

국회 농림축산식품해양수산위원회

2023년도 국정감사 정책보고서

대한민국 산림의 땀감화

산림바이오매스 에너지 정책의 문제와 개선방안

국회의원 윤미향

발행 **국회의원 윤미향**

연구책임자 **송한새 기후솔루션 연구원**

연구 **윤미향 의원실**

SFO°C
기후솔루션 Solutions for
Our Climate

발행일 **2023년 10월**

목차

발간사	1
요약	3
I. 서론	14
II. 국내 산림바이오매스 현황.....	16
1. 바이오매스 정의와 배경	16
2. 산림바이오매스 정책의 거버넌스.....	18
3. 산림바이오매스 이용 현황.....	24
III. 산림바이오매스의 기후적·환경적 문제.....	37
1. 화석연료보다 많은 탄소배출.....	37
2. 국내외 산림파괴	51
IV. 산림바이오매스 지원 제도와 문제점	63
1. 산림파괴를 조장하는 산림 정책과 목표.....	63
2. 과도한 바이오매스 REC 가중치.....	73
3. 바이오매스를 감축할 수 없는 지속가능성 인정기준	80
V. 산림바이오매스 정책 개선방안	92
가. 정책 방향 재설정 및 생산 목표 철회.....	92
나. 원목과 수입산 바이오매스 사용 금지.....	92
다. 소규모 지역분산형 설비를 위한 미이용 산림바이오매스 이용	93
라. 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지.....	94
참고문헌.....	95

표 목차

[표 1] 바이오매스의 구분	16
[표 2] 원목의 재종 구분	19
[표 3] 목재펠릿 주요 제조시설 현황	29
[표 4] 바이오매스 발전소 원료 투입량	33
[표 5] 전국 주요 바이오매스 발전소 현황	35
[표 6] 국내 바이오매스 발전의 연료투입량, 발전량, 탄소배출량	41
[표 7] IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수	42
[표 8] 영국 드렉스 바이오매스 발전소의 전 과정 온실가스 배출량	44
[표 9] 미이용 산림바이오매스 수집량이 벌채량보다 많은 경우	55
[표 10] 국가별 목재펠릿 수입량	56
[표 11] 2020~2021년 AVP 국내 거래처	58
[표 12] 산림바이오매스 관련 법령	64
[표 13] 산림청의 미이용 산림바이오매스 확대에 따른 추가 배출량	71
[표 14] 국내 재생에너지원별 LCOE	75
[표 15] 현행 및 제안 바이오매스 REC 가중치	78
[표 16] 주요 발전원별 REC 가중치	78
[표 17] 미이용 산림바이오매스 지속가능성 기준 지표 개발 연구 용역	81
[표 18] RED III 합의안 내 산림바이오매스 관련 주요 내용	82
[표 19] SBP 1.0의 주요 문제점	88
[표 20] SBP 표준 2.0의 주요 표준	88

그림 목차

[그림 1] 2021년 재생에너지원별 생산량, 발전량	17
[그림 2] 2022년 바이오매스 원료별 발전량	18
[그림 3] 미이용 산림바이오매스 증명 절차	21
[그림 4] RPS 추진 절차	23
[그림 5] 총 목재수급실적	25
[그림 6] 국내산 목재수급실적	25
[그림 7] 목재펠릿 이용량	26
[그림 8] 미이용 산림바이오매스 이용량	27
[그림 9] 2022년 사유림, 국·공유림 미이용 산림바이오매스 증명량	28
[그림 10] 목재펠릿 제조시설 현황	29
[그림 11] 바이오매스 발전량	31
[그림 12] 연간 국내산 산림바이오매스 발전소 투입량	34
[그림 13] 국내 바이오매스 발전소의 연간 탄소배출량	40
[그림 14] 발전원별 단위당 온실가스 배출량	42
[그림 15] 2022년 발전원별 REC 발급 현황	45
[그림 16] 바이오매스 사용으로 인한 지상 및 대기 중 탄소 변화	46
[그림 17] 벌채목적별 미이용 산림바이오매스 증명량	47
[그림 18] 40% 원목의 목재펠릿을 투입한 바이오매스 발전의 누적배출량	48
[그림 19] 바이오매스 원료와 화석연료 대체에 따른 탄소부채	49
[그림 20] 벌채부산물 수급 경로에 따른 바이오매스의 기후적·생태적 영향 평가	50
[그림 21] 바이오매스용 목재수급실적	52
[그림 22] 작업종류별 미이용 산림바이오매스 증명량	54
[그림 23] 벌채허가량 대비 미이용 산림바이오매스 수집 비율	54
[그림 24] 미이용 산림바이오매스 신청량 대비 수집량	55
[그림 25] 러시아산 목재펠릿 수입량	60
[그림 26] 탄소중립 산림부문 추진전략 최초안과 수정안 비교	66
[그림 27] 역대 국내 목재이용량 중 산림바이오매스 비중과 산림청 목표	70
[그림 28] 제3차 탄소흡수원 종합계획 내 산림바이오매스 현황 및 여건	72
[그림 29] 역대 바이오에너지 발전량 및 10차 전기본 전망	73
[그림 30] 세계 재생에너지원별 LCOE	74
[그림 31] REC 가중치 산정 방법론	77
[그림 32] RPS 지침 내 바이오매스 REC 가중치 경과조치 규정	79
[그림 33] 제3차 탄소흡수원 종합계획 내 산림바이오매스 지속가능성	80

발간사



국회의원 윤미향

안녕하세요. 국회의원 윤미향입니다.

기후변화가 전 세계적으로 심각한 문제로 부상하면서 이에 대응하기 위한 노력은 거스를 수 없는 국제적인 흐름이 되었습니다. 1992년 유엔기후협약 체결 이후 1997년 교토의정서, 2015년 파리협정으로 이어지는 기후변화 대응의 국제적인 규범과 체계는 점차 완비되어 가고 있습니다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 전 지구적으로 2050년까지 탄소중립을 달성해야 한다는 온실가스 감축경로를 제시하였고, 한국도 2050 탄소중립을 선언하며 이를 기반으로 '2050 탄소중립 시나리오'와 '2030 온실가스 감축목표 상향안'을 발표하였습니다.

이로써 기후변화에 대응하기 위해 재생에너지를 확대·보급하고, 온실가스를 줄이는 노력은 전 세계 모든 국가의 공통된 정책과제가 되었습니다. 하지만 탄소중립을 실현하기 위한 재생에너지 정책에서 나무를 태워서 전기를 만드는 '산림바이오매스'는 친환경 에너지가 될 수 없다는 지적이 제기됩니다.

산림바이오매스는 목재를 태워 만드는 에너지인 만큼 벌목을 필연적으로 수반하고, 나무에 저장된 탄소 방출을 초래하게 됩니다. 재조림을 통한 탄소 상쇄 효과를 감안하더라도 탄소 재흡수에 걸리는 시간은 최소 수십 년이 걸리므로 그사이 증가한 대기 중 온실가스 농도는 불가역적인 기후변화를 초래한다는 문제가 있습니다.

두 번째 문제는 산림바이오매스의 '숨겨진 탄소배출량'입니다. 나무는 비효율적인 연료 특성상 같은 양의 에너지를 만들 때 석탄·석유보다 더 많은 탄소를 배출하게 됩니다. IPCC의 에너지 TJ당 탄소배출량 발표에 따르면 석탄은 9만 4,600 kg, 석유는 7만 3,300 kg인 반면 산

림바이오매스의 탄소배출량은 11만 2,000 kg으로 집계되었습니다. 막대한 탄소배출 문제는 산림바이오매스가 온실가스 감축 정책을 역행하는 연료임을 증명하고 있습니다.

세 번째 문제는 산림바이오매스를 확대하는 '신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate: REC)' 가중치 제도입니다. 산림청과 산업부는 『2050 탄소중립 달성을 위한 산림 부문 추진전략』을 통해 산림바이오매스 에너지 확대 정책을 펼쳐왔고, 산림바이오매스 원료 중 특정 조건에 부합하는 목재를 '미이용 산림바이오매스'로 인정하여 이를 연료로 사용 시 타 재생에너지원보다 높은 수준의 REC 가중치를 부여하고 있습니다. 하지만 원목을 미이용 목재로 둔갑한 REC 가중치 부정 발급 문제는 계속해서 발생하고 있으며, 사용 불가능한 나무 부산물을 활용한다는 산림청의 주장과는 달리 미이용 산림바이오매스로 증명되는 임목 물량도 평균 87%가 모두베기를 통해 수집되고 있습니다. 결국 미이용 산림바이오매스 REC 가중치는 바이오매스 발전의 수익성을 보장하는 정책보조금 성격으로 변질되어 오히려 기후변화 악화에 일조하고 있다는 우려를 낳고 있습니다.

전 세계가 석탄발전소의 의존도를 줄이고 재생에너지로 전환해야 한다는 장기적인 대응 방향성에서는 공통된 합의를 이루었지만, 산림바이오매스가 탄소배출원인지, 흡수원인지에 대한 견해 차이는 큰 상황입니다.

이에 본 정책보고서는 국내 산림바이오매스 에너지 정책 동향과 문제점을 살펴보는 것과 동시에 국내 바이오매스 발전 전체의 '숨겨진 탄소배출량'을 최초로 공개하여 재생에너지원으로서 산림바이오매스의 지속 불가능성을 설명하고자 합니다. 그리고 산림훼손을 전제로 한 바이오매스 에너지가 아닌 산림복원을 통한 탄소흡수원 확대가 실질적으로 이루어질 수 있는 정책 방안을 제언하고자 합니다.

2050 탄소중립 달성을 위해 재생에너지 보급과 탄소흡수원 확대가 필수적인 정책과제로 격상된 시기에 본 정책보고서를 발행하게 되어 의미가 남다른입니다. 함께 해주신 기후솔루션 연구팀에게 감사드리며, 정책보고서에 담긴 제언이 기후변화에 대응하는 탄소중립 정책에 좋은 나침반이 되어주길 기대합니다.

고맙습니다.

2023년 10월

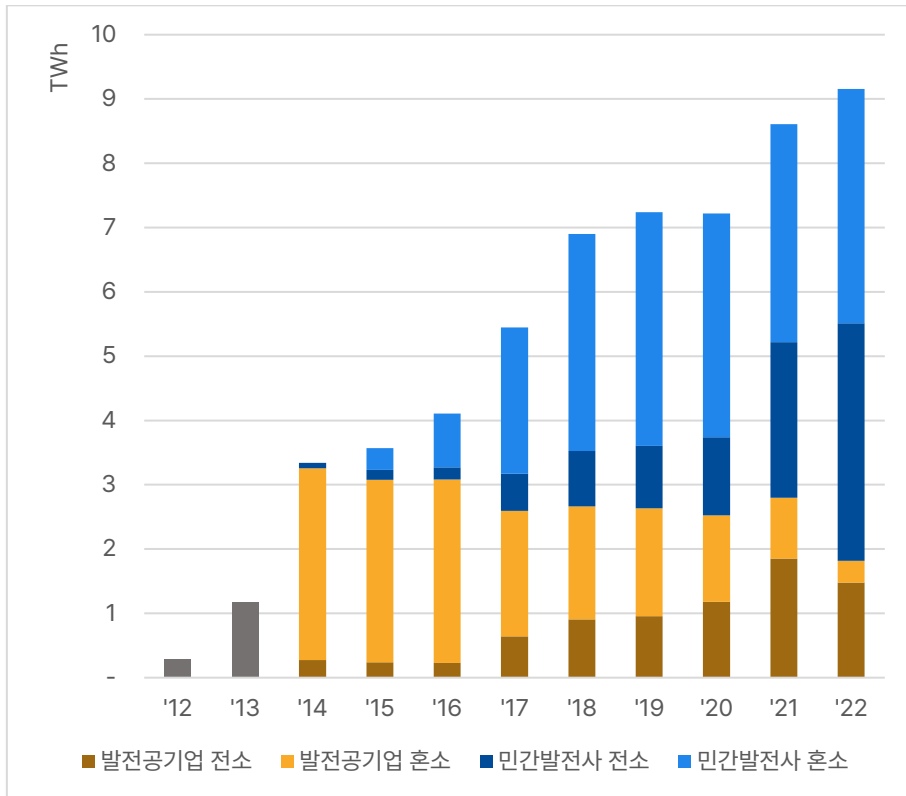
윤 미 향

대한민국 2위 재생에너지는 나무 땔감

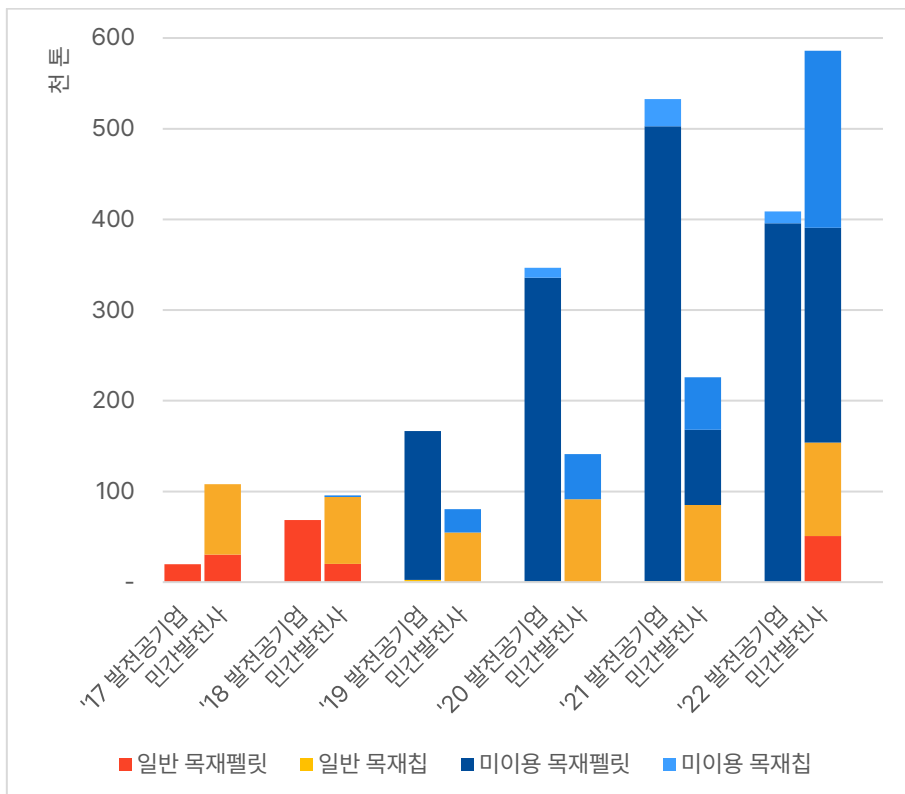
나무를 태워 에너지를 만드는 바이오매스는 국내 2위의 재생에너지원이다. 이중 목재펠릿·칩을 원료로 하는 산림바이오매스가 75%를 차지하는데, 이는 2012년부터 계속된 산림청과 산업통상자원부의 공격적인 바이오매스 확대 정책의 결과다. 지난 10년간 바이오매스 발전량은 42배 증가했으며, 국내산과 수입산 목재펠릿 이용량도 각각 15배와 28배 성장했다. 미이용 산림바이오매스 이용량도 2012년 제도 도입 이래 5배 이상 증가했다. 신재생에너지 공급 의무화제도(renewable portfolio standard, RPS) 및 신재생에너지 공급인증서(renewable energy certificate, REC) 가중치 도입 초기 발전공기업의 석탄 혼소 중심이었던 바이오매스 발전은 이제 민간발전사의 수입산 목재펠릿과 미이용 산림바이오매스 전소·혼소로 확대되었다.

늘어난 국내산 바이오매스 수요의 대부분은 대형 목재펠릿 공장 3개소가 감당하고 있다. 이들 업체만으로도 현재 국내산 목재펠릿의 전량을 소화할 수 있으며, 2026년까지 현재 규모의 절반이 넘는 증설이 예정되어 있다. 발전소의 경우 24개사가 28기의 바이오매스 전소 설비를, 10개사가 42기의 혼소 설비를 운영 중이며, 대부분이 민간발전사로 파악된다. 건설 예정 중인 발전소는 5곳으로, 2026년까지 현재 전소 발전 규모의 절반이 넘는 용량이 추가될 것으로 보인다. 정부의 계속되는 바이오매스 지원은 기후변화 대응을 이유로 숲을 땔감으로 태우는 모순을 더욱 확대할 전망이다.

[그림 11-1] 바이오매스 발전량(소유별, 연소 방식별)



[그림 12] 연간 국내산 산림바이오매스 발전소 투입량



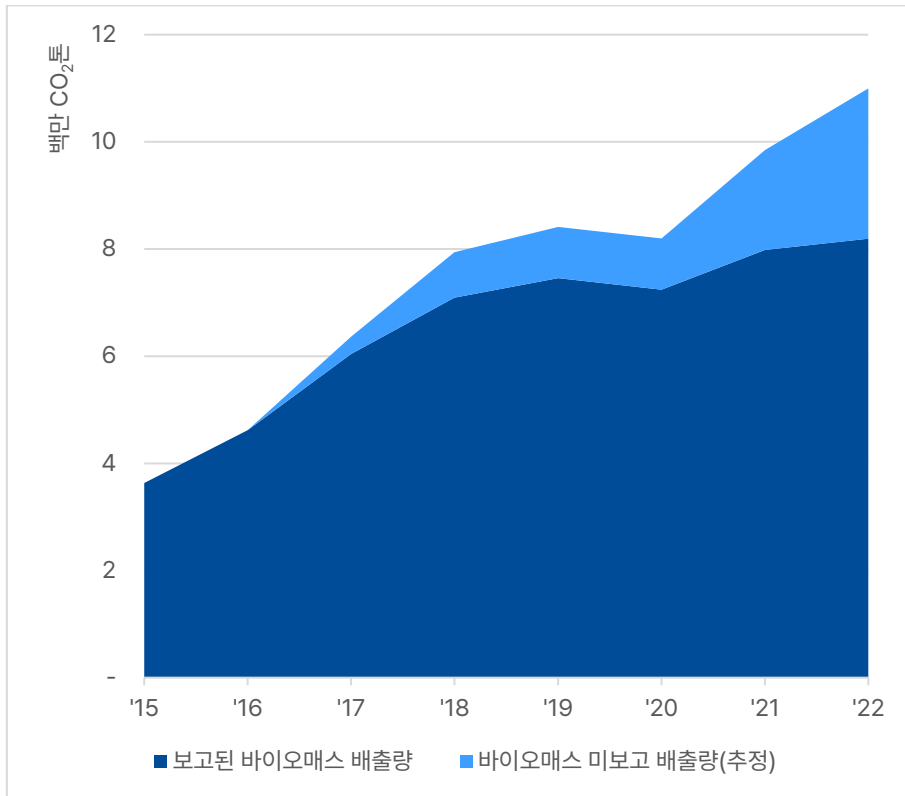
석탄보다 탄소배출이 많은 바이오매스 발전

바이오매스 발전은 같은 양의 에너지를 만들 때 석탄·석유·가스보다 많은 이산화탄소를 배출한다. 이는 발열량이 낮은 나무의 비효율적인 연료 특성 때문이다. 그러나, 바이오매스의 연소 배출량은 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 탄소 회계 규칙에 따라 에너지 부문이 아닌 농업, 임업 및 기타 토지이용(Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) 부문에서 산정되어 무배출로 여겨지는 오해를 낳는다. IPCC도 이러한 산술이 바이오매스가 탄소중립 에너지원이라는 뜻은 아니라고 설명한다. 산정 부문과 관계없이, 1 톤의 온실가스 배출이 초래하는 기후변화는 세계 어디서나 똑같다. 배출 활동인 바이오매스가 태양광·풍력과 같은 청정 재생에너지와 동일선상에서 비교될 수 없는 이유다.

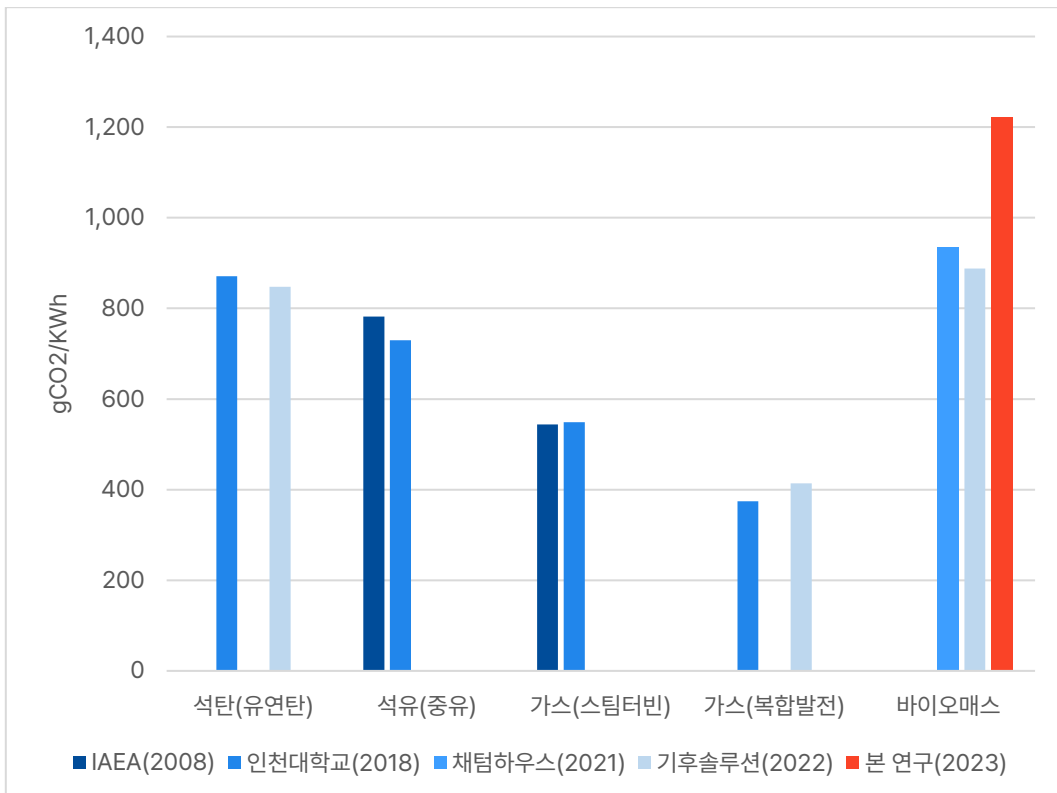
본 보고서는 국내 최초로 전국 바이오매스 발전소의 '숨겨진' 탄소배출량을 분석했다. 환경부와 산업통상자원부의 자료를 바탕으로 추산한 결과, 국내 바이오매스 발전소는 2022년 기준 총 1,100만 톤이 넘는 이산화탄소를 배출했다. 이는 대한민국 농업 부문 배출량의 절반이자, 산림지 흡수량의 4분의 1에 해당하는 양이다. 또한, 온실가스 배출권거래제가 시행된 2015년 대비 3배 증가한 양으로, 지난 8년간의 누적배출량은 6,000만 톤을 넘는다. 이는 바이오매스 1 톤을 태울 때 평균 1.6 톤, 1 kWh의 전기를 생산할 때는 1.2 kg의 이산화탄소 배출을 의미한다. 직접배출량(Scope 1)의 일부인 연소 배출량을 넘어, 간접·공급망 배출량(Scope 2~3)까지 포함하면 바이오매스의 전 과정 배출량은 더욱 많아진다.

막대한 탄소배출은 바이오매스가 탄소중립에 기여한다는 주장을 정면으로 반박한다. 바이오매스는 석탄을 대체하지 않고, 오히려 타 재생에너지원과 REC 가중치를 두고 경쟁한다. 벌목은 기본적으로 임목에 저장된 탄소의 손실을 초래하며, 일시에 방출된 탄소를 재조림을 통해 흡수한다는 가정은 현실에서 불확실하다. 설령 모든 벌채지에 재조림이 이루어지고, 모든 나무가 정상적으로 자란다는 이상적인 가정에서도 탄소 재흡수에 걸리는 시간은 최소 수십 년에서 100년 넘게 걸린다. 그사이 증가한 대기 중 온실가스 농도는 불가역적인 기후변화를 일으킨다. 바이오매스는 남아있는 국제 탄소예산을 소모하기만 할 뿐, 어떠한 감축 효과도 볼 수 없어 파리협정 목표를 정면으로 부정한다.

[그림 13] 국내 바이오매스 발전소의 연간 탄소배출량



[그림 14] 발전원별 단위당 온실가스 배출량

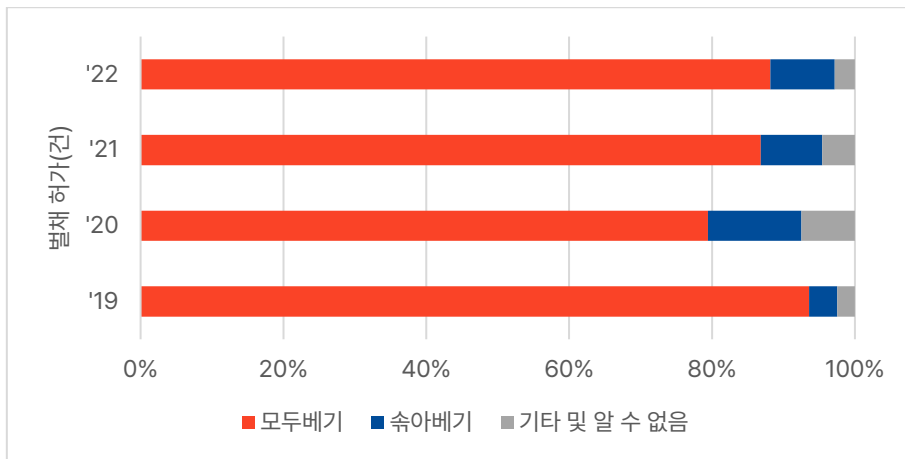


산림 활용이 아닌 산림파괴로 변질된 산림바이오매스

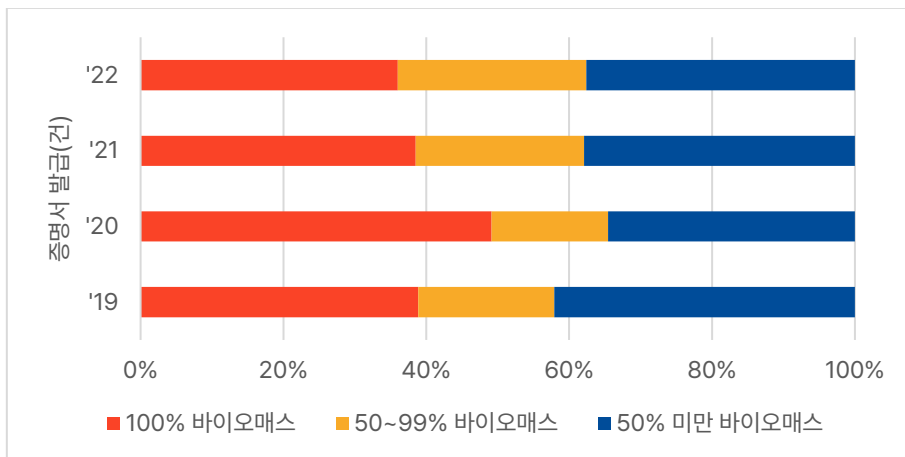
산림바이오매스는 그 정의가 숲에서 유래하는 목재를 태워 만드는 에너지인 만큼, 산림벌채를 필연적으로 수반한다. 국내산 바이오매스에는 원목이 공공연하게 사용되며, 미이용 산림바이오매스에도 다량 혼입되고 있다. 목재펠릿의 원목 투입량은 지난 5년간 5배 이상 증가했는데, 실제로는 더 많은 원목이 미이용으로 둔갑하여 부정하게 REC 가중치를 발급받는 정황이 보인다. 미이용 산림바이오매스로 증명되는 물량도 평균 87%가 모두베기를 통해 벌채된다. 미이용 수집량이 벌채량보다 많아 벌목의 주목적이 바이오매스인 경우도 절반이 넘는다. 오직 바이오매스 생산만을 위해 벌채허가를 받은 경우도 약 40%로 파악되었다. 달리 쓸 데가 없는 부산물을 활용한다는 산림청의 주장과는 다르게, 산림바이오매스는 산림파괴의 주원인 중 하나이다.

국내 목재펠릿 이용량의 84%에 달하는 수입산은 서류 심사에 의존하는 『합법목재 교역촉진제도』의 한계로 지속가능성을 보장할 수 없다. 한국의 최대 목재펠릿 거래국인 베트남은 불법벌채 고위험 국가로 산림관리협의회(Forest Stewardship Council, FSC) 인증 위조와 전반적인 공급망 위험이 만연하다. 그러나 이러한 지적에도 국내 당국은 펠릿 수입에 대한 어떠한 조치도 취하지 않았다. 러시아산 목재는 우크라이나 전쟁으로 인해 '분쟁목재'로 지정되어 EU의 제재를 받고 국제 산림인증을 박탈당했으나, 한국은 오히려 평년 대비 5배 이상의 목재펠릿을 수입하고 있다. 인도네시아산과 캐나다산 펠릿은 대규모 자연림·천연림 벌목으로 비판 받고 있으나, 수입량은 꾸준히 증가 중이다.

[그림 22] 작업종류별 미이용 산림바이오매스 증명량



[그림 23] 별채허가량 대비 미이용 산림바이오매스 수집 비율

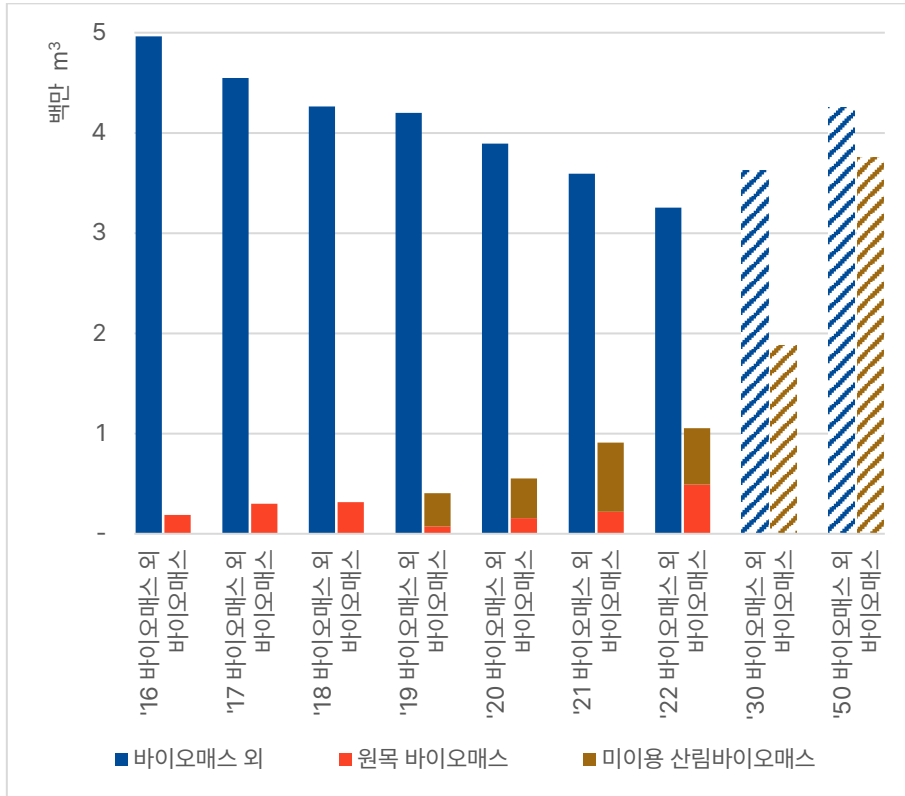


없어도 될 문제를 탄생시킨 바이오매스 지원 제도

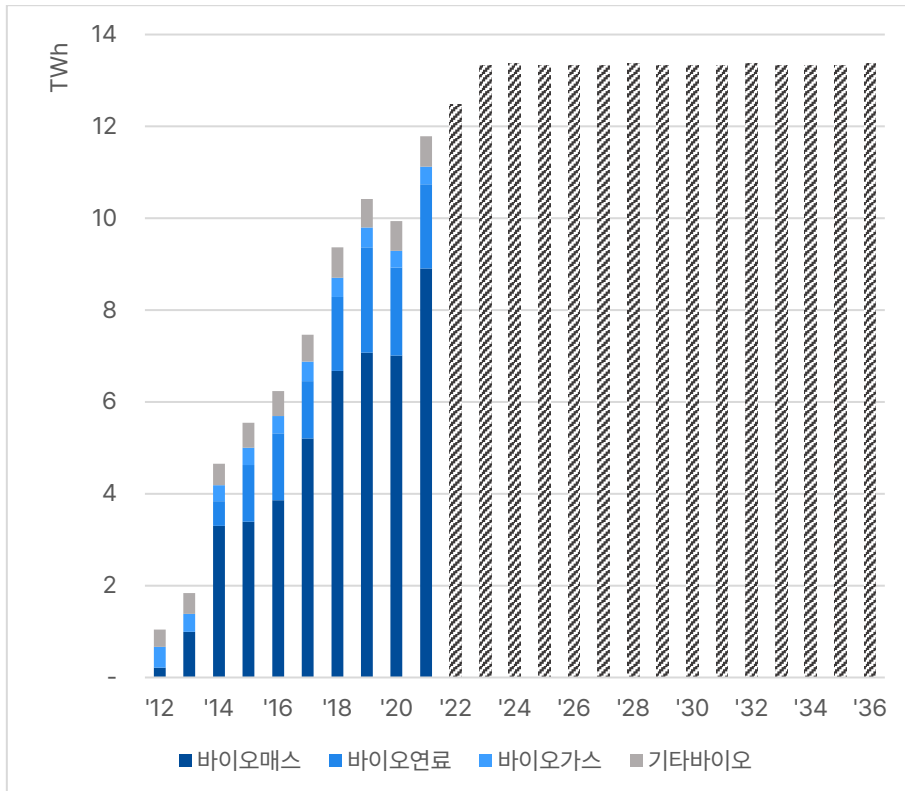
국내 산림바이오매스 관련 법령과 정책의 근본적인 문제는 수많은 기후적·환경적 악영향을 전혀 고려하지 않았다는 데에 있다. 대한민국에서 산림바이오매스의 지속가능성을 보장할 수 있는 장치는 전무하다. 오히려, 2021년 확정된 『2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진 전략』은 바이오매스를 친환경 에너지로 전제하는 한계에 고착되어 있으며, 300만 톤의 목표 생산량을 제시했다. 이로 인해 2050년에는 국내 목재이용량의 절반이 땔감으로 태워지며, 2050년까지 누적 9,300만 톤이 넘는 이산화탄소를 추가 배출할 것으로 계산된다.

윤석열 정부가 발표한 『산림르네상스' 추진 전략』과 『제3차 탄소흡수원 증진 종합계획』도 전 정부의 정책 기조를 무비판적으로 답습한다. 특히, 더 원색적으로 변한 산림바이오매스 홍보성 서술은 2021년 사회적 공론화를 통해 도출된 합의를 크게 후퇴시키고 있다. 최근 몇 년 간 계속된 산림청의 무리한 계획은 바이오에너지 발전량을 2023년부로 동결한 산업통상자원부의 『제10차 전력수급기본계획』과도 어긋난다.

[그림 27] 국내 목재이용량 중 역대 산림바이오매스의 비중과 산림청 목표



[그림 29] 역대 바이오에너지 발전량 및 10차 전기본 전망



산림바이오매스는 태양광이나 육상풍력보다도 발전원가가 높아 경제성이 낮은 에너지원이다. 그러나 산업통상자원부는 사업자 이익 보전을 위한 과도한 REC 가중치로 존재하지도 않았던 바이오매스 산업을 탄생시켰다. 계속된 보조금 정책은 산업의 기형적 성장을 이끈 동시에, 목재시장 왜곡과 청정 재생에너지원과의 불합리한 경쟁을 조장했다. 또한, 기존 발전소가 경과 조치 규정으로 초기의 높은 가중치를 보장받는 상태에서 추가로 도입된 미이용 산림바이오매스 가중치는 바이오매스 시장의 총량 확대로 이어졌다. 정부는 2024년 하반기로 예정된 4차 REC 가중치 정기 개편에서 바이오매스에 대한 가중치를 폐지해야 한다.

계속되는 비판에 산림청은 산림바이오매스 지속가능성 지표 개발 및 도입을 추진하는 것으로 알려졌다. 그러나 산림청이 참고하고자 하는 유럽연합의 『재생에너지지침』(Renewable Energy Directive, RED)과 자발적 인증제인 지속가능한 바이오매스 프로그램(Sustainable Biomass Program, SBP) 모두 바이오매스의 기후적·환경적 피해를 해결하지 못하는 것으로 드러났다. 산업 확대를 전제로 만들어진 이러한 기준은 바이오매스 연소를 무배출로 간주해 온실가스 감축을 도모하지 못하는 한계를 답습한다. 더불어, 대부분의 산림파괴를 용인하는 수많은 예외 조항과 원산국의 미비한 법령을 기준선 삼는 이행 실태는 사실상 모든 바이오매스의 계속 이용을 보장해 유명무실하다는 평가를 받는다. 바이오매스로 인한 국내외 산림파괴를 막기 위해서는 소규모 지역분산형 이용만을 허용하는 '한국형 지속가능성 인정기준' 도입이 필요하다.

[표 15] 현행 및 제안 바이오매스 REC 가중치

현행				제안				
원료	연소 방식	발전사	가동연도		설비 규모			
			'18.6월 전	'18.6월 후	대형발전소	소규모 분산형		
미이용 펠릿·칩	전소		2.0		일몰	유지		
	혼소		1.5			일몰		
일반 목재펠릿·칩	전소		1.5	0.5			민간	일몰
	혼소		1.0	-				
바이오-SRF (폐목재)	전소	1.5	0.25					
	혼소	1.0	-					

산림바이오매스 정책 개선방안

가. 정책 방향 재설정 및 생산 목표 철회

정부는 바이오매스가 청정 재생에너지와 동등할 수 없는 탄소배출 활동이라는 사실에 따라, 관련 산림·에너지 정책을 전면 수정한다. 산림청은 탄소중립 산림부문 추진전략에 명시된 미이용 산림바이오매스 목표 생산량을 철회하고, 이를 계승한 산림르네상스 추진전략과 제3차 탄소흡수원 종합계획에서도 해당 목표를 삭제한다. 나아가, 기후위기 대응과 탄소중립 달성을 위해서는 현재의 대형 화력발전소 중심의 산림바이오매스 발전을 지속할 수 없는 현실을 시인한다. 향후 정책 방향은 양적 목표 달성이 아닌, 석탄 혼소의 즉각적인 중단과 대형 발전소의 단계적 감축 및 폐쇄로 재설정한다. 산업통상자원부는 이러한 내용을 반영하여 11차 전기본에서 바이오에너지 발전 및 보급 전망을 하향 조정하며, 2030년대에 탈(脫)바이오매스를 목표로한다.

- (산림청) 『산림르네상스' 추진 전략』, 『제3차 탄소흡수원 증진 종합계획』 전면 수정
- (산업부) 『제11차 전력수급기본계획』 수립 시 바이오에너지의 단계적 감축 포함

나. 원목과 수입산 바이오매스 사용 금지

산림청은 한정된 국내 목재자원 손실과 목재산업 생태계 교란을 초래하는 목재펠릿·칩에 투입되는 원목의 실태를 정확하게 파악한다. 또한, 산업통상자원부와의 협업을 통해 벌채부터 발전소와 REC 발급까지 모든 원료 처리 과정의 공급망 투명성·추적가능성을 확보한다. 원주 재급 이상 원목의 바이오매스 연료화를 원천적으로 금지하고, 타 용도로 활용될 수 없다는 사실이 증명될 때만 예외적으로 펠릿·칩화를 허용해 강제력 있는 단계적 이용 원칙을 시행한다. 국내 당국이 지속가능성을 확인·보장하기 어렵고, 수송 과정에서 막대한 온실가스를 배출하는 수입산 바이오매스는 단계적 감축 목표를 설정하며, REC 가중치를 일몰한다.

- (산림청) 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』, 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』, 『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』 및 하위법령 내 산림바이오매스 에너지 관련 내용에 목재의 단계적 이용 및 국산 바이오매스 원칙 의무화
- (산업부) 『신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침』 내 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지

다. 소규모 지역분산형 설비를 위한 미이용 산림바이오매스 이용

산림청은 현행 미이용 산림바이오매스의 정의 및 범위가 지나치게 넓고 허술할 뿐만 아니라, 바이오매스가 목적인 벌채를 촉진해 대형 발전사로의 공급이 확대되는 실태를 정확하게 파악한다. 미이용 제도의 본래 취지는 통상적인 임업 활동에서 발생하는 저부가가치 부산물을 자원순환 차원에서 활용하는 데에 있으므로, 지금과 같은 대면적 산지개발, 수확벌채 부산물, 자연재해로 인한 예방적 벌채 산물은 범위에서 제외한다. 지역에서 수집된 미이용 부산물은 해당 지역에서 소비될 수 있도록 우선권을 부여한다. 또한, 산업통상자원부와 협의를 통해 비효율적이고 온실가스 배출이 많은 대형 전기 발전 전용 설비에서의 미이용 산림바이오매스 연소를 금지하고, 지역의 소규모 열병합·열난방 설비에서의 활용을 권장한다. 개편되는 REC 가중치와 한국형 녹색분류체계는 이러한 '한국형 지속가능성 인정기준'의 내용을 반영한다.

- (산림청) 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』, 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』, 『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』 및 하위법령 내 산림바이오매스 에너지 관련 내용에 미이용 산림바이오매스의 지속가능성 인정기준 근거 신설
- (산업부, 환경부) 『신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법』 및 하위법령, 『한국형 녹색분류체계』 내 바이오매스를 '지속가능한 바이오매스'로 재정의하고, 한국형 지속가능성 인정기준 근거 추가

라. 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지

산업통상자원부는 바이오매스 발전 확대의 가장 직접적인 원인이 되어 온 과도한 가중치를 2024년 4차 REC 가중치 정기 개편에서 폐지한다. 신규 설비의 경우 일반 목재펠릿·칩, 미이용 산림바이오매스, 바이오-SRF에 대한 가중치를 전·혼소, 원산지와 무관하게 모두 폐지한다. 2018년 이전에 가동 시작하여 경과조치 대상이었던 설비는 2025년까지 기존 가중치를 일몰하며, 2018년과 2023년 사이에 가동을 시작한 설비는 2028년까지 현행 가중치를 일몰한다. 단, 소규모 지역분산형 열병합·열난방 설비는 예외적으로 현행 미이용 산림바이오매스에 대한 가중치를 유지한다. 산림청과 환경부는 바이오매스 REC 축소에 맞춰 산업 전환 로드맵을 수립한다.

- (산업부) 『신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침』 내 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지
- (산림청, 환경부) '바이오매스 산업 전환 로드맵' 수립

I. 서론

기후변화가 21세기를 관통하는 시대적인 의제로 자리 잡은 지 오래다. '지구온난화'에서 시작되어 이제는 '지구열대화'라는 용어를 써야 할 만큼 인류에게 남은 시간이 없다는 경고의 목소리도 나온다. 이러한 시급함에 국제사회는 2015년 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 파리협정부터 2022년 생물다양성협약 글로벌 생물다양성 프레임워크까지 기후위기·생태위기 대응책을 마련해 왔다. 올해 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)가 발표한 『제6차 평가보고서』는 불가역적인 기후변화를 피하고자 과감하고 즉각적인 온실가스 감축을 재차 촉구했다.

IPCC를 필두로 한 학계의 권고는 명확하고 한결같다. 감축 잠재량이 가장 높은 동시에, 가장 경제적인 완화책은 태양과 풍력 에너지이다. 산림 등 자연 생태계의 보전과 훼손된 곳의 복원은 상대적으로 고비용이지만 태양광·풍력에 버금가는 감축 효과를 얻을 수 있다.¹ 대한민국을 포함한 145개국이 2021년 제26차 UNFCCC 당사국총회에서 『산림 및 토지 이용에 관한 글래스고 정상선언』에 참여한 이유도 기후변화 대응에 산림이 갖는 중요성에 있다. 글래스고 선언에 따라 각국은 2030년까지 산림손실과 토지황폐화를 중단하고, 파괴된 생태계를 복원해야 한다.

그러나 우리나라의 2023년 기후변화 대응은 60개 국가 중 57위로 최하위를 기록했다. 이 같은 비판은 『제10차 전력수급기본계획』(10차 전기본)을 통해 2030년 재생에너지 목표를 하향 조정한 것과 더불어, 기존의 숲을 벌채하고 새로운 나무를 심는 것을 골자로 하는 논란의 산림 정책 때문으로 풀이된다.² 정부는 『2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략』(탄소중립 산림부문 추진전략)과 『'산림르네상스' 추진 전략』 등을 통해 산림바이오매스 에너지 이용을 공격적으로 확대하는 동시에, 지난 10년간 태양광·풍력에 버금가거나 더 높은 신재생에너지 공급인증서(renewable energy certificate, REC) 가중치를 부여해 왔다.

산림바이오매스는 숲의 나무를 태워 전기를 만드는 화력발전의 특성상, 재생에너지가 아닌 화석연료에 가까운 에너지원으로, 2022년에만 1,100만 톤에 달하는 이산화탄소를 배출했다. 같은 양의 에너지를 만들 때 바이오매스의 온실가스 배출량은 화석연료보다 높으며, 새로운 나무를 심는다고 해도 탄소중립 시점까지는 최소 수십 년에서 100년 이상 걸린다는 예측이

¹ IPCC. 2023. IPCC Sixth Assessment Report. Working Group III. Mitigation of Climate Change.

Figure: SPM.7. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-7/>

² CCPI. 2022. Republic of Korea. <https://ccpi.org/country/kor/>

과학계의 중론이다. 그러나, 지속가능성에 대한 고려 없이 바이오매스 확대 일변에 집중한 산림·에너지 정책으로 인해, 우리나라에서 바이오매스는 어느덧 풍력의 6배에 달하는 생산량 2위의 재생에너지로 성장했다. 반면, 대형 화력발전 중심에서 환경적 부작용이 적은 소규모 지역분산형으로 전환하겠다는 정부의 약속은 좌초되고 있다.

따라서, 중·단기 기후변화 대응과 2050년 탄소중립 달성을 위한 에너지전환에는 태양광, 풍력 등 청정 재생에너지가 중심이 되어야 한다. 산림의 경우 파괴 및 훼손 방지를 위한 보호 정책이 우선되어야 하며, 탄소흡수원 확대는 기존 산림에서의 벌채-재식재의 반복이 아닌, 유희지와 기타 토지에서의 산림복원을 통해 이루어져야 한다. 이 과정에서 산림바이오매스 에너지는 국내외 산림 건강에 악영향이 없도록 엄격한 기준을 통과한 원료만 제한된 규모로 활용되어야 한다. 대형 발전소에서의 연소를 부추기는 현행 REC 가중치는 폐지되어야 마땅하다.

이에 본 보고서는 '친환경 에너지'로 홍보되고 있는 산림바이오매스의 현황과 한계를 살펴보고자 한다. 이어 국내외 산림파괴를 조장하는 바이오매스 지원의 문제점을 지적하고, 정책 개선을 위한 방안을 제시한다.

II. 국내 산림바이오매스 현황

1. 바이오매스 정의와 배경

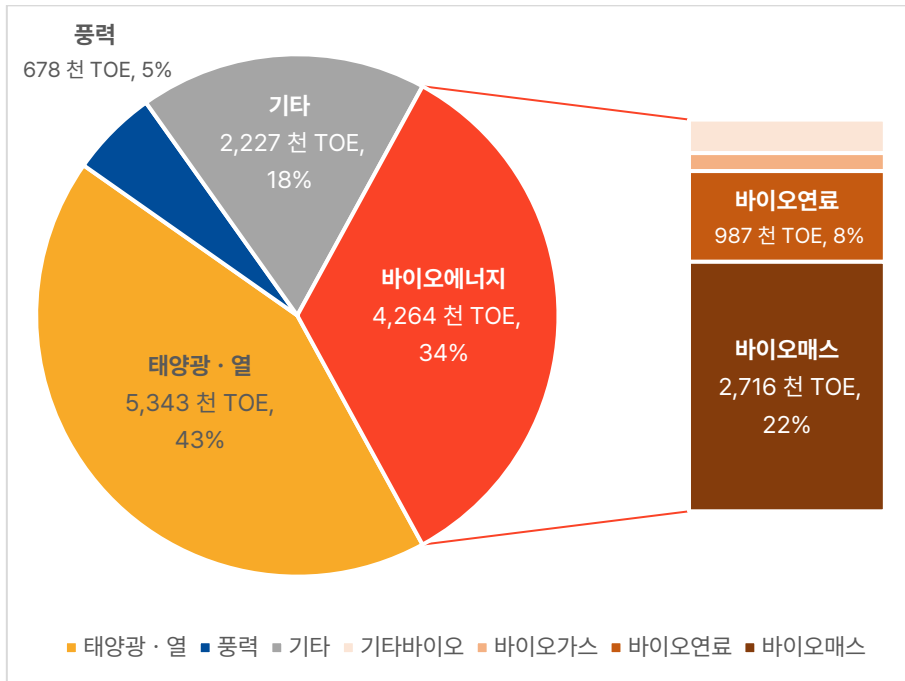
‘바이오매스’란 본래 동·식물 등 모든 유기체를 일컫는 생태학 용어로 주로 ‘생물량’으로 번역되어 사용되었다. 그러나 오늘날 일반적으로 바이오매스는 이러한 유기체를 통해 전기, 열 등 인간이 사용할 수 있는 에너지원으로 통용된다. 본 보고서는 『신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법』(신재생에너지법) 및 하위법령에 따라 생물유기체를 변환해 얻어지는 모든 에너지를 ‘바이오에너지’로, 이중 나무를 원료로 사용하는 고체 연료를 ‘바이오매스’로 통칭한다. 바이오매스에는 목재펠릿, 목재칩, 툄감, 숯, 바이오-SRF(폐목재펠릿) 등이 있다. 이중 벌목이나 수집을 통해 산림에서 수급한 원료를 ‘산림바이오매스’, 폐목재나 식물성 SRF(solid refuse fuel) 등 타 산업군에서 발생한 원료를 쓰는 바이오매스를 ‘비산림바이오매스’로 구분할 수 있다[표 1].

[표 1] 바이오매스의 구분

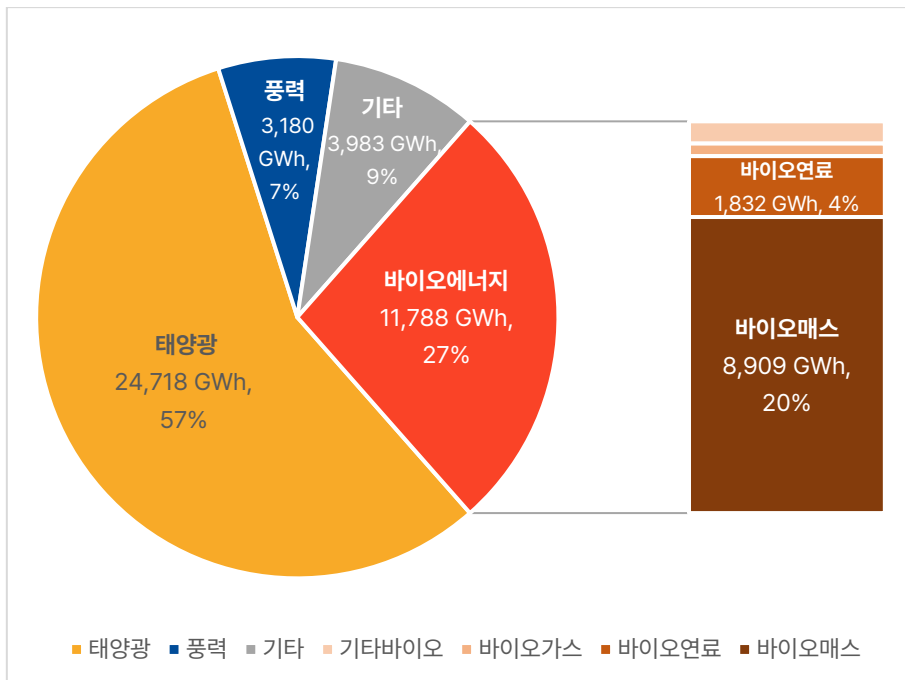
재생에너지					
바이오에너지					
태양광 · 풍력 등	바이오가스 (기체)	바이오연료 (액체)	바이오매스(고체)		
			비산림바이오매스	산림바이오매스	
			바이오-SRF	목재칩	목재펠릿

본 보고서는 산림바이오매스 발전을 중점적으로 다룬다. 바이오에너지는 국내 재생에너지 생산량의 34%를 차지해 태양광·열에 이은 2위이자 풍력의 6배가 넘으며, 바이오에너지 중 64%가 바이오매스로부터 나오기 때문이다[그림 1-1]. 또한, 바이오매스 열난방이 활성화되지 않은 한국에서 바이오매스 이용은 화력발전소에서의 전기 발전이 대부분으로, 이 중 75%가 산림바이오매스인 목재펠릿과 목재칩을 사용한다[그림 1-2]. 국내 바이오매스 이용에 있어 산림바이오매스의 비중은 절대적이며, 그만큼 기후·환경적 영향도 크다.

[그림 1-1] 2021년 재생에너지원별 생산량³



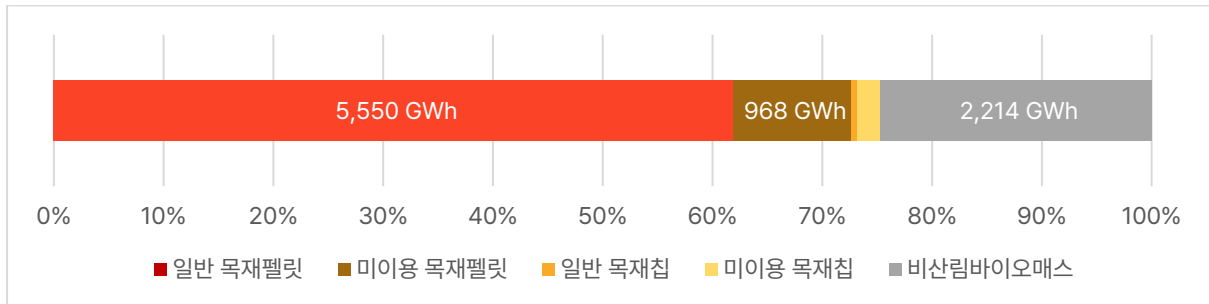
[그림 1-2] 2021년 재생에너지원별 발전량⁴



³ 한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.
<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

⁴ 한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.
<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

[그림 2] 2022년 바이오매스 원료별 발전량⁵



산림바이오매스에 사용되는 원료는 크게 목재펠릿과 목재칩이 있다. 목재칩은 나무를 사각형의 칩 형태로 파쇄한 연료이며, 목재펠릿은 나무를 더 세밀하게 파쇄하고 건조해 작은 원통형 모양의 원료로 성형한 것이다. 따라서, 목재펠릿이 목재칩보다 가공 과정이 더 에너지 집약적이고 복잡하나, 비교적 낮은 함수율과 높은 공간 효율로 더 널리 사용된다. 목재펠릿, 목재칩에는 원목과 용재급·원료급의 하위 등급 목재, 벌목 작업에서 발생하는 벌채부산물 등이 모두 활용되며, 해외에서 기성품 펠릿·칩을 수입하기도 한다.

산림청은 『산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정』(산림바이오매스규정)을 통해 산림바이오매스 원료 중 특정 조건에 부합하는 목재를 '미이용 산림바이오매스'로 분류한다. 『미이용 산림바이오매스 증명업무 지침』에 따라 수집 신청 및 증명된 목재펠릿·칩은 미이용 산림바이오매스로 인정받을 수 있다. 이를 통한 발전분은 일반 바이오매스보다 더 높은 REC 가중치를 발급받는다. REC 가중치는 바이오매스 발전의 수익성을 보장하는 정책보조금의 성격으로, 바이오매스 발전 확대의 원인이 되었다.

2. 산림바이오매스 정책의 거버넌스

현행 정책상 산림바이오매스는 재생에너지원인 동시에 임산물이기에, 산업통상자원부(에너지), 산림청(목재펠릿·칩), 환경부(온실가스 관리), 지방자치단체(벌채 허가) 등 여러 부처가 주무를 맡는다. 이중 산림바이오매스의 확대와 환경적 영향에 가장 큰 영향을 갖는 부처는 산림 정책을 관장하는 산림청과 재생에너지 정책을 관장하는 산업통상자원부이다.

⁵ 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 발전 현황. 국회 제출 자료를 바탕으로 저자 작성.

■ 산림청

산림청은 산림 부문 최상위 계획인 『제6차 산림기본계획』과 이를 고려한 『K-포레스트 추진 계획』에서 산림바이오매스를 포함한 산림자원 활용 계획을 수립했다. 이들 계획의 내용은 탄소중립 산림부문 추진전략에서 목재생산량, 미이용 산림바이오매스 생산량 등 구체적인 연도 별 목표치로 상향 조정되었다. 윤석열 정부 출범 이후 발표된 산림르네상스 추진 전략과 『제3차 탄소흡수원 증진 종합계획』(3차 탄소흡수원 종합계획)도 탄소중립 산림부문 추진전략의 상당 부분을 그대로 계승하여, 산림청의 산림바이오매스 확대 기조는 유지되고 있다.

세부적으로, 국내에서의 목재펠릿·칩 생산은 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』(산림자원법) 및 하위법령이 정하는 바에 근거하며, 목재 제품에 대한 세부적인 사항은 『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』(목재이용법)과 이에 근거한 『목재제품의 규격과 품질기준』(목재제품 품질기준)이 정한다. 해외나 국내에서 생산되는 모든 목재펠릿·칩은 목재이용법에 따라 목재제품 품질기준을 충족하고 공인된 기관의 검사를 받아야 한다. 이러한 기준은 목재 상품의 환경적 지속가능성 가늠하는 인정기준이 아니라, 상업용·주거용 목적의 규격과 품질을 통일하기 위한 산업 표준이다. 또한, 오염되지 않았다면 어떠한 목재도 펠릿·칩으로 활용할 수 있기에, 목재이용법이 정하는 『원목 규격』에 따른 원주재급 이상의 고가치 원목도 연료용으로 이용된다[표 2].

[표 2] 원목의 재종 구분⁶

특용재급	침엽수 중 지름이 매우 크고 결점이 적어 문화재 보수나 공예품, 합판용 단판 등의 생산에 적합한 지름과 품질이 매우 우수한 원목	바이오매스용 목재펠릿· 칩으로 이용 가능
1등급	지름이 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 한옥건축 등에서 이용되는 대단면의 보구조재나 기둥구조재, 활엽수의 경우 수장용재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목	
2등급	지름이 다소 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 규격구조재나 데크재, 수장용재, 활엽수의 경우 수장용재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목	
3등급	결점이 다소 많지만 침엽수의 경우 제재가공에 의한 이용이 가능하고, 활엽수의 경우 신탄재 등으로의 이용은 가능한 지름과 품질의 원목	
원주재급	서까래나 조경용재로 이용되는 원주재로 생산이 가능한 지름 및 품질의 원목	
원료재급	결점이 많은 원목으로, 주로 가설재나 표고자목, 칩, 보드, 펄프 등의 원료로 이용이 가능한 원목	

⁶ 산림청고시 제2019-70호. 원목 규격 고시를 바탕으로 저자 작성.

- 미이용 산림바이오매스의 거버넌스

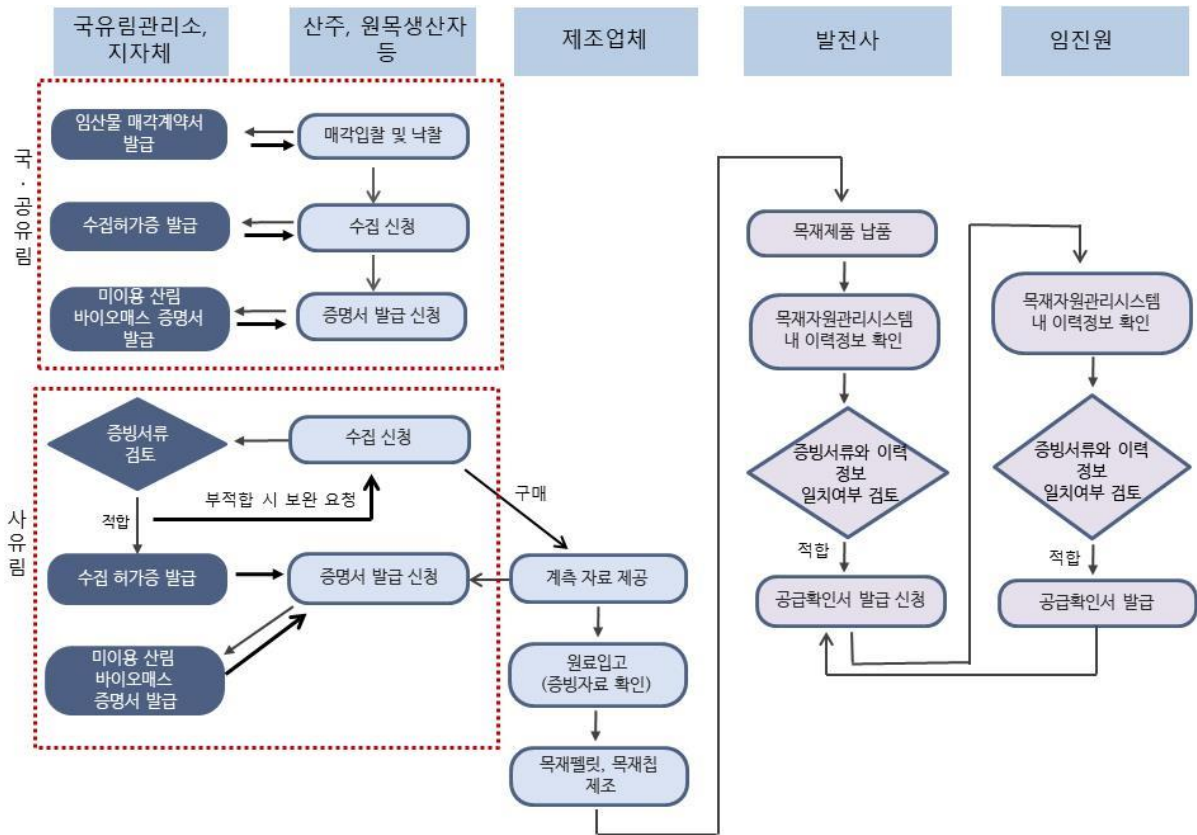
산림청은 목재펠릿·칩 중에서도 미이용 산림바이오매스 확대를 역점 사업으로 여겨 추가적인 규정과 절차를 운영하고 있다. 산림바이오매스규정은 미이용 산림바이오매스를 “원목 규격에 못 미치거나 수집이 어려워 이용이 원활하지 않은 산물”로 정의한다. 그러나 원목으로 활용되지 않는 목재라는 설명과는 다르게, 산림바이오매스규정이 일거하는 범위는 원목 규격을 충족하는 목재의 미이용 분류를 용인한다. 이는 규정이 실제 목재가 지닌 가치와 타 용도로의 이용 가능성을 고려한 ‘단계적 이용 원칙’에 기반하지 않고, 단순히 임산물의 발생 경위에 따라 미이용으로 분류하기 때문이다.

앞서 언급한 일반 목재펠릿·칩과는 다르게, 미이용 산림바이오매스는 입목벌채 허가 또는 국유임산물매각계약 단계에서 미이용 산림바이오매스 수집 신청이 이루어져야 하며, 지자체 또는 국유림관리소의 허가를 받은 후 증명서가 발급된다. 그러나, 원목에 이용되지 않는다는 결정이 사실상 사업자의 자율에 맡겨지고 있어, 기준을 충족하지 못하거나 허가받지 않은 목재가 미이용 산림바이오매스로 불법 유통되고 있다는 지적이 계속된다. 산림청은 수집 및 유통 단계에서 발생하는 위법 행위를 제재할 수 있는 근거도 없어 제도 집행력의 한계가 뚜렷하다.⁷ 그럼에도 불구하고, 바이오매스 발전사는 해당 물량에 대한 증명서를 미이용 목재펠릿·칩 납품과 함께 인계받는다. 이 증명서는 발전사가 높은 REC 가중치를 받을 수 있는 입증 자료로 활용된다[그림 3].

⁷ 정연수. 2022. 목재의 지속가능한 이용에 관한 법류 일부개정법률안 검토보고. 제395회국회(임시회) 제1차 농림축산식품해양수산위원회.

https://likms.assembly.go.kr/bill/billDetail.do?billId=PRC_B2G1D1W2N2L1C0T9U4J8F4T4N6H4F9

[그림 3] 미이용 산림바이오매스 증명 절차⁸



- 수입산 바이오매스의 거버넌스

국내 유통되는 목재펠릿의 84%를 차지하는 수입산의 경우, 미이용 산림바이오매스와는 달리 별도로 제시된 목표량과 추진 계획은 없다. 그러나, 상대적으로 미비한 거버넌스에도 수입산 바이오매스는 국내산보다도 매년 가파르게 성장 중이다. 산림청이 국산 목재자급률 향상을 핵심 정책으로 홍보하나, 목재펠릿을 포함한 목재 수입 억제책은 시행하지 않기 때문이다.

구체적으로, 국내로 수입되는 목재펠릿은 목재이용법에 따른 1) 『합법목재 교역촉진제도』를 통해 통관 과정에서 목재합법성을 입증하고, 2) 목재제품 품질기준을 충족해야 한다. 목재합법성이란 해당 상품이 생산국에서 불법이 아닌 적법한 절차를 통해 벌채 및 생산된 목재임을 의미한다. 이를 위해 수입업자는 원산국 정부로부터 발급받은 벌채허가서, 수출허가서 등 합법성 증명 서류나 산림관리협의회(Forest Stewardship Council, FSC), 국제산림인증(Programme for the Endorsement of Forest Certification, PEFC) 등 자발적 산림인증을 제출해야 한다. 그

⁸ 산림청. 미이용 산림바이오매스 증명절차 절차도.

https://www.forest.go.kr/kfsw/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_02&cmsId=FC_003564
(2023.09.07 확인)

러나 목재제품 품질기준과 마찬가지로, 목재합법성도 지속가능성을 평가하는 인정기준이 아닌, 상품의 적법 유무를 판단하는 기준에 지나지 않는다. 따라서, 산림청의 산림바이오매스 거버넌스는 산업 육성과 기술적 표준 제시 중심으로 이루어지고 있다.

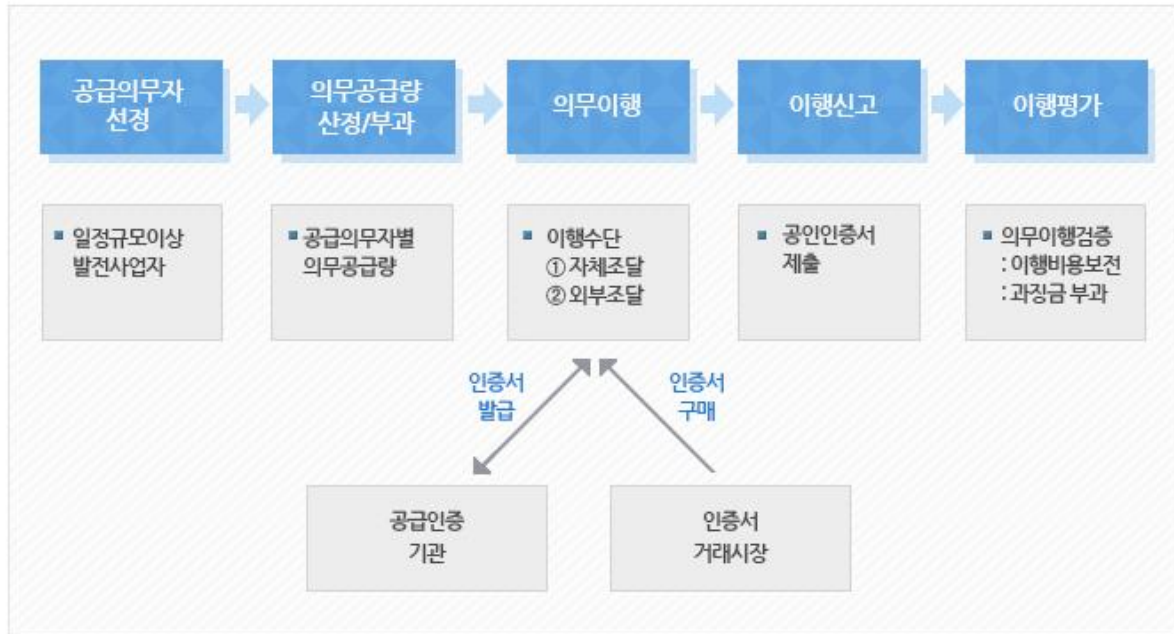
■ 산업통상자원부

산업통상자원부는 기후위기 대응 최상위 계획인 『탄소중립·녹색성장 국가전략 및 국가 기본계획』(탄소중립 기본계획)과 이를 고려한 『신재생에너지기본계획』, 『전력수급기본계획』(전기분) 등을 통해 에너지원 다양화, 안정적인 공급, 온실가스 감축 등을 위한 재생에너지 정책 방향을 설정한다. 이중 탄소중립 기본계획 등 상위 계획은 바이오에너지 관련 상세한 내용을 명시하지 않는다. 『전력수급기본계획』은 바이오가스, 바이오연료를 포함한 총 바이오에너지 설비 보급량과 발전량 전망을 제시하나, 바이오매스를 특정한 목표는 부재하다. 따라서, 바이오매스 발전에 실질적으로 영향을 미치는 정책은 신재생에너지법에 따른 신재생에너지 공급의무화제도(renewable portfolio standard, RPS)와 REC 가중치이다.

- RPS

RPS는 국내 재생에너지 비중 확대를 견인해 온 제도로, 신재생에너지의 확대를 촉진하기 위해 2012년부터 시행되었다. 500 MW 이상의 대규모 설비를 운영하는 발전사업자(공급의무자)는 총발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급해야 하는 의무를 진다. 이들 공급의무자는 한국전력공사(한전)의 발전자회사와 대형 화석연료 발전소를 운영하는 민간사업자로 구성되어 있다. 2023년 현재 의무공급비율은 13%로, 2030년까지 25%로 점진적 증가할 예정이다. 이에 따라 공급의무자는 자체적으로 신재생에너지를 생산하거나(자체조달) 인증서 거래시장에서 REC를 구매해 이행을 증명할 수 있다(외부조달)[그림 4].

[그림 4] RPS 추진 절차⁹



- REC 가중치

REC는 신재생에너지 발전량에 가중치를 곱하여 발급되는 크레딧으로, 신재생에너지 발전사업자는 이를 인증서 거래시장에 판매할 수 있다. REC는 시장에서 수요와 공급의 원리에 따라 가격이 정해진다. 발전사업자는 현물거래 또는 장기계약을 통한 REC 판매를 통해 수익을 얻는다. 이때 같은 발전량이라 하더라도, 에너지원 및 설비 종류에 따라 가중치가 달리 적용되기에 REC로 인한 수익은 세 배 넘게 차이가 날 수 있다. 따라서, 정부가 바이오매스를 포함한 신재생에너지의 경제성을 가장 직접적으로 관리하는 수단은 REC 가중치이다.

REC 가중치는 신재생에너지법 시행령과 『신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침』(RPS지침) 따라 1) 환경, 기술개발 및 산업 활성화 영향, 2) 발전원가, 3) 부존 잠재량, 4) 온실가스 저감 효과, 5) 전력 수급의 안정화 영향, 6) 주민 수용성을 고려하여 3년마다 개편되며, 필요시에는 상시 조정도 가능하다. 최근 REC 가중치 정기 개편은 2021년에 이루어져, 2024년 재개편을 앞두고 있다.

⁹ 한국에너지공단. 신·재생에너지 공급의무화제도(RPS).

http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_energy/RPS_01.asp (2023.09.11 확인)

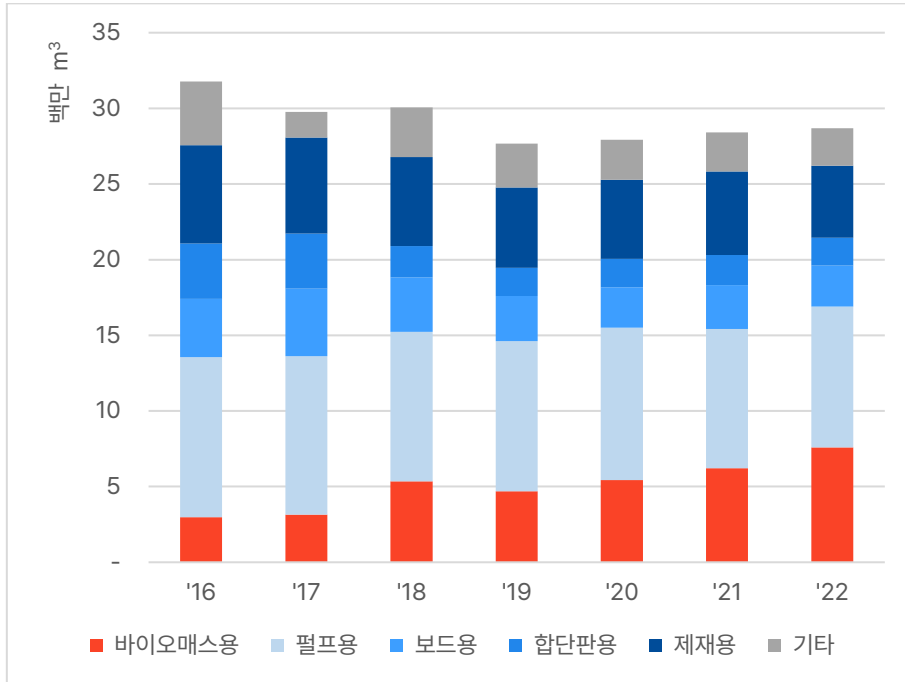
3. 산림바이오매스 이용 현황

산림바이오매스는 공급망 상류인 산림 부문에서는 생산(국내산)과 수입(수입산)으로, 더 자세하게는 국내산 목재펠릿·칩(일반, 미이용), 수입산 목재펠릿으로 구분할 수 있다. 공급망 하류인 에너지 부문에서는 석탄발전소에서 석탄과 함께 태우는 혼소 발전과 바이오매스만 태우는 전소 발전으로 구분이 가능하다. 국내 바이오매스 산업은 2012년 RPS 도입 이래 발전량 기준 42배 성장했다.

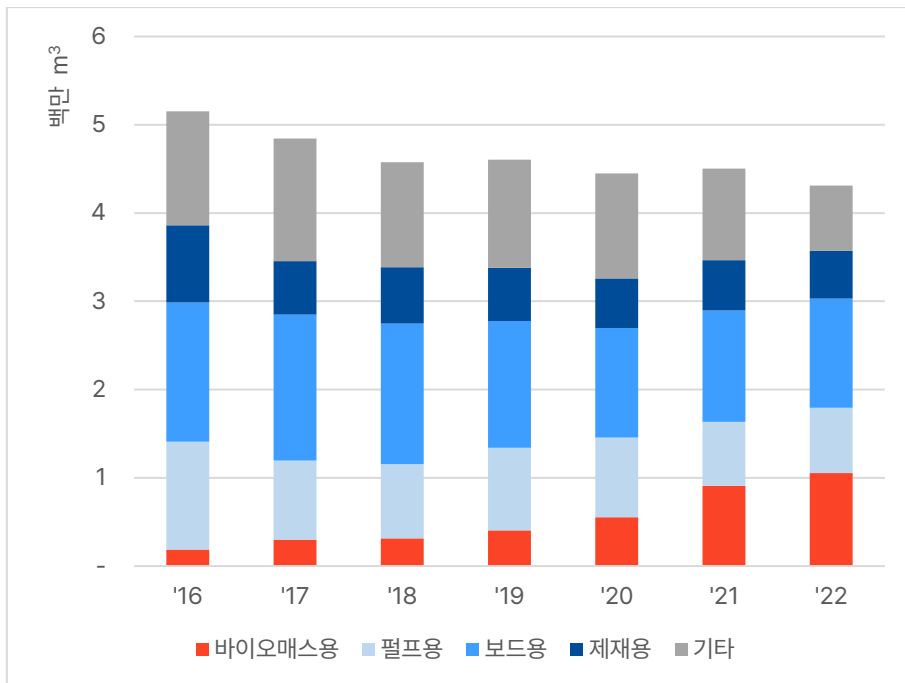
■ 산림바이오매스 생산 현황

수입산과 국내산을 합쳐 산림바이오매스로 이용된 목재는 2016년 대비 2.5배 이상 증가했다. 2022년에는 758만 m³의 산림바이오매스가 이용되어, 국내산 총 목재공급량인 431만 m³를 훌쩍 넘어섰다[그림 5]. 이로써 국내 총 목재이용량 2,848만 m³ 중 26%, 국내산 목재의 경우에도 24%인 105만 m³가 산림바이오매스로 태워지고 있다. 반대로, 국내산 총 목재이용량은 매년 감소세에 있다. 특히 바이오매스와 원재료 경합이 발생하는 펄프·보드는 2016년 280만 m³에서 2022년 198만 m³으로 29%p 감소했다[그림 6]. 이러한 변화는 정부의 바이오매스 우대 정책이 한정된 국내 목재자원을 최대한 활용하는 자원순환적 구조가 아닌, 저가치 연료용으로 낭비하게 했다고 해석된다.

[그림 5] 총 목재수급실적¹⁰



[그림 6] 국내산 목재수급실적¹¹



¹⁰ 산림청. 2013-2023. 목재수급실적.

https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_04_03_02&cmsId=FC_003649

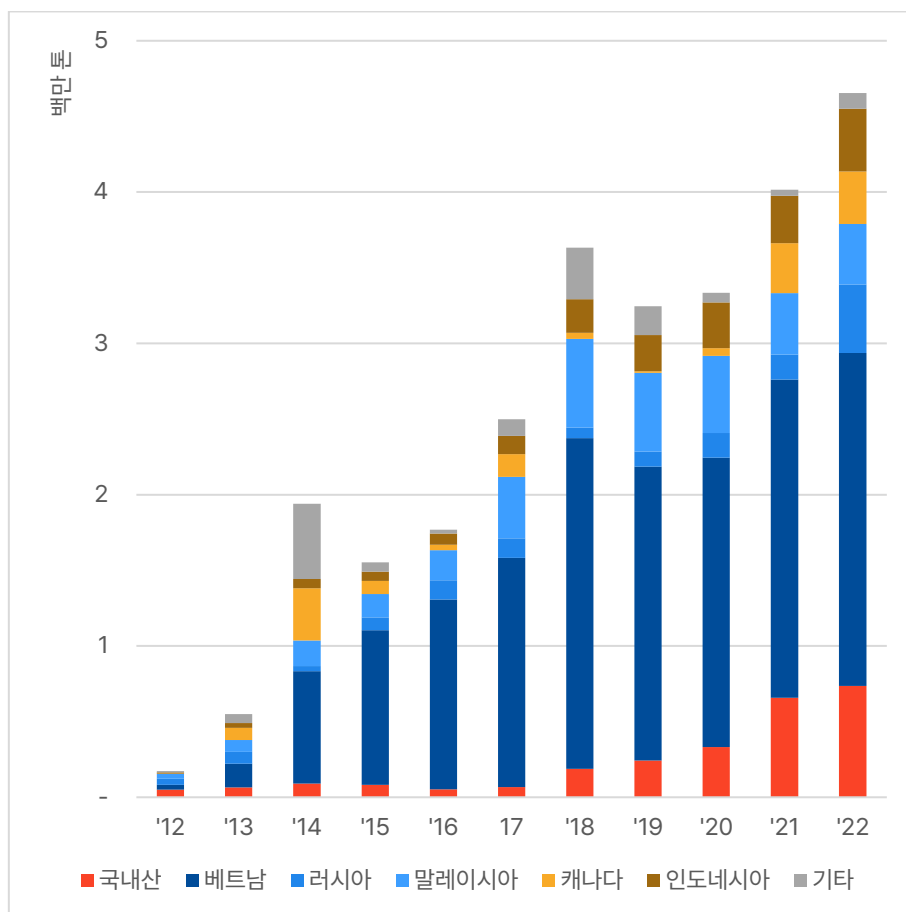
¹¹ 산림청. 2013-2023. 목재수급실적.

https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_04_03_02&cmsId=FC_003649

- 국내산 바이오매스 생산 현황

산림바이오매스용 목재 이용 증가에는 주원료인 목재펠릿의 폭발적인 확대가 주요하게 작용했다. 2012년 17만 톤이었던 목재펠릿 이용량이 2022년 465만 톤으로 약 28배 증가함과 동시에, 5만 톤이었던 국내산 목재펠릿 생산량도 15배 가까이 늘어 74만 톤이 되었다[그림 7]. 특히, 2018년을 기점으로 이용량이 많이 증가한 것을 알 수 있는데, 이는 동년부터 상향된 RPS 공급의무비율과 미이용 산림바이오매스 지원 정책에 기인한다. 2019년 22만 톤이었던 미이용 산림바이오매스 공급량은 2022년에는 5배가 넘는 118만 톤으로 성장했다[그림 8].

[그림 7] 목재펠릿 이용량^{12, 13}

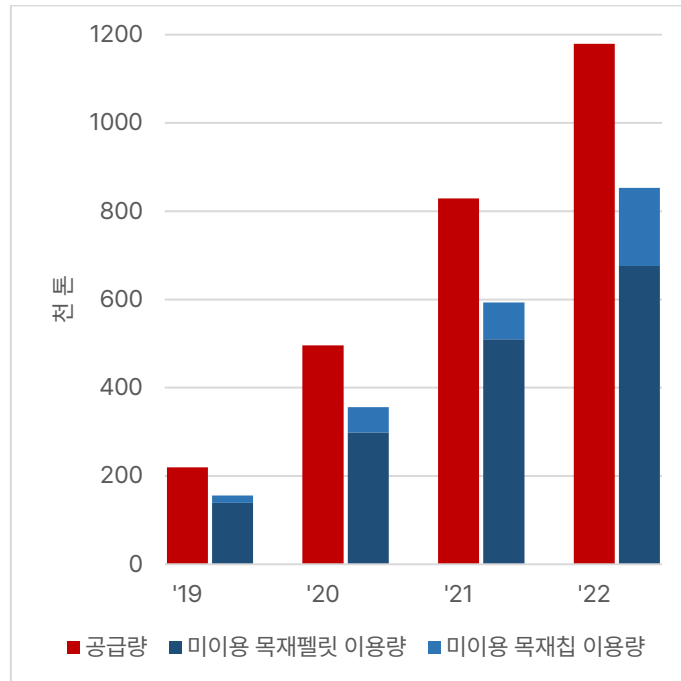


¹² 산림청. 연도별 목재펠릿 생산량.

https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_04_02&cmsId=FC_000811
(2023.07.30 확인)

¹³ 관세청. 수출입무역통계. <https://unipass.customs.go.kr/ets/> (2023.07.30 확인)

[그림 8] 미이용 산림바이오매스 이용량¹⁴



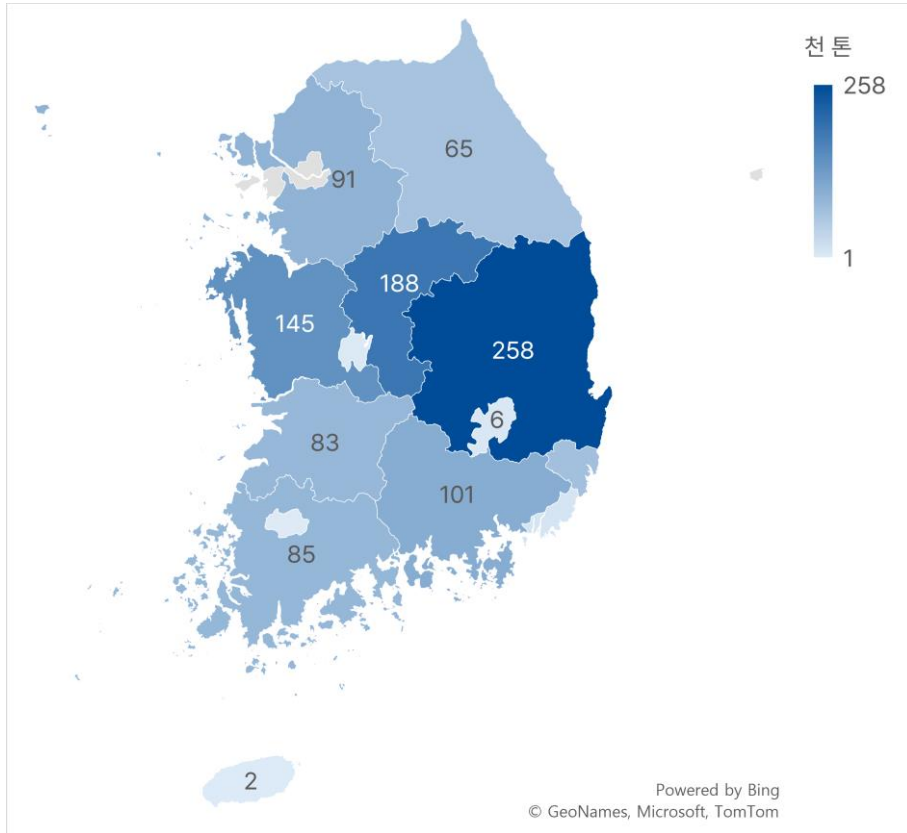
지역별로는 2022년 기준 경상북도, 충청북도, 충청남도가 각 26만 톤, 19만 톤, 16만 톤의 미이용 산림바이오매스를 수집하여 높은 증명량을 보였다[그림 9]. 바이오매스용 목재펠릿·칩 생산 업체는 43개로[그림 10],¹⁵ 주요 목재펠릿 업체로는 신영이앤피 계열의 SY에너지, 신영포르투 2개사와 에코에너지원이 있다. 이들 3개 업체의 연간 최대 생산량은 총 80만 톤으로, 목재펠릿 시장의 과점을 이룬다. 신영이앤피와 에코에너지의 공장 증설 계획에 따르면, 이들 업체의 최대 생산량은 2026년 130만 톤으로 늘어날 예정이다[표 3].

¹⁴ 산림청. 미이용 산림바이오매스 공급(이용)량.

https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565 (2023.09.11 확인)

¹⁵ 산림청. 2022. 2021년 기준 목재이용실태조사 보고서.

[그림 9-1] 2022년 사유림 미이용 산림바이오매스 증명량¹⁶



[그림 9-2] 2022년 국·공유림 미이용 산림바이오매스 증명량¹⁷

천 톤					
북부지방산림청	중부지방산림청	동부지방산림청	서부지방산림청	남부지방산림청	산림품종관리센터
13	15	6	10	2	2

¹⁶ 산림청. 지역별 미이용 산림바이오매스 증명서 발급현황(이용기준).

https://www.forest.go.kr/kfsw/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565
(2023.09.11 확인)

¹⁷ 산림청. 지역별 미이용 산림바이오매스 증명서 발급현황(이용기준).

https://www.forest.go.kr/kfsw/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565
(2023.09.11 확인)

- 수입산 바이오매스 이용 현황

2022년 기준 국내에서 이용되는 목재펠릿 465만 톤 중 수입산이 392만 톤(84%)으로, 56%가 베트남에서 수입된다[그림 8]. 특히, 2021년경부터는 캐나다 브리티시컬럼비아(British Columbia, BC) 주에서 목재펠릿 공장을 운영하는 드랙스(Drax)로부터의 수입이 시작되어 캐나다산 목재펠릿 이용이 증가했다. 영국에서 세계 최대의 전소 바이오매스 발전소를 운영하는 드랙스는 영국 내 온실가스 배출뿐만 아니라, BC주 산림파괴를 통한 목재펠릿 생산으로도 큰 비판을 받는다. 2022년부터는 러시아에서의 수입도 많이 증가했다. 우크라이나 전쟁으로 러시아산 목재가 '분쟁목재'로 지정되어 FSC와 PEFC 산림인증을 박탈당하고 유럽연합(EU)의 제재 대상이 되었기 때문이다. 유럽 시장을 잃은 러시아산 목재펠릿은 한국으로 향하고 있다.

■ 산림바이오매스 발전 현황

최근 10년간 계속된 바이오매스의 성장은 소비 단인 발전사의 바이오매스 수요 증가에 기인한다. 정부가 바이오매스를 재생에너지로 인정하고 높은 가중치의 REC를 발급하니, 대형 석탄발전소를 운영하는 한전 발전공기업 5개사(남동·남부·동서·서부·중부발전)는 큰 설비 투자 없이 기존의 발전소를 그대로 활용할 수 있는 바이오매스가 매력적인 대안이었다. 민간 발전사도 REC 판매로 높은 수익 창출이 가능하기에 바이오매스 시장에 참여하기 시작했다. 2012년 293 GWh였던 국내 바이오매스 발전량은 2021년 8,909 GW로 42배 증가했으며, 보급용량은 300 MW에서 2,195 MW로 7배 증가했다.¹⁹

- 전·혼소 발전 현황

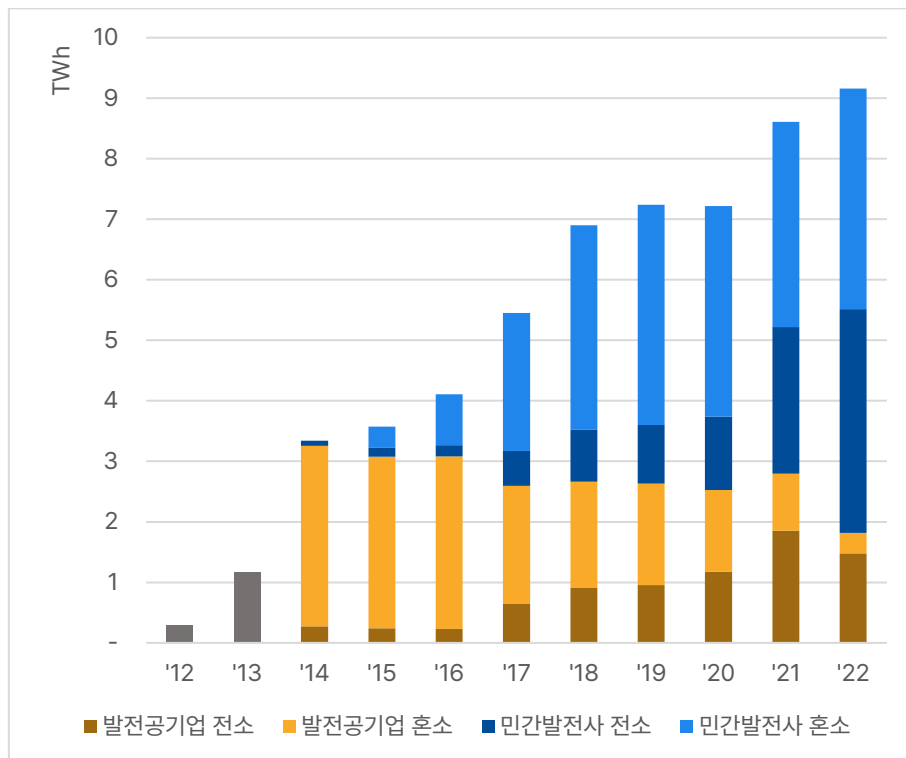
바이오매스 도입 초창기에는 기존 석탄발전소에 목재펠릿·칩을 섞어 태우는 혼소 발전이 일반적이었다. 그러나 2017년 남동발전 영동 1호기의 전소 연료전환과, 2019년 영동 2호기의 연료전환으로 전소 발전량이 증가했다. 발전공기업이 석탄 혼소로 신재생에너지 공급의무를 손쉽게 이행한다는 지적이 일자, 2020년 산업통상자원부는 기존 발전공기업 혼소 설비에 적용되는 REC 가중치를 1.0에서 0.5로 하향 조정했다. 이에 따라 2014년 발전공기업 바이오매스 발전량의 92%를 차지했던 혼소 발전은 2022년 19%로 축소되었다.

¹⁹ 한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.
<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

민간발전사는 2015년 본격적으로 바이오매스 발전 시장에 참여했다. 이후 3년간 10배까지 증가하던 혼소 발전량은 2018년부터 예년 수준을 유지하고 있다. 이는 2018년 신규 혼소 설비에 대한 REC 가중치가 1.0에서 폐지되었기 때문이다. 따라서 기존 혼소 설비는 RPS 지침의 경과조치 규정에 따라 예전의 높은 가중치를 계속 받지만, 신규 혼소 전환의 유인책은 적어졌다. 그러나 2018년 미이용바이오매스 전소에 대한 가중치가 역대 최고치인 2.0으로 증가하면서, 민간 발전업계에서도 전소 발전이 신규 확대되기 시작했다. 이에 따라 2018년 20%였던 민간발전사의 전소 발전은 2022년 50%로 늘어났다.

국내 바이오매스 발전의 성장은 2020년 코로나-19의 정체를 상당 부분 회복한 모양새다. 혼소 발전을 필두로 바이오매스 이용을 다소 줄어든 발전공기업과는 반대로, 민간발전사는 2015~2018년 가동을 시작한 혼소 설비를 계속 가동하는 한편, 전소 발전도 확대하고 있다. 그 결과, 2021년에는 전소 발전량이 혼소 발전량을 추월하기에 이르렀다[그림 11]. 전소 발전을 크게 지원하며 기존 민간 혼소 설비 대상 REC를 유지하는 현 정책이 지속된다면, 전소 발전을 중심으로 한 바이오매스 발전 확대는 더욱 심화할 것으로 보인다.

[그림 11-1] 바이오매스 발전량(소유별, 연소 방식별)^{20, 21}

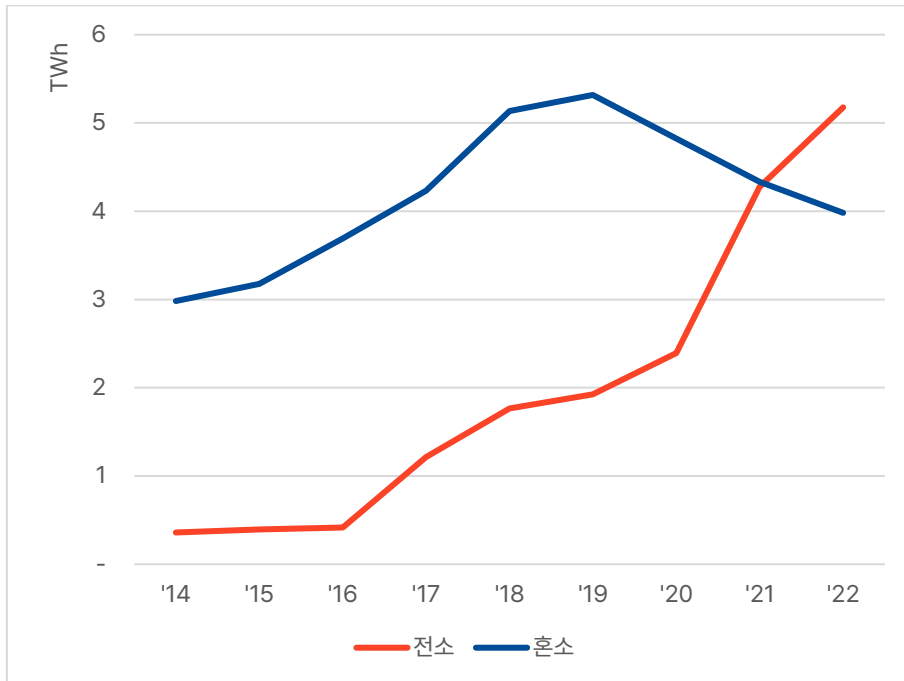


²⁰ 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 발전 현황. 국회 제출 자료.

²¹ 한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.

<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

[그림 11-2] 바이오매스 발전량(연소 방식별)²²



- 연료 투입 현황

바이오매스 발전이 확대되며 투입되는 연료량도 많이 늘어났다. 2014년 392만 톤이었던 투입량은 2022년 691만 톤으로 증가했으며, 이중 산림바이오매스가 64%인 441만 톤을 차지했다. 특히 수입산 목재펠릿이 전체 산림바이오매스의 77%로 큰 비중을 차지해 국내산과 규모의 차이를 보인다. 한편, 대형 혼소 설비를 운영하는 SGC에너지, 한화에너지, OCI SE는 자사가 사용하는 수입산 목재펠릿 연간 160만 톤을 2025년부터 국내산으로 대체한다고 밝혔다.²³ 이에 따라 이미 많은 수입량과 더불어 국내산 펠릿 수요도 증가할 것으로 보인다.

국내산 원료로는 미이용 산림바이오매스가 본격 투입된 2019년부터 미이용 목재펠릿·칩 이용이 큰 폭으로 증가해 2022년에는 총 국내산 산림바이오매스의 85%를 차지한 것으로 나타났다[표 4]. 미이용 산림바이오매스 비중의 확대는 원목 중심의 연료에서 부산물 활용으로의 전환으로 보일 수 있지만, 국내산 일반 목재펠릿·칩 투입 총량이 줄어들지 않았기에 실제 전환 효과는 없는 것으로 사료된다. 오히려, 후술하듯 증가한 미이용 목재펠릿·칩에 원목이 혼합되고 있으며, 이는 산업통상자원부와 산림청 간의 통계 불일치라는 정황으로도 파악할 수 있다.

²² 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 발전 현황. 국회 제출 자료.

²³ 산업통상자원부. 2021.09.01. 민간3사*, 국내 바이오매스(생물에너지원) 활성화를 위해 발 벗고 나서다.

https://motie.go.kr/motie/gov_info/gov_openinfo/sajun/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=164505&bbs_cd_n=81

[표 4] 바이오매스 발전소 원료 투입량²⁴

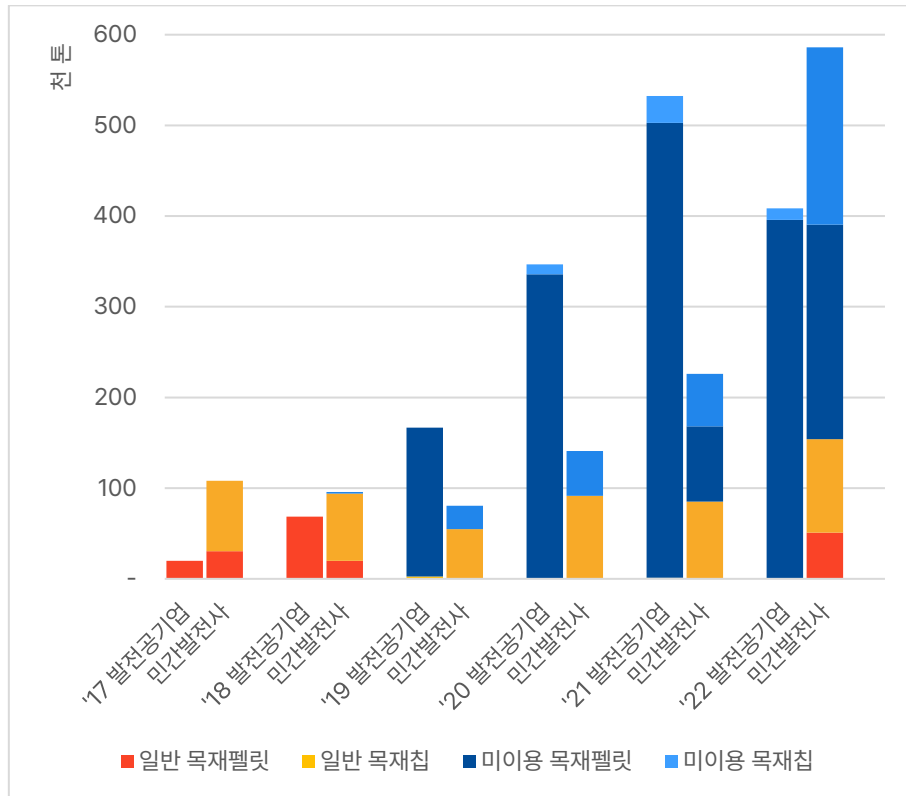
천 톤

	산림바이오매스						바이오-SRF		총계	
	일반 목재펠릿		미이용 목재펠릿	일반 목재칩		미이용 목재칩	소계	수입산		국내산
	수입산	국내산	국내산	수입산	국내산	국내산				
'14		2,943			65		3,008		910	3,918
'15		2,671			104		2,774		922	3,696
'16		3,010			100		3,110		1,657	4,767
'17	2,133	50		39	78		2,300	340	1,093	3,733
'18	2,863	88		55	74	2	3,082	379	1,363	4,824
'19	2,878		164	40	57	25	3,164	437	1,557	5,158
'20	2,611		335	22	92	61	3,120	321	1,768	5,210
'21	3,282		584	44	86	88	4,085	131	1,987	6,203
'22	3,384	51	632	27	103	208	4,405	265	2,243	6,913

산업통상자원부 통계에 따르면, 미이용 목재펠릿·칩은 2019년부터 한전 발전자회사가 투입하는 일반 목재펠릿을 전량 대체하여, 2022년에는 국내산 바이오매스의 97%가 미이용 목재펠릿이 되었다. 이들 펠릿의 대부분은 대형 전소 설비인 남동발전의 영동 1, 2호기로 투입된다. 민간발전사는 2020년까지 일반 목재칩과 미이용 목재칩을 혼용했지만, 2021년 이후로 미이용 목재펠릿·칩 투입을 크게 늘려가는 추세다[그림 12]. 이러한 변화는 일반 목재펠릿·칩 대상 REC 가중치를 낮추고, 미이용 산림바이오매스 대상 가중치를 높인 정부 정책이 작동하고 있다는 것을 보여준다.

²⁴ 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 연료 사용 현황. 국회 제출 자료.

[그림 12] 연간 국내산 산림바이오매스 발전소 투입량²⁵



- 전국 바이오매스 발전소 현황

전국적으로 총 24개 발전사가 28기의 바이오매스 전소 설비를, 10개사가 42기의 혼소 설비를 운영 중인 것으로 파악된다. 설비용량으로는 약 1 GW의 전소 설비와 21 GW의 혼소 설비가 보급되었다. 주요 발전사로는 석탄발전소였던 영동 1, 2호기를 연료전환하여 국내 최대 규모의 전소 발전소를 운영 중인 남동발전, 205 MW의 전소 발전소와 170 MW의 혼소 발전소를 운영 중인 GS그룹, 160 MW의 전소 발전소와 250 MW 혼소 발전소를 운영 중인 SGC 에너지, 100 MW의 전소 발전소를 운영 중인 CGN 대산, 303 MW의 혼소발전소를 운영 중인 OCI SE가 있다. 이 외에도 대부분의 발전공기업은 기존의 대형 석탄발전소에 바이오매스 혼소를 시행 중이다.

현재 건설 중이거나 예정된 바이오매스 발전소로는 석탄발전소인 삼척블루파워와 바이오매스 전소 발전소인 광양바이오매스, 포항바이오매스가 대표적이다. 예정 중인 전소 발전소는 총 562 MW 규모로, 모두 준공된다면 현재의 전소 설비의 절반이 넘는 용량이 2026년까지 추가될 것으로 보인다[표 5].

²⁵ 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 연료 사용 현황. 국회 제출 자료.

[표 5] 전국 주요 바이오매스 발전소 현황^{26, 27}

바이오매스 설비용량 기준 5 MW 이상

전소 발전					
발전사명	호기명	설비용량 (MW)	혼소율 (%)	운전개시연도	소재지
한국남동발전	영동예코발전본부 1~2 호기	325		1 호기: 2017 2 호기: 2020	강원 강릉
GS EPS	당진 바이오매스 1~2 호기	205		1 호기: 2015 2 호기: 2020	충남 당진
SGC 에너지	SGC 그린파워	100		2021	전북 군산
	60MW 발전기	60		2017	
CGN 대산		100		2021	충남 서산
LX 인터내셔널	포승그린파워	43.2		2017	경기 평택
석문에너지		38.9		2016	충남 당진
전주원파워	전주파워 바이오매스 2 호기	32.4		2016	전북 전주
한국동서발전	동해바이오발전	30		2013	강원 동해
서해열병합발전		24.9		2021	충남 서산
전주페이퍼		15		2013	전북 전주
엠함안		9.9		2020	경남 함안
상공에너지		9.8		2012	전북 익산
SUN&L		8.2		2019	인천 중구
이건에너지		8.1		2015	인천 미추홀구
선창산업		7.9		2017	인천 중구
서대구에너지		6.4		2007	대구 서구
엔프로텍		5		2019	전북 완주
장군 열병합 발전사업		5		2016	세종
혼소 발전					
발전사명	호기명	설비용량 (MW)	혼소율 (%)	운전개시연도	소재지
한국중부발전	보령화력본부 1~8 호기	4,000	1.2~5	1983~2008	충남 보령
	하동화력본부 1~6 호기	3,000	2.5~5	1996~2001	경남 하동
한국남동발전	영흥화력본부 1~4 호기	3,340	5	2004~2008	인천 옹진군
	삼천포화력본부 1~6 호기	3,240	5	1983~1998	경남 고성
	여수화력본부 2 호기	328.6	5	1991	전남 여수
한국남부발전	삼척발전본부 2 호기	1022	5	2016	강원 삼척
	태안화력본부 1~4, 7, 8 호기	3,000	3~8	1995~2012	충남 태안
한국동서발전	동해화력본부 1~2 호기	400	10	1998~1999	강원 동해
	당진화력본부 1~4 호기	2,000	4	1996~2001	충남 당진

²⁶ 산업통상자원부. 2022. 바이오매스 발전소 목록. 국회 제출 자료를 바탕으로 저자 작성.

²⁷ 전력거래소. 2023. 2023년도 1분기 발전소 건설사업 추진현황을 바탕으로 저자 작성.

https://www.kpx.or.kr/board.es?mid=a10403040000&bid=0040&act=view&list_no=69518

OCI SE		303	70	2015	전북 군산
SGC 에너지	250MW 발전기	250	85	2016	전북 군산
GS 포천그린에너지		169.9	10	2019	경기 포천
금호석유화학		145	25	2016	전남 여수
한화에너지	군산공장	99	30	2017	전북 군산
예정 발전소					
발전사명	호기명	설비용량 (MW)	연소 방식	예정준공연도	소재지
삼척블루파워	삼척화력 1~2 호기	2,100	혼소	2023~2024	강원 삼척
광양그린에너지	광양바이오매스	220	전소	2025	전남 광양
정읍그린파워	정읍 바이오매스	21.9	전소	2025	전북 정읍
포항신재생에너지	포항바이오매스	110	전소	2026	경북 포항
SGC 에너지	SGC 그린파워	200	전소	미정	전북 군산
BHI	장지바이오매스	10	전소	미정	경남 함안

III. 산림바이오매스의 기후적 · 환경적 문제

1. 화석연료보다 많은 탄소배출

바이오매스 발전은 나무를 연료로 태워 전기를 만드는 특성상 필연적으로 온실가스를 배출한다. 이 원리는 석탄의 연소 과정과 사실상 동일한데, 석탄과 바이오매스 모두 탄화수소(C_nH_m)를 중심으로 구성되었기 때문이다. 이들 연료의 연소는 에너지로 사용되는 열과 함께 물(H_2O)과 이산화탄소(CO_2)를 발생시킨다. 이때, 나무는 석탄보다 더 낮은 에너지 효율을 갖는다. 석탄은 유기체가 오랜 시간 땅속의 고온·고압의 환경에서 압축되어 높은 비율로 탄소, 즉 열량을 갖는 물질이기 때문이다. 인류가 비효율적인 나무 자원에서 산업혁명을 거치며 에너지 집약도가 높은 석탄을 사용하게 된 데에서 알 수 있듯, 나무 에너지의 비효율성은 역사를 통해 증명된 사실이다.

실제로 국내 목재제품 품질기준도 펠릿의 경우 3,940 kcal/kg 이상의 발열량을 요구하며, 파쇄 및 건조 외 특별한 가공 과정이 없는 칩의 경우 최소 기준이 없다.²⁸ 이와 대비되게 2021년 국내 발전업계가 사용한 유연탄, 중유, 가스의 평균 발열량은 각 5,563 kcal/kg, 9,840 kcal/kg, 13,083 kcal/kg로 목재펠릿보다 월등히 높다.²⁹ 따라서, 바이오매스를 통해 같은 양의 에너지(원단위)를 만들기 위해서는 이들 화석연료보다 많은 양의 연료를 투입해야 하며, 이는 더욱 많은 탄소배출로 귀결된다. 재생에너지로 정부의 적극적인 지원을 받는 바이오매스는 실제 전력 수급 기여도에 비해 과대한 양의 온실가스를 배출하고 있는 것이다. '연료'라는 개념 없이 무한한 태양과 바람 에너지를 활용하는 청정 재생에너지와 바이오매스를 동일 선상에 두고 비교할 수 없는 이유다.

■ 바이오매스가 탄소중립 에너지라는 오해

바이오매스 연소의 탄소배출에도 불구하고, 정부와 업계는 바이오에너지가 탄소중립 에너지 원이라고 주장한다. 이는 IPCC가 만든 국제 탄소 회계 규칙에 대한 오해에서 오는 잘못된 논리이다. 『국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인』(IPCC 가이드라인)은 바이오매스를 포함한 바이오에너지에 대해 예외 조항을 두고 있다. 화석연료 연소나 산업 활

²⁸ 국립산림과학원고시 제2020-3호. 목재제품의 규격과 품질기준.

²⁹ 전력거래소. 전력통계정보시스템. 발전연료 사용량 추이.

<https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeFfuChart.do?menuId=060200> (2023.08.07 확인)

동으로 온실가스를 배출하는 타 부문과 달리, 농업, 임업 및 기타 토지이용(Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) 부문은 배출과 흡수가 모두 이루어지는 산림지를 포함하기 때문이다. 바이오매스의 원료로 쓰이는 나무는 연료이기 전 이산화탄소를 흡수하는 탄소저장고로 우선 고려된다. 따라서, 벌채로 인한 산림지 탄소저장고 감소는 AFOLU 부문에서의 배출로 기록되며, 발전소에서의 연소를 포함하는 에너지 부문에서는 이중계상 방지를 위해 산정하지 않는다.

발전 단계에서의 바이오매스 연소 배출량은 온실가스 관리 주무부처인 환경부에 여전히 명세서 보고 대상이나, 이중계상을 피하고자 사업장의 온실가스 배출권거래 및 목표관리, 나아가 국가 단위의 온실가스 관리 및 목표에서 제외된다. 바이오매스 이용은 AFOLU 부문의 산림지 탄소저장고 변화의 일부로 포함이 되었기에 국가 단위 온실가스 총량 관리의 관점에서는 계산이 끝난 것으로 간주되는 것이다.

한편, AFOLU 부문도 국가 수준의 대단위 탄소저장고 총변화량만을 보고·산정할 뿐, 세부적인 활동 별 배출 및 흡수량을 추적하는 데에는 한계가 크다. 즉, 실제 바이오매스 목적의 벌채로 인한 탄소저장고 변화를 알 수 없으며, 이를 통해 지상부 탄소가 에너지 부문으로 유입되는 양은 더욱 추적이 불가능하다. 이에 따라 산술적으로는 AFOLU 부문에 포함되고, 발전사업자가 정부에 보고하나, 에너지 부문에 산정되지 않고, AFOLU 부문에서도 출처가 불분명한 '숨겨진 배출량'이 발생한다.

에너지 부문에서 바이오매스 연소 배출량을 제외하여 산정하는 탄소 회계 법칙은 발전소가 실제로 막대한 양을 배출하지만 무배출 에너지로 인식되게 만드는 부작용을 초래했다. 이로 인해 기존의 석탄발전소에 바이오매스를 혼소하면 그 양만큼 배출량이 줄어들고, 전소 발전으로 전환하면 일순간에 배출량이 0으로 되는 눈속임이 발생한다. 대형 전소 설비를 보유한 발전사도 연소 규모와 무관하게 무배출로 취급받아 온실가스 배출권 할당대상업체나 목표관리업체 조건에서 제외되곤 한다. 이런 경우 해당 사업자는 온실가스 배출 보고 의무까지 사라져 관리의 사각지대에 놓이게 된다. 바이오매스가 탄소중립 에너지원이나 재생에너지라는 주장은 모두 이러한 탄소 회계의 허점을 이용한 것이다.

현행 탄소 회계 규칙은 바이오매스 발전이 지금과 같은 대형 산업으로 등장하기 전 고안된 것으로, 당시에는 이러한 부작용을 예측하지 못했다는 것이 학계의 중론이다. 지금은 과거의 회계가 변화한 산업 구조에 대응하지 못하고 있다는 의견이 대두되고 있다.³⁰ IPCC도 이러한

³⁰ Pulles, T, Gillenwater, M & Radunsky, K. 2022. CO2 emissions from biomass combustion Accounting of CO2 emissions from biomass under the UNFCCC. Carbon Management, 13(1). DOI: 10.1080/17583004.2022.2067456

허점을 인식해 “바이오에너지 배출량을 에너지 부문 총계에 포함하지 않는 접근 방식은 바이오에너지의 지속가능성 또는 탄소중립성에 대한 결론으로 해석되어서는 안 되며,” “따라서 IPCC 가이드라인은 에너지로 사용되는 바이오매스가 지속가능한 방식으로 생산된 것으로 간주되는 경우에도 자동으로 ‘탄소중립’으로 간주하거나 가정하지 않는다”고 명시한다.³¹

IPCC의 복잡한 탄소 회계는 국가 단위, 나아가 전 세계적 차원에서 모든 온실가스 배출량을 포괄적으로 관리하는 데에 목적이 있다. 에너지 부문에서 산정되든, AFOLU 부문에서 산정되든, 1 톤의 온실가스 배출이 초래하는 기후변화는 동일하다. 기후위기 대응에 있어 가장 중요한 것은 대기 중 온실가스 농도 상승의 억제이기에, 바이오매스는 배출 활동으로써 감축 대상이 되어야 마땅하다.

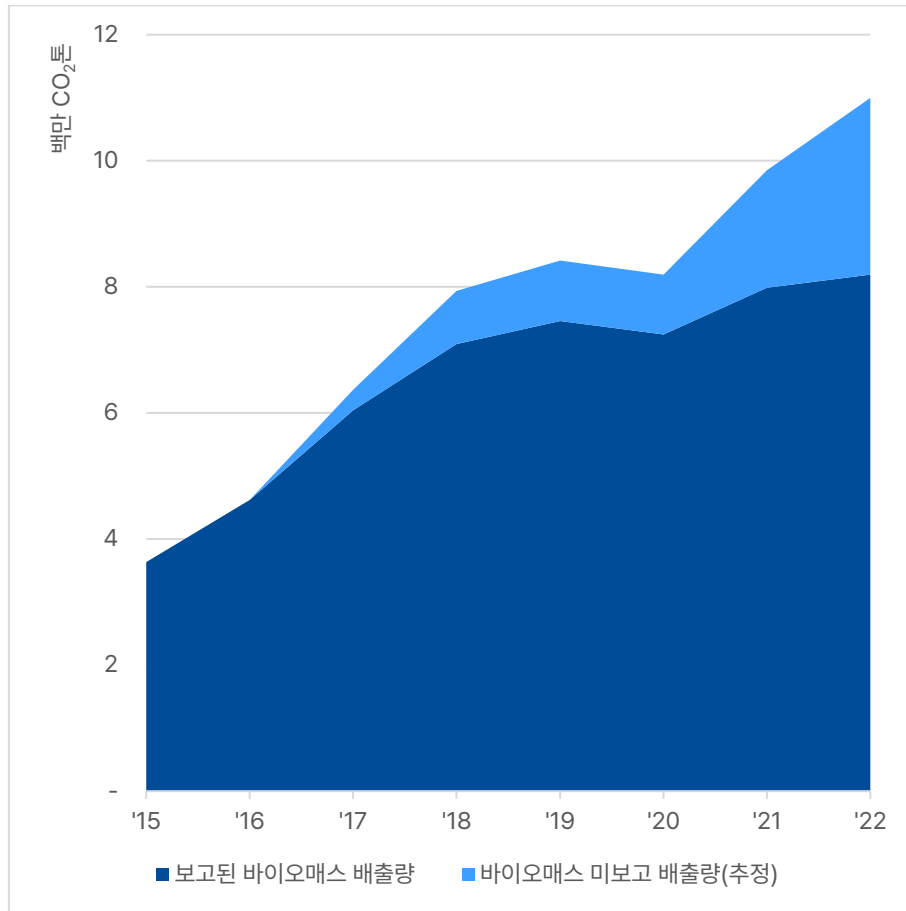
■ 국내 바이오매스 발전의 탄소배출량

본 보고서는 국내 최초로 전국 바이오매스 발전소의 ‘숨겨진’ 탄소배출량을 분석해 정부의 재생에너지 정책이 온실가스 배출량 증가로 이어졌다는 사실을 공개한다. 대한민국은 UNFCCC의 개발도상국(부속서 II)으로 분류되어 에너지 부문 내 바이오매스 연소 배출량의 공개 의무가 없다. 발전사도 바이오매스를 일괄적으로 무배출로 취급, 탄소중립 에너지로 홍보해 왔다. 그러나 상술했듯, 이러한 배출량도 에너지 부문에서 산정되지 않을 뿐, 보고 대상이기에 환경부는 대부분의 경우 해당 명세서를 보유하고 있다.

분석 결과, 2022년 한 해에만 바이오매스 발전으로 1,100만 톤에 달하는 이산화탄소가 배출된 것으로 추정된다. 이는 국내 농업 부문 총배출량의 절반이자, 산림지 흡수량의 4분의 1에 해당하는 양이다. 또한 이는 온실가스 배출권거래제가 시행된 2015년 대비 3배 증가한 양으로, 8년간의 누적 배출량은 6천만 톤을 넘는다. 2015~2016년은 통계 자료 미비로 미보고 배출량 추정을 제외했기에 실제로 배출된 이산화탄소는 더 많은 것으로 예상된다[그림 13].

³¹ IPCC. Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. FAQs.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html> (2023.09.11 확인)

[그림 13] 국내 바이오매스 발전소의 연간 탄소배출량^{32, 33}



- 바이오매스 연소 배출량의 해석

연간 탄소배출량을 연료투입량으로 나누면 연료 원단위당 배출량을 알 수 있다. 지난 8년간 바이오매스 1톤을 태울 때 평균 1,653 kg의 이산화탄소가 배출되었으며, 발전 원단위로는 1 kWh 당 1,222 g의 이산화탄소가 배출되었다[표 6]. 이러한 결과는 국내에서 널리 인용되는 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)의 화석연료 발전원별 배출량이나 국내 통계를 분석한 선행 연구와 비교했을 때도 월등히 높은 수치이다. 또한 기후환경단체 기후솔루션이 계산한 남동발전 영동 1호기의 바이오매스 연소 배출량과 영국의 왕립국제문제연

³² 환경부. 2023. 바이오매스 사용에 따른 온실가스 배출량 제외량. 국회 제출 자료 활용 자체 계산. 본 배출량은 바이오매스 발전을 영위하는 온실가스 할당대상업체 및 목표관리업체 17개의 『온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침』 내 [별지 10] 및 [별지 11]의 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 명세서 4-2에 해당하는 내용을 환경부로부터 제출받아 계산했다. 환경부의 명세서가 산업통상자원부의 바이오매스 연료 투입량 대비 연간 평균 76%의 자료만을 포괄하기에, 보고되지 않은 배출량은 해당 연도의 연료 투입량을 토대로 추가 추정했다.

³³ 산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 연료 사용 현황. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

구소(채텀하우스)가 드랙스 발전소를 예시로 발표한 연구와 비교해도 높은 양이다[그림 14].

바이오매스의 단위당 배출량이 화석연료보다 높은 결과는 해외에서도 널리 알려진 사실이다. IPCC 가이드라인과 동 지침을 준용한 환경부 고시도 같은 맥락에서 바이오매스의 기본 배출 계수가 화석연료보다 높다고 명시한다[표 7]. EU의 경우, 2019년 바이오매스의 배출량은 4억 8천만 톤으로 전체 에너지 부문 배출량의 16%를 차지했다.³⁴ 2022년 영국에서는 바이오매스가 전체 전력의 단 4%만을 공급했지만, 발전 부문배출량의 20%인 1,300만 톤이 넘는 탄소를 배출했다.³⁵

[표 6] 국내 바이오매스 발전의 연료투입량, 발전량, 탄소배출량^{36, 37}

	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	평균
연료투입량 (천 톤)	4,535	5,488	3,733	4,824	5,159	5,210	6,203	6,933	
발전량 (GWh)	3,290	3,825	5,117	6,495	6,495	6,811	8,204	8,969	
보고된 바이오매스 배출량 (천 CO ₂ 톤)	3,636	4,620	6,043	7,095	7,459	7,242	7,984	8,194	-
미보고 배출량(추정) (천 CO ₂ 톤)	자료 없음	자료 없음	322	843	956	954	1,864	2,804	
총배출량(추정) (천 CO ₂ 톤)	3,636	4,620	6,364	7,938	8,415	8,197	9,848	10,998	-
연료단위당 배출량 (kgCO ₂ /톤)	1,763	1,733	1,705	1,646	1,631	1,578,	1,588	1,586	1,653
발전단위당 배출량 (gCO ₂ /kWh)	자료 없음	자료 없음	1,244	1,222	1,235	1,204	1,200	1,226	1,222

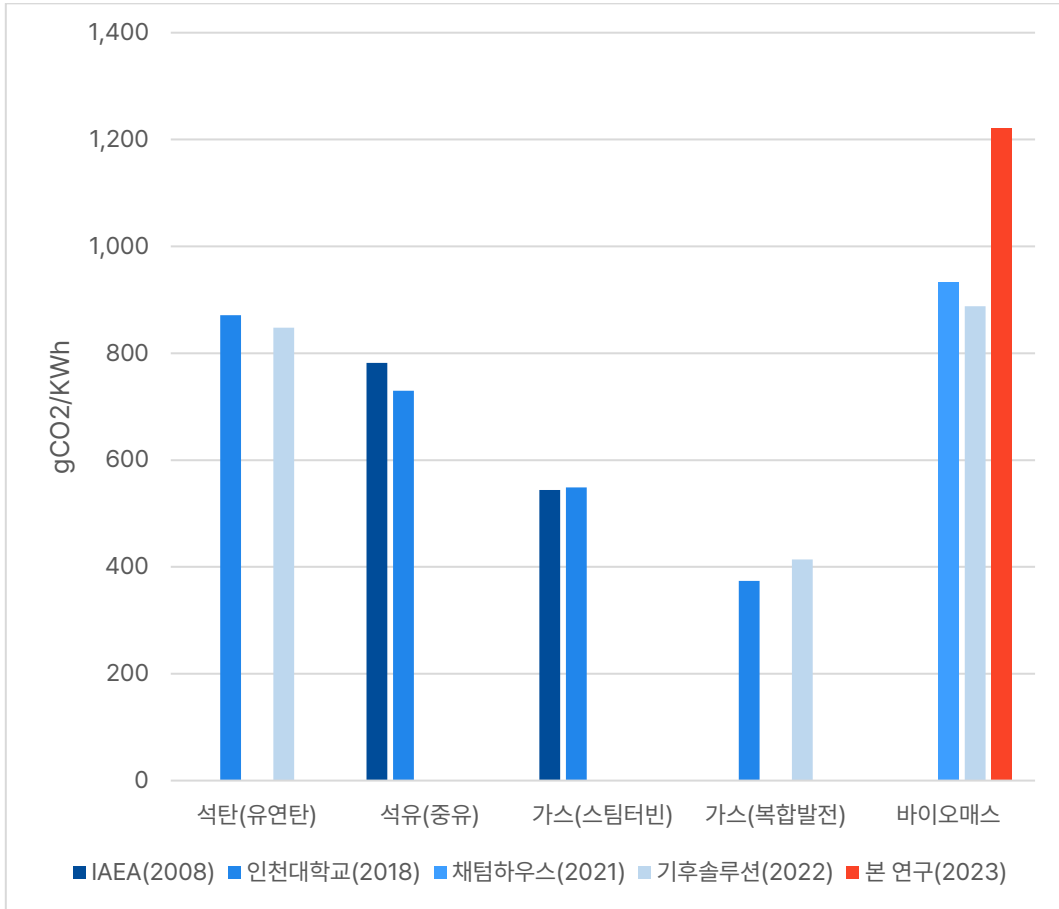
³⁴ **Brack, D, Birdsey, R & Walker, W.** 2021. Greenhouse gas emissions from burning US-sourced woody biomass in the EU and UK. Chatham House. <https://www.chathamhouse.org/2021/10/greenhouse-gas-emissions-burning-us-sourced-woody-biomass-eu-and-uk>

³⁵ **Harrison, T & Fox, H.** 2023. Biomass plant is UK's top emitter. Ember. <https://ember-climate.org/insights/research/drax-co2-emissions-biomass/>

³⁶ **환경부.** 2023. 바이오매스 사용에 따른 온실가스 배출량 제외량. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

³⁷ **산업통상자원부.** 2023. 전국 바이오매스 연료 사용 현황. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

[그림 14] 발전원별 단위당 온실가스 배출량^{38, 39, 40}



[표 7] IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수⁴¹

	kgGHG/TJ			
	석탄(유연탄)	석유	가스(LNG)	바이오매스
CO ₂	94,600~96,100	69,300~77,400	56,100	112,000
CH ₄	1	3	1	30
N ₂ O	1.5	0.6	0.1	4

³⁸ 송한새, 임장혁. 2022. 재생에너지 전환을 방해하는 그린워싱, 바이오매스. 기후솔루션.

³⁹ Brack, D, Birdsey, R & Walker, W. 2021. Greenhouse gas emissions from burning US-sourced woody biomass in the EU and UK. Chatham House 바탕으로 저자 작성.
<https://www.chathamhouse.org/2021/10/greenhouse-gas-emissions-burning-us-sourced-woody-biomass-eu-and-uk>

⁴⁰ 황욱, 서현정, 이민철. 2018. 통계자료에 근거한 한국 연료연소 발전원별 이산화탄소 배출지수 비교. 대한기계학회논문집 B권, 42(2). DOI: 10.3795/KSME-B.2018.42.2.111

⁴¹ 환경부고시 제2018-73호. 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침을 바탕으로 저자 작성.

반면, 산림청, 국립산림과학원, 한국임업진흥원은 목재펠릿 1 톤이 유연탄 604.65 kg을 대체할 수 있어 1.48 톤의 이산화탄소 감축이 가능하다고 주장한다.⁴² 이를 올바르게 해석하면 바이오매스가 석탄보다 효율이 약 40% 낮은 연료라는 뜻으로, 1.48톤 감축 효과는 IPCC 가이드라인의 이중계상 방지 지침을 곡해한 것에 불과하다. 기후변화 대응을 위해서는 에너지 부문의 탄소 장부만을 볼 것이 아니라, 벌목부터 연소까지 공급망 전반의 배출량을 파악하고 감축해야 한다.

한 예로, 최근 표준이 되어가고 있는 기업의 배출량 공시는 직접 배출량(Scope 1), 간접 배출량(Scope 2), 공급망 배출량(Scope 3)을 모두 포괄한다. 이러한 배출량 계산은 엄밀하게는 타 부문에서 산정되는 양을 포함하는 것으로, IPCC 가이드라인 상으로는 이중계상에 해당한다. 그러나 국가 단위 온실가스 인벤토리 산정과는 별개로, 자사의 경제 활동을 넘어 사업 관계로 연결된 모든 배출의 감축이 의미 있기에 국제사회에서도 유효하다고 여겨지는 것이다. 본 보고서는 바이오매스 톤당 1.65 톤의 탄소가 발전소 굴뚝을 통해 방출된다는 것을 확인했으며, 이는 기업의 온실가스 배출 중에서도 핵심인 Scope 1에 해당한다.

- 바이오매스의 전 과정 배출량

바이오매스의 연소 배출량은 나무가 화력발전소에서 최종적으로 태워질 때의 온실가스 배출만을 고려한다. 산림바이오매스는 숲에서의 벌채부터 목재펠릿 공장에서의 이동, 펠릿으로의 건조·파쇄·성형 등 가공 과정, 수입산의 경우 해상 운송, 다시 발전소까지의 이동 등 공급망 전반에 걸쳐 추가적인 온실가스를 배출하게 된다.

채텀하우스는 미국 동남부에서 벌목된 나무로 펠릿을 만들어 영국 드랙스 발전소에서 사용하는 경우에 대한 공급망 전 과정 온실가스 배출량을 추정한 바 있다. 이는 한국의 경우 캐나다나 동남아시아에서 수입하는 목재펠릿과 견줄 수 있다. 연구에 따르면, 발전소에서의 연소 배출량이 약 69%, 산림에 남아있는 부산물의 부패와 산림생장 손실이 21%, 기타 공급망 과정에서의 배출량이 9%를 차지했다. 이를 원단위로 환산하면 연소 시 배출량을 제외하고도 297~528 gCO₂/kWh의 배출이 추가로 발생하게 된다[표 8].

⁴² 국립산림과학원. 2021.06.07. 방치보다 가치있는 미이용 산림 내 목재자원(산림바이오매스)의 이용.

[표 8] 영국 드랙스 바이오매스 발전소의 전 과정 온실가스 배출량⁴³

단계	연료단위당 배출량 (tCO ₂ /톤)	발전단위당 배출량 (gCO ₂ /KWh)	설명
산림	0.34~0.79	173~404	벌채부산물 부패: 48~93% 산림생장 손실: 7~52%
공급망	0.24	124	목재수확: 4% 펠릿가공: 50% 펠릿 건조: 8% 기타 운송: 19%
발전소	1.81	934	
합계	2.39~2.84	1,231~1,462	

■ 바이오매스로는 달성 불가능한 탄소중립

바이오매스가 탄소중립 에너지라는 잘못된 주장은 연소로 일시에 배출된 막대한 양의 이산화탄소가 중국에는 잔존하는 산림으로 재흡수되어 '탄소 순환' 구조를 이룬다는 데에 기반한다. 그러나 이러한 논리는 기본 전제부터 현실성, 적시성에 있어 많은 모순을 낳는다. 산림바이오매스 사용을 통한 탄소중립은 이론적으로도 최소 수십 년 이상이 걸리며, 현실에서는 불가능에 가깝다. 그 과정에서 대기 중 온실가스 농도는 오히려 급속도로 증가하기에, 바이오매스는 기후위기를 초래하는 에너지이다.

- 증명되지 않은 석탄 대체 효과

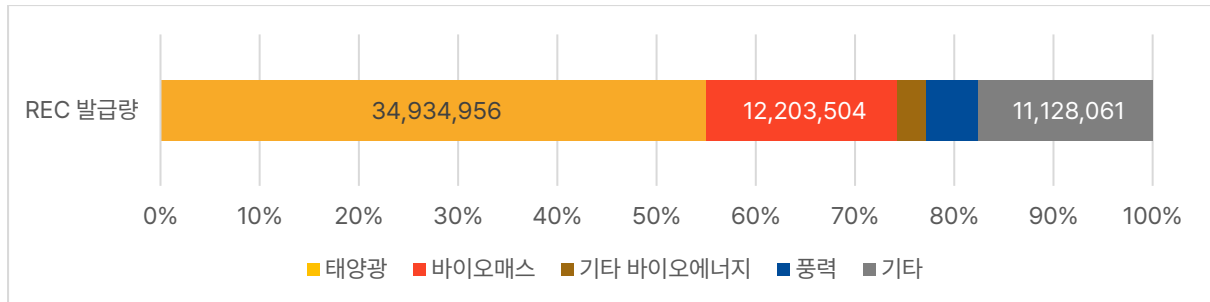
우선, 바이오매스의 단위당 배출량이 석탄보다 높아 감축 효과가 없다는 사실을 차치하더라도, 산림바이오매스가 석탄을 대체한다는 일각의 주장은 그 전제부터 성립하지 않는다. 석탄 발전 감축은 기후위기 대응을 위해 세계가 합의한 우선 과제로, 선진국은 늦어도 2030년대까지 탈석탄 연도를 설정해 적극적인 감축에 나서고 있다. 석탄은 바이오매스로의 전환과 관련 없이 이미 퇴출 중이며, 국내 바이오매스 발전의 확대는 석탄 사용량 감소와 유의미한 상관·인과관계를 보이지 않는다.

오히려, 바이오매스는 높은 REC 가중치로 풍력, 태양광 등 타 재생에너지원과 경쟁을 하고 있다. 인증서 시장에 공급된 REC는 발전원별 구별이 불가능하기에, 모든 발전원 사이에 경합

⁴³ **Brack, D, Birdsey, R & Walker, W.** 2021. Greenhouse gas emissions from burning US-sourced woody biomass in the EU and UK. Chatham House 바탕으로 저자 작성.
<https://www.chathamhouse.org/2021/10/greenhouse-gas-emissions-burning-us-sourced-woody-biomass-eu-and-uk>

이 발생하며, 소비자도 원하는 발전원을 선택할 수 없다. 현실적으로, 바이오매스가 대체하고 있는 것은 석탄이 아니라, REC 과다 공급으로 경제성이 낮아진 청정 재생에너지이다. 이러한 무탄소 에너지의 경쟁력 하락은 전반적인 에너지전환을 저해하는 요인이 된다[그림 15].⁴⁴

[그림 15] 2022년 발전원별 REC 발급 현황⁴⁵



- 탄소저장고 손실을 초래하는 벌목

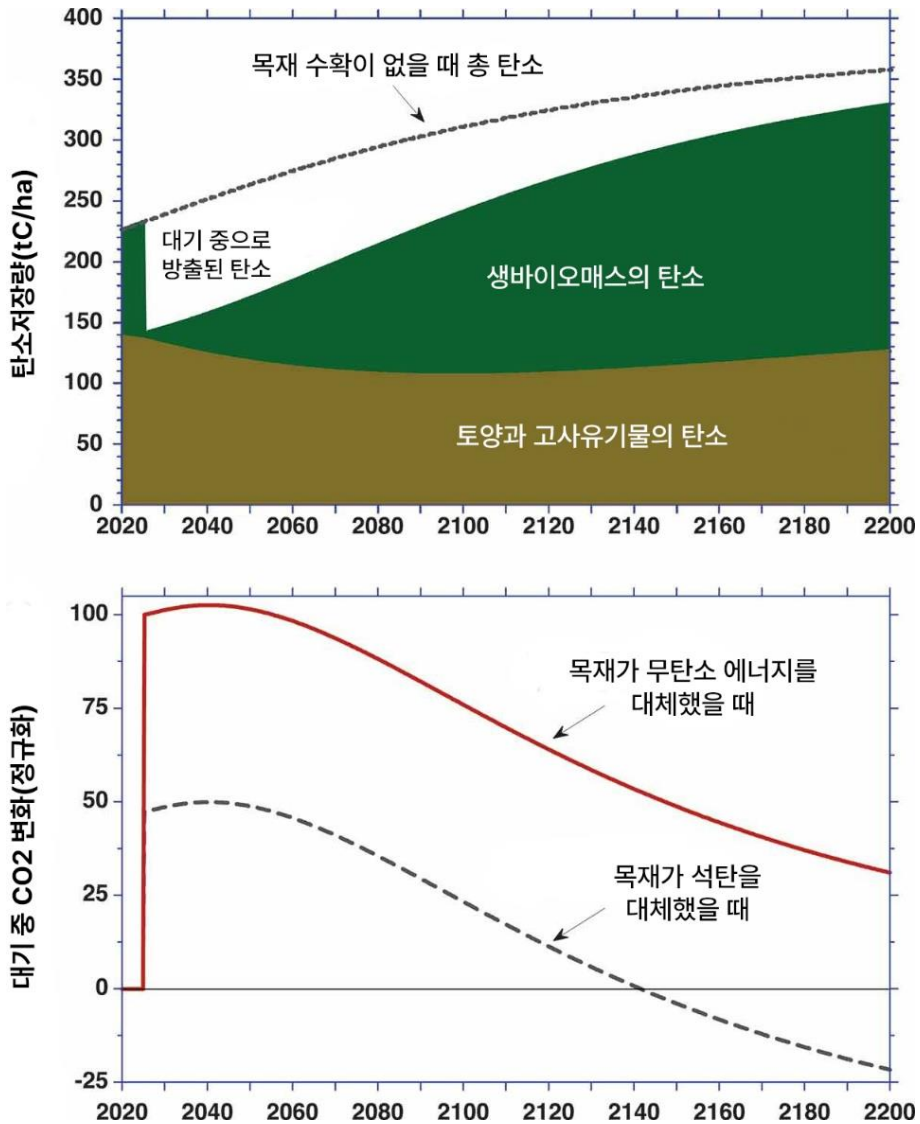
숲은 계속해서 탄소를 흡수하기에, 바이오매스 연소로 인해 배출된 탄소도 종국에 재흡수된다는 논리도 바이오매스가 기후적으로 무해하다는 근거가 될 수 없다. 애초에 연소 목적의 벌채를 하지 않는다면, 그 탄소는 모두 임목에 온전히 고정되어 있을 것이기 때문이다. '산림경영'의 일환이나 '지속가능한' 수준에서 벌채가 이루어진다고 하더라도, 벌채된 산림의 탄소저장량은 그렇지 않은 산림보다 낮을 수밖에 없다.

게다가 숲은 기본적으로 인간의 바이오매스 사용과는 상관없이 스스로 성장한다. 산림의 탄소 흡수가 바이오매스 연소 상쇄만을 위해 기능한다고 볼 수 없으며, 흡수 효과가 인간의 노력만이라고 주장하기도 힘들다. 따라서, 산림바이오매스의 탄소 편익은 바이오매스를 사용하지 않았을 때와, 타 재생에너지를 사용했을 때와 비교해야 한다. 두 가지 경우 모두 산림의 탄소저장량은 감소하는 한편, 대기 중으로 방출되는 이산화탄소는 증가한다[그림 16].

⁴⁴ 김수진, 김주진. 2019. 바이오매스가 기후변화를 막을 수 있을까? 만들어진 오해와 진실: 한국 바이오매스 정책의 현주소와 문제점. 기후솔루션.

⁴⁵ 한국에너지공단. 2023. 신재생에너지 공급의무화(RPS) 설치확인 및 REC발급 현황 개방 정보. <https://www.data.go.kr/data/3075801/fileData.do>

[그림 16] 바이오매스 사용으로 인한 지상 및 대기 중 탄소 변화⁴⁶



- 보장되지 않는 재조림을 통한 탄소 재흡수

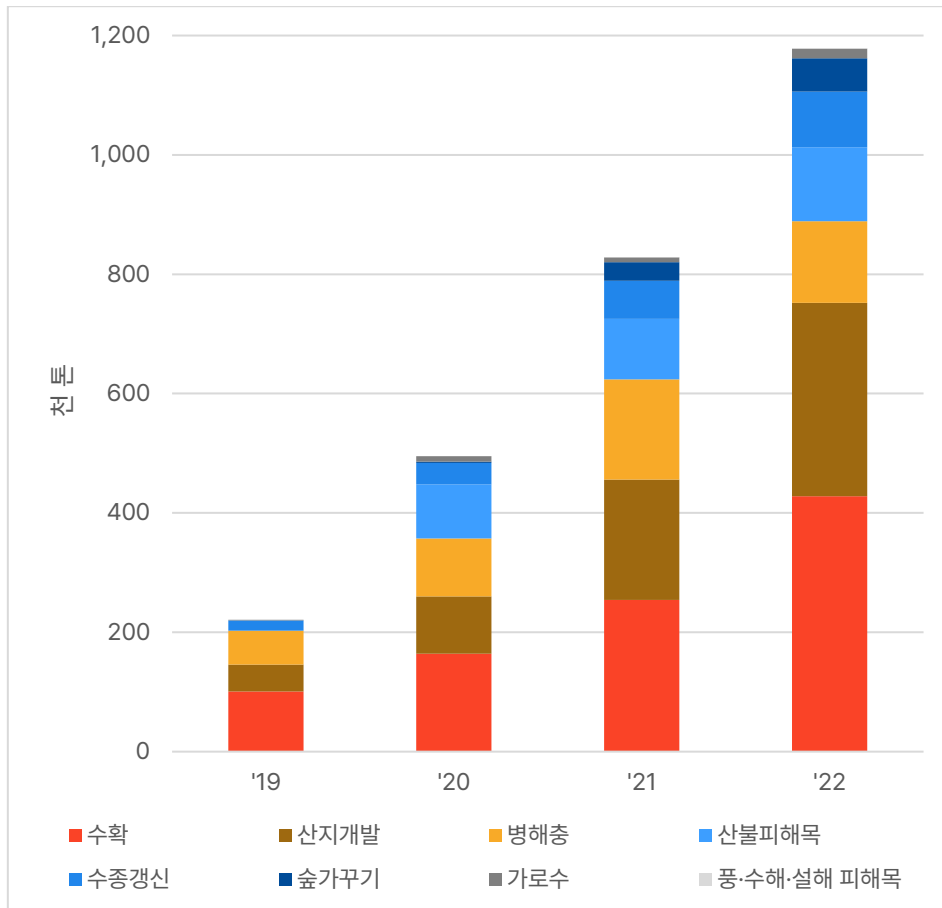
국내법이 벌채 후 재조림을 의무화하기에 새로 심은 나무가 자라며 배출된 이산화탄소를 흡수한다는 주장도 모든 상황에 해당하는 것이 아니다. 2022년 기준 미이용 산림바이오매스의 27%가 산지개발을 통해 공급되었다[그림 17]. 단어가 의미하듯, 개발로 인한 벌채지에는 재조림을 할 수 없기에 탄소 재흡수 효과를 누릴 수 없다.

또한, 재조림이 이루어진다고 하더라도, 이들 묘목이 앞으로 수십 년간 무사히 자란다는 보장이 없다. 국내 산림은 택지·도로개발 등으로 인해 지속해서 감소하고 있다. 악화하는 기후

⁴⁶ Stermann, J.D., et al. 2022. Does wood bioenergy help or harm the climate? Bulletin of the Atomic Scientists, 78(3). DOI: 10.1080/00963402.2022.2062933 (국문 번역)

변화에 따른 대형 산불, 병해충, 풍·수해 등 자연재해는 물론, 평균온도 상승으로 많은 수종의 기후적응력이 시험 받고 있다. 특히, 국내 기후대가 침엽수에 부적합한 환경으로 변화함에도 불구하고, 계속되는 소나무 중심의 재조림은 이들의 장기적 생존을 우려하게 만든다. 바이오매스 벌채지에 재조림된 묘목의 성장을 별도로 모니터링하는 경우는 없다.

[그림 17] 벌채목적별 미이용 산림바이오매스 증명량⁴⁷



- 수십 년이 걸리는 무의미한 탄소중립

재조림한 나무가 이상적인 조건에서 제대로 자란다는 비현실적인 가정 하에도, 바이오매스를 통한 탄소중립은 무의미하다. 나무가 자라는 데에는 수십 년이 걸리기에, 일시에 배출된 탄소를 모두 흡수해 탄소중립 상태에 도달하는 데에도 최소 수십 년 이상이 걸리기 때문이다. 이때 최초 배출된 탄소를 '탄소부채', 탄소중립 도달까지 걸리는 시간을 '상환기간'이라고 표현

⁴⁷ 산림청. 벌채목적별 미이용 산림바이오매스 증명서 확인 현황.

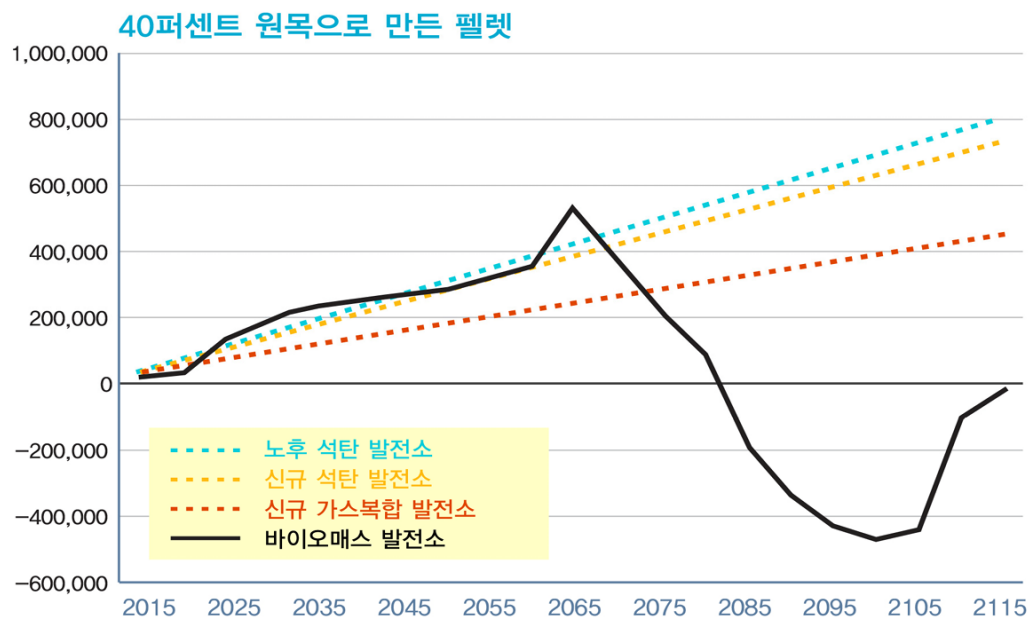
https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565
(2023.09.11 확인)

한다. 탄소중립 도달 이후부터는 화석연료 대비 '탄소편익'이 발생한다고 본다.

2015년 미국 환경단체 천연자원보호협회(Natural Resources Defense Council, NRDC)는 40%의 원목을 사용한 목재펠릿을 태우는 경우 탄소중립까지 약 70년이 소요되는 것으로 내다봤다.⁴⁸ 특히, 첫 반 세기 동안은 석탄발전보다 더 많은 탄소를 배출해 막대한 양의 누적배출량을 보였다. 국내산 목재펠릿도 약 40%가 원목으로 만들어지고, 석탄 발전소의 수명이 통상 30년인 것을 고려하면, 바이오매스 연소를 통한 탄소편익은 없는 셈이다[그림 18].

2017년 캐나다 천연자원부는 석탄 발전 대신 바이오매스를 태울 경우, 벌채부산물은 탄소편익이 발생할 때까지 약 30년, 피해목이나 원목을 태울 때는 100년이 지나도 탄소중립을 달성할 수 없다고 발표했다. 석유를 대체할 경우 벌채부산물도 약 70년이 걸리며, 가스를 대체하면 어떠한 경우에도 탄소편익을 볼 수 없다고 내다봤다[그림 19]. 2018년 메사추세츠 공과대학교(Massachusetts Institute of Technology, MIT) 등 미국 연구진도 상환기간을 44~104년으로,⁴⁹ 뒤이은 2022년 연구에서는 115년으로 추정했다[그림 16].

[그림 18] 40% 원목의 목재펠릿을 투입한 바이오매스 발전의 누적배출량⁵⁰

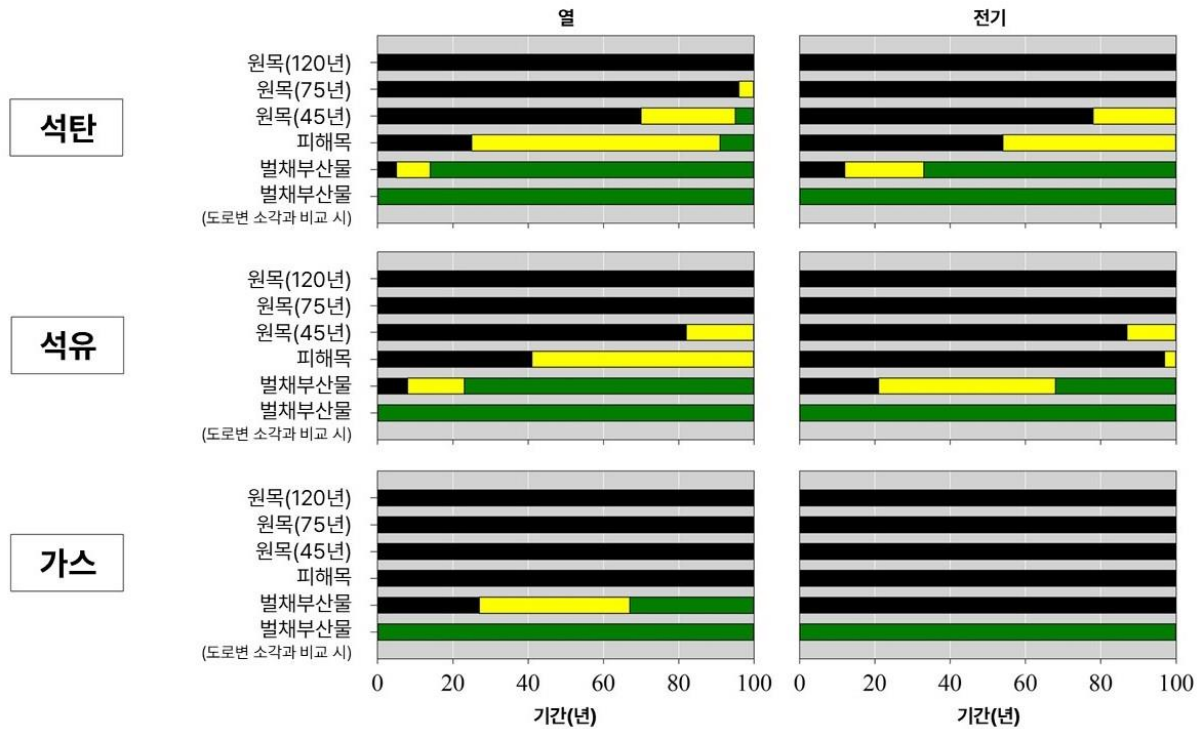


⁴⁸ NRDC. 2015. Think Wood Pellets are Green? Think Again. NRDC Issue Brief. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/bioenergy-modelling-IB.pdf>

⁴⁹ Sterman, J D, Siegel, L & Rooney-Varga, J N. 2018. Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. Environmental Research Letters, 13(1). DOI: 10.1088/1748-9326/aaa512

⁵⁰ 김수진, 김주진. 2019. 바이오매스가 기후변화를 막을 수 있을까? 만들어진 오해와 진실: 한국 바이오매스 정책의 현주소와 문제점. 기후솔루션.

[그림 19] 바이오매스 원료와 화석연료 대체에 따른 탄소부채⁵¹



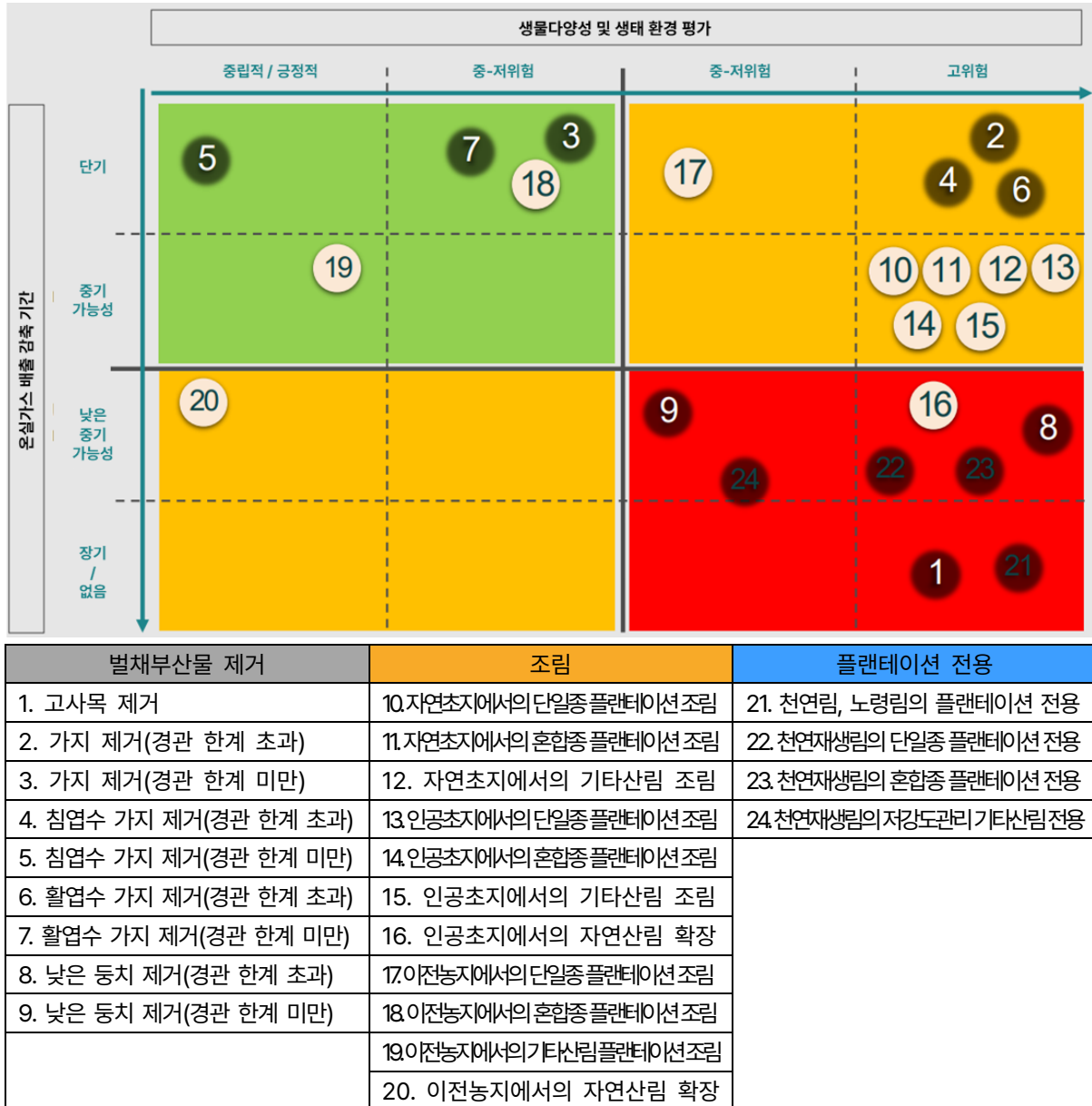
산림바이오매스의 탄소부채 상환기간은 여러 요소에 따라 달라진다. 크기는 벌채부산물인 아닌 원목일수록, 벌채된 나무의 영급이 높을수록, 산림의 생장이 느릴수록, 발전소의 전환 효율이 낮을수록 상환이 오래 걸린다. 2021년 EU 공동연구센터(Joint Research Centre, JRC)는 9개의 벌채부산물 수급 경로에 따른 상환기간과 생물다양성 및 생태계 영향을 평가한 바 있다. 연구에 따르면, 부산물이라 할지라도 나무 등치나 굵은 가지로 만든 바이오매스는 최소 50년 동안 화석연료보다 탄소배출량이 높은 것으로 나타났다. 나뭇가지나 나뭇잎 등도 생태적 경관을 유지하며 벌채된 경우에만 탄소배출 감축 효과와 생태계 조건을 유지할 수 있었다 [그림 20]. 원목 사용과 모두베기가 일반적인 국내에서 이러한 기준을 충족하는 바이오매스는 극히 일부에 불과하다.

국내 연구로는 2021년 전북대학교 최수형 교수가 바이오매스의 탄소부채 상환에 약 70년이 소요되고, 대기 중 이산화탄소는 최대 50% 이상 증가할 것으로 예측했다. 최수형 교수는 “이는 이론적으로 예측한 최상의 결과이며 실제로는 이보다 나쁠 것으로 추정된다”며 “바이오매스는 진정으로 탄소중립적이지 않으며, 화석연료의 대체에너지원으로서 부적합하다”고 결

⁵¹ Laganière, J, et al. 2017. Range and uncertainties in estimating delays in greenhouse gas mitigation potential of forest bioenergy sourced from Canadian forests. GCB-Bioenergy, 9(2). DOI: 10.1111/gcbb.12327 (국문 번역) 흑색은 탄소부채, 황색은 불확실, 녹색은 탄소편익 구간을 의미한다.

문지었다.⁵² 2021년 국내외 석학 500여 명은 문재인 대통령을 포함한 각국 정상에 바이오매스는 화석연료를 대체할 수 없다는 공동 서한을 보낸 바 있다.⁵³

[그림 20] 벌채부산물 수급 경로에 따른 바이오매스의 기후적·생태적 영향 평가⁵⁴



⁵² 최수형. 2021. 바이오에너지의 탄소부채 최소화를 위한 수학적 계획법. 청정에너지기술, 27(3). DOI: 10.7464/ksct.2021.27.3.269

⁵³ 김민제. 2021.02.23. 과학자들 “바이오에너지, 화석연료 대체 못해” 공동 성명. 한겨레. <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/984187.html>

⁵⁴ Camia, A, et al. 2021. The Use of Woody Biomass for Energy Production in the EU. Publication Office of the European Union. DOI: 10.2760/428400 (국문 번역)

이렇듯, 세계 과학계는 현재 산업적 규모의 산림바이오매스 발전으로는 유의미한 기간 내에 탄소중립 달성이 불가능하다는 중론이다. 미이용 산림바이오매스를 엄격한 기준의 벌채부산물만으로 생산한다고 해도, 모든 과학적 시나리오는 최소 수십 년 이상의 상환기간을 가리킨다. 대기 중 온실가스 농도가 증가한 이 기간 동안 바이오매스는 기후위기의 동인이 되며, 불가역적이고 치명적인 기후변화를 가속하게 된다. 2030년대에 1.5도 상승을 예측한 IPCC 『제6차 평가보고서』의 맥락에서도 바이오매스는 남아있는 국제 탄소예산을 소모하기만 할 뿐, 어떠한 감축 효과도 기여할 수 없다. 바이오매스는 파리협정 목표를 전면으로 부정한다.

2. 국내외 산림파괴

산림바이오매스는 그 정의가 숲에서 유래하는 목재를 태워 만드는 에너지인 만큼, 산림벌채를 필연적으로 수반한다. 정부가 무리하게 설정한 목표와 적극적인 정책적 보조로 산업이 비대해질수록, 생태계 보전과 지속가능성 등 산림의 공익적인 기능은 뒷순위로 밀려난다. 정부는 이에 대응해 무분별한 산림파괴를 예방할 수 있는 정책과 규제를 도입해야 마땅하다. 그러나, 지금까지의 모습은 오히려 지속불가능한 바이오매스 생산에 대한 적극적인 지원이었다. 이에 따라 한정된 국내 산림자원의 바이오매스 쓸림 현상이 심화하는 동시에, 해외에서 심각한 산림파괴와 인권침해에 연루된 목재펠릿의 수입도 증가했다. 화석연료 대체나 온실가스 감축 효과가 없는 바이오매스의 근본적인 한계와 더불어, 국내외 산림파괴 실태는 '지속가능한 바이오매스'를 더욱 어렵게 만든다.

■ 원목으로 만들어지는 국내산 바이오매스

미이용 부산물만 사용한다는 업계 주장과 달리, 국내산 바이오매스의 상당량은 공공연하게 원목으로 만들어진다. 이는 부산물만으로는 발열량과 품질이 저하되는 기술적인 문제도 있지만, 결정적인 이유로는 가격이 높은 원목을 사용해도 수익이 보장되기 때문이다. 바이오매스에 높은 REC 가중치가 주어지기에 발전사는 높은 가격으로 목재펠릿·칩을 공급할 수 있으며, 마찬가지로 목재펠릿·칩 제조 업체도 높은 가격으로 원목 매입이 가능해진다.⁵⁵ 이러한 '원목 땀값'은 일반 펠릿·칩으로 분류되거나 심지어 미이용 산림바이오매스로도 인정받는 정황이다.

타 목재산업군에서 비교적 오랜 시간 탄소를 고정할 수 있는 장수명 고부가가치 상품으로

⁵⁵ 김형준. 2023.07.07. [바이오매스의 두 얼굴]① [르포] 썰렁한 목재 야적장, 우드칩 신고 줄 선 발전소...바이오매스 5년, 땀값 신세 나무들. 한국일보.

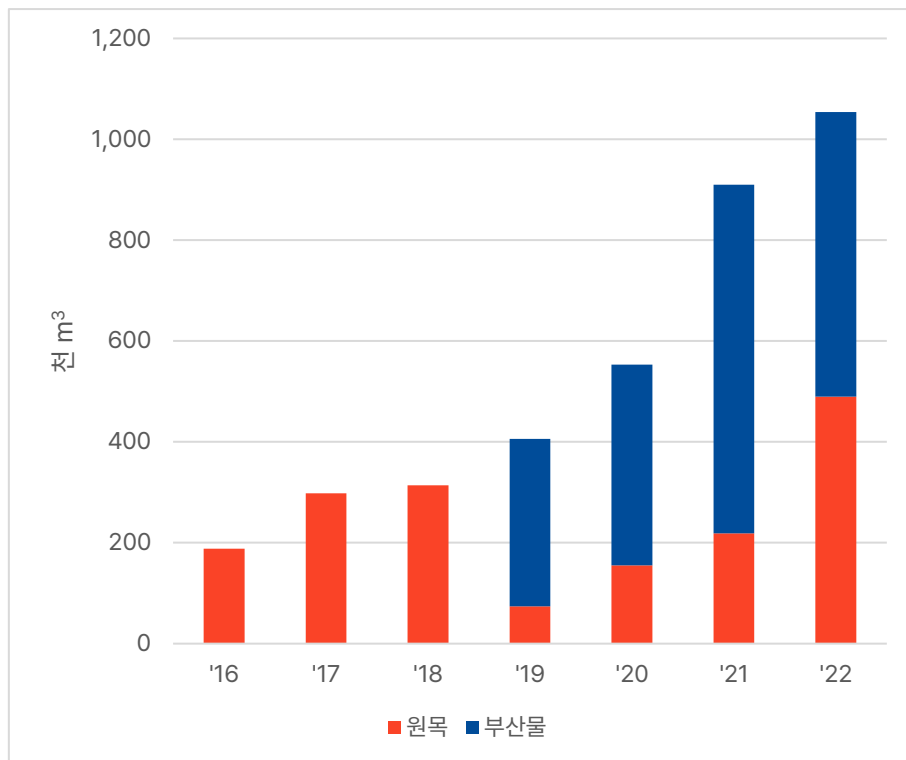
<https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2023062916140005367>

이용해야 할 원목이 연료용으로 쓰인다는 것은 그 자체로 목재의 단계적 이용 원칙에 반하며, 산림자원의 낭비이다. 특히, 미이용 산림바이오매스로의 원목 유입은 공격적인 확대 일변의 정책을 보완하지 못하는 모호한 기준과 미흡한 집행력이 만들어 낸 불법적 관행으로 해석된다. 그러나 주무부처인 산림청과 산업통상자원부도 원목 바이오매스의 정확한 실태를 파악하지 못하는 것으로 보인다. 수집·제조·유통 단계에서 발생하는 위법 행위는 결국 이러한 원료를 투입하여 발급되는 발전사의 REC 가중치까지 부정할 수 있다는 우려를 낳는다.

- 미이용 산림바이오매스의 원목 혼입

산림청의 목재수급실적에 따르면, 2022년 국내산 바이오매스용 목재이용량 105만 m³ 중 46%인 49만 m³가 원목이었다[그림 21]. 『2021년 기준 목재이용실태조사』도 목재펠릿 원료 투입량 87만 m³ 중 37%인 33만 m³을 원목으로 명시하고 있다. 이는 5년 전보다 5배 이상 증가한 양이다.⁵⁶

[그림 21] 바이오매스용 목재수급실적⁵⁷



⁵⁶ 산림청. 2022. 2021년 기준 목재이용실태조사.

⁵⁷ 산림청. 2013-2023. 목재수급실적을 바탕으로 저자 작성.

https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_04_03_02&cmsId=FC_003649

그러나 실제로 연료용으로 투입되는 원목은 산림청 통계보다 많은 것으로 보인다. [그림 21]로 알 수 있듯, 2019년 미이용 산림바이오매스 제도가 시행된 후, 그동안 원목으로 분류되던 물량의 대부분이 미이용 산림바이오매스로 분류되기 시작했으며, 총 바이오매스 공급량도 지속해서 증가했다. 동 시기에 원목 사용을 줄이기 위한 어떠한 조치도 시행된 적이 없다는 것을 고려할 때, 이는 상당량의 원목이 그대로 미이용 산림바이오매스로 둔갑한 것으로 추론할 수 있다.

국립산림과학원이 수행한 2022년 연구도 수확벌채로 생산된 양에 한해 2019~2021년 연간 35만 m³의 원목이 미이용 산림바이오매스로 혼입되고 있는 것으로 추정했다.⁵⁸ 수확벌채가 해당 연도 전체 미이용 산림바이오매스 증명량의 31~46%만을 차지하고[그림 17], 절대다량의 미이용 산림바이오매스가 모두베기를 통해 생산되는 것을 고려할 때[그림 22], 총 원목 혼입량은 35만 m³를 훌쩍 넘을 것으로 보인다.

더불어, 산업통상자원부의 연간 바이오매스 발전소 원료 투입량은 원목 목재펠릿에 미이용 REC가 발급되는 불법적 정황을 의심하게 한다. 산림청의 『2021년 기준 목재이용실태조사』에 따르면, 원목 투입율이 37%인 해당연도 목재펠릿의 94%인 66만톤이 발전용으로 판매되었다.⁵⁹ 그러나, 산업통상자원부의 자료에는 미이용 목재펠릿을 투입하기 시작한 2019년부터 2021년까지 전국 바이오매스 발전소에 투입된 일반 목재펠릿은 없는 것으로 나온다[표 4]. 부처가 달라 통계상 차이가 있다고 하더라도, 국내산 목재펠릿 전량을 미이용 산림바이오매스로 보고 받는 산업통상자원부와 원목 사용을 시인하는 산림청의 목재이용실태의 괴리는 너무나 크다. 원목을 이용해 만든 펠릿이 미이용으로 둔갑하여 높은 REC 가중치를 발급받고 있다고 사료할 수밖에 없다.

- 바이오매스 생산이 주목적인 벌목

이러한 원목 바이오매스는 물론, 잔가지 등을 활용한 부산물 바이오매스도 결국 모두베기로 생산되면 생태적 피해가 막대해 지속가능하다고 할 수 없다[그림 20]. 또한, 벌채 활동 중에 발생하는 부산물을 활용한다는 통념과 달리, 해당 지역 벌채의 목적이 사실 바이오매스라는 추론이 가능해진다. 실제로 2019~2022년 증명된 미이용 산림바이오매스의 경우, 모두베기로 벌목된 경우는 평균 87%에 달했다[그림 22].

벌채허가 대비 미이용 산림바이오매스 수집 비율이 절반을 넘어서는 경우는 평균 62%였는

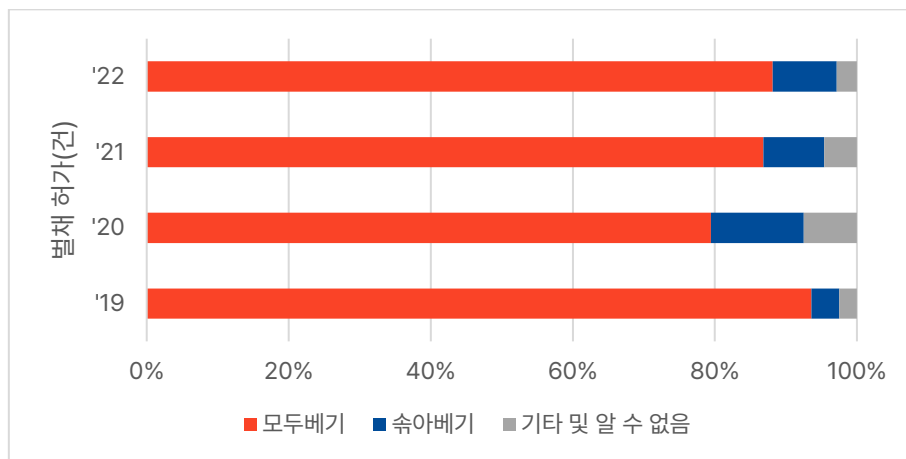
⁵⁸ 양지윤 외. 2022. 미이용 산림바이오매스 공급에 있어 수확벌채의 원목 혼입량 추정. 신재생에너지, 18(4).

DOI: 10.7849/ksnre.2022.0038

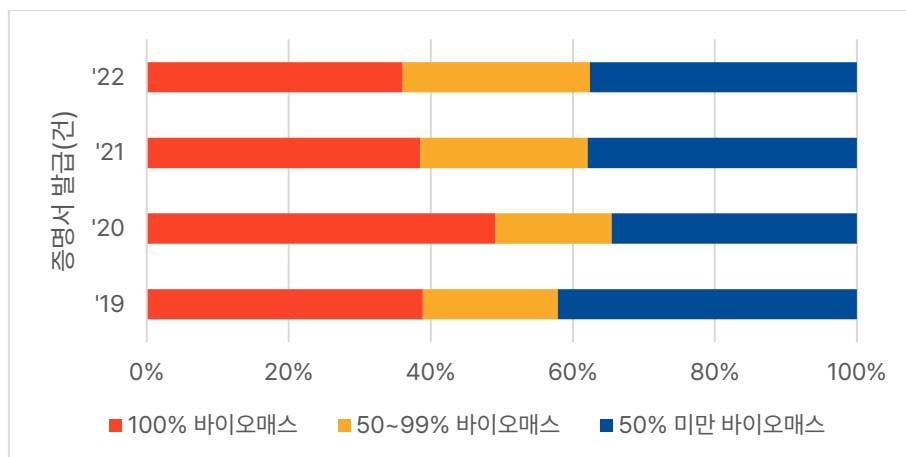
⁵⁹ 산림청. 2022. 2021년 기준 목재이용실태조사.

데, 이 중 3분의 2는 바이오매스 비율이 100%에 달했다[그림 23]. 즉, 전체 미이용 산림바이오매스 중 바이오매스 생산이 별채의 주목적인 경우가 절반이 넘으며, 40%는 오로지 바이오매스 생산만을 위한 별채이었다고 볼 수 있다. 같은 기간 당초 신청량을 초과하여 수집한 경우는 평균 28%에 달했으며, 초과량이 예정량의 30%를 넘어 수집 변경 신청서 대상이 된 경우는 12%였다[그림 24].

[그림 22] 작업종류별 미이용 산림바이오매스 증명량⁶⁰



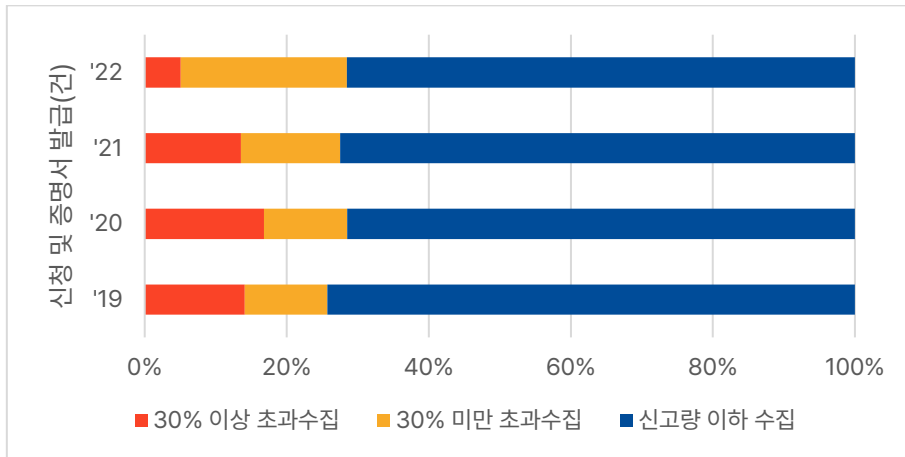
[그림 23] 별채허가량 대비 미이용 산림바이오매스 수집 비율⁶¹



⁶⁰ 산림청. 2023. 미이용 산림바이오매스 증명서 신청 및 발급 내역. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

⁶¹ 산림청. 2023. 미이용 산림바이오매스 증명서 신청 및 발급 내역. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

[그림 24] 미이용 산림바이오매스 신청량 대비 수집량⁶²



국립산림과학원 연구진의 논문도 수확, 피해목, 산지개발의 경우, 미이용 산림바이오매스 수집량의 합이 원목 생산량보다 많은 경우가 잦다고 밝혔다[표 9]. 연구진은 “벌채 후 생산된 목재는 2017년을 정점으로 점차 감소하고 있는 것으로 분석된다”며 “미이용 산림바이오매스 제도가 시작된 2018년과 미이용 목재펠릿이 발전사에 공급되기 시작한 시점이 2019년임을 고려하면 영향이 있을 수 있음을 추정할 수 있다”고 정리했다.

[표 9] 미이용 산림바이오매스 수집량이 벌채량보다 많은 경우⁶³

연도	지역	벌채목적	미이용 산림바이오매스 수집량 (톤)	벌채량 (톤)	초과량 (톤)
'19	대구	산지개발	14,712	957	13,755(15.4배)
'20	부산	산지개발	11,523	3,500	8,023(3.3배)
	광주	수확	395	-	395(전량)
'21	인천	산지개발	1,147	356	791(3.2배)
	대구	피해목	3,567	1,348	2,219(2.6배)

⁶² 산림청. 2023. 미이용 산림바이오매스 증명서 신청 및 발급 내역. 국회 제출 자료 활용 자체 계산.

⁶³ 양지윤 외. 2022. 미이용 산림바이오매스 공급에 있어 수확벌채의 원목 혼입량 추정. 신재생에너지, 18(4)를 바탕으로 저자 작성. DOI: 10.7849/ksnre.2022.0038

이러한 실태를 종합해 보면, 국내산 일반 산림바이오매스뿐만 아니라, 미이용 산림바이오매스에도 무시할 수 없는 양의 원목이 사용되는 것을 알 수 있다. 또한, 횡행한 모두베기, 벌채허가 대비 과도한 바이오매스 수집량, 예정을 넘어서는 실제 수집량에 비추어 보아 미이용 산림바이오매스가 국내 산림파괴의 동인으로 봄에 무리 없다. 이렇게 파괴적인 벌목으로 만들어진 목재펠릿·칩이 대부분 최고 수준의 미이용 REC 가중치를 받는 것으로 보이는 만큼, 이 과정에서의 불법·부정 발급의 여부를 면밀히 살펴볼 필요가 있다.

■ 지속가능성을 보장할 수 없는 수입산 바이오매스

국내 목재펠릿 이용량의 84%에 달하는 수입산 펠릿의 생산은 대한민국의 법망 밖에서 이루어진다. 대부분 신흥경제국에서의 불투명한 공급망을 통해 유통되기에 수입산 펠릿의 기후적·환경적 지속가능성 보장은 매우 어렵다. 2022년 기준 392만 톤의 목재펠릿이 수입되었는데, 이 중 56%가 베트남, 12%가 러시아, 11%가 인도네시아, 10%가 말레이시아, 9%가 캐나다산이었다. 최근 수입 동향은 예전부터 계속된 베트남에 과도한 의존과, 2021년 우크라이나 전쟁 이후로 급증한 러시아산, 2016년 이래 꾸준히 증가해 말레이시아산을 추월한 인도네시아산, 2021년 대비 약 6배 증가한 캐나다산으로 요약할 수 있다[표 10]. 이렇게 급증한 수입산 목재펠릿은 지속가능성을 판단할 수 없는 『합법목재 교역촉진제도』의 한계와 더불어, 각 생산국에 내재한 환경문제로 인해 산림파괴를 수입하고 있다는 비판을 받는다.

[표 10] 국가별 목재펠릿 수입량⁶⁴

천 톤

	베트남	러시아	인도네시아	말레이시아	캐나다	기타	합계
'12	30	42	90	31	3	8	122
'13	157	77	34	78	80	59	485
'14	743	35	63	168	344	497	1,850
'15	1,023	84	60	154	88	62	1,471
'16	1,255	126	76	199	35	25	1,717
'17	1,516	128	120	405	152	111	2,431
'18	2,187	70	222	586	41	340	3,445
'19	1,941	99	239	520	11	191	3,002
'20	1,912	165	303	508	52	64	3,004
'21	2,102	167	315	406	329	39	3,357
'22	2,201	453	416	400	346	102	3,917

⁶⁴ 관세청. 수출입무역통계. <https://unipass.customs.go.kr/ets/> (2023.08.24 확인)

- 합법목재 교역촉진제도의 한계

목재펠릿을 포함한 7종(2023년부터 12종)의 목재 상품은 2018년 10월 시범운영, 2019년 10월부터 본격 시행한 『합법목재 교역촉진제도』에 따라 합법성이 증명되어야 수입이 가능하다. 목재펠릿이 생산국의 법률에 따라 합법적으로 생산되었음을 입증하는 문서나 FSC, PEFC 등 자발적 인증 서류를 제출해 검증받아야 한다. 이러한 합법목재 무역 제도 도입은 미국(2008년), 호주(2012년), EU(2013년), 일본(2017년) 등 선진국은 물론, 인도네시아(2016년), 말레이시아(2017년)보다도 늦은 편이다.⁶⁵ 즉, 바이오매스 발전이 본격적으로 시작된 2012년부터 7년간 수입된 1,152만 톤의 목재펠릿은 불법벌채 상품이라도 확인할 수단조차 마땅치 않았던 상황이었다.

이런 맥락에서 한국의 『합법목재 교역촉진제도』 시행은 늦지만 긍정적이다. 그러나, 합법성을 조건으로 하는 현 제도는 합법 여부를 원산국의 판단에 전적으로 의존한다. 현지법의 불법벌채 정의와 규제 의지 및 집행력에 따라 심각한 문제를 일으키는 사업도 제재받지 않을 가능성이 농후하다. 사회 투명성이 낮은 신흥경제국이 대부분인 주요 목재 생산국에서는 서류 조작, 뇌물수수 등 적법하지 않게 인증 문서가 발급되는 경우도 빈번한 것으로 알려져 있다.⁶⁶

국내 통관도 수입업자의 공급망 실사가 아닌 단순 서류 심사로, 환경파괴나 인권침해를 유발한 제품이 수입된다고 해도 당국에서 확인할 방법이 없다. 나아가, 목재 합법성은 온실가스 배출, 산림벌채, 생물다양성 영향, 인권침해 여부 등 기후적·환경적·인권적 지속가능성을 두루 고려하는 것이 아닌, 단순히 불법 여부를 가리는 데 목적이 있어 그 자체로 친환경적이라고 할 수 없다. 이러한 『합법목재 교역촉진제도』의 한계는 베트남, 러시아, 인도네시아, 캐나다에서 알려진 여러 인증서 조작 및 산림파괴 문제에 전혀 대응하지 못하고 있다.

- 베트남산 목재펠릿

대한민국의 목재펠릿 최대 거래국이자 세계 2위 수출국인 베트남은 예전부터 불법목재 문제가 심각해 고위험 국가로 분류되어 왔다. 산주 및 토지이용권 소유주의 합법벌채 요구 서류에 대한 인지도가 매우 낮기 때문이다. 대부분의 경우 산주가 벌채에 직접 관여하지 않고 중간 목재상에게 작업을 의뢰하기에 벌채량의 부정확성과 정보의 불투명성이 고질적인 문제로 지적된다.

또한, 위험성이 더욱 높은 카메룬, 파푸아뉴기니, 수리남, 나이지리아, 콩고민주공화국 등

⁶⁵ 안현진. 2021. 국가별 목재합법성 위험 평가. 세계농업, 240.

<https://repository.krei.re.kr/bitstream/2018.oak/26186/1/E03-2021-03-03.pdf>

⁶⁶ 김수진 외. 2022. 대한민국, 산림파괴를 수입하다: 산림벌채 고위험 상품 공급망 리스크 분석과 공급망 실사의 필요성. 공익법센터 어필, 기후솔루션, 환경운동연합. <https://forourclimate.org/sub/data/view.htmlidx74>

20여 개 국가에서 매년 수입되는 약 200만 톤의 목재도 문제가 되고 있다. 2020년 기준 베트남 목재 총수입량 중 고위험 목재가 34%에 달하는 만큼,⁶⁷ 이런 목재를 사용하는 가구 산업 등에서 나온 제재부산물을 활용한 목재펠릿도 취약한 목재합법성을 지닌다고 유추할 수 있다.

지속가능성 측면에서도 베트남산 목재펠릿은 여러 스캔들에 휩싸인 바 있는데, 최대 목재펠릿 제조 기업 중 하나인 안비엣팻(An Viet Phat, AVP)의 FSC 인증 박탈이 대표적이다. 동사는 베트남 전역에서 목재펠릿 공장을 운영하며 SGC에너지, 현대리바트, OCI, GS글로벌, 삼성물산 등 국내 우수 발전 및 물류기업에 매년 수십만 톤을 납품해 왔다[표 11]. 그러나 2021년 FSC의 회계 감사 결과, 실제 인증 받은 물량보다 훨씬 많은 양에 대해 거짓으로 인증을 신고한 사실이 발각되었다. FSC는 2023년 1월 AVP에 대한 인증을 최종적으로 박탈했으며,⁶⁸ 동년 5월에는 베트남산 목재펠릿에 대한 추가 감사를 시작했다.⁶⁹ 산림벌채를 방치하고, 효과적이지 못한 인증과 검증으로 이미 그린워싱 비판을 받는 FSC의 연속적인 감사는 베트남산 목재펠릿 공급망의 지속가능성에 대한 심각한 불안과 투명성 문제를 반증한다.

[표 11] 2020~2021년 AVP 국내 거래처⁷⁰

분류	기업명	수입량 (천 톤)
발전	SGC 에너지	111
물류	현대리바트	103
물류	삼성물산	92
물류	지바이오텍	64
물류	현대리바트	62
발전	OCI	55
물류	GS 글로벌	55
	기타	63
	합계	605

⁶⁷ Phuc, T X, Cam, C T & Huy T L. 2021. Vietnamese Imports of High-risk Timber: Current Status and Control Mechanisms. Forest Policy Trade and Finance Initiative.

<https://www.forest-trends.org/publications/vietnamese-imports-of-high-risk-timber/>

⁶⁸ FSC. 2023.01.13. Integrity of Wood Pellets Supply Chains at Risk.

<https://fsc.org/en/newscentre/integrity-and-disputes/integrity-of-wood-pellets-supply-chains-at-risk>

⁶⁹ FSC. 2023.05.15. Launch of Transaction Verification Loop in Vietnam.

<https://fsc.org/en/newscentre/integrity-and-disputes/launch-of-transaction-verification-loop-in-vietnam>

⁷⁰ 김수진 외. 2022. 대한민국, 산림파괴를 수입하다: 산림벌채 고위험 상품 공급망 리스크 분석과 공급망 실사의 필요성. 공익법센터 어필, 기후솔루션, 환경운동연합. <https://forourclimate.org/sub/data/view.htmlidx74>

그러나 FSC 조사가 한창 진행 중이었던 2021년에도 AVP 제품이 꾸준히 수입됨에 따라, 국내 거래처는 물론, 주무부처인 산림청과 관세청도 이에 대해 어떠한 조치도 취하지 않은 것으로 보인다. 이는 『합법목재 교역촉진제도』 상 FSC 인증을 박탈당해도 PEFC 등 타 자발적 인증제나 국가 목재합법성 서류로 대체 증명이 가능하기 때문이다. 해당 기간 AVP 목재펠릿은 한전 발전공기업 5사를 비롯한 국내 바이오매스 발전소에 계속 투입된 것으로 확인되었다.⁷¹

- 러시아산 목재펠릿

2022년 수입 목재펠릿 중 러시아산 펠릿의 비중이 급격하게 증가했다. 이는 국제적으로 외면받는 목재 수입을 막을 수 없는 현 제도의 한계에 기인한다. 본래 러시아는 펠릿을 주로 유럽에 수출해 왔다. 하지만 2022년 2월 우크라이나 전쟁 발발을 계기로 FSC와 PEFC가 러시아산 목재를 '분쟁목재'로 지정해 인증을 박탈했고, 동년 5월 EU도 대러시아 제재의 하나로 모든 목재 수입을 금지했다. 이런 상황에서 러시아의 목재 올리가르히(oligarch)가 불법벌채와 산림파괴를 일삼을 뿐 아니라, 블라디미르 푸틴 대통령과 연결되어 있다는 조사도 발표되었다.⁷² 합법적으로 러시아산 목재펠릿을 수입하는 나라는 더욱 줄어들었다.

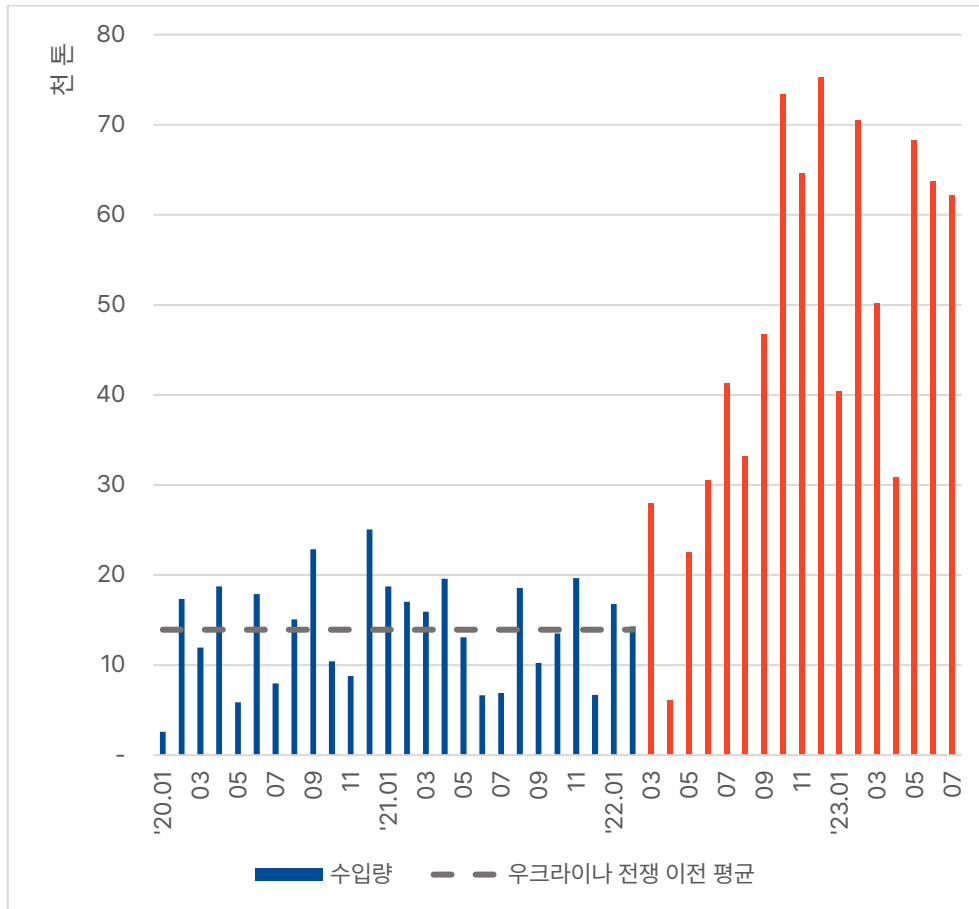
그러나, AVP 건과 마찬가지로 문제가 있는 펠릿을 제재할 방법이 없는 대한민국은 유럽에 팔지 못하는 물량을 받아내기 시작했다. 우크라이나 전쟁 발발 전 월평균 1만 4천 톤이었던 수입량은 2022년 2월 이후 5배 이상 늘어 동년 12월에는 역대 최고인 7만 5천 톤을 기록했다[그림 25]. 유럽의 러시아산 목재 금수 조치 이후 목재펠릿 수입이 증가한 나라는 인접국인 터키, 카자흐스탄, 키르기스스탄으로 알려져 있는데, 이들 국가 모두 러시아산 펠릿의 원산지를 세탁하여 EU에 팔고 있다는 의심을 받는다.⁷³ 이런 불법적인 무역을 제외하고 버젓이 러시아산 분쟁목재를 대량 수입하는 나라는 대한민국이 유일한 것으로 알려져 있다.

⁷¹ 김지윤, 강혜인, 이명주. 2023.03.02. [삼림파괴 주식회사@]친환경 연료 만든다며 동남아 환경 파괴..공급망 추적. 뉴스타파. <https://newstapa.org/article/kWTke>

⁷² Earthsight. 2022.11.03. Russia's timber oligarchs. <https://www.earthsight.org.uk/news/analysis/russias-timber-oligarchs>

⁷³ Catanoso, J. 2023.01.23. The EU banned Russian wood pellet imports; South Korea took them all. Mongabay. <https://news.mongabay.com/2023/01/the-eu-banned-russian-wood-pellet-imports-south-korea-took-them-all/>

[그림 25] 러시아산 목재펠릿 수입량⁷⁴



- 인도네시아산 목재펠릿

인도네시아도 베트남과 마찬가지로 현지에서의 불법벌채 및 거래로 합법성을 보장할 수 없는 경우가 많다. 벌채업자가 지역주민에게 금전을 제공하며 불법벌채를 조장하고, 합법적으로 허가 받은 지역 밖에서 벌채된 목재에 합법 인증서를 부착하거나, 원산지를 속이고 인증서를 조작해 재판매하는 일이 벌어진다.⁷⁵

향후 모든 석탄발전소의 바이오매스 혼소를 의무화하는 인도네시아 정부와 국영전력회사 (Perusahaan Listrik Negara, PLN)의 계획에 따라 인도네시아의 바이오매스 생산량은 더욱 늘어날 전망이다. 더불어, 정부는 기존 플랜테이션 사업자가 추가적인 허가 없이 사업계획서 변

⁷⁴ 관세청. 수출입무역통계. <https://unipass.customs.go.kr/ets/> (2023.08.24 확인)

⁷⁵ Nicholas, H N. 2021.09.29. Monitoring reveals Indonesia's 'legal timber' scheme riddled with violations. Mongabay. <https://news.mongabay.com/2021/09/monitoring-reveals-indonesias-legal-timber-scheme-riddled-with-violations/>

경만으로 바이오매스 생산을 가능하게 해주었다. 혼소 발전 확대에 필요한 바이오매스 900만 톤을 조달하기 위해서는 이러한 에너지산림플랜테이션(hutan tanaman energi, HTE)이 최소 서울시의 38배인 233만 ha 필요할 것으로 예측된다. 기존의 산업목재플랜테이션(Hutan Tanaman Industri, HTI)의 38%가 자연림 파괴로 조성된 것을 보면, 이러한 인도네시아 국내 바이오매스 수요만으로도 막대한 면적의 열대림이 파괴될 가능성이 높다.⁷⁶

이미 연간 40만 톤 이상을 수입해 인도네시아 목재펠릿 수출량의 90%를 차지하는 대한민국⁷⁷은 지금도 인도네시아 산림파괴의 주요한 요인이다. 설령 한국으로 수출되는 물량이 산림 벌채와 직접적인 연관이 없더라도 산림파괴의 책임을 피해 갈 수 없는 이유가 여기에 있다. 지속가능성과 별개로, 해외 수요 압력은 이미 인도네시아 국내에 높은 수준으로 존재하는 목재 수요를 더욱 취약할 수 있는 또 다른 산림으로 전위(轉位)해 '간접적 산림벌채'를 초래할 수 있다.

- 캐나다산 목재펠릿

캐나다에서도 목재펠릿 생산을 위한 산림파괴 논란이 몇 년째 진행 중이다. 특히, BC주의 울창한 온대림을 벌목해 펠릿을 만드는 트랙스의 파괴적인 모두베기가 세계적인 주목을 받은 바 있다. 대한민국의 경우, 캐나다산 목재펠릿 수입은 2020년까지 비교적 미미했으나, 이듬해 6배 이상 크게 증가해 이제는 연간 30만 톤 이상을 유지하고 있다[표 10]. 이는 2021년부터 충청남도 서산에 위치한 CGN대산 바이오매스 발전소에 연간 32만 톤,⁷⁸ 2022년부터 당진의 GS EPS 바이오매스 발전소와 모기업을 공유하는 GS글로벌에 10만 톤을 공급하기로 한 트랙스(당시 피나클재생에너지)와의 계약⁷⁹으로부터 비롯된 것으로 추정된다.

당초 트랙스는 자사의 목재펠릿에 통나무 등 원목이 사용된다는 사실을 부인했었다. 그러나, BBC의 탐사보도와 환경단체의 추적 끝에 BC주의 깊은 천연림을 모두베기해 펠릿 공장에 투입한다는 사실이 연속적으로 드러났다.⁸⁰ 이 지역은 캐나다 정부에 의해 멸종위협종으로 지정

⁷⁶ **Trend Asia.** 2022. Battle on Emission Reduction Claims.

<https://trendasia.org/wp-content/uploads/2022/11/Battle-on-Emission-Reduction-Claims.pdf>

⁷⁷ **UN.** UN Comtrade Database. <https://comtradeplus.un.org/> (2023.08.24 확인)

⁷⁸ **Pinnacle Renewable Holdings Inc.** 2018.06.27. Pinnacle Renewable Holdings announces new off-take contracts in South Korea and Japan. Cision.

<https://www.newswire.ca/news-releases/pinnacle-renewable-holdings-announces-new-off-take-contracts-in-south-korea-and-japan-686668701.html>

⁷⁹ **강한들.** 2022.08.01. 영국의 세계 최대 바이오매스 발전소가 그린워싱 논란? 경향신문.

<https://www.khan.co.kr/environment/environment-general/article/202208011606001>

⁸⁰ **Crowley, J & Robinson, T.** 2022.10.03. Drax: UK power station owner cuts down primary forests in Canada. BBC. <https://www.bbc.com/news/science-environment-63089348>

된 우드랜드카리부의 서식지이자, 2014년 캐나다 대법원의 판결에 따라 칠코틴(Tsilhqot'in) 원주민이 토지권을 행사하는 곳이다.⁸¹ 드렉스 사업 활동의 영향권에 놓인 비보호 천연림과 카리부 서식지는 서울시 면적의 14배인 84만 ha를 넘는다.⁸² 타 국가에서 수입되는 목재펠릿과 마찬가지로, 이러한 캐나다산 펠릿도 한국 실정법상 어떠한 제약도 받지 않고 있다.

⁸¹ **Stand.earth.** 2020. Canada's Growing Wood Pellet Export Industry Threatens Forests, Wildlife and Our Climate. <https://stand.earth/wp-content/uploads/2022/10/report-canada-wood-pellet-industry.pdf>

⁸² **Stand.earth.** 2021. Risk Map: Pellet Facility Threatens Primary Forest and Caribou Habitat. <https://stand.earth/resources/risk-map-pellet-facility-threatens-primary-forest-and-caribou-habitat/>

IV. 산림바이오매스 지원 제도와 문제점

1. 산림파괴를 조장하는 산림 정책과 목표

국내 산림바이오매스 정책의 근본적인 문제는 본 보고서가 다룬 바이오매스의 수많은 기후적·환경적 악영향을 전혀 고려하지 않는다는 데에 있다. 오히려, 현행 산림바이오매스 중 극히 일부에 불과하고, 시범 사업 단계에 불과한 소규모 분산형 바이오매스의 선기능을 마치 모든 산림바이오매스의 특징인 것처럼 과장하고 있다. 산림청이 주장하는 바와 다르게, 산림바이오매스의 지속가능성을 보장할 수 있는 장치는 국내에 전무하다. 이렇게 부실한 제도는 법률 단위부터 주요 정책에 걸쳐 확인할 수 있다.

우선, 산림청 소관의 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』(탄소흡수원법), 산림자원법, 목재이용법 및 하위법령과 산업통상자원부 소관의 신재생에너지법 및 하위법령에서 바이오매스의 지속가능성을 정의하거나 요구하는 조항이 없다. 법령이 열거하는 내용은 산림바이오매스의 사전적 정의에 불과하며, 산림바이오매스규정의 미이용 산림바이오매스도 해당 정의 및 범위를 충족하는 사전적 조건을 제시할 뿐이다[표 12]. 게다가 산림바이오매스규정의 미이용 산림바이오매스는 목재이용법 등 법률에 근거하지 않은 채 산림청의 규정만으로 운영 중이다. 미이용 산림바이오매스의 법적 근거를 만들고자 현재 목재이용법 개정안이 국회에 계류 중이나, 이마저도 제도 운영의 체계성과 투명성 강화에 그친다. 바이오매스의 기후적·환경적 영향을 원점에서 재고하고자 하는 노력은 없다.

[표 12] 산림바이오매스 관련 법령

소관부처	법령	내용
	『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』 탄소흡수원법	<p>제2조(정의)</p> <p>7. "산림바이오매스 에너지"란 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제2조제7호에 따른 임산물(林産物)과 임산물이 혼합된 원료(폐목재를 포함한다)를 사용하여 생산된 에너지를 말한다.</p> <p>제15조(산림바이오매스 에너지 활용 촉진)</p> <p>① 산림청장과 지방자치단체의 장은 산림바이오매스 에너지 원료의 안정적인 공급을 위하여 산림바이오매스를 공급하는 산림을 지속적으로 조성하여야 한다.</p> <p>② 산림청장과 지방자치단체의 장은 산림바이오매스 에너지 활용 촉진을 위한 시책을 수립하여 추진하여야 한다.</p> <p>③ 산림청장과 지방자치단체의 장은 산림바이오매스 에너지 시장의 안정화를 위하여 산림바이오매스 에너지 및 이용시설의 종합 모니터링 및 품질관리를 대통령령으로 정하는 바에 따라 직접 또는 위탁하여 실시할 수 있다.</p> <p>④ 제2항에 따라 산림바이오매스 에너지 활용을 통하여 줄어든 온실가스 배출량은 상쇄실적으로 사용할 수 있다.</p> <p>⑤ 산림탄소상쇄를 목적으로 하는 산림바이오매스 에너지 활용 촉진 활동은 운영표준을 적용한다.</p>
	산림청	『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』 산림자원법
	『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』 목재이용법	<p>제28조(목재의 지속가능한 이용의 활성화)</p> <p>① 산림청장은 기후변화에 대응하여 국가·지방자치단체 또는 공공기관이 청정한 산림바이오매스 에너지(「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」 제2조제7호에 따른 산림바이오매스 에너지를 말한다) 사용을 확대하도록 권장할 수 있다.</p>
	『산림바이오매스 에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정』 산림바이오매스규정	<p>제2조(정의 및 범위)</p> <p>"미이용 산림바이오매스"란 국내 산림경영활동 등으로 발생한 산물 중 원목 규격에 못 미치거나 수집이 어려워 이용이 원활하지 않은 산물로서 다음 각 호의 어느 하나와 같다.</p> <p>1. 수확, 수종갱신 및 산지개발을 위한 벌채를 통해 나온 원목생산에 이용되지 않는 부산물</p>

		2. 숲가꾸기를 위한 벌채를 통해 나온 산물 3. 산림병해충 피해목 제거 등 방제 과정에서 나온 벌채 산물 4. 가로수의 조성·관리를 위한 벌채 및 가지치기 과정에서 나온 산물 5. 산불 피해목으로 원목생산에 이용되지 않는 산물 6. 풍해·수해·설해 등으로 발생하여 원목으로 사용되지 않는 산물			
산업통상 자원부	『신에너지 및 재생에너지 개발· 이용·보급 촉진법』 신재생에너지법	제2조(정의) 2. “재생에너지”란 햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. 바. 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지			
		시행령 [별표 1] 바이오에너지 등의 기준 및 범위(제2조 관련)			
		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">3. 바이오에 너지</td> <td>가. 기준</td> <td> 1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다. </td> </tr> <tr> <td>나. 범위</td> <td> 1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스 2) 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3) 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 및 바이오중유 4) 생물유기체를 변환시킨 톱감, 목재칩, 펠릿 및 숯 등의 고체연료 </td> </tr> </table>	3. 바이오에 너지	가. 기준	1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.
3. 바이오에 너지	가. 기준	1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.			
	나. 범위	1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스 2) 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3) 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 및 바이오중유 4) 생물유기체를 변환시킨 톱감, 목재칩, 펠릿 및 숯 등의 고체연료			

■ 탄소중립 산림부문 추진전략의 문제

지속가능성에 대한 고민이 결여된 상황에서 산림청은 그간 산림바이오매스 산업 육성과 생산량 확대만을 위한 정책을 추진해 왔다. 2018년 발표된 『제6차 산림기본계획』은 2030년 목재펠릿 생산량을 20만 톤으로 목표했으나, 2021년 1월 발표된 탄소중립 산림부문 추진전략(안)은 미이용 산림바이오매스 목표 생산량을 2030년 300만 톤, 2050년 500만 톤으로 대폭 상향했다. 나아가, 산림바이오매스를 탄소중립 에너지원으로 서술하는 데에 그치지 않고, 바이오매스의 탄소배출을 IPCC 가이드라인에 따른 총량 무배출도 아닌, 아닌 산림부문 감축량으로 이중계산하는 무리한 시도도 보였다. 학계, 시민사회 등 전국민적 논란을 불러일으킨

전략(안)은 동년 7월에 발족한 민관협의회 논의를 거쳐 결국 12월 수정되었다.⁸³

최종 확정된 탄소중립 산림부문 추진전략은 산림바이오매스가 탄소중립이라는 주장을 삭제했다. 2050년 미이용 산림바이오매스 생산량을 300만 톤으로 하향 조정하고, 장수명 목재사용 원칙 수립과 지역분산형 산림바이오매스로의 전환을 노력한다는 문구를 담았다. 생산부터 소비 단계까지 지속가능성 인정을 위한 표준과 온실가스 전 과정 평가(life cycle analysis, LCA)를 시행하겠다는 내용도 포함되었다. 대규모 벌목을 '30억그루 나무심기'로 포장했던 벌기령 완화와 탄소순환림 조성은 생태계 건강성을 고려한 산림순환경영으로 변경했고, 바이오매스 배출량의 허위 계산 등을 바로잡아 2050년 3,400만 톤이었던 산림부문 감축량도 2,360만 톤으로 조정되었다[그림 26].

[그림 26] 탄소중립 산림부문 추진전략 최초안과 수정안 비교⁸⁴

최초안('21.01)	
2	산림바이오매스 산업 육성
◇ (필요성)	<p>별채 후 이용되지 않고 산림에 버려지던 산물 등을 수집하여 화석연료를 대체하는 신재생에너지로 활용할 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 미이용 산림바이오매스는 국제기구(IPCC)에서 인정한 탄소중립연료로서, 세계적으로 사용량이 증가하는 추세 <ul style="list-style-type: none"> * 세계 목재펠릿 생산량(백만톤) : ('14) 30 → ('16) 41 → ('18) 56 ** 미국은 전체 전력생산량 중 약 1.4%를 산림바이오매스를 통해 생산 ○ 다만, 현재 운반 과정에서 다량의 온실가스를 배출하는 수입산 목재펠릿 사용비중이 높아 국산 목재펠릿 공급을 확대할 필요 <p>☞ (추진방향) 화석연료를 대체하는 재생에너지로서의 활용을 촉진하고, 지속가능한 산림바이오매스의 생산·공급 체계를 구축</p>
(뒷장 계속)	

⁸³ 산림청. 2022.01.10. 탄소중립 실현을 위한 산림정책 본격 추진.

<https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156490876>

⁸⁴ 산림청. 2021. 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략(案) 및 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략.

구분	2050 전망 (As-Is)	2050 변화 (To-Be)																														
총괄	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">총 기여량</td> <td>1,560만톤</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">LULUCF</td> <td>흡수량</td> <td>1,400만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수</td> <td>1,530만톤</td> </tr> <tr> <td>재해 배출</td> <td>130만톤</td> </tr> <tr> <td>저장량</td> <td>120만톤</td> </tr> <tr> <td>에너지</td> <td>감축량</td> <td>40만톤</td> </tr> </table>	총 기여량		1,560만톤	LULUCF	흡수량	1,400만톤	흡수	1,530만톤	재해 배출	130만톤	저장량	120만톤	에너지	감축량	40만톤	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">총 기여량</td> <td>3,400만톤</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">LULUCF</td> <td>흡수량</td> <td>2,680만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수</td> <td>2,710만톤</td> </tr> <tr> <td>재해 배출</td> <td>30만톤</td> </tr> <tr> <td>저장량</td> <td>200만톤</td> </tr> <tr> <td>에너지</td> <td>감축량</td> <td>520만톤</td> </tr> </table>	총 기여량		3,400만톤	LULUCF	흡수량	2,680만톤	흡수	2,710만톤	재해 배출	30만톤	저장량	200만톤	에너지	감축량	520만톤
총 기여량		1,560만톤																														
LULUCF	흡수량	1,400만톤																														
	흡수	1,530만톤																														
	재해 배출	130만톤																														
	저장량	120만톤																														
에너지	감축량	40만톤																														
총 기여량		3,400만톤																														
LULUCF	흡수량	2,680만톤																														
	흡수	2,710만톤																														
	재해 배출	30만톤																														
	저장량	200만톤																														
에너지	감축량	520만톤																														
흡수능력 강화	<p>▶ 영급구조 변화 無 (목재생산량 490만m³), 채종원산 묘목 조림 7천ha 숲가꾸기 22만ha ⇒ 흡수량 : 1,510만톤</p>	<p>▶ 영급구조 개선 (목재생산 800만m³), 채종원산 묘목 조림 1만ha 숲가꾸기 48만ha ⇒ 흡수량 : 2,060만톤</p>																														
신규 흡수원 확충	<p>▶ 유휴토지 조림, 도시숲 500ha ⇒ 흡수량 : 20만톤</p> <p>▶ 북한 산림복구 無 ⇒ 흡수량 : -</p> <p>▶ REDD+ 25만ha(실적 불인정) ⇒ 흡수량 : -</p>	<p>▶ 유휴토지 조림, 도시숲 1,050ha ⇒ 흡수량 : 30만톤</p> <p>▶ 북한 산림복구 (30년간) 조림 5만ha, 복원 6만ha ⇒ 흡수량 : 110만톤</p> <p>▶ REDD+ 250만ha(실적 인정) ⇒ 흡수량 : 500만톤</p>																														
목재 바이오매스 이용	<p>▶ 고부가가치 국산목재 이용 290만m³ ⇒ 저장량 : 120만톤</p> <p>▶ 산림바이오매스 에너지 활용 40만톤 ⇒ 감축량 : 40만톤</p>	<p>▶ 고부가가치 국산목재 이용 500만m³ ⇒ 저장량 : 200만톤</p> <p>▶ 산림바이오매스 에너지 활용 500만톤 ⇒ 감축량 : 520만톤</p>																														
흡수원 보전·복원	<p>▶ 생태복원 96ha ⇒ 흡수량 : 3만톤(총괄 미반영)</p> <p>▶ 재해피해 면적 2,339ha ⇒ 배출량 : 130만톤</p>	<p>▶ 생태복원 405ha ⇒ 흡수량 : 10만톤</p> <p>▶ 재해피해 면적 636ha ⇒ 배출량 : 30만톤</p>																														

2 산림바이오매스의 지속가능한 이용과 관련 산업 육성

◇ (필요성) 수확 후 이용되지 않고 산림에 방치되던 산물 등을 수집하여 지속가능한 산림 소재 및 에너지원으로 활용할 필요

○ 산림바이오매스는 국제적으로 인정받은 재생에너지 연료로서, EU 등에서는 바이오에너지 원료로의 이용이 증가하는 추세

* 세계 목재펠릿 생산량(백만톤) : ('14) 30 → ('18) 56 → ('27 전망) 67

○ 다만, 수집·생산과정에서의 생태계 영향을 최소화하고, 유통·소비단계의 지속가능성을 높이는 한편, 경제성을 함께 확보할 필요

☞ (추진방향) 재생에너지로서의 활용을 촉진하고, 소규모·분산형·지역단위의 산림바이오매스의 생산·공급 체계를 점진적으로 구축

(뒷장 계속)

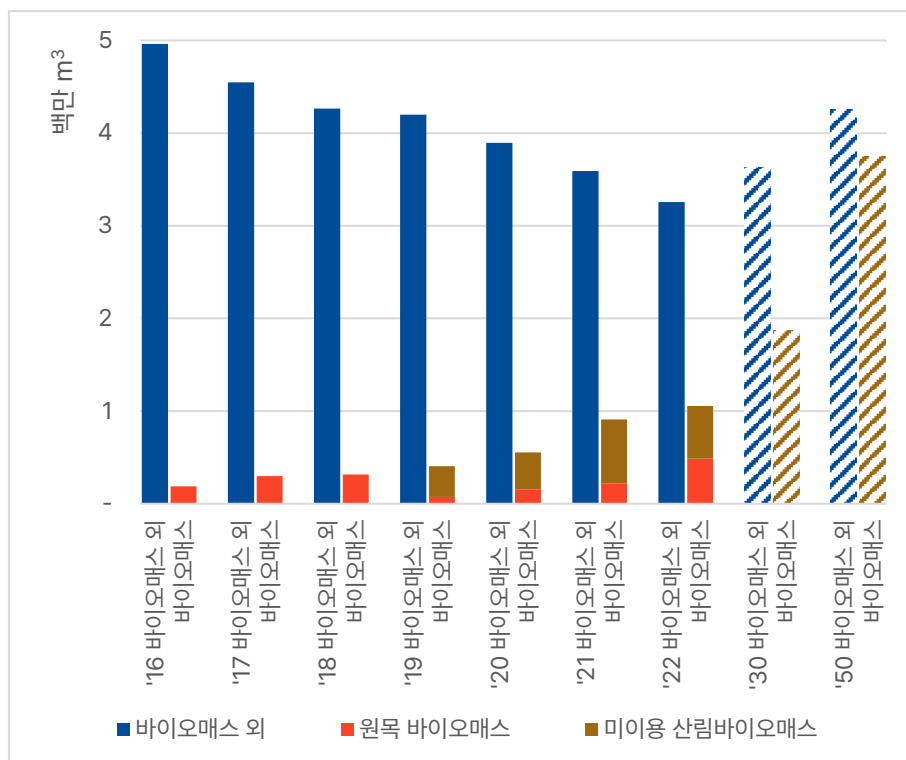
구분	2050 전망 (As-Is)	2050 변화 (To-Be)																				
흡수원	<table border="1"> <tr> <td>합계</td> <td>1,520만톤</td> </tr> <tr> <td>신규 흡수원 확충</td> <td>20만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수능력 강화</td> <td>1,510만톤</td> </tr> <tr> <td>목재이용</td> <td>120만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수원 보전·복원</td> <td>△130만톤</td> </tr> </table>	합계	1,520만톤	신규 흡수원 확충	20만톤	흡수능력 강화	1,510만톤	목재이용	120만톤	흡수원 보전·복원	△130만톤	<table border="1"> <tr> <td>합계</td> <td>2,360만톤</td> </tr> <tr> <td>신규 흡수원 확충</td> <td>60만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수능력 강화</td> <td>2,080만톤</td> </tr> <tr> <td>목재이용</td> <td>220만톤</td> </tr> <tr> <td>흡수원 보전·복원</td> <td>-</td> </tr> </table>	합계	2,360만톤	신규 흡수원 확충	60만톤	흡수능력 강화	2,080만톤	목재이용	220만톤	흡수원 보전·복원	-
	합계	1,520만톤																				
	신규 흡수원 확충	20만톤																				
	흡수능력 강화	1,510만톤																				
	목재이용	120만톤																				
흡수원 보전·복원	△130만톤																					
합계	2,360만톤																					
신규 흡수원 확충	60만톤																					
흡수능력 강화	2,080만톤																					
목재이용	220만톤																					
흡수원 보전·복원	-																					
신규 흡수원 확충	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 유휴토지 조림, 도시숲·생활숲 (30년간) 1.7만ha ⇨ 흡수량 : 20만톤 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 유휴토지 조림, 도시숲·생활숲 (30년간) 6.1만ha ⇨ 흡수량 : 60만톤 																				
흡수능력 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 목재수확량 490만 m³ ▶ 채종원산 묘목 조림 7천ha ▶ 큰나무가꾸기 4.8만ha ⇨ 흡수량 : 1,510만톤 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 목재수확량 800만 m³ ▶ 채종원산 묘목 조림 16천ha ▶ 큰나무가꾸기 28.8만ha ⇨ 흡수량 : 2,080만톤 																				
목재 이용	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국산 목재제품 이용 290만 m³ ⇨ 탄소 저장량 : 120만톤 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국산 목재제품 이용 500만 m³ ⇨ 탄소 저장량 : 220만톤 																				
흡수원 보전·복원	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 생태복원 (30년간) 4천ha ⇨ 흡수량 : 3만톤(총괄 미반영) ▶ 재해피해 면적 2,339ha ⇨ 배출량 : △130만톤 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 생태복원 (30년간) 11천ha ⇨ 흡수량 : 10만톤 ▶ 재해피해 면적 636ha ⇨ 배출량 : △10만톤 																				
전환	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 산림바이오매스 에너지 활용 40만톤(ton) ⇨ 감축량 : 40만톤(tCO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 산림바이오매스 에너지 활용 300만톤(ton) ⇨ 감축량 : 310만톤(tCO₂) 																				

- 국내산 목재 절반의 바이오매스화

그러나 수정된 추진전략도 산림바이오매스 연소의 탄소배출을 여전히 무시하며, 바이오매스가 재생에너지로서 온실가스 배출 감축에 기여한다는 잘못된 전제를 벗어나지 못했다. 특히, 미이용 산림바이오매스 목표 생산량은 여전히 과도하게 높다고 지적받는다. “나무를 심고-가꾸고-수확하여 지속가능하게 이용하는” 산림순환경영이 수정 추진전략을 관통하는 의제인데, 미이용 산림바이오매스 생산량은 오히려 이와 충돌하고 있다.

단적인 예로, 추진전략은 2020년 460만 m³였던 목재생산량을 2050년에는 800만 m³로 확대할 예정이다. 동시에 미이용 산림바이오매스 생산도 2050년까지 연간 300만 톤 달성을 목표로 잡고 있다. 이는 곧 현재 24%인 국내 산림자원의 바이오매스화를 2050년에는 최소 47%로 증가하겠다는 뜻이다[그림 27]. 이 계획에는 원목 바이오매스 이용량이 포함되지 않았기에, 실제로 생산되는 바이오매스는 전체 국산 목재이용량의 절반을 훌쩍 넘을 것으로 보인다. 전 산림의 땔감화가 우려되지 않을 수 없다.

[그림 27] 역대 국내 목재이용량 중 산림바이오매스 비중과 산림청 목표^{85, 86}



⁸⁵ 산림청. 2017-2023. 목재수급실적.

https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_04_03_02&cmsId=FC_003649

⁸⁶ 산림청. 2021. 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략을 바탕으로 저자 작성. 2050년 바이오매스 목표 생산량은 침엽수 부피 전환계수(0.8)로 나누어 환산했다.

- 미이용 산림바이오매스 확대에 따른 탄소배출 증가

추가적인 목재 연소에 따라 온실가스 배출량도 막대하게 증가하게 된다. 본 보고서가 계산한 바와 같이, 1 톤의 바이오매스는 평균 1,653 kg의 이산화탄소를 배출한다. 따라서, 미이용 산림바이오매스 연소만으로 2030년에는 248만 톤, 2050년에는 496만 톤의 이산화탄소가 대기 중으로 배출될 것으로 예상된다. 2020년부터 30년간의 누적배출량은 9,381만 톤에 달한다[표 13]. 이 계산은 2022년 기준 392만 톤에 이르는 수입산 목재펠릿, 251만 톤 규모의 바이오-SRF, 약 40만 톤 규모로 추정되는 국내산 원목 바이오매스를 포함하지 않았기에 총 바이오매스 배출량은 연간 수천만 톤, 누적배출량은 수십억 톤에 이를 것으로 추정할 수 있다.

[표 13] 산림청의 미이용 산림바이오매스 확대에 따른 추가 배출량

	'20	'30	'40	'50
연간목표생산량 (천 톤)	500	1,500	2,250	3,000
연간총배출량(추정) (천 CO ₂ 톤)	827	2,480	3,719	4,959
누적배출량(추정) (천 CO ₂ 톤)	827	18,183	49,797	93,808

■ 산림르네상스 추진 전략과 제3차 탄소흡수원 종합계획의 문제

산림바이오매스 확대 정책은 2022년 5월 출범한 윤석열 정부에서도 유지되는 양상이다. 동년 11월 산림청이 발표한 산림르네상스 추진 전략은 2027년 미이용 산림바이오매스 생산량을 125만 톤으로 잡았는데, 이는 문재인 정부가 목표한 2030년 150만 톤까지의 경로를 선형으로 그린 것에 불과하다. 2023년 6월 발표한 제3차 탄소흡수원 종합계획도 같은 선상이되, 2021년 민간협의회를 통해 합의를 이룬 수정안이 아닌 정부 최초안으로 회귀하는 내용을 담았다. 특히, 계속되는 비판을 의식한 듯 “화석연료를 대체하는 재생에너지원”, “대기 중에서 흡수한 탄소를 다시 대기 중으로 배출하는 지속가능한 재생에너지” 등의 서술은 2021년의 바이오매스 논란을 무의로 돌리려는 시도로 보인다. 산림바이오매스는 탄소흡수원 증진 방안을 담아야 하는 동 계획의 취지에도 어긋난다[그림 28].

[그림 28] 제3차 탄소흡수원 종합계획 내 산림바이오매스 현황 및 여건⁸⁷

【 현황 및 여건 】

□ **화석연료를 대체하는 재생에너지원으로써 산림바이오매스 수요 증가**

○ 산림바이오매스를 활용한 에너지는 화석연료와 달리, 대기 중에서 흡수한 탄소를 다시 대기 중으로 배출하는 지속가능한 재생에너지로 부각

- 이에, 전세계적으로 산림바이오매스의 에너지 이용이 증가하는 추세

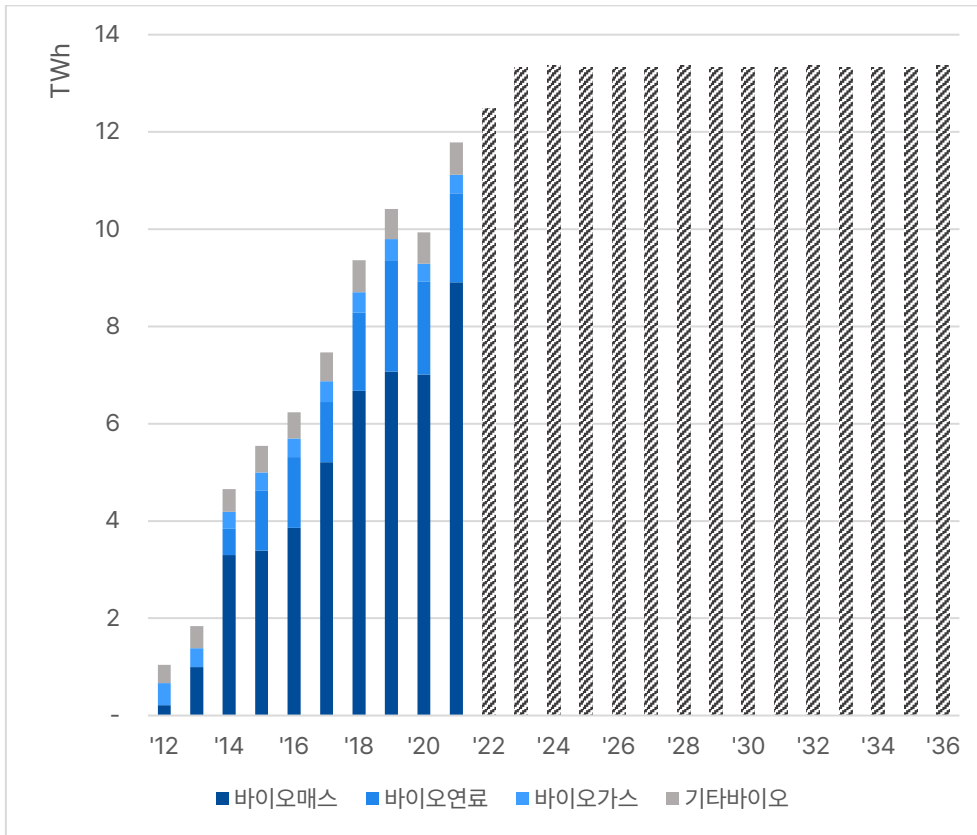
* 세계 목재펠릿 생산량(백만톤) : ('14) 30 → ('22) 56 → ('27 전망) 67

○ 국내에서는 신·재생에너지 공급의무화제도 제도 도입 및 산림바이오매스에 대한 REC 가중치 부여로 산림바이오에너지 시장 확대

정권과 관계없이 꾸준한 산림청의 미이용 산림바이오매스 확대 계획은 산림의 탄소 흡수 능력을 활용해 탄소중립 달성에 기여하겠다는 기본적인 정책 기조에도 모순될뿐더러, 산업통상자원부의 에너지 계획과도 상충한다. 2023년 1월 발표된 10차 전기본은 바이오매스, 바이오연료, 바이오가스 등을 포함한 바이오에너지 발전량 전망을 2023년부터 13,329 GWh로 동결, 보급용량은 2022년부터 전소 설비 기준 1,800 MW로의 유지를 명시했다. 바이오에너지는 2022년 이미 11,589 GWh를 생산해 2023년 목표량의 87%를 달성했으며[그림 29], 현 시점부터 적용되는 보급용량 동결에 따라 신규 발전소 도입도 불필요하게 된다. 미이용 산림 바이오매스를 2020년 대비 6배 확대하겠다는 산림청의 무모한 계획은 정작 더 이상 유의미한 확대를 바라지 않는 에너지 주무부처와도 배치된다.

⁸⁷ 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획.

[그림 29] 역대 바이오에너지 발전량 및 10차 전기본 전망^{88, 89}



2. 과도한 바이오매스 REC 가중치

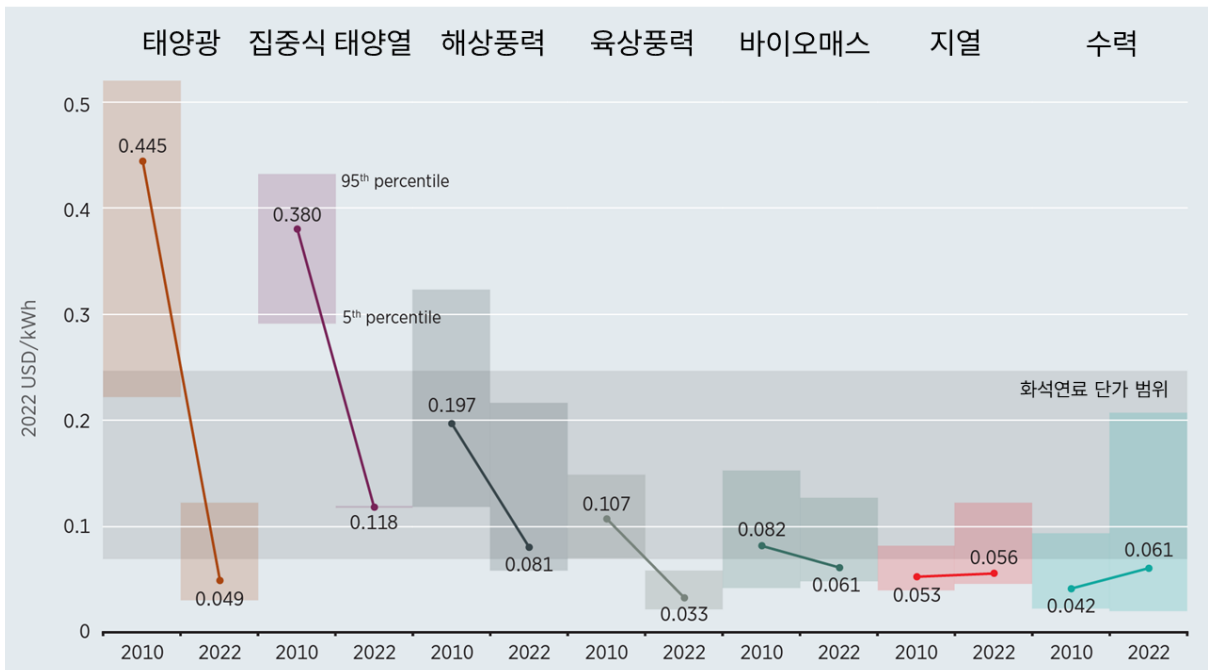
산림바이오매스는 재생에너지 중에서도 단가가 특히 비싼 발전원으로 정부의 높은 지원, 국내의 경우 REC 가중치 없이는 사업자의 수익성을 보장할 수 없다. 이는 비단 한국만의 문제가 아니라 전 세계적인 추세다. 2021년 세계 평균 균등화발전단가(levelized cost of electricity, LCOE)는 육상풍력, 수력, 태양광, 바이오에너지 순으로 저렴하며, 이보다 비싼 재생에너지원은 해상풍력과 국내에서는 사용하지 않는 집중식 태양열 발전뿐이다[그림 30]. 국내의 경우도 138~165 원/kWh인 태양광이나 151 원/kWh인 육상풍력에 비교해도, 미이용 산림바이오매스 전소와 일반 목재펠릿·칩 전소는 각각 213 원/kWh와 159 원/kWh의 높은 LCOE를 보인다. 특히, 최근 바이오매스 발전소 확대를 견인하는 신규 미이용 산림바이오매스 전소 설비는 최대 386 원/kWh로, 해상풍력보다도 비싸다[표 14].

⁸⁸ 산업통상자원부. 2023. 제10차 전력수급기본계획.

⁸⁹ 한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.

<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

[그림 30] 세계 재생에너지원별 LCOE⁹⁰



⁹⁰ IRENA. 2023. Renewable Power Generation in 2022.

<https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022> (저자 번역)

[표 14] 국내 재생에너지원별 LCOE⁹¹

	구분	LCOE (원/kWh)	2차 개정시 LCOE (원/kWh)	
태양광	소규모(일반부지)	164.24	164.76 (소규모)	
	중규모(일반부지)	147.40	152.01 (중규모)	
	대규모(일반부지)	134.16	137.82 (대규모)	
	중규모(건축물)	140.31		
	중규모(수상)	169.25	209.49 (수상)	
	중규모(임야)	147.40		
	자가용	164.24		
풍력	육상	166.25	151.00 (육상)	
	해상	275.59	325.88 (해상)	
	연안해상	259.07		
바이오매스 (전소)	목재칩	30 MW	205.20	159.03 (일반 목재칩 · 펠릿 전소)
		100 MW	126.75	
	목재펠릿	30 MW	246.10	
		100 MW	167.15	
	바이오 SRF		154.31	123.09
	미이용칩	30 MW	245.11	212.58 (미이용 목재칩 · 펠릿 전소)
		100 MW	179.83	
	미이용펠릿	30 MW	385.70	
100 MW		306.75		
바이오매스 (혼소)	목재칩	30 MW	30.81	84.89 (혼소)
		100 MW	83.40	
	목재펠릿	30 MW	121.38	
		100 MW	116.06	
	바이오 SRF		74.49	
	미이용칩	30 MW	141.32	
		100 MW	136.49	
	미이용펠릿	30 MW	260.56	
100 MW		254.63		

이는 연료비가 필요 없는 태양광 · 풍력과 달리 바이오매스는 목재 구입으로 꾸준한 비용이 투입되며, 자본지출과 운영비용도 높기 때문이다. 따라서, 바이오매스가 지금과 같은 규모의 성장을 이룩할 수 있었던 이유는 정부에 의해 인위적으로 조성된 보조금 시장에 있다. 애초에 존재하지 않았던 산업을 정부 지원으로 탄생시킨 것은 타 재생에너지원과 크게 다르지 않다.

⁹¹ 에너지경제연구원. 2021. RPS 신재생에너지원별 기술경제성 분석 및 제도 개선 연구.

그러나, 기술 개발과 규모의 경제 실현으로 2010년 이래 8 배 넘게 하락한 태양광, 3 배 넘게 하락한 육상풍력, 2 배 넘게 하락한 해상풍력의 발전원가와 달리 바이오매스는 꾸준한 발전원가를 유지하고 있다[그림 30]. 이는 특별한 신기술이 필요하지 않아 미래 개발의 여지가 없고, 목재라는 한정된 자원을 활용하는 발전원의 한계로 개선의 여지가 적다.

■ 경제성에 치우친 REC 가중치 산정

에너지경제연구원은 경제성뿐만 아니라 정책 목표도 고려해 발전원간 경쟁을 촉진하는 것이 REC 가중치의 목표라고 소개한다. 그러나, 발전사업자의 사업성 보장이 주목적이 아니라는 말과는 다르게, REC 가중치는 정부의 직접 시장 개입 도구로, 수익성에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서, 경제성이 부족하다고 하여 무조건 높은 가중치를 부여하는 것이 아니라, 환경적 영향과 주민수용성을 충분히 고려하여 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있는 발전원을 지원하는 것이 필요하다.

가장 최근인 2021년 REC 가중치 3차 정기개편은 산업통상자원부가 에너지경제연구원에 발주한 『RPS 신재생에너지별 기술경제성 분석 및 제도 개선 연구』의 결과에 기초하여 이루어졌다. 당시 에너지경제연구원은 평가위원 11명의 계층화분석법(analytic hierarchy process, AHP)을 통해 경제성과 정책성의 고려 비중을 결정했다. 결과적으로, 경제성에 62%, 정책성에는 38%의 중요도를 부여했는데, 정책성 중에서도 경제/산업적 측면에 27%의 중요도를 부여한 반면, 3개의 환경적 측면에는 총 11%만을 산정하는 데에 그쳤다. 기후변화의 대응에 가장 핵심적인 온실가스 감축은 실제로 5%도 안 되는 비중으로 고려된 셈이다[그림 31].

그나마 환경성으로 평가된 온실가스 감축, 지역환경 영향, 지역주민 수용성 부문에서 바이오매스는 태양광·풍력보다 전반적으로 낮은 점수를 받았지만, 이 또한 현실과의 괴리가 큰 것으로 보인다. 바이오매스는 오히려 다량의 온실가스과 대기오염물질을 배출하고, 산림파괴로 지역환경에 악영향을 미치며, 이러한 이유로 주민수용성이 낮아 발전소 건설 사업마다 난항을 겪는다. 이러한 하위계층 AHP도 평가위원을 대상으로 한 설문 응답에 전적으로 의존했기에, 그 과정에서 다방면의 대표성과 독립성이 확보되지 않았을 가능성이 높다. 에너지경제연구원도 REC 시장에 대한 이해도, 특정 발전원과의 이해관계 부재 등을 고려하여 학계와 국가기관의 전문가를 선정했다고 밝혔으나, 환경 분야의 전문가는 한 명도 포함되지 않았다.⁹²

⁹² 에너지경제연구원. 2021. RPS 신재생에너지별 기술경제성 분석 및 제도 개선 연구.

[그림 31] REC 가중치 산정 방법론⁹³



정책성 평가 결과

- ☑ 정책성은 다시 제2계층으로 분류하고 세부요소 반영
- ☑ AHP 분석을 통해 각 요소별 중요도 정량평가

1계층		2계층		
요소	중요도	요소	세부요소	중요도
경제성	62.4%	-	요구 REC	62.4%
정책성	37.6%	경제/산업적 측면	국내 기술 및 산업 활성화	26.5%
			전력수급 안정화	
			부존 잠재량	
		환경적 측면	온실가스 배출저감 효과	11.1%
			지역환경 영향	
			지역주민 수용성	

- 바이오매스 REC 가중치 개편 연혁

2012년 RPS 도입과 함께 업계 이익 보전을 위해 시작된 높은 바이오매스 REC 가중치는 10년이 지난 지금까지도 유지 중이며, 시간이 흐름에 따라 사실상 더욱 증가하는 모습을 보인다. 2012년 바이오매스 전소와 혼소 발전에 최초 적용된 1.5와 1.0의 가중치는 6년간 계속되었다. 2018년 REC 가중치 2차 정기개편은 바이오-SRF를 0.25로, 일반 목재펠릿·칩 전소를 0.5로 하향했다. 신규 혼소 발전 가중치를 폐지하는 대신, 미이용 산림바이오매스 부분을 신설하여 전소와 혼소에 각 2.0과 1.5의 가중치를 부여하기 시작했다.

그럼에도 불구하고, 대형 석탄발전소를 운영하는 한전 발전자회사가 별도의 재생에너지 설비 노력이 필요 없는 바이오매스로 손쉽게 공급의무를 이행한다는 지적이 계속되었다. 이에 산업통상자원부는 2020년 발전공기업 기존 설비의 혼소 가중치를 기존 1.0에서 0.5로 추가 하향 조정했다. 첨예해진 바이오매스 논란을 의식한 정부는 2021년 3차 정기개편에서 2018년 바이오매스 REC 가중치를 그대로 유지해 오늘날에 이르게 되었다[표 15].

⁹³ 조상민. 2021. RPS제도 REC 가중치 개편 방안. 산업통상자원부 & 에너지경제연구원.

[표 15] 현행 및 제안 바이오매스 REC 가중치

현행					제안					
원료	연소 방식	발전사	가동연도		설비 규모					
			'18.6월 전	'18.6월 후	대형발전소	소규모 분산형				
미이용 펄릿·칩	전소		2.0		일몰	유지				
	혼소		1.5			일몰				
일반 목재펠릿·칩	전소	민간	1.5	0.5			일몰	일몰		
	혼소		1.0	-						
바이오-SRF (폐목재)	전소	공공	0.5	-					일몰	일몰
	혼소		1.5	0.25						
			1.0	-	일몰					

[표 16] 주요 발전원별 REC 가중치⁹⁴

	설치유형	REC 가중치
태양광	임야	0.5
	일반 부지	0.8~1.2
	자가용 발전설비	1.0
	기존 시설물 이용	1.0~1.5
	수면 부유	1.2~1.6
풍력	육상	1.2
	해상	2.0~2.5
바이오매스	일반 바이오매스	0.25~1.5
	미이용 산림바이오매스	1.5~2.0

- 태양광·풍력보다 높은 바이오매스 REC 가중치

최고 2.0에 달하는 REC 가중치는 경제성이 없는 바이오매스 발전의 수익성을 보장해 주는 것을 넘어, 타 재생에너지원에 비교해도 과도하게 높다는 지적을 받는다. 예컨대, 태양광은 임야에 설치하는 경우 0.5, 일반 부지에 설치하는 경우 0.8~1.2, 건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우 1.0~1.5, 수면 등에 부유하여 설치하는 경우에도 1.2~1.6의 가중치를 받는다. 기본적으로 미이용 산림바이오매스(2.0)보다 높은 가중치를 받을 수 없고, 심지어 석탄과 함께 태우는 미이용 산림바이오매스 혼소(1.5)보다도 대개 낮은 가중치를 받는다. 육상풍력의 가중치도 1.2에 불과해 대부분의 산림바이오매스보다 낮은 정책적 보조를 받고 있다[표 16]. 이러한

⁹⁴ 산업통상자원부고시 제2023-158호. 신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침을 바탕으로 저자 작성.

이유로 바이오에너지는 태양광에 추월당하기 전인 2018년까지 국내 재생에너지 발전량 1위를 기록했다.

- 기존의 높은 REC 가중치 발급을 보장해주는 경과조치

2018년 REC 가중치 개편은 미이용 산림바이오매스 전·혼소 구간을 신설하는 동시에, 일반 목재펠릿·칩과 바이오-SR에 대한 가중치를 대거 하향 및 폐지했다. 그러나, 산업통상자원부는 기존 사업자의 이익을 보전해야 한다는 이유로 개편 가중치의 소급 적용을 거부해 이러한 하향 조치의 의미를 퇴색시켰다. 고시 개정 시기인 2018년 6월 전까지 운전을 시작한 설비는 계속해서 과거의 높은 가중치를 받을 수 있으며, 다음 해인 2019년 7월까지 공사계획인가·승인을 받은 경우에도 개편 전의 가중치를 받을 수 있게 허용해 준 것이다[그림 32]. 이러한 예외조항은 시기에 따른 일몰 규정도 두고 있지 않아 기존 발전소는 폐쇄까지 수십 년 동안 초기의 가중치를 누릴 수 있다.

현재 가동 중인 대부분의 대형 바이오매스 발전소는 이러한 경과조치를 적용받아 정책 변화와 무관하게 REC를 발급받고 있다. 심지어 공사계획 인가를 미리 받아 높은 가중치를 확보한 다음 아직도 가동을 시작하지 못한 발전소도 있다. 광양그린에너지는 2017년 발전소 건설을 추진했지만, 지역주민의 반대로 2022년에 착공에 들어갔고, 2025년에야 가동을 시작한다고 알려졌다. 그럼에도 불구하고 2018년에 받은 공사계획인가로 수입산 목재펠릿을 태우며 1.5의 가중치를 받을 예정이다.⁹⁵ 최근에 가동을 시작한 다른 신규 발전소는 미이용 산림바이오매스를 원료로 투입해 더욱 높은 가중치를 받기에, 산업통상자원부의 바이오매스 REC 가중치 하향은 기존 설비의 계속 운영을 보장하며 신규 발전소 추가라는 결과만을 낳았다.

[그림 32] RPS 지침 내 바이오매스 REC 가중치 경과조치 규정⁹⁶

목재펠릿, 목재칩, Bio-SRF의 경우 별표2에도 불구하고 아래의 기준에 해당하는 경우 각각에 해당하는 가중치를 적용할 수 있다.

구분	가중치	기준
목재펠릿, 목재칩	1.0	2019년 6월 30일까지 전기사업법 제61조에 따른 공사계획 인가(신고) 또는 집단에너지사업법 제22조에 따른 공사계획 승인(신고)을 받은 경우(단, 발전사업허가 또는 집단에너지사업 허가를 받고 2018년 6월 26일 이전에 상업운전을 개시한 경우는 제외)
Bio-SRF	0.5	

⁹⁵ 이상복. 2019.01.14. '골리앗' 바이오매스 발전소들의 역습. 이투뉴스.

<http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=206400>

⁹⁶ 산업통상자원부고시 제2023-158호. 신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침.

3. 바이오매스를 감축할 수 없는 지속가능성 인정기준

산림바이오매스의 온실가스 배출과 산림파괴에 대한 지적이 계속되자, 산림청도 지속가능성 인정기준 도입이라는 방안을 제시했다. 그러나, 산림바이오매스 산업의 규모화를 전제로 만들어지는 기준은 정부 주도의 규제와 민간 주도의 자발적 인증 모두 상술한 기후적·환경적 문제의 해답이 될 수 없다. 지속가능성 기준이 제대로 수립되고 효과적으로 기능하기 위해서는 바이오매스를 탄소중립으로 간주하고 확대를 우선하는 정책 방향성부터 수정되어야 한다. 소규모 지역분산형 이용만이 '지속가능한 바이오매스'가 될 수 있다는 합의가 선결되어야 하나, 산림청은 이를 무시하고 있다.

2021년 탄소중립 산림부문 추진전략은 지속가능성 인정기준 도입과 더불어 제재용 원목 이용을 제한하고, 지속가능지표의 이행과 모니터링을 지원하겠다는 방향을 담았다. 이러한 계획은 2023년 제3차 탄소흡수원 종합계획에서 재등장하여 원료 인정범위, 원료 간 혼합비율, 시설 등을 기준으로 한 지속가능성 표준 도입으로 구체화되었다. 특히, EU의 『재생에너지침』(Renewable Energy Directive, RED) 등 국제적 동향을 언급한 것으로 보아 이미 시행 중인 해외의 기준을 참고하여 국내 도입이 이루어질 것으로 보인다[그림 33].

[그림 33] 제3차 탄소흡수원 종합계획 내 산림바이오매스 지속가능성⁹⁷

□ [지속가능성] 산림바이오매스 생산·유통·이용의 지속가능성 제고

- 원료 인정범위, 원료 간 혼합비율, 시설 기준 등 '지속가능성 표준' 마련
 - EU 재생에너지법 및 관련 논의결과 등 국제적 방향성과 연계하여 마련하고, 산림바이오매스의 지속가능성 인정 기준으로 확립
 - * 보완조치로서, 제재용 원목 이용 제한, 수입연료에 대한 합법목재 교역촉진제도 확대
- 미이용 산림바이오매스의 수집부터 이용까지 체계적 법적 근거 마련
 - * 미이용 산림바이오매스의 정의, 국가·지자체 책무, 증명 절차, 위반 시 행정제재 등
 - '산림바이오매스에너지센터' 운영으로 현장이행 지원 및 모니터링
- 미이용 산림바이오매스의 증명에 관한 전 과정의 정보화·전산화
 - * 목재자원관리시스템을 통해 수집, 유통, 이용의 투명성 확보, 목재정보서비스 구축 시 포함

⁹⁷ 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획.

실제로 산림청은 2023년 4월 산림기술연구원에 12월 납기를 예정으로 한 『국내 산림바이오매스 정책의 지속가능성 기준 연구 용역』을 발주했다. 연구는 EU, 일본, 미국 등 주요 국가의 바이오매스 정책 분석을 통한 국내 지속가능한 미이용 산림바이오매스 기준과 미이용 원료를 사용한 목재제품 인정기준 개발을 목표로 한다. 특히, 2023년 개정된 EU의 3차 재생에너지 지침(RED III)과 자발적 인증제도인 지속가능한 바이오매스 프로그램(Sustainable Biomass Program, SBP) 분석을 통해 국내와의 차이점을 식별하고, 국내 미이용 산림바이오매스 제도에 적용 가능한 인정기준을 도출할 것으로 예상된다[표 17].

[표 17] 미이용 산림바이오매스 지속가능성 기준 지표 개발 연구 용역⁹⁸

산림청	과업지시 <ul style="list-style-type: none"> - 목질계 바이오매스 관련 EU의 재생에너지법(RED III) 개정안 분석 - 국내외 시장 또는 제도에서 통용되는 지속가능성 평가 지표 분석 - 지속가능한 미이용 산림바이오매스 기준 개발 - 미이용 산림바이오매스로 목재제품 생산할 경우 적용하는 현행 인정기준 검증 및 개선 방안 도출
	연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - RED III 및 SBP 분석을 통한 국내 지속가능한 미이용 산림바이오매스 기준 개발 - 미이용 산림바이오매스 목재제품 인정기준 검증 및 개선방안 도출
산림기술연구원	세부 추진계획 <ul style="list-style-type: none"> - 재생에너지법(RED III) 분석 : 미이용 정의 및 범위 차별성 분석, 유럽연합과 국내의 목질계 바이오매스 발전비율 비교 분석 - 지속가능한 바이오연료 규정(SBP) 분석, SBP 인증 및 세부준칙 분석 - 해외 산림바이오매스 산업선진국 사례 및 제도분석 - 지속가능한 미이용 산림바이오매스 기준 개발 - 미이용 산림바이오매스 목재제품 인정계수 실증연구(설계 및 전문가 자문회의, 토론회) - 미이용 산림바이오매스 제도적 개선방안 도출

■ EU RED의 지속가능성 인정기준

EU가 RED 제29조에서 시행하고 있는 지속가능성 인정기준은 이미 2000년대부터 유럽을 중심으로 지적된 바이오매스의 불분명한 기후적·환경적 편익을 확보하고자 고안되었다. 산림 바이오매스 관련 기준은 2018년 RED II부터 도입된 온실가스 감축, 원료 수급 조건, 설비 효율, 토지이용, 토지이용 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) 관련 네 가지 기준이 대표적이다. 2023년 합의된 RED III 개정은 기존 기준을 강화하는 동시에,

⁹⁸ **산림청**. 2023. 미이용 산림바이오매스 지속가능성 기준 지표 개발 연구 용역 관련. 국회 제출 자료를 바탕으로 저자 작성.

목재의 단계적 이용 원칙을 추가하였다. 상술했듯, 국내는 바이오매스에 대한 사전적·기술적 정의만 있을 뿐, RED와 같은 지속가능성 기준은 전무하다.

특히, 단계적 이용원칙에 따라 타 용도로 사용 가능한 원목의 연료화, 국내의 대다수를 차지하는 전기 전용 발전 설비에 대한 보조금을 중단하는 내용은 국내 정책의 적극적인 벤치마킹이 필요하다. 이 외에도 한국에는 원료 수급 조건과 각 기업의 기준 충족여부를 확인할 수 있는 기초적인 절차가 부재하다[표 18]. 그러나, RED도 근본적으로 바이오매스 연소를 온실가스 무배출로 간주하고, 고위험 원료 금지를 위한 장치도 회원국의 자율에 의존하고 있어 한계가 명확하다. RED는 바이오매스로 인한 유럽 내외의 산림파괴에 효과적으로 대응하지 못하고 있는 것으로 드러났다.

[표 18] RED III 합의안 내 산림바이오매스 관련 주요 내용⁹⁹

제3조 2030년까지의 구속력 있는 전체 연합 목표	목재의 단계적 이용 원칙 준수 <ul style="list-style-type: none"> - 바이오매스 원료 시장에 대한 과도한 왜곡 효과와 생물다양성, 환경 및 기후에 대한 유해한 영향을 최소화하며 바이오매스 에너지 생산 - 목질계 바이오매스를 경제적 및 환경적 부가가치가 가장 높은 순서대로 사용: <ol style="list-style-type: none"> (1) 목재 기반 제품 (2) 서비스 수명 연장 (3) 재사용 (4) 재활용 (5) 바이오에너지 (6) 폐기 - 지속불가능한 경로와 물질재활용 부문과의 경쟁 왜곡을 피하도록 지원 정책 설계 - 에너지안보 상황이나 지역산업이 에너지보다 경제적, 환경적 부가가치가 높은 산림 바이오매스를 원료로 사용할 수 없는 경우 목재의 단계적 이용 원칙에서 예외 가능 <ol style="list-style-type: none"> (a) 예비간벌 작업 또는 고위험 지역의 산불 예방에 관한 국가 법률 준수에 필요한 산림관리 활동 (b) 기록된 자연 교란에 따른 구조 벌목 (c) 현지 가공 시설에 적합하지 않은 특정 목재의 수확 - 직접적인 보조금 지원 금지: <ol style="list-style-type: none"> (a) 제재목, 베니어 원목, 산업용 원목, 그루터기 및 뿌리를 사용하는 경우 (b) 분리수거 의무를 준수하지 않은 폐기물 소각으로 생산된 재생에너지
	전기 생산 전용 설비에 대한 보조금 중단 다음 예외 사항을 제외한 전기 전용 설비에서의 산림바이오매스 전기 생산에 대한 신규 지원 및 지원 갱신 금지: <ul style="list-style-type: none"> - 고체 화석연료에 대한 의존도가 높은 정의로운 전환 계획 지역에서 생산 - 바이오매스 이산화탄소 포집 및 저장(BECCS)을 적용하여 생산 - 산림바이오매스의 단계적 감축 목적으로 제한된 기간 동안 유럽연합기능조약

⁹⁹ EC. 2023. Outcome of the Proceedings. 10794/23을 바탕으로 저자 작성.
<https://www.consilium.europa.eu/media/65109/st10794-en23.pdf>

<p>제29조 바이오연료, 바이오액체, 바이오매스 연료에 대한 지속가능성 및 온실가스 배출 감축기준 (열입력 7.5 MW 이상 시설에 적용)</p>	<p>(TFEU) 제349조에 언급된 최외곽 지역에서 생산</p>
	<p>온실가스 감축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 지침의 발효 이후 가동을 시작한 설비: 최소 80% - 2021년부터 본 지침 발효 시점까지 가동을 시작한 10 MW 이상의 설비: 2029년까지 최소 70%, 2030년부터 최소 80% - 2021년 이전 가동을 시작한 설비: 가동 15년 도달 시부터 최소 80%
	<p>원료 수급 조건</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수확 작업의 합법성 - 수확한 지역의 산림 재생 - 지속가능한 산림경영 원칙에 따라 토질과 생물다양성에 대한 영향을 최소화 - 산림의 장기 생산성 유지 혹은 개선 - 일차림 및 온전한 기타산림지, 황야지 및 자연보호 목적으로 지정된 습지, 초지, 이탄지로부터의 수급 금지 - 그루터기 및 뿌리 채취, 일차림 및 노령림 황폐화 및 플랜테이션 산림으로의 전용, 취약 토양과 대규모 모두베기 임계치를 초과하는 수급 금지
	<p>설비 효율</p> <p>2022년부터 가동을 시작한 설비가 재생에너지로서의 인정 및 산업, 보조금 수령을 위해서는 다음 중 하나 이상의 기준 충족:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 열입력 50~100 MW: 고효율 열병합 기술, 전기 발전 전용 설비는 최적가용기술 (BAT-AEELs) 적용 - 열입력 100 MW 초과: 고효율 열병합 기술, 전기 발전 전용 설비는 순전기효율 36% 달성 - 바이오매스 이산화탄소 포집 및 저장(BECCS) 기술 적용
<p>LULUCF 관련</p> <ul style="list-style-type: none"> - 바이오매스 수확으로 인한 탄소저장고 변화를 LULUCF를 포함하는 국가온실가스감축목표(NDC)에 반영 - 탄소저장고와 흡수원을 보전 및 증진하며, LULUCF 부문 배출량이 흡수량을 초과하지 않는다는 것을 증명 - 국내 산림바이오매스가 회원국의 국가에너지기후계획(NECPs)에 부합하고 다음을 수행 <ul style="list-style-type: none"> (a) 제29조를 준수하는 2012~2030년 산림바이오매스 국내 공급량에 대한 평가 (b) 예상 산림바이오매스 사용량의 2026~2030년 회원국 목표 및 예산 호환성에 대한 평가 (c) 해당 목표 및 예산과의 호환성을 보장하는 국가 정책에 대한 설명 	

- 바이오매스 관련 전체 목표의 한계

제3조에 명시된 목재의 단계적 이용 원칙은 RED III에서 구체화되었다. 그러나 초기 개정안에 담겼던 모든 산림바이오매스를 아우르는 '1차 목질계 바이오매스'(primary woody biomass, PWB)가 최종 협상 단계에서 타 산업 용재로 사용될 수 있는 원목으로 축소되면서 실질적인 산림바이오매스 감축 수단이 사라졌다는 비판을 받는다. 이러한 원칙을 현장에서 준수하기 위

해서는 구체적인 정의와 연도별·단계별 실행 방안이 제시되어야 하는데, 이 또한 제29조의 지속가능성 인정기준이 아닌 선언적 단계에 그친 것도 한계다. 앞으로 각 회원국은 제3조의 위임 이행을 위한 법제를 도입해야 하나, 함께 담긴 각종 예외조항으로 인해 엄격한 이행은 각국의 이해관계에 따라 불투명해질 전망이다.

대표적으로, 에너지 공급의 안보나 국내 산업 사정에 따라 단계적 이용 원칙을 유연 적용할 수 있는 조항은 바이오매스를 확대하고자 하는 대부분의 국가가 활용할 수 있는 허점이 될 것으로 보인다. 제재목, 베니어 원목, 산업용 원목에 직접 보조금을 금지하는 조항도 한국의 REC와 같이 정책적으로 바이오매스를 보조해 주는 간접 보조금을 포함하지 않을 가능성이 높다. 근본적으로 산림벌채 문제를 해결하지 못하며, 불분명한 효과와 높은 비용으로 바이오매스 발전소의 수명연장을 해주는 바이오에너지 탄소 포집 및 저장(bioenergy carbon capture and storage, BECCS) 기술을 통해 다시 보조 대상이 될 수 있다는 점도 산림바이오매스 감축에 도움이 되지 않는다.¹⁰⁰

- 온실가스 감축 기준의 한계

온실가스 최소 감축기준은 기후변화 완화 노력의 핵심이나, RED의 경우 바이오매스의 연소 배출량을 0으로 산정하기에 실효성이 없다. 앞서 채텀하우스의 연구에서 살펴보았듯, 바이오매스 전 과정 온실가스 배출량의 대부분은 연소 단계에서 발행하기 때문이다. RED가 포함하는 목재 수확, 가공 및 제조, 운송과 연소 단계에서의 미미한 비이산화탄소 배출량을 다 합쳐도 일반적으로 화석연료 대비 70~80%의 감축기준을 넘기지 않는다. 이는 결국 온실가스 감축 기준이 지속불가능한 바이오매스의 사용을 억제하는 것이 아니라, 사실상 모든 바이오매스의 사용을 허가하는 결과를 초래하고 있다.¹⁰¹ 게다가, 2021년 이전에 가동을 시작한 설비는 운영 15년 도달 시점까지 해당 기준에서 예외 되는 경과조치를 받고 있어 기존 발전소에는 아무런 효력이 없다. RED의 '부분적 LCA'라는 모순은 지금처럼 특정 경우의 바이오매스를 제한하는 지속가능성 기준이 근본적으로 무용하다는 점을 나타낸다.

¹⁰⁰ **Fern.** 2023.03.30. EU's Revised Renewable Energy Directive Fails to Address the Realities of the Climate and Biodiversity Crisis.

<https://www.fern.org/publications-insight/eus-revised-renewable-energy-directive-fails-to-address-the-realities-of-the-climate-and-biodiversity-crisis-2647/>

¹⁰¹ **Booth, M S & Mitchell, B.** 2020. Paper Tiger: Why the EU's RED II Biomass Sustainability Criteria Fail Forests and the Climate.

<https://www.pfpi.net/paper-tiger-report-shows-new-eu-biomass-rules-greenlight-increased-forest-destruction/>

- 원료 수급 조건의 한계

원료 수급 조건은 실제로 산림벌채와 생물다양성 손실을 방지하는 구체적인 기준을 제시하지 않고, 각 회원국에 이행을 위임하고 있다. 조건에 나열된 다수 기준은 사회 통념적이나 각국의 현행법으로도 이미 불법적인 사항이기에 RED를 통해 거둘 수 있는 특별한 효과가 아니다. 예컨대, 유럽 내에서 생산·거래되거나 역내 수입되는 목재펠릿을 포함한 모든 목재는 이미 EU 목재규제(European Union Timber Regulation, EUTR)에 따라 합법성을 증명해야 한다. 일차림, 노령림, 이탄지 등은 EU뿐만 아니라 세계 각국에서 보호구역으로 관리 중이며, 주요 산림 국가는 산림관계법을 통해 지속가능한 산림경영을 추구하고 있다.

그런데도 바이오매스 생산으로 인한 산림파괴가 전 세계에서 횡행하는 이유는 각국의 법제가 파괴적인 집약적 벌목을 합법적으로 허용하거나, 유의미한 집행에 실패하기 때문이다. 예컨대 미국 동남부에서 벌채되어 유럽으로 수출되는 목재펠릿은 환경파괴와 지역주민의 건강권 침해에도 불구하고 원산국에서 합법이다.¹⁰² 에스토니아, 루마니아 등지에서 생산되어 유럽 각지로 수출되는 목재펠릿은 상당량 보호구역 내에서 벌채되지만, 어떠한 제재도 받지 않고 있다.¹⁰³ 단, 2023년 5월 발효된 강화된 EU 산림벌채 규제(European Union Deforestation Regulation, EUDR)에 따라 이렇게 EU 역내외에서 산림벌채를 유발하는 목재 제품 생산에 일정 부분 제약이 있을 것으로 예상된다.¹⁰⁴

- 설비 효율 기준의 한계

설비 효율 기준은 지속불가능한 산림바이오매스 이용을 제한하는 것이 아닌, 발전 설비의 에너지 효율을 개선하는데 취지가 있으며, 그 적용 범위도 좁아 별다른 변화를 만들지 못하고 있다. 우선, 2022년 이전 가동을 시작한 바이오매스 설비는 재생에너지로의 인정이나, EU 및 국가 재생에너지 목표에 산입, 보조금 수령을 위해 제29조의 설비 효율 기준을 준수할 필요가 없다. 유럽 바이오매스 이용의 대부분을 차지하는 열입력 50 MW 미만 규모의 시설도 기준에서 제외되며, 50 MW 이상이나 BECCS 부착 설비도 열병합 기술 적용을 강제하지 않는다. 단, 유럽에서 바이오매스는 주로 열병합 발전이나 난방용으로 이용되기에 전기 전용 설비

¹⁰² **Popkin, G.** 2021.04.19. There's a booming business in America's forests. Some aren't happy about it. The New York Times.

<https://www.nytimes.com/2021/04/19/climate/wood-pellet-industry-climate.html>

¹⁰³ **Hurtes, S & Cai, W.** 2022.09.07. Europe is sacrificing its ancient forests for energy. The New York Times.

<https://www.nytimes.com/interactive/2022/09/07/world/europe/eu-logging-wood-pellets.html>

¹⁰⁴ **한국농수산물유통공사.** 2023. EU 산림 전용 방지 규정 채택과 향후 대응방향. 수출정보분석부.

는 많지 않다. 이렇게 허점이 많은 기준은 기존의 비효율적이고 대규모의 바이오매스 발전소에 어떠한 효력도 발휘할 수 없다.

- LULUCF 관련 기준의 함의

바이오매스로 인한 대부분의 온실가스 배출은 에너지 부문이 아닌 LULUCF, 즉 AFOLU 부문에서 산정되기에 회원국의 AFOLU 기준에서 바이오매스의 지속가능성을 평가하는 것은 의미 있다. 그러나, 상술한 바와 같이 AFOLU 부문은 국가 이상의 대단위에서 탄소흡수원의 증감 총량을 분석하는 데에 적합하다. 숲은 시간이 흐르며 알아서 성장하기에, 이런 임목축적의 증가를 감소로 바꿀 정도로 대규모 산림파괴가 벌어지지 않는 이상 AFOLU 부문은 지속해서 탄소흡수원의 역할을 하게 된다. 이러한 규모의 기준을 국가가 아닌, 집약적으로 벌목이 이루어지는 지역으로 세분화한다면, 해당 지역에서는 탄소저장고 감소를 식별할 수 있다. 따라서, 현재 총량적 접근의 AFOLU 부문 산정은 곳곳에서 벌어지는 산림파괴를 방지하는 데에 부적합하며, 오히려 이러한 벌목에 지속가능한 산림경영이라는 명분을 준다.

그러나, 유럽의 일부 나라는 과도한 벌목으로 국가 단위에서도 탄소저장고가 감소하고 있는 것으로 파악되었다. 에스토니아의 산림은 이미 2020년 흡수원에서 순배출원으로 돌아섰으며,¹⁰⁵ 임업 선진국으로 알려진 스웨덴의 임목 탄소축적량도 2020년 약 3,000만 톤에서 2021년 2,500만 톤으로 급감했다.¹⁰⁶ 동년 핀란드도 사상 최초로 LULUCF 부문이 흡수원에서 배출원으로 전환되면서 2백만 톤의 이산화탄소를 순배출했다.¹⁰⁷ 세 나라 모두 산림 성장 감소와 높은 벌목 집약도를 원인으로 지목하며, 기후 목표 달성을 위해서는 벌목 축소가 필요하다고 밝혔다. 이들 국가의 벌목은 늘어나는 바이오매스 이용과 밀접한 관련이 있다.¹⁰⁸

이러한 상황에서 제29조 지속가능성 인정기준은 바이오매스가 탄소저장고 감소에 얼마큼

¹⁰⁵ **Estonia Fund for Nature.** 2022. Background Paper: Logging and Carbon Storage in Estonia and What Can be Done.
[https://media.voog.com/0000/0037/1265/files/LULUCF%20background%20paper_Estonian%20Fund%20For%20Nature%20\(May%202022\).pdf](https://media.voog.com/0000/0037/1265/files/LULUCF%20background%20paper_Estonian%20Fund%20For%20Nature%20(May%202022).pdf)

¹⁰⁶ **Naturvårdsverket.** 2022.09.29. Nettoinlagringen av koldioxid i växande träd minskar kraftigt.
<https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pressmeddelanden/nettoinlagringen-av-koldioxid-i-vaxande-trad-minskar-kraftigt/>

¹⁰⁷ **The Finnish Climate Change Panel.** 2022.05.25. Maankäyttösektorin nettoinlua on vahvistettava kiireellisesti.
<https://www.ilmastopaneeli.fi/tiedotteet/maankayttosektorin-nettonilua-on-vahvistettava-kiireellisesti/>

¹⁰⁸ **Booth, M S.** 2022. Burning Up the Carbon Sink: How the EU's Forest Biomass Policy Undermines Climate Mitigation, and How It Can be Reformed. PFPI.
<https://forestdefenders.eu/wp-content/uploads/2022/11/PFPI-Burning-up-the-carbon-sink-Nov-7-2022.pdf>

동인이 되는지 정확히 파악하기 어려운 AFOLU 부문 온실가스 산정을 넘어, 회원국의 국가기후에너지계획(national energy and climate plans, NECPs)에 미치는 영향의 평가를 요구한다. 현재 합의된 RED III는 각 회원국의 분석이 어떠한 방식으로 NECP를 참조할지 구체화하지 않았기에, 향후 각국의 평가에 귀추가 주목된다.

■ SBP 자발적 인증

SBP는 자발적 인증제의 하나로, 그린골드라벨(Green Gold Label, GGL), 국제지속가능저탄소인증(International Sustainability and Carbon Certification, ISCC) 등과 함께 바이오매스 생산을 촉진하고 이를 증명해 시장에서의 가치 창출을 목표로 한다. 인증제는 주로 환경파괴나 인권문제가 심각하다고 알려진 상품의 생산 과정을 대상으로 현지 법보다 높은 기준을 제시한다. 이를 준수하는 경우에만 '인증'을 하고, 이러한 사실을 관계 당국이나 소비자에게 알리는 방식으로 운용된다. 그러나 자발적 인증제는 그 취지상 업계의 이익을 대변하고 지속적인 산업 확대를 전제하기에, 한국의 대형 발전 중심 바이오매스의 감축에 기여할 수 없다. 또한, 해당 업계에 의해 발족하고 운영되는 경우가 대부분으로, 기준이 허술하고 이행이 부실하며, 감사가 제대로 이루어지지 않는다는 맹점이 있다.

SBP도 마찬가지로, 7개의 유럽 에너지 기업이 창립하여 시민사회의 참여 없이 운영 중이다. 2021년 기준 1,670만 톤의 목재펠릿이 SBP 인증을 받고 거래되었다.¹⁰⁹ 현재 EU RED가 인정하는 국제적인 산림바이오매스 자발적 인증은 SBP와 지속가능자원(Sustainable REsources Verification Scheme, SURE)이 있다. 일본도 최근 RED를 참고한 지속가능성 인정기준 도입을 추진하며, 기존 목재합법성 인증인 FSC, PEFC 등과 더불어 SBP와 GGL 인정을 검토하고 있는 것으로 알려졌다. 국내에서 SBP 인증을 받은 기업은 아직 없다.

- SBP 인증 기준의 한계

2013년 설립된 SBP는 지금도 표준 1.0을 운용 중이다. SBP 1.0은 산림보호를 위해 설계되었다고 볼 수 없으며, 그러한 역할을 했다는 사실도 찾을 수 없다. 오히려 EU RED와 마찬가지로 바이오매스의 연소 배출량을 무시하고 무배출 에너지로 취급하는 패착을 답습해 인증 체계를 근본적으로 무의미하게 만든다. 또한, FSC, PEFC 등 타 산림인증을 획득한 목재펠릿은 자동으로 SBP 기준을 충족하는 것으로 간주한다. 산림인증을 부착하고도 환경파괴로 문제가

¹⁰⁹ **SBP**. 2022. Sustainable Biomass Program Information Pack.

https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/03/SBP_InfoPack_Mar2022.pdf

되는 상품에 대해 아무런 대응을 할 수 없으며, 자연림의 목재 플랜테이션 전용도 SBP 위반 사항이 아니다. 이 외에도 미흡한 독립적 감사와 제대로 이루어지지 않는 현장 점검이 문제로 지적된다[표 19].

[표 19] SBP 1.0의 주요 문제점¹¹⁰

탄소 회계	산림 탄소 회계의 핵심 사항 무시
	다량의 고탄소 원료 예외 처리
	독립적인 감사가 아닌 자기 평가 허용
	효과적이지 않은 지역 단위의 방법론 허용
목재합법성 및 지속가능성	지속가능성의 지표로 합법성에 대한 과도한 의존
	명확하고 성과 기반의 기준의 부재
	대단위 지역 평가에 의존과 미흡한 현장 점검
	독립적인 감사가 아닌 자기 평가 허용
	검증에 있어 타 인증제 활용에 대한 의존
	생물다양성과 고보전가치(HCV) 산림 보호 부족
자연림의 플랜테이션 산림 전용 허용	

[표 20] SBP 표준 2.0의 주요 표준¹¹¹

표준 1: 원료 컴플라이언스	원료의 합법성, 수급 과정에서의 환경 및 탄소저장고 보호, 지역공동체 이익 관련
표준 2: 원료 검증	생산 기지 정의 및 맵핑, 추적가능성, 평가·보고·검증, 위험성 평가·관리, 이해관계자 참여 관련
표준 3: 인증 기관의 요건	SBP 인증과 관련된 모든 인증 활동을 수행하는 지정 인증 기관 관련
표준 4: 공급망 관리 연속성	관리체계, 원료 수급·취급, 추적가능성 관련
표준 5: 자료 수집과 소통	일반 원칙, 자료 수집 및 보고, 거래 및 클레임 관련
표준 6: 에너지 및 탄소 수지 계산	일반 원칙 및 온실가스 계산 관련

¹¹⁰ **NRDC.** 2017. The Sustainable Biomass Program: Smokescreen for Forest Destruction and Corporate Non-accountability. Fact Sheet를 바탕으로 저자 작성.

<https://www.nrdc.org/sites/default/files/sustainable-biomass-program-partnership-project-fs.pdf>

¹¹¹ **SBP.** SBP Standards v2.0을 바탕으로 저자 작성.

<https://sbp-cert.org/documents/normative-documents/version-2/standards-v2/> (2023.09.07 확인)

계속되는 비판 끝에, SBP는 2023년 8월 개선된 표준 2.0 시행을 시작했지만[표 20], 기존 인증 보유사는 2024년 11월까지 옛 표준 유지가 가능해 문제는 계속될 것으로 보인다.¹¹² 예전부터 계속되는 SBP 인증 바이오매스의 산림파괴 문제는 SBP와 해당 기업의 적극적인 해결 의지에 달려있다. 그러나, 미국 동남부의 산림을 파괴해 온 세계 최대 목재펠릿 업체 엔비바(Enviva)나 에스토니아에서 산림파괴를 이끌어 온 유럽 최대의 목재펠릿 업체 그라눌인베스트(Graanul Invest) 모두 SBP 인증과 EU RED 지속가능성 인정기준 충족을 명분으로 사업을 계속 확장하고 있다.

¹¹² **SBP**. Q&As: SBP Standards v2.0. <https://sbp-cert.org/documents/qas-for-sbp-standards-v2-0/> (2023.09.07 확인)

- SBP 인증 바이오매스의 산림파괴: 미국

엔비바가 울창한 자연림에서 벌목한 원목을 목재펠릿 원료로 사용한다는 사실은 2013년부터 알려져 왔다. 엔비바의 목재 수급 지역은 북미 해안 평원의 활엽수림으로, 세계적인 생물 다양성 중점지역으로 인정받는다. 엔비바도 SBP에 이러한 사실을 숨기지 않는다. 2021~2022년 동사의 아호스키(Ahoskie) 공장이 사용한 목재의 88%는 원목을 포함한 산림 바이오매스이며, 이중 산림관리 인증을 받은 목재는 단 12%에 불과했다.¹¹³ 엔비바는 자사의 원목을 '저등급'이라고 주장하지만, 이는 합의된 정의가 없는 자의적인 용어로, 그린워싱에 지나지 않는다.

엔비바가 보전 가치가 뛰어난 생태계를 벌목하며 SBP의 '지속가능성' 인증을 받을 수 있었던 이유는 SBP의 인증 기관인 SCS글로벌서비스와의 관계에 있다. 여느 자발적 인증제와 마찬가지로, SBP도 자사가 지정한 제3의 인증 기관에 회원사의 인증 기준 준수와 검증을 위임한다. 이러한 구조는 인증사를 최대한 확보해야 하는 SBP의 목표와 손쉬운 인증을 원하는 피인증사의 이익과 맞물려 제대로 작동하지 못하는 경우가 빈번하다. SBP는 인증 기관이 회사로부터 제출받은 자료 검토 외 충분한 추가 검증을 요구하지 않기에 인증 기관의 독립성 문제는 더욱 심각하다.¹¹⁴

SCS글로벌서비스는 모두베기를 포함한 일련의 양묘 작업이 산림을 복원하고 최상의 생태적 결과를 가져올 수 있다는 엔비바의 주장을 그대로 받아들였다. 엔비바의 주장을 검증할 수 있는 현장 점검은 엔비바 자신에 맡겨졌다. 엔비바는 수백 곳의 현장을 방문했고, 당연하게도 모든 지역이 각 기준을 충족하는 것으로 결론지었다.¹¹⁵ 결국, 2019년 한 해에만 3만 ha에 가까운 산림이 엔비바 목재펠릿 공장 지역에서 벌목되었으며,¹¹⁶ 대기오염, 소음, 악취 등을 유발하는 목재펠릿 공장은 저소득층·소수인종이 많은 지역사회에 위치해 환경정의 문제를 야기하고 있다.¹¹⁷ 엔비바의 SBP 인증 펠릿은 EU, 영국, 일본 등으로 수출된다.

¹¹³ **SBP**. 2022. Supply Base Report: Enviva Pellets, LLC – Ahoskie. Second Surveillance Audit.

<https://portal.sbp-cert.org/FileHandler.ashx?id=265F4039-C1BA-4AD5-B961-2B7882101526>

¹¹⁴ **NRDC**. 2017. The Sustainable Biomass Program: Smokescreen for Forest Destruction and Corporate Non-accountability. Fact Sheet.

<https://www.nrdc.org/sites/default/files/sustainable-biomass-program-partnership-project-fs.pdf>

¹¹⁵ **Biofuelwatch et al.** 2023. Sustainable Biomass Program: Certifying Paperwork without Looking at the Forests. <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/SBP-and-SDE-briefing-1.pdf>

¹¹⁶ **SELCC**. 2022.03.28. New Study Confirms Harmful Impacts of Biomass Industry.

<https://www.southernenvironment.org/news/new-study-confirms-harmful-impacts-of-biomass/>

¹¹⁷ **Grunwald, M.** 2021.03.26. The 'Green Energy' That Might Be Ruining the Planet. Politico.

<https://www.politico.com/news/magazine/2021/03/26/biomass-carbon-climate-politics-477620>

- SBP 인증 바이오매스의 산림파괴: 에스토니아

SBP가 채택한 6개의 국가·주 단위 지역 위험성 평가(regional risk assessment, RRA)는 실존하는 환경적 악영향을 무시한 채, 해당 지역의 모든 목재펠릿을 일괄적으로 인증해 주어 문제가 된다. RRA 지역의 기준 위반 위험이 낮은 것으로 평가되면, 해당 지역에서 생산되는 모든 목재펠릿에 대한 추가적인 조사와 보고가 면제된다. SBP가 인정한 에스토니아 RRA는 산림관리 인증이 없는 사유림에서 공급된 목재 외 모든 경우를 저위험으로 평가했다.¹¹⁸

유명무실한 RRA는 에스토니아 산림의 조류 개체수 감소와 벌목의 상관관계를 무시한다는 지적이 나온다. 에스토니아자연기금(Eestimaa Looduse Fond, ELF)은 최신 RRA 협의 과정에서 개암늪조와 큰점박이딱따구리를 포함한 7종을 우려 대상으로 지목했지만, 인증 기관인 프리퍼드바이네이처(Preferred by Nature)에 의해 기각되었다. 실제로 에스토니아의 산림 조류는 매년 약 5만 쌍씩 감소하고 있으며,¹¹⁹ 주요 원인으로 벌목 활동을 꼽을 수 있다.¹²⁰ 이는 벌목이 산림 조류에 위험을 끼치기에 펠릿 회사가 조사와 보고의 의무를 진다고 명시한 라트비아 RRA와도 배치된다.¹²¹

또한, 에스토니아의 산림이 과도한 벌목으로 순배출원이 되었음에도 불구하고, SBP는 이에 대한 문제의식이 없는 것으로 보인다. 에스토니아 RRA가 바이오매스용 벌목이 장기적으로 산림의 탄소 저장 능력을 축소하지 않는다고 주장했기 때문이다. 또한, 에스토니아 산림이 금세기 말까지 다시금 순흡수원이 될 것이라는 불확실한 기대에 기대어 지속적인 산림바이오매스 확대를 꾀하고 있다.¹²² 나아가, 그라놀인베스트는 RED가 금지하는 이탄지에서 목재를 수급하고 있는 것으로 알려졌지만, SBP는 토양 탄소 방출을 수반하는 배수 체계 개조를 허용한다.¹²³ 그라놀인베스트의 목재펠릿은 유럽 각지로 수출된다.

¹¹⁸ **SBP**. 2021. SBP-endorsed Regional Risk Assessment for Estonia.

https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2021/10/SBP-Endorsed-Regional-Risk-Assessment-for-Estonia-Minor-Update_Oct21-FINAL.pdf

¹¹⁹ **Nellis, R & Volke V**. 2019. Metsalindude arvukuse muutused perioodil 1983–2018. *Hirundo*, 32(1).

https://eoy.ee/hirundo/files/Nellisi_Volke_2019-1.pdf

¹²⁰ **Mägi, M**. 2019. Kevadsuviste raiete võimalik mõju metsalindudele ja seda leevendavad meetmed. Tartu Ülikool.

https://www.eoy.ee/pics/1154_kevadsuviste_raiete_voimalik_moju_metsalindudele_ja_seda_leevendavad_meetmed.pdf

¹²¹ **SBP**. 2017. SBP-endorsed Regional Risk Assessment for Latvia.

<https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2018/12/SBP-endorsed-Regional-Risk-Assessment-for-Latvia.pdf>

¹²² **SBP**. 2021. SBP-endorsed Regional Risk Assessment for Estonia.

https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2021/10/SBP-Endorsed-Regional-Risk-Assessment-for-Estonia-Minor-Update_Oct21-FINAL.pdf

¹²³ **Biofuelwatch et al**. 2023. Sustainable Biomass Program: Certifying Paperwork without Looking at the Forests.

<https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/SBP-and-SDE-briefing-1.pdf>

V. 산림바이오매스 정책 개선방안

대한민국에서 산림바이오매스 발전은 친환경 에너지라는 오해를 바탕으로 지난 10년간 급격히 성장했다. 그러나 바이오매스는 화석연료보다 온실가스를 많이 배출하고 국내외 산림파괴를 초래해 도리어 기후위기를 악화하고 있다. 꾸준히 늘어가는 목재펠릿 수입과 더불어 미이용 산림바이오매스 신규 도입은 기후적·환경적 악영향을 가중하기만 할 뿐이다.

이러한 '가짜 재생에너지'가 국내 2위 재생에너지가 될 수 있었던 이유는 바이오매스의 환경파괴에 눈감고, 업계 이익 보전만을 앞세운 정부 정책에 있다. 산림청은 국내 목재이용량의 절반을 미이용 바이오매스로 태우겠다는 목표를 내세웠으며, 산업통상자원부는 바이오매스의 성장 한계를 인지하면서도 태양광보다도 높은 REC 가중치를 지급하고 있다. 산림청이 검토하고 있는 해외의 지속가능성 인정기준은 바이오매스 감축의 도구가 아닌 또 다른 그린워싱으로 변질될 가능성이 높다. 오늘날 대한민국의 왜곡된 산림바이오매스 정책을 바로잡기 위해서는 국내 사정에 맞는 근본적인 정책 변화가 필요하다.

가. 정책 방향 재설정 및 생산 목표 철회

정부는 바이오매스가 청정 재생에너지와 동등할 수 없는 탄소배출 활동이라는 사실에 따라, 관련 산림·에너지 정책을 전면 수정한다. 산림청은 탄소중립 산림부문 추진전략에 명시된 미이용 산림바이오매스 목표 생산량을 철회하고, 이를 계승한 산림르네상스 추진전략과 제3차 탄소흡수원 종합계획에서도 해당 목표를 삭제한다. 나아가, 기후위기 대응과 탄소중립 달성을 위해서는 현재의 대형 화력발전소 중심의 산림바이오매스 발전을 지속할 수 없는 현실을 시인한다. 향후 정책 방향은 양적 목표 달성이 아닌, 석탄 혼소의 즉각적인 중단과 대형 발전소의 단계적 감축 및 폐쇄로 재설정한다. 산업통상자원부는 이러한 내용을 반영하여 11차 전기본에서 바이오에너지 발전 및 보급 전망을 하향 조정하며, 2030년대에 탈(脫)바이오매스를 목표한다.

- (산림청) 『산림르네상스' 추진 전략』, 『제3차 탄소흡수원 증진 종합계획』 전면 수정
- (산업부) 『제11차 전력수급기본계획』 수립 시 바이오에너지의 단계적 감축 포함

나. 원목과 수입산 바이오매스 사용 금지

산림청은 한정된 국내 목재자원 손실과 목재산업 생태계 교란을 초래하는 목재펠릿·칩에

투입되는 원목의 실태를 정확하게 파악한다. 또한, 산업통상자원부와의 협업을 통해 벌채부터 발전소와 REC 발급까지 모든 원료 처리 과정의 공급망 투명성·추적가능성을 확보한다. 원주 재급 이상 원목의 바이오매스 연료화를 원천적으로 금지하고, 타 용도로 활용될 수 없다는 사실이 증명될 때만 예외적으로 펠릿·칩화를 허용해 강제력 있는 단계적 이용 원칙을 시행한다. 국내 당국이 지속가능성을 확인·보장하기 어렵고, 수송 과정에서 막대한 온실가스를 배출하는 수입산 바이오매스는 단계적 감축 목표를 설정하며, REC 가중치를 일몰한다.

- (산림청) 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』, 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』, 『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』 및 하위법령 내 산림바이오매스 에너지 관련 내용에 목재의 단계적 이용 및 국산 바이오매스 원칙 의무화
- (산업부) 『신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침』 내 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지

다. 소규모 지역분산형 설비를 위한 미이용 산림바이오매스 이용

산림청은 현행 미이용 산림바이오매스의 정의 및 범위가 지나치게 넓고 허술할 뿐만 아니라, 바이오매스가 목적인 벌채를 촉진해 대형 발전사로의 공급이 확대되는 실태를 정확하게 파악한다. 미이용 제도의 본래 취지는 통상적인 임업 활동에서 발생하는 저부가가치 부산물을 자원순환 차원에서 활용하는 데에 있으므로, 지금과 같은 대면적 산지개발, 수확벌채 부산물, 자연재해로 인한 예방적 벌채 산물은 범위에서 제외한다. 지역에서 수집된 미이용 부산물은 해당 지역에서 소비될 수 있도록 우선권을 부여한다. 또한, 산업통상자원부와의 협업을 통해 비효율적이고 온실가스 배출이 많은 대형 전기 발전 전용 설비에서의 미이용 산림바이오매스 연소를 금지하고, 지역의 소규모 열병합·열난방 설비에서의 활용을 권장한다. 개편되는 REC 가중치와 한국형 녹색분류체계는 이러한 ‘한국형 지속가능성 인정기준’의 내용을 반영한다.

- (산림청) 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』, 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』, 『목재의 지속가능한 이용에 관한 법률』 및 하위법령 내 산림바이오매스 에너지 관련 내용에 미이용 산림바이오매스의 지속가능성 인정기준 근거 신설
- (산업부, 환경부) 『신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법』 및 하위법령, 『한국형 녹색분류체계』 내 바이오매스를 ‘지속가능한 바이오매스’로 재정의하고, 한국형 지속가능성 인정기준 근거 추가

라. 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지

산업통상자원부는 바이오매스 발전 확대의 가장 직접적인 원인이 되어 온 과도한 가중치를 2024년 4차 REC 가중치 정기 개편에서 폐지한다. 신규 설비의 경우 일반 목재펠릿·칩, 미이용 산림바이오매스, 바이오-SRF에 대한 가중치를 전·혼소, 원산지와 무관하게 모두 폐지한다. 2018년 이전에 가동 시작하여 경과조치 대상이었던 설비는 2025년까지 기존 가중치를 일몰하며, 2018년과 2023년 사이에 가동을 시작한 설비는 2028년까지 현행 가중치를 일몰한다. 단, 소규모 지역분산형 열병합·열난방 설비는 예외적으로 현행 미이용 산림바이오매스에 대한 가중치를 유지한다. 산림청과 환경부는 바이오매스 REC 축소에 맞춰 산업 전환 로드맵을 수립한다.

- (산업부) 『신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침』 내 바이오매스 REC 가중치 일몰 및 폐지
- (산림청, 환경부) '바이오매스 산업 전환 로드맵' 수립

참고문헌

국문자료

- 강한들. 2022.08.01. 영국의 세계 최대 바이오매스 발전소가 그린워싱 논란? 경향신문.
<https://www.khan.co.kr/environment/environment-general/article/202208011606001>
- 국립산림과학원. 2021.06.07. 방치보다 가치있는 미이용 산림 내 목재자원(산림바이오매스)의 이용.
- 국립산림과학원고시 제2020-3호. 목재제품의 규격과 품질기준.
- 김민제. 2021.02.23. 과학자들 “바이오에너지, 화석연료 대체 못해” 공동 성명. 한겨레.
<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/984187.html>
- 김수진, 김혜린, 송한새, 정신영, 조진서. 2022. 대한민국, 산림파괴를 수입하다: 산림벌채 고위험 상품 공급망 리스크 분석과 공급망 실사의 필요성. 공익법센터 어필, 기후솔루션, 환경운동연합.
<https://forourclimate.org/sub/data/view.htmlidx74>
- 김수진, 김주진. 2019. 바이오매스가 기후변화를 막을 수 있을까? 만들어진 오해와 진실: 한국 바이오매스 정책의 현주소와 문제점. 기후솔루션.
- 김지윤, 강혜인, 이명주.
2023.03.02. [삼림파괴 주식회사]②친환경 연료 만든다며 동남아 환경 파괴..공급망 추적. 뉴스타파.
<https://newstapa.org/article/kWTke>
- 김형준. 2023.07.07. [바이오매스의 두 얼굴]① [르포] 썰렁한 목재 야적장, 우드칩 신고 줄 선 발전소...바이오매스 5년, 땀감 신세 나무들. 한국일보.
<https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2023062916140005367>
- 관세청. 수출입무역통계. <https://unipass.customs.go.kr/ets/>
- 산림청. 2023. 제3차 탄소흡수원 증진 종합계획.
- 산림청. 2013-2023. 목재수급실적.
https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_04_03_02&cmsId=FC_003649
- 산림청. 2022.01.10. 탄소중립 실현을 위한 산림정책 본격 추진.
<https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156490876>
- 산림청. 2022. 2021년 기준 목재이용실태조사.
- 산림청. 2021. 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략(안).
- 산림청. 2021. 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략.
- 산림청고시 제2022-82호. 산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정.
- 산림청고시 제2019-70호. 원목 규격 고시.
- 산림청. 미이용 산림바이오매스 공급(이용)량.
https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565
- 산림청. 미이용 산림바이오매스 증명절차 절차도.
https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_02&cmsId=FC_003564

산림청. 목재펠릿 제조시설 현황.

https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_04_02&cmsId=FC_000811

산림청. 벌채목적별 미이용 산림바이오매스 증명서 확인 현황.

https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565

산림청. 연도별 목재펠릿 생산량.

https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_04_02&cmsId=FC_000811

산림청. 지역별 미이용 산림바이오매스 증명서 발급현황(이용기준).

https://www.forest.go.kr/kfswb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_01_11_07_03&cmsId=FC_003565

산업통상자원부. 2023. 제10차 전력수급기본계획.

산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 발전 현황. 국회 제출 자료.

산업통상자원부. 2023. 전국 바이오매스 연료 사용 현황. 국회 제출 자료.

산업통상자원부. 2021.09.01. 민간3사*, 국내 바이오매스(생물에너지원) 활성화를 위해 발 벗고 나서다.

https://motie.go.kr/motie/gov_info/gov_openinfo/sajun/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=164505&bbs_cd_n=81

산업통상자원부고시 제2023-158호. 신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침.

송한새, 임장혁. 2022. 재생에너지 전환을 방해하는 그린워싱, 바이오매스. 기후솔루션.

안현진. 2021. 국가별 목재합법성 위험 평가. 세계농업, 240.

<https://repository.krei.re.kr/bitstream/2018.oak/26186/1/E03-2021-03-03.pdf>

양지윤, 이재정, 정한섭, 한상훈, 이수민. 2022. 미이용 산림바이오매스 공급에 있어 수확별채의 원목 혼입량 추정. 신재생에너지, 18(4). DOI: 10.7849/ksnre.2022.0038

에너지경제연구원. 2021. RPS 신재생에너지원별 기술경제성 분석 및 제도 개선 연구.

이상복. 2019.01.14. '골리앗' 바이오매스 발전소들의 역습. 이투뉴스.

<http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=206400>

전력거래소. 2023. 2023년도 1분기 발전소 건설사업 추진현황.

https://www.kpx.or.kr/board.es?mid=a10403040000&bid=0040&act=view&list_no=69518

전력거래소. 전력통계정보시스템. 발전연료 사용량 추이.

<https://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeFfuChart.do?menuId=060200>

정연수. 2022. 목재의 지속가능한 이용에 관한 법류 일부개정법률안 검토보고. 제395회국회(임시회) 제1차 농림축산식품해양수산위원회.

https://likms.assembly.go.kr/bill/billDetail.do?billId=PRC_B2G1D1W2N2L1C0T9U4J8F4T4N6H4F9

조상민. 2021. RPS제도 REC 가중치 개편 방안. 산업통상자원부 & 에너지경제연구원.

최수형. 2021. 바이오에너지의 탄소부채 최소화를 위한 수학적 계획법. 청정에너지기술, 27(3).

DOI: 10.7464/ksct.2021.27.3.269

환경부. 2023. 바이오매스 사용에 따른 온실가스 배출량 제외량. 국회 제출 자료.

환경부고시 제2018-73호. 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침.

한국농수산물유통공사. 2023. EU 산림 전용 방지 규정 채택과 향후 대응방향. 수출정보분석부.

한국에너지공단. 2023. 신재생에너지 공급의무화(RPS) 설치확인 및 REC발급 현황 개방 정보.

<https://www.data.go.kr/data/3075801/fileData.do>

한국에너지공단. 신·재생에너지 공급의무화제도(RPS).

http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_energy/RPS_01.asp

한국에너지공단 신재생에너지센터. 2022. 2021년 신재생에너지 보급통계.

<https://www.knrec.or.kr/biz/pds/statistic/view.do?no=170>

황욱, 서현정, 이민철. 2018. 통계자료에 근거한 한국 연료연소 발전원별 이산화탄소 배출지수 비교.

대한기계학회논문집 B권, 42(2). DOI: 10.3795/KSME-B.2018.42.2.111

해외자료

Biofuelwatch, Estonian Fund for Nature, Dogwood Alliance, Comité Schone Lucht NL & Leefmilieu.

2023. Sustainable Biomass Program: Certifying Paperwork without Looking at the Forests.

<https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/SBP-and-SDE-briefing-1.pdf>

Booth, M S. 2022. Burning Up the Carbon Sink: How the EU's Forest Biomass Policy Undermines Climate Mitigation, and How It Can be Reformed. PFPI.

<https://forestdefenders.eu/wp-content/uploads/2022/11/PFPI-Burning-up-the-carbon-sink-Nov-7-2022.pdf>

Booth, M S & Mitchell, B.

2020. Paper Tiger: Why the EU's RED II Biomass Sustainability Criteria Fail Forests and the Climate.

<https://www.pfpi.net/paper-tiger-report-shows-new-eu-biomass-rules-greenlight-increased-forest-destruction/>

Brack, D, Birdsey, R & Walker, W. 2021. Greenhouse gas emissions from burning US-sourced woody biomass in the EU and UK. Chatham House.

<https://www.chathamhouse.org/2021/10/greenhouse-gas-emissions-burning-us-sourced-woody-biomass-eu-and-uk>

Camia, A, et al. 2021. The Use of Woody Biomass for Energy Production in the EU. Publication Office of the European Union. DOI: 10.2760/428400

Catanoso, J. 2023.01.23. The EU banned Russian wood pellet imports; South Korea took them all. Mongabay.

<https://news.mongabay.com/2023/01/the-eu-banned-russian-wood-pellet-imports-south-korea-took-them-all/>

Crowley, J & Robinson, T.

2022.10.03. Drax: UK power station owner cuts down primary forests in Canada. BBC.

<https://www.bbc.com/news/science-environment-63089348>

Climate Change Performance Index. 2022. Republic of Korea.

<https://ccpi.org/country/kor/>

EarthSight. 2022.11.03. Russia's timber oligarchs.

<https://www.earthsight.org.uk/news/analysis/russias-timber-oligarchs>

European Commission. 2023. Outcome of the Proceedings. 10794/23.

<https://www.consilium.europa.eu/media/65109/st10794-en23.pdf>

Estonia Fund for Nature.

2022. Background Paper: Logging and Carbon Storage in Estonia and What Can be Done.

[https://media.voog.com/0000/0037/1265/files/LULUCF%20background%20paper_Estonian%20Fund%20For%20Nature%20\(May%202022\).pdf](https://media.voog.com/0000/0037/1265/files/LULUCF%20background%20paper_Estonian%20Fund%20For%20Nature%20(May%202022).pdf)

Fern. 2023.03.30. EU's Revised Renewable Energy Directive Fails to Address the Realities of the Climate and Biodiversity Crisis.

<https://www.fern.org/publications-insight/eus-revised-renewable-energy-directive-fails-to-address-the-realities-of-the-climate-and-biodiversity-crisis-2647/>

The Finnish Climate Change Panel. 2022.05.25. Maankäyttösektorin nettoielua on vahvistettava kiireellisesti.

<https://www.ilmastopaneeli.fi/tiedotteet/maankayttosektorin-nettonielua-on-vahvistettava-kiireellisesti/>

Forest Stewardship Council. 2023.05.15. Launch of Transaction Verification Loop in Vietnam.

<https://fsc.org/en/newscentre/integrity-and-disputes/launch-of-transaction-verification-loop-in-vietnam>

Forest Stewardship Council. 2023.01.13. Integrity of Wood Pellets Supply Chains at Risk.

<https://fsc.org/en/newscentre/integrity-and-disputes/integrity-of-wood-pellets-supply-chains-at-risk>

Grunwald, M. 2021.03.26. The 'Green Energy' That Might Be Ruining the Planet. Politico.

<https://www.politico.com/news/magazine/2021/03/26/biomass-carbon-climate-politics-477620>

Harrison, T & Fox, H. 2023. Biomass plant is UK's top emitter. Ember.

<https://ember-climate.org/insights/research/drax-co2-emissions-biomass/>

Hurtes, S & Cai, W. 2022.09.07. Europe is sacrificing its ancient forests for energy. The New York Times.

<https://www.nytimes.com/interactive/2022/09/07/world/europe/eu-logging-wood-pellets.html>

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. IPCC Sixth Assessment Report. Working Group III. Mitigation of Climate Change. Figure: SPM.7.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-7/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. FAQs.

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html>

International Renewable Energy Agency. 2023. Renewable Power Generation in 2022.

<https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>

Laganière, J, Paré, D, Thiffault, E & Bernier, P Y. 2017. Range and uncertainties in estimating delays in greenhouse gas mitigation potential of forest bioenergy sourced from Canadian forests.

GCB-Bioenergy, 9(2). DOI: 10.1111/gcbb.12327

Naturvårdsverket. 2022.09.29. Nettoinlagringen av koldioxid i växande träd minskar kraftigt.

<https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pressmeddelanden/nettoinlagringen-av-koldioxid-i-vaxande-trad-minskar-kraftigt/>

Mägi, M.

2019. Kevadsuviste raiete võimalik mõju metsalindudele ja seda leevendavad meetmed. Tartu Ülikool.
https://www.eoy.ee/pics/1154_kevadsuviste_raiete_voimalik_muju_metsalindudele_ja_seda_leevendavad_meetmed.pdf

Nellis, R & Volke V. 2019. Metsalindude arvukuse muutused perioodil 1983–2018. Hirundo, 32(1).

https://eoy.ee/hirundo/files/Nellisi_Volke_2019-1.pdf

Nicholas, H N. 2021.09.29. Monitoring reveals Indonesia's 'legal timber' scheme riddled with violations. Mongabay. <https://news.mongabay.com/2021/09/monitoring-reveals-indonesias-legal-timber-scheme-riddled-with-violations/>

Natural Resources Defense Council. 2017. The Sustainable Biomass Program: Smokescreen for Forest Destruction and Corporate Non-accountability. Fact Sheet.

<https://www.nrdc.org/sites/default/files/sustainable-biomass-program-partnership-project-fs.pdf>

Natural Resources Defense Council. 2015. Think Wood Pellets are Green? Think Again. NRDC Issue Brief.

<https://www.nrdc.org/sites/default/files/bioenergy-modelling-IB.pdf>

Phuc, T X, Cam, C T & Huy T L. 2021. Vietnamese Imports of High-risk Timber: Current Status and Control Mechanisms. Forest Policy Trade and Finance Initiative.

<https://www.forest-trends.org/publications/vietnamese-imports-of-high-risk-timber/>

Pinnacle Renewable Holdings Inc. 2018.06.27. Pinnacle Renewable Holdings announces new off-take contracts in South Korea and Japan. Cision.

<https://www.newswire.ca/news-releases/pinnacle-renewable-holdings-announces-new-off-take-contracts-in-south-korea-and-japan-686668701.html>

Popkin, G. 2021.04.19. There's a booming business in America's forests. Some aren't happy about it. The New York Times.

<https://www.nytimes.com/2021/04/19/climate/wood-pellet-industry-climate.html>

Pulles, T, Gillenwater, M & Radunsky, K. 2022. CO2 emissions from biomass combustion

Accounting of CO2 emissions from biomass under the UNFCCC. Carbon Management, 13(1).

DOI: 10.1080/17583004.2022.2067456

Sustainable Biomass Program. 2022. Sustainable Biomass Program Information Pack.

https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/03/SBP_InfoPack_Mar2022.pdf

Sustainable Biomass Program. 2022. Supply Base Report: Enviva Pellets, LLC – Ahsoskie. Second Surveillance Audit.

<https://portal.sbp-cert.org/FileHandler.ashx?id=265F4039-C1BA-4AD5-B961-2B7882101526>

Sustainable Biomass Program. 2021. SBP-endorsed Regional Risk Assessment for Estonia.

https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2021/10/SBP-Endorsed-Regional-Risk-Assessment-for-Estonia-Minor-Update_Oct21-FINAL.pdf

- Sustainable Biomass Program.** 2017. SBP-endorsed Regional Risk Assessment for Latvia.
<https://sbpcert.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2018/12/SBP-endorsed-Regional-Risk-Assessment-for-Latvia.pdf>
- Sustainable Biomass Program.** Q&As: SBP Standards v2.0.
<https://sbp-cert.org/documents/qas-for-sbp-standards-v2-0/>
- Sustainable Biomass Program.** SBP Standards v2.0.
<https://sbp-cert.org/documents/normative-documents/version-2/standards-v2/>
- Southern Environmental Law Center.** 2022.03.28. New Study Confirms Harmful Impacts of Biomass Industry.
<https://www.southernenvironment.org/news/new-study-confirms-harmful-impacts-of-biomass/>
- Stand.earth.** 2020. Canada's Growing Wood Pellet Export Industry Threatens Forests, Wildlife and Our Climate.
<https://stand.earth/wp-content/uploads/2022/10/report-canada-wood-pellet-industry.pdf>
- Stand.earth.** 2021. Risk Map: Pellet Facility Threatens Primary Forest and Caribou Habitat.
<https://stand.earth/resources/risk-map-pellet-facility-threatens-primary-forest-and-caribou-habitat/>
- Sterman, J D, Moomaw, W, Rooney-Varga, J N & Siegel, L.** 2022. Does wood bioenergy help or harm the climate? Bulletin of the Atomic Scientists, 78(3). DOI: 10.1080/00963402.2022.2062933
- Sterman, J D, Siegel, L & Rooney-Varga, J N.** 2018. Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. Environmental Research Letters, 13(1). DOI: 10.1088/1748-9326/aaa512
- Trend Asia.** 2022. Battle on Emission Reduction Claims.
<https://trendasia.org/wp-content/uploads/2022/11/Battle-on-Emission-Reduction-Claims.pdf>
- United Nations.** UN Comtrade Database.
<https://comtradeplus.un.org/>

발행 **국회의원 윤미향**

연구책임자 **송한새 기후솔루션 연구원**

연구 **윤미향 의원실**

SFO°C
기후솔루션 Solutions for
Our Climate

발행일 **2023년 10월**



대한민국 산림의 땀감화

산림바이오매스 에너지 정책의 문제와 개선방안