
일본의 ETBE 도입 배경과 전망

Shinya Yokoyama 교수

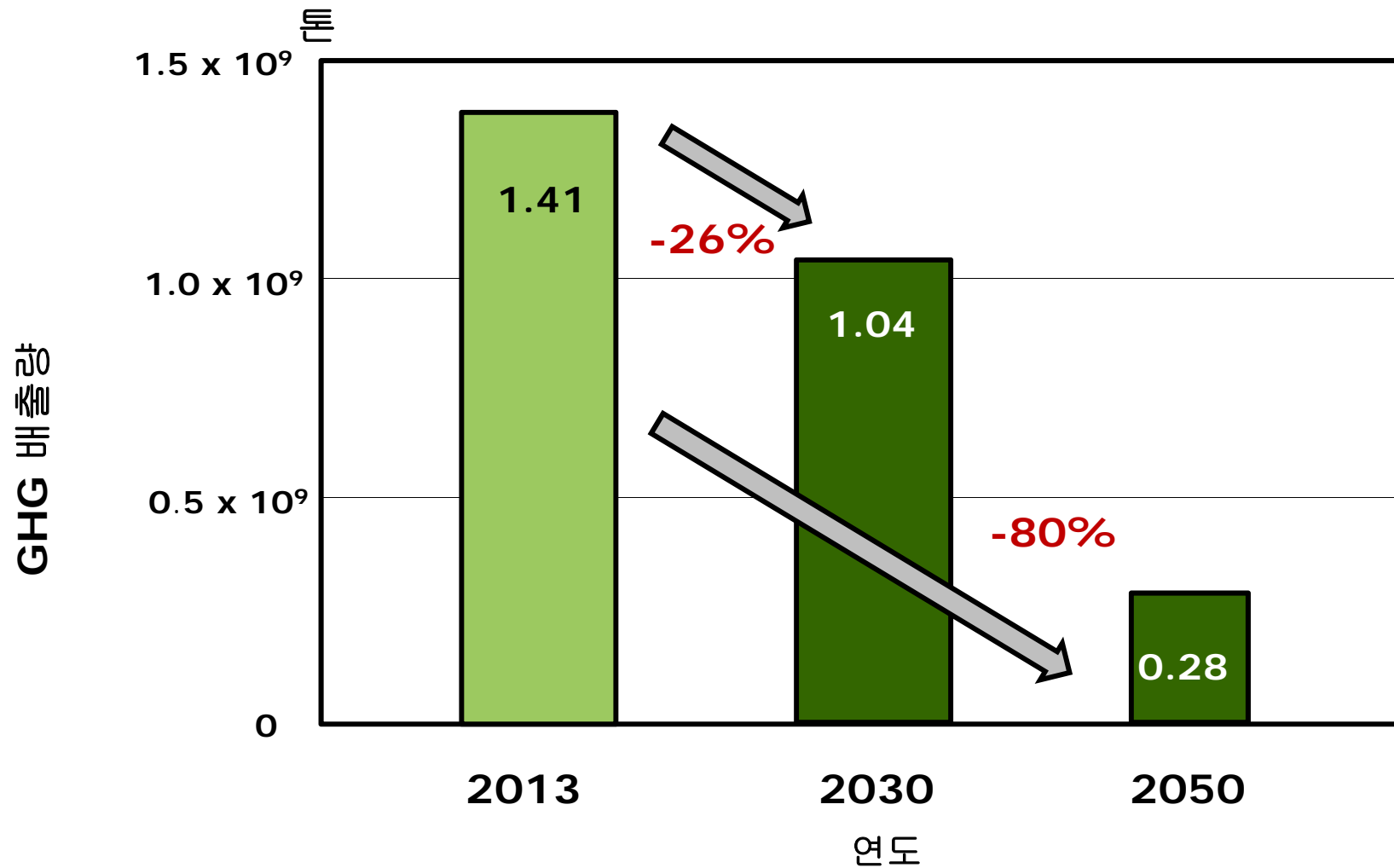
돗토리환경대학

(Tottori University of Environmental Studies)

일본의 GHG 감축 계획

일본의 CO₂ 배출 규모는 2013년 기준 14.1 억톤으로서, 전세계 배출량의 3.5% 차지. 일본은 파리협정 (Paris Agreement)에 따라 INDC 감축목표를 2015년 UN에 제출함. 2030년까지 2013년 대비 26% 감축하는 중기 목표와 2050년까지 80% 감축하는 장기 목표가 수립. INDC에는 산업, 수송, 가정, 기업 및 에너지 전환 등 전 부문별 이행조치와 파리협정 (Paris Agreement) 목표 달성을 위한 중앙·지방 정부 차원의 이행조치도 제시됨.

일본의 중장기 감축목표



2013년 기준 GHG 배출량

2013년 기준, 일본의 GHG 배출규모는 CO2 기준 14.1억 톤으로, 구성비는 다음과 같음;

산업 부문	:	34.8 %
수송 부문	:	18.3 %
가정 부문	:	16.3%
기업 부문	:	22.6%
에너지 부문	:	8.2 %

수송 부문이 전체 배출의 20% 가량 차지. 수송용 연료는 가솔린(56%), 디젤 (30%), 중유 (5%)로 구성. 2030년까지 CO2 배출을 2013년 대비 26% 감축하려면 수송 부문에서 6700만 톤의 CO2 감축이 요구됨.

일본의 감축 정책

2011, 에너지 안보와 효율 및 환경적 영향 등을 반영하여 연간 바이오에탄올 **83만 kL** (가솔린 환산 **50만 kL** 규모)를 도입해 가솔린에 혼합하도록 하는 법안이 제정됨.

법안의 시효는 **2018**년까지였으나 **2023**년으로 연장됨. **GHG** 감축 목표는 **50%**에서 **55%**로 상향 조정됨. 그러나, 국내 에탄올 수급이 힘든 관계로 수입산 에탄올에 의존할 수 밖에 없는 상황. 브라질에서 생산된 에탄올을 미국으로 운반 후 **ETBE**(에틸t-부틸 에테르; 바이오에탄올을 가공한 첨가물)로 전환하여 일본으로 운송 후 가솔린과 혼합하여 사용함.

GHG 감축비율

GHG 감축비율은 다음과 같이 정의됨;

$$\begin{aligned} & \text{GHG 감축비율 (\%)} \\ & = (1 - B/A) \times 100 \end{aligned}$$

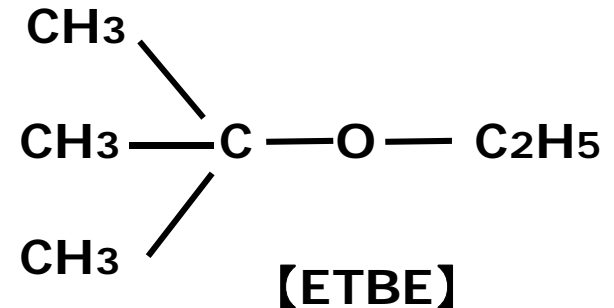
A : 가솔린으로 인한 **GHG** 배출량

B : 바이오에탄올 생산으로 인한 **GHG** 배출량

* 해당값은 **LCA**를 기초로 도출. 광업, 정유, 수송, (가솔린)연소로 인한 **GHG** 배출량은 가솔린으로 인한 **GHG**에 포함됨.

왜 에탄올 대신 ETBE인가?

가솔린에 에탄올을 혼합할 경우 증기압(vapor pressure)이 높아져 증발가스(evaporative emission) 배출이 증가하여 스모그 생성을 촉진할 수 있음.



ETBE는 에탄올 직배합의 바람직한 물성을 모두 제공하면서 혼합액의 증기압을 낮춰줌.

ETBE의 물성	
밀도 (g/cm ³)	0.75
끓는점 (°C)	92
옥탄가	118
발열량 (MJ/kg)	36

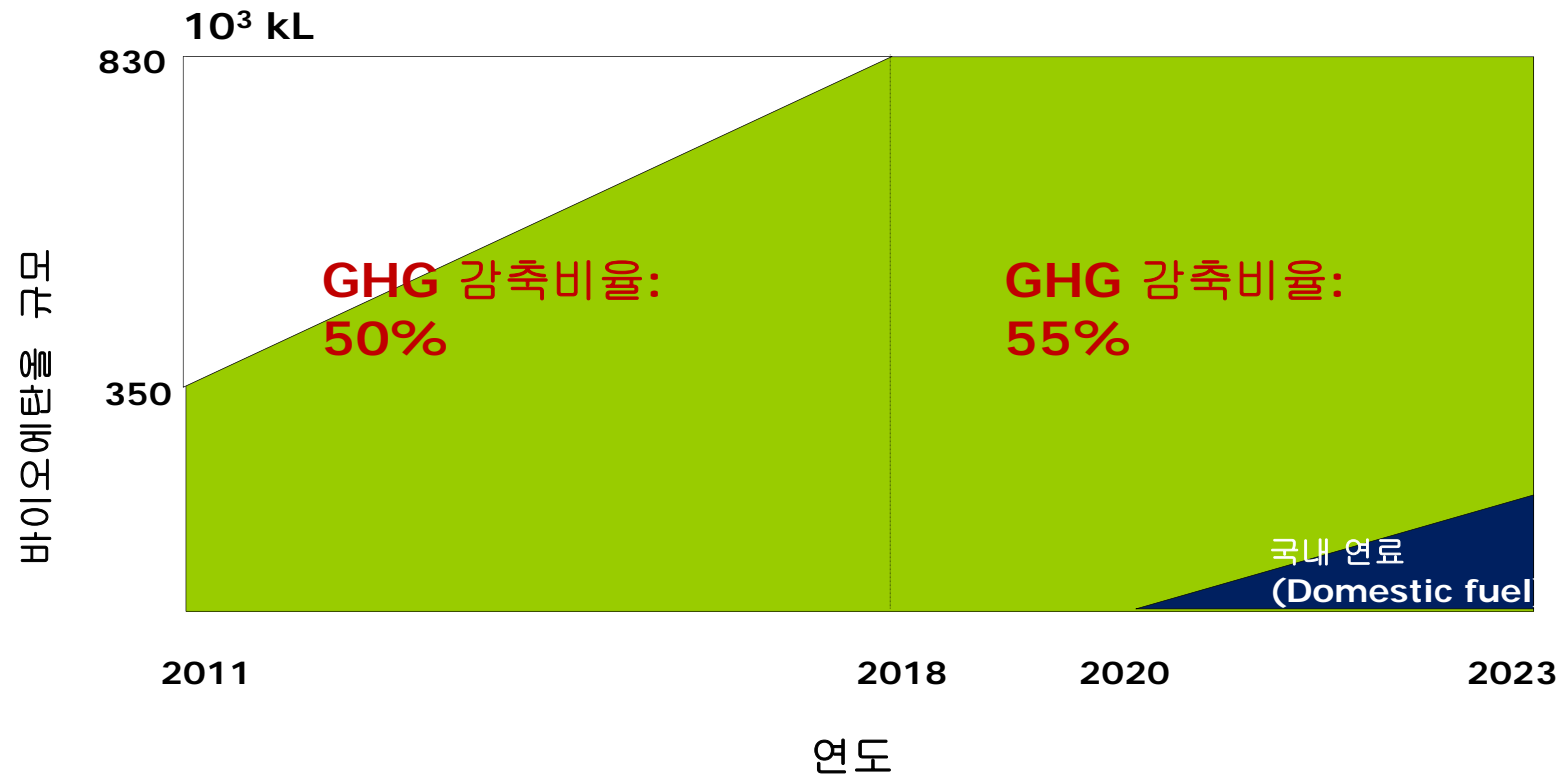
일본 내 E3 현황



ETBE 7%(에탄올 3% 혼입에 상응)
가솔린 배합이 사용됨. 즉, E3 보급.

2017년, 일본의 가솔린 소비는 대략
5000만 kL였으며, 83만 kL
규모의 (가솔린 환산 50만 kL)
바이오에탄올이 도입되면서 E2에 준하는
수준으로 평가됨.

바이오에탄올 도입 순서



왜 55%인가 ?

일본은 에탄올 도입의무제도로 **2017년 GHG 50%** 감축을 달성함. 다만, 바이오매스 발전의 **GHG** 감축효과를 고려하여 **2018년 감축목표가 55%**로 상향됨.

바이오에탄올 도입에 따른 **GHG** 감축비율은 여타 바이오매스 전환기술 대비 경쟁력을 확보해야 함.

목질계(**Woody biomass**) 바이오매스 발전의 경우 발전소 규모 **5700kW**와 설비이용률(**capacity factor**) **87%** 기준, **GHG** 감축비율이 **56.5%** 수준으로 평가되기 때문에 **GHG** 감축목표가 **50%**에서 **55%**로 상향됨.



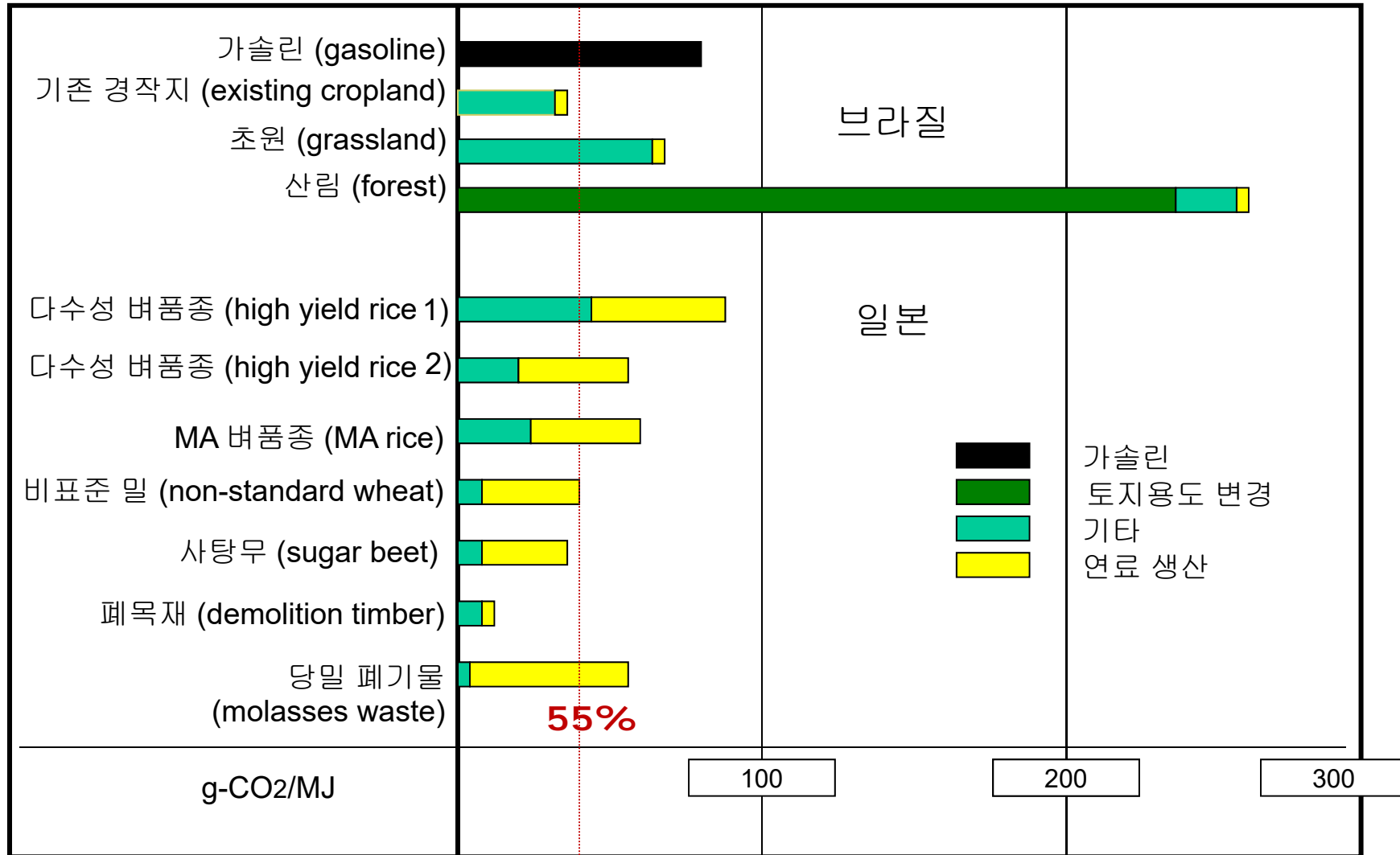
수입 에탄올의 GHG 감축비율

바이오에탄올 생산에 따른 **GHG** 감축비율 산출을 위해서는 다음과 같은 요인들을 고려해야 함

- * 농작물 재배 (농기계, 비료, 화학품 등)
- * 농작물 운송
- * 에탄올 생산
- * 제품 운송
- * 토지용도 변경

LCA 를 토대로 평가한 결과, 브라질산 에탄올의 경우 사탕수수(annual)가 아닌 다년생(perennial)으로 분류함에 따라 **GHG** 감축비율이 56%에서 60%로 개선됨. 미국산 에탄올의 경우, **GHG** 감축비율이 22%에서 48%로 큰폭 개선됨.

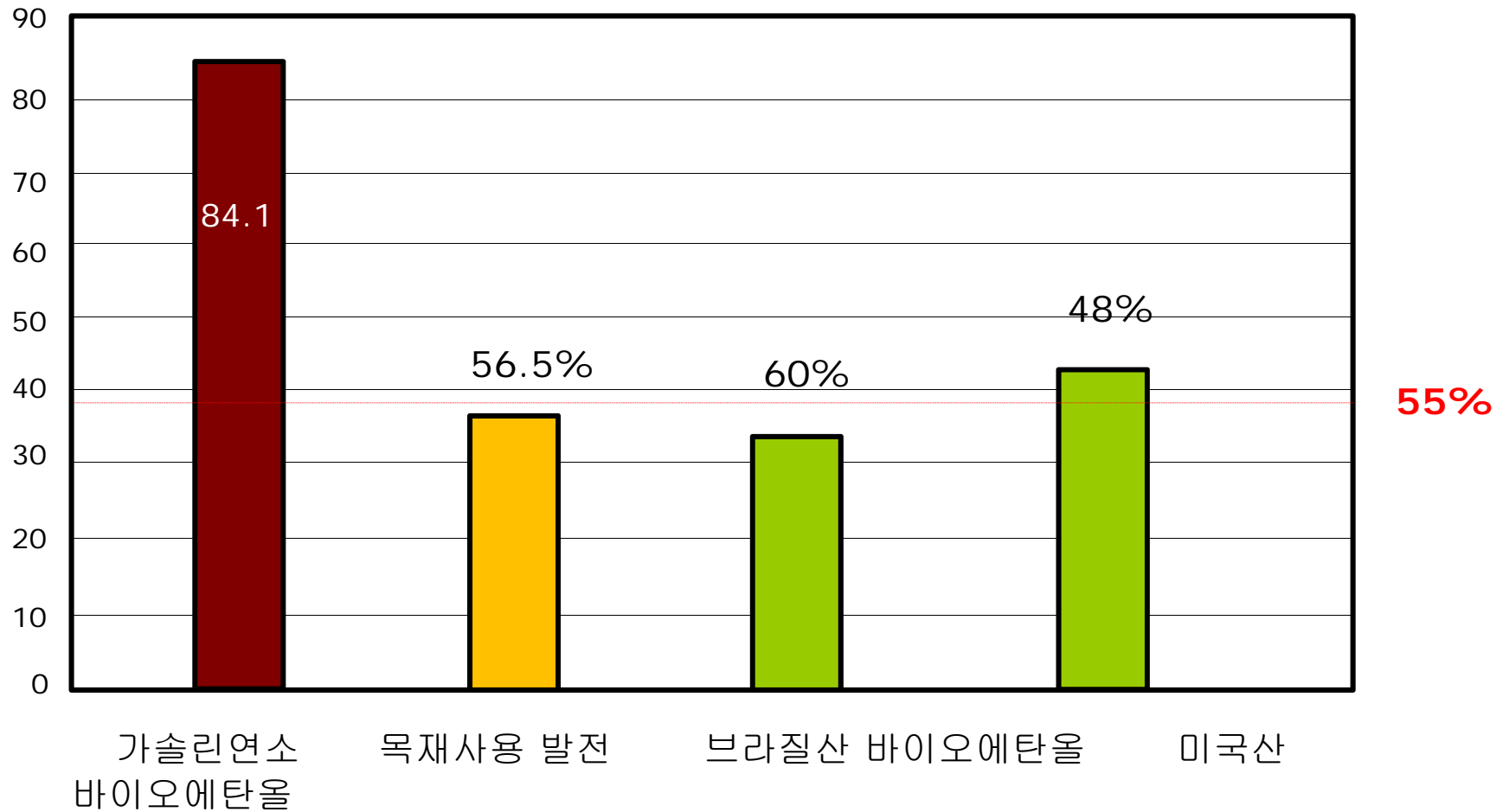
바이오에탄올의 GHG 배출량(LCA)



출처: 일본 자원에너지청, 경제산업성

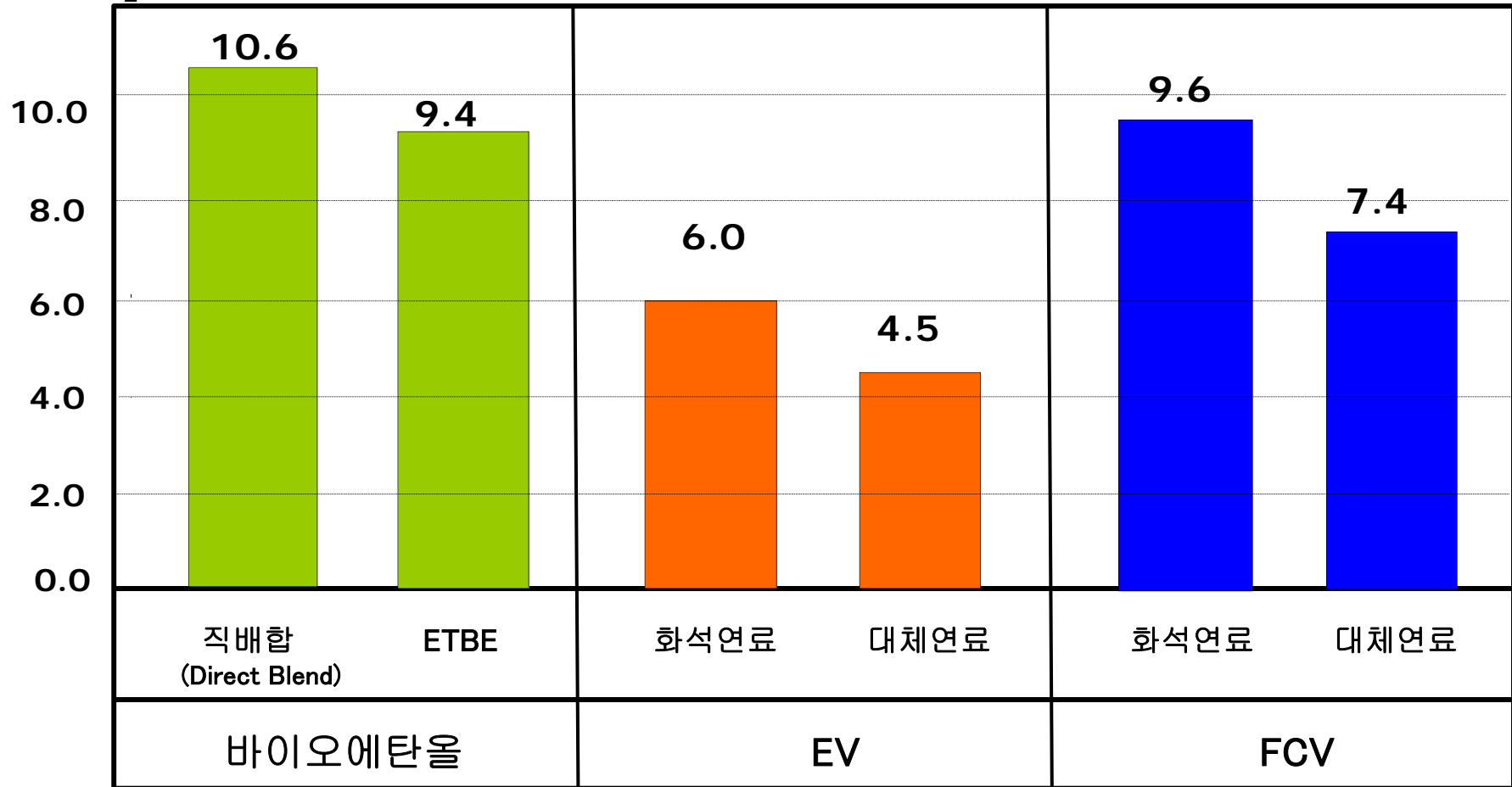
GHG 배출량

gCO₂/MJ

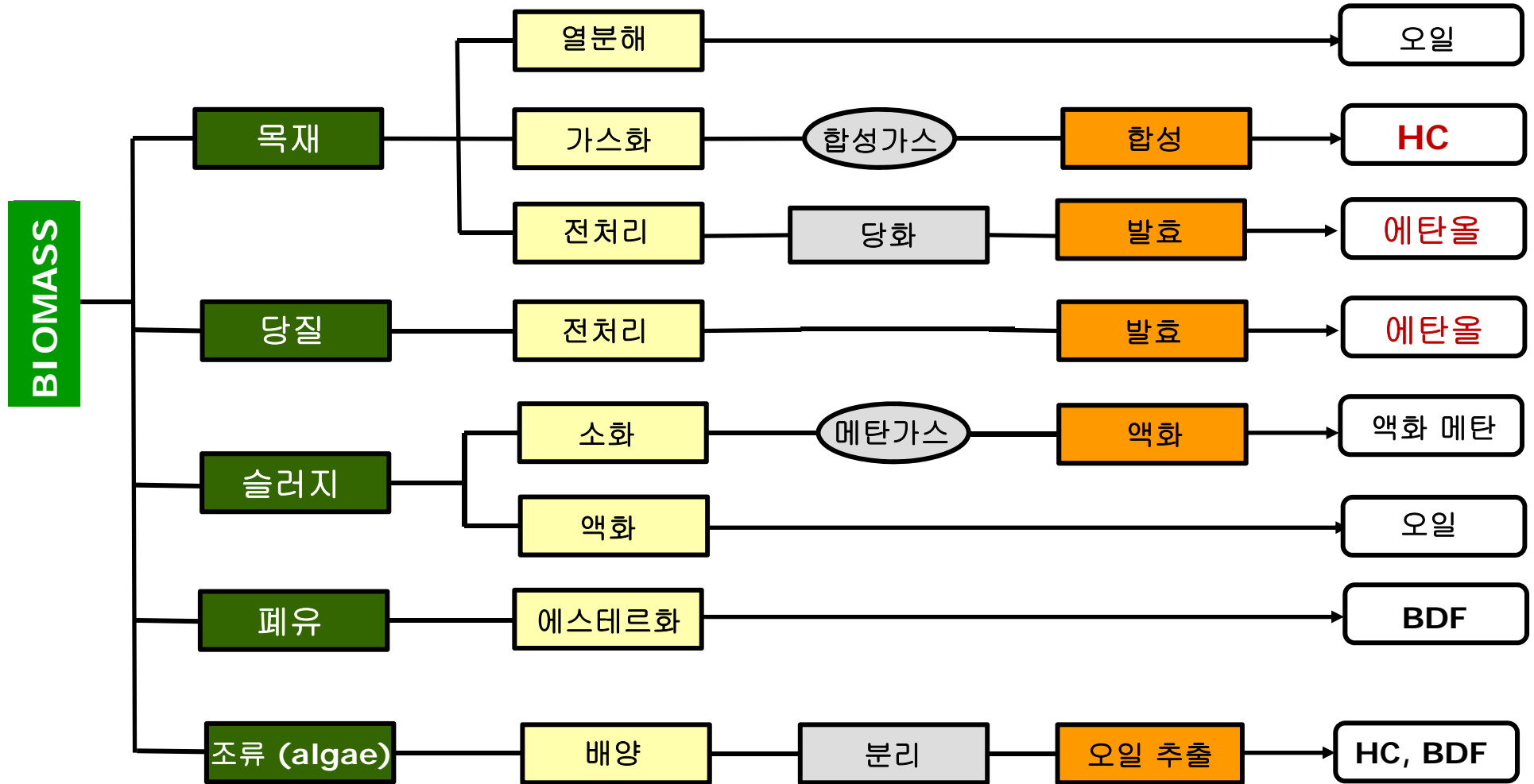


GHG 감축비용

\10⁴/t-CO₂

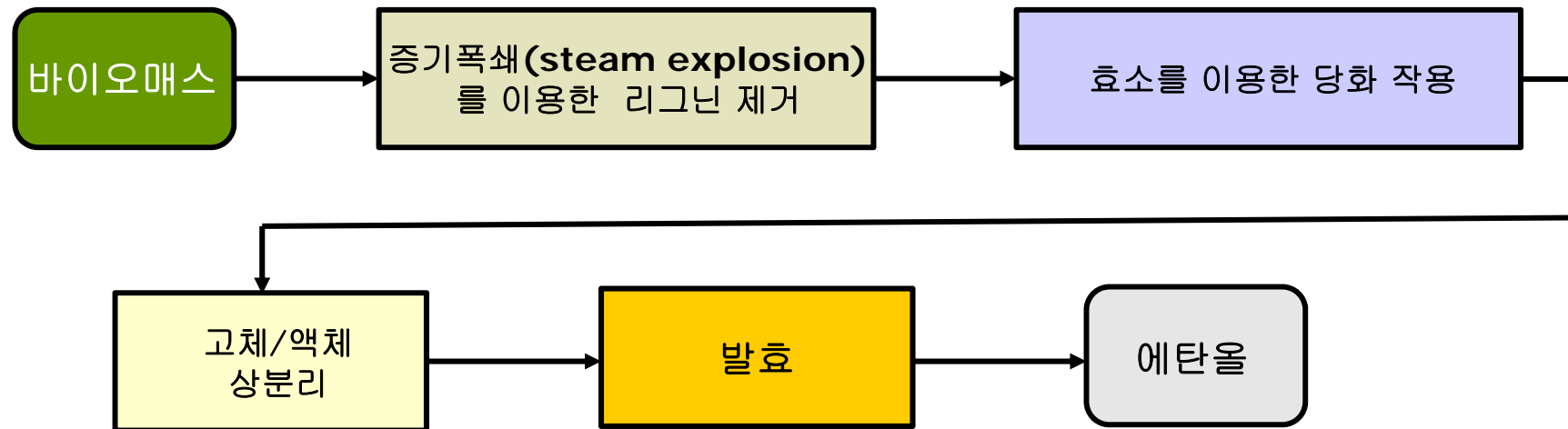


바이오연료 생산 공정



2세대 바이오에탄올

일본 신에너지·산업기술개발기구(NEDO)에서 지원하는 2세대 바이오에탄올 프로젝트실증 시험에서는 폐자제 원료를 사용함.

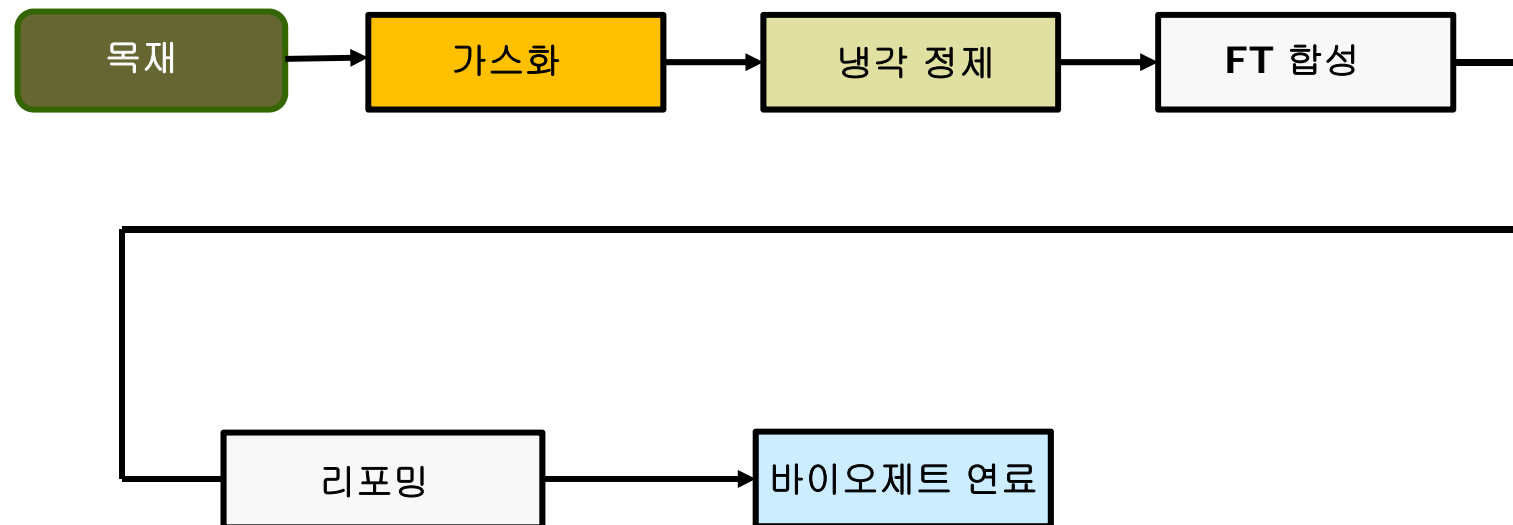


보고된 결과에 따르면, **EPR은 2 이상이며 GHG 감축비율은 55%를 상회함.**

자료: NEDO 보고서 "차세대 바이오에탄올을 위한 R&D", 2017

바이오매스액화 (BTL, Biomass to Liquid)

NEDO 프로젝트에서는 바이오제트 연료(**biojet fuel**) 생산을 위해 첨단 분류층 가스화기(**entrained type gasifier**)와 다중채널합성(**micro-channel type synthesis**)을 적용함. 작은 조각으로(4 ~ 5mm) 분쇄된 목재는 가스화되며, 이후 제트연료에 적합한 오일로 전환됨 (**ASTM D7566**).



요약 정리

에너지 안보 및 효율, 환경적 영향 등을 고려해 일본에서는 2011년도부터 가솔린 500,000 kL 상당의 바이오에탄올 (830,000 kL) 도입이 시행됨. 2017년까지 바이오에탄올 생산의 점진적 증가를 지원하기 위하여 관련 인프라가 제공됨. 배합률은 E3 적용. 다만 직배합(**direct blending**) 대신 **ETBE**가 채택되었으며, 7년간의 시행 후 관련법의 시효가 2023까지 연장됨. 브라질에서 생산된 에탄올을 미국에서 **ETBE**로 전환 후 일본으로 운송함.

2018, 법률이 개정되면서 **GHG** 감축비율이 50%에서 55%로 상향 조정됨. 가중평균기준, 목표 감축비율(55%)을 충족할 경우, 브라질 외 미국에서도 에탄올 수입이 가능함.

2세대 에탄올과 바이오제트 연료 등 신규 수송연료 생산을 위한 **R&D** 연구가 높은 기대감 속에서 촉진되고 있음.



감사합니다!

Shinya YOKOYAMA
yokoyama@kankyo-u.ac.jp