

原始太陽の生成について

林 忠四郎 (京大・理)

1. 星間ガス

星間ガスは H I region と H II region に分けられる。我々の太陽系は H I region に属する星間ガスから出来たと考えられる。星間ガス中の元素の存在比は通常は元素の Cosmic abundance と同一であると仮定されているが、それによれば、主なものはオー図の如くである。

オー図

H	1	H I region の gas は H atom と H ₂ molecule
He	10 ⁻¹	が大部分と思われるが、H ₂ molecule の存在は
C, N, O	10 ⁻³	観測では確認されていない。H atom の 21cm
		波長の輻射の幅の広がりから gas の温度は 100°K

である。H atom の 1cc 中の個数 n は平均で $\bar{n} = 0$, 最も濃度の高い所では $n_{\max} \sim 10^3$ に達し、このようなものは cloud と呼ばれている。

この他に星間には星間塵の粒子が存在すると考えられており、粒子の平均径は 2×10^{-5} cm (0.2 μ) 程度といわれる。これはガス状で存在する事の出来ない他の原子・分子から成ると考えられるが Cosmic abundance を仮定したその平均濃度 n_0 は $n_0/n \sim 10^{-13}$ 程で、温度により次のような化学組成が、その相転移温度から見て存在可能と言われる。

$T < 100^\circ\text{K}$ H₂O, CH₄, NH₃ の ice

$100^\circ \sim 1000^\circ\text{K}$ Mg, Si, O₃, Fe, SiO₂, Fe₂O₃

これらの星間塵は周囲の星間ガスよりは、輻射と熱平衡にあると考えられ、その温度は $10^\circ \sim 20^\circ\text{K}$ と推定される。

ガスの冷却は主として H₂ 分子と C⁺, Si⁺, Fe⁺ 等のイオン、及び星間塵の輻射によると考えられ、加熱は宇宙線と星の光とによっている。

2. 星間ガス重力収縮

星間ガスが収縮をはじめる条件は次のようなものによつて左右される。

1. 重力の大きさ (ガスの密度)
2. 熱運動
3. 乱流
4. 磁場
5. 角運動量

今、磁場と角運動量をもたない様な Cloud について、その釣合いを見てみると、図 I のようになり、cloud は温度、圧力平面上において矢印のような過程を通つていく事がわかる。結局 cloud の密度 ρ が $\rho \gtrsim 2 \times 10^{-18} \text{ g/cc}$ の時は収縮の過程をたどる。又収縮する cloud は始状態の如何にかかわらず A 点を通る事がわかる。これより以後の収縮の状態においては cloud は星光に対して不透明となり、cloud の熱源及び熱損失の様子が変つてくる。又 cloud の中でガス、塵粒子、輻射場の温度は一般に異なっている。

これまでの過程は動力による cloud の自由落下と呼ぶ事の出来る過程であるが、落下が $t_e = t_f$ の動力平衡に入る前、即ち、自由落下の終状態では収縮はきわめて速く、ガスは断熱的に収縮する。

3. 断熱収縮と衝撃波

断熱収縮は中心ほど速やかで、遂に中心の圧力上昇は収縮をとめるに至る。この時周辺は自由落下を続けており、中心部に超音速で衝突するため、ここから表面に向つて衝撃波が伝わる。この衝撃波の通過によつて自由落下のエネルギーはある程度熱になり H_2 分子を解離するが自由落下の運動エネルギーは H_2 分子を完全解離するにははるかに足りない。この様な衝撃波が数回繰返して発生し、発生個所は次々に表面に近づき、表面まで減衰せずに到達する様になり、表面を激しく乱すと思われる。これらの過程は短い時間に相ついで起り、原始太陽は急に明るさを増し、表面には flare-up が起り、この時高エネルギー粒子が発生する可能性が極めて大きい。flare-up の起るのは 100 日位の時間と推定される。この過程が注目されるのは、Li, Be, 及び B 等の軽元素がこの過程によつて創成されたと期待する事がエネルギー的に見ておかしくない事である。100 Mev 以上の proton が C 又は O 元素をこわして Li, Be, B を造つたと考える。水素原子 10^9 個に対して 100 Mev の proton 1 個は Li 及び Be を Cosmic

Fig. 1

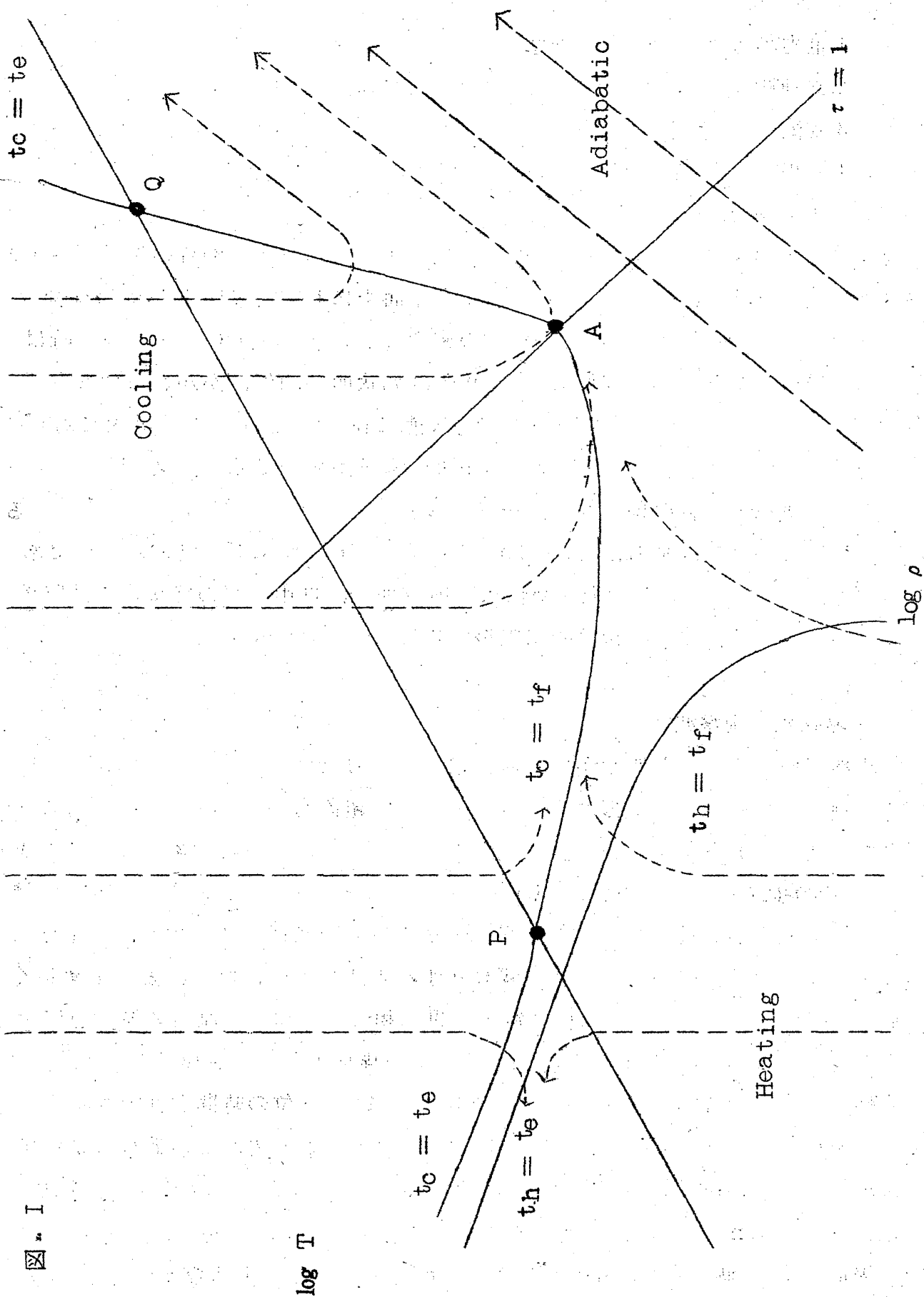


図 1.

t_x は x 過程のタイムスケールで

c : cooling

h : heating

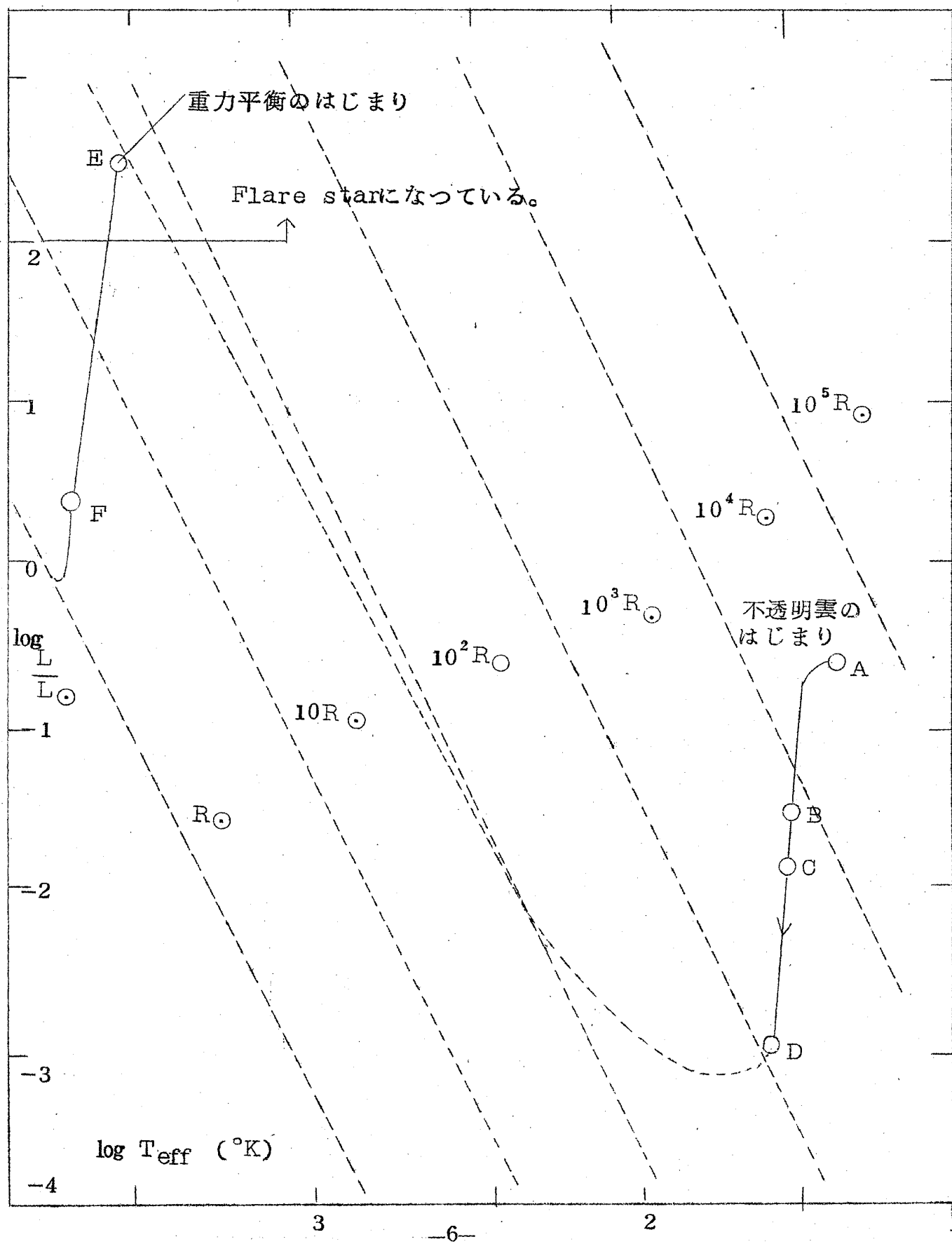
f : free fall

e : expansion である。

$\tau = 1$ は星光に対して雲が透明な場合と不透明な場合の境界である。

星間ガスは点線のように変化すると考えられる。

図2 不透明な星ガス雲から、Flare Star の状態へ向う原始太陽 (HR 図)



第3図 不透明雲から Feare Star へ向う太陽 ($\rho - T$ 図)

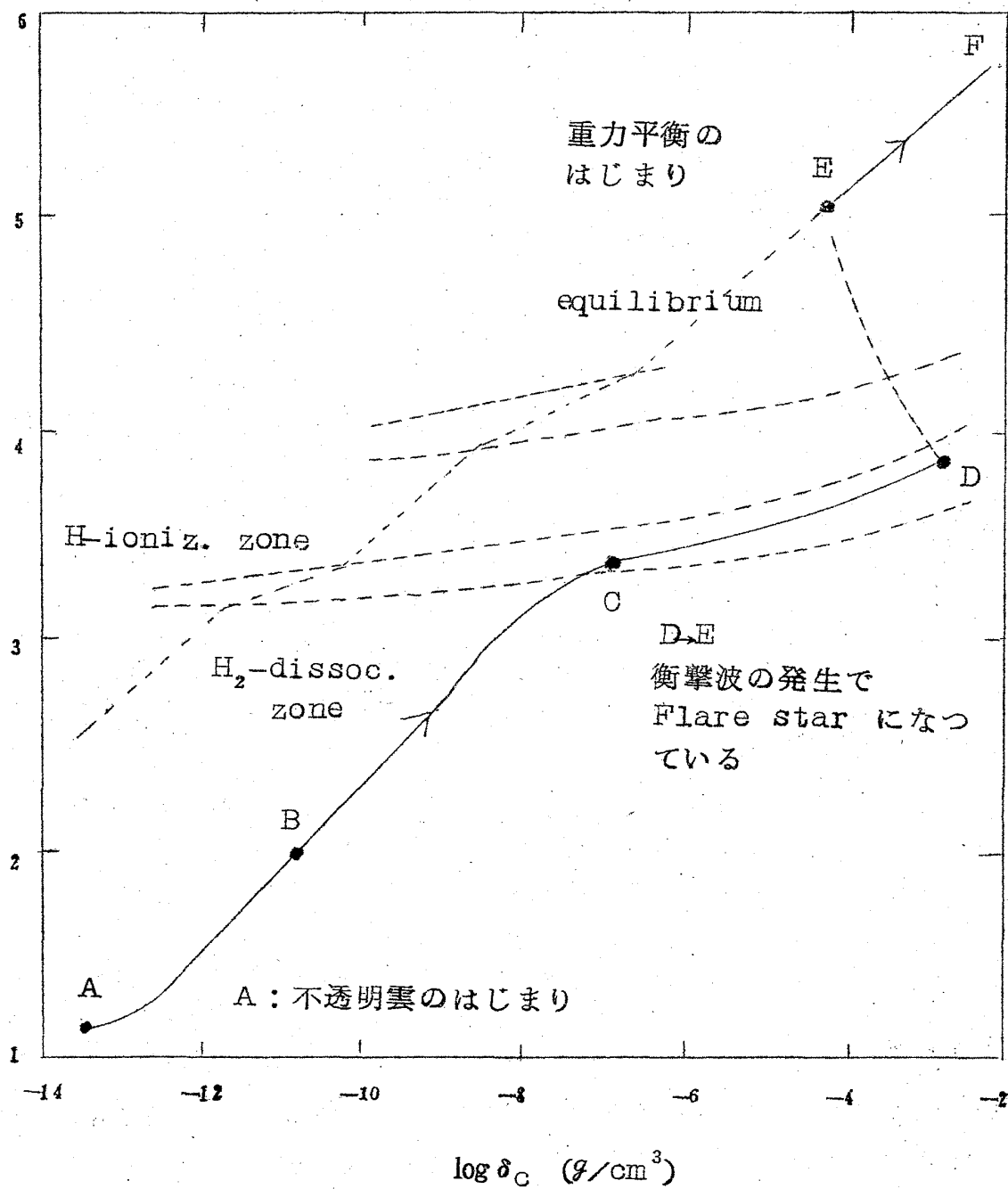
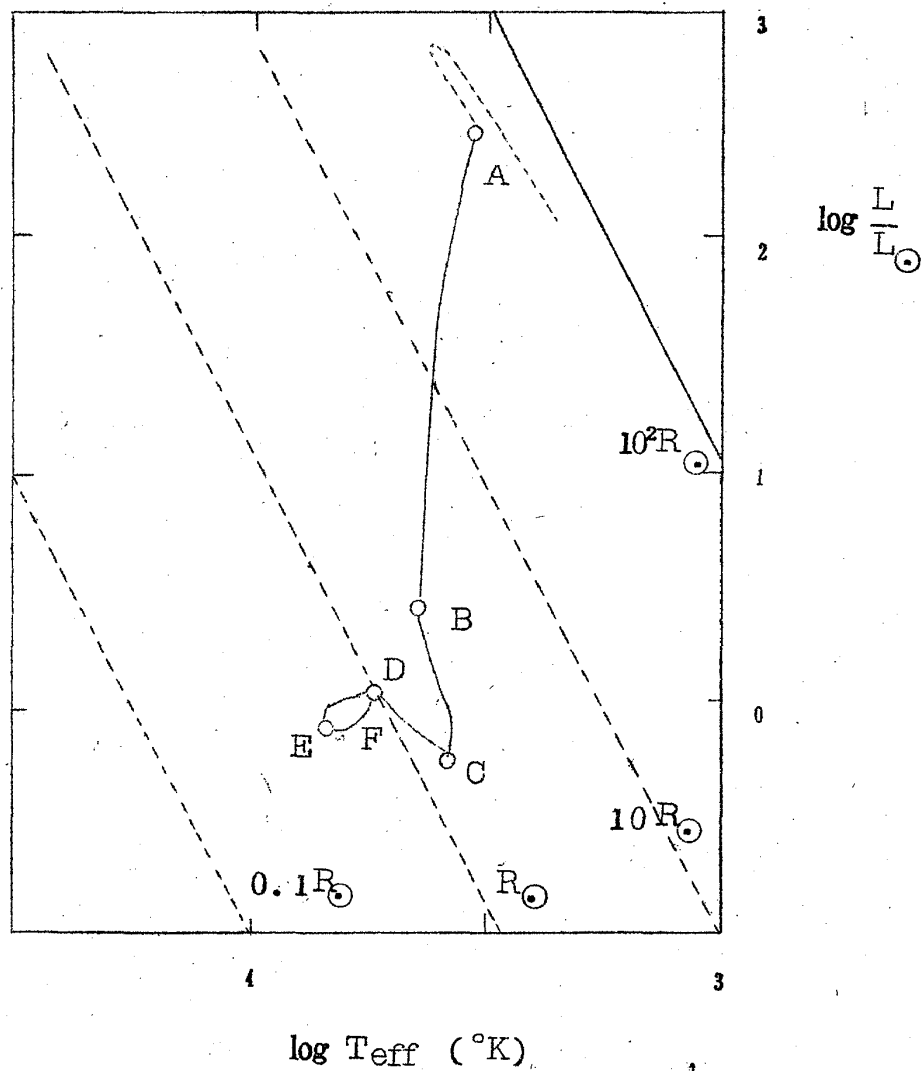


図 4



stage	age	$R/R_{\odot}$	$L/L_{\odot}$
A 重力平衡のはじまり	0	50	300~500
B 中心の対流がなくなる。	10^6	2.5	2.6
C 対流領域が半分	10^7	1.4	0.5
D 水素がもえだす	3×10^7	1.0	1.0
E 零才の主系列星	6×10^7	0.9	0.7
F 現在	4.5×10^9	1.0	1.0

abundance の 100 倍造るに十分である。これは水素原子 1 個当り 0.1 V で、これは動エネルギーの 1 % にすぎない。T 型の星及び太陽系の軽元素はこうして出来たと期待出来る。

4. 重力平衡から水素核反応まで

収縮の運動エネルギーがすべて熱に変つて準静的平衡状態に入つた後には、原始太陽内部は対流状態が安定で、極めて速やかに対流状態に移行する。次いで中心部より対流は次第に消失してゆき、ほぼ対流のない熱平衡状態に入ること中心の温度は水素核反応を起こすに十分に高くなるのである。この過程は次の如くである。

	stage	age	R/R_0	L/L_0
A	重力平衡のはじまり	0y	5.0	300 ~ 500
B	中心の対流がなくなる	1×10^6	2.5	2.6
C	対流領域が半分になる	1×10^7	1.4	0.5
D	水素がもえだす	3×10^7	1.0	1.0
E	零才の主系列星	6×10^7	0.9	0.7
F	現在	4.5×10^9	1.0	1.0