

## 블록체인 기반 ESG 정보공시 플랫폼 구축 방안 연구

최 하 늘\*

### 〈 목 차 〉

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| I. 서론                     | IV. 프로토타입 구현과 검증     |
| II. 이론적 배경                | V. 결론 및 한계점과 향후 연구과제 |
| 2.1 ESG 정보공시 연구           | 참고문헌                 |
| 2.2 블록체인과 NFT 연구          | <Abstract>           |
| III. NFT 기반 ESG 정보 공시 시스템 |                      |

### I. 서론

ESG에 대한 세계적 관심은 최근 들어 급격히 늘어난 기상 이변 등의 기후 변화로 인해 더욱 가속화되고 있다. 각국은 기업들의 ESG 요건 준수를 강화하는 제도적 장치들을 확대하고 있다. 이는 급격한 기후 변화와 기상 이변 등으로 기업의 경제적 손실과 불확실성이 늘어나고 있어 각국 금융기관과 기업, 각국 정부가 이에 대응할 필요성을 느끼게 됐기 때문이다. 이와 관련하여 EU는 ESG에 관한 기업 의무를 강화하는 여러 법제 관련 정책을 수립하였다. 대표적인 예로 금융기관 투자 상품의 지속가능성 정보 공개를 의무화한 지속가능금융공시 규정(SFDR), 기업 활동의 사회적 환경적 영향을 분석하고 공개하는 비재무정보보고 지침(NFRD), 환경적으로 지속가능한 경제활동을 정의하는

기준을 제시하는 분류체계 규정(Taxonomy), 공급망 전체의 환경과 인권 보호를 위한 실사 의무를 부여하는 공급망 실사 제도(Due diligence)가 이에 해당한다(임형철, 정무섭, 2021). 최근 EU는 기존의 비재무 정보 공개 지침(NFRD)을 대체한 새로운 기준으로 지속가능성 보고 지침(Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD)을 2023년부터 발효했다. CSRD를 통해 임직원 수 250명 이상인 EU 및 비EU 기업까지 공시 의무 대상을 확대했다(이병운 2024). 미국도 상장기업의 기후 관련 정보공시 의무화 규정 초안을 공개하였으며 기후 위험에 대한 영향, 온실가스 직간접 배출량에 대한 공시를 규정했다.

우리나라도 ESG를 통한 기업의 책임을 강화하고 있다. 금융위원회는 지속가능경영연구보고서 공시를 단계적으로 의무화하여 2025년부터

\* 계명대학교, 경영정보학과 부교수, hanoolchoi@kmu.ac.kr(주저자)

터는 일정 규모 이상의 상장회사는 ESG 활동 내역을 담은 지속가능경영보고서를 의무적으로 공시하도록 하였다(김성화, 2021). 산업통상자원부는 다양한 ESG 글로벌 기준들을 토대로 우리나라 실정에 맞는 K-ESG 기준을 도입했다(산업통상자원부, 2021). 이를 통해 대기업을 비롯하여 특히 ESG 대비 역량이 취약한 중소기업을 위한 ESG 평가 대비를 위한 가이드스를 제공했다. 또한 대한상공회의소는 2021년 ESG 플랫폼을 구축하여 ESG 우수 실천 사례를 비롯하여 관련 정보를 기업들에 제공하는 서비스를 운영하고 있다.

다양한 ESG 기준을 준용하여 기업의 ESG 정보를 공시하는 데 있어 중요한 것은 바로 ESG 정보의 신뢰성과 품질이다. ESG 경영보고서 작성에 주로 사용되는 GRI를 비롯하여 TCFD, SASB, ESG 글로벌 이니셔티브가 요구하는 비재무정보는 중대성(Materiality), 신뢰성, 명확성, 비교가능성과 일관성, 전망과 검증가능성의 여섯 가지 기준으로 압축된다(대한상공회의소, 2022). 이중 공시의 신뢰성과 명확성은 많은 ESG 공시 관련 연구에서 중요하게 다루고 있으며 신뢰성을 높이기 위한 수단으로 제3자 검증의 필요성을 언급하고 있다(고일훈, 2023; 김지웅, 2023; 이상호 등, 2023). ESG 정보공시의 중요성은 높아지고 있으나 지원 시스템에 관련 연구는 부분적으로 수행되고 있다. 최근 연구는 ESG 업무 수행의 효율성을 높이기 위한 ESG 데이터 통합관리 모델과 정보시스템 프레임워크를 제안하거나 ESG 정보를 통합적 제공을 위한 기존 공시 시스템 활용과 시스템들 간의 통합의 필요성을 주장했다(김승욱, 2024; 김신영, 홍윤선, 2021). 그러나 ESG 운용

시스템의 구현과 운영 단계에는 미치지 못하고 있다.

이에 본 연구는 기업들의 ESG 평가 자체 수준 진단과 외부 기관 평가 등을 통해 글로벌 시장 변화에 대응할 수 있는 블록체인 기반의 ESG 정보공시 플랫폼을 제안하고자 한다. 블록체인은 디지털 기반의 분산 원장으로 참여자들이 같은 원장을 공유하는 특징이 있다. 따라서 악의적인 누군가에 의한 위변조가 어려워 원장에 기록되는 정보는 보안성과 신뢰성이 있다. 그리고 참여자들에게 개방되어 있어 원장 정보를 조회할 수 있으므로 거래 정보의 가시성이 높은 특징이 있다. 따라서 블록체인을 활용하면 ESG 공시 정보의 신뢰성을 높일 수 있다.

또한 본 연구는 ESG 공시 정보를 NFT로 발행하여 관리하는 시스템을 제안한다. NFT는 디지털 자산의 희소한 가치를 보장하고 고유성을 입증하기 위한 블록체인 상에서 발행되는 토큰의 일종이다. 게임 아이템 등의 디지털 자산에서 미술품이나 부동산 등의 물리적 자산도 NFT로 발행하여 유통되어 시장이 확대되고 있다. 기업의 ESG 공시 정보는 발행되는 시점의 기업의 ESG 경영 현황데이터를 검증한 결과물로 기업이 보유한 고유한 자산으로 간주할 수 있다. 공시 정보를 NFT로 생성하여 유통하면 정보의 신뢰성도 높아질 수 있다. 최근 연구들은 ESG 공시 정보의 신뢰성을 높이기 위한 방법으로 3자 검증의 필요성을 언급하고 있다. 검증 기관들이 기업의 ESG 공시 정보에 대한 검증을 수행하고 과정과 결과를 블록체인에 기록하면 검증의 신뢰성을 제고할 수 있을 것이다. 평가 기관들도 블록체인을 통해 과정을 기록하면 결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다. 기업

은 검증과 평가를 블록체인을 통해 수행하여 해당 결과를 통합하여 NFT를 발행하고 이해관계자에게 신뢰성 있는 정보를 공유할 수 있게 된다. 또한 기업은 ESG 정보공시를 위해 GRI, SASB 등 다양한 ESG 이니셔티브에 맞추어 NFT를 발행할 수 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 기업을 비롯하여 ESG 정보공시와 관련된 이해관계자들이 참여하는 블록체인 시스템의 구조를 제시하고, ESG 정보공시 및 유통을 위한 NFT 구조를 정리하여 블록체인 기반의 ESG 정보공시 플랫폼을 제안하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 ESG 정보공시 연구

ESG 정보공시에 관한 연구는 다양한 글로벌 ESG 기준에 관한 연구를 통한 공시 제도 개선 방안에 관한 연구, 공시 품질에 영향을 미치는 요인, 기업 가치 제고를 위한 공시의 중요성, 3자 인증을 통한 공시 신뢰성 제고 등에 관한 연구가 있었다. 장대철 등(2023)은 다양한 ESG 공시 표준 간의 호환성을 높이기 위해 개발된 다차원 및 다속성의 프레임워크에 대한 연구를 수행하였다. 이들 연구의 MDF는 ESG 공시 표준에서 요구하는 지표들의 다양한 특성을 포괄적으로 분류하여 공시 표준 간의 유사한 지표를 식별할 수 있도록 지원한다. 따라서 이를 통해 관련성 높은 공시 표준들에 대한 파악을 통해 ESG 공시 요구에 더욱 효율적으로 대응할 수 있게 한다.

육근호와 최미화(2022)는 공시 품질에 영향을 미치는 여러 요인 중에서 기업 지배구조 내의 요인들과 그 상호작용 효과를 실증적으로 분석했다. 연구에 따르면 겸임 여부와 같은 강력한 CEO의 권력은 공시 품질에 부정적으로 작용할 수 있으나 이사회 크기는 공시 품질을 향상하는 중요한 요인이 될 수 있음을 밝혔다. 최미화(2023)은 ESG 공시 품질에 미치는 영향을 분석하기 위해 세 가지 주요 요인, 즉 내부 지배구조와 외부 지배구조 관련 변수를 중심으로 실증 연구를 수행했다. 내부 지배구조 요인으로는 CEO 겸임과 이사회 활동성을, 외부 지배구조 요인으로는 외부 검증을 분석했다. 연구를 통해 내부 지배구조의 효율성과 외부 감독의 역할이 ESG 공시의 질적 수준을 결정하는 데 있어 중요한 요소임을 밝혔다. 즉 ESG 보고서가 독립적인 3자에 의해 검증 여부가 공시 품질을 제고할 수 있음을 주장했다.

선우희연 등(2022)의 연구는 ESG 중요성(Materiality) 공시가 주식 시장 투자자의 반응에 미치는 영향을 실증 분석한 연구이다. 중요성을 기반으로 한 ESG 활동 공시가 주식 시장에서 긍정적인 반응을 끌어내고, 특히 중요한 ESG 활동에 대한 공시가 증가할 때 주식 수익률이 상승한다는 것을 밝혔다. 정운태와 안영규(2022)는 산업통상자원부의 K-ESG 기준을 활용하여 ESG 활동 및 정보공시가 기업의 재무성과에 미치는 영향을 실증적으로 분석했다. 연구에 따르면 ESG 활동은 재무성과에 긍정적 영향을 미치나 ESG 정보공시는 유의미한 영향을 주지 않았음을 보였다. ESG 정보공시 의무화가 예정된 시점에서 ESG 공시 제도 정비를 통해 실효성을 높여 투자자의 신뢰를 높이고

기업의 부담을 줄이는 제도개선 필요성을 주장했다.

김지웅(2023)은 ESG 공시와 관련하여 매체의 종류, 공시 기준에 따른 공시 내용, 공시 정확성 보장의 중요성을 주장하고 있다. 해외 주요국은 공시에 담긴 정보의 정확성을 담보하기 위하여 제3자 검증(assurance)을 강화하는 추세가 있으므로 이러한 부분의 고려가 필요하다고 주장했다. 이상호 등(2023)은 EU의 CSRD와 미국의 SEC 제도를 중심으로 최신 ESG 공시 제도의 변화를 분석하여 한국 기업의 ESG 공시에 대한 전략적 대응 방안을 제시했다. ESG 공시 신뢰도를 제고하는 방안으로 3자 인증의 의무화 방안의 필요성을 언급하고 있다. 고일훈(2023)은 일본의 ESG 정보공시 제도 동향 분석을 통해 한국을 포함한 다른 국가들의 ESG 정보공시 정책 발전 방향에 관해 연구했다. 특히 ESG 정보공시의 의무화와 통합된 공시 기준의 중요성을 언급했으며 독립적인 공시 기준과 3자 인증제도의 수립이 필요성을 주장했다. 특히 3자 인증제도는 국제적인 ESG 정보공시의 흐름과 일치하며 공시 정보의 품질을 높이는 중요한 방법임을 주장하고 있다.

김광록(2023)은 미국 기업들이 Regulation S-K를 포함한 다양한 규제 요건의 준수와 공시 연구를 통해 우리나라도 유사한 접근을 통해 ESG 정보공시의 표준화 및 시스템화를 추진할 것을 주장했다. 공시 의무를 확대하고 이를 표준화하며 범위를 명확하게 하고 다양한 방식의 공시를 통해 우리나라 정보공시를 국제적 기준에 맞출 수 있다고 주장했다. 김신영과 홍윤선(2021)은 유럽연합(EU)의 ESG 공시 제도와 같은 선진적인 접근 방식을 참고하여 공시 정보

의 일관성과 접근성을 개선하는 방향으로 우리나라 정보공시 개선 방안을 제시했다. 일관성을 높이기 위해 기업의 ESG 관련 정보공시를 표준화하고 명확한 지침을 제공하여 정보의 질을 향상할 수 있다고 주장했다. 또한 한국의 환경정보공개시스템(KIND)과 같은 중앙집중형 정보 공개 시스템과의 연계를 통해 ESG 관련 정보를 제공하여 투자자와 이해관계자의 정보 접근성을 높이는 방안을 제시하였다.

ESG 정보 관리 인프라 및 공시 시스템 관련 연구로 이순호(2021)는 중소기업을 위한 ESG 금융 플랫폼을 구축하여 ESG 컨설팅과 중개 서비스의 필요성을 언급하였다. 나수미(2021)는 중소기업을 위한 ESG 정책 방향으로 기준을 제공하고 ESG에 대한 교육 및 인식 확대와 더불어 ESG 데이터 관리를 위한 오픈 플랫폼 제공이 필요하다고 주장했다. 대한상공회의소와 삼정KPMG(2021)의 조사에서도 중소기업 ESG 경영에서 ESG 정보의 체계적인 관리의 필요성을 지적하고 있다. ESG 현황 진단을 통한 실천 과제 도출 및 성과 관리를 위해서 안정적인 데이터 관리 체계가 필요함을 언급하고 있다. 김승욱(2024)는 효율적 ESG 정보공시를 위한 정보 시스템 구축의 필요성을 주장하였다. 특히 다양한 유형과 출처의 ESG 관련 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 중앙데이터베이스나 클라우드 기반의 통합관리 모델을 제시하였으며 기업 ERP 시스템과의 통합 방안에 대하여 제시하였다.

## 2.2 블록체인과 NFT 연구

블록체인은 비트코인으로 시작된 암호화폐

열풍과 함께 시작된 1세대 기술에서 스마트 계약이 포함되어 활용성을 높인 2세대 이더리움을 비롯하여 물류, 금융, 보건/의료 등의 다양한 분야로 확대되고 있다(정아군, 김근형, 2020). 특히 물류 분야에서 블록체인은 해운 기업인 머스크가 IBM과 합작한 허가형 블록체인 기반의 TradeLens 서비스가 2018년 도입되어 운용되었다(Lal and Johnson, 2018). 물류 분야에서 블록체인 도입 시 투명성 제고, 합의 기반의 정보 입증, 스마트 계약을 통한 자동화 등의 이점이 존한다(Blossey et al., 2019). 이러한 장점으로 월마트는 IBM과 협력하여 중국 시장의 식품 물류 과정에서 식품 안전관리와 리콜 발생 시 신속한 처리를 위해 블록체인을 도입하였다(Hoffman, 2021). 월마트는 블록체인을 통해 공급망 상의 다양한 기업들의 참여를 통해 식품 원산지과 품질 관리에 대한 가시성을 높여 시장 소비자들의 신뢰를 얻을 수 있었다. 금융 산업에서는 중개 기관이 필요하거나 디지털화되지 않은 서비스의 자동화 목적으로 기업들에 의해 활용되고 있다(박정호, 2018).

블록체인이 다양한 산업에 활용되기 위해서는 확장성(Scalability)과 보안성을 높이기 위해 참여자의 인증이 필요하며 신원에 맞는 권한을 부여해야 한다(Woods and Iyengar, 2019). 이런 관점에서 기존의 암호화폐 중심으로 활용됐던 개방형 블록체인은 기업 간 거래에 적합하지 않다. 개방형 블록체인은 불특정 다수로 구성된 노드로 작업증명이라는 합의 알고리즘을 채택하고 있다(아카하네 요시하루, 아이케이 마나부, 2018). 비트코인과 같은 암호화폐의 합의 알고리즘과 블록 생성 방식은 다량의 거래 처리가 필요한 기업 간 거래에 적합하지 않다.

Fersht(2019)은 기업 간 거래에 적합한 블록체인들의 특징들로 보안, 확장성, 거래 완결성과 확인할 수 있는 참여자 요건을 제시하였다. 또한 기업 간 거래에 적합한 블록체인 플랫폼들을 제시하고 각각의 특징을 제시했다. Dutta et al.(2020)은 다양한 블록체인 플랫폼 중에서 기업 간 거래에 특화된 하이퍼레저 패브릭은 금융 거래를 비롯하여 공급망 관리, 제약 유통 등에서 활용되고 있음을 언급했다.

블록체인의 보안성이나 가시성의 특징은 기업 정보공시에도 활용될 수 있다. 그러나 개방형 블록체인은 확장성의 한계, 신원 확인이 어려운 특징으로 실명 기반의 기업 정보공시에 적합하지 않을 것이다. 불특정 다수의 참여가 아니라 신원 인증이 가능한 제한된 참여자로 구성된 허가형 블록체인이 기업 공시를 위한 블록체인에도 적합한 형태로 볼 수 있다. NFT는 따라서 본 연구에서는 기존의 연구에서 지적하고 있는 ESG 정보의 체계적인 관리와 공개를 위한 방안으로 블록체인 기반의 ESG 정보공시 플랫폼을 제안하고자 한다. 블록체인 기술의 장점인 위조 불가능한 불변 원장의 특징을 토대로 가시성과 신뢰성을 높일 수 있는 ESG 정보공시 시스템을 제안하고자 한다.

NFT는 디지털 자산의 희소한 가치를 보호하고 소유권의 확인을 가능하게 만드는 블록체인 기반의 토큰이다. NFT는 주로 게임의 아이템이나 디지털 아트 상품 그리고 스포츠 콘텐츠 등과 더불어 부동산이나 미술품과 같은 물리적 자산을 대표하는 형태로 확대되고 있다(권혁준 등, 2021). NFT는 엔터테인먼트 산업에서의 활용 관련 연구, 게임 내 아이템 등 디지털 자산 유통 플랫폼 관련 연구, NFT 거래 활성화를 위

한 대체 거래서 설립에 관한 연구와 부동산 자산에 대한 NFT 유동화 증권에 관한 연구 등 NFT의 활용에 관한 연구들이 있었다(김가영 등, 2023; 이정민, 이민혁, 2023; 최성원 등 2021). 또한 NFT 거래 활성화를 위한 사용자에 관한 연구로는 기술 수용 모형을 적용하여 구매 의도에 영향을 미치는 연구(이상훈, 김수연, 2022)와 가치기반수용이론 등을 통해 구매의도에 영향을 미치는 요인들에 대한 실증 연구(나화성, 이상우, 2023; 정기수 등, 2022)가 있었다.

NFT는 블록체인을 메인넷으로 하여 발행되고 거래되는데 현재 다수의 NFT 유통 거래 플랫폼은 이더리움을 메인넷으로 하고 있다(정기수 등, 2022). 대표적인 NFT 플랫폼으로 Opensea, 미술품 중개를 전문으로 하는 Superare 등이 있다. 이는 모두 일반 소비자를 대상으로 하여 이더리움을 기반으로 운영되고 있다. 기업의 ESG 정보공시는 B2C 형태의 거래가 아니며 신원 인증이 된 기업이나 이해관계자의 참여가 전제되므로 개방형 블록체인을 활용하는 데는 제약이 있다.

따라서 본 연구는 NFT의 발행과 공유 및 거래를 개방형 블록체인이 아니라 허가형 블록체인을 기반으로 인증된 기업과 기관들로 구성한다. 특히 기업의 보유한 ESG 정보 자원을 NFT를 통해 관리하여 이해관계자와 공유할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 이를 통해 변화된 시장 환경에서 ESG 경영을 통해 사회적 환경적 요구에 대응할 수 있도록 한다.

### III. NFT 기반 ESG 정보공시 시스템

#### 3.1 기업 간 거래를 위한 블록체인 플랫폼

본 연구는 기업 간 거래에 특화된 블록체인 플랫폼 중에서 IBM의 하이퍼레저 패브릭(Hyperledger Fabric)을 기반으로 ESG 공시 블록체인 시스템을 구축한다. 본 연구에서 하이퍼레저 패브릭을 사용하는 이유는 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로 하이퍼레저 패브릭은 허가형 블록체인으로 신원이 인증된 참여자로 구성된다. 기업 간 거래는 특성상 상대방에 대해 명확한 신원 확인이 필요하다. 본 연구는 ESG 공시 자료 기반의 NFT의 생성 과정과 공유를 위한 블록체인 플랫폼을 제안한다. NFT의 생성 과정에서 기업은 자체적으로 작성한 ESG 경영보고서 자료의 공시를 위한 데이터 인증을 외부 기관을 통해 받는다. 그리고 데이터 인증된 경영보고서에 대한 평가를 외부 기관을 통해 수행한다. 또한 최종적으로 생성된 NFT는 블록체인 플랫폼을 통해 투자자나 소비자 등 이해관계자에게 공개된다. 따라서 익명의 참여자로 구성된 블록체인 플랫폼보다 허가형 블록체인 플랫폼이 더 적합하다.

두 번째로 규모 확장성 문제이다. 비트코인이나 이더리움 등 개방형 블록체인 플랫폼은 거래 규모 확대에 따른 속도의 문제가 발생한다. 비트코인의 경우 10분에 하나의 블록이 완성되어 거래가 저장된다. 하이퍼레저 패브릭은 기존의 블록체인 플랫폼에 비해서 비교적 빠른 처리 속도를 가지고 있다(Woods and Iyengar, 2019).

세 번째로 거래 확정성 문제이다. 기존의 개방형 블록체인의 작업증명 방식은 블록에 담기더라도 추후 상이한 블록체인 간의 충돌로 인

해 거래가 확정되지 못할 수 있다. 따라서 거래가 블록에 저장되어도 6개 이상의 블록이 추가로 생성되기 전까지는 거래가 완료됐다고 하기 어렵게 된다. 그에 비해 하이퍼레저 패브릭은 블록을 만드는 역할을 담당하는 피어 노드(peer node)가 블록체인 네트워크 전체에 브로드캐스팅(broadcasting)된 거래를 모아 오더러 노드(orderer node)에게 전달한다. 따라서 모든 거래를 순서대로 정렬하여 이를 블록화하기 때문에 블록에 저장되면 거래가 확정적으로 완료된다.

### 3.2 정보공시 NFT 발행 및 거래 플랫폼

NFT는 디지털 자산의 희소한 가치를 보장하고 소유권을 증명할 수 있는 토큰(token)이다. 최근 들어 NFT는 게임 아이템이나 디지털 콘텐츠 등 전자적 무체물뿐만 아니라 부동산이나 한정판 물품 등에도 적용되고 있다. NFT는 주로 개방형 블록체인인 이더리움을 메인넷으로

하여 이더리움을 기반으로 하는 결제 시스템을 활용하여 비즈니스가 이루어지고 있다. 다수의 NFT 마켓플레이스가 이더리움 기반이나 기업 간 거래를 위한 NFT 활용 플랫폼으로는 앞서 설명한 이유로 적합하지 않다.

또한 거래 목적의 NFT가 되는 경우 결제가 중요한데 이더리움 기반의 거래는 가치 변동성의 문제로 적합하지 않다. 그리고 이더리움 기반으로 거래가 이루어지는 경우 거래에서 발생하는 이더리움 가스(gas) 비용은 일종의 거래 비용으로 누군가가 부담해야 할 비용이 된다. 따라서 메인넷으로 앞서 제시한 허가형 블록체인 플랫폼인 하이퍼레저 패브릭을 기반으로 NFT의 생성과 공유, 거래 환경을 구축한다.

### 3.3 GRI 환경 기준을 반영한 NFT 정의 및 발행 과정

본 연구는 현재 우리나라 많은 기업이 ESG

<표 1> GRI 환경 기준

지표	항목명	내용
GRI 301	자재	- 자재 사용의 효율성과 지속 가능성에 대한 정보 등 - 예: 생산 과정에서 사용된 재생 가능 자재/비재생 자재의 비율, 총량 등
GRI 302	에너지	- 에너지 소비량과 에너지 효율성 측면 등 - 예: 조직이 사용한 총 에너지 소비량, 재생 가능 에너지 사용 비율
GRI 303	물과 폐수	- 물 사용과 관리, 폐수 처리 방법에 대한 정보 등 - 예: 총 물 소비량, 물 재활용 및 재사용 비율
GRI 304	생물 다양성	- 기업 활동이 생물 다양성에 미치는 영향 등 - 예: 영향을 받는 보호 지역 및 생물 다양성에 대한 영향 평가 결과
GRI 305	배출	- 온실가스 배출량과 오염 물질 배출에 관한 정보 등 - 예: 온실가스 총 배출량, 배출 감소 노력 및 결과
GRI 306	폐기물	- 폐기물 발생과 처리에 대한 정보 등 - 예: 생성된 폐기물의 종류와 처리 방법, 재활용된 폐기물의 양
GRI 307	환경준수	- 환경 법규 준수와 관련된 정보 - 예: 환경 법규 위반 사례 및 관련 벌금.
GRI 308	공급업체 환경평가	- 공급망 내에서의 환경 평가 및 관리 접근 방식에 대한 정보 - 예: 환경 기준에 따라 평가된 공급업체의 비율, 협력을 통한 환경 개선

성과 보고를 위해 사용하는 기준인 GRI를 활용하여 NFT를 생성한다. GRI 기준 중에서도 환경 분야(300단위)의 기준들을 활용하여 해당 지표별로 내용을 담고 있는 NFT를 생성하고자 한다. 아래는 GRI 기준 중에서 본 연구에서 다루고자 하는 환경 분야 기준들을 정리한 표이다.

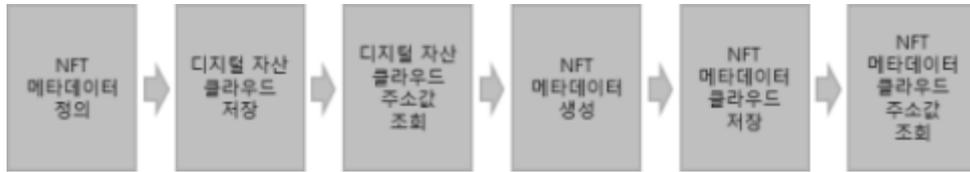
기업의 ESG NFT는 기업의 ESG 현황에 대한 공시 수단이라는 목적으로 발행된다. 공시를 위해 기업이 발행한 NFT는 글로벌 ESG 평가 기준을 준용하여 작성된 ESG 지속가능보고서의 자료를 바탕으로 한다. NFT에는 투자자를 포함한 이해관계자에 공개를 위해 지속가능보고서의 자료에 대한 3자 검증 결과와 글로벌

ESG 기준에 따른 평가 결과가 포함되어야 한다. 따라서 NFT 메타데이터에는 공시 정보의 인증 및 평가 항목이 추가된다. ESG NFT 생성을 위해 3자 검증과 외부 기관 평가의 과정을 모두 블록체인상에서 진행되도록 하여 신뢰성을 높이고자 한다. 아래 <표 2>는 검증과 평가 정보가 담긴 ESG NFT의 메타데이터의 형태를 나타낸다.

NFT의 발행은 NFT가 대표하는 디지털 자산을 저장한 주소와 이 주소를 포함한 NFT 메타데이터의 주소(URI)를 만드는 과정을 거친다. NFT를 발행하는 과정을 정리하면 아래 그림과 같다.

<표 2> 기업 공시를 위한 NFT 메타데이터 구조

항목	하부항목	내용	작성
title	description	ESGNFT 명칭 (발행 기업)	ESG 공시 정보 (공시 기업 작성)
	creator	ESG 지속가능보고서 작성자	
	year	지속가능보고서 대상 연도	
	content	ESG 지속가능보고서 자료 주소(CID)	
	external_url	지속가능보고서 웹주소	
	attributes	trait_type	
attributes	category	공시 항목 분류 (환경 분야 301-308)	
	value	공시 내용 (정량 수치 등)	
	agency	검증기관명	공시 정보 검증 (외부 인증 기관 작성)
Evidence_url	검증 근거 웹 주소		
date	검증 완료 일자		
Ipfs_address	검증 자료 보고서 자료 주소(CID)		
evaluation	agency	평가 기관명	ESG 보고서 내용 평가 (외부 평가 기관 작성)
	method	ESG 평가 기준(GRI, SASB 등)	
	result	평가 결과	
	date	평가 완료일	
	Ipfs_address	평가 보고서 자료 주소(CID)	



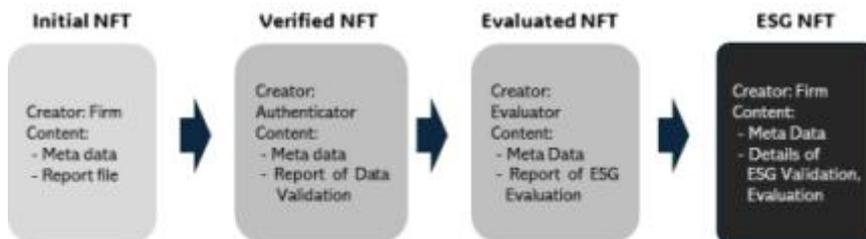
<그림 1> NFT 발행 과정

NFT 메타데이터를 정의하고 NFT가 대표하는 디지털 자산을 클라우드에 저장한다. 저장된 디지털 자산의 주소를 메타데이터에 포함하여 NFT 메타데이터를 생성한다. 생성된 NFT 메타데이터를 클라우드에 저장한다. 클라우드에 저장된 NFT 메타데이터의 주소가 NFT의 URI (Uniform Resource Identifier)가 된다. NFT의 발행과 거래 시에 블록체인에 저장되는 NFT 정보는 NFT URI값이다. 따라서 NFT를 발행하면 발행자와 발행한 NFT URI를 블록체인에 기록한다. NFT의 거래를 통해 소유자가 변경되면 새로운 소유자 정보와 NFT의 주소를 블록체인 원장에 기록한다.

본 연구에서는 세 개의 NFT 발행과 이전 과정을 통해 최종적으로 ESG NFT를 발행한다. 기업이 ESG 경영보고서를 토대로 발행하는 Initial NFT, Initial NFT를 넘겨받아 검증을 수행한 뒤 인증 기관이 발행하는 Verified NFT, 그리고 Verified NFT를 넘겨받아 평가를 수행

한 뒤 평가 기관이 발행하는 Evaluated NFT이다. 전체 과정은 아래 그림과 같다.

기업은 글로벌 ESG 평가 기준에 따라 기업이 속한 산업에 특성에 맞는 ESG 경영보고서를 작성한다. 작성한 보고서는 NFT가 대표하는 디지털 자료(Report file)로 저장한다. 보고서 초안을 토대로 초기 NFT(Initial NFT)를 만들고 3자 검증을 위해 인증기관에 전송한다. 인증기관은 기업의 요청에 따라 Initial NFT를 검토하여 공시 데이터의 검증을 수행하고 인증 결과 보고서를 만들어 인증 NFT(Verified NFT)를 생성한다. 인증기관은 기관명, 인증 승인일 그리고 인증 결과 보고서 자료(Report of Data Validation)를 클라우드에 저장하고 주소를 포함하여 인증 NFT를 생성한다. 인증 NFT를 발행을 비롯한 하이퍼레저 패브릭의 모든 스마트계약 실행은 하이퍼레저 패브릭의 인증 서버(Fabric CA)를 이용하여 전자서명으로 서명된다.



<그림 2> ESG NFT의 생성 과정

<표 3> NFT 기반 ESG 정보공시 블록체인 플랫폼 개념도

참여자	ESG 정보공시 기업	ESG 정보 인증 기관	ESG 공시 정보 평가 기관	투자자 등 이해관계자
블록체인 프로세스	<ul style="list-style-type: none"> <li>ESG 정보 인증을 위한 Initial NFT 발행</li> <li>Evaluated NFT로 이해관계자를 위한 ESG NFT 발행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Initial NFT로 ESG 정보 검증하고 결과로 Verified NFT 발행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verified NFT로 ESG 정보 평가 결과로 Evaluated NFT 발행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ESG NFT 조회, 거래</li> <li>소비 및 투자 결정을 위한 자료로 활용</li> </ul>
주요 역할	<ul style="list-style-type: none"> <li>기업 ESG 활동 정보의 평가와 인증 결과가 담긴 ESG NFT 발행</li> <li>ESG NFT 발행을 위해 인증 및 평가기관으로 NFT 이전 및 발행 요청</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기업으로부터 이전받은 Initial NFT로 기업 ESG 정보의 3자 검증 수행</li> <li>수행 결과로 인증 (Verified) NFT 발행 및 기업 이전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기업으로부터 이전받은 인증 NFT로 기업 ESG 활동 평가 수행</li> <li>평가 결과로 평가 (Evaluated) NFT 발행 및 기업 이전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>블록체인상에서 ESG NFT 조회 및 거래</li> </ul>
시스템 활용 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>ESG 정보 인증과 평가를 3자를 통해 수행하여 신뢰성 있는 ESG 공시 정보 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인증 NFT는 검증기관의 가치 있는 고유한 디지털 자산으로 관리</li> <li>인증 NFT의 유통과 거래</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가 NFT는 평가기관의 가치 있는 고유한 디지털 자산으로 관리</li> <li>평가 NFT의 유통과 거래</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>블록체인을 통해 검증과 평가를 거쳐 발행된 ESG NFT로 신뢰성 있는 기업 ESG 활동 파악</li> <li>이해관계자의 의사결정에 활용</li> </ul>

생성한 인증 NFT는 기업에 전송된다. 본 연구는 하이퍼레저 패브릭이 암호화폐를 지원하는 플랫폼이 아니기 때문에 블록체인상에서 결제를 다루지 않았다. 따라서 인증 서비스에 대한 비용 지급은 블록체인 밖에서 이행된다. 기업은 전송된 인증 NFT를 검토한 뒤에 해당 인증 NFT를 평가 기관에 전송한다. 평가 기관은 전달받은 인증 NFT의 메타데이터를 통해 기업이 작성한 ESG 지속가능보고서와 인증기관이 작성한 공시 정보 검증 결과보고서를 검토한다. 평가기관은 ESG 평가 기준에 따라 평가 NFT(Evaluated NFT)를 만든다. 평가 NFT는 평가 기관명, 평가에 사용된 방법론, 평가 일자, 평가 결과 보고서 클라우드 저장 주소 등을 포함한다. 완성된 평가 NFT는 기업으로 전송되

는데 기업은 이를 검토하여 최종적으로 ESG NFT를 발행한다. 위의 <표 3>은 전체 프로세스와 시스템 참여자들의 역할과 기대효과를 정리한 것이다.

### 3.4 NFT 저장 클라우드 설정

모든 NFT는 IPFS (Interplanetary File System)에 저장된다. IPFS는 일종의 프로토콜로 기존의 중앙 집중형 시스템과는 달리 다수의 피어 노드(peer node)들로 구성되어 데이터를 분산 저장하고 공유하는 파일 시스템이다. IPFS는 완전한 분산 시스템이자 네트워크상의 수많은 공간에 데이터가 분산되고 복제하고 저장한다. 이렇게 저장된 데이터를 해쉬값(Hash

Value)으로 만들어진 고유의 주소값인 CID (Contents Identifiers)를 부여하여 이를 통해 접근할 수 있도록 한다. 저장된 콘텐츠에 대한 해쉬값은 원본 데이터에 SHA-256 알고리즘을 사용하여 변환된 값이다. 해쉬값은 저장하는 데이터의 길이나 형태와 관계없이 동일한 길이다. 또한 중복이 없는 고유한 값으로 NFT와 같이 고유한 디지털 자산의 주소로 적합하다. 본 연구는 세 개의 피어 노드로 구성된 IPFS Cluster를 구성하여 NFT 데이터를 저장한다. IPFS Cluster에 저장하기 위해서는 IPFS Gateway를 통해 별도의 앱으로 피어 노드에 접근한다.

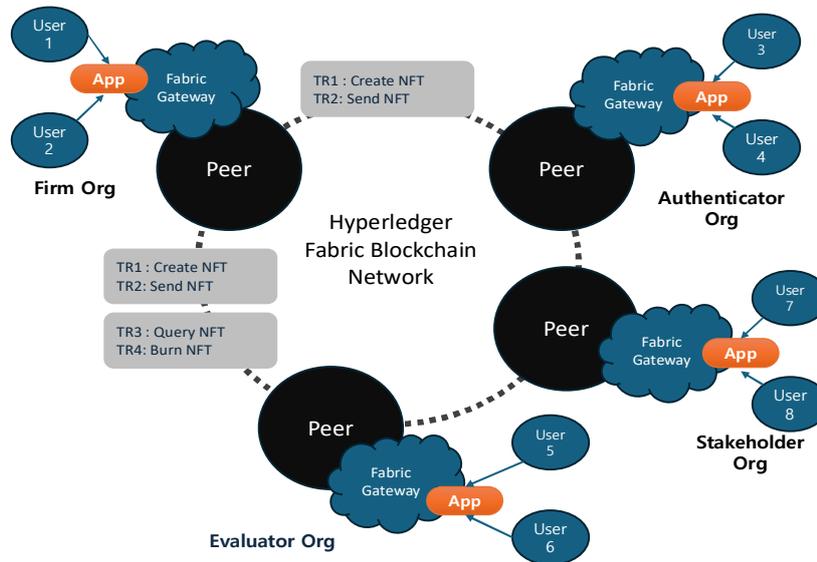
전을 이용하여 네 개의 피어(Peer) 노드와 하나의 오더러(Orderer) 노드로 블록체인 네트워크를 구성했다. 각 노드는 기업 사용자들의 요구를 처리하는 Firm 노드, 데이터 인증 기관 요구를 처리하는 Authenticator 노드, 평가를 수행하는 Evaluators 노드와 이해관계자를 대표하는 Stakeholder 노드로 구성한다. 각 노드의 명칭은 Firm, Authens, Evals, Stakes로 정하고 각 노드별 사용자는 firmuser1, authensuser1, evalsuser1, stakesuser1로 정했다.

하이퍼레저 패브릭은 도커(Docker)를 사용하여 패브릭 인증 서버와 피어 노드, 오더러 노드를 실행할 수 있는 컨테이너(Container)를 제공한다. 도커 26.0.0 버전을 이용하였으며 블록체인 환경을 실행하기 위해 우분투 리눅스(20.04) 환경을 제공하는 MS 윈도우즈 WSL2 터미널을 이용하였다. 블록체인 네트워크 구축을 위한 첫 단계로 노드별 인증서 발급을 위한 패브릭 인증 서버를 설치하고 인증서를 발급한

#### IV. 프로토타입 구현과 검증

##### 4.1 블록체인 네트워크 구축

본 연구를 위해 하이퍼레저 패브릭 2.4.5 버



<그림 3> ESG NFT 발행 블록체인 네트워크 구조

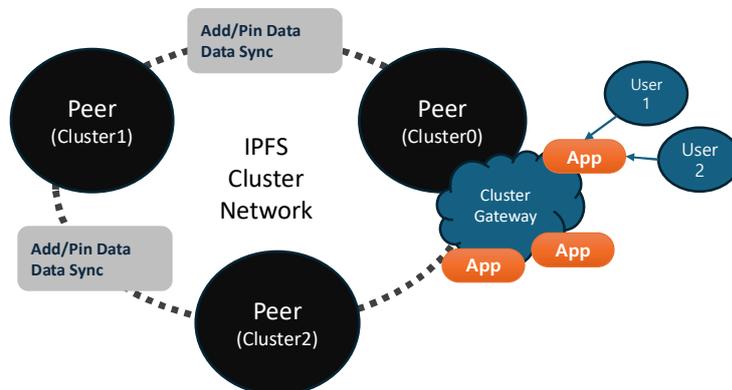
다. 인증 정보를 토대로 피어 노드와 오더러 노드를 생성한다. 다음으로 블록체인 원장 역할을 하며 피어 노드 간의 거래 공간인 채널(channel)을 설정한다. 마지막으로 채널에 포함되어야 할 피어 노드들의 채널 등록을 한다. 채널에는 Firm, Authens, Evals, Stakes 조직을 추가하고 각 조직에 하나의 peer0.firm.org.kr, peer0.authens.org.kr 등의 이름으로 피어 노드를 추가하였다. 아래는 본 연구의 블록체인 네트워크를 나타낸 그림이다.

#### 4.2 체인코드 및 클라이언트 앱 개발 및 설치

하이퍼레저 패브릭의 스마트 계약은 체인코드로 구현된다. 본 연구는 구글이 개발한 프로그래밍 언어인 Go 1.21.0 버전을 사용하였다. 하이퍼레저 패브릭에서 제공하는 체인코드 샘플 중 이더리움의 NFT의 개선된 표준인 ERC-1155를 구현할 수 있는 token-erc-1155 코드를 기반으로 연구에 적합하도록 개선하였다. 본 연구는 nft1155라는 이름의 체인코드를 생성하여 이를 등록하였다.

체인코드는 크게 세 가지 기능을 수행한다. NFT의 발행을 위한 Mint 기능, 발행된 NFT의 이전을 위한 Transfer 기능, 그리고 발행된 NFT의 소각을 위한 Burn 기능이다. 본 연구는 NFT의 거래를 위한 금전 결제는 블록체인 밖에서 이루어지는 것으로 가정하고 있으므로 세 가지 기능만을 체인코드에 반영한다. 피어 노드의 사용자들은 Fabric Gateway를 통해 체인코드의 계약을 실행(Invoke)한다. 사용자들은 자신이 속한 조직의 피어 노드에 계약의 실행을 요청하고 결과를 받을 수 있다. 사용자들은 클라이언트 앱의 Fabric Gateway API를 통해서 구축된 블록체인 네트워크의 피어 노드와 통신한다. 본 연구에서는 Go 1.21.0 버전으로 개발하였다.

조직별로 사용자 앱(DApp)의 기능은 상이하다. Firm 조직은 ESG 경영보고서를 토대로 초기 NFT(Initial NFT)를 생성하는 기능과 NFT를 이전하는 기능, 그리고 최종 ESG NFT를 발급하는 기능이 있다. Authens 조직은 기업으로부터 초기 NFT를 받아 데이터의 인증을 거쳐 인증 NFT를 발급하며 해당 NFT를 기업으로 전송한다. Evals 조직은 기업으로부터 인증 NFT를 받아 ESG 기준에 맞추어 평가한 결과



<그림 4> IPFS Cluster 구조

로 평가 NFT를 발행한다. 그리고 평가 NFT를 기업에 전송한다. Stakes 조직은 기업이 발생한 ESG NFT를 이전받아 이를 조회한다.

NFT 발행 과정에서 IPFS Cluster에 기업이나 평가 및 인증 기관이 발행한 보고서 파일의 저장과 해당 정보의 조회가 필요하다. 클라이언트 앱을 통해 이 과정을 처리할 수 있도록 Go 언어 기반의 IPFS Cluster API를 활용한다. NFT 생성의 결과를 원장에 기록해야 하므로 클라이언트 앱은 Fabric Gateway 접속 앱에 통합하여 구축했다.

#### 4.3 ESG 정보공시 블록체인 시스템 구축 및 활용 결과

초기 NFT를 발행하는 과정은 아래 <그림 5>과 같다. 101로 ID를 만들고 NFT 생성을 위한 기초 자료는 json 파일로 입력받고, 경영보고서 파일은 pdf 파일로 입력받는다. IPFS 클러스터에 저장된 파일은 CID 주소를 받게 된다. 초기 NFT의 ID는 101이고 NFT의 URI는 QmU...

3C2가 된다. 생성된 NFT를 조회하면 현재 소유하고 있음을 확인할 수 있다. 발행한 Initial NFT는 2번 메뉴를 선택하여 데이터 인증 기관 (Authens)로 이전한다.

아래 <그림 6>에서 전달된 Initial NFT를 3번 메뉴를 통해 확인할 수 있다. 확인된 NFT를 기반으로 201 ID를 갖는 Verified NFT를 발행한다. ID는 Initial NFT의 경우 1로 시작하고 Verified NFT는 2로 시작한다. Evaluated NFT는 3로 시작하고 기업이 이해관계자들에게 공개하는 ESG NFT는 4로 시작하도록 설정한다. ID의 경우 Time Stamp 값을 추가하는 방식으로 NFT 자산 간 구분을 용이하게 할 수 있다.

Verified NFT를 발행하기 위해 201 ID로 설정하고, 데이터 검증의 대상이 되는 원본 NFT인 Initial NFT의 ID 101을 입력한다. 101 ID에 해당하는 NFT의 데이터를 IPFS로부터 받아 로컬에 저장한다. 그리고 GRI 항목 별로 입력된 데이터에 대한 검증 결과를 추가한다. 검증 결과는 항목별로 검증 기관, 검증 기관 url, 검증 일자와 검증 보고서(pdf) 파일이 추가된다. 검

```
[fira:Thu Apr 25 16:26:28]$ ./fira
Please select an option:
1. Minting for Verification      2. Transferring Token for Verification  3. Transferring Token for Evaluation
4. Minting ESG NFT             5. Get a NFT Info. (Download NFT)      6. Show All Owing Tokens
9. Exit                         ==> Enter your choice: 1
Minting....Enter a new token ID(starting with 1 for Draft, 4 for Final)
101
Minting....Enter a ESG json file name
case81.json
Minting....Enter a report file name
case82.pdf
Added file to IPFS Cluster with CID: Qmaa6233HeFDYjscrztehgy9Xrwbbswah2dagKzCG8MMLq7
Added JSON data to IPFS Cluster with CID: QmUu3BiaXmgGQqW9CzRdeHDbfwr7R4Y7GxDbccR9LMr3C2
token id: 181   uri: QmUu3BiaXmgGQqW9CzRdeHDbfwr7R4Y7GxDbccR9LMr3C2

--> Submit Transaction: Mint, creates new tokens with Creator ID, tokenID, tokenAmount
*** Transaction committed successfully
Please select an option:
1. Minting for Verification      2. Transferring Token for Verification  3. Transferring Token for Evaluation
4. Minting ESG NFT             5. Get a NFT Info. (Download NFT)      6. Show All Owing Tokens
9. Exit                         ==> Enter your choice: 6
Showing Balance of All Tokens
--> Evaluate Transaction: QueryTokenByOwner, function returns a person's tokenID balance
*** Result:[{"tokenID": "181", "value": "1"}]
Please select an option:
1. Minting for Verification      2. Transferring Token for Verification  3. Transferring Token for Evaluation
4. Minting ESG NFT             5. Get a NFT Info. (Download NFT)      6. Show All Owing Tokens
9. Exit                         ==> Enter your choice:
```

<그림 5> Initial NFT 발행

```
[aethers:Thu Apr 25 16:35:41]$
[aethers:Thu Apr 25 16:35:41]$ ./aethers
Please select an option:
1. Minting a Verified NFT for a Client Firm  2. Transferring a Verified NFT to a Client Firm
3. Show All My Tokens  4. Get a NFT Info. (Download NFT)
9. Exit  ==> Enter your choice: 3
Showing Balance of All Tokens
--> Evaluate Transaction: QueryTokensByOwner, function returns a person's tokenID balance
*** Result: [{"tokenID": "100", "value": "1"}]
Please select an option:
1. Minting a Verified NFT for a Client Firm  2. Transferring a Verified NFT to a Client Firm
3. Show All My Tokens  4. Get a NFT Info. (Download NFT)
9. Exit  ==> Enter your choice: 1
Minting.....Enter a new verified NFT ID(starting with 1 for verified token)
200
.....Enter a token ID of a firm client(a token starting with 1)
100
--> Evaluate Transaction: MINT, function returns a minted NFT's CID
File successfully saved!
Retrieved data: {
  "title": "Renewable Energy Company Environmental Impact NFT",
  "description": "This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy Company for the year 2024, in accordance with GRI Standards.",
  "attributes": [
    {
      "trait_type": "Energy Production",
      "category": "Energy Consumption",
      "value": "2,000 GWh 100% Renewable"
    }
  ]
}
```

```
Enter evidence URL:
https://koreaathens.org
Enter verification data:
2024-3-15
Enter IPFS address (optional):
..... Enter the file name of the verification report(pdf)
evidence01.pdf
Added file to IPFS Cluster with CID: QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK
New NFT data as follows:
{
  "title": "Renewable Energy Company Environmental Impact NFT",
  "description": "This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy Company for the year 2024, in accordance with GRI Standards.",
  "attributes": [
    {
      "trait_type": "Energy Production",
      "category": "Energy Consumption",
      "value": "2,000 GWh 100% Renewable",
      "verification": {
        "agency": "KoreaAthens",
        "evidence_url": "https://koreaathens.org",
        "data": "2024-3-15",
        "ipfs_address": "QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK"
      }
    }
  ],
  "trait_type": "Carbon Neutrality",
  "category": "Emissions",
  "value": "Achieved net-zero carbon emissions",
  "verification": {
    "agency": "KoreaAthens",
    "evidence_url": "https://koreaathens.org",
    "data": "2024-3-15",
    "ipfs_address": "QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK"
  }
}
```

<그림 6> Verified NFT 발행 과정과 결과

증 보고서의 경우 IPFS에 저장하고 보고서의 CID 주소를 받아 ipfs\_address 항목에 저장한다. 생성된 NFT는 2번 메뉴를 통해 기업에 전

```
[evals:Thu Apr 25 16:32:05]$
[evals:Thu Apr 25 16:32:05]$ ./evals
Please select an option:
1. Minting an Evaluated NFT for a Client Firm  2. Transferring an Evaluated NFT to a Client Firm
3. Show All My Tokens  4. Get a NFT Info. (Download NFT)
9. Exit  ==> Enter your choice: 3
Showing Balance of All Tokens
--> Evaluate Transaction: QueryTokensByOwner, function returns a person's tokenID balance
*** Result: [{"tokenID": "201", "value": "1"}]
Please select an option:
1. Minting an Evaluated NFT for a Client Firm  2. Transferring an Evaluated NFT to a Client Firm
3. Show All My Tokens  4. Get a NFT Info. (Download NFT)
9. Exit  ==> Enter your choice: 1
Minting.....Enter a token ID(starting with 1 for verified token)
301
.....Enter a verified token ID of a firm client(a token starting with 1)
201
--> Evaluate Transaction: URI, function returns a minted NFT's CID
File successfully saved!
Retrieved data: {
  "title": "Renewable Energy Company Environmental Impact NFT",
  "description": "This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy Company for the year 2024, in accordance with GRI Standards.",
  "attributes": [
    {
      "trait_type": "Energy Production",
      "category": "Energy Consumption",
      "value": "2,000 GWh 100% Renewable",
      "verification": {
        "agency": "KoreaAthens",
        "evidence_url": "https://koreaathens.org",
        "data": "2024-3-15",
        "ipfs_address": "QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK"
      }
    }
  ],
  "external_url": "https://renewableenergycompany.com/environmental-report",
  "creator": "Renewable Energy Company",
  "year": "2024",
  "content": "QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK"
}
```

```

},
"external_url": "https://renewableenergycompany.com/environmental-report",
"creator": "Renewable Energy Company",
"year": "2024",
"content": "QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK"
}
Enter Evaluation Agency: KoreaESG
Enter Evaluation Method: GRI
Enter Evaluation Result: Moderately Good
Enter Evaluation Date (optional): 2024-01
Enter IPFS address (optional):
..... Enter the file name of the evaluation report(pdf)
eval01.pdf
Added file to IPFS Cluster with CID: QmTjyG0bLwMqYwG3pJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK
Added JSON data to IPFS Cluster with CID: QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK
New Evaluated NFT token id: 301 url: QmTjyG0bLwMqYwG3pJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK
[Renewable Energy Company Environmental Impact NFT This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy Company for the year 2024, in accordance with GRI Standards. [(Energy Production Energy Consumption 2,000 GWh 100% Renewable 6000000000) [Carbon Neutrality Emissions Achieved net-zero carbon emissions 0000] [Innovation in Sustainability General Developed three new sustainable technologies 000000000000] https://renewableenergycompany.com/environmental-report Renewable Energy Company 2024 QmB8t2shgs24yVc9ZpJbcTWT7LsWQpPjpsE2MtrvK]]
--> Submit Transaction: Mint, creates New Evaluated NFT token with Creator ID, tokenID, tokenAmount
*** Transaction committed successfully
Please select an option:
1. Minting an Evaluated NFT for a Client Firm  2. Transferring an Evaluated NFT to a Client Firm
3. Show All My Tokens  4. Get a NFT Info. (Download NFT)
9. Exit  ==> Enter your choice: 3
Showing Balance of All Tokens
--> Evaluate Transaction: QueryTokensByOwner, function returns a person's tokenID balance
*** Result: [{"tokenID": "201", "value": "1"}, {"tokenID": "301", "value": "1"}]
```

<그림 7> Evaluated NFT 발행 과정 및 결과

송한다. 기업은 검증 기관으로부터 전송받은 Verified NFT를 검토하고 이를 평가 기관으로 전송한다.

```
[Fire:Thu Apr 25 17:07:31]#
[Fire:Thu Apr 25 17:07:31]# ./Him
Please select an option:
1. Minting for Verification      2. Transferring Token for Verification  3. Transferring Token for Evaluation
4. Minting ESG NFT              5. Get a NFT Info. (Download NFT)     6. Show All Owing Tokens
9. Exit                          => Enter your choice: 4
Minting....Enter a token ID(starting with 4 for ESG NFT)
401
.....Enter a evaluated token ID of a file client's token starting with 3)
301
--> Evaluate Transaction: BEI, function returns a minted NFT's CID
File successfully saved!
Retrieved data: {
  "title": "Renewable Energy Company Environmental Impact NFT",
  "description": "This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy for the year 2024, in accordance with GRI Standards.",
  "attributes": [
    {
      "trait_type": "Energy Production",
      "category": "Energy Consumption",
      "value": "7,808 GWh 100% Renewable",
      "verification": {
        "agency": "KoreaAuthens",
        "evidence_url": "https://koreaauthens.org",
        "date": "2024-0-15",
        "ipfs_address": "ipfs://QmM1z3q5Dk9VcFj3d8rW7LxvdyfjgkZbkrk"
      }
    },
    {
      "trait_type": "Carbon Neutrality",
      "category": "Emissions",
      "value": "Achieved net-zero carbon emissions",
      "verification": {
        "agency": "KoreaAuthens",

```

```

"year": "2024",
"content": "QmM22346F9jUcrtahg9G6u8hwa2d8p5C88RL4T",
"evaluation": {
  "agency": "KoreaESG",
  "method": "GRI",
  "result": "Moderately Good",
  "date": "2024-4-1",
  "ipfs_address": "ipfs://Qm1jC8z8z3qy9W69j9c88r3Cz8zj8Ez3Rvz5a1"
}
}
Added JSON data to IPFS Cluster with CID: QmC2h6y963PocY8M4gCepMfH6w8QzjZ5awF1
New Evaluated NFT token id: 402      uri: ipfs://Qm9Wq9k9Spq7K54gCp9wFf9w88qjz38awF1
--> Submit Transaction: Mint, creates new ESG NFT token with Creator ID, tokenID, tokenAmount
*** Transaction committed successfully
Please select an option:
1. Minting for Verification      2. Transferring Token for Verification  3. Transferring Token for Evaluation
4. Minting ESG NFT              5. Get a NFT Info. (Download NFT)     6. Show All Owing Tokens
9. Exit                          => Enter your choice: 5
Showing Details of a NFT
....Enter a NFT ID
401
--> Evaluate Transaction: URI (Egpi), function returns a minted NFT's CID
File successfully saved!
Retrieved data: {
  "title": "Renewable Energy Company Environmental Impact NFT(ESG NFT)(401)",
  "description": "This NFT certifies the audited environmental sustainability performance of Renewable Energy for the year 2024, in accordance with GRI Standards.",
  "attributes": [
    {
      "trait_type": "Energy Production",
      "category": "Energy Consumption",
      "value": "7,808 GWh 100% Renewable",
      "verification": {
        "agency": "KoreaAuthens",
        "evidence_url": "https://koreaauthens.org",

```

<그림 8> ESG NFT 발행 과정 및 결과

<그림 5>의 5번 메뉴를 통해 다운로드하여 검토하고 3번 메뉴로 평가 기관으로 전송한다. 평가 기관은 3번 메뉴로 전송받은 Verified NFT

를 검토하고 ID 301로 평가 NFT를 발행한다. 이 때 평가의 기초 자료는 전송받은 Verified NFT (201 ID)가 된다. 201 ID를 입력하면 해당 NFT의 내용을 다운로드 하고, 평가 기관, 평가 방법, 평가 결과와 평가 결과 보고서의 CID 주소를 입력한다.

평가 보고서는 QmW...GaZ 주소로 저장되었으며 ID 301 NFT의 URI는 Qmc...PU3에 저장된다. Evaluated NFT가 발행되면 평가 기관은 2번 메뉴를 통해 기업에 전송한다. 기업은 해당 NFT를 검토하고 아래 그림과 같이 4번 메뉴를 실행하여 ESG NFT를 발행한다. ESG NFT 발행 시에는 Evaluated NFT를 토대로 발행하며, ESG NFT의 title에는 발행된 NFT의 ID 401을 포함하여 새롭게 발행한다.

## V. 결론 및 한계점과 향후 연구과제

본 연구는 기업들의 ESG 경영 성과에 대한 신뢰성 있는 공시를 위해 NFT를 활용한 블록체인 플랫폼 시스템을 제안하였다. 기업의 ESG 활동에 대한 이해 관계자들의 관심이 높아지고 있어 신뢰성 있는 정보 제공이 필요하다. 블록체인 기술은 위조 불가능한 불변의 디지털 원장 기술을 기반으로 하고 있기 때문에 거래 기록의 신뢰성과 가시성을 높여준다. 또한 블록체인 기반으로 생성되는 토큰인 NFT는 소유권에 대한 증명을 통해 디지털 자산의 희소한 가치를 보호한다. 따라서 ESG 정보공시에서 블록체인 기반의 NFT를 활용하여 기업의 고유한 ESG 정보 자산의 체계적 관리와 신뢰성 있는

공시가 가능하다.

본 연구는 블록체인을 기업과 이해관계자들 간의 허가형 네트워크를 기반으로 하여 정보 공유를 위한 플랫폼으로 활용했다. 비트코인과 이더리움을 비롯한 암호화폐는 개방형 블록체인을 기반으로 하고 있다. 또한 NFT 시장도 개방형 블록체인인 이더리움을 메인넷으로 하여 게임 아이템이나 디지털 아트 등의 디지털 자산 및 미술품 등의 물리적 자산의 거래가 활성화되어 있다. 본 논문에서 실명 기업에 의해 ESG 정보공시가 이루어지므로 NFT의 생성과 공유가 허가형 블록체인을 기반으로 이루어지는 시스템을 제안하였다. 허가형 블록체인이 물류, 보건/의료, 유통 분야 등의 기업 간 거래에 사용되고 있다는 점을 고려할 때 본 연구도 기업 간 정보 공유와 거래의 사례로써 추가될 수 있을 것이다. 특히 기업의 ESG 공시 정보의 신뢰성 제고를 위한 3자 검증의 중요성이 높아지고 있는데 본 연구는 블록체인 상에서 이를 지원함으로써 검증의 신뢰성을 높이는 데 기여할 수 있을 것이다. 또한 기업의 ESG 공시 정보를 ESG NFT로 생성하고 평가하는 전 과정을 블록체인 상에서 진행하여 원장에 기록함으로써 절차상의 공시 정보 신뢰성 제고에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 기업의 ESG 공시 정보를 ESG 평가 기준인 GRI의 환경 부문에 맞추어 NFT 메타데이터의 구조를 제안했다. 공시 정보의 표준화 및 정보 관리 체계 관련 연구는 있으나 ESG 정보공시를 위한 NFT를 발행하여 거래 및 공유한다는 점에서 본 연구의 차별성이 있다고 할 수 있다. 또한 연구에서 제안하는 NFT 메타데이터는 공시 정보의 검증과 평가를 포함하는

형태로 제안하고 있다. 공시 정보의 3자 검증을 통한 신뢰성을 요구하는 경향에 따라 본 연구도 NFT 생성 과정에서 블록체인 참여자로 3자 검증 기관을 포함했다. 검증 기관은 블록체인 상에서 공시되는 기업의 ESG NFT의 생성에 참여하여 검증 기록을 추가함으로써 ESG 정보의 신뢰성을 제고할 수 있다. 평가 기관도 블록체인 상에서 기업이 만들고 3자가 검증한 공시 정보를 토대로 평가 결과를 반영하여 NFT를 생성한다. 모든 과정이 블록체인 상에서 이루어지기 때문에 절차상의 공시 정보의 검증과 평가의 신뢰성을 높일 수 있다. 블록체인 기반의 NFT를 활용하여 공시 정보의 신뢰성을 높일 수 있다는 점에서 실무적 관점에서 본 연구가 기여할 수 있는 부분이라고 생각한다.

공시 정보의 표준화에 대한 글로벌 기관들의 노력이 있으나 여전히 이해관계자들의 요구에 맞추어 다양한 평가 기준들을 반영할 수 있는 정보공시가 필요하다. 본 연구에서 제안하는 블록체인 기반으로 다양한 평가 기준에 맞추어 NFT를 만든다면 이러한 요구를 충족할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 NFT 메타데이터 구조를 설계할 때 GRI의 환경 기준만을 반영했다. 추후 연구에서는 TCFD, SASB 등의 다양한 글로벌 기준을 반영한 NFT 메타데이터 구조를 만들어 발행하고 공유하여 ESG 정보공시에 활용할 수 있을 것이다. 또한 NFT 발행을 위해 필요한 저장 플랫폼으로 오픈 소스 기반의 IPFS를 활용하는 방법을 제안하였다. AWS, Azure 등의 상업용 클라우드 서비스 사용의 대안으로 활용하거나 복수로 운영하여 보완하는 형태의 활용도 가능할 것이다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 본 연구가

NFT와 블록체인을 활용하는 점에 초점을 두고 있어 기존 기업들이 사용하는 시스템과 비교했을 때 차별성이 드러나지 않고 있다. 어떤 시스템을 이용하고 있고 블록체인과 비교했을 때의 차이점 등에 관한 추후 연구가 필요하다. 이와 관련하여 기존 기업이나 검증 및 평가 기관이 블록체인을 통해 정보공시하는 경우 필요로 하는 기능에 대한 요구 분석 등에 대한 부분이 수행되지 않았다. 현재 시스템에서는 참여 기관들이 기업으로부터 넘겨받은 NFT 메타데이터를 기반으로 검증과 평가를 수행한다. 이러한 절차가 기관 간의 처리 과정에 적절한 형태인지 추후 연구를 통해 보완할 필요가 있다.

또한 연구가 제안하는 블록체인 시스템은 프로토타입으로 실제 활용을 위해 부족한 부분들이 있다. 시스템 운용 측면에서는 충분한 노드의 확보가 필요하다. 블록체인의 안정성을 위해서는 검증 역할을 하는 충분한 수의 피어 노드가 있어야 한다. 본 연구에서는 다수의 기업과 검증 및 평가 기관, 이해관계자를 대표하는 하나의 피어 노드로 참여한다고 가정한다. 그러나 안정성을 위한 충분한 수의 노드로 블록체인 네트워크를 구성해야 하며 이를 위해서는 기업이나 기관의 투자가 필요하다. 그리고 현재 시스템은 로컬 네트워크 하에서 구현되어 있어 실질적인 서비스 제공을 위해서는 실제 네트워크 기반의 테스트가 필요하다. 그리고 NFT의 저장장소로 사용되는 IPFS 클러스터 구성을 위한 규모에 대한 고려가 필요하다. IPFS 클러스터에 데이터를 저장하면 클러스터 피어 노드의 개수만큼 중복되어 분산 저장된다. 따라서 저장 공간 및 비용에 대한 고려가 필요하다. 특히 최근 인공지능을 비롯한 IT기술 관련 탄소발자국

에 대한 논의들이 이루어지고 있으므로 투자 시 이를 고려할 필요가 있다.

마지막으로 GRI의 환경 기준의 일부를 반영했으므로 GRI 기준의 전체를 포괄할 수 있는 시스템으로 확장이 필요하다. 또한 다양한 글로벌 ESG 평가 기준을 반영할 필요가 있다. 그리고 현재는 하나의 인증 및 평가 기관을 가정하였으나 다양한 기관들의 참여도 고려해야 한다. 본 연구는 허가형 블록체인상의 다수 기업, 데이터 인증 기관 및 평가 기관, 그리고 ESG 경영 활동에 관심을 보이는 이해관계자들의 참여를 가정한다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 서로 다른 참여자 시장을 연결하는 플랫폼의 성격을 띠고 있다. 따라서 성공적 운영을 위해서는 다수의 참여 유도가 중요하다. 플랫폼의 활성화를 위해 이들의 참여를 유도할 수 있는 환경 관련 연구가 필요하다. 플랫폼의 성격상 플랫폼 운영자 즉 시스템의 운영 주체의 결정과 블록체인상의 의사결정을 위한 거버넌스 체계를 마련하는 방법에 대한 추후 연구가 필요하다고 할 수 있다.

## 참고문헌

- 고일훈, “ESG 정보 공시제도의 국제적 흐름과 일본의 대응,” 중견기업연구, 제10권 제2호, 2023, pp. 17-57.
- 권혁준, 김민수, 김협, “디파이(De-Fi), 탈중앙화 금융의 가능성과 한계점,” 한국전자거래학회, 26, 2, 2021, pp. 143-155.
- 김가영 등, “디지털 데이터 기반 블록체인 서비스 개발 사례: 아티스트 토큰 거래 서비스

- 스,” 한국정보기술학회 하계 종합학술 대회, 2023, pp. 1015-1018.
- 김광록, “미국 기업의 사회적 책임에 따른 ESG 정보공시,” 상사법연구, 제41권 제4호, 2023, pp. 423-449.
- 김승욱, “ESG 정보공시 관리를 위한 정보시스템 개발에 관한 연구,” 벤처혁신연구, 제7권, 제1호, 2024, pp. 77-90
- 김신영, 홍운선, “기업의 ESG 공시제도에 관한 유럽연합 지침의 소개 및 그 시사점 - 환경 정보의 공시를 중심으로,” 환경법연구, 제43권 2호, 2021, pp. 365-397.
- 김지웅, “ESG 공시에 관한 외국의 제도개선 동향과 시사점,” 비교사법, 제30권 3호, 2023, pp. 109-140.
- 나수미, “ESG 확산이 중소기업에 미치는 영향 및 지원 방향,” KOSI 중소기업 포커스, 중소벤처기업연구원, 2021.
- 나화승, 이상우, “Non-Fungible Token(NFT) 소비자의 구매행동을 이끄는 요인은 무엇인가?: 심리적 소유감의 조절효과를 중심으로,” 정보시스템연구, 제32권 제1호, 2023, pp. 53-84.
- 대한상공회의소, 삼정KPMG, “중소기업 ESG 추진전략,” 2021.08.
- 박정호, “블록체인 산업 현황 및 동향,” 정보통신산업진흥원, 제17호, 2018.
- 산업통상자원부, “K-ESG 가이드라인 v1.0,” 관계부처합동, 2021.
- 선우희연, 이상호, 이우중, 이인형, “ESG 중요성 공시의 유용성,” *Korean Accounting Review* 47(6), 2022, pp. 59-86.
- 아카하네 요시하루, 아이케이 마나부, “블록체인 구조와 이론”, 위키북스, 2018.
- 육근호, 최미화, “기업지배구조와 ESG/통합보고서의 중요성 공시 품질: CEO 파워와 이사회 특성의 상호작용,” *Korean Management Review* Vol.51 Issue.6, 2022, pp. 1791~1815
- 이병윤, “ESG 공시규제 관련 글로벌 현황과 대응방안,” 금융브리프, 33권 04호, 한국금융연구원, 2024.
- 이상호, 심준용, 윤용석, “ESG 공시체계 선진화를 위한 제언,” 국제회계연구, 제109집, 2023. pp. 49-77.
- 이상훈, 김수연, NFT 구매의도에 영향을 미치는 요인에 관한 실증적 연구, 한국산업정보학회논문지, 제27권, 제4호, 2022, pp. 93-104.
- 이순호, “중소기업에 대한 ESG 경영지원 방안,” 한국금융연구원 주간금융브리프 31권 9호 2022, pp. 14-16.
- 이정민, 이민혁, “CMTO: 디지털 자산 시대의 부동산 토큰 증권 활성화 방안 연구,” 한국IT서비스학회지, 22(4), 84, 2023, pp. 81-95.
- 임형철, 정무섭, “국내외 ESG 사례를 통해 본 중소기업 ESG 경영 활성화 방안,” 아태비즈니스연구, Vol.12, No.4, 2021, pp. 179-192.
- 장대철, 이진아, 강민경, 김한빛, 신서영, 유효진, 전지혜, “ESG 공시 표준 체계 통합을 위한 프레임워크 연구,” 전과정평가학회지 제 24권 제1호, 2023, pp. 23-30.
- 정기수, 서명훈, 박동민, 배홍섭, “NFT의 지각된 소비가치가 구매의도에 미치는 영향

- 에 관한 연구,” 한국IT정책경영학회논문지, 제14권, 제2호, 2022, pp. 2923-2931.
- 정아균, 김근형, “블록체인 기반 의료정보시스템 도입을 위한 의사결정모델,” 정보시스템연구, 제29권 2월1호, 2020, pp. 93-111.
- 정윤태, 안영규, “기업의 ESG 활동과 정보공시가 재무성과에 미치는 영향,” The e-Business Studies Volume 23, Number 3, 2022, pp. 255-273.
- 최미화, “지배구조와 ESG 공시 품질,” 경영교육연구, 한국경영교육학회, 제38권 제6호, 2023, pp. 129-149.
- 최성원, 이승목, 고중언, 김현지, 김정수, 대체불가토큰(NFT)기반 블록체인 게임의 비즈니스모델 혁신요소 연구 : 게임 내 디지털 자산 유통 플랫폼 ‘플레이덱’ 사례를 중심으로, Journal of Korea Game Society, Vol. 21, No.2, 2021, pp. 123-136.
- Blossey, G., Eisenhardt, J., and Hahn Gerd J., “Blockchain Technology in Supply Chain Management: An Application Perspective,” *Proceedings of the 52th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2019.
- Dutta, P., Choi, T., Somani, S., and Butala, R., “Blockchain Technology in Supply Chain Operations: Applications, Challenges and Research Opportunities,” *Transportation Research Part E* 142, 2020, pp. 1-33.
- Fersht, P., “The top 5 enterprise blockchain platforms you need to know about,” Retrived May 30, 2024, Available: [https://www.horseseforsources.com/top-5-blockchain-platforms\\_031618](https://www.horseseforsources.com/top-5-blockchain-platforms_031618)
- Hoffman, A., “Walmart's Blockchain Quest: Integration New Technology into a Complex Supply Chain” *Michigan Ross School Of Business Case W07C69*, 2021.
- Lal, R. and Johnson, S., “Maersk: Betting on Blockchain,” *Harvard Business School*, 2018.
- Woods, J. and Iyengar, R., *Enterprise Blockchain has arrived*, Jordan Woods & Radhika Iyengar, 2019.

**최 하 늘 (Choi, Hanool)**



한국과학기술원 산업경영학과 학사와 동 대학원 경영공학 석사와 박사학위를 취득하였다. 현재 계명대학교 경영정보학과 부교수로 재직하고 있으며, 주요 관심분야는 웹3.0과 블록체인, Economics of IT, 빅데이터와 인공지능 등이다.

<Abstract>

## **A Study on the Development of a Blockchain-Based Platform for ESG Disclosure\***

Choi, Ha Nool

### **Purpose**

This study aims to propose a blockchain-based platform that can guarantee enhanced trustworthiness in corporate ESG efforts, demanded by global ESG initiatives such as GRI and TCFD. Blockchain technology, recognized for its transparency and data immutability, can contribute to building trust in ESG disclosures, meeting the data transparency verification needs required by these initiatives. This research also explores the use of NFTs representing unique ESG efforts by companies, helping them in organizing and sharing ESG information with investors and consumers.

### **Design/methodology/approach**

This study utilizes Hyperledger Fabric, a permissioned blockchain known for its enhanced transparency, scalability, and suitability for business transactions, to develop a blockchain platform for managing and disclosing ESG information assets in a trustworthy manner. Furthermore, it introduces the concept of ESG NFTs as a more reliable method for conveying ESG information to stakeholders, where ESG NFTs undergo verification process by third-party authenticators and evaluation by independent evaluators for credibility of ESG disclosure.

### **Findings**

The use of NFTs, which has been predominantly intended for market trading in public blockchain, offers a credible means of disseminating corporate ESG status and evaluations in a permissioned blockchain, better fit for business transactions. By representing information assets as NFTs, which are tamper-proof and establish clear ownership, the proposed platform enables effective management of ESG-related information assets.

**Keyword:** Blockchain, Non-fungible Token, ESG NFT, ESG Disclosure, Hyperledger Fabric

\* 이 논문은 2024년 5월 29일 접수, 2024년 6월 9일 1차 심사, 2024년 6월 16일 게재 확정되었습니다.