

해저 석유 생산시스템 내 유동안정성 확보를 위한 불투명 오일의 왁스생성온도 측정

임종세⁺·백승영¹·강판상¹·유승렬¹·김효상¹·박지홍¹

Wax appearance temperature measurement of opaque oil for flow assurance in subsea petroleum production system

Jong-Se Lim⁺, Seung-Young Back¹ · Pan-Sang Kang¹ · Seung-Ryul Yu¹ · Hyo-Sang Kim¹ · Ji-Hong Park¹

비교적 접근이 용이한 육상 및 천해에서 석유의 생산은 이미 완료되었거나 대부분이 진행 중이기 때문에 석유 생산 지역이 점차 심해로 확장되면서 해저 석유 생산시스템의 유동안정성 확보문제에 대한 관심이 증가하기 시작했다[1]. 심해환경에서 석유생산이 이루어지면 석유의 부존환경과 다른 온도와 압력에 노출되어 생산시스템의 내부에 여러 가지 고형물 성분으로 인해 유동안정성 확보 문제를 초래할 수 있다. 고형물 중 왁스는 n-alkane, i-alkane, cycloalkanes로 구성된 복합체로 온도가 낮아짐에 따라 집적량이 증가하여 석유가 유동하는 배관을 막아 석유생산 비용을 크게 증가시킬 수 있다[2]. 왁스의 집적을 예측하고 제어하기 위해서는 오일 내 왁스가 석출되기 시작하는 온도인 왁스생성온도(wax appearance temperature)를 정확히 측정해야 한다[3]. 왁스생성온도에 관한 실험법은 투명한 오일인 경우 표준기법으로 ASTM D2500이 사용되나 불투명한 오일의 경우 왁스생성온도 측정법이 표준화 되어 있지 않아 여러 방법이 제안되고 있다. 이 연구에서는 불투명 오일의 왁스생성온도를 측정하기 위해 왁스의 결정화가 일어나는 시점의 열 흐름 변화를 파악하는 시차주사열량법(differential scanning calorimetry), 오일의 점도변화를 파악하는 점도측정법(viscosity measurement), 필터를 설치한 오일 유동 배관의 양단에 압력변화를 측정하는 압력필터측정법(pressure and filter method), 왁스 결정화가 발생하여 필터의 공극을 막아 순환하는 오일의 유량 감소를 파악하는 필터막힘점측정법(filtration technique)을 적용하였다. 이러한 방법을 왁스가 생성되는 대표 오일 시료에 적용하여 측정하였고, 왁스생성온도를 검증하기 위해 오일 수송 배관 벽에서부터 유동 단면적의 중심으로 온도구배가 발생하는 것을 모사하는 고형물생성유도장치를 이용하여 왁스생성온도 이하의 조건에서 고형물을 집적시키고 이를 고온 가스크로마토그래피(HTGC)로 왁스성분의 정량적인 분석을 수행하였다. 측정 결과 모든 오일 시료에서 왁스가 생성되었음을 확인하였다. 이 연구를 통해 각 방법마다 왁스생성온도의 측정방식이 다르므로 측정된 왁스생성온도가 다르거나 측정할 수 없음을 확인하였다. 점도측정법은 온도 감소에 따라 점도의 변화가 크게 나타나지 않을 경우 왁스생성온도의 측정이 불가능하였고, 시차주사열량법은 가스의 기화 등에 의한 열흐름의 변화가 여러 온도 조건에서 발생할 경우 정확한 왁스생성온도의 측정이 불가능하였다. 필터막힘점측정법은 각 오일에 따라 왁스의 결정입자의 크기가 달라 적절한 필터의 공극을 선정하기 어려웠으며, 압력필터측정법은 고온 조건에서 발생하는 가스가 측정압력에 변화를 주어 왁스생성온도의 측정이 불가능하였다. 대부분의 현장에서 생산되는 오일은 불투명이나 이에 대한 왁스생성온도 측정법이 표준화되어 있지 않으므로 이번 연구결과를 불투명 오일의 왁스생성온도 측정법 표준화를 위한 기초자료로 사용하여 다양한 오일샘플을 통해 연구를 지속적으로 수행한다면 다양한 오일의 효율적이고 정확한 왁스생성온도 측정이 가능할 것으로 사료된다.

사사

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2010201030001A).

참고문헌

- [1] 강판상, 백승영, 임종세, “석유 생산시 온도구배 및 전단을 변화와 왁스집적 현상 관계 분석을 위한 실험 연구,” 제97회 한국지구시스템공학회 추계학술발표회 논문집, pp.198-200, 2011.
- [2] 임종세, “생산 유가스전 유동안정성 확보 기술,” 석유, 제 26권, 86호, pp.68-85, 2010.
- [3] R. Bagatin, C. Busto, S. Corraera, M. Margarone and C. Carniani, "Wax modeling: There is need for alternatives," paper 115184 presented at the SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition held in Moscow, Russia, 2008.

+ 임종세(한국해양대학교 에너지자원공학과), E-mail:jslim@hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4682

1 한국해양대학교 에너지자원공학과