

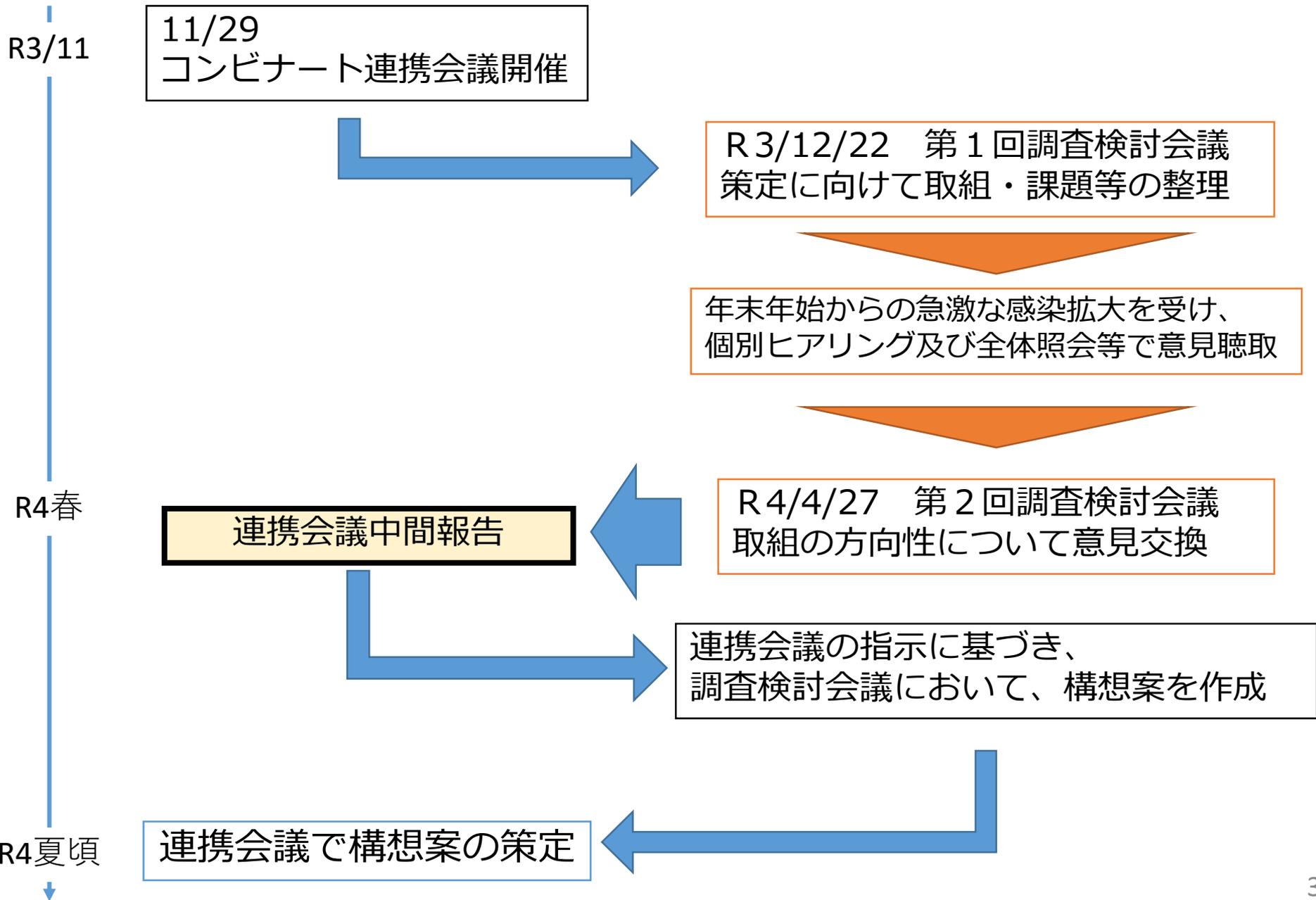
# 調査検討会議における検討状況について (中間報告)

---

山口県産業戦略部  
令和4年5月

目次	
1 検討スケジュール	… 3
2 本県製造業の現状と課題	… 4
3 低炭素化構想の3つの視点と取組の時間軸	
(1) 3つの視点と段階的な取組	… 5
(2) 時間軸と主な取組	… 6
4 CO2の排出削減	
(1) エネルギー転換に向けた取組	… 7
(2) 2030年度に向けた燃料転換の方向性	… 9
5 CO2の利活用	
(1) 燃料-CO2フローの現状	…10
(2) ポテンシャルを活かした循環フローの構築	…11
(3) コンビナートにおけるCO2循環フロー ①	…13
6 CO2の回収・貯留	
(1) 国の政策を考慮した循環フローの構築	…14
(2) コンビナートにおけるCO2循環フロー ②	…15
7 コンビナートの脱炭素マテリアル/エネルギー受入・生産・供給ハブ化	…16
8 取組の方向性	…17

# 1 検討スケジュール



## 2 本県製造業の現状と課題

県内企業における主要燃料の使用率（熱量換算）及び使用量  
出典）カーボンニュートラルに向けた企業動向調査結果（R3/12）

区分	合計（製造業・電気業）		うち自家発電	
	熱量割合	使用量	熱量割合	使用量
軽油・灯油・重油	5.1%	57万kl	4.5%	20万kl
石炭	54.8%	953万t	77.2%	540万t
LNG、LPG	16.3%	135万t	0.1%	0.1万t
都市ガス	1.9%	1億9千万m <sup>3</sup>	0.8%	3千万m <sup>3</sup>
バイオマス	4.5%	155万 t	7.7%	106万 t
副生ガス（石油系）	12.8%	11億m <sup>3</sup>	3.6%	1億3千万m <sup>3</sup>

参考）石炭火力（自家発電）を  
燃料転換する場合の必要量

燃料種	必要量
木質バイオマス（13.21MJ/kg）	1,066万t
アンモニア（22.5MJ/kg）	626万t
水素（119.9MJ/kg）	99万t

▶現時点では、必要量の確保は困難

- ・ 本県の製造業の企業は、事業活動におけるエネルギーの大半を石炭を始めとした化石燃料により発生させ、そのエネルギーは年間で燃料を3億GJ分、電力を27億kWh分消費し、CO2排出量は2000万tを超える。
- ・ コンビナートは、その競争力の源泉を石炭火力発電にもち、コンビナートのエネルギー消費量、CO2排出量はいずれも全県の8割程度を占める状況にある。
- ・ これらのエネルギーを確保しながら、CO2排出量の削減を余儀なくされるとともに、業種によっては原料転換を伴う製造プロセスの見直し等の課題に直面
- ▶ 企業各社は、燃料転換、再生可能エネルギーの利用などのエネルギー転換や、保有する技術を活かし、カーボンニュートラルの実現に繋がる技術開発に挑戦

- ・ エネルギー転換を検討する上で安定調達、経済性を考慮することが必要であるが、現時点では、化石燃料の代替とされる水素やアンモニア等の脱炭素燃料や再生可能エネルギーの調達量等の見通しは不透明な状況
- ・ また、セメント産業のように製造プロセス中から発生する非エネルギー起源CO2は、エネルギー転換のみでは削減が難しく、CO2を利活用を可能とする技術導入が不可欠であるが、未だ実証段階の技術も多い状況

### 3 低炭素化構想の3つの視点と取組の時間軸

#### (1) 3つの視点と段階的な取組

- カーボンニュートラルの実現に向けた取組は、インフラ・社会システムの整備や、企業の研究開発、設備投資等によって、段階的に進むと予想されるが、その進捗は将来的な見通しによって大きく異なり、以下に区分される。
  - ①技術的に可能な段階にあり、導入や規模拡大の検討がされているもの
  - ②実証を兼ねて導入等が検討されているもの※
  - ③技術開発の段階にあるもの

※アンモニアサプライチェーン構築（出光興産(株)）等、現状で検討が進展しているものを想定
- 現時点で、①、②の取組としては、「CO<sub>2</sub>の排出削減」の更なる省エネや、バイオマスやアンモニア等の燃料転換を中心とした取組となる。
- 「CO<sub>2</sub>の排出削減」においても、脱炭素燃料への完全転換を目指した水素、アンモニア専焼発電技術や、「CO<sub>2</sub>の利活用」のカーボンリサイクル技術、「CO<sub>2</sub>の回収・貯留」のCCS技術等を大規模に導入していくことは③の段階にある。

#### CO<sub>2</sub>の排出削減

- 省エネ設備の導入
- 企業間連携による高効率化
- カーボンフリー燃料・再生可能エネルギーへの転換

#### CO<sub>2</sub>の利活用

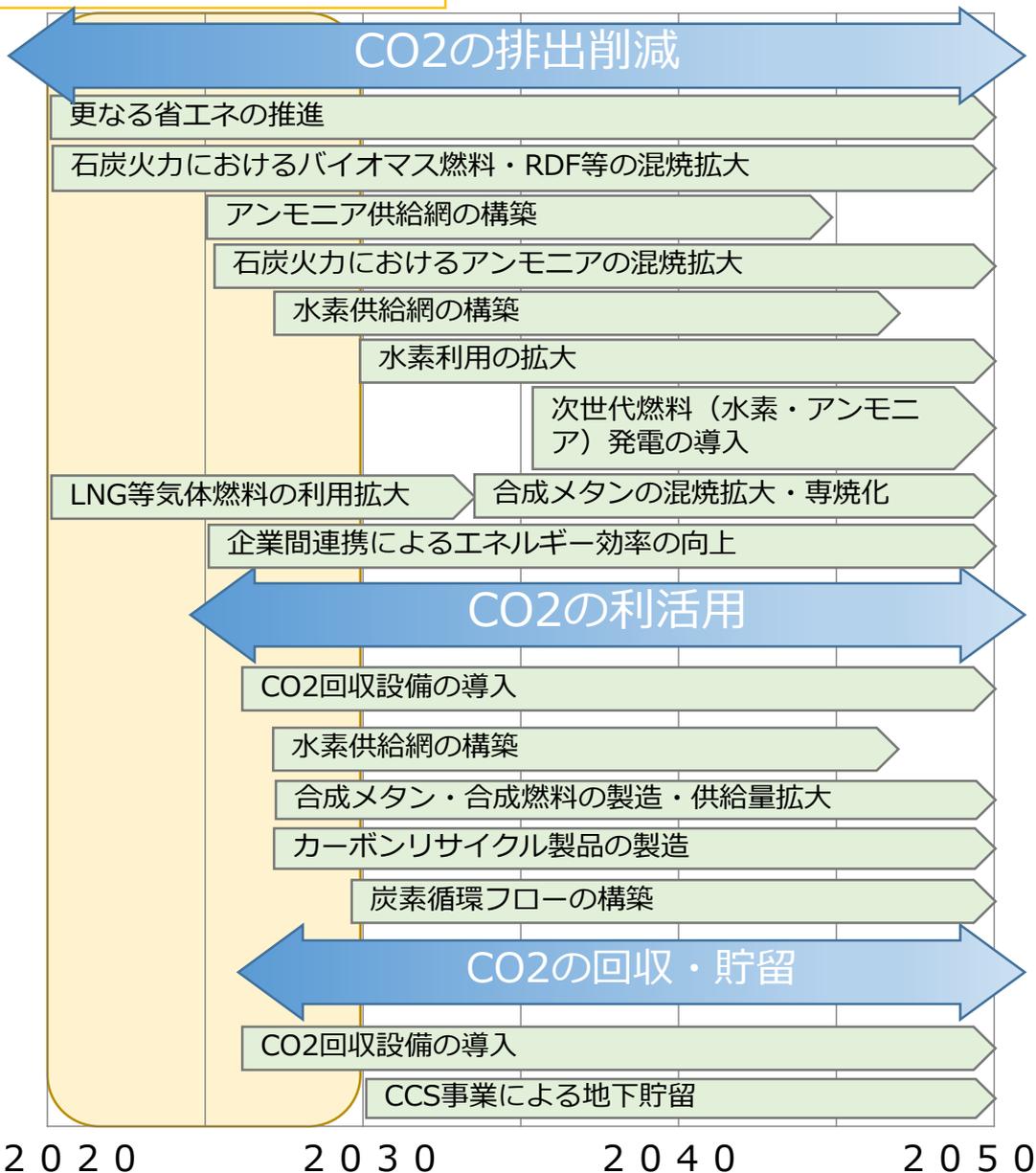
- カーボンリサイクルによるCO<sub>2</sub>の燃原料化
- コンビナート内の循環フローの構築

#### CO<sub>2</sub>の回収・貯留

- 排出が不可避なCO<sub>2</sub>排出を補う資源化を伴う固定化
- CO<sub>2</sub>の貯蔵、吸収源確保

## (2) 時間軸と主な取組

### 「勝負の10年」における 挑戦的な技術開発

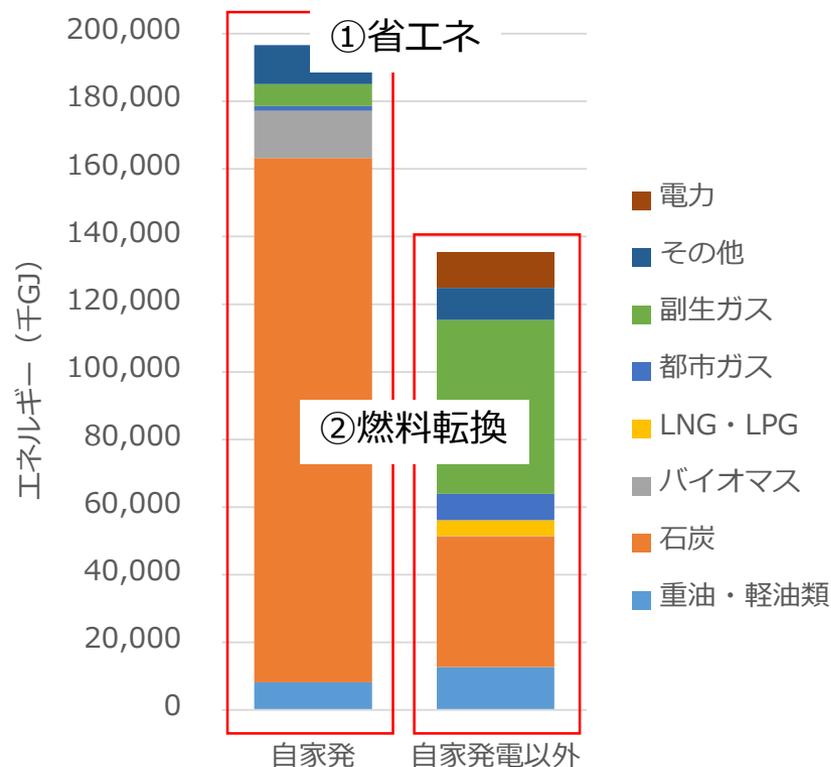


- ・現時点の導入可能な技術を優先的に採用することとなる2020年代は、排出削減・燃料転換が中心で、燃料供給網の構築や燃料利活用の技術開発に合わせて段階的に導入が進展
- ・この他、カーボンニュートラルの実現には、本県産業の強みを活かしたCO2の利活用を可能とするカーボンリサイクル技術の開発・導入が必要不可欠
- ・技術開発には、「勝負の10年」と呼ばれる期間に、カーボンニュートラルを実現するための技術革新等に挑戦するとともに、技術の導入、規模拡大に向けた取組を積極的に進める
- ・この時、導入コスト等の低減を考慮し、既存施設の活用も含めて、効率的に進めていくことが前提
- ・そして、常に次の段階の技術導入等に繋げるよう、先を見据えた取組を検討することが必要

# 4 CO2の排出削減

## (1) エネルギー転換に向けた取組

2018年度の消費エネルギー（製造業の推計）



③総合効率  
(発電・熱)  
の最大化

自家発電の  
エネルギーの  
最大限の活用



### ①更なる省エネの推進

- ・省エネのみでカーボンニュートラルを達成することは不可能
- ・一方で、省エネを考慮しないでエネルギー転換のみを前提とすることも安定調達・経済性の観点からリスクを伴う

### ②燃料種の変更

- ・エネルギー量の多い燃料の転換を優先的に検討
- ・石炭の転換は、バイオマス、アンモニア、廃棄物等が候補
- ・LNGなどの低排出係数の燃料への転換も進め、この場合、その先のカーボンリサイクル燃料への転換も視野
- ・水素等の脱炭素燃料への転換は、現状の調達可能量を考慮し、小規模施設での利用等を想定

### ③自家発の最大限の活用

- ・大規模化による自家発の総合効率の最大化や、運転制御による高効率運転等の検討、熱利用の周辺地域への拡大等

### ○環境整備による企業連携の促進

- ・地域のエネルギー需給及びエネルギー転換を踏まえた共同受入基地の整備及びインフラ整備等の効率化の向上
- ・企業のエネルギー設備に対する投資の促進や共同運営等による投資効率の向上

個社の取組ではなく、企業間連携によるエネルギーの有効利用に取り組むことでエネルギー転換を促進

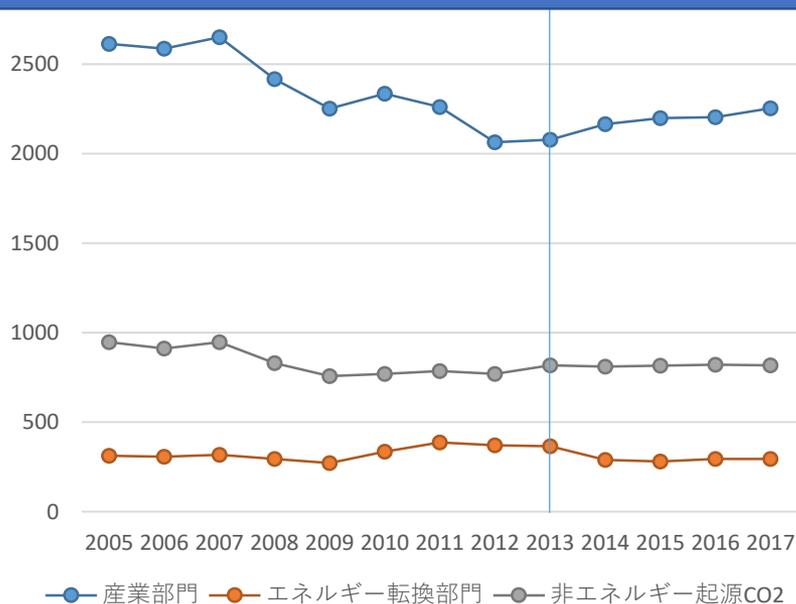
# 参考) 山口県の二酸化炭素排出量の状況

山口県の二酸化炭素排出量（出典：県環境白書よりコンビナートに関する主要部門の抜粋）

（単位：百万t-CO2 （ ）内は、2013年度比）

	2013年度 実績	2014年度 実績	2015年度 実績	2016年度 実績	2017年度 実績
エネルギー起源二酸化炭素	33.8	33.6 (▲1%)	33.4 (▲1%)	33.2 (▲2%)	33.6 (▲1%)
産業部門	20.8	21.6 (+4%)	22.0 (+6%)	22.0 (+6%)	22.5 (+8%)
エネルギー転換部門	3.7	2.9 (▲21%)	2.8 (▲23%)	3.0 (▲19%)	2.9 (▲20%)
非エネルギー起源二酸化炭素	8.2	8.1 (▲1%)	8.2 (▲0%)	8.2 (+0%)	8.2 (+0%)

## 2013年度以降の産業部門の排出量は増加傾向



本県では、産業部門におけるエネルギー起源CO2が2013年度以降増加傾向にあることを踏まえ、CO2排出量のピークを試算した上で、本県独自の削減イメージを形成し、インフラ整備や事業計画の策定に繋げる

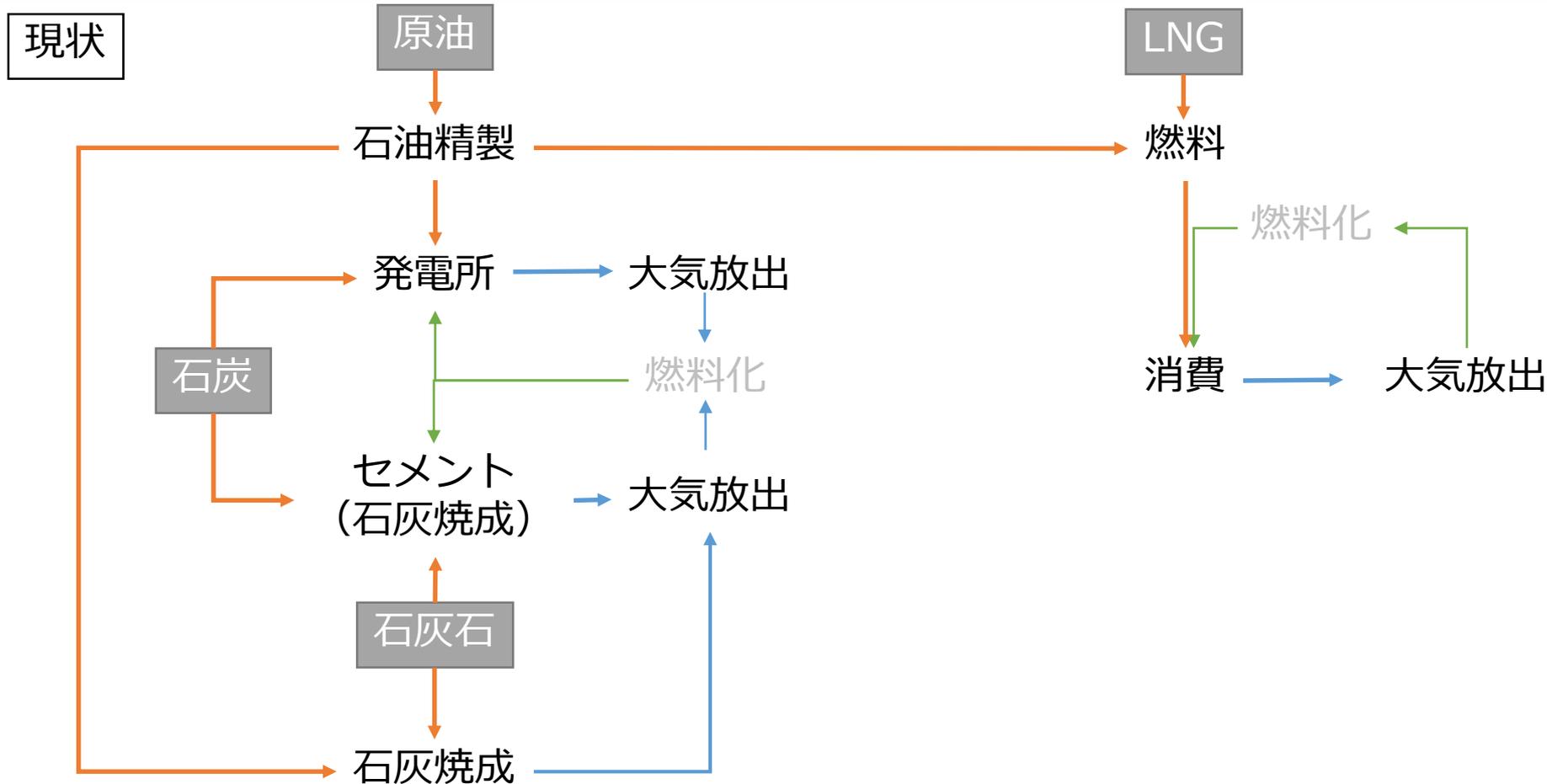
## (2) 2030年度に向けた燃料転換の方向性

- ▶ 燃料転換を中心に検討した場合、省エネによるエネルギー総量の削減、燃料転換等による排出削減等を複合的に取り組むことが必要
- ▶ 技術開発や調達面の予見可能性が低い現時点では、特定の燃料のみでの転換を目指すことは困難
- ▶ 取扱量の増加を目指す燃料は、①バイオマス、②アンモニア、③LNG・天然ガス  
取扱量の減少を目指す燃料は、①石炭、②石油類
- ▶ 燃料の転換の主な取組は、以下のとおり
  - 石炭を使用している火力発電（発電事業者、自家発電を含む）、セメントキルン等の燃料転換  
アンモニア、バイオマス混焼の導入
  - その他、RDF等のエネルギー資源の有効利用による燃料確保  
発生する熱等の利用による地域連携による総合効率の向上
  - CO<sub>2</sub>排出係数の低い燃料への転換  
特に気体燃料（都市ガス、LNG等）の導入（供給量等の増加が必要）
  - エネルギー利用に係る企業間連携の促進  
企業が集積している状況を活用し、官民連携等によるエネルギー利用効率の向上  
低排出係数燃料の導入に対する共同事業の検討
- ▶ 排出削減は、将来的な技術開発を考慮すれば、ゼロエミッション化も視野

- ・ これらの取組は、当面の取組として示すもので、期間を2030年頃までと設定
- ・ 本県の産業部門のCO<sub>2</sub>排出量は、その多くがコンビナートで排出されていることから、コンビナート企業を中心に産業部門の削減を目指す
- ・ 2030年度以降も燃料転換の取組は継続し、脱炭素燃料等への転換を増加
- ・ 一方で、産業構造上、燃料転換のみでカーボンニュートラルの達成は難しいことから、コンビナートのポテンシャルを踏まえ、CO<sub>2</sub>の利活用による技術開発・導入による取組を検討

## 5 CO2の利活用

### (1) 燃料-CO2フローの現状



- CO2削減には、新たに消費する化石燃料を減少させることが必要で、将来は水素、アンモニア等、脱炭素燃料への完全転換を目指す。
- 本県の産業特性上、発生が不可避のCO2も発生することから、利活用するためカーボンリサイクル技術の導入が必要
- CO2を工業的に大規模に循環させるフローを構築し、炭素の循環量を増加させることが必要

キーとなる技術導入により、CO2循環フローを構築

## (2) ポテンシャルを活かした循環フローの構築

### ○資源となり得るCO<sub>2</sub>の排出

- ・燃料転換を進めるには、新たな燃料の供給網の構築や大規模利用等が可能となる技術の創出、設備投資等の課題が存在
- ・化石燃料を代替する燃料としては、化石燃料と性状が同様のカーボンリサイクルによる合成燃料を使用することが重要
- ・合成燃料を大量に製造するには、大量のCO<sub>2</sub>が必要で、CO<sub>2</sub>はエネルギーを大量消費する火力発電やセメント製造から集中して排出
- ・本県の産業特性上、石灰石からの脱炭酸による非エネルギー起源CO<sub>2</sub>の発生が多い

#### 【循環フロー構築のキー】

- ▶大量発生源となる火力発電、セメント製造工程からの回収
- ▶カーボンリサイクル技術によるCO<sub>2</sub>循環フローの強化

### ○水素、アンモニアの製造技術とともに、ハンドリング技術を保有

- ・CO<sub>2</sub>を活用するためには、水素や水素を含む物質（水など）が必要
- ・水素等は、将来的には海外からの大規模輸入が検討されているが、供給の見通しは立っていない
- ・本県は、ソーダ工業、石油精製／石油化学工業等の企業が立地し、製造ポテンシャルは高い
- ・将来的には水素は、脱炭素燃料として期待されるものであるが、合成燃料の原料としての利用も考慮することが必要
- ・アンモニアは、燃料としての用途需要が見込まれるが、可燃性に加え、毒性を有し、従来の燃料とは危険性が異なり、取扱技術が重要
- ・本県には、全国トップクラスのアンモニア製造工場が立地、また、取扱をしている企業も多数存在し、アンモニアの取り扱いに関する技術等を保有

#### 【循環フロー構築のキー】

- ▶脱炭素燃料の利用に関する技術実証等の環境整備
- ▶水素利用の促進によるカーボンリサイクル技術の開発環境の整備

## ○CO<sub>2</sub>の固定化・吸収源となり得るセメント工場の立地

- ・セメントは固化時にCO<sub>2</sub>を吸収する性質があり、セメントを消費する際に吸収源となる可能性
- ・また、CO<sub>2</sub>の利活用では、炭酸塩（再生材）化が選択肢として考えられ、再生材として、循環利用することで、コンクリートのリサイクル量の増加や石灰石の資源投入を減少させることが可能
- ・炭酸カルシウムとして炭酸塩の状態で貯蔵することも可能であり、セメントに混在させることも可能

### 【循環フロー構築のキー】

- ▶カルシウム含有廃棄物等とCO<sub>2</sub>による炭酸カルシウムへのリサイクルやその炭酸カルシウムの利用によるセメント製造時の石灰石消費の減少
- ▶CO<sub>2</sub>吸収セメントを利用することによるCO<sub>2</sub>オフセット

## ○既存のインフラを活用した合成燃料等の精製、原燃料の供給

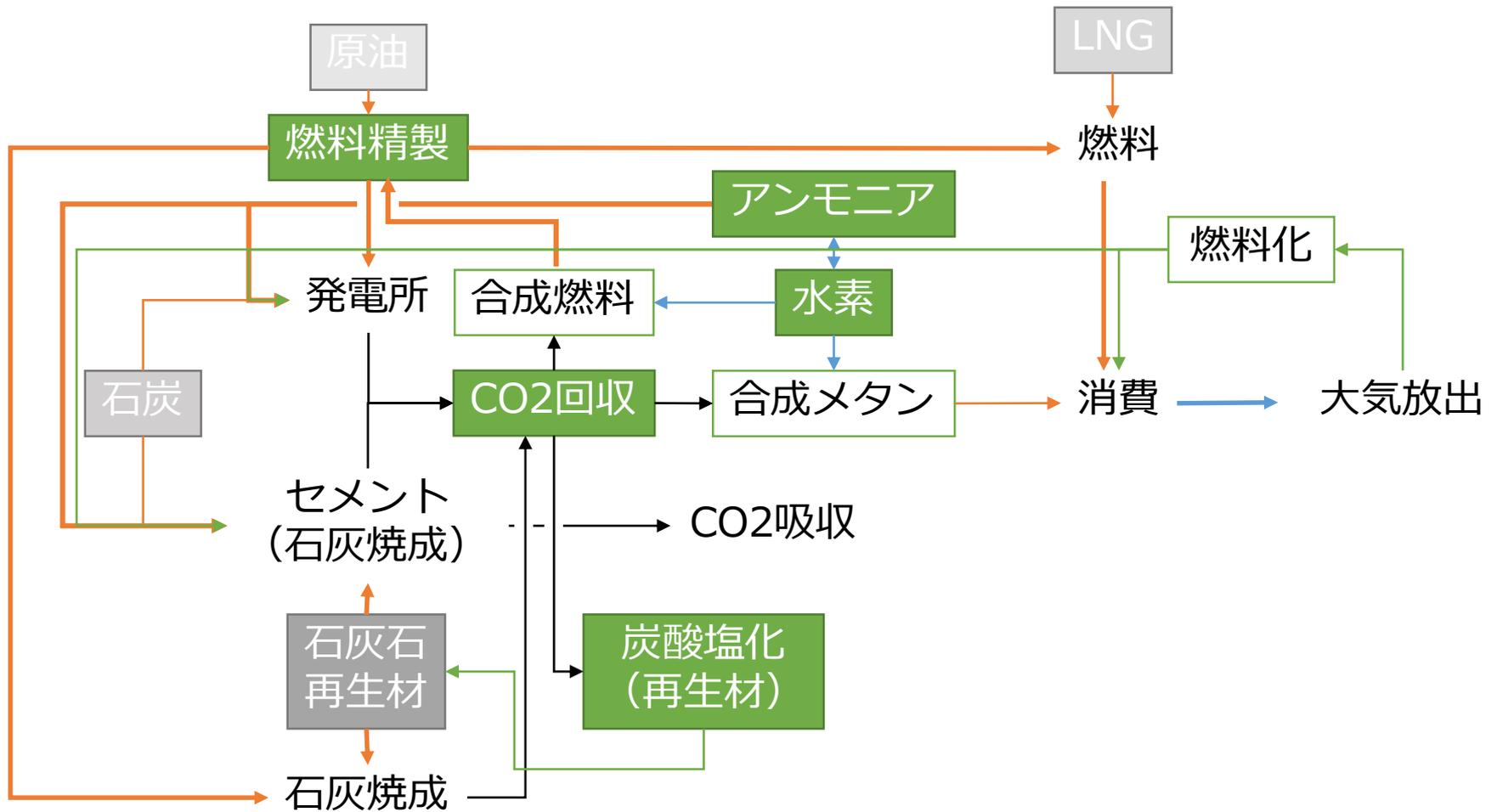
- ・合成メタンは、都市ガスの主成分のメタンを合成したものであり、都市ガスに混入することが可能
- ・液体合成燃料は、結合数が不規則な炭化水素で構成される燃料であるが、石油類と同様に精製することで、生活や自動車燃料等として、石油類と同様の使用が可能
- ・合成燃料等を使用すれば、化石燃料の消費を減少させることが可能

### 【循環フロー構築のキー】

- ▶石油精製業の既存資産を活用した合成燃料の精製

CO<sub>2</sub>循環フローは、一企業の取組だけで作り上げることが出来るものではなく、現状では、循環していないフローを繋ぎ合わせるためのキーを企業、行政で埋めていく

### (3) コンビナートにおけるCO2循環フロー ①



キーとなる技術等により、フロー内の循環量を増加させ、効率等の向上を目指す。最終的な排出となる消費後の大気放出は存在することとなるが、化石燃料の使用量は半減させることが可能。排出量は0とならない前提での設計となることから、回収・貯留等の検討が必要。

## 6 CO2の回収・貯留

### (1) 国の政策を考慮した循環フローの構築

#### ○CCS長期ロードマップ検討会

- ・第4回会議（2022年4月20日）において、2030年までにCCS事業を開始することを政府目標として明確に掲げることを提案
- ・カーボンニュートラルの実現には、CCSによるCO2削減効果を考慮することが必要
- ・大規模化や複数の企業において検討する取組であり、企業単独の取組ではなく連携事業で検討することが重要

#### 【循環フロー構築のキー】

- ▶排出CO2を回収（排ガス回収、DAC）等し、CCSによる貯留

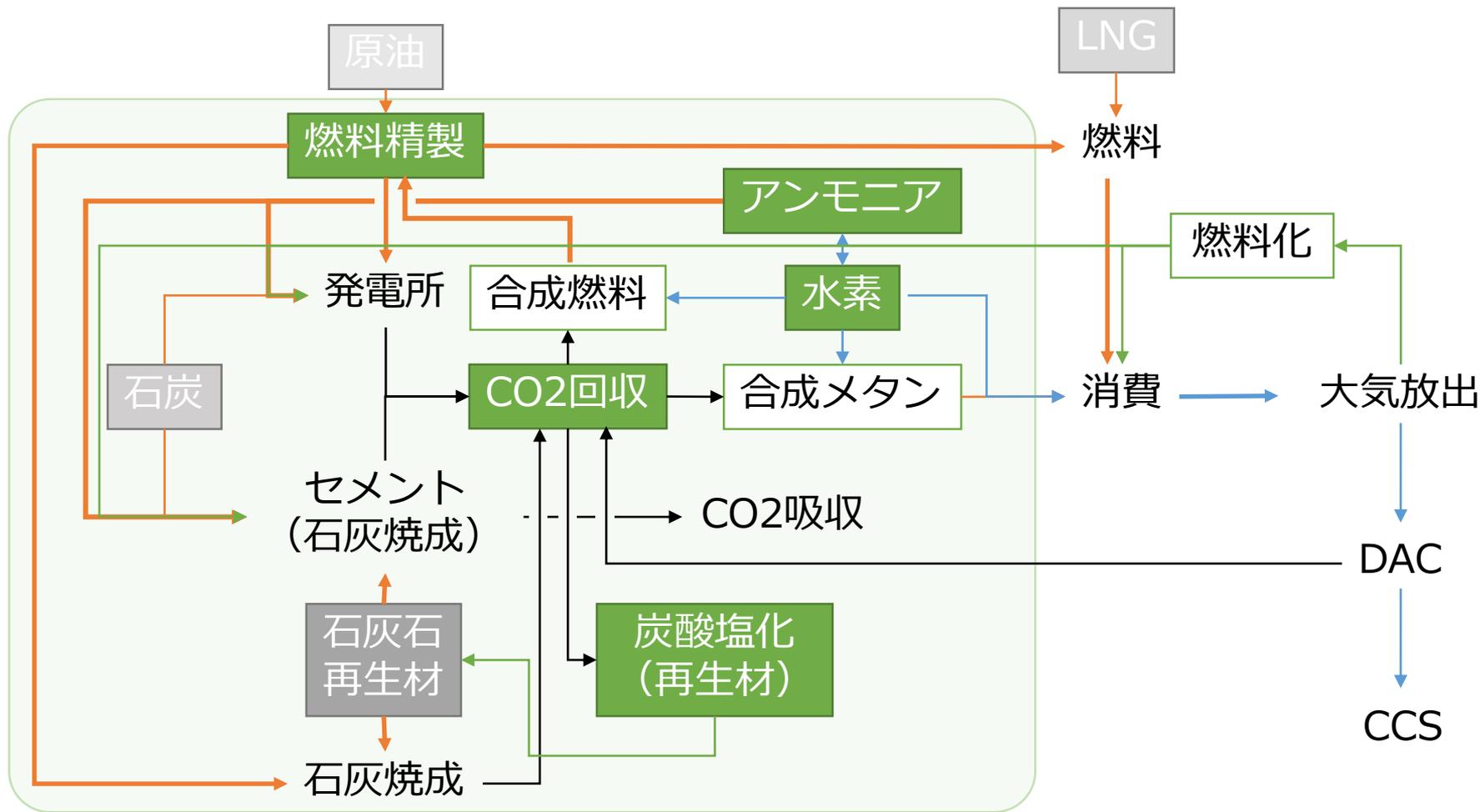
#### ○カーボンニュートラルコンビナート研究会

- ・カーボンニュートラルコンビナートが果たすべき役割として、2050年において、コンビナート全体でのカーボンニュートラル化を実現するだけでなく、カーボンニュートラル社会において、①脱炭素エネルギーの受入/生産/供給、②炭素循環材料の受入/生産/供給、③脱炭素技術のテストベッドといった機能を通じて、カーボンニュートラル社会の持続的な発展、製造事業者等の競争力強化、地域経済・日本経済の活性化に貢献
- ・現在でもコンビナート企業は、本県の経済と雇用を支える屋台骨、また、生活、社会インフラを支える製品を製造し、他産業の高い製品性能を支える重要な役割であり、将来においてもその役割が変わることはない

#### 【循環フロー構築のキー】

- ▶コンビナート以外の他産業、民生部門等への脱炭素材料/エネルギー供給の拠点

## (2) コンビナートにおけるCO2循環フロー ②

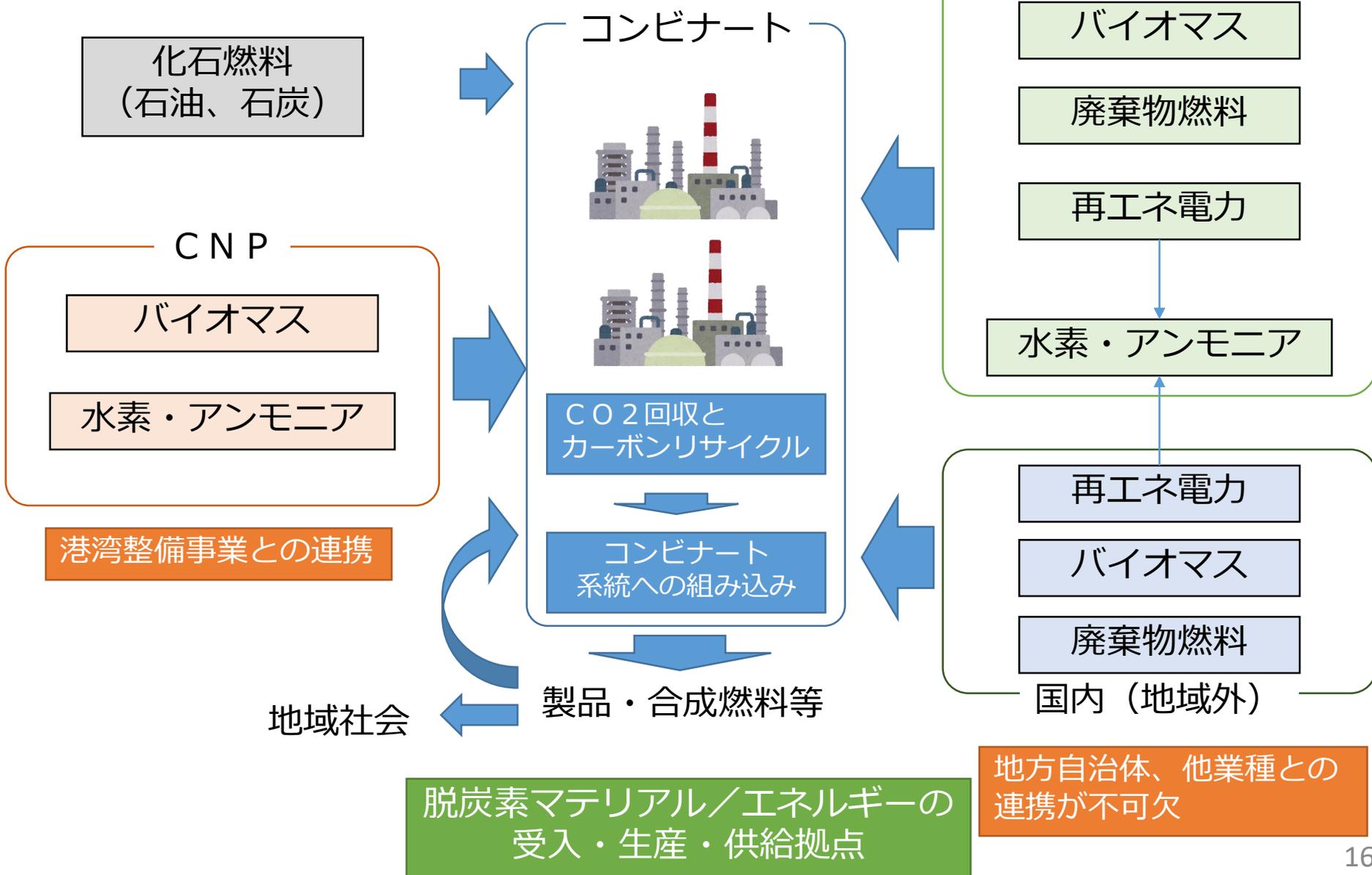


本県のコンビナートが持つポテンシャルを活かすことで、CO2を原料とした製品やエネルギーの製造を含めた炭素の循環フローの構築が可能

循環フローの構築を円滑に進めるためには、必要な資源を優先的に投入することが必要

# 7 コンビナートの脱炭素マテリアル／エネルギー受入・生産・供給ハブ化

生活、社会インフラを支える中心的存在として、  
脱炭素マテリアル／エネルギー受入・生産・供給ハブ化を目指す



## 8 取組の方向性

山口県のコンビナートが持つポテンシャル、産業特性を踏まえ、以下の取組を推進

- ①企業の集積を利用した企業連携によるエネルギー転換
- ②既存基盤を活用したマテリアル／エネルギー受入・生産・供給ハブ化

- 石炭火力発電所（発電事業者、自家発）の燃料転換  
アンモニア、バイオマス混焼の導入  
その他、RDF等のエネルギー資源の有効利用による燃料確保  
地域連携による総合効率の向上  
▶2050年）混焼率の増加、専焼化、廃棄物の有効利用等の検討を継続
- CO2排出係数の低い燃料への転換  
特に気体燃料（都市ガス、LNG等）の導入が不可欠で、供給量等の増加が必要  
▶2050年）低排出係数の化石燃料使用を一時的な転換と捉え、  
メタネーションによる合成燃料の導入  
合成のための原料（水素）の確保
- エネルギー利用に係る企業間連携の促進  
企業が集積している状況を活用し、官民連携等によるエネルギー利用効率の向上  
低排出係数燃料の導入に対する共同事業の検討  
▶2050年）石油・化学系企業の技術による合成燃料等の  
カーボンリサイクル燃料の製造拠点化によるエネルギー供給体制の構築
- CO2利活用技術促進  
回収、CO2転換等の技術開発の促進  
▶2050年）カーボンリサイクル燃料・原料を使用したコンビナート系統への転換
- 再生可能エネルギーの補完的利用  
余剰電力による水素、メタンの製造等  
▶2050年）再エネ電力も含めた電力の安定化