

동해주변 제3기 해성퇴적분지의 석유지질학적 연구

손 병 국^{1*}, S. Tokuhashi², 김 학 주¹, 이 호 영¹

¹한국지질자원연구원 석유해저자원연구부, sbk@rock25t.kigam.re.kr

²일본산업기술종합연구소 지권자원환경연구부문 연료자원연구그룹

동해 주변의 우리나라와 일본에는 거의 동시대에 퇴적된 해성 퇴적분지들이 발달되어 있다. 이 중에서 니이가타 퇴적분지는 신제3기 해성퇴적물들이 가장 넓고 깊게 퇴적되어 있으며, 1950년대부터 석유탐사를 계속하여 약 600개 공의 시추가 수행되었으며 현재 석유와 가스가 생산되고 있다. 또한 매장량 확보를 위하여 계속하여 탐사 및 시추가 수행되고 있다. 따라서 니이가타 지역에 분포되어 있는 퇴적물과 분지발달사를 연구하면 우리나라 제3기 퇴적분지의 석유탐사에 대한 아이디어를 획득할 수 있다. 이 연구는 니이가타 퇴적분지의 야외조사와 동해 주변 제3기 분지에 대한 문헌연구를 통하여 분지 발달사를 비교한 것이다.

니이가타 퇴적분지는 신생대 쇄설퇴적물과 화산암으로 구성되어 있으며 총 두께는 5000 m 이상이 된다. 니이가타 퇴적분지는 구조적으로 동쪽에는 니이쯔-히가시야마 습곡대, 중앙에 야히코-니시야마 습곡대, 포사마그나와 접하고 있는 남서부에는 구비끼 습곡대가 발달하고 있다. 주요한 유전은 모두가 습곡대의 배사부에 분포한다. 가스전은 신기퇴적물이 두껍게 발달한 니이가타 평야와 나가오카부근에 주로 분포하고 있다. 또한 요시이·히가시가지와자키·가타가이 등의 가스전에서는 Nanatani Formation 등의 Green Tuff 층 내에서 대규모의 가스층이 발견되고 있다. 석유와 가스의 저류암은 주로 사암, 용암, 응회각력암 등이다. 시대는 Early Miocene의 Nanatani Formation에서 Pliocene의 Nishiyama 층준에 이른다.

구조적으로 니이가타 분지는 일본의 지질을 동북부와 남서부로 나누는 중요한 구조선인 Itoigawa-Shizuoka 구조선을 경계로 이 구조선의 동쪽에 위치하는 포사마그나 지역과 Shibata-Koide 구조선의 서쪽지역을 차지한다(新潟縣, 2000). 이 분지는 Miocene 시기의 tensional back-arc spreading 과 관련된 rifting의 영향으로 형성되기 시작하였다. Middle Miocene 초기에

back-arc 지역에서 하나의 trough로써 형성되어 급격히 침강하면서 수심 약 2,000m 의 submarine hollow를 형성하였다. 주로 이질암과 터비다이트 사암이 퇴적되었고 동시에 화산활동이 산발적으로 활발하게 일어났다. Late Pliocene에서 Pleistocene에 이르는 동안 동서 방향의 압축력에 의하여 분지 내 퇴적층들은 남북 방향으로 대규모적인 습곡과 역단층이 발생하게 되었다. 이 운동에 의하여 분지의 북부 지역과 남서부 지역은 융기하여 침식이 활발히 일어났으나 분지의 중앙지역은 Pliocene 이후에도 계속 침강하여 퇴적층은 더욱 두꺼워졌다. 니이가타분지의 분지발달사는 4단계로 나눌 수 있다. 즉, Stage I : syn-rift (16-13.5 Ma), 이 시기에는 slope과 basin floor에 주로 이질암이 퇴적되었다. Stage II (13.5-6.5) : post-rift의 시기이며 submarine-fan turbidite가 크게 발달한 시기이다. Stage III (6.5-1 Ma)는 분지 역전과 압축을 받기 시작한 시기이며 이때는 Trough fill turbidite 퇴적물이 발달하였다. Stage IV (1 Ma-현재) : 강한 압축력을 받은 시기로 융기에 의하여 현재의 alluvial plain과 분지에만 퇴적이 일어났다.

동해 주변 퇴적분지들의 구조발달 단계를 비교하면 약간의 예외는 있지만 주 구조활동은 비슷한 시기에 일어났음을 알 수 있다. 중기와 후기 마이오세 동안에 대다수의 분지들은 빠르게 침강하고, 그 후의 완만한 침강현상을 보여준다. 이들 분지들은 후열도 확장과 관련되어 거의 동시에 열곡 (rifting)이 일어나기 시작하였다. 그리고 나서 late 중기 마이오세와 후기 마이오세에 post-rift thermal subsidence를 겪게 된다. 조구조 활동은 대부분의 분지에서 일치하지만 약간의 예외가 나타나고 있다. 즉, 유다분지, 호쿠류쿠분지, 울릉분지에서는 post-rifting의 시기에 융기가 일어나거나 침강이 일어나지 않았다. 호쿠류쿠 지역에서 침강이 일어나지 않은 이유는 late 중기 마이오세 이후에 Izu-Bonin arc가 충돌했기 때문인 것으로 보인다. 울릉분지에서의 후기 마이오세 동안에 일어난 융기는 후열도 닫힘에 기인하여 압축력이 작용한 것으로 해석되고 있다. 결과적으로 late 중기 마이오세 동안 동해 주변 지역 분지에서의 post-rifting 상태는 지역적으로 태평양측으로 부터의 플레이트 운동(필리핀해 플레이트)의 영향을 받은 것으로 생각된다.

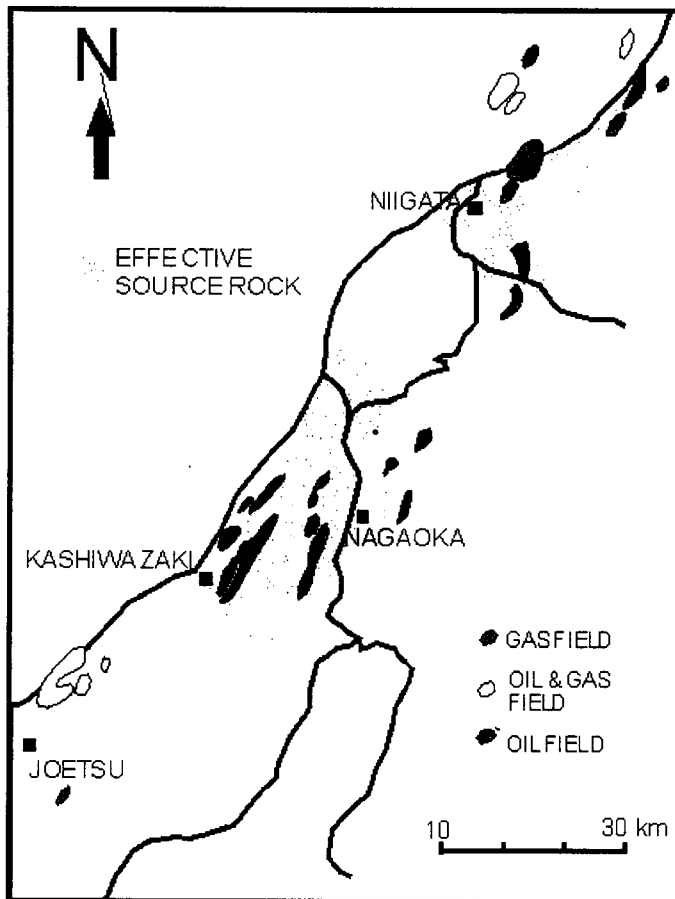


그림 1. 니이가타분지의 석유가스 분포도

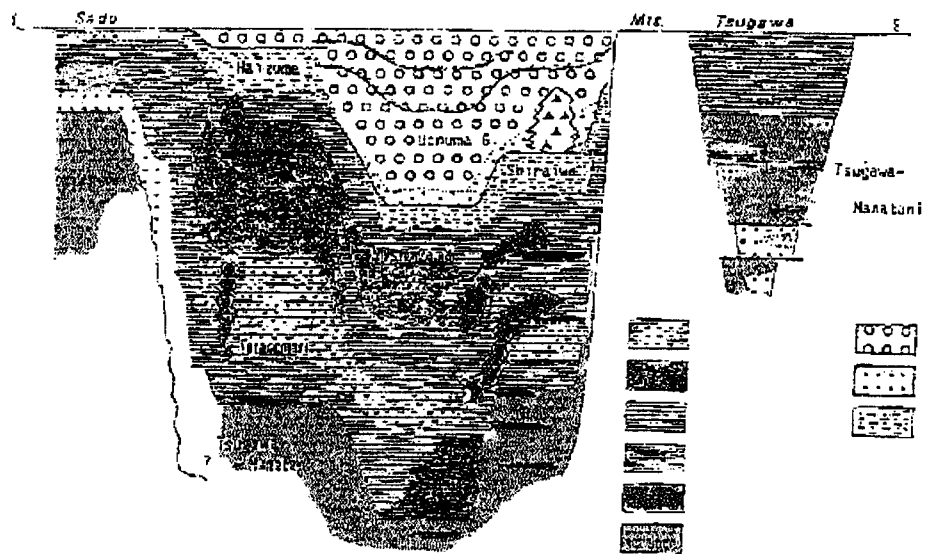


그림 2. 니이가타 퇴적분지의 개략적인 동서 단면도

		Geologic Age																
		Ma 16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1 Ma	
		MIOCENE										PLIOCENE			PLEIST.			
A	YUDA BASIN Nakajima et al., 2000	Tectonic Stage	I		II		III		IV		V							
		Stress Field	Tension										Compression					
		Sedimentary Environment	outer shelf	upper bathyal	inner shelf	middle bathyal	inner shelf	outer shelf	inner middle shelf	shoreface	delta	fluvial	inner shelf	lake	erosion	alluvial fan	fluvial	
		Sediment supply	High			Intermediate			Low			Intermediate						
B	CENTRAL-NORTHERN HONSHU (Sato, 1992)	Tectonic Stage	Back-arc Basin Opening Stage				Transition Stage						Shortening Deformation Stage					
		Stress Field	Tension				Thermal Subsidence Substage			Incipient Compressional Substage			Compression					
		Tectonic Events	backarc opening				rifting				thermal subsidence							
C	NIGATA-SHINETSU BASIN (This paper)	Tectonic Stage	STAGE I		STAGE II				STAGE III				IV					
		Subsidence pattern	Syn-rift		Post-rift		Thermal subsidence stage				Tectonic inversion				rapid uplift			
		Stress Field	Tension										Compression					
		Tectonostratigraphic Unit	UNIT I		UNIT II				UNIT III				IV					
		Main Depositional System	Slope to basin floor		Fan Delta		Submarine Fan				Alluvial fan - Fluvial - Delta - Nearshore				Shelf			
		Sediment Supply	High, Fine-grained		Gradually decreasing				Coarse-grained				High, Coarse-grained					
		Stacking Pattern	Retrogradational		Aggradational				Progradational									
		D	OFF HOKU RIKU (Itoh et al., 1997)	Subsidence pattern	Rapid subsidence				No subsidence				Slow subsidence (gradually increasing subsidence)					
Probable cause	crustal thinning				effect of the collision of Izu-Bonin arc				tectonic inversion									
E	OFF SAN'IN (Itoh et al., 1997)	Subsidence pattern	Rapid subsidence		Gentle subsidence						Uplift			Slow subsidence (gradually increasing subsidence)				
		Probable cause	crustal thinning		post-opening thermal collapse						Resumption of subduction of Philippine Sea Plate							
F	ULLEUNG BASIN (Chough et al., 1997)	Tectonic Stage	Back-arc extension				Back-arc closing (compression)				Back-arc closing (compression)							
		Subsidence pattern	Rapid subsidence				Uplift (subsidence in undeformed region)				Slow subsidence							
		Stress Field	Tension				Compression											
		Tectonostratigraphic Unit	Succession I				Succession II				Succession III							
		Stratal Patterns	Sigmoid progradational, retrogradational				Oblique progradational, retrogradational				Oblique progradational, sigmoid progradational							
		Sediment Supply	High				Low-High				Low							
PLATE-TECTONIC SETTINGS AROUND THE EAST SEA																		

그림 3. 동해 주변 해성 퇴적분지들의 분지 발달사 비교