VI KHUẨN TỪ : CÁC THAM SỐ MÔI TRƯỜNG

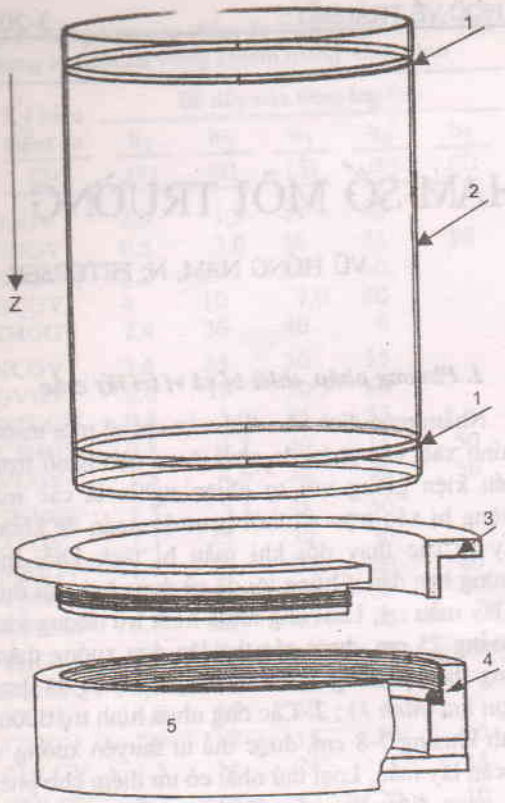
VŨ HỒNG NAM, N. PETERSEN

Vi khuẩn từ (VKT) chứa các chuỗi hạt magnetit/greigit thường sống trong lớp bùn phía trên trong các ao, hồ, đầm ; trong nước mặn, nước ngọt và nước lợ [4, 14, 18]. Các chuỗi hạt magnetit trong tế bào có tác dụng như một kim la bàn giúp chúng định hướng theo từ trường Trái Đất để trở về vùng có điều kiện môi trường thích hợp sau khi bị các dòng chảy tự nhiên đẩy ra ngoài [9, 18]. Các yếu tố vi môi trường có vai trò rất quan trọng trong sự tồn tại của VKT cũng như trong khả năng tổng hợp các hạt magnetit nội tế bào của chúng [4]. Do VKT phản ứng rất nhạy với môi trường nên đã có một số đề nghị sử dụng chúng như các chỉ thị môi trường trong nghiên cứu môi trường nước hay nghiên cứu cổ địa lý [22]. Hơn nữa, sau khi VKT chết, các hạt sắt từ nguồn gốc vi khuẩn sẽ trở thành các vật mang độ từ dư, góp phần tạo độ từ dư trong đất đá [5, 21], là đối tượng quan tâm của các nghiên cứu cổ từ và từ tính đất đá. Vì vậy việc nghiên cứu môi trường liên quan với VKT là rất cần thiết đối với các thí nghiệm nuôi cấy vi khuẩn, các ứng dụng trong nghiên cứu về môi trường, cổ từ và về quá trình tiến hoá của khả năng tổng hợp các khoáng sắt từ trong sinh vật. Một số công trình nghiên cứu các chỉ số môi trường liên quan với VKT đã được tiến hành [3, 19] nhưng trong đó các tác giả đã tiến hành đo trực tiếp tại thực địa hoặc chưa có phương pháp lấy mẫu đảm bảo nên không đạt được độ chính xác cao cả về độ phân giải không gian lẫn giá trị của bản thân các chỉ số. Bài báo này trình bầy kết quả nghiên cứu các yếu tố vi môi trường như nồng độ oxy, pH, thế oxy hoá khử E_h liên quan với sự phân bố của VKT trong môi trường tự nhiên đo được bằng các quy trình và phương pháp đo hoàn thiện hơn. Qua đó chúng tôi nêu ra khả năng ứng dụng VKT trong nghiên cứu môi trường và xem xét ảnh hưởng của VKT tới sự từ hoá trầm tích trẻ trong mối tương quan với các đánh giá về mật độ vi khuẩn.

1. Phương pháp, thiết bị và vị trí lấy mẫu

Nhằm mục đích xác định các chỉ số môi trường chính xác, các phép đo phải được tiến hành trong điều kiện giống với tự nhiên nghĩa là các mẫu không bị xáo trộn và thời gian đo ngắn để không xảy ra các thay đổi khi mẫu bị tách khỏi môi trường ban đầu. Chúng tôi đã sử dụng hai loại thiết bị lấy mẫu : 1. Loại ống nhựa hình trụ đường kính khoảng 25 cm, được các thợ lặn đưa xuống thẳng đứng theo phương Z và lấy mẫu ở vị trí đã được chọn lựa (*hình 1*) ; 2. Các ống nhựa hình trụ đường kính khoảng 7-8 cm, được thả từ thuyền xuống vị trí cần lấy mẫu. Loại thứ nhất có ưu điểm cho phép lựa chọn điểm lấy mẫu đặc trưng cho môi trường của khu vực và mẫu lấy lên tuyệt đối không bị xáo trộn. Loại thiết bị thứ hai đơn giản hơn, nhưng không cho phép chọn lựa mẫu đặc trưng và do đường kính nhỏ nên không loại trừ khả năng mẫu ở rìa của hình trụ có thể bị xáo trộn trong quá trình vận chuyển. Sau khi lấy, mẫu được chuyển ngay vào phòng thí nghiệm và quá trình đo kéo dài từ 20 phút đến vài giờ. Các mẫu thí nghiệm được lấy ở Chiemsee - (47.7°N, 12.5°E) một hồ lớn ở Đông Nam Munich (CHLB Đức) bằng cả hai loại dụng cụ kể trên ở độ sâu từ 12 đến 15 m trên một khu vực hồ có đáy tương đối bằng phẳng, không có các dòng nước ngầm. Một số mẫu khác còn được lấy trong ao nhỏ ở Niederlippach có độ sâu 1-2 m, hầu như không có dòng chảy trong ao.

Để xác định các chỉ số như nồng độ oxy, pH, thế oxy hoá khử E_h chúng tôi sử dụng các đầu đo vi điện cực (ME11025, ME12025, ME14000 và REF401 Calomel) do hãng Mascom (Bremen, CHLB Đức) sản xuất. Các đầu đo có đường kính từ 20 đến 60 μm. Tất cả các đầu đo đều cần được chuẩn hoá trước khi đo và quá trình này kéo dài từ vài giờ đến 2 ngày [10-12]. Sau đó các đầu đo được đặt trên một giá đỡ (micromanipulator) và đưa dần xuống sâu theo một tuyến đo với khoảng cách



Hình 1. Thiết bị lấy mẫu loại lớn

1. khe chèn nắp, 2. ống trụ bằng phastic (đường kính khoảng 25cm), 3. nắp chèn bệ đỡ, 4. gioăng cao su, 5. bệ đỡ, Z - hướng cắm vào bùn

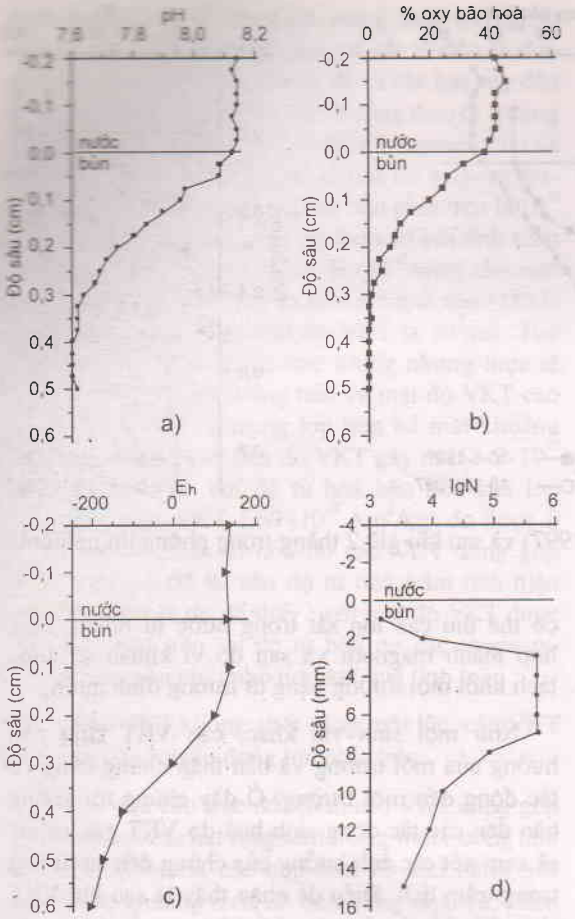
giữa các điểm là 0,25 mm. Giá trị đo được hiển thị bằng mV trên màn hình và sẽ được chuyển sang các đơn vị tương ứng. Để tránh sai số do sự trôi các giá trị của bản thân điện cực, trước và sau khi đo đều cần có các phép đo chuẩn hoá.

Đồng thời với việc đo các chỉ số môi trường, mật độ VKT trong mẫu cũng được xác định từ các quan sát dưới kính hiển vi phản pha [14]. Mẫu lần lượt được lấy bằng xiranh y tế theo chiều ngang, vuông góc với hướng cắm Z, mỗi mẫu cách nhau 1-2 mm theo chiều dọc và 10 mm theo chiều ngang. Sau đó mẫu được đặt lên lam kính và đưa vào quan sát dưới kính hiển vi phản pha. Trong từ trường đồng nhất có hướng H, các VKT sẽ di chuyển theo hướng của trường ra đến rìa nước của giọt mẫu. Số lượng vi khuẩn trong một giọt mẫu được đếm trực tiếp. Kết quả đếm là chính xác khi số lượng vi khuẩn trong mẫu không nhiều, khi lượng vi khuẩn lớn thì chỉ có thể ước lượng trực tiếp hoặc theo băng ghi video. Số vi khuẩn còn chưa di chuyển ra đến rìa giọt mẫu không được nên kết quả tính mật độ vi khuẩn chỉ là giá ước lượng nhỏ nhất.

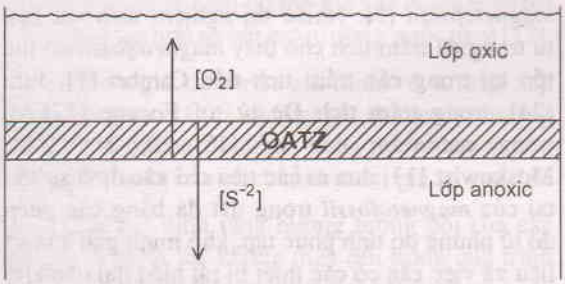
2. Kết quả đo các yếu tố vi môi trường

Điều dễ nhận thấy trước hết là tất cả các chỉ số về nồng độ oxy, pH, thế oxy hoá khử E_h đều thay đổi đáng kể ở ranh giới nước/bùn (*hình 2*). Nồng độ oxy giảm từ 55% (tương đương 140 µmol/l) so với bão hoà tại lớp phân cách nước/bùn đến 0 tại độ sâu ~3mm. Sự chuyển lớp từ môi trường oxy hoá sang môi trường khử (E_h>0 sang E_h<0) cũng xảy ra ở độ sâu này. Như vậy tại độ sâu ~3-4 mm có sự chuyển từ môi trường hiếu khí (aerobic) - nơi có nồng độ oxy phân tử cao, $E_h > 0$ - sang môi trường yếm khí (anaerobic) - có nồng độ hydrogen sulfit (H_2S) cao và $E_h < 0$. Lớp chuyển này được gọi là OATZ (Oxic Anoxic Transitional Zone) hay vi hiếu khí (microaerobic) (*hình 3*). Đặc điểm của lớp OATZ là nồng độ oxy và hydrogen sulfit rất thấp, E_h xấp xỉ bằng 0 [3]. So sánh với hình 3d biểu diễn phân bố mật độ VKT trong mẫu thì thấy rõ ràng các VKT tồn tại chủ yếu trong lớp OATZ và sâu hơn - trong lớp yếm khí. Mật độ VKT đạt cực đại (~10^6 tế bào trong 1 ml) ở lớp có nồng độ oxy phân tử gần bằng 0 và E_h nhỏ hơn -100 mV. Các VKT có thể tồn tại đồng thời nhiều chủng loại trong bùn nhưng thông thường chúng tồn tại theo quần thể, trong đó một loại vi khuẩn có thể chiếm tới trên 90% số lượng. Loại VKT chủ yếu có hình cầu và hình que với mật độ lớn hơn 10^5 tế bào/ml. Chủng loại VKT trong mẫu thay đổi theo thời gian giữ mẫu trong phòng thí nghiệm phản ánh sự thay đổi của môi trường.

Để quan sát sự thay đổi theo thời gian chúng tôi đã tiến hành đo các giá trị môi trường trên một mẫu ngay sau khi lấy mẫu tháng 8-1997 và sau khi giữ 2 tháng trong phòng thí nghiệm (*hình 4*). Hình dạng của các tuyến đo đối với nồng độ oxy, pH và E_h nhìn chung không có thay đổi lớn ngoại trừ việc cả 3 chỉ số đều suy giảm chậm hơn sau khi đi sâu vào lớp bùn. Độ pH trong lớp OATZ đã giảm từ 7,6 xuống 7,2. Nồng độ oxy trong nước tăng khoảng 20 % so với khi mới lấy mẫu và gần đạt đến 0 ở độ sâu ~6mm. Nguyên nhân của sự thay đổi này có lẽ do lượng các vi sinh vật tiêu thụ oxy ở trong nước và ở lớp bùn gần mặt phân cách nước/bùn giảm, dẫn đến sự tăng hàm lượng oxy trong nước và oxy có thể thẩm thấu sâu hơn vào lớp bùn. Sự thay đổi rõ ràng nhất là thế oxy hoá khử E_h : nó suy giảm chậm hơn, chuyển từ giá trị dương sang âm ở độ sâu 5 mm và đạt tới giá trị ổn



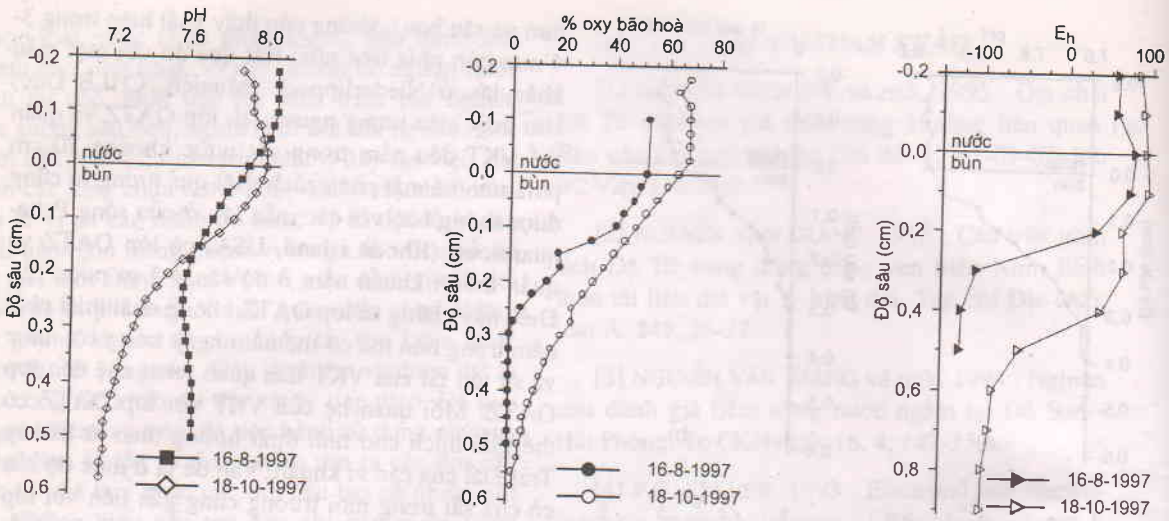
Hình 2. Thông số môi trường mẫu 11/97
a. pH, b. nồng độ oxy, c. thế oxy hoá khử E_h,
d. mật độ vi khuẩn trong mẫu, N. tổng vi khuẩn/ml



Hình 3. Sơ đồ lớp OATZ

định (xấp xỉ -100 mV) ở độ sâu ~6 mm so với độ sâu tương ứng là 2,5 mm và 4 mm đo được ngay sau khi lấy mẫu. Như vậy lớp OATZ đã dịch chuyển từ độ sâu ban đầu là 3-4 mm xuống tới 4-7 mm và có thể sâu hơn. Độ dầy lớp này cũng tăng lên 2-3 lần. Ngoài ra còn nhận thấy các VKT đã chuyển xuống sinh sống ở lớp sâu hơn (khoảng 5 mm và sâu hơn), không còn thấy xuất hiện trong 3-4 mm bùn phía trên nữa. Kết quả đo với một mẫu khác lấy ở Niederlippach (Munich, CHLB Đức) cho thấy hiện tượng ngược lại, lớp OATZ và quần thể VKT đều nằm trong cột nước khoảng 10 cm phía trên bề mặt phân cách. Kết quả tương tự cũng được thông báo với các mẫu lấy ở cửa sông Petta-quamscutt (Rhode Island, USA) có lớp OATZ và quần thể vi khuẩn nằm ở độ sâu 4-5 m nước [2]. Điều này chứng tỏ lớp OATZ không nhất thiết phải nằm trong bùn mà có thể nằm ngay trong cột nước và sự tồn tại của VKT liên quan chặt chẽ đến lớp OATZ. Mối quan hệ của VKT với lớp OATZ có thể giải thích cho tính định hướng theo từ trường Trái Đất của các vi khuẩn. Vấn đề là ở mức độ sẵn có của sắt trong môi trường cũng gắn liền với lớp OATZ. Phía trên lớp OATZ, sắt tồn tại ở dạng sắt III không hoà tan ; dưới lớp OATZ - sắt phần lớn ở trong các hợp chất sulfit sắt II, cũng không hoà tan. Chỉ trong lớp OATZ sắt mới ở trạng thái sắt II dễ hoà tan, phù hợp cho việc tải qua màng tế bào vào trong cơ thể [22]. Nhờ khả năng định hướng theo từ trường, các VKT có thể di chuyển rất nhanh theo hướng của vecto trường tổng của từ trường Trái Đất đến lớp OATZ và tìm thấy ở đây vùng thuận lợi nhất để tồn tại và tổng hợp magnetit.

Trong mọi trường hợp đã quan sát trong tự nhiên hay trong các thí nghiệm nuôi cấy giá trị pH dường như không ảnh hưởng đến VKT. Chúng có thể tồn tại trong môi trường nước ngọt, nước lợ và nước biển [114, 18]. Các vi khuẩn đều có cơ chế ổn định độ pH trong tế bào và do vậy độ pH ngoài môi trường không có ảnh hưởng. Blakemore từ các thí nghiệm nuôi cấy *Magnetospirillum magnetotacticum* [4] cho rằng VKT cần có oxy phân tử để tồn tại và tổng hợp các hạt magnetit. Tuy thế trong thí nghiệm đó cả 2 yếu tố môi trường liên quan đến quần thể VKT là nồng độ oxy và thế oxy hoá khử E_h đều thay đổi nên rất khó khẳng định yếu tố nào có tính quyết định. Kết quả đo của chúng tôi chỉ ra VKT có thể tồn tại cả trong môi trường yếm khí hoàn toàn và trùng hợp với phát hiện VKT kỵ khí MV-1 [1]. Điều này cho thấy nồng độ oxy không phải là yếu tố quyết định sự tồn tại của VKT, chúng có thể thuộc nhóm vi hiếu khí, kỵ khí hoặc kỵ khí không bắt buộc ; chúng chỉ phát triển và tổng hợp magnetit trong môi trường có E_h ban đầu khoảng -100 mV hoặc nhỏ hơn. Kết luận này tương đồng với [1] cho rằng giá trị E_h đóng vai trò chính trong khả năng tổng hợp magnetit của các VKT.



Hình 4. So sánh môi trường của mẫu khi lấy (16-8-1997) và sau khi giữ 2 tháng trong phòng thí nghiệm

3. Khả năng ứng dụng VKT trong các nghiên cứu môi trường

Có tác giả đề nghị sử dụng các hạt magnetit nguồn gốc vi khuẩn làm chỉ thị môi trường oxy trong các đá cổ (trầm tích) với giả định rằng VKT chỉ tồn tại trong điều kiện vi hiếu khí của trầm tích [4-6]. Các phát hiện VKT kỵ khí tương tự như MV-1 và các kết quả đo của chúng tôi chứng tỏ đề nghị trên là không hợp lý. Vì sự tồn tại của VKT gắn liền với lớp OATZ đặc trưng cho bước chuyển từ môi trường oxy hoá sang môi trường khử nên chúng có thể được sử dụng để phát hiện lớp OATZ và qua đó có thể phát hiện sự thay đổi về nồng độ oxy và lưu huỳnh cũng như để xác định vùng khử sắt trong môi trường nước tự nhiên. Số lượng VKT được coi như chỉ thị về mức độ sẵn có của sắt trong môi trường nước hiện nay cũng như trước kia. Việc sử dụng VKT làm chỉ thị lớp OATZ sẽ dễ dàng hơn nhiều với việc đo trực tiếp các tham số môi trường vì để quan sát VKT trong tự nhiên chúng ta chỉ cần sử dụng một kính hiển vi xách tay và một nam châm nhỏ thay vì phải có các đầu đo tương đối phức tạp và khó di chuyển nếu đo trực tiếp các yếu tố như nồng độ oxy, E_h. Hơn nữa do VKT tồn tại rộng rãi trong các môi trường khác nhau nên khả năng ứng dụng của phương pháp này rất phong phú.

Một khả năng ứng dụng khác của VKT là sử dụng chúng trong việc lọc các ion sắt khỏi nước tự nhiên. Do tốc độ tổng hợp magnetit nội tế bào của các vi khuẩn diễn ra rất nhanh, khoảng trên dưới 24 giờ (S. Spring, số liệu chưa công bố) các VKT có thể thu các ion sắt trong nước tự nhiên, tổng hợp thành magnetit và sau đó vi khuẩn sẽ được tách khỏi môi trường bằng từ trường định hướng.

Như mọi sinh vật khác, các VKT chịu ảnh hưởng của môi trường và bản thân chúng cũng có tác động đến môi trường. Ở đây chúng tôi không bàn đến các tác động sinh hoá do VKT gây ra mà sẽ xem xét các ảnh hưởng của chúng đến sự từ hoá trong trầm tích. Điều dễ nhận thấy là sau khi VKT chết thì chỉ có các vật chất hữu cơ của tế bào bị phân huỷ trong một thời gian ngắn. Các hạt sắt từ sẽ tồn tại trong một thời gian lâu hơn, tuỳ thuộc vào môi trường. Các hạt sắt từ nguồn gốc vi khuẩn sẽ là các vật liệu từ trong đất đá và được gọi là *magnetofossil* [5]. Nhiều thí nghiệm tách vật liệu từ trong đá trầm tích cho thấy *magnetofossil* có thể tồn tại trong các trầm tích tiền Cambri [7], Jura [24], trong trầm tích Đệ tứ tới Eocene [17] và trong các trầm tích trẻ [15, 20, 21]. B.M. Moskowitz [13] đưa ra các tiêu chí xác định sự tồn tại của *magnetofossil* trong đất đá bằng các phép đo từ nhưng do tính phức tạp, khó minh giải của số liệu và việc cần có các thiết bị rất hiện đại nên khó thực hiện. Nhìn chung phương pháp đơn giản nhất để tìm *magnetofossil* vẫn là chụp ảnh hiển vi điện tử TEM/SEM các vật liệu từ do hình dạng của các hạt magnetit nguồn gốc vi khuẩn rất đặc biệt [8, 14, 16, 23]. Tuy vậy cho đến nay chưa có phương pháp nào có thể đưa ra các kết quả định lượng về phần đóng góp của *magnetofossil* vào độ từ dư của đất đá. Chúng ta có thể xác định giới hạn trên của độ từ hoá do *magnetofossil* gây ra bằng cách xác

định mật độ VKT đang có trong môi trường tự nhiên ; giả định là tất cả các hạt sắt từ đều là đơn domain ; khi vi khuẩn chết đi tất cả các hạt này đều không bị phá huỷ và được định hướng theo từ trường Trái Đất. Với mật độ VKT ~ 10^6/ml, moment từ của một VKT là 10^{-12}Gcm^3 thì độ từ hoá do *magnetofossil* đóng góp trong 1 ml của lớp bùn phía trên là 10^{-6} G (10^{-3}A/m). Giá trị này cao hơn so với tính toán của Kirschvink (1979) là 10^{-7}G (10^{-4}A/m) cho mật độ vi khuẩn 10^5/ml và thấp hơn kết quả của [18] là 10^{-5}G (10^{-2} A/m) cho mật độ VKT là 10^7/ml. Tuy rằng mật độ VKT chỉ là ước lượng nhưng thực tế chưa có tác giả nào thông báo về mật độ VKT cao hơn 10^7/ml. Nếu tỷ trọng lớp bùn bề mặt khoảng 2.10^3kg/m^3 thì độ từ hoá do VKT gây ra là ~5×10^{-5} Am^2/kg. So sánh với độ từ hoá bão hoà của lớp trầm tích chứa VKT 1.69×10^{-3} Am^2/kg đo được ở Chiemsee thì phần từ hoá do các VKT đóng góp xấp xỉ bằng 0,03 % vào độ từ hoá trầm tích hiện đại. Có nhiều lý do để thấy : với mật độ VKT được xác định như trên thì độ từ hoá do các *magnetofossil* đóng góp phải nhỏ hơn kết quả tính toán :

1. Các VKT không chết cùng một lúc, các VKT còn sống sẽ chuyển động lên phía trên.

2. Do nhu cầu trao đổi chất, các VKT cũng góp phần hoà tan các hạt magnetit trong môi trường nhờ các siderophore là các hợp chất có khả năng hoà tan cả các khoáng oxit sắt bền vững nhất [25] nên lượng *magnetofossil* trong trầm tích sẽ bị giảm.

3. Các *magnetofossil* có thể bị rỉ, hoà tan, biến thành các khoáng từ khác hoặc thậm chí thành các khoáng phi từ trong môi trường sau thời gian dài. Môi trường nước biển có thể giữ các *magnetofossil* khó bị hoà tan hơn so với môi trường nước ngọt [17].

4. Đánh giá dựa trên giả định về sự sắp xếp thẳng hàng của tất cả các hạt sắt từ theo từ trường Trái Đất và các hạt đó đều ở trạng thái nhiễm từ bão hoà, moment từ của cả chuỗi hạt đạt giá trị cực đại.

5. Cần giả định rằng hướng tương đối của các moment từ tinh thể không thay đổi trong quá trình oxy hoá nhiệt độ thấp magnetit sang maghemit, do đó hướng vecto từ dư của các *magnetofossil* trong trầm tích không đổi, vẫn trùng với hướng ban đầu.

Việc đánh giá mật độ VKT như đã trình bầy chỉ là giá trị tối thiểu nên khó đánh giá chính xác ảnh hưởng của VKT đối với sự từ hóa trầm tích trẻ ; chúng ta nên coi các VKT là nguồn vật liệu từ cần xét tới trong việc tạo độ từ dư tự nhiên của trầm tích, kể cả các trầm tích được hình thành trong điều kiện yếm khí lâu dài và tìm phương pháp nghiên cứu định lượng để xác định phần đóng góp của các *magnetofossil* vào độ từ hoá đất đá.

KẾT LUẬN

Kết quả đo của chúng tôi về các yếu tố vi môi trường cho thấy VKT tồn tại rất rộng rãi trong tự nhiên, đạt mật độ cực đại ở trong và ngay dưới lớp OATZ. Các thí nghiệm cho phép khẳng định các VKT có thể là vi hiếu khí, kỵ khí hoặc kỵ khí không bắt buộc. Thế oxy hoá khử có thể là yếu tố môi trường quan trọng nhất trong sự tồn tại của VKT và quá trình tổng hợp magnetit của chúng có thể diễn ra trong điều kiện E_h ban đầu nhỏ hơn -100 mV. Chúng ta có thể sử dụng VKT như một chỉ thị môi trường để tìm vị trí lớp OATZ, qua đó xác định tình trạng môi trường nước. Các *magnetofossil* còn lại sau khi VKT chết có thể có vai trò quan trọng trong việcc tạo thành độ từ dư tự nhiên NRM của các đá trầm tích mặc dù phần đóng góp của chúng trong sự từ hoá trầm tích trẻ là không đáng kể. Ngoài ra chúng tôi cho rằng trong các nghiên cứu cổ địa lý có thể dùng các *magnetofossil* như các chỉ thị về mức độ sẵn có của sắt trong môi trường.

Công trình thuộc đề án 02-13/96 do "Gottlieb Daimler und Karl Benz Stifftung" tài trợ. Các tác giả xin cám ơn Ts S. Spring, C. Heunemann, nhóm thợ lặn thuộc tổ bảo vệ hồ Chiemsee, GsTs Nguyễn Thị Kim Thoa, Ts Lê Huy Minh, Gvc Vũ Thị Minh Đức, PgsTs Nguyễn Đình Quyến về sự giúp đỡ và thảo luận trong qua trình nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D.A. BAZYLINSKI, 1990 : Iron biominerals (Frankel R.B. & Blakemore R.P., Eds.), *69-78*, Plenum Press, New York

[2] D.A. BAZYLINSKI, R.B. FRANKEL, 1992 : *Biomineralization processes of iron and manganes e: modern and ancient environments*. Skinner H.C.W. & Fitzpatrick W. (Eds.). Cremlingen-Destedt, Cantena-Verl, Cantena: Supplement 21, *147-160*.

[3] D.A. BAZYLINSKI et al, 1995 : Controled biomineralization of magnetite (Fe_3O_4) and greigite (Fe_3S_4) in a magnetotactic bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61, **9**, *3232-3239*.

[4] R.P. BLAKEMORE et al, 1985 : Microaerobic conditions are required for magnetite formation within *Aquaspirillum magnetotacticum*. *Geomicrobiol. J.*, **4**: 53

[5] S.B.R. CHANG & J. KIRSCHVINK, 1984 : Bacterial magnetofossils as probes of precambrian ecological and biochemical evolutionary events. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **16**, 468.

[6] S.B.R. CHANG, J.L. KIRSCHVINK, J.F. STOLZ, 1987 : Biogenic magnetite as a primary remanence carrier in limestone deposits. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **46**, *289-303*.

[7] S.B.R. CHANG & J. KIRSCHVINK, 1989 : Magnetofossils, the magnetisation of sediments and the evolution of magnetite biomineralization. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **17**, *169-195*.

[8] M. FARINA et al, 1988 : *Inst. Phys. Conf. Ser.*, Vol. 3, **93**, Chapter II, *301-302*. Paper presented at EUREM 88, York, England.

[9] R.B. FRANKEL, R.P. BLAKEMORE, 1980 : Navigational compass in magnetic bacteria. *J. Magn. Magn. Mat.*, **15-18**, *1562-1564*.

[10] GmbH. MASCOM, 1997a : *pH-Mikroelektrode* (ME 12025). Betriebsanweisung, Bremen.

[11] GmbH. MASCOM, 1997b : *Redox-Mikroelektrode* (ME 14000). Betriebsanweisung, Bremen.

[12] GmbH. MASCOM, 1997c : *Sauerstoff-Mikroelektrode* (ME11025). Betriebsanweisung, Bremen.

[13] B.M. MOSKOWITZ et al, 1993 : Rock magnetic criteria for the detection of biogenic magnetite. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **120**, *283-300*.

[14] VŨ HỒNG NAM, 1996 : Một số kết quả nghiên cứu VKT (Magnetotactic bacteria) ở Việt Nam. Tc CKHvTĐ, (T18) **4**, *334-338*.

[15] VU HONG NAM et al, 1998 : Proceedings Workshop of the DGG & AEF, Goettingen, p.134.

[16] VU HONG NAM, N. PETERSEN, 1999 : Phân loại VKT theo đặc điểm các hạt sắt từ magnetit. (đã nộp bản thảo).

[17] N. PETERSEN et al, 1986 : Fossil bacterial magnetite in deep sea sediments from South Alantic Ocean. *Nature*, **320**, *611-615*.

[18] N. PETERSEN, D.G. WEISS & H. VAI, 1989 : *Geomagnetism and paleomagnetism*. Eds. Lowes F.J. et al., Kluwer Academic Publisher, *231-241*.

[19] S. SPRING et al, 1993 : Dominating role of an unusual magnetotactic bacterium in the microaerobic zone of a freshwater sediment. Appl. Microbiol. **59**, *2397-2403*

[20] J.F. STOLZ et al, 1986 : Magnetotactic bacteria and single-domain magnetite in Hemipelagic sediments. *Nature*, **321**, *849-851*.

[21] J.F. STOLZ, D.R. LOVLEY, S.E. HAGGERTY, 1990 : Biogenic magnetite and the magnetization of sediments. *J. Geophys. Res.*, **95**, B4, *4355-4361*.

[22] J.F. STOLZ, 1992 : *Biomineralization processes of iron and manganese: modern and ancient environments*. H.C.W. Skinner , W. Fitzpatrick (Eds.). Cremlingen-Destedt, Cantena-Verl, Cantena: Supplement **21**, *133-145*.

[23] R.H. THORNHILL et al, 1994 : A morphological classification of bacteria containing butlletshaped magnetic particles. *EMS Microbiol. Lett.*, **115**, *169-176*.

[24] H.VALI et al, 1987 : Magnetotactic bacteria and their magnetofossil in sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **86**, *389-400*.

[25] P. VISCA et al, 1992 : Metal regulation of Siderophore synthesis in *Pseudomonas acruginosa* and functional effects of Siderophore-metal complexes. *App. Env. Microbiol.*, 58, **9**, *2886-2893*,

SUMMARY

Magnetic bacteria : environmental parameters

Microenvironment measurements were carried out with pH, oxygen and redox potential microelectrodes (made by Mascom, BDR) on the undisturbed, fresh sediment samples containing magnetotactic bacteria. The results showed that the density of magnetotactic bacteria is highest in and under OATZ layer. It is suggested that the redox potential (less than -100mV) is the key factor for the existence of magnetotactic bacteria in sediment and for the magnetosome's synthesis. Magnetotactic bacteria can be used as an indicator for the OATZ layer or indicator for the availability of iron in water environment. Our magnetic measurements on recent sediment indicate that although bacterial magnetosomes contribute a very small part (~0.03%) to the total magnetization of the sediment but in palaeomagnetic studies the contribution of bacterial magnetofossils into NRM should be taken into account.

Ngày nhận bài : 16-12-1999

Viện Vật lý địa cầu, NCST, Việt Nam
Viện Vật lý địa cầu, LMU, Munich, CHLB Đức