

氏 名 (本籍)	アスリ ジャヤ (インドネシア)
専攻分野の名称	博士 (工学)
学 位 記 番 号	工博乙第 4 1 号
学位授与の日付	平成 26 年 3 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
研究科・専攻	工学資源学研究科 (資源学)
学位論文題名	Tectonic Evolution of Sulawesi, Indonesia: Reconstructed by Analysis of Deformation Structures (インドネシア南スラウェシの構造発達： 変形構造解析による復元)
論文審査委員	(主査) 教 授 内田 隆 (副査) 教 授 石山 大三 (副査) 教 授 今井 亮 (副査) 教 授 西谷 忠師

論文内容の要旨

On the basis of metamorphic and structural analyses, the Biru Metamorphic Complex exposed in southern part of the West Divide Mountain Range was assessed as a main part of the basement of South Sulawesi with the Bantimala Metamorphic Complex and Barru Metamorphic Block. The metamorphic complex is composed of metamorphic rocks of epidote-amphibolite and amphibolites facies. Major and trace elements characterize the protolith of the Biru metamorphic rocks as mid-oceanic ridge basalts (MORB), calc-alkali basalts and island-arc tholeiites (IAT). The Early Cretaceous K-Ar age (109 ± 2.4 Ma) indicated that the metamorphism of the Biru Complex was coeval with those in Bantimala Complex and Barru Block. The common general trends of structural elements such as NE-SW striking and south dipping schistosity also indicates similar tectonic environment with Barru Blocks, although diverse of lithologic association are quite different, particularly in Bantimala Complex. The schistosity (S0) defined by preferred orientation of mineral inclusions in the core of garnet, epidote and plagioclase porphyroblasts and main schistosity (S1) parallel to isoclinal fold axial plane (F1, F2) were formed during the plastic deformation (D1) simultaneous with a regional metamorphism (M1). The evidence of D1 deformation is commonly very limited

in the quartz texture, it is seemingly caused by a contact metamorphism in association with the emplacement of the Biru granodiorite rocks (M2) in Middle Miocene, although array of elongated subgrains and seriated boundaries still be preserved as a relic of D1. C-axis LPO pattern of quartz suggests the non-coaxial flow under the dominant operation of basal slip system. In some areas, metamorphic rocks show an overprint of cataclastic texture (D2). Annealing of plastic deformation structures and superimposed cataclastic deformation were probably resulted from the Middle Miocene uplifting of the West Divide Mountain Range associated with formation of Walanae Fault System.

The Walanae Fault Zone is a major tectonic structure and its activity is thought to have played a major role in Neogene and Quaternary structural development in the South Sulawesi. In order to clarify stress states associated with the activity of East Walanae Fault and their contribution to the tectonics in South Sulawesi during Neogene and Quaternary, paleostress states around Walanae Fault System were determined using the multiple-inverse method from fault slip and calcite twin data collected from Oligocene-Pliocene volcano-sedimentary rocks. Fault slip data of the Biru area adjacent to the West Walanae fault Zone shows σ_1 -axis ranging from NNW-SSE to NNE-SSW and σ_3 -axis nearly vertical. Along the East Walanae Fault zone, both fault slip and calcite twin data yield consistent stress states over the studied area and reliable stress tensors (maximum and minimum principal stresses: σ_1 and σ_3 , and stress ratio(Φ) as well as fault-slip data, a predominance of NE-SW-to-E-W trending σ_1 and vertical to moderately-south-plunging σ_3 with generally low Φ . These stress states could activate the EWF as a reverse fault with a dextral shear component and account for constructional deformation structures and landform around the trace of the fault. Most of the calcite twins and mesoscale faults were activated during the latest stage of folding or later. Based on the morphology and width of twin lamellae in the carbonate rocks, twinning of calcite in the deformation zone along the EWF may have occurred under the temperature around 200°C. Inferred paleostress states around the EWF were most likely generated under the tectonic conditions influenced by the collision of Sulawesi with the Australian fragments since the Late Miocene. The Late Quaternary radiocarbon ages (3050 cal BP and 3990 cal BP) of sheared soils collected from the outcrop near the EWF trace indicated that the deformation associated with the activity of the EWF is still continued. Present crustal deformation under the E-W to NE-SW compression stress states is also inferred from the N-S trending geomorphological sequence, among which further morphostructural differentiation is proceeded.

Keywords: Biru metamorphic rocks, Deformation, K-Ar dating, Paleostress, Multiple

inverse, Fault slip, Caicite twin, Radiocarbon dating, Walanae fault, South Sulawesi, Indonesia.

論文審査結果の要旨

スンダランド南東縁に位置するインドネシアのスラウェシ島は、沈み込みや大陸間衝突などプレート間の相互作用に関連した複雑な発達史を有する。南スラウェシ地域は、白亜紀以降に発達した火山弧とされているが、その構造発達過程は十分に解明されていない。そこで本研究では、南スラウェシ地域において未解明の2つのテーマに取り組んだ。

一つは、白亜系基盤岩類のひとつで、これまで研究がほとんどされていないビル変成岩類の岩石学および構造地質学的特徴を明らかにすることである。ビル変成岩類は西部山地東縁の非常に狭い範囲に分布し、主として角閃岩および緑簾石角閃岩からなる。ビル変成岩類は広域変成作用 (M1) の後、中新世の深成岩類貫入による熱変成作用 (M2) を受けている。また、3回の重複変形 (D1, D2, D3) が認められ、D1およびD2は変成作用と同時で、最後のD3は脆性変形である。全岩化学組成は、これらの岩石の起源として MORB や島弧玄武岩を示唆する。NE-SW 走向南傾斜という共通の構造トレンドと約 110Ma の K-Ar 年代は、ビル変成岩類がバンティマラやバル変成岩類と同時期の白亜紀末に、一連の沈み込みに関連した変成作用を受けていたことを示唆する。

二つ目のテーマでは、東西二条のほぼ南北に並走する断層 (東および西ワラナエ断層) とその間に発達する沈降帯であり、南スラウェシを縦走する主要な構造体であるワラナエ断層帯の中新世以降の古応力状態と構造発達過程を復元した。古応力解析では、小断層と方解石双晶データに多重逆解法を適用した。方解石結晶の3つの等価な e 面上には、比較的小さなせん断応力の作用で双晶が形成される。方解石結晶を多数含む岩石では、その岩石が置かれた応力状態に適合する (双晶形成の臨界分解せん断応力を越えた) e 面にのみ双晶が形成されるため、小断層のすべりデータと同様に、双晶の方位データを応力状態の復元に利用することができる。本研究では、双晶を起こした e 面だけでなく双晶が未発達の e 面も応力状態の決定に利用した。すなわち、すべての双晶をもたない e 面は、双晶した e 面のデータに適合するよう逆解法で求めた応力状態には適合しない、という制約条件を加えた解析をおこなった。小断層と石灰岩や方解石脈中の方解石双晶を用いた解析の結果、西ワラナエ断層付近では、NNW-SSE から NNE-SSW 方向の最大主応力 (圧縮) σ_1 と鉛直に近い最小主応力 σ_3 軸が得られた。東ワラナエ断層のトレースは、明瞭なリニアメントとしてボネ山地とワラナエ地溝の地形境界をなしている。ボネ山地と断層トレースの間には強変形帯が発達する。ここでの小断層すべりデータと方解石双晶データから得られた応力状態はよく一致し、ともに NE-SW から E-W 方向の σ_1 と鉛直からやや南にプランジした σ_3 を示す傾向が得られた。また、軸性圧縮に近い小さい応力比が卓越する結果が得られた。方解石双晶データを多重逆解法で解析したのは本研究が初めての試みである。

この応力状態と断層トレースの方位関係から、東ワラナエ断層は、右横ずれ成分を伴う逆断層であると結論される。断層周辺の地形的特徴と変形構造はこの結論を支持する。このような広域応力場の発生は、スラウェシとオーストラリア起源陸塊との衝突に求められる可能性がある。断層トレース上で採取された、せん断された土壌層の放射性炭素同位体年代値 (3050 cal BP と 3990 cal BP) は、東ワラナエ断層の最近の活動を示唆しており、警戒対象とすべき重要な活断層であることが明らかになった。