



# 산림바이오매스에너지의 지속가능성 인증을 제도화하기 위한 전략: IEA의 관점과 유럽연합, 영국, 일본의 정책을 중심으로

이승록<sup>1)</sup> · 한누리<sup>2)</sup> · 한규성<sup>3)\*</sup>

## Strategies for Institutionalizing Sustainability Certification of Forest Biomass Energy: Focusing on the IEA Perspective and the Policies of the EU, the UK, and Japan

Seung-Rok Lee<sup>1)</sup> · Noory Han<sup>2)</sup> · Gyu-Seong Han<sup>3)\*</sup>

Received 27 January 2025 Revised 17 March 2025 Accepted 25 March 2025 Published online 16 June 2025

**ABSTRACT** Sustainable voluntary third-party certification for forest biomass energy utilization has become a focal point in the international discourse. This study analyzes the institutionalization of sustainability certification in major countries (the European Union, the United Kingdom, and Japan) and the perspective of the International Energy Agency to propose appropriate approaches for implementation. This study employed a comprehensive policy analysis and critical discourse examination to ensure objectivity. The research findings confirmed that voluntary third-party certification for forest biomass energy must incorporate multifaceted evaluation criteria, including environmental standards, supply chain considerations, socioeconomic factors, and lifecycle greenhouse gas emission parameters. For nations to integrate sustainability certification into their institutional frameworks, they must establish standards for voluntary third-party certification assessment criteria while ensuring procedural legitimacy and scientific currency through expert-led working groups. This study recommends linking certifications to subsidy programs to enhance their effectiveness. However, it is essential to pursue optimized approaches across the spectrum of complexity and simplicity, recognizing the potential conflicts arising from varying national conditions and certification system intricacies. In conclusion, a sustainability certification system for forest biomass energy should evolve into a dynamic framework that encompasses the current scientific knowledge and multi-stakeholder perspectives, serving as a procedural tool for evidence-based assessment.

**Key words** Bioenergy(바이오에너지), Sustainability certification(지속가능성 인증), Voluntary schemes(자발적 인증), Forest biomass(산림바이오매스), Policy frameworks(정책 프레임워크)

1) Ph.D Candidate, Graduate School of Energy and Environment (KU-KIST GREEN SCHOOL), Korea University

2) Assistant Manager, Forest Biomass Energy Association of South Korea

3) Professor, Department of Wood and Paper Science, College of Agriculture, Life & Environments Sciences, Chungbuk National University

\*Corresponding author: wood@chungbuk.ac.kr

Tel: +82-43-261-2807 Fax: +82-43-273-2241

## 1. 서론

산림자원을 에너지로 사용하는 이른바 ‘산림바이오매스 에너지’는 산림관리·환경·경제 개발·재생에너지, 그리고 사회 문화적 가치를 뒷받침하는 중요한 기능을 수행한다.<sup>[1]</sup> 산림바이오매스에너지는 안정적인 에너지 체계에 기여하며 소규모 주택에서부터 대규모로 에너지를 생산하는 발전 부문

까지 확장성을 토대로 사용이 증가됨에 따라 표준화가 촉진되었다.<sup>[1]</sup> 특히 산림바이오매스에너지의 활용은 과학을 토대로 지구적 수준에서 기후변화 명제와 연계하여 탄소중립 재생에너지원으로 널리 인정받는다.<sup>[2,3]</sup> 이를 증명하듯 유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 ‘UNFCCC’) 소속 과학기술자문 부속기구<sup>[4]</sup>(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, 이하 ‘SBSTA’)는 “바이오매스의 지속가능한 연료적 특성으로 인하여 화석연료와 다르게 취급해야 한다”라고 강조했다.<sup>[5]</sup> 아울러 SBSTA는 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 ‘IPCC’)의 접근방법에 따라 온실가스(Greenhouse Gas, 이하 ‘GHG’) 인벤토리 관점에서 목재 수확이 즉각 산화로 간주되므로 에너지 부문과 중복 계산하지 아니하고 non-CO<sub>2</sub>만 포함하도록 함으로써 화석연료 사용을 바이오매스로 대체하여 에너지 부문의 배출량 감소와 연결된다고 조언했다.<sup>[5]</sup> 이렇듯 산림바이오매스에너지에 대한 탄소중립성 논의는 국제적 수준에서 과학을 기반으로 성숙한 모습을 보인다.

다만 최근에 이르러 바이오매스의 탄소중립적 성격을 보완하고 재생에너지로서 지위를 강화함과 동시에 사회적이고 환경적인 수용성을 더욱 제고하려는 이른바 ‘지속가능한 접근’<sup>[2]</sup>이라는 한단계 높은 차원의 논의가 본격화되고 있다. 이러한 움직임은 2024년 주요 국제기구가 채택한 공동성명서로 대표되는데, 이에 따르면 “지속가능한 바이오에너지는 기후와 지속가능한 개발 목표를 지원하면서 국제사회의 에너지 전환에 중요한 역할을 수행한다는 점에서 이와 관련된 거버넌스가 요구된다”라고 강조한 것이 주된 골자다.<sup>[6]</sup> 바이오에너지에 반대하는 일각의 목소리에 대하여 국제에너지기구(International Energy Agency, 이하 ‘IEA’)는 “일부 반대 캠페인에서 거론되는 잘못된 표현은 지속가능한 바이오매스의 신뢰를 낮출 위험이 있으며, 이

로 인해 오히려 국제적 탄소중립 목표에 심각한 결과를 초래할 수 있다”라고 경고하였음도 주목할 필요가 있다.<sup>[7]</sup> 이러한 논의는 바이오에너지를 활용함에 있어 과학 기반의 탄소중립적 성격에 대한 전문적인 이해를 갖추어 ‘지속가능성’까지 폭넓게 고려한 중장기적 시야로 신뢰할 수 있는 거버넌스를 구축해야 한다는 취지로 이해함이 타당하다.

이와 같은 ‘지속가능한 바이오에너지’라는 국제사회의 목표에 동참하기 위한 움직임은 우리나라에서도 일부 감지된다. 이를 부문별—실무적, 정무적, 제도적, 학술적—로 나누어 각각 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 실무적 차원에서 국내 바이오매스 발전사업자를 중심으로 RE100(Renewable Energy 100)과 ESG (Environmental, Social, and Governance) 대응 차원에서 연료의 지속가능성을 증명할 수 있는 제3자 인증이 필요하다라는 공감대가 형성되고 있다.<sup>[8,9]</sup>
- (2) 정무적 차원에서 2024년 국회 국정감사를 통해 국내로 유입되는 인도네시아산 목재펠릿에 대한 산림 파괴 의혹과 함께 공급망 실사를 통한 지속가능성 검증의 필요성이 강도 높게 요구되었다.<sup>[10]</sup>
- (3) 제도적 차원에서 현재 수입산 목재펠릿은 「합법목재 교역촉진제도」에 따라 통관 전 생산국의 법령에 따라 합법적으로 벌채 및 생산되었음을 의무적으로 입증하도록 제도화하였지만,<sup>[11]</sup> 전체 공급망이 지속가능한 것인지를 별도로 증명하도록 실행력이 담보된 제도는 부족하다. 다만 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률(시행 2024.7.24.)」(법률 제20086호, 2024.1.23., 일부개정) 제36조의 5를 통해 신설될 예정인 ‘산림 바이오매스에너지센터’의 업무 범위에 “지속가능한 산림바이오매스에너지 평가지표 개발·운영에 관한 사항”을 조문화함으로써 제도적 실행 근거를 마련해 놓았다.<sup>[12]</sup>
- (4) 국내 학술적 측면에서 지속가능한 산림바이오매스의 활용과 인증을 논의한 선행연구는 이승록&한규성(2021)이<sup>[13]</sup> 유일한 실정이다.

따라서 본 연구는 상기 네 가지 부문별 검토를 토대로 주요국이 지속가능성 인증을 어떠한 형태로 정책에 투영(投影)하고 있는지를 분석할 필요가 있다고 판단하였다. 이에

1) SBSTA는 교토의정서와 및 파리협정에 관련된 과학기술 문제에 정보와 조언을 제공하면서 IPCC와 COP(Conference of the Parties)의 정책적 지향점 사이에서 중요한 연결고리 역할을 수행한다.<sup>[4]</sup>  
 2) ‘지속가능한 바이오에너지’란 에너지 효율이 높고 배출량이 적은 기술로 생산할 수 있으면서 지속가능한 바이오매스 자원에서 파생되는 것을 의미한다. 이는 지구 온난화를 1.5°C 이하로 유지하는데 중대한 기여(Crucial Contribution) —2050년 전지구 최종 에너지 소비의 18% 이상을 담당—할 것으로 평가된다.<sup>[6]</sup>

본 연구는 제2장에서 연구방법을 설명하고 제3장에서 IEA의 관점을 분석하면서 산림바이오매스를 활발하게 이용하는 유럽연합(European Union, 이하 'EU'), 영국, 일본의 '지속가능성 인증의 제도화'와 관련된 정책 프레임워크를 살펴본 일부 비판적 담론까지 함께 검토하여 객관성을 추구하였다. 그리고 국가별 특성과 국내 현황을 요약하여 표로 제시하였으며, 우리나라 여건을 고려한 기본 접근 전략을 도출하였다. 그리고 제4장을 통해 본 연구의 결론을 제시하여 체계성을 갖추었다.

## 2. 연구방법

### 2.1 분석 기준과 범위

본 연구의 취지를 고려해 분석의 대상이 되는 국제기구와 국가를 각각 선택한 이유는 아래와 같으며, 이와 관련된 연구모형은 Fig. 1에 나타냈다.

첫째, 우리나라가 국회 비준 절차를 거쳐 정식 회원으로 가입한 IEA는 세계적 권위를 지닌 에너지 관련 국제기구

다.<sup>[14]</sup> 이에, 본 연구에서는 IEA를 국가와 동등한 수준으로 간주하고 관련 보고서와 학술자료 가운데 본 연구가 추구하는 방향과 직접 연관성 있는 내용, 그리고 권고사항을 중심으로 참고하였다.

둘째, 기후변화 대응에 선도적인 EU는 2021년 기준 재생에너지 소비량의 59%가 바이오에너지였으며, 이 가운데 목질계가 66%를 차지할 만큼 산림자원 기반의 에너지를 활발히 이용하고 있다.<sup>[15]</sup> 이러한 경향을 반영하듯 EU는 최근 「재생에너지 지침(Renewable Energy Directive, 이하 'RED') 제3차 개정을 통해 재생에너지로서 산림바이오매스에너지의 위상을 공고히 하면서 지속가능성 증명 적용되는 발전설비 용량을 확대하였다.<sup>[16]</sup> 2024년 발표된 Bioenergy Europe의 정보에 따르면 2023년 기준 EU는 세계 최대의 목재펠릿 생산지역(전세계 생산량의 44%, 25백만 톤)이면서 소비지역(전세계 소비량의 50%, 30백만 톤)으로 조사되었다.<sup>[17,18]</sup> 같은 기간 EU에서의 목재펠릿 주요 소비처는 주거 등 소규모 난방용과 산업용(발전용 포함)이 각각 18백만 톤과 12 백만 톤이었다.<sup>[17,18]</sup> 본 연구는 이러한 상황을 토대로 국제사회에서 산림바이오매스 활용이

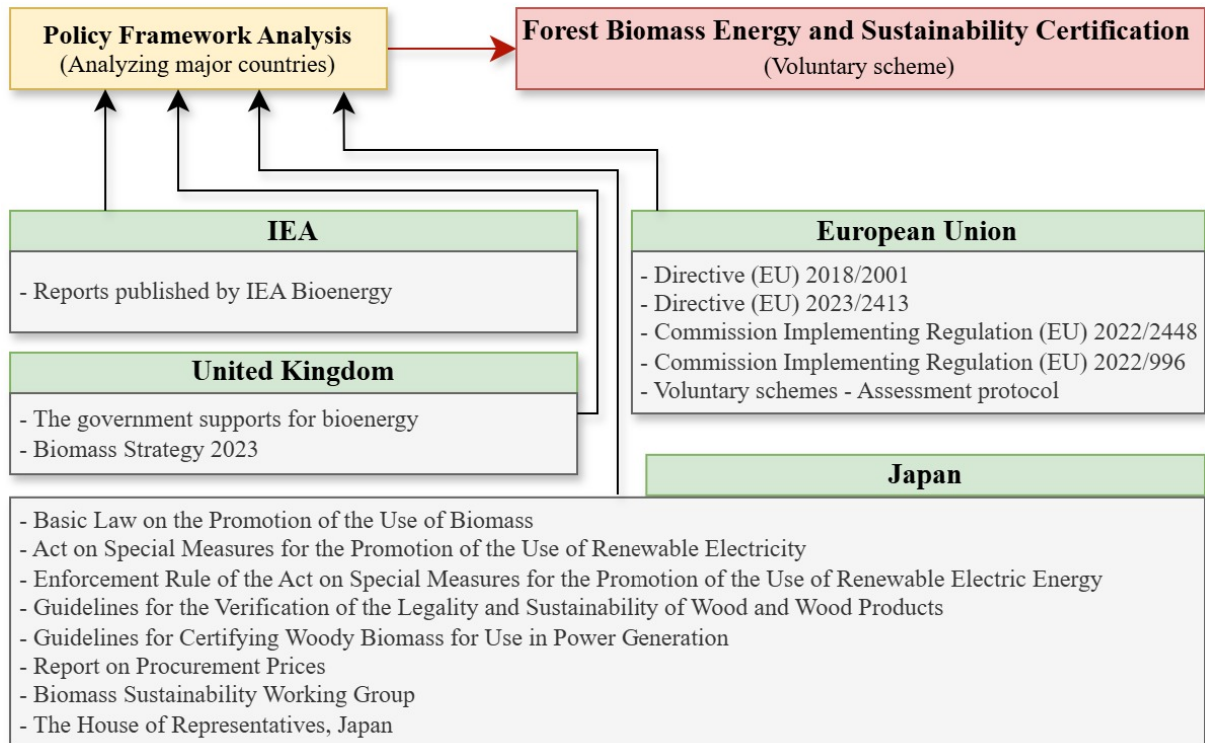


Fig. 1. Research framework of this study

가장 활발한 EU가 정책적으로 지속가능성 인증체계를 어떻게 구현하였는지 분석할 필요가 있다고 판단하였다. 이를 위해 EU RED 개정안과 연계 규정, 자발적 인증(Voluntary schemes) 현황, 그리고 평가 프로토콜을 분석하였다.

셋째, 영국의 2022년 기준 총발전량과 재생에너지 발전량 가운데 바이오매스 비중은 각각 11%와 26.5%로 집계되었다.<sup>[19]</sup> 총발전량만 놓고 보면 원자력(15%)과 유사한 수준이다. 영국 정부는 지속가능한 바이오매스에 대하여 (1) 저탄소 연료로서 (2) 운송·발전·산업·주거 부문 등 경제의 다양한 부문의 탈탄소화에 중요한 역할을 수행하고, (3) 화석 연료 대비 전과정 GHG 배출이 훨씬 적으며, (4) 타 재생에너지원 대비 간헐적이지 않아 전력망에 활용 가능하다고 설명한다.<sup>[19]</sup> 이와 함께 영국에서 운영 중인 바이오매스의 지속가능성 증명에 관한 원칙과 기준에 관해서는 안정적인 정책환경을 토대로 영국이 국제사회를 선도한다고 강조하는 바,<sup>[20]</sup> 본 연구를 통해 선도 사례로서 영국의 제도를 살펴볼 필요가 있다고 판단하였다. 이를 위해 최근 발표된 ‘바이오매스 전략(2023)’과 영국 감사원의 감사보고서, 그리고 영국 정부에 대한 독립 자문조직인 기후변화위원회(UK Climate Change Committee, 이하 ‘UK CCC’)의 자료를 분석하고, 영국에서 수행된 지속가능성 인증에 대한 이해관계자 인식 조사 결과에 대해 고찰하였다.

넷째, 일본의 목재 총수요량은 1973년 1억 2,102만  $m^3$ 에서 2009년 6,480만  $m^3$ 까지 급감했으나 2023년 연료재를 중심으로 수요가 증가하여 다시 7,985만  $m^3$  수준을 회복하였는데, 이에 대하여 일본 입야청은 “재생에너지 고정가격매입제도(Feed-in Tariff, 이하 ‘FIT’) 도입으로 인한 목질계 바이오매스 발전시설의 증가”로 인한 것이라 분석했다.<sup>[21]</sup> 실제 일본의 바이오매스 발전설비 가운데 FIT에 의거해 인정된 설비용량은 합계 8,420 MW(1,084건)에 달했으며 이 가운데 매입이 개시된 도입설비는 5,217 MW(667건), 과거 RPS(Renewable Portfolio Standard, 이하 ‘RPS’)에서 FIT로 변경한 이행설비는 1,237 MW(210건)이었다.<sup>[22]</sup> 여기에 투입되는 연료는 일반목질계<sup>3)</sup>와 농산물 유래 산물이 대부분을 구성하였고 간벌재 등의 투입도 점진적 확산세를 나타냈다.<sup>[23]</sup> 이렇듯 산림바이오매스에너지

활용을 대폭 확대 중인 일본은 2019년부터 경제산업성을 주관으로 전문가 패널이 중심이 되어 지속가능성 인증 프로그램과 전과정 평가를 통한 GHG 배출량 등을 FIT와 연계하는 검토작업에 착수함으로써 현재 시행 중인 다양한 정책의 초석을 강화하였다.<sup>[24]</sup> 특히 지리적으로도 우리나라와 최인접 국가에 해당하는 일본의 산림바이오매스 지속가능성 인증 관련 정책 동향을 심도 있게 살펴볼 필요가 있다고 판단되었다. 이를 위해 본 연구는 제도적 측면에서 일본의 「바이오매스 활용 촉진 기본법」, 「재생가능에너지 전기이용의 촉진에 관한 특별조치법」, 「사업계획수립 가이드라인(바이오매스 발전)」, 「목재-목제품의 합법성, 지속가능성 증명을 위한 가이드라인」, 「발전 이용에 제공하는 목질 바이오매스의 증명을 위한 가이드라인」, 그리고 경제산업성 소속 지속가능성 워킹그룹 논의를 분석하였다. 아울러 일본 중의원 회의록을 열람하여 바이오에너지에 대한 내각의 인식과 대응을 추가로 조사하였다.

### 3. 연구 결과

#### 3.1 국제에너지기구(IEA)의 관점

##### 3.1.1 에너지원으로서 산림바이오매스 활용과 고려 요소

산림바이오매스 활용은 지속가능한 산림관리, 즉 재조림을 전제로 더욱 건강하고 유의미한 산림의 성장을 견인하여 교란에 따른 손실 위험을 줄이고, 화석연료 공급망 대비 많은 일자리 수요로 지역경제에 도움이 된다.<sup>[25]</sup> 다만 증가하는 에너지 수요와 탄소중립 목표를 충족하는 과정에서 일부 지속 불가능한 관행에 따른 리스크가 있을 수 있으므로 이와 관련한 정책적 접근에 초점이 맞춰질 필요가 있다.<sup>[25,26]</sup> 무엇보다 산림바이오매스를 에너지로 활용하는 것은 상황에 따라 가변적이고 광범위한 요소-기후 및 토양 조건·과거의 토지 사용 여건·바이오매스 공급원료 및 토지 관리 관행·사회경제적 조건 등—를 지속가능성 판단 과정에서 고려해야 하는 다면적 성격을 지니고 있으며, 다른 생태계 서비스와 제품의 제공까지 아우르는 ‘토지 기반 시스템’의 일부라는 점에서 환경적·사회적으로 지속가능하게 관리되어야 하는 에너지원이다.<sup>[27]</sup>

참고로 23개국 122명의 전문가가 참여한 IEA Bioenergy

3) 일본의 ‘일반 목질계’범위에는 간벌재 등과 건설자재 폐기물을 제외한 제재 등 잔재와 기타 유래 증명이 가능한 목재가 포함된다.

Task 43의 ‘바이오매스 공급망 지속가능성 기준에 관한 우선순위 인식 연구’ 결과, 전문가들은 경제와 환경 측면에서 높은 합의 수준을 토대로 GHG 감축과 지역 자원 사용, 그리고 농촌 지역 활성화가 우선순위라고 인식하였다.<sup>[28]</sup> 이는 지속가능성이라는 영역에 바이오에너지가 위치하기 위해서는 경제·환경·사회적 요소를 포괄할 수 있는 균형적인 판단기준과 태도가 요구됨을 함의한다.

### 3.1.2 지속가능성 인증과 정책, 그리고 거버넌스

IEA는 업계 주도의 인증이 개별 프로젝트 수준에서 지속 가능한 공급과 사용을 보장하고 법률 준수 증명을 목표로 수행함으로써 평판 리스크와 관련된 대응 방안을 요구하는 고객과 투자자들에 의해 장려된다고 설명한다.<sup>[29]</sup> 국가 수준에서는 전반적인 지속가능성 기준을 제도적으로 설정하고 개별 프로젝트가 이를 충족하도록 접근하되, 제도가 시장 참여자들에게 장기적 관점에서 일관되며 명확한 규칙을 제공함으로써 안정적인 투자 여건을 조성해야 한다고 조언했다.<sup>[29]</sup> 즉 적절한 행정 집행 시스템을 갖춘 정책 영역이 바이오에너지에 적용되는 지속가능성 인증영역을 뒷받침해야 한다는 것이다.<sup>[29]</sup>

나아가 IEA는 자발적이고 시장주도적인 인증 자체만으로는 지속가능성을 보장하기에 충분하지 않으므로 법률이나 정책, 국제협약 등의 요소를 포괄하는 프레임워크를 구축하여 더욱 높은 수준의 지속가능성을 달성하기 위한 절차적 지원 도구로서 인증이 가능해야 한다고 보았다.<sup>[30]</sup> 서론에서 언급한 국제기구들의(IEA 포함) 공동성명에 따르면 바이오에너지를 위한 좋은 거버넌스는 환경·경제·사회·정치적 요인에 대한 증거기반 평가를 토대로 식량과 에너지 안보·생물다양성·토지와 수자원 권리 등을 포함한다고 강조했다. 아울러, 품질과 지속가능성 부문에 공인된 규범(norms)으로 투자·공정 거래·모니터링과 검증을 촉진해야 한다는 공동성명 내용도 참고할 필요가 있다.<sup>[6]</sup>

### 3.1.3 지속가능성 인증의 제도화를 위한 검토 요소와 접근 방향

IEA는 지속가능성 인증의 제도화에서 중요한 부분은 “국가에 따라 공급망·거버넌스·리스크·토지소유권 등이 서로 다른 점을 인식하는 것”이라고 강조한다.<sup>[29]</sup> 국가별 특수성과

현실에 따라 서로 다른 점을 고려해야 한다는 취지로 이해할 수 있다. 지속가능성 제도의 설계와 운영은 복잡성 측면—이해관계자의 기대·시장수요·정책·절차적 역동성 등 다양한 대내외적 요소의 영향·효율성·실효성·비용·주관성·접근성·평가범위의 합리성·정책효과 발휘까지의 시차·수용성 등—에서 잠재적인 상충관계를 형성할 가능성이 있다.<sup>[30]</sup> 특히 시장과 정책적 프레임워크가 잘 관리되지 않으면 인증 간 ‘하향평준화’라는 리스크로 연결되어 지속가능성 자체에 대한 신뢰성에 영향을 주게 되므로 유의할 필요가 있다.<sup>[30]</sup> 또한 인증을 받았다 할지라도 모든 지속가능성 항목이 무조건적으로 증명되는 것이 아님을 염두해야 하며, 과학적 지식의 발전을 고려해 증명 수준을 점진적으로 고도화해야 한다.<sup>[31]</sup>

그럼에도 불구하고 지속가능성 인증은 최신 과학 기반의 역동적인 프레임워크이자 공급망의 개별 주체에 대한 관리 방법을 구현한 검증체계라는<sup>[30]</sup> 점에서 정당성이 존재한다고 볼 수 있다. 따라서 지속가능성 인증은 바이오매스가 서로 다른 시스템에서 서로 다른 규모로 활용되고, 서로 다른 기원과 목표로 각자의 역할 수행 과정에서 파생되는 데이터를 중심으로 ‘바이오에너지의 지속가능성을 문서화한다’라는 공통의 목표를 향해 나아가는<sup>[31]</sup> 일련의 과정이라 해석하는 것이 타당하다고 판단된다.

방법론적 측면에서는 앞서 언급한 복잡성과 단순성 사이에서 이해관계자간 합의로 최적의 지점을 찾는 것이 중요하다.<sup>[31]</sup> 환경단체(Environmental Group, 이하 ‘EG’)는 기업이 자신들의 우려를 진지하게 받아들이기를 원하고, 기업은 EG가 사업적 상황을 이해하기를 바라므로 연구자들을 연결점으로 과학적 사실을 토대로 함께 소통할 필요가 있다.<sup>[31]</sup>

## 3.2 유럽연합(EU)

### 3.2.1 재생에너지 지침을 통한 접근 방향 제시

EU는 RED 제2차 개정안(2018)을 통해 “지속가능한 바이오매스와 관련된 기준을 설정하고 이를 충족한다는 인증을 수행하도록 규정한 것은 EU의 이익과 부합한다”라고 밝히고 있다.<sup>[32]</sup> RED 개정안에 따라 EU 회원국은 인증기관의 운영을 감독하고 준수해야 할 사안을 공지하여 자발적 인증이 올바르게 이행될 수 있도록 노력하고, 인증기관은 당국의 정보제출 요청에 협조해야 한다.<sup>[32]</sup> 회원국이 감사

과정에서 문제를 발견하는 경우에는 지체없이 유럽연합 집행위원회(European Commission, 이하 'EC')에 알리도록 명문화하였으며, EC는 모든 회원국이 규정에 따른 지속가능성 인증과 GHG 배출 기준에 관한 증거를 인정하도록 정하였다.<sup>[32]</sup> RED 제3차 개정(2023)을 통해 재생에너지로서 바이오매스의 지위를 재확인한 EU는 열·전기·냉방을 생산하는 시설에 공급되는 바이오매스에 대한 지속가능성 적용 기준을 기존 20 MW에서 7.5 MW 이상으로 확대 적용하였다.<sup>[16]</sup>

### 3.2.2 산림바이오매스의 지속가능성 기준 준수를 입증하기 위한 운영과 기준에 관한 이행규정

앞서 언급한 RED 지침과 연계하여 EU는 「산림바이오매스의 지속가능성 기준 준수를 입증하기 위한 운영과 기준에 관한 이행규정」을 마련하여 산림바이오매스 수확과 관련된 생물성 배출(biogenic emissions)이 정확하게 회계처리될 수 있도록 몇 가지 요구사항을 나열하고 있다.<sup>[33]</sup> 이에 따르면 (1) 국가 단위의 LULUCF(Land Use-Land Use Change and Forestry) 산정체계가 마련되어 있을 것, (2) 파리협정의 당사국이면서 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 'NDC')를 제출한 국가일 것, (3) 수확 지역에 적용되는 국가 또는 하위 법률규정으로 탄소 저장고와 흡수원을 보전하고 강화하는 조치를 마련하고 있을 것, (4) LULUCF 배출량이 제거량을 초과하지 않으며 기준 기간 산림 탄소 흡수원이 유지 또는 강화되었다는 증거를 제공할 것을 요구한다. 이를 충족하지 못하는 경우 산림탄소 재고와 흡수원 수준을 장기적으로 유지 또는 강화하기 위한 별도의 관리 시스템이 존재함을 추가로 증명해야 한다(미래지향적 계획과 주기적인 모니터링 정보 포함).<sup>[33]</sup>

아울러 해당 규정을 통해 EU는 사업자들에게 인증 규칙에 따라 정확하고 신뢰 가능한 정보를 제공하도록 책임성을 부여했으며, 행정부담 최소화를 위하여 회원국 차원에서 각종 데이터를 제공함으로써 사업자의 업무 편의를 제고해야 한다고 강조했다.<sup>[33]</sup> 이외에도 해당 규정은 연료 조달지역에서 준수해야 하는 수확 관련 평가방법과 LULUCF 기준 준수 평가 기준, 감사와 검증에 대한 사항 등을 구속력 있는 조문으로 마련하였다.<sup>[33]</sup>

### 3.2.3 지속가능성 및 온실가스 배출량 감축 기준과 간접 토지 이용 변화 위험 기준을 검증하는 규칙에 관한 이행규정

EU는 앞선 3.2.2. 항의 규정과 함께 「지속가능성 및 온실가스 배출량 감축 기준과 간접 토지 이용 변화 위험 기준을 검증하는 규칙에 관한 이행규정」을 추가로 마련하여 자발적 인증 운영을 위한 세부 기준(거버넌스·정보공개·감사 프로세스와 필요 역량·추적성·토지이용변화·전과정 GHG 배출량 평가방법·Mass Balance(물질수지) 평가방법·생물 다양성 평가방법 등)을 제시하였다.<sup>[34]</sup>

이 가운데 거버넌스 부문과 처벌규정만 간단히 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 거버넌스와 관련하여 자발적 인증 수행에 필요한 법적·기술적 역량을 갖추고 공정성과 독립성을 토대로 거버넌스를 구축함으로써 의사결정 과정에서 가능한 다양한 이해관계자 그룹을 포함하도록 정하고 있다. 이는 특정 이해관계자 그룹이 지배적인 위치를 차지하지 않도록 견제와 균형을 시스템적으로 구현하기 위함이다.<sup>[34]</sup>

둘째, 처벌규정과 관련하여 지속가능성 인증이 정지된 사업자에 대해서는 정지 사유가 해제될 때까지 지속가능성을 주장할 수 없으며 다른 자발적 인증도 활용할 수 없도록 조치하였다. 특히 중대한 부적합 사항이 확인되어 인증이 철회되는 경우에는 최소 2년간 부정행위자에 대하여 다른 자발적 인증도 제도권 참여를 거부할 수 있도록 권한을 부여하였다. 또한 과거에 중대한 부적합 판정을 받은 사업자가 재인증을 신청하는 경우에는 감사인이 관련 사실을 재인증 피당사자에게 그 사실을 알려야 한다고 규정하였다.<sup>[34]</sup>

### 3.2.4 지속가능성 인증을 평가하기 위한 프로토콜

EU는 회원국이 자체적으로 지속가능성과 관련한 엄격한 요인을 고려하거나 국내법과 관행에 따라 국가 수준의 데이터베이스를 구축할 수 있도록 허용하되, 이것이 EU가 추구하는 추적성을 방해하지 않아야 한다고 밝히고 있다.<sup>[35]</sup> 지속가능성 증명과 관련한 자발적 인증과 국가 인증에 대해 EC는 별도의 기준을 마련하여 방법론 구현 수준을 평가하고 그 결과를 공표한다(2024.5월 기준 15개가 공식 인정).<sup>[35]</sup>

EC가 공개한 최신의 지속가능성 인증 평가 프로토콜(RED II 2018/2001 연계) 가운데 인증체계 운영에 관한 요건을 일부 살펴보면 (1) 심사를 수행하는 인증기관은 ISO 17065 인

Table 1. EC Voluntary scheme assessment components for sustainable fuels and gases summary (including biomass as a fuel)<sup>[36]</sup>

Directive 2018/2001	Scope and definitions
<p><b>(Part A)</b></p> <p>Sustainability and GHG emissions saving criteria</p> <p>Article 29 (2~7, 10)</p>	<p>29(2): Soil quality and soil carbon</p> <p>29(3): Conservation of biodiversity</p> <p>29(4): Conservation of carbon stocks</p> <p>29(5): Conservation of peatlands</p> <p>29(6): Sustainability criteria for forest biomass – Sustainable harvesting (national level)</p> <p>29(6): Sustainability criteria for forest biomass – Sustainable harvesting (management plans)</p> <p>29(7): Sustainability criteria for forest biomass – LULUCF criteria (national level)</p> <p>29(7): Sustainability criteria for forest biomass – LULUCF criteria (management plans)</p> <p>29(10): Greenhouse gas emissions savings</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calculation of actual emission savings</li> <li>• Emissions from the extraction or cultivation of raw materials</li> <li>• Annualised emissions from carbon stock changes caused by land-use change</li> <li>• Emissions from processing</li> <li>• Emissions from transport and distribution</li> <li>• Emission saving from soil carbon accumulation via improved agricultural management</li> <li>• Emission saving from carbon capture and geological storage</li> <li>• Emission saving from carbon capture and replacement</li> </ul>
<p><b>(Part B)</b></p> <p>Chain of Custody</p> <p>Article 30(1~2)</p>	<p>30(1): Use of a mass balance system</p> <p>30(2): Adjustment of sustainability characteristics of consignments after processing</p>
<p><b>(Part C)</b></p> <p>Recognition of other voluntary schemes and national schemes</p> <p>Article 30(6)</p>	<p>30(6): Recognition of other voluntary schemes and national schemes</p>
<p><b>(Part D)</b></p> <p>Audit Quality, Scheme Governance and Supervision</p> <p>Article 30(3, 7, 9)</p>	<p>30(3, 7): Adequate standards of reliability, transparency and independent auditing</p> <p>30(9): Supervision of the operation of voluntary schemes, certification bodies and economic operators</p>
<p><b>(Part E)</b></p> <p>'Optional' requirements</p> <p>Article 25(2), 26(2), 28(5), 29(1)</p>	<p>25(2): GHG savings of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin and recycled carbon fuels</p> <p>26(2): Low ILUC-risk certification</p> <p>28(5): Co-processing</p> <p>29(1): Exemption for wastes and residues</p>

증을 보유해야 하며, (2) GHG 심사를 위해서는 ISO 14065 인증을 득해야 한다. 아울러 (3) 인증기관은 심사목표 달성에 필요한 역량을 고려해 ISO 19011(또는 이와 동등한 기준)에 따라 심사를 수행할 역량 등을 갖추었는지 증명하도록 정하고 있다.<sup>[36]</sup> 인증 평가 프로토콜의 주요 내용은 Table 1과 같은데, EU는 RED II에 규정된 각 조문의 취지를 지속가능성 인증으로 구현하기 위하여 핵심 평가항목을 Part A 부터 Part E로 범주화하였고, 이에 맞춘 증명 방법론은 제3자 인증 운영 주체가 EU로부터 공식 인정을 받기 위한 신청 단계에서 상세히 기입하여 제출하도록 안내하고 있다.

### 3.3 영국

#### 3.3.1 영국의 지속가능성 인증 관련 제도

영국에서 운영 중인 지속가능성 제도는 복잡한 바이오매스 공급망에 대한 추적가능성을 구현한 것이 핵심이다. 바이오매스를 활용하는 발전소는 EC에서 승인하거나 영국 정부가 인정하는 제3자 인증을 활용해 사용 연료의 70%에 대하여 지속가능성을 입증하면서 합법적인 목재 수확으로 마련되었음을 100% 증명해야 한다.<sup>[19]</sup> 발전설비 용량 기준 50 kW 이하는 지속가능성 증명의 제출 의무당사자가 아니지만, 50 kW 이상 ~ 1 MW 이하는 연간단위로, 1 MW 이상은 월간 보고하되 연간 단위에서 총중여부를 별도 보고하도록 제도를 운영 중이다.<sup>[19]</sup> 다만 최근 영국의 에너지안보·넷제로부(Department for Energy Security and Net Zero, DESNZ)는 감사원 감사보고서를 통해 현행 70% 수준인 지속가능성 증명 여부를 향후 100%로 확대하는 방향을 검토하겠다고 언급했음에도 주목할 필요가 있다.<sup>[19]</sup>

#### 3.3.2 지속가능성 원칙과 관련한 규제 프로세스

영국 정부는 「바이오매스 전략(2023)」<sup>[20]</sup>을 통해 바이오매스 활용의 네 가지 원칙—지속가능성·공중보건(대기질) 영향 최소화·바이오매스 사용이 넷제로 목표에 기여하도록 보장·순환경제 및 자원 효율성—을 제시했다.<sup>[20]</sup> 실무적으로는 바이오매스의 지속가능성 증명을 위해 네 개의 규제 기관—(1) the Office of Gas and Electricity Markets, OFGEM (2) Low Carbon Contracts Company, LCCC; (3) Renewable Transport Fuel Obligation, RFTO; (4) the UK Emissions Trading Scheme, UK ETS—이 개

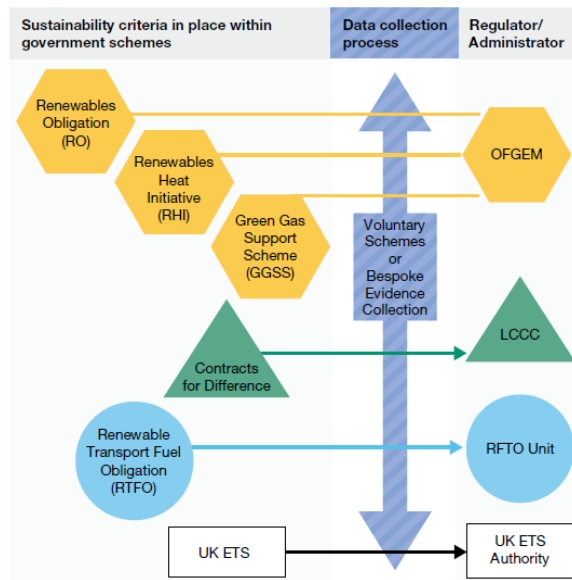


Fig. 2. Summary of UK biomass regulatory framework for sector-specific schemes<sup>[20]</sup>

입하며, 이들은 각각 재생에너지 의무화제도(Renewables Obligation, 이하 ‘RO’), 재생에너지 난방 이니셔티브(Renewables Heat Initiative, RHI), 녹색가스 지원제도(Green Gas Support Scheme, GGSS), 차액계약 제도(Contracts for Difference, 이하 ‘CfD’), 수송용 청정연료(Renewable Transport Fuel Obligation, RTFO), 그리고 영국 탄소배출권거래제(UK ETS)를 운영하는 과정에서 바이오매스 활용에 따른 지속가능성을 사업자에게 입증하도록 정하였다(Fig. 2). 이와 함께 관계기관은 신뢰할 수 있는 정보가 제출되도록 독립적인 증거감사 시행을 사업자에게 요구할 수 있다.<sup>[20]</sup>

### 3.3.3 지속가능성 원칙의 실현을 위한 인증항목

영국에서 구현된 지속가능성 원칙의 증명 범위는 크게 토지 기준과 GHG 기준으로 나뉜다.

첫째로 토지 기준부터 살펴보면, 모든 원료가 수확되는 국가의 법률에 따라 합법적으로 조달됨을 기본원칙으로 지속가능한 목재 수확—생물다양성이 높은 지역, 습지와 이탄지 등 탄소 저장량이 많은 토지, 자연보호, 멸종 위기종, 토양, 수질, 대기질 등 생태계 보호를 고려—에 대한 요건을 충족해야 한다. 아울러 지역사회 토지권(전통적, 법적 또는 관습적), 노동권(노동자의 건강과 안전, 단체 행동권

보장, 교육, 최저 근로 연령 등)을 증명하도록 요구한다.<sup>[20]</sup>

둘째는 GHG 기준이다. 바이오매스 사용에 관련한—생산, 재배, 수확 또는 채취, 운송, 가공 등 일련의 과정을 포함—전과정 GHG 배출량을 계산에 반영하도록 요구하고 있다. 이와 함께 화석연료 대비 최소한의 GHG 감축을 달성하기 위하여 임계값을 설정하고, 이를 충족하도록 규정하였다.<sup>[20]</sup> 참고로 고품 바이오매스 전소 발전에 대한 전과정 GHG 배출 기준치는 RO(우리나라의 RPS 제도와 유사) 제도에 따라 2013년 이후 66.7 g CO<sub>2</sub>e/MJ에서 2020.4월 이후 55.6 g CO<sub>2</sub>e/MJ, 2025년 이후 50 g CO<sub>2</sub>e/MJ로 규정하여 시간이 지남에 따라 그 기준이 강화됨이 특징이다(CfD 제도에도 동일 적용).<sup>[20]</sup> 이외에도 RO 제도를 통해 지원받기 위해서는 바이오매스 연료의 유형, 원료, 원산지, 생산공정, 지속가능한 산림관리, CoC(Chain of Custody, 이하 ‘CoC’) 기록을 증명해야 한다.<sup>[20]</sup>

### 3.3.4 지속가능성 인증에 대한 이해관계자 인식조사

영국 정부는 「바이오매스 전략(2023)」을 발표하면서 다양한 이해관계자를 대상으로 수행된 ‘바이오매스의 지속가능성 인증에 대한 의식 조사’ 결과도 함께 언급하였다.<sup>[20]</sup> 이에 따르면 응답자 대부분은 지속가능성이 낮다고 인식되는 발전원의 대체재로 바이오매스 활용에 찬성했으며, 전체 응답자의 38%는 현행 지속가능성 기준이 전체적으로 고도화되고 있거나 충분한 정도에 이르렀다고 평가했다. 이들 응답자 가운데 일부는 더욱 엄격한 기준 혹은 거버넌스가 오히려 투자와 혁신을 저해할 수 있다는 의견을 제시했으며, 바이오매스의 지속가능성 기준과 관련한 국제적 수준의 합의가 필요하다는 답변도 있었다. 반면 나머지 응답자의 38%는 현행 지속가능성 기준이 불충분하다는 의견을 밝혔으나 그것이 실제로 어떻게 개선될 수 있는지에 대한 증거는 제시하지 못했다고 밝혔다.<sup>[20]</sup>

## 3.4 일본

### 3.4.1 일본의 지속가능성 인증 관련 법제도

일본은 「바이오매스 활용 촉진 기본법」을 마련하여<sup>[37]</sup> 지속가능한 발전과 지구온난화 방지, 흡수원 보전과 강화 차원에서 바이오매스의 적극적인 역할이 국가 경쟁력 측면에서 중요함을 강조했다. 이를 위해 국가는 「바이오매스 활용

추진 기본계획을 수립하도록 하는 등 바이오매스 활성화를 위하여 국가 차원의 다양한 책무를 열거하였다. 4)<sup>[37]</sup> 주목할 부분은 해당 법령의 제4장 ‘바이오매스 활용 추진회의’ 부분인데, 관계기관과 상호 조정을 위한 별도의 회의구를 마련하여 바이오매스 활용에 전문 지식을 가진 인원으로 구성된 ‘바이오매스 활용 추진 전문가 회의’를 운영하도록 정하였다.<sup>[37]</sup>

개별 부처의 소관법령은 다음과 같다. 첫째, 에너지 수요 측면에서 접근한 일본 경제산업성은 「재생가능에너지 전기 이용의 촉진에 관한 특별조치법」<sup>[38]</sup>을 통해 바이오매스를 재생에너지원 가운데 하나로 규정하고, 전기로 변환하는 발전의 경우 농수산식품부 등 타 관계기관과 사전에 협의하도록 규정하였다. 동법 시행규칙으로는 발전에 이용되는 바이오매스 연료의 조달 시 지속가능성을 확보하고, 유통과정 및 조달의 안정성도 확보해야 한다고 명문화하였다.<sup>[39]</sup>

상기 특별조치법과 시행규칙에 따라 자원에너지청은 고정가격 매입제도/프리미엄 가격제도(Feed-in-Tariff/Feed-in-Premium, 이하 ‘FIT/FIP’)로 지원받는 바이오매스 발전사업자가 준수해야 하는 내용을 「사업계획수립 가이드라인(바이오매스 발전)」으로 규범화하였다.<sup>[40]</sup> 최신 가이드라인 개정안(2024)에 따르면 1 MW 이상의 발전설비를 대상으로 전과정 GHG 배출 기준을 도입하고 발전설비의 인정 시점에 따라 지속가능성 인증과 관련된 차등화된 경과조치를 설정하였다.<sup>[40]</sup> 아울러 FIT/FIP 제도에 따라 연료조달에 관한 체계에서 지속가능성을 증명해야 하므로 산림 인증제도와 CoC 인증 등을 요구한다고 밝히면서 현존하는 전과정 GHG 평가 관련 제3자 인증으로 SBP(Sustainable Biomass Program)와 GGL(Green Gold Label)을 소개하였다.<sup>[40]</sup> 해당 가이드라인을 준수하지 아니하는 경우에는 앞서 언급한 특별조치법에 의거 지도·조언·개선·인정 취소 등의 처분이 가능하며(공급망 관련 법령위반이 지속되면 공급망 재구축 명령도 가능), 가이드라

인에 명시된 제반 사항을 발전사업자의 책임하에 실시하도록 정하였다.<sup>[40]</sup> 특징적인 것은 연료안정조달협정 체결과 유통경로의 추적가능성을 확인할 수 있도록 조치해야 한다는 점, 바이오매스 발전에 대하여 시점별 전과정 GHG 기준을 2030년 이전(‘23~29년) 90 g-CO<sub>2</sub>eq/MJ(화력발전 대비 50%)에서 2030년 이후 54 g-CO<sub>2</sub>eq/MJ(화력발전 대비 70%)로 점차 강화된 기준을 적용한다는 점이다.<sup>[40]</sup>

둘째, 연료의 공급적 측면에서 관련 사항을 제도화한 임야청의 「목재·목재제품의 합법성, 지속가능성 증명을 위한 가이드라인」에 따른 정의 규정을 살펴보면<sup>[41]</sup> (1) 합법성이란 목재 수확 시 원목이 생산되는 국가 또는 지역의 관련 법령에 비추어 적법절차를 거친 것을 의미하며, (2) 지속가능성이란 지속가능한 산림경영이 이뤄지는 산림에서 생산된 제품임을, 그리고 (3) 분별 관리란 합법성과 지속가능성이 입증된 목재와 목재제품이 그렇지 않은 것과 혼입되지 않도록 관리되는 것을 각각 의미한다. 이를 위하여 관련 단체는 자발적 행동규범과 관리체계를 마련하여 공표하고 개별 사업자는 이에 따르도록 노력하되 객관성을 위해 제3의 기관 등을 통하여 감사가 이뤄지도록 정하였다.<sup>[41]</sup>

일본 임야청은 상기 가이드라인 대비 세부적인 사항을 「발전 이용에 제공하는 목질 바이오매스의 증명을 위한 가이드라인」으로 제시하였다.<sup>[42]</sup> 그 취지를 살펴보면 “FIT/FIP 제도에 대한 신뢰를 확보하고 발전 연료로서 목질계 바이오매스가 원활하고 질서정연하게 공급될 수 있도록 정한 국내의 공급자 측의 유의사항”이라고 밝혔다.<sup>[42]</sup>

해당 가이드라인에 따르면 ‘산림·임업·목재산업 관련 단체’와 ‘발전용 목질계 바이오매스를 공급하는 사업자 단체’ 등은 발전사업자의 판단에 필요한 정보를 제공한다는 관점에서 바이오매스의 분별 관리와 서류관리 방침에 대하여 자율행동규범을 수립하도록 안내하고 있다.<sup>[42]</sup> 여기서의 ‘단체’는 연료공급 사업자로부터 신청을 받고 정리하여 공표하는 역할도 수행하며, 역할과 내용은 다음과 같다. (1) 단체의 권한 범위와 관련하여 증명서 허위기재나 인정사업자로부터 인정 취소신청, 단체의 요구사항 미해소 등의 사유가 발생하는 경우 인정을 취소할 수 있으며 사안에 따라 사업자명 등을 단체의 홈페이지에 공표할 수 있다. (2) 이

4) 「바이오매스 활용 촉진 기본법」에 따른 주요 국가시책 : ① 생산부터 이용까지 단계별 바이오매스 활용에 필요한 기반 정비, ② 생산과 유통의 합리화를 통한 사업 창출, ③ 기술 연구개발과 보급, ④ 인재육성과 확보, ⑤ 이용 촉진을 위한 지식과 정보 제공·판로개척·사업활동 원활화·품질 및 안전성 확보·원가절감·바이오매스 활용에 따른 전력이용 촉진, ⑥ 민간의 자발적 활동 촉진, ⑦ 국제협력, ⑧ 국내외 정보수집, ⑨ 국민의 이해 증진을 위한 지식의 보급 등 → 「바이오매스 활용 추진 기본계획」수립으로 구체화

5) 여기서의 ‘단체’는 일본 정부로부터 인정받은 인증업무를 수행하는 단체를 의미함.

러한 단체로 인정받기 위해서는 정관과 회칙 등을 가지고서 의사결정과 지속적인 업무 집행 체계가 확립되어 있어야 하며 회계감사를 실시하고 해당 분야에 대한 지식이 있어야 한다.<sup>[42]</sup> (3) 이들 단체가 홈페이지 등을 통해 공개해야 하는 정보의 범위는 인증에 관한 요령을 포함한 자율행동규범, 인증받은 사업자명, 인증이 취소된 사업자명, 사업자별 목질계 바이오매스별 취급실적, 그리고 해당 단체가 공개해야 한다고 인정하는 내용이다.<sup>[42]</sup> 나아가 ‘자율행동규범’에는 관련된 노력(분별관리, 서류관리, 실적보고 및 공표, 현장조사, 입회검사, 인증취소 등)이 적절하다는 것을 포함해야 하며 설령 기업이 독자적으로 자율행동규범을 정할지라도 제3자의 감사를 받도록 함으로써 단체 등의 인정을 얻어 단체가 실시하는 증명 방법과 동등한 수준의 신뢰성을 확보해야 한다고 명시하고 있다.<sup>[42]</sup> 이와 함께 사업자는 임야청 등이 실시하는 현지 조사에 협조해야 하며 사업자별로 정보관리를 위한 책임자를 별도로 선임하도록 하였다.<sup>[42]</sup> 요구되는 제출 문서에는 전과정 GHG 배출 파악을 위하여 원료 형상, 운송 형태(최대 적재량, 운송거리 등)를 모든 납품 단계에서 기재하도록 하였다.<sup>[42]</sup> 이외에도 다양한 내용이 해당 가이드라인에 반영되어 있다.

### 3.4.2 바이오매스 지속가능성 워킹그룹 논의 요지

일본은 「재생가능에너지 전기 이용의 촉진에 관한 특별조치법」에 따라 경제산업대신은 ‘조달가격 등 산정위원회’의 의견을 듣고 존중하도록 정하고 있다.<sup>[43]</sup> 이를 근거로 위원회가 2018년 연료의 안정조달 관점에서 바이오매스 발전과 관련하여 검토한 결과, 전문적·기술적인 검토를 통해 지속가능성이 확인된 것만을 FIT 지원대상으로 하겠다고 정하였다.<sup>[43]</sup> 이를 위해 별도의 워킹그룹을 설치·운영하면서 연도별 중간 정리본을 발표하여 순차적으로 제도에 반영하고 있다.<sup>[43]</sup> 이를 요약하면 다음과 같다. (1) 2019년에는 워킹그룹을 설치·운영하여 환경·사회, 노동, 거버넌스, 식량경합 등의 관점에서 확인 수단에 대한 전문적이고 기술적 측면에서 검토를 진행할 것을 결정하였다. (2) 2020년에는 식량 경합의 판단기준을 마련하였으며 (3) 2021년에는 전과정 GHG 배출량 기준을 제시하였고 (4) 2022년에는 식량 경합이 없다고 판단된 연료를 구분하고 전과정 GHG 평가를 포함한 지속가능성의 확인 수단을 정리하였다. 그리

고 (5) 2023년에는 지속가능성 확인과 관련된 경과조치 등을 논의하였다.<sup>[43]</sup>

이러한 워킹그룹 논의 가운데 2023년 발표된「제3차 중간정리본」이 중요하다고 판단되는데,<sup>[44]</sup> 이는 EU RED 등을 참고하여 전과정 GHG 평가 기본값을 결정했기 때문이다. 이로써 전과정 GHG 감축 기준이 적용되는 일본의 1 MW 이상 발전소는 설비용량 기준 99.6%(2022.12월 기준) 대상에 해당하는 것으로 파악되었다.<sup>[44]</sup> 적용 시점과 관련하여 2021년까지 FIT/FIP 인증안건은 전과정 GHG 관련 정보를 자발적으로 공개하도록 하고, 2022년 이후의 FIT/FIP 인증안건은 1년 연장을 통해 2023.4월부터 적용하되 3년의 경과조치 기간을 부여하되, 경과조치 기간이 종료하기 전에 지속가능성 취득 보고를 요구하였다.<sup>[44]</sup> 아울러 자발적 제3자 인증이 일본의 FIT/FIP 제도가 요구하는 전과정 GHG 기준을 충족하는지, GHG 기본값 확인 체계가 ISO 17011과 ISO 17065에 부합하는지, 인증의 개별 계산 확인 체계가 ISO 14065에 부합하는지 등을 확인하기로 의견이 모아졌다.<sup>[44]</sup> 이외에도 워킹그룹은 영국의 RO 제도를 참고하여 발전사업자에 대한 정보공개 범위 및 방법을 안내하였고 발전사업자가 준수해야 하는 사항까지도 세밀히 검토하였다.<sup>[44]</sup>

### 3.4.3 일본 중의원 회의록을 통한 내각의 인식

최근 3년간(2022~2024년) 일본 중의원의 질문에 대한 정부측 답변 가운데 지속가능성 인증과 관련한 내용을 주제별로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 화석연료 대체재로서 바이오매스 활용에 대한 정부의 견해를 묻는 것에 대하여, 정부는 “목질계 바이오매스를 에너지원으로 활용하는 것이 탄소중립의 실현에 도움이 된다고 생각하여 산림자원을 최대한 활용하겠다”라고 답변하였다.<sup>[45]</sup>
- (2) 수입산 목질계 바이오매스 연료에 적용될 제3자 인증이 내용적으로 충분한 것인지에 대한 검토 필요 여부에 대하여, 정부는 “관련 가이드라인에서 규정하는 제3자 인증은 독립적인 인증기관이 정한 기준에 따라 제3자가 평가하는 구조로서 내용적으로 충분한지에 대한 검토는 현재로서 필요하지 않다고 판단한다”라고 답변하였다.<sup>[46]</sup>

- (3) 과거 일본으로 수출된 베트남산 목재펠릿에 대한 인증의 신뢰성 이슈와 관련하여, 정부는 “관련 기업을 대상으로 청문을 실시하고 있으나 해당 인증의 정지 이후에는 지속가능성이 확인되지 않은 연료가 FIT/FIP에 근거하여 사용된 사실이 없는 것으로 인식한다”라고 답변했다.<sup>[47]</sup> 본 건의 연장선에서 인증의 신뢰성에 관한 질문에 정부는 “정밀 조사를 통해 만일 연료의 지속가능성을 확인하기 어려운 경우 관련법에 의거 인증취소를 포함해 엄격히 대응해 나갈 것이며, 정부가 매우 큰 문제의식으로 임하고 있다”라고 답변하였다. 또한 정부는 “수입 목질 바이오매스의 생산, 가공, 유통과정에서 위반행위가 지적되면 해당국 정부로부터 확인을 받거나 필요에 따라 현지에서 가서 법령위반 등의 사실관계를 확인한다”라는 절차를 설명하였다.<sup>[48]</sup>
- (4) 목재칩이나 목재펠릿에 대한 불법 벌채 유래의 것이 없는지에 대한 중의원 측의 물음에 정부는 “적법성이 확인되지 아니한 연료가 FIT/FIP에 근거해 발전에 사용된다는 사실은 현재 확인되지 않았으며, 불법적인 것은 없다고 생각한다”라고 답변하였다.<sup>[49]</sup>

상기와 같은 내용을 통해 일본 정부는 탄소중립 재생에너지로서 산림바이오매스에너지 사용에 관한 일관적인 정책을 토대로 지속가능성 인증을 적용하여 제도적 고도화를 추구하는 추진 의지를 확인할 수 있다.

### 3.5 비판적 담론 검토

#### 3.5.1 환경단체의 주장과 유럽연합 감, 영국 감사원 보고서 검토

연구 과정에서 산림바이오매스에너지와 관련된 지속가능성 인증제도에 대하여 일부 EG의 비판적 관점을 확인하였다. 이들의 주장에 따르면,<sup>[50]</sup> (1) 지속가능성 인증은 현장실사보다는 서류심사에 집중하는 경향이 있으며 (2) ‘생산단위’ 수준에서 제한된 기간을 평가하므로 더 넓은 경관 수준 또는 장기적 수준에서의 영향성 평가는 무시될 가능성이 있다는 주장이다. 또한 (3) 자발적 제3자 인증 운영상 이해 상충 우려가 존재하며 공개되지 않는 정보에 따른 비대칭성으로 폐쇄적인 단체운영을 지적했다. 이외에도 (4) 자발적 제3자 인증에 대한 관리감독이 부족하고, (5) EG의

참여를 보장하는 자발적 제3자 인증이 사실상 부재하다는 우려가 주요 골자다.

또한 최근 영국에서는 EG가 중심이 되어 방송매체를 통해 일부 발전사업자의 제3자 지속가능성 인증을 비롯한 연계 보조금에 대하여 신뢰성 의혹을 제기한 사례가 존재한다.<sup>[51]</sup> 하지만 관계기관의 조사 결과 지속가능성 인증과 관련하여 발전사업자 측의 고의적인 허위 보고를 시사하는 증거는 발견하지 못하였으므로 지원받은 보조금에는 영향이 없다고 발표하였다.<sup>[52]</sup>(일본 사례는 본 연구의 Section 3.4.3의 2022년 중의원 회의록을 참고)

감사원 보고서 사례를 살펴보면, 유럽 감사원(2016)은<sup>[53]</sup> 액체 바이오연료 부문에서 시행 중인 지속가능성 인증시스템에 대하여 (1) 자발적 인증이 사회경제적으로 부정적인 영향(토지소유권 분쟁, 강제/아동노동, 열악한 노동 조건, 건강과 안전 등)과 간접토지이용 변화 정도를 포괄적으로 평가할 수 있어야 하며, (2) 자발적 인증의 내부 구조가 이해 상충 리스크를 줄이는지까지 살펴야 하고, (3) 기인정된 자발적 인증을 대상으로 인정기준을 잘 준수하는지 EC가 감독하여야 하며, (4) 자발적 인증을 상대로 제기된 이의를 적절히 처리했는지를 확인할 수 있는 시스템을 구축해야 한다고 지적하였다(자발적 인증의 규정 위반 여부를 확인하기 위함). 다만 이와 같은 지적 대부분은 두 차례의 EU RED 개정을 통해 제도적으로 해소된 것이라 판단된다.

이외에도 영국 감사원 보고서(2023)에 따르면<sup>[19]</sup> (1) 지속가능성 인증과 연계한 모니터링 체계가 발전소 측이 제공하는 정보와 제3자 인증, 그리고 제한적인 감사보고서에 의존하고 있다며, (2) 지속가능성 인증제도가 얼마나 효과적인지 평가가 부족하고, (3) 원거리 공급망을 고려할 때 지속가능성 기준을 충족한다는 확신을 입증하기 어렵다고 지적하였다. 이에 대하여 영국 정부는 현행 지속가능성 기준과 제도는 충분한 확신과 신뢰성을 제공하는 비례적인 접근방식이라는 의견을 개진하였다.

#### 3.5.2 지속가능성을 위한 제3자 인증의 신뢰성 논의

산림바이오매스에너지에 대한 자발적인 제3자 인증은 국제 수준의 공급망에서 효과적인 도구로서 거버넌스가 취약한 지역이나 국가에 대한 규제를 보완할 수 있지만, 행정 비용이 수반된다는 문제가 있다.<sup>[54]</sup> 아직 많은 국가에서 토

지 관리 변화를 추적할 수 있는 모니터링 체계가 충분히 갖춰진 것도 아니다.<sup>[54]</sup> 영국 정부에 조언하는 독립기구 UK CCC는 “어떠한 도구도 그 자체만으로는 충분하지 않으며 현지 상황에 적용할 수 있는 능력에 따라 성공 여부가 달라진다”라고 언급했음을 참고할 필요가 있다.<sup>[54]</sup> IEA는 “인증이 어느 정도 수준으로 지속가능성을 보장할 수 있는가?”에 대하여 논의할 때는 인증제도 자체보다는 거시적인 거버넌스에 초점을 맞추는 것이 중요하다면서 인증제도의 복잡성이 오히려 잠재적인 누수(leakage)를 초래할 수 있다고 지적했다.<sup>[30]</sup>

이러한 논의에도 불구하고 최근 지정학적 불안정성이 고조되는 국제 정세 속에서 제3자 지속가능성 인증은 그 활용 범위가 외교적으로 확대되는 모양새다. 실제 러시아와 우크라이나의 전쟁 이후 자발적 제3자 인증 운영 단체들은 러시아산 목재펠릿 등을 분쟁 목재(Conflict wood)로 규정하여 인증 활동을 중단 조치함에 따라 관련 교역이 현재까지 중단된 것이 대표적이다.<sup>[24]</sup> 이는 주요국이 재생에너지로서 바이오에너지와 관련한 보조금 지원의 선결 조건으로 자발적 제3자 인증을 활용하였기에 가능한 일이었다고 판단된다.

### 3.6 산림바이오매스에너지의 지속가능성 인증 구현을 위한 우리나라의 기본 접근 전략

지속가능한 산림바이오매스를 재생에너지원으로 활용하기 위해서는 방치나 보존만이 아닌 지속가능한 산림관리 활동이 전제되어야 한다. 이로써 교란(산불, 병해충 등)에 따른 흡수원 손실위험을 감소시키고 화석연료를 대체하는 과정에서 지역경제 활성화에 도움이 되기 때문이다. 다만, 증가하는 재생에너지 수요와 탄소중립 기조, 그리고 국제적 동향을 종합 고려하여 지속가능성 인증체계를 우리나라에 구현하기 위해서는 다양한 요소를 검토해야 한다.

우리나라는 현재 「한국형 녹색분류체계」를 통해 바이오매스 제조와 바이오에너지 생산 부문에 각각 활동기준·인정기준·배제기준·보호기준을 마련하여 사업 주체가 자체적으로 기준의 충족 여부를 확인하도록 정하고 있다.<sup>[55]</sup> 다만 해당 제도의 본질적 취지가 녹색금융에 관련된 것이라는 점에서 무역, 지원제도, 사회경제 영역까지 추적성을 실무적으로 구현하기에는 거리가 있다.

현재 국내에서는 「미이용 산림바이오매스」제도를 운영하고 있는바, 산림부산물과 같은 지속가능성이 담보된 국산 원료를 연료로 사용하는 과정 전반에 대하여 높은 수준의 공급망 추적성을 구현하고 있다. 또한 타 부처와의 보조금 연계, 업무지침을 통한 규제 프레임워크를 구축하여 사업자가 이를 증명하도록 정하고 있다. 이는 주요국이 추진하는 정책적 방향성과 유사한 수준의 매커니즘이 국내에 일부 구현된 것이라 판단된다. 그러나 국외 유래 산림바이오매스에 대하여는 지속가능성을 증명하기 위한 별도의 인증이나 행정적 조치가 국내에 부재한 상황이다. 따라서 지속가능성을 증명하기 위한 정책적 체계와 행정적 실행력이 아직 국내에 구체화된 것은 아니라고 볼 수 있다. 이와 같은 국내 정책적 상황은 Table 2를 통해 주요국과 상대 비교하였다.

본 연구로 수행된 국내외 정책 동향과 법·제도적 프레임워크에 대한 다차원적 고찰을 토대로 ‘산림바이오매스에너지’

Table 2. Comparison of institutionalization of sustainability certification for forest biomass energy in major countries (EU, UK, Japan, and South Korea)

Category	EU-27	UK	Japan	S.Korea
(1) Sustainability Certification Systems	●	●	●	✖
(2) GHG Emission Standards	●	●	●	▲
(3) Land Management & Biodiversity Standards	●	●	●	▲
(4) Traceability & Supply Chain Management	●	●	●	▲
(5) Linked to subsidy programs	●	●	●	▲
(6) Governance & Regulatory Frameworks	●	●	●	▲
(7) Social Demand for Sustainability	●	●	●	●

(Note) In the case of South Korea, (2) and (3) are partially addressed within the K-Taxonomy, while (4), (5), and (6) have been partially established through the ‘Unused Forest Biomass’ policy system domestically. Socially, there is a demand for (7), but compared to major countries, an institutionally effective framework for (1) related to forest biomass energy has yet to be established.

지 지속가능성 인증체계'를 우리나라에 구현하고자 도출한 기본 접근 전략은 아래와 같다.

- 지속가능성 인증의 다면적인 평가를 위한 요소는 크게 환경·공급망·사회경제·전과정 GHG로 나뉜다. 구체적으로 살펴보면, (1) 환경적 측면에서 기후, 토양, 토지와 수자원에 대한 관리와 권리, 식량 안보 영향성, 토지이용변화, 산림관리, 생물다양성 영향성 등을 증명하도록 하고 (2) 공급망 측면에서 연료의 유형, 원료, 원산지, 생산공정, CoC 기록, 운송 형태와 거리, 운송 수단, 관리를 위한 시스템을 검증 가능하도록 구현해야 하며, (3) 사회경제적 요인으로는 근로자의 건강과 안전, 단체행동권, 교육권, 최저 근로 연령, 근로계약서 등에 대하여 현지법을 준수하는지를 파악해야 한다. 나아가 (4) 화석연료 대체재로서 기능하기 위하여 전과정 GHG 배출 평가 기준이 정립되어야 한다.
- 지속가능성 인증의 핵심은 자발적인 제3자 인증이다. 시장주도적인 인증으로 개별 프로젝트 수준에 대하여 평가하되, ISO 기준에 따른 일정한 역량과 전문성을 갖추어 자체적인 평가체계를 운영해야 한다. 이로써 지속가능한 연료의 공급과 사용을 보장하고 법률 준수를 증명하여 평판 리스크와 재생에너지 활용을 증명하는 수단으로 활용해야 한다.
- EG의 이익제기에 대해서는 직접 당사자로서 제3자 인증 운영 주체가 직접 소통하여 처리 결과를 공개함으로써 인증의 신뢰성을 스스로 높여야 한다. 아울러 인증 주체는 공정성과 독립성을 위하여 균형적인 이해관계자 그룹을 조성하여 운영해야 하며, 인증체계는 국내법 체계에서 추구하는 지속가능성과 추적가능성에 도움이 되어야 한다.
- 국가는 자발적 제3자 인증이 평가항목을 적절히 반영하면서 효율적인 운영이 가능한지를 판단하는 가이드라인을 만들어 인증 간 하향평준화를 방지해야 한다. 이와 함께 법률과 이행 규정을 정비하고 전과정 GHG 배출 평가 기준을 참고하여 구속력 있는 배출 한계선을 제시하고 정보공개 수준을 협의해야 한다(공급망 요인 연계). 그 이외의 인증항목(환경적, 사회경제적 요인)에 대하여는 주권국가로서 상대국을 존중한다는 차원에서 국가는 제3자 인증이 객관적인 평가체계를 적절히 구현했는지 확

인하는 정도의 역할을 수행한다(실제 평가는 민간 중심의 제3자 인증이 수행하기 때문). 또한 국가는 장기적 관점에서 일관성 있고 명확한 규칙을 제시함으로써 적절한 행정 집행 시스템을 통해 자발적 제3자 인증 영역과 기업의 안정적 투자 여건을 뒷받침해야 한다. 그리고 인증 평가 요소들이 최신의 과학적 지식을 반영할 수 있도록 실질 전문가 중심의 기술협의체를 운영할 필요가 있다.

- 국가는 지속가능성 인증의 올바른 정착을 위해 에너지 부문의 보조금 등 지원제도의 선결 조건으로 자발적인 제3자 인증 제출을 의무화하고, 적용 설비 기준도 정해야 한다. 자발적인 제3자 인증 취득은 발전사업자의 책임하에 이뤄지도록 하고 인증현황은 월간 단위로 관계 기관에 제출하여 검증받음과 동시에 연간 단위로 별도의 제3자 감사를 통해 그 결과를 제출하도록 해야 한다. 실무적으로는 질량수지 평가 방법을 공식 도입하여 지속가능성이 인정된 물량과 그렇지 않은 물량 간의 비중을 비교할 수 있어야 하며, 발전사업자의 연간 사용량 대비 일정 비중 이상을 제3자 인증 물량을 사용하도록 의무화함으로써 국격에 맞는 산림바이오매스 활용을 독려해야 한다. 이후 점진적으로 지속가능성 인증 적용 분야를 타 목재 산업군으로 확대 적용함으로써 탈탄소 사회 조성을 선도해야 한다.
- 지속가능성 인증을 논의하는 과정에서 유의할 사항은 국가별 여건이 서로 다르다는 것과 복잡성으로 인한 잠재적 상충관계—이해관계자의 기대치, 시장 수요, 정책, 절차적 역동성, 다양한 외생변수, 효율성, 실효성, 비용, 접근성, 평가 범위의 합리성, 정책효과 발휘까지의 시차, 수용성 등—를 인정하고 어떠한 관점에서 이를 바라볼 것인지에 초점을 맞추어야 한다. 특히 이해당사자의 모든 요구사항을 반영하는 것은 불가능하므로 복잡함과 단순함 사이의 최적화를 전문가 중심으로 도모하여 그 결과를 존중하는 분위기가 조성되어야 한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 그간 국내에서 제도적으로 익숙하지 않았던 산림바이오매스에너지의 지속가능성 인증체계를 개념

화함으로써 국가 수준의 추진전략을 제시하여 다양한 이해관계자의 접근성을 개선하고자 노력하였다. 국내 정책적 여건에서 이와 관련된 성숙한 논의의 장이 열리길 기대하며, 본 연구에 따른 결론은 다음과 같다.

- 산림바이오매스는 사회적, 경제적, 기후환경적 맥락에서 유의미한 재생에너지원으로서, 화석연료를 대체하고 에너지 안보와 지역경제 발전, 그리고 산림흡수원의 활력을 증진하는 탄소중립 에너지원이다.
- 산림바이오매스를 활용한 에너지는 공급망의 추적가능성과 지속가능성을 증명하여 실질적인 온실가스 감축과 연결되어야 하므로, 이를 위한 증명 체계와 국가 수준의 실행전략이 요구된다.
- 자발적 제3자 인증은 과학적 증거를 기반으로 인증과 검증 체계로 구현되는 평가인데, 이는 문서화된 절차적 지원 도구로서 산림바이오매스의 지속가능성을 뒷받침하는 수단이다.
- 정부는 제3자 인증에 대한 최소한의 평가 기준을 마련하여 인증의 하향평준화를 예방하여야 하며, 온실가스 감축 시장 참여자가 실행할 수 있는 명확한 기준을 제시하여야 한다.

## 감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원)의 지원(20240413BE0-00)에 의하여 이루어진 것입니다.

## References

- [1] Aguilar, F.X., and UNECE/FAO Forestry and Timber Section, 2018, “Wood energy in the ECE Region: data, trends and outlook in Europe, the commonwealth of Independent States and North America”, UN, New York; Geneva, <https://digitallibrary.un.org/record/3823655?v=pdf>.
- [2] Lee, S.R., and Han, G.S., 2024, “Forest Biomass Utilization for Energy Based on Scientifically Grounded and Orthodox”, *New. Renew. Energy*, **20**(1), 145-174. <https://doi.org/10.7849/ksnre.2024.2034>.
- [3] Cowie, A.L., Berndes, G., Bentsen, N.S., Brandão, M., Cherubini, F., Egnell, G., George, B., Gustavsson, L., Hanewinkel, M., and Harris, Z.M., *et al.*, 2021, “Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy”, *Glob. Change Biol. Bioenergy*, **13**(8), 1210-1231. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12844>.
- [4] UNFCCC, 2024, “Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA)”, Accessed 29 October 2024, <https://unfccc.int/subsidiary-body-for-scientific-and-technological-advice-sbsta>.
- [5] UNFCCC, 2003, “Estimation, reporting and accounting of harvested wood products (Technical paper – FCCC/TP/2003/7)”, UNFCCC, 14-28, <https://unfccc.int/documents/3424>.
- [6] Clean Energy Ministerial Biofuture Platform Initiative, UN FAO, GBEP, IEA, IEA Bioenergy, IRENA, UNECE, UNEP, and UNIDO, “The role of sustainable bioenergy in supporting climate and development goals”, Accessed 4 November 2024, <https://www.irena.org/News/articles/2024/Jun/The-Role-of-Sustainable-Bioenergy-in-Supporting-Climate-and-Development-Goals>.
- [7] IEA Bioenergy, 2021, “Campaigns questioning the use of woody biomass for energy are missing key facts”, Accessed 29 October 2024, <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/campaigns-questioning-the-use-of-woody-biomass-for-energy-are-missing-key-facts/>.
- [8] Maeil Business Newspaper, “Avoiding the Biomass ‘Green Washing’ Controversy”, 2024.4.24.
- [9] The Korea Economic Daily, “Six biomass power companies sign MOU for a sustainable renewable energy future”, 2024.7.31.
- [10] Money Today, “Wood pellet imports devastate rainforests overseas...It needs a policy worthy of our international status”, 2024.10.16.
- [11] Korea Forest Service, 2024, “Korea’s regulation to promote legal timber trade”, Accessed 5 November 2024, [https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC\\_000861&mn=AR05\\_03\\_01](https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?cmsId=FC_000861&mn=AR05_03_01).
- [12] Korea Forest Service, 2024, “Act on the Sustainable

- Use of Timbers”, Act No. 20086, <https://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=259037&ancYd=20240123&ancNo=20086&efYd=20240724&nwJoYnInfo=Y&efGubun=Y&chrClsCd=010202&ancYnChk=0#0000>.
- [13] Lee, S.R., and Han, G.S., 2021, “UK case study for sustainable forest biomass policy development of South Korea”, *New. Renew. Energy*, **17**(1), 50-60. <https://doi.org/10.7849/ksnre.2021.2029>.
- [14] Lee, D.Y., 2013, “The IEA’s Challenges and Responses”, Korea Energy Economics Institute, *Energy Focus* **10**(1), 47. [https://www.keei.re.kr/pdfOpen.es?bid=0002&list\\_no=82849&seq=1](https://www.keei.re.kr/pdfOpen.es?bid=0002&list_no=82849&seq=1).
- [15] European Commission, 2023, “Bioenergy report outlines progress being made across the EU”, Accessed 6 November 2024, [https://energy.ec.europa.eu/news/bioenergy-report-outlines-progress-being-made-across-eu-2023-10-27\\_en](https://energy.ec.europa.eu/news/bioenergy-report-outlines-progress-being-made-across-eu-2023-10-27_en).
- [16] European Union, “Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652”, <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>.
- [17] Bioenergy Europe, 2024, “Fossil Fuel Reliance Stalls EU Pellet Market Growth”, Accessed 22 November 2024, <https://bioenergyeurope.org/fossil-fuel-reliance-stalls-eu-pellet-market-growth/>.
- [18] Bioenergy Europe, 2024, “Insights on 2023 data”, Accessed 22 November 2024, <https://bioenergyeurope.org/statistical-reports/>.
- [19] UK National Audit Office, 2024, “The government’s support for biomass”, Accessed 23 November 2024, <https://www.nao.org.uk/reports/the-governments-support-for-biomass/>.
- [20] UK Department for Energy Security & Net Zero (UK DESNZ), 2023, “Biomass Strategy 2023”, Accessed 23 November 2024, <https://www.gov.uk/government/publications/biomass-strategy>.
- [21] Japan Forestry Agency, 2024, “The Current State and Issues of Forests, Forestry and the Timber Industry”, Accessed 24 November 2024, [https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo\\_kadai/](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo_kadai/).
- [22] Japan Agency for Natural Resources and Energy, 2024, “Act on Special Measures for the Promotion of the Use of Renewable Electric Energy - Information Disclosure Website”, Accessed 24 November 2024, <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary>.
- [23] Japan Woody Bioenergy Association, 2024, “Trends in renewable energy capacity, etc.”, Accessed 24 November 2024, <https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/renewable-energy/>.
- [24] United States Department of Agriculture (USDA), 2023, “Japan Biomass Annual (JA2023-0071)”, Accessed 24 November 2024, <https://fas.usda.gov/data/japan-japan-biomass-annual-2023>.
- [25] IEA Bioenergy, 2023, “How bioenergy contributes to a sustainable future – Bioenergy Review 2023”, Accessed 7 November 2024, <https://www.ieabioenergyreview.org/>.
- [26] IEA Bioenergy, 2024, “Wildfire Resilience and Biomass Supply”, IEA Bioenergy Task 43, Accessed 10 November 2024, <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/wildfire-resilience-and-biomass-supply/>.
- [27] IEA Bioenergy, 2022, “WS27 Summary Report: Bioenergy and Sustainable Development – Climate Change Mitigation and Opportunities for Sustainability Co-Benefits (ExCo89)”, 1-30, <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/ws27-summary-report/>.
- [28] Mola-Yudego, B., Dimitriou, I., Gagnon, B., Schweinle, J., and Kulišić, B., 2024, “Priorities for the sustainability criteria of biomass supply chains for energy”, *J. Clean. Prod.*, **434**, 140075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140075>.
- [29] IEA Bioenergy, 2017, “Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy”, Accessed 2 November 2024, <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/technology-roadmap-delivering-sustainable-bioenergy/>.
- [30] IEA Bioenergy, 2023, “Approaches to sustainability compliance and verification for forest biomass”, Accessed 29 October 2024, <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/approaches-to-sustainability-compliance-and-verification-for-forest-biomass/>.
- [31] IEA Bioenergy, 2017, “Sustainability of bioenergy supply

- chains Summary from an inter-Task workshop (18-19 May 2017)”, Gothenburg, Sweden, <https://www.iebioenergy.com/blog/publications/sustainability-of-bioenergy-supply-chains-workshop-summary/>.
- [32] European Union, “Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance.)”, <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>.
- [33] European Union, “Commission Implementing Regulation (EU) 2022/2448 of 13 December 2022 on establishing operational guidance on the evidence for demonstrating compliance with the sustainability criteria for forest biomass laid down in Article 29 of Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council”, [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2022/2448/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2022/2448/oj).
- [34] European Union, “Commission Implementing Regulation (EU) 2022/996 of 14 June 2022 on rules to verify sustainability and greenhouse gas emissions saving criteria and low indirect land-use change-risk criteria”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02022R0996-20231230>.
- [35] European Commission, 2024, “Voluntary schemes”, Accessed 31 May 2024, [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/voluntary-schemes\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/voluntary-schemes_en).
- [36] European Commission, 2024, “Voluntary schemes under the Renewable Energy Directive – Assessment protocol”, <https://circabc.europa.eu/ui/group/8f5f9424-a7ef-4dbf-b914-1af1d12ff5d2/library/43fd5e9a-d1d8-4c8d-9ffd-a87c021b8c71/details>.
- [37] e-Gov Japan, 2019, “Basic law on the promotion of the use of biomass”, Act No. 52, [https://laws.e-gov.go.jp/law/421AC1000000052#Mp-Ch\\_2](https://laws.e-gov.go.jp/law/421AC1000000052#Mp-Ch_2).
- [38] e-Gov Japan, 2024, “Act on Special Measures for the Promotion of the Use of Renewable Electricity”, Act No. 79, <https://laws.e-gov.go.jp/law/423AC0000000108?tab=cited#TOC>.
- [39] e-Gov Japan, 2024, “Enforcement Rule of the Act on Special Measures for the Promotion of the Use of Renewable Electric Energy”, Notice No. 611, <https://laws.e-gov.go.jp/law/424M60000400046>.
- [40] Japan Agency for Natural Resources and Energy, 2024, “Guidelines for Business Plan Development (Biomass Power Generation)”, Accessed 24 November 2024, [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/fit\\_legal.html#guide](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_legal.html#guide).
- [41] Japan Forestry Agency, 2006, “Guidelines for the verification of the legality and sustainability of wood and wood products”, Accessed 25 November 2024, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/goho/jouhou/guideline.html>.
- [42] Japan Forestry Agency, 2024, “Guidelines for certifying woody biomass for use in power generation”, Accessed 26 November 2024, [https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/hatudenriyou\\_guideline.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/hatudenriyou_guideline.html).
- [43] Japan Ministry of Economy Trade and Industry, 2024, “Report on Procurement Prices”, Accessed 27 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_gian.nsf/html/gian/gian\\_hokoku/20240409chotatsu.pdf/\\$File/20240409chotatsu.pdf](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/gian_hokoku/20240409chotatsu.pdf/$File/20240409chotatsu.pdf).
- [44] Japan Ministry of Economy Trade and Industry, 2024, “Biomass Sustainability Working Group”, Accessed 26 November 2024, [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/shin\\_energy/biomass\\_sus\\_wg/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/biomass_sus_wg/index.html).
- [45] The House of Representatives, Japan, 2022, “Written answer to the question submitted by Nobuhiko Isaka, a member of the House of Representatives, concerning the government’s measures to cope with the sharp rise in the price of lumber (wood shock)”, Accessed 26 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b208084.htm](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b208084.htm).
- [46] The House of Representatives, Japan, 2022, “Written answer to the question submitted by Makoto Yamazaki, a member of the House of Representatives, concerning the sustainability of biomass power generation”, Accessed 26 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b208109.htm](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b208109.htm).
- [47] The House of Representatives, Japan, 2022, “210th Environment Committee #4 Minutes of meeting”, Accessed 26 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001721020221222004.htm](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001721020221222004.htm).

- [48] The House of Representatives, Japan, 2023, “212th Environment Committee #2 Minutes of meeting”, Accessed 26 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001721220231110002.htm](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001721220231110002.htm).
- [49] The House of Representatives, Japan, 2023, “211th Environment Committee #5 Minutes of meeting”, Accessed 26 November 2024, [https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/000921120230329005.htm](https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/000921120230329005.htm).
- [50] FERN, 2024, “Mass Imbalance”, Accessed 29 November 2024, <https://www.fern.org/publications-insight/mass-imbalance/>.
- [51] Peters & Peters, 2023, “Ofgem concludes investigation into UK power generation company”, Accessed 29 November 2024, <https://www.petersandpeters.com/case/ofgem-investigates-uk-power-generation-company/>.
- [52] UK Ofgem, 2024, “Ofgem Decision: investigation into Drax Power Limited”, Accessed 29 November 2024, <https://www.ofgem.gov.uk/publications/ofgem-decision-investigation-drax-power-limited>.
- [53] European Court of Auditors, 2016, “The EU system for the certification of sustainable biofuels”, <https://www.eca.europa.eu/en/publications?did=37264>.
- [54] UK Climate Change Committee (UK CCC), 2018, “Biomass in a low-carbon economy - Annex 2”, <https://www.theccc.org.uk/publication/biomass-in-a-low-carbon-economy/>.
- [55] Korea Ministry of Environment, 2022, “The Korean Green Taxonomy Guideline (K-Taxonomy Guideline)”, <https://www.gmi.go.kr/gc/gcGuideLine.do>.