

# ĐẶC ĐIỂM THẠCH - ĐỊA HÓA CÁC ĐÁ GABRO OXIT TRUNG TÂM TÁCH GIÃN TÂY NAM ẤN ĐỘ DƯƠNG, CHƯƠNG TRÌNH QUỐC TẾ KHÁM PHÁ ĐẠI DƯƠNG - LỖ KHOAN U1473A: MAGMA GIÀU Fe-Ti CÓ THỰC SỰ TỒN TẠI?

Nguyễn Khắc Du<sup>1,2\*</sup>, Tomoaki Morishita<sup>2</sup>, Akihiro Tamura<sup>2</sup>,  
Juan Miguel Guotana<sup>2</sup>, Biswajit Ghosh<sup>3</sup>, Yumiko Harigane<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất, Việt Nam, Email: nguyengkacdu@humg.edu.vn

<sup>2</sup>Đại học Kanazawa, Nhật Bản, Email: moripta@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup>Đại học Calcutta, Ấn Độ; Email: bghosh\_geol@hotmail.com

<sup>4</sup>Viện Khoa học và Công nghệ Địa chất Nhật Bản, Email: y-harigane@aist.go.jp

## TÓM TẮT

Lỗ khoan U1473A - Chương trình Quốc tế Khám phá Đại dương (IODP), hành trình 360 được khoan trên đỉnh núi ngầm Atlantis dưới đáy Ấn Độ Dương đã thu hồi khối lượng lớn các đá gabro có thành phần chủ yếu là gabro olivin, ít hơn là các đá gabro chứa oxit, gabro oxit và các đai mạch có thành phần felsic. Gabro oxit thường biểu hiện kiến trúc không cân bằng hóa lý giữa các khoáng vật nhóm oxit và các khoáng vật silicat, bao gồm pyroxen xiên với chỉ số Mg rất cao từ 70-90 nhưng giàu các nguyên tố đất hiếm. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng ngoài quá trình phân dị kết tinh, ít nhất một quá trình magma thực thụ khác làm giàu thành phần oxit Fe-Ti đã xảy ra ở giai đoạn tiến hóa muộn.

**Từ khóa:** Núi ngầm Atlantis, IODP- Lỗ khoan U1473A, gabro oxit, kết tinh phân dị, magma giàu Fe-Ti.

## 1. GIỚI THIỆU

Ranh giới mảng phân kỳ bao gồm các sống núi giữa đại dương là nơi sản sinh khối lượng magma lớn nhất hiện nay. Để mở rộng kiến thức cũng như làm cơ sở cho các nghiên cứu về manti, trước hết chúng ta cần phải nghiên cứu lớp vỏ gabro và các quá trình địa chất xảy ra trong đó. Lissenberg và cộng sự trong các tác phẩm (Lissenberg et al., 2008, 2013, 2016) nhấn mạnh rằng các phản ứng, tương tác giữa tổ hợp các khoáng vật kết tinh ở giai đoạn sớm trong đá gabro và các dung thể silicat nóng chảy ở giai đoạn muộn là một quá trình hết sức quan trọng trong nghiên cứu tiến hóa magma bên dưới các sống núi giữa đại dương (MORB).

Chương trình Quốc tế khám phá đại dương (IODP), trong hành trình 360 thuộc pha 1 của Dự án SloMo (Viết tắt của “Bản chất của lớp vỏ gabro và bề mặt Moho tại các trung tâm tách giãn chậm”), lỗ khoan U1473A đã khoan được 789.7m trên đỉnh núi ngầm Atlantis, sống núi tây nam Ấn Độ Dương đã mở ra những cơ hội tuyệt vời để nghiên cứu lớp vỏ dưới gabro. Mẫu lõi khoan gồm khối lượng lớn các đá thuộc chuỗi gabro có thành phần chủ yếu là gabro olivin, ít hơn là các đá gabro, gabro chứa oxit và các đai mạch felsic (MacLeod et al., 2017). Tổng khối lượng các đá thành tạo ở giai đoạn muộn bao gồm gabro (chứa) oxit và các đai mạch felsic chỉ chiếm khoảng dưới 20% tổng lượng mẫu lõi khoan, tuy nhiên cơ chế thành tạo các đá này lại có ý nghĩa vô cùng to lớn trong nghiên cứu bản chất quá trình tiến hóa magma bên dưới các sống núi giữa đại dương.

## 2. PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu thành phần khoáng vật

Để nghiên cứu đặc điểm khoáng vật các đá khu vực núi ngầm Atlantis, phương pháp được sử dụng gồm phân tích thạch học lát mỏng dưới kính hiển vi thấu quang và phản quang kết hợp với đo vẽ X-ray trên thiết bị M4-Tornado, Bruker tại Viện Khoa học Công nghệ Địa chất Nhật Bản. Các phép đo sử dụng dòng điện 50 kV với cường độ 600  $\mu$ A; chùm tia X có đường kính là 25  $\mu$ m, mỗi điểm ảnh được đo vẽ có kích thước 20  $\mu$ m x 20  $\mu$ m trong thời gian 1 mili giây. Sau đó, sử dụng phần mềm ImageJ, các bức ảnh riêng lẻ của từng nguyên tố (chủ yếu gồm Si, Fe, Ca, Mg, Al, và Ti) được chồng ghép tạo ra ảnh phân bố các khoáng vật trên toàn bộ mẫu phục vụ tính toán định lượng thành phần thạch học.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu địa hóa khoáng vật

#### 2.2.1. Phương pháp vi phân tích hiển vi đầu dò (EPMA)

Thành phần oxit chính, phụ của các khoáng vật quặng được xác định bằng thiết bị vi phân tích hiển vi đầu dò (EPMA) JEOL JXA-8800 sử dụng phần mềm hiệu chỉnh ZAF tại Đại học Kanazawa, Nhật Bản. Các phân tích được thực hiện trong điều kiện điện áp 20 kV, chùm tia electron có cường độ 20 nA, đường kính 3  $\mu$ m. Tại các vị trí điểm cao và phong nền của tia X, các nguyên tố lần lượt được phân tích trong 20 giây và 10 giây, ngoại trừ Ni (30 và 15 giây). Các mẫu chuẩn quốc tế bao gồm mẫu tự nhiên và tổng hợp có thành phần đã được công bố.

#### 2.2.2. Phương pháp phân tích quang phổ phát xạ - khối phổ (LA-ICP-MS)

Thành phần các nguyên tố vết bao gồm nhóm đất hiếm (REEs) của các khoáng vật được xác định bằng phương pháp LA-ICP-MS (MicroLas GeoLas Q-plus 193 nm ArF excimer laser system and Agilent 7500s) tại Đại học Kanazawa. Các phân tích được thực hiện trong điều kiện 6 Hz, 8 J/cm<sup>2</sup> bằng chùm tia Laser có đường kính dao động từ 40-100  $\mu$ m, tùy thuộc đặc điểm từng loại khoáng vật. Các mẫu chuẩn quốc tế (NIST 612 hoặc NIST 614) được phân tích đầu tiên và cuối cùng trong mỗi mẻ (gồm  $\leq$  7 điểm phân tích). Thời gian tích hợp tín hiệu lần lượt là 50 giây cho phong nền và 50 giây cho khoảng bắn Laser (tương ứng 250-300 lần bắn phá mẫu). Các mẫu chuẩn NIST 610 hoặc NIST 612 được phân tích cùng trong mỗi mẻ để quản lý chất lượng phân tích. Quá trình tính toán hàm lượng cuối cùng sử dụng <sup>29</sup>Si làm nguyên tố chuẩn.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Thành phần thạch học - khoáng vật các đá gabro oxit

Gabro oxit (hay oxit gabro) thường chứa > 5 % các khoáng vật oxide sắt - titan (chủ yếu là ilmenit và Ti-magnetit, trong đó Ti-magnetit có hàm lượng lớn hơn), trường hợp hàm lượng các khoáng vật nhóm oxit dao động từ 2-5%, các đá được gọi là gabro chứa oxit. Thông thường các khoáng vật nhóm oxit Fe-Ti xuất hiện với hàm lượng lớn trong các đá gabro đã bị biến dạng mạnh hoặc có liên quan mật thiết với các đới trượt. Nhìn chung, các đá gabro (chứa) oxit có kiến trúc hạt trung đến thô, thành phần gồm chủ yếu plagioclase và pyroxen xiên. Trường hợp olivin hoặc pyroxen thoi xuất hiện trong đá với lượng đáng kể (> 5 %), tên đá sẽ được thay đổi thành oxit (olivin) gabro (norit). Các khoáng vật phụ gồm apatit, sulfua sắt - đồng - nikel và các khoáng vật nhóm amphibol màu nâu đỏ.

So với gabro (olivin) và các đai mạch felsic, hàm lượng khoáng vật plagioclase trong đá gabro oxit là nghèo hơn, thay đổi từ 10-45 %. Hàm lượng khoáng vật pyroxen xiên trong các mẫu dao động mạnh từ 5-70 %. Kết quả phân tích dưới kính hiển vi cho thấy các khoáng vật silicat thường có dạng hạt tha hình, ranh giới với các hạt khoáng vật nhóm oxit có dạng đường cong phức tạp, thể hiện bằng kiến trúc gặm mòn, thay thế. Plagioclase bị biến dạng mạnh với các song tinh bị gấp, gãy và tắt dạng làn sóng; nhiều hạt pyroxen bị dập vỡ, xoay nghiêng và được gắn kết bởi các khoáng vật nhóm oxit.

Các khoáng vật có kích thước lớn thường bị thay thế bởi tập hợp các hạt nhỏ, đây có thể là sản phẩm của sự nén ép mạnh hoặc kết quả của quá trình tái kết tinh. Các hạt có chiều dài >20 mm với tỷ lệ chiều dài/chiều rộng đến 5:1 xuất hiện khá thường xuyên trong đá. Cấu tạo định hướng đến phân dải của các đá được thể hiện qua sự sắp xếp của các hạt khoáng vật bị kéo dài kèm theo sự xuất hiện của các khoáng vật nhóm oxit. Để làm nổi bật các đặc điểm của các quá trình magma thực thụ, chúng tôi tập trung nghiên cứu các đá ít bị tác động bởi các quá trình biến chất, nhiệt dịch.

### 3.2. Đặc điểm địa hóa một số khoáng vật chính

Các khoáng vật oxit Fe-Ti trong các đá gabro oxit và trong các đai mạch felsic có thành phần khá đồng nhất và tinh khiết. Nhìn chung thành phần hóa học của nhóm oxit trong đá gabro có mức độ biến đổi hàm lượng lớn, bao phủ toàn bộ dải biến đổi của nhóm khoáng oxit trong các đai mạch felsic. Trong khi đó, thành phần hóa học của plagioclase về cơ bản phản ánh quá trình phân dị từ magma bazan mẹ. Trong các đá gabro oxit, plagioclase có chỉ số anortit ( $An = Ca / (Ca + Na + K)$ ) nhỏ hơn trong các đá gabro olivin, dao động từ 30-45 %, và chùng lún với thành phần của plagioclase trong các đai mạch felsic ở  $An = 30-40$  %.

Chỉ số Mg ( $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$ ) của pyroxen xen dao động mạnh từ 90 trong một số mẫu gabro (chứa) oxit đến khoảng 65 trong gabro giàu oxit. Kết quả phân tích EPMA cho thấy sự biến đổi thành phần hóa học từ nhân ra rìa của các hạt pyroxen là không lớn, thông thường từ 1-3 mol%. Thành phần các nguyên tố hiếm, vết của pyroxen được kiểm tra kỹ lưỡng, tất cả các đường cong chân nhện được chuẩn hóa có dạng song song nhau, cực đại gấp khoảng 300 lần giá trị của chondrit và tương đương với giá trị hàm lượng các nguyên tố vết của khoáng vật amphibol trong các đai mạch felsic, và cao hơn nhiều giá trị của amphibol trong các đá (olivin) gabro và (olivin) gabro(norit) (chứa) oxit.

### 3.3. Dung thể magma giàu các hợp phần tạo quặng có thực sự tồn tại?

Từ kết quả phân tích dưới kính hiển vi và thành phần địa hóa cho thấy các khoáng vật silicat đã tương tác mạnh mẽ với dung thể magma muộn. Các khoáng vật oxit Fe-Ti có thành phần khá đồng nhất, dao động từ  $Mag_{69}Usp_{31}$  đến  $Mag_{97}Usp_3$  (Ti-manhetit) và từ  $Hem_{19}Il_{81}$  đến  $Hem_{31}Il_{97}$  (ilmenit). Pang và các cộng sự của ông (Panget al., 2008) đã luận giải rằng để tạo ra được thành phần như vậy thì phản ứng gần đường pha rắn của các oxit có phải kết thúc ở 500-650°C. Tuy nhiên, các kết quả tính toán cho thấy nhiệt độ cân bằng của các khoáng vật nhóm oxit trong tập mẫu nghiên cứu là cao hơn hẳn nhiệt độ nêu trên, dao động từ 650-750 °C.

Hơn thế nữa, các khoáng vật amphibol giàu Ti và biotit thường xuất hiện ở ranh giới giữa các khoáng vật plagioclase, pyroxen và các khoáng vật nhóm oxit. Vì không có loại phản ứng nào giữa các khoáng vật silicat và oxit ở trạng thái rắn có thể sinh ra khoáng vật biotit, do đó chúng tôi đề xuất rằng cả biotit, amphibol và nhóm oxit, apatit kết tinh từ dung thể magma tương đối giàu nước ( $H_2O = 4-6$  wt%) và các hợp phần oxit Fe-Ti. Do đó, dung thể magma bão hòa oxit Fe-Ti có thể đã thực sự tồn tại, và ở trạng thái cân bằng hóa lý với dung thể magma giàu thành phần silic tạo nên các đai mạch felsic.

## 4. KẾT LUẬN

(1) Các đá gabro oxit được thành tạo do sự tương tác giữa các dòn tích gabro ở giai đoạn sớm và dung thể giàu các hợp phần Fe-Ti ở giai đoạn muộn. Dung thể này có quan hệ mật thiết với dung thể giàu silic thành tạo các đai mạch felsic, khả năng cao là chúng được phân tách do quá trình dung ly.

(2) Để có cái nhìn toàn diện, đầy đủ về sự tiến hóa của magma sống núi giữa đai dương, các nghiên cứu chuyên sâu về bao thể và đồng vị (ví dụ đồng vị oxy, bo, liti, cần phải được tiến hành một cách có hệ thống trong tương lai.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu sử dụng mẫu lõi khoan thuộc Chương trình Khám phá Đại dương (IODP, <https://www.iodp.org/about-iodp>). Công trình này là một phần luận án Tiến sĩ của Nguyễn Khắc Du đã thực hiện tại trường Đại học Kanazawa, Nhật Bản trong thời gian từ 2016-2019, với kinh phí được Bộ Giáo dục và Đào tạo Việt Nam và Đại học Kanazawa đài thọ. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn tất cả những sự hỗ trợ của các tổ chức nêu trên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lissenberg, C. J. and Dick, H. J. , 2008. Melt-rock reaction in the lower oceanic crust and its implications for the genesis of mid-ocean ridge basalt. *Earth. Plan. Sci. Lett.*, 271, 311-325.
- [2]. Lissenberg, C. J. and MacLeod, C. J., 2016. A Reactive Porous Flow Control on Mid-ocean Ridge Magmatic Evolution. *J. Petrol.* 57, 2195-2220.
- [3]. Lissenberg, C. J., MacLeod, C. J., Howard, K. A. and Godard, M., 2013. Pervasive reactive melt migration through fast-spreading lower oceanic crust (Hess Deep, equatorial Pacific Ocean). *Earth. Planet. Sci. Lett.* 361, 436-447.
- [4]. MacLeod, C. J., Dick, H. J. B., Blum, P., Abe, N., Blackman, D. K., Bowles, J. A., Cheadle, M. J., Cho, K., Ciazela, J., Deans, J. R., Edgcomb, V. P., Ferrando, C., France, L., Ghosh, B., Ildefonse, B. M., Kendrick, M. A., Koepke, J. H., Leong, J. A. M., Chuanzhou, L., Qiang, M., Morishita, T., Morris, A., Natland, J. H., Nozaka, T., Pluemper, O., Sanfilippo, A., Sylvan, J. B., Tivey, M. A., Tribuzio, R. and Viegas, L. G. F., 2017. Site U1473. *Proc. ODP, Sci. Results.*, 360, 136.
- [5]. Pang, K.-N., Zhou, M.-F., Lindsley, D., Zhao, D. and Malpas, J., 2008. Origin of Fe–Ti Oxide Ores in Mafic Intrusions: Evidence from the Panzhihua Intrusion, SW China. *J. Petrol.* 49, 295-313.

## PETRO-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF OXIDE GABROS FROM IODP-HOLE U1473A AT ULTRASLOW SPREADING SOUTHWEST INDIAN RIDGE: DO FE-TI RICH MAGMAS EXIST?

**Du Khac Nguyen<sup>1,2\*</sup>, Tomoaki Morishita<sup>2</sup>, Akihiro Tamura<sup>2</sup>, Juan Miguel Guotana<sup>2</sup>, Biswajit Ghosh<sup>3</sup>, Yumiko Harigane<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi 100000, Vietnam; Email: nguyengkhaedu@humg.edu.vn*

<sup>2</sup>*College of Science and Engineering, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa Ishikawa 920-1192, Japan; Email: moripta@se.kanazawa-u.ac.jp*

<sup>3</sup>*Department of Geology, University of Calcutta, 35 Ballygunge Circular Road Kolkata West Bengal 700019, India; Email: bghosh\_geol@hotmail.com*

<sup>4</sup>*Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba Ibaraki 305-8567, Japan; Email: y-harigane@aist.go.jp*

## ABSTRACT

The International Ocean Discovery Program (IODP) - Hole U1473A was drilled on the summit of the Atlantis Bank, Southwest Indian Ridge during Expedition 360 recovered large amounts of gabbroic rocks including mainly olivine gabbro, lesser volumes of oxide (bearing) (olivine) gabbro (norite), and felsic rocks. Oxide gabbros often show disequilibrium textures between Fe-Ti oxides and silicate minerals, containing clinopyroxenes with high Mg# (70-90), but extremely rich in REEs. These observations clearly suggest that, in addition to fractional crystallization, another differentiation mechanism which enrich Fe-Ti oxide components at the late stage evolution of the parental MORB is required.

**Key words:** Atlantis Bank, Oxide gabro, fractional crystallization, Fe-Ti rich magmas.