

始原始的な隕石を用いた太陽系の学習教材の開発 ーコンドリュールのサイズや体積百分率の測定ー

近年の太陽系探査と高等学校における太陽系の学習

ロゼッタやはやぶさ2, OSIRIS-Rex, MMX(Martian Moons eXploration)など, 太陽系探査は社会の大きな関心ごとになった。探査機が現地の物質を分析したり, 解析したりあるいはサンプルリターンすることで太陽系の歴史の解明を目指している。高等学校地学基礎・地学では太陽系の歴史について, 標準モデルに基づく概要や惑星の運動などを扱うが, 物質科学的な側面からの学習はあまりされていない。

太陽系の学習の課題

- ・1970年代以来の太陽系形成モデルの記載。
- ・地球外物質はその紹介に留まっている。
- 何を観察すれば太陽系形成史の何が分かるのか不明。

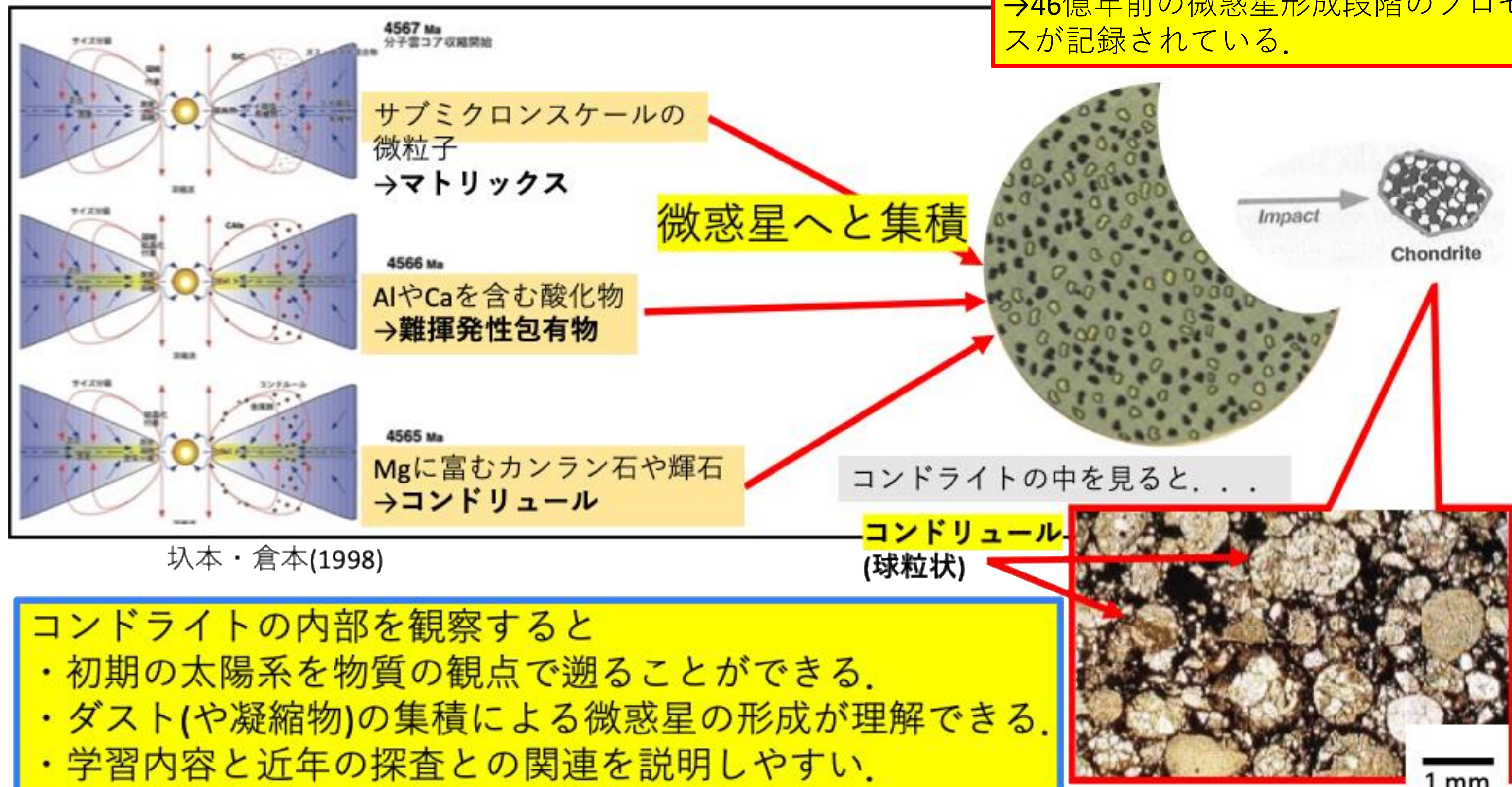
課題解決のアイデア

“物質”の立場からの教材開発
観察可能な包有物から, 太陽系進化や原始太陽系円盤の環境を考える教材の開発を行う。
→太陽系進化の学習を現代に向けてアップデート。

本研究：始原始的な隕石(コンドライト)を使って, 塵から微惑星への集積プロセスや集積した環境を考えられる教材の開発

コンドライトの形成

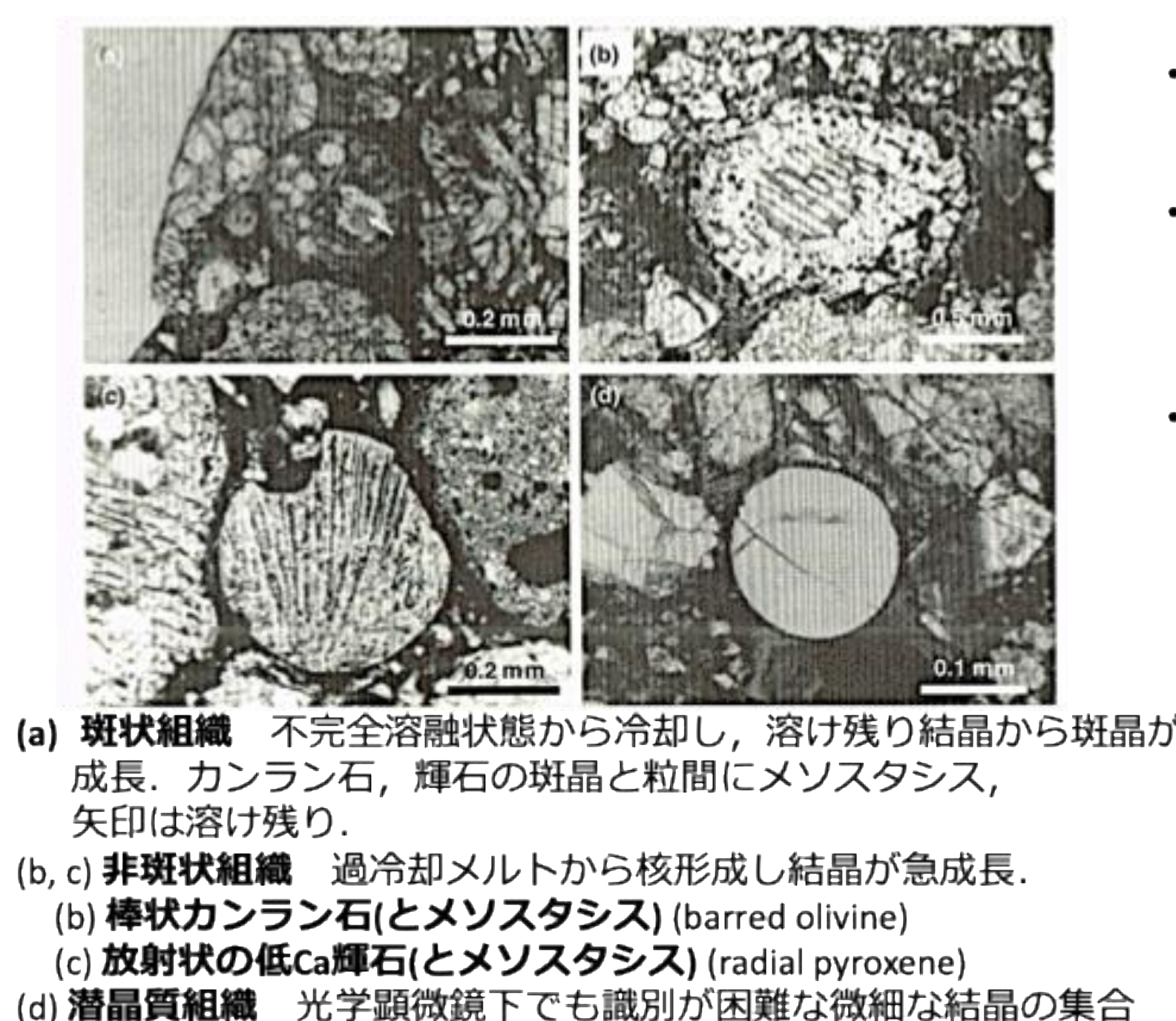
集積した微粒子の姿が保存されている。
→46億年前の微惑星形成段階のプロセスが記録されている。



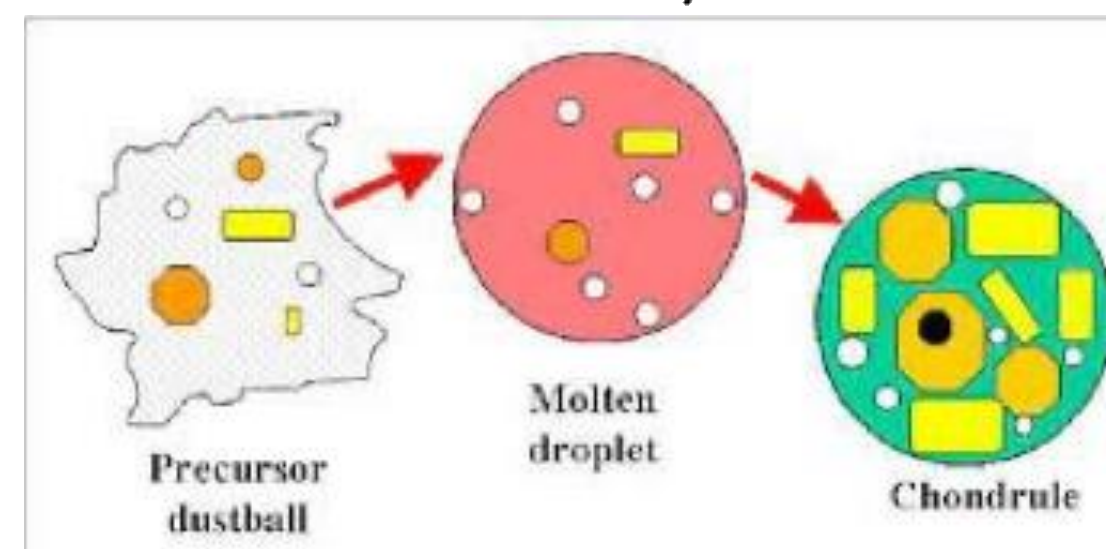
コンドライトの内部を観察すると
・初期の太陽系を物質の観点で遊ることができる。
・ダスト(や凝縮物)の集積による微惑星の形成が理解できる。
・学習内容と近年の探査との関連を説明しやすい。

着目した包有物

コンドリュール



- ・ケイ酸塩を主とした0.1-1 mm程度の球粒状物質。
- ・原始太陽系円盤で高温溶融状態にあった液滴が急冷されたものと考えられている。
- ・溶け残り組織のあるコンドリュールの再現実験から最大1400-1850 °C, 冷却速度が100-数千 °C/hrと予測。



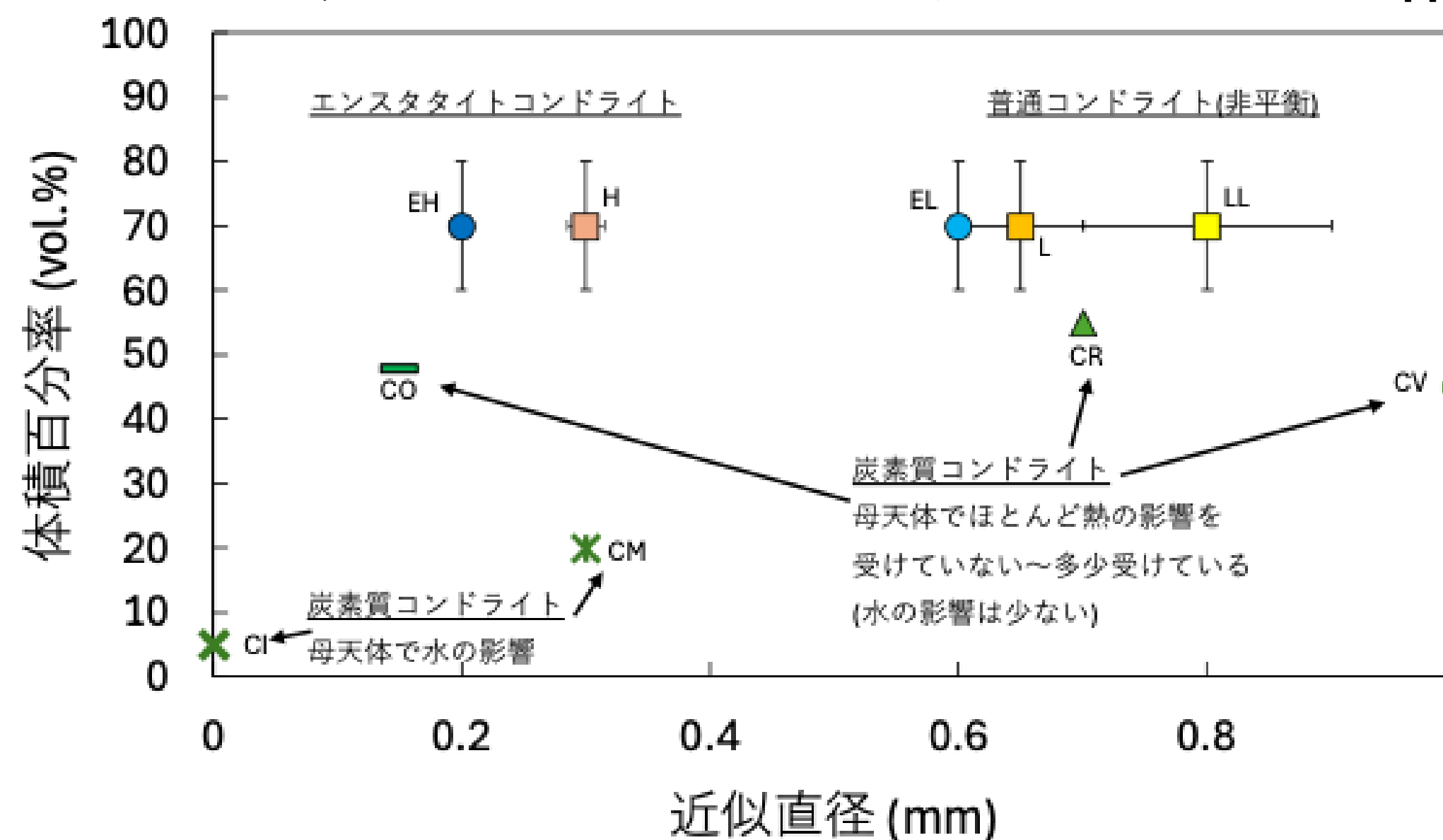
Johns et al. 2005

コンドリュールのサイズや体積百分率は, コンドライトのグループごとにおおよそ異なっていることが知られている。

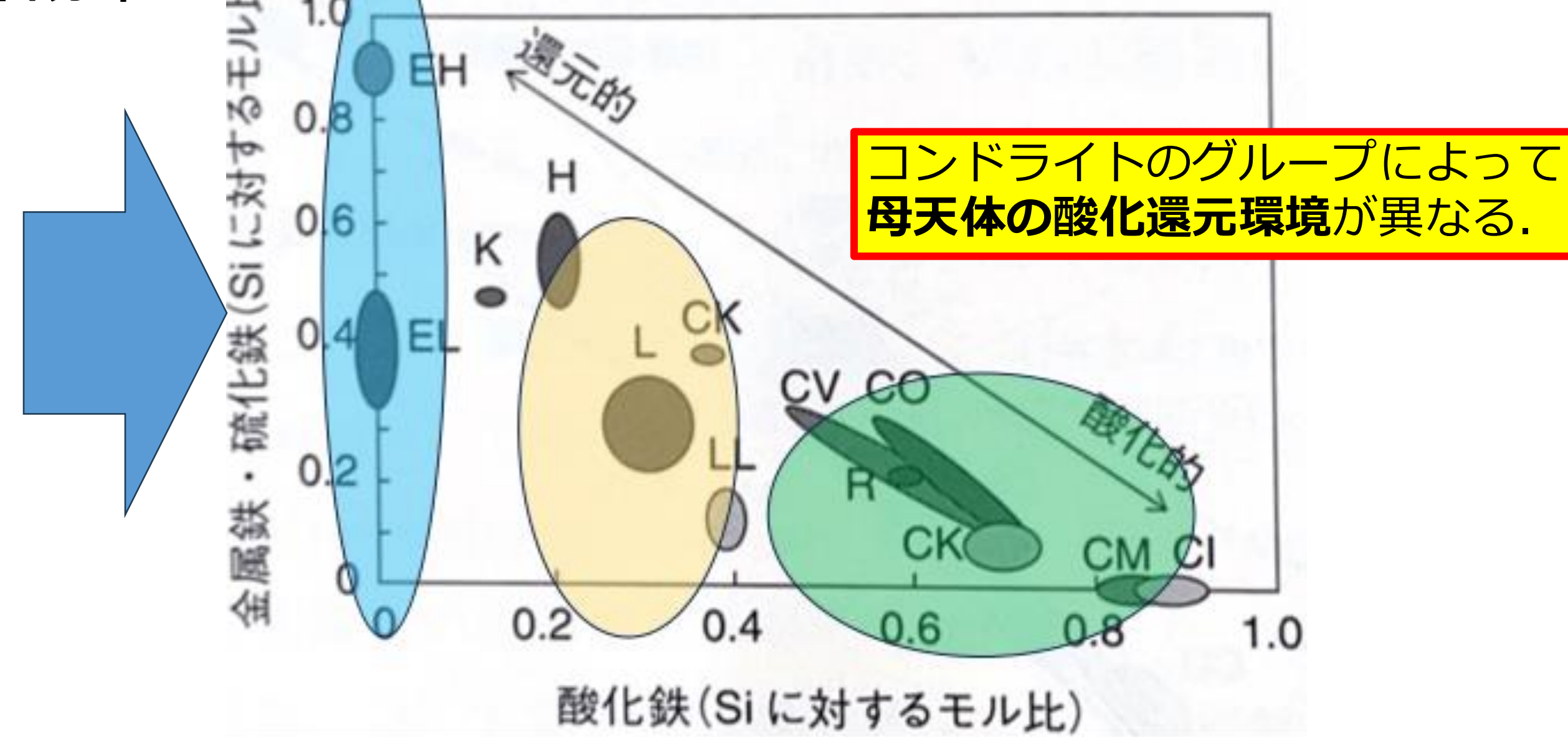
コンドリュールのサイズと体積百分率からコンドライトのグループ分け&分けられたグループから酸化還元環境を考察

CARBONACEOUS CHONDRITES	CI 例: Orgueil
炭素質コンドライト	CM 例: Murchison
	CO 例: Ornans
	CV 例: Allende
	CK 例: Karounda
	CR 例: Renazzo
	CH 例: ALH85085
	CB 例: Bencubbin
ORDINARY CHONDRITES	LL 例: Semarkona
普通コンドライト	L 例: Mezo Madaras
	H 例: Flandrezu
ENSTATITE CHONDRITES	EL 例: Eagle
エンスタタイトコンドライト	EH 例: Saint-Sauveur

コンドライトグループごとのコンドリュールサイズと体積百分率



小天体の酸化還元環境



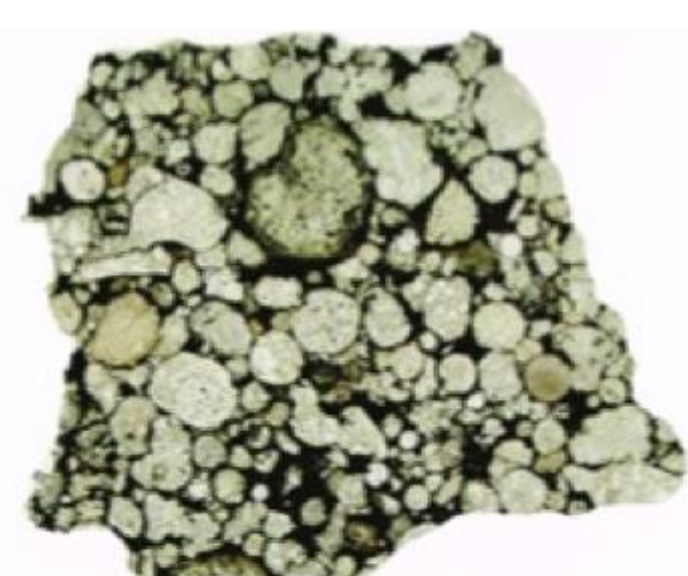
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎での実践

実習の構想

実習の流れ

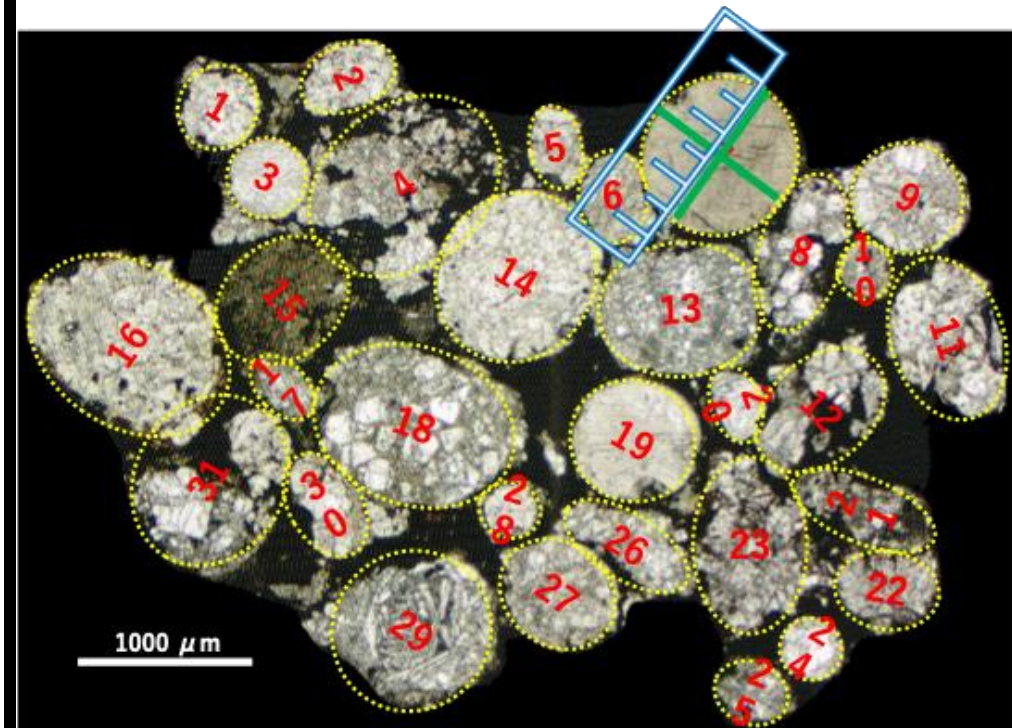
- ① 定規を用いて, 測定用資料にある隕石のコンドリュールの長径と短径を測定する。集計用Excelシートに測定した値を入力する。
- ② スケールバーの長さを測定し, 集計用Excelシートに入力する。これによって, 換算長径と換算短径, 近似直径を得る。
→ 近似直径の平均値
- ③ 換算長径, 換算短径から長半径a, 短半径bを得て, 各楕円(コンドリュール)の面積を求める。楕円の面積の和を全体の面積で割る。
→ 体積百分率
- ④ グラフに結果をプロットする。
→ どのコンドライトグループに近いのか

選定した隕石



Semarkona

発見年: 1940年
国: India
総質量: 691 g
普通コンドライト (LL3.00)
衝撃変成度: S2



測定用資料

番号	長径(mm)	短径(mm)	スケールバー(mm)	換算長径	換算短径	近似直径	a	b	楕円の面積
1	2.31	2.11	4.7	0.49	0.45	0.47	0.25	0.22	0.17
2	2.67	1.79		0.57	0.38	0.47	0.28	0.19	0.17
3	2.16	2.11		0.46	0.45	0.45	0.23	0.22	0.16
4	5.63	4.31		1.20	0.92	1.06	0.60	0.46	0.86
5	2.26	1.42		0.48	0.30	0.39	0.24	0.15	0.11
6	2.49	1.84		0.53	0.39	0.46	0.26	0.20	0.16

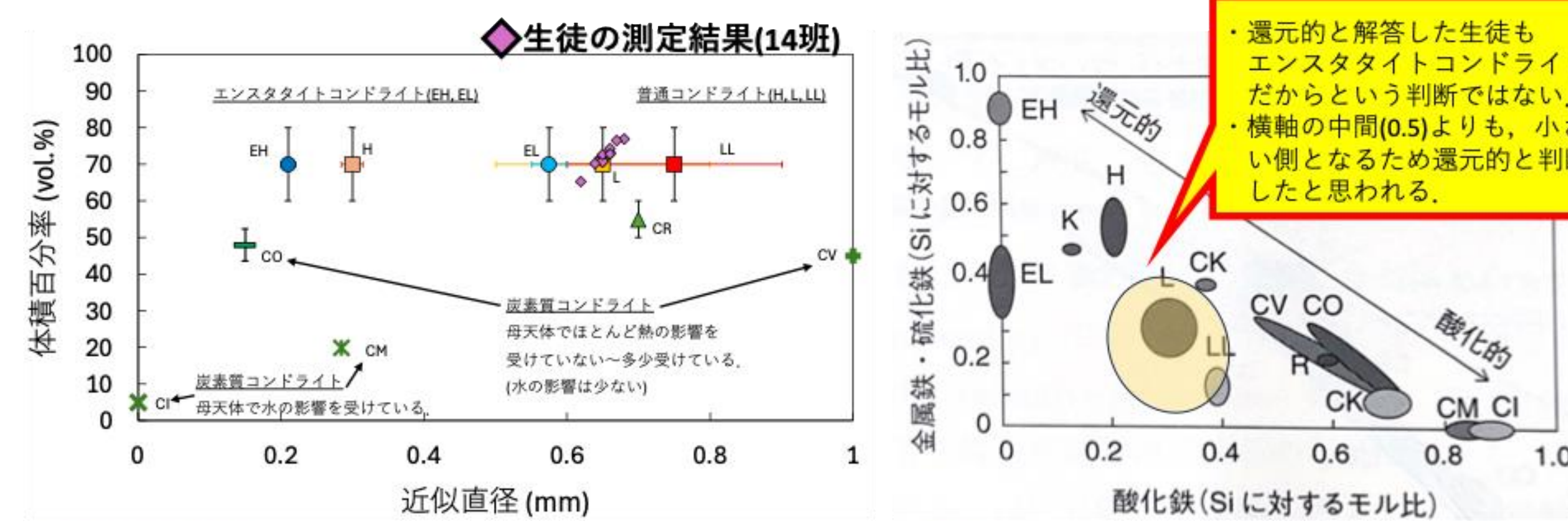
楕円の面積	合計	12.15
全体の面積		15.80
体積百分率		76.90

集計用Excelシートから体積百分率を求める例

生徒の感想から一部抜粋

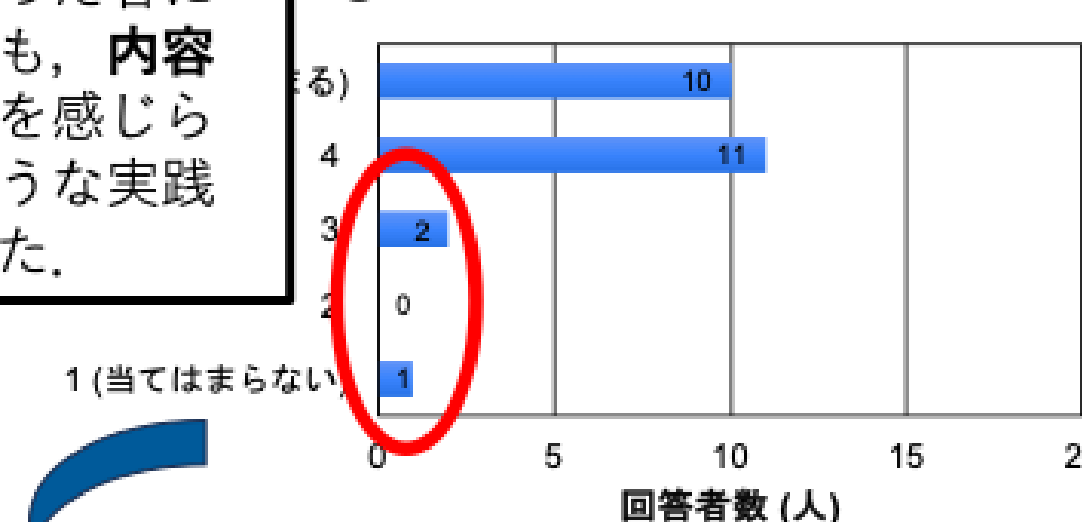
- ・内容が難しくよくわからなかったが, 隕石を比べることで太陽系のことを知ることができたのに驚いた。
- ・地学とはいえ, 化学的な話だったり物理的な話だったりもあって, 奥の深い複雑なものなんだと思いました。難しい話だったので, 私には理解できるのかなと思ってたけど, 割と理解できて嬉しかったです。
- ・コンドリュールができる過程を聞いて地球とは違う環境でできて地球にやってきたという点が自分の知らない世界を覗けたようでワクワクした。
- ・難しい話が多く理解しにくかったけど, 最後に長さを測るものでけっこう理解できた。

結果と考察

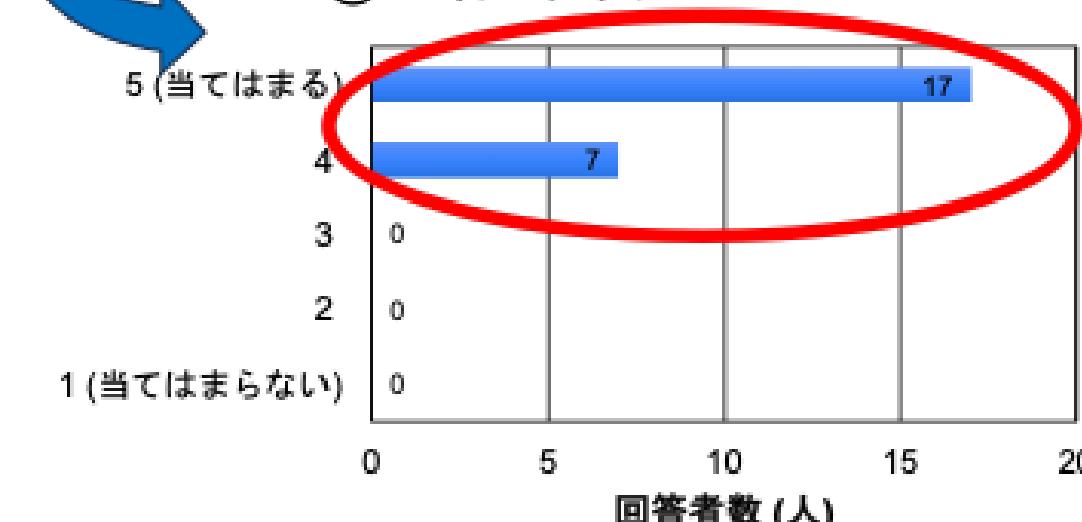


あまり期待していなかった者にとっても, 内容の充実を感じられるような実践であった。

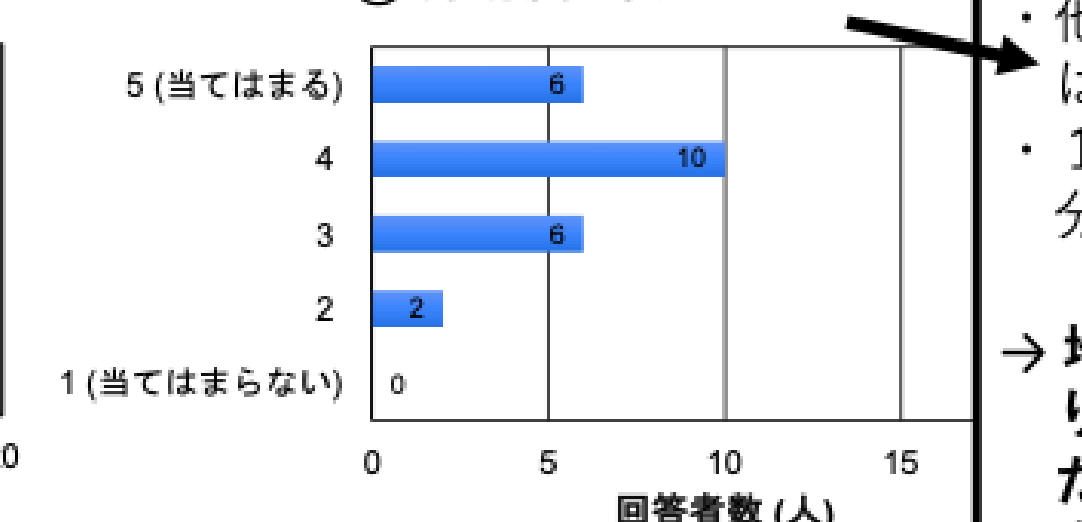
① 内容に期待していた



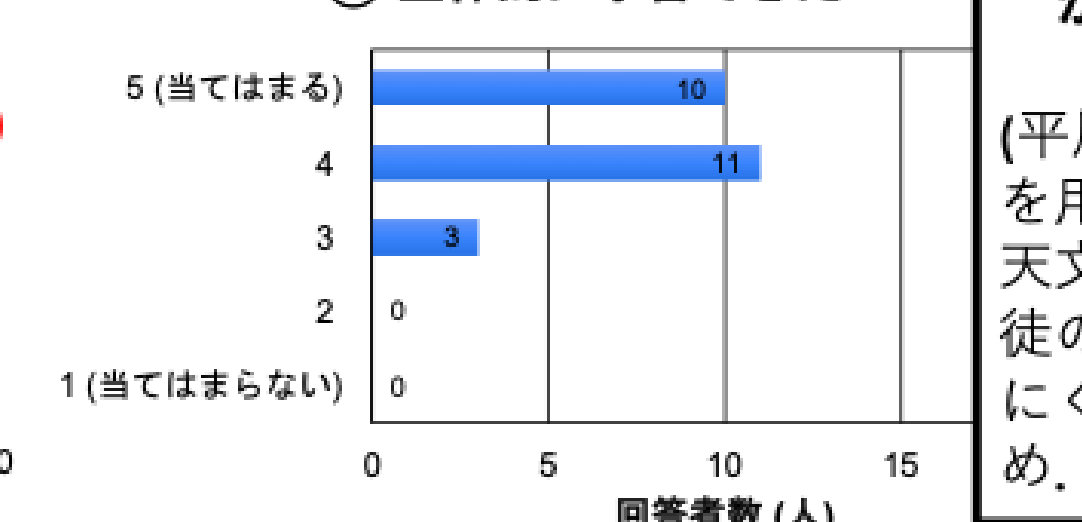
② 内容は充実していた



③ 難易度が高かった



④ 主体的に学習できた



・他の質問に比べて, ばらつきがある。
・1年生は全員天文分野を未履修。
→ 地学基礎や地学により天文分野を履修した後の学習だどのように変化が生じるか, 追跡の余地あり。

(平川2021では, 隕石を用いた実習において, 天文分野履修済みの生徒の方が難易度を感じにくい傾向にあったため。)