

# 「必ず来る食の未来に備えて」

---

**RESASを活用した政策立案ワークショップ**

東京大学未来ビジョンセンター客員教授  
東京農業大学総合研究所特命教授

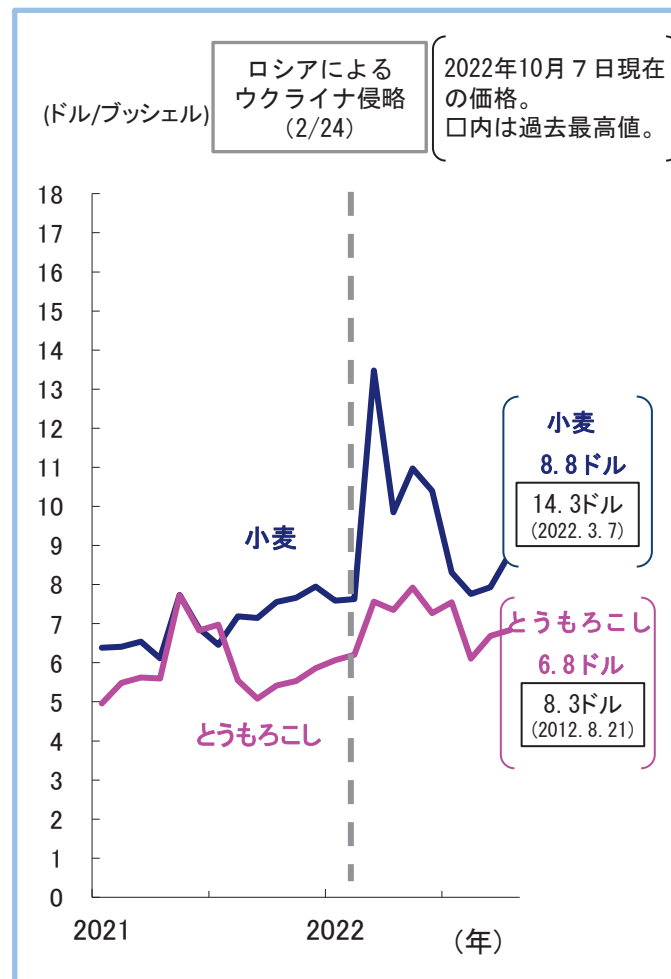
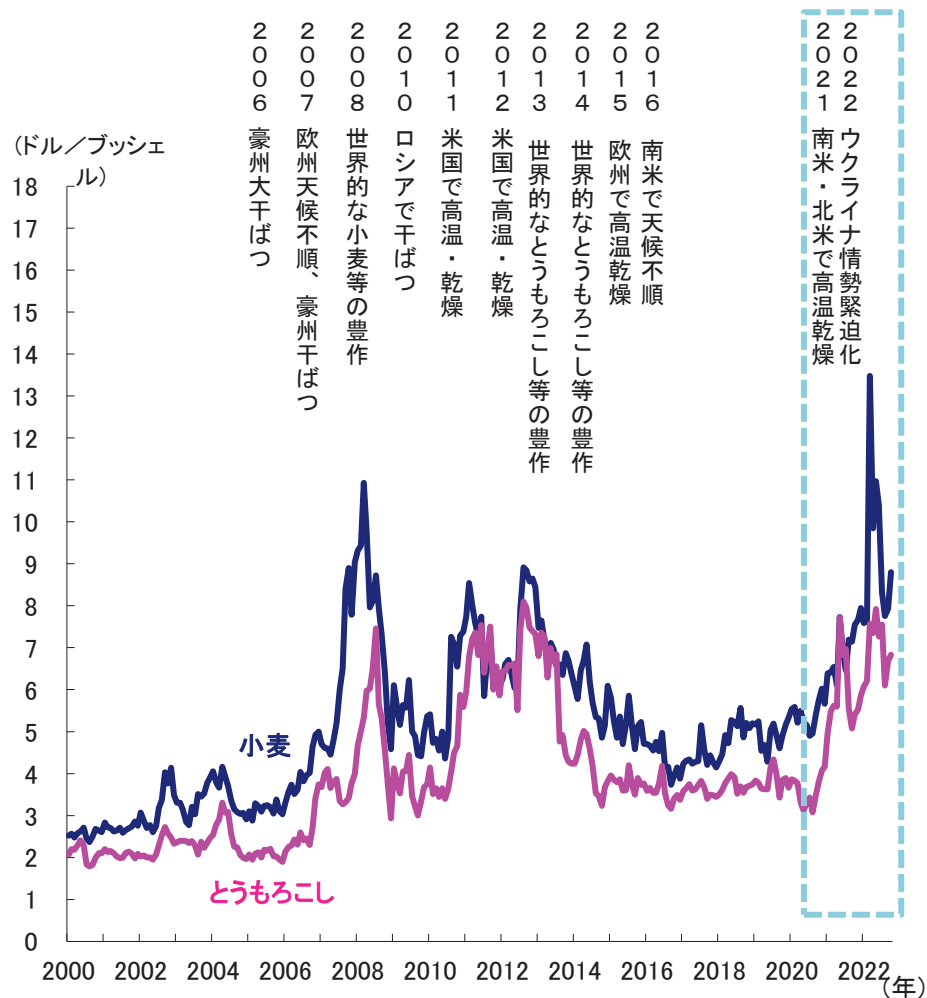
末松 広行



# 1. 食の重要性は高まる



# 穀物の国際価格の推移



注1：シカゴ商品取引所の各月第1金曜日の期近終値の価格である。

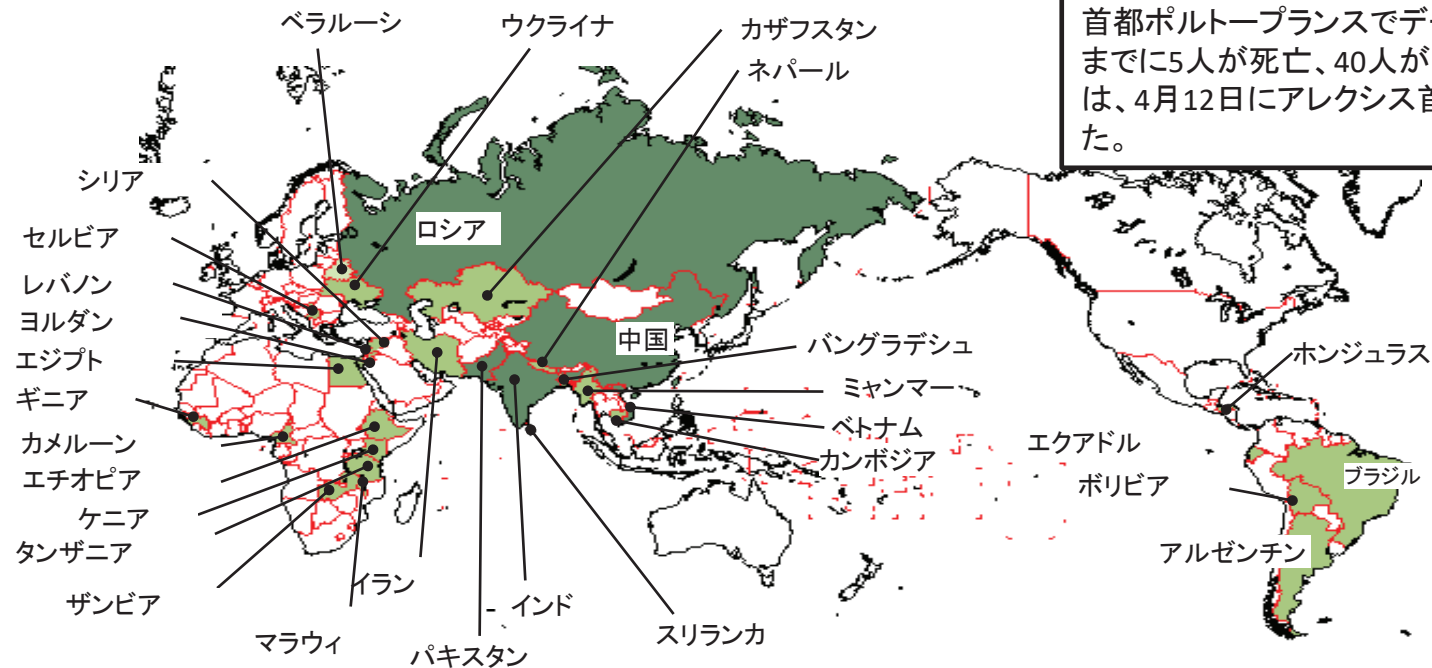
注2：過去最高価格については、シカゴ商品取引所の全ての取引日における期近終値の最高価格。

注3：ヤード・ポンド法に基づく体積の単位であり、1ブッシェルは小麦は約27kg、とうもろこしは約25kg。

# 食料安全保障を脅かすリスク

2008年の食料危機の際には、多くの国が「輸出規制」を行い、食料を輸入に頼っていた国の中には暴動が起きたり、ハイチのように政権が倒れたところもあった。

## ○2007-2008年価格高騰時の輸出規制の状況



＜ハイチ：2008年＞  
首都ポルトープランスでデモが激化、4月9日までに5人が死亡、40人が負傷。また、議会は、4月12日にアレクシス首相の解任を決めた。

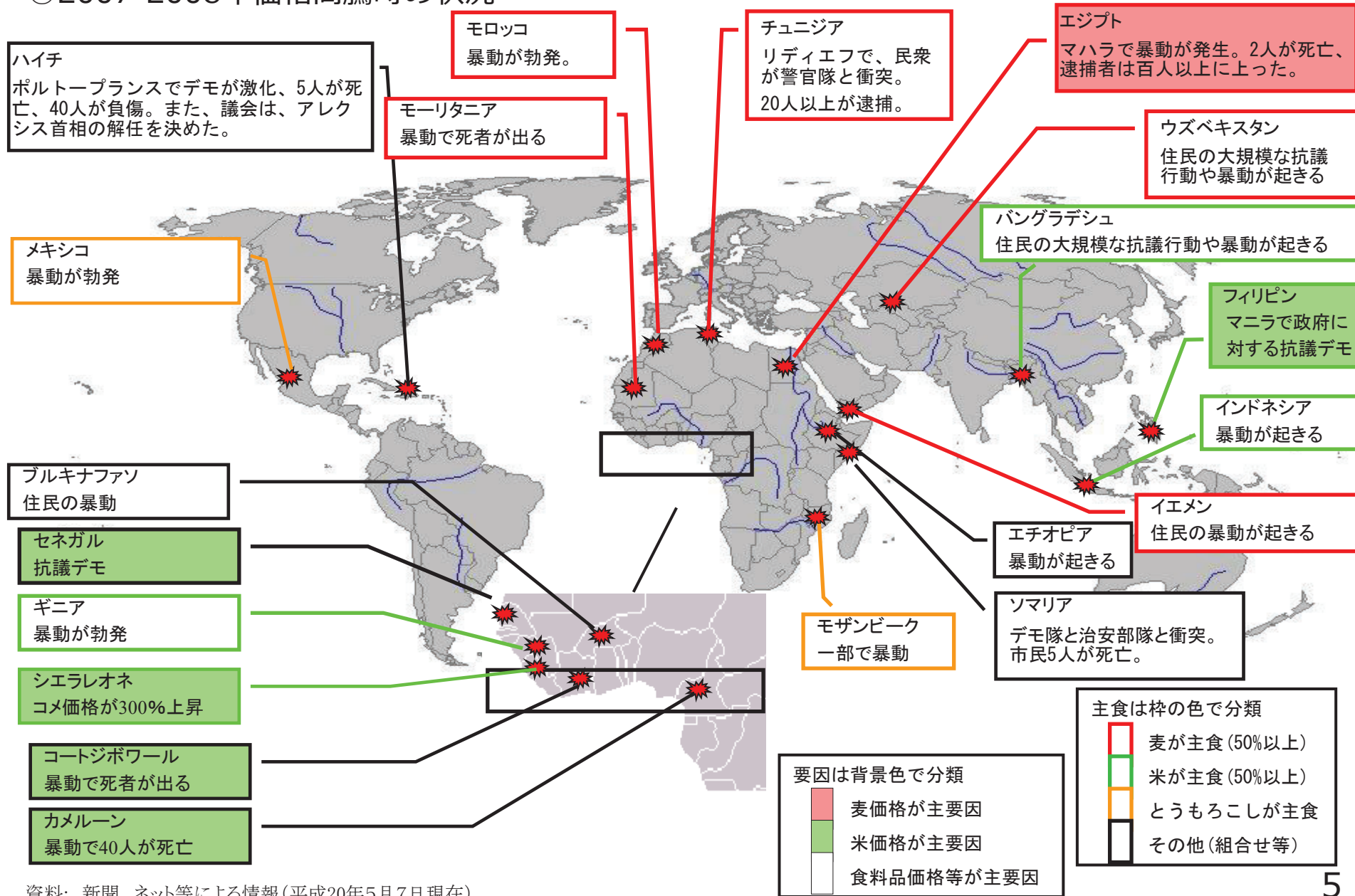
輸出規制の種類	実施国数	凡例
①輸出量の規制のみ (輸出禁止又は輸出枠の設定)	25カ国	■
②輸出価格の規制のみ (輸出税賦課及び輸出最低価格の設定)	1カ国	■
①及び②の両方を実施	5カ国	■

注：2007年中頃から2008年12月中旬の間に実施された輸出規制を対象としている。  
資料：FAO「Crop Prospects and Food Situation, No. 5, December 2008」を基に農林水産省で作成。



# 世界各国で食料をめぐる抗議活動や暴動が発生

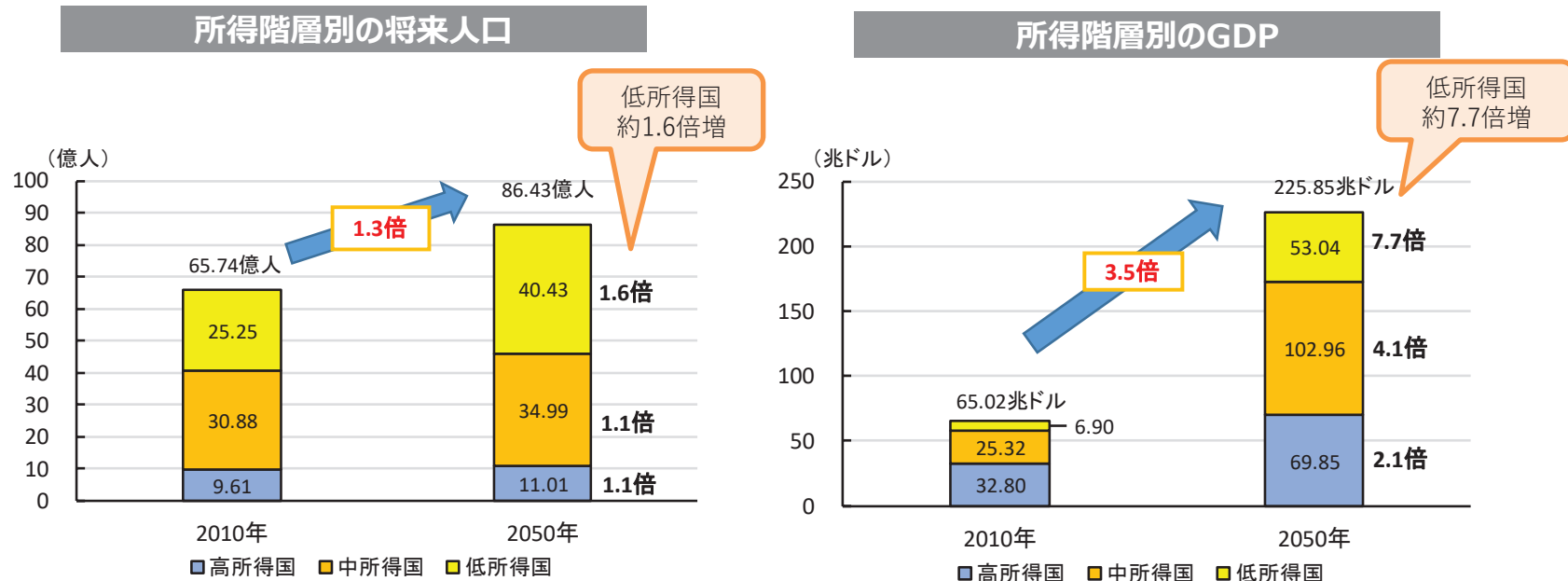
## ○2007-2008年価格高騰時の状況



資料: 新聞、ネット等による情報(平成20年5月7日現在)

# 低所得国を中心に人口増加、所得向上

- 世界の温暖化対策に追加的努力がなされないシナリオを利用した場合、**2050年の世界の総人口は、低所得国を中心に増加し、2010年比1.3倍（86.43億人）に達する。**
- 世界のGDPは、低所得国、中所得国の増加が著しく、2010年比**3.5倍（225.85兆ドル）に達する。**



注：1. 対象国は、基準年次（2010年）において米国農務省（USDA）の「Production, Supply and Distribution (PSD)」のデータにより、3大穀物（小麦、米、とうもろこし）の生産量、需要量のデータが整備可能な国、計123カ国である（以下の各図において同じ）。

2. IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告で提示された複数のRCP（代表的濃度経路）シナリオのうち、温室効果ガス排出削減の追加的努力のないRCP6.0シナリオに整合したIIASA（国際応用システム分析研究所）SSP2（中庸的な世界）シナリオの人口及びGDPデータ（2005年ドル基準の購買力平価（実質）ベースのGDPの見通し）を利用した。

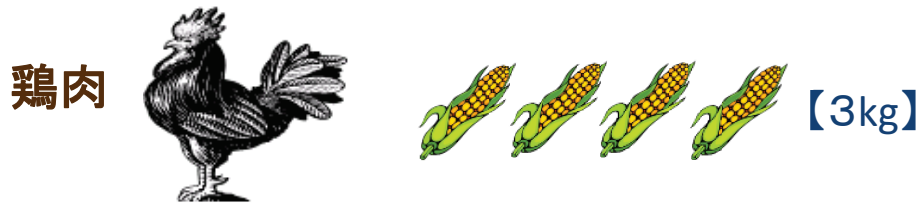
3. 所得階層分類は、世界銀行の分類（Analytical Classification（2014））による1990年から2010年の各国の年次別の所得階層分類のうち最頻のものを当該国の階層とし、2010年の基準年の設定と2050年の予測に用いた。対象国の所得階層分類は29ページを参照（以下の各図において同じ）。

参考：1. 国連「World Population Prospects 2019」（中位推計）では、世界全体（196カ国）の人口は2050年には97.4億人に達する見通し。

2. OECD「Economic Outlook No 103 -July 2018- Long-term baseline projections」によると、2010年ドル基準の購買力平価（実質）ベースGDPの見通しでは、世界全体のGDPは2050年には218.1兆ドルに達する見込み。

(参考) 畜産物の生産には多くの穀物が必要

### 畜産物 1 k g の生産に要する穀物量



注：全ての穀物等飼料をとうもろこしに換算

# 気候変動に起因する食料生産への影響

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が公表した第5次評価報告書では、科学的文献で報告された過去数十年間における気候変動に起因する影響を発表。

一般的には、気候変動による影響はプラス面、マイナス面の両方が存在。

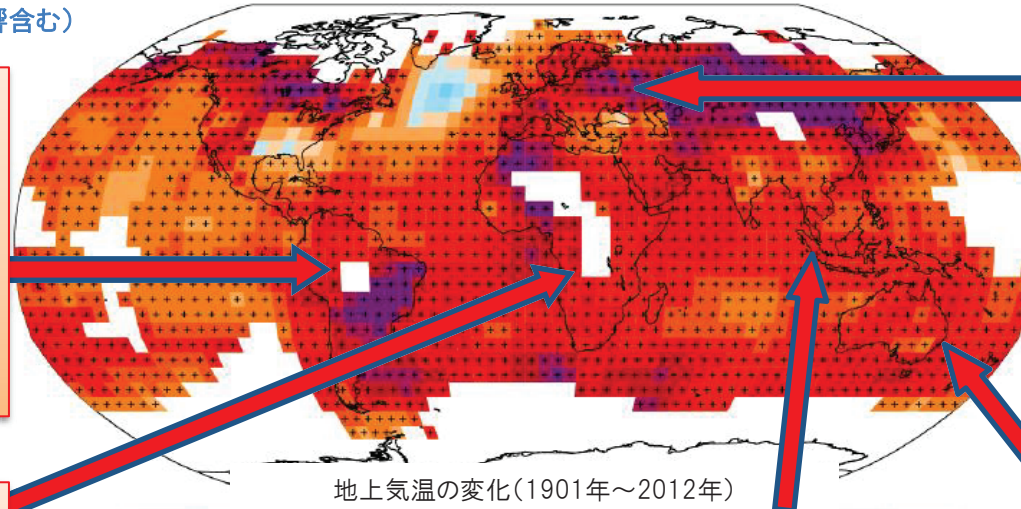
- 作物については、単収へのプラス面の影響に比べ、マイナスの影響がより一般的。
- 小麦・とうもろこしについては、気候変動が単収にマイナスの影響を及ぼすが、米と大豆についての影響は比較的小さい。

プラス面：青色

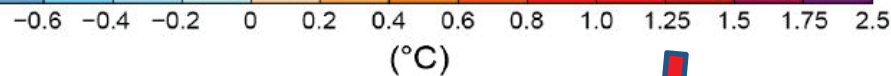
（適応策に伴うプラスの影響含む）

マイナス面：赤色

各地域において過去数十年間で観測された変化



地上気温の変化(1901年～2012年)



**【中央・南アメリカ】**  
 ・水不足により、**農民の生計がより不安定化**（ボリビア）  
 ・技術向上による増加以上に、**農業生産性の向上・農地増加**（南アメリカ南東部）

**【アフリカ】**  
 ・**水資源の変化に対し、ストレス耐性品種、かんがい・観測システムの強化等**で対応（南アフリカ）  
 ・漁業管理・土地利用による変化以上に、**漁業生産性が低下**（アフリカ大湖沼・ガリバ湖）  
 ・サヘル地域における**果樹の減少**（サハラ砂漠南縁部）

**【小島嶼】**  
 ・乱獲・汚染による劣化以上に、海洋温暖化の影響及びサンゴ礁白化の影響により**沿岸漁業が縮小**

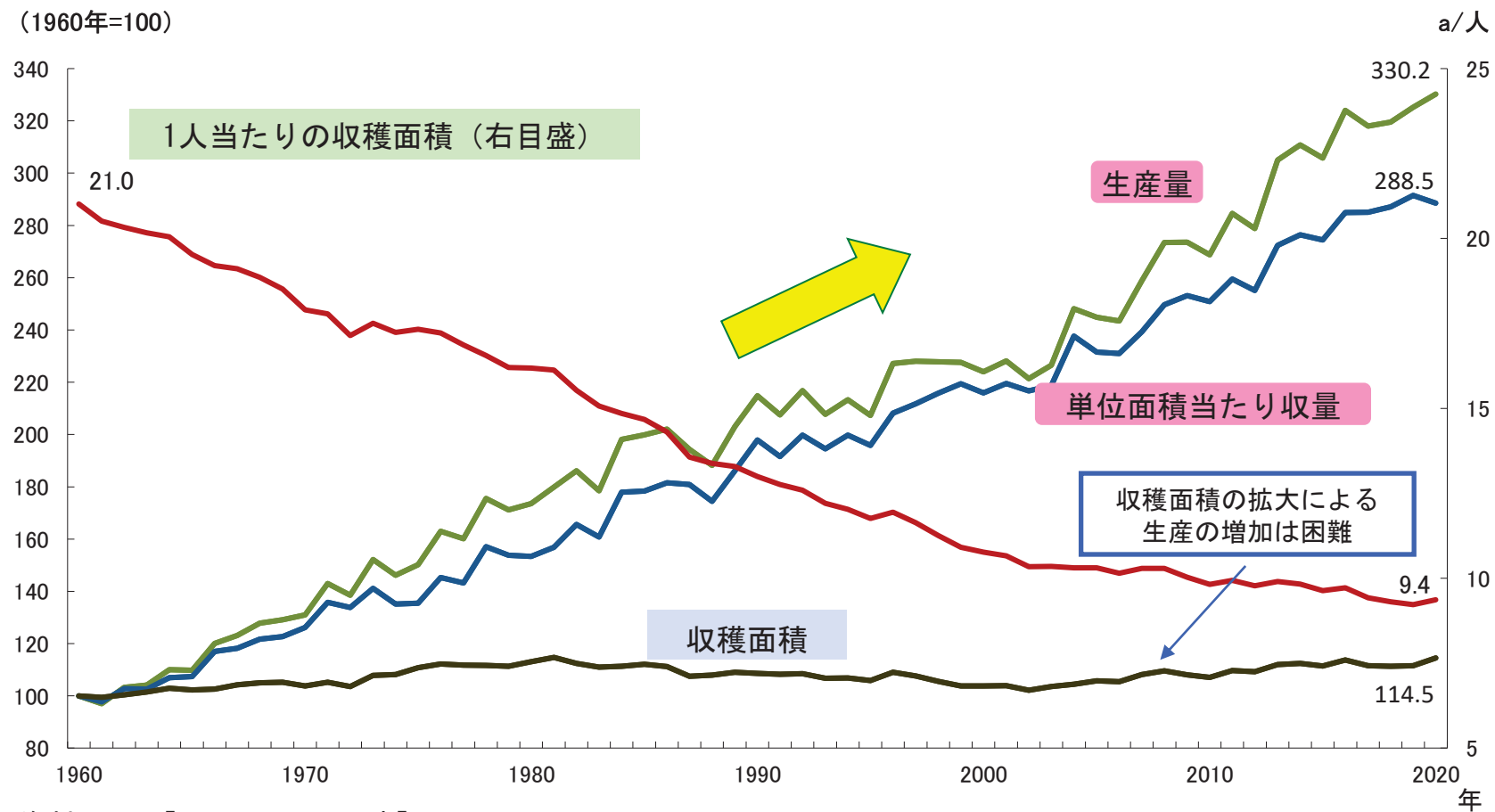
**【アジア】**  
 ・技術向上による増加以上に、**小麦・とうもろこしの収量に負の影響**（南アジア、中国）

**【ヨーロッパ】**  
 ・技術向上にも関わらず、ここ数十年**小麦の単収が停滞**（いくつかの国々）  
 ・技術向上による増加以上の**作物単収の上昇**（北ヨーロッパ）  
 ・**ブルータンクウイルス（注）が蔓延**（一部の国）  
 （注） 熱帯・亜熱帯・温帯地域に分布し、牛、水牛、鹿、山羊等の反芻動物に発生

**【豪州及びニュージーランド】**  
 ・管理改善による進歩以上に、ここ数十年における**ワイン用ブドウの成熟が早期化**  
 ・政策、市場、短期的な気候変異による変化以上に、豪州における**農業活動が移転または多様化**  
 ・オーストラリア南東部で、気温上昇による**干ばつの発生**（豪州）

資料：IPCC第5次評価報告書を基に農林水産省で作成。

# 単位面積当たり収量の伸びにより、需要に応じた生産を実現



## 2. 環境とエネルギーを考える時代へ





# 地球温暖化の原因

温室効果ガス:二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン、フロンガス等

わずか0.03%の二酸化炭素が生物にとって、よい気候を作り出している

CO<sub>2</sub>など温室効果ガス=光はよく通すが  
赤外線(熱)を吸収する



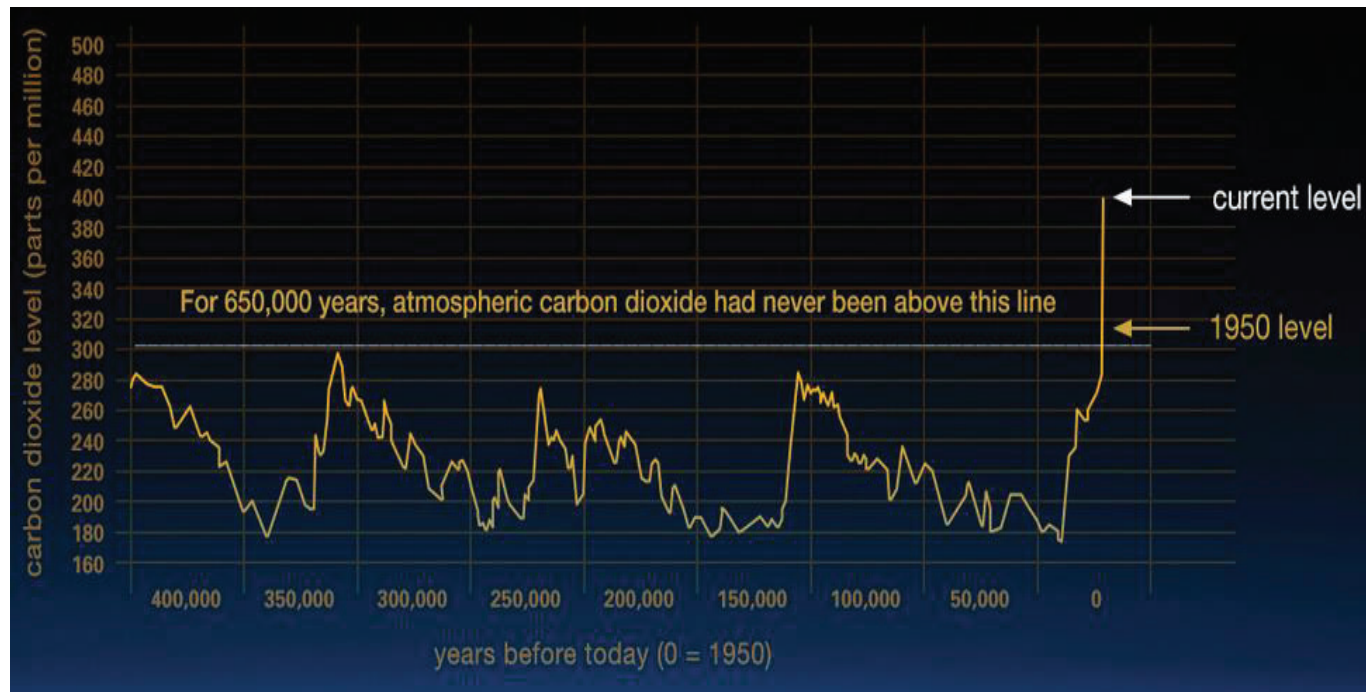
さらに温室効果ガスが増加すると・・・



温室効果ガスがないと-18°C

二酸化炭素の濃度が上昇

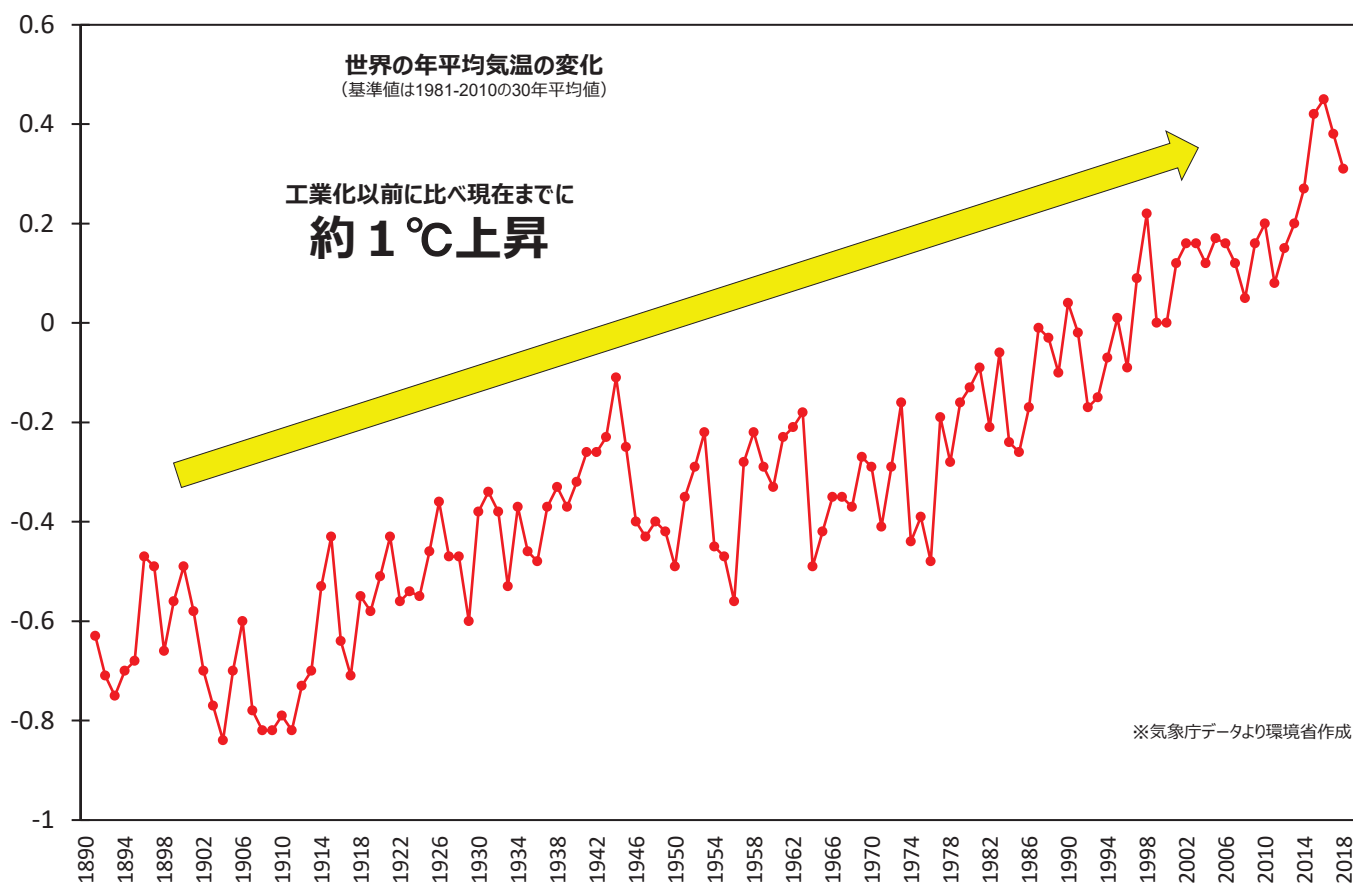
■産業革命以降、CO<sub>2</sub>の平均濃度は急上昇。



■経済活動等を通じた人が出すCO<sub>2</sub>排出量の急増が主因。



# 気温もすでに1度(1.1度)上昇



## ・ パリ協定（2015年に採択）

世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2℃より十分低く抑え、1.5℃に抑える努力を追求することを目的としています。

# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



## ・ 【日本】 2050年カーボンニュートラル宣言 (2020年10月26日)

「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。」



(出典) 第二百三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説, 首相官邸, 令和2年10月26日 (2020)

# 日本の2050CN宣言

菅首相の所信表明演説(抄)2020年10月26日

## 三 グリーン社会の実現

わが国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言。

\_\_もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。





# 2050年 二酸化炭素排出実質ゼロ表明 自治体 2023年1月31日時点



■ 東京都・京都市・横浜市を始めとする831自治体（45都道府県、480市、20特別区、243町、43村）が「2050年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明。表明自治体総人口約1億2,452万人※。

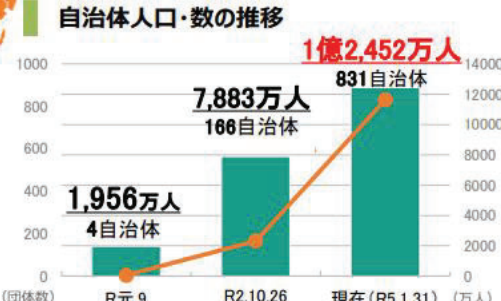
※表明自治体総人口（各地方公共団体の人口合計）では、都道府県と市区町村の重複を除外して計算しています。

## 表明都道府県（1億1,591万人）



## 表明市区町村（9,186万人）

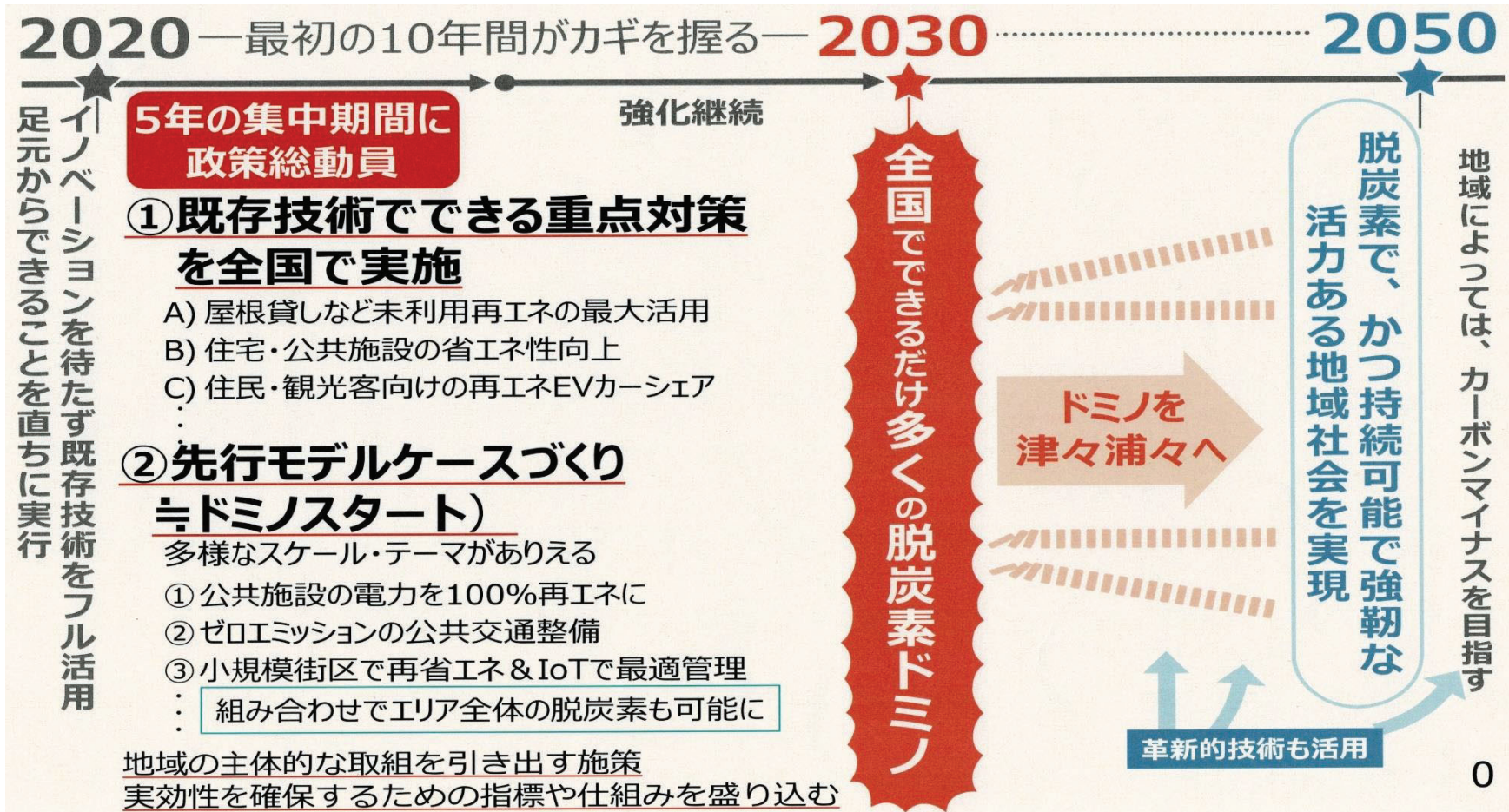
北海道	岩手県	秋田県	茨城県	群馬県	千葉県	東京都	神奈川県	石川県	長野県	静岡県	三重県	大分県	福岡県	香川県	徳島県	高知県	佐賀県	大分県
北見市	奥州市	大館市	水戸市	高崎市	千葉市	東京都	横浜市	金沢市	長野市	静岡市	津市	大分市	福岡市	高松市	徳島市	高知市	佐賀市	大分市
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



\* 朱書きは表明都道府県、その他の色書きはそれぞれ共同表明団体、市区町村の表明のない都道府県名は省略



# 地域脱炭素化ロードマップ





# みどりの食料システム戦略

これまでの農業政策を大きく発展・転換させるみどりの食料システム戦略は、この考え方を関係者が共有できるかどうかのカギ。

## 現状と今後の課題

- 生産者の減少・高齢化、地域コミュニティの衰退
- 温暖化、大規模自然災害
- コロナを契機としたサプライチェーン混乱、内食拡大
- SDGsや環境への対応強化
- 国際ルールメイキングへの参画

「Farm to Fork戦略」(20.5)  
 2030年までに化学農薬の使用及びリスクを50%減、有機農業を25%に拡大

「農業イノベーションアジェンダ」(20.2)  
 2050年までに農業生産量40%増加と環境フットプリント半減

**農林水産業や地域の将来も見据えた持続可能な食料システムの構築が急務**

持続可能な食料システムの構築に向け、「みどりの食料システム戦略」を策定し、中長期的な観点から、調達、生産、加工・流通、消費の各段階の取組とカーボンニュートラル等の環境負荷軽減のイノベーションを推進

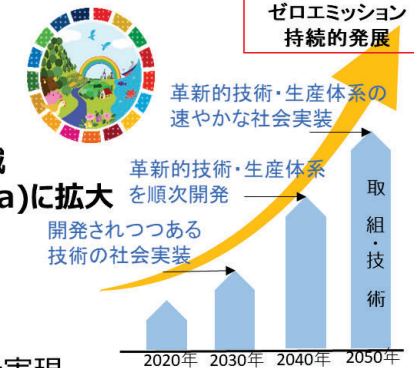
## 目指す姿と取組方向

### 2050年までに目指す姿

- 農林水産業のCO2ゼロエミッション化の実現
- 低リスク農業への転換、総合的な病害虫管理体系の確立・普及に加え、ネオニコチノイド系を含む従来の殺虫剤に代わる新規農薬等の開発により化学農薬の使用量(リスク換算)を50%低減
- 輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減
- 耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%(100万ha)に拡大
- 2030年までに食品製造業の労働生産性を最低3割向上
- 2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す
- エリートツリー等を林業用苗木の9割以上に拡大
- ニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率100%を実現

### 戦略的な取組方向

2040年までに革新的な技術・生産体系を順次開発(技術開発目標)  
 2050年までに革新的な技術・生産体系の開発を踏まえ、今後、「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現(社会実装目標)  
 ※政策手法のグリーン化: 2030年までに施策の支援対象を持続可能な食料・農林水産業を行う者に集中。2040年までに技術開発の状況を踏まえつつ、補助事業についてカーボンニュートラルに対応することを目指す。補助金拡充、環境負荷軽減メニューの充実とセットでクロスコンプライアンス要件を充実。  
 ※革新的技術・生産体系の社会実装や、持続可能な取組を後押しする観点から、その時点において必要な規制を見直し。地産地消型エネルギーシステムの構築に向けて必要な規制を見直し。



## 期待される効果

### 持続的な産業基盤の構築

- ・輸入から国内生産への転換(肥料・飼料・原料調達)
- ・国産品の評価向上による輸出拡大
- ・新技術を活かした多様な働き方、生産者のすそ野の拡大

### 社会 国民の豊かな食生活 地域の雇用・所得増大

- ・生産者・消費者が連携した健康的な日本型食生活
- ・地域資源を活かした地域経済循環
- ・多様な人々が共生する地域社会

### 環境 将来にわたり安心して暮らせる地球環境の継承

- ・環境と調和した食料・農林水産業
- ・化石燃料からの切替によるカーボンニュートラルへの貢献
- ・化学農薬・化学肥料の抑制によるコスト低減

アジアモンスーン地域の持続的な食料システムのモデルとして打ち出し、国際ルールメイキングに参画(国連食料システムサミット(2021年9月)など)

# ① 木質バイオマス発電

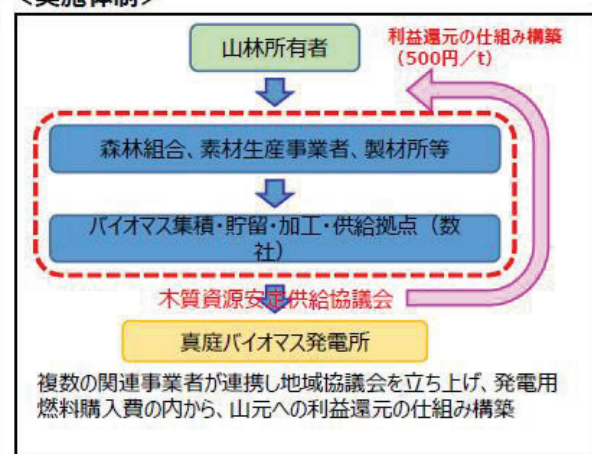
森林内に放置されていた「林地残材」の活用などにより山村地域に再生可能エネルギーと雇用をもたらす取り組み。ガス化発電により小型化が進行中。

## ○岡山県真庭市の事例

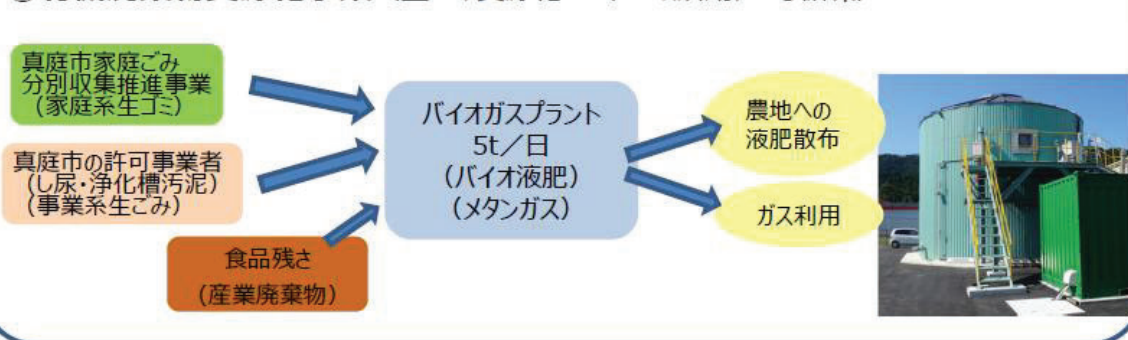
### ① バイオマス発電事業



### <実施体制>



### ② 有機廃棄物資源化事業 (生ごみ資源化・バイオガス活用による循環)



### ③ 観光産業拡大事業

- ・バイオマスツアー (平成18年スタート) コースメニューを拡大。 (平成26年利用人数2912人)
- ・真庭産原料を活用したお土産  
ペレットクッキー (福祉作業所)、CLTチョコレート





## ② メタン発酵

畜産の糞尿の処理と再生可能エネルギーをもたらす取り組み。消化液（発電後に残った液体）は有機肥料としての活用が期待される。系統接続ができずに頭打ち。

### ○石川県中能登町の事例

#### メタン活用いしかわモデル

- 複数の地域バイオマスを一ヶ所の処理場に集約することにより、汚泥量を確保(集約化)
- 下水汚泥の発酵を促進させる改質技術の導入によるメタンガス発生率の向上(効率化)
- 高濃度汚泥の攪拌技術の開発によるメタン発酵槽の小型化(小型化)

#### 食品廃棄物の受入

- 食品廃棄物の排出団体等
  - ・油揚げや練り物の食品工場
  - ・給食センターや介護施設 など
- 受入時にナイロン等の袋類の混合が想定されたことから、排出団体に生物分解できる袋類を使用してもらっている。



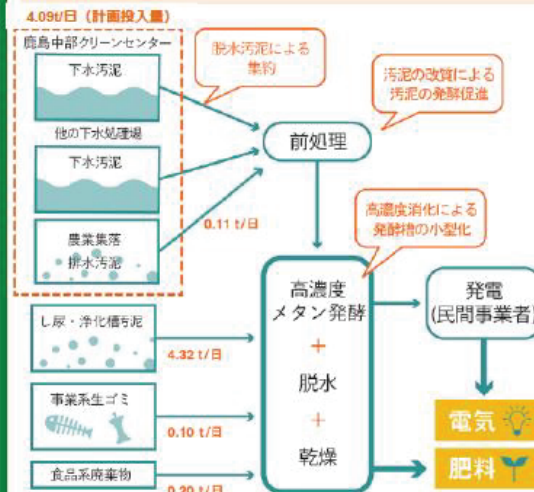
油揚げの受入



生物分解可能な袋

#### 施設概要、補助事業

##### 処理フロー



- 事業主体 中能登町
- 稼働開始 平成29年10月
- 総事業費 14億8,000万円
- 事業制度 (社会資本整備総合交付金)
  - ・新世代下水道支援事業制度リサイクル推進事業 (未利用エネルギー活用型)
  - ・污水处理施設共同整備事業
  - ・効果促進事業

##### 鹿島中部クリーンセンター



ガス発電設備とメタン発酵槽



ガス発電設備の余熱はメタン発酵槽の加温や消化汚泥の乾燥に活用



消化汚泥を乾燥させて肥料を製造

### ③ ソーラーシェアリング

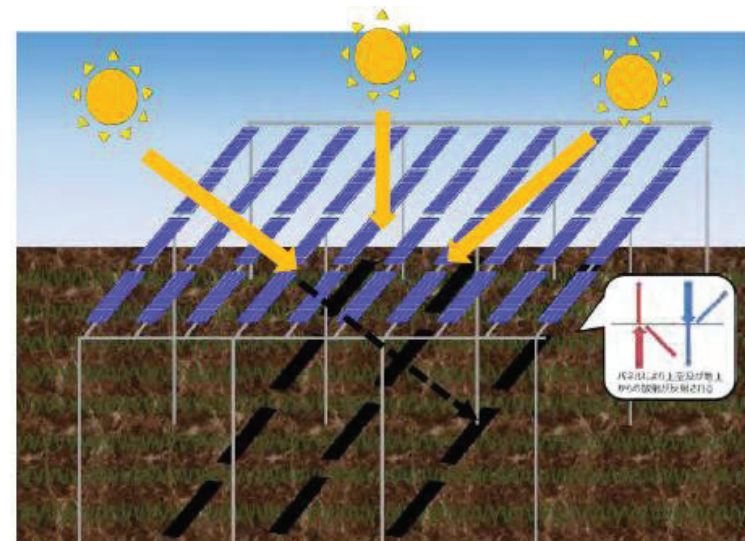
ソーラーシェアリングは、食料安全保障に資するもの、耕作放棄地の解消につながるものなども出てきている。しかし、問題のある事業もあり、メリハリのある発展を促すことが大切。

#### ○営農型太陽光発電（ソーラーシェアリング）とは

- ・ 農地に支柱を立てて上部空間に太陽光発電設備を設置し、太陽光を農業生産と発電とで共有する取組。
- ・ 作物の販売収入に加え、売電による継続的な収入や発電電力の自家利用等による農業経営の更なる改善が期待できる取組手法。



- ・ 荒廃農地が増加する中で、営農型発電設備を活用した荒廃農地の活用を期待。



- ・ 一日の中で太陽とともに影が移動し、パネル下の作物への日照は変動。露地と比較してパネルにより放射収支が変化し、日中は涼しく、夜は暖くなる傾向。

- ・ 支柱を利用した農作業や、発電電力の電動農具、施設園芸の電源への活用を期待。



## ④ 森林地域風力

山間地で発電に適した風が吹く地域においては、生物多様性、景観、そして林業との共存を図る形での風力発電の推進が重要。

【事例】 風力発電の売電益による間伐の推進（林業との共存）



高原に設置された風車

### <概要>

- 事業実施主体：高知県高岡郡<sup>たかおかくんゆすはらちよう</sup>梶原町  
(高知県高岡郡梶原町)
- 発電設備：風力発電  
発電出力 600kW×2基  
発電電力量 296万kWh/年
- 建設費：4億4,500万円
- 運転開始時期：平成11年12月

### <特徴>

- 林野率91%。町北部のカルスト高原は風況がよく(7.2m/s)、水資源も豊富。
- 風車で発電した電気は全量売電し、町の環境基金へ積み立て。(売電収入は、固定価格買取制度認定前：約3,500万円/年 → 認定後：約6,000万円/年)
- 基金積立金により、平成13~22年度までは間伐交付金として10万円/haを森林所有者に交付。現在は、ペレット向け間伐材の搬出費用として2,400円/m<sup>3</sup>を補助。  
(間伐対象森林9,000haのうち、6,409ha(71%)の間伐が完了。)
- このほか、公共施設の屋根を利用した太陽光発電(出力計443kW)、梶原川の有効落差6mを利用した小水力発電(出力53kW)等、地域資源をエネルギー生産に活用。
- 町の累次の「総合振興計画」において、持続可能な地域づくり、町民の暮らしと自然が共生できる循環型社会を目指すとの理念を一貫して明示し、町民へも浸透。



木質チップ工場

## ⑤ 洋上風力

漁業と共存する形での風力発電の推進が可能。

【事例】 風力発電による漁港施設の電力費用の負担軽減（漁業との共存）



### <概要>

- 事業実施主体： はさき漁業協同組合  
(茨城県神栖市(波崎漁港内))
- 発電設備： 風力発電  
1号機 2号機
- 発電出力： 1,000kW 1,990kW
- 発電電力量： 250万kWh/年 520万kWh/年
- 建設費： 約2億7千万円 約6億5千万円
- 運転開始時期： 平成17年4月 平成29年3月

### <特徴>

- 平成10年、旧波崎町(現神栖市)が、浜風を活用した風力発電を検討。漁港の製氷工場の付帯施設として建設。
- 漁港内に建設するため、回転する翼の影や騒音が民家へ与える影響はなく、地域調整が円滑に進んだ。
- 水産庁の補助金を活用した1号機の実績により信頼を得られたため、2号機の建設にかかる地域調整や日本政策金融公庫からの資金調達が可能となった。
- 風力発電による売電収入により漁港施設(製氷工場、荷捌き施設、岸壁照明)の電力費を相殺。漁協の経営が安定したため、ハマグリ稚貝放流の経費を補助するなど、組合員に還元。
- 水産品の包装に風車の写真を使用し、産地のPRに活用。

※ 2号機について、農山漁村活性化再生可能エネルギー事業化推進事業(H25)において支援

# 木材利用の意義

## ➤ 2050年カーボンニュートラルへの森林・木材の貢献

- 木造建築物は一定期間炭素を固定（第2の森林）
- 木材は他の資材に比べ、製造時のエネルギー消費少ない
- 2050年カーボンニュートラルの実現には、森林資源の循環利用を進め、人工林の若返りを図るとともに、木材利用を拡大することが有効。



## ➤ 社会的課題解決に向けた効果

- SDGsにおける目標の達成に貢献
- 地域の活性化や雇用創出等による地方創生の実現に寄与
- 木材を利用したオフィス空間による生産性の向上（働き方改革）

## ➤ ビジネス面における効果

- 構法等の工夫による低コスト・短工期
- 木材利用による付加価値の創出

### 3. いくつかの視点

・・・時代の方向に合った対応とは



# これからの課題に立ち向かうために必要なことは

---

- **様々な分野においては、「必ず来る未来」があることをしっかりと認識すべき**
  - ・ 食料安全保障の重要性（変わらないことだが、再認識される）
  - ・ 地球温暖化対策→脱炭素→カーボンニュートラル、持続可能性、エシカル
- **これまでできなかったことができるようになっている（過去の常識で新たな提案を切り捨てない）**
  - ・ 新しい栽培技術・施設（できなかった→できるようになった）
  - ・ いつ出荷するのがいいか、どこに出荷するのがいいか、どのような点を強調するか
- **現場において実践するためには**
  - ・ 先端的な事例を学び応用することが大切（まねることと独自にすること）
  - ・ 次の時代をどうするかの見点が重要（自分、子どもたちが過ごす世界）



ご清聴ありがとうございました。

