

< 研究ノート >

代替化石燃料、冷房省エネ化のためのヒートアイランド対策、 及び海洋での食糧生産に関する広報型技術ロードマップ

角田 晋也

日本マクロエンジニアリング学会理事

<要旨>

代替化石燃料、冷房省エネ化のためのヒートアイランド対策、及び海洋での食糧生産に関する広報型技術ロードマップの一例を示す。次の技術革新が起きるまでの繋ぎの技術が重要である。

<キーワード>

研究開発、技術ロードマップ、インフレ、デフレ、温暖化、食糧価格、淡水資源、代替化石燃料、ヒートアイランド、海洋

A Publicity-type Technology Roadmap on Fossil-fuel Alternatives, Mitigation of Heat-island Phenomena to Reduce Air-conditioning Energy, and Maritime Food Production

Shinya KAKUTA

Japan Macro Engineer's Society

<Abstract>

This paper shows an example of a publicity-type technology roadmap on fossil-fuel alternatives, mitigation of heat-island phenomena to reduce air-conditioning energy, and maritime food production. Temporary technology to be used until proceeding innovation is important.

<Keywords>

Research and development, technology roadmap, inflation, deflation, global warming, food process, fresh water resources, fossil-fuel alternatives, heat island, ocean

1. 背景

1.1 食糧価格高騰

近年は、耕作地の拡大や品種改良による穀物の供給の伸びも限界に近づいて、人口増加などによる穀物需要の伸びに追いつかなくなったため、世界のトウモロコシ、小麦、および大豆の在庫率の低下が進んでいる。これらの穀物はシカゴ商品取引所に先物が上場されており、相場水準と在庫率の逆相関が高い。この時機に、米国のサブプライムローン問題により、世界的な投資資金は米ドルを離れて次の順番で流れていった。原油先物→原油高→石油代替燃料であるバイオエタノール需要増の思惑→トウモロコシなどバイオエタノール原料需要逼迫の思惑→耕作地競合による穀物需要逼迫の連想→穀物先物→食糧価格上昇

したがって、この度の食糧価格の急上昇は一時的なものと期待される。もっとも、以下の理由により今世紀前半の期間で直線回帰してみると食糧価格が上昇する傾向にあることが予想される。

- (1)温暖化に伴う降水分布の変化による砂漠の拡大に伴う耕地面積の減少
- (2)風水害や旱魃などの異常気象による不作
- (3)海面上昇に伴う農地の面積の減少

穀物価格を押し下げる要因としては以下のものが考えられるが、いずれも数年のうちに実現することは期待できない。

(1) 技術革新による代替化石燃料の普及に伴う化石燃料価格下落

(2) 技術革新による海洋での食糧生産の普及

さらに突発事象として大地震に伴う津波や大噴火による耕地の被害や大規模な原発事故の可能性も忘れてはならない。

1.2 世界インフレ

食糧価格高騰は日常生活に直接顕在化するので人々に「まだまだ物価は上がる」という先高感を持たせる結果、「買いため」や「売り惜しみ」や賃上げ要求を引き起こし、インフレに弾みをつけるきっかけとなる。日本は 1990 年頃からデフレスパイラル(物価下落→給与下落→消費冷込→物価下落)に陥った。最近では物価上昇率がプラスに転じたが、市場は、日本が主要国の中では最低水準の予測インフレ率であることを織り込んでいる。

(1)インフレとはモノに対する通貨の相対的な価値の下落であり、デフレはその逆である。

(2)円高とは他の主要な通貨に対する円の相対的な価値の上昇であり、円安はその逆である。

仮に主要国ではどこでもモノの価値が同じであると単純化¹すると、上記(1)と(2)より、円高と日本でのインフレが同時進行する場合は、他の主要国では日本よりもモノに対する通貨の相対的な価値の下落率が高い、すなわちインフレ率が高いことになる。実際に今、世界的にインフレ率が上昇している。関税を撤廃して貿易が自由化された上に、技術革新で輸送コストが低くなれば、上の単純化が現実さらに近似するので、外国為替変動と各国のインフレ率の相関がより明快になるであろう。

もっとも、最近の円高は国際的な金利差、つまり日本の低金利を利用した円借取引(carry trade)が世界的な金融不安の高まりを受けて巻き戻したことによるもので、世界的な金融不安が和らげば円借取引が復活して円安に振れるが、金融不安が高まるたびに円高に戻るということを最近では年に数回繰り返しており、為替変動が大きいので、円借取引の効果を除いた時間平均として円安なのか円高なのかを判断し難い。さらに、各国の短期金利は各国の政策金利に依存するのに対し、十年以上の長い目で見ると「各国長期金利=各国実質成長率+各国インフレ率+世界の長期投資家の取分」なので、長期金利そのものも市場を見込²んだ長期的なインフレ率に依存する。

2. 技術ロードマップ

技術ロードマップとはプロジェクトの目標に向かって効果的に行動する、または行動させるために、関係者間の意思疎通の効率化に利用するものである。関係者が誰あるいはどの組織かにより、技術ロードマップは全く異なった体裁をとりえる。大きく、表 1 の 3 型がある。今世紀前半の温暖化や食糧需給に関するビジョンは本号の短信(角田 2008)に記した。そこで、このビジョンを記載した広報型技術ロードマップのたたき台(私案)を図 1 に示す。つまり、食糧や淡水資源の価格上昇傾向を考慮に入れた。

2.1 海洋での食糧生産

¹ 実際には国により余剰なモノが異なる。A 国で余剰なモノが B 国で不足する場合は、輸送コスト(関税などを含む)分だけ A 国ではそのモノの価値が B 国よりも低いことになる。

² 当然、見込み違いもありえるので、見込みが日々修正されるのに伴い長期金利も日々変動する。なお、長期金利そのものも市場での取引の結果決まる。

陸上での食糧生産には淡水資源が必要であるが、この淡水資源は有限であり、今世紀は水紛争の世紀となっている。そこで、淡水資源を必要としない食糧生産技術を普及させる必要がある。海洋での食糧生産は淡水資源を必要としない。日本は、面積で世界第6位、体積で世界第4位の排他的経済水域を有する。この広大な海洋空間を利用して食糧輸出国を目指すことも可能ではないか？ また、海洋での食糧生産を実際に担うのは地方なので、地方の活性化にも貢献する。

表 1. 技術ロードマップの3型

型	関係者	目的	記載事項
戦略型	社内 経営者 事業部 研究開発部隊	組織のビジョンの達成	プロジェクトのゴールまでの道筋: ビジネスモデルそのもの 要素技術を盛り込んだ数枚の図表 競合技術のある研究開発テーマの選択を決定するマイルストーン 社会、市場、法規制
広報型	社会 公的機関 企業	産業界、政策や社会そのものなどの方向性の合意の形成: 協調の誘導	ある技術群が発達してできる社会の未来像(ビジョン)
戦術型	社内 各担当者	マネジメント担当者が多くの並行プロジェクトを俯瞰的に見渡す	プロジェクト毎に作成 社内統一フォーマット プロジェクト目標 中間マイルストーン及び達成時期 競合関係・連携関係 アウトプットの受け手

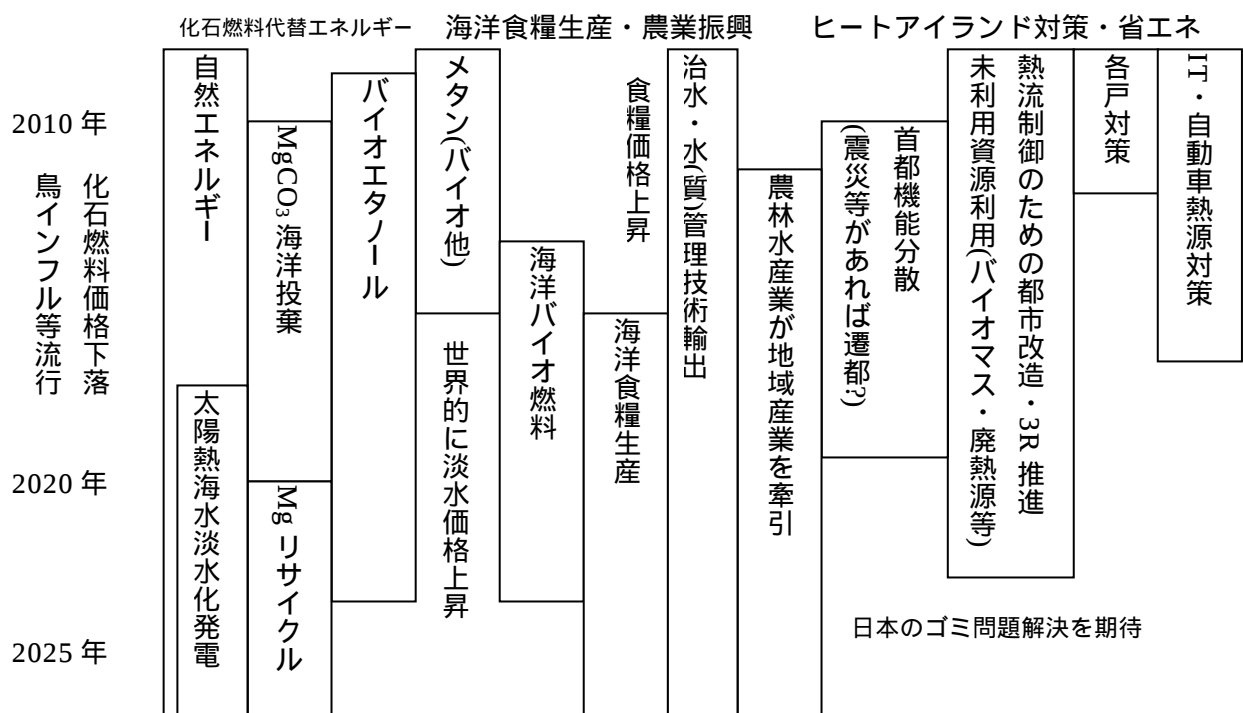


図 1. 温暖化抑制のための代替化石燃料、冷房省エネ化のためのヒートアイランド対策、及び海洋での食糧生産に関する広報型技術ロードマップのたたき台(私案) 日本で広く実用される時期を表す。太陽熱海水淡水化発電技術(木下 2000)は水不足に悩む発展途上国で実用化されてから日本に逆輸入する方が経済的に無理がない。自動車熱源対策としては、内燃機関自動車から電気自動車へのイノベーションや都市における個別交通機関(自動車)多用から公共交通機関への輸送モードシフトなどが考えられる。原子力発電による電力を電気二重層キャパシターで貯蔵して電気自動車を走らせるという選択肢もあり得る。海洋食糧生産により、耕作地と森林の競合が緩和される。

2.2 代替化石燃料:次の技術革新が起きるまでの繋ぎの技術

温暖化は旱魃・風水害などの異常気象を伴い食糧減産要因となるので、これを抑制するため化石燃料の使用を制限するにあたり、大気中の温室効果ガスを増加させないような代替化石燃料が必要となる。

(1) メタン(CH_4); CH_4 は燃焼熱あたりの CO_2 発生量が石油よりも少ないので、地球温暖化抑制の観点から石油よりも利用が推奨されている。 CH_4 自体の温室効果は CO_2 の数十倍あるので未燃焼の CH_4 が大気中に漏れないよう注意を要するが、大気中で平均すると数年後には酸化されて CO_2 になるので、短期間であれば大気中に漏れ出しても数年後にはあまり問題にならなくなる。そこで、代替化石燃料が実用化されるまでの繋ぎの技術として、メタンハイドレートやバイオマスの発酵などによる CH_4 の利用が考えられる。なお、海藻からメタン(CH_4)等のバイオ燃料を得る技術開発は既に進んでおり、海洋での大量食糧生産よりも先に実用化が期待できるので、これも CH_4 以外の代替化石燃料が開発されるまでの繋ぎの技術として利用できる。

(2) マグネシウム(Mg); Mg はナトリウム(Na)に次ぐ海水の主溶存成分で、海水に 1800 兆 ton が含有される地球上で 8 番目に多い元素であり、主に海水を電解することにより生産する方法が採用されている。単体の Mg は強い還元作用があり、 CO_2 や H_2O の還元に用いられる³。酸化され易く燃焼熱が 602kJ/mol と大きいので、次世代エネルギーとして注目され、燃料電池で動くエコカーなども開発されたが、燃焼後にできる酸化マグネシウム(MgO)をリサイクルする方法が確立されておらず、実用化は進んでいない。

MgO は CO_2 と反応すると発熱して MgCO_3 になるので、この発熱もエネルギー源として利用できる⁴。水和物の $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ は比重が 1.852g/cm³ で、海水よりも大きく、水に僅かに溶ける(実用上ほとんど融けない)。つまり、海面に投入した $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ は自重で沈んでゆくので、 CO_2 よりも海底隔離が容易である。また、 $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ がほぼ中性である海水に僅かながら溶ける際には、pH を大きくするので、海底窪地に開放状態で貯留した CO_2 が海水中に溶解して pH を小さくする現象を緩和するのにも利用できる(角田 2007c)。 MgO をリサイクルする方法が実用化するまでの繋ぎの技術としては、上のとおり MgCO_3 を海面に投入する方法が実用的である。

2.3 冷房省エネのためのヒートアイランド現象緩和策

地球温暖化の上に、局所的なヒートアイランド現象が重なり、夏季の大都市は高温に悩まされるため冷房にエネルギーを浪費している。 CO_2 排出削減のためにも夏季のヒートアイランド現象を緩和した上で、都市冷房を省エネで効率的に行う必要がある。ヒートアイランド現象の原因については以下のものが有力候補となっている。

³ $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$; $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2$

⁴ $\text{MgO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{熱}$

(1)コンピューターや冷房など電力を使用する際の廃熱 省電力化しても、オフィスの IT 化の普及の速度に追いつかないのが現状である。集中空調システムなどのヒートポンプにより、廃熱を濃縮して、屋上などできるだけ高い場所から上昇気流に乗せることにより、地表付近の気温に影響が及ばないように工夫されている。

(2)自動車など化石燃料を使用する際の廃熱 燃費の向上など省エネ化や、マイカー自粛などの対策が取られている。

(3)都市砂漠化 植生が破壊されると、木陰の減少や葉からの蒸散に伴う冷却効果の減少により地表付近の気温が上がる。緩和策としては、屋上緑化や壁面緑化により、太陽エネルギーを葉からの蒸散の際の潜熱に変換する方法も広く推奨されている。ただし、ビルの高い階層に適用するのは困難であり、落ち葉の掃除や害虫の駆除が必要となる場合もある。また、ドライミスト(微細な霧)による冷却も行なわれている。

(4)ビルによる風の遮蔽 風の道や水路などの水面についても近年、流体力学・熱力学シミュレーションを用いた研究が進み、注目されて都市計画に際し考慮されるようになってきている。

既に、高反射屋根、壁面・屋上緑化、ドライミストなど各戸対策については補助金も支給されているが、(1)の集中空調システム⁵や(4)の都市計画⁶は各戸対策ではなく都市改造である。既存の都市を改造するよりも都市設計をした上での首都機能の分散や首都移転の方がヒートアイランド現象緩和策としては効果的であり、地方活性化も期待できる。これと平行して(1)の IT 廃熱の削減も必要である。

3. 結語

図 1.の広報型技術ロードマップはたたき台であり改良が必要であるが、マクロエンジニアリング的な視点から関連技術群間の経済的競合関係・相互作用や次の技術革新が起きるまでの繋ぎの技術の重要性を示すために敢えて示した。つまり、より環境に優しい技術群に取って替わられることを前提として、一時凌ぎで一見寄り道の繋ぎの技術群を実用化しないと、将来の技術革新の芽を摘んでしまうことになる。技術ロードマップとは関係者間の意思疎通のためのツールなので、他にも記載すべき技術群があればご教示いただけるとさいわいである。

参考文献

角田 晋也 2007a, ヒートアイランド現象緩和のための潜熱輸送媒体としての水資源, MACRO REVIEW, Vol. 19, No. 2, pp. 41-43

角田 晋也 2007b, 仰角 45 度高反射面で蛇腹上に覆われた壁面・屋根がヒートアイランドを緩和する, MACRO REVIEW, Vol. 20, pp. 17-20

角田 晋也 2007c, 低加圧で海中に気体を断熱圧縮しつつ沈める方法, MACRO REVIEW, Vol. 20, pp. 41-46

角田 晋也 2008, 今世紀前半の世界食糧供給ビジョン:食の安全に関する考察, MACRO REVIEW, Vol. 21, No. 1

⁵ 廃熱を東京湾の海水に集中することにより廃熱を潜熱として効率的に成層圏へ逃がす手法の 1 例については角田(2007a)を参照。

⁶ 都市全体で直射日光を効率的に上空に反射するよう壁面に反射板を取り付ける具体的な手法の 1 例については角田(2007b)を参照。

木下 幹夫 2000, 濃厚塩水 - 希薄塩水利用の吸収ヒートポンプによる脱塩システム, MACRO REVIEW, Vol. 12, No. 1, pp. 25-36 または <http://www2.newweb.ne.jp/wd/kinoshita/desalt.htm>

角田 晋也 所属：独立行政法人海洋研究開発機構海洋工学センター； 著作(共著)「循環型世界への道」2006、北星堂マクロエンジニアリング叢書