

그린 암모니아



데이터분석본부 호남지원 선임연구원 **이은지** Tel: 062-951-7704 e-mail: eunji_lee@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 그린 암모니아는 재생 에너지와 연계해 이산화탄소를 배출하지 않고 생산한 그린 수소를 이용해 제조한 암모니아를 말한다.
2. 탄소 중립 실현, 수소 경제 등 글로벌 경제 구조의 요구에 따라 친환경 에너지원 및 수소 운반체로서 그린 암모니아의 수요가 증가하고 있다.
3. 암모니아는 농업용 비료, 플라스틱, 의약품 제조, 선박용 연료, 수소 운반체, 암모니아 발전 등 활용 분야가 다양하며, 특히 수소를 운반하고 저장하는 역할에서 크게 주목받고 있다.
4. 그린 암모니아의 세계 시장 규모는 2022년 2,849만1천 달러이며, 연평균 90.2 % 수준으로 성장해 2030년 54억1,532만8천 달러가 될 것으로 전망된다.
5. 탄소 중립 실현 및 수소 경제를 위한 각국의 정책 수립 그리고 인프라 구축과 시장 창출 등에 필요한 경제성과 효율성을 높이기 위한 전략적인 접근이 필요하며, 일부 국가와 기업이 아닌 국제적 민관 협력이 중요하게 강조되고 있다.

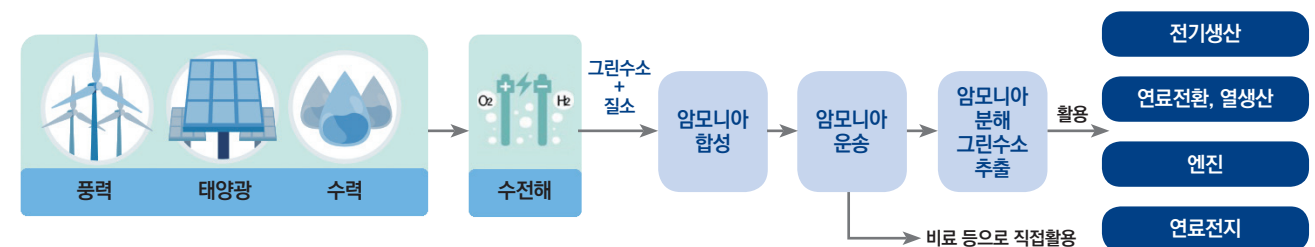
1) 시장의 개요

암모니아(NH₃)는 질소(N)와 수소(H)를 합성하여 만들어지며, 그린 암모니아는 이산화탄소를 배출없이 재생 에너지로 생산한 그린 수소¹⁾를 활용하여 제조한 암모니아를 말한다. 기존의 암모니아는 천연가스를

연료로 이용하여 생산하기 때문에 온실가스를 배출하지만, 그린 암모니아는 풍력과 태양열과 같은 재생 에너지원으로부터 공급받은 전기를 이용해 물을 전기 분해하고 얻은 그린 수소와 공기 중에서 분리한 질소를 결합해 생산하기 때문에 생산 공정에서 탄소를 전혀 배출하지 않는 친환경 미래 에너지로서 주목받고 있다.

1) 이산화탄소를 전혀 배출하지 않고 생산하는 수소

그림 1 그린 수소와 그린 암모니아 생산 공정 모식도



암모니아는 농업용 비료, 플라스틱, 의약품 제조, 선박용 연료, 수소 운반체, 암모니아 발전 등 활용 분야가 다양하며, 특히 수소를 운반하고 저장하는 역할에서 크게 주목받고 있다. 암모니아는 액화수소와 비교했을 때, 단위 부피당 수소 저장 밀도가 높아 수소를 그냥 액화하는 것 보다 약 1.7배 많은 수소 저장할 수 있고, 기존 암모니아 액화 설비와 운송 수단을 그대로 사용할 수 있어 경제적 효과가 더욱 큰 것으로 평가된다.

그린 암모니아 기술에서 이산화탄소를 배출하지 않고 수소를 생산할 수 있는 수전해 기술은 매우 중요하다. 수전해란 물을 전기 분해해 물에서 고순도 수소를 생산하는 기술이며, 수전해 시스템은 전해질²⁾의 종류에 따라 알칼라인(Alkaline Water Electrolysis, AWE) 방식, 고분자 전해질막(Proton Exchange Membrane, PEM) 방식, 고체산화물(Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC) 방식으로 대별할 수 있다. 알칼라인 방식은 알칼리 용액을 전해질로 사용하는 수전해 방식으로 에너지 효율이 높고 장치 가격이 낮다는 장점을 가지고 있지만, 동일용량 대비 장치 사이즈가 큰 것이 단점이다. PEM 방식은 별도의 전해질 없이 물을 전기 분해 후 고분자 전해질막을 통해 수소 이온을 이동시키는 기술로서 부하 변동성에 대응하기 용이하지만, 귀금속을 촉매로 사용해 가격이 비싼 단점이 있다. SOEC 방식은 일반적인 수전해 방식과 달리 고체 산화물을 전해질로 사용하는 연료 전지를 이용해 고온에서 나온 수증기를 전기 분해하는 기술이며, 고체 산화물 연료 전지는 부식에 대한 내구성이 뛰어나고 유지보수가 쉬운 장점이 있다.

알칼라인 방식은 이미 오래전부터 상용화된 성숙한 기술이며, PEM 방식은 최근 들어 급속도로 발전하며 상용화되고 있다. SOEC 방식은 국내외 실증 프로젝트가 활발하게 진행되고 있으며, 향후 친환경적인 방식으로 고효율 수소 생산이 가능한 수전해 방식으로 상용화될 것으로 기대된다.

2) 물 등의 용매에 녹아서 이온(전기를 띤 원자)을 형성해 전류를 흐르게 하는 물질

2) 정책 및 규제 현황

국제 사회는 탄소 중립 및 수소 사회의 실현을 목표로 그린 수소의 확대 및 국제적 수소 공급망 구축에 투자를 확대하고 정책적 지원을 강화하고 있다. 세계적으로 재생 에너지 발전 단지 및 수전해 설비 용량의 증설이 선제적으로 진행되고 있으며, 농업, 화학 산업, 해운업, 재생 에너지 수출입국 등 그린 암모니아 수요 기업의 증가와 국가간 협력에 힘입어 그린 암모니아 산업은 급격히 성장할 것으로 전망된다.

우리나라는 13 개 민간 기업과 5 개 공공 기관이 참여해 '탄소 중립을 위한 그린 암모니아 협의체'를 출범하였으며, 그린 암모니아의 전주기인 생산-운송-추출-활용 기술 개발 및 산업의 가치사슬 구축을 위한 저변 활동을 수행할 것으로 보여진다.

또한 호주(Asian Renewable Energy Hub, AREH), 사우디아라비아(NEOM 프로젝트), 일본 등을 중심으로 암모니아 기반의 국제적 수소 운송 프로젝트의 실증 개시 및 계획 발표가 활발하게 이뤄지고 있다. 그리고 수소 수출국으로 성장하기 위해서 대규모 그린 수소 프로젝트를 추진하고 있는 칠레, 오만, 모로코 등의 국가에서도 현재 암모니아를 가장 유력한 수소 운반체로 고려하고 있어 그린 암모니아에 대한 정책 지원 및 투자는 계속해서 확대될 것으로 예상된다.



표 1 암모니아 관련 정책 및 R&D 전략 지원 현황

국명	주요 내용
EU	<ul style="list-style-type: none"> 「EU 수소 전략」발표(2020) <ul style="list-style-type: none"> - 2030년까지 40 GW 재생 수소 전해조 설치, 1,000만 톤 재생 수소 생산(암모니아 등) 「Hozizon Europe Work Programme 2021-2022」공개(2021) <ul style="list-style-type: none"> - 「Zero Emission Waterborne Transport(ZEWT)」 민관 파트너십 출범을 통한 대용량 암모니아 수소 탑재형 저장 및 선박 연계 기술, 암모니아 해상 엔진 가능성 조사 연구개발 추진
호주	<ul style="list-style-type: none"> 「호주 국가 수소 전략」발표(2019) <ul style="list-style-type: none"> - 남호주의 재생 수소 및 그린 암모니아 공급망 실증 프로젝트, 북부 준주 그린 암모니아 생산 프로젝트 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> 경제산업성(METI) 산하 「암모니아 에너지 이사회」 설립(2020) 「2050 탄소 중립을 위한 녹색 성장 전략(2020)」온실 가스 감축에 기여 가능한 산업으로 암모니아 연료 산업 선정 및 실행 계획 제시 <ul style="list-style-type: none"> - (공급망 구축)수소 및 암모니아 비중 10 % 확대, 공급 단계 및 조달 규모 등 목표 제시 - (기술 개발)석탄 화력 발전에 암모니아 20 % 혼소 실증, 혼소율 확대 및 전소 기술 개발, 암모니아 연료 선박 기술 개발 및 실증
대한민국	<ul style="list-style-type: none"> 「수소 경제 활성화 로드맵」 및 「수소 기술 개발 로드맵」발표(2019) 「한국형 친환경 선박 추진 전략」발표(2020) <ul style="list-style-type: none"> - 암모니아 연료 추진 선박 기자재 기술 개발 및 실증 「수소 경제 민간 투자 계획 및 정부 지원 방안」발표 (2021) <ul style="list-style-type: none"> - 저장 운송 부문에서 고압 기체 수소에서 액화수소, 그린 암모니아 등으로 다양화 추진 그린 암모니아 전주기 기술 개발 협력 강화를 위한 「그린 암모니아 협의회」 출범(2021)

자료: 한국에너지기술연구원 탄소중립 연료: 암모니아 정책 및 산업동향(2021)

3) 시장 동향

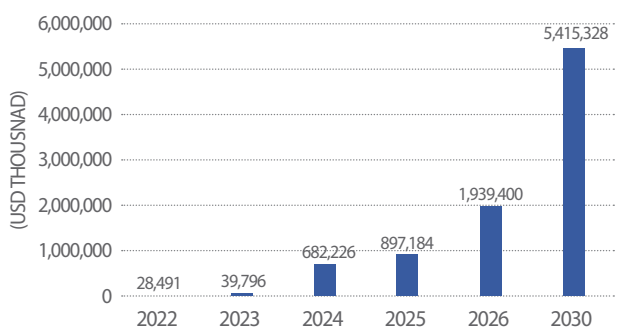
■ 시장 규모 및 전망

그린 암모니아는 전세계의 탄소 중립 정책으로 수소 운반체 및 친환경 에너지원으로서 수요가 증가하고 있으며, 지속 가능한 ESG 경영의 실현 수단으로서 친환경 에너지 전환에 참여하는 글로벌 기업이 증가하면서 빠르게 성장할 것으로 예측된다.

그린 암모니아의 세계 시장 규모는 2022년 2,849만1천 달러이며, 연평균 90.2 % 수준으로 성장해 2030년 54억1,532만8천 달러가 될

것으로 전망된다. 지역별로 살펴보면, 유럽 지역은 세계 그린 암모니아 시장 중 가장 큰 점유율을 차지하는데, 유럽과 북미 지역이 그린 암모니아 연구개발의 고도화와 국가 차원의 적극적인 지원으로 생산 측면에서 견인력을 얻었기 때문에 볼 수 있다. 유럽 지역은 2022년 1,339만1천 달러에서 연평균 85.3 %로 성장해 2030년 20억6,743만4천 달러에 이를 것으로 전망된다. 아시아태평양(APAC) 지역은 2022년 1,054만2천 달러에서 연평균 91 %로 성장해 2030년 18억8,720만6천 달러에 달해 지역별 시장 규모 중 가장 높은 성장률이 예측된다. 북미 지역은 2022년 256만4천 달러에서 연평균 90.7 %로 성장해 2030년 5억1,685만9천 달러에 이를 것으로 전망된다.

그림 1 세계 그린 암모니아 시장 규모(2022~2030)



출처 : Markets&Markets, Green Ammonia Market, 2021

그림 2 지역별 그린 암모니아 시장 규모(2022~2030)

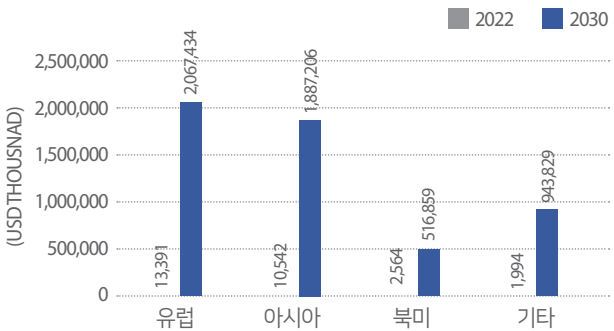


표 2 지역별 그린 암모니아 시장 현황 및 전망(2022~2030)

(단위: 천 달러)

구 분	2022	2023	2024	2025	2026	2030	CAGR(%)
유럽	13,391	20,141	317,590	409,949	854,635	2,067,434	85.3
아시아 (APAC)	10,542	13,697	219,074	290,594	490,235	1,887,206	91.0
북미	2,564	3,761	79,398	104,603	148,632	516,859	90.7
기타	1,994	2,197	66,165	92,038	445,897	943,829	105.6
계	28,491	39,796	682,227	897,184	1,939,399	5,415,328	90.2

출처 : Markets&Markets, Green Ammonia Market, 2021

수전해 방식에 따라 그린 암모니아 시장을 살펴보면, 알칼라인 방식은 2022년 2,345만2천 달러에서 연평균 88.8 % 수준으로 성장해 2030년 42억391만 달러가 될 것이고, PEM 방식은 2022년 346만6천 달러에서 연평균 92 % 수준으로 성장해 2030년 6,958만 달러가 될 것으로 전망된다. SOEC 방식은 2022년 157만3천 달러에서 연평균 104.7 % 수준으로 성장해 2030년 5억1,561만8천 달러가 될 것으로 전망된다. 글로벌 차원의 그린 암모니아 시장의 증가 추세는 세계 산업 및 기업의 ESG 경영 등 탄소 중립을 위한 친환경 에너지에 대한 요구에 따른 대규모 연구개발 투자에 영향을 받았기 때문에 판단된다.

그린 암모니아의 활용 분야는 신재생 에너지 발전, 운송/수송, 산업 원료로 <표 3>과 같이 대별할 수 있다. <표 4>에서 알 수 있듯이 그린 암모니아는 신재생 에너지 발전 분야에서 가장 높은 시장점유율을 보여 2022년 1,213만2천 달러이고, 연평균 93.2 %로 성장해 2030년 26억846만9천 달러가 될 것이다. 또한 운송/수송 분야에서는 2022년 822만2천 달러에서 연평균 88.6 %로 증가해 2030년 14억6,678만8천 달러에 이를 것이다. 그리고 산업 원료 분야에서 그린 암모니아 시장은 2022년 813만6천 달러에서 연평균 87 %로 성장해 2030년 13억4,007만1천 달러에 이를 것으로 전망된다.

표 3 그린 암모니아의 활용 분야별 사례

적용분야	내용
신재생 에너지 발전	• 기존 화력 발전 설비를 활용 또는 개조한 암모니아 혼소 발전, LNG 복합 발전 등 무탄소 연료 전환에 활용 (조선 해운 사업, 모빌리티)
운송/수송	• 대규모 액화 수소의 저장 및 장거리 운송을 위한 수소 운반체 역할
산업 원료	• 농업용 비료, 화학 약품, 의약품 제조 등 다양한 분야의 친환경 원료로 활용 가능

표 4 그린 암모니아의 활용분야별 시장 규모 및 전망(2021-2026)

(단위: 천 달러)

구 분	2022	2023	2024	2025	2026	2030	CAGR(%)
신재생 에너지 발전	12,132	17,141	296,741	396,001	881,211	2,608,469	93.2
운송/수송	8,222	11,543	195,561	255,223	560,140	1,466,788	88.6
산업 원료	8,136	11,112	189,924	245,960	498,049	1,340,071	87.0
계	28,490	39,796	682,226	897,184	1,939,400	5,415,328	90.2

출처 : Markets&Markets, Green Ammonia Market, 2021

I 경쟁 현황

세계는 탄소 중립을 실현하고 산업 경쟁력을 제고하며 에너지 안보를 강화하기 위해서 수소 경제³⁾를 적극적으로 추진하고 있다. 각국의 정책 수립과 인프라 구축, 그리고 시장 창출 등 수소 경제를 위해서 경제성과 효율성을 높이기 위한 전략적인 접근이 필요하며, 일부 국가와 기업의 노력만으로는 수소 경제를 실현할 수 없기에 국제적 민간 협력이 중요하게 강조되고 있다.

그린 암모니아의 산업 동향은 수소 운반체, 친환경 연료, 그린 암모니아 생산에 관한 분야로 구분해 살펴볼 수 있다. 수소 운반체로서의 그린 암모니아 산업 분야는 호주, 사우디아라비아, 일본을 중심으로 실증되고 있는데, 일본의 경우 호주, 캐나다 등에서 세계적인 규모의 암모니아 공급망 구축에 나서고 있으며, LNG 추진 선박 및 석탄 화력 혼소 등으로 암모니아의 이용 범위를 확대하기 위해 노력하고 있다. 친환경 연료 분야에서는 글로벌 해운사, 조선사, 중공업계 등의 주도로 암모니아 추진 엔진, 암모니아 연료 전지, 선박 실증 연구가 수행되고 있다. 독일의 만(MAN Energy Solutions), 일본의 이토추(ITOCHU), 미쓰비시파워(Mitsubishi Power), 국내에서는 삼성중공업, 한국에너지기술연구원 등에서 그린 암모니아 혼소-전소 기술을 개발해 그린 암모니아를 연료로 사용하여 탄소를 배출하지 않는 가스 터빈, 운송 및 선박 연료 기술을 개발하고 있다. 그리고 그린 암모니아 생산 분야에서는 비료 기업, 수전해 기업, 재생 에너지 개발 기업을 중심으로 생산 설비를 구축하고 있으며, 덴마크의 스코프고르인베스트(SkovgaardInvest), 독일의 지멘스(Siemense), 미국의 KBR, CF 인더스트리(CF Industries) 등에

서 저압 촉매 및 공정 에너지 효율의 향상시키기 위한 차세대 그린 암모니아 기술을 개발하고 있고, 국내에서는 한국에너지기술연구원, 씨이에스, 현대자동차, 젠스엔지니어링, 한국과학기술연구원(KIST)이 고순도 수소를 생산하는 공정에 대한 연구개발을 공동으로 수행중이다.

4) 애널리스트 인사이트

그린 암모니아는 친환경 선박 및 석탄-가스 발전의 탈탄소를 위한 연료 전환의 수단으로서 직접 활용 영역과 수소 운반체로서의 간접 활용 영역까지 확대되고 있으며, 기존의 암모니아에 비해 화석 연료에 대한 의존도가 낮아 온실 가스의 배출 감소에 기여할 수 있다. 향후 그린 암모니아를 생산하기 위한 수전해 기술은 그린 암모니아 시장에서 지배적인 기술이 될 것으로 판단되고, 암모니아 생산 공정의 탈탄소화에 대한 높은 관심과 그린 수소 생산의 확대, 재생 가능 에너지원에 대한 탐색 강화는 그린 암모니아 시장의 성장을 견인할 것으로 예상된다.


우리나라는 제조업 중심의 국가로 에너지 소비가 많은 산업을 중심으로 그린 수소 및 그린 암모니아 등 무탄소 연료 전환을 위한 노력이 필요하며, 대량의 그린 수소를 안정적이고 효율적으로 공급하기 위해서는 그린 암모니아를 활용한 저장 및 운송 기술의 개발에 적극적인 투자가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 현재 그린 암모니아 산업은 수소 차량과 연료 전지에 집중되어 있다. 하지만 향후 수소 경제 실현을 위해서는 철강, 석유화학, 정유 등 에너지 다소비 산업에서의 에너지 전환 그리고 스마트팜, 제조업, 공동 주택 등의 신기술 적용사례 발굴을 통한 확산모델 개발이 필요할 것이다. 

표 5 시장 영향 요인 분석

촉진 요인

- 온실 가스 배출에 대한 감축 의무 증가
- 그린 수소, 그린 암모니아 등 친환경 에너지에 대한 대용량 저장 및 운송 수요 증가
- 농업 생산 증가 및 그린 비료에 대한 수요 증가

저해 요인

- 그린 암모니아 생산-유통 인프라 구축을 위한 높은 초기 투자 비용
- 기반 기술에 대한 진입 장벽이 높아 소규모 업체의 시장 진입 어려움

기회 요인

- 암모니아 생산 공정의 탈탄소화 기술 개발
- 전기 분해를 통한 수소 생산 비용의 감소
- 수소 연료 전지의 활용 분야 확대

위험 요인

- 그린 암모니아에 대한 낮은 인식
- 수소 수입에 따른 수소 생산 업체의 리스크

3) 수소를 주요 에너지원으로 사용하는 경제 산업 구조로서 기존 화석 연료를 수소로 대체하는 것을 의미함.