

## 理学博士林忠四郎君の「核反応と恒星の進化に関する研究」 に対する授賞審査要旨

林忠四郎君の研究業績は元素の起源、恒星内核反応、および恒星の進化の理論的研究全般にわたっているが、主なものは(i)膨張宇宙初期における元素の起源に関する研究、(ii)主系列形成以前の原始星進化に関する研究、および(iii)主系列形成以後における星の進化の系統的研究、の三つにまとめることができ、そのうち特に(ii)の研究においては従来の定説をうちやぶって原始星はいわゆる「Hayashi phase」とよばれる段階を経過して主系列星に達することを理論的に結論したが、これは恒星進化論はもとより、太陽系天文学、あるいは地質学等にまでも影響をおよぼす可能性をもつ重要な業績である。以下順をおって概要をのべる。

### (i) 膨張宇宙初期における元素の起源に関する研究

膨張宇宙の初期において元素の合成が行なわれるという仮説を一九四八年頃 Gamow その他の人が提唱したが、林君は一九五〇年ごろこの仮説を基とし、元素合成が行なわれる直前における中性子と陽子の組成を、電子・陽電子対とニュートリノを媒介とする弱い相互作用を通じての相互転化を考慮して推定する理論を発表した。宇宙初期における元素合成の仮説はその後しばらくかえりみられなかったが、一九六五年に宇宙黒体輻射(いわゆる3°K輻射)が発見されたことにより、この仮説は急に現実性をもつことになった。その後、宇宙初期において形成されるヘリウムの量が林の理論をもとにして計算され、その理論値が種々の天体のヘリウム量の観測値とよく一致していることが実

証された。このことは宇宙の膨張が非常に高密度の状態から続いていることを実証するもので、相対論的宇宙論の有力な証拠の一つとなるものであるが、林の理論はこの重要な研究の基礎となったという点で大きな寄与であるということが出来る。

林君はこの外に、超新星爆発時及び星の進化に伴う元素合成の研究においても、いくつかの重要な寄与をなしている。

#### (四) 主系列形成以前の原始星進化に関する研究

星が形成されてからその中心部で原子核燃焼が始まるまでの間のいわゆる重力収縮の段階においては、星の内部構造は輻射平衡にあると長い間考えられて居り、この段階は「Kelvin-Helmholtzの収縮段階」とよばれていた。林君は一九六一年ごろ低温度星の表面条件に関する考察から、主系列星前の収縮の段階では星の外層部は対流平衡にあることを明らかにした。さらに、このような対流層をもつ星の構造の解析から、進化の経過は、輻射平衡を仮定した場合のように徐々に光度を増加しつつ主系列星に達するのではなく、殆んど自由落下の状態から、先ず非常に光度の大きい重力平衡の状態に達し、それから光度を減少させつつ主系列星に達するという新しい進化のスキームを見出した。この理論は観測によって支持されて現在では世界の定説となっている。そして、光度が減少しつつ主系列星に達する原始星の進化の段階は林君の名をとって世界的に「Hayashi Phase」とよばれている。

その後林君は、その協力者たちと共に、星間ガスがガス状態から出発して光度の非常に大きい重力平衡状態の星に達するまでの動的な進化の段階を定量的に計算し、太陽もかつて現在の光度の数千倍も明るかった時期を経過してき

たことを明らかにした。このことは、この時期における太陽系内の物質が異常に加熱されたことを意味し、その結果、固体微粒子、隕石などの分解、融解などがひき起された可能性があり、従って、林君らの見出した結論は惑星、地球あるいはまた隕石の起源などの問題にも波及するほどの大きな意味をもつものであることが広い分野の研究者によって認識されている。

#### (ハ) 主系列星以後における星の進化の系統的研究

林君の最初の研究は、星の中心部の核燃料が消費され、エネルギー源がシエル状になった段階での星の構造に関するものであったが、それらの研究は当時のこの方面の研究に重要な寄与となるものであった。林君はその後も協力者らとともにいろいろな点で進化の模様を異にする大、中、小の質量をもつ星の進化を系統的に且つ定量的に追求する仕事を十数年続けている。特に大質量星および中質量星について、ヘリウム燃焼後の星のモデルを具体的に計算したのは林君を中心とする研究グループが最初であった。また大質量星の進化理論を基にして素粒子間の弱い相互作用に関する Universal Fermi 理論の当否を検証しようとする試みは世界的に大きな関心を集めた。これは太陽質量の一五・六倍の星がヘリウム燃焼と炭素燃焼の各段階に滞在する時間を理論的に推定し、その結果と *Lyra* *Parsel* 星団内の各々の段階にある星の数の比とから、 $(e_n) \cdot (e_n)$  相互作用定数が Fermi 型相互作用の定数よりも小さく、その十分の一以下であると結論したものである。この結論は弱い相互作用の統一的理論の研究に影響するものとして注目されているが、この問題の最終的な結着はまだ得られていない。

林君はまた大、中、小質量星について炭素燃焼の開始までの進化の研究を総括した長文の論文を一九六二年に発表

したが、この論文は世界各国において恒星内部構造の研究者のみならず、関連分野の研究者にひろく読まれていて、恒星進化の研究をこれら関連分野の研究者たちにひろく普及させる上で大きな寄与となった。

恒星内の核燃焼の研究はその後林君を中心とするグループによって継続され、現在は炭素燃焼の段階を経て核燃焼の最終段階である鉄中心核の形成に達する段階の研究が進められている。また一方では、鉄中心核形成後の重力収縮段階を経て、超新星爆発、中性子星の形成にいたる問題の追求が進められている。

別添資料として林君が単独に、あるいは共著者と発表した論文をまとめておいたが、この表からもうかがわれるように、林君はみずからすぐれた研究を世に送ったのみならず、多くの優秀な人材をその周囲に集め、みごとにチームワークによって、一貫した論理にもとづいて、この分野の系統的な研究を驚くべき勢力をもって追求しつつある。その研究は文字どおり宇宙的規模の壮大なものであり、且つ宇宙、天体などの超巨大な世界を原子核、素粒子などの極微の世界との関連において論ずるという極めて野心的なものである。この分野における林君及びその学派の研究が世界的に非常な注目と高い評価を受けていることも全く故なしとしない。

なお林君は一昨年（昭和四十四年）天文学最高の賞であるエディントン賞を授与されたことを附記しておく。

#### 一、主要な論文目録

- 1) C. Hayashi: Giant stars producing energy by C-N reactions. P. T. P., 2, 127 (1947).
- 2) ———: Stars built on the shell source model. Physical Review, 75, 1619 (1949).
- 3) ———: Proton-neutron concentration ratio in the expanding universe at the stages preceding the formation of the elements. P. T. P., 5, 224 (1950).

- 4) C. Hayashi and M. Nishida : Formation of light nuclei in the expanding universe. P. T. P., **16**, 613 (1956).
- 5) C. Hayashi : Giant stars with shell sources of C-N and p-p reactions. P. T. P., **17**, 737 (1957).
- 6) S. Sakashita, Y. Ôno, and C. Hayashi : The evolution of massive stars I. P. T. P., **21**, 315 (1959).
- 7) S. Sakashita and C. Hayashi : Internal structure and evolution of very massive stars. P. T. P., **22**, 830 (1959).
- 8) C. Hayashi, J. Jugaku, and M. Nishida : Evolution of massive stars II. helium-burning stage. P. T. P., **22**, 531 (1959).
- 9) C. Hayashi, M. Nishida, H. Tsuda, and N. Ohyama : Stellar synthesis of the  $\alpha$ -particle nuclei heavier than Ne<sup>20</sup>. P. T. P., **22**, 101 (1959).
- 10) S. Hayakawa, C. Hayashi, and M. Nishida : Rapid thermonuclear reactions in supernovae explosion. *Supple.*, **16**, 169 (1960).
- 11) C. Hayashi : Models of massive stars in helium-burning stage. *The Astrophysical Journal*, **131**, 241 (1960).
- 12) S. Sakashita and C. Hayashi : Internal structure of very massive stars. P. T. P., **26**, 942 (1961).
- 13) C. Hayashi : Stellar evolution in early phases of gravitational contraction. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **13**, 450 (1961).
- 14) C. Hayashi, M. Nishida, and D. Sugimoto : Evolution of star with intermediate mass after Hydrogen burning I. P. T. P., **27**, 1233 (1962).
- 15) C. Hayashi, R. Hôshi and D. Sugimoto : Evolution of the stars. *Supple.*, **22**, (1962).
- 16) C. Hayashi and R. C. Cameron : The evolution of massive stars III. Hydrogen exhaustion through the onset of carbon-burning. *The Astrophysical Journal*, **136**, 166 (1962).
- 17) C. Hayashi and T. Nakano : Evolution of stars of small masses in the pre-main-sequence stages. P. T. P., **30**, 460 (1963).

- 18) K. Tomita and C. Hayashi: The cosmical constant and the age of the universe. P. T. P., 30, 691 (1963).
- 19) C. Hayashi and T. Nakano: Thermal and dynamical properties of a protostar and its contraction to the stage of quasi-static equilibrium. P. T. P., 34, 754 (1965).
- 20) C. Hayashi, R. Hōshi, and D. Sugimoto: Advanced phases of evolution of population II stars. Growth of the carbon core and shell helium flashes. P. T. P., 34, 885 (1965).
- 21) K. Takarada, H. Sato, and C. Hayashi: Central temperature and density of stars in gravitational equilibrium. P. T. P., 36, 504 (1966).
- 22) C. Hayashi: Evolution of protostars. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 4, 171 (1966).
- 23) T. Murai, D. Sugimoto, R. Hōshi, and C. Hayashi: Evolution of carbon stars I. Gravitational contraction and onset of carbon burning. P. T. P., 39, 619 (1968).
- 24) D. Sugimoto, Y. Yamamoto, R. Hōshi, and C. Hayashi: Evolution of carbon stars II. Carbon burning phase. P. T. P., 39, 1432 (1968).
- 25) T. Nakano, N. Ohyama, and C. Hayashi: Rapid contraction of a protostar to the stage of quasi-hydrostatic equilibrium I. The core of one solar mass without radiation flow. P. T. P., 39, 1448 (1968).
- 26) T. Hattori, T. Nakano, and C. Hayashi: Thermal and dynamical evolution of gas clouds of various masses. P. T. P., 42, 781 (1969).
- 27) T. Nakano, S. Narita, N. Ohyama, and C. Hayashi: Rapid contraction and flare-up of protostars. Low Luminosity Star, ed. by S. S. Kumar. (1969).
- 28) K. Nakazawa, T. Murai, R. Hōshi, and C. Hayashi: Evolution of iron stars. Gravitational contraction and the decomposition of iron. P. T. P., 43, 319 (1970).
- 29) T. Nakano, N. Ohyama, and C. Hayashi: Rapid contraction of protostars to the stage of quasi-hydrostatic equilibrium II.  $10^2$ ,  $10^3$  and  $10^4$  solar masses without radiation flow. P. T. P., 43, 558 (1970).

- 30) S. Narita, T. Nakano, and C. Hayashi: Rapid contraction of protostars to the stage of quasi-hydrostatic equilibrium III. Stars of 0.05, 1.0 and 20  $M_{\odot}$  with energy flow by radiation and convection. P. T. P., 43, 942 (1970).
- 31) K. Nakazawa, T. Murai, R. Hoshi, and C. Hayashi: Effect of electron capture on the temperature in dense stars. P. T. P., 44, 829 (1970).
- 32) T. Kusaka, T. Nakano, and C. Hayashi: Growth of solid particles in the primordial solar nebula. P. T. P., 44 (1970).

【参考】「天体論文目録」の頁目別索引

- (イ) 元素起源  
3, 4, 9, 10
- (ロ) 原始星  
12, 13, 17, 19, 22, 25, 26, 27, 29, 30
- (ハ) 星の進化  
星 1, 2, 5  
massive 6, 7, 8, 11, 12, 16  
intermediate 14, 20, 21  
炭素星 23, 24  
鉄中心 28, 31, 15  
その他の 18, 32 太陽系