

太陽系形成論勉強会

地球の水の起源

～計算機でこり押しできそうなことをつらつらと～

玄田英典（東工大・地球生命研究所）

- ▶ 水供給プロセスの現状・問題点・改良点
- ▶ 天体衝突による大気・海散逸

地球の水

どれくらいあるの？

海水： $1.4 \times 10^{21} \text{kg}$

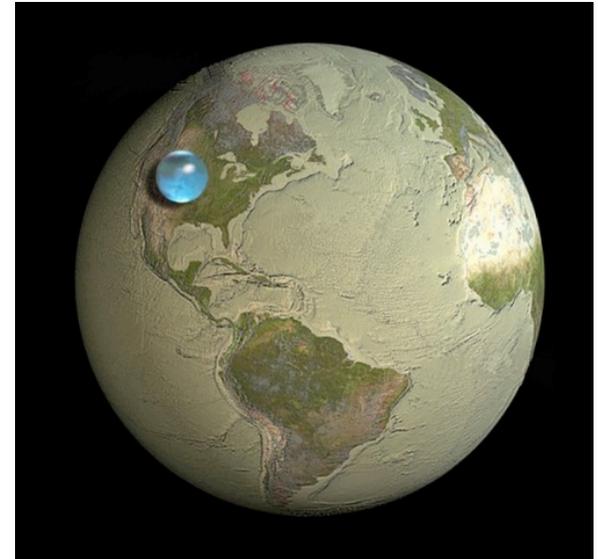
地球質量： $6.0 \times 10^{24} \text{kg}$

地球質量のたった**0.023%**

ただし、地球内部に5倍の
海洋質量ぐらい入っているかも

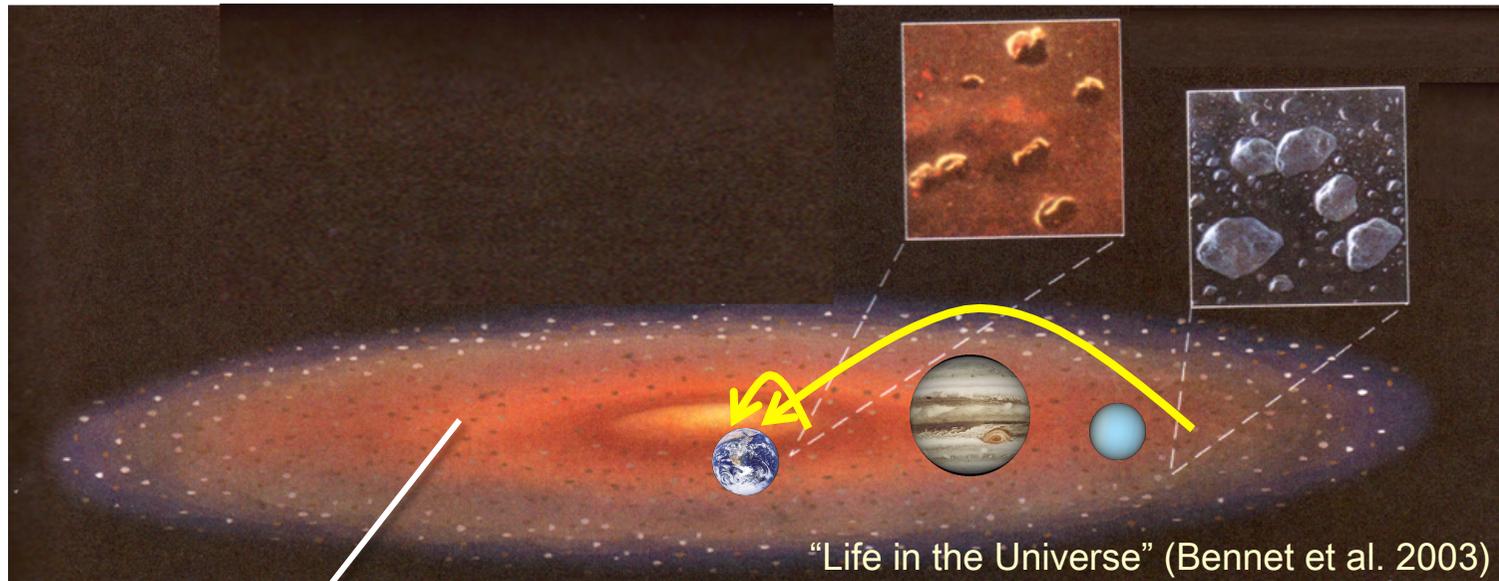
地球の水量 $\sim 1 \times 10^{-3} M_E$

cf. 現在の小惑星帯の総質量 **$5 \times 10^{-4} M_E$**



水の供給源

(2) 小惑星帯・氷微惑星 (e.g., carbonaceous chondrites, comets)



(3) 円盤ガス

(1) もともと地球を形成した微惑星

小惑星帯は枯渇している

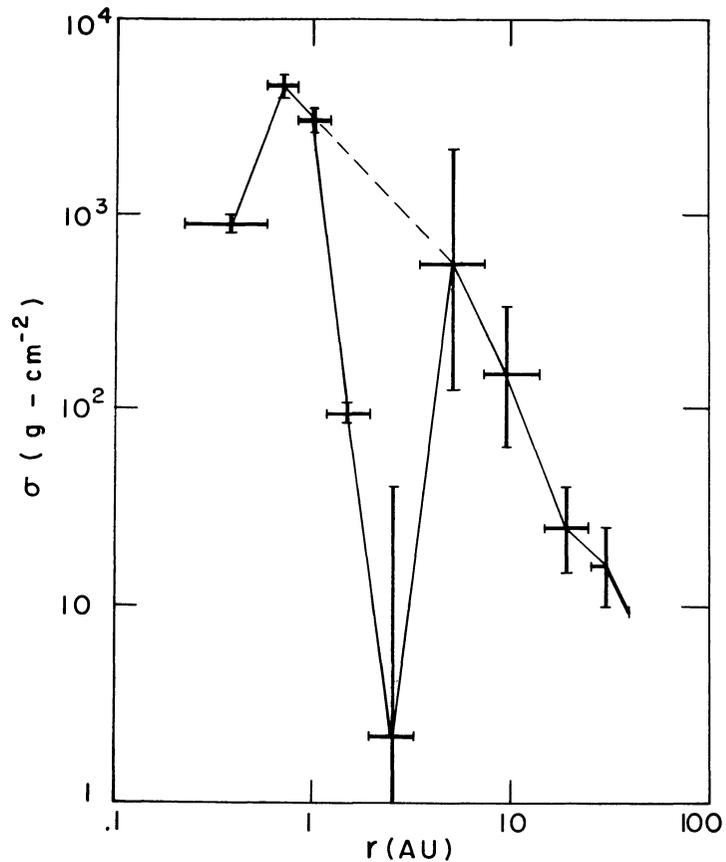


Fig. 1. Surface densities, σ , obtained by restoring the planets to solar composition and spreading the resulting masses through contiguous zones surrounding their orbits. The meaning of the 'error bars' is discussed in the text.

Figure from Weidenschilling 1977

小惑星帯は、予測されるよりも
100~1000倍枯渇している

含水率

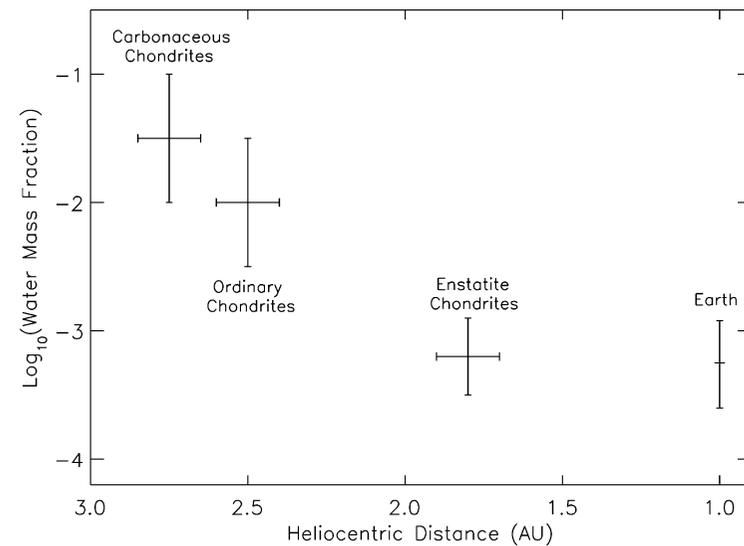
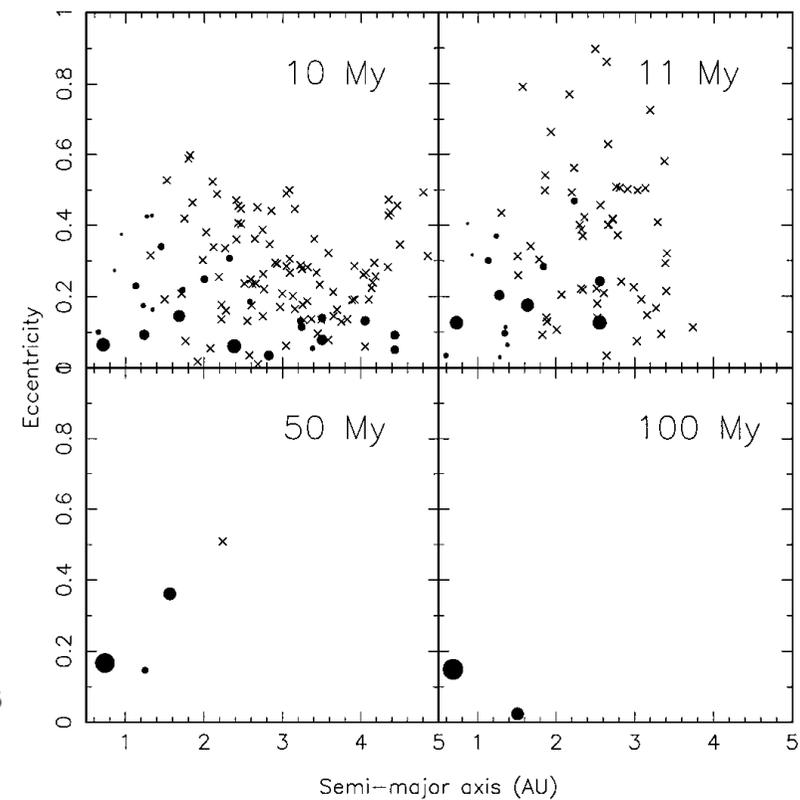
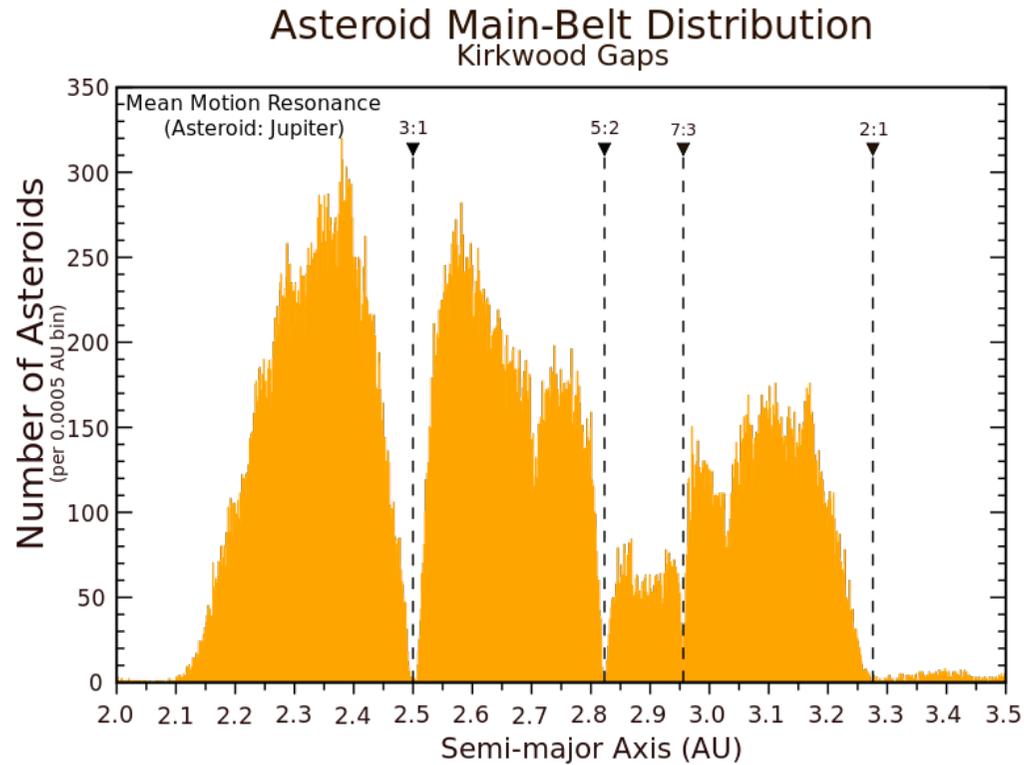


Fig. 2. Water content of various types of chondrites in our Solar System, with approximate values for the positions of the parent bodies. Water percentages from Abe et al. (2000).

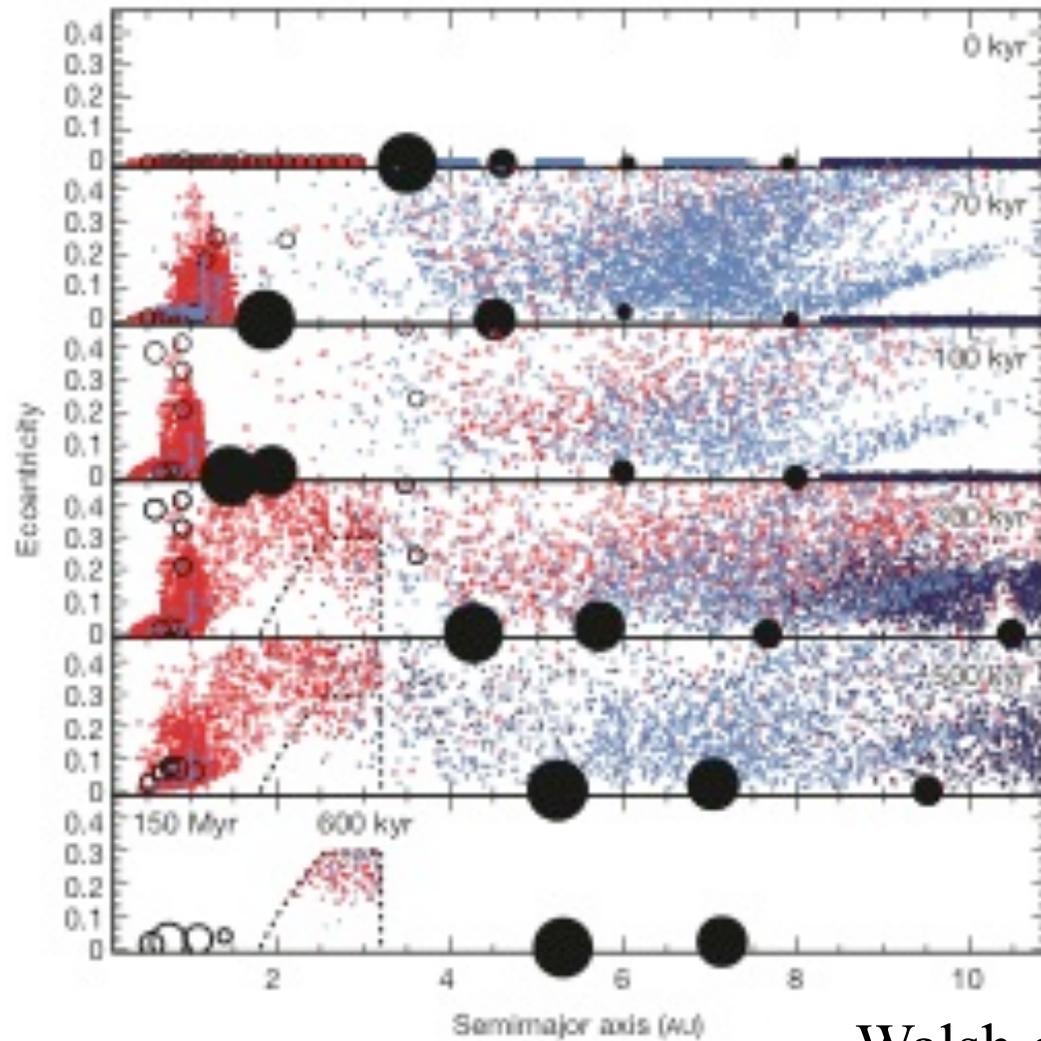
小惑星帯枯渇モデル



木星との平均運動共鳴
原始惑星による重力散乱

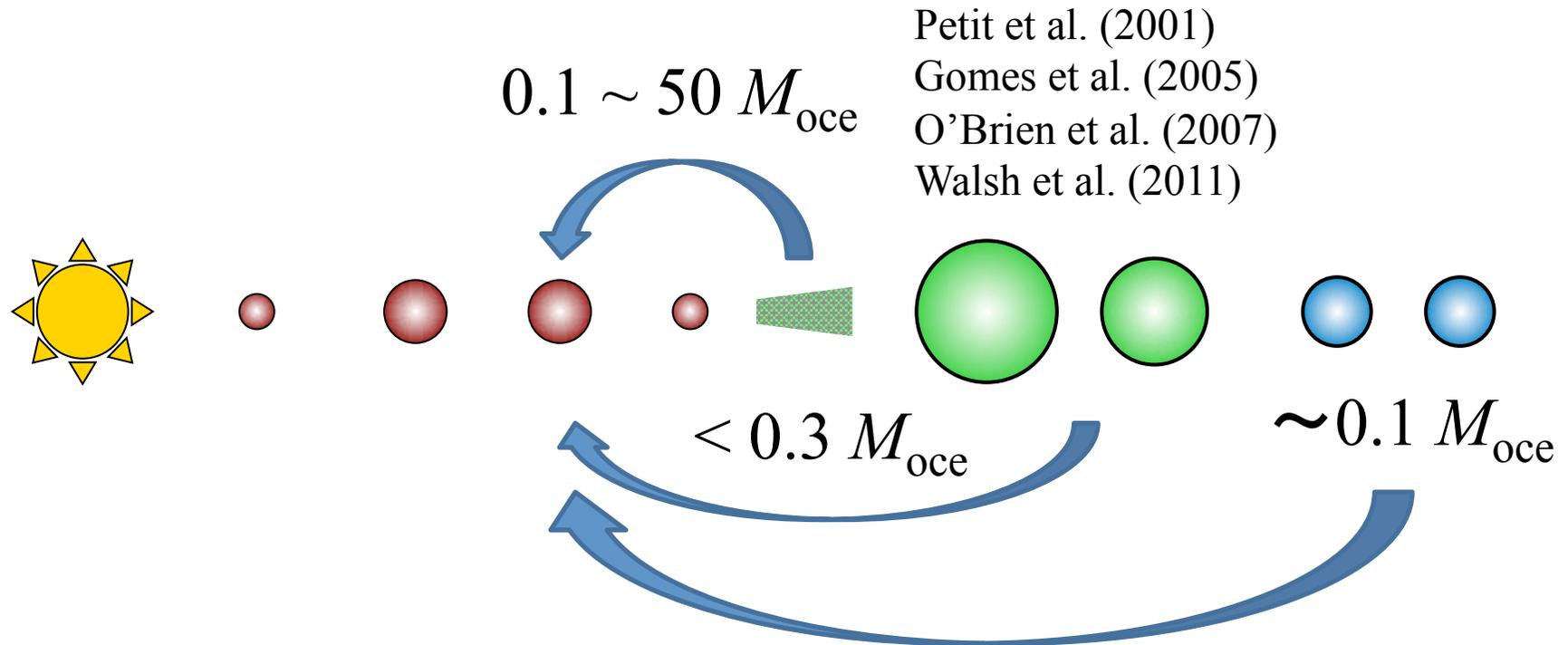
Petit et al. (2001)

Grand Tack Model



Walsh et al. (2011)

小惑星・彗星による供給



- ▶ 小惑星帯からの水の供給はかなりバラエティーがありそうだ
- ▶ 彗星による水の供給は少ない ($0.3M_{\text{oce}}$ 以下)

水供給量

問題点

- ・ 惑星形成プロセスが定まっていない

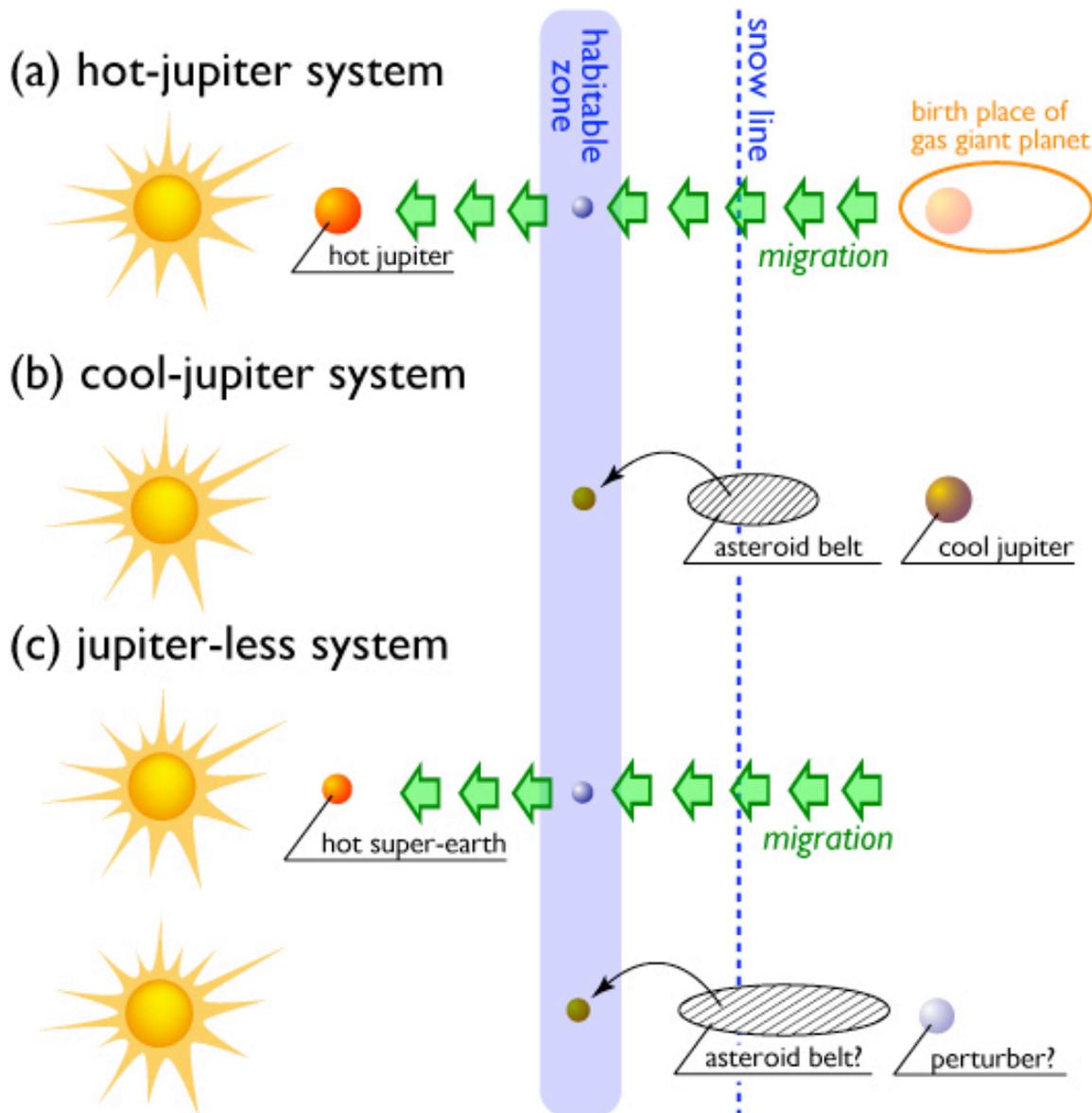
計算上の都合

- ・ 小惑星帯に原始惑星と微惑星を置く
- ・ 木星を突然(例えば10My)置く
- ・ 解像度の問題
(微惑星1個で10倍海洋質量を供給)

改良できそうな点

- ・ 「微惑星⇒原始惑星」をグローバルに解く
- ・ ガス惑星の置き方and/orパラメータスタディ
- ・ 粒子数を増やす(1万~10万)
(最低でも微惑星1個で1倍海洋質量)

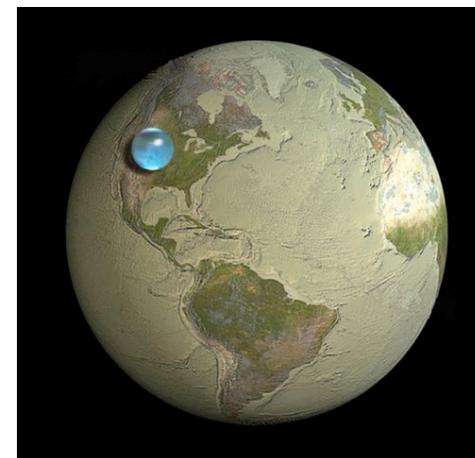
多様な惑星系での水の供給



多様な系外惑星系

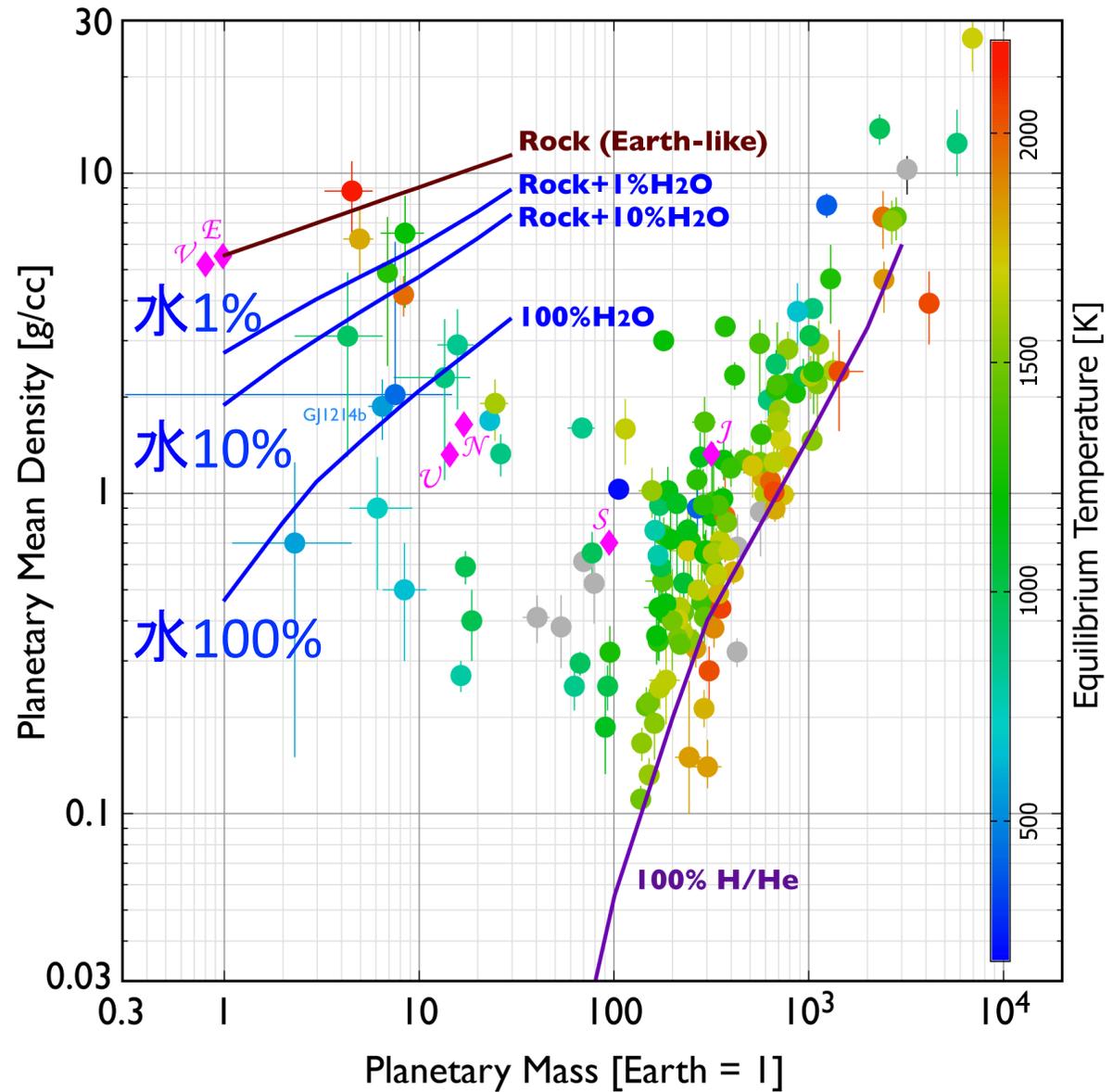
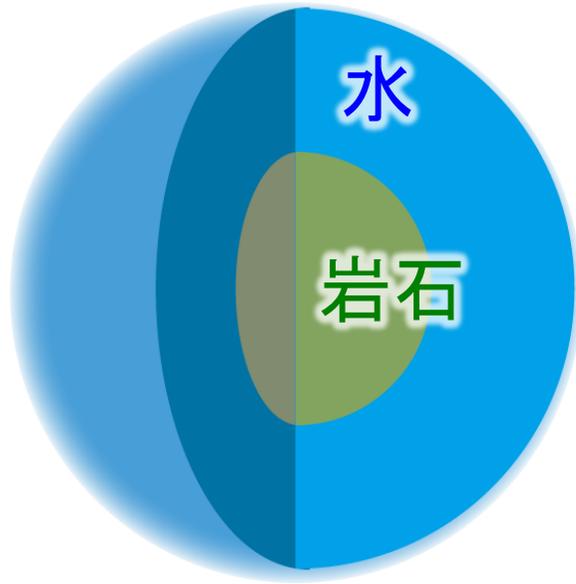


どのタイプの惑星系が適当か？



from Maruyama, Ikoma, Genda et al. (2013)

Super-Earthsの水量



まとめ

問題点

- ・ 惑星形成プロセスが定まっていない

計算上の都合

- ・ 小惑星帯に原始惑星と微惑星を置く
- ・ 木星を突然(例えば10My)置く
- ・ 解像度の問題
(微惑星1個で10倍海洋質量を供給)

改良できそうな点

- ・ 「微惑星⇒原始惑星」をグローバルに解く
- ・ ガス惑星の置き方and/orパラメータスタディ
- ・ 粒子数を増やす(1万~10万)
(最低でも微惑星1個で1倍海洋質量)