

캐나다 보퍼트해에서 쇄빙연구선 아라온으로 수행된 해양지열 연구

김영균^{1)*} · 진영근¹⁾ · 이임교¹⁾ · 김형준²⁾ · 홍종국¹⁾ · 이민규¹⁾ · 김수관¹⁾ · 서나리¹⁾ · 강승구¹⁾

1. 서론

캐나다 보퍼트해(Beaufort Sea)는 최후최대 빙하기(Last Glacial Maximum) 동안 대륙붕이 드러나며 차가운 환경을 겪은 이후로 긴 시간 온난화를 겪었기 때문에, 대륙붕 영구동토(permafrost)층 내/주변의 가스하이드레이트(gas hydrate)층의 변동상을 연구하기에 가장 적합한 장소 중 하나이다. 쇄빙연구선 아라온을 이용한 한국-캐나다-미국 국제 공동 연구 프로그램의 일환으로 2013년(ARA04C)과 2014년(ARA05C)탐사가 캐나다 배타적 경제수역에 속하는 보퍼트해에서 수행되었다. 해저면 표층부에서 지열탐침(heat probe)을 이용한 해양지열류량 측정결과는 비록 짧은 시간동안의 천부지층의 지열 분포의 스냅샷일지라도, 퇴적층 내의 유체 거동과 관련된 현상을 확인하는데 매우 유용한 정보를 제공한다. 두 차례의 현장탐사에서는 총 15지점(Fig. 1)에서 5 m 길이의 지열탐침과 해양열전도도측정 시스템을 이용(Fig. 2)하여 해저면 밑 퇴적층의 지온경사도와 퇴적물 열전도도 측정이 이루어졌다.

2. 본론

주요 측정지점으로는 1) 음향측심기에서 가스분출이 관측된, 평탄한 상부를 갖는 진흙 화산의 내/외부, 2) 대륙붕 영구동토층 프런트가 후퇴하는 맥켄지 트러프(Mackenzie Trough)의 동쪽 사면, 3) 대륙 사면에 위치한 국제해양발견프로그램(IODP)의 예비 시추제안 #753 지점 주변의 배경 지점이다. 배경 지점은 영구동토층이 없을 것으로 예상되고, 수직적인 유체 유출 구조도 발견되지 않는 지역으로, 연구지역 내에서 가장 깊은 수심에서 선정하였다. 진흙 화산에서 관측된 결과들은 1) 일반 해저면으로부터 관측된 배경 지온경사도 뿐만 아니라 진흙 화산의 외부에서 관측된 지온경사도보다 매우 높은 지온경사도, 2) 해저면 근처 해수 온도와 비교해 매우 높은 해저면 온도, 3) 해수 시료로부터 관측된 굉장히 높은 메탄 농도 등이다. 관측된 이런 결과는 따뜻한 메탄 함유 유체가 진흙 화산의 평탄한 상부 해저면으로부터 단속적으로 해양수층으로 분출되고 있음을 지시한다. 다른 한편, 맥켄지 트러프의 동쪽 사면에서는 주변 수층 온도와 평형을 이루는 해저면 온도들과 큰 변화폭을 보이는 지온경사도들이 관측되었는데, 이는 영구동토층에 의한 지온경사도 교란 가능성을 지시한다. 배경 지점의 관측결과를 바탕으로 계산된 연구지역의 해양지열류량은 $40\sim78 \text{ mW/m}^2$ 이며, 이는 기존 심부시추공에서 획득된 결과와 비교할 만하다.

3. 결론

쇄빙연구선 아라온을 이용한 한국-캐나다-미국 국제 공동 연구 프로그램의 일환으로, 2013년(ARA04C)와 2014년(ARA05C) 탐사 동안 캐나다 배타적 경제수역에 속하는 보퍼트해에서 해양지열연구가 수행되었다. 세 지역(진흙화산, 맥켄지 트러프와 배경지점), 총 15지점에서 5 m 길이의 지열탐침과 해양열전도도측정 시스템을 이용하여 퇴적층의 지온경사도와 퇴적물 열전도도가 측정되었다. 배경지점의 해양지열류량은 $40\sim78 \text{ mW/m}^2$ 으로, 기존 심부시추공 결과와 비교할 만하다. 맥켄지 트러프에서는 영구동토층에 의한 지온경사도 교란이 확인되었다. 진흙화산에서는 따뜻한 메탄 함유 유체가 단속적으로 해양수층으로 분출되고 있음이 확인되었다. 이번 탐사에서 지열탐침과 퇴적물코어를 이용해서 얻어진

주요어 : 해양지열, 가스하이드레이트, 영구동토, 캐나다 보퍼트해, 아라온

1) 한국해양과학기술원 부설 극지연구소, 극지지구시스템연구부

2) ㈜엑스지오

*Corresponding Author(김영균), E-mail: ygkim@kopri.re.kr

지열 분석 결과와 기존 심부 측정 지열결과와의 심도 있는 비교가 이루어진다면, 온난화에 의해서 북극 대륙붕에서 일어나고 있는 영구동토층 및 가스하이드레이트층의 지열분포 변동현상과 메탄분출현상을 이해하는 데 큰 도움을 줄 것이다.

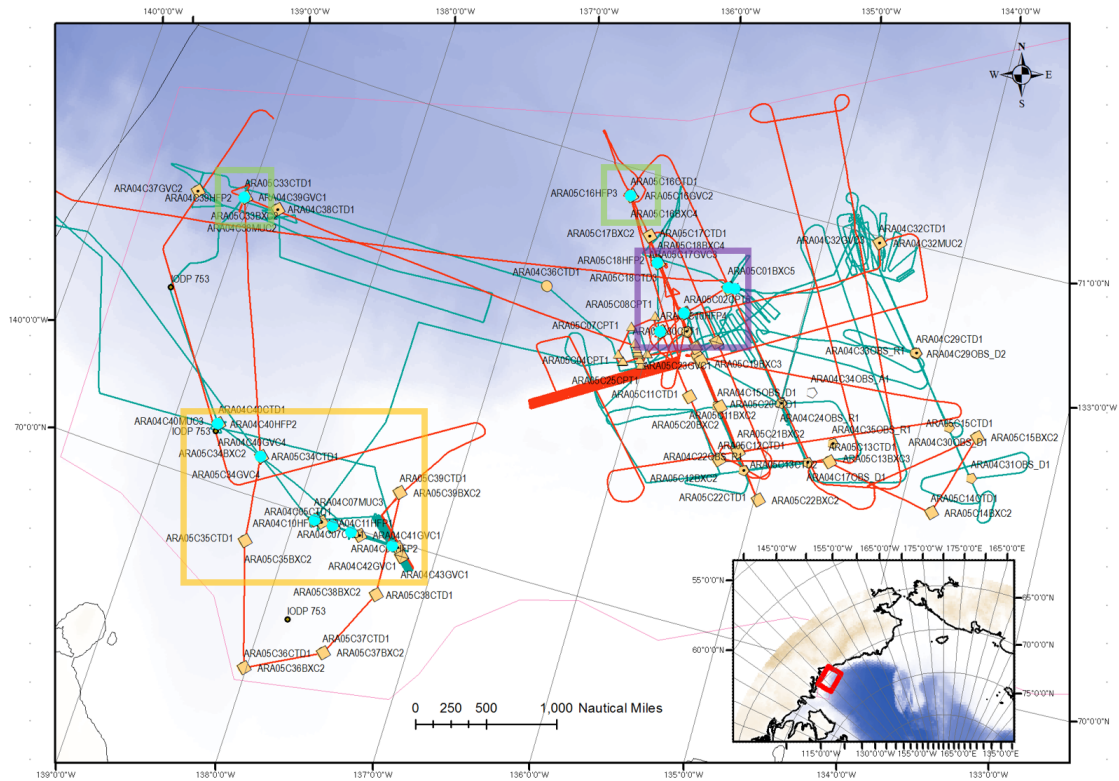


Fig. 1. Heat flow measurements in the Canadian Beaufort Sea during two expeditions of ARA04C (2013) and ARA05C (2014), represented as blue circles. Green, violet, and yellow boxes shows background, mud volcano (fluid expulsion), and Meckenzie trough (degrading of permafrost) area, respectively. Yellow signs indicate as follows: squares for box coring, square with a dot for gravity coring, squares with a cross for multi-unit coring, trinagles for CPT, circles for CTD, pentagons for deployed OBSs, pentagons with a dot for recovered OBSs. Open pentagon indicates abandoned OBS. Green and red lines are shiptracks of ARA04C and a part of ARA05C, respectively. Pink line delineates outline of KOPRI study area approved by Canadian government.

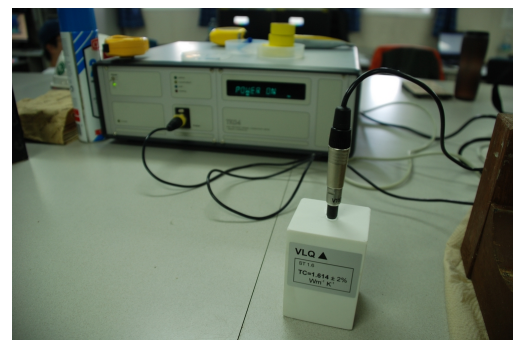


Fig. 2. Photographs of heat flow probe (left) and thermal conductivity meter (right).

사사

본 연구는 “서북극권해역 가스하이드레이트 특성과 고해양환경변화 복원연구(PE14061)”와 “양극해 환경변화 이해 및 활용연구(PM13020)”의 지원을 받아 수행되었다. 탐사 동안 해양지열자료 측정에 도움을 주신 채빙연구선 아라온 호의 선장님과 승무원들, 승선연구원들, 그리고 해양지열탐침을 지원해주신 서울대 이상목 교수님에게 감사를 전한다.