

学 位 論 文 題 名

海底地震観測によるアイスランド近傍での
大西洋中央海嶺の地殻構造と微小地震活動

学位論文内容の要旨

本研究では、アイスランド近傍の大西洋中央海嶺上、2領域において、中央海嶺系のテクトニクスを考えていく上で不可欠となる、地殻構造と微小地震活動の把握を目的とした海底地震観測を行った。特に、観測網の貧弱さからこれまで、議論するに足るデータを得ることの少なかった、中央海嶺系の微小地震活動の把握に重きを置き、海底地震計を中心とした比類なき高密度地震観測網を構築しての観測である。詳細にとらえた震源分布は、通常の構造探査では見いだすことのできない、地殻内の微細な活構造（断層、割れ目など）の存在を明確にする。微小地震活動の特徴を把握するのはもちろんのこと、この結果と構造探査の結果とをあわせることで、内在する活構造まで含んだ中央海嶺の地殻のイメージをとらえようとする試みである。各観測において得られた重要な知見を以下にまとめる。

観測領域の一方は、アイスランド北東沖のティヨルネスフラクチャーゾーン。大西洋中央海嶺上の第1級の不連続構造である。アイスランドの縁辺に位置するという地の利を活かして、中央海嶺系の微小地震活動が定常的に観測されている稀少な領域である。とはいえ、観測点数の少なさと分布の偏りから、得られた震源分布に大きな誤差が見込まれることは必至であった。この領域で定常的に発生する微小地震活動の特徴を、その深さまで含めて明らかにしておくことは、この領域での今後の定常観測のみならず、中央海嶺系の地震活動を議論する上でも極めて重要になってくる。海底地震計を中心に、海陸42の観測点からなる、フラクチャーゾーン全域を覆う大規模な観測網を展開した。1つのフラクチャーゾーン全域を覆う観測網が構築されたのはこれが初めてとなる。

これまで活発な地震活動が観測されてきた領域であるが、本研究の観測期間を挟むその前後で静穏期に入り、定常観測からは地震活動を見出すことができなくなっていた。この状況下、大規模観測網は、 $M=1.0$ に達しない極めて小さな微小地震活動を明瞭にとらえた。詳細にとらえられたその震源分布は、従来より確認されていた2つの地震集中域（Grimsey ZoneとHúsavík-Flatey断層）での地震活動の特徴を、その深さまで含めてより鮮明なものにし、ティヨルネスフラクチャーゾーン内のテクトニクスが極めて複雑なものであることを明らかにした。また特筆すべきこととして、定常観測網の構築以来、明瞭な地震活動を確認することのなかった、フラクチャーゾーン西端のEyjafjardarállトラフに、活発な微小地震活動があることを見出した。その震源分布は、この地で実施されたマルチチャンネル反射法探査が示す、向かい合うlistricな正断層と形状を同じくしており、フラクチャーゾーン内でプレートの拡大が生じていることを示すものであった。さらに、拡大するセグメントがフラクチャーゾーン内に伸びていることによって、ティヨルネスフラクチャーゾーンが、フラクチャーゾーンというよりは、南北に位置する

2つの拡大軸が重複する場としてとらえられることが示された。

他方はアイスランド南西沖のレイキャネス海嶺。第2～4級の不連続構造を複数もつ長大なセグメントである。海嶺軸に沿った地磁気の縞状異常が初めて確認された場所でもあり、古くから中央海嶺系研究の場となってきた領域である。微小地震活動をターゲットとした観測が極めて有用であることを示した前例を受けて、より小さな地震活動を意識した観測体制での観測であった。

28台の海底地震計を用い、そのうちの27台を、海嶺軸に沿った約80km×30kmの領域に集中的に配置した。観測点間隔6～15kmという類を見ない大規模、高密度観測網の展開となった。このような高密度配置は海嶺の微小地震活動を極めて高い精度でとらえるためであり、これまでの海底地震観測ではとらえることのできなかった、より小さな微小地震までとらえようとするものである。観測精度をあげるため、船位の決定はDifferential GPSで行い、27台の海底地震計に対してはトランスポンダーによる位置決めを実施している。同時にダイナマイトを震源とする構造探査を行った。海嶺軸に沿った測線Ⅰと、海嶺軸に直交する測線Ⅱの2測線を設定している。測線長はそれぞれ約80kmと約60kmである。このような観測体制で、中央海嶺系の地殻構造とそこで発生する微小地震活動の特徴をとらえることが観測目的となる。

構造探査によって見出されたレイキャネス海嶺の地殻構造は、典型的な海洋性地殻に比して、極めて厚い特徴的なものであった。明瞭な堆積層は確認できず、海洋性地殻第2層が海底面に現れている。地殻各層の速度は典型的な海洋性地殻のものと大きく変わるものではないが、各層がそれぞれに厚く、全体として10kmを越える厚い地殻をなしていた。海嶺軸に沿った方向には大きな速度構造の異方性はなく、かなり様な構造となっているが、海嶺と直交する方向では海洋性地殻2A層の急激な薄化が確認でき、地殻年代の違いによる速度構造の変化を見出している。レイキャネス海嶺で実施された他の構造探査との比較から、レイキャネス海嶺の地殻がアイスランドに向かって厚さを増していき、アイスランド南西部で20km以上の厚さへと変化していく様子をとらえるに至った。

微小地震観測では、1,700個を上回る地震を記録した。その多くは $M=0.0$ に達しない極微小地震活動であり、観測点間隔を狭めた高密度観測網であればこそとらえることのできた活動であった。極微小地震とはいえ、震源近傍で記録された波形は十分に明瞭なものであり、海嶺に沿った80kmにわたる領域の詳細な震源分布を得ることができた。

地震活動は海嶺軸に沿った狭い領域にクラスターを形成して点在し、それぞれのクラスターは短期間に集中的に形成されていた。これは中央海嶺の地震活動が、空間的、時間的に局在するものであることを示している。初動の押し引き分布から求めたメカニズム解は、ほとんどが正断層型を示し、それらの地震については中央海嶺という張力場を反映して発生したものといえる。一つのクラスター内の地震は似かよったメカニズム解を持ち、各クラスター単位の運動を特徴づけている。このことから、一つのクラスターは、一つの断層運動に付随した一連の地震活動、あるいは共通な応力場のもとで発生した一連の地震活動であると考えられ、地殻中に内在する、空間的、時間的に独立に運動する活構造に対応したものにとらえることができる。極微小地震活動を精度良くとらえた結果、最新の音響探査機器による地形調査の結果と比較させることができ、クラスター化された地震活動が、海嶺軸上に雁行状に並ぶVolcanic Systemと対応するものであることが初めて明らかとなった。

学位論文審査の要旨

主査	教授	島村英紀
副査	教授	岡田 廣
副査	助教授	岡田 弘
副査	助教授	笹谷 努
副査	教授	金沢敏彦

(東京大学理学系大学院地球物理学研究科)

学位論文題名

海底地震観測によるアイスランド近傍での 大西洋中央海嶺の地殻構造と微小地震活動

海洋プレートが生まれている海嶺での動的構造を明らかにすることは、島弧海溝や地球深部も含む地球全体の研究に重要である。しかし現在までの研究は、海底地形探査、地磁気探査、マルチチャネル反射法による浅部地殻構造探査、重力探査に限られてきた。つまり中央海嶺の現在の活動を正確に反映している地震活動に関しては、研究例がごく少なかった。

このためアイスランドの南部沖と北部沖を対象として、中央海嶺系の地球科学研究に重要な地震活動を、時間的推移を含んだ4次元的に明らかにするために、北海道大学理学部海底地震観測施設として世界に類を見ない大規模な高感度・高密度の海底地震観測を2年次にわたって行った。観測ではアイスランド北部沖のフラクチャーゾーン（ティヨルネス断裂帯）全域を覆う大規模な観測を行い、アイスランド南部沖のレイキャネス海嶺では、微小地震のメカニズム解の高精度決定を配慮した観測点配置を行った。実験では差動型GPS方式を使った船位の測定とトランスポンダーによる海底地震計の位置決めを実施し観測精度を高めた。

本研究はこの海底地震観測の結果を整理したもので、極微小地震を含む地震活動とアイスランド・ホットスポットの影響を受けた厚い地殻を持つ地殻構造を明らかにした。また地震活動の発生下限が、下部地殻のかなり深い所まで達していることも示した。またアイスランド北部沖には、これまで陸上の地震観測からは見出されたことのない活発な微小地震活動が存在することを示した。これらはいずれも世界的な発見である。さらにその微小地震活動がフラクチャーゾーン内でのプレート拡大に伴って発生したものであることを明らかにして、中央海嶺系のダイナミクスに関する重要な知見を得ている。

レイキャネス海嶺での地震活動は、海嶺軸に沿ってクラスター（群）を形成して点在し、それぞれのクラスターは短期間に集中的に形成されていることを明らかにした。またクラスターの活動は空間的・時間的に独立に運動する地殻中の活構造に対応し、中央海嶺の海嶺軸部付近にこうした活構造がある間隔で広く分布する様子を明らかにした。つまり構造探査の結果と合わせて、内部の微細構造まで含めた中央海嶺の地殻構造を示したことになる。また、最新の音響探査による地形調査の結果と比較した結果、観測された微小地震活動が、海嶺軸部に雁行状に並ぶ海底火山群と対応することを明らかにした。

研究成果自体が一級の成果であるにとどまらず、海底地震計による高感度・高密度観測による微小地震活動のマッピングが海嶺でのプレート生成の過程の解明に極めて有効であることを示し、この分野の将来の研究の方向を示した点と、最新の成果等も含め文献を広く収集し、議論している点も高く評価する。解析手法そのものは現在の標準的な手法であるが、膨
この海域での地震活動は、いままで正確な震源の位置や深さがわかっていなかったもので、今回の研究によってはじめて地震活動がわかり、またこの研究で得られた地下構造を手がかりにしてプレートのダイナミックスを解明する重要な手がかりを得た。

よって、著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。