運輸部門のCO_2削減策としてのバイオエタノール導入の有効性

2020年12月3日

NEED（日本環境エネルギー開発株式会社）
澤　　一　　誠

プロフィール

1980年 三菱商事㈱入社（機械グループ）

2000年以降　バイオマスエネルギー関連の事業開発業務に従事

2016年7月 日本環境エネルギー開発株式会社（NEED）を起業し代表に就任

バイオマスエネルギーのコンサルタントとして企業・団体の顧問として活動

経産省、農水省、文科省、NEDO、JBIC等政府機関、大学、研究機関、民間企業・団体主催セミナー、インドネシア、タイ等政府主催海外シンポジウムにて講演を行う

・産総研（経産省）自動車新燃料及びバイオリファイナリー研究センター
　の外部評価委員（2007-2014年）
・経産省「バイオ燃料の持続可能性基準」検討会委員（2008-2010年）
・NEDO「2010年バイオマスエネルギー導入ガイドブック」検討委員
・7府省「バイオマス事業化検討チーム」委員（2012年2-6月）
・経産省「第2世代バイオ燃料戦略検討会」委員（2013年2-7月）等を歴任
・NPO農都会議 バイオマスWG座長(2016-18年)
・バイオマス発電事業者協会設立メンバー・副代表理事(2016-18年)
・早稲田大学　環境総合研究センター　招聘研究員
・2019年4月「東久邇宮国際文化褒賞」授与
・2020年3月シードプランニング「2020年版 地球温暖化と石炭火力発電の現状と方向性」監修

日本のCO2排出削減目標（約束草案）

エネルギー起源二酸化炭素の各部門の排出量の目安（単位：百万t-CO_2/年・非LCAベース）

	2030年度の各部門の排出量の目安	2013年度 （2005年度）
エネルギー起源CO_2	927	1,235 （1,219）
産業部門	401	429 （457）
業務その他部門	168	279 （239）
家庭部門	122	201 （180）
運輸部門	163	225 （240）
エネルギー転換部門	73	101 （104）

出典：地球温暖化対策推進本部、日本の約束草案（2015.7）

日本のCO2削減目標は2030年度までに308百万t-CO2 (26%)。この達成の為には運輸部門の排出量を2030年度までに62百万t-CO2 (27.4%)削減することが必要。

乗用車のCO2削減対策（次世代車導入、燃費改善、バイオ燃料）

2018年度における地球温暖化対策計画の進捗状況（2020年3月30日 環境省発表）

	単位		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
対策評価指標 新車販売台数に占める次世代自動車の割合	%	実績	23.2	25.6	32.3	35.8	36.7													
		見込み（上位）								50										70
		見込み（下位）								20										50
対策評価指標 平均保有燃費	km/L	実績	14.7	15.3	16.0	16.6	17.2													
		見込み								18.5										24.8
省エネ量	万 kL	実績	19.9	49.2	85.1	89.7	128.6													
		見込み								283.4										938.9
排出削減量	万 t-CO2	実績	53.3	131.5	227.5	239.8	343.0													
		見込み								702.5										2379

2030年度までに2,379万t-CO_2/年（2018年度以降 2,089※万t-CO_2/年）の排出削減が必要

※2089=2379－（343.0 －53.3）

目標達成手段

① EVの導入拡大

② HV及びPHVの導入拡大

③ FCV（燃料電池自動車）の導入拡大

④ 従来車の燃費改善

⑤ 従来車の燃料（ガソリン）へのバイオエタノールの導入拡大

⑥ HV及びPHVの燃料（ガソリン）へのバイオエタノールの導入拡大

2020～2030年の乗用車車種別普及目標

2020～2030年の乗用車車種別普及目標（新車販売台数に占める割合）（政府目標）

		2020年	2030年
従来車		**50～80%**	**30～50%**
次世代自動車		**20～50%**	**50～70%**
	ハイブリッド自動車	20～30%	30～40%
	電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15～20%	20～30%
	燃料電池自動車	～1%	～3%
	クリーンディーゼル自動車	～5%	5～10%

出典：経済産業省「自動車産業戦略2014」（2014.11）

2020～2030年の乗用車車種別普及見通し（新車販売台数に占める割合）（民間努力ケース）

		2020年	2030年
従来車		**80%以上**	**60～70%**
次世代自動車		**20%未満**	**30～40%**
	ハイブリッド自動車	10～15%	20～30%
	電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	5～10%	10～20%
	燃料電池自動車	僅か	1%
	クリーンディーゼル自動車	僅か	～5%

出典：経済産業省「次世代自動車戦略2010」（2010.4）

次世代自動車及び従来車の保有台数のシナリオ

2030年度における保有台数の見通し

ケース	種類	保有台数		構成比
基本ケース	EV	137	万台	2%
	HV	2,297	万台	35%
	PHV	137	万台	2%
	FCV	28	万台	0%
	従来車	3,902	万台	60%
	合計	6,500	万台	100%

ケース	種類	保有台数		構成比
最大ケース	EV	414	万台	6%
	HV	2,672	万台	41%
	PHV	414	万台	6%
	FCV	83	万台	1%
	従来車	2,918	万台	45%
	合計	6,500	万台	100%

2019年3月末の保有台数：乗用車全体: 6,177万台 (2018年度販売台数 437万台）
内EV:10.6万台(0.2%)、PHV: 12.2台(0.2%)、HV: 833万台(13.5%)

基本ケース：現実的な普及を想定するケース。2013～2018年度のEV・PHV保有台数伸び率22.7%/年が2030年度迄指数関数的に続くと仮定。2030年度のEV・PHV保有台数を約273万台（乗用車全体の4.2%）と想定し、EVとPHVが同数と仮定。電池用レアメタルの供給可能量も考慮。

最大ケース：最大限の普及を想定するケース。EV・PHV販売台数割合が2018年度の1%（約4.4万台/年）から2030年度の20%（130万台/年）まで直線的に増加すると仮定。2030年度のEV・PHVの保有台数を約827万台（乗用車全体の12.7%）と想定し、EVとPHVが同数と仮定。

CO2排出削減原単位の算出方法

共通項目
- 電力（又は燃料）のCO2排出係数（370g-CO_2/kWh又は2,320g-CO_2/L）
- 次世代自動車の保有台数（前ページP6 記載の通り）
- 従来車の走行距離当たり燃料消費量 (0.0521L/km)
- 従来車の1台当たりの年間走行距離 (8,480km/年・台)

EVの導入拡大
- 走行距離当たりの電力消費量 (0.129kWh/km)
- 1台当たりの年間走行距離 (8,480km/年･台)
- 2030年のゼロエミッション電源比率 44%（再エネ：22-24%、原子力：20-22%）

HVとPHVの導入拡大
- 走行距離当たりの燃料消費量 (0.0337L/km)
- １台当たりの年間走行距離 (8,480km/年・台)

FCVの導入拡大
- 走行距離当たりの水素消費量 (7.87g/km)
- １台当たりの年間走行距離 (8,480km/年・台)
- 水素のCO2排出係数 (550g-CO_2/Nm^3)

従来車の燃費改善
- 改善後の燃料消費量 (0.0437L/km)

次世代自動車の導入拡大及び従来車の燃費改善による2030年度のCO_2排出削減量の算定（基本ケース）

CO2排出削減量			対目標量
目標量		2,089 万t-CO2/年	100%
次世代自動車の導入拡大	EV	85 万t-CO2/年	4%
	HV	832 万t-CO2/年	40%
	PHV	50 万t-CO2/年	2%
	FCV	17 万t-CO2/年	1%
	小計	984 万t-CO2/年	47%
従来車の燃費改善		642 万t-CO2/年	31%
小計		1,626 万t-CO2/年	78%
不足量		464 万t-CO2/年	22%

E10導入を加味した2030年度のCO2削減量の算定（基本ケース）

従来車・HV・PHVの全数にE10を導入した場合

CO2排出削減量			対目標量
目標量		2,089 万t-CO2/年	100%
次世代自動車の導入拡大	EV	85 万t-CO2/年	4%
	HV	832 万t-CO2/年	40%
	PHV	50 万t-CO2/年	2%
	FCV	17 万t-CO2/年	1%
	小計	984 万t-CO2/年	47%
従来車の燃費改善		642 万t-CO2/年	31%
バイオエタノール（E10）の導入	従来車	289 万t-CO2/年	14%
	HV	110 万t-CO2/年	5%
	PHV	6 万t-CO2/年	0%
	小計	406 万t-CO2/年	19%
小計		2,031 万t-CO2/年	97%
不足量		58 万t-CO2/年	3%

次世代自動車の導入拡大及び従来車の燃費改善による2030年度のCO2排出削減量算定（最大ケース）

CO2排出削減量			対目標量
目標量		2,089 万t-CO2/年	100%
次世代自動車の導入拡大	EV	256 万t-CO2/年	12%
	HV	968 万t-CO2/年	46%
	PHV	151 万t-CO2/年	7%
	FCV	51 万t-CO2/年	2%
	小計	1,426 万t-CO2/年	68%
従来車の燃費改善		480 万t-CO2/年	23%
小計		1,906 万t-CO2/年	91%
不足量		183 万t-CO2/年	9%

E10導入を加味した2030年度のCO2削減量の算定（最大ケース）

従来車・HV・PHVの全数の約5割にE10を導入した場合

CO2排出削減量			対目標量
目標量		2,089 万t-CO2/年	100%
次世代自動車の導入拡大	EV	256 万t-CO2/年	12%
	HV	968 万t-CO2/年	46%
	PHV	151 万t-CO2/年	7%
	FCV	51 万t-CO2/年	2%
	小計	1,426 万t-CO2/年	68%
従来車の燃費改善		480 万t-CO2/年	23%
バイオエタノール（E10）の導入	従来車	109 万t-CO2/年	5%
	HV	65 万t-CO2/年	3%
	PHV	10 万t-CO2/年	0%
	小計	183 万t-CO2/年	9%
小計		2,089 万t-CO2/年	100%
不足量		0 万t-CO2/年	0%

CO2削減コストの算定

CO_2削減コスト算定の前提条件

- ✓ 算定対象期間は2030年度（1年間）とした。
- ✓ 比較対象は現行の従来車。但し、HV・PHVへのE10導入の場合は、ダブルカウントを防ぐ為、CO_2排出削減量の算定方法と同じく、比較対象をE10導入前のHV・PHV（2030年度）とした。
- ✓ CO_2削減コストの分母（CO_2排出削減量）は、2030年度のCO_2の排出削減量（非LCAベース）とした。

CO_2削減コスト算定式

$$CO_2\text{削減コスト} = \frac{\text{車輌購入費用} + \text{燃料費用} + \text{インフラ整備費用}}{CO_2\text{排出削減量}}$$

CO_2削減コストの試算結果

基本ケース

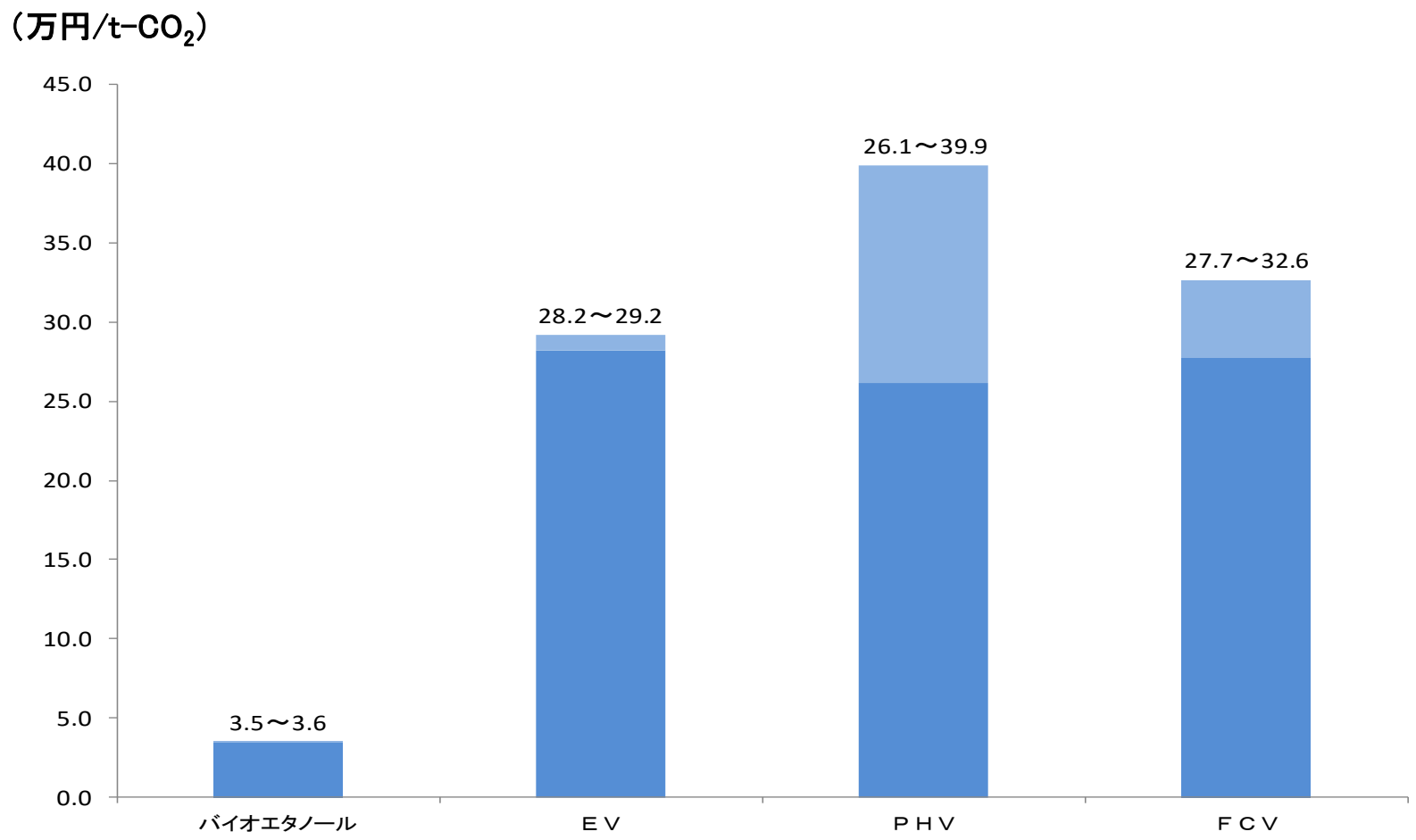
CO2削減コスト		
次世代自動車の導入拡大	EV	292,010 円/t-CO2
	PHV	399,023 円/t-CO2
	FCV	325,630 円/t-CO2
バイオエタノール(E10)の導入	従来車	34,748 円/t-CO2
	HV	34,748 円/t-CO2
	PHV	34,748 円/t-CO2

最大ケース

CO2削減コスト		
次世代自動車の導入拡大	EV	282,221 円/t-CO2
	PHV	261,456 円/t-CO2
	FCV	277,423 円/t-CO2
バイオエタノール(E10)の導入	従来車	35,577 円/t-CO2
	HV	35,577 円/t-CO2
	PHV	35,577 円/t-CO2

- 従来車・HV・PHVへのE10導入によるCO_2削減コストは3.47～3.56万円/t-CO_2
- この値は、EV(28.2～29.2万円/t-CO_2)、PHV(26.1～39.9万円/t-CO_2)、及びFCV(27.7～32.6万円/t-CO_2)の導入に係るCO_2削減コストに比べて格段に低コスト。

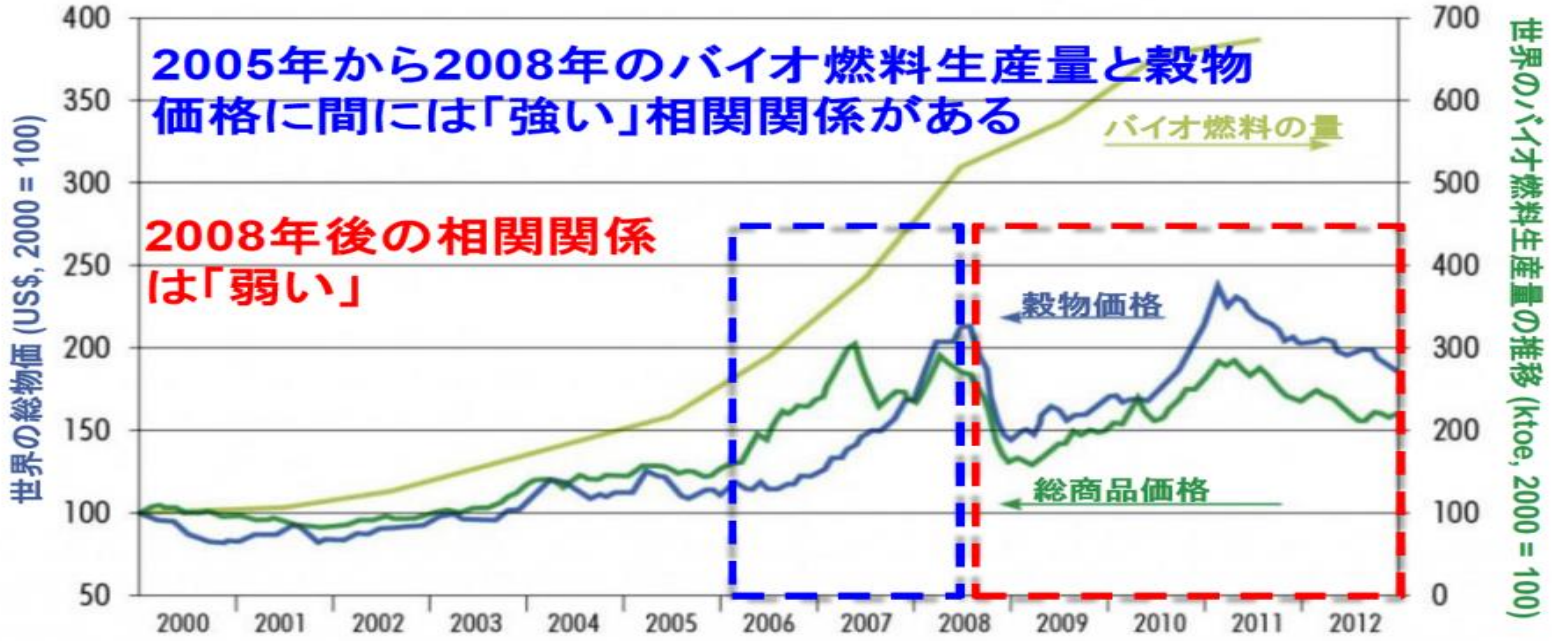
CO_2削減コスト試算結果



薄いブルーが基本ケース
濃いブルーが最大ケース

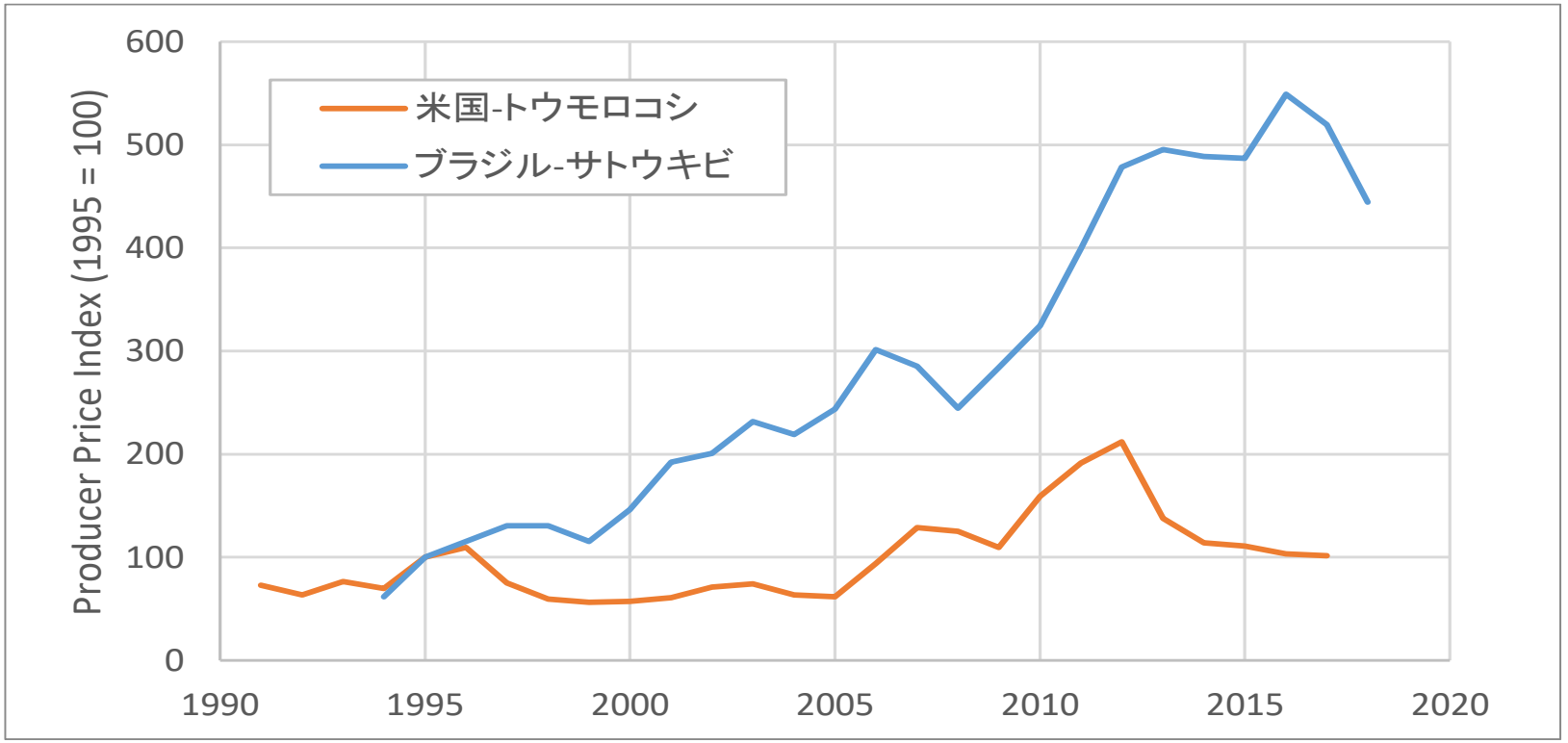
「食料と燃料」の関係についての誤解

- 2008年に食料価格を含め、物価が高騰した
- バイオ燃料がその責めを負った
- 2008年以降、バイオ燃料の生産量は増加したが穀物価格は低下した
- 反証があるにも関わらず、「食料対燃料」という構図は依然として広く認識されている



出典：石井孝明，バイオエタノール食糧不足と関係ない？−米国販売意欲（2016）

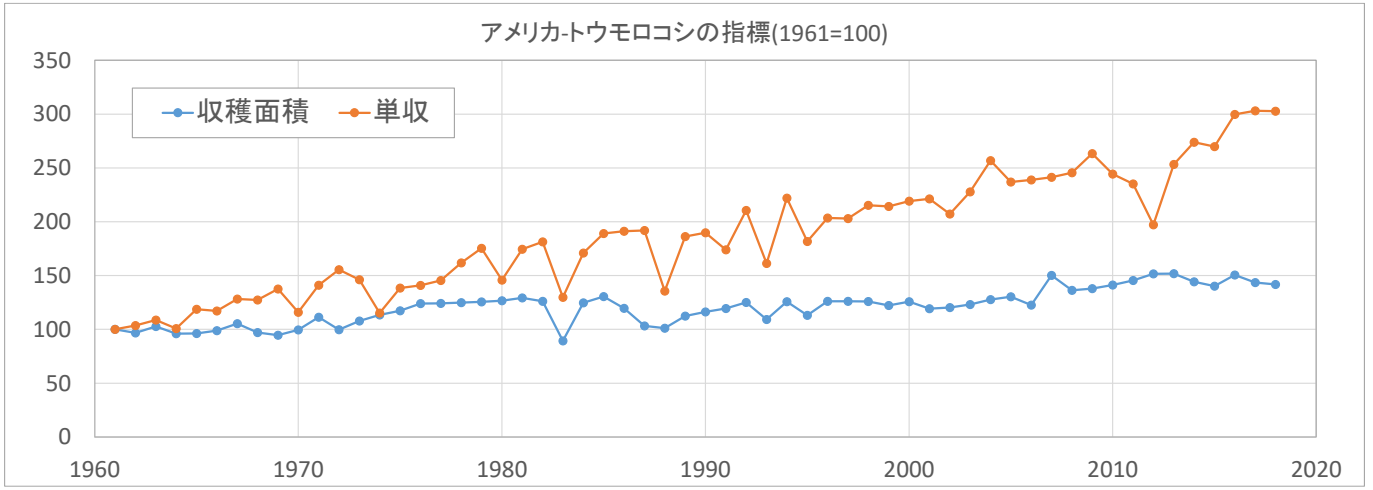
バイオエタノール原料の生産者価格推移

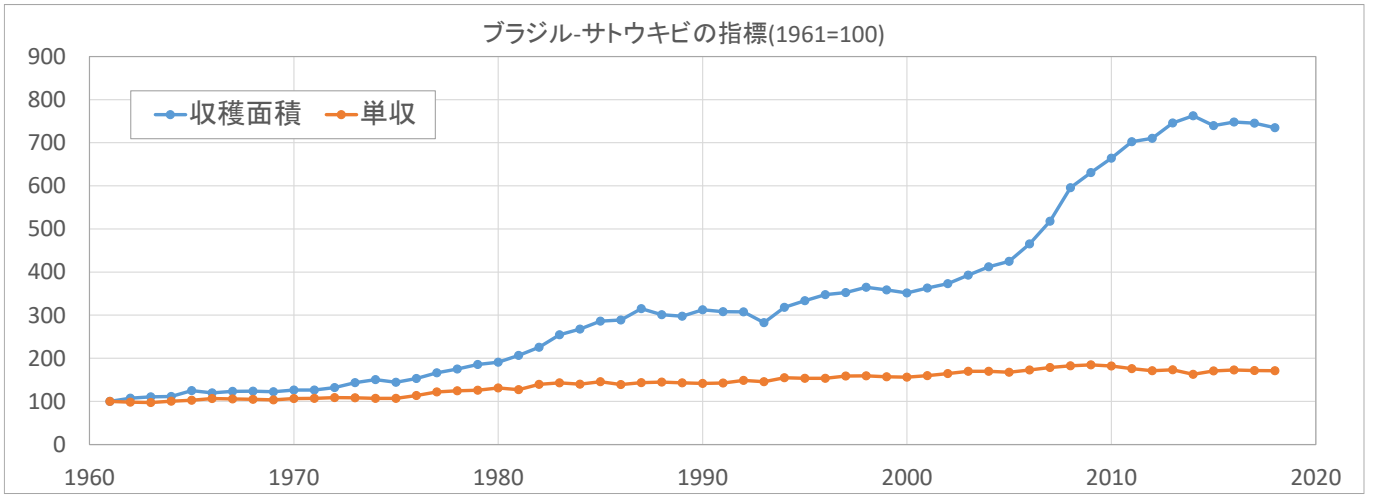


アメリカのトウモロコシとブラジルのサトウキビの生産者価格インデックス（1995年＝100とする）の推移

出典：FAOSTAT

バイオエタノール原料の収量及び収穫面積推移





アメリカのトウモロコシ及びブラジルのサトウキビ生産における作付面積と単収の推移（1961年の値を100として正規化）

出典：FAOSTAT

E10による燃料品質への影響調査結果

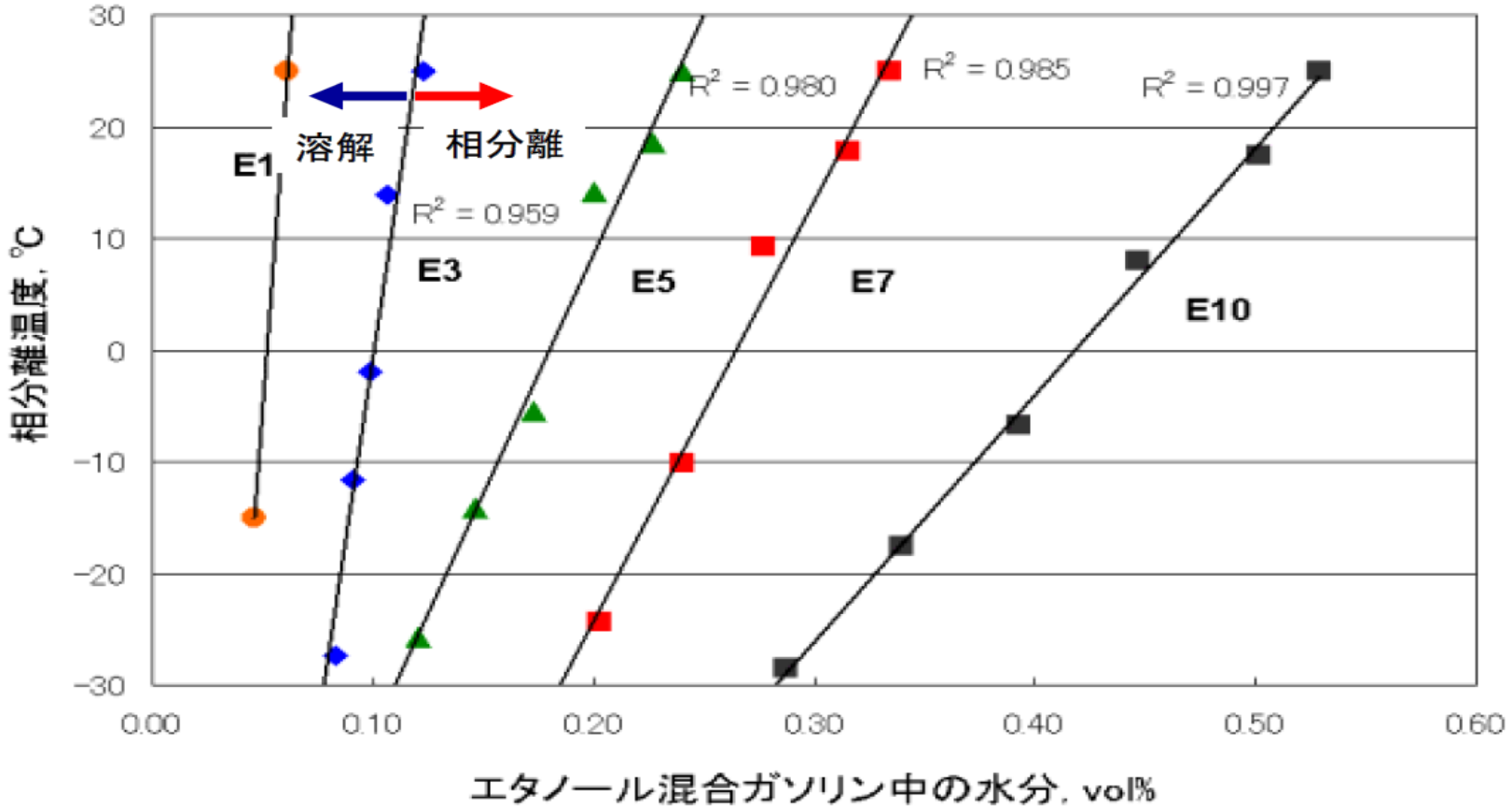
燃料品質	エタノール10%混合による燃料品質への影響	研究項目	調査結果
蒸留性状 50%留出温度	10℃程度低下	①排出ガス、燃費/CO_2への影響調査 ②運転性能への影響調査 ・T50（高温側）の影響の把握 ・T50（低温側）の影響の把握	T50のJIS上限域（110℃）で車によりE10の影響が見られた。 T50下限域を含め、それ以外の範囲ではT50によるE10の影響は見られなかった。
蒸気圧（RVP）	7kPa程度増加（高温の蒸発量増加）	③車両蒸発ガスへの影響調査 ・透過の影響把握（駐停車時） ・高温での蒸発量増加の影響把握（運転時）	本WGで実施した供試車両では、E10の顕著な影響は見られなかった。 （先行研究WGで実施した車両でE10のHSL＋DBLへの影響は見られた）
材料適合性（ゴム）	ゴム材の透過		
保存安定性（金属、ゴム、樹脂）	金属腐食	④材料による燃料性状への影響調査	ゴム材によりE10の方が燃料中のガム値増加が見られた。 金属による燃料品質への影響はE0とE10で差は見られなかった。
	ゴム材、樹脂の膨潤		

日本市場にある既販車を用いた試験では、E10の影響が見られた場合があった。
E10導入時には、これらの影響に注意を払う必要がある。

出典：JATOP第2回成果発表会　ガソリン車バイオ燃料WG研究報告（2012）

その後、バイオ燃料導入拡大の観点から、E10 対応ガソリン車の燃料として用いるガソリンについては、エタノールを10 vol%以下、酸素分3.7 質量%とするように、2012年4月に品質確保法強制規格に注記が加えられた。

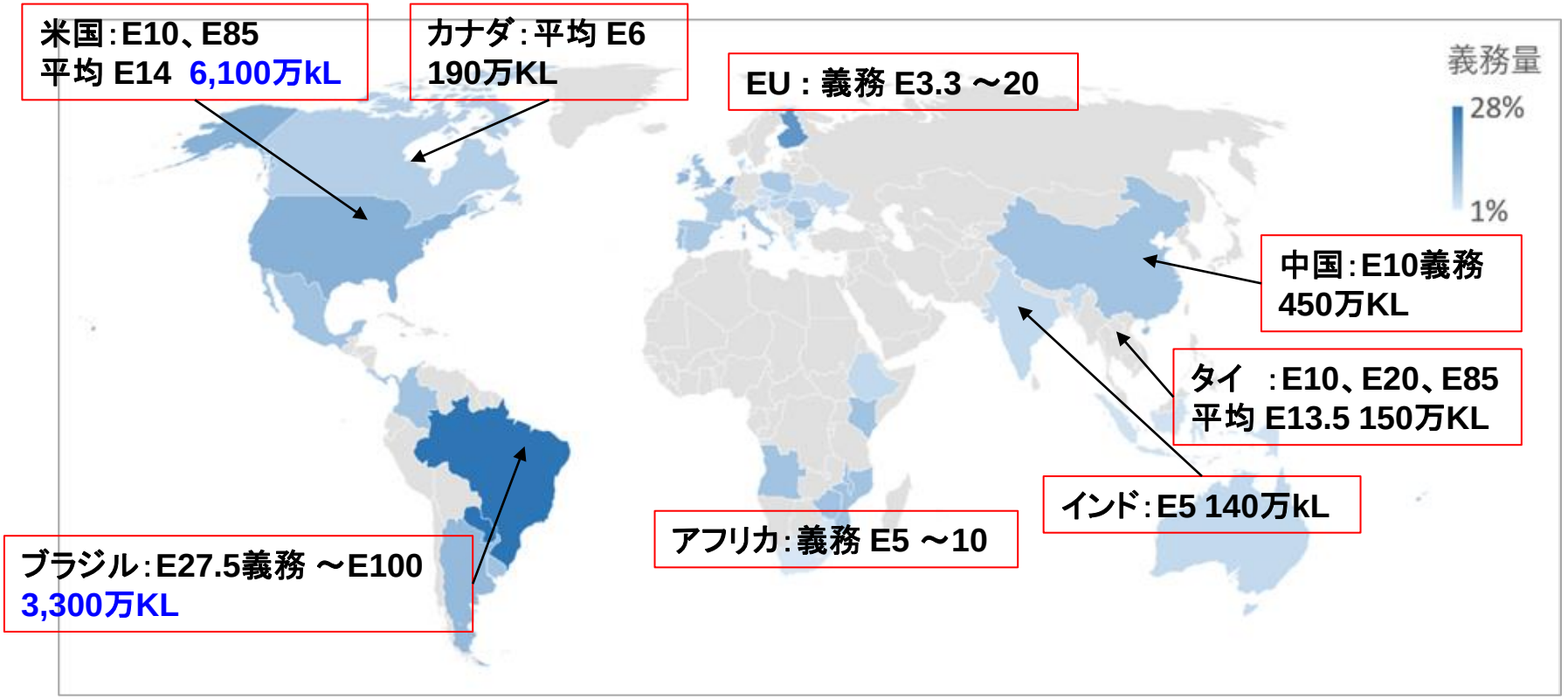
エタノール混合ガソリンへの水分の影響（相分離）



出典：涌嶋恭司,クリーン新規燃料技術に関する課題（2004）

E3では相分離を考慮する必要があるが E10では相分離は起こりにくい。

世界のバイオエタノールの導入形態と導入量 (2018)



2018年の世界のバイオエタノール消費量は1億1,200万kL（約6兆円の市場規模）

出典：Biofuels Digest（2020）および USDA の各種レポートより作成

バイオ燃料政策の変遷

2002 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016

●バイオマス・ニッポン総合戦略（2002.12閣議決定、2006.3改定）

●バイオ燃料技術革新計画（2008.3）

●農林漁業バイオ燃料法（2008.10）

●経産省・農水省「バイオ燃料の持続可能性基準検討会」（2008-2010）

●エネルギー供給構造高度化法（2009.8施行）

1次告示
（2010.4～2014.3）

●7府省「バイオマス事業化戦略検討チーム」（2012.2-6）

●経産省「第2世代バイオマス燃料戦略検討会」
（2013.2-7）

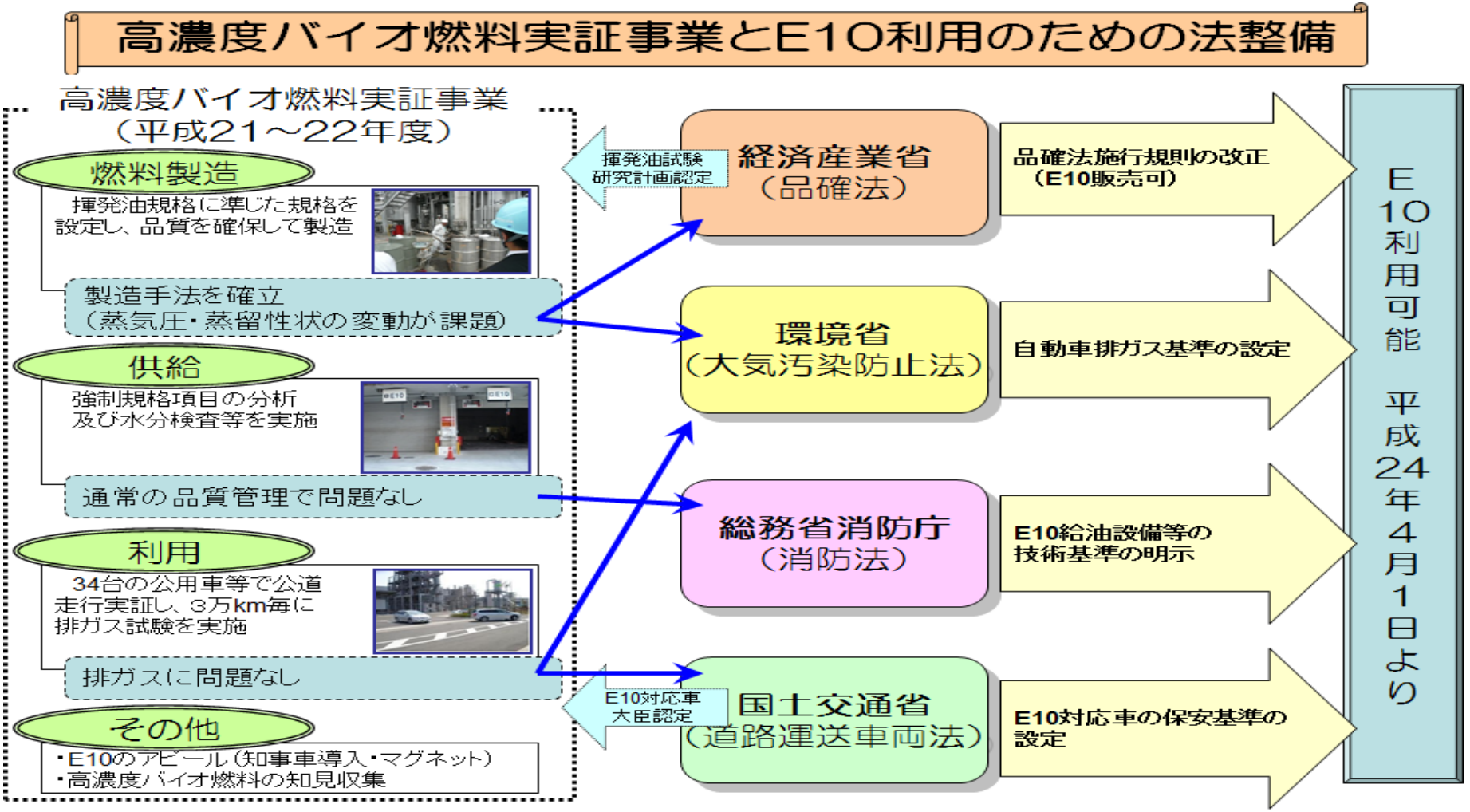
2次告示
（2014.4～2017.3）

●温室効果ガス削減に向けた約束草案
（2015.7地球温暖化対策推進本部決定）

●地球温暖化対策計画
（2016.5閣議決定）

3次告示
（2018.4～2023.3）

E10利用のための法整備状況

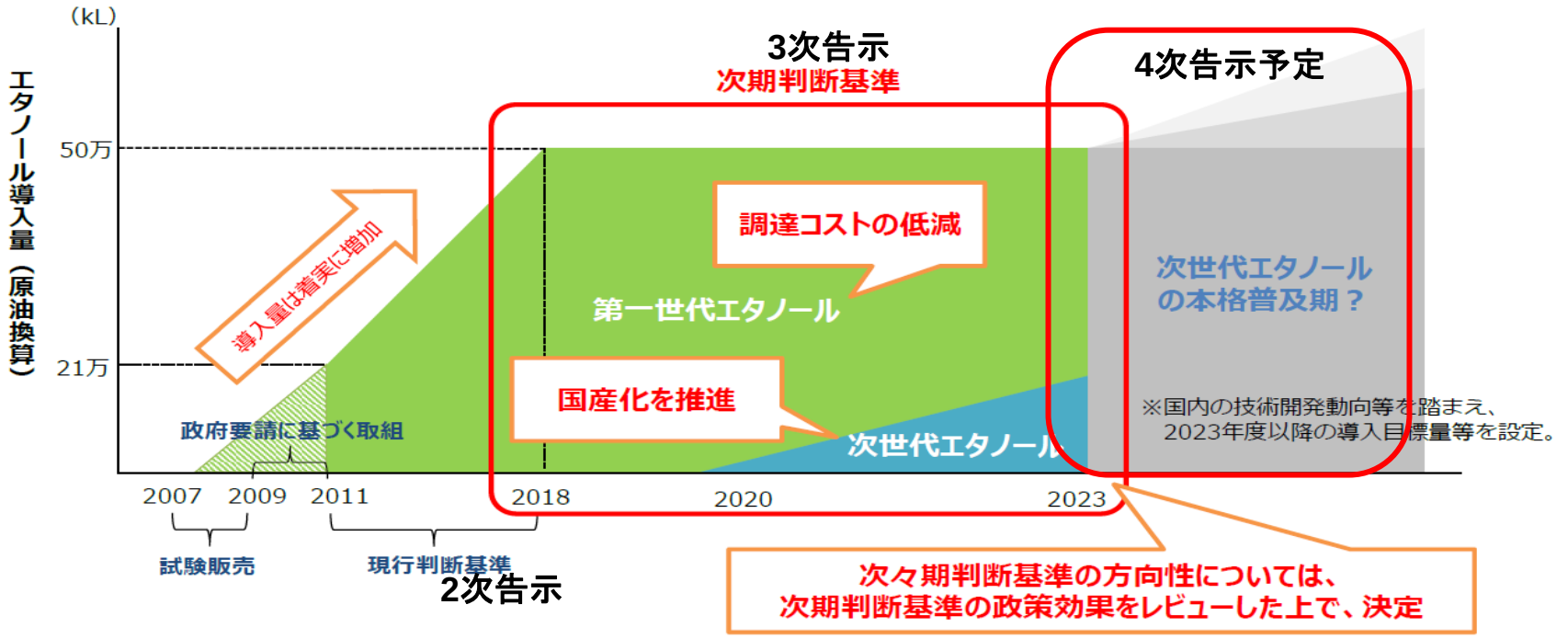


出典：大阪府, E10利用のための法整備（2012年4月省令改正）

エネルギー供給構造高度化法によるバイオ燃料導入目標

- 「3E」の観点から、我が国にとって、コスト効率的・環境効率的なバイオエタノール（国産・次世代）の本格導入のための体制構築を最優先の政策課題とし、次期告示期間は「移行期」と位置付け。
- 50万kL／年（原油換算）の目標は維持することとし、告示期間については、国際的な需給の見通しや、次世代エタノールの商用生産に向けた研究開発の動向等を考慮し、5年間とする。

バイオ燃料の導入に向けた今後の道筋（イメージ）



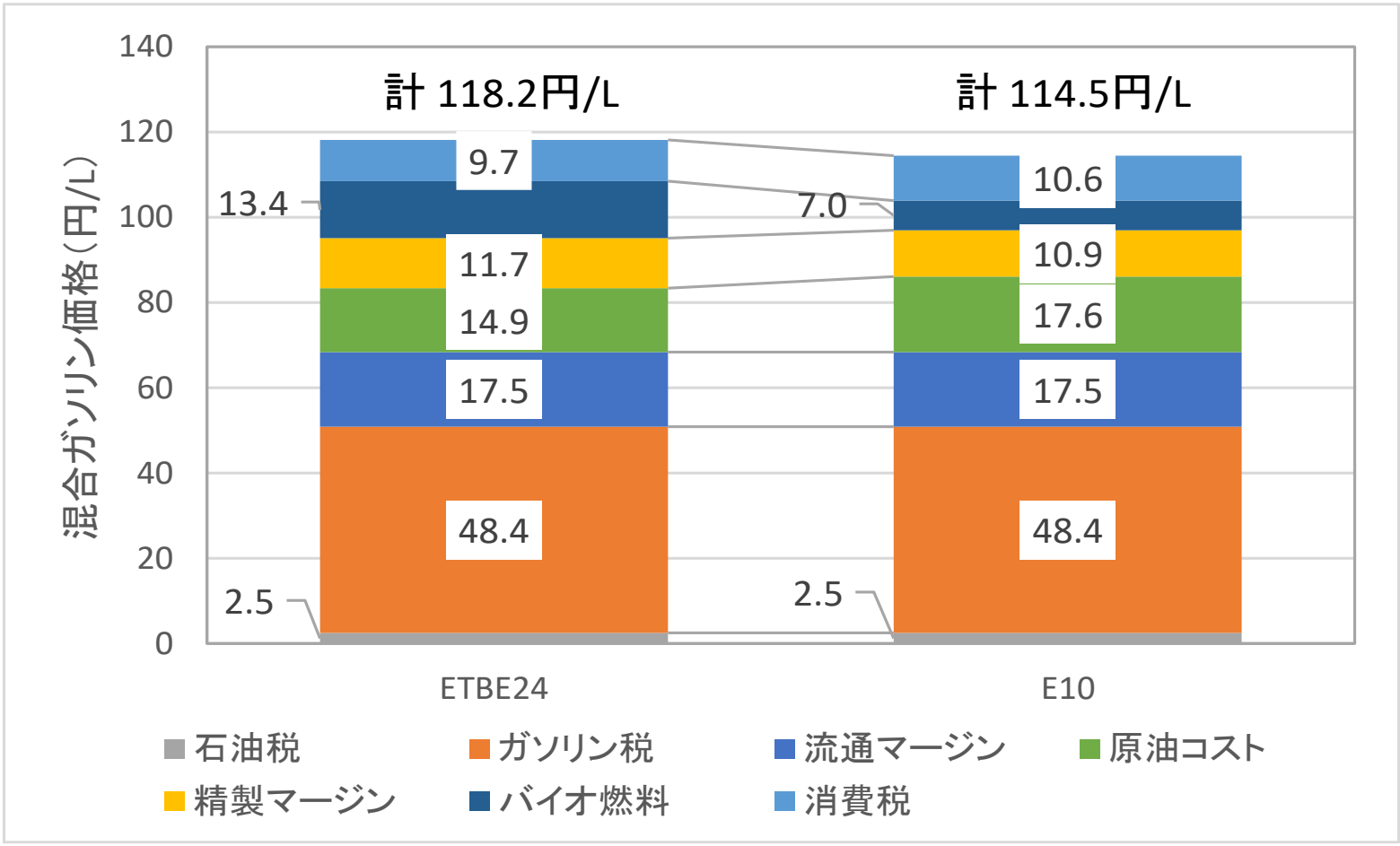
出典：資源エネルギー庁，次期判断基準のあり方に関する考え方（2018）

バイオエタノール混合ガソリンの価格算定

バイオエタノール混合ガソリンの価格算定の前提条件

- ✓ レギュラーガソリン価格（ETBEの基材ガソリン）：120円/L
- ✓ サブオクタンガソリン（E10の基材ガソリン）：117円/L
- ✓ 輸入エタノール価格：69.5円/L
- ✓ 輸入ETBE価格：56.1円/L（原油価格連動）
- ✓ 既にETBE導入のために、混合・貯蔵・輸送・給油に関わるインフラのサプライチェーンは整備済みのため、追加投資はほとんど必要ない
- ✓ バイオエタノール直接混合もETBE混合も同様のCO_2削減効果とするため、E10に対してETBE24（バイオエタノール10%混合）を比較対象とした

E10 と ETBE 混合ガソリンのコスト比較



混合ガソリンのコストはETBEよりもE10の方が安価と試算される。

総　括

- 次世代自動車の導入だけでは、地球温暖化対策計画で定める乗用車のCO_2排出削減目標（2017-2030年度2,089万t-CO_2/年）を達成することは困難である。
- 目標達成に向けた追加施策としては、E10の導入が有効である。
- E10の導入によるCO_2削減コストは3.5～3.6万円/t-CO_2と試算された。これはEV、PHV、FCVの導入によるCO_2削減コスト27.7～39.9万円/t-CO_2と比べて格段に低コスト。
- 10年前（高度化法制定時）からの状況変化によって、食料競合問題の懸念は薄れ、導入方式もE10等直接混合が世界の主流となり、ETBEを採用している国は殆ど無くなった。
- 混合ガソリンのコストはETBEよりもE10の方が安価と試算される。
- 我が国でも技術・法制度・インフラ面で既に環境が整った現状下、運輸部門のCO_2削減対策としてE10の導入を検討すべきである。

ご清聴頂き有難う御座いました。

NEED (日本環境エネルギー開発株式会社)

HP: http://need.co.jp

(HP内Documentに本講演の元となった報告書を掲載)