

循環型社会の展望と課題

平成25年度21世紀文明研究セミナー
12月4日(水)

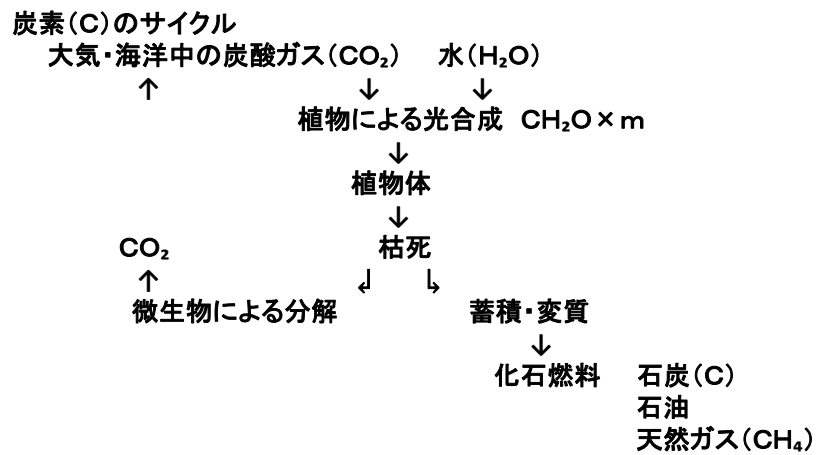
公益社団法人地球環境戦略研究機関
関西研究センター

鈴木 胖

私たちの地球におけるエネルギー
と物質の循環

大自然の循環—原動力は太陽エネルギー—

水(H₂O)のサイクル 蒸発と降雨
天気、気候



人類と地球との関わりが
どう変わってきたか

世界人口

(UN経済社会委員会・人口局、
世界人口の展望2012年改訂版)

西暦 0 年	3 億人	
1000 年	3.1 億人	
1500 年	5 億人	
		1600 年 6 億人
1804 年	10 億人(倍増 304 年)	
1927 年	20 億人(倍増 123 年)	
1974 年	40 億人(倍増 47 年)	
		2000 年 60 億人
2025 年	81 億人(倍増 50 年)	

人間活動の転機

産業革命

18 世紀後半のイギリス、19 世紀のフランス、アメリカ、
後にはドイツ、日本

1711 年	ニューコメン	蒸気力による大気機関を発明
1769 年	ワット	高効率蒸気機関を開発、石炭の利用
1804 年	トレヴィシック	蒸気機関車を発明
1814 年	スチーブンソン	近代蒸気機関車を開発

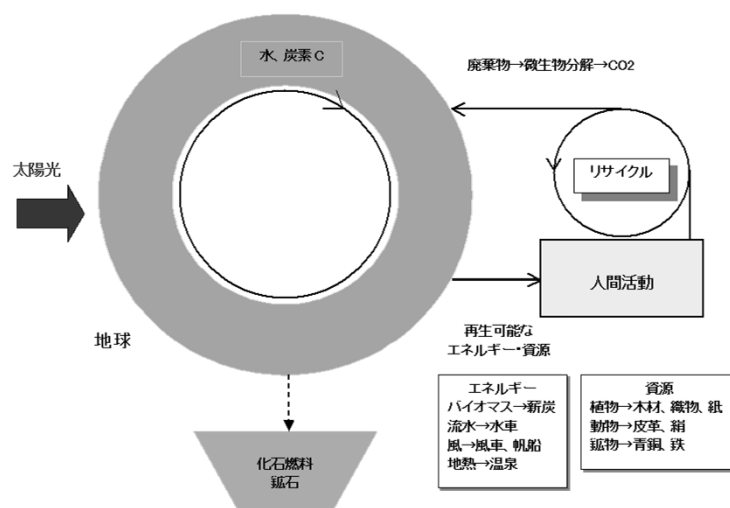
産業革命以前～自然の循環に基本的に依存した社会

- ・食料
- ・原材料 木材、わら、紙、綿、麻、絹、皮革、骨、石、粘土
- ・エネルギー 薪炭、各種の廃棄物、動植物油、水力、風力

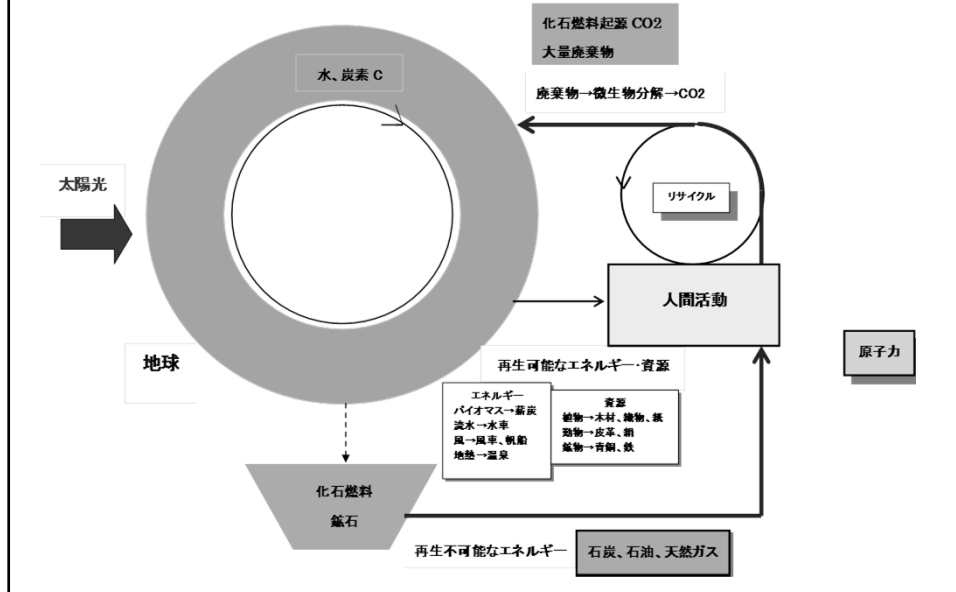
産業革命以降～化石燃料への全面的依存

- ・石炭そして石油、天然ガス(化石燃料)の利用・大量消費
- ・火力発電所、製鉄所、自動車、合成繊維、プラスチック
- ・二酸化炭素(CO₂)の大気への大量排出(廃棄)

産業革命(18世紀)以前



産業革命(19世紀)以降



錯綜する問題群

天然資源の浪費
環境破壊
生物多様性喪失

天然資源の枯渇
環境汚染・廃棄物増大
地球気候温暖化

物質のリサイクル利用

ごみ処理からリサイクルへ

ごみの山 → ごみを減らす⇔リサイクル法(平成3年) →

リサイクルの促進⇔

容器包装リサイクル法(平成7年)→改正(平成18年)

家電リサイクル法(平成10年)→

小型家電リサイクル法(平成25年)

自動車リサイクル法(平成14年)

《 循環型社会形成推進基本法(平成12年)⇔基本計画 》

ごみを出さない(Reduce)／再利用(Reuse)／リサイクル
(Recycle)⇔ 改正リサイクル法(平成12年)、

建設リサイクル法(平成12年)

食品リサイクル法(平成12年)

グリーン購入

グリーン購入 → グリーン購入法(平成12年)

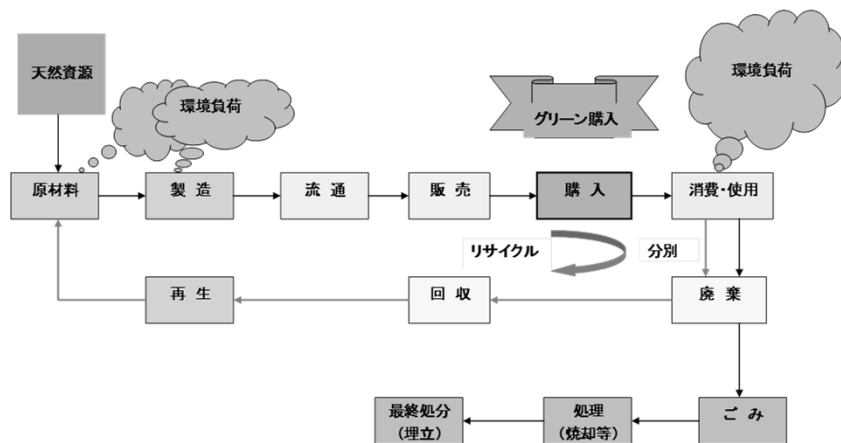
この法律は、国等の機関にグリーン購入を義務づけるとともに、地方公共団体や事業者・国民にもグリーン購入に努めることを求めています

エネルギー効率の高い製品の購入⇔

自動車税のグリーン化(平成14年)

自然エネルギーの利用推進⇔

グリーン電力基金(平成12年度)



循環型社会のイメージ

消費者選択(グリーン購入)の効果大

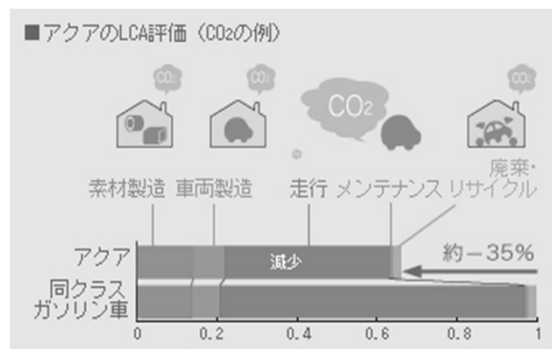
これからの課題

- グリーン購入の判断に役立つ正確な情報の提供
- 製品のライフサイクルアセスメント(LCA)と評価結果のデータベース化
- 広告のあり方
- 消費者側からの働きかけが突破口

自動車LCA トヨタの例

アクアは、素材製造、車両製造、走行、メンテナンス、廃棄・リサイクルの各段階で排出するCO₂を、同クラスガソリン車に比べて大幅に低減。ハイブリッドシステムの採用により、約35%低減しています。*4

*4.トヨタの取り組み範囲において、資源採取から廃棄・リサイクルまでの各段階で、クルマが環境に与える要因を定量化し、総合評価する手法(LCA『ライフサイクルアセスメント』: Life Cycle Assessment)で評価しました。自動車の生涯走行距離10万km(10年)をJC08モードで走行した場合の結果です。LCA評価結果は指数で示しています。



再生可能エネルギー利用

化石燃料の大量消費がもたらした
問題点

再生可能エネルギーの利用促進
が変える電力系統／地域社会

問題1. 化石燃料資源の地域的偏在と 枯渇への懸念

<対応>

- 原子力開発
原子炉(核分裂を制御し蒸気を発生) +
蒸気タービン + ターボ発電機 ⇒ 電力

<問題点>

- 原子炉を安全に制御できるか ○安全神話
- 使用済み燃料の再処理 △未稼働
- 放射性廃棄物の最終処分をどうするか △未確定

問題2. 化石燃料消費の廃棄物

→CO₂の大気への排出

→ 地球気候温暖化の進行

<対応>

• 供給側

(1)CO₂を排出しない(CO₂フリー)エネルギーの利用

(A)原子力

(B)再生可能エネルギー

水力、風力、太陽熱、太陽光、バイオマス

(おもに太陽起源、風は地球の自転からも)

地熱(おもに地殻元素の放射性崩壊から)

(2)CO₂排出の削減 天然ガス化、発電効率向上

• 需要側

エネルギー利用効率の向上

<福島第1原子力発電所の事故>

- 原子炉を安全に制御できるか ×
- 使用済み燃料の再処理 △
- 廃炉の処理
- 放射性廃棄物の最終処分をどうするか △
- 事故処理と賠償

原子力(技術・管理)の欠陥の露呈

<持続性のあるエネルギーシステムの再構築>

長期的には再生可能エネルギーを中核とした
エネルギーシステムに移行

問題3. 再生可能エネルギーは 化石燃料に比べコストが高い

化石燃料

自然が億年オーダーの年月かけて精製した高品質エネルギー(カロリーが高い、採取・輸送・貯蔵・利用などすべてにおいて扱い易い)

再生可能エネルギー利用システム

水力:ダム+水車+水車発電機 ⇒ 電力

風力:風車+増速機+風車発電機 ⇒ 電力

太陽光:太陽光パネル(太陽電池)+
AC/DC変換(パワーコンディショナー) ⇒ 電力
集熱器・装置 ⇒ 熱・蒸気

バイオマス:薪、チップ+燃焼炉・ボイラー ⇒ 熱・蒸気
廃棄物+微生物・化学プロセス ⇒ 燃料

再生可能エネルギー(つづき)

<特徴>

- お天気まかせ(不安定) 風力、太陽光
- 薄く、広く存在(分散型) 風力、太陽光、バイオマス
- 地域的偏在 水力、風力、地熱

<対策>

- 電力系統につなぐ(系統連携)
大量になると系統の品質(電圧、周波数)に影響
系統側でも対策が必要になり、コストがかかる
- 蓄電装置を置く
コストが高い(デメリット)
非常用電源になる(メリット)

**基本認識:再生可能エネルギー利用システムは
化石燃料利用システムとコスト的に対等に競争できない**

<対応>

**化石燃料利用を抑制し、再生可能エネルギー利用
を促進する経済的仕組み(政策)が必要**

<基本方向>

再生可能エネルギー利用促進法の制定

高い目標の設定

<目標達成のための総合的政策>

化石燃料利用の抑制 地球温暖化対策税

再生可能エネルギーの利用促進

再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度

**再生可能エネルギーの利用促進
が変える電力系統／地域社会**

再生可能エネルギー利用の促進

- ドイツ:「再生可能エネルギー法」 2000年4月施行
・再生可能エネルギーの普及目標の設定
・「固定価格買取制度(FIT)」の導入
- EU:「域内電力市場における再生可能エネルギー電源
(グリーン電力)の導入促進に関するEU指令」 2001年9月
- 中国:「再生可能エネルギー法」 2006年1月施行
- 日本:東日本大震災・原子力発電所事故 2011年3月発生
「電気事業者による再生可能エネルギー電気の
調達に関する特別措置法」 2011年8月公布
「再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度」
2012年7月施行

再生可能エネルギー電源の全体イメージ

- 再生可能エネルギーを利用して発生した電力の
固定価格買取制度・買取義務 ⇒
投資回収年数の確実な予測 ⇒
再生可能エネルギー電源は魅力のある投資先
- 具体例
企業や家庭 建物の屋上、空地に太陽光発電
農業や漁業 風況の良い農地や沿岸に風力発電
林業 森林資源を利用したバイオマス発電
- 多数の不安定・分散型電源が設置され、電力系統に接続される

新しい電力システムのイメージ

- 大規模集中型電源と多数の不安定小規模分散電源(太陽光発電、風力発電など)の存在
- 電力、通信、情報を含む多様なシステムを統合したシステム
- 需要と供給が一致するようオンラインで調整

- 電力システムの高度利用
 - 中央制御: 系統運用計画、発電制御、系統制御、配電制御
 - ローカル制御: 分散電源制御、DSM(需要管理)
 - 蓄電池、SVC(系統電圧安定化装置)などの付加と制御

- 消費者(&生産者)にスマートメータ
- HEMS(家庭エネルギー管理システム)、BEMS(ビルエネルギー管理システム)、コミュニティ・マイクログリッドの形成

- これらの全体がスマートグリッド

新しい電力システムのイメージ(つづき)

<特徴>

- 消費者(&生産者)の系統運用への参加
- 電力需給の調整者(中立)の役割がきわめて重要

<メリット>

- 電力のグリーン化(地球気候温暖化抑制)
- セキュリティ(災害、事故への対処性能)向上
- 需要ピークの抑制
 - 電力消費(&生産)の見える化
 - 1日前&1時間前のダイナミック・プライシング
- プラグイン電気自動車(PEV)の普及促進、グリーン化への寄与大
- 地域(コミュニティ)の連帯・活性化につながる

<デメリット>

- 電力コストの上昇

標準化の重要性(ローカル制御の例)

- スマートメーター
エネルギー使用量を計量し、双方向通信(送受信)が可能
使用量データの送信のみでなく、遠隔からのメータ操作・制御が可能
宅内への情報発信が可能
 - スマートハウス
スマートメータを介して家電製品、太陽光発電、蓄電池、EVなどの制御を行う
 - スマートビルディング、工場
BEMS、FEMS(工場エネルギー管理システム)
- 管理制御におけるデータおよび通信の標準規格化