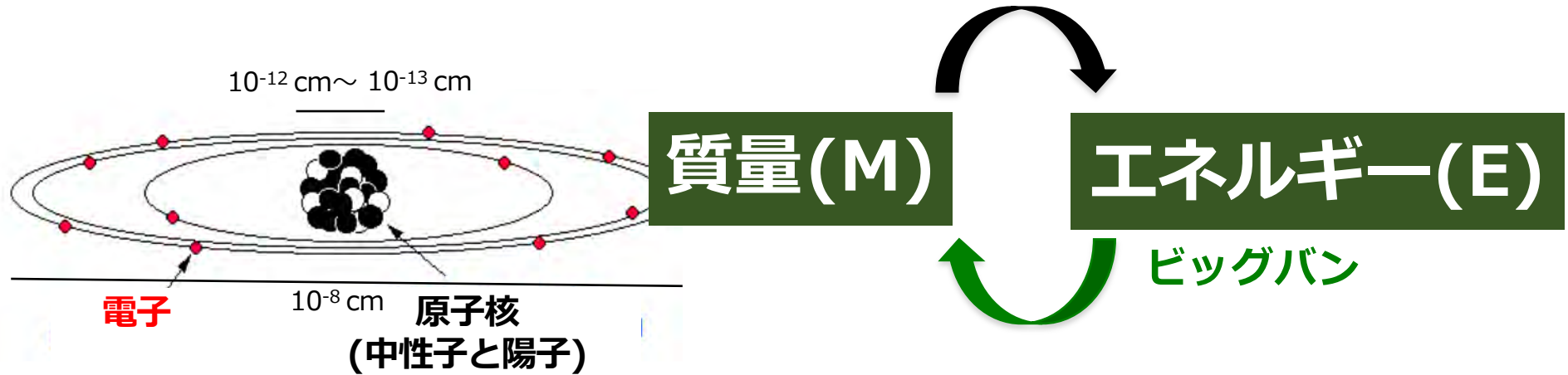
陽子26個—鉄 (安定)

原子核融合

陽子92個—ウラン



# 原子構造を保つための仕組み



## 疑問？

プラスの陽電子の反発を考えると原子核が安定に形成されるはずはない？

核子の質量の一部が**エネルギー(核力)**に変化し核子を結び付けている



## 湯川秀樹

1935年

陽子と中性子を結びつける役割を持つパイ中間子の存在を予測 (**中間子論**)

1949年

ノーベル物理学賞受賞

$$E = mc^2 = hv$$

物質のエネルギー      ひかりのエネルギー

(特殊相対性理論)

質量とエネルギーは互いに行き来できる



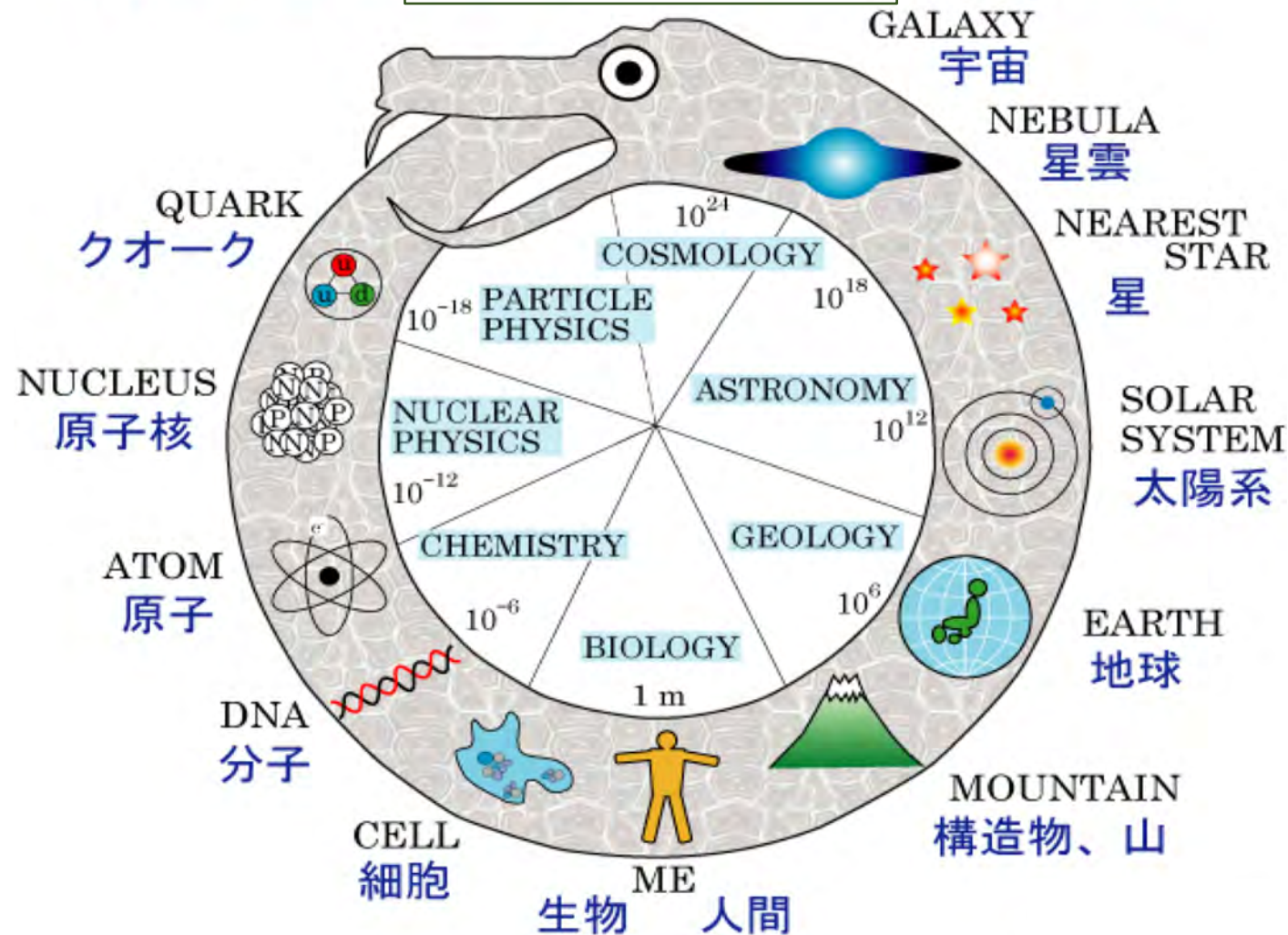
宇宙万物がビッグバンで解放されたエネルギーから生じた **陽子、中性子** 及び **電子** を、原子力、電磁気力および重力 が結びつけて作られた、たった92種の原子でできている。この事実は、**私にとって驚き** であり、原子力に関係する仕事に就きたいというモチベーションになった。





# 何を研究しても結局は基本材料である 量子を対象にすることになる

## 量子の世界



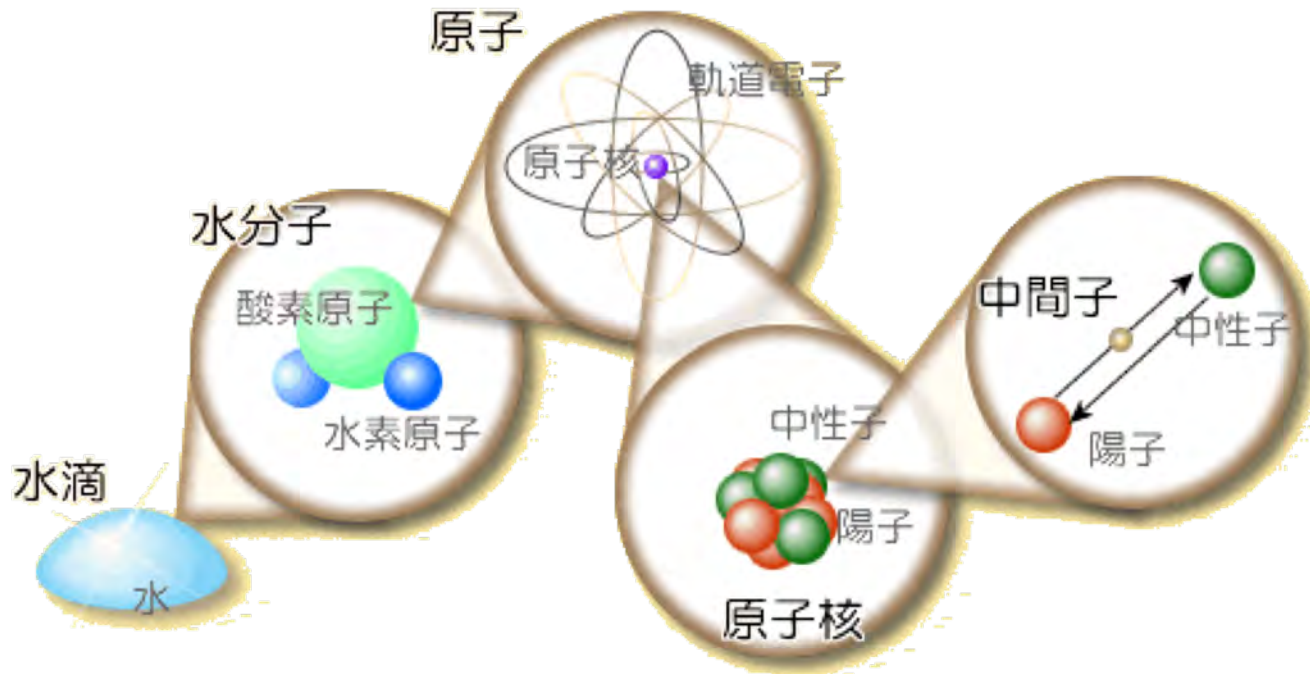
ウロボロスの蛇

Sheldon Lee Glashow  
1979 ノーベル物理学賞

# 量子科学の可能性

量子は粒子性と波動性の両方の性質を持っている

放射線は宇宙万物の基盤を知るために最も役立つ  
道具である



ニュートン力学

質量  
 $mc^2$

量子力学

波動  $h\nu$

万物の基盤

ひとの感情・こころ

テレパシー

気功

量子コンピューター

# 画家が表現する量子の世界における ヒトと宇宙の連続性



Salvador Dalí  
(1904-1989)  
スペイン

ラファエロの爆発する頭  
サルバドル・ダリ  
1951年作

ダリは、すべての物質が陽子、中性子および電子の3つの量子でできていることを次の三点を表現した。

- (1) 宇宙万物は互いに切り離せない存在である
- (2) エネルギー (E) と物質 (M) は繋がっている  
( $mv^2 = hv$ )
- (3) ヒトの体がサイクロトロンや超高性能計算機より強力なエネルギーを持っている



# 音楽家が表す宇宙創生の情景



ルートヴィヒ・ヴァン・  
ベートーヴェン  
(1770-1827) ドイツの作曲家



## ベートベン交響曲第9番第一楽章

天地創造時のカオス状況を表していると言われる。  
この曲を宇宙物理学的に解釈すると、空（ビッグバン）から色（宇宙万物）の創成時の混沌を表す。

その意味でフルトベングラーのタクトが魅力的

**第一楽章：混沌**  
⇒ **第二楽章：発展**  
⇒ **第三楽章：安定**  
⇒ **第四楽章：歓喜**

**喜びの歌（合唱）**



# 哲学者(釈迦)の悟り



釈迦(ゴータマ  
シッダッタ)  
(生没年不明：紀元前564年)  
仏教の開祖

釈迦がその根元で悟りを開いた  
と言われる菩提樹の樹

色 = 目に見える物質 (自然界、人間の体)  
受 = ものの喜怒哀楽を感じる感覚作用  
想 = 外からの事柄を心に受け入れて想像する心の作用  
行 = 生活行為  
識 = 意識して分別するもの 行によって得た知識

## 摩可般若波羅 蜜多心經

觀自在菩薩、  
行深般若波羅蜜多時

———  
舍利子

**色不異空 空不異色**  
**色即是空 空即是色**

受想行識亦復如是

舍利子

是諸法空相 不生不滅

不垢不淨 不增不減

———。

色 = 物質 空 = エネルギー

**質量とエネルギーは相互変換できる**

# 原子力は人類の最も輝かしい成果であった

## 放射線の発見



### ヴェルヘルム・コンラット レントゲン(1845-1923)

ドイツ出身の物理学者  
1895年 X線の発見(1895年)で  
1901年 ノーベル物理学賞受賞



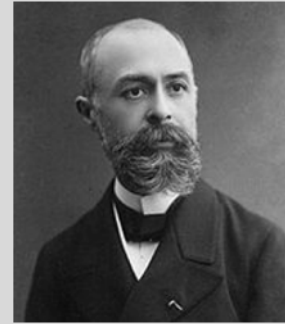
1895年 レントゲン  
博士が妻(アンナ  
ラディック)の手のX線  
透視を行った

単位 : Röntgen

放射線の発見は自分にな  
にかを見つめ直すきっかけ  
を作った。

四元素説 : 万物は、火・空気・水・土の4つの元素から構成されるという説が有力

## 放射線が原子から発生することを 発見



### アントワーヌ アンリ ベクレル(1852-1908)

フランス出身の物理学者  
1896年 ウラン放射能の発見  
1903年 ノーベル物理学賞受賞

単位 : Bq (1Bq=1崩壊/秒)



1898年  
ウラン鉱によって  
感光した写真看板



### マリア スクウォドフスカ キュリー (1867-1934)

ポーランド出身の物理学者  
1903年 放射能の研究でノーベル物  
理学賞、1911年 ラジウムおよびポ  
ロニウムの発見とラジウムの性質  
およびその化合物の研究でノーベ  
ル化学賞受賞

# 50年で原子の全容が解明された

- 1897 電子の発見 ジョセフ・ジョン・トムソン
- 1899 アルファ線線の発見 アーネスト・ラザフォード
- 1907 エネルギーと質量の等価性 アルベルト・アインシュタイン
- 1911 原子核模型の提案 アーネスト・ラザフォード
- 1919 陽子線の発見 アーネスト・ラザフォード
- 1932 不確定性理論 ヴェルナー・カール・ハイゼンベルク
- 1932 中性子の発見 ジェームス・チャドウィック
- 1934 パイ中間子の予言 湯川秀樹
- 1938 原子核分裂の発見 リーゼ・マイトナー
- 1942 マンハッタン計画**
- 1945 広島・長崎への原爆投下**
- 1947 パイ中間子の発見 セシル・パウエル



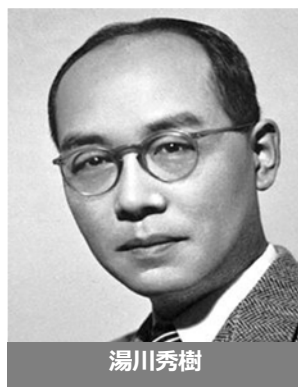
トムソン



ラザフォード



マイトナー



湯川秀樹



パウエル



ハイゼンベルグ



チャドウィック



アインシュタイン

# 原子力の発見はひとの輝かしい科学的発見であった

放射線は

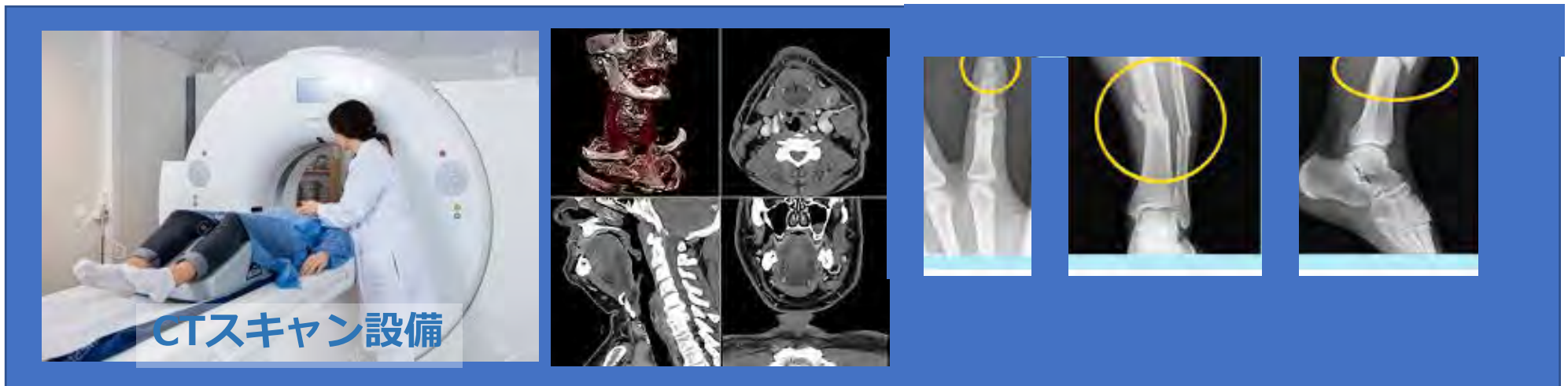
- 宇宙の全ての共通材料
- 宇宙で一番小さなサイズ
- 波動と粒子の性質を併せ持つ
- 桁外れのエネルギーを発生できる

**私はだれ？これは何？** という命題に立ち向かうことができるようになった



# 科学成果を如何にひと社会で利用するかは ひとの意思が決める

ある技術者は、原子力を医療機器を作った



## ○物質透過能力

病気の診断

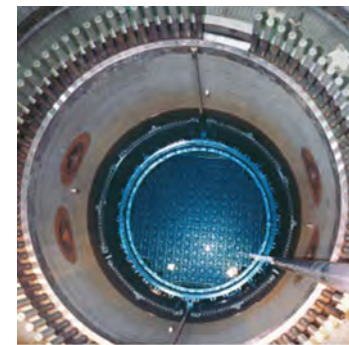
## ○生物殺傷能力

がん治療



# 原子核分裂で生ずる巨大なエネルギーを発電に使う技術者がいた

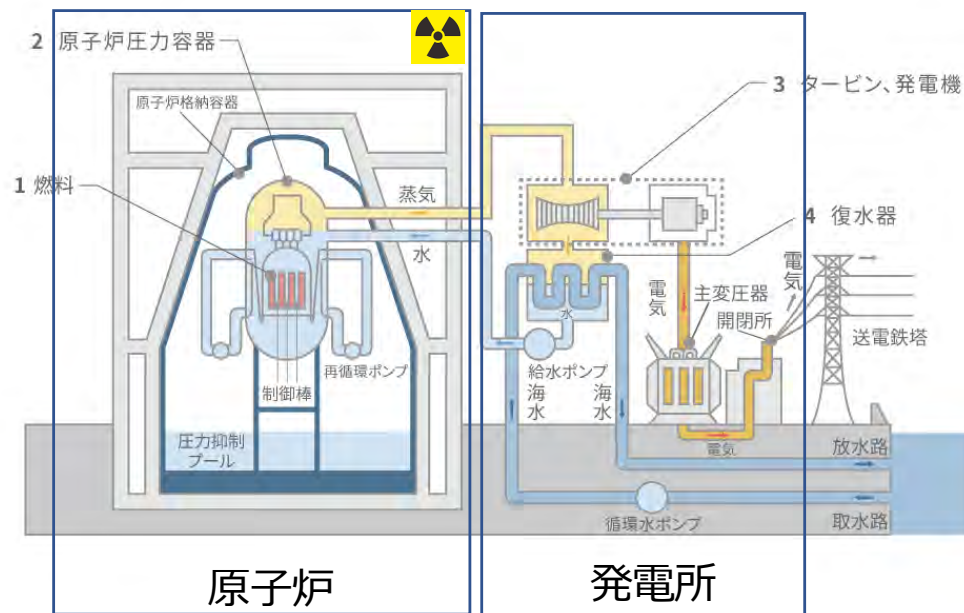
## —原子力発電



原子炉圧力容器



関西電力高浜原子力発電所

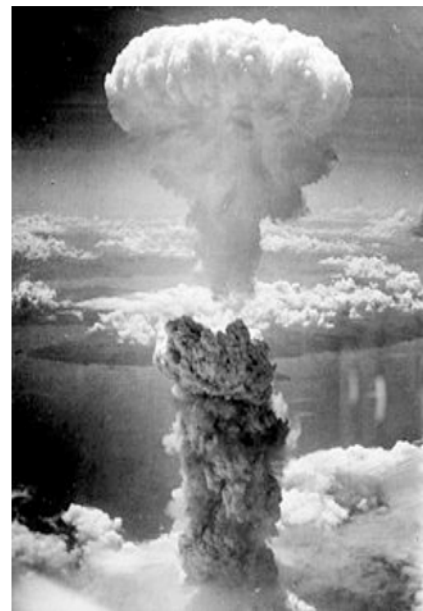




# 核分裂エネルギーで破壊兵器に使った



長崎に投下された原子爆弾  
(ファットマン)



1945年8月9日 B29爆撃機ボックスカーから投下され**74,000人が死亡**。75,000人が負傷。プルトニウム8kgが使われたが実際に爆発したのはそのうち**およそ1kg**



# この写真が私に放射線生物学者への 道を決心させた

原爆2ヶ月後、長崎市西山町のあたりから浦上を望む。



- 原爆投下3時間後には  
救援1号列車が走り  
700名の被災者を救出  
した。
- 当日中にさらに3本の  
救援列車が走った。



被ばく者をがんから救う科学者になりたい。  
そのためにまともな人間にならなければ——

# アインシュタインがルーズベルト大統領へ 送った核爆弾製造を促す所管

Albert Einstein  
Old Grove Rd.  
Massau Point  
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,  
President of the United States,  
White House  
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,

*A. Einstein*  
(Albert Einstein)

# 科学的発見に対する科学者の責任

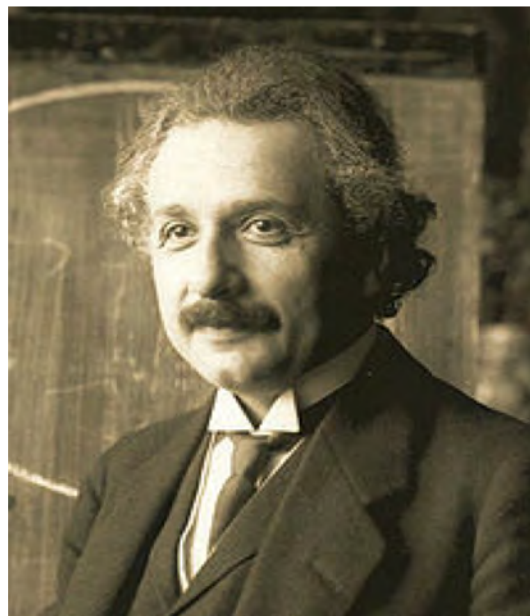
1955年「ラッセル・アインシュタイン宣言」

1957年「パグウィッシュ宣言」



バートランド・アーサー・ウィリアム・ラッセル(1879- 1955)

「人道的理想や思想の自由を尊重する、彼の多様で顕著な著作群を表彰して1950年ノーベル文学賞受賞



アルベルト・アインシュタイン(1879-1955)

光量子仮説に基づく光電効果の理論的解明で1921年ノーベル物理学賞受賞



第1回パグウィッシュ会議が開かれた村のロッジ

**科学者の責任：  
科学的発見はひと  
を幸せにする目的  
以外に使用しては  
いけない**





**LISE MEITNER:**  
A physicist who  
never lost her  
humanity

*Sci*

リーゼ・マイトナー：  
決して人間性を失わなかった科学者

リーゼ・マイトナーは、真実を追い求め人類の  
英知を平和的に進歩させることに一生を捧げた。

# ヒトは正しく行動するために自分が置かれている状況を正しく**認知**することが大切



## —大脳皮質—ひとに特徴的

○直感力、発見の喜び

思いやり、悲しみ、愛情

⇒哲学

## —大脳前頭葉—ひとで発達

○科学的知識と知恵を元

に生ずる予想力

⇒科学

## —動物に共通

○触覚、視覚、聴覚、

温覚および味覚 ⇒本能

情緒表現される認知能は、直接利益に結びつかないがひととして大切

# いま、貴方達に必要なのはひととして備えるべきちからを磨くこと

- 疑問をもつちから
- 疑問の内容を考えるちから
- 疑問を解決するちから

科学的資質

What is this ?

**正確な言葉と知識を備える**

- 豊かな人間性(理性)を発揮できるちから
- 人に役立つ活動をするちから

哲学的資質

Who am I ?

**本質を見る**

**文学や音楽を楽しむ**

**美しい言葉を身につける**

**豊かな心を育てる**



# 今日の話の結論

- 私たちは全てが**科学者**であり**哲学者**である。
- 私たちは、自分で**善悪の判断ができる**よう成長する必要がある。
- 自分の価値は、**自分自身の存在を認識**することにある。

**次の時代はあなた達が創る⇨**

**頑張れ！！**

