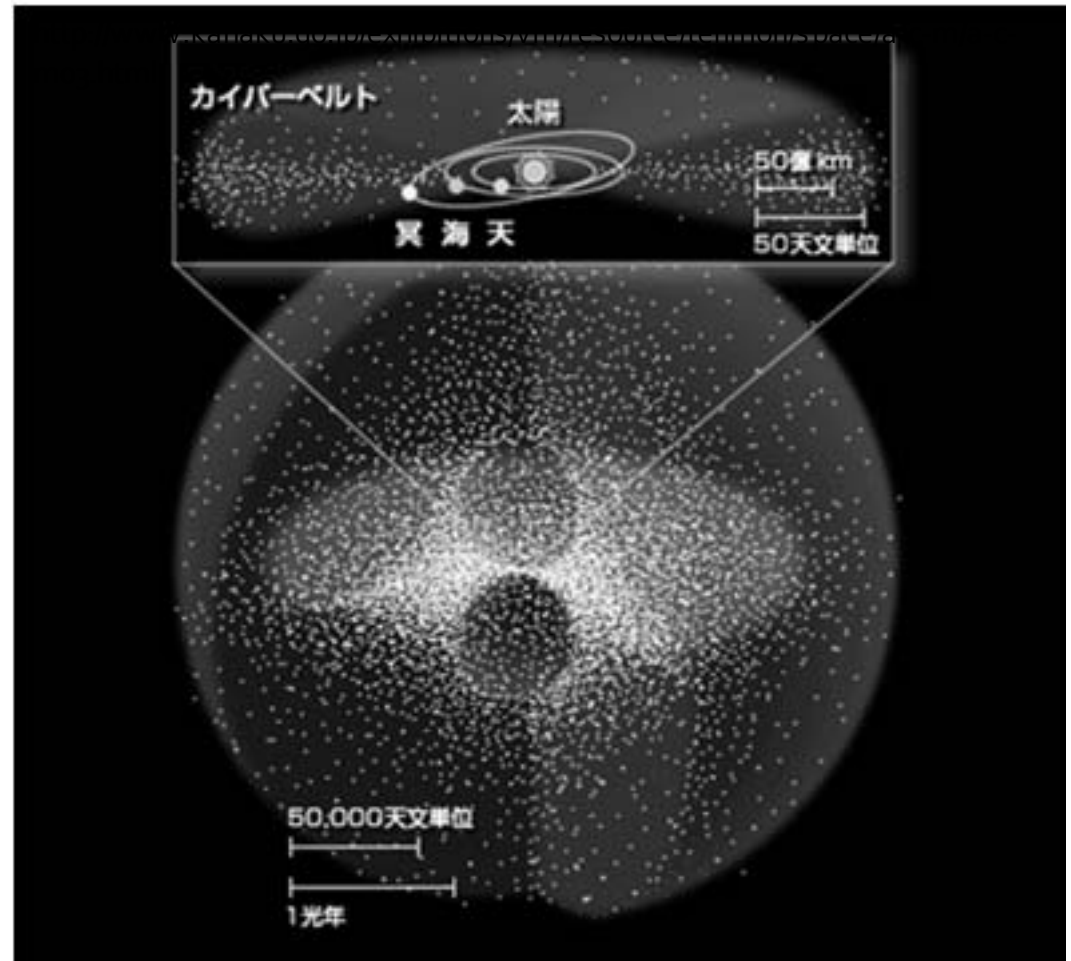
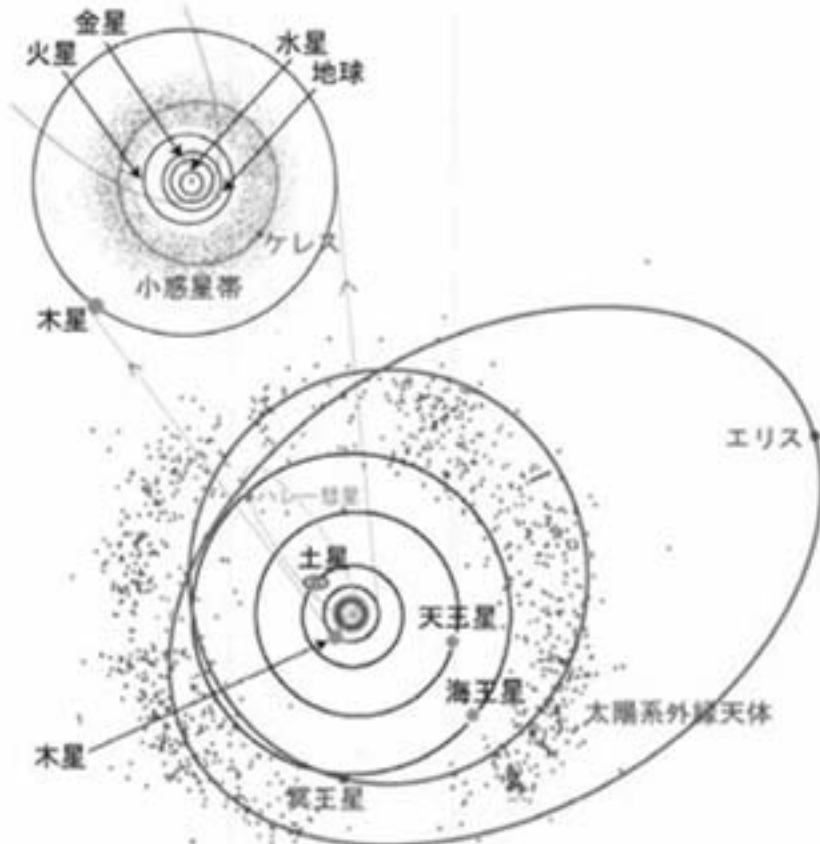


# 太陽系の惑星1

太陽系の概観と岩石惑星

# 太陽系

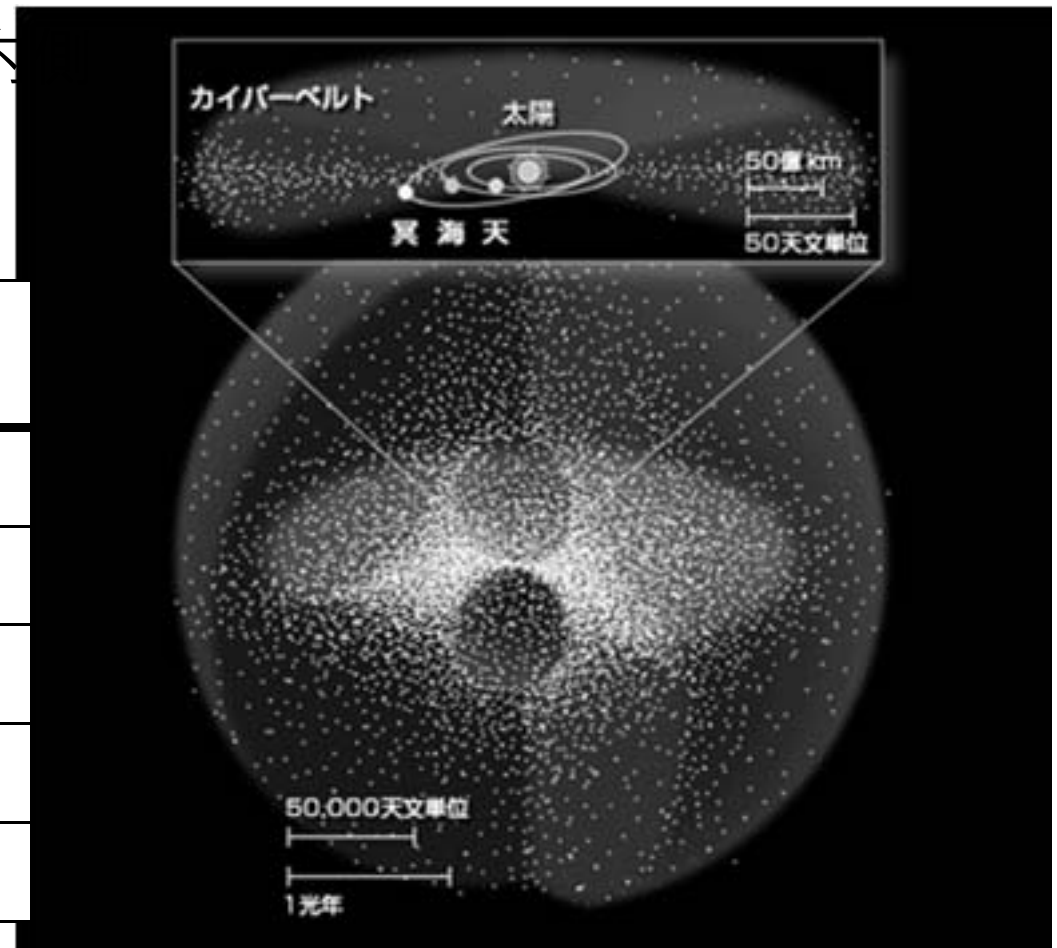
- 太陽と8個の惑星、多数の小天体からなる
- 小天体とは
  - 小惑星
  - 太陽系外縁天体（カイパーベルト天体、オールトの雲）
  - 衛星



# 太陽系の大きさ

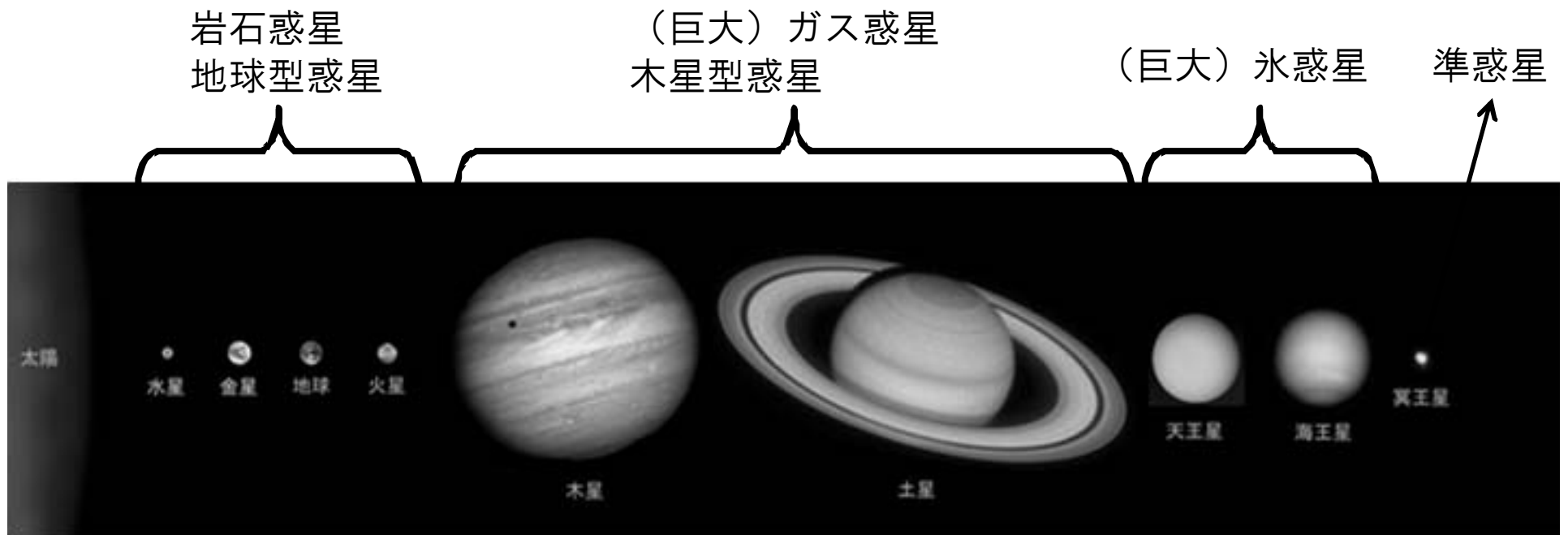
- 地球と太陽の距離 1億5000万km
  - 1天文単位 (1AU)
- 太陽系は、かなり遠くまで広がっている
  - 惑星があるのはごく内

天体	太陽からの距離 (天文単位, AU)
水星	0.39
木星	5.2
冥王星	39
エリス	68
オールトの雲	1万~10万



# 惑星の種類

- 3種類
  - 岩石型（地球型）
  - ガス惑星（木星型）
  - 氷惑星



岩石惑星

地球型惑星

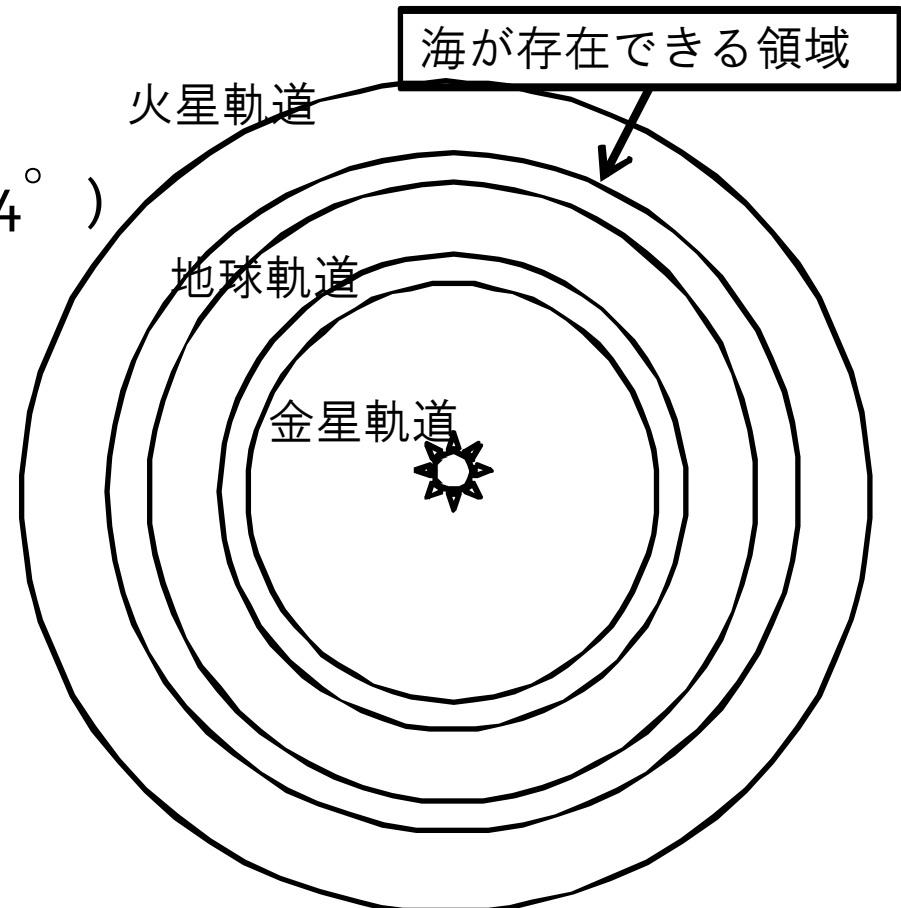
# 地球

- 海
- プレートテクトニクス
- 磁場
- 生命



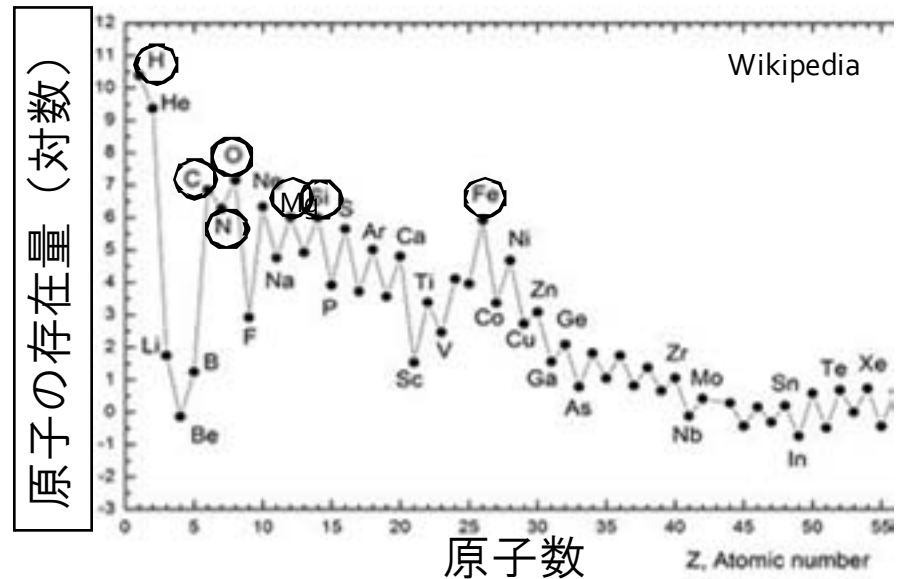
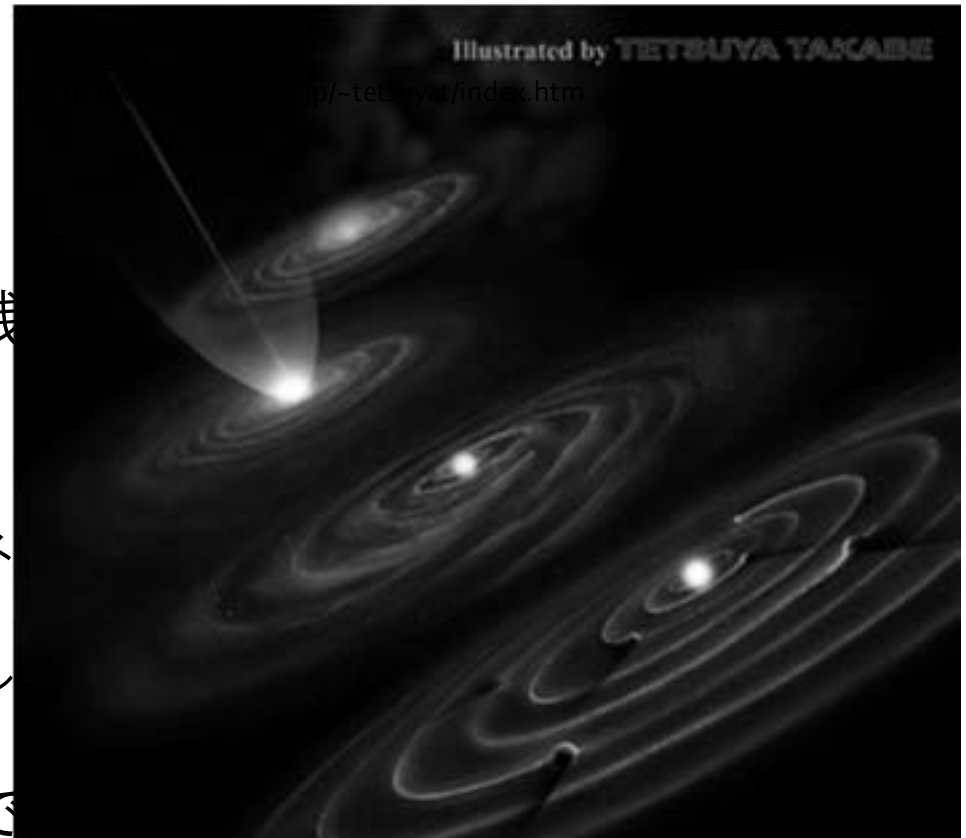
# 海

- 地球表面の70%
  - $1.4 \times 10^{21}$  kg (地球全体の0.02%)
  - 平均の深さ 3800m
- 水の存在する条件
  - H<sub>2</sub>O 分子があること
  - 温度が 273K – 647K (0° – 374° )



# 地球の材料

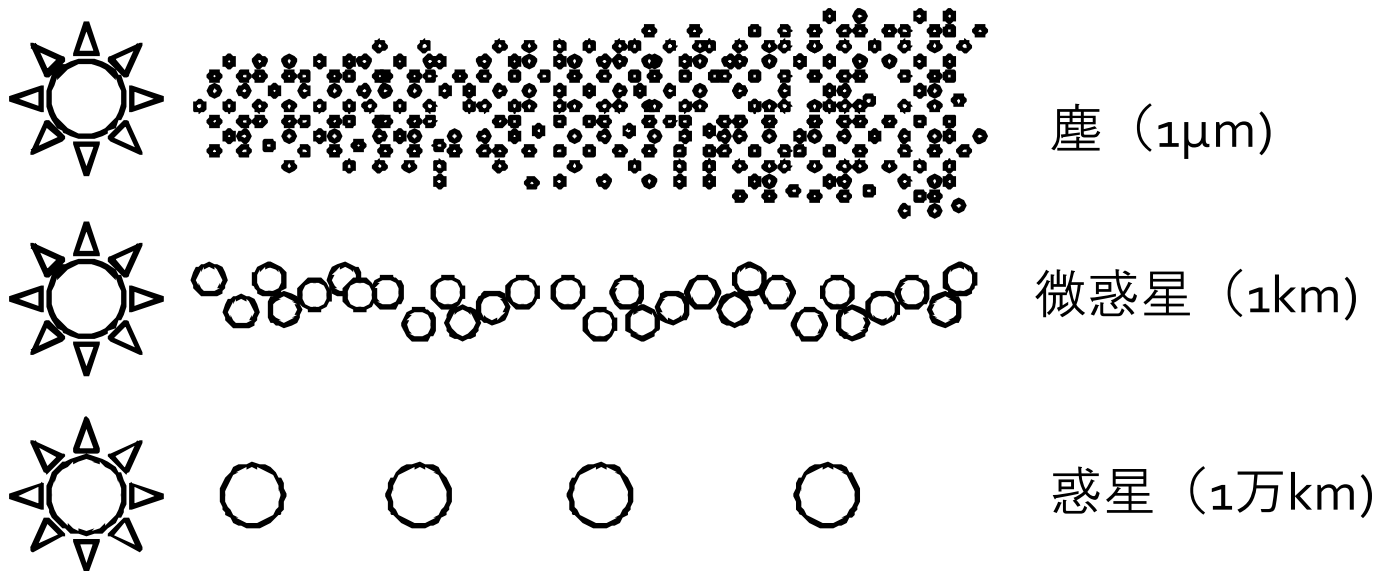
- 地球は、太陽を作ったガスの残りかすからできた
- 太陽の材料（ガス）
  - 水素、酸素、炭素、窒素、マグネシウム、鉄
  - 希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴンなど）
- 地球の材料（塵）は水を含んでいた
  - 炭化物（C,H,O,Nからなる有機化合物）
  - 石( $Mg_2SiO_4$ ,  $Fe_2SiO_4$ )
  - 硫化鉄（FeS）
  - 氷( $CO$ ,  $H_2O$ )
    - $H_2O$ の一部は岩石に取り込まれる





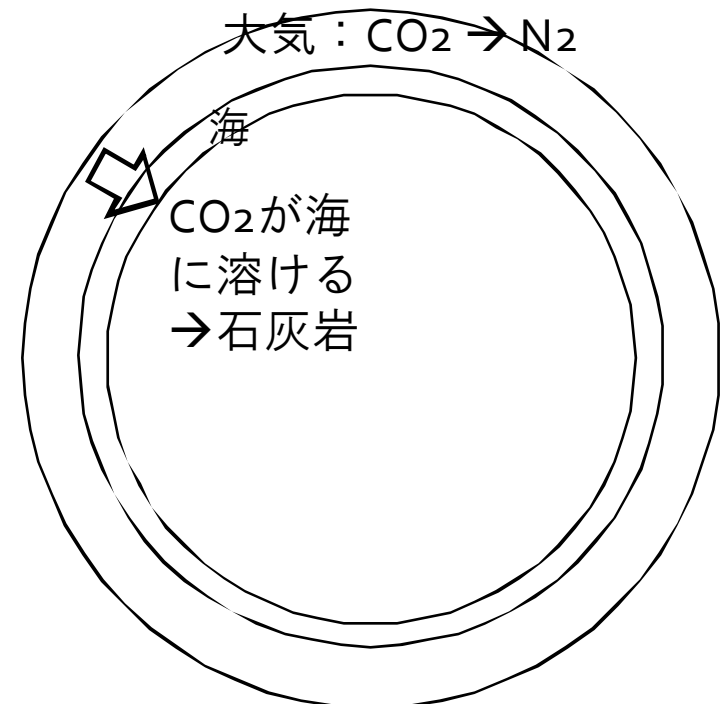
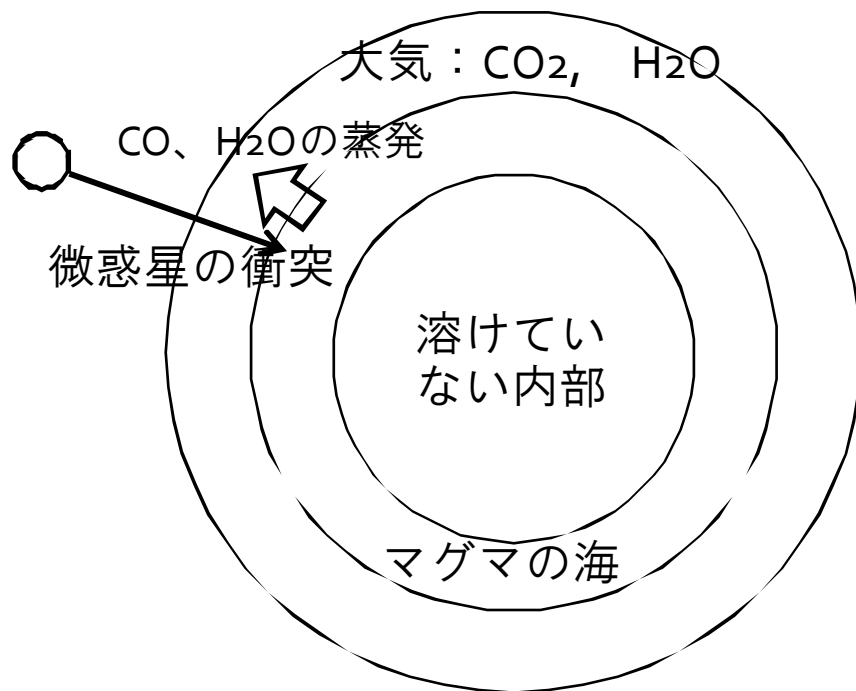
# 地球の形成

- 塵が合体、成長していく
- 塵がだんだん大きくなって
  - 塵(1 $\mu$ m)  $\rightarrow$  微惑星(1km)  $\rightarrow$  惑星(1万km)
- 惑星ができるときは、微惑星が降り注いで大きくなる



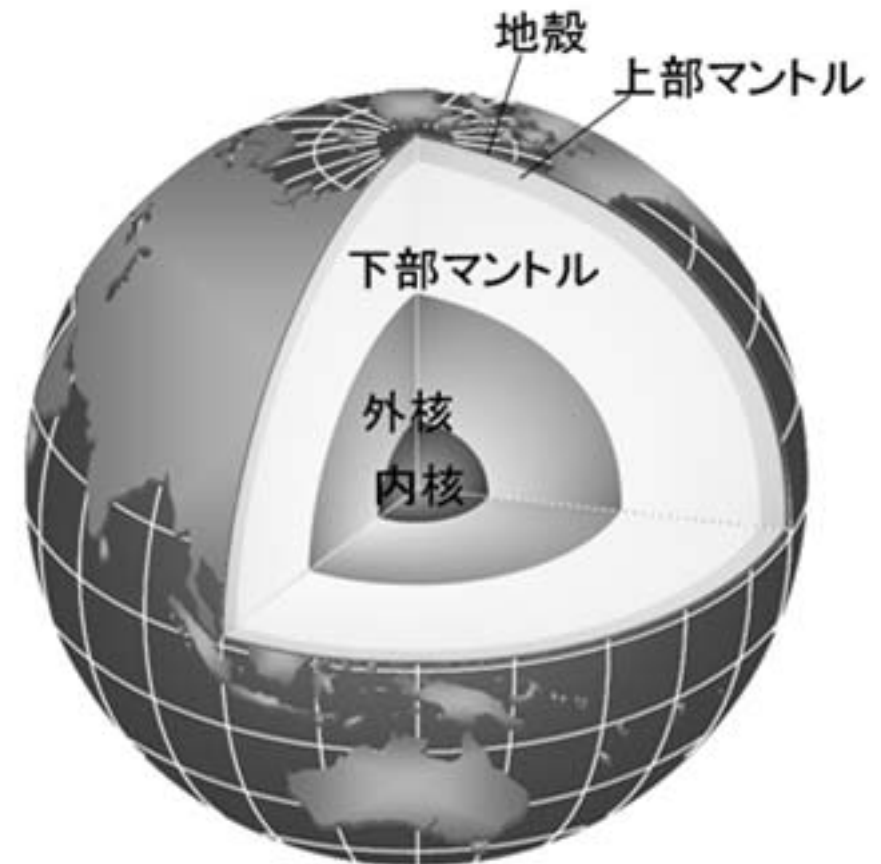
# 大気と海の形成

- 大気の形成
  - マグマの海から、 $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ が蒸発
- 海の形成
  - 地表温度が下がると、海ができる
- 大気の進化
  - $\text{CO}_2$ が海に溶けて、地面に石灰岩として溜まる



# 地球の内部構造

- 地殻(6-60km): 岩石(火成岩)
- マントル(~2900km): 岩石 (固体)
- 核(6371km~地球の半径): 鉄とニッケル
  - 外核(液体)
  - 内核(固体)

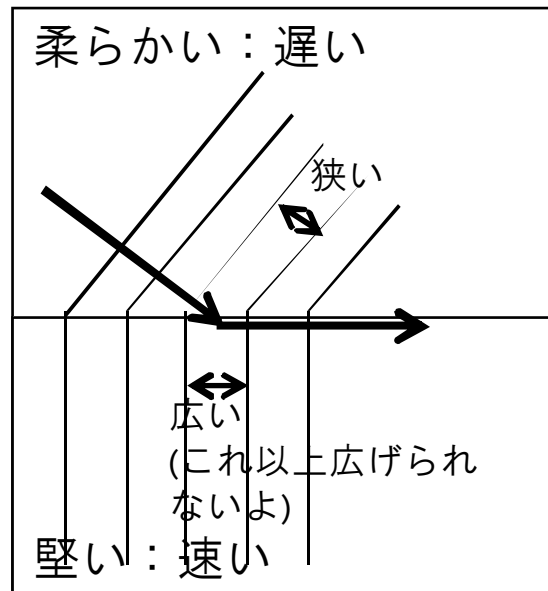
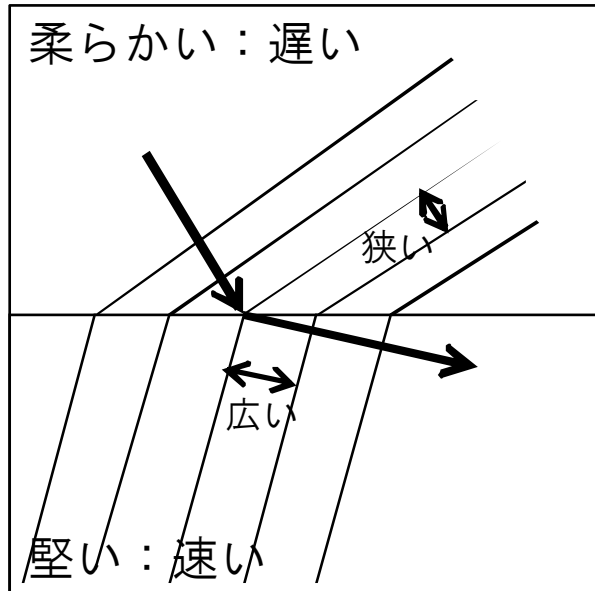


# 地震波

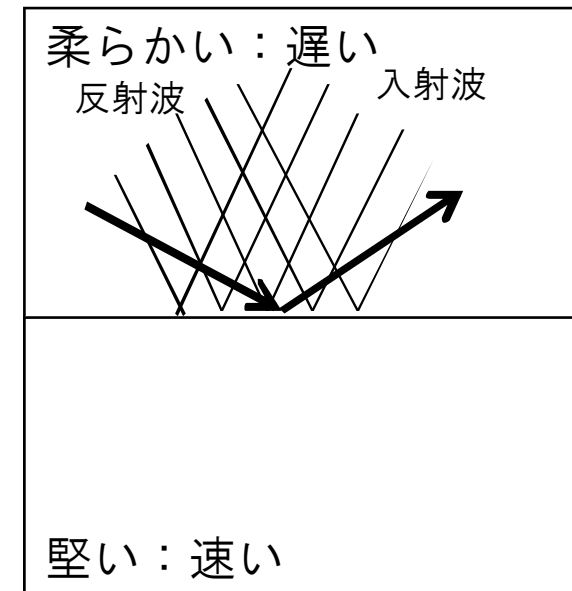
- 波の屈折と反射

- 堅いところは速く、柔らかいところは遅く伝わる

## 波の屈折

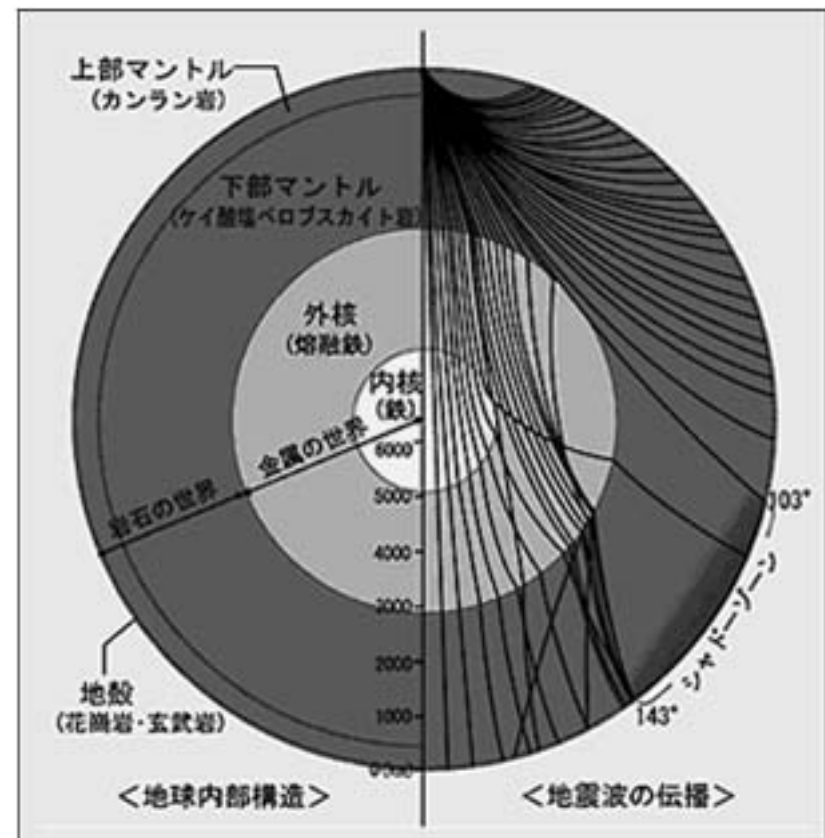
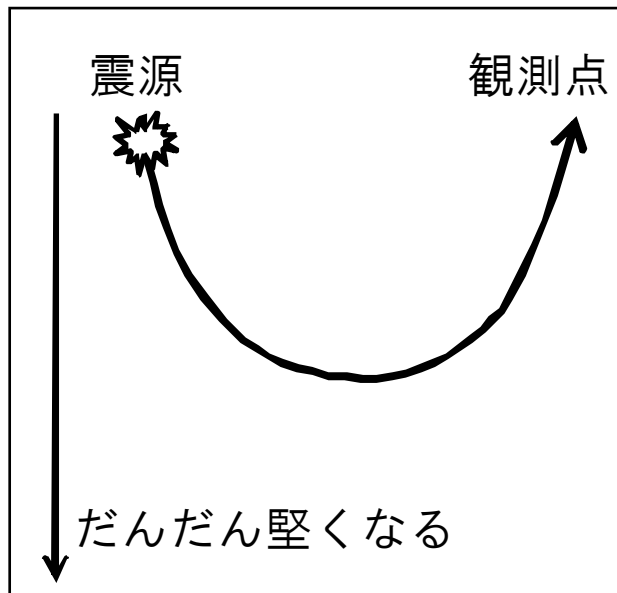


## 波の反射



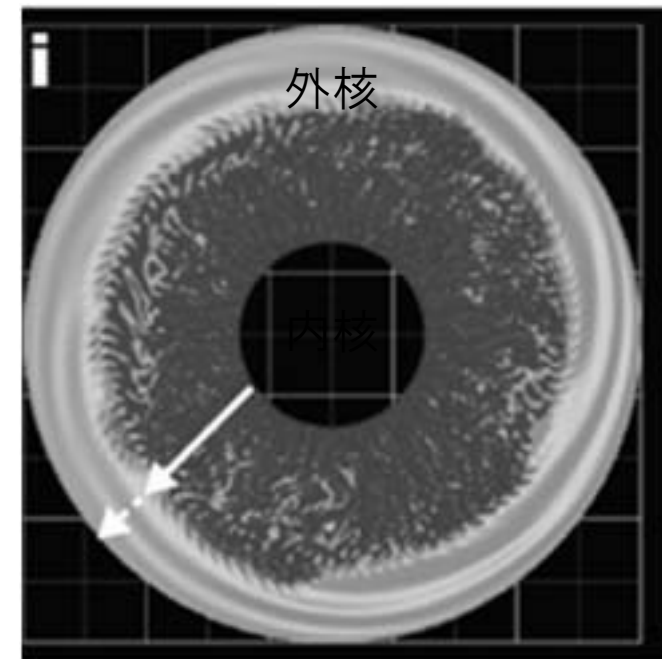
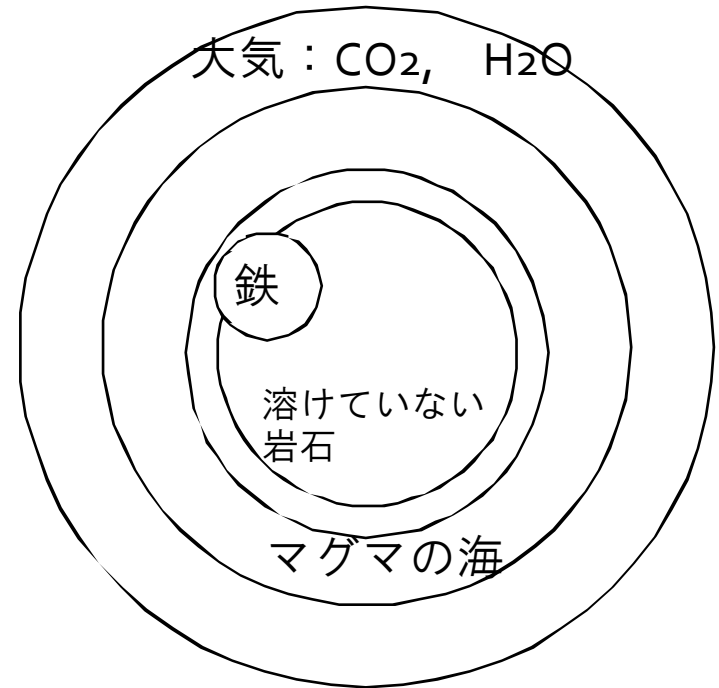
# 地下の構造

- 地震が伝わる時間を測る → 地下の構造
  - 地震波が急に屈折するところ
    - 地殻とマンツルの境界
    - マンツルと核の境界
- } 地球の構成物質が変化している



# 核

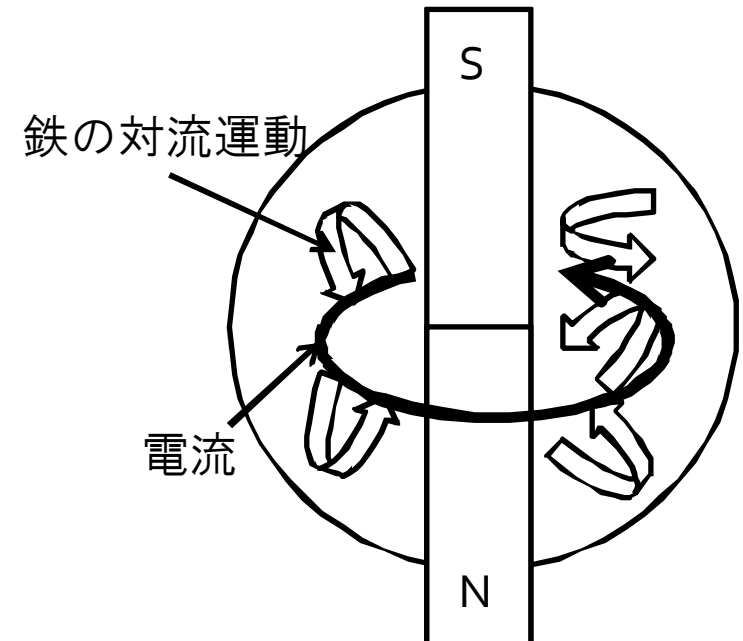
- 地球ができたとき、重い金属が底に沈んでできた。
- 鉄とニッケル(+軽い元素, 酸素、硫黄など)でできている。
- 内核：固体
- 外核：液体
  - 鉄が冷えて固化して、内核が成長
  - 軽元素を放出 → 対流
  - 金属の対流運動 → 磁石を作る



T Miyagoshi et al. *Nature* **463**, 793-796 (2010)

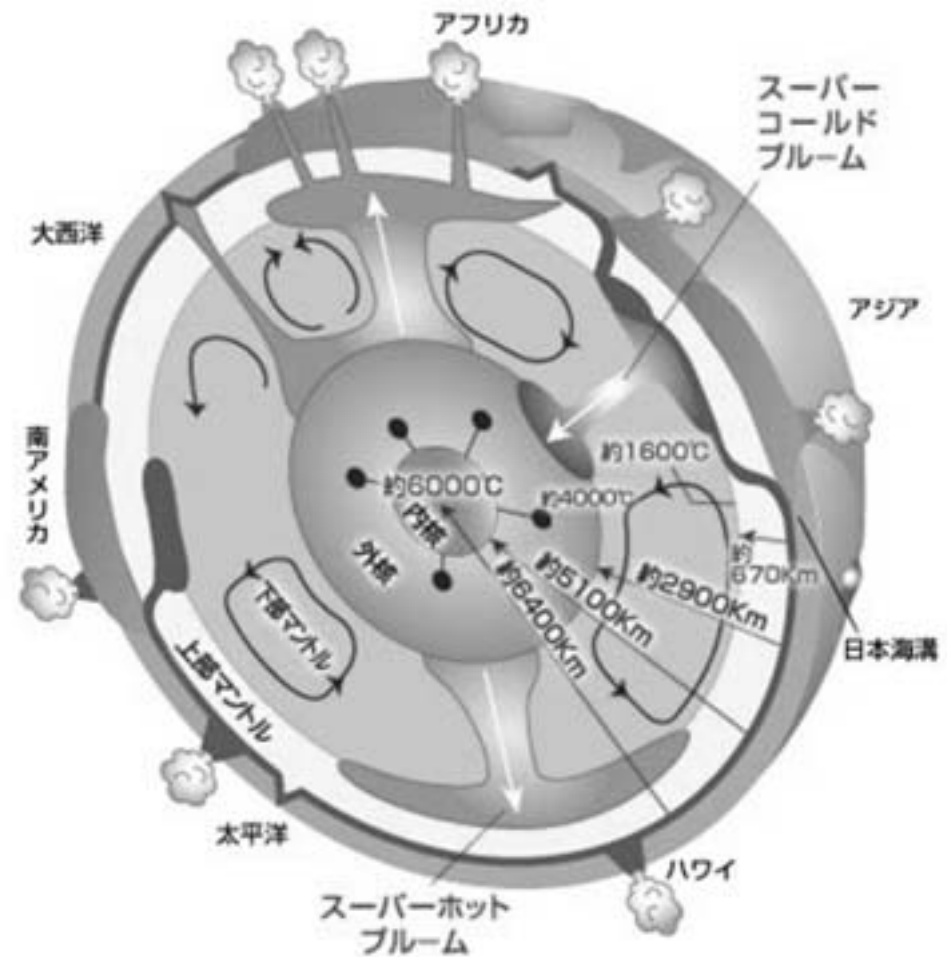
# 地球は磁石

- ダイナモ
  - 1. 磁石の周りを金属が動く → 電流が流れる
    - 発電機と同じ
  - 2. 電流が流れると、磁石になる
    - 電磁石
  - 1. の発電機と、2. の電磁石が同時に働く



# マントル

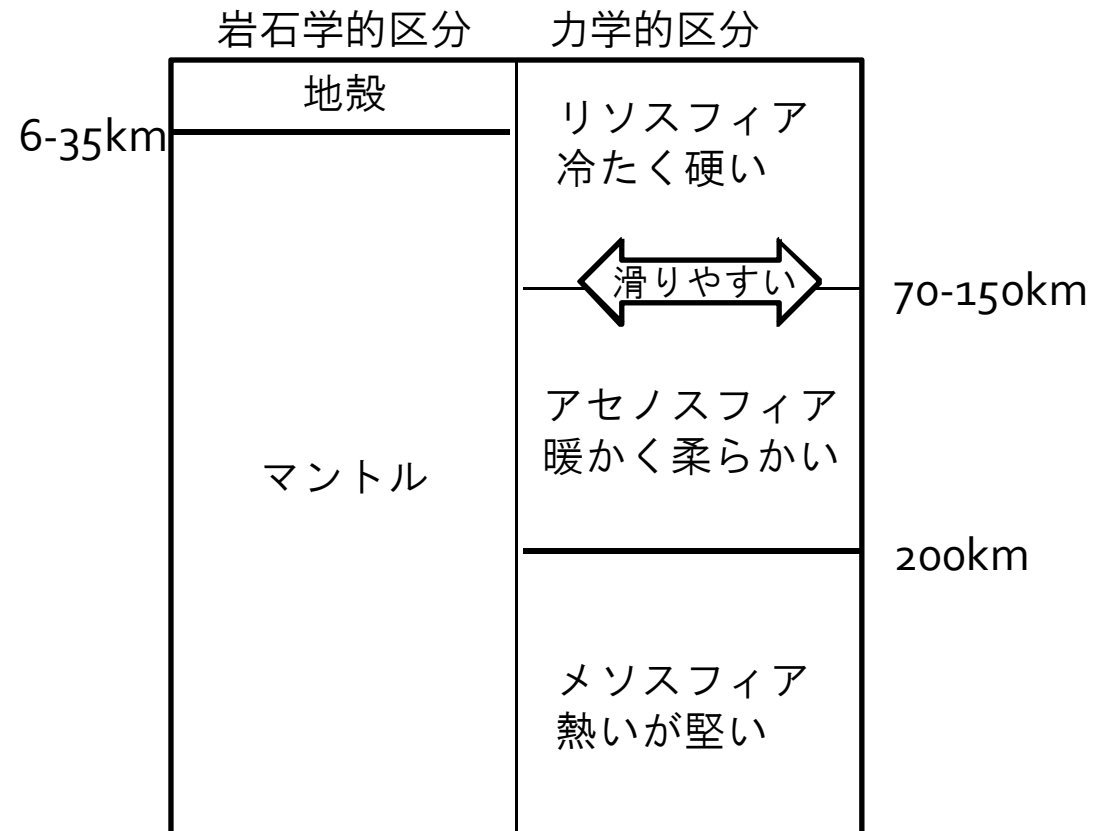
- 高温・高圧化にある岩石
  - カンラン石、輝石
  - もっとも深いところで $4000^{\circ}$  , 140万気圧
- 固体
- ゆっくりと流れている
  - マントル対流
  - 1年間に数cm





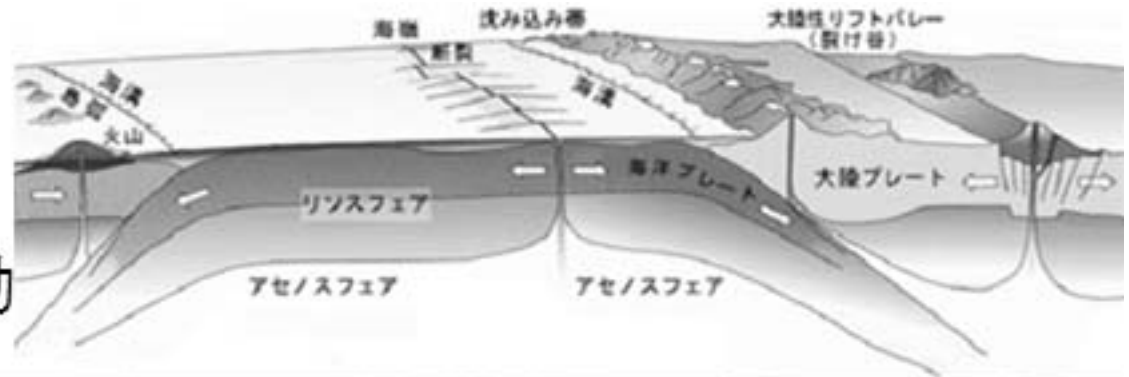
# リソスフィアとアセノスフィア

- 地殻とマントルをまとめて、堅いか柔らかいかをみる
  - リソスフィア：表面のかたい部分
  - アセノスフィア：柔らかい部分
- リソスフィアは動きやすい → プレート運動



# プレートテクトニクス

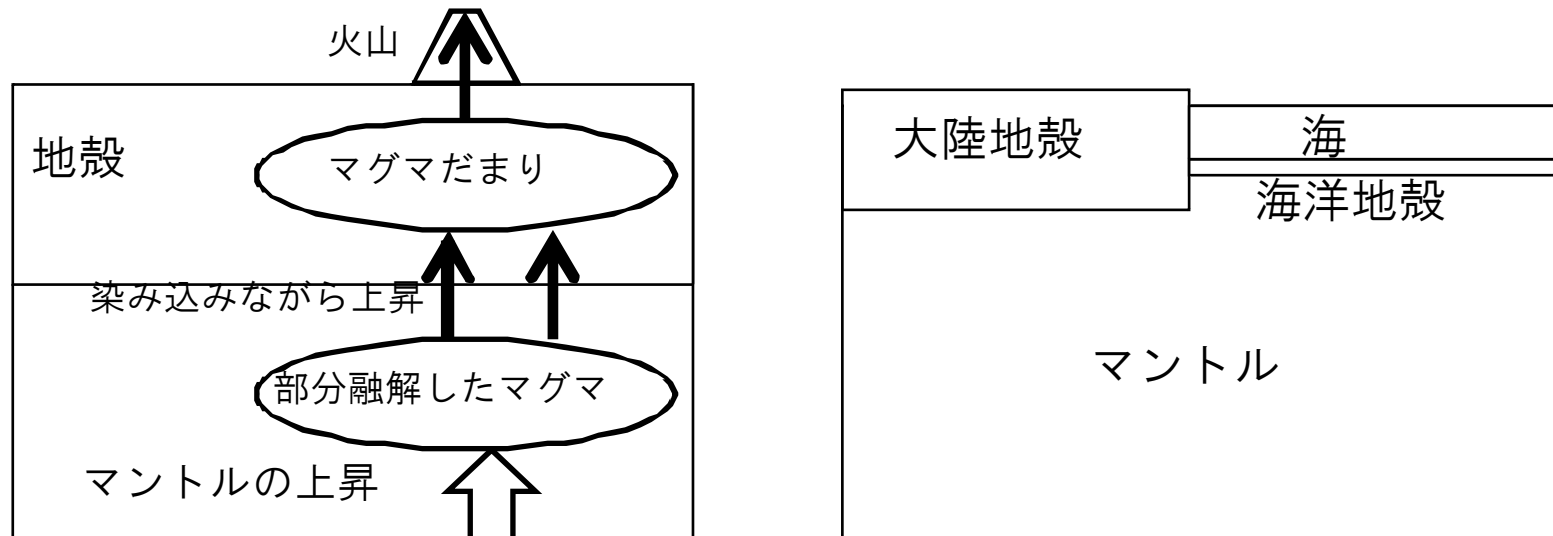
- リソスフィアは10数枚のプレートに分かれている
- それぞれが、年に数cm動いている



# 地殻

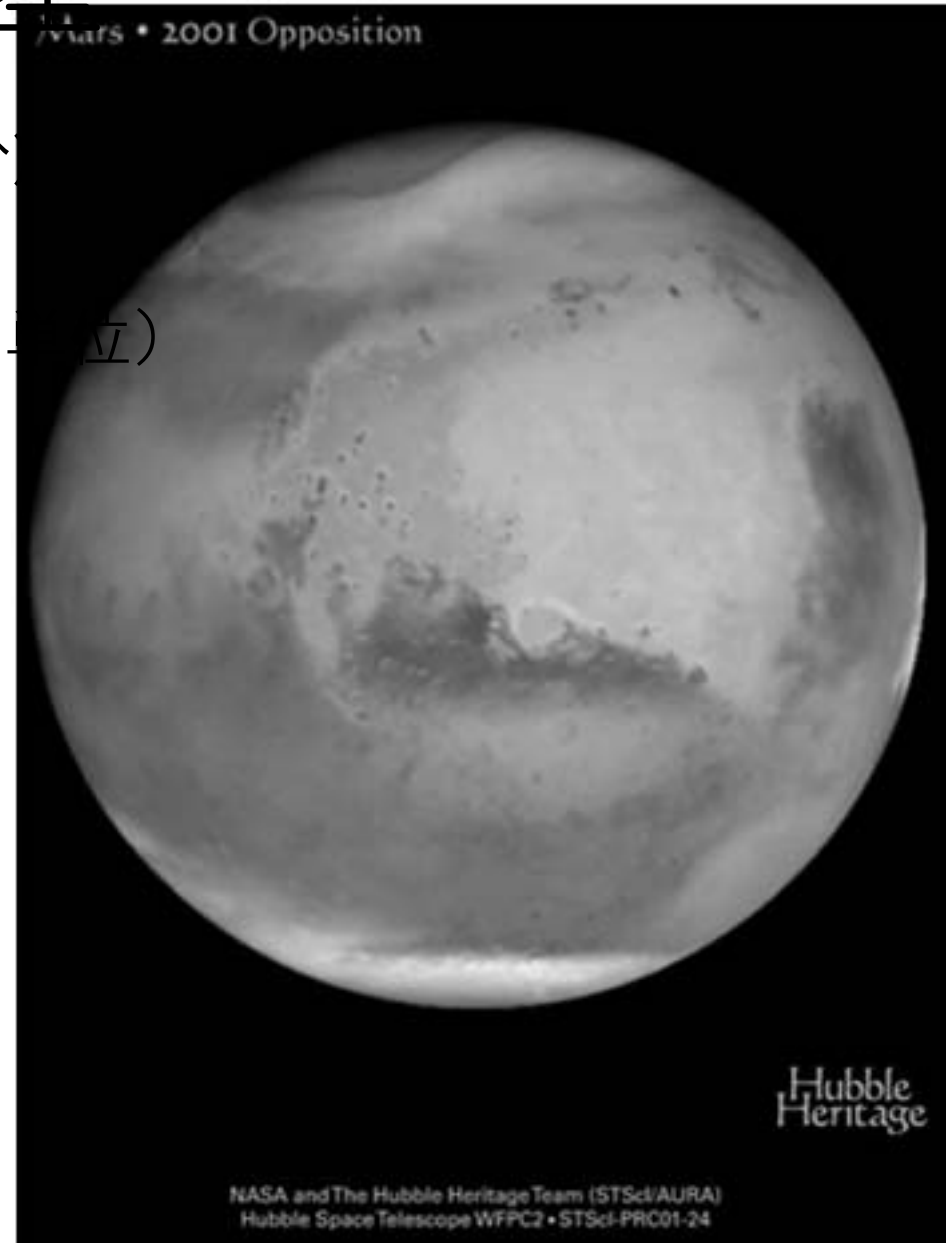
- 地球の表層にある、火成岩からなる薄い皮
  - 6-7km(海洋地殻) 30-60km(大陸地殻)
- 火成岩
  - マントルの岩石がいったん溶けて、浮き上がり、再び固まったもの
    - マントルより軽い岩石
- 地殻はマントルの上に浮いている
  - 海洋地殻は、再びマントルに沈み込む
  - 大陸地殻は、どんどんたまっていく

} プレートテクトニクス



# 火星

- 赤道半径：3396km(地球の半分)
- 質量：地球の10%
- 太陽からの距離：1.5AU（天文単位）
- 自転周期：24.6時間
- 密度：3.93 g/cm<sup>3</sup>



# 地形の特徴

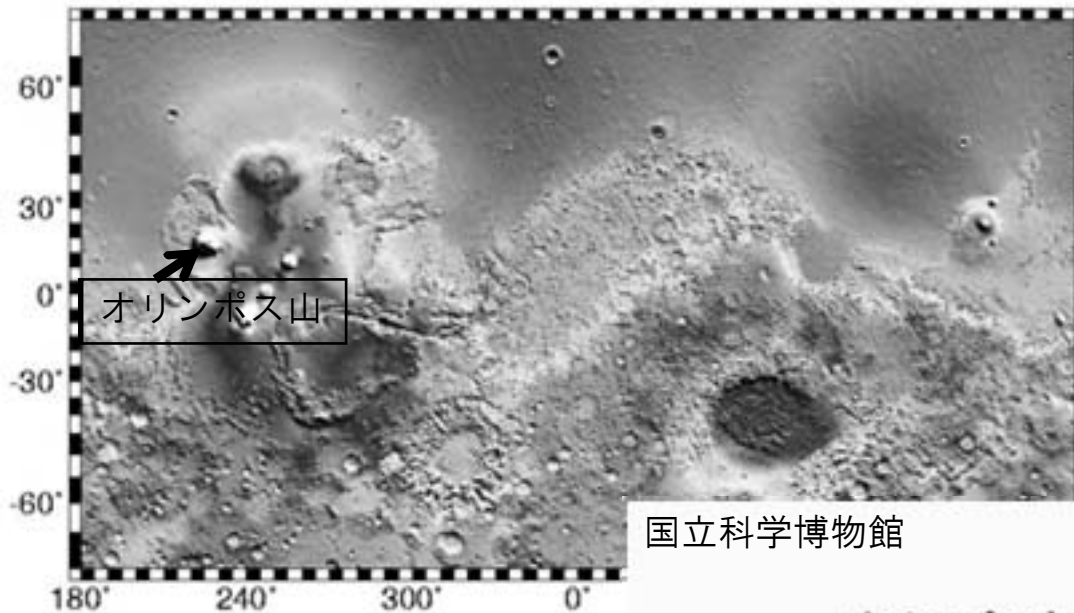
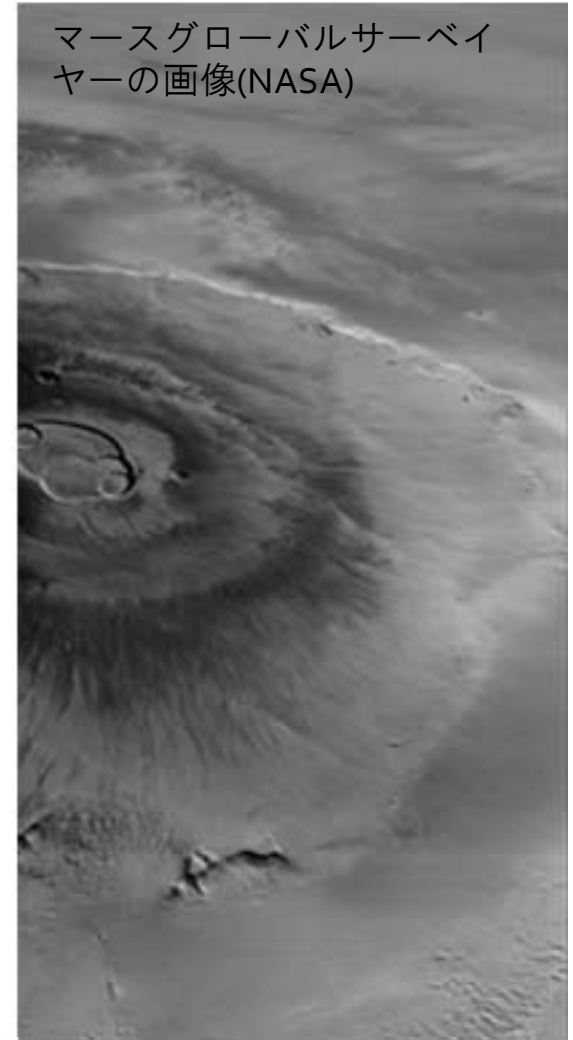
- 北と南の違い
  - 北半球： 低地、クレーターが少ない、若い(30億年)
  - 南半球： 高地、クレーターが多い、古い(40億年)
- プレートテクトニクスがない
  - 大規模な山脈や、裂け目が、惑星規模で広がっていない



# 巨大な火山

- オリンポス山(標高27km)

マーズグローバルサーベイヤーの画像(NASA)



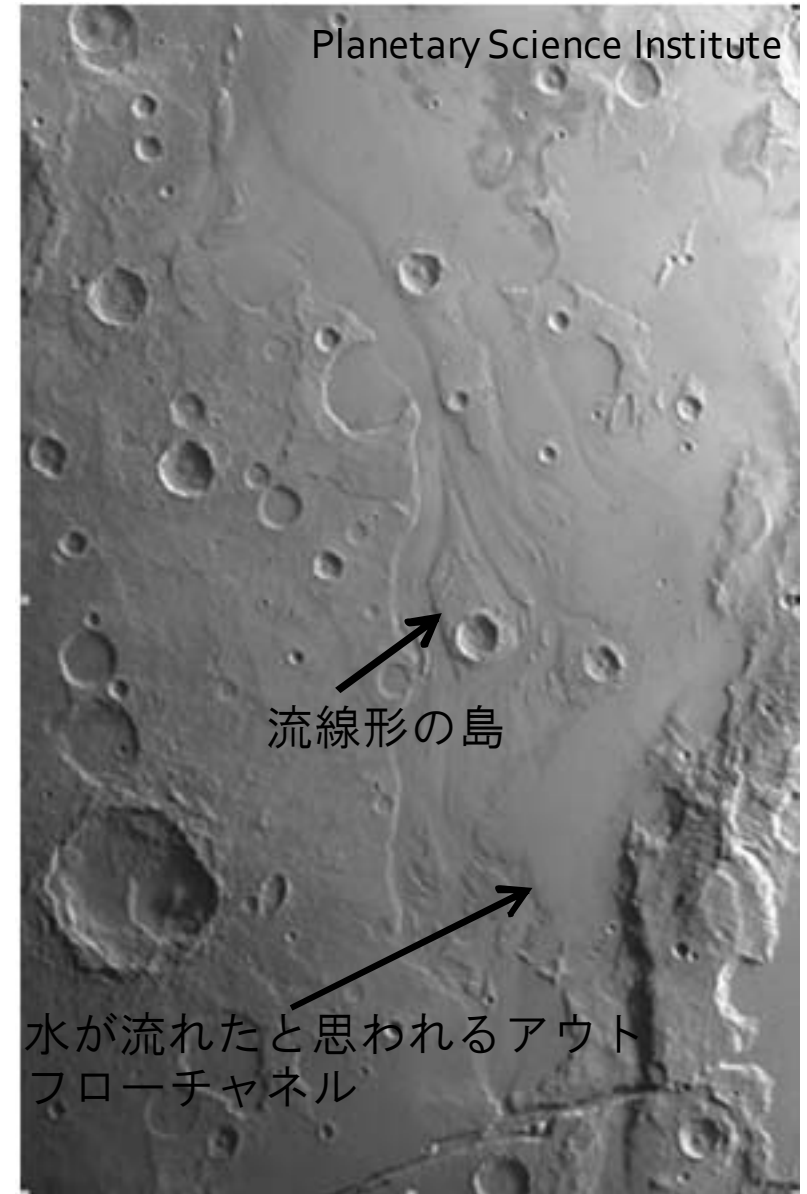
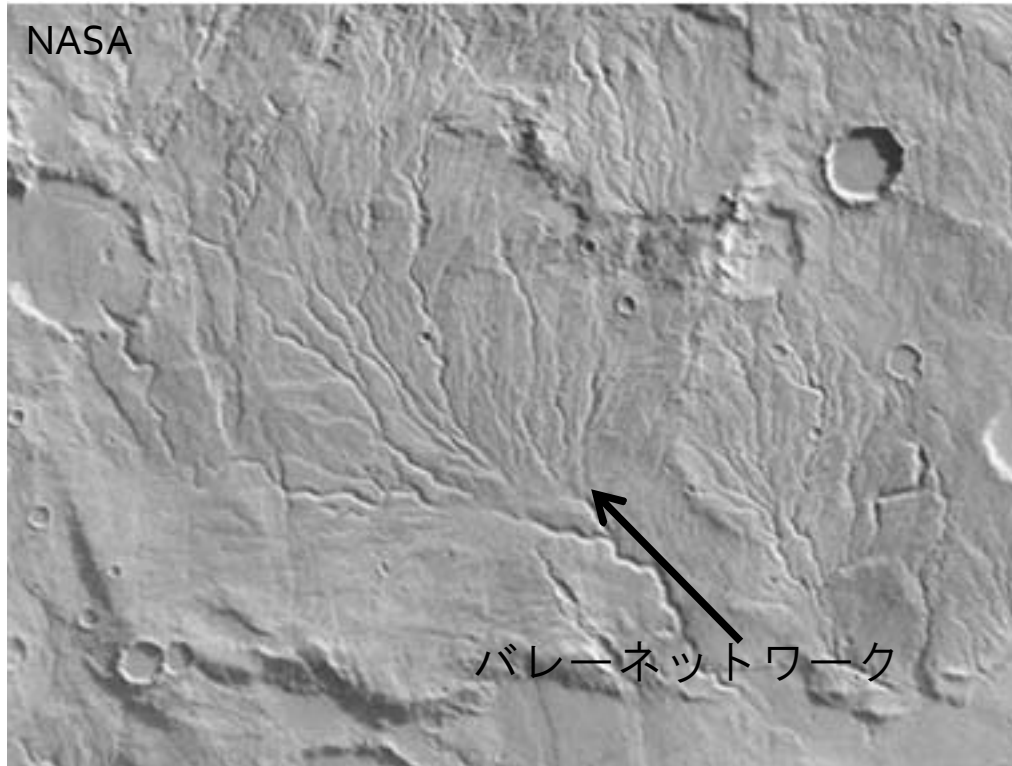
オリンポス山

国立科学博物館



# 水が流れた地形

- 昔は大量の水があったのではないかと



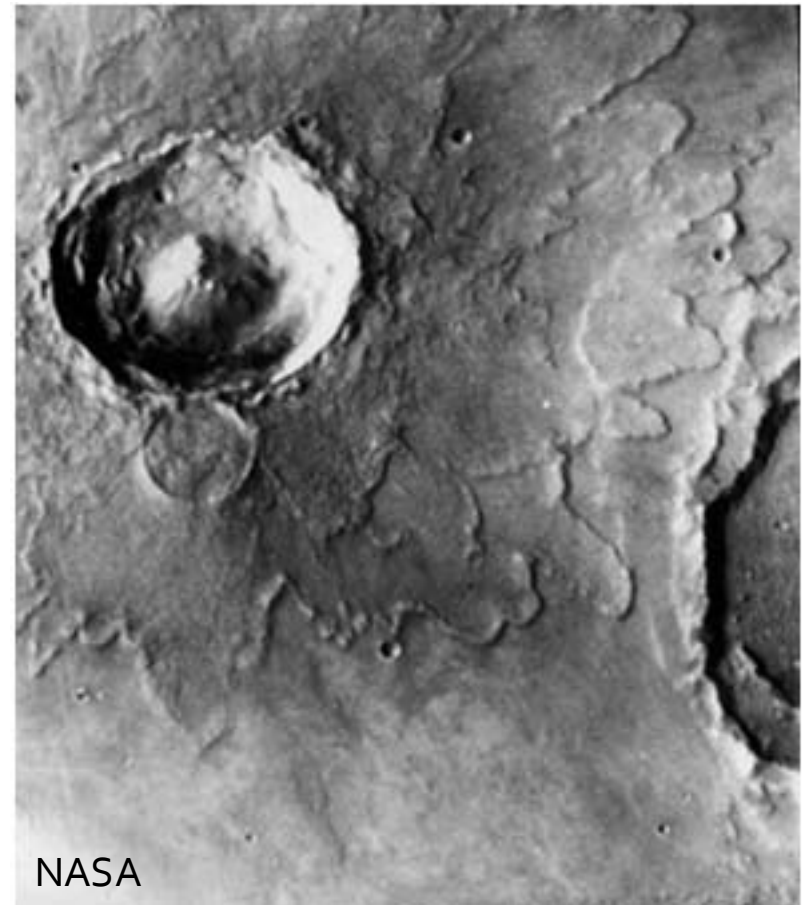
# 地下の氷

- クレーターができたときに、氷が溶けて水が流れた地形

月のクレーター、コペルニクス



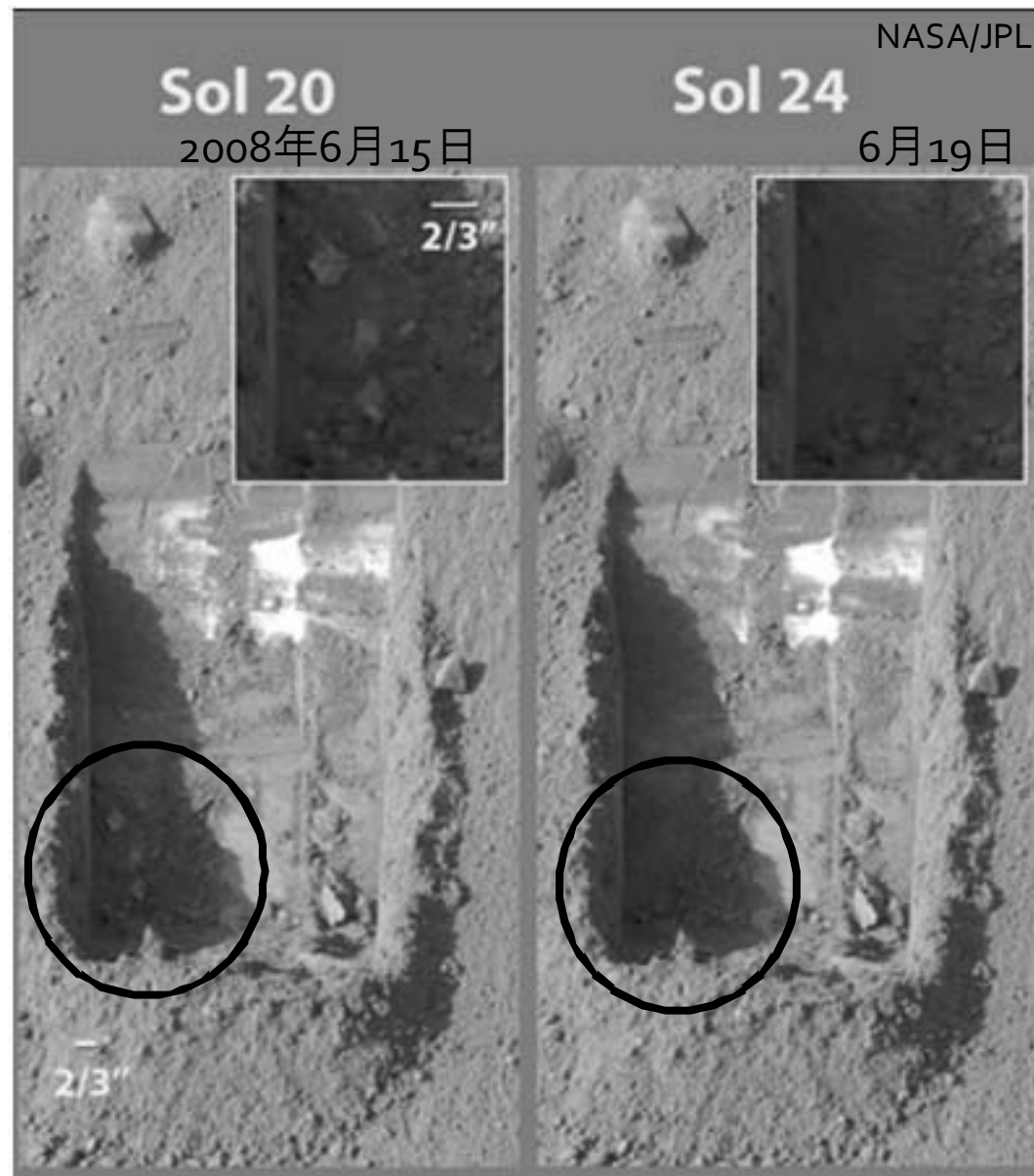
火星のクレーター、Yuty





# 地下の氷を掘り出した？

- 火星探査機フェニックスが掘ったところに氷があった？



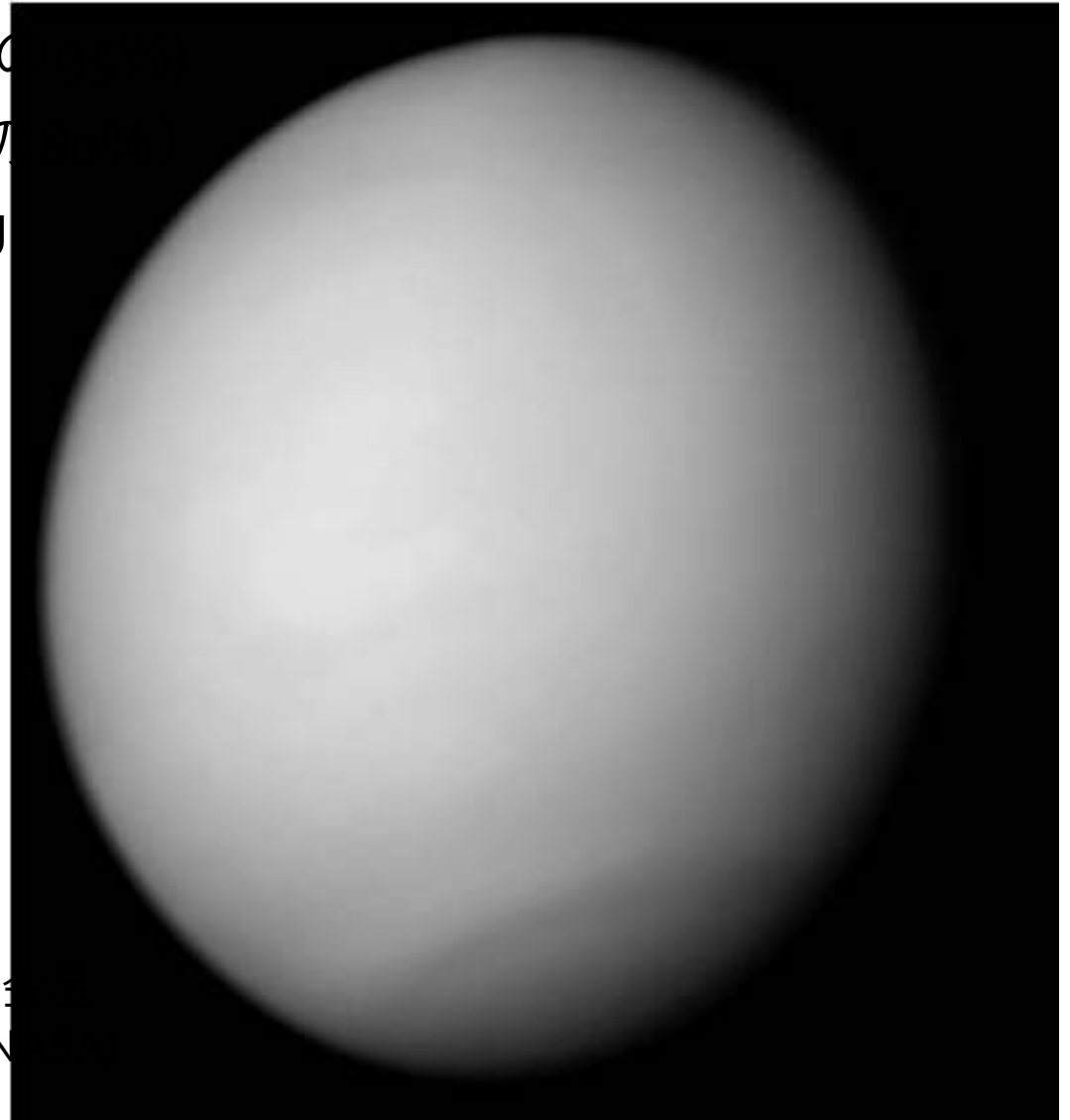
# 大気

- 大気は非常に薄い。0.006気圧
- ほとんど(95%)が二酸化炭素
- 昔は数気圧くらいの二酸化炭素があった可能性
  - 温室効果によって、液体の水が存在できた
  - 二酸化炭素は徐々に宇宙空間へ流出

# 金星

- 赤道半径：6052km(地球の約0.95倍)
- 質量： $4.9 \times 10^{24}$ kg (地球の約0.95倍)
- 太陽からの距離：0.72AU
- 自転周期：243日(逆行)
- 密度：5.24 g/cm<sup>3</sup>
- 磁場がない

Mariner 10号が撮影した金星の表面は、  
厚い雲に覆われている(NASA)



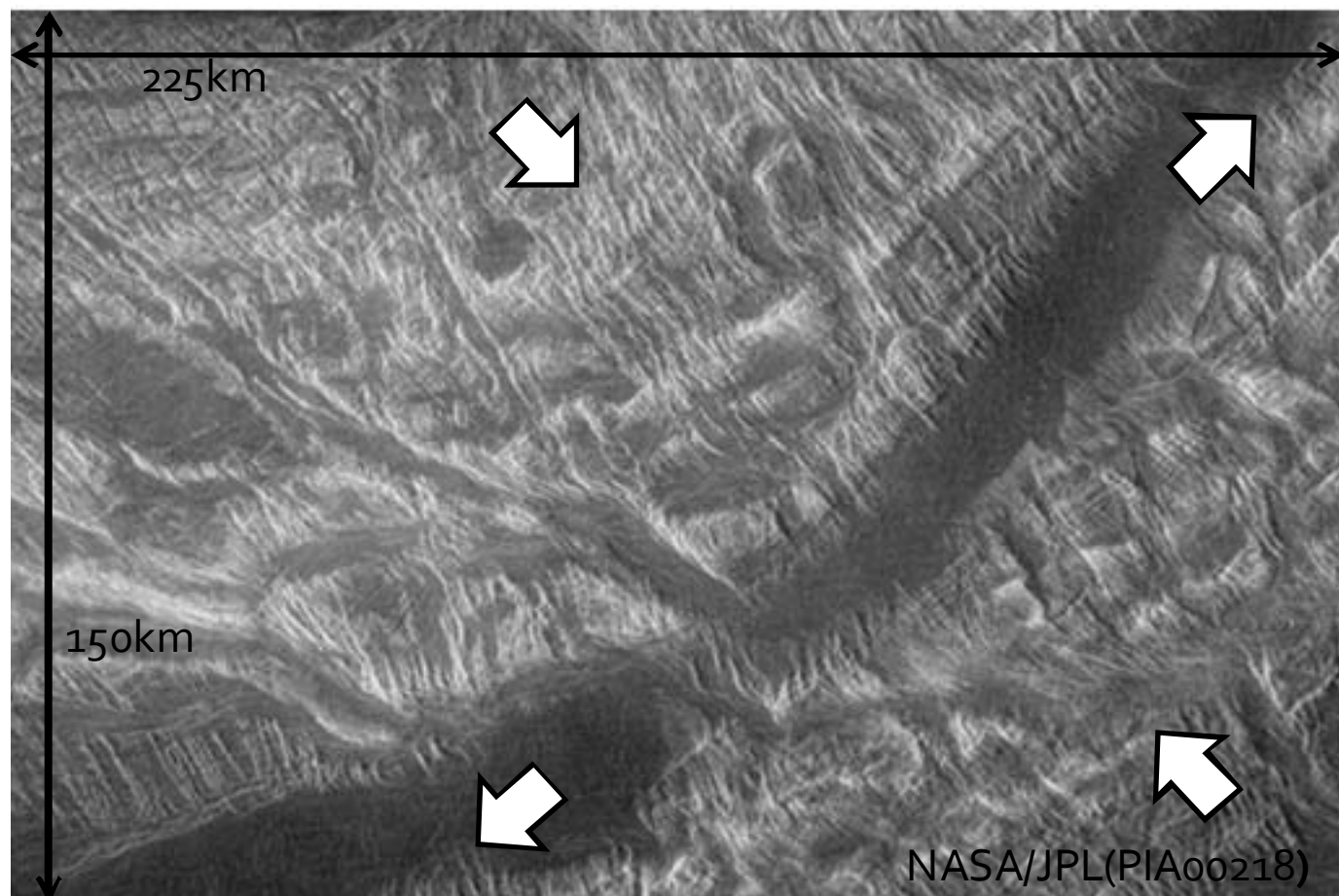
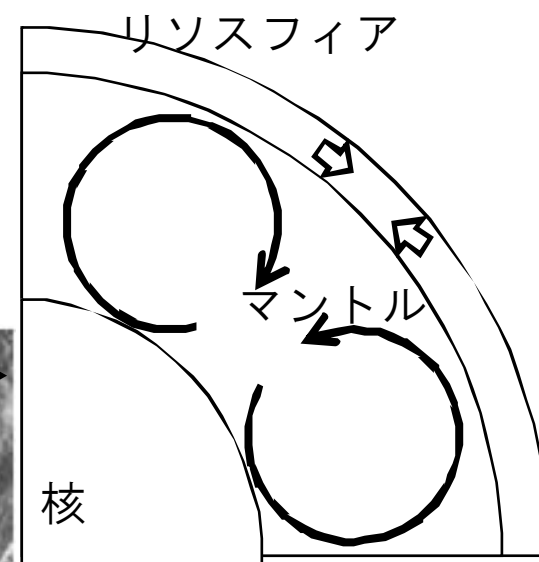
# 地形

- 探査機マゼラン  
- レーダー観測



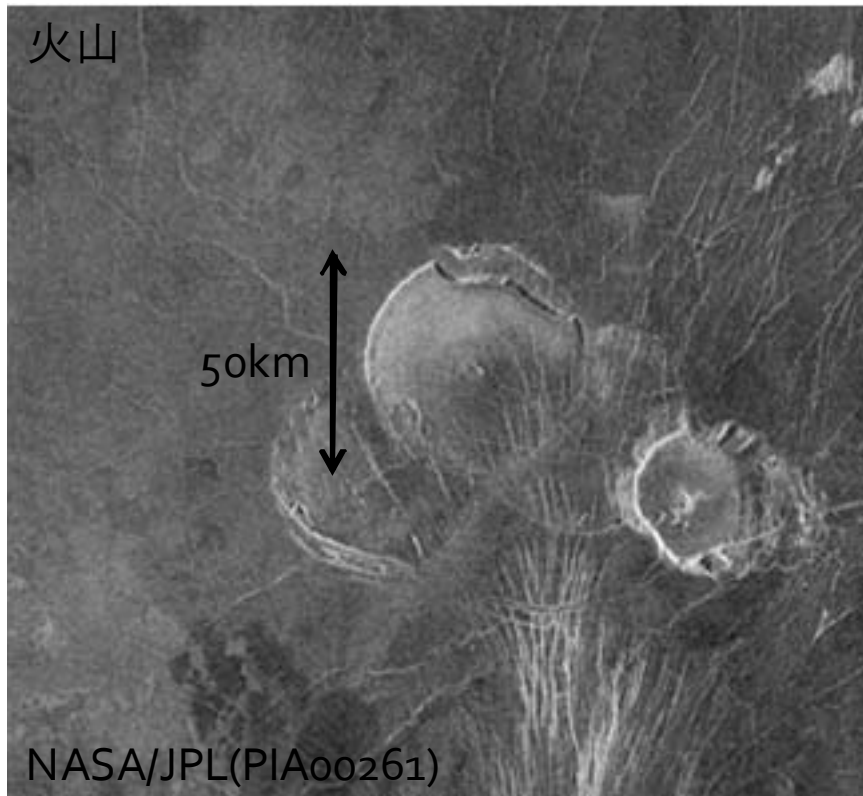
# 地形の特徴

- プレートテクトニクスはない
- 細かいしわしわ



# 火山

- コロナ：円環状に隆起した地形
  - マントルからマグマが上昇して、地殻を円環状に持ちあげた



# 若い表面

- クレーターが少ない（940個）
  - まんべんなく分布
- 表面の年齢が5億年
  - 5億年前に大規模な溶岩の噴出があつて、地表全体を埋め尽くした？

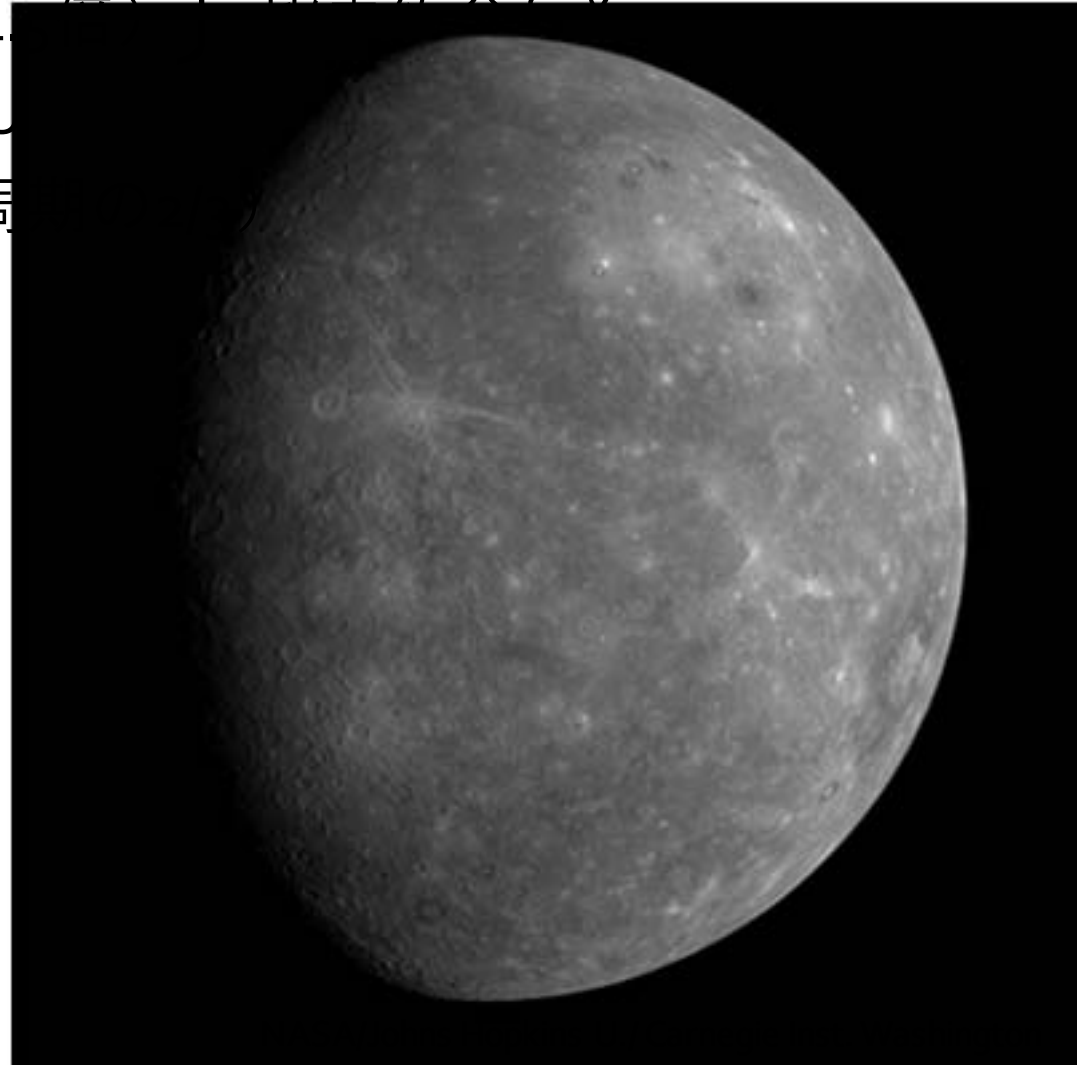
# 大気

- 非常に厚い：92気圧
  - － 二酸化炭素 96%
  - － 45-70kmに硫酸の雲
- 表面温度460° C
  - － 温室効果
- 水蒸気はほとんどない(0.003%)
  - － 太陽からの紫外線で分解され、宇宙空間に逃げた？
- 4日で金星の周りを1回転する高速の風
  - － 自転は、243日



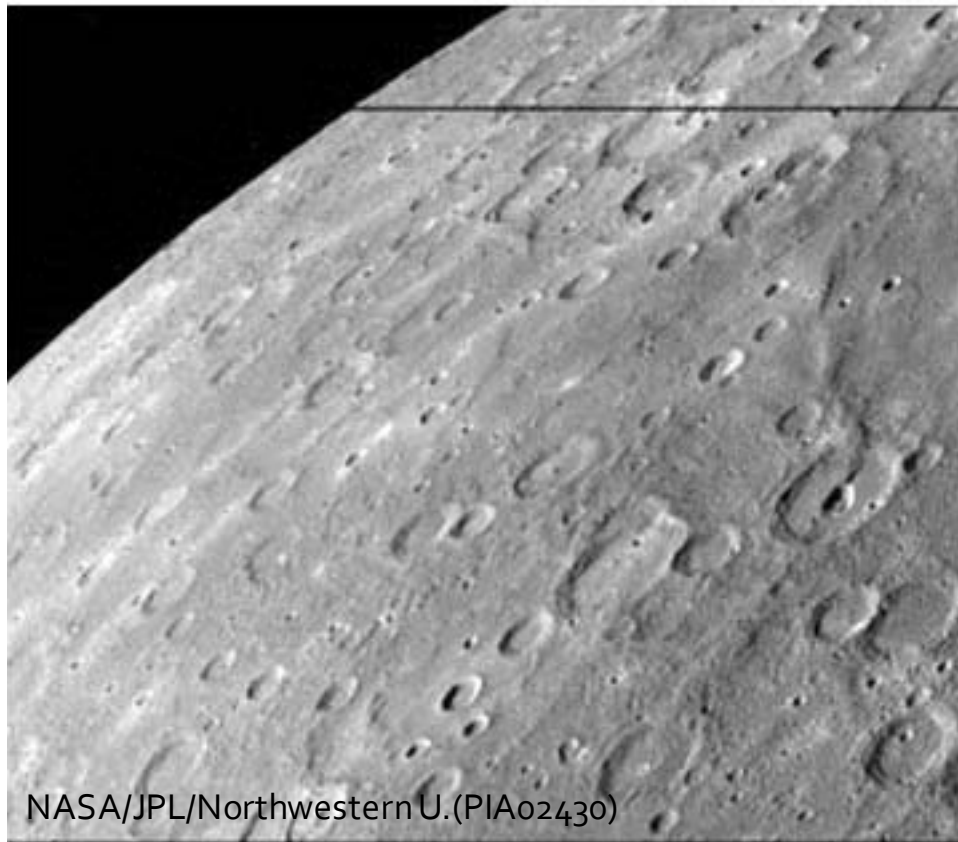
# 水星

- 赤道半径：2440km(月の1.4倍)
  - 質量： $3.3 \times 10^{23}$ kg (月の4.3倍)
  - 太陽からの距離：0.39AU
  - 自転周期：58.6日(公転周期)
  - 密度：5.43 g/cm<sup>3</sup>
- } 比重が大きい



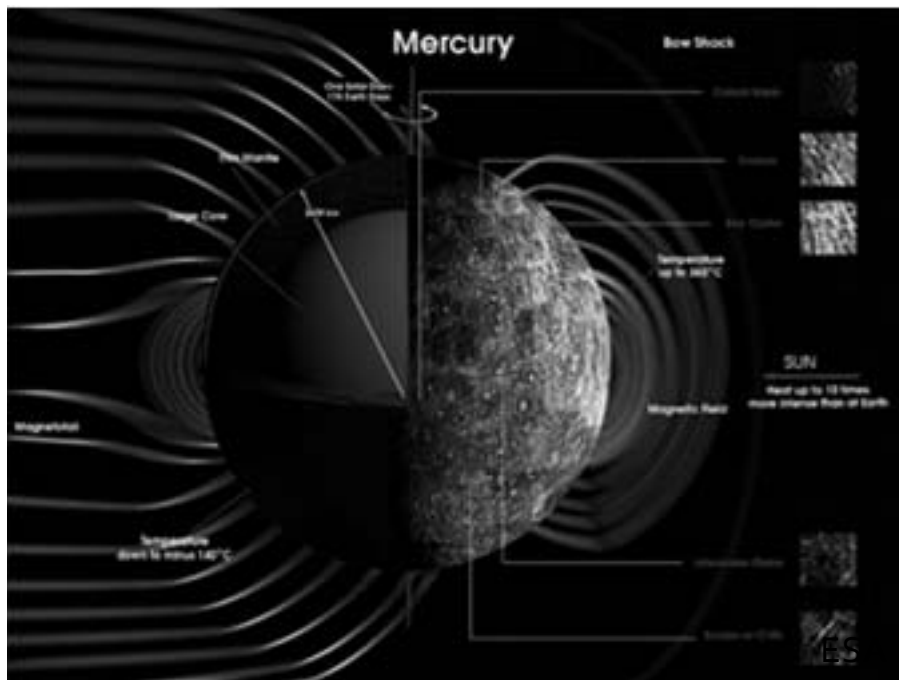
# 地形

- クレーターに覆われた高地
- クレーターの少ない平原



# 非常に大きな鉄の核

- 大きな鉄の核
  - 水星の高い密度
  - 弱い磁場
  - その起源は謎



# 参考文献

- 「地球（岩波地球科学選書）」上田誠也・水谷仁編、岩波書店
- 岩波講座地球惑星科学<sub>1</sub>「地球惑星科学入門」松井孝典ほか編、岩波書店
- 岩波講座地球惑星科学<sub>12</sub>「比較惑星学」松井孝典ほか編、岩波書店
- シリーズ現代の天文学<sub>9</sub>「太陽系と惑星」渡部潤一ほか編、日本評論社
- 「惑星の科学」清水幹夫編、朝倉書店
- 「惑星地質学」宮本英昭ほか編、東京大学出版会
- 「ここまでわかった新・太陽系」井田茂、中本泰史、Softbank Creative