

理学博士都城秋穂氏の「変成岩の理論的研究およびそのテクトニクス論への寄与」に対する授賞審査要旨

都城秋穂氏は、岩石学、鉱物学、海洋地質学、およびテクトニクスの分野で数々の開拓的な研究を行い、地球科学の進展に大きな貢献をした。特に、変成岩の理論的研究は新しい概念を導入した画期的なものであり、変成岩および変成帯の形成の解明のみならず、地質学・固体地球物理学の指導原理となったプレートテクトニクス論の確立にも貢献した。

一、変成岩および変成帯の研究

都城氏は変成岩の研究において、はじめに変成岩の主要な構成鉱物である $Al_2SiO_5$  鉱物、ザクロ石、堇青石、角閃石等の安定関係を明らかにした。その中で $Al_2SiO_5$  鉱物の研究、特に藍晶石が応力によつてのみ生じるといふそれまでの認識が誤りであることを示すとともに、三つの同質異像鉱物（紅柱石、藍晶石、珪線石）の安定関係をそれらを含む変成岩の解析から定量的に予測した研究は重要で

ある。また、角閃石の一種である藍閃石が高圧・低温の広域変成作用によつて生じることが坂野昇平氏とともに初めて明らかにした。これら変成岩鉱物の研究に基づき、都城氏は地球上の各種変成岩の生成条件および出現状態の規則性を明らかにした。それまで、各種変成岩の生成の温度・圧力条件の相互の関係はP. Eskolaの「変成相の原理」により理解されていた。しかし、異なる変性相に属する変成岩の出現状態の規則性については殆ど理解されていなかった。一つの変成帯では一つの方向に向かつて変成温度が上昇し、それに従つて幾つかの異なる変成相が配列している。都城氏は、この変成相の連なりを「変成相系列」と名付け、さらにその変成相系列が世界各地の変成帯によつて異なることを明らかにした。そして、それらが三つの変成相系列に大別されることを示し、構成鉱物の組合わせから、その違いが圧力の違いによることを明らかにし、それら三つの変成相系列を、低圧型、中圧型、および高圧型とした。

都城氏はさらに、日本や北米大陸西岸地域などの環太平洋地域において、低圧型の変成相系列の変成帯と高圧型の変成相系列の変成帯とが両者平行に接して出現することを示し、それを「対の変成帯」と呼んだ。また、高圧型の変成帯が常に太平洋側に存在することも示した。それら対の変成帯の低圧高温型の変成帯は古い地質時代の鳥弧の火山帯、また高圧低温型の変成帯は海溝の大陸側の地下深部

であろうと予測した。この考えは、そのすぐ後に提唱されたプレートテクトニクス論に、それと極めて調和するものとして組み込まれた。特に、高圧低温型の変成帯はプレートの沈み込みにもなつて形成されることが示された。都城氏の変成岩に関するこれら一連の研究は、変成岩の成因に関して新しい概念を導入して変成帯相互の形成条件を明らかにするとともに、変成岩の岩石学的研究を地質学および固体地球物理学のテクトニクス論と結び付けたもので、変成岩研究史において、P. Eskolaの規範的研究に続く当代における最も重要な研究と言える。都城氏のこれらの研究の主要論文(文献8)は、その引用度の多さから contemporary classics に入れられた。

## 二、海洋底構成岩石の研究

都城氏は一九六七年にコロンビア大学の Lamont-Doherty Geological Observatory に移つてから、同研究所が大量に採取した海洋底玄武岩を研究し、それまでよく理解されていなかった海洋中央海嶺や深海底の玄武岩を研究し、海洋中央海嶺や深海底の玄武岩がソレライトであること、およびそれらの組成が広く変化していることを明らかにした。都城氏は同時に海洋底で採取された断裂帯の変成岩の研究を行い、それらが、沸石相および緑色片岩相の変成相に属することを示し、それらが中央海嶺の内部において熱水の循環する

条件下での変成作用によつて生じたことを示した。さらに、これらの海洋底の岩石学的研究に基づき海洋中央海嶺の内部構造を示すモデルを提唱した。都城氏の海洋底構成岩石についてのこれら一連の研究は、海洋底および海洋プレートの性質の解明に重要な貢献をした。

海洋底の形成に関して都城氏はまた、西太平洋の縁海の形成年代が南から北へ進むにつれて若くなることから、マントル上昇流が Hot Region をつくり、それが移動するという考えを提唱した。この考えは、マントルの大規模物質循環を説明する上で最近広く受け入れられているマントルブルーム説に先鞭をつけた。

## 三、オフィオライトの研究

オフィオライトはプレートテクトニクス論により注目されるようになった岩体で、全てのオフィオライトは海洋中央海嶺で生じた海洋地殻および上部マントルの断片であるとされていた。都城氏は一九七〇年代に島弧および活動的大陸縁の火山岩の研究を行い、それらの火山岩の化学組成上の特質を明らかにした。その研究に基づき、世界の代表的なオフィオライトとされていたキプロス島のトゥルドス・オフィオライトが、それに伴う火山岩の化学組成から島弧起源であることを示し、さらに世界の他のオフィオライトにも島弧起

源のものがある可能性を指摘した。この説はそれまでの考えを破る革新的なものであり、世界のオフィオライトの生じた地質環境を再検討する必要性を示唆した。当初殆どの研究者がこの説に反対したが、長く激しい論争を経て、現在多くの研究者がそれを支持している。

以上の業績に対して、都城氏は日本地質学会賞、アメリカ地質学会の Arthur L. Day Medal、ベルギー王立科学アカデミーの Paul Fourmarier Medal、インド、アムンムの学会の P. Bose Memorial Medal、万国地質学会の A. Spenjarov Prize 等を授賞している。また、アメリカ鉱物学会の終身 Fellow、ロンドン地質学会の名誉 Fellow、フランス地質学会の名誉会員等に選出されている。

#### 中野文雄文・著書

##### Papers

1. The Stability relation of kyanite, sillimanite and andalusite, and the physical conditions of metamorphic processes. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 55, 218-223, 1949.
2. The ranges of chemical composition in nepheline and their petrogenetic significance. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1, 278-293, 1951.
3. Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 4, 179-208, 1953.
4. Osumilite, a new mineral, and its crystal structure. *Amer. Mineral.*, 41,

- 104-116, 1956.
5. Cordierite-indialite relations. *Amer. Jour. Sci.*, 255, 43-62, 1957.
6. Nature of glaucophanitic metamorphism (with S. Banno). *Amer. Jour. Sci.*, 256, 97-110, 1958.
7. Thermodynamics of reactions of rock-forming minerals with silica, parts 1-6. *Japan. Jour. Geol. Geograph.*, 31, 7-8, 79-84, 107-111, 113-120, 241-246, 247-252, 1960.
8. Evolution of metamorphic belts. *Jour. Petrol.*, 2, 277-311, 1961.
9. Oxidation and reduction in the Earth's crust with special reference to the role of graphite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28, 717-729, 1964.
10. Aspects of metamorphism in the circum-Pacific region. *Tectonophys.*, 4, 519-521, 1967.
11. Orogeny, regional metamorphism, and magmatism in the Japanese Island. *Middell. Dansk Geol. Foren.*, 17, 390-446, 1967.
12. Metamorphism of mafic rocks. In *Basalts vol. 2* (H. H. Hess and A. Poldervaart, editors), 799-834, Interscience Publishers, New York, 1968.
13. Diversity and origin of abyssal tholeiite from the Mid-Atlantic Ridge near 24° and 30° north latitude (with F. Shido and M. Ewing). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 23, 38-52, 1969.
14. Petrologic models for the Mid-Atlantic Ridge (with F. Shido and M. Ewing). *Deep-Sea Res.*, 17, 109-123, 1970.
15. Crystallization and differentiation in abyssal tholeiites and gabbros from mid-oceanic ridges (with F. Shido and M. Ewing). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 7, 361-365, 1970.
16. Metamorphism in the Mid-Atlantic Ridge near 24° and 30°N (with F. Shido and M. Ewing). *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, 268, 589-603, 1971.
17. Crystallization of abyssal tholeiite (with F. Shido and M. Ewing). *Contrib.*

- Mineral. Petrol.*, 31, 251-266, 1971.
18. Pressure and temperature conditions and tectonic significance of regional and ocean-floor metamorphism. *Tectonophysics*, 13, 141-159, 1972.
  19. Metamorphism and related magmatism in plate tectonics. *Amer. Jour. Sci.*, 272, 629-656, 1972.
  20. The Troodos ophiolite complex was probably formed in an island arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 218-224, 1973.
  21. Plate tectonics and the Japanese Islands: a synthesis (with S. Uyeda). *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85, 1159-1170, 1974.
  22. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. Jour. Sci.*, 274, 321-335, 1974.
  23. Classification, characteristics and origin of ophiolites. *Jour. Geol.*, 83, 249-281, 1975.
  24. Volcanic rock series and tectonic setting. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 3, 251-269, 1975.
  25. Petrology and plate tectonics. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 13, 94-98, 1975.
  26. Island arc volcanic rock series: a critical review. *Petrologie*, 1, 177-187, 1975.
  27. Nature of alkalic volcanic rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 91-104, 1978.
  28. Metamorphism and plate convergence. In *The Continental Crust and Its Mineral Deposits* (D.W. Strangway, editor). *Geol. Assoc. Canada, Spec. Paper 20*, 591-605, 1980.
  29. Hot regions and the origin of marginal basins in the western Pacific. *Tectonophysics*, 122, 195-216, 1986.
  30. Reorganization of geological sciences and particularly of metamorphic geology by the advent of plate tectonics: a personal view. *Tectonophysics*, 187, 51-60, 1991.
- Books
31. *Metamorphism and Metamorphic Belts*. Allen & Unwin, London, and Halsted Press, New York. 492pp., 1973.
  32. *Orogeny* (with K. Aki and A.M. Sengor). John Wiley, Chichester, England and New York. 242pp., 1982.
  33. *Metamorphic Petrology*. UCL Press, London, and Oxford Univ. Press, New York. 404pp., 1994.