自己紹介

●研究テーマ：星を観測して宇宙の成り立ちを知る

●超大型望遠鏡TMTの建設

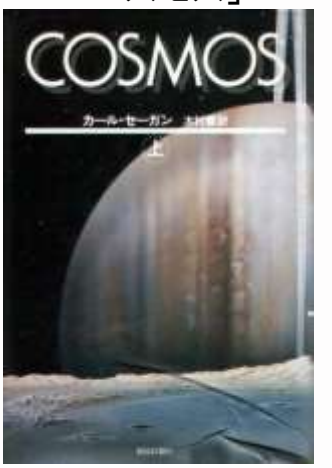
2

宇宙に興味をもったきっかけ…？

アポロ計画・・・
は記憶にない

探査機ボイジャー

カール・セーガン
「コスモス」



3

「天体」まではどのくらい遠い?
(1)地球とそのまわり

地球の大きさ:
半径約6400km

・流れ星=地球の大気に
とびこんできた塵(ちり):
約100km

・国際宇宙ステーション:
約400km

油井宇宙飛行士、国際宇宙ステーションへ

©JAXA

- 生命科学、物質・物理科学、宇宙医学・有人宇宙技術開発、天体観測、地球観測、宇宙環境計測などの実験運用
- 「こうのとり」5号機に関わる運用。ロボットアームを操作
- ISSの定期的な点検・メンテナンス作業

5

「天体」まではどのくらい遠い?
(2)太陽系のなか

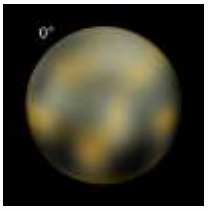
- 月まで:38万km　太陽まで: 1億5000万km
- 冥王星まで:太陽から約60億km (光の速さで約5.5時間)

©JST
「太陽系図鑑」

- ボイジャー1号(1977年打ち上げ):
  太陽から約190億km

ニューホライズンズ　冥王星へ

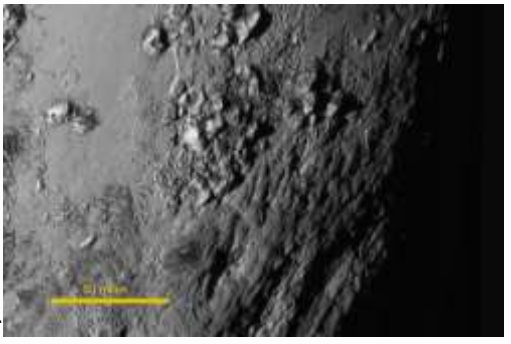
従来の冥王星画像



（ハッブル宇宙望遠鏡）

ニューホライズンズによる画像

冥王星

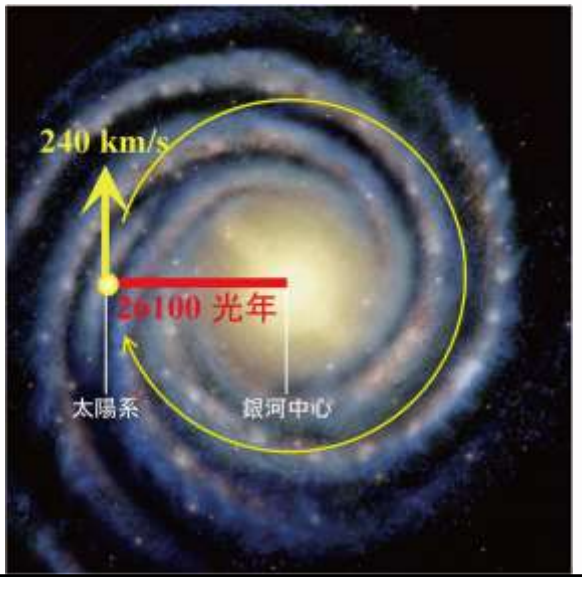


カロン

©NASA

7

「天体」まではどのくらい遠い?
(2)天の川銀河



国立天文台
VERAプロジェクト

8

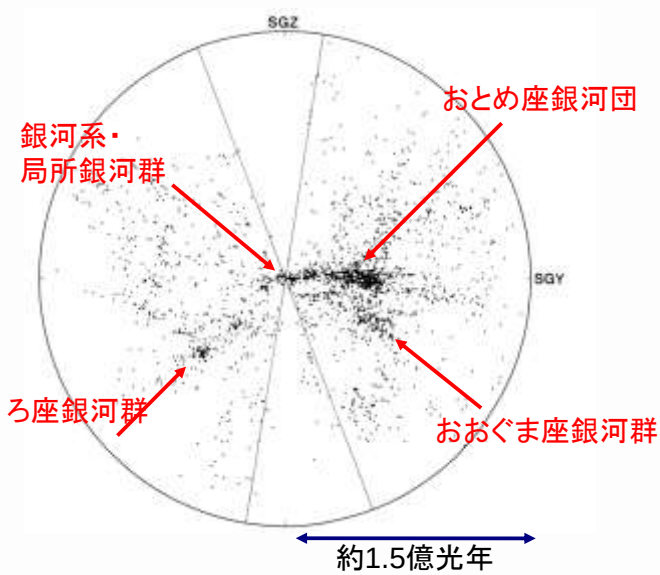
「天体」まではどのくらい遠い?
(4)天の川銀河のまわり

天の川銀河のまわりの小さな銀河まで:10万光年～

となりの大型銀河(アンドロメダ銀河)まで:
約250万光年

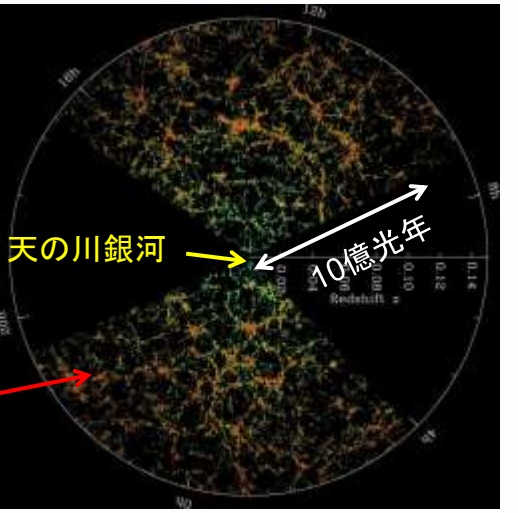
©東京大学木曽観測所

銀河系の属する超銀河団



描きだされた「宇宙の地図」

「現在の宇宙」の姿
～銀河は宇宙にどう分布しているのか？
（SDSS：2000年～）



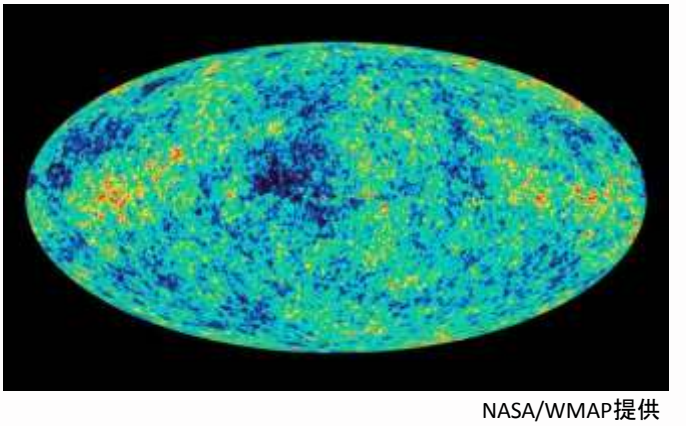
11

宇宙の構造は何からできたのか？

12

天体や宇宙の構造の「種」がとらえられた

宇宙マイクロ波背景放射の測定（COBE、WMAP衛星）
→宇宙誕生直後の物質の分布が描きだされた

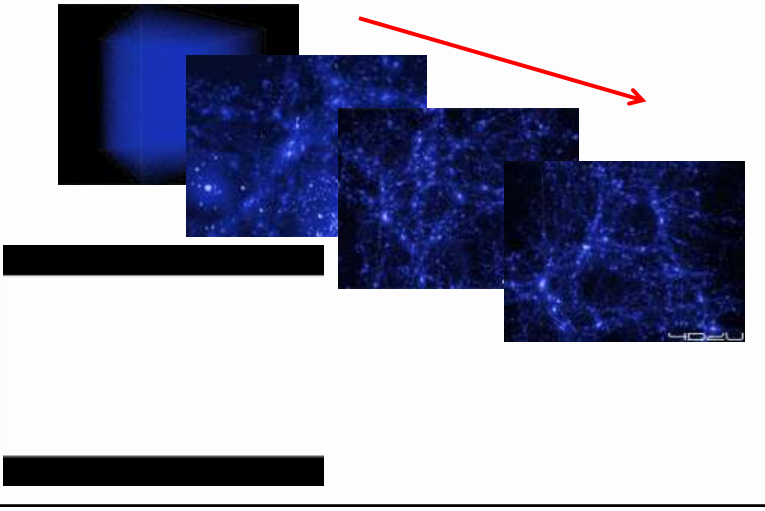


NASA/WMAP提供

13

構造形成のシミュレーション

暗黒物質の分布 （4D2Uプロジェクトより）



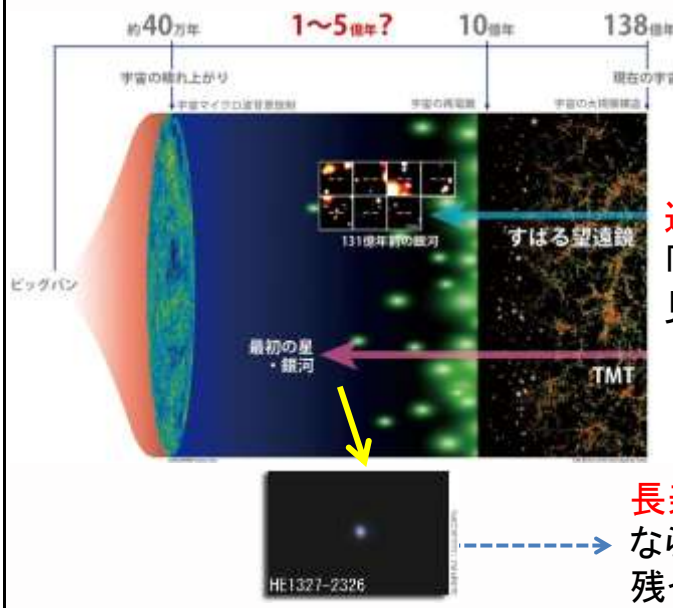
14

宇宙の初代星～何を知りたいのか？

- 初代星はいつ生まれたか？
- 初代星の質量は？

15

初代の星をいかにして調べるか？



遠方銀河の観測
「初期宇宙を直接見る」

長寿命の小質量星
なら現在まで生き残っている！

16

初代星の爆発と次世代星の誕生

初代の大質量星
の誕生と爆発

初代星の放出物質を含
んだ次世代星の誕生～
小質量星の登場

17

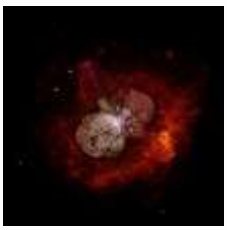
大質量星の起こす超新星爆発

太陽質量の数十倍

超新星爆発
（重力崩壊型）

超新星1987A

太陽質量の100倍以上



？

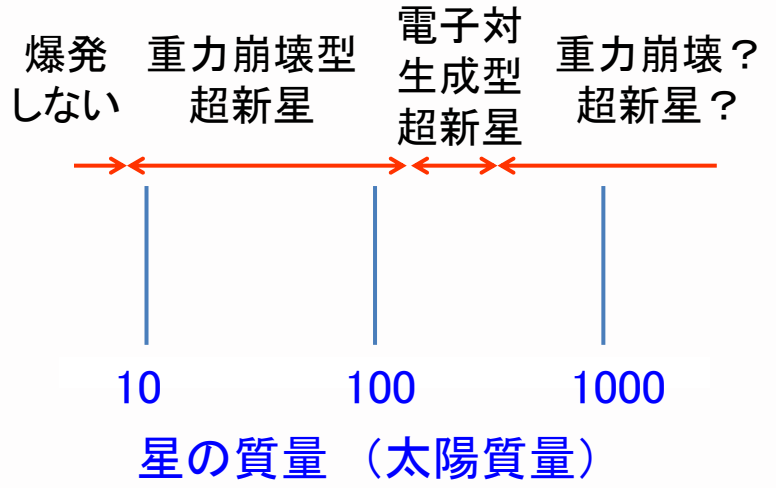
？

りゅうこつ座
イータ星？

星全体が
吹き飛ぶ
超新星爆発
（電子対生成型）

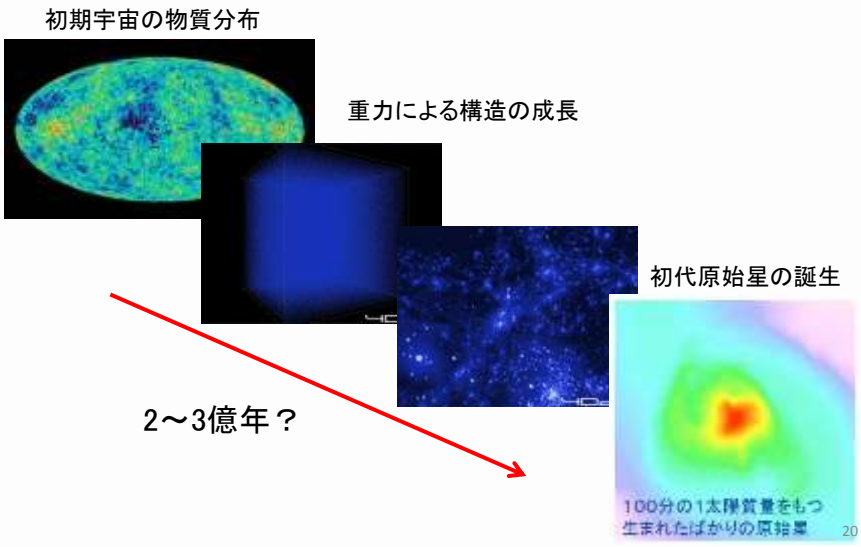
18

初代星の質量と運命



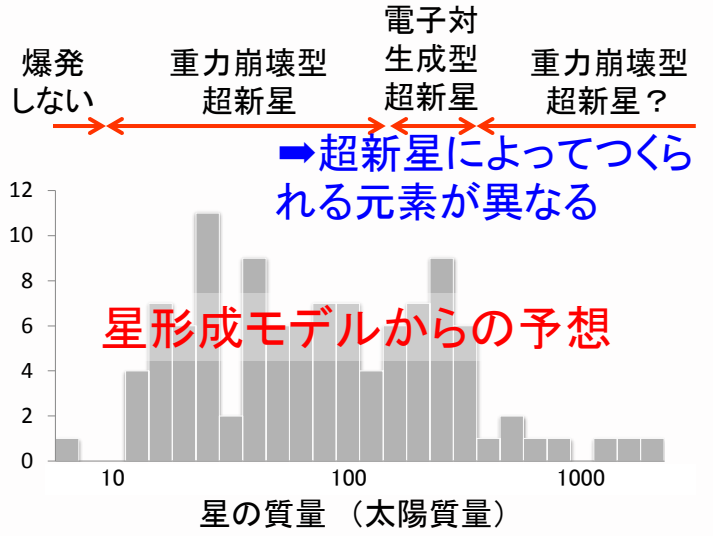
19

初代星誕生までのシミュレーション



20

初代星の質量の予想



21

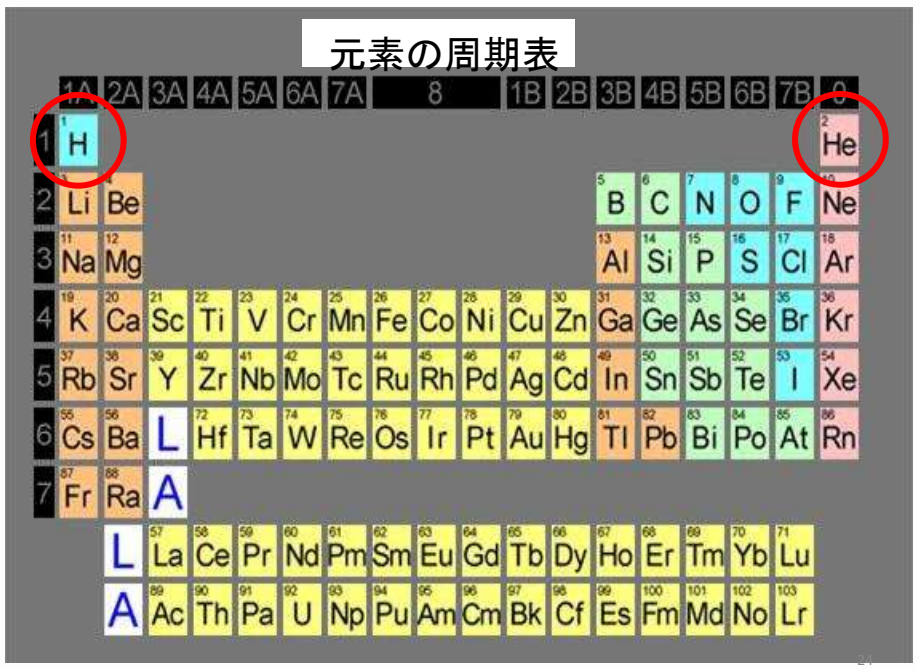
銀河系に生き残る初期世代星（古い星、年齢の高い星）

22

初期世代星は重元素をあまり含まない

- ビッグバン直後の宇宙は水素とヘリウムだけ
- 炭素や酸素、鉄などの重元素は星や超新星で作られる
- 古い星（初期世代星）は、初代の星の超新星爆発がつくり出した重元素を含んでいる

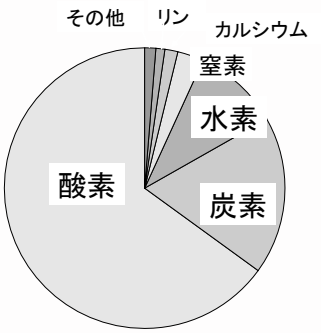
23



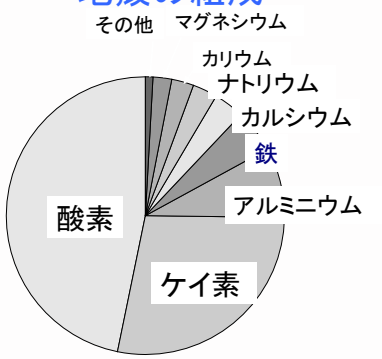
太陽系を構成する物質

・98パーセント以上が水素とヘリウム
・それ以外が80種以上の元素

人体の組成

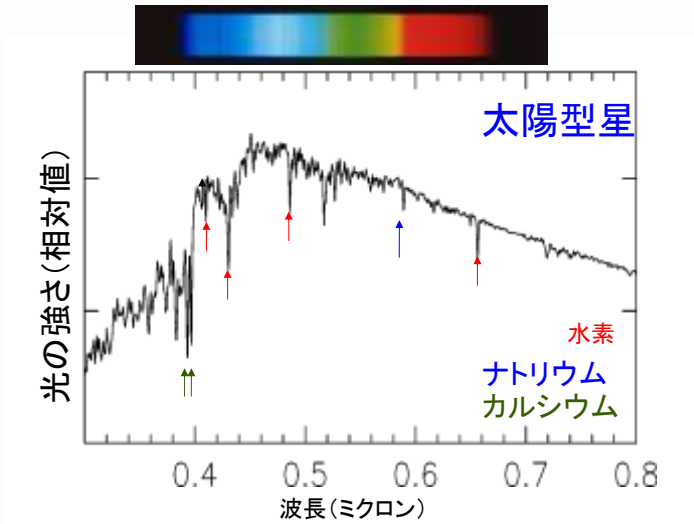


地殺の組成 （重量比）



25

星をつくっている物質の種類・量をはかる ～星からの光のスペクトル分析



26

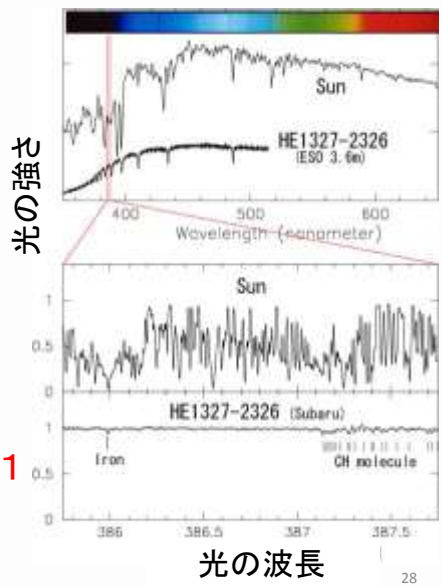
すばる望遠鏡で初期世代星をスペクトル分析

27

2005年 重元素の含有量が極端に少ない星

すばる望遠鏡によって発見
（組成を測定）

HE1327-2326
鉄の量は太陽の約30万分の１

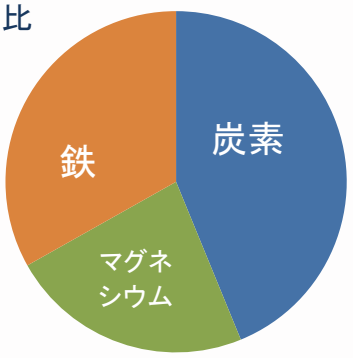


28

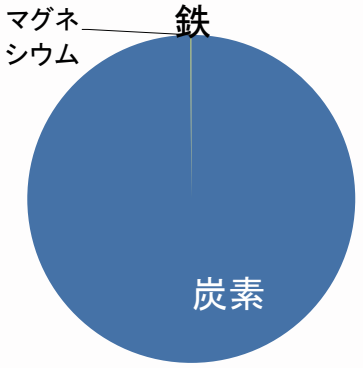
超新星の性質を診断する元素組成比
炭素・マグネシウム・鉄

典型的な初期世代星

重量比



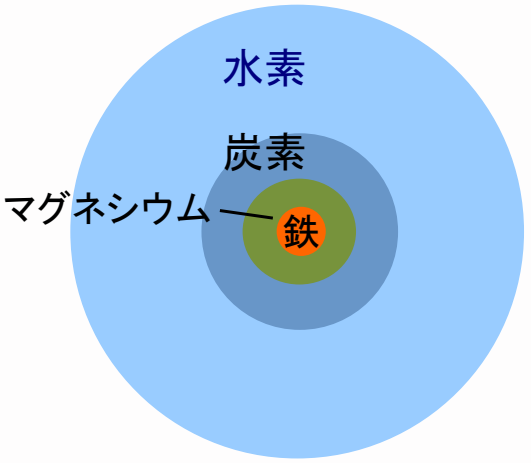
2005年に見つかった
重元素の極端に少ない星



29

超新星爆発の起こり方によって決まる元素組成比

爆発直前の大質量星



- 爆発によって星は吹き飛ぶ
- 中心部はブラックホールに

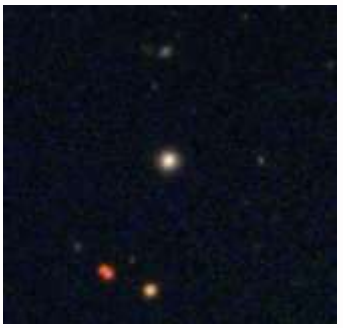
鉄が少ない星は、中心部の多くがブラックホールになってしまった超新星爆発で説明可能。
元の星は太陽の数十倍

30

2014年

特異な組成をもつ小質量星の発見

SDSS J001820.51−093939.2



（SDSSによる）

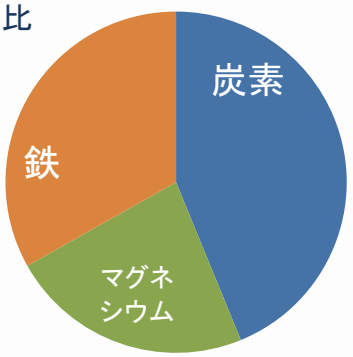
- 金属量（鉄組成）は太陽の約300分の1
- 太陽質量の半分程度の小質量星

31

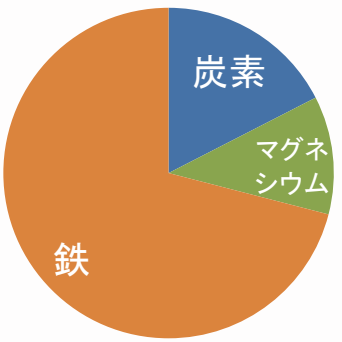
超新星の性質を診断する元素組成比
炭素・マグネシウム・鉄

典型的な初期世代星

重量比



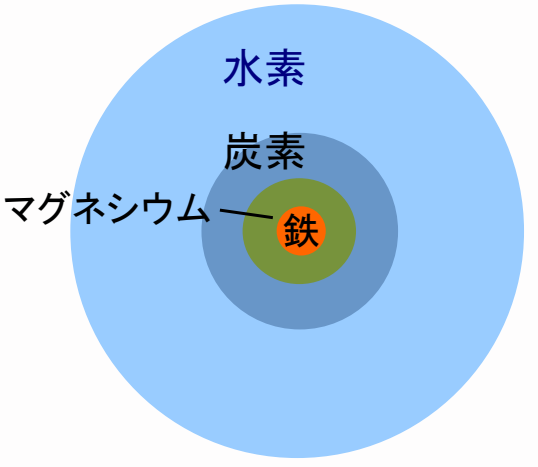
2014年に見つかった特異な組成の星



32

超新星爆発の起こり方によって決まる元素組成比

爆発直前の大質量星

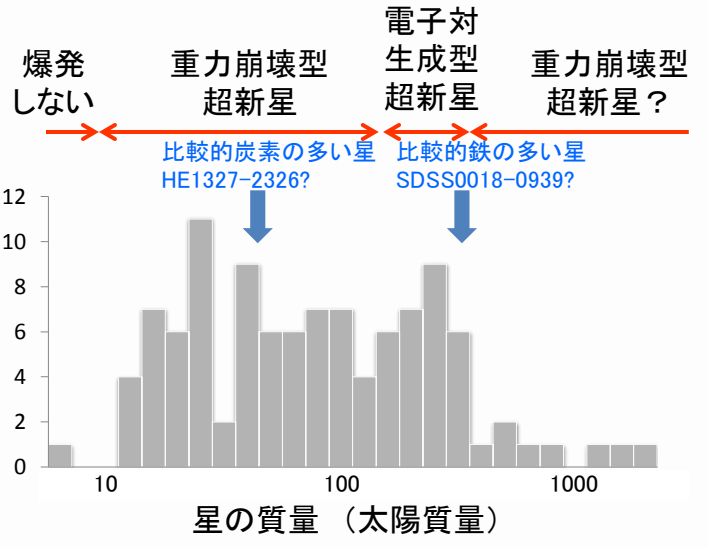


鉄が多い星は、中心部がブラックホールにならずに吹き飛んでしまう必要がある。
元の星は太陽の100倍以上？

※正確にいうと、中心で鉄が出来る前に爆発を起こし、その際に鉄がつくられて放出される。

33

初代星の質量はどのくらいだったか？



34

宇宙の初代星はどこまでわかったか

- 宇宙の初代星は、宇宙の構造や多様な物質世界がつくられるうえで重要な一歩
- 初代星の質量が観測によって推定できるようになってきている。
- 初代星のなかには太陽の100倍以上の巨大質量星が存在し、大量の鉄を作り出す超新星爆発を起こした可能性がある。

35

今後の初期世代星の観測計画

•新たな大規模サンプルの観測
サーベイ望遠鏡LAMOSTが稼働
➡すばるによる追跡詳細観測を開始

•宇宙初期に生まれた矮小銀河の星に初代星を探す➡すばる＋TMT

LAMOST (中国、興隆)

矮小銀河
ろくぶんぎ座A

TMT完成予想図＋すばる