



## 論文紹介

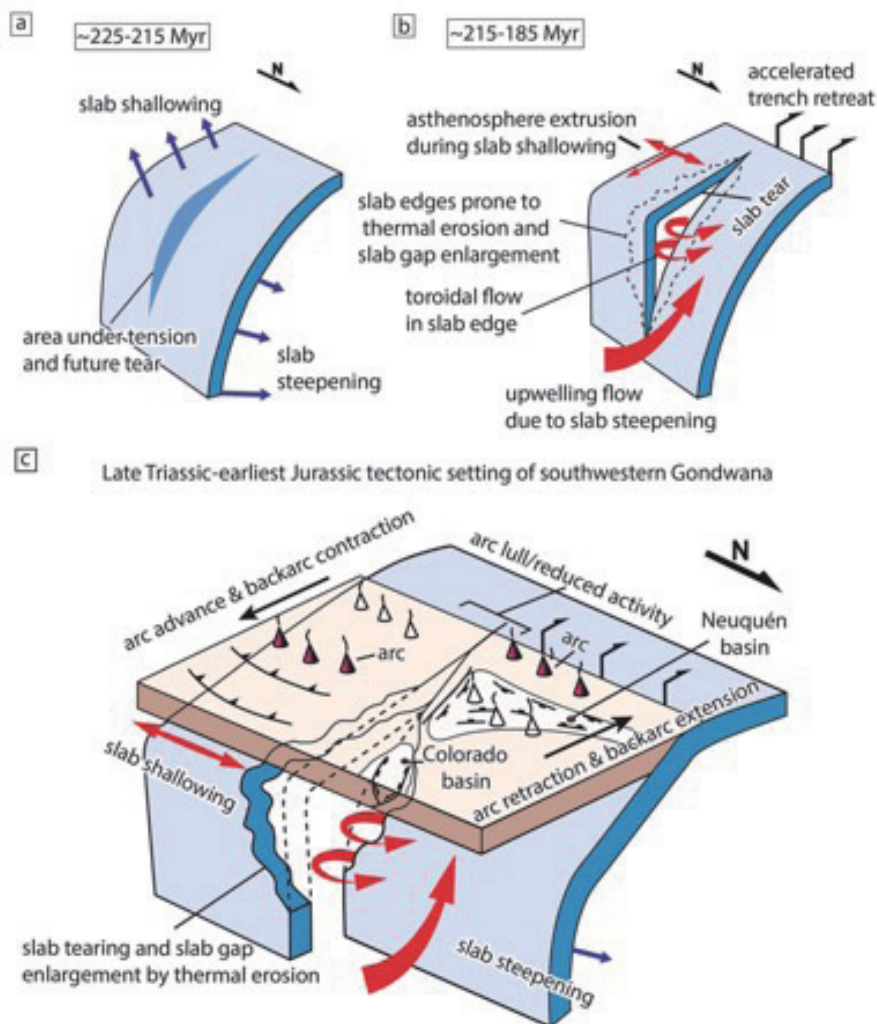
A glance at interesting papers

Gianni, G.M., Navarrete, C. and Spagnotto, S., 2019, Surface and mantle records reveal an ancient slab tear beneath Gondwana. *Scientific Rep.*, 9, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56335-9>.

垂直的なスラブ切断は、現世の収束環境において、沈み込みやマントルダイナミクスに重要な影響を与えると広く報告されてきた。しかしながら、海洋プレートが沈み込んでしまい、地質的な記録が限定されている過去の収束縁において、類似の影響を評価することは、難しい課題として残っている。本研究において、我々は、過去の沈み込み形態を保存している下部マントル構造と上の

プレートの地質的記録とを対比し、南西 Gondwana 下の前期中生代の大規模な切断イベントである深部スラブ断裂を示す。この目的のために、我々は、年代・地質データを P 波トモグラフィーおよびプレート復元と統合する。後期トリアス紀-前期ジュラ紀のスラブ切断の発達は、次の i-iv を支持する：(i) 下部マントルにおけるスラブギャップ、(ii) 火成活動における時空分布の相違、(iii) 火成活動の休止、(iv) Neuquén 盆および Colorado 盆におけるプレート内展張と火成活動。この発見は、沈み込み帯を形成する基本的プロセスの過去の事例の認定といった意味をもつだけでなく、スラブセグメントが逆方向の回転をすることによって、その間にプレートの裂け目ができ、スラブ断裂を引き起こすメカニズムをまた示している。

(君波和雄)

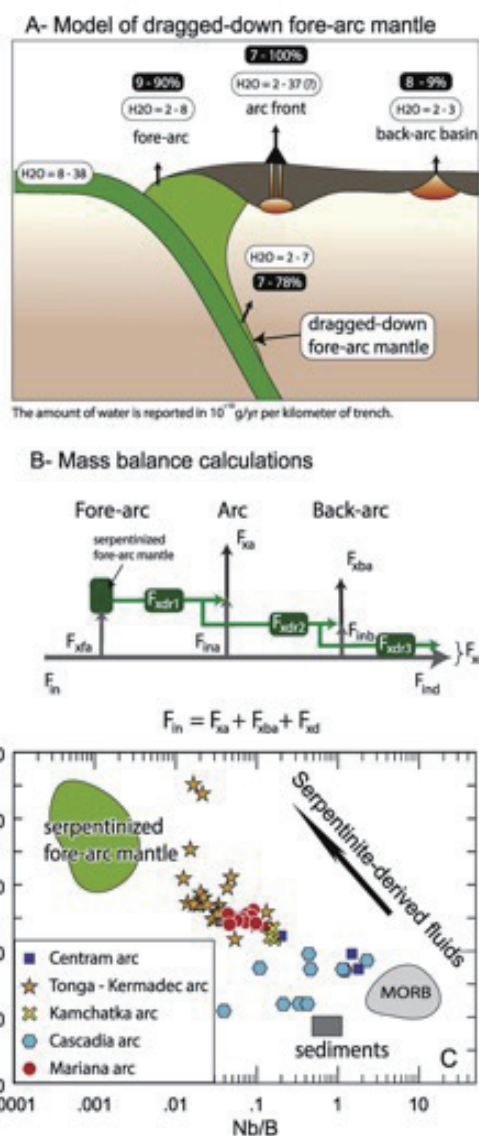


**Figure 4.** A conceptual model for slab-tearing beneath the southwestern Gondwana margin. (a) Slab-tearing in Late Triassic-earliest Jurassic resulted from synchronous development of slab shallowing in the south and slab steepening in the north inducing tensional stresses in a narrow zone ultimately leading to a slab gap. (b) Expected geodynamic response to the slab-tearing event and expected mantle flow patterns. (c) Late Triassic-Early Jurassic tectonic setting of southwestern Gondwana showing the contrasting tectonomagmatic evolution to the north and south of the inferred slab-tear.

Ribeiro, J.M. and Lee, C.-T., 2017, An imbalance in the deep water cycle at subduction zones: The potential importance of the fore-arc mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 479, 298–309.

スラブの脱水深度は、沈み込むスラブの温度状態に支配されると考えられる：冷たいスラブは、主に弧前縁下で脱水し、暖かなスラブは主に前弧下で脱水する。冷たい沈み込み帯の溶岩は、沈み込むスラブから放出された水に富む流体と広域的に作用すると予測される。そして、熱い沈み込み帯の溶岩に比べて、より高い含水量と上昇したスラブ流体の属性（すなわち、高い Ba/Th, H<sub>2</sub>O/Ce, Rb/Th, etc.）をもつ。しかしながら、弧の溶岩は、スラブの熱的状态に関係なく、類似したスラブ流体の特徴を示しており、沈み込み帯における揮発性物質 (volatile) の循環がより複雑であることを示唆している。本論では、蛇紋岩化した前弧マンテルが沈み込み帯の流体貯留場として重要かどうか、そしてそれが沈み込むスラブによって引きずられ、弧のマグマの生成に貢献するのか、といったことを検討する。単純なマスバランスと流体の循環ダイナミクスを用いて、我々は、火山弧の下で放出された水の流出量を説明するために、引きずり込まれた前弧マンテルが十分な水（海溝で注入された水のおよそ 7–78%）を供給しうること示す。それ故、弧のマグマによって補足された水がすべてスラブから直接的にもたらされた訳ではなく、かなり多くの水が引きずり込まれた前弧蛇紋岩の脱水を経由した間接的なスラブ由来であることを我々は提案する。前弧蛇紋岩の脱水は、それが一般的であるなら、弧マグマの似通った地球化学的特徴（すなわち、スラブ流体の属性）を説明する方法になり得るだろう。

(君波和雄)



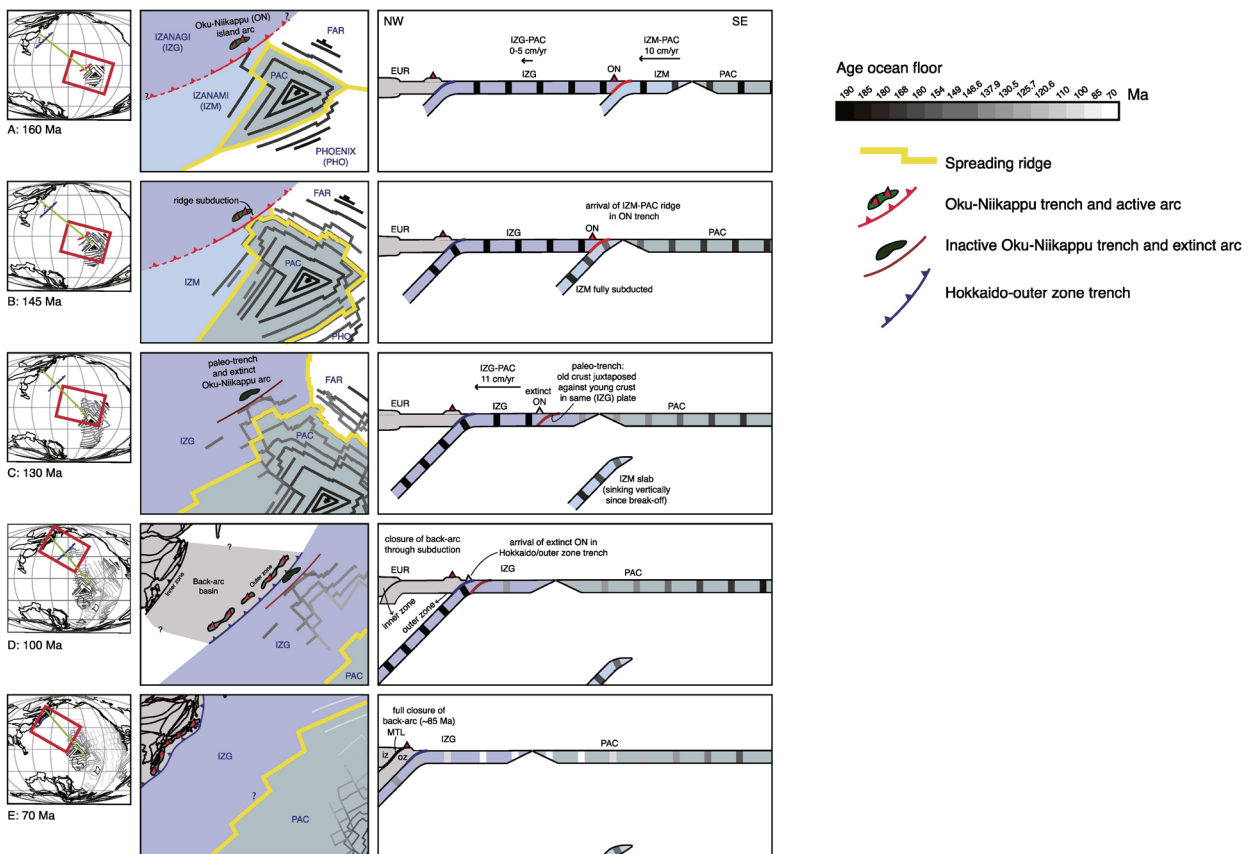
**Fig. 1.** Figures illustrating the potential role of the fore-arc mantle in the petrogenesis of arc magmas. A) Sketch showing the water budget of a typical subduction zone, with a dragged-down fore-arc mantle. The numbers represent the amount of water released from the downgoing plate for all the subduction zones investigated here (see Fig. 8 for details). The white numbers within a black oval represent the various water fluxes relative to the water influxes injected at the trenches (in %) as in Table 1 (i.e., for the fore-arc,  $F_{xda}/F_{in}$ ; for the arc,  $F_{xa}/F_{in}$ ; for the back-arc,  $F_{xba}/F_{in}$ ; for the water returned to the lower mantle  $F_{xd}/F_{in}$ ). B) Sketch summarizing our mass balance calculations, as detailed in Eq. (1) and Eq. (5). Notations can be found in Table 2. C) Nb/B vs  $\delta^{11}\text{B}$  diagram of Scambelluri and Tonarini (2012) used to decipher the contribution of the fore-arc serpentinites in arc lavas. Composition of the arc lavas are filtered for primitive composition (i.e.,  $\text{SiO}_2 \leq 56$  wt%,  $\text{MgO} \geq 5$  wt%) whenever possible. We used the dataset of Ishikawa and Tera (1999) for the Marianas, Leeman et al. (2004) for Cascadia, Ishikawa et al. (2001) for Kamchatka, Leeman et al. (2017) for Tonga-Kermadec, Tonarini et al. (2007) for Central America (Centram), and Marschall et al. (2017) for the mid-ocean ridge basalts (MORB) using an averaged Nb content of  $6.3 \pm 9.6$  ppm (Jenner and O'Neill, 2012).

Boschman, L.M., van Hinsbergen, D.J.J. and Spakman, W., 2021, Reconstructing Jurassic-Cretaceous intra-oceanic subduction evolution in the Northwestern Panthalassa Ocean Using Ocean Plate Stratigraphy From Hokkaido, Japan. *Tectonics*, 40, e2019TC005673. doi. org/10.1029/ 2019TC005673.

パンサラッサ海のプレート復元は、活動的な縁辺に囲まれた発散プレートの単純なシステムを描く。さらに、地質・地震トモグラフィの記録は、海洋内沈み込みが存在したことを示す。我々は、本論で先白亜紀の海洋中の奥新冠島弧（北海道に露出する残存島弧）のプレートテクトニック復元を行う。奥新冠島弧は、ジュラ紀の沈み込み帯でつくられ、イザナギプレートと本論で提案する‘イザナミ’プレートを分けていた。海洋環境中で活動を停止したと以前に考えられていた奥新冠島弧は、さらに伸張し、バレミアンのチャートに覆われた。活動を停止した弧は、100 Maに北海道に付加するまで4,500

万年の間パンサラッサ海洋底に残った。この事実は、奥新冠島弧の元々の位置が大陸縁から離れており、以前に認められていた Telkhinia スラブ上にあったことを示唆している。拡大方向の約30°の変化があった。パンサラッサプレートの再編成と弧の活動停止とが一致していること、および弧の活動停止とそれに続く弧の展張がイザナミ-太平洋海嶺の沈み込みに続くイザナギプレートと太平洋プレート間の連続した拡大によってすっきりと説明されることを我々は示した。我々の復元は、奥新冠コンプレックスと同じ付加コンプレックスに属する日本の外帯が前期-中期白亜紀の間背弧海盆によって内帯から分離されていたことを示す。本研究は、とくに地震トモグラフィと海の地球物理学データとが結びつけられたとき、失われた海洋プレートと過去の大陸縁のプレート復元における付加造山の重要性を示している。

(君波和雄)



**Figure 8.** Reconstruction of Izanami, Izanagi, and Pacific plate motion, Oku-Niikappu subduction (a) and extinction (b), and accretion of the Oku-Niikappu remnant arc in the outer zone trench separated from the northeast Asian continental margin by a ~2,500 km wide back-arc (c). The orientation and length of the Oku-Niikappu subduction zone are speculative. Panels on the left are in the mantle reference frame of Torsvik et al. (2019), except for 160 Ma for which there is no mantle reference available, and in which the Pacific Plate is stationary compared to its 150 Ma position. Our reconstruction assumes an Izanami-Izanagi subduction rate of 7.5 cm/yr (within the permitted range of 5–10 cm/yr, see Figure 7) and extrapolates the relative post-145 Ma Izanagi-Pacific motion direction for earlier times, assuming that the orientation of Pacific-Izanagi motion did not change during ridge subduction.

Wu, J.T.-J., Wu, J., Alexandrov, I., Lapen, T., Lee, H.-Y. and Ivin, V., 2022, Continental growth during migrating arc magmatism and terrane accretion at Sikhote-Alin (Russian Far East) and adjacent northeast Asia. *Lithos*, 432–433, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106891>.

大陸への実質的な付加、もしくは大陸成長は、地球の歴史を通じて最終的に我々の環境を形作るプロセスである。過去の造山の研究は、プレートに駆動された弧火成活動と収束縁に沿う物質の付加によって大陸成長が促進されることを示している。しかし、その詳細は、過去の造山の地質的な複雑さによって十分に解明されていない。特に、火成弧の役割と成長する付加縁の貢献は、未解明である。本研究は、北緯 42°–52° の北東アジア大陸縁 1500 km に沿う十分に研究されていない長命の火成弧を研究対象とする。限定された公表データを補完するために、我々は、シホテアリンの火成岩の新たな提示す

る。我々は、これらのデータを総合し、シホテアリンにおける 4 つの火成活動イベントを明らかにした：1) 134–120 Ma S-type, 2) 110–100 Ma I-type, 3) 95–52 Ma highly-evolved I-type, 4) <46 Ma I-type. そこで、我々は、東北アジア付近の我々の新たなデータおよび公表されたデータ (n>600) と地質から、ジュラ紀から新生代における火成弧の海溝方向への 1500 km におよぶ移動を明らかにした。若く、成長する大陸縁は、以下の化学組成をもつ弧火成活動によって改変された：1) 1.3–1.4 % の堆積物 (スラブ由来) とミックスされたマントル・ウェッジに由来する生成物, 2) マグマの分別によるシリカの富化. マグマ組成は、地殻の付加と海溝方向に移動する弧火成活動を含む収束縁の大陸成長が、初生マントル起源のミキシングから出発し、地殻の分化がそれに続くことを本論で示す。

(君波和雄)

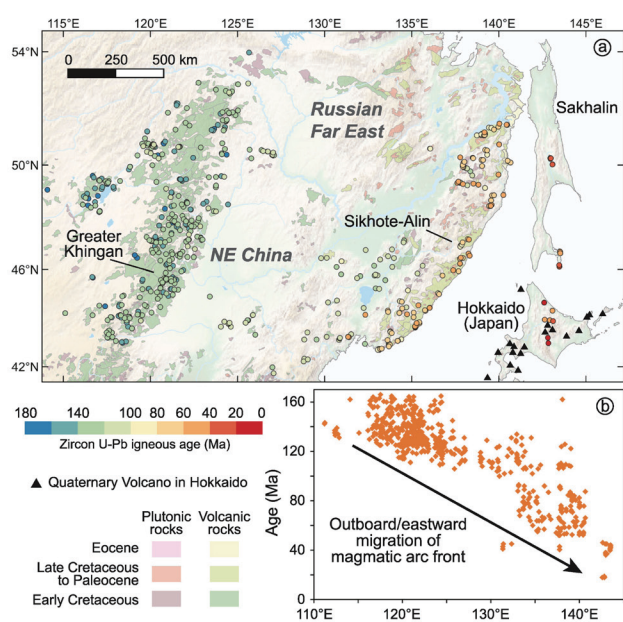


Fig. 12. 160 to 0 Ma outboard/eastward migration of 42°N to 54°N NE Asia magmatism. (a) Igneous rock distribution with U–Pb zircon age constraints in Sikhote-Alin, Sakhalin, Hokkaido (Table A. 3), and NE China (Gou et al., 2019 and references therein). (b) Present longitude vs. age of igneous rocks. The NE Asia igneous magmatic activity reveals a general eastward migration across a ~1700 km wide area from ~115°E to 143°E since 160 Ma. We exclude an average ~200 km eastward translation of the south Sakhalin and Hokkaido samples resulting from the Japan Sea opening, and consider a 160 Ma to present ~1500 km outboard/eastward migration of 42°N to 54°N NE Asia magmatism.

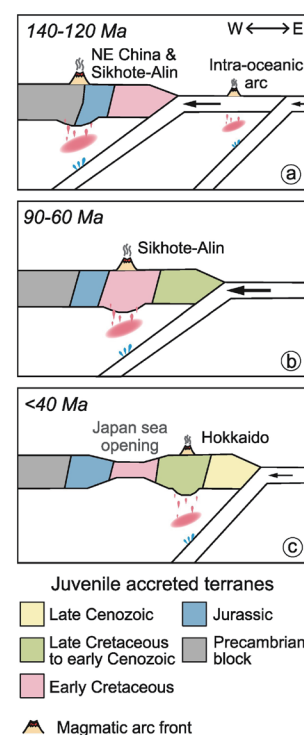


Fig. 13. Continental arc evolution of the 42°N to 52°N NE Asian margin from the Early Cretaceous to the present based on the result from this study. (a) Early Cretaceous (140 to 120 Ma): arc front moved from NE China into Jurassic accretionary belt in Sikhote-Alin (b) Late Cretaceous to early Cenozoic (90 to 60 Ma): arc front moved into early Cretaceous accreted terranes in Sikhote-Alin (c) Late Cenozoic (<25 Ma): the arc front moved entirely into the late Cretaceous to Cenozoic accretionary units in Hokkaido, after the Japan Sea opening.

A.C.-s. Cheong, M.-J. Jung, H.J. Jo, J. Kim, S. Lee and Y.-J. Jeong, 2023, Lithospheric thinning and ignition of a Cordilleran magmatic flare-up: Geochemical and O–Hf isotopic constraints from Cretaceous plutons in southern Korea. *Geosci. Front.*, 14, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101492>.

北東アジアの大陸縁は、古太平洋プレートの長期間の沈み込みによるマグマ生成物を含む。コルディレラ弧に認められるように、北東アジア大陸縁における火成活動の発達は、大きなパルスによって特徴付けられる。本研究は、新たなおよび公表された南部韓半島の深成岩類の年代・地球化学的データおよびO–Hf同位体データを用いて、白亜紀の火成活動 flare-up の初期段階を明らかにする。水平沈み込みによる長期間（～50 m.y.）の火成活動休止と Honam 剪断帯の発達の後、白亜紀 flare-up が京畿地塊の内陸側および沃川帯でモンゾナイト、花崗閃緑岩、花こう岩の貫入で始まった。以前の flare-up 時に形成されたジュラ紀の花こう岩類と比べると、沃川帯の Eopyeong 地域に産出するアルビアン（～111 Ma）モンゾナイトは、ジルコンが高い  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  ( $-7.5 \pm 1.3$ ) 値と  $\delta^{18}\text{O}$  ( $7.78\% \pm 0.25\%$ ) 値を、より低い全岩の La/Yb と Sr/Y をもつ。同時代の京畿地塊の多量の花崗閃緑岩と花こう岩は、Sr/Y がより小さくて範囲が狭く、La/Yb が小さく、先カンブリア紀基盤岩よりもジルコンの  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  値 (ca.  $-30$ ) がより大きい。これらの化学的・同位体的特徴は、前期白亜紀のリソスフェアが薄く、構造および火成作用によって厚くなったキール（以前の沈み込みでメタゾマを受けた）の剥離（delamination）

に由来したことを示す。剥離の結果生じた upwelling が flare-up の重要な切っ掛けとなった。アルビアン深成岩の火成作用同時的なジルコン、およびそれらの原生代初期とジュラ紀の遺存ジルコンの O–Hf 同位体レンジはこの脱クラトン化イベント時のマグマ生成にリソスフェアマントルと地殻底部を含んでいたことを示している。それ故、弧火成活動は海溝側に移動し、後期白亜紀に最高潮に達し、地殻の浅部に定置した広範な花崗岩質岩を生じた。Seoraksan-Woraksan- Sokrisan 国立公園に広く分布する後期白亜紀前期（94–85 Ma）花こう岩類は、非常に珪長質で、顕著な Eu 異常をもった水平なコンドライト規格化希土類元素パターンを示す。これらの花こう岩類中のマグマ同時的なジルコンは、それら母岩の地球化学とよく似ている。剥離に関連した地殻原岩の若返りは、花崗岩質岩のジルコンの  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  ( $-6$  から  $-20$ ) によって示され、それは先カンブリア紀基盤の値よりも一貫して大きい。ジルコンの O–Hf 同位体組成におけるコアからリムにかけての変化は、地殻同化の典型的シーケンスとマグマ溜まりへの新たな供給を反映している。

（君波和雄）

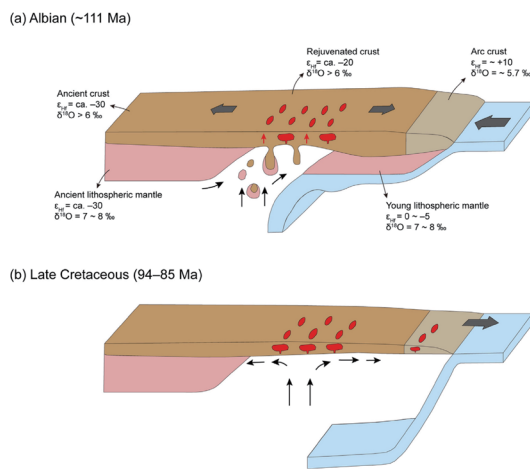


Fig. 12. Schematic cartoons illustrating the Cretaceous tectonomagmatic evolution of the Korean Peninsula, with oxygen and hafnium isotopic compositions of mantle and crustal reservoirs. (a) Collapse of the orogenically and magmatically overthickened lithosphere in combination with asthenosphere upwelling facilitated the melting of rejuvenated lithospheric mantle and rejuvenated the crustal basement to produce the Eopyeong and Ganghwa-Seokmodo-Hyeongseongan plutons, respectively. (b) Further melting of the rejuvenated crust produced early Late Cretaceous granites in the eastern Gyeonggi Massif and the central Okcheon Belt. The Gyeonggang granitoids were generated through the reworking of young arc crust represented by the ~250 Ma Yeongdeok adakite. Plate configuration modified after Wu et al. (2019). No scale.

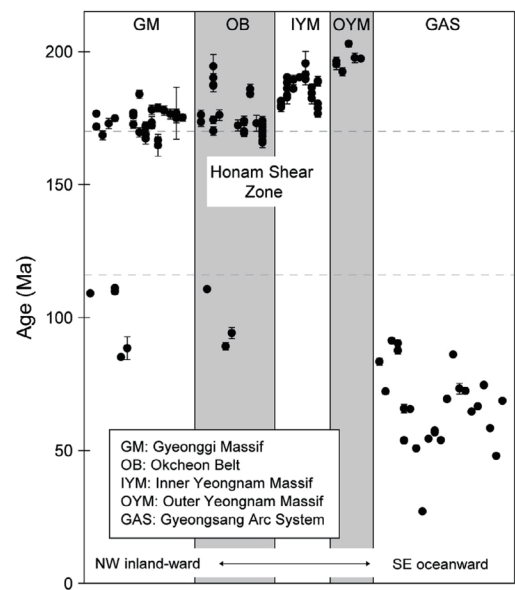


Fig. 9. Compilation of ion microprobe zircon ages for Jurassic and Cretaceous-Paleogene plutons in the southern Korean Peninsula. Dashed lines represent the approximate development and reactivation ages of the Honam Shear Zone.

Lee, T.-H., Park, K.-H. and Yi, K., 2018, SHRIMP U–Pb ages of detrital zircons from the Early Cretaceous Nakdong Formation, South East Korea: Timing of initiation of the Gyeongsang Basin and its provenance. *Island Arc*, <https://doi.org/10.1111/iar.12258>.

前期白亜紀慶尚盆の最下部 Nakdong 層の堆積年代を決定するために、ジルコンの SHRIMP U–Pb 年代を測定した。Nakdong 層の碎屑性ジルコンの U–Pb は、始生代から白亜紀の広い年代レンジをもつが、堆積盆の位置によった顕著な年代分布の違いを示す。南部 Nakdong 層の供給源は、主に周辺の嶺南地塊であり、同地塊は古原生代の変成岩やトリアス紀–ジュラ紀の深成岩類からなる。一方、中央と北側の Nakdong 層は、嶺南地塊の貢献と共に、北西側にある沃川変成帯からの多くの堆積物の供給を記録している。碎屑性ジルコンの最も若い年代集団に基づく、Nakdong 層の最大堆積年代は、約 127 Ma と推定される。127 Ma における堆積開始は、東アジアにおける圧縮から展張への構造環境の転換と一致する。これは多分イザナギプレートの移動方向が斜め沈み込みに変化したことによるのだろう

(君波和雄)

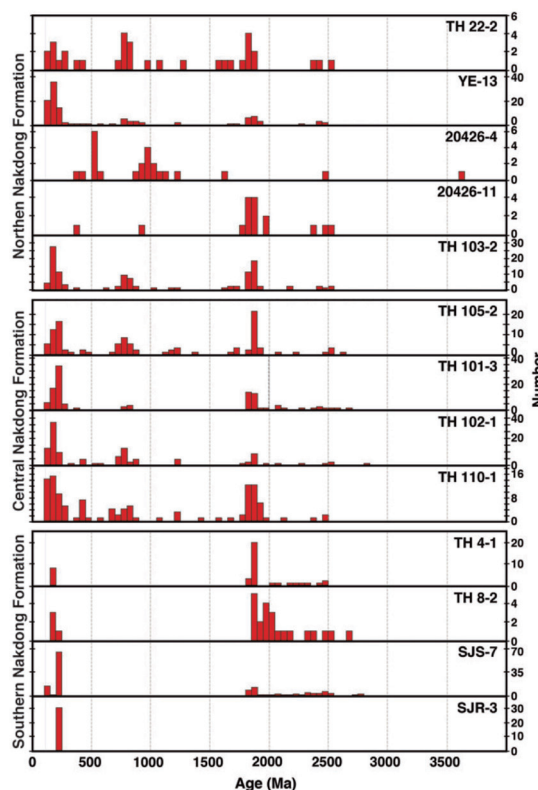


FIGURE 6 Age distribution diagrams for the northern, central, and southern Nakdong Formation

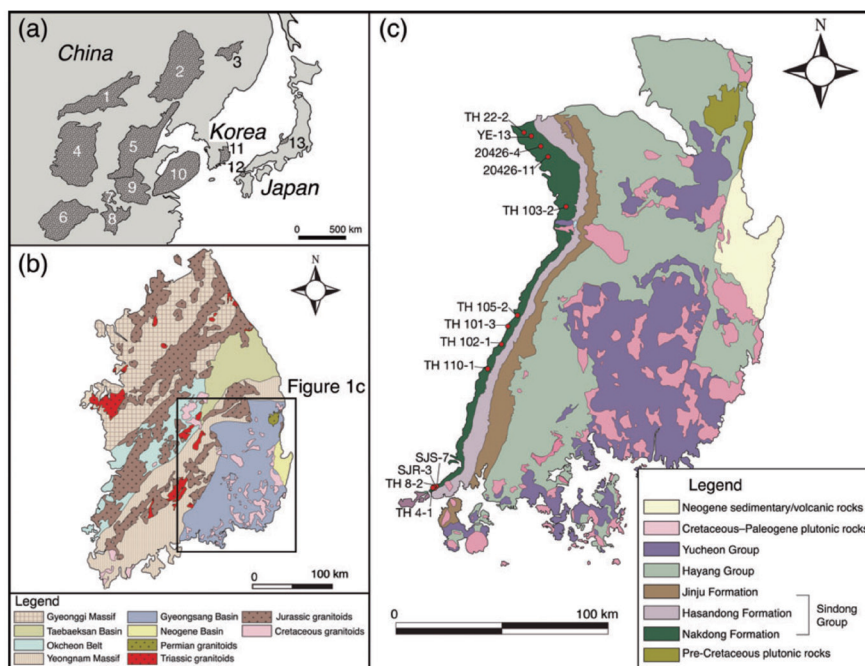


FIGURE 1 Geological maps of the study area. (a) Distribution of Cretaceous non-marine basins in East Asia, modified after Okada (2000). (b) Simplified geology of the southern Korean Peninsula modified after S. Kim et al. (2006). (c) The Gyeongsang Basin showing sample locations, modified after Ryu, Choi, and Wee (2006). 1, Erlian Basin; 2, Songliao Basin; 3, Sanjiang Basin; 4, Ordos Basin; 5, Bohai Basin; 6, Sichuan Basin; 7, Nanyang Basin; 8, Jiangnan Basin; 9, Hefei Basin; 10, Subei Yellow Sea Basin; 11, Gyeongsang Basin; 12, Kanmon Basin; 13, Tetori Basin