

原子と分子

だれが見つけたか？

2009年 9月 26日

岡山大学大学院教育学研究科客員研究員

東 俊 一 郎

クイズ

- 原子はどのようにしてみつかったか？
 - (ア) 数学の式を解いて，原子が存在することを予測した。
 - (イ) 物を顕微鏡で観察して，小さい粒からできていることを見つけた。
 - (ウ) 化学の変化を観察して，原子が存在すると考えた。

原子と分子は どうしてみつかったか 高校の教科書から

原子説 (物は原子からできている)

ドルトン (イギリス) 1804年

分子説 (酸素などは2個の原子からできている)

アボガドロ (イタリア) 1811年

2個の原子から1個の分子ができる

原子説と分子説



5. J. ドルトン (1766—1844)

ジョン ドルトン



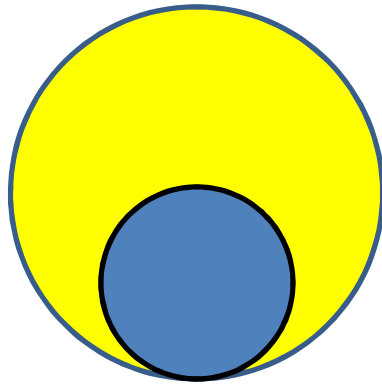
図 5-1 A.A.アヴォガドロ
ロ (1776—1856)

アメデオ アボガドロ

原子の大きさ

- 1種類だけの原子を1億個，1列に並べると，
端から端までの長さは 2 cm から 4 cm
- 現在の科学技術でも原子の写真をとるのは，
高度な技術で，何でも写真にはとれない。
ごく特別な物質の写真があるだけ

原子の大きさ(ナノ科学)



—
1 Å

1 Å というのは、
原子の大きさを表す単位

現在はnm という単位が使われる。
ナノメートル

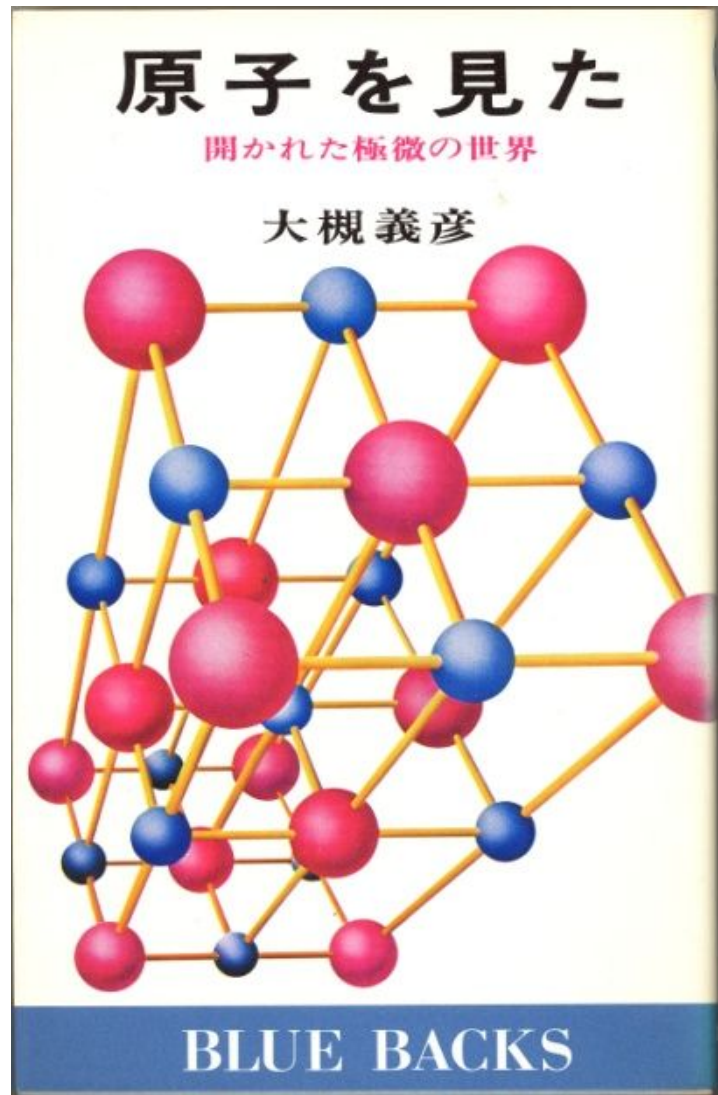
1 nm

- 原子の大きさのレベル

およそ 1 nm ~ 10 nm の範囲

を扱う学問を **ナノ科学**という。

原子の写真の簡単な歴史

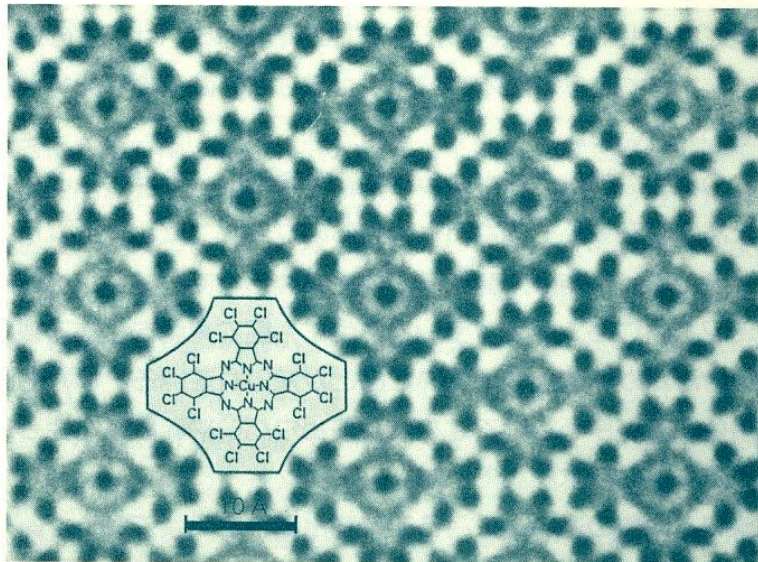


1976年 初版発行

原子の写真の簡単な歴史

- 1970 年 世界で最初の原子の写真が公開
電子顕微鏡で撮影・・・分解能 1 \AA
倍率は約 1000 万 倍
 \AA オングストローム
原子の半径 = $1 \text{ \AA} \sim 2 \text{ \AA}$
- 1972 年 日本で最初の原子の写真
大阪大学の 橋本 初次郎 教授

原子が写っている写真



フタロシアニングリーン

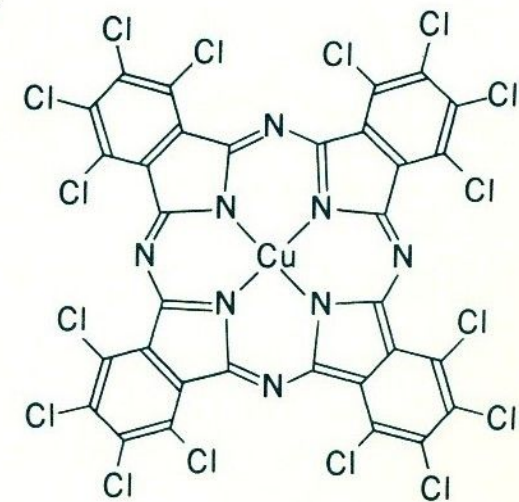
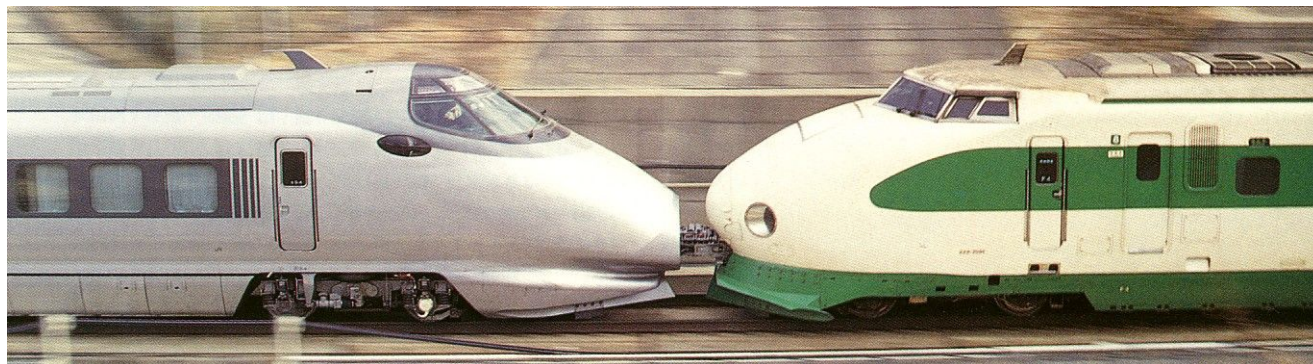


図 5.1 フタロシアニングリーンの超高分解能電子顕微鏡写真

(京都大学 植田夏氏 提供)



フタロシアニングリーンの写真と構造式の関係

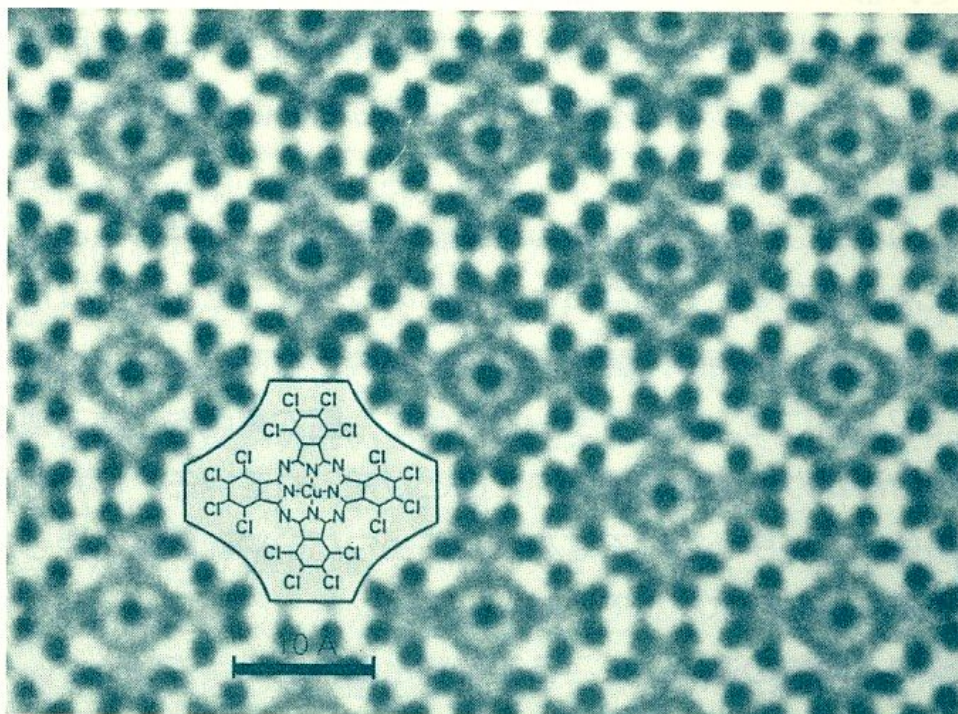
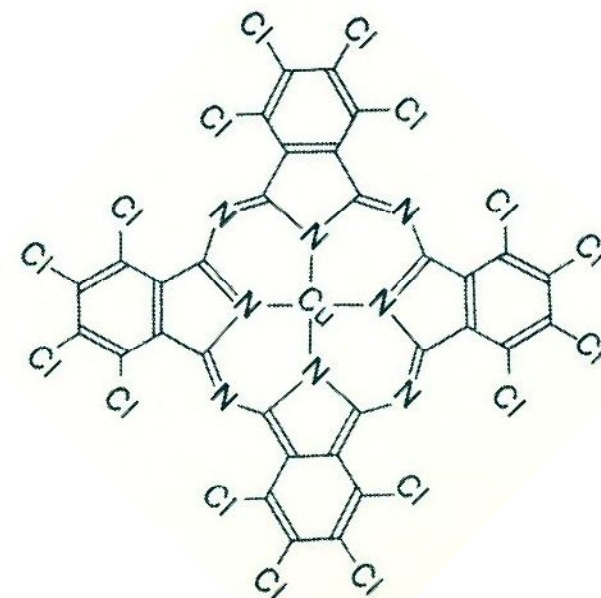


図 5.1 フタロシアニングリーンの超高分解能電子顕微鏡写真

(京都大学 植田夏氏 提供)



- 右の構造式は、左の写真に合わせて、同じ向きにしたもの。

化学の進歩(1)

- 近代化学の父

ロバート ボイル (イギリス, 1627~1691)

実験的事実を重視した。

- このころの日本 江戸幕府第3代将軍の時代

鎖国を行い世界から孤立

- 質量保存の法則 1774年

ラヴォアジエ (フランス)

物が変化しても

新生も消滅もしない

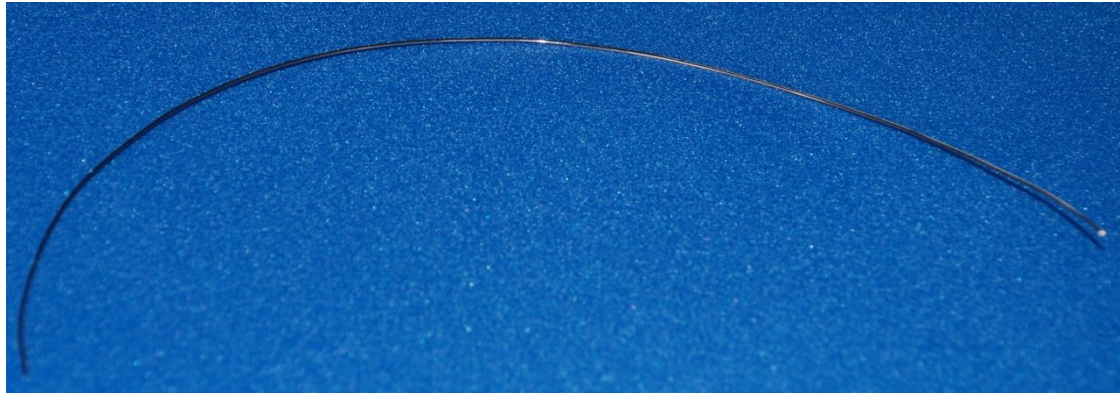


原子はなぜ見つかったか？

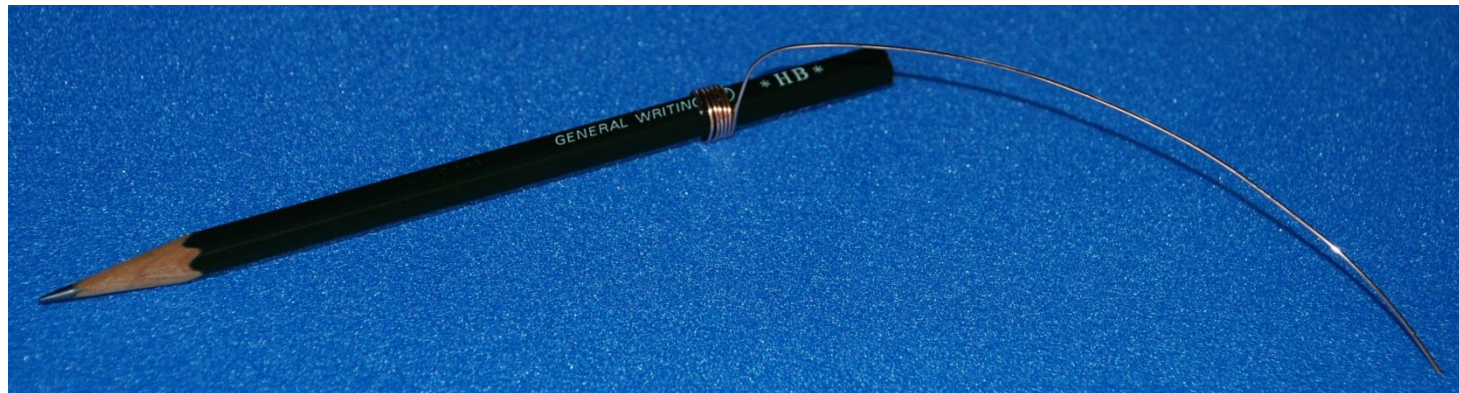
- 簡単な実験をしてみよう。
- 銅を硫黄の粉と混ぜて加熱すると、硫化銅という物質ができる。
- 銅の針金(銅線)の重さ(正確には質量)を
0.01 g のけたまで正確に測定する。
硫黄の質量は、銅の質量の0.30~0.31 倍の
範囲で正確に量り取る。

銅と硫黄の反応

- 銅の針金（銅線） 約30 cm の 長さ



鉛筆を使ってらせん状に巻く



- らせん状の銅線の質量を測る。

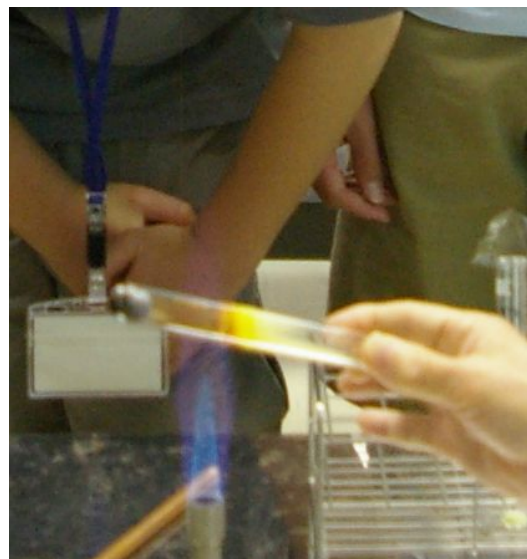
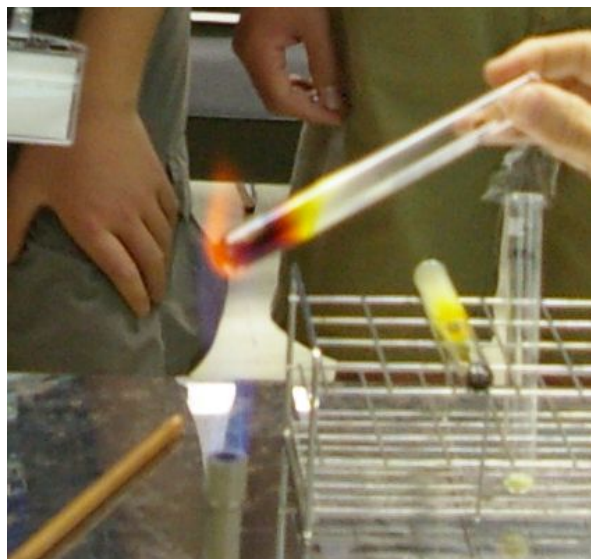


- 銅線の質量の0.30~0.31 倍の硫黄をとる。



銅と硫黄を試験管に入れて強く熱する。

- 硫黄が蒸気になって銅と反応する。



硫化銅の銅と硫黄の質量の比を計算する。

- 計算の式

$$\text{銅の質量} : \text{硫黄の質量} = \boxed{} : \boxed{}$$

- 原子の質量の比は, $\text{Cu} : \text{S} = 64 : 32$
- 硫化銅の銅と硫黄の原子の個数の比は

$$\text{Cu} : \text{S} = \boxed{} : \boxed{}$$

測定値の扱い方

- 1.0 g と 1.00 g は同じか違うか？
- 1.0 g は、てんびんで少数第1位までしか量っていない。

→ 有効数字2けた

本当の質量は、0.95 g ~ 1.04 g

- 1.00 g は、てんびんで少数第2位まで
本当の質量は、0.995 g ~ 1.004 g

→ 有効数字3けた

銅と硫黄の実験の目的

- 例えば、**1.00 g** の銅を、**0.30 g** の硫黄と加熱したとき、**1.30 g** の硫化銅ができるのだろうか。
- 実験でできた硫化銅の質量を測定する。
硫化銅の質量 ÷ 銅の質量
を計算して、各班のデータと比べる。

化学の進歩(2)

- **定比例の法則** (プーレスト, フランス 1799年)

化合物をつくる元素の質量の比は一定

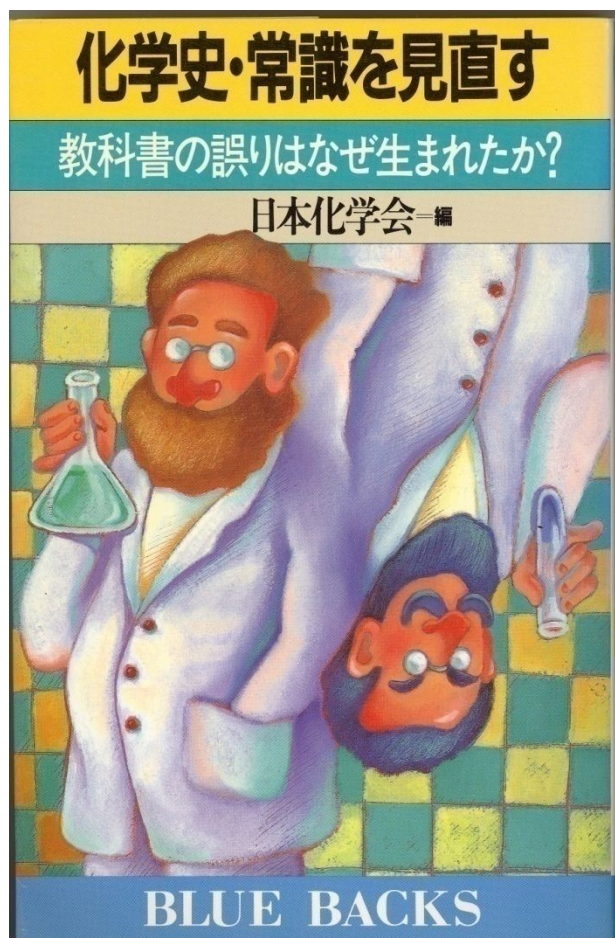
ドルトンが原子説を発表する
根拠になった法則であると
教科書には書かれている。



- ドルトンは、**定比例の法則を説明するために**
原子説を発表したということになっている。

化学の歴史はもっと複雑だ

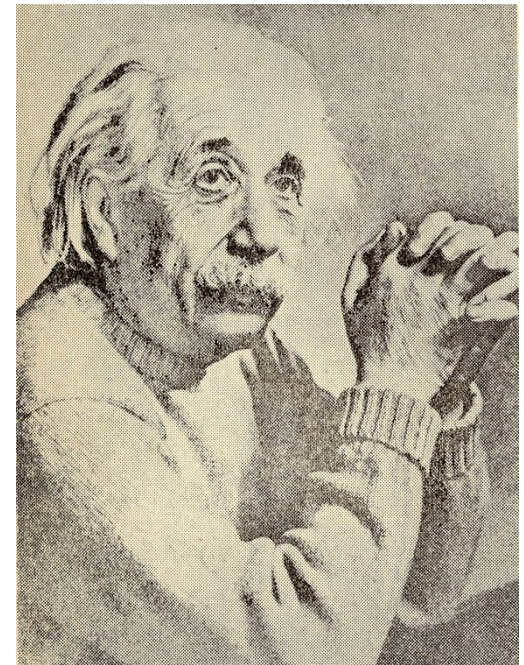
- 化学史を見直そうという書物がある。



1988年 初版発行

ドルトンは原子を発見したか？

- 原子を発見したということは
少なくとも、次の二つが明らかに
原子の**大きさ**がわかる。
原子の**重さ(質量)**がわかる。
この二つを明らかにしたのは、
アインシュタイン (1905 年)
ドルトンは、原子の**重さ(質量)**
を比べようとした。



原子の重さをくらべるとは

- いちばん軽い水素原子の質量を 1 としたら
ほかの原子(たとえば 硫黄原子)の質量は, ?
- 二つの原子の質量の比は実験から求められるか。
- きょうの実験の結果から,
化合した銅と硫黄の質量の比は, 1.00 : 0.28
銅原子Cuと硫黄原子Sの質量の比は,
$$\text{Cu} : \text{S} = 100 : 28 = 25 : 7$$
としてよいか。
- 硫化銅をつくるCu原子とS原子の
個数の比がわからなくてはダメ

原子の重さ（原子量）を求める

- ある原子を基準にしたときの、
原子の重さ（正確には「質量」）：相対質量
- 原子の相対質量を「原子量」という。
- ドルトンは、原子量を求めようとした。
→ ドルトン原子説の根拠
最も軽い水素原子の原子量 = 1 とした。
窒素 N 4.7 酸素 O 8 塩素 Cl 35
- 現在の原子量 N 14 O 16 Cl 35

ドルトンはなぜ 原子量が求められなかったか

- すべての化合物が、
1個の原子と1個の原子からできている
と考えた。
たとえば、水は H-O，
アンモニアは N-H，塩化水素は H-Cl
- 原子量を求めようとすれば、
分子式がわからなければできない。
分子式がわからなければ、
原子量が求められない。

アボガドロの法則

- どのような法則か。
- 気体の分子についての法則
どの気体でも、
同じ体積中に同じ数の分子を含む。
- 1811 年に、アボガドロはなぜ分子の数が等しいことがわかったのだろうか。
- 液体が気体になれば、体積が1000 倍以上
気体では分子間の距離が 10 倍以上
気体分子の大きさは体積に関係しない。

科学の進歩（3）

- 1804年頃までに原子の存在が推定された。
- 1811年に分子の存在が推測された。
- 1856年に分子の存在が確認された。

ここまでの研究は **化学** の分野
以後は **物理** と **数学** の分野

- 1897年 電子の発見（J. J. トムソン）
- 1905年 原子の大きさ（アインシュタイン）
- 1911年 原子核の発見（ラザフォード）
- 1913年 原子の構造（ボーア）

今日のお話しの結論

- いちばん大切なのは、実験で得られる**事実**
- 事実を知るだけでは、**法則**は生まれない。
- 事実を十分に理解して考えなければ、
- 自然の決まり（法則）はわからない。
- 実験事実を元に考える → **考察**という。
- 科学論文の書き方
- (1) はじめに (2) 実験 (3) 考察
- (4) さいごに

原子・分子は最初なぜわかった。

- 原子は見つかったのではない。
- 自然観察の結果，考え出された粒子である。
- これが実在の粒子であるとわかったのは，

数学の力である。

クイズ

- 原子はどのようにしてみつかったか？
 - (ア) 数学の式を解いて，原子が存在することを予測した。
 - (イ) 物を顕微鏡で観察して，小さい粒からできていることを見つけた。
 - (ウ) 化学の変化を観察して，原子が存在すると考えた。

自己紹介

- 科学大好き岡山クラブのコーディネーター
- 今までの先生と違うところは、高校の理科教員
- 今までの先生は、大学の先生
自分の研究分野(最先端の科学)があって、
それについてのお話をされた。
- 私は、中学と高校の理科(化学)の教員だった。
ただし、現在は学校に勤めていない。
- 自分自身の研究題目(最先端ではない)がある。
研究題目は、化学の教材研究
現在：高校化学の実験教材の再検討

