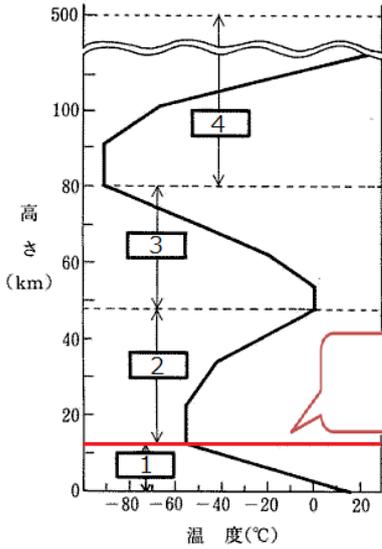


第3編 大気・海洋編

3-1: 大気の構造

実は大気圏の構造は一様ではなく、様々な性質を持っている。つまり、地表からの高さによって気温、密度、化学組成が変化している。

大気圏は気体の変化から以下のように区分されている。



1: [] → 地表から 0~10 数[km]ほど。ここでの気温は 100[m]上昇するごとに平均 0.65[°C]下がる ([])。文字通り気体の対流が活発なため、雲の発生、降雨等の気象変化を起こすエリアである。

2: [] → 地表から 10 数~50[km]くらい。高さ 20[km]までは気温は一定でそれより上空では気温は上がる。高さ 20~30[km]に []があり、そのせいでこの層の上部が高温になる。

● : 対流圏と成層圏の境界面を []という。

3: [] → 地表から 50~80[km]くらい。気温減少率は対流圏より小さい。

4: [()]

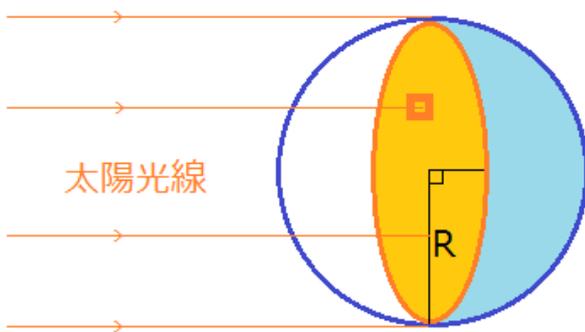
→ 高さ 80[km]くらいから大気の上限まで。ここでの大気の一部は太陽からの放射によって電離してイオンになっていて、特に密度が濃い層を []という。地上から放射された電波を反射させる性質をもっている。また、ここでは []が出現する。

3-2：太陽放射

(1) 太陽定数

太陽からのエネルギーは、太陽光として地球に達する。太陽から1[天文単位] (=地球から太陽までの距離) だけ離れた地球の大気圏上面で、太陽光線に垂直な単位面積当たり単位時間に入射するエネルギー量を [] という (記号: I)。また、その大きさは

[] $[J/m^2 \cdot s] = [kW/m^2]$ である。



太陽光線は地球全体に平行な光線として入射する。その地域の地表で受ける太陽エネルギーの量は緯度によって変わるが、受ける総量は太陽光線に垂直な地球の断面積 S が受ける量に等しい。

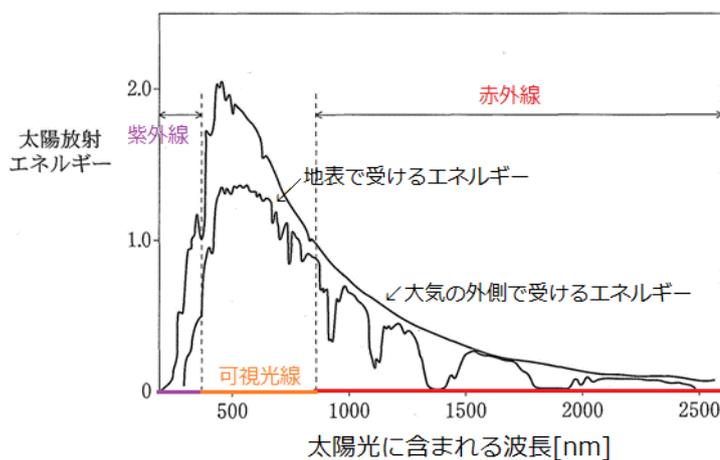
太陽光線に垂直な単位面積 $1[m^2]$ が $1[s]$ 間に受けるエネルギーは $I[J/m^2 \cdot s]$ である。

したがって、地球が $1[s]$ 間に受けるエネルギーの総量は、

となる。また、地球全体が受けるエネルギーの平均は、

である。

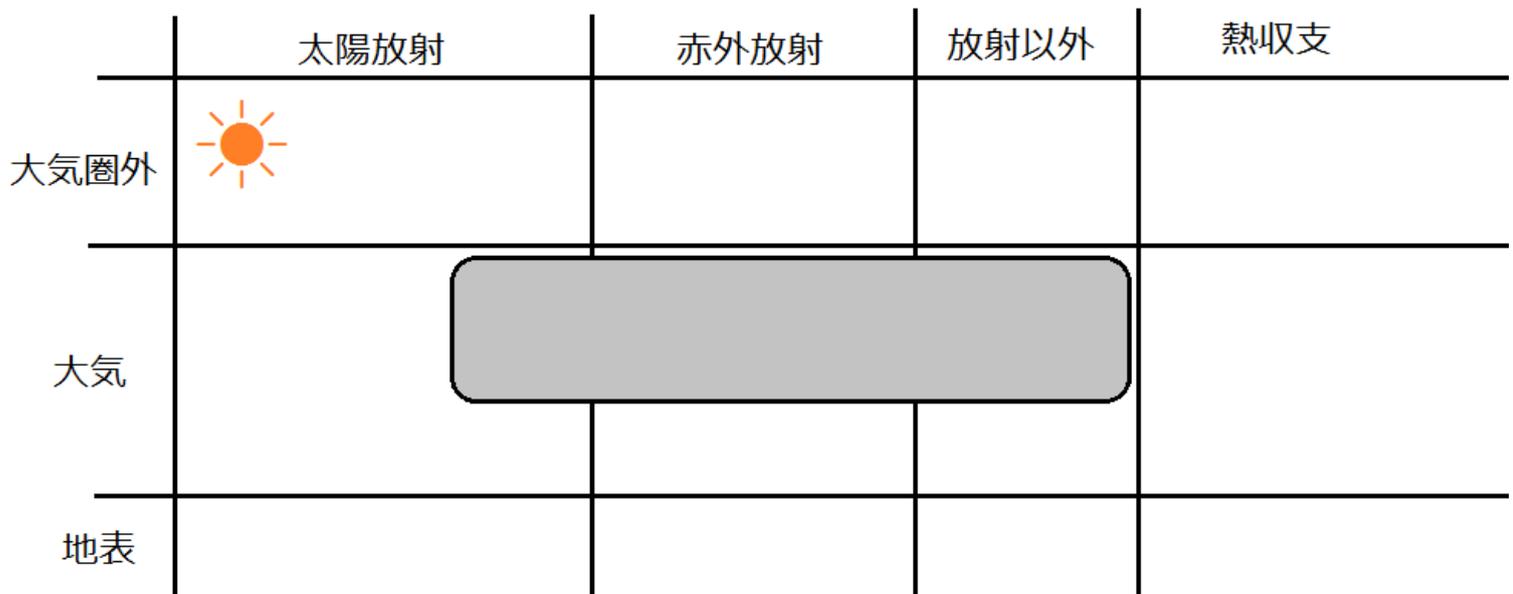
太陽光の中には我々の目に感じることができる可視光線、これより波長の小さい紫外線、波長の長い赤外線などの電磁波が含まれて、それぞれ以下のようなエネルギー分布を示す。



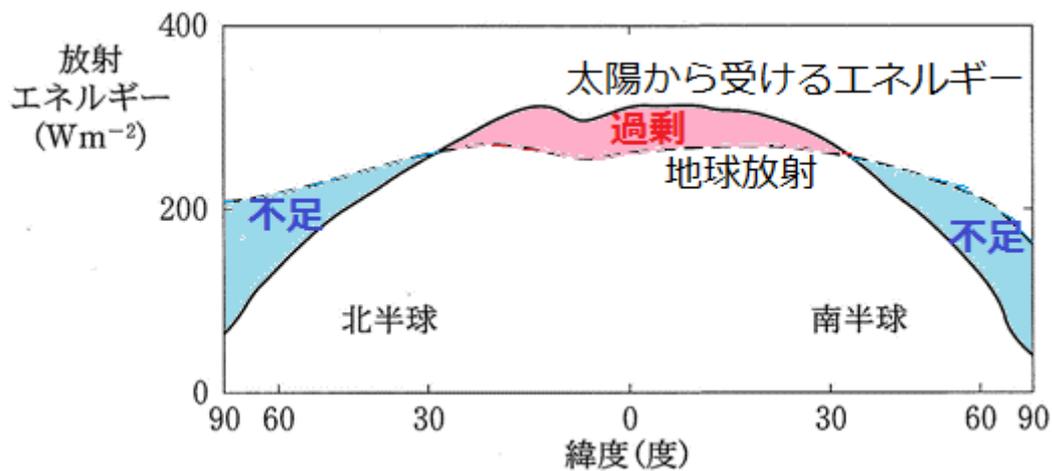
- ・ 太陽放射は [] が最も強い。
- ・ 成層圏の下部と対流圏で、水蒸気や二酸化炭素によって主に赤外線が吸収され、熱圏やオゾン層で紫外線が吸収される。

3-4：地球全体の熱収支

地球は絶えず太陽からエネルギーを受けているが、地表や大気の温度は安定している。これは、地球放射により太陽放射と等しい量のエネルギーを宇宙空間へ放出しており、地球全体の熱収支が釣りあっているからである。この状態を【 】という。



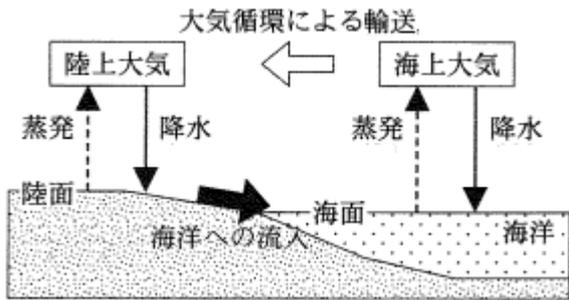
また、熱収支の緯度による変化は次の図のとおりである。



地球全体では熱収支は釣りあっているが、緯度ごとで細かく見てみると熱収支は釣りあっていないことが分かる。低緯度付近では太陽から受けるエネルギーの量が地球から放射されるエネルギーの量を上回っているため熱収支は過剰であるが、高緯度付近では地球から放射されるエネルギーの量が太陽から受けるエネルギーの量を上回っているため熱収支は不足になる。

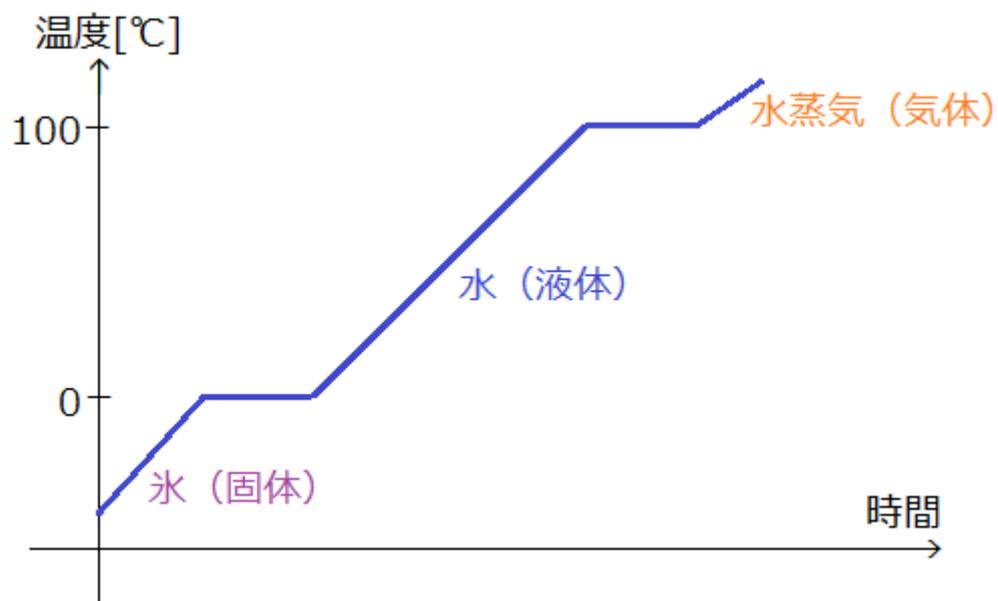
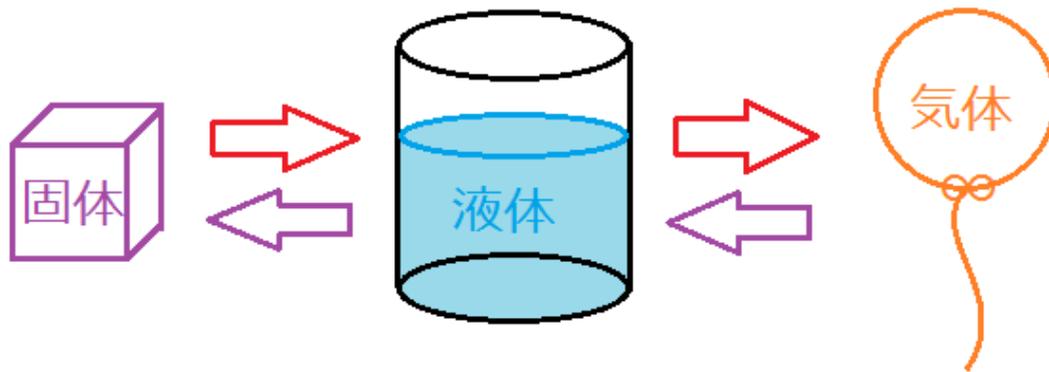
3-5：水の循環と状態変化

(1) 水の循環



地球上には約 15 兆トンの水があると言われており、そのうち 98%は海水である。それらの水は固体・液体・気体と状態を変えながら地球上を循環している。水を循環させる原動力は太陽放射エネルギーである。

(2) 状態変化

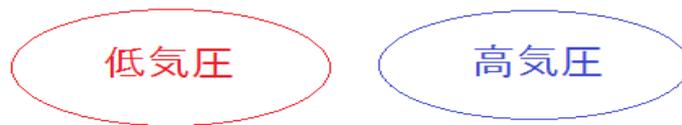


3-8：大気の気圧配置

日本の四季は、大気の気圧配置によってもたらされる。

(1) 低気圧・高気圧

等圧線に囲まれ、周囲よりも気圧の高い所を []、周囲よりも気圧が低い所を [] という。



・温帯低気圧

→ 大気中の冷たい大気（寒気）と暖かい大気（暖気）が接する場所で起こる低気圧。

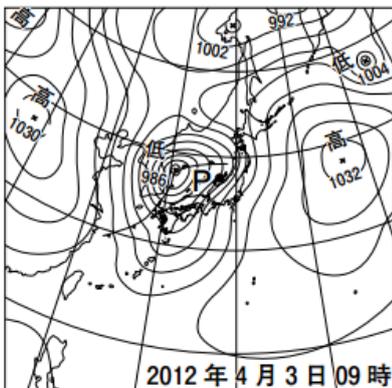


図1

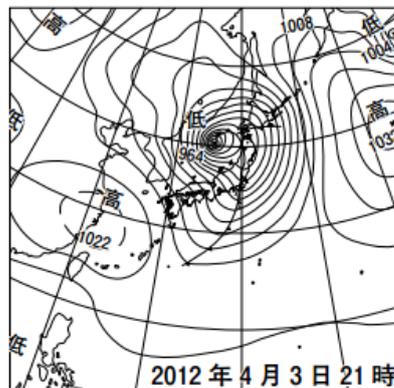


図2

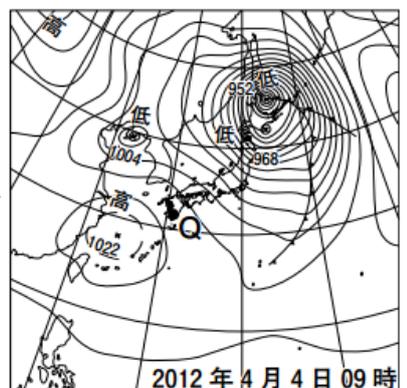
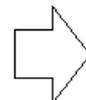
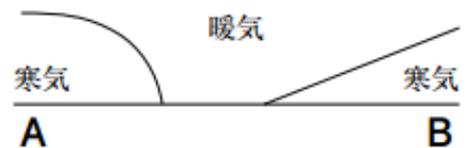
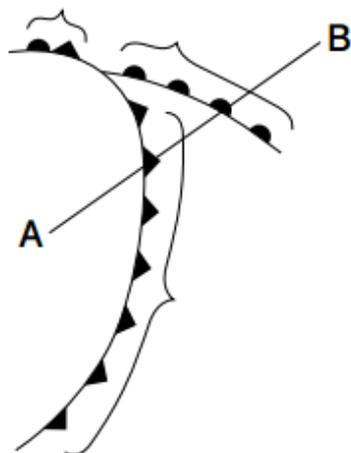


図3



・熱帯低気圧

→ 熱帯から亜熱帯（緯度 5° ～ 20° ）の海域で発生する低気圧。

台風 : []

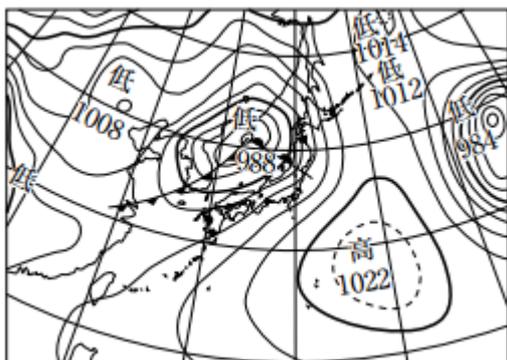
サイクロン : []

ハリケーン : []

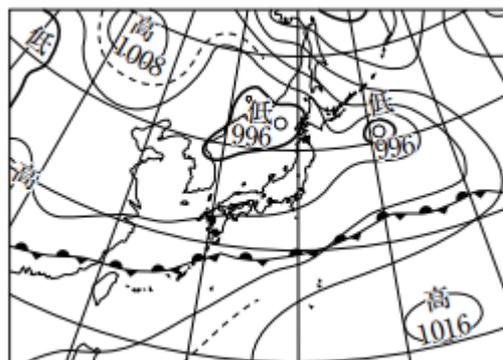
台風のエネルギーは海面から蒸発した水蒸気が水滴に凝結するとき放出する潜熱であるので、水温の高い海域では発達するが、水温の低い海域や陸上では勢力が衰える。

(2) 日本の四季

・春一番



・梅雨/秋雨前線



・夏型



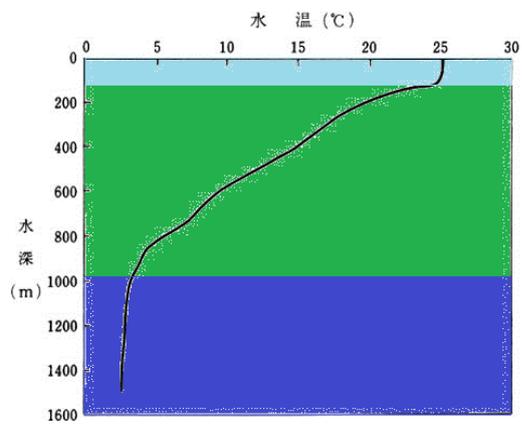
・冬型



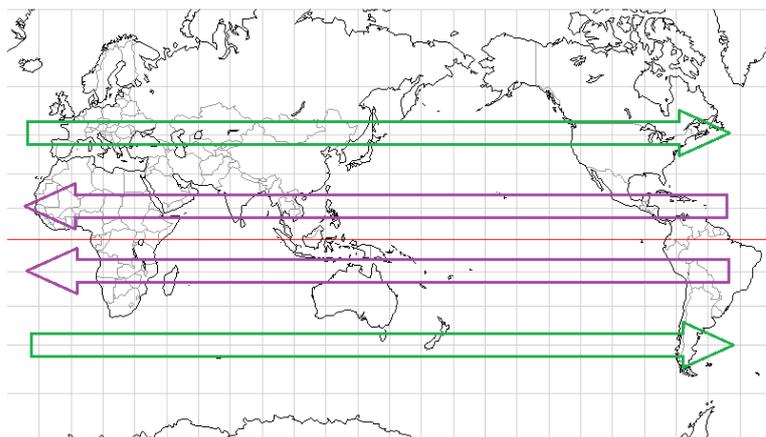
3-9：海洋の構造

大気と同様、海洋も温度によって層が分けられる。

(1) 海水の層構造



(2) 海洋の水平方向の循環（海流）



(3) 海洋の上下方向の循環

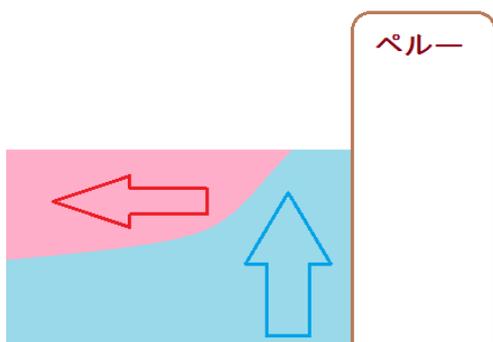


・ラニーニョ現象

→ []

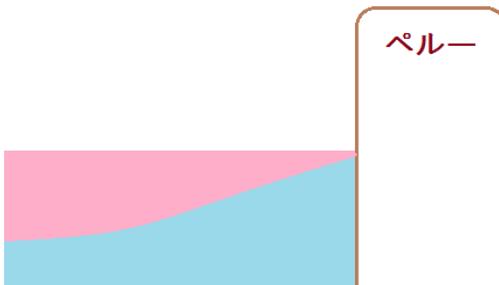
ラニーニョ現象が起こると、日本では猛暑・厳冬をもたらすが、台風は減少する。

((Point : エルニーニョ現象・ラニーニョ現象時の水温分布))



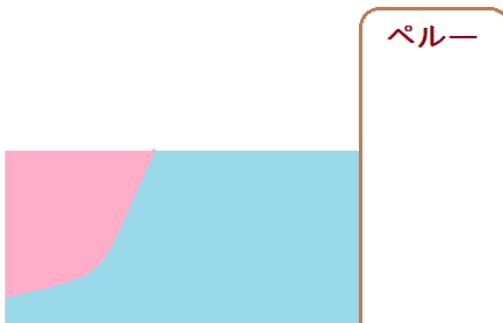
・ 平年の状態の水温分布

平年時では、貿易風によって表層の暖水が東から西に運ばれ、暖水層は西に厚く、東に薄い状態になる。西に運ばれた表層水を補うように低温の深層水が湧きあがってくる。



・ エルニーニョ現象時の水温分布

貿易風が弱まり、暖水層が西に運ばれなくなったため、低温の深層水が上がってこなくなる。



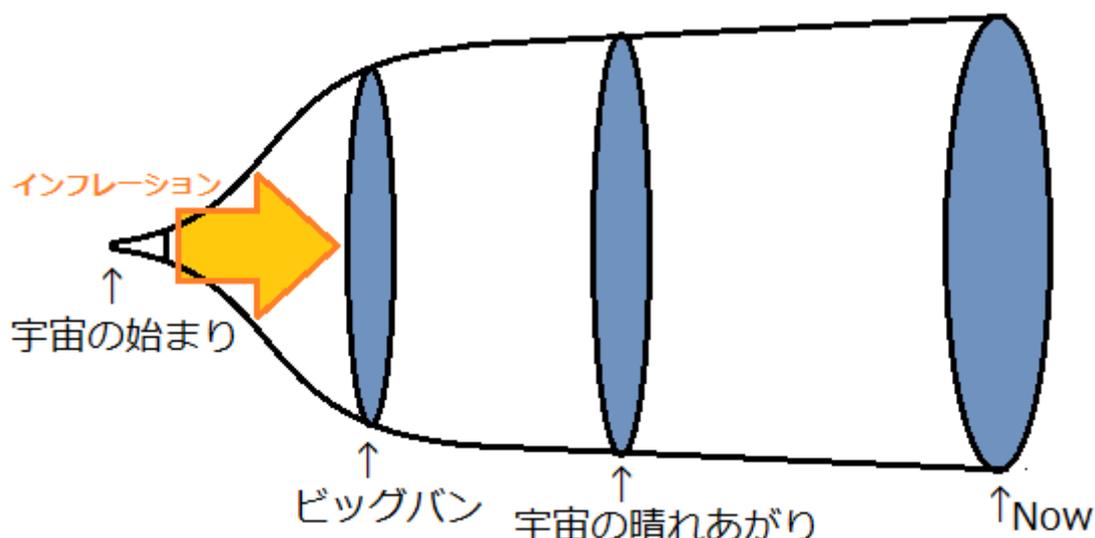
・ ラニーニョ現象時の水温分布

貿易風が強まり、暖水層が西へ大きく移動され、低温の深層水が強く上昇する。

第4編 宇宙・天文編

4-1: 宇宙の始まり

「宇宙はいつ、どこから、どのようにしてやってきてきたのか。」このテーマは大昔から長い間議論されてきた。



宇宙は今から約 [] に始まったと考えられている。始まったばかりの宇宙は超高温であり、光・電子などの粒子が高密度に集まった状態であった。この状態から宇宙が急膨張 ([]) し、爆発を引き起こした。このような爆発を [] と呼ぶ。

ビッグバンを迎えた後、宇宙の温度は徐々に下がっていった。温度が下がるとともに様々な元素が誕生した。誕生したばかりの宇宙にあった元素は [] と [] であると考えられている。

さらに温度が低下すると、原子核が電子をとらえて原子を形成する。これによって宇宙に満ちていた光は直進することができるようになった。これを [] という。

その後も宇宙は進化していき、たくさんの恒星、惑星、銀河を形成し、現在に至る。また、私たちの銀河系から遠い銀河ほど、後退速度が速いということも分かっている。これは、宇宙全体が一様に膨張していることを示している。(ハッブルの法則)

4-2：現在の宇宙空間

(1) 宇宙の構造

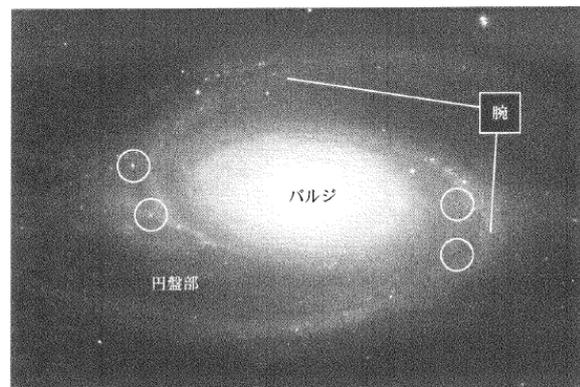
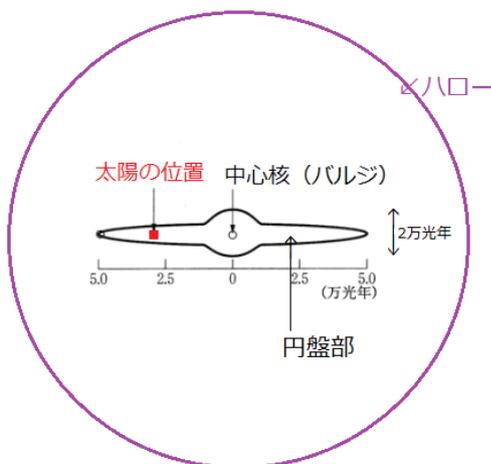
時代を今現在に戻そう。現在の宇宙空間にはたくさんの恒星や惑星などの天体が存在している。また、その天体のすきま（恒星間の宇宙空間、恒星のない空間）にも希薄ではあるが物質がたくさん存在する。このような物質を【 】という。星間物質中には、多数の分子が見つかっており、中には生命の起源に関係あるとされている複雑な有機化合物も存在するという。

また、星間物質たちが重力の働きで収縮し、核反応のはじめ、恒星が誕生する。星とガスの集団である【 】が、重力によってさらに集まり集団をつくる。50個未満の銀河の集団を【 】、50個以上1000個未満の銀河の集まりを【 】、それ以上の銀河の集まりを【 】と呼ぶ。超銀河団は1億光年レベルの構造を持つとも言われている。

宇宙は、超銀河団が密集した膜のような領域と、銀河をほとんど含まない空洞の領域（ボイド）からなる。その様子が巨大な泡の集合体のように見えることから、このような構造は【 】と呼ばれる。

(2) 銀河系の構造

我々が住んでいる地球が含まれる太陽系がいる銀河を【 】という。



渦巻銀河 M 81 の写真 (NASA ハッブル宇宙望遠鏡撮影)

散光星雲や暗黒星雲の例を○で囲んでいる。明るく光っているのが散光星雲、帯状に黒く見えるのが暗黒星雲である。

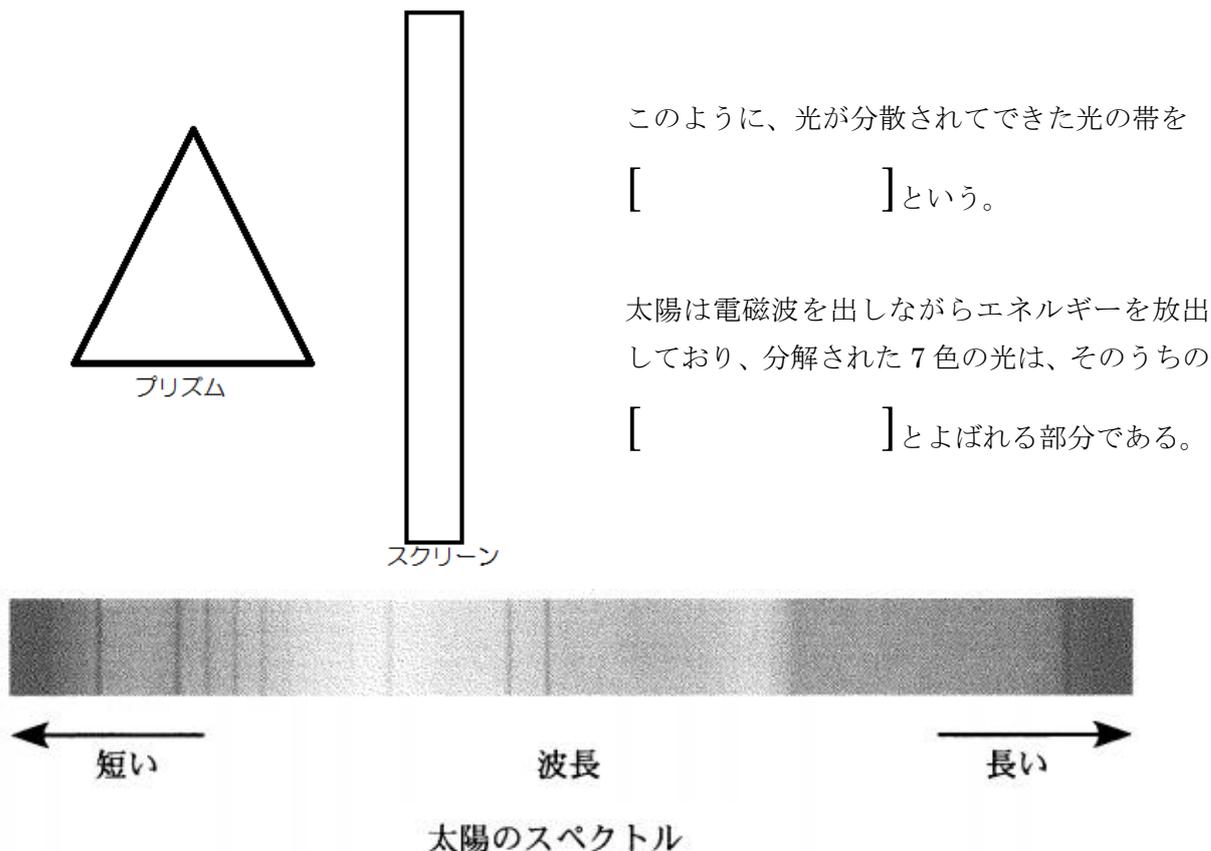
地球から銀河系の中心を見ると、その様子は【 】として観測される。

4-3：太陽☀

我々は銀河系のなかの太陽系に住んでいる。太陽は地球から一番近い恒星である。莫大なエネルギーを放出しながら光り輝いているのだが、この源は何だろう…？

(1) 太陽光

雨上がりにみられる虹が 7 色なのは、太陽光が大気中の水滴によって 7 色に分散されるためである。これは太陽光には波長の違う様々な光波が存在するからである。



このように、光が分散されてできた光の帯を
[]という。

太陽は電磁波を出しながらエネルギーを放出
しており、分解された 7 色の光は、そのうちの
[]とよばれる部分である。

太陽光によってできたスペクトルをよく観察すると、そのスペクトルの中に多数の暗い線が見られる。これを []と呼ぶ。この線は太陽の周りの大気等に含まれる原子やイオンなどの粒子が、特定の波長の光を吸収するために起こる。その結果、太陽大気には水素が約 []、ヘリウムが約 []含まれていることが分かった。

♪ 恒星の表面温度と色

恒星の表面温度が高いほど、放射するエネルギーが大きく、波長の短い波長を放出する。そのため、表面温度が高い恒星ほど青く、表面温度が低い恒星ほど赤い。これは光のエネルギーは振動数が大きく、波長が短いほど大きいからである。

(2) 太陽の構造

太陽を直接目視してはいけない。太陽の光はとてもまぶしく、無理して見続けると失明の危険がある。そうならないために望遠鏡を使って投影することで観察する。

・ [] : サングラスを通して太陽を観たときに円盤状に見える部分。

投影してできた太陽像は白い円盤に映る。表面温度は約 5800K。

・ [] : 光球を包む厚さおよそ 3000km のガス層。

・ [] : 周囲の光球より温度がやや低い場所。温度は約 4000K。ここには地球よりはるかに強い磁場があり、その磁力線の作用により、内部からの高温ガスが運ばれにくくなったために、温度が周りよりも低くなる。また、黒点の中心部の黒い部分を

[]、その周辺の薄暗い部分を [] という。

・ [] : 太陽面の縁周辺にみられる明るい斑点。温度は約 6400K 。

・ [] : 太陽表面全体に見られる粒状の模様。ガス対流の表面のすがたを表す。

・ [] : 光球を写真で撮るときに、周縁部近くが暗く観察される現象。

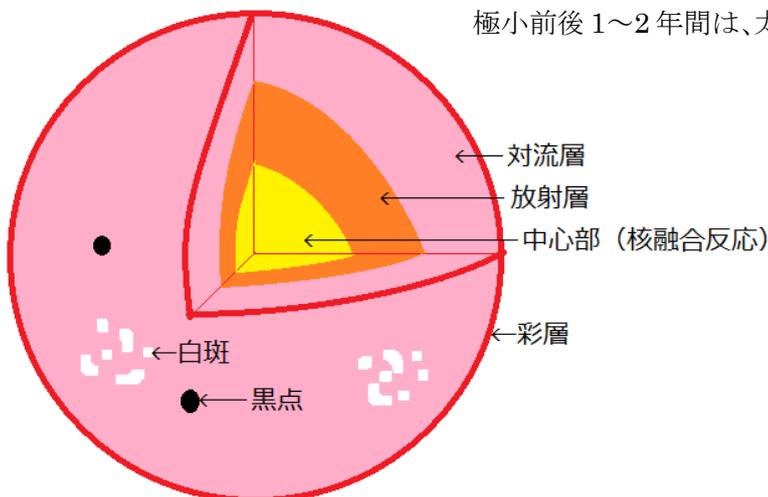
・ [] : 彩層の外側の大气層。大気はプラズマ状態（電離気体状態）にある。

・ [] : 彩層からコロナにかけて、炎のように上がる気体。

・ [] : 黒点の数が増減する約 11.1 年の周期。

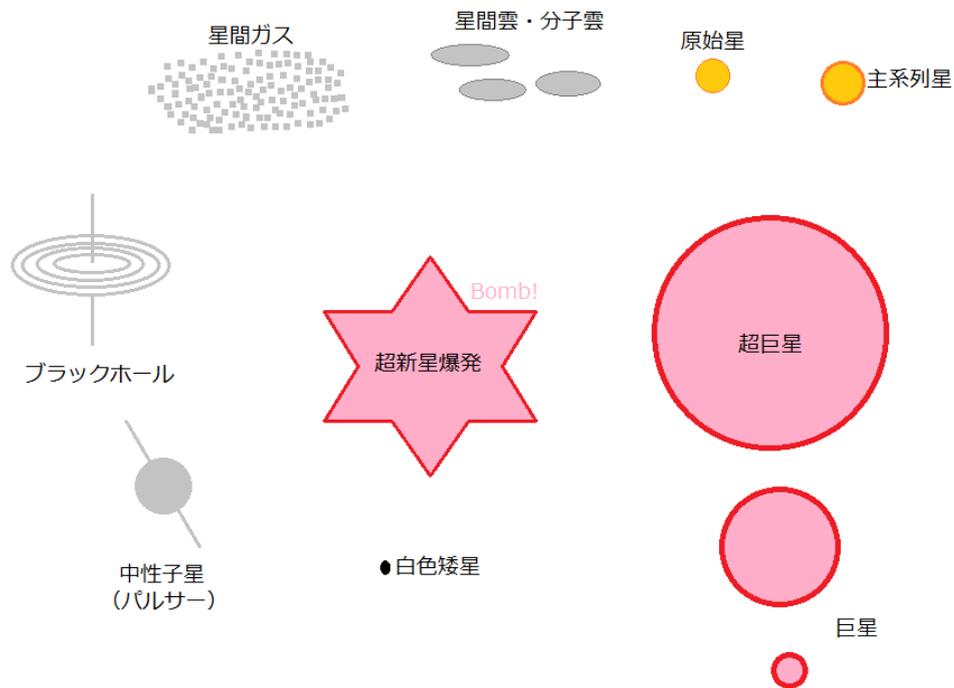
極大前後 1~2 年間は、太陽活動極大期。コロナは大きくなる。

極小前後 1~2 年間は、太陽活動極小期。コロナは小さくなる。



(3) 太陽・恒星の成長

太陽は、巨大な星間雲が収縮して誕生した。収縮し始めた時の星間物質は現在の太陽の約 1000 倍であると言われている。重力による収縮が安定した結果、原始星の段階にある太陽（原始太陽）が誕生した。残りの星間物質は太陽系惑星へと進化していった。

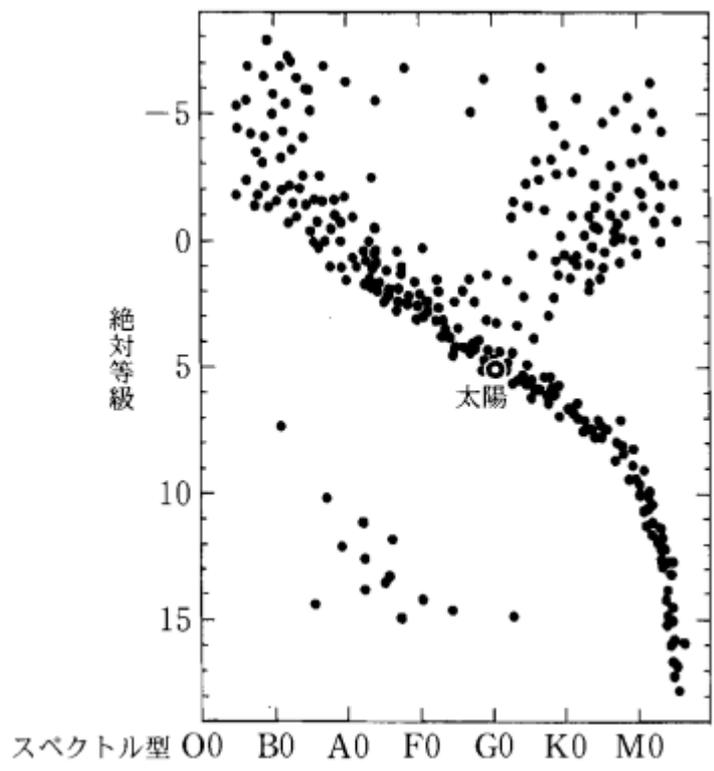


太陽に限らず、宇宙の中の恒星は中心部で水素をヘリウムに変換させる。中心部で水素を使いきるまで恒星は安定して輝き続ける。この状態の星を【】と呼ぶ。

中心部の水素が消費しきると、今度は中心部を囲む狭い領域で核融合反応が始まる。そのため中心部と周辺部でのバランスが釣りあわなくなり（恒星の中心部は収縮していくが、周辺では膨張していく）、恒星の外層は急膨張する。表面温度も低下し、表面の色も赤色になっていく。この状態の星を【】と呼ぶ。

太陽の場合、今度はヘリウムが核融合反応によって炭素・酸素がつくられるようになる。そうすると再びバランスを取り戻し、恒星は収縮する。ヘリウムが消費しきられると、中心部には炭素と酸素が残され、ヘリウム核融合反応は中心部の周辺で行われる。そうなることで再びバランスが崩れ、星が膨張していく。太陽では炭素や酸素は核融合できないので、やがて外層が放出され、【】となる。

(4) HR図



4-4：太陽系惑星

(1) 太陽系の誕生

前述の通り、太陽は宇宙空間にある星間雲が集まってできたと考えられている。星間雲が回転しながら収縮して円盤状になり、その中心で〔 〕が誕生した。原始太陽を中心とした、現在の惑星などを形成した円盤状の星間雲は〔 〕と呼ばれる。

原始太陽系星雲中のガスや塵が吸着・合体を繰り返して、約 100 万年の間に、直径が 10km 程度の〔 〕と呼ばれる微小な天体が無数にできたとされている。その微惑星らがたくさん衝突・合体し、直径 1000km 程度の質量の大きい天体（〔 〕）がつくられた。

微惑星は円盤の内側ほど密集しており、速く公転していたと考えられていたので、原始太陽に近い微惑星ほど衝突回数が多い。そのため、現在の太陽に近い領域にできた原始惑星は岩石質で質量が小さく、ガスを周囲に集めることができなかった。そのような原始惑星が合体・衝突して〔 〕が形成された。また、太陽から距離の遠い領域では、岩石があまり集まらず、ガス惑星である〔 〕が形成された。太陽からの距離が遠い惑星ほど形成年月が長いのが特徴である。

(2) 地球型惑星

・水星 Mercury

- 太陽系第一惑星。太陽系惑星の中で半径と質量が最も小さい惑星。
大気がほとんどないので、表面温度は、昼は約 450°C、夜は約 -170°C に達する。
表面には多数のクレーターがある。

・金星 Venus

- 太陽系第二惑星。金星の大きさ、形、内部平均密度、鉱物組成は地球に似ている。
地球とは異なり、磁場や液体としての水は存在しない。自転の向きも逆である。
金星の大気は、二酸化炭素が主成分で、表面気圧は地球の 95 倍。そのため温室効果で表面温度は約 465°C に達する。硫酸の雨が降ることも特徴である。

・地球 Earth

- 地球の平均気温は約 15°C、赤道半径は約 6378km。自転軸が公転軸に垂直な方向に対して約 23.4° 傾いているため、公転に伴って季節の変化が起こる。
地球には陸と海があり、その比率は 3 : 7 である。内部には、鉄やニッケルを主成分とする核、岩石でできたマントルが存在する。地球の衛星である月は、原始地球に火星程度の原始惑星が衝突し、その時に生じた破片が集まってできたと考えられている。これを**ジャイアントインパクト説**という。

・月

- 地球の衛星。地球からの距離は約 38 万 km。
月の半径は地球の 1/4、質量は地球の 1/80、重力の大きさは地球の 1/6 ほどである。そのため大気や液体としての水は存在しないと考えられている。月の表面の昼夜の温度差も大きく、昼は 130°C、夜は -170°C に達する。
月表面の明るく見える高地には大小多数のクレーターが存在する。暗く見える「海」は、月内部から噴出した溶岩が低地を埋めてできたと考えられている。

・火星

- 火星の半径は地球の約半分、質量は約 1/10 である。火星大気の 95% が二酸化炭素であるが、その大気圧は地球の 0.6% しかない。火星が赤く見えるのは、大気中の塵や、地表岩石に含まれる酸化鉄のためである。
火星の南・北極には**極冠**という氷結した二酸化炭素と水が存在する。また、火星には太陽系最大の火山であるオリンポス山がある（高さ 25km）。

★ 小惑星帯

→ 惑星になりきれなかった小さな天体を小惑星という。小惑星の大部分は火星と木星の間にあり、大きさは10[km]以下がほとんどである。

(3) 木星型惑星

・木星 Jupiter

→ 太陽系最大の惑星である。木星大気の主成分は水素（90%）とヘリウム（10%）。大気には大きな渦が見られ、これは**大赤斑**と言われる。60個以上の衛星があり、ガリレオ衛星（イオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト）は有名である。

・土星 Saturn

→ 平均密度は太陽系で最小（0.69[g/cm³]）。主に氷でできたリングが存在する。

・天王星 Uranus

→ 岩石と氷を中心にもつ惑星。大気にはメタンが存在するため青緑色にみえる。

・海王星 Neptune

→ 天王星と同じく、岩石と氷を中心にもつ惑星。

★ カイパーベルト

→ 海王星軌道の外側にある、太陽の周りを周回する小天体が存在する領域。

（・冥王星：太陽系の外側を周回する「太陽系外縁天体」のひとつ。）

★ オールトの雲

→ 太陽系外縁天体の軌道の外側にある彗星の起源となる氷の微惑星の集まり。

ただ、この雲の存在はまだ確認されていない。