

탄소중립 달성을 위한 수소·암모니아 비축 정책 방향

김재경

에너지경제연구원 수소경제연구단

The Direction of Hydrogen and Ammonia Stockpiling Policy for Achieving Carbon Neutrality

JAE-KYUNG KIM

Hydrogen Economy Research Division, Korea Energy Economics Institute, 405-11 Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 44543, Korea

[†]Corresponding author :
fisherkjk@keei.re.kr

Received 28 October, 2024
Revised 12 November, 2024
Accepted 28 November, 2024

Abstract >> South Korea plans to import a significant portion of the clean hydrogen and ammonia needed for carbon neutrality, with imports potentially reaching 80% by 2030. Heavy reliance on such energy imports poses risks, making it crucial to treat hydrogen and ammonia as critical resources like oil or natural gas and to strengthen response capabilities. A policy is needed to address short-term supply disruptions. This study explores a desirable direction for a hydrogen and ammonia stockpiling policy, aligned with long-term carbon neutrality goals. It recommends guidelines for entities responsible for stockpiling, considering a dedicated hydrogen security agency, storage methods, and determining reserve sizes and so forth.

Key words : Clean hydrogen(청정수소), Clean ammonia(청정암모니아), Energy security(에너지 안보), Stockpiling policy(비축 정책), Carbon neutrality(탄소중립)

1. 서론

탄소중립 이행 정책은 전 세계적으로 에너지 전환과 맞물려 돌아가고 있다. 여기서 에너지 전환은 에너지 시스템의 근본적인 변화로 기존의 석유, 석탄, 가스를 중심으로 한 화석에너지 시스템에서 재생에너지, 수소·암모니아 등 새로운 에너지 공급원의 역할이 커지는 방향으로 전환되는 것을 의미한다¹⁾. 이에 따라 탄소중립 추진과 에너지 전환으로 인하여

화석에너지의 비중이 줄어들면서 화석에너지 중심의 기존 에너지 안보 개념도 변화하였다. 대신 전기차 배터리나 재생에너지 관련 소재, 광물과 함께 수소·암모니아 해외 도입 안정성, 즉 공급 안보가 중요한 이슈로 대두되고 있다.

한국도 예외가 아니다. 2020년 문재인 당시 대통령의 2050년 탄소중립 선언 이후 2021년 10월 마련된 「2050 탄소중립 시나리오」에서는 청정수소를 탄소중립 달성을 위한 주요한 수단으로 인정하고 그

역할과 기능을 부여하였다. 이를 통해 2050년에는 청정수소의 규모가 약 27.4-27.9백만 톤에 달할 것으로 예상되는데²⁾ 이는 현재 국내에서 유통되는 수소 물량의 최대 10배 이상 증가하는 것이다. 그리고 이러한 청정수소를 조달하는 방안으로 수요량의 약 80%를 호주, 중동, 러시아, 북아프리카 등지에서 수입하는 계획이 제시되었다. 그러나 해외 청정수소의 의존도 증가는 그리 먼 미래의 일이 아닐 수 있다. 청정수소 발전 의무화 제도(clean hydrogen energy portfolio standards, CHPS) 시행으로 2028년 이후 발전용 청정수소 수요가 크게 늘어날 예정이지만 2030년 이전까지 국내에서 공급할 수 있는 청정수소는 매우 제한적일 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 2030년 이전이라도 대부분의 청정수소를 전량 수입에 의존해야 할 수 있다.

이처럼 해외 의존도가 높아질 것을 고려하면 중장기적인 탄소중립 정책 추진에 맞춰 수소·암모니아도 기존 화석에너지와 유사한 안보 대상으로 간주하여 대비할 필요가 있다. 이를 위해 단기적인 공급 차질에 대응할 수 있는 최적의 정책 수단으로써 수소·암모니아 비축 정책 마련이 시급하고 이를 위한 연구가 필요하다. 본 연구는 중장기적인 관점에서 탄소중립 기본계획 등 탄소중립 이행 정책 추진에 맞추어 수소·암모니아 비축 정책의 바람직한 방향을 연구하여 제시하고자 한다.

이를 위하여 본 논문에서는 제2장에서 왜 현 시점에 수소·암모니아 비축이 필요한지, 기술적으로 수소·암모니아 비축이 가능한지 등을 살펴보고 제3장에서는 기존 석유와 천연가스 비축 정책 등을 고려한 정책 방향을 제시하며 마지막으로 제4장에서는 결론을 제시하고자 한다.

2. 수소·암모니아 비축의 필요성과 잠재성

2.1. 수소·암모니아 비축의 필요성

2020년 문재인 당시 대통령의 2050년 탄소중립 선언 이후 2021년 10월에 마련된 「2050 탄소중립 시

나리오」는 청정수소를 탄소중립 달성을 위한 핵심 수단으로 인정하였다. 또한 2050년까지 전환, 산업, 수송, carbon capture & utilization (CCU) 등 다양한 분야에서 청정수소의 수요는 최대 27.9백만 톤에 이를 것으로 예상했는데²⁾ 이는 현재 국내 유통되는 수소의 약 10배에 달한다. 그리고 이 수요의 약 80%를 호주, 중동, 러시아 등에서 수입하겠다고 밝혔다³⁾. 하지만 국내 시장 규모가 충분하지 않을 경우 국내 청정수소 산업이 국제 경쟁력을 갖추기 어려워질 수 있음을 고려한다면 2050년경에는 사실상 수요의 전량을 해외에서 수입하여야 할 가능성이 크다.

한편 2021년 10월 발표된 「제1차 수소경제 이행 기본계획」은 2030년 국내 수소 수요를 390만 톤으로 추정하였고 그중 198만 톤을 수입하기로 계획하였다³⁾. 또한 2023년 발표된 「제10차 전력수급 기본계획」에서는 2030년과 2036년 수소 및 암모니아 발전 비중을 각각 2.1%, 7.1%로 설정하였다⁴⁾. 이를 수소 및 암모니아 수요량으로 환산할 경우 2030년에는 수소 29만 톤과 암모니아 289만 톤, 2036년에는 수소 126만 톤과 암모니아 876만 톤이 발전용 연료로 필요할 것으로 예상된다⁵⁾. 그래서 만일 발전용 수소를 전량 암모니아 형태로 수입하면 2030년 기준으로 약 500만 톤 이상의 청정암모니아가 발전 부문에 필요하게 된다⁵⁾.

이러한 국가 계획과는 별도로 에너지경제연구원은 2023년 현재 정유사 등이 자가 소비하는 물량이나 기타 산업용으로 소비되는 물량을 제외한 국내 수소 수요가 0.85만 톤이며 향후 2030년 119.3만 톤, 2036년 327.1만 톤으로 증가할 것으로 전망하였다⁶⁾. 초기에는 수송용 수소가 중심이지만 2027년 이후 수소·암모니아 혼소 및 전소 발전이 활성화되면서 발전용 수소가 시장을 주도할 것으로 보이는데 2030년에는 80만 톤, 2036년에는 280.6만 톤으로 확대되어 전체 수소 수요의 86%를 차지할 것으로 예상된다⁶⁾.

이러한 수소 수요를 충족시키기 위하여 최소한 현재까지는 부생·추출 수소에 의존할 수밖에 없다. 더욱이 2027년 CHPS 이후 발전 부문에 청정수소 공급이 필요하지만 2030년 이전에 국내에서 공급 가능한 청정수소는 현재 진행 중인 실증용 재생에너지 연계

수전해 수소 및 광양 블루수소 프로젝트의 일부 물량이나 충남 보령 블루수소 프로젝트의 54만 톤 정도에 그칠 것으로 보인다. 반면 해외에서 도입될 것으로 보이는 수소 공급 물량은 2030년 기준 전체 공급 예정 물량의 76.4%인 175.6만 톤(2030년 기준 암모니아 해외 도입 규모 수소 환산량 56.1만 톤 포함)으로 추산되며 2036년에는 전체 공급 예정 물량의 80%인 227.4만 톤으로 확대될 것으로 보인다. 결국 우리나라는 「2050 탄소중립 시나리오」에서 제시한 2050년부터 20여 년 전인 2030년 이전부터 이미 공급 물량의 약 80%에 가까운 청정수소·청정암모니아를 해외에 의존하여야 한다.

이처럼 특정 상품, 특히 에너지 상품을 해외에 사실상 전량에 가깝게 의존하는 것은 상당한 위험이 수반된다. 수출국의 자원 무기화 및 정치적 불안정, 기술적 문제, 인적 실패 등으로 인한 사고, 수송로에서의 이송 장애 발생, 재생에너지나 물 부족, 수소 생산설비 중요 원자재 부족 등이 해외 생산 청정수소·청정암모니아를 국내로 도입할 때 고려할 수 있는 대표적인 잠재적 위험 요인이다. 수소·암모니아 공급의 적정성과 안정성 및 가격의 합리성이 이 같은 잠재적 위험 요인의 현실화로 인하여 심각하게 저해될 경우 국민적 혼란과 상당한 경제적 손실로 이어질 수 있다. 가령 2023년 11월 23일경 충남 당진 현대제철 수소 생산 설비 3기 중 2기가 고장나면서 수도권, 충청권, 강원도 일부 수소충전소에 수소 수급 차질이 발생한 사건은 이를 단적으로 보여준다⁷⁾. 그만큼 수소·암모니아 안보에 대해서도 이러한 잠재적 위험 요인에 대하여 석유, 가스 등 기존 화석에너지 등과 동일하게 대응능력을 선제적으로 제고하는 것이 필요하다.

주된 에너지 안보 수단으로는 수요 자체를 억제하거나 공급을 안정화하는 방식이 있는데 이 중 후자의 경우 해외자원 개발, 도입선 다변화와 함께 비축이 활용된다. 특히 비축은 단기적인 공급 차질에 효과적으로 대응할 수 있는 최적의 정책 수단으로⁸⁾ 석유와 천연가스 등 화석에너지 자원뿐만 아니라 핵심 소재 광물이나 쌀 등 국가 경제 운용에 반드시 필요

한 자원 안보에 보편적으로 적용되는 안보 정책 수단이다. 결국 수소·암모니아 안보를 사전적으로 강화 및 제고하기 위해서라도 현 시점에서 수소·암모니아 비축을 위한 검토가 필요하며 이를 위한 정책적 접근이 요구된다.

2.2. 수소·암모니아의 비축 잠재성

수소의 경우 현재 다양한 형태의 저장 기술이 개발 중이지만 상용화되어 활용되고 있는 기술은 주로 고압 기체 수소나 액화 수소 형태의 저장 방식으로 볼 수 있다. 그러나 이 두 가지 저장 기술은 충분한 저장능력을 확보하기 위하여 높은 압력(500-700 bar)이나 극저온(-253℃ 이하)을 유지해야 하며 이를 위하여 상당한 에너지를 소모해야 하기 때문에⁹⁾ 비축에 필요한 만큼 대용량, 장시간 저장이 가능한지는 의문이다. 액화 수소 장기 저장과 관련하여 지난 2020년 2월 일본 가와사키 중공업이 세계 최초로 액화 수소 수용 터미널인 Kobe LH2 터미널(Kawasaki, Tokyo, Japan)을 완공하였는데 해당 터미널에는 육상 시설과 선박 간의 액화 수소를 이송하기 위하여 특별히 설계한 loading arm system 등과 함께 약 2,250 m³ 용량의 액화 수소 저장 탱크가 포함된 사례가 있기는 하다¹⁰⁾. 해당 저장 탱크는 -253℃의 온도와 초기 부피의 30/1,980으로 감소한 극저온 액화 수소를 저장하게 되지만¹⁰⁾ 이를 위해 어느 정도의 에너지 투입이 필요한지, 어느 정도 장기간 저장할 수 있는지 등에 대한 구체적인 정보는 알려지지 않았다. 이처럼 비축 시설로써는 한계가 있는 고압 기체 수소나 액화 수소 형태의 저장 방식 대신 최근 유럽과 미국 등지에서는 기존 천연가스 대규모 저장 시설로 활용되어 오던 암염동굴 등을 수소의 대규모 지하 저장 시설로 활용하려는 움직임이 감지된다.

우선 암염동굴을 활용한 대규모 수소 저장 방식은 기존 천연가스 저장 기술을 바탕으로 경제적이고 안정적인 수소 저장 솔루션으로 자리 잡고 있다. 이 기술은 1972년 영국 티스사이드(Teeside)에서 처음 도입된 이후 1983년부터 미국 텍사스 걸프만에서도 활

용되어 왔다¹¹⁾. 현재 미국과 유럽을 중심으로 수소 저장 프로젝트가 진행 중인데 대표적으로 네덜란드의 하수니(Gasunie) 흐로닝언(Groningen) 주 암염동굴 수소 주입 실증 사업¹²⁾, 미국 유타(Utah) 주 Advanced Clean Energy Storage 프로젝트, 독일 에첼(Etzel) 지역의 H2CAST 프로젝트, 프랑스 에트레즈(Etrez) 지역의 HyPSTER 프로젝트 등이 있다¹¹⁾. 또한 폐쇄 예정인 유가스전을 활용한 수소 저장 역시 시도되고 있는데 오스트리아 감페른(Gampern)의 폐가스전 수소 저장 시설 전환 실증사업, 독일 비에르왕(Bierwang) 지역의 HyStorage 프로젝트 등이 있다¹¹⁾. 또한 이와 관련해 IEA¹¹⁾는 현재 전 세계 지하 천연가스 저장 공간이 4,800 TWh (490 bcm)지만 net zero emission 시나리오 기준으로 2030년까지 74 TWh (정상 상태에서는 26 bcm)의 지하 수소 저장 용량이 필요하며 2050년까지는 2030년 대비 거의 20배까지 폭증할 것으로 전망하였다¹¹⁾. 또한 EHB¹³⁾도 2030년까지 유럽에 건설 중인 European Hydrogen Backbone 프로젝트에 연계될 지하 수소 저장 시설의 규모를 약 70 TWh, 2050년에는 약 450 TWh로 추산하였다¹³⁾. 이처럼 암염동굴 등의 대규모 시설을 수소 지하 저장 시설로 활용할 수 있다면 수소의 대규모, 장시간 비축이 가능해지기 때문에 보다 유연한 비축 정책을 설계하는데 도움이 될 수 있다.

하지만 아직 국내에는 천연가스 저장에 암염동굴을 포함한 지하 저장 시설이 활용되고 있는 실제 사례는 전혀 없으며 이로 인하여 수소 저장 시설로 전환을 고려해 볼 만한 노후 천연가스 지하 저장 시설 역시 존재하지 않는다. 다만 이 같은 천연가스 지하 저장 시설 대신 liquefied petroleum gas (LPG)의 경우 SK가스가 울산에 27만 톤¹⁴⁾, E1이 여수에 15.2만 톤, 인천에 24만 톤¹⁵⁾ 등 대규모 지하 저장 시설을 보유하고 있으며 한국석유공사도 평택 비축기지에 일정 규모의 LPG 지하 공동 저장 시설을 보유하고 있다. 물론 아직 이런 국내 LPG 지하 공동 저장 시설을 수소 저장용으로 전환할 수 있는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요해 보인다.

수소와 비교하면 암모니아 저장은 이미 상용화된

기술이며 저장 조건에 따라 압력 저장(pressure storage) 방식, 저온 저장(low-temperature storage) 방식, 반 냉각 저장(semi-refrigerated storage) 방식으로 구분된다⁵⁾. 이 중 압력 저장 방식과 반 냉각 저장 방식은 주로 소량의 암모니아를 저장할 수 있는 방식이라면 암모니아를 대량 저장하는 방식으로는 주로 저온 저장 방식이 활용된다⁵⁾. 국내에는 인천, 여수, 울산 등 3곳에서 암모니아 수입 터미널이 운영 중이며 울산에 롯데정밀화학의 9만 3천 톤, 여수에 남해화학의 5만 4천 톤, 인천에 1만 3천 톤 규모의 암모니아 저장 시설이 운영 중이다¹⁶⁾. 또한 포스코인터내셔널은 2026년까지 광양과 당진에 각각 10만 톤의 암모니아 저장 탱크 2기를, 2030년까지는 총 51만 톤 용량의 10기를 추가로 구축할 계획이며 남부발전 역시 2025년까지 삼척에 3만 톤 규모의 암모니아 저장 시설, 2030년까지 당진 송산 수소·암모니아 부두에 16만 톤 규모의 저장 시설을 설치할 예정이다¹⁶⁾. 한편 암모니아 저장 시설은 기존 LPG 저장 시설을 전환하여 구축할 수도 있다. 사실 상압(1기압)에서 암모니아의 액화 온도는 -33.4℃로 -42℃인 프로판이나 -0.5℃인 부탄¹⁷⁾과 유사한 액화 저장 조건과 상변화 특성이 있다. 다만 암모니아는 가연성 가스로 분류되며 높은 산소 농도, 높은 최소 점화에너지, 높은 연소 하한계 등의 특징을 지니고 있어 가연성 수치 차이에 따른 설비 개조가 필요하다¹⁶⁾. 또한 암모니아는 플라스틱류, 고무류, 구리 및 알루미늄 등과 반응 시 부식을 발생시킬 수 있어 부식 방지를 위한 부속 설비를 추가하여야 한다¹⁶⁾. 마지막으로 암모니아는 유해성 유독 물질로 분류되어 가스 누출에 대한 대비가 필요하기 때문에 누출 방지를 위한 부속 설비를 추가하여야 한다¹⁶⁾. 이와 같이 LPG 저장 탱크 일부 설비의 개조를 통해서도 큰 비용이 수반되지 않고 수월하게 암모니아 저장 탱크로의 전환이 가능하다¹⁶⁾.

이처럼 암모니아는 현재 국내에서 비축 시설로 활용 가능한 수소·암모니아 저장 방식 중에서는 저장 능력 면에서나 비용 효과 면에서 상대적으로 고압 수소 및 액화 수소와 비교하면 우위에 있다고 평가할 수 있다. 다만 암모니아가 유해성 유독 물질로 누

출 시 심각한 인명 피해를 유발할 수 있다는 점에서 사회적 또는 주민 수용성이 다른 방식에 비해 우월하지 않을 뿐만 아니라 오히려 열위에 있다고도 볼 수 있다. 만일 정책적으로 암모니아 저장 시설을 비축 시설로 활용할 경우 시설 구축 과정에서 발생할 수 있는 각종 민원 등 사회적 또는 주민 수용성 문제를 어떻게 개선할 수 있을지가 과제로 남는다¹⁸⁾.

3. 수소·암모니아 비축 정책 방향

본 연구는 이상의 수소·암모니아 비축의 필요성과 잠재성 등과 함께 기존 석유와 천연가스 비축 정책 등을 고려하여 향후 실제 수소·암모니아 비축 정책을 구체화하기 위한 일종의 밑그림으로써 정책 방향을 다음과 같이 제시하였다.

3.1 수소·암모니아 비축 이행 주체: 정부·민간 협업체계

수소·암모니아 비축 정책 마련에서 먼저 고려해야 할 사항은 비축을 이행할 주체를 식별 또는 선정하는 것이다. 현재 석유와 천연가스 등 에너지 자원 비축에서 비축 의무 대상자는 크게 정부(또는 대행 공공기관)와 민간 사업자로 구분할 수 있다. 석유의 경우 산업통상자원부와 민간 사업자 모두에게 비축 의무가 부과된다. 산업통상자원부는 「석유 및 석유대체연료사업법」(이하 석대법) 제15조에 따라 석유 수급과 가격 안정을 위하여 석유 비축 목표를 설정하고 비축 계획을 수립하여야 하며 이 계획은 한국석유공사가 비축유 구입, 수송, 비축 시설 관리 등 실무를 담당한다¹⁹⁾. 반면 민간 사업자의 경우 석대법 제17조에 따라 석유를 수입 및 판매하는 석유제정업자, 석유수출입업자와 석유판매업자에게 비축 의무가 부과되며 이들은 일정한 자격 요건을 갖춘 비축대행업자를 통해 이를 이행할 수 있다¹⁹⁾. 천연가스의 경우 현재까지는 석유만큼 정교한 정부·민간 사이의 역할 분담 체계가 마련되지 않았다. 우선 한국가스공사가 「도시가스사업법」(이하 도시가스법) 제10조의 10에

따라 천연가스 비축 의무를 주로 담당하고 있다. 그러나 2024년 제정된 「국가자원안보 특별법」 제15조는 자원 안보 위기 시 정부가 민간 사업자, 즉 LNG 직수입자에게도 천연가스 비축을 명할 수 있으며 이 경우 한국가스공사가 비축 의무를 대행할 수 있도록 규정하고 있다. 따라서 천연가스 비축 역시 석유와 유사한 정부·민간 간 역할 분담 체제를 갖추게 되었다.

여기서 주지하고 싶은 것은 비축의 본원적 책임이 누구에게 귀속되는가이다. 비축과 재고는 본질적으로 저장 행위라는 점에서 큰 차이가 없다. 민간 사업자는 공급 교란에 대비하여 자발적으로 재고를 유지할 필요가 있으며 이에 대한 책임도 따른다. 그러나 민간이 재고 규모를 결정할 때 사적 편익과 비용만을 고려하여 사회적으로 필요한 저장 수준을 충족하지 못할 가능성이 크다. 이로 인해 발생하는 틈은 정부 등 공공부문이 메워야 하며 이는 사회적 안정성을 위하여 필수적인 조치라 할 수 있다.

그래서 수소·암모니아의 경우에도 수소·암모니아를 수입하여 내수 판매 또는 자가 소비하는 민간 사업자에게 일차적인 비축 의무를 부과하는 것이 바람직하다. 그리고 부차적으로 민간 사업자의 비축 의무를 대행하여 수행하거나 직접 비축 의무를 부담하는 역할을 정부(대행 공공기관)가 해줄 필요가 있다. 이를 위하여 수소를 비축 대상 핵심 자원으로 규정하고 있는 「국가자원안보 특별법」 제15조 제1항에 따른 비축 의무 대상으로 공공기관과 함께 수소·암모니아를 수입하여 내수 판매 또는 자가 소비하는 민간 사업자도 함께 지정하는 것이 필요하다.

3.2 수소 및 수소화합물 안보 전담기관 지정

앞서 민간 사업자 대상 수소·암모니아의 비축 의무와 정부가 민간 사업자의 비축 의무를 대행하거나 직접 비축 의무를 부담하여야 할 당위성에 대해 살펴보았다. 물론 신규 제정된 「국가자원안보 특별법」 및 위임 하위 법령(대통령령) 제정을 통해 정부, 특히 산업통상자원부에 비축 의무를 부과할 수 있지만 석유나 천연가스 사례에서 확인할 수 있듯이 실제 비축

의무 실행을 위해서는 실무를 담당할 공공기관이 필요하다. 현재는 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」(이하 수소법) 제33조, 제34조, 제35조에 따라 수소 산업 진흥(한국수소연합, 한국에너지기술평가원), 수소 유통(한국가스공사, 한국석유관리원), 수소 안전(한국가스안전공사) 전담기관을 지정하여 관련 사업들을 정부를 대행하여 수행하도록 하고 있다. 또한 「국가자원안보 특별법」 제7조 제1항은 수소 및 수소화합물(암모니아)을 포함한 핵심 자원의 안보와 관련된 복수의 기관을 자원 안보 전담기관으로 지정하여 비축 등 관련 업무를 수행하도록 하고 있다. 그래서 수소 산업 진흥, 유통, 안전 전담기관과 동일 선상에서 실제 자원 안보 관련 비축 의무 등 전반적인 수소·암모니아 안보 관련 실무를 담당할 수소 및 암모니아 안보 전담기관 지정이 필요하다.

3.3. 수소·암모니아 비축을 위한 저장 방식

미국이나 유럽 등에서 추진 중인 암염동굴 등을 활용한 대규모 수소 지하 저장 시설을 비축 활용할 수 있다면 수소의 대규모, 장시간 비축이 가능해진다. 하지만 아직 국내에는 천연가스 저장에 암염동굴을 포함한 지하 저장 시설이 활용되고 있는 실제 사례는 전무하기 때문에 수소 저장 시설로 전환을 고려해 볼 만한 노후 천연가스 지하 저장 시설 역시 존재하지 않는다.

한편 수소를 직접 비축하는 방식 중 유력하게 고려할 만한 액화 수소 방식의 경우 국내 유일 수소 관련 법정 계획인 「제1차 수소경제 이행 기본계획」을 보면 비축 사업에 활용될 수준으로 액화 수소 저장 기술을 개발하겠다는 로드맵이 제시되어 있지 않다. 쉽게 말해 액화 수소 저장 방식은 아직 주된 비축 방식으로 논의할 수 있는 수준에도 미치지 못하였다고 평가하는 것이 온당해 보인다. 이는 장기적 과제로 돌릴 필요가 있다. 그러므로 적어도 현 시점에 국내에서 비축 시설로 활용 가능한 수소·암모니아 저장 방식은 액상 암모니아로 저장하는 방식으로 봐야 할 것 같다. 다만 암모니아가 지닌 유독성을 고려하여

더 철저한 안전 관리 및 관련 규제 신설이 필요하다. 이와 함께 시설 구축 과정에서 발생할 수 있는 각종 민원 등 사회적 또는 주민 수용성 문제 해결을 위한 노력도 필요하다.

3.4. 수소·암모니아 비축 규모 설정

수소·암모니아를 비축하기 위해서는 그 규모를 결정하는 것이 필요하다. 이런 비축 규모는 정부(수소·암모니아 안보 전담기관 대행)가 직접 비축하여야 할 규모이면서 민간 의무자에게는 할당된 의무 재고량의 형태로 나타낼 수 있다. 이때 적절한 비축 규모는 한 국민 경제에서 하루 평균 소비되거나 외부로부터 유입되는 수소·암모니아의 유량(flow)을 기준으로 특정 기간(목표 일수) 동안 해당 국민 경제가 지탱 가능할 수 있도록 해당 흐름이 지속할 수 있도록 할 수 있는 수소·암모니아의 저장량(stock)으로 정의될 수 있다²⁰⁾. 다시 말해 수소·암모니아 비축 규모는 두 가지 요소, 즉 하루 평균 기준 유량과 비축 목표 일수로 나눌 수 있다.

우선 석유의 경우 정부 비축 규모를 결정하는 하루평균 기준 유량은 2002년 제3차 석유비축계획의 제1차 조정부터 하루 평균 석유 순 수입량(석유 일순 수입량)으로 적용하고 있다. 반면 민간 석유 비축이나 천연가스 비축의 경우에는 모두 하루 평균 내수 판매량이 기준 유량이다. 현재 「석유 비축의무자의 의무이행에 관한 고시」와 「액화석유가스 비축의무자의 의무이행에 관한 고시」에 따라 석유정제업자는 연간 하루 평균 내수 판매량의 40일분, LPG 수출입업자는 연간 하루 평균 내수 판매량의 15일분, 부산물인 석유제품 판매업자는 연간 하루 평균 내수 판매량의 30일분이 적용되며 「천연가스 비축의무에 관한 고시」에 따라 가스 도매사업자는 특정 절기 내수 판매량의 하루 평균 판매량의 9일분을 비축하도록 하고 있다.

정부와 민간 간 기준 유량의 차이가 발생하는 주요 원인은 자료 수집 가능성에 있다. 민간 사업자는 내수 판매량을 기준으로 삼아도 관련 자료를 수집할

수 있지만 내수 판매를 하지 않는 정부(한국석유공사 대행)는 이 자료를 수집하기 어렵다. 대신 국가 전체의 평균 순 수입량이나 소비량 같은 대체 자료로 규모를 산정할 수 있다. 이를 고려하면 수소·암모니아 비축 규모 산정에서 민간 사업자는 하루 평균 내수 판매량(자가 소비량 포함)을, 정부(수소 안보 전담 기관)는 국가 전체의 하루 평균 소비량을 기준으로 삼을 수 있다.

한편 비축 일수의 경우 전반적으로 설정 기준이 모호하다. 조달청 비축이나 석유 비축의 경우 통상적으로 60일을 목표 설정으로 삼고 있지만 그 이유는 분명치 않다. 가령 석유 비축의 경우 IEA 국제 에너지 프로그램(International Energy Program, IEP) 협정 제2조에 따라 각국에 90일분의 석유 순 수입량에 해당하는 석유를 비축하도록 권고하고 있는데²⁰⁾ 우리나라는 2002년 제3차 석유비축계획의 제1차 조정부터 국가 비축 규모를 90일로 설정하고 이를 다시 정부 60일분과 민간 30일분으로 배분하는 것을 기본 방침으로 삼았다. 민간의 석유 비축 목표 일수에서도 하루 평균 내수 판매량의 60일분 범위에서 산업통상자원부 장관이 정하게 되었지만 석유정제업자, LPG 수출입업자, 부산물인 석유제품 판매업자에게 각각 연간 하루 평균 내수 판매량의 40일분, 15일분, 30일분을 할당할 근거는 찾기 어렵다. 마찬가지로 천연가스 비축 목표 일수인 9일 역시 명확한 산정 근거가 무엇인지 명확히 밝혀져 있지 않다.

이를 고려할 경우 수소·암모니아 비축 규모 산정에 있어서 비축 목표 일수는 통상적인 관행에 따라 하루 평균 기준 유량(정부는 소비량, 민간은 내수 판매량) 대비 60일분으로 설정하는 방안을 고려하여 볼 수 있다. 다만 현재의 비용 부담 능력 등을 고려하여 60일분을 4등분하여 15일분씩 단계적으로 점진적 인상하는 방안도 가능하다. 첫 단계는 15일분으로 설정하고 이후 시장 및 안보 상황을 고려하여 점진적으로 단계를 인상하여 60일분에 도달하도록 설계하는 것이 적절해 보인다. 다만 보다 정확한 비축 일수는 암모니아 운반선의 항행 주기 등 다양한 인자들을 고려한 추가적인 연구를 통해 설정하는 것이 필요하다.

3.5. 수소·암모니아 비축계획 수립

실제 수소·암모니아 비축을 수행하기 위해서는 앞서 제시된 사항들을 포괄하여 종합화 및 체계화시킨 비축계획 수립이 필요하다. 해당 계획에는 비축 목표, 비축할 수소·암모니아의 종류나 성상과 비축 물량, 비축 시설 등에 대한 정책 방향 등을 담을 필요가 있다. 또한 예산 편성 등 실행력을 높이기 위해서 계획을 법정화하기 위하여 「국가자원안보 특별법」 제5조에 따른 자원 안보 기본계획의 일부인 하위 계획으로써 동법 하위 위임법령(대통령령) 제정 시 수소·암모니아 비축계획 수립 조항을 명시하는 것도 필요하다.

4. 결론

중장기적인 관점에서 탄소중립 기본계획 등 탄소중립 이행 정책 추진에 맞추어 변화되고 있는 에너지 안보의 개념을 고려할 때 수소·암모니아 안보 수단으로써 단기적인 공급 차질에 효과적으로 대응할 수 있는 최적의 정책 수단이며 국가 경제 운용에 필수 자원 안보에 보편적으로 적용되는 안보 정책 수단인 수소·암모니아 비축을 위한 정책 마련을 검토할 필요가 있다. 적어도 현 시점 국내에서 비축으로 활용 가능한 수소·암모니아 저장 방식은 액상 암모니아로 저장하는 방식으로 봐야 한다. 특히 최소한 5-10년 정도 중단기적으로 암모니아 비축은 정부의 석유 비축 사업과 연계를 고려하는 것이 비용 효과적일 수 있다. 2021년 확정된 제4차 석유비축계획(제2차 조정)은 2025년까지 약 1억 배럴의 원유 및 석유제품을 비축하는 것을 목표로 하고 있는데 이에 따라 2020년부터 2025년까지 프로판 비축 물량 중 약 111만 배럴을 방출하여야 하며¹⁹⁾ 이로 인해 최소한 약 100만 배럴 규모의 프로판 저장 공동에 잉여분이 생길 가능성이 크다. 더욱이 앞서 언급한 바와 같이 암모니아의 액화 온도가 프로판과 유사하여 기존 프로판 저장 탱크를 상대적으로 저렴한 비용으로 암모니아 저장 탱크로 전환할 수 있다. 지금은 2025년 종료

기한이 임박한 제4차 석유비축계획을 대신하여 2035년 까지 수행할 제5차 석유비축계획을 준비해야 할 시점이다. 탄소중립 기본계획에 따라 2035년 석유 수요가 2020년 수준의 약 45.6% 감소할 것으로 예상되므로²¹⁾ 제5차 석유비축계획은 이를 반영하여 비축 규모를 하향 조정하거나 매각에 대한 논의를 포함할 수밖에 없다. 이 경우 향후 공동화되어 잉여 시설로 남게 될 기존 비축 시설의 규모가 확대될 수 있다. 이 잉여 비축 시설 또는 그 부지를 개조나 전환하여 암모니아나 수소를 직접 비축하는 사업을 비용 효과적으로 수행할 수 있다. 이를 고려하여 더욱 현실적인 수소·암모니아 비축 정책 마련을 제안한다.

후 기

이 논문은 2023년 에너지경제연구원 수시 연구사업 “탄소중립 달성을 위한 수소·암모니아 비축정책 방향 연구”의 일부 내용을 발췌하여 수정 보완한 연구입니다.

References

1. T. H. Kim, H. J. Do, and T. E. Lee, “Impact of the energy transition on national energy security and response strategies”, Korea Energy Economics Institute, Korea, 2020.
2. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, “The 2050 carbon neutrality scenario”, korea.kr, 2021. Retrieved from <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156475815>.
3. Ministry of Trade, Industry and Energy, “The 1st basic plan for hydrogen economy implementation”, korea.kr, 2021. Retrieved from <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156482955>.
4. Ministry of Trade, Industry and Energy, “The 10th basic plan for electricity supply and demand (2022-2036) finalized”, korea.kr, 2023. Retrieved from <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156547521>.
5. J. Y. Ahn and T. E. Lee, “A study on a clean ammonia value chain”, Korea Energy Economics Institute, Korea, 2023.
6. Korea Energy Economics Institute, “Establishment of the hydrogen supply and demand plan”, Korea Gas Corporation, Korea, 2023.
7. M. S. Kim, “Closing Just one factory will be a big problem, challenges left behind by the ‘hydrogen vehicle charging crisis’”, Sunday Newspaper, 2023. Retrieved from https://ilyo.co.kr/?ac=article_view&entry_id=463289.
8. S. Y. Shin and J. Kim, “Research on cooperation strategy with oil-producing countries in the Middle East through national stockpiling assets”, Korea Energy Economics Institute, Korea, 2016.
9. Korea Energy Economics Institute, Ministry of Trade, Industry and Energy, “A study for formulating a Korean hydrogen economy vitalization roadmap”, Jinhan M&B, Korea, 2020.
10. Hydrogen Knowledge Group, “Study on the basic plan for establishing a hydrogen pipeline network at Yeosu and Gwangyang Ports”, Green Energy Institute, Korea, 2023.
11. International Energy Agency (IEA), “Global hydrogen review 2023”, IEA, 2023. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>.
12. Monthly Hydrogen Economy Editorial Team, “Gasunie's salt cave hydrogen storage demonstration project”, Monthly Hydrogen Economy, 2021. Retrieved from <https://www.h2news.kr/news/articleView.html?idxno=9267>.
13. R. van Rossum, J. Jens, G. La Guardia, A. Wang, L. Kühnen, and M. Overgaag, “European hydrogen backbone: a European hydrogen infrastructure vision covering 28 countries”, Guidehouse, Netherlands, 2022.
14. SK Gas, “LPG is a clean and safe living energy”, SK Gas, 2024. Retrieved from https://skgas.co.kr/Business/Lpg_Storage.html.
15. E1, “LPG business of E1”, E1, 2022. Retrieved from <https://www.e1.co.kr/ko/business/lpg/business>.
16. Korea Energy Economics Institute, Korea Energy & Industry Consulting, “Preliminary survey for expanding LPG storage”, Korea National Oil Corporation, Korea, 2023.
17. KMEnergy, “Characteristics of LPG”, KMEnergy, 2019. Retrieved from <https://www.ekookmin.com/7>.
18. S. H. Kim, J. Kim, and H. Y. Shin, “Exploring strategies for implementing hydrogen society based on psychological attitudes towards hydrogen fuel: focused on risk perception, familiarity and acceptability”, Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 33, No. 4, 2022, pp. 267-283, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.4.267>.
19. Korea Energy Economics Institute, “Study on adjustment measures for the petroleum stockpiling plan and improvement of the stockpiling system”, Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea, 2020.
20. Korea Energy Economics Institute (KEEI), “An adjustment of the 4th government stockpiling plan”, Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea, 2016.
21. Korea Energy Economics Institute (KEEI), “2022 long-term energy outlook”, KEEI, Korea, 2023.