

코리아半島, 京畿地塊の CHIME モナザイト年代
CHIME monazite ages of metamorphic rocks of the Gyeonggi massif in the Korean Peninsula

鈴木和博^{1*}
Kazuhiro Suzuki^{1*}

¹名古屋大学宇宙地球環境研究所

¹Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8601, Japan.

*Correspondence author. E-mail: Suzuki@nendai.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Metamorphic rocks in the northeastern part of the Gyeonggi massif in the Korean Peninsula include pelitic and quartzofeldspathic granulites, augen gneiss, paragneiss in the amphibolite-facies and amphibolite, and are grouped into the high-grade granulite- and the low-grade gneiss-units. The tectonically lower granulite unit is separated from the gneiss unit by an extensive mylonite zone that show a metamorphic overprint characterized by the fibrolite and K-feldspar paragenesis. Pelitic and quartzofeldspathic granulites in the granulite unit give Paleoproterozoic (1.84-1.89 Ga) CHIME monazite ages, whereas paragneisses in the gneiss unit and rocks in the mylonite zone yield unequivocal Early Triassic (240 ± 10 Ma) ages. Augen gneiss and mylonitized pelitic granulite underlain below the mylonite zone yield Early Triassic age domains on and within predominantly Paleoproterozoic monazite grains. Augen gneiss as well as mylonite shows a consistent top-to-the-NE shear sense with gently inclined NE-SW mineral alignments. The chronological and structural data suggest that the juxtaposition of the hot gneiss unit by thrusting over the granulite unit was responsible for the Early Triassic overprint in the granulite unit and in the mylonite zone. The gneiss unit was possibly detached from the South China block during the collision between the North China and South China blocks, and was distributed as widespread allochthons on the granulite unit of the North China block.

Keywords: Gyeonggi massif; CHIME dating; monazite; Granulite; Early Triassic overprint; Nappe.

はじめに

中国北部から코리아半島にかけての「北中国地塊」と中国南部の「南中国地塊」は三疊紀初頭に衝突した(Maruyama et al., 1989). 코리아半島中央部は, この大陸衝突帯(大別-蘇魯超高压変成帯)の東方延長と想定され, 詳細な地質学的・岩石学的研究が実施されてきた. しかし, 膨大な研究にも関わらず, 想定 of 臨津江褶曲帯や沃川帯からは超高压変成岩が発見されなかった. 1996年に코리아半島中央部の京畿地塊に三疊紀初頭(245 ± 3 Ma)の変成岩が存在することが報告(Cho et al., 1996)されてからは, 次第に京畿地塊が大陸衝突帯と考えるようになってきた(例えば, Oh et al., 2005; Kim et al., 2006; Kwon et al., 2009). しかし, 京畿地塊の変成岩で三疊紀初頭の年代を示すのは角閃岩相の砂泥岩源片麻岩や角閃岩のみで, 変成度の高い泥質グラニュライトや珪長質グラニュライトの年代は古原生代(約 1.8 Ga)である. Suzuki (2009)は, 韓国北部の華川地域で古原生代の岩石と三疊紀初頭の岩石の境界にマイロナイト帯が発達していること, そのマイロナイト帯の岩石が角閃岩相の変成を受けていることを根拠にして, 北中国地塊のグラニュライト相変成帯の上に南中国地塊起源の角閃岩相変成帯が高温状態を保ったまま衝上して接触変成を与えたと提案した. 本稿では, 華川地域から東海岸までの京畿地塊北部域で, Suzuki (2009)のモデルが成立するか否かを検討する.

京畿地塊のグラニュライトユニットと片麻岩ユニット

京畿地塊の泥質と珪長質のグラニュライト相変成岩や眼球片麻岩の部分をグラニュライトユニットと呼ぶことにする(図1). 珪長質グラニュライトと泥質グラニュライトは 5-20 mm 大の Mg-ざくろ石を含むことを特徴とするが, 眼球片麻岩ではざくろ石が稀になる. 珪長質グラニュライトには花崗岩起源のものと砂泥起源のものがある. 量的には花崗岩起源の珪長質グラニュライトや眼球片麻岩が多い. 本稿で片麻岩ユニットと呼ぶものは主に砂泥岩起源の角閃岩相変成岩から構成されている. 変成度は珪線石-白雲母-黒雲母から珪線石-カリ長石-黒雲母である. 春川市の東部には角閃岩の大きな岩体があり, 石灰質の黒雲母角閃石珪長質片麻岩を伴っている(図1). また, 春川市の南部では, 層厚が 30-100 m の珪質片麻岩(変成珪岩)が地質図上で環状に分布している.

眼球片麻岩は片麻岩ユニットに近いグラニュライトユニット中に産出する. 眼球片麻岩と片麻岩ユニットの間には幅が 100-500 m の塑性変形が著しいマイロナイト帯が発達する. マイロナイト帯の岩石は, 伸長した石英が再結晶してモザイク組織を呈したり, デガッセイト組織の黒雲母が生じたりするなど, 接触変成的な変成作用を受けている. フィブロライト-カリ長石-黒雲母の共存が普通で, 堇青石を伴うことが多い. ざくろ石は見つかっていない.

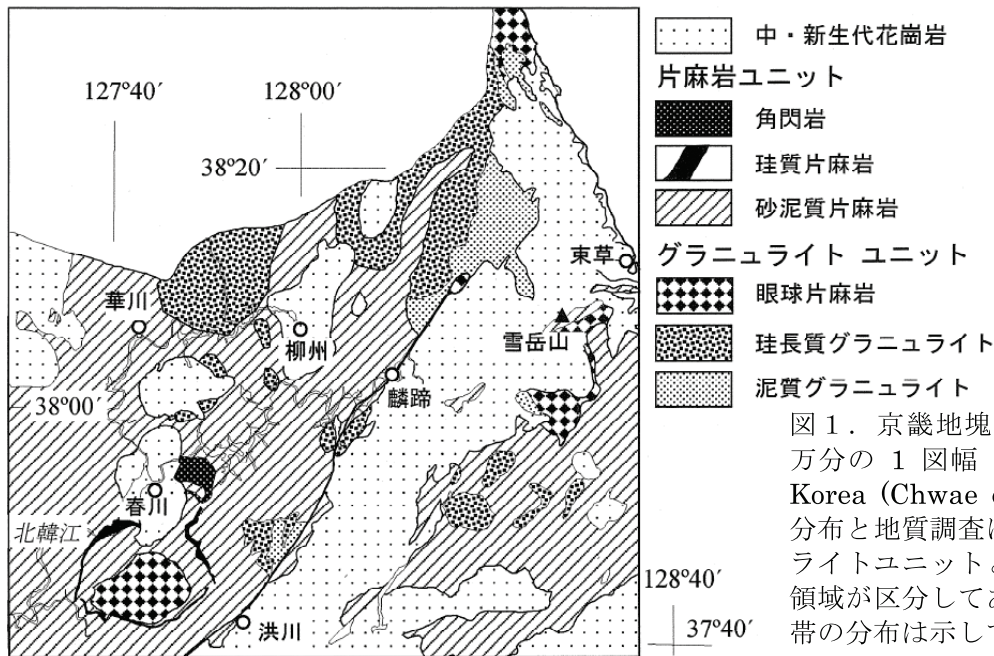


図1. 京畿地塊の地質概略図. 100 万分の 1 図幅 Geological map of Korea (Chwae et al., 1995)の岩石分布と地質調査に基づいてグラニュライトユニットと片麻岩ユニットの領域が区分してある. マイロナイト帯の分布は示していない.

グラニュライトユニットと片麻岩ユニットの地形的分布関係と年代

春川東部から洪川北部に向かって北北西-南南東に伸びる谷を走る道路(56号線)に沿って, グラニュライトユニットと片麻岩ユニットの両方が露出している(図2). 南東の標高が低い部分にグラニュライトユニットの岩石が露出し, 北西の標高の高い部分に角閃岩を含む片麻岩ユニットが分布する. 道路の北東側と南西側に連なる山は片麻岩ユニットの岩石で構成されている. この分布から, グラニュライトユニットが下盤, 片麻岩ユニットが上盤を構成していることがわかる. 境界には厚さが数十 m 以上のマイロナイト帯があり, その構造的下に眼球片麻岩が存在する. 片麻岩ユニットはグラニュライトユニットに衝上したナップである.

九城浦里南の珪長質グラニュライトのモナザイトは 1.88 ± 0.05 Ga の一様な年代をもつ. 南東の泥質グラニュライトと楓川里南の珪長質グラニュライトは 1.89 ± 0.07 Ga と 1.88 ± 0.05 Ga の他に約 240 Ma の年代がある(図2). 北西部の重土長石(hyalophane; $\text{Cn}_{0.41}\text{Ab}_{0.03}\text{Or}_{0.56}$ - $\text{Cn}_{0.25}\text{Ab}_{0.03}\text{Or}_{0.72}$)を含むざくろ石-白雲母-黒雲母(±フィブロライト)片麻岩の CHIME モナザイト年代は 249 ± 11 Ma である.

九城浦里北方のマイロナイトのモナザイトは 243 ± 7 Ma であり, 眼球片麻岩のモナザイトは古原生代(1.84-1.87 Ga)と三疊紀初頭(243 ± 12 , 244 ± 5 , 243 ± 9 Ma)である.

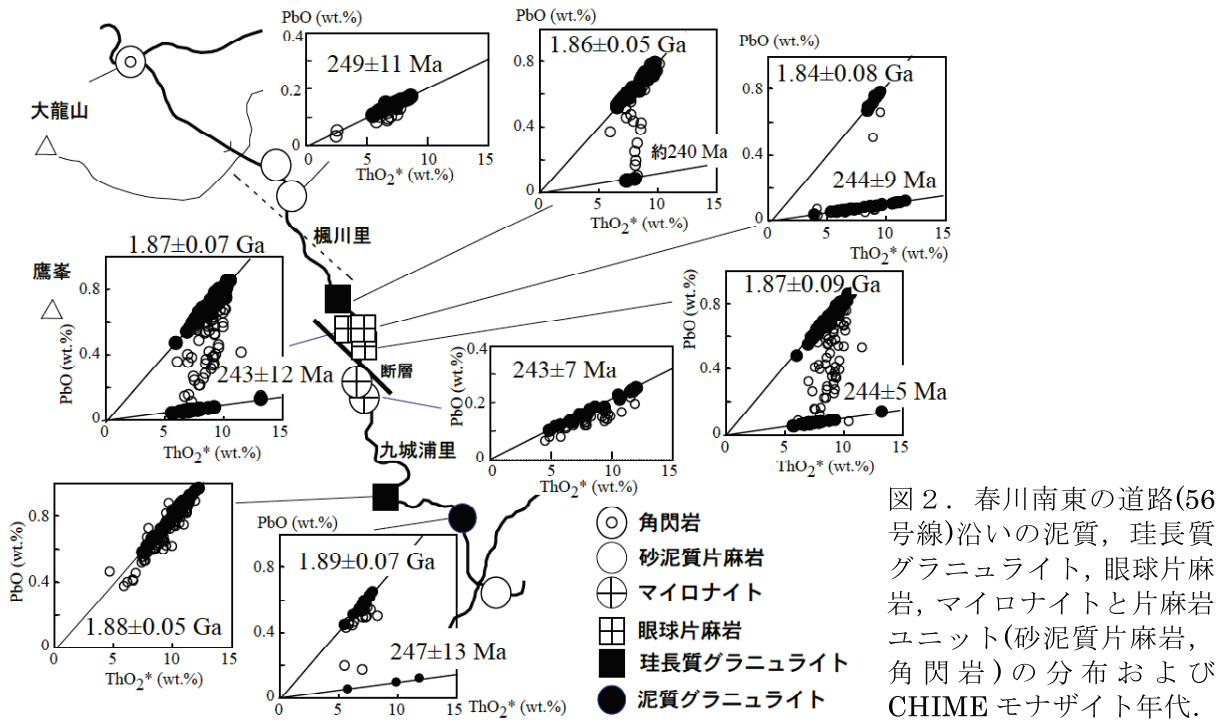


図 2. 春川南東の道路(56号線)沿いの泥質, 珪長質グラニュライト, 眼球片麻岩, マイロナイトと片麻岩ユニット(砂泥質片麻岩, 角閃岩)の分布および CHIME モナザイト年代.

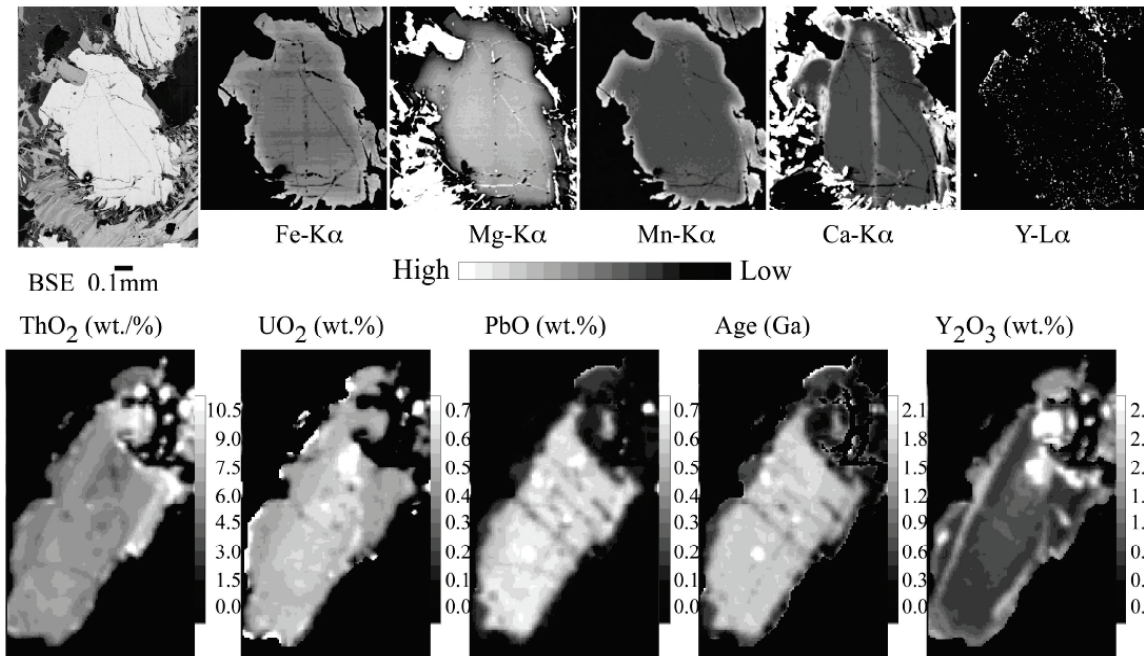


図 3. 道路(56号線)南東部の泥質グラニュライトの逆累帯ざくろ石の元素マップ(上)とコア・マントル モナザイトの元素・年代マップ(下). モナザイトの高 Y 領域がマントルである.

道路(56号線)南東部の泥質グラニュライトのざくろ石は, 周囲が黒雲母や堇青石に置換され, $Al_{0.65}Sp_{0.01}Py_{0.30}Gr_{0.04}$ (コア)から $Al_{0.72}Sp_{0.03}Py_{0.16}Gr_{0.09}$ (リム)の逆累帯を示す(図 3). コアとざくろ石か

ら離れた黒雲母の Kd は約 0.32, リムとリムに接する黒雲母の Kd は約 0.2 である. リムの Kd は重土長石を含むざくろ石-白雲母-黒雲母(±フィブロライト)片麻岩の Kd にほぼ等しいので, 泥質グラニュライトが受けたオーバープリントは角閃岩相に達している.

モナザイトの Y₂O₃ 含有量は粒子の心部(1%)から外側に向かって減少(約 0.2-0.3%)した後, マントルで 2.2-2.8 %に増加している(図 3). ざくろ石の最外部にも Y が濃集している. 通常の岩石の Y の貯留槽はゼノタイム, ジルコン, モナザイト, ざくろ石である. この泥質グラニュライトでは, ゼノタイムがモナザイトのコア-マントル境界に存在するが, 基質部には存在しない. Hickmott et al. (1987)はざくろ石の最外部の Y 増加がゼノタイムの分解で生じると解釈した. しかし, ゼノタイムは Y のアクティビティの上限をバッファー (Pyle and Spear, 1999)しているので, ゼノタイムが分解消失すると共存鉱物の Y は減少するはずである. ざくろ石最外部の高 Y は, Mn と同様に, 堇青石や黒雲母で置換された部分に存在していた Y が吐き出されて生じたと考えた方が合理的である (Suzuki, 2009). モナザイトの高 Y マントルとざくろ石の高 Y リムは同時に形成されたので, その年代(247±13 Ma, 図 2)が泥質グラニュライトが受けた角閃岩相オーバープリントの時期である.

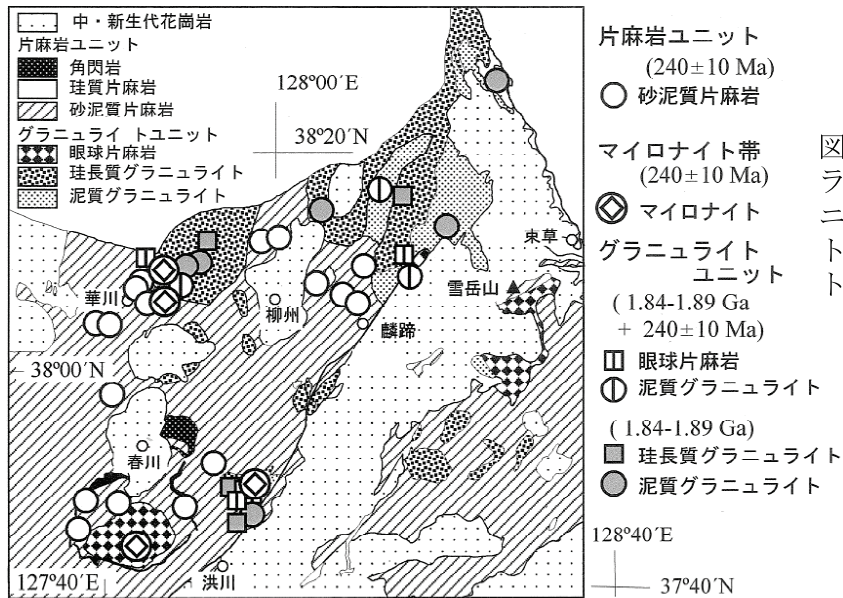


図 4. 京畿地塊のグラニュライトユニット, 片麻岩ユニットおよびマイロナイト帯の CHIME モナザイト年代.

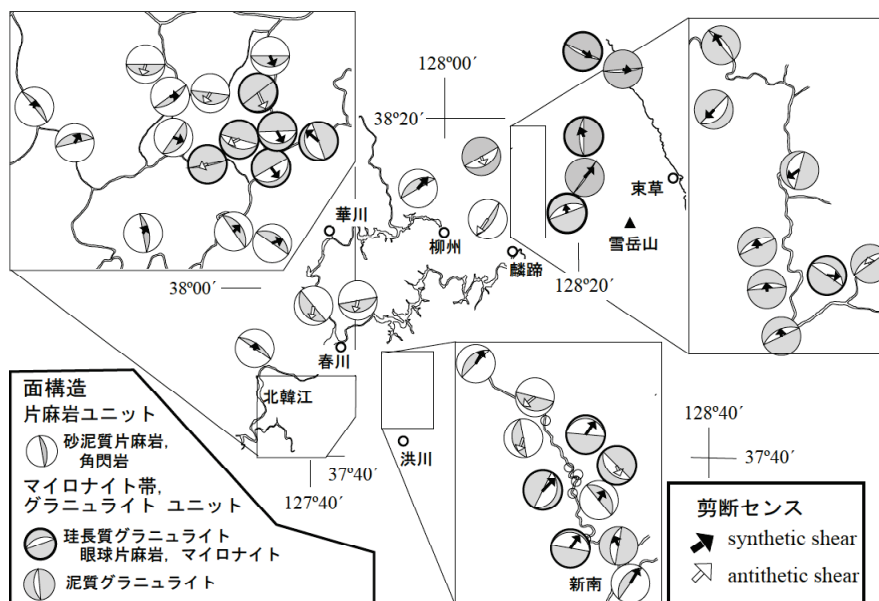


図 5. 京畿地塊のグラニュライトユニットおよび片麻岩ユニットの面構造と線構造のステレオ投影. 黒の矢印は synthetic shear, 白抜き矢印は antithetic shear を表す. 剪断センスは top-to-the-NE であり, 片麻岩ユニットが南西方向から北東方向に衝上したことを示唆する.

片麻岩ユニットの起源

マイロナイト帯を挟んで上位に片麻岩ユニット、下位にグラニュライトユニットという関係は京畿地塊の北東部に共通するテクトニクスである。片麻岩ユニットを構成する砂泥質片麻岩の CHIME モナザイト年代は例外なく三疊紀初頭(240 ± 10 Ma)で、グラニュライトユニットの泥質および珪長質グラニュライトの CHIME モナザイト年代は古原生代(1.84-1.89Ga)という年代の違いも京畿地塊に共通する(図4)。マイロナイトのモナザイトは三疊紀初頭の年代を有するが、眼球片麻岩やマイロナイト帯から 2-3 km 以内のグラニュライトは古原生代と三疊紀初頭のモナザイトを含む。

麟蹄北で採取した変形泥質グラニュライトでは、ざくろ石ポーフィロクラストの周囲が堇青石(過半はピナイト化)で置換され、塑性変形した基質も再結晶している(鈴木, 2011)。従って、地質学的には片麻岩ユニットの変成、衝上(塑性変形)とその後の角閃岩相オーバープリントの順番があることになるが、年代的にはイベント間の違いがみられない。マイロナイト帯から 2-3 km 以上離れたグラニュライトユニットには三疊紀初頭の角閃岩相オーバープリントの痕跡が無い。このことは、片麻岩ユニットが高温状態を保ったまま衝上して、マイロナイト帯やその近傍のグラニュライトユニットの岩石に接触変成を与えたことの証拠になる。

マイロナイト帯とその上下の岩石の剪断センス(図5)は、片麻岩ユニットが北東方向に移動してグラニュライトユニットに衝上したことを示す。これと同じように、三疊紀初頭の片麻岩ユニットが古原生代グラニュライトユニットにtop-to-the-NEで衝上した運動は、コリア半島西部の洪城地域のみで連続して確認できる(Suzuki et al., 2010)。片麻岩ユニットの起源は現在のコリア半島より西側である。

片麻岩ユニットの砂質片麻岩に含まれている碎屑ジルコンの年代は新原生代が多い(Suzuki, 2009)。この年代の岩石は南中国地塊に特徴的(Zhai et al., 2007)であるので、片麻岩ユニットは南中国地塊の構成要素と考えられる。Zhai et al. (2007) や Suzuki (2009)は、南中国地塊と北中国地塊の衝突帯は現在のコリア半島の西側に仮定される黄海トランスフォーム断層で終焉し、南中国地塊の東端部分の地殻が剥ぎ取られて東側の北中国地塊のグラニュライトユニットに衝上したと考えた。Suzuki (2009)は南中国地塊から剥ぎ取られた地殻が十分に高温であったために、マイロナイト帯やマイロナイト帯に近いグラニュライトユニットの岩石が角閃岩相の接触変成を受けたと提唱した。南中国地塊と北中国地塊の衝突帯では、コーズ石を含む超高压変成岩と部分融解を伴う高温変成岩とが水平なナップを形成している(Liou et al., 1996)。片麻岩ユニットは、大陸衝突に先行する、南中国地塊のサブダクション型高温変成帯と考えてよい。

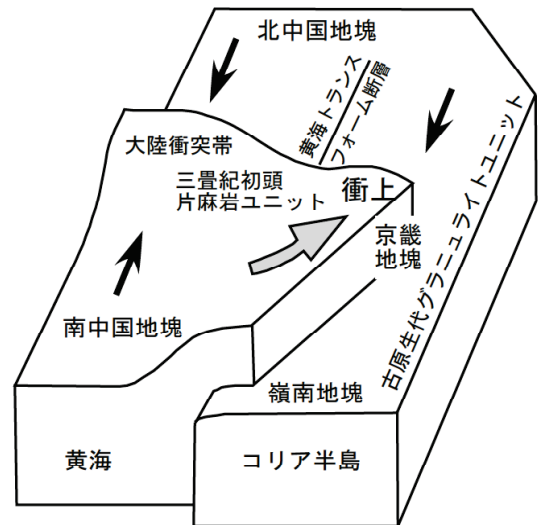


図6. 南北中国地塊の衝突において、南中国地塊の地殻が剥ぎ取られ、北中国地塊に衝上するモデル(Zhai et al., 2007; Suzuki, 2009)を修正・単純化してある。

おわりに

本研究で明らかになった、(a)京畿地塊の三疊紀初頭 (240 ± 10 Ma) の片麻岩ユニットと古原生代 (1.84-1.89 Ga) のグラニュライト相ユニットはナップ-ウインドウの関係、(b)岩石の剪断センスはtop-to-the-NE、(c)境界マイロナイトは三疊紀初頭 (240 ± 10 Ma) に再結晶、(d) 境界マイロナイト

から 2-3 km 以内のグラニュライト相ユニットに見られる三疊紀初頭 (240±10 Ma) の角閃岩相オーバープリントは塑性変形 (衝上運動) より後, の諸事項は, 南中国地塊から剥ぎ取られた高温状態の変成帯が, 黄海トランスフォーム断層を越えて, 東側の北中国地塊のグラニュライトユニットに衝上したとするモデル (Suzuki, 2009) を支持する.

謝辞

京畿地塊の地質調査を実施するにあたり, 韓国地質資源研究院の Ueechan CHWAE 博士に多大な便宜をはかっていただいた. 記して感謝いたします.

引用文献

- Cho, D.K., Suzuki, K., Adachi, M. and Chwae, U., 1996, *Journal of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University*, 43, 43-65.
- Chwae, U.C., Kim, K.B., Hong, S.H., Lee, B.J., Hwang, J.H., Park, K.H., Hwang, S.K., Choi, B.Y., Song, K.Y. and Jin, M.S., 1995, *Geological map of Korea (scale 1:1,000,000)*. Korea Inst. Geol. Mining and Materials.
- Hickmott, D.D., Shimizu, N., Spear, F.S., Selverstone, J., 1987, *Geology*, **15**, 573-576.
- Kim, S.W., Oh, C.W., Williams, I.S., Rubbato, D., Ryu, I.-C., Rajesh, V.J., Kim, C.-B., Guo, J. and Zhai, M., 2006, *Lithos*, **92**, 357-377.
- Kwon, S., Sajeev, K., Mitra, G., Park, Y., Kim, S.W., Ryu, I.C., 2009. *Earth and Planetary Science Letters* 279, 340-349.
- Liou, J.G., Zhang, R.Y., Wang, X., Eide, E.A., Ernst, W.G. and Maruyama, S., 1996, *The Tectonic Evolution of Asia*, Cambridge University, 300-344.
- Maruyama, S., Liou, J.G. and Seno, T., 1989, *The Evolution of Pacific Ocean Margins* edited by Ben-Avraham, Z., *Oxford Monograph on Geology and Geophysics*, 75-99
- Oh, C.W., Kim, S.W., Choi, S.G., Zhai, M., Guo, J. and Sajeev, K., 2005 *Journal of Geology*, **113**, 2-232.
- Pyle, J.M., Spear, F.S., 1999, *Geological Materials Research*, **1**, 1-49.
- Suzuki, K., 2009, *Geosciences Journal*, 13, 275-292.
- 鈴木和博, 2011, *地球化学*, 45, 2011, 113-128.
- Suzuki, K., Chwae, U., Dunkley, D.J., Kim, S.W., Kajizuka, I., Minami, M., 2010, *Journal of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University*, 57, 219-41.
- Zhai, M., Guo, J., Li, Z., Chen, D., Peng, P., Tiesheng, Li, T., Hou, Q., Fan, Q., 2007, *Gondwana Research*, 2, 388-403.

日本語要旨

コリア半島中部, 京畿地塊の変成岩は古原生代(約 18.4-18.9 億年)のグラニュライトユニットと三疊紀初頭(240±10 Ma)の片麻岩ユニットから構成される. 境界には大規模なマイロナイト帯が発達し, マイロナイト自体が三疊紀初頭(240±10 Ma)に角閃岩相の変成作用を受けてデガッセイト組織の黒雲母を生じている. また, マイロナイト帯から 2-3 km 以内のグラニュライトユニットの岩石も三疊紀初頭(240±10 Ma)の角閃岩相オーバープリントを受けて, ざくろ石が堇青石に置換されている. 片麻岩ユニットは大陸衝突時に南中国地塊から離れて北中国地塊のグラニュライトユニットに衝上した高温異地性岩体であり, その熱でマイロナイト帯や近傍のグラニュライトユニットの岩石が接触変成した.