



해양시설 용어 정의 및 분류 체계에 관한 일고찰

임영섭 · 권도중* · 이창희†

(서울대학교 · *솔리드 엔지니어링 · †한국해양수산연수원)

A Study for Definition and Classification of Offshore Units

Youngsub LIM · Do Joong KWON* · Chang-Hee LEE†

(Seoul National University · *Solid Engineering Co., Ltd. †Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology)

Abstract

In recent offshore industries, various ambiguous terms have been used without clear definition or classification, causing difficulties in legal, technical, and educational understanding and usage. For an example, the commonly used term of 'Offshore Plant' in Korea is not an universal word technically. There has been no clear technical or legal definition about the 'Offshore Plant' and its classification is also very ambiguous; sometimes it is used to refer offshore oil and gas production platform or it is used to mean offshore renewable power generation plant in some cases. To build a conceptual framework, therefore, this paper suggests a classification of offshore units ① using internationally agreed terms, ② agreed with the technical classification used by the ship classification society and ③ being able to include not only the current but also future concepts of offshore units.

Key words : Offshore units, Terms definition, Classification, Offshore plants, Platform

I. 서론

해양에너지 개발 산업은 1970년대 유전 및 가스전 개발을 위한 승강식 시추선, 고정식 플랫폼 등과 같은 철제 구조물의 개발에서부터 시작되었다. 그리고 1990년대 이후 천해를 넘어 심해까지 부유식 구조물 및 해저 장비 등과 같은 다양한 해양시설의 등장과 함께 급격히 성장해 왔다. 기본적으로 산업의 발전은 필연적으로 이와 관련된 용어 정의 및 분류체계의 명확화와 병행하게 된다. 분류체계를 통하여 산업에 대한 이해를 높이고, 기술적, 경제적 분석, 정보제공 및 투자 계획, 경제 정책 수립 및 평가 등을 위한 정보를 구조

화할 수 있기 때문이다.

해양 분야에 대한 명확한 용어 정의는 체계적인 분류 기준을 만드는 시금석임에도 불구하고, 현재 해양시설과 관련된 단어들은 혼재되어 사용되고 있다. 같은 단어가 다른 개념을 지칭하기도 하고, 개념이 다른 단어로 표현되기도 한다. 예컨대, 현재 다양한 형태의 해양시설을 일컬을 때 국내에서는 해양구조물(Offshore Structure) 또는 해양플랜트(Offshore Plant)를 빈번하게 사용하고 있다. 그러나 학자에 따라 해양구조물을 해저 및 상부 설비를 포함한 포괄적 개념으로 사용하기도 하고, 해상에 설치되는 일체의 구조물로 지칭되기도 한다. 해양플랫폼(Offshore Platform)을 해양

† Corresponding author : 051-620-5828, thethem8618@hanmail.net

* 이 연구는 산업통상자원부 서울대학교 해양플랜트 특성화대학사업의 지원으로 수행되었음.

플랫폼과 동일한 의미로 사용하거나 때로는 고정식 플랫폼(fixed platform)으로 제한하여 지칭하기도 한다. 또한 부유식 구조물(floating structure)을 부유식 플랫폼(floating platform), 부유식 시설(floating unit or facility)이라는 표현을 사용하기도 한다. 특히 시추선(drillship)과 같은 선박형 시설을 따로 분류하여 선박체(ship-shaped vessel)로 지칭하기도 한다. 또한 건설업계에서는 해양건축물 또는 수상건축물이라는 표현도 사용한다. 이처럼 동일한 객체에 대하여 각계의 목적과 입장에 따라 혼란스러운 용어 사용은 법적, 기술적 해석과 적용에 어려움을 야기하는 원인이 될 수 있으므로 개선이 필요하다.

선박의 경우 산적화물선(Bulk Carrier), 컨테이너선(Container Ship), 원유운반선(Oil Tanker) 등과 같이 선종에 대한 명확한 분류체계가 존재함에 따라 선종별 상황 파악이 수월하고 이에 대한 대책 마련이 용이하다. 반면 수많은 종류의 시설이 ‘해양플랜트’라는 하나의 단어로 통합됨에 따라 해양 관련 시설의 분류 기준은 기관 및 학자에 따라 각기 다르게 적용되고 있어 통계적으로 유의미한 결과를 도출하기 어렵고 법과 기준 적용에 한계가 있다. 또한 선급 등 현재 적용되는 국제적 기술 분류체계와 부합하지 않기 때문에 별도의 이해와 해석 과정이 필요하고, 기술발전에 따른 새로운 개념에 대한 분류가 어려운 문제점이 있다. 예컨대, FSRU(Floating Storage and Re-gasification Unit, 부유식 저장 재기화 시설)와 같은 개념은 기존 가스 생산이나 처리 설비가 아닌 사용자를 위한 공급설비와 유사함에 따라 이에 대한 분류체계의 마련이 시급하다. 또한 향후 해저 도시와 같은 개념이 현실화 된다면 이를 해양시설로 간주하는 것이 적절한지 여부 및 어떤 분류 체계를 따라야 하는지 등이 명확하지 않다. 따라서 해양산업의 기술발전 속도로 인하여 과거의 분류 체계가 혼재된 것을 반면교사로 삼아, 현재의 분류 체계를 확장성 있게 구조화하여 향후 미래에 등장할 수 있는 해양시설의 개념을 포

함할 수 있도록 재구성할 필요가 있다.

오랜 시간에 걸쳐 해양시설에 대한 연구는 많이 수행되어 왔으나, 용어 정의와 분류 자체에 대한 연구를 찾아보기는 어렵다. 국내의 경우 해양에서 원유 및 가스를 생산하는 시설을 해양구조물 혹은 해양플랜트로 칭하는 경우가 많다(Kim et al., 2014). 그러나 경우에 따라서는 풍력 등의 신재생에너지 설비를 지칭하는 경우에도 해양플랜트를 사용하기도 하며 (Kim, 2008), 나아가 해양자원 채굴설비 및 발전시설까지도 포함하여 언급하는 경우도 있다(Hong et al., 2010; Jin & Lee, 2015; Kim & Jin, 2016). 통상 분류는 지지 형태에 따라 고정식, 유연식, 부유식 등으로 나누나 (Kim, 2008; The Society of Naval Architects of Korea, 2011; Kim & Jin, 2016), 용도에 따라 시추용과 생산용으로 구분한 뒤 다시 설치 형태에 따라 분류하거나(Kim, 2013), 용도와 형태에 따라 별개로 구분하는 경우도 있다(Kim et al., 2013). 주력 상품을 기준으로 반잠수식, 시추선, 고정식, FPSO 등 제품군으로 분류하는 경우도 있다(Lee & Chang, 2012). 따라서 이러한 혼재된 분류들은 통일된 체계라고 보기는 어렵다.

이 논문은 “①제시된 분류기준은 체계적으로 현존하는 개념을 분류할 수 있어야 한다. ②분류기준에 사용되는 용어는 국제적으로 사용되는 영문 단어와 상호 호환되어야 한다. ③선급 등 현재 산업에서 사용하고 있는 기술적 분류체계와 합치되어야 한다. ④향후 등장할 수 있는 해양시설의 개념을 포함하여 분류할 수 있어야 한다”라는 대전제를 기초로 학술·기술 문헌의 고찰을 통하여 해양시설에 대한 한글 및 영문 용어를 명확히 규정하고, 목적과 기능 조건을 고려한 분류체계를 제시하여 관련 실무자들이 사용하기 적절한 개념적 기반을 마련하고자 한다.

II. 용어의 정의에 대한 고찰

1. 해양플랜트에 대한 연혁적 정의

현재 통용되는 ‘해양플랜트’라는 단어의 어원을 파악하기 위하여 학술 데이터베이스를 검색해보면, ‘해양플랜트’라는 단어는 1960년대부터 사용되었으나 해양식물(Offshore Plant)을 지칭하는 경우(Lamb & Taylor, 1961; Rothwell & Yumori, 1975)를 제외하면 1960~70년대에는 해양 원자력 발전소(Offshore Nuclear Plants)나 화력발전소를 지칭하는 경우 사용된 경우가 대부분이었다(Arnold et al., 1966; Bowers & Wichner, 1969; Scarpace & Green, 1973; Hammond & Okrent, 1974; Klepper & Anderson, 1974; Noakes et al., 1974; Craven et al., 1975; Rothwell & Yumori, 1975). 1970년대 후반부터 1980년 초반으로 넘어오면서 해양 가스전에 대한 연구가 활발해지면서 발전소를 지칭하는 이름 이외에도 해양 가스전에서 천연가스를 이용하여 메탄올 등 다른 물질로 전환하거나 액화시키는 공장(Offshore Natural Gas Processing Plant)의 개념으로 ‘해양플랜트’라는 단어가 사용되었다(Hollyer & Helleman, 1977; Goodman, 1979; Backhaus, 1980; Kennett et al., 1981). 그리고 1980년대 중·후반부터 풍력, 파력, 온도차 발전 등 해양 신재생에너지 공급 시설을 지칭하는 경우에도 사용되었다(Lennard, 1987; Hagerman et al., 1989; Gaudiosi, 1994; Larsson, 1994). 이후 해양 원유 및 가스 생산 시설을 포함하여 지칭하는 경우도 있었으나, 대부분 플랫폼에 대한 유의어로서 사용하는데 그치고 있다(Haun et al., 1979; Patten, 1985; White, 1989).

1980~1990년에 걸쳐서 기존 육상 화학공장에 적용되던 위험도 및 가용도 등의 안전 연구가 해양 생산 설비로 확장되기 시작하면서 육상 및 해양 공장(Onshore and Offshore Chemical Plants)과 같이 화학공장을 통칭하는 개념으로 해양플랜트를 사용하는 경우가 증가하였다(Solemslie & Bradley, 1988; Malik et al., 1992; Griffiths, 1994; Gower-Jones et al., 1996; Moss & Andrews, 1996;

Joyce et al., 1998; Garga, 1999). 이는 1988년 영국 북해에서 100명 이상의 사상자가 발생한 파이프 알파 (Piper Alpha) 플랫폼 사고의 영향으로 사료된다. 또한 1990년대 기후변화 문제가 대두되면서 이산화탄소 저감 대책에 대한 논의가 시작됨에 따라 노르웨이를 중심으로 생산이 중단된 유전이나 가스전에 이산화탄소를 주입하여 이산화탄소를 처리하는 움직임이 생기면서 육상 화학공장과 더불어 이러한 이산화탄소 처리 공정을 포함한 해양 원유 가스 생산 시설을 ‘해양플랜트’로 지칭하는 경향이 확대되었다(Langeland & Wilhelmssen, 1993). 그리고 GTL(Gas-to-Liquid)과 같이 가스 처리 공장에 대한 개념도 확장되었다(Grimmer, 1999). 이러한 확장된 개념의 영향으로 1990년대 중·후반부터는 석유 및 가스 업계가 아닌 법조계, 경제계, 사회과학 등 다른 분야에서도 ‘해양플랜트’라는 표현을 사용하기 시작하여 해양에 존재하는 산업설비를 통칭하는 용도로 사용되기 시작하였다(Brooke & Buckley, 1988; Atherton, 1989; Sassen, 1989; Mody & Wheeler, 1990; Walls, 1993; Ferdows, 1997; Alarcon, 1999).

2000년 중반부터는 ‘해양플랜트’라는 용어를 사용하는 한국 연구자들이 급격하게 증가하면서 그 범위가 더욱 확대되었다. 한국의 경우 1990년대에는 관련 기업 또는 학술 자료에서만 드물게 ‘해양플랜트’라는 단어가 사용되었고(Yang & Kim, 1997; Jeong, 1998), 2000년부터 해양산업에 대한 관심이 증가하면서 일반 신문기사에도 ‘해양플랜트’라는 단어가 사용되기 시작하였다. 현재 ‘해양플랜트’에 대하여 통용되는 의미는 협의적으로는 해양에서 원유 및 가스를 생산하는 시설을 의미하고 있으며(Kim et al., 2014), 광의적으로는 풍력 등의 신재생에너지를 포함하는 개념(Kim, 2008) 뿐만 아니라 망간단괴와 같은 해양자원 채굴설비, 해양에서 공간을 이용하는 발전시설, 저장시설, 해양자원개발을 위한 해양지원선박(Offshore Support Vessel)까지도 포함하는 개념으로 보고 있다(Hong et al., 2010; Jin & Lee, 2015;

Kim & Jin, 2016). 요컨대, ‘해양플랜트’라는 단어의 연혁적 배경은 초기 원자력 업계에서 시작하여 신재생에너지 업계에서 사용해진 발전소의 개념과, 육상 가스 산업계가 사용해진 가스 처리 공장의 개념, 안전 업계에서 사용하는 육상 및 해상을 포함한 화학 공장의 개념이 혼재되어 일반 사회에 유입, 확장되면서 형성된 것으로 해석할 수 있다.

2. ‘해양플랜트’와 관련된 용어 적용의 한계 및 국내외 사례 검토

1) 적용 한계 및 국내 사례

‘해양플랜트’라는 용어는 학문적 경계조건에 관계없이 사용하기에는 몇 가지 한계점을 보유하고 있다. 첫째, 국내에서 ‘해양플랜트’라는 명칭을 정의하고 있는 법률이나 규정이 없다. 둘째, 선급 등 국제 기술협회가 사용하는 용어와 일치하지 않는다. 셋째, ‘플랜트’라는 용어가 산업적 생산 시설이나 공장을 의미함에 따라 예컨대, 대형부유식구조물(VFLS, Very Large Floating Structure)의 경우와 같이 ‘플랜트’의 범주에 포함하기가 모호한 시설들이 있다. 넷째, 해저 도시와 같이 미래에 등장할 수 있는 개념들을 포괄할 수 있는 용어가 될 수 없다. 따라서 해양시설 및 설비, 구조물 등을 통칭할 수 있는 적절한 한글 용어를 도출할 필요가 있다.

해사안전법 제2조 제15호에 따르면 “해양시설이란 자원의 탐사·개발, 해양과학조사, 선박의 계류(계류)·수리·하역, 해상주거·관광·레저 등의 목적으로 해저(해저)에 고착된 교량·터널·케이블·인공섬·시설물이거나 해상부유 구조물로서 선박이 아닌 것을 말한다”라고 정의하고 있음에 따라 해양시설이라는 표현을 사용하여 해양에 설치되는 다양한 시설 설비들을 통칭하고 있다. 해양환경관리법은 대부분의 구조물을 선박의 범위에 포함하고 있으나, 해사안전법과 동일하게 해양시설이라는 용어를 사용하고 있다. 선박 및 해상구조물에

대한 위해행위의 처벌 등에 관한 법률은 제2조에서 “해상구조물은 자원의 탐사·개발, 해양과학조사, 그 밖의 경제적 목적 등을 위하여 해양법에 관한 국제연합 협약에 따른 대륙붕에 항상 고착된 인공섬, 시설 또는 구조물을 말한다”로 정의하고 있으나, 이는 고정된 구조물에 대한 제한된 정의로 모든 시설 설비를 통칭하기에는 적절하지 않다. 또한 석유광상보안규칙 및 해저광물자원 개발법의 제2조에 따르면 “해양생산시설은 해양에서 석유를 생산하기 위한 해상의 시추 또는 생산설비를 비롯한 공작물의 총체를 말한다”와 같이 해양생산시설이라는 단어를 석유 생산 설비에 국한하여 사용하고 있다. 이와 같은 국내법을 검토해보면 해양 관련 시설 및 설비, 구조물 등을 통칭하기 위한 상위개념은 ‘해양시설’이라는 단어를 사용하는 것이 가장 적합하다고 판단된다.

2) 국외 사례 검토

해양 분야 대표적인 선급의 사례를 검토해 보면, DNV-GL은 2016년 새로운 체계 개편을 통하여 해양시설을 ‘Offshore Unit’으로 통칭하고, DNV-GL-RU-OU 규정을 통하여 그 하위분류를 정의하고 있다(DNV-GL, 2016). 그리고 ‘Offshore Installation’(이하 해양설치물)과 ‘Mobile Offshore Unit’(이하 이동식 해양시설)을 분리하여 언급하고 있는데, 다음의 용어 정의와 같이 한 장소에서 고정적으로 사용될 목적으로 건조될 경우 ‘Offshore Installation’로 정하고, 특정 장소에 고정되지 않고 이동이 가능할 경우는 ‘Mobile Offshore Unit’(이하 이동식 해양시설)이라고 통칭하고 있다. ABS는 분류체계가 명시화 되어 있지 않으나, 광의적인 관점에서 ‘Offshore Installation’을 사용하고 해면에 위치하는 구조물만을 이야기할 경우 ‘Offshore Structure’(이하 해양 구조물)로 지칭하고 있다(ABS, 2016). LR은 ‘Offshore Unit’을 선급규정상의 일반 선박에 적용되는 형식을 제외한 종류의 구조물로서 연안국의 영해 내에서 석유 및 가스의 시추, 생산, 저장, 거주, 기타 다양한 형태

의 지원기능을 포함한 총체의 업무를 할 수 있는 대상'으로 정의하고 그 하위에 분류를 나누고 있다(LR, 2016). 한국 선급은 '이동식 해양구조물 규칙', '고정식 해양구조물 규칙'의 용어 정의에서 'unit', 'tower', 'platform'의 용어를 혼용하여 사용하고 있으며 고정식 해양구조물은 주로 'platform'으로 지칭하고 있다. 국제시추회사협회(International Association of Drilling Contractors)는 다양한 형태의 이동식, 부유식 시추시설을 'Unit'으로 통칭하고 있다. 조선해양관련 거래 알선 및 투자, 통계, 상담 및 연구 지원 등을 수행하는 영국의 클락슨(Clarkson)은 해양시설을 MODU(Mobile Offshore Drilling Units)와 MOPU(Mobile Offshore Production Units)로 양분하고 있다(Clarksons Research, 2015). 이와 같은 내용을 종합해볼 때, 해양시설을 통칭하는 국제적 표현으로는 'Offshore Units'가 가장 일반적으로 사용되고 있다고 판단된다. 한글로 직역하기가 원활하지는 않지만 'Unit'라는 단어가 특정 기능을 가진 장치, 설비, 시설 등의 구성단위로 번역할 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅲ. 해양시설에 대한 분류체계의 검토

1. 해외 선급 분류

1) DNV-GL 선급

DNV-GL은 해양시설(Offshore Unit)을 규정 DNVGL-RU-OU에서 그 용도에 따라 해양 시추 및 지원 시설(Offshore drilling and support units), 부유식 생산 저장 및 선적 시설(Floating production, storage and loading units), 부유식 LNG/LPG 생산, 저장 및 선적 시설(Floating LNG/LPG production, storage and loading units)로 구분하고 있으며, 해양 표준(DNVGL-OS) 하위에 해양 강철 구조물 설계(Design of offshore steel structures), 해양 선박 구조 설계(Structural design

of offshore ships), 기동 안정식 시설 구조 설계(Structural design of column stabilized units), 승강식 시설 구조 설계(Structural design of self-elevating units), TLP 구조설계(Structural design of TLPs), 심흘수 부유시설 구조설계(Structural design of deep draught floating units), 시추 공장(Drilling plant), 원유 및 가스 처리 시스템(Oil and gas processing systems) 등을 통하여 세부 구조물 및 설비들을 규정하고 있다.

2) LR 선급

LR은 해양시설 규정집(Rules for Offshore Units)에서 하위 항목으로 시추시설(Drilling Unit), 생산 및 저장 시설(Production and Storage Units), 거주 및 지원 시설(Accommodation and Support Units), 시추 플랜트 설비(Drilling Plant Facility), 프로세스 플랜트 설비(Process Plant Facility), 구조 설계(Structural Design), 구조 시설 유형(Structural Unit Types) 등을 두고 있다(LR, 2016). 구조 시설 유형 하위에서는 다시 칼럼 안정식 시설(Column-stabilized Units), 해저면 안정식 시설(Seabed-stabilized Units), 승강식 시설(Self-elevating Units), 인장각 시설(Tension-leg Units), 심흘수 케이슨 시설(Deep draught Caisson Units) 등으로 세분하고 있다.

3) ABS 선급

ABS는 상위 분류체계를 가지고 있지 않고, 해저시스템, 시추, 부유식 생산, 해양구조물 등을 별도의 규정집에서 각각 규정하고 있다. 예컨대, 해양구조물은 해양구조물의 피로평가, 해양구조물의 좌굴 및 극한강도평가 등에서 규정하고 있으며, 상부 설비는 해양설치물 상부 설비(Facilities on offshore installation)에서 규정하고 있다(ABS, 2016).

2. 국내 분류 및 문제점

국내에서 해양시설을 분류하는 가장 보편적인 방식은 지지 형태에 따라 고정식, 유연식, 부유식

등으로 나누고 있다(Kim, 2008; The Society of Naval Architects of Korea, 2011; Kim & Jin, 2016). 고정식은 다시 잠수식(혹은 고정식 자켓), 중력식(Gravity-based structure)으로, 유연식은 유연탑(Compliant Tower), 인장각 플랫폼(Tension Leg Platform), 원주형 플랫폼(SPAR) 등으로 형태에 따라 분류하고 있다(The Society of Naval Architects of Korea, 2011). 부유식의 경우 세분류한 형태를 보면 반잠수식 리그(semi-submersible rig), 시추선(drillship), FSO(floating storage and offloading vessel), FPS(floating production system), FPSO(Floating Production Storage and Offloading vessel), FSRU(Floating Storage Regasification Unit) 등과 같이 형태가 아닌 용도에 대한 분류를 하고 있으며, 그 용도 역시 혼재되어 있다. 엄밀히 말하면 반잠수식 구조물은 시추용 생산용 모두 사용할 수 있는 구조물이며, 시추선은 시추를 위해서만 사용되는 선박이다. 그리고 FSO, FPSO 등은 생산을 위해서만 사용되는 부유식 구조물이다. 그 외 용도에 따라 시추용과 생산용으로 구분한 뒤 다시 설치 형태에 따라 고정식, 부유식으로 분류하거나(Kim, 2013), 용도와 형태에 따라 별개로 구분하는 경우도 있다(Kim et al., 2013). 또한 조선소는 주력 상품을 기준으로 반잠수식, 시추선, 고정식, FPSO 등으로 분류하는 경우도 있다(Lee & Chang, 2012). 따라서 이러한 분류는 통일화된 체계가 아니며 특히 부유식 구조물을 분류하는 방식이 제품을 나열하는 형태와 유사함을 확인할 수 있다.

국내 분류에서 관찰되는 또 다른 특징은 해양 플랜트와 해저시스템을 별개로 나누어 분류하는 경우가 많다는 점이다. 해양플랜트의 개념을 해양 원유 및 가스 생산 시설로 보면 해저시스템은 해양플랜트의 하위 개념이 되어야 함에도 불구하고 동등한 별개의 수준으로 분류한 경우가 많다. 이러한 인식 역시 한국의 조선소들이 해양 산업에 참여할 때 해상구조물과 상부 설비는 일괄 수주할 수 있었으나, 해저 시스템은 별도의 해외

업체(Technip, Cameron 등)가 수주하여 진행하였기 때문에 해저 시스템을 별도의 제품으로 인식했기 때문이라고 유추 해석된다.

즉, DNV-GL이나 LR과 같은 해외 선급은 기존 분류체계의 문제점을 인식하고 2016년을 전후로 해양 시설을 목적 및 용도에 따른 대분류를 먼저 규정하고 그 하위에 구체적인 구조 및 설비를 분류하는 방식으로 체계를 새롭게 정비하고 있다. 그러나 국내의 경우 용도가 아닌 구조물의 지지 방식에 따른 분류가 여전히 고착되어 있으며, 용도에 따른 분류를 하고자 하는 경우에도 체계적인 분류가 아닌 제품을 나열하는 방식에 그치고 있어서 혼란을 가중시키고 있다.

IV. 합리적인 분류 체계의 제안

1. 분류 체계의 기준

이 논문은 앞서 언급한 용어 정의 및 분류 체계의 고찰에 따라 ①국제적이고, 보편적으로 사용되는 영문단어에 부합하는 용어를 사용하여, ②현재 산업에서 사용하고 있는 기술적 분류체계와 조화될 수 있고, ③현존 개념 뿐만 아니라 향후 미래에 등장할 수 있는 해양시설의 개념을 포함할 수 있는 분류체계를 제시하고자 한다. 이를 위하여 주목적에 따른 대분류, 세부목적에 따른 중분류, 설치 방법에 따른 소분류로 구분하였다. 분류 목적에 따라 4, 5단계 이상의 분류도 가능하다. 단계적 복잡성에 비하여 얻는 실익이 적다고 판단하였다.

2. 대·중·소 분류

<Table 1>은 제안된 분류체계를 요약하여 나타내고 있다. 대분류는 시설의 주용도에 따라서 1) 해양 유가스 생산공급 시설, 2)해양 광물자원 채굴시설, 3)해양 신재생 에너지 공급 시설, 4)해양 발전 시설, 5)해양 공간이용 시설, 6)해양 지원시설로 분류하였다. 대분류만으로는 목적을 명확히

<Table 1> The Category for offshore facility

| Big | Middle | Small | Remark |
|--|---------------------|--|--------|
| 1) Offshore Oil and Gas Unit | | | |
| 1.1) Offshore Drilling Unit | | | |
| | 1.1.1) Installation | Fixed : Jacket/GBS/CT Floating : TLP/SPAR | |
| | 1.1.2) MODU | Jack-up/Semi/Drillship | |
| 1.2) Offshore Production Unit | | | |
| | 1.2.1) Installation | Fixed : Jacket/GBS/CT Floating : TLP/SPAR | |
| | 1.2.2) MOPU | Semi/FPSO/FLNG | |
| | 1.2.3) Standalone | Subsea System | |
| 1.3) Offshore Supply Unit | | | |
| | 1.3.1) Installation | | |
| | 1.3.2) MOPU | RV/FSRU | |
| | 1.3.3) Standalone | Subsea System | |
| 2) Offshore Mineral Mining Unit | | | |
| 2.1) Manganese Nodule Mining Unit | | | |
| 2.2) Cobalt Rich Crust Mining Unit | | | |
| 2.3) Hydrothermal Deposits Mining Unit | | | |
| 2.4) Gas Hydrates Mining Unit | | | |
| 2.5) Other Continental Mining Unit | | | |
| 3) Offshore Renewable Energy Supply Unit | | | |
| 3.1) Wave Power 3.2) Tidal Power | | | |
| 3.3) Current Power | | | |
| 3.4) Ocean Thermal Energy Conversion | | | |
| 3.5) Salinity Gradient Energy | | | |
| 3.6) Offshore Wind Power | | | |
| | 3.6.1) Installation | Fixed/Float | |
| | 3.6.2) Mobile | | |
| 4) Offshore Power Plant Unit | | | |
| 4.1) Offshore Coal-based Plant | | | |
| | 4.1.1) Installation | Fixed/Float | |
| | 4.1.2) Mobile | Power-supply ship | |
| 4.2) Offshore Nuclear Power Plant | | | |
| | 4.2.1) Installation | Fixed/Float | |
| | 4.2.2) Mobile | Power-supply ship | |
| 5) Offshore Support Unit(Vessel) | | | |
| 5.1) Seismic Wave Exploration Unit | | | |
| 5.2) Subsea Pipe Installation Unit | | | |
| 5.3) Platform Support Unit | | | |
| 5.4) Mooring & Tug Support Unit | | | |
| 5.5) Construction Support Unit | | | |
| 5.6) Diving Support Unit | | | |
| 5.7) Research & Repair Support Unit | | | |
| 5.8) ROV Support Unit | | | |
| 6) Offshore Space Utilization Unit | | | |
| 6.1) Surface Space Utilization Unit | | | |
| | 6.1.1) Installation | Floatel | |
| | 6.1.2) Mobile | Mobile Base | |
| 6.2) Subsea Space Utilization Unit | | | |
| | 6.2.1) Installation | subsea electric cable | |
| | 6.2.2) Mobile | | |
| 6.3) Undersea Space Utilization Unit | | | |

하는 것이 어렵다고 판단하여 증분류는 세부용도나 수단에 따라 재분류하였다. 유가스 생산공급 시설을 시추, 생산, 공급을 위한 시설로 증분류하고 기타 해양광물자원 채굴 시설은 망간단괴, 열수광상 등 생산 대상 자원 종류에 따라 구분하였다. 해양 신재생 에너지 생산/공급 시설은 풍력, 파력 등 에너지 회수 수단에 따라 구별하였고, 해양 발전 시설은 원자력과 화력으로 구별하였다. 해양 지원 시설은 지진과 탐사, 배관설치, 플랫폼 공급, 계류예인, 건설지원, 잠수지원, 조사수리, ROV지원 시설 등으로 분류하고, 해양 공간 이용 시설은 이용하려는 공간적 차이에 따라 해상과 해저로 구별하였다.

소분류의 경우, 형태적 분류를 적용하되 DNV-GL의 용어 정의를 원용하여 설치식(Offshore Installation)과 이동식(Mobile Offshore Units)으로 분류하였다. 설치식의 경우 부유식, 비부유식을 포함하여 고정된 위치에서 해체될 때까지 운용될 것을 목적으로 하는 구조물을 의미하며, 이동식은 반드시 특정 위치에 설치될 필요없이 태풍과 같은 외부적 상황변화에 따라 심각한 설계 변경, 해체 없이 위치 변경이 가능한 구조물을 의미한다. 설치식은 다시 고정식 설치물(Fixed Offshore Installation or Platform)과 부유식 설치물(Floating Offshore Installation or Platform)로 세분류가 가능하며 자켓(Jacket), 중력형구조물(GBS), 유연탑(Compliant Tower) 등은 고정식 설치물로, TLP, SPAR 등은 부유식 설치물로 볼 수 있다. FPSO 등은 LR분류에 따르면 부유식 설치물(Floating Offshore Installation)로 볼 수 있으나, 시추시설에 적용한 개념과 동일하게 생산 후 장소를 변경하여 사용이 가능하므로 이동식으로 분류하는 것으로 제안하였다. 추가적으로 해양구조물이 없이 해저 시스템만으로 구성된 경우를 분류하기 위하여 해저단독식을 추가하였다.

1) 대분류의 종류 및 정의

① 해양 유가스 생산/공급시설 (Offshore Oil and

Gas Unit)은 해양에서 원유 및 가스를 생산 또는 공급하기 위한 시설을 통칭한다. 통상 사용되는 협의의 해양플랜트 혹은 해양플랫폼에 해당되는 개념이다.

②해양 광물자원 채굴 시설 (Offshore Minerals Mining Unit)은 원유 및 가스를 제외한 다른 광물 자원을 채굴하기 위한 시설을 말한다. 통상 기타 광물자원 채굴 시설은 선박에 채굴을 위한 설비가 설치되는 형태이므로 선박으로 분류될 수 있으나, 주목적을 고려하면 본 분류에도 중복으로 해당될 수 있다. 그리고 향후 선박이 아닌 형태의 시설로 개조될 수 있으므로 분류 체계를 신설하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 소분류에 대해서는 동일하게 설치식과 이동식을 적용할 수 있으나 현재는 대부분이 이동식(선박)이며 설치식으로 구분될 수 있는 설비가 드물다.

③해양 신재생에너지 공급 시설 (Offshore Renewable Energy Supply Unit)은 신재생에너지를 이용하여 전기와 같은 에너지를 공급하는 시설을 말한다. 유가스 생산시설과 동일하게 시설이 설치되는 구조물의 성격에 따라 설치식과 이동식으로 구분할 수도 있겠으나, 시설의 특성에 따라 획일화된 분류가 문제가 있을 수 있다고 판단되어 구체적인 소분류는 명시하지 않고, 중분류의 하위에 설명을 제시하였다.

④해양 화력 발전 시설(Offshore Power Plant)은 신재생에너지가 아닌 방식으로 전기와 같은 에너지를 공급하는 시설을 말한다. 소분류에 대해서는 동일하게 설치식과 이동식을 적용할 수 있다.

⑤해양 지원 시설은 해양 지원 선박(offshore support vessel)과 같이 해양 원유 및 가스 개발을 위한 다양한 지원 기능을 수행하는 시설을 말한다. 현재는 대부분 선박의 형태이므로 해양시설로 볼 수 있는지에 대해서 이견이 있을 수 있으나, 주목적이 해양 산업을 지원하기 위한 것이므로 시추선과 같은 개념으로 중복되어 포함될 수 있다고 보았다. 소분류에 대해서는 동일하게 설치식과 이동식을 적용할 수 있으나 현재는 대부

분이 이동식(선박)이므로 생략하였다.

⑥해양 공간 이용 시설은 앞서 분류에 포함되지 않은, 해양 공간 이용 자체를 주목적으로 하는 시설을 통칭한다. 본 분류에 적절한 영문 명칭은 추가적인 고찰이 필요하다. 또한 간척사업이나 인공섬과 같이 해양 공간을 이용하는 시설이지만, 건설방식이 건축자재를 해저면부터 수직으로 쌓아올리는 토목공사를 기반으로 수행되는 경우 이를 조선해양 산업에서 다루는 해양시설로 포함하는 것이 적절한지 논의가 필요하다. 이 논문에서는 이와 같은 토목 시설은 분류에서 배제하였다. 그 외 “해양건축물”의 경우 건축물은 일반적으로 인공적 작업에 의해 바닥에 세워진 벽, 지붕이 있는 주거, 창고, 공장, 기타 거주개념에서 만들어진 일체의 조형물을 지칭하므로 해양 공간 이용 시설의 일부로 시설 상부나 내부에 건축된 호텔, 리조트, 레스토랑 등의 건축물을 구별하여 지칭하는 것이 타당하다고 판단하였다.

2) 중분류의 종류 및 정의

①해양 시추 시설(Offshore Drilling Unit)는 해양에서 원유 및 가스전을 시추하기 위한 시설을 통칭한다.

②해양 (유가스) 생산 시설(Offshore (Oil and Gas) Production Unit)는 해양에서 원유 및 가스를 생산하기 위한 시설을 통칭한다.

③해양 (유가스) 공급 시설(Offshore (Oil and Gas) Supply Unit)는 해양에서 원유 및 가스를 공급하기 위한 시설을 통칭한다. 이 때 공급 시설이 의미하는 것은 유정에서 생산되는 저류층 유체로부터 원유, 천연가스를 생산하는 것이 아니라 원유 및 천연가스, 액화천연가스를 중간단계 혹은 소비처에 공급하는 시설을 의미한다.

④망간단괴 채굴 시설은 수심 4000-6000m의 해저 평원에 지름 2~6cm정도의 덩어리로 존재하는 망간단괴를 채굴하는 시설을 의미한다.

⑤열수광상 채굴 시설은 수심 1500-3000m의 해령 개구축에서 발견되는 열수광상 채굴 시설을

의미한다.

⑥가스 하이드레이트(gas hydrate) 채굴 시설은 해저의 고압 저온 상태에서 물과 가스가 결합하여 고체상을 형성한 가스 하이드레이트를 채굴하는 시설을 의미한다.

⑦기타 대륙붕 광물자원 채굴 시설은 모래, 자갈, 유황, 사광(placer deposit) 등 대륙붕에서 광물 자원을 채굴하는 시설을 의미한다.

⑧ 파력은 파랑이 가지는 위치/운동에너지를 이용하는 에너지 공급 시설을 의미한다. 현 단계에서는 특정 해역의 파랑에 적합하도록 설계되어야 하므로 기본적으로 설치식이며 이동식으로 분류가 어렵다고 보이나 향후 이동식 개념이 추가될 수 있다고 보았다. 저수조나 방파제등을 이용하여 파랑과의 상호 작용에 의한 수면 상승효과로 해수를 유통시켜 운동 에너지로 변화시키는 경우는 고정식으로, 파랑에 의해 상하 및 회전운동을 하는 부유체, 부유체 내의 공기실을 이용하는 진동수주형 등의 부유식으로 분류할 수 있다.

⑨조력은 조석 간만의 차에 따라 해수의 위치 에너지를 이용하는 에너지 공급 시설이며, 일반적으로 댐을 이용한 설치식이 보편적이다.

⑩해류 및 조류는 대양해류와 조류의 운동에너지를 이용하는 에너지 공급 시설을 의미한다.

⑪온도차는 바다의 표층수와 심층수가 가진 온도차를 이용, 매개유체로 열에너지를 회수하는 에너지 공급시설이다.

⑫염도차는 바닷물과 민물의 농도차로 생기는 삼투압을 이용하거나, 이온을 선택적으로 투과하는 투과막을 이용하여 역전기투석(Reverse Electrodialysis) 방식으로 에너지를 공급하는 시설이다 (H.K.Kang et al., 2013).

⑬해양풍력은 해양 바람에너지를 이용하는 에너지 공급시설로서 유가스 생산 시설과 동일하게 설치식과 이동식으로 구별할 수 있다. 설치식은 파일이나 자켓을 이용하는 고정식과 TLP 등을 부유식으로 분류하는 것이 가능하다. 향후 선박형 풍력시스템 등이 도입되면 이동식으로 분류가

가능할 것으로 보았다.

⑭해양 원자력 발전 시설은 해양에서 원자력을 이용하여 발전하는 시설을 통칭하고 유가스 생산 시설과 동일하게 발전시설이 설치되는 구조물의 성격에 따라 설치식과 이동식으로 구분할 수 있으며, 설치식은 다시 고정식과 부유식으로 나눌 수 있다고 보았다. 중국이 남중국해에 2020년을 목표로 개발 중인 해상원자력 발전선을 제외하고, 선박형 이동식 원자력 발전시설은 없는 상태이다.

⑮해양 화력 발전 시설은 해양에서 석탄, 석유, 가스 등의 화석연료를 이용하여 발전하는 시설. 유가스 생산시설과 동일하게 발전시설이 설치되는 구조물의 성격에 따라 설치식과 이동식으로 구분할 수 있으며, 설치식은 다시 고정식과 부유식으로 나눌 수 있다고 보았다. 터키의 카라데니즈 발전선(Karadeniz Powerships)과 같이 중유(HFO)나 가스를 이용한 발전 시설을 이동식으로 분류하는 것이 가능하다.

⑯지진과 탐사시설은 해저 저류층을 탐사하기 위한 설비이다.

⑰배관설치시설은 해저 배관 설치를 위한 설비이다.

⑱플랫폼 공급 시설은 해양시설에 연료 등 필요한 물자를 공급하는 시설이다.

⑲계류예인시설은 해양시설 계류를 위하여 계류선 및 닻 등 설치 지원하는 시설이다.

⑳건설지원시설은 해양시설 건설을 지원하기 위한 각종 시설이다.

㉑잠수지원시설은 해양시설의 유지보수 등을 목적으로 잠수부 및 잠수 관련 설비를 지원하는 시설이다.

㉒조사수리시설은 해양시설의 유지보수 등을 목적으로 해양 설비의 조사 및 수리를 지원하는 시설이다.

㉓ROV지원시설은 해양시설의 유지보수 등을 목적으로 원격 조정 설비 (Remote Operating Vehicle, ROV) 등을 운용지원하는 시설이다.

㉔ 해상 공간 이용 시설은 해상공간을 이용하기 위한 시설이다.

㉕ 해저 공간 이용 시설은 해저 저장기지와 같이 해저 공간을 이용하기 위한 시설이다.

㉖ 해양지중공간 이용 시설은 CO₂ 지중저장 시설 등이 해당되고, 해당 시설이 EOR(Enhanced Oil Recovery)을 적용하여 CO₂주입으로 원유 생산을 촉진하는 시설인 경우 전술한 OPU(해양 유가스 생산 시설)로 분류하는 것이 적절하겠으나, 순수하게 CO₂ 저장만을 목적으로 하는 경우 등 해양지중공간만을 활용하는 시설 개념이 등장하고 있으므로 이를 분류하기 위하여 추가하였다.

3) 소분류의 종류 및 정의

① 설치식(Offshore Installation)은 특정 위치에 설치되어 해체될 때까지 위치 변경없이 운용될 것을 목적으로 설치된 구조물 상부에 시추나 생산을 위한 설비가 설치되는 시설을 의미한다. 이를 다시 자켓, GBS, 유연탑 등과 같은 고정식 설치물과 TLP, SPAR와 같이 부유식 설치물로 구분할 수 있다.

② 이동식(Mobile Offshore Unit : MOU)은 반드시 특정 지점에 설치되어 운용될 것을 목적으로 하지 않고, 심각한 설계 변경이나 해체 없이 위치가 변경 가능한 구조물 상부에 시추나 생산 설비가 설치되는 시설이다. 잭업 리그처럼 자력 추진 또는 예인시에는 부유식이나 목적지에서는 다리(leg)를 연착하여 고정식으로 이용 가능한 가변형 시설을 포함한다. 시추선은 항해가 가능하므로 선박으로 정의하는 것이 적절하나, 주목적은 시추에 있으므로 이동식 해양 시추 시설에도 중복하여 포함될 수 있는 것으로 간주하였다. 이미 반잠수식 구조물 등 자항력이 없는 해양구조물이라도 예인선 등에 의하여 끌리거나 밀려가는 경우에는 피예인선으로서 부선의 지위에 있으므로 선박으로 보아야 한다는 법적해석이 존재(Kim & Jin, 2016)하므로 선박과 해양시설의 중복 해당 자체는 문제가 되지 않는다고 판단하였다.

③ 해저단독식(Standalone Subsea System)은 해양구조물 없이 해저시스템만으로 원유 및 가스를 생산하는 시설이다.

V. 결론

현재 국내에서 사용되고 있는 ‘해양플랜트’라는 단어는 좁게는 해양 유가스 생산/공급시설만을 의미하며 넓게는 해양에 관련된 다수의 구조물을 포함하고 있다. 그러나 ‘해양플랜트’라는 단어의 형성과정이나 사용례를 검토해 보았을 때 중의성과 모호성을 배제하기 어렵고, 기술적 측면에서도 당사자간의 협의가 필요한 상황이다.

본 논문은 모호한 용어와 분류체계가 적용되고 있는 해양시설에 대하여 다음과 같은 기준을 적용하여 분류하였다. 첫째, 국제적으로 사용되는 영문단어와 부합하는 용어를 사용하여야 한다. 둘째, 현존 개념에 대해 산업에서 사용하고 있는 기술적 분류체계와 조화되어야 한다. 셋째, 향후 미래에 등장할 수 있는 해양시설의 개념을 포함할 수 있는 일관된 분류체계가 제시되어야 한다. 이를 위하여 학술자료 및 기술자료 검토를 통하여 적절한 한글 및 영문 용어로 ‘해양시설(Offshore Units)’을 도출하고, 대분류(주목적), 중분류(세부목적) 및 소분류(설치형태)로 구성된 3단계의 분류체계를 제시하였다.

이 논문에서 제시한 분류체계가 완전하다고는 할 수 없으나, 이러한 분류 체계를 구성하는 시도를 통하여 현존하는 해양시설에 대한 일관된 분류체계를 세우는 논의가 가속화 될 것으로 본다. 이러한 분류체계를 통하여 ‘해양시설’이라는 용어가 기존 해양 유가스 생산/공급시설과 해양 광물자원 채굴 시설, 해양 신재생 에너지 공급 시설, 해양 발전 시설, 해양 지원 시설 및 해양 공간 이용 시설을 조화롭게 포괄할 수 있는 새로운 용어로 정의되길 기대한다.

References

- ABS(2016). Rules & Guides. Available at: <http://ww2.eagle.org/en/rules-and-resources/rules-and-guides/archives.html> [Accessed 1 Nov 2016].
- Alarcon, R.(1999). Recruitment processes among foreign-born engineers and scientists in Silicon Valley. *American Behavioral Scientist*, 42(9), 1381~1397.
- Arnold, H. Gall, W. & Morris, G.(1966). Feasibility of offshore dual-purpose nuclear power and desalination plants, *Nuclear Engineering and Design*, 4(3), 311~321.
- Atherton, S. H.(1989). International Moral Obligations: An Integrated Approach. *Georgetown Immigration Law Journal*, 3, 19~44.
- Backhaus, H. W.(1980). Offshore Natural Gas-How To Convey It to Potential Markets? *European Offshore Technology Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers*. 255~264.
- Bowers, H. & Wichner, R(1969). Transmission costs versus near-load siting costs for inland regions deficient in cooling water. *Nuclear energy costs and economic development*, 709~722.
- Brooke, M. Z. & Buckley, P. J. (1988). *Foreign Investment. Handbook of International Trade*, Springer, 203~254.
- Clarksons Research(2015). Vietnam: Getting Deeper Into Offshore? Available at: <https://clarksonresearch.wordpress.com/tag/offshore-fuels/page/2/> [Accessed 1 Nov 2016].
- Craven, J. · Gopalakrishnan, C. & Swatzburg, I. (1975). Some economic and engineering considerations for floating, coal-fired 100mw power plant. *OCEAN 75 Conference*, 272~279.
- DNV-GL(2016). DNV GL rules for classification: Offshore units (RU-OU). Available at: [https://rules.dnvgl.com/ServiceDocuments/dnvg1/#!/industry/1/ Maritime/8/DNV%20GL%20rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20\(RU-OU\)](https://rules.dnvgl.com/ServiceDocuments/dnvg1/#!/industry/1/ Maritime/8/DNV%20GL%20rules%20for%20classification:%20Offshore%20units%20(RU-OU)) [Accessed 1 Nov 2016].
- Ferdows, K.(1997). Making the most of foreign factories. *Harvard business review*, 75, 73~91.
- Garga, P.(1999). Britannia Topsides: A Safe and Productive North Sea Facility at Lowest Cost. *Offshore Technology Conference*, 1~9.
- Gaudiosi, G.(1994). Offshore wind energy in the Mediterranean and other European seas. *Renewable energy*, 5(1), 675~691.
- Goodman, M.(1979). A Solution To The Economical Utilisation Of Associated Gas By Conversion To Methanol On Barge Mounted Plants. *Offshore Technology Conference*, 2435~2443.
- Gower-Jones, A. · van der Graaf, G. & Milne, D.(1996). Application of Hazard and Effects Management Tools and links to the HSE Case. *SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference*, 727~737.
- Griffiths, G. W.(1994). to pipeline-transient control. *Oil and Gas Journal*, 92(2), 52~56.
- Grimmer, P.(1999). GTL: Perspectives of an Oil Company as a Technology Developer. *Offshore Technology Conference*, 1~6.
- Hagerman, G. · Zickefoose, B. & Heller, T.(1989). Wave energy resource and technology assessment for coastal North Carolina. *Energy Conversion Engineering Conference, 1989. IECEC-89., Proceedings of the 24th Intersociety*, 755~760.
- Hammond, R. P. & Okrent, D.(1974). Deepwater siting of floating nuclear power plants. *Annals of Nuclear Science and Engineering*, 1(2), 129~130.
- Haun, O. · Hansen, H. · Nylund, J. & Hafnor, O.(1979). Safety aspects related to hydrocarbon production and processing offshore plants. *Offshore Technology Conference*, 2535~2546.
- Hollyer, R. S. & Helleman, L.(1977). Offshore Chemical Processing Of Associated Natural Gas: Acase Study Of Methanol Production At The Offshore Well. *Offshore Technology Conference*, 255~264.
- Hong, S. · Kang, W. · Kim, Y. · Kim, J. · Chang, G. · Kim, T. · Lee, H. & Choi, Y.(2010). Strategy for Securing Principle Technologies of Offshore Energy/Resource Plants. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(2), 26~35.
- Jeong, S. K.(1998). Modeling of Sequential Control System in a Device of Removing Pan Using by Petri Nets. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 12(4), 83~91.
- Jin, H. H. & Lee, C. H.(2015). A Study of

- Legislation for The Offshore Support Business Revitalization - Focusing on the amendment of Maritime Transport Act. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 21(4), 428~436.
- Joyce, P. Withers, T. & Hickling, P.(1998). Application of genetic algorithms to optimum offshore plant design. *Safety and Reliability*, 18(3), 6~12.
- Jung, H.(2008). OECD Statistical Classification System for ICT and Revision for ICT Statistical Classification System in Korea. *Korean Telecommunications Policy*, 20(21).
- Kang, H. K. · Kim, Y. T. & Lee, Y. H.(2013). The State and Development on the Technology of Power Generation by Salinity Gradient. *KOSME Webzine*, 37(3), 29~35.
- Kennett, A. J. · Limb, D. I. & Czarnecki, B.(1981). Offshore Liquefaction of Associated Gas-a suitable process for the North Sea. *Offshore Technology Conference*, 31~39.
- Kim, D. J.(2013). Offshore Plant Industry. *Journal of the Korean Society for Power System Engineering*, 17(3), 12~16.
- Kim, J. K. & Jin, H. H.(2016). A Legal Study on the Ship's Nature of Offshore Plant. *Maritime Law Review*, 28, 119~148.
- Kim, J.(2008). Type and Trend of Offshore Plants. *The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, 37(10), 4~13.
- Kim, W. · Woo, N. S. · Park, J. · Kim, H. · Kang, D. H. · Park, I.-S. · Kim, Y.-J. · Joo, Y. & Lee, H.-Y.(2014). Marine Survey for Designing and Installing Offshore Oil-Gas Plant. *Geophysics and Geophysical Exploration*, 17(1), 34~44.
- Kim, Y. · Woo, N. S. · Park, J. & Kim, S.(2013). Offshore Technology Development Trend. *Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers*, 53(10).
- Klepper, O. H. & Anderson, T. D.(1974). Siting considerations for future offshore nuclear energy stations. *Nuclear Technology*, 22(2), 160~169.
- Lamb, I. M. & Taylor, W. R.(1961). *An Indispensable Manual of Tropical Marine Botany*, Rhodora, 63, 57~60.
- Langeland, K. & Wilhelmsen, K.(1993). A study of the costs and energy requirement for carbon dioxide disposal. *Energy Conversion and Management*, 34(9), 807~814.
- Larsson, A.-K.(1994). The environmental impact from an offshore plant. *Wind Engineering*, 18(5), 213~218.
- Lee, J. B. & Chang, S. R.(2012). Measurement of Severity of Hazards and Investment in Occupational Safety & Health According to Ship Types Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of the Korean Society of Safety*, 27(1), 105~110.
- Lennard, D.(1987). Ocean thermal energy conversion: past progress and future prospects. *IEE Proceedings A-Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education-Reviews*, 134(5), 381~391.
- LR(2016). Rules for Offshore Units in Oil and Gas. Available at: <http://www.lr.org/en/services/rules.aspx> [Accessed 1 Nov 2016].
- Malik, A. U. · Andijani, I. N. & Siddiqi, N. A.(1992). Corrosion behavior of some conventional and high alloy stainless steels in gulf seawater. *Technical Report No. SWCC RDC-20. 732~759*.
- Mody, A. & Wheeler, D.(1990). *Competitive Advantage in the Information Age*. Springer.
- Moss, T. & Andrews, J.(1996). Reliability assessment of mechanical systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 210(3), 205~216.
- Noakes, J. E. · Harding, J. L. · Spaulding, J. E. & Hill, J. E.(1974). Radioactive Monitoring of Offshore Nuclear Power Stations. *Offshore Technology Conference*, 501~503.
- Patten, T.(1985). The First Twenty Years of Oil and Gas Development Offshore UK—An Engineer Reflects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 199(3), 151~176.
- Rothwell, G. & Yumori, I.(1975). Feasibility of offshore coal-fired electrical power generation. *OCEAN 75 Conference*, 731~735.
- Sassen, S.(1989). America's Immigration Problem. *World Policy Journal*, 6(4), 811~832.
- Scarpace, F. & Green, T.(1973). Dynamic surface

- temperature structure of thermal plumes. *Water Resources Research*, 9(1), 138~153.
- Solemslie, K. & Bradley, T(1988). Design And Commissioning Of The Gullfaks Gas Compression System. *Offshore Technology Conference*, 307~314. The Society of Naval Architects of Korea(2011). *Introduction to Naval Architecture and Ocean Engineering*, GS Intersivision.
- Walls, M. A.(1993). Federalism and Offshore Oil Leasing Resources. *Nat. Resources J.*, 33, 777~778.
- White, M. F.(1989). *Vibration Measuring Techniques*. Industrial Lubrication and Tribology, 41(1), 6~11.
- Yang, Y. T. & Kim, J. G.(1997). A study on the integrated data modeling for the plant design management system and the plant design system using relational database. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 11(3), 200~211.
-
- Received : 21 February, 2017
 - Revised : 27 March, 2017
 - Accepted : 06 April, 2017