



중국 셰일가스 개발 문제점과 지원정책 분석

이채영 · 윤준일 · 이 홍 · 이영수* · †신창훈

한국가스공사 연구개발원 자원기술연구센터, *전북대학교 자원·에너지공학과
(2015년 2월 10일 접수, 2015년 4월 22일 수정, 2015년 4월 23일 채택)

Investigation on Supporting Policies and Problems of Shale Gas Development in China

Chaeyoung Lee · Junil Yoon · Hong Lee · Youngsoo Lee* · †Changhoon Shin

R&D Division, Korea Gas Corporation, Ansan 426-790, Korea

*Dept. of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University, Jeonju
561-756, Korea

(Received February 10, 2015; Revised April 22, 2015; Accepted April 23, 2015)

요약

세계 최대 셰일가스 부존국가인 중국은 자국 국영기업을 중심으로 셰일가스 자원의 개발과 기술 확보에 많은 노력을 기울이고 있다. 중국의 셰일산업은 정부의 적극적인 지원과 기술적인 측면에서의 빠른 성장세를 감안할 때 향후 발전 가능성은 높은 것으로 보이나, 복잡한 지질구조와 상대적으로 심부에 위치한 셰일지층의 특성과 수자원, 인프라 부족 등과 같은 문제점으로 인해 단기적인 발전은 어렵다는 분석도 동시에 있다. 중국은 우리와의 지정학적으로 밀접한 관계는 물론 셰일가스 산업이 아직 초기단계에 있어, 최근 국내에서도 관련기업들을 중심으로 관심이 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는, 중국 셰일자원 개발산업과 유관산업의 현황과 문제점 및 중국 정부를 중심으로 한 해결 노력과 지원정책 등을 조사, 분석하여 우리기업들이 중국 셰일산업의 미래를 조망하는데 도움을 주고자 하였다. 나아가 향후 중국 셰일산업의 발전에 따른 영향과 우리의 대처, 협력 및 참여 방안 수립에 참고가 되고자 하였다. 결과적으로, 본 연구에서는 중국의 셰일가스 개발을 위한 다양한 문제점을 검토하고, 중국정부의 정책적 지원, 국영기업의 독자적 기술 확보에 대한 노력과 해외기업과의 협력 추진 및 해외자산 인수 등 다양한 분야의 활동을 조사, 분석하여 제시하였다.

Abstract - China holding the world largest shale resources, has been trying to develop their domestic shale gas fields mainly with its NOCs. Chinese shale industry looks likely to have high potential to grow in the future, considering the eager support of Chinese government and the rapid development of relevant technologies by NOCs. However, there are opposite opinions as well that Chinese shale gas could not play a positive short-term results because of the complexity of structural geology, inadequacy of water resources and related infrastructure. Recently, Korean companies began to be interested in Chinese shale gas industry, because of the special relationships with Korean industries in terms of geographic proximity and better opportunities due to the early phase of shale gas business in China. In this study, it was tried to help those companies looking out of future Chinese shale gas industry that surveying current status and problems of Chinese shale gas industry and relevant industries and investigating some trials and policies driven by China government. As a result, the various and long-term problems in Chinese shale development were reviewed and the active supports and policies of Chinese government, NOC's trials for establishments of their independent technologies and the cooperation with foreign companies or M&As were also investigated.

Key words : china shale gas, china shale development polices, china shale development problems

†Corresponding author: chshin@kogas.or.kr

Copyright © 2015 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

한국과 중국, 일본으로 구분되는 동북아 3국은 전 세계 천연가스 소비량의 75%를 차지하는 천연가스의 절대적 수요처이지만 중동지역으로 공급선이 집중된 탓에 가격 결정권이 공급자에 기울어있었다. 그러나 최근 미국 셰일가스의 상업적 생산이 본격화됨에 따라, 전 세계 천연가스 수급환경이 급변하고 있다. 셰일가스와 오일의 부각이 세계경제에 큰 영향을 미치는 이유로는 셰일자원의 부존량이 화석연료 중 최대라는 점과 전 세계 대부분의 지역에 골고루 분포하고 있다는 점이 대표적이다[1]. 특히, 중국은 셰일가스 세계 최대의 부존국가이고, 셰일오일은 세계 3위의 부존량을 가진 것으로 알려져 있어, 차세대 셰일자원 개발에서 가장 유력하게 주목을 받고 있는 지역이다[22]. 이와 같이, 동북아 3국 중 유일하게 셰일자원이 풍부하게 부존되어 있는 중국은 이미 자국의 셰일자원 개발과 관련 산업 육성과 기술개발을 위해 국가적 차원에서의 정책적, 제도적 지원 관련 계획을 적극적으로 추진하고 있는 것으로 알려져 있다.

기본적으로 중국의 셰일산업은 세계 최대수준의 자원량과 중국정부의 적극적이고 체계적인 지원, 향후 중국 내 천연가스의 수요증가 가능성 및 국영기업을 중심으로 한 기술적인 면에서의 빠른 성장세를 감안할 때 향후 발전 가능성은 상당히 높은 것으로 추정된다. 그러나 기술적 어려움이나 인프라 구축 및 수자원 확보 등에 요구되는 시간이나 비용 역시 크고, 아직은 기초적인 수준에 있는 부분들이 많아 단기적인 성과를 기대하기에는 다양한 부정적인 측면과 도전적 요소가 있는 것도 사실이다. 즉, 아직 초기 단계인 중국 셰일산업은 수자원 부족, 환경문제, 관련 인프라 부족 및 개발기술 확보의 어려움과 같은 다양한 문제에 직면하고 있다. 실제, 중국의 복잡한 지질구조와 상대적으로 심부에 매장된 셰일지층의 특성으로 인해, 북미 셰일가스 개발에 비해서는 상대적으로 많은 시간과 비용이 소요될 것으로 보여 단기적인 발전은 어렵다는 분석도 나오고 있는 것이 사실이다.

반면에, 장기적 관점에서, 복잡한 지질학적 특성을 중심으로 한 개발비용과 시간문제에 어려움을 겪던 중국이 자국 환경에 적합한 독자적인 신기술을 확보한다면 중국 셰일산업의 발전 속도는 매우 가속화 될 가능성도 상당하다. 일례로, 현재 중국은 CNPC, Sinopec, CNOOC 등의 국영기업을 중심으로 관련 합작사업 추진, 기술개발 등을 활발히 추진하고 있으며, 그 대표적인 성과로 2012년에는 충칭지

역 푸링(Fuling) 광구에서 가체자원량 107 Bcm을 확인함으로써 북미지역 이외에서 최초의 셰일가스 상업개발을 달성하였다. 이를 본격적으로 확대하여 생산목표량을 2015년 연간 5 Bcm, 2017년까지 10 Bcm까지 확대하겠다는 계획을 발표한 바 있다[4].

궁극적으로 중국은 2020년 생산목표를 현재 미국 생산량의 약 10 ~ 20% 수준인 약 30~65 Bcm으로 설정하고 관련 계획을 추진 중에 있다. 이에 따라, 2020년 이후에는 중국이 셰일가스의 본격적인 상업 생산을 시작할 것이라는 긍정적인 전망도 나오는 가운데, 최근 우리기업들도 중국의 셰일가스 산업에 많은 관심을 보이기 시작했다. 이는 중국의 풍부한 자원량 등의 유망성에 부가하여, 우리와는 지리적으로 가까우며, 셰일가스 및 천연가스 산업이 아직 초기단계에 있어, 향후 우리기업들이 진출할 수 있는 다양한 기회가 있을 수 있다는 판단 때문이다. 그러나 중국의 셰일산업 발전은 이러한 기회나 이득의 측면에 앞서, 위협적인 측면이 공존하는 것이 사실이다. 즉, 중국의 셰일산업 발전은 기본적으로 중국의 에너지안보와 경쟁력 강화에 큰 역할을 할 것이고, 유관산업, 천연가스 배관, 운송, 전력 등 사회전반의 인프라 구축과 기간산업 경쟁력 제고로 연계될 수 있어, 중국과 협력 및 경쟁관계에 있는 우리의 입지에는 불리한 점 또한 상당한 것으로 보인다.

결과적으로, 중국 셰일산업의 향방에 대한 우리의 면밀한 관심과 대처가 필요하고, 이보다 더욱 절실한 것은 중국 셰일산업의 발전에 따른 이득을 우리가 어떻게 협력을 통해 공유할 수 있느냐 하는 전략적 부분과, 중국 산업경쟁력 강화가 미칠 우리기업에의 부정적 요소를 어떻게 슬기롭게 극복할 것인가에 대한 정부, 기업 및 유관기관 별 대응전략의 수립이라는 부분이다. 다시 말해, 중국 셰일산업의 발전 가능성과 문제점에 대한 분석을 통해, 중국 셰일개발이 우리에게 미칠 영향을 검토하고, 이를 긍정적인 측면으로 발전시킬 수 있는 방안을 모색하는 것이 매우 절실한 상황이다. 이에 본 연구에서는 중국 셰일자원 개발 및 관련 산업의 현황, 문제점과 해결과제 및 중국 정부를 중심으로 한 해결 노력과 지원정책 등을 조사, 분석하여 우리기업들이 중국 셰일산업의 미래를 조망하는데 도움을 주고자 하며, 나아가 지정학적, 경제적으로 밀접한 우리의 대처, 협력 및 참여 방안 수립에 기여하고자 하였다.

II. 셰일가스 개발의 문제점과 고려사항

중국의 셰일가스 분지는 Fig. 1에 도시된 바와 같이 중국 중서부 지역을 제외한 전 지역에 분포하

고 있으며, 그중 자원량이 가장 큰 지역은 남부의 쓰촨(Sichuan) 분지와 서부의 타림(Tarim) 분지를 꼽을 수 있다. 특히, 쓰촨과 충칭(Chongqing) 지역은 중국 내 셰일가스 개발에 성공한 지역으로 크게 주목 받고 있는 것이 사실이나, 현재 중국의 모든 유망분지에서 셰일가스 개발이 상업성을 가지기에는 풀어야 될 당면 과제들이 많이 남아있는 것이 사실이다. 이에, 본 장에서는 중국의 셰일자원 개발에 문제로 여겨지고 있는 대표적인 인자들에 대하여 검토하여 보고자 한다.

이미 상업적 개발에 성공한 북미 셰일가스 산업을 간략히 살펴보면, 잘 갖춰진 도로, 천연가스 배관망, 설비 등의 관련 인프라 시설이 우수하고, 현재 셰일자원의 개발에 핵심적인 수압파쇄 공정을 위해 요구되는 수자원의 공급이 유리하다. 또한, 미국의 경우 주요 거점지역으로의 지리적 접근성과 상대적으로 셰일가스 지층이 천부의 얇은 심도에 부존하고 있어 지질학적 측면에서도 유리한 점들이 많다[19].

반면 중국의 경우, 대표적인 셰일지층의 자극을 위해 요구되는 수압파쇄공법을 시행하기에는 상대적으로 수자원이 부족한 지역이 많고, 심지어 일부 분지는 사막지역에 위치하고 있다. 다른 지역의 경우에도, 일부 분지는 산악지역에 위치하여 셰일자원 개발을 위한 장비의 접근이나 설치의 어려움은 물론, 주요 도시와의 지리적 접근성, 도로망, 수자원 및 천연가스 배관망, 관련 설비의 조달 등 유관 인프라가 턱없이 불리한 지역이 상당하다. 더욱이 근원암 형성의 측면에서 중국 셰일지층들은 호성, 육성, 해성기원으로 유기물 함량 및 파쇄성능 등과 관련된 지질학적 특성을 달리하며, 지층의 지질구조학적 복잡성도 연관되어 있다. 또한 오래 전에 형성되어 상대적으로 깊은 심도에서 나타나 시추와 완결

등 개발공정에 많은 비용과 시간이 소요될 수 있다. 이렇듯 중국의 셰일분지는 다양한 공통적 문제점과 지질학적 특성 등에 기인한 지역별로 다른 문제들이 복합되어 있어서, 각 지역이 가지는 특성과 복합적 요소를 모두 고려해야 할 필요가 있다.

2.1. 수자원 부족 및 환경오염

이미 언급한 바와 같이, 현재 미국을 중심으로 셰일지층의 개발에 주로 사용되고 있는 지층자극 기술은 물을 활용한 수압파쇄공법이다[18]. 이는 막대한 수자원을 대용량 초고압의 펌프를 통해 치밀한 지층에 주입함으로써, 셰일지층에 균열을 생성시켜 유동성을 개선하여 근원암 셰일지층에 함유되어 있는 천연가스와 오일을 생산하는 방법이다. 일반적으로, 수압파쇄법은 시추공당 대략 400만 갤런의 수자원이 사용되기에 이는 가용 수자원이 풍부한 지역에 적합한 방법이다.

수자원 측면에서 중국의 수자원량은 2.8 Tcm으로 세계 4위의 수자원을 보유하고 있는 수자원 대국이다. 언뜻 이러한 수치는 중국 셰일개발을 위한 수압파쇄공법 적용과 이를 위한 용수공급에 문제가 없을 것으로 보이지만, 중국에서의 수압파쇄 공법에 부정적인 요인은 다른 점에 기인한다. 즉, 중국이 세계 4위의 수자원 부국임에도 불구하고, 국민 1인당 가용 수자원량은 아래 Fig. 2에 제시된 도표에서 보듯이 세계 평균의 1/4에 불과한 수준이다.

이에 따라, 대량의 수자원을 요구하는 수압파쇄공법을 중국 셰일분지에 광범위하게 장기간 적용하기엔 현실적인 제약과 한계가 큰 것이 사실이다. 이에, 현재 중국의 가용 수자원량 부족을 초래하는 대표적인 문제점들을 조사하고 개선을 위해 요구되는 사항을 다음에 요약하였다.



Fig. 1. China's shale gas/oil distribution[21].

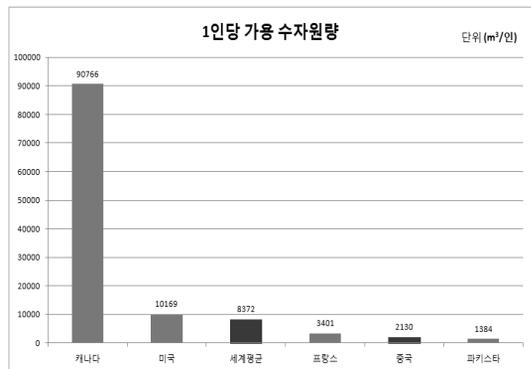


Fig. 2. The useable water resource amount per head [13, 16, 26].

가스 플레이가 많이 발달한 반면, 중국 세일은 해성 환경, 해성-육상 전이환경, 육상 환경 등 다양한 기원의 세일가스 플레이가 존재한다. 중국 분지 내에서 해성 환경의 세일은 주로 양쯔 플랫폼(Yangtze platform)과 타림 분지, 북중국 지괴와 쓰촨 분지의 고생대 지층에 분포하며, 해성-육상 전이환경의 세일은 북쪽지역, 북중국 지괴와 쓰촨 분지의 중생대와 신생대 초 지층에 분포하는 것으로 조사되었다. 육상 환경은 대부분 호성 환경으로 준가일 분지(Junggar basin), 투하 분지(Tuha basin), 오르도스 분지(Ordos basin), 송라오 분지(Songliao basin), 보하이만 분지(Bohai Bay basin)의 중생대와 신생대 지층에 분포한다. 이러한 퇴적환경의 차이는 유기물이 풍부한 세일의 공간적 분포뿐 아니라 암상, 층서, 광물조성, 유기물 유형 등에도 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 중국 세일자원의 개발을 위해서는 이러한 세일저류층의 퇴적환경 해석이 개발에 필수적인 요소로 고려되어야 한다.

다음으로 북미 지질과는 다르게 중국 세일자원 부존 지역은 복잡한 지구조운동에 따른 다양한 특성이 확인된다. 유라시아판 내에 위치하는 중국대륙은 세계적으로 가장 복잡한 지구조 지역 중 하나이다. 지구역사 상 여러 번의 지구조 운동은 대륙 내에 습곡 및 단층을 복합적으로 형성시켰으며 이로 말미암아 소분지 및 플랫폼 형성에 영향을 주었다. 특히 팔레오세 이후 인도판이 유라시아판 아래로 섭입하면서 히말라야 산맥과 함께 티베트지역에 대규모 단층 및 습곡대를 형성하였다(Fig. 4). 이는 대륙 내 기존

단층들을 재활성화시키며, 강한 변형작용이 발생하여 점토광물의 조성변화 및 균열/단층 등 지질구조가 발달하게 되고, 지역적으로 열적성숙도가 다양하게 확인된다. 뿐만 아니라 지구조 운동의 영향으로 유기물이 많은 세일층을 침식시키고, 불균질성의 특징도 발생시켰다[7]. 이러한 복잡한 지질구조로 인하여 중국의 세일가스 매장지는 미국 지질여건에 맞춰진 현 기술을 적용하기엔 한계가 있다. 또한 중국 세일가스 매장층이 지하 4~6 km에 위치하여 미국(평균 2~3 km)보다 깊기 때문에 중국 지질여건에 적합한 자원평가 기술방법의 도입과 모니터링, 탐사 개발 등의 기술표준 및 규범 마련이 필요한 것으로 사료된다[29].

2.3. 인프라 및 개발기술 부족

중국은 세일가스 및 수자원 운송을 위한 인프라(상/중/하수도, 천연가스 배관망, 접근 도로, 처리시설 등)와 천연가스의 공급을 위한 인프라(천연가스 배관망, 공급기지, 주요도시 기반시설, 수송거리 등) 모두가 상당히 부족한 상태이며 이를 구축하기 위해서는 많은 자본과 시간이 요구될 것으로 보인다. 이미 중국정부는 관련 인프라 구축이 우선적으로 요구되는 중국 북부지역을 중심으로 중앙아시아와 연계하는 서북 파이프라인, 러시아와 연계하는 동북 파이프라인 등 체계적인 인프라 확충을 진행 중에 있다. 그러나 그 밖의 상/중/하수도망이나 수처리 설비 등의 문제는 물론 중국의 지역적, 사회적 특성을 복합적으로 고려하여야 할 부분이 많아 단기적인 개선이나 성과를 기대하기에는 어려운 부분이 많은 것도 사실이다.

이와 같은 세일자원 개발 및 천연가스 공급 인프라 부족에 더하여, 중국의 세일개발 비용은 복잡한 지질구조와 깊은 매장심도 등으로 인해 미국 등 북미지역에 비해 훨씬 많은 비용이 소요되는 것으로 알려져 있다. 실제로, 미국 Arkansas Fayetteville의 세일가스정 1공당 개발비용은 약 230만 달러인데 비해, 중국 쓰촨 지역의 세일가스정 개발비용은 약 1,400만 달러가 소요된다[25]. 중국의 상황과 유사하게 상대적으로 깊은 심도에서의 개발된 캐나다 일부 광구에서는, 공당 약 1,000~2,000만 달러의 개발비용이 소요되는 경우도 있어, 단순한 산술적인 비교만으로 판단하기에는 다소 무리가 있을 수 있으나, 중국 세일개발에 있어서 개발비용의 절감은 주요한 이슈로 대두되어 있다. 이에, 중국 정부는 쓰촨에서의 개발비용을 800만 달러로 낮추는 것을 목표로 기술개발을 진행 중인 것으로 알려져 있다.

최근 중국에서 개최된 세일가스 관련 국제행사

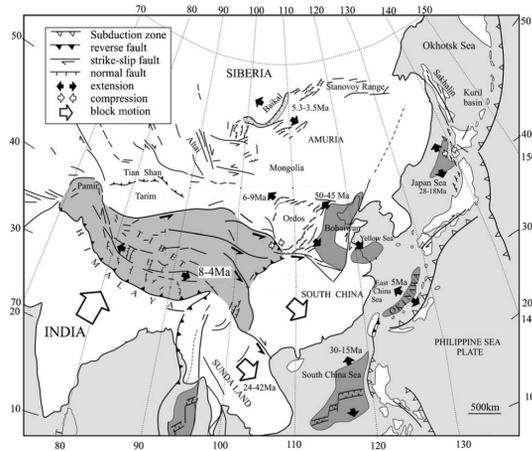


Fig. 4. Active tectonics of Asia surrounding China [20, 28].

[3,10]에서 CNPC 관계자는 이러한 기술개발, 단가 절감에 대한 노력을 사천분지를 중심으로 소개한 바 있다. 대표적으로 CNPC는 2011년 중국 최초의 셰일가스 개발을 위한 수직/수평시추를 진행하였으며, 이때 수직 2,838 m, 수평 1,079 m의 굴착에 성공하였다고 밝혔다. 실제 생산정 개발에 있어서는 시멘팅, 벤딩 등 다양한 문제가 발생하였고, 주입이수의 누수문제 또한 많이 발생하였다. 뿐만 아니라 2015년부터는 새로운 환경규제가 시행되어 이러한 문제가 더욱 확장될 것으로 우려하였다. 특히, 수평구간에서의 누수가 훨씬 심하며, 시추작업 자체도 좌굴문제나 시멘팅 품질 문제 및 케이싱 변형 등의 문제 해결은 상당히 도전적인 과제를 맡았다. 그러나 최근 셰일광구의 시추개발기간은 1~2개월 정도, 평균 공기가 2개월로서 기존보다는 많이 개선되었고, 이러한 점에 추가하여 향후 ① 지질/암석역학적 분석을 통한 평가 필요, ② 최적의 시추달성을 위한 케도설계, ③ 실제 시추작업에서의 시멘팅, 좌굴 등 운영문제 대처, 해결방안 도출, ④ 파쇄효율성, 최적화방안 등에 대한 연구와 기술개발의 필요성 및 확보의지를 피력하였다. 다른 한편으로는 중국의 셰일저류층 압력이 상당히 높아 생산측면에서는 유리할 수 있으나 시추적인 측면에서는 다수의 문제가 발생될 수 있어, 가스리프팅, 드릴비트 개발, 지오스티어링 기술 등에서 다양한 새로운 접근을 시도하는 등 해결에 대한 강한 의지를 보였다.

지질학적 측면에서는, 중국 셰일분지의 경우도 해성기원 분지가 TOC 등의 측면에서 육성기원에 비해 좋은 품질을 보였고, 지질학적 유망성 지표에서는 중국분지가 미국의 주요분지와 비교하여 결과가 나쁘지 않은 것으로 소개하였다. 다만, 현재 중국의 개발비용은 미국의 경우에 비해 여전히 약 3~4배 높은 편으로, 최적의 지상설계 및 개발지역 선정, 비용절감방안, 전문기업, 지역적 특성에 맞는 개발계획 수립과 개발 지표의 표준화가 필요하고 비용절감, 최적 개발설계를 위한 기술력 확보가 관건이라는 점을 다시 한번 강조하였다. 결과적으로, 현재까지의 중국 셰일개발 기술은 초기 기술적 분석과 평가가 부족한 채 바로 개발로 진입함에 따른 실패와 여러 부작용을 경험하였으며, 향후 보다 체계적이고 단계적인 접근과 기술개발에 적극적이고 많은 투자가 필요한 것으로 보인다. 특히, 신기술 개발과 비용절감을 위해서는 미국 등 선진기업에서 적용한 기술의 도입 및 확보가 필요하며, 개발 계획수립 및 현장운영 등에서 표준화된 절차와 매뉴얼 등과 같은 체계수립과 중국지질학적 특성과 환경문제와 수자원 공급 등에 대한 여러 가지 부가적인 문제를 복합적으

로 고려해야 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

III. 셰일가스 개발관련 정책 및 지원

2013년 10월 22일, 중국 에너지국은 '셰일가스 산업정책'을 발표하고, 셰일가스 개발을 국가 전략적 신흥 산업에 편입한다고 밝혔다. 셰일가스 산업정책의 주요내용에는 산업관리 및 기술과 시범구역 건설, 시작 및 운송, 에너지 절약 및 환경보호와 관련된 내용이 제시되어 있다. 이를 통해 중국 정부는 지질, 탐사 및 시추 작업이 가능한 설비, 장비를 갖추고 이와 관련된 전문 인력 양성과 기술 교육을 적극 장려하며, 시장 다원화를 통한 셰일가스 시장을 확대하고자 시도하고 있다. 또한 자연보호구역 및 식수용 수자원 보호구역 등 셰일가스 탐사개발 활동제한 지역을 지정하여, 환경적 영향을 최소화하고자 하는 의지를 피력하였다. 산업정책적 측면에서는 셰일개발 보조금 지원이나 셰일가스 개발기술 장려 및 관련 장비류의 관세 면제 등 다양한 지원정책도 제시하고 있다. 관련된 내용은 Table 1에 정리하였다.

최근 중국 에너지국은 '2014년 에너지 업무 지도의견'에서 1차 에너지 소비 중 천연가스의 비중을 2015년까지 8%로 확대한다는 목표와 더불어, 셰일가스 등 비전통 천연가스의 개발을 확대할 계획이라고 밝혔다[12]. 또한, 2014년 자국 내 천연가스 생산량을 131 Bcm으로 확대하고, 그 중 셰일가스와 CBM의 생산규모를 각각 1.5 Bcm와 18 Bcm으로 계획하고 있다. 또한 민간기업의 셰일가스 분야 진입을 확대하기 위한 제도적 지원과 보완을 진행 중에 있다. 과거, 석유와 가스는 중국 내 4개의 국영석유기업에 한하여 개발이 가능하였던 한계점을 극복하기 위해, 2011년 말 중국 국무원은 셰일가스를 단독 광물로 분류, 구분하였고, 2012년 6월 에너지국은 민간자본의 에너지 분야와 석유가스 탐사 개발 분야에 투자를 장려하는 등의 활동을 보인다[8].

이와 같은 정책적, 제도적 지원과 같은 거시적 관점에서의 노력에 부가하여, 앞 장에서 검토된 각 세부주체에 대한 별도의 지원정책이나 노력이 진행되고 있으며, 본 장에서는 각 세부요소별 지원 및 추진 동향에 대하여 조사, 분석하였다.

3.1. 환경 및 수자원 보호

중국 정부는 자국의 환경보호를 전제로, 셰일가스 개발 사업의 발전을 도모하고 있다. 특히 수압파쇄와 관련하여 수자원 확보와 관련된 여러 법안을 제시하고 있다. 기본적으로, 2002년에 개정된 중국의 수자원 관련 법안에 따르면, 수자원의 사용은 도

Table 1. The industrial policy for the shale gas in China [14]

정책 주요 내용	산업관리 및 산업기술 정책	<ol style="list-style-type: none"> ① 지질, 탐사 및 시추작업이 가능한 설비, 장비를 갖추고 전문 인력을 양성 ② 셰일가스 채굴에 부합하는 세계기술 표준을 갖추고 불가능할 시 천연가스 기술표준으로 대체 ③ 산학 연구기관을 동원해 신기술 개발 ④ 국가에너지 셰일가스 연구와 실험센터, 기타 연구개발 플랫폼 설립 ⑤ 국가 셰일가스 전문가 양성을 강화하고 다방면의 기술 교육을 장려
	시범구역 건설	<ol style="list-style-type: none"> ① 셰일가스 탐사개발 시범구역 건설 장려, 선정기준은 규모와 대표성 ② 시범구역은 탐사개발 기업이 연합해 건설 ③ 셰일가스 시범구역이 선정되면 우선 지역이 돼 다른 셰일가스 매장지 개발의 선형사례로 지정 ④ 셰일가스 시범구역 시스템은 일체화 관리 공정 지향, 자원의 고효율 생산 우선
	시장 및 운송	<ol style="list-style-type: none"> ① 셰일가스 시장 확대를 위해 개발기업, 유통기업 및 도시가스 영업기업 등 시장의 다원화 장려 ② 셰일가스의 소비활성화를 위해 한시적으로 생산가와 소비가를 일치 ③ 거래규약을 만들어 공급, 운수, 소비 3자 관계를 원만하게 형성 ④ 도시가스로 활용 가능하므로 현재 사용하는 도시가스 파이프망에서 공급
	에너지 절약 및 환경보호	<ol style="list-style-type: none"> ① 국가 표준 효율방식, 국가 고효율 상품 인증방식에 따라 가스절약과 고효율 에너지 개발을 목적으로 진행 ② 탐사개발 시 환경보호를 원칙, 시추과정에서 필요 이상의 시추 금지 ③ 수자원 절약, 식수사업, 공사폐기물을 환경영향에 최소화하는 방향으로 처리 ④ 시추시 발생하는 지하수와 수압 파쇄 시 사용된 수자원은 모두 재활용. 여기서 발생하는 오폐수는 사전에 환경영향평가를 받고 방류 ⑤ 고체폐기물은 환경영향 평가에서 지정한 양만큼 권장 처리 방법으로 폐기 ⑥ 자연보호구역, 명승고적지, 식수용 수자원 보호구역, 재해발생가능지역 등에서 셰일가스 탐사개발 활동 불가
지원 정책	재정지원	<ol style="list-style-type: none"> ① 셰일가스 개발 사업을 국가 전략적 신흥 산업에 편입, 개발에 필요한 자금 확대 ② 셰일가스 개발 및 이용 보조정책 관련 통지에 의거해 지방재정의 여건에 따라 셰일가스 개발 업체에 보조금을 직접 지원하도록 장려
	과세우대	<ol style="list-style-type: none"> ① 정책에 따라 광산자원보상비, 광권 비용, 연구실시지원세, 증치세, 소득세 공제 ② 셰일가스 개발에 한해 외국기술, 장비류의 관세 면제
	기술지원	<ol style="list-style-type: none"> ① 셰일가스 개발 성공 및 이용률, 효율성을 높이기 위한 해외 선진기술 도입 장려 ② 셰일가스 분석검측기술, 수평시추기술, 가스정 수평프레스기술, 마이크로진동 검측기술 등 해외 핵심기술을 중국에서 수입하기 쉬운 환경 마련

시와 농촌 거주자들의 생활과 관련된 수요가 우선되며 농업, 산업 분야의 수요는 그 이후에 고려되어야 한다고 명시적으로 선언되어 있다.

또한, 자연보호 구역이나 식수용 수자원 보호 구역에 셰일가스 개발활동을 제한하는 등 환경보호에 우선적인 염두를 두고 있다. 즉, 정부는 개발지역 주변에서 생활하는 주민들의 식수확보와 환경적인 면에서의 수자원 관련 요구 사항을 모두 충족하는 대응책을 마련한 후, 셰일가스 개발에 필요한 수자원을 확보하는 것을 중시하겠다고 대원칙을 천명하고 있다.

중국정부의 수자원 확보정책으로는 '제12차 5개년 계획'에서 '중수' 활용과 관련된 구체적인 정책을 제시한 것이 대표적인 것으로 조사되었다. 심각한 물 부족을 겪고 있는 도시로 알려진 베이징, 텐진,

칭다오의 경우, 이미 500 km 이상의 중수관이 설치되어 있으며 기존 중수관의 확장과 새로운 중수 공급관 설치를 병행할 계획을 밝힌 바 있다. 라오닝은 오염물질 배출량 감소를 위해 900곳 이상의 오수처리시설을 건설하고, 하루 오수처리량을 1 MMcm까지 끌어올릴 계획을 추진 중이다. 하지만 넓은 범위로 물을 공급해주는 지선 관망과 중수 관망과 같은 인프라 부족으로 중수가 필요한 곳까지의 공급이 어려운 것이 현실이고, 현재 상수도 요금에는 오수 재활용을 위한 처리비용이 포함되어 있지 않아, 중수 처리 비용을 해당 기업이 부담해야 한다는 갈등요인이 존재하고 있다. 뿐만 아니라, 중수도가 미치지 않는 곳까지는 트럭 등의 운송수단으로 직접 운반을 해야 하므로 운송비가 추가적으로 부담될 수 있어, 중수생산은 적자를 면하기 어려운 실정이다.

따라서 중국정부가 중점적으로 추진하고 있는 중수시장이 발전하고, 이러한 계획이 현실적인 성과로 나타나기 위해서는 중수 사용이 가능한 기반기능 제공, 중수 사용의 장려와 관련된 법률과 정책의 뒷받침과 중수 배분의 적절성 등 갈등을 유발할 수 있는 관련 문제점에 대한 선제적 해결노력이 필요한 것으로 보인다. 그러나 이러한 중국 정부의 정책적 지원이나 의지에도 불구하고, 중국의 상/중/하수도망의 정비에 막대한 투자와 상당한 시간이 요구될 것으로 보이며, 이는 중국 세일산업 발전에 있어서 장기적인 제약을 가하는 주요한 요인이 될 것으로 보인다. 여기서 우리기업이나 정부의 경우, 중국의 상/중/하수도망과 같은 기간산업, 환경오염 저감사업 및 도시인프라 구축 사업 등에 협력방안이나 세일개발, 천연가스 산업과 연계한 공동사업 참여 등에 관심과 노력도 필요한 것으로 사료된다.

3.2. 기반 시설 및 인프라 개선

중국의 노후화된 천연가스 관련 기반시설은 오랫동안 중국의 천연가스의 보급, 이용과 개발을 제한해 온 주요한 요인이다. 중국은 아직까지 전력망, 천연가스 배관망 등의 국가 에너지망의 구축이 불완전하여, 중국 전역에서의 지역 간 분배 작업을 진행하지 못하고 있다. 이를 해결하기 위해, 중국은 제12차 5개년 계획('11-'15) 기간 동안 44,000 km에 달하는 천연가스 파이프라인 구축을 진행 중이다. Fig. 5는 중국에서 구축을 진행 중인 천연가스 배관망을 포함한 전체 천연가스망을 도시한 그림이다. 여기서, 중국 정부는 특별히 많은 세일가스 자원량이 보고된 쓰촨 지역과 타림 지역을 중심으로 파이프라인을 구축해 나가는 계획을 가지고 있다. 이때, 타림지역은



Fig. 5. Natural gas infrastructure in China [17].

북경, 상해 등 동부 해안가에 위치한 주요 소비 도시와의 먼 거리 때문에 파이프라인 구축작업은 상당히 오랜 시간이 소요될 것으로 예상된다.

중국은 한국과 비슷한 기후조건 덕분으로, 여름보다 겨울철에 난방으로 인해 천연가스 수요가 크게 증가하며, 하루 평균 50 MMcm 이상을 소비하는 것으로 조사되었다. 이러한 계절별 수요의 차이를 해결하는 일반적인 방법은 하절기에 천연가스를 저장탱크나 고갈대수층 등에 비축하고, 이를 겨울철에 다시 공급하는 것이다. 그러나 중국은 천연가스를 저장할 수 있는 비축지지가 매우 부족하여, 2012년 기준, 천연가스를 저장할 수 있는 용량은 전체 천연가스 소비량의 약 1.7%에 불과한 것으로 알려져 있다. 이에, 중국 정부는 2015년까지 천연가스 소비량의 약 9%인 22 Bcm을 저장할 수 있도록 개발 진행 중이다[24].

3.3. 국제협력 확대 및 가격 정책

앞 장에서 검토된 중국의 복잡하고 상대적으로 열악한 지질학적 조건을 극복할 수 있는 개발 기술의 확보와 발전은 중국 세일산업 발전의 가장 주요한 선제조건이다. 현재 중국의 세일가스 개발기술은 CNPC, Sinopec 등의 중국 국영기업과 Shell, Exxon, BP 등의 세계 메이저 세일가스 개발사들과의 공동 투자 사업 및 공동연구 등으로 기본적인 기술력은 확보된 상태로 보인다. 그러나 개발단가 및 경쟁력의 측면에서, 중국의 복잡하고 열악한 지질구조에 미국 등 북미지역의 지질학적 특성에 최적화되어 개발된 현재의 기술을 그대로 적용하기엔 한계가 있다는 분석이 더 힘을 얻고 있다. 이에 중국은 독자적인 기술력과 인프라를 확보하기 위해서 국영석유기업 뿐만 아니라 민간기업 및 외국 기업과의 투자 및 공동연구를 더욱 활성화하고자 다각적인 노력과 지원책을 제시하고 있다. 아울러 높은 초기 투자비용이 중국 세일가스 개발의 커다란 걸림돌로, 이를 해결하기 위한 가격 정책 수정을 실시할 필요가 있다. 본절에서는 이러한 두 가지 측면에서의 중국 세일산업과 관련된 정책과 지원동향을 조사, 분석하였다.

3.3.1. 국제협력 확대

중국은 2001년 WTO에 가입하면서 2002년에 수법(중화인민공화국수법)을 개정하고, 외국인 투자와 사업 참여를 허용하기 시작하였다. 중화인민공화국 국가발전개혁위원회(NDRC)와 상무부에서는 해외 투자자들의 산업 관련 규정안(2011 개정)을 발표하였고, 2012년 1월 30일부터 본격적으로 관련 정책을 시행하였다[15]. 이후 중국 세일가스 시장은 국내,

외국 자본가 및 계약 합작 투자사에게 개방되었으며, 셰일가스를 비롯한 비전통 천연가스 자원의 탐사와 관련하여 중국정부의 지원을 받을 수 있게 되었다.

실제, 중국은 지난 2012년 10월에 시행된 셰일가스 제2차 광구 입찰에서, 이미 자국 민간기업의 참여를 허용한 바 있으며, 2015년 상반기에 진행될 예정인 제3차 셰일광구 입찰에서는 민간기업은 물론 외국기업의 셰일가스 분야 투자를 허용할 방침이라고 전해졌다. 또한, 이전까지 중국기업과 합자 또는 합작 형태로만 참여가 허용되어왔던 외국기업에 대해서, 향후에는 입찰에 직접참여를 허용할지에 대해 검토 중인 것으로 알려져 있다[12]. 그 외 셰일가스 개발 산업과 관련하여 환경보호 산업을 외국인 산업 투자지도목록의 장려 산업으로 포함하여, 12차 5개년 기간의 전략적 신흥 산업에 외국인 투자를 유치하는 계획을 밝혔다. 이렇게 중국은 셰일가스 개발 산업의 빠른 성장을 위해 해외 기업의 투자와 협약을 개방·장려하고 있으나 아직은 관련된 직접적인 권한이나 해외투자자들을 위한 별도의 인센티브 등의 제도는 아직 구축되지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 여전히 중국 시장에 참여하려는 많은 해외 기업들은 엄격한 산업 규정에 따른 어려움에 직면하고 있다는 점도 유념할 필요가 있다[15].

결과적으로, 중국정부의 이러한 정책적 동향은 앞서도 간략히 언급한 바와 같이, 중국 셰일개발 및 유관산업의 진출을 모색 중인 우리기업이나 정부의 입장에서, 주요한 창구로서 활용될 수 있어 유념하여 볼 부분으로 생각되며, 우리정부와 기업의 공조 아래, 중국시장 진출을 위한 장기적인 포석을 기반으로 단기적으로 중국과의 공식적인 협력에 보다 큰 관심과 노력이 필요한 것으로 생각된다.

3.3.2. 가격 정책

다른 측면에서, 중국정부는 셰일가스와 같은 비전통 천연가스 개발을 제한하는 요인 중의 하나인 자국 내 천연가스 가격 개혁을 단행함으로써, 비전통 천연가스 개발 여건을 개선하는 방향으로 정책을 추진하고 있는 것으로 조사되었다[12]. 대표적으로 2011년에는 셰일가스, CBM 등 비전통 천연가스의 판매가격을 공급자와 구매자간 협상을 통해 결정토록 하는 제도를 도입하였으며, 2013년 7월에는 비주거용 가스 도매가격을 평균 15% 인상하는 등 가격 개혁을 단행하였다. 이와 같은 가격 개혁은 중국정부가 추구하는, 시장에 의한 가격 책정방식이라는 점에서 또 다른 의미가 있다.

중국의 천연가스 가격은 일반적으로 국제 시장

가격 아래 통제된다. 천연가스에 대한 투자를 더 강화하고, 가격 책정 시스템 및 시장변동에 따른 대응책의 투명성을 높이며, 수입된 가스나 다른 연료와의 시장 경쟁력을 높이기 위해 NDRC는 높은 가격의 국제 유가와 근접하게 가스 가격을 책정하는 새로운 시스템을 시행하였다. 2010년, NDRC는 중국 내 일부 도시의 산업 전력과 관련된 사용료를 올렸으며 2011년 말에는 중국의 남부 지방에서 천연가스 가격 개혁을 위한 파일럿 프로그램을 실시하였다. 이와 같은 정책은 2013년, 나머지 지역에도 적용되었으며, 산업분야 뿐만 아니라 주거 분야의 모든 소비자들에게도 평균 15%정도 가격을 상향 조정하였다. 책정된 천연가스 가격은 장려되는 천연가스 소비량과의 비율에 따라 점차적으로 낮춰지는 방향으로 나아갈 것으로 알려졌다.

그 외 셰일개발과 관련된 개발보조금과 부가세 문제에 관한 공고도 발표하였다. 2012년 11월 '셰일가스 개발 이용보조금 정책에 관한 통지'를 통해 앞으로 3년간 셰일가스 개발 기업에 보조금을 지급할 것이라고 밝혔다. 중앙정부의 보조금은 1 m³당 0.4 위안이며 지방정부도 적당한 수준의 보조금을 지급할 것이라고 조사되었다. 또한 셰일가스를 발전소 계통에 공급시 kWh당 0.2위안을 지급하며 그 외 세수, 가격, 광권 관리 등에 대하여 장려 정책을 수립할 예정으로 알려졌다. 그 밖에 중국 정부는 2013년 7월1일부터 석탄층 메탄가스, 셰일가스 분야에 대한 개발 및 생산성 노무에 17% 증치세율을 적용한다고 밝혔다[2].

결과적으로, 2012년 셰일가스 제 12차 5개년 발전 계획을 시발점으로 중국은 본격적인 자국 내 셰일가스 탐사와 개발을 추진하였고, 많은 해외 자산 매입에도 적극적인 자세를 취해 오고 있다. 나아가, 중국 정부는 셰일가스 개발을 활성화하기 위한 해외 투자자, 천연가스 가격, 환경 및 수자원과 관련된 법안을 수정, 보완하는 등 제도적 장치 마련에 꾸준히 노력해 오고 있으며, 궁극적으로 이러한 중국 정부의 적극적인 정책적 지원을 바탕으로 중국은 자국 셰일가스 산업에 제기된 다양한 문제점을 개선해 나갈 것으로 보인다. 다만, 본 연구의 조사에서 제시된 바와 같이 다양한 측면의 문제들이 존재하고 있고, 이의 해결이 단기적으로 달성되기에는 한계가 있어, 장기적인 관점에서 그 성과는 실현될 것으로 보인다.

V. 결 론

2014년 9월, 서울에서 열린 한중일 에너지 협력 컨퍼런스에서는 급증하는 천연가스의 수요에 대비

하여 천연가스 시장의 안정화와 수입국들 간의 협력 증진 필요성이 핵심적인 화두로 대두되었다. 특히, 한중일, 동북아 3국은 천연가스 주요 수요처지만 공급선이 한정된 탓에 유럽, 미국보다 높은 비용을 지불해야하는 이른바 ‘아시아 프리미엄’이 있었다. 하지만 최근 미국에서 셰일가스 생산이 본격화 되면서 천연가스 수급 환경이 급변하고 있고, 최근 이러한 동향은 셰일가스 산업의 미래로 일컬어지는 중국에 대한 관심으로 전환되고 있다.

현재, 중국의 셰일가스 산업은 세계 최대의 셰일 자원량과 기술적 측면에서 빠른 성장세 등에 근거한 낙관론과, 지질학적, 수자원/환경 문제나 인프라 문제 등에 편승한 비판론이 팽팽히 대치하고 있는 형국이다. 어떤 경우에도, 중국 셰일산업의 발전은 기본적으로 중국의 에너지안보와 경쟁력 강화에 큰 역할을 할 것이고, 유관산업, 천연가스, 배관, 운송, 전력 등 사회전반의 인프라 구축과 기간산업 경쟁력 제고로 연계될 수 있어, 지정학적, 경제적, 산업적 측면에서 중국과 밀접한 협력 및 경쟁관계에 있는 우리에게 상당한 영향과 시사점이 있을 수 있다. 이에 본 연구에서는 중국 셰일자원 개발 및 관련 산업의 현황, 문제점과 해결과제 및 중국 정부를 중심으로 한 해결 노력과 지원정책 등을 조사하였고, 관련된 과제와 향후 전망을 분석하여 제시하고자 하였다.

결론적으로, 중국의 셰일가스 개발은 수자원, 환경, 인프라 및 지질구조 등에 연관된 다양한 문제점을 가지고 있는 것이 사실인 것으로 조사되었다. 그럼에도 불구하고, 중국 정부는 셰일개발 산업육성을 위한 장기적이고 적극적인 정책적 지원을 추진하고 있으며, CNPC, Sinopec 등 주요 국영기업을 필두로 자국 내 셰일광구 개발사업을 통한 관련기술 개발과 CNOOC 등을 중심으로 한 해외자산 인수를 통한 기술개발 등의 노력이 이루어지고 있음을 확인하였다. 또한, 현재까지 중국정부의 정책적 지원과 의지는 확고하여, 향후 중국은 자국 셰일가스 산업에 제기된 다양한 문제점을 개선해 나갈 가능성은 큰 것으로 보인다. 다만, 제기된 문제가 다양하고 해결에 복잡한 과정이 요구되어, 이의 해결은 장기적인 관점에서 실현될 것으로 사료된다.

이러한 시점에, 우리기업들이 중국 셰일산업의 발전에 새로운 기회를 모색하고 동참하기 위한 노력과 정부차원에서의 이러한 부분의 지원을 위한 중국과의 협력방안 모색 및 향후 우리에게 미쳐질 영향에 대한 대처방안의 수립은 중요하다. 몇 가지 예상할 수 있는 상황으로는, 중국은 점차적으로 셰일가스 상업 생산단계에 돌입하면서, 천연가스 운송 및 저장을 위한 인프라 구축사업에 집중 투자할 것으로

보인다. 특히, 앞에서 살펴 본 바와 같이 수자원수송과 천연가스 배관망, 가스저장 시설과 같은 다양한 인프라 개선 노력이 이루어질 가능성이 상당하다. 또한, 현재 중국정부가 공식적으로 외국기업에 문호를 개방하고 있거나, 예정에 있는 영역은 개발기술을 바탕으로 한 셰일자원 개발 산업과 환경기술 산업 분야로, 이에 연관된 준비와 접근도 좋은 방안이 될 수 있을 것으로 보인다. 또 다른 측면에서, 현재 중국의 셰일가스 개발 기술력 성장 속도가 빠르기 때문에 셰일자원 개발과 직접적인 관련 분야 보다는, 유관분야의 중장비, 설비, 강관 등 재료, 전자, 화학 등의 서비스 분야에서 상대적 우위에 있는 기술을 바탕으로 중국 셰일개발 산업에서 선도적인 진출을 모색하는 것이 필요하다. 이는 이후 중국 셰일가스 개발산업이 본격화되었을 때, 해당 시장은 물론, 이와 연계된 산업분야에서 우리기업의 참여를 견인하는 주요한 역할을 할 것으로 생각되기 때문이다.

19세기 골드러시 당시, 수많은 나라에서 황금을 캐기 위해 몰려들었지만 가장 성공한 사람은 황금을 가장 많이 채굴한 자가 아닌, 청바지 사업가였다. 해당 시점과 주변상황, 특성을 정확하게 파악하고, 성과위주의 단기적 접근 보다는, 현재 중국에 진출해 있는 다른 석유 메이저 기업들과 같이 장기적 관점에서 지속적인 시도를 한다면 새로운 분야에서의 돌파구는 있기 마련이라 생각된다. 다시 말해, 중국의 자국자원개발에 대한 보수적인 입장을 고려하더라도, 우리나라 역시 중국 셰일가스 사업에 진입할 때 이와 같은 전략이 필요하다고 생각된다. 무엇보다 중국 정부와 기업들의 동향을 예의 주시하고, 적극적인 협력방안을 모색, 핵심을 파악하고 적절한 시점을 놓치지 않는 것이 중요하다고 생각된다.

REFERENCES

- [1] Ahn, Yoo-Hwa, "Shale gas development cases of China and implications for Korea", China's financial market focus, KCMI, (2012)
- [2] Global Energy Cooperation Center, "The trends of global shale gas development - the trends and prospects of shale gas in leading countries", Daily energy market trend report, MOFA, (2012)
- [3] Haige, W., *The present situation, problems and progress of shale oil and gas drilling technology*, 5th UGAS China 2014 & Global Shale Gas Technology Exhibition, Beijing, China, (2014)
- [4] Hua, J. and Aizhu, C., "Sinopec's Fuling verified

- as China's first large shale gas play", REUTERS, www.reuters.com, (2014)
- [5] Huilong, L., Ruichao, L., Cangyu, J., Chong, W., Maohong, W. and Jizhou, R., "China's new problems of food security revealed by the Food Equivalent Unit", *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, **1**(1), 67-76, (2014)
- [6] Jo, Dae-Hyun and Ming, J., "The problems of water resources in China and the prospect in the steel industry", *China Weekly, POSRI*, **18**, 1-14, (2004)
- [7] Ju, Y., Wang, G., Bu, H., Li, Q. and Yan, Z., "China organic-rich shale geologic features and special shale gas production issues", *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, **6**(3), 196-207, (2014)
- [8] Kim, Myung-Shin, "Development activity of shale gas in China", globalwindow, KOTRA, www.globalwindow.org, (2013)
- [9] Kim, Yoon-san, "The lack of water in China and The prospect of water resources IT" globalwindow, KOTRA, www.globalwindow.org, (2014)
- [10] Kun, X., "Latest development and enlightenment of china national shale gas demonstration blocks", 5th UGAS China 2014 & Global Shale Gas Technology Exhibition, Beijing, China, (2014)
- [11] Kwak, Sang-Soo, "Korea-China cooperation in research for combating desertification", *Science and Technology Policy, Science and Technology Policy Institute*, **22**(2), 65-73, (2012)
- [12] Lee, Hyun-Ju, "The current situation and implications of shale gas in China", World economy update, *KIEP*, **12**(11), 1-21, (2012)
- [13] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The master plan of water resources", www.molit.go.kr, (2011)
- [14] Nam, Ji-Eun, "National Energy Administration in China announced the industry policies of shale gas", globalwindow, KOTRA, www.globalwindow.org, (2013)
- [15] PIM LTD Industrial Market Research & Acquisition Advisory, "China's Shale Gas Development Briefing", www.pemchina.com, (2013)
- [16] Population Action International, "The Security Demographic Population and Civil Conflict after the Cold War", (2003)
- [17] Sheehan, P., Cheng, E., English, A. and Sun, G., "China's response to the air pollution shock," *Nature Climate Change*, **4**, 306-309, (2014)
- [18] Shin, Chang-Hoon, Lee, Seon-Min, Kwon, Sun-Il, Park, Dae-Jin and Lee, Young-Soo, "A Classification and a Survey on the Core Technology for Shale Gas Development", *The Journal of Korean Society for Geosystem Engineering*, **49**(3), 395-410, (2012)
- [19] Shin, Chang-Hoon, Lee, Young-Soo, Lee, Jeong-Hwan, Jang, Ho-Chang and Baek, Young-Soon, "Global Distribution of Shale Gas and its Industrial Trend", *The Journal of Korean Society for Geosystem Engineering*, **49**(4), 571-589, (2012)
- [20] Tapponnier, P., Peltzer, G. and Armijo, R., "On the mechanics of the collision between Indian and Asia. In: Ramsay", J.G., Coward, M.P., Ries, A. (Eds.), *Collision tectonics*. Spec. Pub. Geol. Soc., London, 115-157, (1986)
- [21] U.S. Energy Information Administration, "China-Analysis", (2014)
- [22] Vello, A.K. and Arlington, V.A., "EIA/ARI World Shale Gas and Shale oil Resource Assessment", Advanced Resources International, INC, (2013)
- [23] Víctor L. Bacchetta, "Geopolítica del fracking - Impactos y riesgos ambientales," *Nueva Sociedad* Número 244, marzo-abril de, (2013)
- [24] Wang, C., Wang, F., Du, H. and Zhang, X., "Is China really ready for shale gas revolution-Re-evaluating shale gas challenges", *Environmental Science & Policy*, 49-55, (2014)
- [25] Wood Mackenzie, *The International Development of Unconventionals*, Shale Gas Technical Workshop, Energy & Mineral Resources Development Association of Korea, Seoul, (2014)
- [26] World Water Assessment Programme, "Water for People, Water for Life", The United Nations World Water Development Report, (2003)
- [27] Yang, H., Flower, R. and Thompson, J., "Shale Gas: Pollution Fears in China", *Nature*, 499, 154, (2013)
- [28] Zhnag Y., Ma Y., Yang N., Shi W. and Dong S., "Cenozoic extensional stress evolution in North China, *Journal of Geodynamics*", **36**,

- 591-613, (2003)
- [29] Zou, C., Dong, D., Wang, S., Li, J., Li, X., Wang, Y., Li, D. and Cheng, K., "Geological Characteristics and Resource Potential of Shale Gas in China," *Petroleum Exploration and Development*, **37**(6), 641-653, (2010)