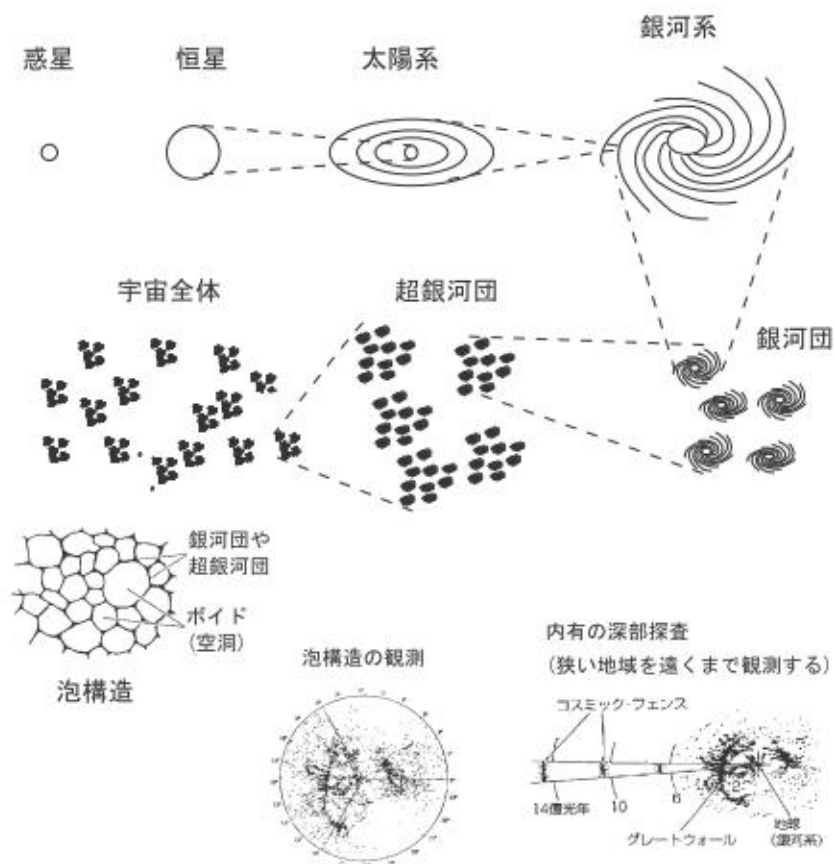


45. 宇宙の構造

宇宙の階層構造

宇宙には大小様々な構造がある。小さな構造が集まってより大きな構造を作る。宇宙の構造は、規模による階層を作っている。現在わかっている一番大きな構造(階層)は泡構造である。宇宙はビッグバンによって形成されたと考えられているが、まだ多くの謎がある。



銀河系の構造

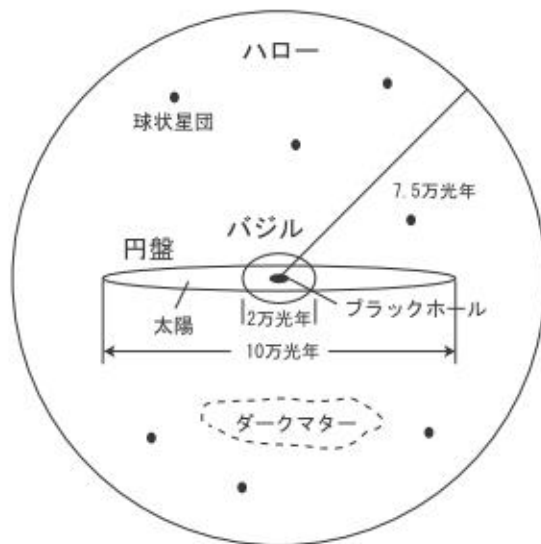
銀河系は渦巻きの形をしていて、約2000億個の星と星間ガスや塵でできている。中心部のバジル部と渦を巻く円盤部と周りの星のハロー部の3つで構成されている。

①大きさ

ハローは直径約15万光年(半径7.5万光年)で、円盤は直径約10万光年(半径5万光年)で、バジルは直径約2万光年(半径1万光年)である。円盤の厚さは約2000光年である。太陽は、中心から約2.8万光年にある。

②各部の特徴

- ・バジル部：銀河系中心部の扁平な楕円体の部分で、老齢な星が多くあり、中心には巨大ブラックホールがある。
- ・円盤部：約2億年で1回回転している。星が形成されていて、若い星や星団や星雲などがあり、散開星団を作っている。
- ・ハロー部：老齢な球状星団などがある。ハローの星の運動を調べると観測されている星だけでは質量が足りないのて、ダークマターという未知の物質の存在が推定されている。



46. 太陽と恒星

恒星の種類

太陽のように、自分で燃えて光る星を恒星という。恒星は、明るさと星の色でいくつかの種類に分類される。星の色は、星の表面温度と関連する。赤い色は波長が長く、星の表面温度は低い。青白い色は波長が短く、星の表面温度は高い。

①赤色巨星

赤色で、明るい星。赤色なので星の表面温度は低いが、星のサイズが大きいので明るくなる。

②白色矮星

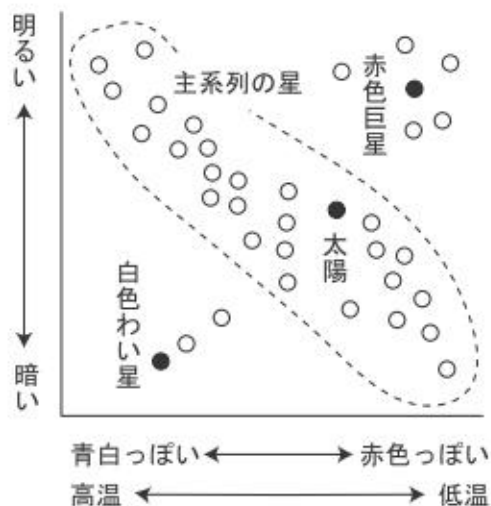
青白で、暗い星。青白なので星の表面温度は高いが、星のサイズが小さいので暗くなる。

③主系列の星

青白で明るい星や赤色で暗い星。特別な仕組みを考えなくてもいい普通の星。数が一番多いので、主系列の星という。太陽は主系列の星である。

主系列の星は、ほぼ同じ構造でできていると考えられるので、明るい星ほどサイズと質量が大きくなり、暗い星ほど、サイズと質量が小さくなる。

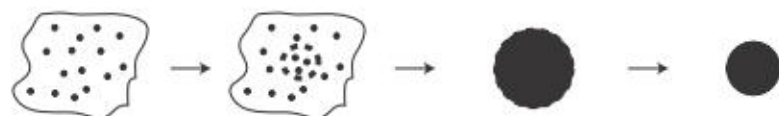
太陽は、明るさも、星の色もサイズも質量も中ぐらいの平均的な恒星である。



恒星の形成

恒星は、つぎの4段階でできる。

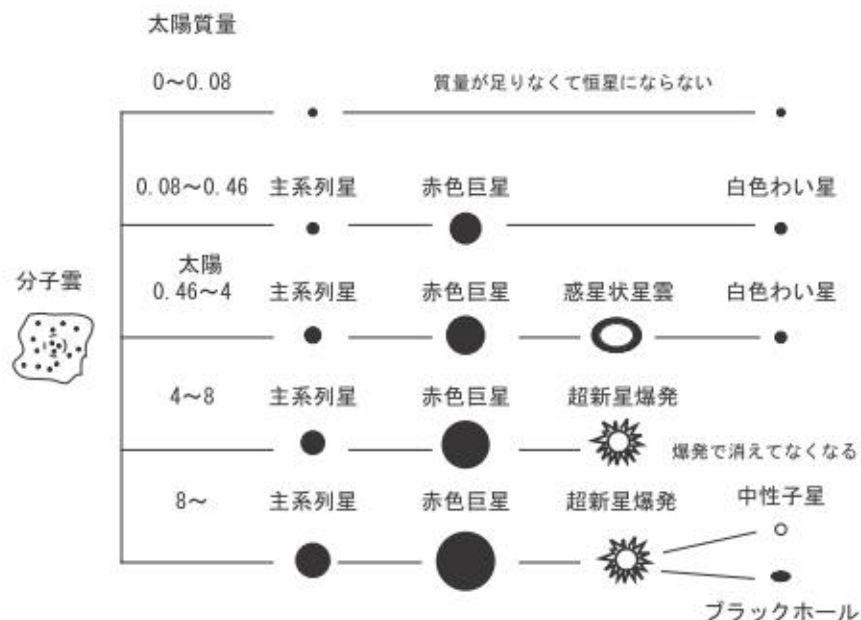
- ①星間ガスや塵が集まって分子雲を作る。
- ②分子雲の中に分子雲コアができる。
- ③原始星ができる。
- ④恒星ができる。



恒星の一生

恒星にも誕生から寿命までの一生がある。恒星の一生は、恒星の質量によって違う。恒星の質量は太陽の質量(太陽質量)と比較して表す。

太陽と似た質量の恒星は、最後は白色わい星になる。



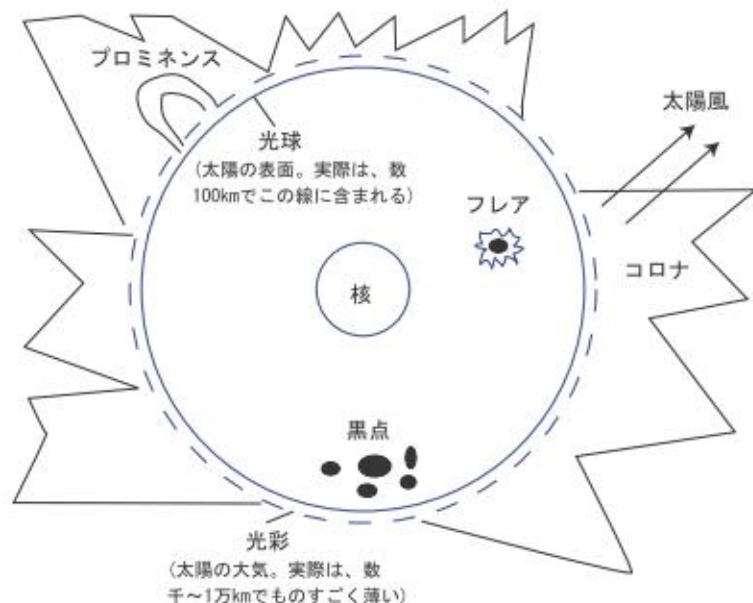
47. 太陽の特徴

太陽の構造

太陽の直径は地球の約109倍で、質量は約33万倍である。平均密度は 1.4g/cm^3 で地球の約1/4である。ほとんどが水素とヘリウムでできていて、水素の核融合反応で燃えていて毎秒約6億tが使われる。

中心部の温度は約1500万K、表面温度は約6000Kである。黒点の温度は約4000Kで、周囲より低温なので黒く見える。黒点の部分が光る時があり、フレアという。フレアは太陽活動の活発化を示すので、黒点が多く現われる時は太陽活動が活発だと考えられている。

表面の薄い大気を彩層といい、数千から1万Kで燃えている。彩層のさらに外側を温度100万Kを超えるコロナがとりまいている。彩層からは、時々プロミネンスというガスが吹き出る。コロナのガスの一部(水素やヘリウムの原子核や電子)は、太陽風となって地球にやってくる。



太陽大気に含まれる元素は、太陽光の連続スペクトルの中にあるフラウンホーファー線で分かる。元素が電磁波の特定波長を吸収するので、その元素の部分が暗くなる。



太陽も地球のように反時計回りで自転している。太陽の自転は黒点の動きでわかる。太陽はガス体なので自転周期は緯度で異なり、差動運動という。約26日~30日で赤道で早く極で遅い。



太陽風と地球の磁気圏

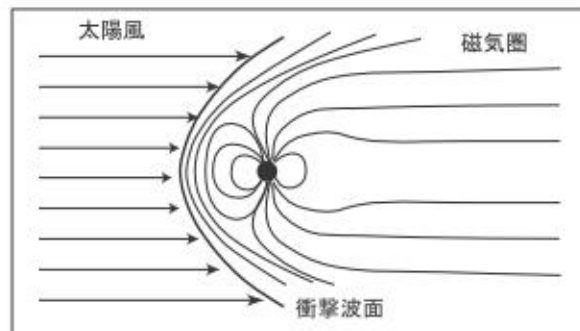
①磁気圏：地球は大きな磁石なので、地球の周りに大きな磁場があり、その磁場がはたらく範囲を磁気圏という。磁気圏には、太陽や宇宙から飛んできた電子や陽子が補足されている。

太陽のコロナから太陽風となって飛び出した水素やヘリウムの陽子や電子が磁気圏とぶつくと、衝撃波面ができる。そのため、地球の磁気圏は太陽側が狭く、太陽と反対側に大きく尾を引いている。磁気圏の太陽側は地球半径6千kmの10倍の約約6万kmにあり、尾の部分は100万kmを超えていると考えられている。

②オーロラ：磁気圏に補足されている陽子や電子が磁気圏の磁力線に沿って北極や南極に落ちてくるとオーロラができる。

③磁気嵐：太陽表面(光球)でフレアが発生すると、 γ 線、X線、紫外線が大量に放出される。

それらが磁気圏に到達すると、短波通信の障害が起こる。それを磁気嵐(デリンジャー現象)という。磁気嵐では、低緯度でもオーロラが見られることがある。



48. 宇宙の元素存在比

宇宙と太陽系の元素存在比

宇宙全体の元素存在比は測定できない。太陽は宇宙で平均的な恒星なので、太陽系の元素存在比を宇宙全体の元素存在比とする。下の表は、宇宙(太陽系)と隕石(石質隕石)と地球全体の元素存在比である。

宇宙(太陽系)は水素とヘリウムが一番多い。地球は隕石が集まってできたから、地球と隕石は酸素と鉄がベスト2で似ている。地球で一番多い鉄(とニッケル)は核にある。

| | 宇宙(太陽系) | 隕石 | 地球 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| ① | H 水素 | O 酸素 | Fe 鉄 |
| ② | He ヘリウム | Fe 鉄 | O 酸素 |
| ③ | O 酸素 | Si ケイ素 | Si ケイ素 |
| ④ | C 炭素 | Mg マグネシウム | Mg マグネシウム |
| ⑤ | Ne ネオン | Ni ニッケル | Ni ニッケル |
| ⑥ | Fe 鉄 | S 硫黄 | Ca カルシウム |
| ⑦ | N 窒素 | Ca カルシウム | Al アルミニウム |
| ⑧ | Si ケイ素 | Al アルミニウム | S 硫黄 |
| ⑨ | Mg マグネシウム | Na ナトリウム | Cr クロム |
| ⑩ | S 硫黄 | Cr クロム | Na ナトリウム |

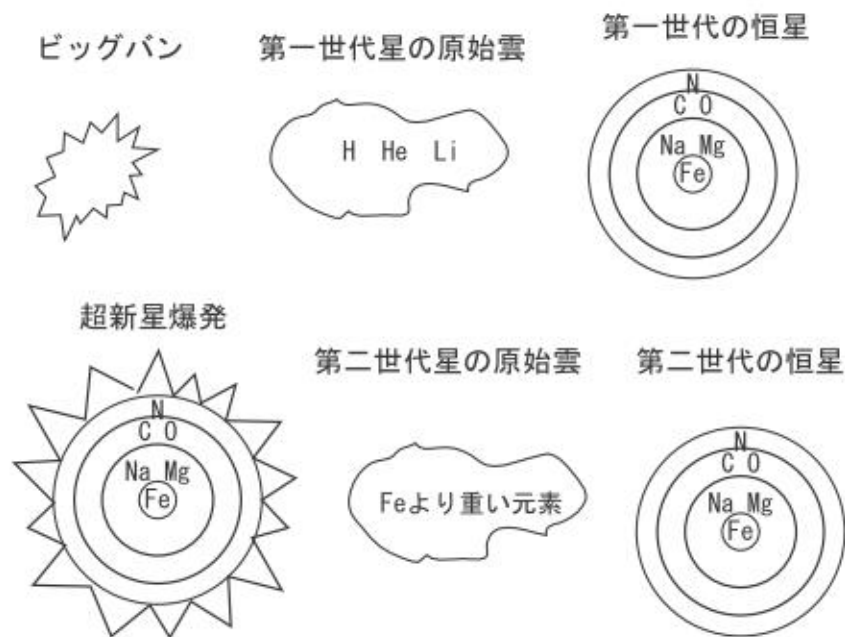
宇宙での元素の形成

宇宙はビッグバンで形成されたと考えられている。ビッグバンから数分たつと、陽子や中性子や電子ができた。数万年たつと太陽質量の10~100億倍の質量の陽子や中性子や電子が集まって、水素とヘリウムとリチウムができた。

水素とヘリウムとリチウムが集まって第一世代の恒星ができた。恒星内部の核融合で、窒素や炭素や酸素やナトリウムやマグネシウム等の鉄より軽い元素ができて、最後に鉄が恒星内部でできた。

第一世代の恒星に寿命がきて超新星爆発が起きると、超新星爆発の中で、鉄より重い元素ができた。

すべての元素ができると、第二世代の恒星ができて、現在の宇宙の姿になった。



49. 地球・花こう岩・海

花こう岩と海の元素存在比

下の表は、宇宙と隕石と地球全体と花こう岩と海(海水)の元素存在比である。

花こう岩は酸性岩でSiO₂が66%以上なので、酸素とケイ素が多い。海は水でできているので、水素と酸素が多い。

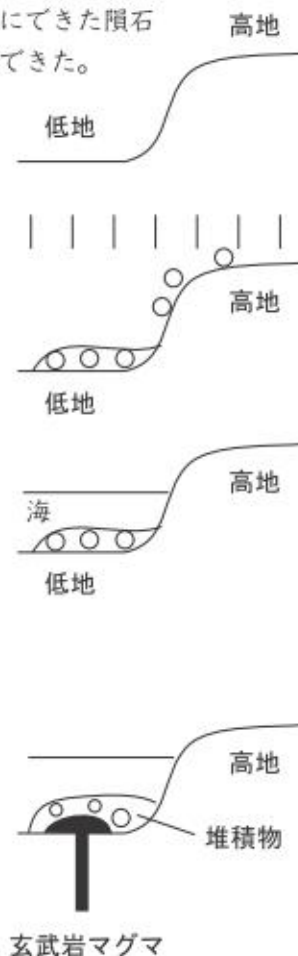
初期地球は隕石が集まってできた。花こう岩は、初期地球の高地が雨に削られて、礫・砂・泥になって海に堆積し、玄武岩マグマの熱で

| | 宇宙(太陽系) | 隕石 | 地球 | 花こう岩 | 海 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① | H 水素 | O 酸素 | O 酸素 | O 酸素 | H 水素 |
| ② | He ヘリウム | Fe 鉄 | Fe 鉄 | Si ケイ素 | O 酸素 |
| ③ | O 酸素 | Si ケイ素 | Si ケイ素 | Al アルミニウム | Cl 塩素 |
| ④ | C 炭素 | Mg マグネシウム | Mg マグネシウム | Fe 鉄 | Na ナトリウム |
| ⑤ | Ne ネオン | Ni ニッケル | S 硫黄 | Ca カルシウム | Mg マグネシウム |
| ⑥ | N 窒素 | S 硫黄 | Al アルミニウム | K カリウム | S 硫黄 |
| ⑦ | Mg マグネシウム | Ca カルシウム | Ca カルシウム | Na ナトリウム | Ca カルシウム |
| ⑧ | Si ケイ素 | Al アルミニウム | Ni ニッケル | Mg マグネシウム | K カリウム |
| ⑨ | Fe 鉄 | Na ナトリウム | Cr クロム | Ti チタン | Br 臭素 |
| ⑩ | S 硫黄 | Cr クロム | P リン | P リン | C 炭素 |

融けてできた。(下図推定) 岩石が砕けて粘土になると、MgやCaやNaなどの有色鉱物の主成分の金属が海水に溶け出す。残った無色鉱物の成分が融けてできたので、花こう岩は白い。

初期地球の大気は炭素質隕石に含まれていた気体成分からできた。水蒸気や二酸化炭素や塩素や臭素が雨や雨に溶けて海水になった。粘土から溶け出したMgやCaやNaと塩素が塩を作ったので、海水は塩っぱい。

花こう岩も海水も、太陽系で同時にできた隕石が元になって、地球らしい仕組みでできた。



50. 宇宙・地球・花こう岩・海・人間

人間の元素存在比

下の表は、宇宙と隕石と地球全体と花こう岩と海と人間の元素存在比である。

人間は、60%の水と20%のタンパク質と15%の脂肪(男女で逆)と5%のミネラル等でできている。水は水素と酸素でできている。タンパク質と脂肪は有機物で、炭素と水素と酸素と窒素等でできている。そのため、人間の元素存在比ベスト3は、水素、酸素、炭素である。

人間の元素存在比のうち、水素、酸素、炭素、窒素、硫黄は宇宙のベスト10に入る。ナトリウム、カルシウム、リン、カリウムは隕石や花こう岩のベスト10に入る。塩素は海のベスト10に入る。生物は太陽系の地球の海で誕生した。人間の体の元素存在比は、宇宙→太陽系→隕石→地球→花こう岩→海→生物→人間の全過程の反映である。

太陽系外惑星探査機「ケプラー」は3000コ以上の惑星候補を発見している。その中には地球サイズの惑星もある。地球型惑星の存在も期待できる。人間の体は宇宙の一般的な元素でできている。太陽も宇宙で平均的な恒星である。宇宙に生命がいるのは確実だ。人間タイプの「宇宙人」もいるかもしれない。

| | 宇宙(太陽系) | 隕石 | 地球 | 花こう岩 | 海 | 人間 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| ① | H 水素 | O 酸素 | O 酸素 | O 酸素 | H 水素 | H 水素 |
| ② | He ヘリウム | Fe 鉄 | Fe 鉄 | Si ケイ素 | O 酸素 | O 酸素 |
| ③ | O 酸素 | Si ケイ素 | Si ケイ素 | Al アルミニウム | Cl 塩素 | C 炭素 |
| ④ | C 炭素 | Mg マグネシウム | Mg マグネシウム | Fe 鉄 | Na ナトリウム | N 窒素 |
| ⑤ | Ne ネオン | Ni ニッケル | S 硫黄 | Ca カルシウム | Mg マグネシウム | P リン |
| ⑥ | N 窒素 | S 硫黄 | Al アルミニウム | K カリウム | S 硫黄 | S 硫黄 |
| ⑦ | Mg マグネシウム | Ca カルシウム | Ca カルシウム | Na ナトリウム | Ca カルシウム | Na ナトリウム |
| ⑧ | Si ケイ素 | Al アルミニウム | Ni ニッケル | Mg マグネシウム | K カリウム | Ca カルシウム |
| ⑨ | Fe 鉄 | Na ナトリウム | Cr クロム | Ti チタン | Br 臭素 | K カリウム |
| ⑩ | S 硫黄 | Cr クロム | P リン | P リン | C 炭素 | Cl 塩素 |