

日本海溝の深層海水中の鉄、マンガンの アノーマリーと地震予知の可能性について

中山英一郎*

はじめに

ガラパゴス諸島の海底で熱水活動に伴って、大量の鉄やマンガンを含む熱水が深層水中に噴出していることが発見されたのは、僅か10数年前のことである。海洋底の拡大中心である東太平洋海膨(EPR)や大西洋中央海嶺(MRP)などでは、拡大軸上でマグマによって新しく作られた海洋底プレートの間隙から、温度2℃程度の溶存酸素に富んだ酸化的な深層海水がしみ込み、それがアセノスフェアから上昇してきた高熱のマグマと接触して反応し、重金属イオンや硫化水素、メタンなどを含む還元的な、温度350℃以上の熱水に変質し、再び深層水中に放出されていたのである。

筆者らは熱水によって深層水中にもたらされたマンガンが、他の重金属元素とは異なり硫化物として沈殿することなく、熱水プルーム中をMn(II)の状態では広範囲にわたって拡散することに着目し、10年程前に熱水探査を目的として、高感度な化学発光法を用いるマンガンの船上自動分析装置を開発した。この装置によって、東京大学海洋研究所の研究船、白鳳丸による沖縄トラフ、ビスマルク海のマヌス海盆、EPR、インド洋中央海嶺などの研究航海

において熱水活動の調査を行ってきた。4年程前にはマンガンの自動分析法の研究で得たノウハウを生かして、マンガンの場合と同様、化学発光法を利用する鉄の自動分析装置を開発した。この装置は外洋の広範な表層水中において、大気由来で海洋表面にもたらされる、表層水中のpptレベル(1兆分の1)の鉄が一次生産の制限因子であるとする米国のJ. H. Martinらの”鉄仮説”を検証しようという目的で開発され、南北、西部太平洋や太平洋赤道域、東部インド洋などで生物生産と鉄の分布の関係に関する研究に用いられてきた。その一方で、マンガンの自動分析装置とともにインド洋中央海嶺などの熱水探査にも活躍している。

1994年の秋、筆者らはこの2台の自動分析装置を携えて、白鳳丸KH-94-3次研究航海(主席研究員:野崎義行東京大学海洋研究所教授)に参加し、伊豆・小笠原海溝、南海トラフ、日本海溝など、日本近海における海溝、数地点で観測を行い、以下に述べるような事実を見いだした。

底層水中の鉄とマンガンの濃度異常

1994年、9月27日から10月21日にかけて行われた研究航海は、

*滋賀県立大学環境科 部

中山英一郎先生は、平成8年度第11回海洋化学学術賞(石橋賞)を受賞されました。御受賞の記念講演(平成8年4月27日)を基にして、本稿を御調製いただきました。

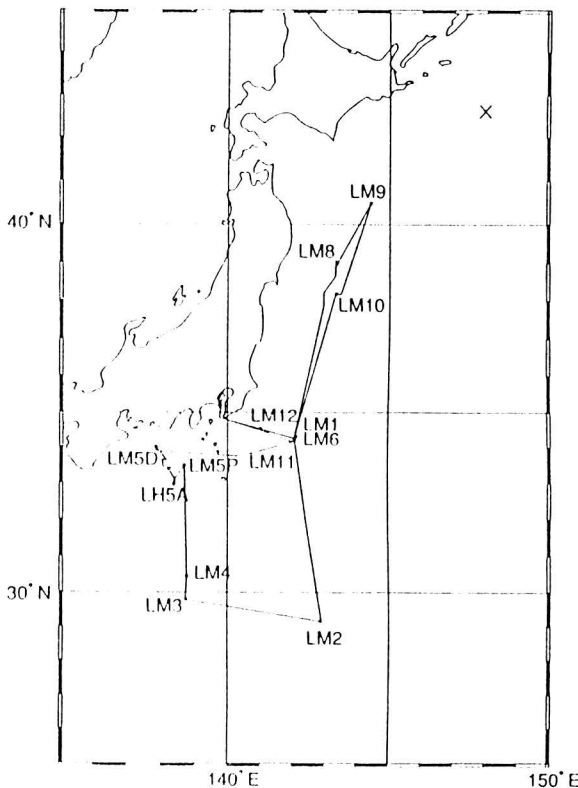


図1. 東京大学海洋研究所、白鳳丸 KH-94-3次航海の航路と観測点

この季節、北半球の夜空に見られる星座、小獅子座にちなんで Leo Minor expedition と名付けられた。海溝航海とも呼ばれた、この航海では図1に示されたLMのXという地点でコア試料やCTD-RMSによる海水採取が行われた。その結果、最北端の観測地点、LM9 (40° 24.9' N, 144° 32.7' E) を除く全ての観測地点では、北太平洋における典型的な鉄とマンガンの鉛直分布が見られた。すなわち、鉄濃度は表層では低く、深度とともに高くなり、マンガン濃度は逆に表層では高く、深度とともに減少し、両元素とも数百から千mより深い所からは一定の濃度となっていた。ところが、日本海溝の北端部に

位置するLM9では図2に示したように7375mの海底から僅か70mの間の底層中で鉄とマンガンの大変なアノマリー（濃度異常）が見いだされた。鉄では通常の深層水中の数10から100倍、マンガンでも10倍以上の濃度であった。

航海中においては、筆者らは、この異常を説明できるリーゾナブルな理由を思いつくことはできなかった。日本海溝など日本の沿岸域は海洋底プレートの沈み込み地帯にあたり、プレート上に1億年以上もの長期間にわたって降り積もった海洋堆積物中に含まれる還元的な間隙水が、プレートの潜り込む圧力によって絞り出され海底付近で高濃度な栄養塩類、マンガンやメタンが見いだされていることがあると報告されている。この現象は陸水起源の淡水によるものではないかとの説もあり、未だ十分に解明されていないが、熱水と比較して冷湧水と呼ばれている。しかしながら、冷湧水中に多量の鉄が含まれていたと言う報告はなく、この現象が冷湧水に基づくものであれば、冷湧水は長期にわたって絞り出されているものであるため、鉄とマンガンは図2に示したようなシャープな増加を示さず、拡散により、かなりブロードな分布となるはずである。

ところが、陸に戻ってから、航海中の10月4日にはLM9と約400km離れた、43° 33' N, 147° 49' Eの地点において 北海道東方沖地震 (M8.1) が起こったことを知った。LM9の観測は10月15日に行なわれたので、図2は地震の11日後の海底の状態を

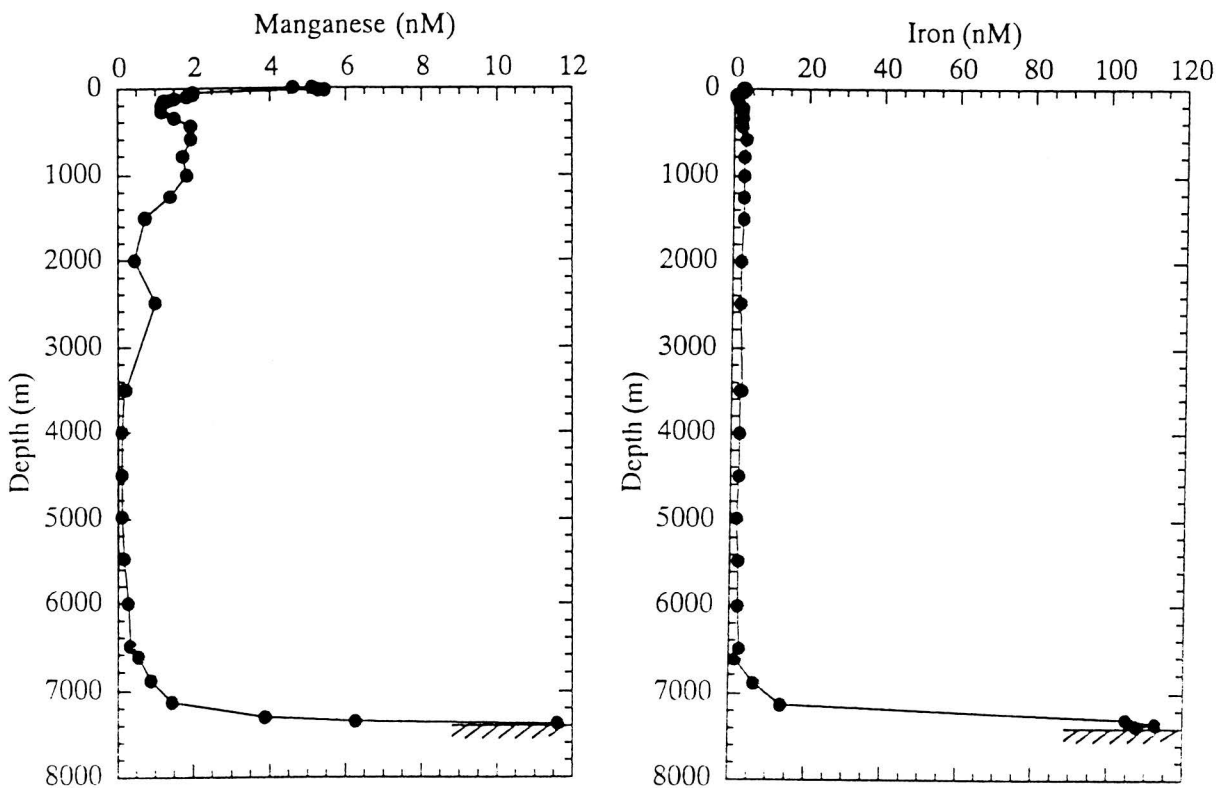


図2. LM9 (40°24.9'N, 144°32.7'E) における溶存マンガンおよび溶存鉄の鉛直分布

示していることになる。また、その2カ月後には、三陸はるか沖地震が起こったが、その震源は40° 27' N, 143° 43' EでLM9とほぼ一致している。したがって、この異常は北海道東方沖地震の影響か、あるいは三陸はるか沖地震の予兆の何れかであったと思われる。

相模湾におけるマンガンの濃度異常

我々は以前にも、海洋観測中に地震活動と遭遇したことがある。1989年7月13日、相模湾、初島沖で海底火山が噴火したが、その噴火地点から約9 km離れた地点において、偶然にも噴火とほぼ同時刻に東京大学海洋研究所の淡青丸によって観測を行っていたのである。その時、得られたマンガンの鉛直分布が図3に黒三角で示され

ている。図3に黒丸で示した、何事もなかった1988年4月に得られた同地点の分布と比べて、底に向かって非常にシャープな増加が見らる。1988年の結果でも底の方でマンガンの濃度が高くなっている理由は、相模湾のように陸に接している沿岸域では海底堆積物中に多量の有機物が含まれており、その分解によって表層を除けば、堆積物中は還元的でマンガンを溶出して来るためである。また、図中の白三角は噴火の3日後に、少し離れた地点で得られた結果であるが、海底近くではマンガンは熱水なみの高濃度となっている。この研究航海は先に少し述べた冷湧水を観測するためのものであったが、堆積物中の間隙水 (pore water) の研究を担当した増沢敏行助教授 (名

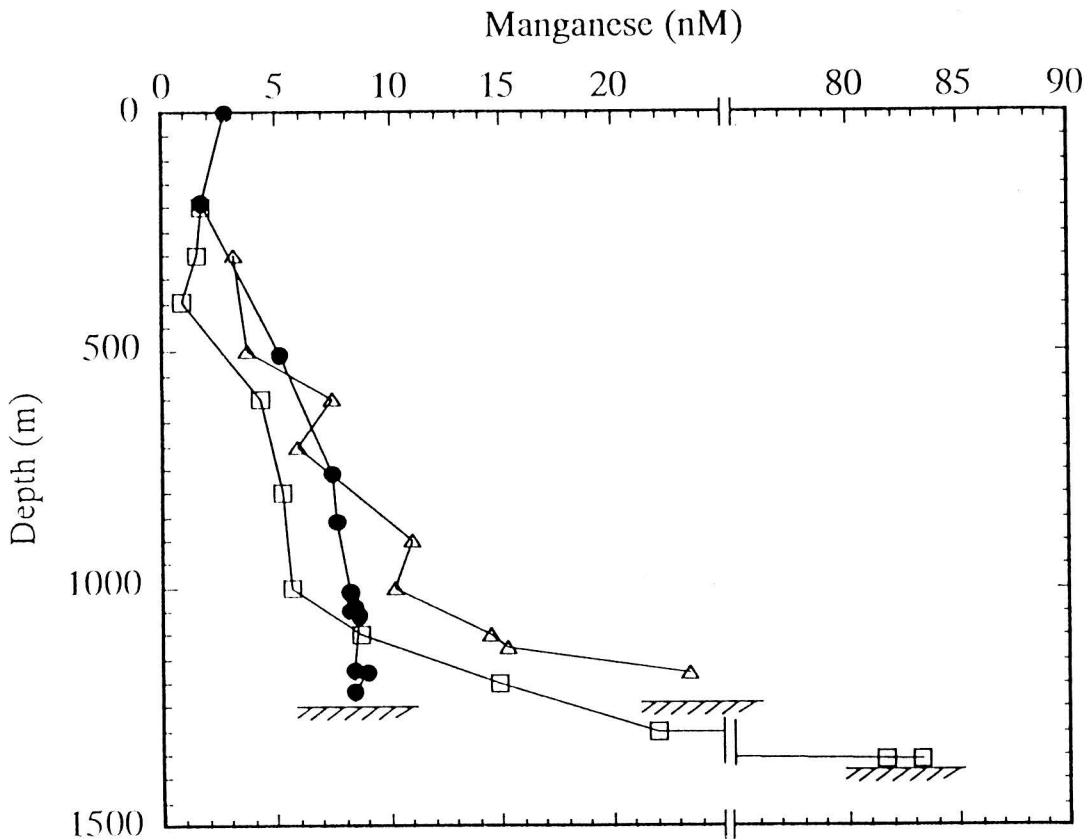


図3. 相模湾、初島沖における溶存マンガンの鉛直分布

古屋大学大気水圏研究所)によれば、間隙水中には海底付近の高い濃度に見合うだけのマンガンは含まれておらず、この濃度異常は別な起源に由来するということであった。また、噴火は深度約200 mの海丘 (sea mound) 上で起こっており、9 kmも離れた深度、1200 mの海底までその影響が及ぶことも不可能である。したがって、間隙水のような海底の堆積物表層から来たものではなくもっと、深いところから来たものと推定される。

以上、2つの観測の結果から、筆者は大地震や火山活動の前触れの微弱な地震によって、海底堆積物にひび割れが生じ、堆積物の深い、非常に還元的

な部分に海水が入り込み、2価の状態にあるマンガンや鉄が深層水中にもたらされる可能性があるという推論に達した。この推論が正しければ、海底堆積物中の鉄、マンガンの濃度は、通常の深層水中の濃度 (sub nM オーダー) より7~8桁高いので、鉄、マンガンは大変、鋭敏な地震活動の化学トレーサーとなり得る。

地震予知の可能性

最近、筆者らは蒲生俊敬助教授 (東京大学海洋研究所) との共同研究で熱水探査を目的とした現場型 (in situ) の鉄、マンガン自動分析装置の開発に成功した。従来の船上自動分析装置は

カラム濃縮部等を含む複雑なシステムからなっているが、現場型装置では方法が改良され、海水を直接、化学発光の測定系に導入することができる、シンプルなシステムとなっている。現場型装置は観測船から曳航する、“しんかい2000”や“しんかい6500”などの潜水艇に装着する、AUV (autonomous underwater vehicle) に搭載する、熱水噴出口などの海底に係留するなどの方法で使うことができる。筆者らが推定しているように、地震の

前兆として深い海底堆積物中から鉄とマンガンが深層水中にもたらされるのならば、この係留システムを日本海溝や相模湾などの海底に設置し、鉄とマンガンの濃度の変化を連続モニターすることによって、有効な化学的地震予知が実現できるものと期待される。

(連絡先)

〒522 彦根市八坂町2500

滋賀県立大学環境科学部

TEL.0749-28-8309 FAX.0749-28-8463

Email nakayama@ses.usp.ac.jp