

【特集：欧米の研究開発制度】 組織 プロジェクト 技術マップ

低炭素社会にむけて(EU)

- 欧州の戦略的エネルギー技術計画 -

2007年11月22日、欧州委員会は「欧州エネルギー技術戦略計画(SET-Plan)」を発表した。EUのエネルギーおよび気候変動に関する目標を達成する上で、低炭素技術は非常に重要な役割を担う。この戦略計画は、これらの技術開発とその実用化を促進させることを目標としており、本レポートでは同計画の詳細が示されている。その論拠やバックデータとなる数値や表は、MEMO/07/494¹で入手が可能である。

テクノロジー（技術開発）は、エネルギーおよび気候変動に関する目標達成に不可欠

気候変動、エネルギー安定供給、企業競争力といった課題は相互に影響し合っており、多面的かつ調整を必要とする問題である。政策や対応策は以下の通り広範囲におよび、ジグソーパズルをつなぎあわせるようなものだともいえる。例えば、2020年までに温室効果ガスの排出を20%削減する目標とEUのエネルギー構成のうち再生可能エネルギーの比率を20%にする目標を結びつけること、2020年までにEUの一次エネルギー使用量を20%削減すること、排出権取引やエネルギー関連税制を通じて炭素に価格をつけること、競争力のある「域内エネルギー市場」、国際エネルギー政策などである。

上記の目標を達成する上で、テクノロジーは極めて重要である。費用対効果の高い低炭素技術の開発や普及を促進させるためのひたむきな政策が必要となる。「2020年目標」達成のためには、クリーンエネルギーのコストを下げ、成長著しい低炭素技術分野においてEU産業界が最先端を行くようにすべきである。「2050年までに温室効果ガスを60~80%排出削減」という、より長期的、野心的な目標をめざすには、研究でブレークスルー（飛躍的進歩）を起こし、次世代テクノロジーを開発することが不可欠である。

低炭素経済への移行には数十年が必要だろうし、経済に関わるあらゆる産業部門に手をつけることになる。しかし、我々(EU)は行動を遅らせるわけにはいかない。今後10~15年の間に下される決定は、欧州のエネルギー安全保障や気候変動、経済成長、雇用に対して、深刻な影響をもたらすだろう。

今日のエネルギーイノベーションにおける弱み

70年代、80年代のオイルショック以降、欧州は安価で豊富なエネルギー供給を享受することができた。エネルギー資源の入手が簡単で、炭素に関する制約や市場の緊急性がなかったことは、欧州の化石燃料依存を放置したのみならず、新エネルギー技術に対する投資や技術革新への関心をも減衰させてしまった。すなわち、そのような技術に対して、市

¹ <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/07/494&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

場主導による誘因もなければ、短期間のビジネス上のメリットもないという状況である。こうした市場における需要と供給の差異が、低炭素エネルギー技術に関して言えば、しばしば「死の谷」と言われる所以である。従って、今となってはエネルギーイノベーションを支援するための公的介入は、必要かつ正当だといえるのである。

EU の官民エネルギー関連研究予算は、1980 年代以降、大幅に下降した。これは、エネルギー関連研究の能力やインフラへの投資自体が十分でない状態が積み重なってしまうという事態をもたらした。もし今日、EU 加盟国政府が 1980 年と同比率で投資をしているとするならば、エネルギー技術開発に対する EU 全体の公的支出は、現在の投資額の 4 倍となっていたはずである。

エネルギーイノベーションのプロセスは、構想段階から市場での浸透に至るまでの流れの中で、特有の構造的弱点を抱えている。必要とする投資規模が大きいため、市場に大量に出回るまでのリードタイムが長く（しばしば数十年かかる）また、既存のエネルギーシステムに元来存在する技術上、規制上の硬直性（惰性）がある。新しい技術は、より良いエネルギーサービスを伴わないのであれば概して既存技術より高価である。

今後 10 年における主要な技術課題

「2020 年目標」を達成するためには、並行した二つのアプローチが必要とされる。研究を強化し、コストの低下と性能の向上につなげなくてはならない。また、先を見通した積極的な支援策の実施により、ビジネス機会を創出し、市場の開拓を活性化し、イノベーションや効率的な低炭素技術の市場浸透を阻害する技術以外の問題を解決しなければならない。

完全な脱炭素社会に向けた「2050 年ビジョン」の達成には、広範囲なブレークスルーによる次世代テクノロジーの開発が必要となる。仮に 2020 年までの段階ではほとんど影響をもたない技術開発であるにしても、そうした新しい技術を可能な限り早期に実用化するため、今から努力を行うことが死活的に重要である。また、組織やインフラの面でも大きな変革を計画しなくてはならない。

「2020 年目標」の達成にむけた、今後 10 年における EU の主要な技術課題

- 第 2 世代バイオ燃料を化石燃料に対して競争力のある代替燃料とする。その際、その生産における持続可能性(sustainability)を順守する
- 産業規模での実証を通じて CO₂ 回収・輸送・貯蔵技術の商業化を図る。これには全システムの効率化や最先端研究を含む
- 最大規模の風力発電所の発電容量を 2 倍にする（初期は洋上の風力を利用）
- 大規模太陽光発電および集光太陽熱発電の商業化移行を実証する
- 再生可能エネルギーと分散エネルギー源の大規模統合に対応可能な単一で性能の良

い欧州電力系統を可能にする

- 建物、輸送、産業などのマス・マーケットに、より効率的なエネルギー変換を行う末端利用機器・システム（熱電併給や燃料電池など）を導入する
- 核廃棄物管理の長期的な解決策と併せて、核分裂技術の分野で競争力優位を保つ

「2050年ビジョン」の達成にむけた、今後10年におけるEUの主要な技術課題

- 再生可能エネルギー次世代技術に市場競争力をつける
- エネルギー貯蔵技術の費用効果の面で、ブレークスルーを遂げる
- メーカーが水素燃料電池自動車の商業化を達成できるような技術を開発し、条件を創出する
- より持続可能な社会とするために、新世代（第4世代）核分裂原子炉の実証準備を完了する
- ITER（国際熱核融合実験炉）の完工と、実証準備に対する企業の早期参画を確実にする
- 将来の低炭素経済を支えるために必要な欧州横断エネルギーネットワークや他のシステムの開発に向け、代替ビジョンと移行期の戦略を精緻化する
- エネルギー効率に関する研究を可能にするブレークスルーを成し遂げる（材料、ナノサイエンス、情報通信技術、バイオサイエンス、コンピュータ計算など）

欧州委員会の提案

この「欧州エネルギー技術戦略計画（SET - Plan）」は、次のような結果をもたらすことを企図している。

- 1) 新たな戦略的共同計画
- 2) より効果的な実施
- 3) リソースの増加
- 4) 国際協力に向けた新たな強化されたアプローチ

1) 戦略的共同計画

この計画は、各方面の取り組みにより良い方向付けを与えることを可能にし、研究者と産業界を結集させるきっかけとなるであろう。

2008年の早期に、欧州委員会は「戦略的エネルギー技術運営グループ」を創設する。戦略計画の実施に向けた舵取りを目的とし、国、欧州および国際レベルでの取り組みの整合性を高める。同グループは、欧州委員会が議長を務め、加盟国の政府高官で構成される。

欧州委員会は2009年前半、進捗状況を評価するため「欧州エネルギー技術サミット」を開催する。欧州内の様々な機構、金融機関、その他の国際機関の代表者に加え、産業界から消費者までを含む、イノベーションシステムに関わる全てのステークホルダーが集う

こととなる。

エネルギー技術目標を明確化し、戦略計画におけるコンセンサスを形成するため、欧州委員会は、エネルギー技術に関する情報公開とナレッジマネジメント（知識管理）のシステムを確立する予定である。

2) 効果的な実施

欧州の産業と研究者の潜在能力に梃子入れすることができる、より強力な仕組みが必要である。

欧州委員会は 2008 年、以下に示す 6 つの欧州産業イニシアティブを立ち上げる。それは、欧州連合というレベルで機能することで最も大きな価値を加えることの出来る分野を対象とするものである。すなわち、障壁や投資規模、関連リスクといった問題が集合的に対処されうるテクノロジーである。

- 欧州風力イニシアティブ：大型タービンや大規模システムの実証（陸上および洋上での適用）
- 欧州ソーラーイニシアティブ：太陽光発電や太陽熱集光発電の大規模実証
- バイオエネルギー欧州イニシアティブ：総合的なバイオエネルギー利用戦略を踏まえた「次世代バイオ燃料」
- 欧州 CO₂ 回収・輸送・貯蔵イニシアティブ：CO₂ 排出ゼロの化石燃料発電所を商業規模で実証するための、全体システム要件（効率、安全性、国民の支持などを含む）に焦点をあてる
- 欧州電力システムイニシアティブ：高性能電力システムの開発（蓄電および欧州送電網の研究プログラムの実施に向けた欧州センターの設立を含む）
- 持続可能な核分裂イニシアティブ：第 4 世代技術開発

中には既に実施されているか、または準備が進んでいるイニシアティブがあるが、それらは実例によるサンプルとして捉えることもできる。例えば、「欧州核融合研究計画」と、その主力施設である ITER（国際熱核融合実験炉）、「単一欧州航空管理研究プログラム」（SESAR）、「燃料電池と水素に関する共同技術イニシアティブ」（提案済み）航空の環境影響に関する「クリーンスカイ共同技術開発イニシアティブ」（提案済み）などである。

計画を実施する新しいパラダイム（枠組）に向けて、今日の共同研究プロジェクトモデルから動きを引き起こし、こうした計画を戦略計画の優先事項と連携させるために、欧州委員会は「欧州エネルギー研究連盟」の設立を提案する。

欧州技術研究所²は、エネルギーおよび気候変動に関する「知識・イノベーション共同体」³を通じて、この野心的な試みを実現させるための適切な手段を提供するだろう。

欧州委員会は 2008 年に欧州エネルギーインフラ網とシステム移行計画に着手することを提案する。それにより、EU 全土と近隣諸国の低炭素エネルギーシステムの統合・開発が最適化され、調和されるだろう。また、双方向電力系統、CO₂ 輸送および貯蔵、水素の流通などの分野で、欧州規模の展望を持った手法とモデルを生み出す助けとなるだろう。

3) リソース

本戦略計画の実施は、欧州の研究およびイノベーションの基盤が分裂することをくい止める一助となり、協力と競争の全体的なバランスがとれることにつながる。様々な資金の調達制度や資金提供源の間の関係を調整することに一層の焦点が置かれ、投資の最適化が期待される。

以下の 2 つの課題への対応が必要となる。1 つは、研究やそれに関連するインフラ、産業レベルの実証、模擬市場プロジェクトに関する追加財源の動員である。もう 1 つは、欧州のエネルギー政策によって生み出される技術機会を十分に活用できるような、人的資源の量と質を確保する教育や訓練である。

欧州委員会は 2008 年末に、(資金的) リソースの必要性とその供出元の問題を解決する低炭素技術への資金調達提案を提出する予定である。これは民間投資 (プライベートエクイティ⁴ やベンチャー・キャピタルなどを含む) を活性化し、資金提供者間の連携を強化し、そして追加資金を調達するあらゆる可能性ある手段をくまなく検証するものである。

4) 国際協力

欧州戦略の基本的な支柱となるべきエネルギー技術に関する国際協力は、新たな次元に移行しなければならない。この戦略計画が提案する施策 (運営グループ、欧州産業イニシアティブ、欧州エネルギー研究連盟など) により、国際協力戦略は強化されるだろう。また、パートナーシップの効果を大きく、一貫性のあるものとするために、国際会議の場で

² European Institute of Technology (EIT) : 欧州委員会が設立を提案している独立した研究・教育機関。知識をイノベーションにつなげることを目指している。小規模な本部組織で運営し、実際の研究・教育活動は KICs (脚注 3 参照) が行う。

³ Knowledge and Innovation Community (KIC) : 大学、研究機関、企業のパートナーシップによるジョイント・ベンチャーで、EIT の提案募集に応じて形成され、EIT との契約によりその目的を定める。欧州委員会は 2013 年までに 6 つの KICs の設置を提案しているが、その中でも最初に立ち上がる可能性の高いのが、「エネルギーと気候変動に関する KIC」である。

⁴ 新株発行など調達した資金が、バランスシート (貸借対照表) の資本の部に入るものをエクイティファイナンス (負債の部に入るものはデットファイナンス) と言うが、この中でエクイティ (株式等) の発行・取引形態が私募発行で行われ、取引所や店頭市場に上場・登録されないものをプライベートエクイティと言う。企業の創業段階への投資であるベンチャー・キャピタルと、成熟企業などの事業再編に伴う企業支配権の買収等への投資であるパイアウト投資に大別することが出来る。

は必要に応じて、EU の意見を 1 つにまとめて発信すべきであろう。

別表 1 各電力源の長所と短所

	費用予測に考慮された技術	2005年コスト (€/MWh) 出典IEA	2030年費用予測 (€/MWh) CO ₂ 単価 €20-30/t 出典IEA	温室効果ガス排出 (CO ₂ 換算) kg/MWh	EU27 カ国 輸入依存度		発電効率	燃料価格の影響度	確認埋蔵量 ÷ 年間生産量 =採年数
					2005	2030			
天然ガス	開放サイクルガスタービン	45-70	55-85	440	57%	84%	40%	非常に高い	64年
	複合サイクルガスタービン	35-45	40-55	400			50%	非常に高い	
石油	ディーゼルエンジン	70-80	80-95	550	82%	93%	30%	非常に高い	42年
石炭	微粉炭(排煙脱硫)	30-40	45-60	800	39%	59%	40-45%	中	155年
	循環流化床燃焼	35-45	50-65	800			40-45%	中	
	石炭ガス化複合発電	40-50	55-70	750			48%	中	
原子力	軽水炉	40-45	40-45	15	ほぼ100% (ウラン鉱)		33%	低	85年(妥当な価格帯の場合)
バイオマス	バイオマス発電プラント	25-85	25-75	30	ゼロ		30-60%	中	再生可能
風力	陸上	35-175	28-170	30	ゼロ	95-98%	95-98%		
		35-110	28-80						
	洋上	50-170	50-150	10			95-98%		
60-150		40-120							
水力	大規模	25-95	25-90	20			95-98%		
	小規模 (10MW未滿)	45-90	40-80	5			95-98%		
太陽光	太陽電池	140-430	55-260	100			-		

この技術マップの目的は、技術戦略計画の提案を裏付けすることである。このマップに基づいて技術戦略計画では、欧州産業イニシアティブを通じて低炭素技術開発や普及を促進させる行動を提案している。本マップは、主要技術がもつ潜在的な貢献を定量化⁵するものである。(例えば、環境面ではCO₂の削減、エネルギー供給の面では化石燃料の使用抑制、企業競争力の面ではエネルギーコストの変化、など。)

⁵ 本稿の別表2ではこのシミュレーションの数字は割愛してある。

別表 2 は、技術マップの各技術の概要⁶を示している。各項目の説明は以下の通り。

説明： 現状と期待される開発

潜在性： 欧州のエネルギー需要における現在および将来のシェア

障壁： 欧州のエネルギー市場に浸透させる上での障壁

ニーズ： 可能性の実現や、他の技術および分野との相乗効果へのニーズ

別表 2 技術マップの概要（抜粋）

技術	説明	潜在性	障壁	ニーズ
	1) 分野 2) 現在のマーケットシェア 3) 最先端技術	1) 基礎シナリオ 2) 普及の可能性 3) ブレークスルーの可能性		
風力	1) 発電 2) 需要の3% 設置容: 50 GWe ⁷ 3) 陸上: 商業化 洋上: 設置開始	1) 2020年: 120 GWe 2030年: 148 GWe 2) 2020年: 120 - 180 GWe 2030年: 168 - 300 GWe 3) 商業化可能な大規模試験(特に洋上で)	<ul style="list-style-type: none"> 柔軟性のない電力系統インフラ 大規模試験の可能な施設不足 蓄電装置の未開発 財政支援の絶対的不足 社会の受容の欠如 人材不足 	<ul style="list-style-type: none"> 電力系統インフラの改善と系統統合のための適切なEU法規 大規模試験施設/高性能化可能な研究開発 財政支援策の調整 人材教育 中小企業のイノベーション支援
太陽光発電	1) 発電 2) 需要の0.1% 設置容量 3.4 GWp ⁸ 3) 小規模: 商業化 大規模: 開発中 フィルム状電池: 開発中	1) 2020年: 9 GWp 2030年: 16 GWp 2) 2020年: 65 - 125 GWp 2030年: 300 - 665 GWe 3) 建物内のフィルム状電池の統合 ・大規模システム用の高集光装置	<ul style="list-style-type: none"> 電力の高コスト 技術と経済の関連 建物内の統一 人材不足 電力系統への接続 法規制や行政手続 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発 市場の自由化 財政面のインセンティブ 輸出促進の枠組
太陽光暖房・冷房	1) 発熱 2) 需要の2% 設置容量: 13 GWth ⁹ 3) 小規模の温水装置: 商業化	1) 2020年: 52 GWth 2030年: 135 GWth 2) 2020年: 90 - 320 GWth 2030年: 200 - 700 GWth 3) 建物内の統合 ・冷房	<ul style="list-style-type: none"> 蓄熱 財政インセンティブの欠如 建物内の統一 人材不足 法規制や行政手続 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー貯留と材料物質の研究開発 技術普及への財政インセンティブ

⁶ 編集部注：ここで掲載しているのは原文の表からの抜粋である。

⁷ ギガワット = 10 億ワット。We はワット電気力で電力の出力単位。

⁸ ワットピーク。太陽電池モジュール（パネル）の最大出力の単位で基準状態に換算したもの。

⁹ ワットサーマル。熱出力の単位。

技術	説明	潜在性	障壁	ニーズ
	暖房用: 実証中 冷房: 開発中 業務用中温システム: 開発中	・業務用中温システム		
地熱	1) 発熱および発電 2) 需要の1%未満 3) ヒートポンプ: 商業化 地中暖房: 商業化 改良地熱発電システム: 研究開発中	1) 2020年: 1.0 GWe 2030年: 1.3 GWe (暖房熱源としては想定せず) 2) 2020年: 1 - 6 GWe 2030年: 1 - 8 GWe 2020年: 38 - 42 GWh 2030年: 60 - 70 GWh	<ul style="list-style-type: none"> 適正な法規の欠如 財政インセンティブの欠如 行政手続の不透明 許認可時間の長さ 人材不足 社会の受容の欠如 既存知識の分散 	<ul style="list-style-type: none"> 一貫性のある財政支援の仕組み 追加インセンティブ 適正な法規 基準 許認可手続 研究開発支援 国際協力と既存知識の一元化 職業訓練
発熱と発電の コージェネ	1) 発電/地中暖房/産業 2) 需要の10% 設置容量 95 GWe 3) 大・中規模: 商業化 超小型CHP ¹⁰ 、 燃料電池 ¹¹ : 研究 開発評価中	1) 2020年: 160 GWe 2030年: 169 GWe 2) 2020年: 165 - 185 GWe 2030年: 195 - 235 GWe 3) 大・中規模の修理または総合 (電力)効率の高い設備との交換 ・バイオマスベースのCHP ・発熱および冷却	<ul style="list-style-type: none"> 加盟国における政策の一貫性の欠如 燃料と電力価格の市場での不安定性 既存の多くの老朽施設の低効率性と価格競争力のなさ 熱需要と電力需要の相関関係 超小型 CHP 開発の遅れ 	<ul style="list-style-type: none"> 分野全般 (特に電力) での効率性の改善 パイオ CHP 技術の改良 蓄熱技術の革新と冷法システムの改良 地中暖房用熱供給インフラの高性能化 (技術および経済性) 燃料電池と超小型 CHP の大規模導入に向けた 研究開発 実証 資金調達 分散型エネルギー供給体制への移行を支援
CO ₂ 排出ゼロ の化石燃料発電所	1) 発電 2) ゼロ 3) 個別の要素については小規模に商業化 全体としては先端研究および検証段階で、大規模実証着手を準備	1) 2020年: 0 GWe 2030年: 0 GWe 2) 2020年: 5 - 30 GWe 2030年: 90 - 190 GWe 3) 2015年までに大規模実証事業の成功	<ul style="list-style-type: none"> 大規模には実証されていない技術 先例のない種類の発電所であることによるコスト高 非好意的な市場と規制状況 財政的支援策の 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発 大規模実証事業 適正な法規と市場枠組の整備 CO₂ 輸送・貯蔵インフラの開発

¹⁰ Combined Heat Power : 熱電供給。

¹¹ 燃料電池は水素と空気中の酸素を反応させて発電を行うが (水の電気分解の逆)、その際発生する水は高温であるため、熱電併給のシステムでもある。

技術	説明	潜在性	障壁	ニーズ
			<ul style="list-style-type: none"> 欠如 CO₂ 輸送・貯蔵 インフラの不足 社会の受容 	
バイオ燃料	<ol style="list-style-type: none"> 輸送 390万トン (2005年) 第1世代: 商業化 第2世代: 試験的規模で実証中 	<ol style="list-style-type: none"> 2020年: 輸送用ガソリンおよびディーゼル需要の7.5% 2030年: 同上 9.5% 2020年: 同上10 - 14% 2030年: 同上15 - 20% 2015年までに、第2世代バイオ燃料の大規模実証 	<ul style="list-style-type: none"> 構造的な障壁なし バイオマスの手可能性と持続可能性(エネルギー分野間の配分及び非エネルギー分野との競争を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発に対する国民的支持を国およびEUレベルで強化・集中 大規模実証に向けた資金調達の仕組み EU内での市場規制 政策の調和
水素・燃料電池	<ol style="list-style-type: none"> 輸送・発電 ゼロ 大規模水素製造: 商業化または開発中 小規模: 実証中または商業化 燃料電池: 実証中 	<ol style="list-style-type: none"> 2020 - 2030年: 乗用車におけるシェア0% 2020年: 乗用車におけるシェア1.5% 2030年: 乗用車におけるシェア6-12% 低コストかつ耐久性・信頼性のある燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> 大容量の水素貯蔵 低コストかつ大規模な炭素ゼロ(あるいは少量)の水素供給 	<ul style="list-style-type: none"> 長期的かつ破壊的なCO₂排出量緩和オプションの存在 末端利用普及支援策の欠如 規制 法体系 基準 水素製造と供給のための高額のインフラ先行投資 中小企業に対する不公平 燃料電池のコスト高 水素製造に必要な一次原料問題の先送り 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発の強化 EUレベルでの実証や市場参入に向けた取り組み 長期の官民協力体制 監督体制および資金調達支援スキームの確立 教育

出典:

<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/07/493&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

翻訳: 京 希伊子