

クラカタウ火山とその周辺の地質構造

西村 進・H. HARJONO・S. SUPARKA

Krakatau Volcano and its Geological Structure

By *Susumu* NISHIMURA, *Herry* HARJONO and S. SUPARKA

Synopsis

The Krakatau Volcano Complex lies at the intersection of two graben zones in Sunda Strait. The Sunda Strait is located in a transitional zone between two different modes of subduction, the Java frontal and Sumatra oblique subductions. Western Java and Sumatra are, however, geologically continuous. The Krakatau complex lies a north-south active shallow seismic belt, which coincides with a fracture zone along the seismic belt with fissure eruption of alkali basaltic rocks commencing at Sukadana and continuing southward as far as the Panaitan island through Rajabasa, Sebuken and Krakatau.

Recent crustal earthquakes in the Sunda Strait area are clustered into three groups, beneath the Krakatau, inside a graben in the western part of the strait and in a more diffuse zone south of Sumatra. The individual and composite focal mechanisms of the events inside the strait show an extensional regime.

These results confirm that the Sunda Strait is under a tensional tectonic regime as a result of clockwise rotation along the continental margin and northward movement of the Sumatra sliver plate along the Semangko fault zone.

1. はじめに

クラカタウ火山はスマトラ島とジャワ島間のスンダ海峡の中間に位置し (**Fig. 1**), ラカタ (820m 海拔高), ダナン (450m 海拔高), ペルゴアタン (120m 海拔高) とこれらの島々にかこまれた 45km^2 の面積のカルデラの中に面積 1km^2 高度 200 数 m のアナッククラカタウよりなる。

この火山は 1880 年頃, オランダの地質学者の調査があり, その後の 1883 年に大噴火を起こし約 1000m 海拔高のラカタの半分をとばした。

史上まれな 1883 年の大噴火は 5 月 20 日火山活動を開始した。このときは戦艦の大砲のような爆発音がそれまでの静けさをやぶり, 300km も離れたジャワ島中部でもきこえた。ジャワ島中部では地震や風圧を感じただけでなくコップが机から落ちたと伝えられている。噴煙は 11km の高さまで上がり, 火山灰は約 2200km はなれたチモール島にまで降り, 人頭大の軽石がスンダ海峡を流れ, インド洋の中央部で巾 5 ~ 10m で流れているのが認められた。その後, オランダの学者を始め多くの国の科学者が訪れ, カルデラ端にまで至り写真を撮りサンプルを集めたという。そこで人々はクラカタウの噴火は終わったものと推定した。しかし, 8 月 26 日大噴火が始まり頂点に達した。この時の噴火音の中でも 10 時 2 分と 10 時 52 分のものは遠くシンガポールやオーストラリアでも聞こえたという。この噴火で放出された軽石や火山灰は 36 ~ 80km

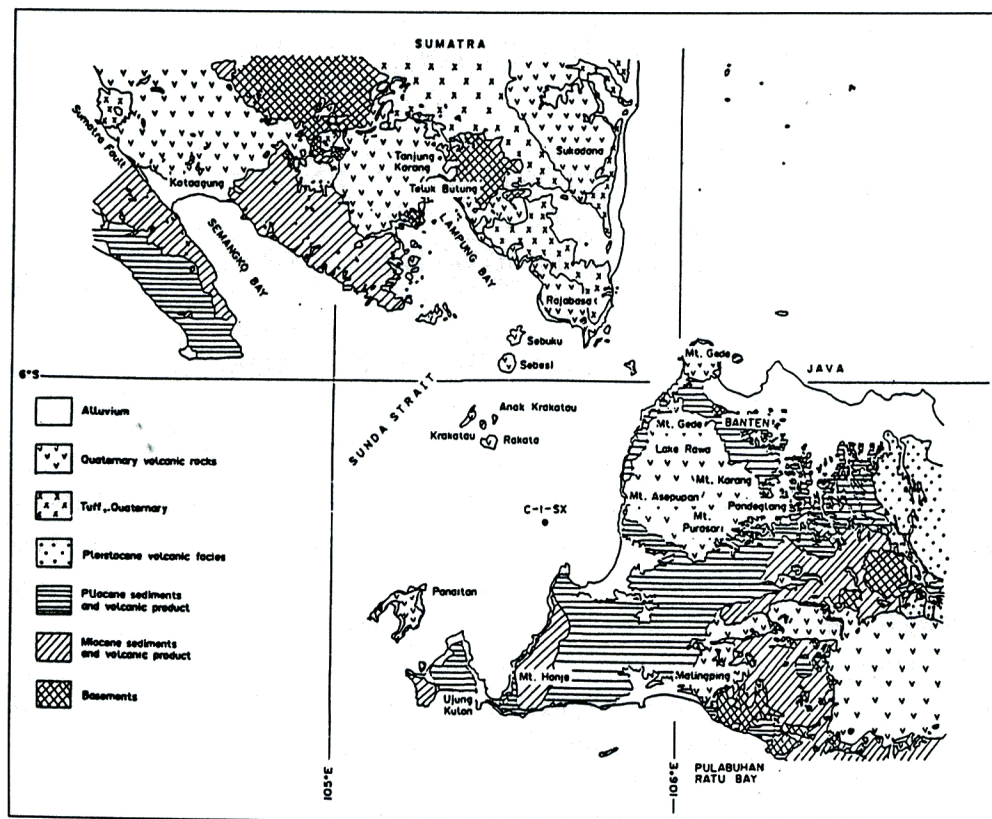


Fig. 1 Geological map of the Sunda Strait area (modified from Peta Geologi).

の高さに達し、火山灰は赤道成層圏の東風によって平均 32.5km/s で地球をまわり、光学異常をおこした¹⁾。降下物は $830,000\text{km}^2$ の面積をおおい、この爆発のために生じた津波はジャワ、スマトラの近海を襲い、湾波高が最大 $20 \sim 35\text{m}$ にまでおよび、 $3,6417$ 人の溺死者を出したと伝える²⁾。爆発で生じた微気圧波や津波は全世界に伝わった。8月28日に元の静けさにもどったが、この噴火のためジャワ島西部、スマトラ島西部に多くの犠牲者を出したため、この辺りでは詳しいことは伝わっていない。後の調査でラカタ島の約 47km^2 の $3/4$ の面積がふっとんだことがわかった^{3)~8)}。

1983年（大噴火の100年後）ジャカルタでクラカタウシンポジウムが開催され、また、とくにその後100年の変化もハワイで開かれた太平洋会議で特別シンポジウムを組まれ多くの講演がなされ、まとめられている⁹⁾。

この火山はどのような地質構造のところに位置し、どのような活動を起こしているのかは興味あることである。西村らは、京都大学理学部とインドネシア科学局国立地質学・鉱山学研究所（現地質工学研究開発センター）との共同研究⁸⁾、Harjono, et al. は、フランスとインドネシアの共同研究の結果をまとめている¹⁰⁾ が今回はそれらを組合せて報告する。

2. クラカタウ周辺の地質

スンダ海峡をはさんだ南スマトラと西ジャワの地質図をインドネシア地質調査所（現地質学研究開発センター）発行の地質図を一部修正してまとめて作った（Fig. 1）。

これによると地質構造は南スマトラと西ジャワは連続しているが、その構造の方向はスンダ海峡で約 20° 折れ曲がっている。また、第四紀の安山岩活動がパナイタン島、クラカタウ火山、シブク島、ラジャバサ火山、スカダナの玄武岩台地と一直線につながっている（Fig. 2）。しかし、現在活動しているのはアナッククラカタウだけである。この火山列では島弧型の通常みられる化学組成の帯状分布がみられない（Fig. 3）。

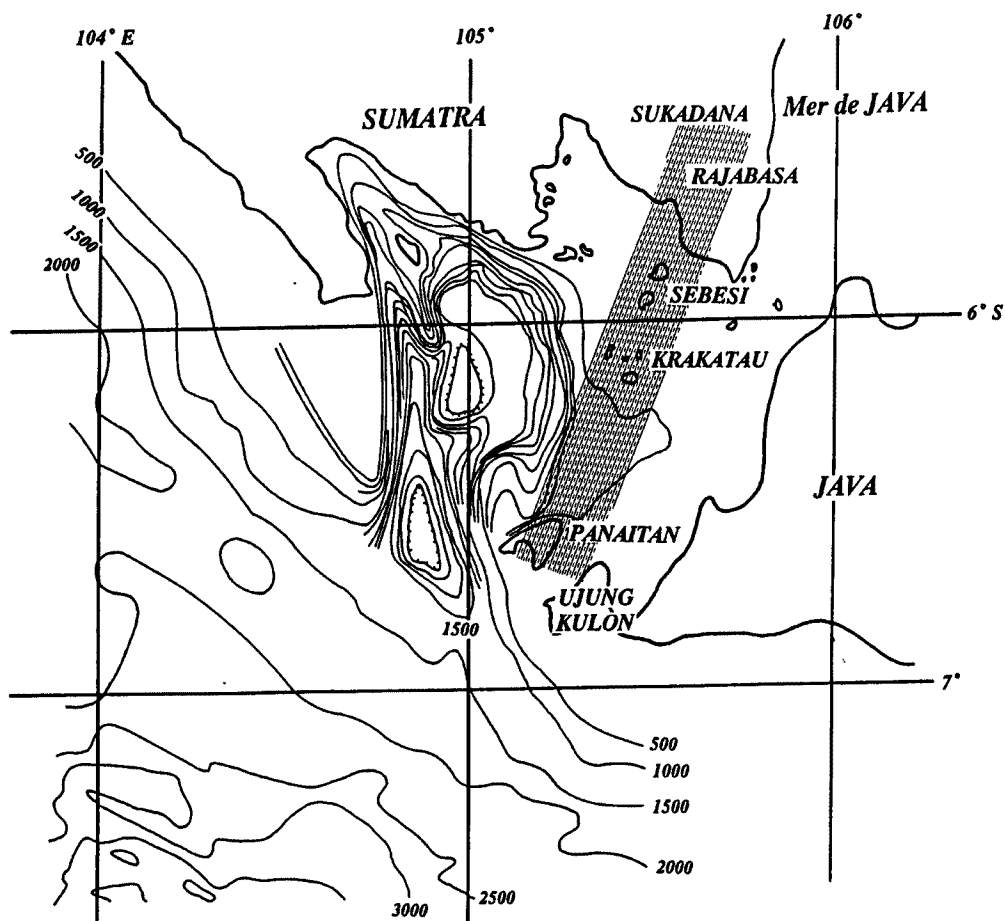


Fig. 2 Map of the Sunda Strait area. The hatched band is the volcanic line. Bathymetry contours in m (modified from Harjono et al., 1989)¹⁰⁾.

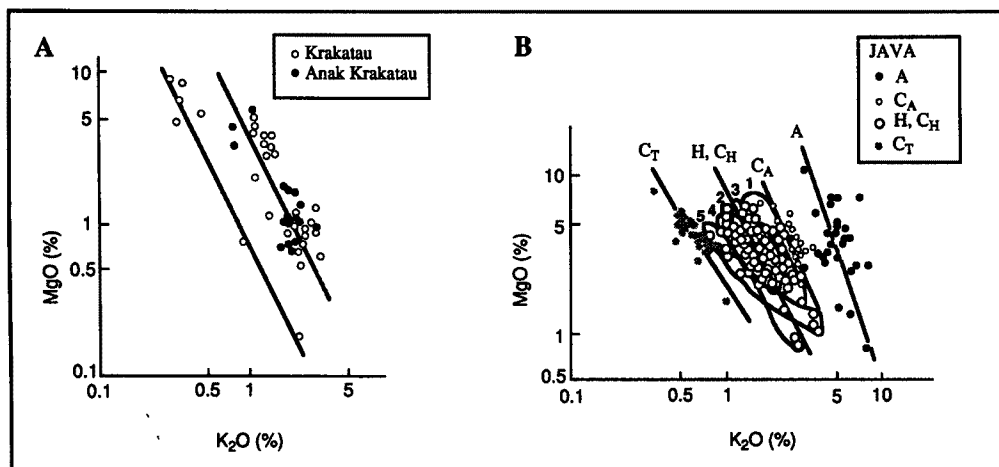


Fig. 3 Relation between K_2O and MgO content of rocks from the Krakatau Complex and Anak Krakatau (A) and Java (B). C_T : Calc-alkali rock series belonging to tholeiite, H: High-alumina basalt rock series, C_H : Calc-alkali rock series belonging to high-alumina basalt rock series, A: Alkali basalt rock series, C_A : Calc-alkali rock series belonging to alkali basalt rock series. The numbers 1, 2, 3, 4 and 5 in Fig. 3B show the subgroups of the C_H and H series. In Java, the zonal arrangement of C_T , H, C_H , C_A and A is as observed from the Indian Ocean side to the Java Sea side.

この他西ジャワには第四紀のゲデ火山, カラン火山, プラサリ火山, アスピアン火山がみられるがこれらの化学組成はジャワ島中央部の火山と同じ島弧型で帯状分布がみられる (Fig. 3)。

このことはスンダ海峡の火山は島弧形とは異なり, 地殻の引っ張りの場の火山活動であることを示している。この地域は基盤として, 三畳紀以前の岩体が認められ, 不整合で中新世の堆積岩, さらに西ジャワに広く分布するマリンビン凝灰岩層 (流紋岩質), 南スマトラに広く分布するランボン溶結凝灰岩 (石英安山岩質) がみられ, これらを貫いて第四紀の火山活動がある (Fig. 1)。

3. スンダ海峡の地形

スンダ海峡の海底地形を Fig. 2 と Fig. 4 に示す^{10), 11)}。スンダ海峡の東半分は非常に平坦で 180m 深度より浅く, 深井戸の記録によると少なくとも 2500m の厚さの上部更新世より若い堆積物で被われている^{12), 13)}。だが, 平坦部の中にクラカタウのカルデラは 200m の深さに達する。西半分は SW の方向に 1800m の深度に達する海盆が存在する。この海盆は二つの部分に分かれる。南の部分は NS 方向で西の方へ曲がり北へはセマンカ断層に続いている。

4. スンダ海峡の重力

重力測定は海岸沿いと一部内陸で行った⁸⁾のと海上で測定した¹¹⁾のとがある。これらのブーゲ異常は単純となり Fig. 5 の様になる。ここでは, パナイタン島の所に大きなカルデラ状の異常が認められ, 他は沈

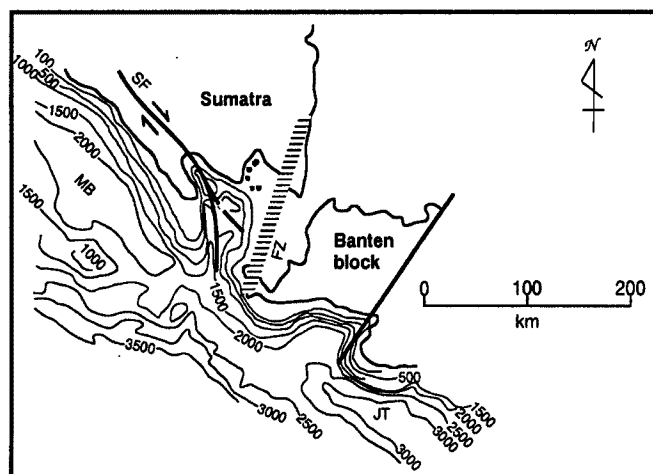


Fig. 4 Submarine morphology and sketch map of the tectonic position around Sunda Strait showing a north-south trending fracture zone (FZ) and the Semangko fault (SF). MB: Mentawai basin, JT: Java trough, G: Groove.

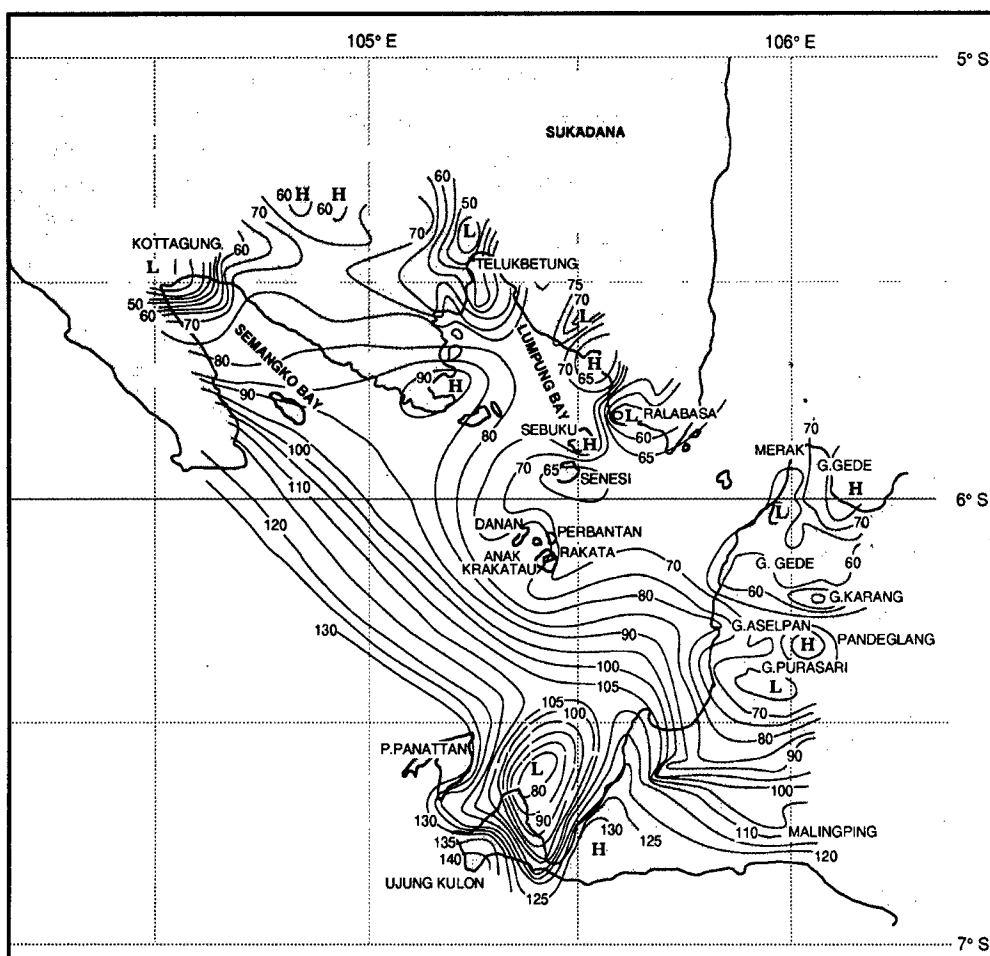


Fig. 5 Simple Bouguer anomaly map of the Sunda Strait area. Contour interval is 5 mgal; Open circle: gravity stations. H: High Bouguer anomaly area L: Low Bouguer anomaly area.

み込み帯の異常を示している。前部厚く広く分布する酸性凝灰岩の噴出孔と考えられる。セマンカ断層沿いやテルクブトングにもカルデラの異常がある¹⁴⁾。

5. スンダ海峡近辺の地震活動

100km より浅い 1961-1981 の間に発生した震央分布を **Fig. 6** に示す。前記、火山の列に地震も起こっている。その他は島弧の沈み込みに伴う地震である。

1987 年にインドネシアとフランスの共同研究で 174 の 50km より浅い地震を調べられた^{10), 15), 16)}ところ、引張りの地震であることがわかった (**Fig. 7**)。

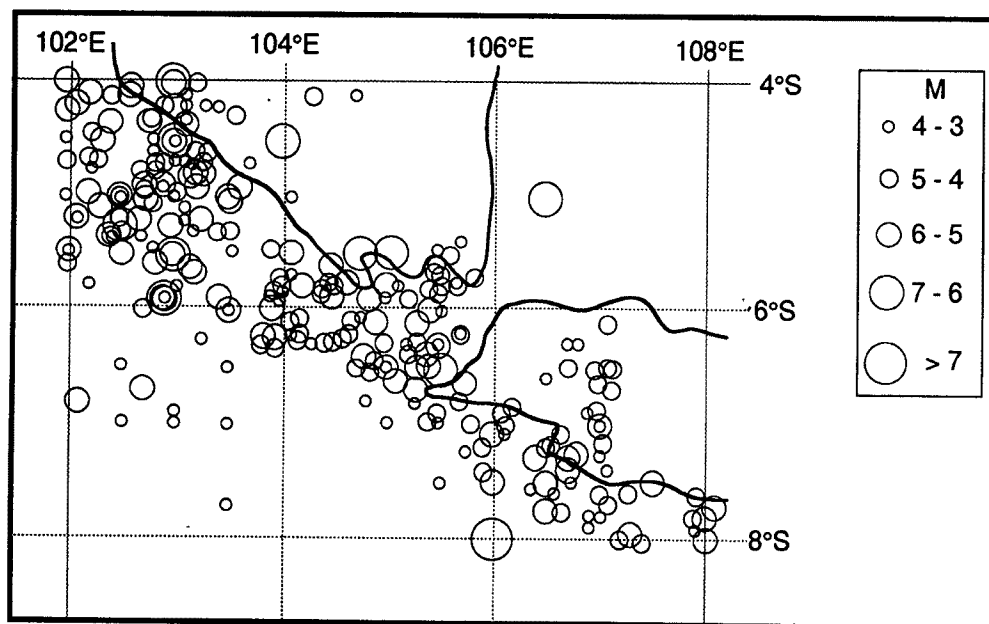


Fig. 6 Shallow earthquakes (depth < 100 km) in the southern Sumatra-western Java area between 1961-1981, located by the International Seismological Center.

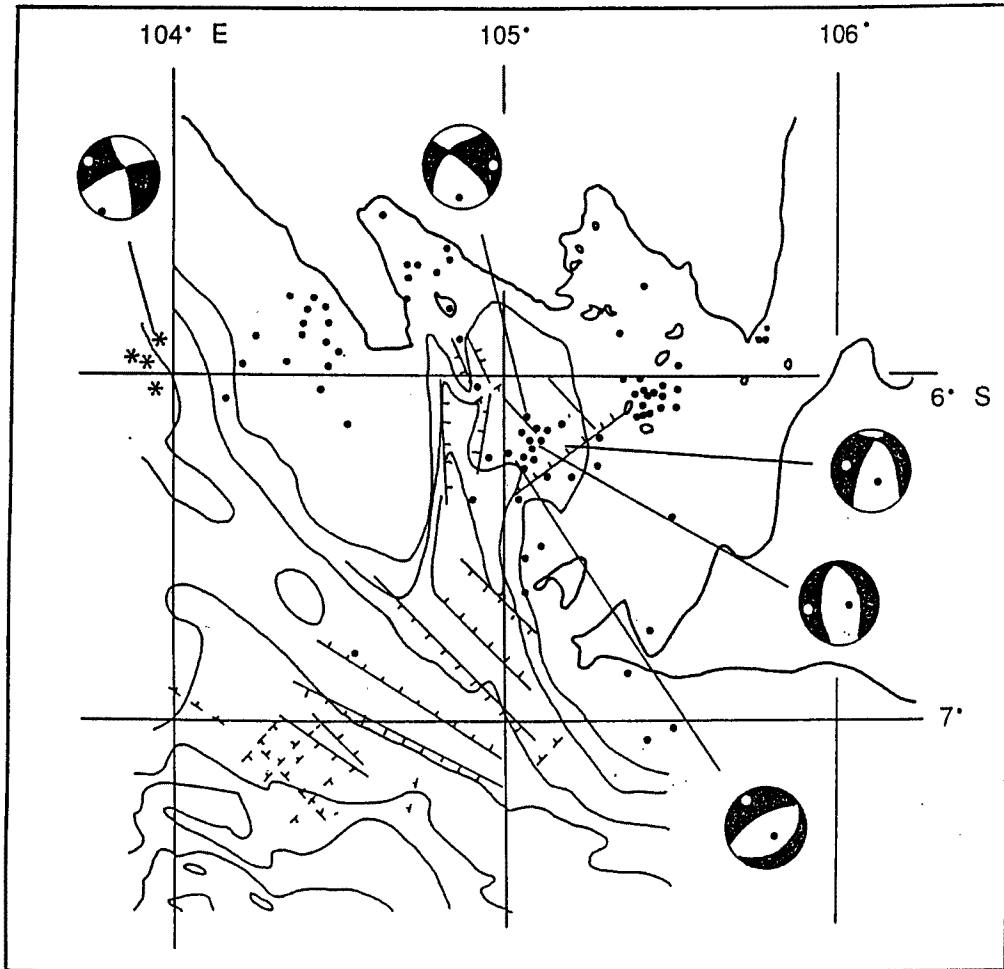


Fig. 7 Epicenters of superficial seismicity (0-20 km) (represented by dots) recorded by the temporary network and superimposed on the structural map. Shaded quadrants show compressional motions.

6. クラカタウ火山の活動

クラカタウ火山の1883年の噴火についてはすでに述べた。このクラカタウ火山の活動には伝説があり、Pararatonの年代記（王の本）にSaka 338 (A.D. 416)に神の激怒によって、雷、燃える雲、石の雨、地震がおこり、それまで地続きであったスマトラとジャワとが離れたと伝える⁵⁾。オランダの1980年代の調査から、この時に1883年と同程度の噴火があったと考えられている。その活動史をまとめてFig. 8の様にEscherが表わしている³⁾。そのときに噴出した火山岩のSiO₂分析値をみるとクラカタウ火山は最初52%から次第に増加して67～68%になると山体をふっとばす大噴火を起こしていることが伺える（Fig. 9）。

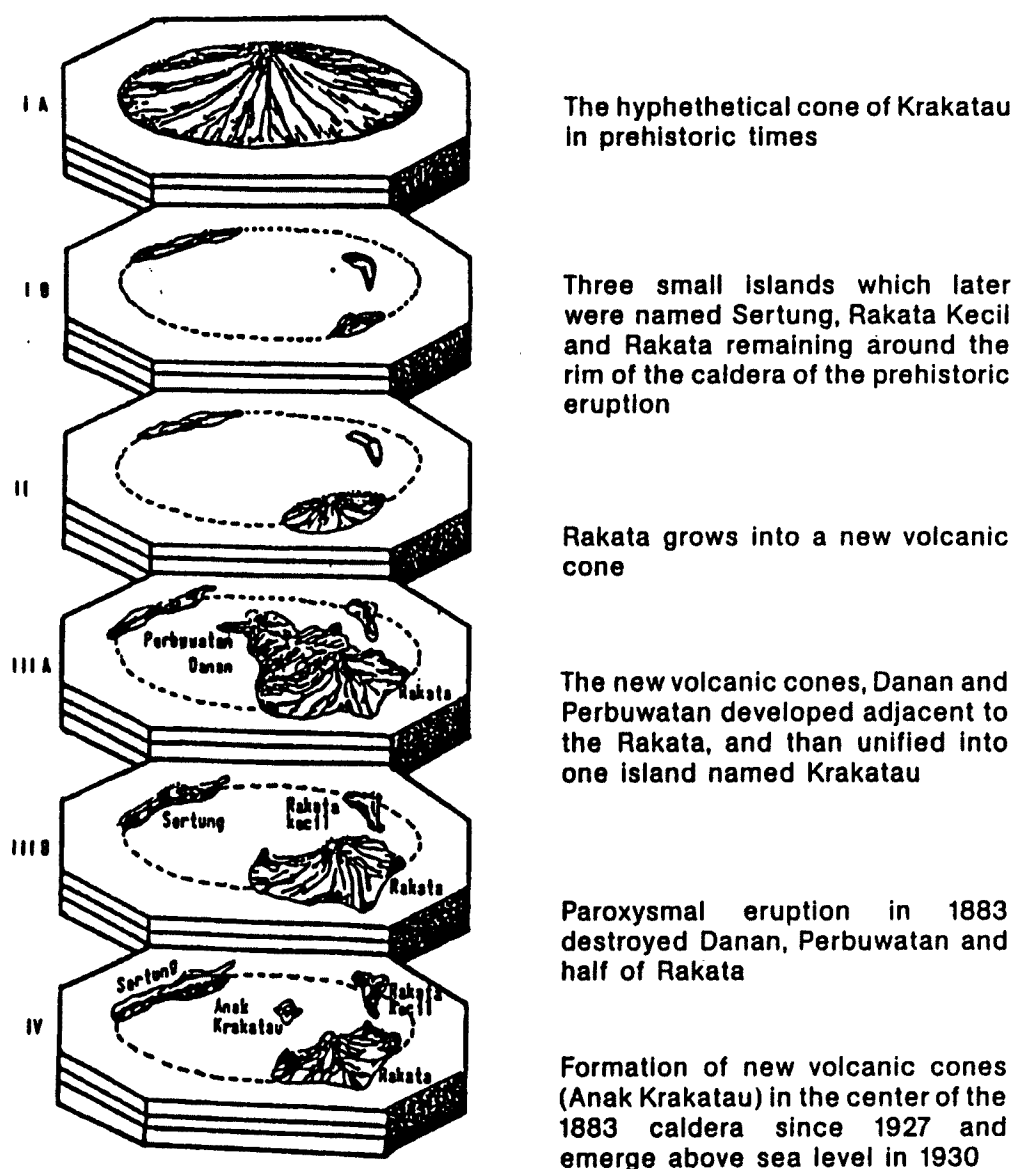


Fig. 8 History of the development of Krakatau³⁾.

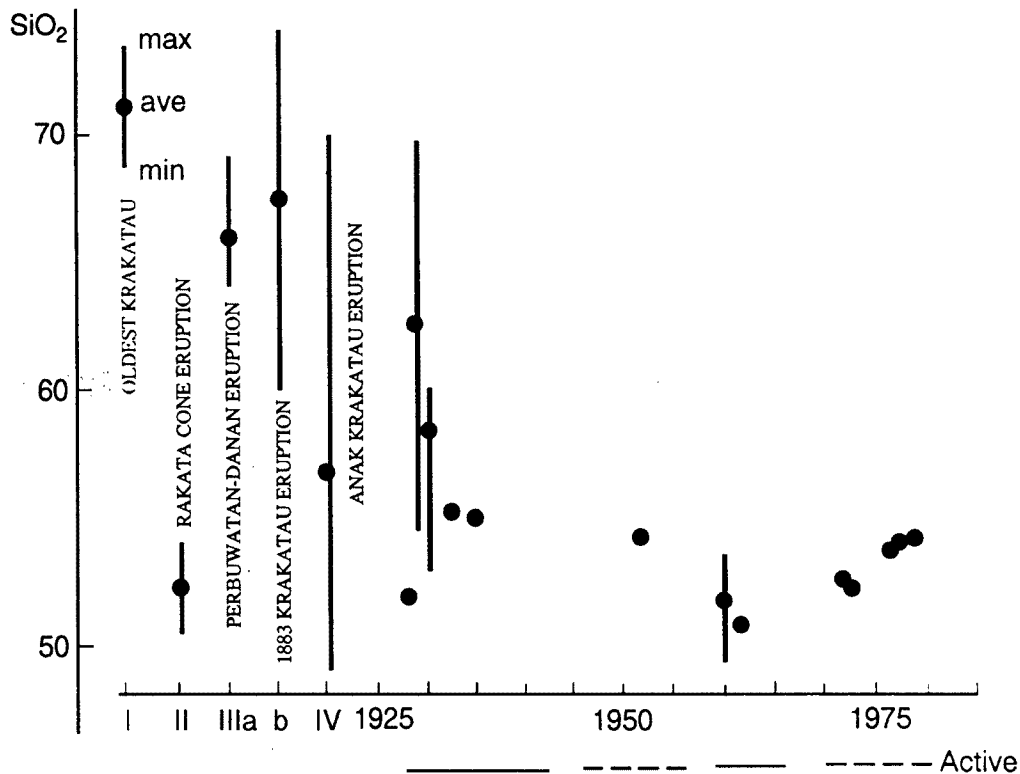


Fig. 9 Change of the silica content of volcanic rocks in Krakatau.

7. スンダ海峡の発達史

スンダ海峡の発達史に関連して Ninkovich はスマトラ島とジャワ島のつながりから約 10Ma 以降にジャワ島の向きに対してスマトラが 20° 時計廻りに回転して現在の様に曲がった (Fig. 9) としている¹⁷⁾。これに関係してスマトラの大断層が出来それに伴ってトバ湖周辺の様なイグニングライトが噴出したとしている。我々は古地磁気の研究から、2～4Ma 以降に 20° の回転があったとしている⁸⁾。しかし、現在の地震観測からはスマトラ大断層沿いの平行移動しか示すものが見出されていない^{10), 15), 16)}。このことから少なくとも 0.5Ma 以降は平行移動のみに変わったと考えられる。すなわち 4Ma 頃からスマトラはジャワに対して 20° 時計廻り回転を行い、その時にパナイタン島からラジャバサ火山までのさけめ噴火を行い、その後現在までスマトラ大断層 (セマンカ断層) の西側が北へ移動し変化したことから、その一番歪の受ける場所、クラカタウ火山での活動のみになったと考えられる。

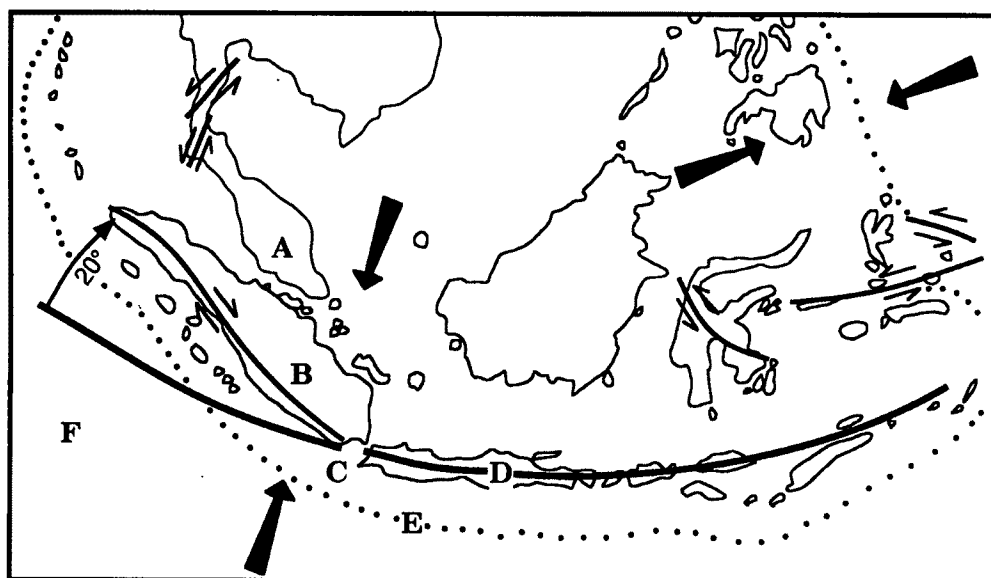


Fig. 10 An increase in sea-floor spreading rate pushed north Sumatra and Malaya northeastward along the system of faults, causing a clockwise rotation of both Sumatra and Malaya of approximately 20° , about an axis located in or near the Sunda Strait. Simplified from an original figure of Nikovich (1976). A) Malay peninsula; B) Sumatra; C) Sunda Strait; D) Java; E) Sunda trench; F) Indian Ocean.

参考文献

- 1) Royal Society of London, The eruption of Krakatau and subsequent phenomena, Report of the Krakatau Committee of the Royal Society, ed. Symons, Harrison and Trüber, London, 1888.
- 2) Neunann van Padang, M.: Catalogue of active Volcanoes of the world including Solfatic a Fields, Part 1, Indonesian Intern. Volc. Assoc., 1985, p.271.
- 3) Escher, B. G.: De Krakatau group als vulkaan. handelingen v. h. Eerste Ned. Ind. Natuurs. Congres. Waltevreden, 1982, pp.28-35.
- 4) Zen, M. T.: History of the Krakatau volcanic complex in the strait of Sunda and mitigation of its future hazards, Bull. Jursan Geol., vol.10, 1983, pp.1-28.
- 5) 西村 進: クラカウ火山地域の調査(1), 九十九地学, No.15, 1980, pp.1-10.

- 6) 西村 進, 西田潤一：クラカタウ火山地域の調査, 九十九地学, No.16, 1981, pp.17-27.
- 7) 西村 進, 西田潤一, 池田 隆, 玉田 攻：クラカタウ火山地域の調査(3), 九十九地学, No.17, 1982, pp.64-77.
- 8) Nishimura, S., J. Nishida, T. Yokoyama, and F. Hehuwat, : Neo-Tectonics of the Strait of Sunda, Jour. S. E. Asian, Earth Sci., vol.1, 1986, pp.81-91.
- 9) Thornton, I. W. B. ed., Krakatau - A Century of Change, GeoJournal, vol. 28, no. 2, 1992.
- 10) Harjono, H., M. Diamant, J. Nouaili, and J. Dubois, : Detection of magma bodies beneath Krakatau volcanoes (Indonesia) from anomalous shearwaves, J. Volc. Geother. Res., vol.39, 1989, pp.335-348.
- 11) Laure, M. : CORINDON IX Cruise Report, 1983.
- 12) Noujain, A. K. : Drilling in high temperature and over-pressured area, Pertamina/Amin Oil Well C-1-SX, Sunda, Strait, Indonesia, 22 p., Jakarta, 1976.
- 13) Mulhadiono and Askin, S. : "Pull Apart" Basin of Bangkulu offshore promises attractive exploration ventures, 25 p., GEOSA Conference, Jakarta, 1987.
- 14) Nishimura, S., H. Harjono, and S. Suparka, : The Krakatau Islands: The Geotectonic Setting, GeoJournal, vol. 28, 1992, pp.87-98.
- 15) Harjono, H. : Geodynamique du détroit de la Sonde (Indonésie); apports des donnees de microsis-micité et implications volcanologique. Thèse de Doctorat en-Sciences, Universite Paris-Sud, 202 p., 1988.
- 16) Harjono H., M. Diamant, J. Dubois, and M. Laure, : Seismicité du détroit de la Sonde (Indonésie) présentation des résultats d'un réseau local, C. R. Acad. Sci., Paris 307, Ser. II, 565-571, 1988.
- 17) Ninkovich, D. : Late Cenozoic clockwise rotation of Sumatora, Earth Planet. Sci. Lett., vol. 29, 1976, pp.269-275.