

環境・エネルギー分野の研究開発の俯瞰

(CRDS- FY2012-FR-03, 2013年3月)

笠木 伸英

環境・エネルギーユニット 上席フェロー

東京大学 名誉教授

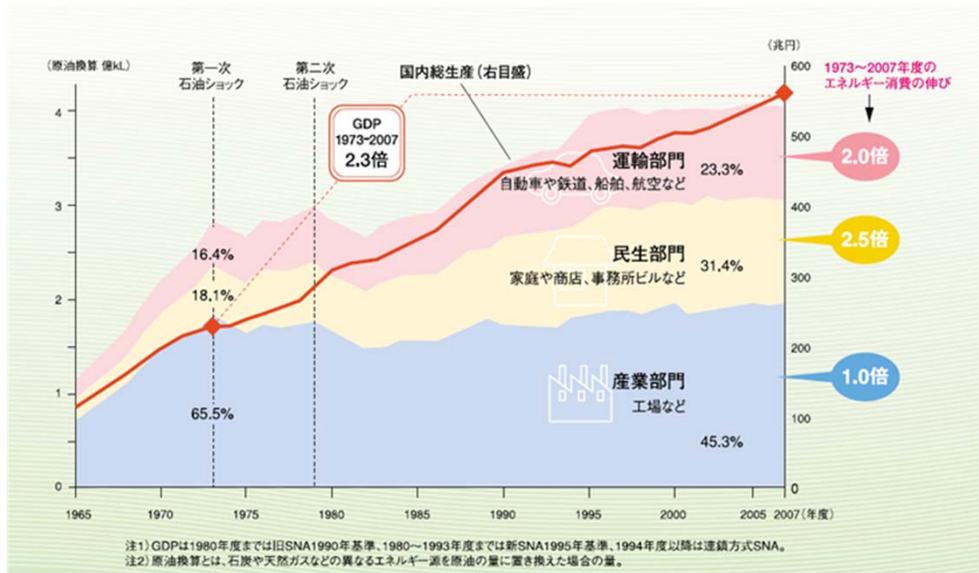
本資料に掲載されている記事・写真・図表などの無断転載を禁じます。



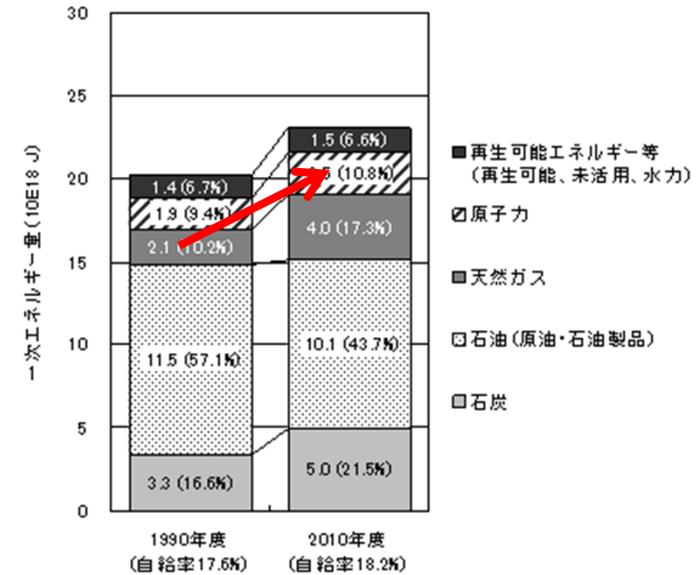
独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

1. 分野の変遷
2. 分野の範囲と構造(分野の俯瞰図)
3. 国際比較結果のポイント
4. 日本の課題

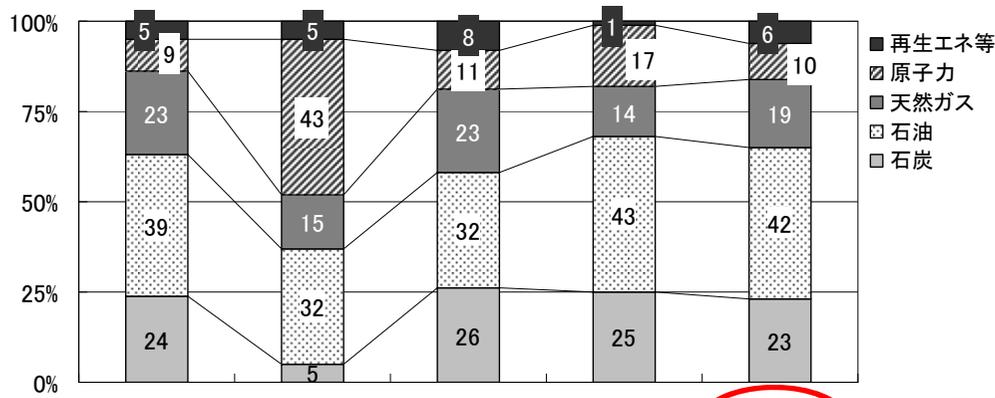
日本のエネルギー分野の状況



エネルギー消費とGDPの伸び
(出典: エネルギー白書、2012年)



一次エネルギー量内訳
(総合エネルギー統計のデータをもとにCRDSが作成)



各国のエネルギー供給構造(2010年)

←原子力を含めない場合: 4.8%

国名(エネルギー自給率)

エネルギー政策の変遷(歴史)

年代	主な政策的取組み	科学技術関連の主な政策的取組み	重視された側面
70年代	<p>背景:石油危機(73年、79年)を契機とした脱石油機運の高まり</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資源エネルギー庁発足(73年) ・原子力エネルギー促進(電源三法74年) ・省エネルギー促進(省エネ法79年) ・代替エネルギー促進(代エネ法80年) 	<p>サンシャイン計画(74年)</p> <p>ムーンライト計画(78年)</p> <p>新エネルギー総合開発機構設立(現NEDO 80年)</p>	<p>エネルギー安全保障</p> <p>経済効率性の追加</p>
90年代	<p>背景:温暖化対策の要請の高まり(リオサミット91年、京都議定書97年)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子力エネルギー促進 ・温暖化対策本格化(環境基本法98年) ・新エネルギー促進(新エネ法97年) 	<p>地球環境技術研究開発(89年)</p> <p>ニューサンシャイン計画(93年)</p> <p>科学技術基本法(95年)</p> <p>第1期科学技術基本計画(96-00年)</p>	<p>環境性の追加</p> <p>3Eの同時達成</p>
00年代	<p>背景:安定供給・効率・環境の同時達成志向の高まり、資源価格の高騰</p> <ul style="list-style-type: none"> ・循環型社会形成推進基本法(00年) ・エネルギー政策基本法(02年) ・エネルギー基本計画(03年、一次改訂07年、二次改訂10年) ・京都議定書の発効(05年)、第一約束期間(08-12年) ・新成長戦略(10年) 	<p>研究開発プログラム方式(01年~)</p> <p>第2期科学技術基本計画(01-05年)</p> <p>第3期科学技術基本計画(06-10年)(エネルギー等の分野別推進)</p>	<p>エネルギー安全保障の再認識</p> <p>環境性の再認識</p>
10年代	<p>背景:リスク対応を含めた安全性の重視</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー・環境会議発足(11年、革新的エネルギー・環境戦略12年) 	<p>第4期科学技術基本計画(11-15年)(グリーンイノベーション関連施策)</p>	<p>安全性の追加</p>

70・80年代:
エネルギー安全
保障、経済効率
性の重視

90年代:
環境性の追加

10年代:
安全性の追加

*** 国として一層の戦略性強化が必要**(CRDS戦略提言「研究開発の戦略性強化」、2011年)

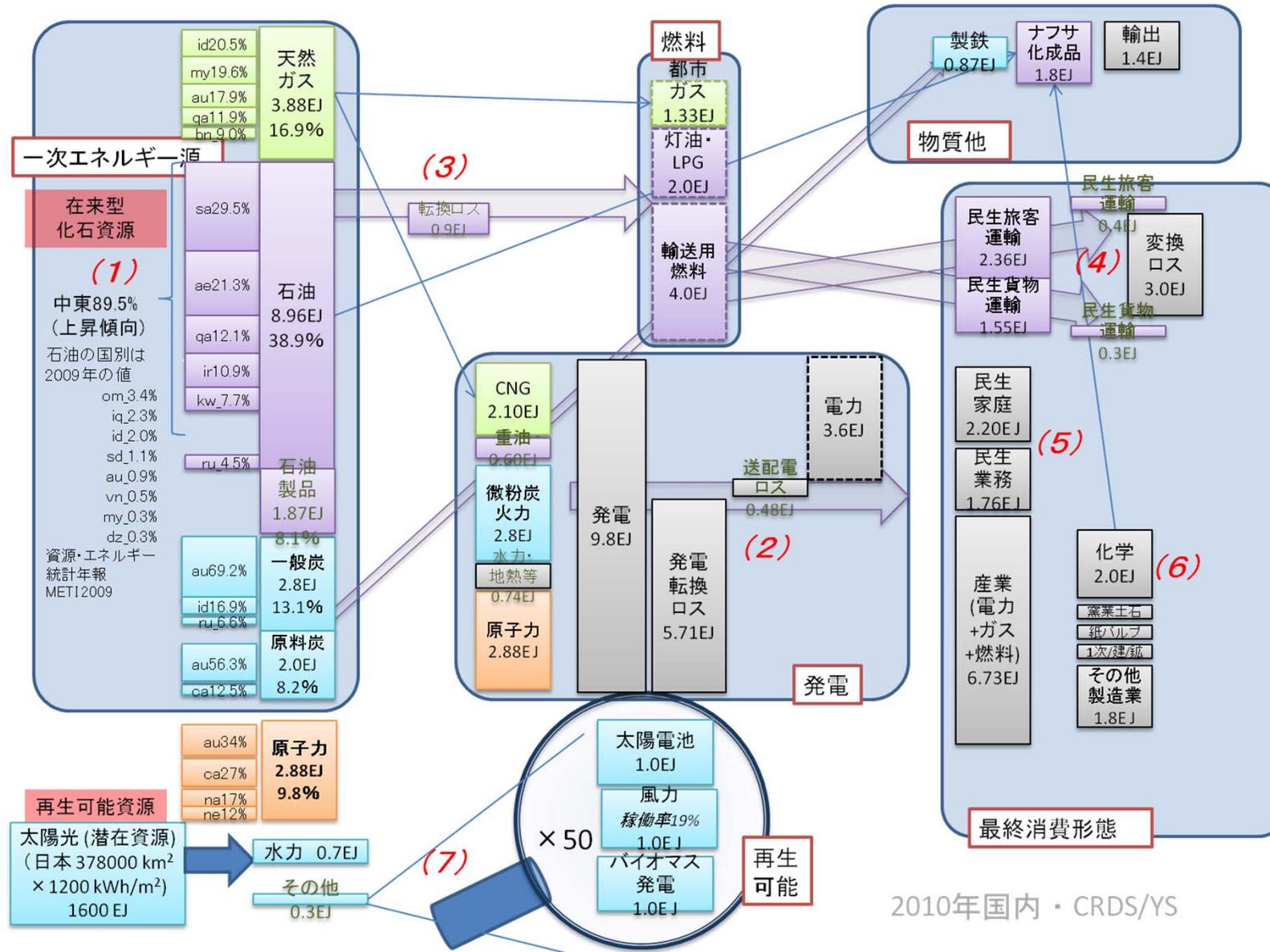
エネルギー分野における科学技術、研究開発の目標は、安定かつ経済的なエネルギー需給を資源制約・環境制約の下で安全に実現すること。

• 分野の特徴

- 経済、社会と直結するため関連の学術分野は多岐にわたる。
- 技術開発のテーマも社会における課題に立脚したものが大半。
- エネルギーそのものは目的ではなく、持続的な地球環境、その中で人々が生き甲斐をもって暮らせる社会を築くための手段。
- 利用段階ではその由来が問われることはほとんどない(安価、充分、安定な供給だけがエネルギーに対する要件となりがち)。
- 持続的なエネルギーの利用という観点からは、環境に対する負荷軽減、安全性、資源有限性への配慮も不可欠。
- ひとつの有力技術で解決可能な課題ではなく、ベストエネルギーミックスが狙い。

1. 分野の変遷
2. 分野の範囲と構造(分野の俯瞰図)
3. 国際比較結果のポイント
4. 日本の課題

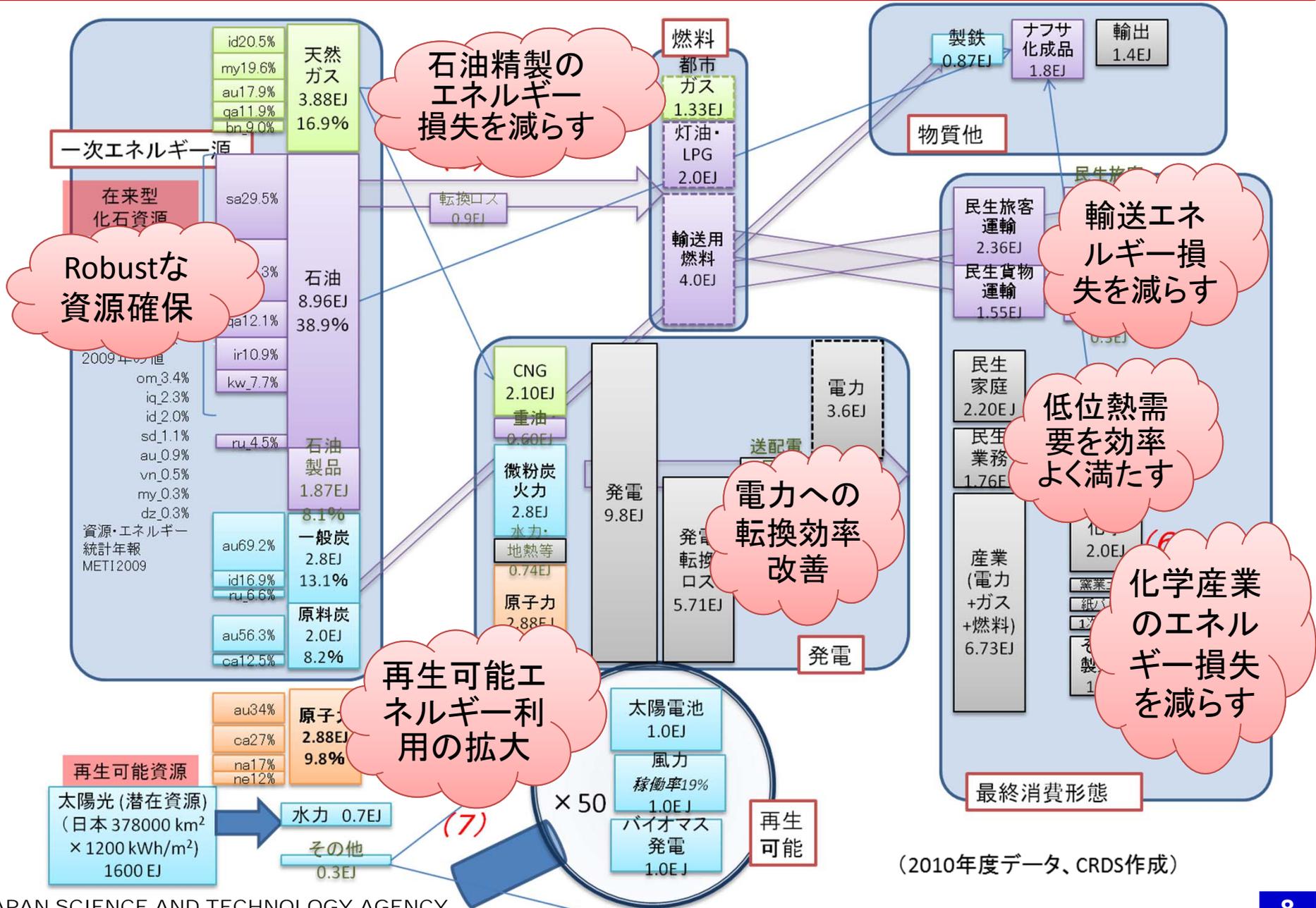
我が国のエネルギー・フロー



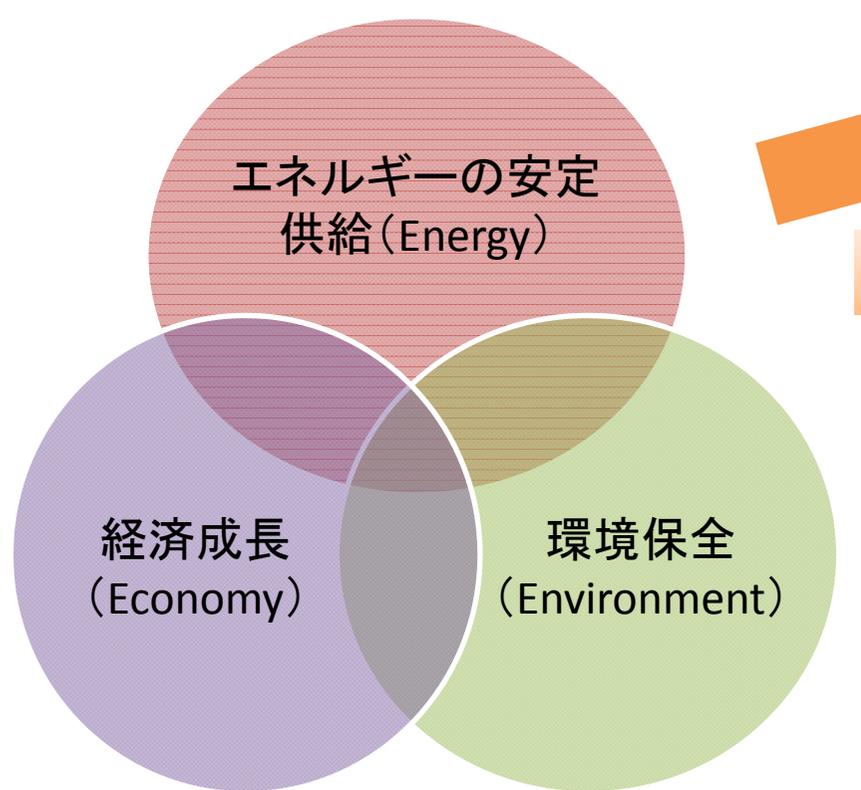
2010年国内・CRDS/YS

(2010年度データ、CRDS作成)

我が国のエネルギー・フロー



1. Robustな資源確保
 - 今の資源供給国：中東、オーストラリア、インドネシア、カナダ、ロシア
2. 電力への転換効率改善
 - IGCC/A-USC、1700°Cガスタービン、送配電ロス低下、SOFC 等
 - 電力をどう作り、どう配るか？
3. 石油精製のエネルギー損失を減らす
 - 蒸留工程を熱回収利用などにより効率改善
4. 輸送エネルギー損失を減らす
 - 熱機関の効率向上
 - 電動化、燃料電池＋燃料の輸送・貯蔵技術、など
5. 低位熱需要（暖房・給湯等）を効率よく満たす
 - ヒートポンプで環境熱を利用して効率を大幅向上、等
6. 化学産業のエネルギー損失を減らす
 - 蒸留(現状でエネルギー消費の4割)を熱回収利用などにより効率改善
7. 再生可能エネルギー利用の拡大
 - どう活かし、どう貯めて、どう使うか
8. 国際的な合意形成とそれへの適合



エネルギー政策上の基本原則

豊かな
持続性社会

3Eを同時に達成するという基本方針

- 化石資源エネルギー区分
- 再生可能エネルギー区分
- エネルギー利用技術・システム区分
- 原子力エネルギー区分

分野の範囲と構造



1. 社会的期待(国の政策方針)に応える課題
2. エネルギー問題に顕著な量的貢献が期待できる課題
3. 研究開発の成否が極めて不確か, 研究投資額が巨額, 実用までに長期間を要するなど, 民間が開発に経済性が見通せない課題(ex.核融合, 宇宙発電, 海底資源開発など)
4. 既存のインフラやマーケット構造を大きく変えることが社会導入の前提となる技術課題(ex. 分散エネルギー技術, パイプラインなど)
5. 地球規模の人類共通の課題(ex. 気候変動, 食料生産, 生物多様性など)
6. 若手研究者の研究動機を育み, 切磋琢磨を促し, 人材育成に寄与する課題

- 短期的な成果を求める課題と, 中長期的な課題とは区別して扱う

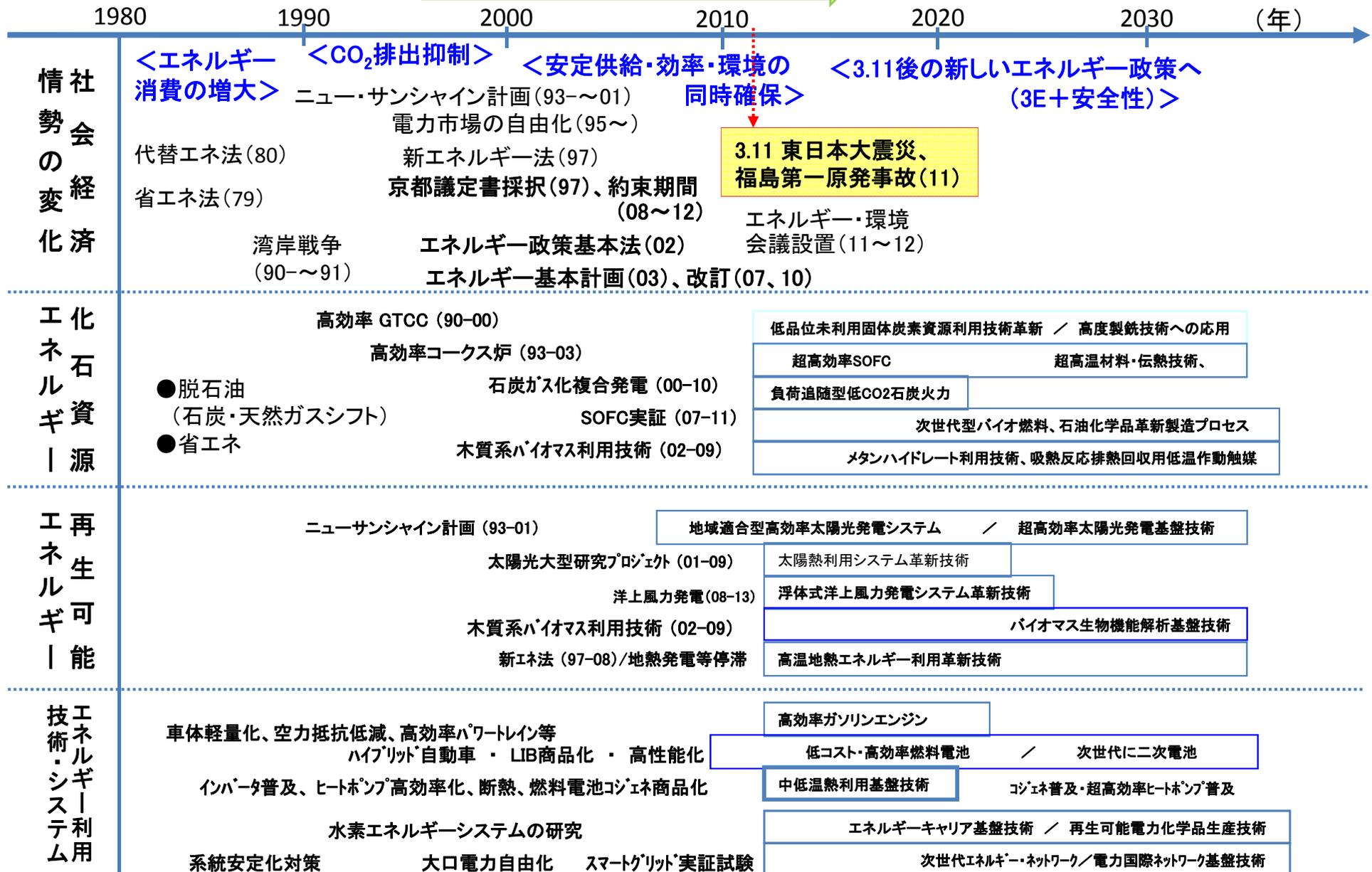
取り上げた研究開発領域

俯瞰区分	短期	中長期
化石資源 エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 低品位・未利用固体炭素資源の革新的転換・輸送・利用技術 超高効率固体酸化物形燃料電池 負荷運用性に優れCO₂の大幅低減が可能な石炭火力発電技術 	<ul style="list-style-type: none"> メタンハイドレート利用技術 超高温材料と伝熱技術 革新的電気化学反応器の基盤技術 劣質・未利用固体炭素資源を使用した高度製鉄技術 吸熱反応による排熱回収のための低温作動型触媒 石油化学品の革新的製造プロセス 次世代型バイオ燃料
再生可能 エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 浮体式洋上風力発電システムの大規模普及に向けた革新的技術 地域環境適合高性能太陽光発電システム技術 未利用温泉エネルギーによるバイナリー発電システム 太陽熱利用の革新的技術・システム 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスエネルギー増産加速化のための生物機能解析基盤技術 超高効率太陽光発電の大規模広域普及に向けた基盤技術 高温地熱エネルギー革新的利用技術
エネルギー 利用技術・ システム	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト・高効率燃料電池 高効率ガソリンエンジン 中低温熱利用基盤技術 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代二次電池 再生可能電力による化学品生産技術 電力国際ネットワーク基盤技術
	<ul style="list-style-type: none"> エネルギーキャリア基盤技術 次世代エネルギーネットワーク基盤技術 	

- 短期：今後10年以内に実用化に移行するか、あるいは理論や計測等の分野で手法が確立することが期待できる。
- 中長期：今後10～30年の間に実用化に移行するか、あるいは理論や計測等の分野で手法が確立することが期待できる。

エネルギー分野研究開発動向の俯瞰

第1～4期科学技術基本計画

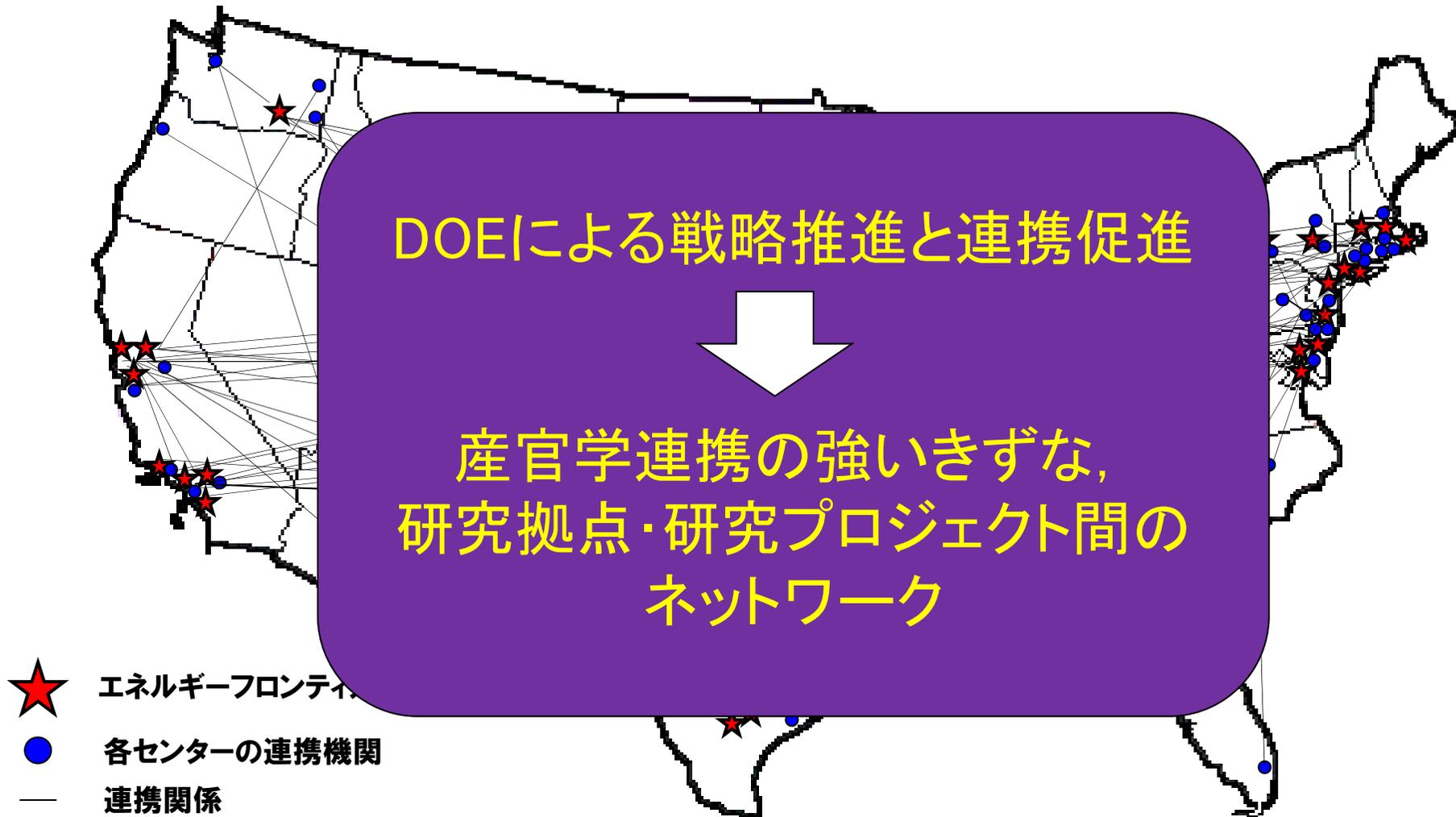


1. 分野の変遷
2. 分野の範囲と構造(分野の俯瞰図)
- 3. 国際比較結果のポイント**
4. 日本の課題

- **日本** 基礎・基盤的な研究・技術では諸外国に比べてきわめて高いレベルにあるが、石炭など一部の分野では研究者の減少が問題。分野間連携が弱く、異なる学問分野間での協働による新技術創出は米国と比べて遅れがち。応用開発では、産業界が国の補助のもと精力的な展開を進めているが、広く普及されるものが少ない。
- **米国** DOEを中心とした巧みな研究開発体制のもとで、基礎、応用、産業化さらには海外展開による従来技術の拡大まで活発に取り組まれている。
- **欧州** 第7次研究枠組み計画(FP7)の下での大型プロジェクトの推進など、バランスよく基礎、応用、産業化を進める。研究者層も厚い。英国等を中心に洋上風力の研究開発が急速に進んでおり、産業化も順調。東欧・ロシアも含めた電力・ガスの域内ネットワークを構築。
- **中国** 基礎研究レベルは現状それほど高いとは言えないが、応用、産業化と合わせて順調に伸びている。また、海外からの技術移転のスピードが速く、国内研究体制も整備、拡充されつつある。他方、エネルギー利用においては環境問題も含めて問題が山積する。
- **韓国** 中国と同様、基礎、応用、産業化はそれぞれ順調に伸びている。日米欧の個別要素技術の取り込みと産業化の能力は高く、輸出産業にも活かしている。国内のエネルギー関連のシステム構築は日本と同様にこれからだが、産業の集約と戦略的政策の実行に優れている点は注目すべき。

DOEエネルギーフロンティア研究センター

- 一つのセンターが平均で4機関以上と連携し、全米をカバーするネットワークの中で、約700名のシニア研究者と約1100名の若手研究者や技術支援者が一体となり、エネルギー分野の基礎研究を展開していく。



(米国エネルギー省「Synopsis of The 46 EFRC Awards」に基づきCRDSで編集)

1. 分野の変遷
2. 分野の範囲と構造(分野の俯瞰図)
3. 国際比較結果のポイント
4. 日本の課題

世界の潮流

1. **化石燃料**は今後数十年間は主たる一次エネルギー源として利用される
2. **原子力**は、その安全性の向上と共に主要エネルギー源のひとつとして利用される
3. 各種**再生可能エネルギー**は、コストと供給安定性の改善と共に導入が増加する

世界の懸念

1. 充足性: 増加する人口, エネルギー, 食料
2. 環境性: 気候変動防止
3. 衡平性: 途上国、新興国の発展



日本の懸念

1. エネルギー自給率の低下, CO2排出の増加
2. 化石燃料の価格上昇と輸入増加に伴い貿易収支の赤字継続
3. 国際的に約束した2020, 2030年までの温室効果ガス排出削減目標への具体的な道筋は不透明
4. 過度に高価なFIT買い取り価格は近い将来に見直しが必要に
5. 低価格の再生エネルギー関連海外製品の市場普及に伴い, 国内関連産業が立ち後れ
6. 世界の枠組みとの整合性は？

1. エネルギー消費総量の削減を最重要視する。あらゆるエネルギー利用プロセスの効率化、省エネルギー、需給の平準化などに研究開発努力を継続する。
2. 自然エネルギーの最大導入を図る。システム化によるエネルギーミックスにより導入を助ける。
3. 電力供給を維持するために、当面、天然ガス、石炭の効率化クリーン利用を進める。
4. 分散型エネルギーシステムを導入して、総合効率や危機対策上のメリットなどを生み出す。
5. 中長期の温暖化ガス排出削減シナリオを再構築し、国際的枠組み構築へイニシアチブをとる。
6. エネルギー・物質資源の多様化により、供給安定性・持続性を確保する。
7. 原子力は他のエネルギー源を補完するものとして位置付け、原子力への依存を減らす方向で現実的なシナリオを検討する。ただし、事故で学んだことを活かし、安全性確立のために技術の高度化への努力を続ける。
8. 核燃料サイクル(燃料の再処理)の成否によりシナリオが変わることから、期限を決めて技術的な答えを出すことを前提に研究を推進する。
9. 優れたエネルギー関連技術の海外普及に取り組み、世界の格差是正、温暖化対策に貢献する。

(出典: 笠木、2012年)

わが国のエネルギー計画が満たすべき要請 (エネルギー分野の社会的期待)

		日本	東アジア	世界
Energy security	安定的, 継続的需給	安全保障	協調	持続性
Environment	環境性 ¹ (広義の安全性)	安全・安心への強い要望	技術供与・環境保全	温暖化防止への合意形成
Economy	成長と繁栄 ² (より強い産業, より良い生活)	持続的繁栄	経済成長	衡平性

1. 気候変動と事故とのタイムスケールの差に注意
2. 経済成長(量的拡大) vs 繁栄(質的充足)

化石資源

- 1) 利用効率の格段の向上を目指す
- 2) 特定の化石資源に絞らずベストミックスを基本とする
- 3) 化石資源の種類ごとに必要な技術開発をバランス良く進める

再生可能エネルギー

- 1) 再生可能エネルギー導入を最大化する次世代技術を開発する
- 2) 食糧資源と競合せずに化石資源の代替を促進する
- 3) 地域の特性に適した再生可能エネルギーを導入する

エネルギー利用技術・システム

- 1) 再生可能エネルギーも含めたエネルギー総合利用効率の向上
- 2) 緊急時エネルギー確保を可能とするスマートなエネルギー需給システムの構築

要素技術から、社会制度も含めたシステム技術の研究開発