

# 未来技術大国日本



日比野克壽

## まえがき

---

去年・今年とヨーロッパ各地が大寒波に見舞われている。ヨーロッパでは『温暖化は嘘である』という認識が一般国民に広まっており、冬に備えた食糧備蓄を進める国民が増えてきているようだ。

本当に地球は温暖化しているのか。

この冬、日本でも山陰地方を中心に大雪が観測されているけれども、これは、北極付近からの寒気が日本などに流れこみやすくなっている気圧配置が原因だと言われている。

北極付近の気圧が高く、日本を含む中緯度地域の気圧が低いと、北極の冷たい寒気が、気圧に押されて中緯度地域に流れこんでくる、逆に、北極付近の気圧が低く、中緯度地域の気圧が高いと、北極の寒気は極に押し込められた形となって、中緯度地域は暖冬になる。北極付近の気圧は年々強弱を繰り返していて、この現象は「北極振動」と呼ばれている。

北極振動 (Arctic Oscillation: AO) とは、ワシントン大学の Wallace 教授らにより 1998 年に提唱された現象で、振動の状態は「北極振動指数 (AO Index: AOI)」と呼ばれる数値で表す。

北極振動指数が正の時には、ヨーロッパでは偏西風の強化により温和で雨が多くなり、日本付近では温和な天候が続くし、逆に北極振動指数が負の時には、ヨーロッパでは晴天が続き、寒気の流入で寒冷化すると同時に日本付近も寒冷化するとされている。

過去 20 年間の北極振動指数の変化をみると 1980 年代はプラスだったものの、90 年代から徐々にマイナス側に触れいつているという。勿論、マイナスに振れた 1998、2001、2003、2004、2006 年の冬は寒かった。

世界の CO2 排出量はどんどん増えているのに、冬の寒さは必ずしも連動していない。

2009年11月、英イースト・アングリア大学のサーバーから著名な気候学者のメールが大量に盗まれ、ネット上に公開されるという事件があった。

問題のメールは、イギリスのイースト・アングリア大学のサーバへの不正アクセスによって持ち出されたもので、11月17日には、温暖化懐疑派サイトで公開され、世界中のメディアで取り上げられた。全部で1000通以上のメールがあるとされる。

その中には、「ホッケースティック」として知られている、年輪による平均気温データが改竄されたことを指したものがあり、特に問題視されている。

メールによれば、本来のデータでは、気温は1960年以降ずっと下がり続けているのだけれど、それを“Nature”誌に掲載するときに、最近のデータを実際の気温にすりかえたと告白している。

イースト・アングリア大学気候研究ユニット（CRU）のジョーンズ所長らは流出した電子メールが本物であることを認め、たうえで、疑惑について11月24日に、「trickとは新データの追加を意味する言葉で、ごまかしではない」という声明を発表しているけれど、苦しい言い訳にしか聞こえない。

この事件は、ウォーターゲートにならって「クライメートゲート」事件と呼ばれているのだけれど、激しい論議を巻き起こしている。2009年12月3日には、米下院で取り上げられ、懐疑派の議員は「気候変動に関する科学すべてに疑問が及ぶ」と批判した。

大寒波はアメリカでも猛威をふるっていて、ワシントンは2010年の冬に数十年ぶりの大雪に見舞われた。そのとき、温暖化懐疑派の中心的人物であるジェームズ上院議員は、家族と共に、ワシントンD.C.の米連邦議会議事堂前にイヌイットの雪の家「イグルー」を作り、「アル・ゴアの新居」と書いた看板を掲げて、アル・ゴア元副大統領を揶揄した。

非難の槍玉に上がったアル・ゴア氏はというと、2009年11月に、あろうことか、CO2は温暖化に対する影響は40%くらいである、と自説を大きくトーンダウンするコメントを残している。

勢いづく懐疑派の動きに対して、環境保護派は、バンクーバーオリンピックの開催地バンクーバーが異例の雪不足に悩まされている問題を引き合いに出して、大雪の原因を「誤解」するなど反撃しているし、イギリス気象庁は、2009年12月5日に温度観測記録を公表すると発表している。まあ、要は大激論になっている。

欧米では、地球温暖化に関して、懐疑派のウェブサイトやブログが沢山あって、こちらでも、クライメートゲートについて、盛んに議論されている。

中には、メール流出について、COP15を揺さぶることを目的にした内部告発ではないかとの噂まである。もちろん、真偽の程は定かじゃない。

ただ、これを逆手にとって、脱石油エネルギー社会へシフトする切っ掛けにはなるかもしれないことは、唯一の希望ではある。

本書は、筆者のブログ「日比野庵本館」<http://kotobukibune.at.webry.info/>で過去3年においてエントリーした、主に科学技術系の記事を中心に抜粋編集したものである。

今回纏めるに至った経緯は、情報社会の最先端をゆくネットにおいて、科学技術系のエントリーが、数年たった今でも継続的に閲覧されていることに気づいたからだ。

この機会に、科学技術系の記事を中心に纏め、閲覧しやすい形にしてみようと思い立った。

本書の第5章までは、科学技術中心の紹介記事なのだけれど、第6章は軍事技術、第7章は日本の安全保障と国家モデルについての記事を取り上げた。

現代社会において、科学技術と安全保障は密接に関係していると筆者は考えているからだ。

これらの未来技術を知ること、日本の未来の明るい国家モデルが見えてくればと願っている。

## 未来技術大国・日本 目次

# まえがき

## 第1章 エコと製造技術

アメリカの新車燃費規制

公差の魔術

海賊版対策とIpadの中身

## 第2章 資源と環境

リサイクルされるレアメタル

レアアース戦争

微生物と植物が地球を救う

日本が産油国になる日

## 第3章 電気社会の到来

宇宙太陽光発電

海洋温度差発電

直流送電技術

ワイヤレス送電技術

電気自動車の可能性

キャパシタ搭載バス

ハイウェイトレイン構想

ギガンティック・トウキョウ

## 第4章 食糧生産革命

野菜工場

CAS冷凍技術

クロマグロの養殖



## 第5章 宇宙科学技術

小惑星探査機「はやぶさ」

アブレータ耐熱技術

イカロスの翼

学術・科学技術予算について

## 第6章 軍事技術

C S Mミサイル構想

F 2 2とF 3 5はガンダムとジムくらいに違う

自衛隊がF 2 2を持つ意味

空母型護衛艦「ひゅうが」

## 第7章 日本の安全保障と国家モデル

軍事力による平和

O D Aは肉食動物を太らせた

アメリカの強さの源泉

日本がスネ夫になるための2つの条件

しずかちゃんに成りかけた日本

かつての日本はノビスケだった

日本が出来杉君になる日

## あとがき

## 第 1 章 エコ技術と生産技術

## アメリカの新車燃費規制

---

2010年3月31日、アメリカ米政府は新車の燃費規制を2012年型から段階的に引き上げ、16年型までにガソリン1ガロン当たり34.1マイル（1リッター当たり約14キロ）とする強化策を発表した。

この規制は、年平均で5%の改善を求め、最終的に平均燃費を現状より3～4割引き上げるもの。これを実現するための環境技術を巡って自動車メーカーの競争が活発になると見られている。

さぞかし、アメリカの自動車会社も困るのかと思いきやそうでもないらしい。ベンチャーキャピタリストのBilal Zuberi氏によれば、ほとんどの世界的な自動車メーカーは、もっと効率の良いモデルを欧州で既に販売しているため、新しい基準を満たすことは可能であるという。

EUは、地球温暖化問題に対して、早い時期から高い関心を寄せていて、欧州自動車工業会（ACEA）がCO<sub>2</sub>自主規制を導入している。対象は、乗車定員9人以下の乗用車で、その目標値は2008年にガソリン車でリッター16.6 Km、ディーゼル車ではリッター18.8 kmとなっている。なるほど、この自主規制をクリアできるのであれば、今回のアメリカの燃費規制など、問題にならないだろう。

だけど、中小型車ならいざ知らず、3L、5Lといった高排気量の車種となると、この基準を満たすのはガソリン車のままでは難しい。

たとえばレクサスの3.5LカーであるGS350の燃費はカタログスペックでは、9.6 (km/L)。これが、ハイブリッドの450hとなると、同じ3.5Lでも14.2Lに跳ね上がる。日本車であっても、大排気量となるとガソリン車のままでは、この燃費規制をクリアすることは厳しくなる。

従って、遅かれ早かれ、全てのガソリン車はハイブリッドに移行すると予想される。事実、中小型では、日本を始め、どこのメーカーでもハイブリッド車を開発し、販売している。

今はまだ、日本のハイブリッド車が優勢だけれど、あと10年もすれば、外国産の車もみんなハイブリッド車になって日本の優位性は無くなっているかもしれない。自動車産業の復活に、アメリカが本気を出してきたとするならば、日本もうかうかとしてられない。

では、燃費規制対象となる新車ではなく、中古車の分野ではどうだろうか。アメリカでは、1~2年乗ったくらいでは、日本の様に値段がぐんと下がることもなく、いい値で取引されている。

今回の燃費規制にしても、中古車は対象外だから、こちらの分野では日本の中古車がまだしばらくは幅を利かせるかと思いきや、一概にはそうとも言えなくなっている。というのも、「アメ車」が燃費の悪い車の代名詞であったのは昔の話で、今や中・小型のガソリン車では、もう日本車と遜色ないレベルにまで燃費が向上しているからだ。

国土交通省は、自動車の燃費性能を評価し、毎年「燃費一覧」として公表しているけれど、平成22年度版から、日米自動車の燃費を比較すると次のようになっている。

トヨタ マークXジオ：2.4L 燃費 12.0~12.8 (km/L)

フォード エスケープ：2.3L 燃費 10.0 (km/L)

アメリカ車の1.5Lクラスのデータがないので、2.5Lクラスでの比較だけれど、このクラスでも、さほど巷で言われるほど、日本車とアメリカ車の燃費差はないように思われる。

とはいえ、リッター2Kの差は、積み重なれば馬鹿にならない。燃費がリッター10Kと12Kとでは、100Km走ったときには、1.7Lの差。リッター100円なら170円の差となって跳ね返ってくる。すると、やはり、中古車や中小型のガソリン車だと日本車の独壇場なのか。

オバマ大統領は2010年3月に、大西洋岸とメキシコ湾沿岸などでの石油・天然ガス探査を拡大する方針を発表した。この中には、過去20年間禁止されていたバージニア州沖での掘削も新方針に含まれるものとみられている。要は石油や天然ガスも自給しようということ。

注目すべきはこの発表が、新車の燃費規制の発表と同じ日だという点。筆者はこれを燃費規制とセットの政策ではないかとみている。石油が自給できるようになると、中東の原油価格にガソリン価格が影響されることも無くなるし、輸送費も要らなくなるから、今よりも更にガソリンが安くなる可能性がある。

ガソリンの値段そのものが安くなると、多少の燃費の差は関係なくなってくるから、アメリカ車でも売れる余地が増えることになる。こうしてみると、オバマ大統領ははっきりとアメリカの自動車産業の復活を狙っていると見ていいように思われる。

事ほど左様に、アメリカは戦略的に動く。

## 公差の魔術

---

では、アメリカの企業や政府が本気を出して自身の製造業の立て直しを行ってきたら、日本は絶対立ちうちできないのか。

日本の製造業の強みの一つとして、個々の部品の精度が挙げられる。これはなかなか他国では真似できないところ。部品の精度は製品の信頼性に直結するから、まだまだこの分野で戦える余地はある。

部品の精度を表す目安として「公差」というものがある。公差（こうさ）とは、機械工学に代表される工学において許容される差のことで、基準値に対して、許容される範囲の最大値と最小値の差を公差という。

たとえば、基準寸法 50 mm、公差  $\pm 0.3$  mm と設定された部品があったとしたら、その許容寸法は、 $50\text{ mm} - 0.3\text{ mm}$  から  $50\text{ mm} + 0.3\text{ mm}$  の間、即ち、49.7 mm 以上 50.3 mm 以下ということになる。

設計寸法は理論値だから、実物の寸法はどうしても少しはズレる。そのズレ分を考慮しながら、設計をするのだけれど、そのズレ分をどこまで許すかが公差の値となる。部品の公差を厳しくすればするほど、製品の組み立て工程でも使用時にも、問題は発生しにくくなるけれど、部品の単価はうんと高くなる。逆に公差を甘くして、単価を下げ言おうとすればするほど、組み立て後に装置が動かなかったり、トラブルの原因となる。

この公差に対する出来上がり寸法の精度が日本の製造業の強み。

公差  $\pm 0.3$  mm と設定された部品を作るとき、海外メーカーだと、公差指定が  $\pm 0.3$  mm なのだから、それを満たしてさえいれば、問題なし、として納品してくる。図面通りの出来上がり。契約どおりで何の問題もあろう筈がない、と。

だけど、日本の製造業、特にその道の”匠”がいるようなところは違う。たとえ、公差 $\pm 0.3$  mmと設定されていたとしても、匠はど真ん中を狙って、公差 $\pm 0.1$  mmくらいの部品を作ってしまう。それも、殆ど全数にわたってその精度で仕上げ納品してくる。

だから、同じ公差 $\pm 0.3$  mmの図面を渡しても、方や公差ギリギリの何時トラブルかも分からない部品が納められ、もう一方は、同じ値段、同じ納期で、本当は何倍もの値がするであろう超高精度の部品が納められることになる。

中には、あまりにその加工精度が凄くて、世界でその人しかつくれる匠だって、日本には沢山いる。たとえば、埼玉で辻谷工業を営む、世界一の砲丸作り職人である辻谷さんが作る”辻谷砲丸”もそのひとつ。辻谷さんの砲丸づくりに掛ける情熱には、日本の匠のプライドがある。

辻谷さんは13歳で働きはじめ実に60余年のキャリアを持つ超大ベテラン。その探究心にはすごいものがある。辻谷さんは、16歳から4年間夜学に通い、機械・製図・実習を学ぶ傍ら、同級となった30代、40代の大人から社会のいろいろな話を教わったという。そして、26歳で独立。東京オリンピックでは障害走用のハードル作りで頭角を現し、やがて砲丸づくりに取り組むことになる。

砲丸の国際規格は直径110~130 mm、重さ7.265~7.285 Kg。ところがこのとおりに作るのは実に難しい。砲丸を作り始めた頃は、重さをターゲットに作ると直径が収まらず、直径に狙いを付けると今度は重さが合わない。夏と冬では大きさが違って来るし、作る度に違った出来になると述懐している。

辻谷さんが偉かったのは、鋳物工場に作り方が悪いんだというのではなくて、逆に鋳物工場に修行に出たこと。鋳物づくりから見直してみようという思いからだった。

鋳物工場で修行するうちに、溶かして湯状にした鋳鉄の底に沈んでいる部分には比重の重い不純物がたくさん混じっていることに気づく。

そこからがまた凄かった。150個の砲丸を吹いてもらい、ひとつひとつに番号をつけて、同じ大きさに削ると片端からデータをとっていった。すると最初から30個くらいまでは重さに変化がなかったのだけど、40個、50個と次第に重くなり、100個から150個でははっきりと重くなっていったことが分かった。

こうした研究を延々と続け、砲丸の砂型に流し込む湯口と底とではかすかな違いがあるとか、熱された鉄球の冷却速度によっても違いが生じるとかのデータを集めていったという。更に、砲丸を削りだす作業においては、砲丸の中心と重心がずれないように、ひとつひとつ削り方を変える。その加減は、削る時の音や削った表面の金属のツヤで判断しているという。機械ではまったく対応できない匠の技。こうして砲丸の中心と重心が一ミリも狂わない世界最高唯一の辻谷砲丸が出来上がる。

唯一というのは、他の誰にも同じことはできないということ。

辻谷砲丸は他のメーカーのようにペンキなど塗っていない無色の仕上がりなのだけれど、これが唯一無二の砲丸の証明になっている。他のメーカーは砲丸は、砲丸の中心と重心をのズレを最終的に合わせこむために一度作ってから、中をくり抜いて鉛を詰めて調節している。ペンキはそれらを隠すために塗っている。

そんな辻谷さんの技術をアメリカの大手スポーツメーカーが買いに来た。技術を教えてライセンスをくれとってきたのを辻谷さんはきっぱりと断った。そこには職人の探究心とプライドがあった。「この砲丸をつくる技術はわたしだけのものじゃない。砲丸づくりにはたくさんの方が協力してくれました。それをお金で売ることはできません。」と。

こうした匠たちが作り出す部品精度に支えられた日本製品の信頼性が低かろう筈がない。日本で実績十分の部品の図面をそのまま海外に持ちこんで、現地のメーカーに作らせても、そりがあったり、バリがあったりして、後で問題になることも多いという。同じ図面を使って、同じ部品をつくって、同じ機械を組み立てたとしても、同じ性能が出ないというマジック。その秘密とは何だろうか。

一個の部品だけをみれば、公差の範囲内であったとしても、公差ギリギリの部品が何万個と集まれば、全体の歪みは相当なものになる。だから、部品1個の公差といっても、その値は、装置全体を組み上げたときを想定した上での値でなくちゃいけない。

ところが、今や、その公差の値が必ずしも装置全体の動作を保証するものとは限らなくなってきているという。その理由の一つとして、激しい競争の中、コストダウンを迫られる設計者が、少しでも設計コストを安くあげようと、公差の検討時間を端折って、既存製品の公差の流用を行なうケースが増えている実態がある。

確かに、既存製品の設計公差を流用すれば、その分だけ設計期間は短縮できることは間違いない。だけど、それをいつまでも繰り返していたら、どういう理由でその値に公差が決められたのかという根拠が失われ、技術力の低下を招くことになる。

何年も前の公差を、今でも何の検証もなく当たり前のように使い続け、その結果、出来上がった製品の性能が出ないなどのトラブルに見舞われることだってある。

また、年々進歩する加工技術に対して、加工現場と設計者との間で、公差に関する情報の交換・共有がうまくいかなくなってきている問題もあるという。

ある加工メーカーの技術者によると、昔と違って、今はCADデータだけを送ってきて、一言の説明を受けることもなく加工しなくてはならない状況になっているそうだ。

現代の製品は、何十枚何百枚もの図面が集まって漸くひとつの製品になるのが普通。だから、部品単体の公差とて、その製品全体の設計を把握した上での値でなければならない筈なのだけれど、今では、個々の部品を担当する設計者がそれぞれ別になっていて、誰が公差を検討すべきなのかが明確にならないという問題を抱えている。

今や、日本の製造業においてさえ、不十分な公差設定であっても、それがまかり通っている現実に直面している。

あるメーカーの設計者は、公差について、「出来上がってきた部品の精度が悪いと、発注先の技術力が低いんだと決めつけていた。しかし実は、図面通りの部品である場合も多かった。国内の優秀な加工業者のおかげで、不十分な公差設定でも物が出来上がっていたため、勘違いしていた。」と述べているところをみると、これまで難なく製品が動いていたのは、実際の部品を作る日本の加工業者が、図面の公差以上の精度を持つ部品を納めていた部分に追うところが大きかったのだと思われる。

この公差でいいのだと設計者に勘違いさせてしまう程の日本の「匠」な加工業者達。彼らの存在なくして日本の製造業はない。

公差の魔術は日本人だからこそ使うことができる。

## 海賊版対策と I p a d の中身

---

公差は使い方によっては、海賊版対策にもなる。海賊版、所謂コピー商品は、普通、コピー対象にした製品を手において、分解し、中の構造や部品を調べ上げて、それぞれの部品をそっくりに作って組み立てることになるのだけれど、当然それらの部品の寸法は入手した製品を実測した値を基準にすることになる。

けれど、いくら実測したからといって、その値はその部品単独の値に過ぎず、設計寸法に対してどれだけズレているのかまでは分からない。コピーする者が手にいれられるのは買えば手に入る実物製品のみであって、図面ではないから。図面がないと設計寸法も分からないし、無論、公差なんて分かる筈もない。

そこで、公差設計をきちんとして、各部品それぞれが公差をきちんと守らないと、動かないような設計をした製品があったとしたら、その製品のコピーは非常に難しくなる。公差を守らないと動かない製品をコピーしようとしたら、図面を盗み出すか、入手した製品の部品の寸法に対して、公差ゼロの部品を作るしかない。

唯一、統計的に大よその公差を割り出すという手がなくは無いのだけれど、公差を統計的に出そうとしても、何百何千と同じ製品を買っては片っ端から部品寸法を測るしかない。折角海賊版を作って一儲けしようと思んでいるのに、そんなことをしないと作れないようでは全く割に合わない。

長野県諏訪市に本社を置く、半導体製造装置メーカーのアスリート F A は、それまでの誤差補正用の調整機構を取り外し、公差設計をきちんとやることで目標性能を出せる目処をつけ、コピー製品の被害を防ごうとしている。

コンビニや自販機で売られているコカコーラは、元となる原液を炭酸水で割ったものなのだけれど、その原液の製法について特許出願を出していない。なぜかという、製法の特許として開示してしまうことで、誰にでも真似できてコピー商品を作られてしまうから。公差も同じ。公差図面さえ流出させなければ、現物があっても公差は分からない。

どんなに正確にコピーした積もりでも、公差をきちんと守らないと全く動かないという設計の仕方は、作るほうにとっては大変なところもあるだろうけれど、十分に海賊版対策になる。また、そうして、設計時にきちんと公差を考え、それを実現する部品を揃えるということもまた技術の継承に繋がってゆく。

ハイブリッドや電機自動車の性能が、公差の厳密さに大きく左右されるような設計をすることができるのなら、コカコーラのようにどんなコピーが出てきたところで怖くない。あとは、ソフトの部分、デザインであるとか見た目をコピーされることへの対策。このあたりの対策が最後まで頭を悩ませることになるだろう。

さて、日本のメーカーが気をつけるべきことは海賊版対策だけかといえば、今はそうでもなくなっている。確かに、日本の部品メーカーの凄さのひとつは、彼らが作り上げる部品精度なのだけれど、今やそれが牙を剥いて日本に襲いかかってきている。アップルのIPADには、日本企業の部品がほとんど使われていない。中小企業の部品技術が海外に流出した結果がこうした事態を招くことになった。

米調査会社のアイサプライは、iPadの使用部品に関するレポートとして、主要14部品の名称と部品を供給した企業名、部品ごとのコストをまとめた「部品表」を自社のサイトで公開している。主要部品の供給企業には、韓国や台湾のメーカーがずらりと並び、日本の大手メーカーの名前はゼロ。唯一、TDK子会社の香港企業アンペレックス・テクノロジーが、バッテリー供給会社として名を連ねているだけ。

これを何時までも放置すると、競争力を失った企業からバタバタと潰れ、税収は減り、結果として日本の経済繁栄は終わりを告げることになる。当然失業者は益々増大し、どんどん貧乏になる。

だから、今政府がやることは、しっかりとした成長戦略を示して、国内産業を立て直すこと。日本を守り、経済成長路線をしっかり敷くこと。成長戦略を示さないまま、既存技術の海外流出を加速を放置してはいけない。

今や、オバマ政権の政策シフトによって、アメリカの産業が金融からものづくりにシフトしていこうとしている。更に競争相手が増えることは確実だろう。

## 第2章 資源と環境技術

## リサイクルされるレアメタル

---

一昨年発売された新型プリウスは爆発的販売実績を残した。発売直前の時点で先行予約は8万台を超え、発売後1週間で更に受注が伸びて、11万台を突破した。あまりの売れ行きに生産が追いつかないほどだった。エコカー減税の効果ももちろんあったのだろうけれど、ハイブリッド等の環境技術はますます注目され、購買意欲に一役買っているのは間違いない。

世界中にハイブリッド車が普及するころには、日本の自動車メーカーは、燃料電池車や水素自動車などで依然として技術的アドバンテージを確保している可能性は高い。

電気自動車が普及するのは良いとしても、その肝心の電池を製造するに為の資源もまた必要になってくる。特に電池に必要な不可欠の白金、リチウム、レアアースなどのレアメタルなんかは、今後ますます重要が伸びることは確実。たとえば、電池に使われるリチウムは炭酸リチウムとして年間7~8万t産出している。そのうちチリ北部に位置するアタカマ塩原にある塩の鉱床でその多くを生産していて、年間4~5万tにも及ぶ。

もしも、世界の自動車年間生産台数にあたる6000万台にプリウス並みの小型電池を搭載するようにしたとしたら、炭酸リチウムの年間需要は現在の生産量の約6倍にあたる45万tになるという試算もある。

炭酸リチウムの価格は04年には、1Kgあたり1ドルだったものが05、06年で5ドルを超えている。これからますます資源獲得競争が激化するのには目に見えている。こうした資源獲得にたいする対策として考えられる方法は2つある。ひとつは資源埋蔵場所を新たに探索、発掘すること。もうひとつはレアメタルを回収・リサイクルする技術を開発すること。

前者については日本の排他的経済水域（EEZ）と大陸棚延伸可能域内にはレアメタルを含む海底熱水鉱床やコバルト、銅、白金を含むコバルト・リッチ・クラストなどが多数発見されている。海底熱水鉱床では世界第一位、コバルト・リッチ・クラストでは世界第二位の資源量があるという。

コバルト・リッチ・クラストとは深海底に存在する鉱物資源のひとつで、マンガン団塊の一種。コバルトを特に多く含むものをいう。中～南部太平洋などの古い基盤をもつ海山の山頂・斜面に広く発達していることが確認されている。海山の斜面や頂上などの岩盤の露出する場所に形成される特徴がある。

政府も、レアメタルなどを採取するための海底探査を行うことを計画していて、2018年度までの試験掘削などを行うことを目指している。

こうした海底資源採掘は、採算性が合わなくてなかなか開発が進んでいなかったけれど、近年の資源価格高騰によって大分採算性も見えてくるようになってきた。

2010年7月に、東京大学生産技術研究所の浦環教授らが、日本最東端の南鳥島沖深海底にある高さ5千メートル級の拓洋第5海山のマンガン・クラストの厚さを高精度で計測する海底調査に世界で初めて成功した。その調査で、レアアース（希土類）を豊富に含む巨大な鉱床が確認されている。結果の分析から、周辺の鉱石は2億トンに上ると試算する研究者もいる。政府は、この結果をうけ、商業採掘に向けて2011年度から本格調査に乗り出すことを決めている。

また、後者のレアメタル回収技術についても近年研究が進んできている。特に携帯電話や家電の廃棄物の山、所謂「都市鉱山」からレアメタルを回収する話は広く知られるようになってきた。都市鉱山からレアメタルを回収するに当たって問題になるのは、実はリサイクルそのものではなく収集コスト。

携帯電話には「モバイル・リサイクル・ネットワーク」という、通信事業者やメーカーがサポートしている回収ネットワークがある。だけど回収して得られた資源の利益は収集コストでほぼゼロになってしまうという。

それでも国内で携帯電話を回収しなければならないのは、中国が安く買い取るから。彼らは買い取った携帯を分解して、組み立て直し、型落ちの携帯電話として使う。それも壊れたらまた分解して、中の部品を再利用する。そして最後に金属資源を取り出す。まるでお茶を出廻らしになるまで使って、最後の葉っぱまで食べてしまうかのよう。

そんなことをされたら商売にならないから、たとえペイしなくても国内で回収する仕組みを作っている。それでも国内の回収率は20%前後。思い出として取っておいたり、電話帳やデータバックアップ用として使ったり、個人情報の流出の心配から回収に回さないケースが多いという。このあたりの問題を如何に解決してゆくかが今後の課題になっている。

更には、工業廃水からレアメタルを回収する技術なんかも開発されている。この技術は、名古屋大エコトピア科学研究所の伊藤秀章特任教授らが開発した。レアメタルが入った廃水に、水酸化カルシウムを鉱化剤として混ぜて300℃位にまで熱して、10気圧の圧力を加えると、レアメタルが鉱物化するという。

そして、その回収率は実に99%にも及ぶ。この仕組みは自然界の鉱物が地中のマグマ熱で高温高圧化した地下水の中で固まって作られたことをヒントしたというから、実に理にかなった方法だといえる。しかも、工業排水から有害物質を分離しながら、レアメタルを回収できるから、採算性さえ合えば非常に有用な技術になるだろう。

今現在、世界のレアメタル資源は中国が握っている。というのも10~20年程前に中国はレアメタルの国内需要がないことを背景に、外貨獲得のためにレアメタルの輸出に補助金を出して安売り攻勢をかけていた。その結果、世界中の鉱山や製錬所が、中国産の安いレアメタルとの価格競争に負けて廃業に追い込まれていった経緯がある。

今や戦略資源として見られているレアメタル。ここを如何に抑えていくかが、今後の日本の成長を支える柱となる。

## レアアース戦争

---

資源争奪戦が繰り広げられるのは、レアメタルだけではない。昨年、中国がレアアースの輸出停止措置を、日本だけでなく欧米にも拡大したことが波紋を呼んだことは記憶に新しい。2010年9月26日に、中国がレアアース輸出規制を発表して以来、国際社会では輸出拡大や代替資源開発を求める声がわき上がっていて、米国もWTOに提訴する構えを見せている。

特に、欧米諸国は日本ほどレアアースの在庫を保有していないから、輸出停止は欧米各国の経済に深刻な打撃を与える可能性があるという報道されている。一部には、中国が「元高」など変革を迫る国際社会に対し、レアアースを外交カードにして揺さぶりを掛けているという観測もある。

レアアースとは、希土類元素（きどるいげんそ）のことで、スカンジウム 21Sc、イットリウム 39Y、ランタン 57La からルテチウム 71Lu までの17元素からなるグループのことで、発見された経緯や元素ごとに分離する際の状態によって、軽希土（ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム）と中重希土（サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、イットリウム、他）に分類される。

レアアースは、1794年にフィンランドの学者J.Gadolinによって、1787年に発見されていた新しい鉱物中の、未知の元素の酸化物として発見された。その鉱物はスウェーデン産の希少鉱物であったことと、その酸化物が、融点が高くて還元されにくい酸化物であったため、“希な土(rare earth)”と名付けたことが、その語源とされている。

レアアースの各元素は、その科学的性質が非常に似ていて、高融点で熱伝導性が高いことや、通常の金属類より強い磁気を持つという特徴がある。特に、ランタンからルテチウムまでの15元素については、反応性などの差も殆どなく、元素の周期表の一か所にそれらが納められてしまう形になる。

従って、レアアースは、通常、鉱物中からは、常に一団となって発見され、しかも、科学的性質や反応性が似ているために、各々の元素の分離はもとより、分析することすら難しい。現在、レアアースの各元素は様々な用途に使用されているけれど、最も注目されているのは、磁石としての使い道。

ネオジム、鉄、ホウ素を主成分とする、Nd-Fe-B磁石は、永久磁石の中では最も強力とされ、また同性能を持つ、代替材料も見つかっていないそうなのだけれど、これに、中重希土類である、ジスプロシウムやテルビウムを添加することで、Nd-Fe-B磁石の高温域での保磁力や磁束密度が高まるという。

日本において、この、Nd-Fe-B磁石を一番使うのは、パソコンなどのハードディスクで、磁気ヘッドの位置決め用いるVCM（ボイスコイルモータ）磁気回路にレアアース磁石が使われているのだけれど、日本製のハードディスクのほぼ全てに、このレアアース磁石が使用される。

更に、レアアースは、ハイブリッド車のモータやエアコンの室外機の駆動素子等や、ガラス研磨剤・添加剤、触媒、蛍光体等と幅広く用いられていて、現在のハイテク産業にとっては無くてはならない物質となっている。

世界のレアアース生産は、現在、その90%以上を中国が占めているのだけれど、その理由のひとつとして、他のレアアース鉱山がその生産量を急減させたことがあげられる。1997年時点では、レアアース酸化物の供給量は、中国が53300トンで遭ったのに対して、アメリカが20000トンを生産していたのだけれど、アメリカの最大のレアアース鉱山であるMountain Pass鉱山が環境問題等で、1998年に生産量を大きく減少させ、2002年には生産休止となっている。

ただ、中国の寡占状態を懸念して、今回の問題が起こる前から、中国以外の供給源を求める動きが世界で様々に行われており、オーストラリアのMt. WeldプロジェクトやカナダのHoidas Lakeプロジェクト、Thor Lakeプロジェクトがあり、アメリカのMountain Pass鉱山も、2009年9月に採掘再開を発表し、2012年にはフル生産をする見込み。

中国国内最大のレアアース鉱山は、内蒙古自治区にある包頭の白雲鄂博鉱山で、軽希土を中心に生産、現在世界で生産されるレアアースの約半分を供給している。中国は元々、レアアースを国家戦略物資と位置付けていて、中国国内の内需優先と、輸出の高付加価値製品へシフトさせる為の政策を次々と打ち出していた。一覧にすると次のとおり。

2002年：外国企業や合併企業（中国企業と海外企業）のレアアース産業への参入の禁止

2004年：輸出増値税還付制度撤廃（鉱石について撤廃）

2005年：輸出増値税還付制度撤廃（酸化物について撤廃）

2005年：海外から鉱石を中国に持ち込んで中間製品に加工して輸出する貿易の禁止

2006年：輸出税の増税と輸出許可枠の削減

このうち、輸出許可枠の削減については、中国は毎年のように行っており、今回の輸出許可枠の削減もそれに従ったものと思われるのだけれど、ここまでくると、はっきりとレアアースを外交カードとして使っていると言っていいたろう。

今、問題となっているのは、先ほども述べた、ハードディスクやモータ等に使用される、Nd-Fe-B磁石の高温域での保磁力・磁束密度を高める、ジスプロシウムやテルビウムといった、中重希土類の生産および確保なのだけれど、その量が多く含有されているのは、現在は、中国の江西省、湖南省、広東省、福建省等で生産される花崗岩風化型鉱床だけ。

（花崗岩風化型鉱床とは、地表に露出した花崗岩が地表水等により風化され土壌を形成、その風化土壌中に含まれる粘土鉱物に希土類元素イオンが吸着されることにより生成した鉱床のこと。採掘しやすく値段が安い。）

従って、新たな、レアアース鉱山開発が期待されているのは、中重希土に富む鉱床の開発。これらについては、独立行政法人産業技術総合研究所が、日本国内のマンガン鉱石の分析によって、海底で噴出した玄武岩とその上に堆積した珪質岩に挟まれた、「層状マンガン鉱床」と呼ばれる鉱床に、中重希土類が大量に含まれている分析結果を発表している。

報告によれば、この鉱床の鉱石は赤鉄鉱を伴う鉄マンガン鉱石の組成を持っていて、これまで希土類元素鉱床開発時にしばしば問題となっていたトリウムやウラン等の放射性元素がほとんど含まていないという利点があるそうだ。

これらの鉄マンガン鉱石に含まれる希土類元素含有量、特に重希土類元素含有量は、中国の花崗岩風化型鉱床のそれよりも一桁高いというから、この層状マンガン鉱床が開発されると、その生産量にもよるけれど、中国産レアアースの戦略的価値は大きく減衰する。

日本では層状マンガン鉱石は既に終掘しているけれど、同様の鉱床は環太平洋地域や南アフリカ等世界各地に広く分布していて、今後の開発が期待されている。日本も積極的に、層状マンガン鉱床の開発を進め、レアアースの中国依存から脱却していくことも考える必要はあるだろう。

## 微生物と植物が地球を救う

---

2010年11月末、NASAが地球外生命に関する発表を12月2日に行なうとアナウンスして、すわ、宇宙人発見の発表か、と一部で騒ぎになったけれど、その内容は、猛毒である「砒素」を食べて増殖する異質な生命体の発見だった。

NASAの宇宙生物学研究所に所属するフェリッサ・ウルフ・サイモン氏は去年「リンの代わりに砒素を摂取する生物の可能性がある」との論文を発表していて、サイモン氏のチームは、ヨセミテ国立公園南東の火山溪谷にある、アルカリ性で、塩分濃度が高く、砒素の豊富なモノ湖で細菌を採取した。

「GFAJ-1」と名付けられた、この特種な細菌は、炭素、水素、酸素、窒素、硫黄と並び生物に欠かせない元素「リン」の代わりに砒素を摂取して、DNAとタンパク質を作り出すという。正に砒素を食べる微生物。

サイモン氏のチームはモノ湖の細菌をシャーレで培養する過程で、リンの量を徐々に減らして、砒素を増やしていき、放射線トレーサーを用いて化学分析したところ、GFAJ-1は砒素を細胞内に取り込みんで代謝していることが判明した。

この発見で、これまでの生物の定義やDNAの基礎概念を覆しただけでなく、地球外生命探査の可能性も広がったという。

人体にとって有毒な砒素を食べてくれる微生物が実在するということは、これを培養することが出来れば、砒素に汚染された土地や河川を、浄化できる可能性に繋がる。

実は、この「GFAJ-1」のように、砒素を細胞内に取り込みんで代謝している訳ではないけれど、鉛や砒素などの有害廃棄物を「食べる」生物がイギリスで発見されている。

それは、ミミズ。

イングランド地方やウェールズ地方などにある鉱区の土壌から発見された、この「ヘビメタ・ミミズ」は、普通のミミズなら死んでしまうような高濃度の重金属を含んだ土壌に生息し、鉛、亜鉛、砒素、銅などの重金属を好んで食べるという。

イギリスのレディング大学のマーク・ハドソン氏らの研究チームによると、このミミズは、特別なタンパク質で砒素や鉛を包み込んで不活性化して、体に影響のない安全な状態にしているそうだ。

このミミズから排泄された金属は、どの程度の毒性が残っているかはっきりしていないものの、地中から植物が吸い上げやすい状態になっているらしく、将来的には、このヘビメタ・ミミズを汚染地域に放して、更に植物を利用して毒性のある金属を抽出することで土壌の回復や、植物から金属を効率的に取り出せる可能性があるという。

この植物を利用して、土壌を浄化したり、金属を回収したりする方法は「ファイトレメディエーション」と呼ばれ、近年色々と研究が進んでいる。ファイトレメディエーション (phytoremediation) とは、ギリシャ語で植物を意味する phyto- とラテン語で治療・修復を意味する remediation と結びつけた言葉で、植物が根から水分や養分を吸収する能力を利用して、土壌や地下水から有害物質を取り除く方法のことを指す。

ファイトレメディエーションは植物内での浄化方法の特徴から、大きく次の5つに分類される。

- 1) ファイトエクストラクション (Phytoextraction)
- 2) ファイトスタビライゼーション (Phytostabilization)
- 3) ファイトスティミュレーション (Phytostimulation)
- 4) ファイトボラティリゼーション (Phytovolatilization)
- 5) ファイトトランスフォーメーション (Phytotransformation)

「ファイトエキストラクション」とは、有害汚染物質に高い耐性と蓄積性を持った植物を利用して、土壌や水に含有される重金属等を植物体内に吸収、蓄積させる方法で、使用に際しては、体内に蓄積できる重金属濃度が高く、かつ、たくさん生える植物が好ましい。

「ファイトスタビライゼーション」とは、根や根細胞表面および根細胞内に無機、有機汚染物質を沈殿・吸収・固定化させる方法で、主に汚染の拡散を防ぐことが目的で利用され、汚染物質の除去・分解は目的としない。

「ファイトスティミュレーション」とは、根から分泌される酵素などによって活性化された根の周りの微生物の働きで、汚染物質を分解、無害化させる方法。

「ファイトボラティリゼーション」とは、植物が無機・有機汚染物質を吸収して、大気中に気化させる方法のことで、例えば、インディアンマスタードは、セレンを無機化して、大気中に気化する能力があることが報告されている。また、ユリノキには、有機水銀を金属水銀に還元して、気化放出する作用があると報告されている。

「ファイトトランスフォーメーション」とは、植物体内の酵素等で、無機・有機汚染物質を吸収・分解し、無害化する方法で、窒素酸化物や硫黄酸化物などの大気汚染物質を植物体内に取り込んで、窒素源・硫黄源などの栄養素に変換する。

また、これら以外にも、向日葵が、放射性物質を吸収することが知られており、セシウム137を根に、ストロンチウム90を花に蓄積することが判明している。何でも、危険性が失われるまで30年以上かかる放射性物質を、わずか20日間で95%以上除去できる能力があるという。

最近では、ファイトエキストラクションの新しい例として、これまで鉛を体内に取り込むことが知られていた「ヒョウタンゴケ」が金をも蓄積することが分かった。

理化学研究所と非鉄金属大手「DOWAホールディングス」の研究グループは、平成20年から、コケを用いた重金属廃水処理装置の開発研究をしていたのだけれど、その中で、ヒョウタンゴケが金も取り込むことを発見している。

このヒョウタンゴケは、最大で乾燥重量の約10%もの金を蓄積し、鉛なら70%、プラチナでも数%蓄積する。更には、蓄積される場所が大まかに分かっているようで、回収上のメリットも大きいという。研究グループは、貴金属をわずかに含む廃液から、金を再回収する技術として実用化を目指すとしている。

また、先のヘビメタ・ミミズのように、微生物やバクテリアでも同様の現象が発見されている。広島大の高橋嘉夫教授らは、15種類のレアアースが解けた溶液に、大腸菌や桿菌などの6種類の微生物を入れると、微生物の細胞表面にレアアースが集まり、1万倍以上も濃縮されることを報告している。

レアアースが集まった微生物を酸にさらせば、レアアースが酸に溶けるので、容易に回収できる。しかも、濃縮率の違いを利用すれば、複数の種類のレアアースが混在した溶液から、狙った種類だけを分離・精製できるというから、元々、科学的性質が似ていて、分離生成そのものからして難しいレアアースにとっては、貴重な技術になると思われる。

さらに、鉱石をエネルギー源にしている、バクテリアの一種には、代謝を通じて鉱石を分解する際に、硫化した金属鉱石や精鋼を排出するものがあるという。

この「バイオリッチング（生物冶金）」と呼ばれるプロセスは、近年、貴重な鉱石を抽出する重要な方法として注目を集めていて、従来の溶融精錬といった費用のかかる方法に対して、ある程度の規模であれば、溶融精錬の半分程度の費用で済むという。

山形県の慶應義塾大学先・端生命科学研究所の富田勝氏は、「微生物の中には金属イオンに反応するものがあり、うまく利用すれば低品位鉱石から銅を精製することができる。最終的な目標は、低品位鉱石から銅を精製するバイオテクノロジーを確立することだ」とコメントしている。

既に、このバイオリッチングは、世界のおよそ20の銅山で活用されている。もちろん、バイオだから廃棄物も少なく、地球に優しい。環境破壊が問題視されている地球を救うのは、微生物と植物なのかも知れない。

## 日本が産油国になる日

---

2010年12月、藻類に「石油」を作らせる研究で、筑波大のチームが従来より10倍以上も油の生産能力が高いタイプを沖縄の海で発見したと発表した。

何でも、2万ヘクタール程度の生産施設で、日本の石油輸入量に匹敵する量を生産できるそうだから、日本のエネルギー問題は大幅に改善する。なんとも凄いもの。

藻から石油なんて、と意外に思う向きもあるかもしれないけれど、元々、植物類には油脂成分があり、古くは菜種油など、植物から油を取り出すことは行われてきた。

これまでも、バイオ燃料として、大豆やトウモロコシ、アブラナなどから燃料を取り出す研究が行われてきたのだけれど、陸の上で生える植物から燃料を取り出そうと思えば、それらの植物を植えるための土地が必要になるから、一定規模以上の燃料を取り出そうとすれば、それなりの面積の土地を必要とする。

たとえば、アメリカで利用されている化石燃料を全てバイオ燃料で代替するためにどれくらいの土地が必要になるかを試算したところ、大豆ならアメリカの約2倍の面積、とうもろこしでもアメリカの面積の半分くらい必要になってしまうそうだ。

いくら環境にやさしいバイオ燃料とはいえ、その為にアメリカ国土全部の土地が必要となったら、今度は肝心の食糧用の作物が作れなくなってしまう。

従って、バイオ燃料として好ましい植物は、陸上でなくても生息でき、また、広大な面積をも必要としないものが求められていた。

そこで注目されたのが「藻」。

藻の中には、体内で炭化水素もしくは油脂類を生産する種類があって、高いものでは藻の体重量の60%以上の炭化水素類を蓄積するものもあると報告されている。

バイオ燃料として主に使用される藻は、微細藻類と呼ばれる単細胞を単位生命体とする顕微鏡サイズの小さな藻。別名、植物プランクトン。微細藻類は、約30億年前に地球の海洋に出現した最初の生物の1つで、地球最古の生命体とも言われている。

微細藻類は、葉緑素を持っているのだけれど、生命活動により得られた脂質を細胞内に多く蓄積することで浮力を得て、海水の表面近くを漂うことで光合成を行い、大気中の二酸化炭素を固定化し、酸素を生成する。

数十億年の歳月は、微細藻類の大量の死骸を海底に堆積させ、その体内に含まれていた油脂成分がやがて石油へと変化したと言われている。微細藻類は極端なことをいえば、どこでも生息できる「タフな藻」で、水中はもちろん、雪の上、木肌、果てはガードレールの表面でも生息でき、温泉、空中などからも採取可能だという。

しかも、微細藻類は、単位面積あたりの生産性が非常に高く、陸生植物のそれと比較して1桁上のポテンシャルを持っている。1ヘクタールの面積で、1年あたりの油脂生産能力は、トウモロコシが0.2、アブラナが1.2であるのに対して、微細藻類は47から140もある。藻は言うまでもなく、水生生物だから農地を使う必要もない。

こうした微細藻類の中でどの種類の藻を使えば、より効率的に石油が生産できるかについて、色々と研究がおこなわれてきたのだけれど、これまで一番有力視されていたのが、「ボトリオコッカス」と呼ばれる種類の藻。

これは、淡水に生息する藻類で、緑～赤色で30～500 $\mu$ mのコロニーを形成し、細胞内及びコロニー内部に、重油の一種である炭化水素を乾燥重量の約20～75%も蓄積するという。

このボトリオコッカスを使用することで、1ヘクタールあたり、年間で約118トンの油を生産することができるという。だけど、今回、沖縄の海で新しく見つかった微細藻は、このボトリオコッカスの遥か上をゆく生産能力を持つ優れモノ。

オーランチオキトリウムと呼ばれる、この微細藻は、球形で直径は5～15マイクロメートル。同じ温度条件での培養でも、ボトリオコッカスに比べて10～12倍の量の炭化水素を作るそうで、国内の耕作放棄地などを利用して大規模な生産施設を作れば、緑の油田となる可能性があるという。

この微細藻類による油の生産については、アメリカで大規模な投資が相次いでいて、2008年9月に、ビルゲイツ氏が微細藻のオイル化を進めるSapphire Energy社に90億円投資しているし、石油メジャーのシェブロン(Chevron Corp.)とNREL(National Renewable Energy Labs)は、藻類を原料とするジェット燃料の5年間の共同研究を2006年からスタートしている。

また、米国のグリーンフューエル社(Green Fuel Corp.)は、藻類の培養設備を発電プラントに隣接して設置し、発電プラントの排ガスのCO<sub>2</sub>を吸収させながらバイオ燃料の原料となる藻を生産し、温室効果ガスの削減に繋げる一石二鳥のシステム開発を進めている。

アメリカ政府は、こうした民間の動きを後押ししていて、アメリカエネルギー省は、2008年度のバイオ燃料産業化開発への投資(約700億円)のうち、45億円を藻類バイオ燃料ワークショップ立ち上げと運営のために投資し、微細藻類由来バイオ燃料に関する研究開発の具体的なロードマップ作成を開始している。

オバマ政権のグリーンディール政策が、石油代替エネルギーの開発を強力に加速させていることは間違いない。日本政府にも、今回の発見を機に、バイオ燃料戦略の後押し政策を期待したい。

## 第3章 電気社会の到来

# 宇宙太陽光発電衛星計画

---

エネルギーの生産は微生物だけの世界ではない。1968年にアメリカのピーター・グレーザー博士によって始めて提唱され、NASAと米国エネルギー省(DOE)による研究の後、1979年に、発表された宇宙太陽光発電 (Solar Power Satellite : 通称SPS) というものがある。

これは、黒鉛複合材を材料とする寸法5km×10km、総重量約50,000tに及ぶ発電衛星を静止軌道高度である約3万6千kmに建設するというなんともスケールの大きい計画。当時はアメリカの全電力を供給するという野心的な計画だった。だけど実現に莫大な費用がかかることと、研究開発課題、技術的リスクその他諸々の面から実現性に乏しいと判断され、1980年には研究は中止された。

そして、1990年代の後半になって、環境問題への関心の高まりと、技術の進展から、NASAにおいて「フレッシュルック」研究計画として再開された。この計画で従来計画を大幅に見直して、より現実的な構想が追求され、多数のシステム概念が提案されている。日本でも経済産業省がSPS研究を2001年からスタートしていて、2040年のSPS稼働を目標にしている。2012年には神戸大を中心とした共同開発チームがSPS衛星を打ち上げる計画をしている。

2008年の5月には、神戸大学の賀谷信幸教授らのチームが、ハワイのマウイ島にある山頂で太陽エネルギーをとらえ、約148キロメートル離れたハワイ本島に無線で伝送する実験を行ない成功させている。実験で送電したのは、二十ワットと小さなものだったけれど、長距離マイクロ波送電を実現した実験だとして多いに注目されている。宇宙空間での太陽光発電は天候に左右されることなく24時間の発電が可能になるから、クリーンで安定的なエネルギー供給手段として期待を集めている。

問題は発電コスト。今現在は地上で発電したときのコストが1キロワットあたり9円であるのに対し、宇宙発電は23円になっていてまだまだ高い。これらが克服される日が待ち遠しい。

## 海洋温度差発電

---

宇宙で電気を作るSPSに対して、海で電気をつくるというものもある。波力発電、潮力発電、海洋温度差発電などがそう。波力発電は波のエネルギーを利用して発電するもので、空気室を作って海水を取り込めるようにしておいて、空気室内で波が上下するときに発生する気流でタービンを回すというもの。もうすでに航路標識ブイの電源として実用化されていて、今は更なる高出力化への研究が進んでいる。

潮力発電は潮の満ち干きや海流を利用するもの。潮の満ち干きを利用する場合は、まず干満の差の大きい河口や湾に堰を作って、そこを満ち引きする海水で発電する。海流を利用する場合は、速い海流が通っている場所に水中タービン(海中風車)を沈めて、それを回すことで発電する。ただし発電部分がいつも海水に晒されるから、メンテナンスが大変なことや、堰による発電なんかだと、生態系への悪影響の懸念や近隣住民の理解を得るのが大変なこともあって、日本ではあまり流行っていない。

そして海洋温度差発電は、海洋表層の温水(25~30度)と深海の深層水との温度差を利用して発電するもの。低圧沸騰器(気圧が下がると沸点も下がる)で温水を引き込み気化させた後、発生した水蒸気でタービンを回して発電する。この発電方法は、古くから研究されていて、これまでは海洋表層の温水(25~30度)と深海の深層水との温度差が20℃程度ないと効率の良い発電は難しく、赤道から両回帰線くらいまでの間が適するとされていた。

ところが、近年になって、海洋温度差発電推進機構理事長の上原春男教授が、海水の温度差が比較的低い15℃程度でも高い効率で発電できる、ウエハラサイクルを開発して注目を浴びている。

ウエハラサイクルでは、表層水で気化された液化アンモニアでタービンを回して発電する。気体のアンモニアはポンプで汲み上げた深層水で液化して再利用することができ、二酸化炭素は殆ど排出しない。

日本のEEZ内の表層と600m及び1000mとの年平均温度差の調査によれば、600mとの温度差では、平均14.9℃、最大22.2℃あり、1000mとの温度差になると平均17.9℃、最大28.8℃あると報告されている。1000mから取水する場合は、房総半島沖から南の地域であれば発電可能だという。

インド政府は、1997年9月に海洋温度差発電の共同開発と実証試験のための協力協定を佐賀大学と結んで1MWの発電が可能な実証プラントを建設していて、このプロジェクトが成功すれば、積極的に海洋温度差発電の商用プラントを国内に建設する計画を進めている。その規模は5万KWのプラントを1000基建設するという。今では、パラオ、フィリピン、スリランカ、ジャマイカなど50カ国以上の国が、海洋温度差発電の導入を検討している。日本では、日本最南端の沖ノ鳥島周辺海域で海洋温度差発電を行う検討を進めている。

ただしここでも問題なのはやはりコスト。海洋温度差発電の1kwあたりのコストは30円程度。太陽発電衛星よりも割高。ただ海洋温度差発電には海水の温度差が要するという条件を逆手にとって、EEZを確保するというのは大きな意味がある。EEZを確保するため、沖ノ鳥島に海洋温度差発電プラントを作るという戦略的な視点で考えていくと、沖ノ鳥島以外にも作ってみると面白いところが見つかる。たとえば尖閣諸島などはそう。

そこで、尖閣諸島の魚釣島に海洋温度差発電のプラントを建設してみるというのはどうだろう。

海洋温度差発電には、海面表層と深層水との温度差が必要だといったけれど、その前提として、深海の深層水を取水できるだけの深い海が近くにないといけない。尖閣諸島は沖縄トラフの先端にあって、先島諸島（西表島・石垣島・宮古島など）との間には水深2000mを越える海域がある。条件は整っている。

更には蛇足だけれど、1999年に尖閣諸島と石垣島を結ぶ海域の鳩間海丘に熱水鉱床が見ついている。なんとなれば、温水も冷水も共に海底から取水できるかもしれない。日本が尖閣諸島に海洋温度差発電プラントを建設するといえば、中国は猛反発するだろうけれど、バーター取引を持ちかけることで牽制する手がある。水を売るとというのがそれ。中国は、急速な工業化によって工業用水の不足が慢性化し、飲用水の需要も爆発的に伸びている。さらには、折からの旱魃の影響もあって、穀倉地帯でも農業用水不足が深刻化している。

2008年頃から、中国の企業が西日本を中心に全国各地の水源地を大規模に買収する動きがある。水を売るという取引は今なら使える可能性がある。実は、海洋温度差発電プラントには副産物がいくつかあって、その中のひとつに淡水が作れるというのがある。電気を起こしながら、海水から真水も一緒につくれてしまう。

スプレーフラッシュ蒸発式とよばれる海水淡水化装置は、佐賀大学が考案したもので、海洋温度差発電は低圧沸騰器で温水を引き込み気化させた後、発生した水蒸気でタービンを回すのだけど、その水蒸気を深層冷海水で冷却して処理することで淡水と海水中の塩分を分離してしまうというもの。得られる淡水は蒸留水と同レベルの高純度であって、水道水の基準を十分満足するものだそうだ。

淡水の生産規模は、海洋温度差発電1 MW規模で、一日あたり約1200立法メートル、10 MWだと12000立法メートルになるという。現在の一人一日あたりの水使用量は、世界平均で165リットルだから、もし、尖閣諸島に10 MW規模の海洋温度差発電プラントを作ることができれば、約6万人分の水を供給できることになる。

中国には尖閣諸島で作った淡水を売ってやればいい。日本にとって海洋温度差発電には、いろいろな可能性がある。

## 直流送電技術

---

さて、今や、発電のみならず送電についても技術開発が進んでいる。首都大学東京学長の西澤潤一氏は、環境問題の少ないミニダムによる水力発電と、交流より50倍も遠くまで電力を効率よく運べる直流送電の技術を活用した電力システムを提唱している。

西澤潤一氏は、現在世界中で主流となっている石油や石炭の化石燃料を用いた火力発電と、その発電電力の交流送電を、この「水力発電と直流送電」に切り替えれば、いま地球規模で危機となっている温暖化の主因である、温室効果ガスのCO<sub>2</sub>を大きく削減することが可能だという。

直流送電は交流に比べて、送電損失が少なく、長距離伝送に向いているとされている。ただこれまでは直流から交流への変換が難しいこともあって中々普及していなかったけれど、半導体技術の進展でこれらの問題が解決されてきつつある。

長距離超高圧直流送電は今後の世界エネルギー開発の一つの大きな鍵となるということはこれまでも言われてきた。超高圧直流送を行なうことで、実に1万kmもの長距離送電が可能になるとされている。これは、東京からアメリカのナイアガラの滝、アフリカのビクトリアの滝まで届く距離であり、地球の赤道の直径約1万2756kmの8割近くにも相当するから、殆ど地球の端から端まで送電できることになる。

現在、世界の全電力消費量は12兆KWhであるのに対して、世界の包蔵水力は電力換算して14兆KWhあると見られている。そのうち開発済みのものは、わずか2.4兆KWhで2割にも満たない。

したがって、計算上は、化石燃料を用いた火力発電は全部水力発電に置き換え可能ということになる。

現在、中国では、「西電東送」と呼ばれる、大発電プロジェクトが行なわれている。これは、最大出力6000MWの中国第3の大型水力発電所を四川省宜賓県と雲南省水富県との境界を流れる金沙江の下流に建設し、そこで発電した電気を2000km離れた上海に、80万ボルトの直流送電で送る計画で、発電所は2008年12月26日から正式に着工され、2015年までに完成する予定となっている。

中国は水資源に恵まれていて、開発可能な発電容量は3億7800万KW、年間発電量は1億9200KWHに達すると推定されている。だけど、その水資源の分布はアンバランスで、90%の開発可能な発電容量は西南、中南、西北地区に集中しているため、経済の発展に応じて、資源の分布と生産力の配置を最適化させることを主眼として、これらのプロジェクトを行なっている。

水資源豊かな日本ならば、水力発電による直流送電技術が普及する素地は十二分にある。

## ワイヤレス送電技術

---

また、送電線を使わずにワイヤレスで送電する技術も開発されている。「Witricity」という言葉を耳にした方もいるだろう。ワイヤーとエレクトリシティをくっ付けた造語として名づけられたこの技術は、磁気の共鳴を利用して、電力を伝送するという技術。一言でいうと、「ワイヤレス充電」のこと。

2007年6月7日、アメリカのマサチューセッツ工科大学（MIT）で、この「ワイヤレス充電」の実験デモが行われ、電源から7フィート（2メートル強）離れた60ワット電球にワイヤレスで送電、点灯することに成功した。尤も、ワイヤレスで電気を送る技術はこれだけという訳ではなくて、現在実用化が検討されているワイヤレス送電技術には、電磁誘導方式・磁気共鳴方式・マイクロ波放電方式の3つがある。

だけど、それぞれ原理が異なり、送れる電流の大きさや到達距離が異なる。宇宙太陽光発電で衛星から地上に送電する技術は、この中のマイクロ波放電方式に当たる。この技術は、日本ではM I L A X（M I C r o w a v e L i f t e d A i r p l a n e e X p e r i m e n t）と名づけられ、1992年の8月22, 23, 29日の3日間にわたって模型飛行機での送電実験が行われ、成功している。この時の実験は、10mを水平飛行する模型飛行機に送電器を装備した追尾送電車から、2.411GHzのマイクロ波を使い、飛行機の飛行に必要な電力を送電するという実験だった。M I L A X飛行機実験は、時間にして約30秒間、上空10m～15mを、約400m飛行した。

この実験で、飛行機を飛行させるのに十分な電力が送電できることが確認され、マイクロ波から直流への変換効率は約40%という結果が得られている。また、現在、電動歯ブラシや電動シェーバー、ゲーム機のリモコンなどの小型機器の充電に使われている方式は、主に電磁誘導方式。きわめて短い距離で高効率の送電が可能な反面、伝送距離がきわめて短く、送受信器の向きもきちんと合わせる必要があり、専用の充電台が必要になるなどのデメリットもある。

それに対して、MITがデモに成功した「磁気共鳴方式」は、数メートルから、理論上は、数百メートル程度までの送電が可能で、送受信器の向きも、電磁誘導方式ほどシビアにしなくてもよいという利点がある。

伝送効率も送電距離が2 mの場合で40%、1 mでは、実に90%の伝送効率を得られるという。この「磁気共鳴方式」による送電の原理は、一言でいうと、音叉の共鳴現象と同じ。同じ周波数の音叉を近くに置いて、一方を鳴らすと、音波による空気の振動がもう一方の音叉にも伝わって、もう一方の音叉も振動し始めるけれど、同じように、磁気共鳴方式では、2つのコイルを「共振器」として利用する。

給電側のコイルに電流が流すと、そこに発生した磁場の振動は、同じ周波数で共振する受電側の共振回路に伝わって、受電側にも電流が流れる仕組み。供給側からは無指向性の電力の波が広がっている性質から、有効範囲内であればどこでも電力の供給を受けることができるという。MITは、今回の実験結果からノートパソコン程度の充電は可能だと結論づけている。

こうした、送受信器の向きをそれほど気にしなくてよいという特徴は、新しい製品の可能性を広げる。たとえば、複数の携帯デバイスを置くだけで充電ができる、「充電トレイ」のような製品も開発可能になる。2009年2月に、スペインのバルセロナで開かれた「Mobile World Congress 2009」において、このようなワイヤレス充電装置のデモ展示が行われている。

この、磁気共鳴方式によるワイヤレス送電技術は、既にいくつかの企業で実用化に向けての取り組みが始まっていて、MITから技術ライセンスを受けた、ベンチャー企業の米WiTricity社や、米Intel社、米Qualcomm社、日本では、長野日本無線や昭和飛行機工業といった企業がそれぞれ研究開発を進めている。電流の変換効率と高めることと、送電距離を延ばすことが目下の課題のようだ。

今のところ、実用化の時期は明らかにされていないけれど、こうした技術が実用化されれば、またいろいろな製品が開発されることになるから、また新たな成長分野が拓かれることになる。

## 電気自動車の可能性

---

朝日大学マーケティング研究所が08年2月に行なった、車に対する意識調査によると、首都圏在住の20歳～39歳男女で、車を持っている人の約7割は、週4日以上運転しないという。その反面、「ちょっとした用事・買い物」の用途・目的で車を使う頻度が大きく増えているのに対して、「テーマパーク」や「ドライブ」といった非日常のイベント的な用途・目的で車を使う頻度は下がっていて、『自動車単なる移動手段としての道具と位置付けられ、長距離の移動を楽しく過ごすという意識が以前ほど感じられない』と結論付けられている。

特に都会では、電車やバス網が発達しているから、無理して車を持つ必要まではない。けれど、有れば有るで便利だし、実際ちょっとした用事には使われているという調査結果がある。また、田舎のように交通網が十分に整備されていないところであれば、もっと車は必要とされる。だから、自動車という存在自体が全く必要なくなるという事はない。小さな子供が沢山いる家族には大きなワゴンは欲しいだろうし、病院に行くのにいつも救急車を呼ぶ訳にもいかない。

本来の車の機能を考えた場合、その役目は人を含めた物資の輸送手段。その輸送「手段」として個人の車のあり方を考えてみると、実に無駄が多いことに気づく。普段の個人の生活で、365日、毎日24時間、物資の輸送手段を必要とする人は少ない。輸送業を生業としている人でも寝ながら運転はできないし、食事や休息だって必要。

車を単なる移動手段として考えた場合、必要なときに必要なだけあればそれで事足りる。けれど、先の調査結果でも分かるように、週の半分も運転しない人が大半を占める現状は、移動「手段」としての車が、普段の生活の中では僅かな時間しか必要とされていないことを示してる。駐車場で寝かされている時間のほうがずっと長い。これを企業の商品に置き換えて考えてみると、めったに売れない商品を「在庫」として抱えていることと同じ。

駐車場代という名の倉庫代は嵩むし、持ってるだけで税金も取られてゆく。企業経営的感覚からみれば、持っているほうがおかしい、レンタルで十分だと考えるのが普通。だから、これからの社会は、車を必要とする状況、つまり車が欲しい時間と場所がより個人の要求に沿ったものになっていって、在庫は極力持たない方向にシフトしてゆく。本当にその個人にとって、ピンポイントに必要な時間と場所に車が欲しい。そんなニーズが広がっていくことは疑いない。

市民団体「日本EVクラブ」は、CO<sub>2</sub>削減EV洞爺湖キャラバンと題して、2008年6月に電気自動車で、東京から札幌市の北海道庁までの858.7kmを7日で走破した。使われた電気自動車は、富士重工業「スバルR1e」と三菱自動車「iMiEV（アイミーブ）」の2台。驚くことに、東京から北海道まで行って、かかった電気代はたったの1713円。これがガソリン車だと、12956円になるというからその安さが分かるうというもの。

キャラバンに参加した2台は、途中東京電力さいたま支社で急速充電を行ったけれど、スバルR1eは約5分、三菱iMiEVは約15分の充電で8割くらいまで電気が復活するとレポートされている。ガソリン補給なんかと比べても全然見劣りしない。また、キャラバン中、立ち寄った岩手のコンビニ（ローソン紫波高水寺店）で、普通にコンセントから補充電もしている。

昔、道路に電線を張って、そこから電気をもらいながら走るトロリーバスというのがあったけれど、電線がないところでは走れないという欠点があって、次第にガソリン車におされて廃れてしまっていた。ところが最近のバッテリー技術向上のお陰で、バッテリー走行でも以前と比較して長距離を走れるようになった。それで、少しづつトロリーバスが復活してきているようだ。

洞爺湖キャラバンで見せつけた電気自動車の性能を考えれば、トロリーバスが復活したと言ってもなんら驚くに当たらない。それにしても、近年の車の技術革新には目覚ましいものがある。次世代型電気自動車、燃料電池車、インホイールモーターなど続々と新技術が開発されている。

特にインホイールモーターは、車のホイール部分に走る為のモーターを内蔵するから、トランスミッションやドライブシャフトなどの複雑なメカニズムが要らなくなる上に、各駆動輪の駆動力や制動力をきめ細かく独立制御できるようになる。更には、駆動部分がホイール内に収まるので、設計自由度が上がって、ハイブリッド車や燃料電池車のバッテリーや燃料電池、水素タンクの搭載スペースを容易に確保できるという。

また、車の制御についても、新技術が開発されている。今では、車を無人で走らせることも可能になっていて、既に実用化されている。新型シーマの上級グレードにオプション設定された、レーンキープサポートシステムがそれ。これは、車のフロントにレーダーを装備して絶えず前方を監視して、前の車への衝突を防ぎ、ルームミラー上部にあるCCDカメラで、周囲の白線や車線を判別してハンドルを自動操縦するという技術。

純粋に性能だけでいえば、手放し運転すら出来るものなのだけど、道路交通法で手放し運転が認められていないので、あまり表だって宣伝できないシロモノらしい。実に勿体無い。朝日大学マーケティング研究所の調査で明らかになった「ちょっとした用事・買い物」の用途・目的で車を使う頻度が大きく増えているというニーズを考えたとき、車を持っていない人達にとって、それに応えるものがあるとすれば、タクシーとかレンタカーがそれにあたるだろう。

バスはそのニーズを満たすには物足りない。バスに乗るには、まずバス停に行かないといけないし、時刻表どうりにしか運航しない。時間や場所に制約がかかっている。車がない人だって、欲しいのはそんな制約のない移動手段。

では、タクシーやレンタカー業界がもっと伸びるのかと言われるとそれも少し違う。現状では利用コストが高すぎる。実際問題として「ちょっとした用事・買い物」程度であれば、半径10km程度乗れば十分。それなのに、初乗り700円とか、6時間レンタルして5000円とか取られると、気軽には使えない。やっぱり高い。ジュース1本、ワンコイン100円で10kmくらい走れるお手軽な車であってほしい。

洞爺湖キャラバンでの電気自動車は満充電で80km走れて、850km以上走破して、電気代は1700円ちょっと。1kmあたりに換算するとたったの2円。10kmで100円しか取らなくても全然大丈夫。たとえば、タクシーのように向こうから自分のところに来てくれるのだけれど、レンタカーとして使える車。いわば無人口ロボットレンタカーとか作れないだろうか。

アメリカのTORCテクノロジーズ社は、バージニア工科大学で自動操縦技術の研究開発を進めるグループと提携し、世界初のロボットカー仕様のハイブリッドSUV「Ford Escape Hybrid」の提供を開始している。このシステムは緊急非常停止装置「SafeStop」を搭載し、アクセル、ブレーキ、ハンドル操作の自動化を実現している。アメリカでは、市街地で競い合う無人口ロボットカーレース「Urban Grand Challenge」も行われており、昨年11月に行われた決勝レースに、このロボットカー仕様ハイブリッドSUVも参戦し、見事に3位に入賞した。こうした無人口ロボット操縦技術やレースサポートシステム、そしてバッテリー性能が飛躍的に向上している電気自動車を組み合わせれば、コストの安い無人口ロボットレンタカーが実現できるはず。

たとえば、こういうのはどうだろう。

電気自動車に無人ロボット操縦技術およびレーンサポートシステムを搭載したレンタカー（トローリーレンタクシー）を用意して、普段は駐車場で満充電して待機。お客さんから電話があれば、GPSを利用した自動操縦でやってきて、そこからはお客さん本人が運転。

もちろん、本人確認や免許証の認証、その他、道交法の問題とかいくつかクリアすべき問題はあるのだけれど、いずれはこういったニーズに応えることができなければ、車離れを止めることは難しいように思う。1コイン100円で10Kmくらい走るように設定しておけば、都会でもそれなりに使われる筈。

ともあれ、自動車の技術革新を怠らず、また社会のニーズをしっかりと掴むことができた自動車メーカーが、これから生き残ってゆくことになるだろう。既に、ローソンは店舗巡回用の営業車の一部を電気自動車にする動きを始めている。充電設備も併設するというから、電気自動車の普及に一役買うことになる。

無人ロボットレンタカーを実用化するのにハードルが高いというなら、ローソンがレンタカー事業に乗り出すという手はあるかもしれない。日本のレンタカー屋の店舗数はそこそこあるとはいえ、コンビニのそれとは比較にならない。国内最大の店舗数を誇るトヨタレンタカーでも全国で約1100店舗、日産レンタカーは370店舗、三菱に至ってはわずか23店舗。それに引き換え、ローソンの店舗数は2008年8月現在で、全国8614店、内、関東7県で2324店舗ある。首都圏に絞って、ローソン一店舗に1台電気自動車のレンタカーを置いておくだけでも全然違う。

ローソンくらい店舗数があれば、乗り捨てしてもそれなりの利便性はあるだろう。全国のコンビニでレンタカー事業に乗り出せばもっと利便性は高まる。全国に店舗を広く展開しているという利便性を最大限に生かすところにも次代ビジネスの息吹が隠されている。

## キャパシタ搭載バス

---

電気自動車にワイヤレス送電技術を応用すると、充電そのものがいない車が登場することになる。磁気共鳴方式の非接触型充電は、数m程度の距離なら、離れたところからでも充電ができるから、路面やガードレール、又は駐車スペースなんかに給電側のコイルを設置したりすれば、傍を走ったり、そこに車を置くだけで充電できるような仕組みが実現できることになる。

東京大学新領域創成学研究科・先端エネルギー工学専攻の堀洋一教授は、電気自動車に電池を積むことなく、ワイヤレス給電で動かす方式の研究を進めている。今の電気自動車は内臓した電池で動いているから、なるべく小型かつ蓄えられる電気量が大きい電池が要求され、またその充電を如何に簡単にするかに注目が集まっている。

三菱自動車の電気自動車「アイミーブ」も、総重量200kgのリチウムイオン電池を搭載している。だけど、やはり充電1回あたりの航続距離には限りがあって、カーナビもエアコンも使わないエコ運転でも150~160kmが精々のところ。街乗りを考えると実際はその半分程度であると思われる。

また、充電にかかる時間も馬鹿にならない。「CO2削減EV洞爺湖キャラバン」で東京から北海道まで電気自動車で行った際にも所々に専用の充電器設置ポイントが用意されていた。確かに専用の急速充電器を使えば、5分、10分程度で満充電の8割くらいまでは充電できるそうだから、急速充電器のスタンドが、今のガソリンスタンド並みになれば、なんとかなるかもしれないけれど、まだまだそこまで普及はしていない。

更に、リチウムイオン電池は、電池内部で化学反応を起こしながら充放電するから、そのたびに劣化していく。充放電の回数は1000~2000回が限度と言われていて、更にリチウム自身がレアメタルだから、将来にわたって供給が確保されているとは言い難い。

東京大学の堀洋一教授が研究している電気自動車は、電池を持たず、代わりに「コンデンサ(キャパシタ)」を使うのが特徴。コンデンサ(キャパシタ)は通常、電子機器に使われる、ごく微量の電荷を充放電する部品なのだけれど、充放電自体に化学反応を伴うわけではないから、その寿命は半永久的ともいえるほど長く、100万~200万回の充放電に耐え、しかも高速充電が可能。

堀教授らのチームが試作した電気自動車「C-COMS」には、3V、1500Fのキャパシタ・セル(コンデンサ・セル)を直列に5個つなぎ、これを3列並列に接続したものを、更に7つ直列に接続することで100V、100Fのモジュールを構成して、搭載している。これにより僅か30秒の充電で、約20分間、時速40kmで走行できるそうだ。

この「C-COMS」の凄いところは、搭載しているキャパシタが50Vから100Vの範囲の範囲で動くところで、電圧変動に強く、この範囲内であれば充電エネルギーの約80%が使えるという。ただ、キャパシタ自身に蓄えられる電気エネルギーは、リチウムイオン電池と比べて、およそ10分の1くらいしかなく、折角充電しても直ぐ空になってしまうという欠点を抱えている。

そこで、堀教授が目にしたのが、磁気共鳴方式のワイヤレス送電技術。これを使えば、信号待ちの間とか、ちょっとした間にちょこちょこ充電しては走り続けることができる。この発想は、架線から電気を貰って走るトロリーバスに通ずるものがあって、架線を無くす代わりに、磁気共鳴方式の送電コイルを其処彼処に設置してやればいい。

実は、まだワイヤレス送電とまではいかないけれど、キャパシタを使った交通機関を実用化して運用しているところがある。上海の電気バスがそれ。この電気バスは1.65V、8000Fのキャパシタを18個で1モジュールとして、21モジュールを直列にし、トータル600V、200Fのキャパシタとして使用している。

充電はバス亭に停車している間に、天井のパンダグラフを上げて、200Aで充電。フル充電には200秒くらい必要なんだけど、実際は30秒程の充電時間で運用している。2007年12月の段階で、この上海の電気バスは7台運行されていて、2006年8月の運行開始から1年半が経過しても、特に大きなトラブルはないという。この時点で、上海万博に向けて100～200台運行を目指しているということだったから、今はもっと多い筈。

この電気バスが運行している路線は、全て中国政府負担で運行しているという。この辺り、日本はまだ遅れているのではないかと。キャパシタ搭載電気自動車の主導権を、中国にすっかり奪われてから「そんなバカな～」なんて叫んでも、もう遅い。堀教授は、将来的には電気自動車はみんなキャパシタを積むようになっていっているけれど、ワイヤレス充電が実用化できれば、その可能性は十分ある。特に、日本なら、ガードレールとか、側溝とか、信号機付近とか、街中だといくらでも設置できる場所があるし、信号なんかで停車するだろうから、磁気共鳴方式のワイヤレス給電には向いている。

# ハイウェイトレイン構想

---

輸送手段といえば、車だけではない。電気による輸送となれば電車のほうがずっと歴史がある。電車は車と比較して、輸送力もスピードも格段に上だから、高速大量輸送には車より電車のほうが向いている。最近、高速中央分離帯に新幹線を走らせるという、ハイウェイトレイン構想というものが出てきている。

これは、東海道物流新幹線構想委員会が提唱している案で、第2東名、第2名神高速道路の中央分離帯に、貨物専用の新幹線を走らせるというもので、1日の輸送量は20万トン。CO2排出量を年300万トン、軽油使用量を年18億リットル、それぞれ削減できるという。第二東名・名神高速道路はもともと、片側3車線で、計画されていたところ、道路公団民営化に伴い、片側3車線が2車線へと変更された経緯があって、中央分離帯のスペースには余裕がある。このスペースを有効利用しようというもの。東海道物流新幹線構想委員会が提言している、現行の諸元案は次のとおり

## 諸元（案）

- ・ 運行距離 : 約600km
- ・ 速度・所要時間 : 平均時速90~100km、東京・大阪間6時間30分
- ・ ターミナル箇所 : 東京、名古屋、大阪の3箇所のほか数箇所
- ・ 軌間 : 狭軌(JR等の在来線と同一)
- ・ 列車編成 : 5両1ユニットを複数連結、1編成最大25両程度。輸送需要によりフレキシブルに対応
- ・ 駆動方式 : 動力分散駆動、急勾配区間はリニアモーターによる支援システムを採用
- ・ 輸送力 : 三大都市圏相互間で、約20万トン/日を想定
- ・ 積載貨物 : コンテナ(45ftから20ftまで)方式及びトラック輸送方式

東名・名神高速道路は、トラックなどの中・大型車の交通量が多くて、06年度のデータでは、一般高速道路の中・大型車が占める交通量の割合は約28%であるのに対して、東名・名神高速道路のそれは37%にもなるというから、このハイウェイトレイン構想が実現すれば、トラックなどの交通量はぐっと減ると期待できる。建設費は総額2兆円くらいになると試算されているけれど、これによる経済効果として、およそ年間4000億くらいは節約できるそうだ。本当だとしたら、建設費など数年で回収できる計算になる。東京ー大阪間の物流速度が更にアップかつ効率化することはとても結構なこと。

それに高速に新幹線を走らせるということは、当然、電気を供給する設備も高速道路に敷設する必要がある。これに、ついでにといったらあれかもしれないけれど、ワイヤレス給電技術を使って、高速道路の側壁に全部送電コイルを埋めておけば、ハイウェイトレインへの給電もワイヤレスにできるかもしれない。ただ、忘れてならないことは、こうした技術も、それを可能とするインフラがあつてのこと。特に日本のように、道路を地方の隅々にまで、くまなく張り巡らせているような国でこそ、こうした新技術が生きてくる。アイデアをアイデアのまま終わらせないだけの実力がある国こそが、こうした夢の技術を現実のものにする。

## ギガンティック・トウキョウ

---

海洋温度差発電プラントや宇宙太陽光発電の地上側の受信設備を建設する際には、当然その為の場所が必要になる。特に宇宙太陽光発電の受信設備に到っては、静止衛星軌道である上空約3万6千Kmもの高度からマイクロ波を受信する構造から、それなりの面積を必要とする。そこで、四方を海に囲まれた日本であれば、海上に土地を作れば、面積の心配をしなくて良いという発想も生まれてくる。そんな海上に地面を作り出してしまうという技術もすでに開発されている。メガフロートと呼ばれるものがそれ。

メガフロートとは、超大型の浮体式構造物の事。別名VLFS(Very Large Floating Structure)とも呼ばれるけれど、平たく言えば、超・超大型タンカーを船底だけにしたようなもの。その代わり、その面積はタンカーなどの比ではなくて、長さ1Km、幅150m以上にも及ぶ。メガフロートは、既に、いくつかの研究機関によって、実際に研究開発が進められていて、スイスのCSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique) では、直径5000メートルの、円形のメガフロートを、アラブ首長国連邦に建設する計画を進めている。

メガフロートの構造には、大きく分けて2種類あって、ポンツーン型という平型箱形船構造のものと、セミ・サブマリン型という、箱舟の下に設けられたコラムと呼ばれる柱状構造物が半分程度浸水するタイプのもの。ポンツーン型は、比較的波の穏やかな湾内などに適しており、安定性がよく、単純な構造のため建造期間も少なくコストも安い。セミ・サブマリン型は、沖合の島嶼など、波の荒い海域に設置しても安定しているという特徴がある反面、コストは高くなる。メガフロートの構造物は、スチール製の板骨を組み合わせた構造で強度があり、耐用年数100年を見込んでいる。また、構造物内部には隔壁で仕切られた数多くの空間があり、簡単には浸水しない構造になっている。

メガフロートは、ユニット式で、長さ300メートル、幅60メートルくらいのユニットを、造船所で必要な数だけ作っておいて、船で沖まで引っ張って行って、海上で繋ぎ合わせることで建設される。

日本でのメガフロートの研究開発は、造船・鉄鋼17社からなる「メガフロート技術研究組合」によって、平成7年4月から3年間、メガフロートの基本技術の開発が行なわれた。更に、平成10年4月からの3年間で、実用レベルの技術開発が行われ、2000年10月には、横須賀市沖に設置された1000メートル浮体滑走路で、琉球エアコミューター(RAC)の旅客機を使用した離着陸実験が行なわれた。また、約350回にわたる航空機による計器進入実験(ローパス実験)などの実証結果をもとに、4000m級の大型空港の試設計を行われ、最終的にメガフロートは4000m級の滑走路に利用可能な技術であると結論づけられている。

メガフロートは、その名のとおり、原則、海の上に浮いているだけなのだけれど、推進装置をつければ自力航行も可能になるという。ブラウン&ルート社は、アメリカ軍と多国籍軍に滑走路、整備、補給、および他のロジスティクスサポート等を提供する為のモジュール式の浮動基地(MOB:Mobile Logistics Platform)を提案している。実は、メガフロートは、普天間飛行場の辺野古沖への代替施設案の1つとして、2000年頃に検討されたことがあるのだけれど、波が荒い外洋での安全性やコスト面の問題点が大きいとして見送られた経緯がある。

ここから先は、多少空想の類になってしまうかもしれないけれど、夢のある話として読んでいただきたい。メガフロート技術が確立しているのであれば、それを実際に作って運用して、実績をどんどん上げることができれば、将来に向けての投資と捉えることも可能だろう。

例えば、超・スーパーメガフロートでも作って浮べて、その上に研究施設や小さな都市を丸ごと作ってやるのはどうか。日本は国土が狭いからなんて良く言われることだけれど、それは地面のことを指しているのもであって、海上に地面を浮かべてやることができれば、国土なんていくらでも増やすことができる。ドバイなんかだと、ザ・ワールドとか、ザ・パーム、ジュメイラ・アイランズなどのように人工島郡を作っては、ホテルをたてて盛大にやってる。世界中の著名人が集まってくる。ドバイにできることなら、日本にできない筈がない。

スイスのCSEMが、直径5000メートルの、円形のメガフロートを、アラブ首長国連邦に建設するのなら、日本はドーンと全長25Kmくらいのギガフロートでも浮べてしまえばいい。それだけ広ければ、基地だろうが、なんだろうが建設し放題。もしも、同じところに、あんまり大きいのが居座ると、二ヶ月もしたら周辺の気候が変わってしまっ困るというなら、研究施設でも乗っけて、自力航行装置をつけて、海流によって、太平洋をゆっくり海洋調査でもしながら、回遊してもいい。動くリゾート地なんていうのも悪くない。また、鹿児島から奄美諸島、そして、沖縄本島から宮古島あたりまで、島と島の間、ギガフロートを飛び石のように浮べて、互いを海底トンネルや、橋でつないでしまうのも面白い。

メガフロートは、船のように揺れる訳じゃなくて、全体として沢山の波同士がお互いの力を相殺するように働くから、揺れは小さくなる。また、通常の波はメガフロートの先端付近で反射されてしまうので、中央部付近ではほとんど揺れないそうだ。研究によれば、沿岸空港プロトタイプだと、暴風時の有義波高12.5m、波周期10秒という条件でも大丈夫だと報告されている。

また、メガフロートの周囲に、振動水柱式空気タービン方式の波力発電装置の空気室をつけておくと、波のエネルギーが吸収されて揺れが更に軽減されるそうだ。だから、飛び石に浮べたメガフロート同士を繋いでやって、そこにリニアを走らせて、鹿児島から直通で宮古島までいけるようにしたら、あの付近一帯が、ひとつの経済圏として機能するようになる。

例えば、飛び石のギガ・フロートなら太陽光、海底温度差、潮力による発電が出来るだろうし、大面積が必要となる宇宙太陽光発電の受電設備だって作ることができる。また、大規模なマグロの養殖場を作ってみたり、リゾートアイランドを作ってみたりすれば、あのあたり一体がまるごと経済圏になる。人だって呼べる。若い人がみんな東京に集まって困る、というなら、沖縄を中心として、あの海域に第2東京を作るくらいの計画でも立てて、そこに人が集まるようにすればいい。近くに上海があるから、かなり大きな経済圏が期待できる。沖縄と日本本島を地続きにってしまうのは意外と効果があって、人の交流が活発になるし、あのあたりが一大経済圏になれば、もっともっと発展の芽が出てくる。今よりもっと沖縄が身近になるし、人々の意識も変わる。

100兆円くらい国債をドンと出して、国家プロジェクトとしてやるくらいの気持ちがあってもいい。それくらいのスケールがあって始めて成長戦略と言えるのではないか。そしてそれがやれる力を持っているのは、世界でも日本くらいしかない。

## 第4章 食糧生産技術

## 野菜工場

---

食の不安、食の安全が叫ばれるようになってから、地産地消という言葉が良く聞かれるようになってきた。地産地消（ちさんちしょう）とは、地域生産地域消費（ちいきせいさん・ちいきしょうひ）の略語で、文字通り、地域で生産された農産物や水産物をその地域で消費することを示す。この言葉自体は1980年代前半には、農水省の公報誌などでも使われていて、結構古くからある概念。

もしも、ひとつのビルの中に、スーパーと飲食店と水耕栽培の畑が併設されていたら、どんなに便利かと思うけれど、実は、ほとんどそれに近いものは実現しつつある。それも東京のど真ん中で。人材派遣会社であるパソナは、就農支援の一環として、大手町のビルの地下にPASONA 02(パソナオーツー)という地下農園工場を作っている。

銀行の地下金庫だった空間を再利用したこの地下農園工場では、蛍光灯やLEDライトで野菜や花を育てる研究が行われている。施設内には6つの部屋があり、ライトも、温度も湿度も異なった設定で、それぞれ違う作物を栽培している。稲を作る部屋や大根、トマトを作る部屋もあり、稲などは、年3回の収穫も可能らしい。

また、元地下金庫だったところで作るだけあって、害虫は病気の心配も少なく、無農薬で栽培可能だという。今のところは、照明代のコストがかさむこともあって、サラダ菜1枚が1,000円くらいになるそうだけれど、こういった課題を解決していくことができれば、都心で農業を営むことも可能になってくるだろう。

また、千葉県松戸市で、植物工場での野菜生産を行っている「株式会社みらい」では、既存の建物をそのまま利用でき、多段の栽培ベッドで植物を栽培する技術を開発している。この技術を使えば、狭い空間で多くの野菜を収穫でき、露地栽培と比較して、面積効率で50倍の生産性を持つという。

工場内栽培だから、無菌に近い状態での衛生管理が可能になり、農薬も不要になるだろう。そんなストレスなしで育った野菜は、甘味が多くて食感が良いという。食料自給率の面でも、安全性の面からみても、こうした食料生産の”工業化”はもっと進められていい。法規制が障害になっているのであれば、どんどん改善すべきだし、もっと都市部で食糧を生産できるようにすれば、輸送コストの面でも有利に働くだろう。

野菜工場の生産管理なんて、ほとんど電子製品の生産管理と変わらない。農作業で汗を流してなんてイメージからはかけ離れている。もっといえば、野菜工場をコンビニの地下に作って、コンビニで自前の野菜を売ってしまうことだってできる。

実際に、京都の北山や滋賀県大津市に店舗を持つレストラン「天使のカフェ」では、レストランの地下のクリーンルームで水耕栽培された野菜を食材として使用している。当然、完全無農薬で、洗わずとも食べられるそうだ。レストランで野菜を自己栽培できるのであれば、当然、コンビニでも自家栽培できるだろう。そうすれば、輸送コストも要らないし、地産地消にもなる。ある意味、コンビニの数だけ農地があるのだから、生産量もある程度確保できるだろうし、雇用対策にもなる。

ただ、問題はコスト。今はまだ光を作るのにべらぼうに金がかかる。これをどうにかする問題がある。それでも、光の問題で地下につくるのがコスト的に難しいのなら、いっそのこと屋上に作ってしまうという方法もある。

これは、屋上緑化と呼ばれる、建築物の断熱性や景観の向上などを目的として、屋根や屋上に植物を植え緑化する試みの一種で、屋上緑化自身は十年ほど前から取り組まれている。東京都では、平成13年4月に改正された自然保護条例から、建物の新・増・改築時における屋上等の緑化を義務付けているけれど、緑化するなら何も庭園だけとは限らない。農地を作っても立派な緑化。もともと屋上緑化はヒートアイランド緩和を期待して始まったそうだけれど、なかなか進んではない。

なんでも、開発の進んだ都市部での既存の建物では、緑化するだけの屋上の強度がないらしい。また新築でも緑化のための敷設設備に費用がかかることもあって、これも思ったように進まない。それでも少しではあるけれど、屋上緑化で農地を作った事例もある。福岡市では、2004年にビルの屋上に田んぼを作っていて、毎年、白米にして1.5キロほどの収穫があるという。

また、兵庫の大丸神戸店の屋上約45平方メートルを整備して畑にしているという。全国のスーパーやコンビニの屋上、または地下に畑や野菜工場を作って、自家栽培の野菜を売るようにするだけでも全然違ってくるだろう。そうして自給率を向上させた先に、ようやく美味しい日本産の農作物を輸出産品として考えることができる可能性も開けてくるだろう。

## CAS冷凍技術

---

植物工場の普及による地産地消の促進が進んでも、依然として残るのは、その土地で消費しきれない食糧をどう保存するかという問題。平たく言えば、売りものにする野菜や魚、肉などを如何に鮮度を落とさずに市場に卸していくかという食品販売に関わる課題。これについても、画期的な冷凍技術が注目されている。CAS冷凍技術がそれ。

「細胞が生きている (Cells Alive System)」という意味を持つこの技術は、細胞を壊さず冷凍・解凍をすることを実現している。従来の急速冷凍などは、素材に $-40^{\circ}\text{C}$ から $-50^{\circ}\text{C}$ の冷風を送り込んで冷凍するのだけれど、素材に冷風を直接吹きかけると、表面から氷結が始まって、表面の氷が一種のバリアとなって素材内部の凍結を妨げながら断層的な凍結を繰り返すようになる。これにより、全体が凍結するまでに時間がかかってしまう。

全体が凍結するまでの間、今度は、表面の氷が成長していき、内部の未凍結の水分子が移動して、表面の氷の核に吸い上げられてしまう毛細管現象が発生する。このとき成長した氷が食品の細胞膜に傷をつけてしまう。そして、冷凍した素材を解凍したときに、この傷からいわゆる「ドリップ」と呼ばれる細胞内の栄養や水分が流れ出して、劣化しや食品の味を落とす原因になっていた。

水が凍るという現象は、分子レベルで見れば、液体の状態でも互いに動き回っていた水分子同士がくっついて、結晶化することなのだけれど、それは、不純物や振動などの「核」となるものを切っ掛けとして起こる。ところが、水をゆっくりと、均一に冷やしてゆくと、その凍る「核」がなく、 $0^{\circ}\text{C}$ 以下になっても凍らいていることがある。これを「過冷却」と呼ぶ。

2010年夏に、お台場限定で発売された、「フタをあけた瞬間に凍っていくコカコーラ」はこの過冷却現象を利用している。この「過冷却」現象に目をつけて、対象物が凍結する直前まで、水を凍らせずにどんどん冷却して行って、過冷却状態を人工的に作り出し、十分に過冷却させた後、一気に凍結させることで、水が氷として成長する間を与えずに冷凍してしまうのがCAS冷凍技術。

具体的には、冷却過程において、対象物に特殊な微弱電磁場を与えて水分子を均等に振動させてやることで過冷却状態を作っているようだ。これによって、細胞を傷つけることなく、全体を新鮮なまま凍結することができるようになった。しかも、従来冷凍困難だった、生鮮食品やショートケーキなども冷凍可能だというから、何とも凄いもの。

従来の冷凍食品の問題であった、美味しくない、食感が悪い、冷凍臭、退色とその防止のための添加物の使用などなどの問題が一気に解決する道をCAS冷凍技術が拓くことになった。さらにこの技術によって、食品の賞味期限が飛躍的に伸び、何年も前のCAS冷凍品は新鮮なままだけという。この技術をいち早く取り入れた島根県隠岐の島の海士町では、地元の海産物を都内にまで出荷することで販路を拡大し、地方自治体の立て直しに貢献している。

既に、CAS冷凍技術は実用段階になっていて、家庭用冷蔵庫では”瞬冷凍”などと呼称して販売されている。（筆者の家庭でもCAS冷凍機能を持った冷蔵庫を使用しているけれど、普通の冷凍ではカチンコチンになるところが、CAS冷凍だと、買ったばかりの柔らかい状態のまま冷凍され、本当に冷凍されているのか、最初は訝しがったほどだ。）

このCAS冷凍技術は世界からも注目を集めていて、賞味期限が飛躍的に伸びるとされていることから、食品問題の解決の鍵を握るのではないとも言われている。また、CAS冷凍技術を使えば、細胞を傷つけずに冷凍できるから、医療の移植技術の分野でも応用されつつあるという。

ただ、CAS冷凍は素晴らしい技術ではあるけれど、やはり冷凍していることはしているので、食べる前には”解凍”というプロセスを必要とする。だけど、普段の生活で食べ物が無駄になる時とは、大抵は食べ残した時とか、冷蔵庫の奥深くに入れたまま忘れて腐らしてしまう時などだろうと思われる。

そんなときでも、すべてCAS冷凍すればいいのだけれど、ちょっと食べ残してしまって、後で食べようと取っておきたい場合でも、解凍に時間がかかることを承知で、いちいち”冷凍”しようとする人は少ないと思う。従って、実生活上の利便性を考えれば、解凍技術にも気をくばる必要が出てくる。たとえば、CAS冷凍した食材であっても調理する寸前に瞬間解凍できれば、なんでもかんでもCAS冷凍できることになるから、食品の無駄は大分少なくなるのではないだろうか。

もし、瞬間冷凍・瞬間解凍機能のついた冷蔵庫が開発されれば、その時食べる分だけ解凍して使えばよくなるし、野菜室の底でニンジンをカサカサにしまうことも無くなるだろう。今の時代に現代人の生活から冷凍食品を無くすことは極めて難しい。昔と比べて生活そのものが圧縮されて、分刻みの生活になっている人がどんどん増えているから。休日なら兎も角、平日に時間をかけて調理に時間をかけられる人は逆の意味で恵まれている。共働き家庭なんかになると料理に割ける時間はうんと短くなる。

家電の世界では、テレビ番組なんかをでHDDにどんどん録画して好きなときに見るというスタイルが当たり前になってきたけれど、番組を予め保存して好きなときに再生するという意味では、冷凍食品と変わらない。だけど、録画映像なんかは殆ど劣化しないし、仮に少し劣化したところでテープやDVDを丸ごと捨てる人はいない。何度でも繰り返し録画再生するのが普通の感覚。

食品もそういう世界に入ることが求められている。政府も大々的に予算を投入してそうした技術の開発普及を検討してみてもどうだろうか。

## クロマグロの養殖

---

2010年4月にカタールの首都ドーハで開かれていたワシントン条約締約国会議で、心配されていた大西洋・地中海産のクロマグロの輸出入を全面禁止する提案が否決され、25日に全体会で正式承認された。

国際取引禁止案が否決されたのは、同案に反対する日本などが懸命の多数派工作を繰り広げ、中東やアフリカ、中南米などの途上国を中心に反対票を積み上げたためだとされている。ひとまずは安心といったところだけれど、まだまだ予断は許さない。何れは国際圧力に抗えない時がこないとも限らない。

2002年に世界で初めて、人工ふ化から育てたクロマグロの産卵を確認して「完全養殖」に成功したというニュースが駆け巡って以来、マグロの養殖研究は着実に進んでいる。クロマグロは太平洋を横断するほど運動性が高く、飼育しにくい大型魚。クロマグロは、皮膚が弱く大変デリケート。稚魚は特に皮膚が弱く、手でつかんだだけで死んでしまう。また、光や音にも過敏で、隣の生け簀のタイやハマチは平気なのに、夜間生け簀に自動車のヘッドライトが当たっただけで、パニックを起こし、網に突っ込んで死んでしまう。

また、秋の台風などでは産卵を期待していたクロマグロが海上に流れ出た泥水によって視界を遮られるなどでパニックを起こして、100尾が死ぬこともあった。これまでクロマグロの完全養殖は不可能だとされていた。それだけに、2002年の完全養殖の成功は関係者を驚かせたに違いない。

養殖クロマグロは、近畿大学水産研究所大島実験場などで研究が続けられ、「近大マグロ」とも呼ばれている。今では近大マグロは、一部の百貨店や飲食店などに出荷されるまでになっている。近大水産研究所では、孵化して2~3年経った40Kg前後のものを多い週には15~20匹出荷しているそうだ。

もっとも、週に何度も釣り上げると、釣り上げ船のエンジン音を聞いただけでマグロは海中深くに潜るようになるようで、餌を代えたり、エンジン音を消して近付いたりもするという。近大マグロは、“全身トロマグロ”と呼ばれるほど脂が多く、赤身も中トロ並み。今では脂の多さを売り物にしている。

また、餌の履歴がハッキリしていて、水銀濃度が低く抗生物質を使っていない、といった特徴がある。食の安全や食糧安保が叫ばれる昨今。クロマグロの完全養殖が軌道にのり、クロマグロ自給率が100%を超える日がくることが期待される。養殖マグロをビジネス的に採算が合うようにするための課題は、稚魚の生存率を上げること。

マグロは1回に数十万個の卵を産むのだけれど、自然界では成魚になれるのは限りなく0に近い。養殖マグロでさえも、孵化して40日目までの生存率がたった0.1%。これを10倍にして始めてビジネスになるという。マグロの稚魚の生存率が低い理由はいくつかあって、まず、孵化後の数日間は浮上死の危険がある。

孵化後の一か月は陸上水槽で育つけれど、エアーポンプから出る水泡の流れに乗って水面に浮いたまま下りられなくなるのが出てくる。また、夜の間動きを止めて水槽の底に沈んで死ぬものも出る。さらに、マグロの稚魚は成長が早く、その分餌が必要で、孵化後2週間もすると共食いを始めるそうだ。

養殖の環境ですらこうなのだから、自然界での卵からの生存確率は数十万分の1あるかないかというのも頷ける。これだと流石に絶滅を危惧されてしまうのだろう。量産化の期待が高まるのもむべなるかな。ところが更に問題なのは、稚魚の大量生産ができないこと。近大が1974年に完全養殖の研究を始めて30年以上経っても、産卵はまったく自然にゆだねるしかないらしい。

1979年、初めて畜養マグロが生け簀で卵を生んだのだけれど、孵化した稚魚は47日で死んでしまった。その後も数十日で死ぬことが続いた揚げ句、83年から11年間は卵を生まない年が続いたという。前途は厳しいかと思いきや、なんと、サバにマグロを産ませて増やそうという研究が進んでいる。

12年近くこの研究に取り組んでいる吉崎悟朗・東京海洋大学准教授は、7年前、淡水魚のヤマメにニジマスの卵や精子を作らせることに成功。2005年からサバにマグロを産ませる研究に着手している。このサバにマグロを産ませる技術は、生まれたての赤ん坊のサバにまず、サバ自身の卵や精子を作らないよう不妊処理を施す。その後、メスのサバにマグロの卵原細胞を、オスのサバにはマグロの精原細胞を注入するというもの。

そのサバが大人になるとマグロの卵や精子だけ作ることになるから、処理されたサバのメスとオスが受精して卵を産めばクロマグロの子になるという仕組み。この技術の凄いところは、マグロの稚魚を作るのに、マグロを使わなくてよいところ。自然に任せるしかないマグロの産卵が、サバの腹を借りることでより確実になる。これは、マグロの大量生産をも可能にする技術となるかもしれない。

吉崎悟准教授は、この技術を使って、クロマグロを鮭の放流のように、人間が取る分だけ増やせればそれでいいとコメントしている。クロマグロの放流とは何とも夢のある話。たとえば、瀬戸内海に大量にクロマグロの稚魚を放流することなんてできれば、瀬戸内海全部がクロマグロの生簀になるかもしれない。

## 第5章 宇宙科学技术

## 小惑星探査機「はやぶさ」

---

2003年5月9日に宇宙科学研究所から打ち上げられた小惑星探査機・通称「はやぶさ」は、2005年夏に火星軌道近傍の小惑星イトカワに着陸、サンプルを採集して2010年6月に見事地球へ帰還した。

JAXAは、カプセル内部で確認された微粒子の分析を進め、11月には、微粒子のほぼ全部がイトカワ由来の物質だと発表した。探査衛星「はやぶさ」は小惑星イトカワに接近した際に、様々な観測をおこなっていて、「近赤外線分光器（NIRS）」による、イトカワの地域ごとの反射スペクトルの観測や、「蛍光X線スペクトロメータ（XRS）」による総スペクトルの観測によって、イトカワの組成は、普通コンドライトであると推定されていた。

そして更に、「はやぶさ」がイトカワの「ミューゼスの海」と名付けられた、なだらかな部分への降下中に捉えた、イトカワ表面の画像には、表面の殆どで、数cmの大きさに揃った小石が敷き詰められたように存在し、観測の結果、輝石とかんらん石であることが分かっていた。カプセル内の微粒子にも、かんらん石や輝石、斜長石などが含まれ、イトカワの表面観測結果と一致していたことも、回収された微粒子がイトカワのものとする決め手の一つとなったという。

JAXAはこれまで、電子顕微鏡による組成分析では「イトカワ由来」と判断するのは難しいとして、より詳細な分析を行ってから結論を出す予定だったそうなのだけけれど、上野宗孝・JAXAミッション機器系副グループ長は「大量の微粒子がそろって、イトカワ由来の傾向を示したので、科学的にも間違いない。簡易分析でこれほどはっきりした結果が出るとは、予想していなかった」とコメントしている。

小惑星に着陸するのも世界初なら、地球に帰還するのも世界初。そしてとうとうサンプルまで持ち帰っていた。正に快拳と言う他ない。

「はやぶさ」の名称は「第20号科学衛星 MUSES-C」。実は、はやぶさの名称は、打ち上げて、軌道投入確認後に決定された。命名の由来は、探査機が小惑星の表面を採取する様子を、隼が獲物を捕らえてさっと舞い上がる様子になぞらえたものだそうで、当時内之浦へと向かう寝台特急「はやぶさ」や、薩摩隼人の「隼」といった理由もあるという。

ただ、偶然にも、日本の宇宙開発・ロケット開発の父であり、旧帝国陸軍一式戦闘機「隼」の開発にも携わった、故・糸川秀雄教授の名に因んで命名された、小惑星「イトカワ」に、「はやぶさ」の名を冠した探査衛星が訪れるというのも、何やら運命的なものを感じないではいられない。

「はやぶさ」のミッションである、小惑星からサンプルを持ち帰るという「サンプルリターン計画」は国際的にも高く注目されていて、大きく次の4つの実験を目的としていた。

- (1) イオンエンジンを主推進機関とした惑星間航行
- (2) 光学観測による自律的な航法と誘導
- (3) 惑星表面の標本採取
- (4) 惑星間軌道からの直接大気再突入と回収

「はやぶさ」はこれらのミッションを完璧に果たしたけれど、その運行はほとんど奇跡とっていい程のものだった。姿勢制御装置の故障や化学エンジンの燃料漏れによる全損。姿勢の乱れ、電池切れ、通信途絶にイオンエンジンの停止…。様々なアクシデントに見舞われてなお、ミッションを遂行したJAXAのはやぶさスタッフには素直に敬意を表したい。

たとえば、イトカワへの着陸では、XYZの3方向制御のために3台設けられていた姿勢制御用のリアクションホイール2台が壊れるというアクシデントに見舞われてなお、精度の出ないガス噴射制御での着陸を慣行し、見事に成し遂げている。

しかも「はやぶさ」に指令を送るのが片道30分、往復1時間かかるから、指令センターは、現実の「はやぶさ」の30分前の位置情報を受け取って、30分後の「はやぶさ」到達位置を予測して指令を出し続けたという。職人業以外の何者でもない。

元々「はやぶさ」は2007年に地球に帰還する計画で、2003年の打ち上げから5年の使用には耐えられる設計だった。ところが、イトカワ着陸後の燃料漏れによる通信途絶とその復旧のため、地球帰還は2010年6月に遅延することとなった。この遅延で、設計寿命の5年間で大幅に超えてしまうことが決定したにも関わらず、更に2年も余分にイオンエンジンを動かして航行を続けている。

こんな想定外の過酷な環境でもなお運用できているのは、JAXAスタッフや開発チームのありとあらゆる事故を想定してフェイルセーフ機能を搭載していたことによる。特に、2009年11月4日に起こった、4基中3基目のイオンエンジンの故障停止はもう駄目かと思わせるものだった。

ところがJAXAスタッフは既に故障によって運用を休止していたイオンエンジン2基のうち無事な部分同士を繋ぎ合わせることで2基で1基のエンジンとして使用するという離れ業をやったのけた。もちろん「こんなこともあるのか」とそれを可能とする回路を仕込んでいたお陰。ネットでは、アニメ宇宙戦艦ヤマトに登場するキャラクターで天才科学者の真田さんになぞらえて、「なんという真田さん」だとか「変態技術だ」とか、妙な賞賛の声しきり。流石だという他ない。

「はやぶさ」に搭載されているイオンエンジン(μ10)はエンジン単体の性能試験や2万時間にも及ぶ連続稼働試験などを得て、「はやぶさ」本体に搭載されたのだけれど、事前に試験したことは、サブシステムを含めた各システム単体の試験で、システム全体の総合試験は行われなかった。サブシステム間の連携に関する試験は、エンジン動作を伴わない簡易チェックのみだったという。

それでも、いきなり本番でこうしてシステム全体を動かしてみせる日本の技術の高さについて、我々は、認識を新たにすべきだろう。「はやぶさ」のイオンエンジン( $\mu 10$ )は、NECと米Aerojet-General社の協力を得て、人工衛星向けエンジンとして、2011年の販売を目指しているという。

イオンエンジンとは、アルゴンやキセノンといったガスをイオン化させ、電気の力でそのイオンを加速して後方に押し出すことで推進力を得るというエンジンのこと。推進剤がキセノンやアルゴンなどの軽量なため、十分な速度を得るには、長時間の加速が必要で、また瞬間的な推力も低いので、重力や空気抵抗のある地表面での使用には適さない。

その反面、従来のロケットエンジンのように「燃焼」をさせる必要がないから、酸素が要らなくて、少ない推進剤ですむという利点から、惑星探査機など長距離・長時間運用する宇宙機のエンジンとして期待されている。通常の水素を推進剤につかったエンジンだと、その燃焼ガスの放出速度は秒速3km程なのだけれど、「はやぶさ」のイオンエンジンは、秒速30kmでイオン化したキセノンを放出する。

プロ野球選手が投げる150キロの速球でも、秒速に直すと41mくらいにしかならないから、イオンエンジンの秒速30kmが如何に凄い速度か分かる。

また、イオンエンジンは燃料の重量占有率に対して、軌道変換能力が高く、従来の水素を使ったロケットと比較して、推進剤の重量は1/4程度にも関わらず、軌道変換能力は4倍もある。イオンエンジンは、プラスに帯電したキセノンイオンを電気の力で加速し放出するためのイオン源と、負電荷を持つ電子を放出してキセノンイオンを中和するための中和器から成り立っている。

中和器とは、イオン源から放出されて、プラスに帯電したキセノンイオンにマイナスイオンをぶつけて中性にする装置のことで、中和しないと、折角放出したプラスイオンが、今度は、プラスイオンを放出することで、マイナスに帯電してしまっている「はやぶさ」本体に引き寄せられてしまい、加速することができなくなってしまう。

今回の故障したエンジン同士を繋ぎ合わせた、というのは、イオンエンジンBのイオン源とイオンエンジンAの中和器を繋ぎ合わせてひとつのエンジンとしたということ。凄い裏技である。こうした、「こんなこともあろうかと」という数々のフェイルセーフ機能というのは、実に日本人的凝り性の賜物のように思える。

それは、おそらく、島国で資源もなく、限られたあるもので、兎に角なんとかしようという工夫の精神の発露ではないかとさえ。

アメリカなんかのようにアメリカンドリームを求めて、次から次へと人がやってくる国だったら、駄目だったら、出来そうなのに取り替えればいい、なんて簡単にできるけれど、日本のように、人の入れ替えが効かない国だと、そうはいかない。今ある人をやり繰りしてなんとかするしかない。まるで選手交代できないサッカーの試合のようなもので、フィールドプレイヤーの誰もがFWもできればMFもDFも出来るみたいな、マルチロールな使い方をすることを考える。

それと同じで、「はやぶさ」の開発チームも、もしこれが故障したら、こうする。ここが壊れたらあっちに切り替えるなど、実に様々なケースを開発段階から、きっちりと考えていたように思われる。これも、一種の日本文化が貢献した結果なのかもしれない。

## アブレータ耐熱技術

---

地球に帰還した「はやぶさ」は、イトカワの入ったカプセルを分離、投下回収までの一連のミッションを見事にやり遂げただけで、ここで、サンプル投下ミッションについて少し振り返ってみたい。

投下ミッションでは、「はやぶさ」は地球に近づくと軌道を微調整しつつ、内蔵のカプセルをオーストラリアのウーメラ砂漠に落下させる。「はやぶさ」は、地球近傍までは、およそ秒速12kmで近づき、月軌道程度まで来たところで、カプセルを分離する。

分離されたカプセルは約10時間の単独飛行を行なった後、極超音速で地球に再突する。落下したカプセルは、高度約10kmでパラシュートを開いて降下。パラシュートを開くと同時にカプセルからビーコン信号が発信され、それをキャッチして回収するまでが、サンプル投下のミッション。

再突入カプセルは、直径約40cm、重量17kgで蓋のついた中華鍋のような形をしている。カプセルはアブレータと呼ばれる繊維強化型プラスチックの耐熱材料で覆われ、さらに「はやぶさ」の軌道上での熱制御のために、太陽光の反射率と吸収率が正確に管理された、アルミ蒸着カプトンが表面に貼られており、金色に輝いている。

高速で地球に再突入するカプセルが曝される空力加熱は、スペースシャトルのノーズの30倍、使い捨てライターの炎の300倍にも達し、表面温度は1万度にもなるという。スペースシャトルの耐熱タイルでもこんな高温には耐えられないし、耐えられる材料も存在しない。したがって、カプセルの耐熱は逆転の発想で「熱に耐えないで溶ける」ことで熱を防ぐ、アブレータ耐熱材を使用している。

繊維強化型プラスチックであるアブレータ最表面は、再突入時に分解して炭になるのだけれど、表面からすこし内側の繊維層は熱分解してガスとなり、同時にアブレータから熱を吸収する。発生したガスはアブレータ表面に噴出して1万度にもなる空気との間を漂って空力加熱を遮断するという。

勿論、アブレータは最後には、溶けて無くなってしまいうのだけど、完全に溶け切る前に地表に落下できれば、カプセルを守るという役目は十分に果たすことになる。実際の「はやぶさ」は2010年6月13日、日本時間午後10時51分ごろ、豪州南部の上空で大気圏に再突入し、約60億キロの旅を終えて7年ぶりに地球に帰還した。

心配されていた回収カプセルの分離も問題なく、回収カプセルは、22時51分頃大気圏に突入。燃え尽きることなく目標地点に落下した。23時7~8分頃には、オーストラリア・ウーメラ砂漠にて落下したカプセルのビーコン発信を確認。23時56分には、ヘリから目視でカプセルの存在を確認できた。

回収カプセルは、高度約10kmでパラシュート開傘、前面および背面ヒートシールド分離し、ビーコンを放射しながら緩降下するよう設計され、着地予想地点は、長手方向約200km、幅約20kmの楕円領域を設定していたのだけれど、着地したのは、予想地点のど真ん中だったというから、「はやぶさ」スタッフの運行能力に敬意を評したい。

これまで、地球以外の天体から物質を持ち帰ったことは、月の石を持ち帰った旧ソ連のルナ計画と米国のアポロ計画。そして、彗星のチリを回収した米国探査機スターダストと太陽風物質を集めて地球に持ち帰ったジェネシスのカプセル（どちらもNASAによって実施）があるのだけれど、ジェネシスカプセルは大気圏再突入後、パラシュートが開かず、地上に衝突して大破したというから、さぞかし「はやぶさ」運用スタッフも気が気でなかっただろう。

現在、太陽系の天体からのサンプルを持ち帰った際には、「宇宙検疫」の問題をクリアすることが義務づけられている。勿論、宇宙から謎の病原体か何かを持ち込んで汚染されることを防ぐため。

特に、地球外生命体の存在の可能性がある天体から帰還する探査機や回収サンプルについては、地球-月系への帰還探査機の衝突回避、帰還探査機の完全殺菌、帰還試料の封じ込めが義務づけられている。

イトカワは生命の存在の可能性がある天体と見なされていないから、そこまで要求されてはいないのだけれど、JAXA宇宙科学研究所は、物質をまったく外気に触れない状態で回収・分析できる、「クリーンチェンバー」と呼ばれる世界で唯一の装置を備えている。クリーンチェンバーは、2室構成になっていて、カプセルを開封して、真空環境で一部試料を保管出来るように、超高真空仕様とした第1室と、大気圧高純度窒素雰囲気(不純ガス成分500ppb以下)で試料を扱うグローブボックス仕様の第2室に分かれている。

また、チェンバー内面や付属物、チェンバー内に導入される治工具は予め真空環境での加熱処理を行うことで、表面に付着している汚染ガス分子成分を極力取り除いている。クリーンチェンバー内は、粒子・塵発生源を限ることが可能な小さな空間で、内部の地球源微粒子をゼロに近づけることが出来るという。開封せずに日本に運ばれる、「はやぶさ」の回収カプセルは、このチャンバー内で開封される。カプセル内部には、残留ガス(重希ガス)があることも考えられていて、まずはガス質量分析を行なったのち、ガスがあればそれを抜いてから、試料の光学観察を行うことになっている。

その後、試料を汚染しないように、クリーンチェンバー外から長作動距離顕微鏡を使って、光学観察データを採取して、試料の粒度分布を解析する。また、試料の重さの測定もクリーンチェンバー内に組み込んだ電子天秤で実施する。もしも、試料が十分に有る場合は、赤外分光観測をして、光学特性を測定する予定もあるという。試料は、顕微鏡で観察しながら「特製ピンセット」で拾い上げるそうなのだけれど、このピンセットは専用開発された超特製品。材質は、触れた物質を汚染する可能性が極めて低い石英ガラスで、これを加熱して両側から引っ張って、ちぎれた部分をピンセットとして使うという。

これによって、ピンセットの先端は幅1000分の1ミリ以下という超々極細。この先端に電圧をかけて静電気を起こし、そこに引き寄せられた粒子を回収する仕組みになっているようだ。よくもまあ、こんなピンセットを考えたもの。回収できた試料は、同じく石英ガラス製の容器に保存して、国内の初期分析チームが解析。その後、各国から寄せられた優れた研究テーマの提案者たちに配って、一部は真空の容器に収め、後世のために保存される。このクリーンチェンバーを見学を訪れた、NASAの研究者達は、その汚染を防ぐ構造やコンパクトな外観に「ビューティフル」の声を上げたという。

全てのミッションを完璧にこなした「はやぶさ」は、大気圏再突入し、燃え尽きたけれど、その活躍には世界各国からの賞賛の声が集まっている。今回の「はやぶさ」のように、地球外の天体からサンプルを持ち帰る計画は、日本だけでなく、世界でも進んでいる。アメリカは、近地球型小惑星からのサンプルリターンを行うOSIRIS計画を進めているし、欧州宇宙機構（European Space Agency）は、無人探査機による火星サンプルリターン計画を発表している。そして、中国は月探査機「嫦娥3号」による月からのサンプルリターン計画を、更には、インドが月探査機「チャンドラヤーン2号」による月からのサンプルリターン計画をそれぞれ発表している。

日本も、はやぶさ後継機である、「はやぶさ2（仮称）」で、イトカワとはスペクトルタイプの異なるC型小惑星からのサンプルリターン計画があり、更に、その次の小惑星探査計画も検討しているそうなのだけれど、科学技術に理解のない政府を持った国は、全く持って不幸であるといしか言い様がない。それにしても、あれほどのトラブルに見舞われながら、「はやぶさ」は、よくぞ地球まで還ってきたものだと思う。JAXAの川口淳一郎教授にして、こちらの声に応えてくれたと言わしめるほどの健気な働きぶりには感動すら覚える程。

「はやぶさ」最後のミッションは、大気圏再突入前に地球を撮影することだった。けれど、これは当初の予定ではなく、「はやぶさ」運用スタッフが、全てのミッションを終えたあと、はやぶさに地球を見せてやりたいとの計らいだったという。

「はやぶさ」は全重量500kgという小型の軽自動車くらいの重量しかなくて、太陽電池パネルの端から端まで広げても、わずか5 mしかないコンパクトな探査機。だから、重量約17kgの回収カプセルを分離した後、「はやぶさ」の姿勢は大きく擾乱して30~40度も乱れたのだという。それでもなんとか撮影をしようと、最後のリアクションホイール1基とキセノン生ガス噴射で姿勢を正す試みを続け、ようやく20時過ぎから航法カメラで地球撮像を行なった。

最後の1枚の画像を低利得アンテナにて内之浦の鹿児島局に送信中、22時28分30秒、通信途絶。最後に「はやぶさ」が送った画像が、自分が還る地球の姿だった。

## イカロスの翼

---

「はやぶさ」打ちあげから7年後の2010年5月21日午前6時58分22秒、H-IIA型ロケット17号機が種子島宇宙センターから打ち上げられた。H-IIA型ロケット17号機には、金星探査機「あかつき」と宇宙ヨット実証機「イカロス」が搭載されているのだけれど、今月11日に、その「イカロス」の帆の展開に成功したことが確認された。

イカロスとは、ソーラーセイル（太陽帆）と呼ばれる、ポリイミド樹脂製の厚さ僅か7.5 $\mu$ m、大きさが約14メートル四方に渡る超薄膜の帆を広げて、太陽光圧を受けて進む宇宙船。ソーラーセイルは、風の代わりに太陽の光を受けて進むから、エンジンも燃料も要らない夢の宇宙船と言われている。

イカロスのセイルの一部には、電力セイルと呼ばれる、薄い膜の太陽電池が貼り付けられていて、太陽の光を受けて発電することが出来るようになっている。イカロスのセイルの片面には、アルミが薄く吹き付けられ、太陽光をよく反射するようになっている、また、万が一、膜が破れても、その亀裂が途中で止まるような構造になっているという。

流石は、「はやぶさ」で数々のフェイルセーフ機能を搭載していたJAXAだけのことはある。イカロスにも「真田さんな技術」は継承されている。イカロスの帆の展開作業は3日から開始されていて、円筒形の機体を回転（最速で毎分25回転）させ、側面に収納されていた樹脂膜を遠心力で伸展、約14メートル四方の帆が完全に広がったというから、まずは、第一ミッション成功。

イカロスには次の4つの実証確認というミッションが与えられている。

1. 大型で薄いセイルを宇宙で展開
2. 薄膜太陽電池による発電
3. ソーラーセイルによる加速の実証
4. ソーラーセイルによる航法技術の獲得

## 学術・科学技術予算について

---

こうした宇宙開発を始めとした学術・科学技術の開発は、継続的に行なわなければ中々身を結ぶものではない。だけど、政権交代後の民主党政権は、事業仕分けと称して、学術・科学技術を次々と削減していった。2009年11月24日、東京大学を始めとする、9大学の総長は、事業仕分けで、学術・科学技術予算の削減に対して異議を唱え、見直しを求める共同声明を発表した。9大学とは、旧7帝大と早稲田・慶応の9大学だから、日本の学術トップがこぞって削減に反対したと言っている。

学術・研究分野は、いうまでもなく、1年、2年で簡単に成果が出るものじゃないから、その場で儲かる儲からないといった基準で考えると真っ先に削られてしまう類のものであることは、確かにそのとおり。だけど、それでも研究開発されているのは、それが必要とされているからだということは言うまでもない。現代社会は多かれ少なかれ、専門情報や過去の研究結果を下敷きにして、文明が作り上げられており、それがないと成り立たない。たとえば、燃料電池に関する素晴らしい研究が行われていたとする。それが突如研究費がゼロになってそれ以上続けられなくなったとしたら、当然研究開発が進められる環境を探して、そこで研究を続けることを考えるのが普通。

もしも、その研究環境を提供してくれるところが、海外だったら、そこに人材は流出してしまう。アメリカが偉いと思うのは、あれだけ合理主義で、金儲けだけを考えていながら知識や学問の価値を認め、世界中から優秀な才能を呼び寄せ、研究させていること。尤も、成果がでない途端に解雇されてしまうという厳しい社会ではあるけれど、才能および成果には、それに見合った報酬をきちんと支払うという精神が、アメリカをあそこまでの大国にのし上げた。

2009年の4月27日、全米科学アカデミー(NAS)で、オバマ大統領はアメリカの研究開発投資をGDP比2.66%から3%以上に増加させると演説している。日本の研究開発費は2006年度の統計によれば、18兆4,631億円と米国の43兆4,000億円に次いで主要国中2位だけど、対GDP比だと3.61%で世界一になる。

更に、研究者数では、日本は709,691人で、米国1,838,000人、中国1,224,000人について3位となっている。だけど、世界一といっても、この額は民間の研究開発投資額を足したものであって、政府負担の額じゃない。日本の研究開発の費用負担は、民間の比率がとても高く、2005年の調査では政府は23.9%しか負担していない。だから、政府負担割合でみると、対GDP比率は03年度統計で0.68%となっていて、フランスの0.92%、アメリカ、ドイツの0.80%を下回っている。

こうした研究開発投資はただ漫然と行うのではなくて、これから成長する分野、挑戦する分野に対して行うのも重要なことで、オバマ大統領は、「クリーンエネルギー」、「先進自動車技術」、「ヘルスIT」を重視するという。経済産業省は、「政府研究開発投資の資源配分にあたっては、科学技術が挑むべき課題に対して、重点化を行うことを基本とすべき」としており、対応が望まれる。

ともあれ、今の日本の技術がこうした基礎研究・技術開発に支えられていることを理解した上で、予算を考えるべきだろう。特に、最先端技術を駆使した生産ラインなんかは、一旦閉鎖したら、二度と同じものを立ち上げるのは非常に難しい。なぜかというと、そうした最先端分野では、部品ひとつとっても特注品であったり、生産ラインのメンテナンスなども非常に高度かつ「手作り」な部分が多くて、各所に職人がいて漸く維持できるものだから。

製品ひとつ作るのでも、機械が勝手にやってくれて、人間は寝てても大丈夫、なんてマンガみたいな話があるわけなくて、現実には、その機械やラインを「正しく」動かすのに物凄く人手がかかるもの。

もちろん、量産品を作る工場で何年も生産を続けているようなものだったら、生産ラインも省力化や簡略化が進んでいるから、それこそ人間は見てるだけでいいケースもあることはあるけれど、それだってラインの立ち上げ当初は、最初から最後まで人が面倒をみて、時には職人技で機械を調整して、どうにかこうにか動かしていた。ましてや、JAXAのように、ロケット分野ともなれば、宇宙空間で修理なんておいそれと行えないから、部品一つとっても、とんでもない耐久性能や精度、安全性が求められる。しかも量産品のように大量に出るものではないから、そんな部品を開発する生産ラインともなると、殆どJAXA専用のラインになって、値段も馬鹿高いものになる。普通そんな製品は商売にならないから、国家プロジェクトや補助金を出したりして、なんとか進めるものになる。

仮に、直ぐには商売にならないからといって、宇宙開発を不要だとしてしまえば、JAXAだけでなく、そのロケット分野を支える関連部門の生産ラインからノウハウから、一切合財なくしてしまうことになる。これを学問に例えてみるならば、数学なり物理なりひとつの学問分野を、丸ごと消去してしまうことに相当するのではないかとさえ思う。これは、笑いごとではなくて、もっと真剣に考える必要がある。なぜなら、こうした最先端技術を含む分野は、一旦無くしてしまったが最後、二度と元に戻らないかもしれない危険を孕んでいるから。それらを陰で支えている専門家達をスポイルしてしまって、彼らが亡くなってしまったら、永遠にその技術は失われてしまうかも知れないことを、もっと自覚するべき。

ひとつの生産ラインを立ち上げるのに必要な人手と技術に対して、どれほどの先行投資を行っているのかを知れば、特に、最先端技術を有する分野の行政法人を必要ない、だなんてとても言える筈がない。それにも関わらず、科学技術開発投資に力を入れないどころか、事業仕分けの遡上にあげるなんて、一体どういう神経をしているのだろう。目先の飲み水の為に、田んぼから水を全部抜いてしまっては元も子もなくなってしまう。

埋蔵金を探し出そうという熱意は買うけれど、何でもかんでもみんな削ってしまうと、国力を大きく毀損することがあることを、もっと自覚する必要がある。

## 第 6 章 軍事技術

## CSMミサイル構想

---

オバマ大統領が、2009年のノーベル平和賞を受賞した理由のひとつに「核なき世界を構想し実現へ向け努力したこと」というものがある。核なき世界の構想をぶちあげたのは、かのプラハ演説なのだけれど、抑止力の観点から考えると、核なき世界なんて、簡単にいくとはとても思えない。核の脅威から自国を守ろうと思えば、仮想敵国に核兵器を使わせないか、万が一使おうとしたとしても、発射前に破壊できる手段を有するかのどちらか。今の戦略核による抑止力は、核による報復攻撃を行ったときの被害が甚大すぎるが故に使えない、という前者にあたるけれど、後者ともなると、原潜にでも戦術核ミサイルを積んで、敵国近海に常駐しているか、大規模通常兵力でも付近に展開するしかない。

だけど、敵国の核ミサイルの発射サイロが地中奥深くにあったり、深度のある国土の奥地なんかにあったりすると、確実な破壊を期待することは難しい。一番望ましいのは、相手の攻撃が届かない超遠距離から攻撃でき、更に、目標を正確にピンポイント且つ、地中深くまで破壊できる兵器。できれば、軍事施設のみを破壊して人的被害を出さないものが望ましい。これまでそれに一番近いものは、戦略核、大陸間弾道弾くらいだった。それでも、戦略核は目標を広範囲に破壊して、さらに、周囲を放射能汚染してしまうから、ピンポイントじゃないし、なにより今の世界では、実使用のハードルは高すぎる。

核は被害国の時間をも破壊する。通常弾頭は、爆撃範囲を破壊しておわるけれど、核兵器は爆撃範囲を破壊したあとで更に、周囲を放射能汚染してしまう。核兵器は、爆裂による破壊範囲を「空間的に破壊」し、また放射能汚染とそれが消えるまでの期間、その一帯と放射能を浴びた人を苦しめつづける、いわゆる「時間的に破壊」する両面を持つ。広島・長崎での原爆、その惨事があまりのことに人々の心に深い傷を与えたのは勿論、その後の後遺症や汚染浄化までの2、3世代の時間ずっと広島・長崎の時間を破壊し続けてる。

だから、人々の心から消えない。被爆者の姿と後遺症。それが原爆投下を思い起こさせつづけてる。後遺症が完全に消え、かつ原爆被害を語り継ぐことが途絶えない限り、見えない原爆投下は絶え間なく、日本人の意識の中で続いている。

通常兵器と違って、核は何世代にも渡るほどの時間破壊効果があることは忘れてはならない視点。今の世界は、命の値段が上がっていて、大昔のように簡単に人命を失うなんてことが許されなくなってきた。特に先進国ではそう。だから、核は、あっても使えない兵器に段々なりつつあり、「あるだけ抑止力」の意味合いが強くなっている。だから、もし、核と同等の抑止力があって、時間破壊効果がない兵器があれば、既存の核を、それに置き換えてゆくことは十分にあり得る話。そこにあるのは、単に「核はない」世界であって、抑止力がない訳じゃない。

実際、アメリカは、核兵器に代わる新抑止能力を模索している。アメリカが研究・開発を進めている新抑止力計画の中で比較的実用に近いものはいくつかある。その一つが、CSM (Conventional Strike Missile) と呼ばれるもの。通称、非核攻撃ミサイル。このCSMミサイル構想の最大の特徴は、その弾道。

通常のICBMは、発射後、数百kmの高度までロケット噴射させ、速度、飛行の角度等を調整して目標地点に設定している。そして、ロケット燃焼終了後、ロケットブースターを切り離して、残った弾頭部分が自由落下状態で目標地点に着弾するようになっている。目標までの到達時間は、7,000カイリ(約12,640km)で51分、9,000カイリ(約16,250km)だと76分必要だった。

これに対して、CSMミサイルは、ICBMのように、一度空に打ち上げて、落とすという弾道ではなくて、ほとんど地球の丸みに沿うような、とても低い飛翔経路を取る。これによって、目標到達時間も短縮され、CSMは、7,000カイリで45分、9,000カイリでは52分で目標へ到達するという。これくらいの時間となると、核ミサイルの発射準備を始めたのを察知してから発射するまでの間に目標を破壊する事も可能になるそうだ。

よって、このCSMミサイルが実用化されると、こちらが核攻撃を受けてから報復攻撃を行うというのではなくて、攻撃を受ける前に相手のミサイルを叩くことが可能になる。相手が打つ気になったことを確認してから、先手を取る方法だから、批難も浴びにくい。武術でいうところの「後の先」。

だけど、折角、「後の先」を取って反撃できたとしても、相手のミサイルサイロが地下深くにあたりしても破壊できるかどうかという問題がある。CSMが非核ミサイルであるならば、その弾頭には何を使うのか。今計画されている弾頭案は、次の3つ。

1. センサーフューズクラスター弾 (SFW)
2. ローズ・フロム・ゴッド
3. ヘルストーム

1. は、対戦車用に開発された、誘導型クラスター爆弾ともいうもの。SFWは、1万メートル以上の高度から投下された後、40個の子爆弾を放出し、それらの子爆弾に搭載された熱センサーが目標を探知して個別に攻撃する。目標をロックオンした子爆弾は空中で起爆して、自分の形を弾丸状に変えてから着弾（自己鑄造弾）する。このSFWは、実際、イラク戦争で使用され、多大な戦果をあげたという。

2. と3. は、タングステンなどの重い金属を弾頭に持つただの棒、又は小片をばら蒔くというもの。2. のローズ・フロム・ゴッドは、現在の計画では、長さ6メートル、直径30センチのタングステンカーバイト棒を衛星誘導を使って、毎秒3700mで命中させるというもの。その命中精度は7.5mで、貫通能力は地下9mに及び、強化掩蔽壕（えんぺいごう）でさえ破壊すると言われている。

ローズ・フロム・ゴッドは、CSMの弾頭だけでなく、攻撃衛星に積んで、宇宙空間から攻撃するという案もあるらしい。

3. のヘルストームは、今度は、マッハ20以上の速度で、約24,000平方mの範囲に数千発の様々な大きさのタングステン片を均一に散布するタイプで、広域破壊兵器といえる。ここまできると、もうSFも真っ青の世界であって、実戦配備された暁には、他国はアメリカに正規戦では、全く手が出せなくなる。こうした兵器を発想し、開発・配備できる国と同盟を組んでいる、という意味を日本はしっかりと自覚すべきだろう。

## F 2 2 と F 3 5 はガンダムとジムくらいに違う

---

島国の日本で、領海の制空権、制海権を持つことはとても重要。相手国を占領しようと思えば、最後には陸軍が必要になる。上陸して、政府中枢機能を抑えるだけの最低限の兵が要る。

今も昔も大量の兵を上陸させるには、船を使うしかない。輸送機や潜水艦では大量の人は運べない。

したがって、日本を守る側としては、離れ小島は別として、最低限、日本に敵を上陸させてはいけない。その為には、制海権と制空権を握っておく必要がある。

相手の船を沈める為には、対艦ミサイルを積んだ戦闘機と相手の戦闘機を蹴散らす制空戦闘機が必要になる。次期主力戦闘機の選定問題がここに絡んでくる。

なぜかという、もしも韓国が北朝鮮によって併合されてしまったら、韓国軍の武器弾薬一式がまるごと北朝鮮のものになってしまうから。

北朝鮮空軍のM i g - 2 3 とか、M i g - 2 9 は合わせても80機くらいしかなく、その程度であれば、現状の空自の戦力で十分対応できるけれど、もしも韓国軍の装備一式が北朝鮮に接取されてしまえば、韓国空軍のF 1 6 が130機、そして更に、自衛隊の主力戦闘機と同じF 1 5 が39機がこれに加わることになる。

まるで、将棋で飛車を取られた直後に、その飛車をいきなり打たれて攻めてこられるようなもの。

航空自衛隊はついこの間まで、次期主力戦闘機としてF 2 2 を候補に考えていたのだけれど、アメリカはF 2 2 の輸出禁止を決めていて、その代わりにF 2 2 同様にステルス能力を持つF 3 5 を勧めている。

F 2 2は、第5世代の戦闘機と呼ばれていて、そのステルス性能が注目されているけれど、そこに使われている技術や性能を見ると、現代のゼロ戦と呼ばれるに相応しいものを備えているとっていい。

F 2 2はF 1 6、F 1 5、F 1 8と模擬戦闘をして、1 0 0戦無敗。しかもその結果はF 1 5相手に1 4 4機撃墜、損害0。F 1 6相手でも2 4 1機撃墜、損害2と圧倒的。

特に、超機動性と呼ばれる高い運動性能は他を寄せ付けない。上昇しながらの方向転換（Jターン）とか、水平姿勢を保ったままの急旋回（ペダル旋回）、速度の急変更なんて仕様は、ほとんどゼロ戦の格闘戦時の運動性能を彷彿とさせる。ゼロ戦も大戦初期では、その運動性能、航続距離で他国を震撼させ、絶対に戦ってはいけない、見つけたら逃げろと言われていた。F 2 2もその性能をみると同じかそれ以上の隔絶した性能を備えてる。

F 2 2は、ステルス性を考慮して継ぎ目や凸凹のない機体設計がなされているけれど、これなんかもゼロ戦に沈頭鉾と呼ばれるネジ頭が飛び出さないリベットを使って空気抵抗を減らした工夫と同じだし、滑らかな機体を実現することで航続距離を伸ばしているところなんかもゼロ戦と同じ。

またF 2 2は推力の高いエンジンとステルスによる空気抵抗の小ささによって、アフターバーナーなしでもM 1 . 7以上の超音速飛行が可能とされている。

アフターバーナーは、ジェットエンジンの排気にもう一度燃料を吹きつけて燃焼させ、高推力を得る装置のことで、5 0 %程度の推力上昇が期待できる半面、それだけ余分に燃料を必要とする。F 1 8を例にとると、アフターバーナー使用時の燃料消費量は2 . 1 5倍。連続使用時間も1 5分以内と制限がある。

F 1 8の巡航速度はマッハ0 . 8くらいで、通常は音速を超えては飛ばない。アフターバーナーを使ってようやくマッハ1 . 8。

これまでの戦闘機はマッハ以上の速度を出すには、アフターバーナーなしではほとんど不可能。だから、いくら最高速度がマッハ2だの、マッハ2.5だのいったところで、ほんの少ししか使えない一時的な最高性能にすぎなくて、実使用上の性能じゃない。

したがって、作戦行動が取れる時間と質を考えると、F22が持つ超音速巡航（スーパークルーズ）機能は、現行機に大きく差をつける要素になっている。

では、そんなスーパーなF22とF35では何処か違うかということ、エンジンの推力差が一番の違い。F22は双発エンジンを積んでいるのに対してF35は単発エンジン。F22の超機動性や超音速巡航機能はそのエンジン推力の大きさに拠るところが大きいから、諸元性能でもエンジンに依拠した差が出る。

F35には超音速巡航（スーパークルーズ）機能はない。

それでもステルス性とか基本設計思想はF22と同じだから、F35だってF22を除けばユーロファイターと並んでほぼ世界最強の戦闘機と言っていい。

もともとF35は開発費を抑えるために、各国の次期新型機の開発を一本化して各国の要求を満たす共通の機体として共同開発をしている経緯もあって、汎用性が高い仕様になっている。

アメリカ空軍はF16やA10-Aの後継機として、アメリカ海兵隊はF/A-18の後継機として、そしてイギリスはハリアー戦闘機の後継機として開発しているから、F35は通常離着陸型、短距離離陸・垂直着陸型、艦載型の3タイプを製造出来るように単座、単発機の開発計画を持って進められている。

その意味では、F22は格闘戦に重きを置いたスペシャル仕様で、F35は何でもかんでも使える汎用性の高い（マルチロール）仕様だと言える。

基本設計思想が同じで、実仕様はスペシャルと汎用量産型という関係は、無茶な例えだけれど、アニメのガンダムとガンダムの量産型で雑魚キャラのジムのそれに近いようにも思える。アメリカは世界各国にジムを売り込んで、日本はつい最近までガンダムを欲しがった。どちらがいいかは、それを実際にどう使いたいかによるのだろう。

アニメ作品中のガンダムは殆ど無敵の強さを発揮していた。F22の強さを"ガンダム"だとすると、F15やF16なんかの現行戦闘機はあっという間にやられてしまう雑魚キャラになる。それくらい性能が違う。

今、イギリスなどは日本に対して、4カ国共同開発の新型戦闘機である、ユーロファイターを猛烈に売り込んできている。

ジェット戦闘機は1940年代に初登場したジェット戦闘機を第1世代として、現在最新のF22までの第5世代までに分類されている。おおよその分類と代表機種を次に示す。

世代	年代	特徴	代表機種
第1世代	1950～1950	亜音速	F86F, MIG-17
第2世代	1950～1960	超音速	F100, MIG-21, ミラージュIII, サブ35ドラケン
第3世代	1960～2000?	超音速	F47ファントムII, MIG-25, ミラージュF1, 三菱F-1
第4世代	1980～2010?	多目的	F14, F15, F16, MIG-29, Su-27, ミラージュ2000, J11A
第4.5世代	1990～2020?	高機動	F15E, F18, Su-33, ユーロファイター, 殲10, 三菱F-2
第5世代	2000～2025?	ステルス	F22, (F35, Su-47, 心神)

ユーロファイターは、イギリス、イタリア、スペイン、ドイツの四カ国が共同開発した戦闘機で、第4世代と第5世代の中間に位置づけられていて、第4.5世代戦闘機に分類されている。

とはいえ、第4.5世代の第5世代との差はステルス性くらいであって、武器積載量なんかは第5世代を上回っている場合さえある。これは、第5世代戦闘機がそのステルス性を確保するために、武器弾薬を機体内に納めたという理由に拠る。

ユーロファイターとF22の緒元性能を比較すると、空戦能力もF22に次ぐとされ、ステルス性くらいしか大きな差は見当たらない。F22と比べれば速力は劣るものの、全備重量でマッハ1.3の超音速巡航(スーパークルーズ)も可能だという。

ステルスといっても全くレーダーにキャッチされないというわけじゃない。距離がうんと近づけば通常レーダーでも探知されてしまう。

レーダーは自身から発したレーダー波が、対象物体にぶつかって反射した信号をキャッチすることで探知する仕組みだから、ステルスは基本的に、自機に向かってくるレーダー波を吸収するか、そのまま反射させずに横方向とかに散らすことを基本コンセプトにしている。

だからステルス戦闘機は、向かってきたレーダー波を180度反射させないようにレーダー波に対して垂直になる面を極力さける形状をとることになる。尾翼なんかをわざと斜めに取り付けたりするのなんかはその例。

また、レーダー波を吸収するような特殊な素材を使ったり、電波を吸収する性質を持つ塗装を施したりする。その反面、機体の僅かな傷とか塗装の剥げなんかにも気を使わなくてはならなくなって、メンテナンスが大変になる。

今では、ステルス能力を示すのに、RCS (Radar cross section)という指標が良く用いられる。RCSとはある物体をレーダーの電波で捉えたときに、その電波の反射波が発信したレーダーに戻ってくる部分を面積で表したものの。

F15のRCSは6㎡であるのに対して、F22のRCSはわずか0.01㎡で600分の1。レーダーの探知距離はRCSの4乗根に比例するとされているから、F22はF15と比べて大よそ5分の1の被探知距離しか持っていない。更に付け加えるなら、F22の正面のRCSはなんと0.0001~0.0006㎡であり、小鳥か昆虫と同レベルだという。

無論、ステルス対策自身は、ユーロファイターにも施されてはいる。けどそれは、電波吸収材の使用などによる前方からのRCSの低減に特化している。よって、空戦のように正面の敵機からのレーダー探知には威力を発揮するけれど、地上からのレーダー探知みたいに正面以外からのレーダー波には弱い。

ユーロファイターのRCSはトーネード爆撃機の4分の1以下で、F18スーパーホーネットのRCSである約1.0㎡より小さいとされている。仮にユーロファイターのRCSを1.0㎡と仮定して被探知距離をF22のRCSの0.01㎡と比較すると、ユーロファイターはF22の約3倍の被探知距離になる。尤も正面RCS同士で比較すると彼等の被探知距離6.4~10倍にまで広がってしまうから、相当に差があると見ていいだろう。

いずれにせよ、これを致命的とみるかそうでないとみるかが一つの指標になるように思う。

F22が眼前に迫るまでレーダーで捉えられず、逆にF22からは攻撃されるということは、F22と空戦をする戦闘機はほぼ一方的にやられてしまうことになる。

実運用面を別として、世界一の性能を持つF22に関しては、導入するだけで発揮する効果がある。それは、その圧倒的性能を見せつけることで相手の侵攻意欲を挫くこと。

F22を配備することができれば、制空権はほぼ掌握できるから、敵国は、ミサイルは別として、おいそれと通常戦力では攻撃できなくなる。

## 自衛隊がF 2 2を持つ意味

---

海岸線が長い日本において、敵兵の上陸を阻止するには、足の長い戦闘機が要求される。航空自衛隊の飛行場が全部使用可能であればいいけれど、たとえば、敵国の先制ミサイル攻撃かなにかでいくつかの飛行場が使用不能になっていたとしたら、別の基地から救援に飛ばなくちゃいけない。最低でも日本列島を往復できるくらいの航続距離は欲しい。しかも即救援にいけるためには、巡航速度もうんと速い方がいい。

だから、スーパークルーズ機能がある機種のほうが望ましい。F 2 2とかユーロファイターとか。

特にF 2 2は格闘戦闘力は他を寄せ付けないから性能的には申し分ない。

F 2 2は1機でF 1 5を同時に5機相手にできるといわれている。すなわちF 2 2を100機持てば、格闘戦においてF 1 5が500機あるのと同じだということ。

仮にF 2 2の戦闘力を別機種との模擬戦闘結果をベースに見積もったとすると、対F 1 5、対F 1 6の模擬空戦成績は、対F 1 5で、144機撃墜して損害なし。対F 1 6では241機撃墜して、損害2機だから、およそ150から250倍の戦闘力があると言える。

この戦力比の圧倒的な差は、パイロットの養成を考えるとこの上なく大きい。とくに隣の人口大国のように人だけはやたらいる所とは違って、自衛隊の人員は不足してる。ましてやパイロットとなったら言うまでもない。

だから、たとえば、F 2 2を100機調達して、そのパイロットを養成できれば、戦力比をそのまま掛けると、およそ15000機のF 1 5に相当する戦力を持つことになる。

中国空軍は、最新鋭のSu-27/Su-30MKKシリーズを300機以上持っていると言われているけれど、仮にそれが3000機になっても十分対応できる。

確かに、格闘戦になれば撃墜される可能性はゼロじゃない。だけど、実際の戦闘では、いちいち格闘戦をしなくたっていい。相手機が探知できない距離から、ミサイルをぶっぱなして反転離脱すればいいだけのこと。それを何回か繰り返せば、ほぼ無傷で勝てる。イラク戦争でアメリカ空軍が使用した精密誘導弾のような使い方をするだけ。

仮にもし、F22が駄目でユーロファイターにするのなら、パイロットの養成および自衛隊の人員拡充の可能性をも考えておかななくちゃいけない。場合によっては徴兵制だってあるかもしれない。

北朝鮮空軍だけが相手なら、自衛隊の現行戦闘機で十分対応可能だけれど、韓国を併合して、韓国のF15やF16を分捕った統一半島軍とか、毎年10%以上の軍拡を続けている中国が相手となるとそうはいかない。ただでさえ数で負けているのに、質でも負けようものなら完全に勝ち目はなくなってしまう。

もしもF22が輸出許可されたとしても、その値段は一機250億とも言われていた。100機で2兆5千億。それでも定額給付金程度。それに、戦争の危機が迫って、株価が暴落したら、2兆円、3兆円なんてあっという間に吹っ飛ぶ。それを考えたら、F22調達にたとえ10兆円使っても安い買い物だったと思う。

現在の自衛隊の装備のままで、韓国を併合したで統一北朝鮮軍と空戦をすることになったら、旧韓国軍のF16やF15Kと、空自のF4、F15、F-2が戦うことになってしまう。双方の機体の性能はほぼ互角、機体数も同じくらいだから、かなりの被害がでることを覚悟しなくちゃいけない。

北朝鮮が韓国を併合することは、日本の安全保障を根本から揺るがす程の事態を引き起こす事を知っておくべき。だから、結局のところ、F22を導入できなかったとしても、ユーロファイターなり、何なり、第4.5世代か第5世代の主力戦闘機の配備を急がないといけない。残された時間はあまりにも少ない。

F22とF35は同じステルス機でも、前者は格闘・制空戦に秀でていて、後者は汎用型（マルチロール）という違いがあり、ガンダムとジムほどに違うとは先に述べた。

もちろん、F35も優れた機体ではあるのだけれど、何に使うのか、という目的によってその良し悪しは変わる。

F35はアメリカとイギリス、イタリア、オランダ、オーストラリアなどによる共同開発の機体で、大きく3種類ある。

1. F35A 通常離着陸：F-16の後継機及びF22の補佐機 航続距離：2,220 km
2. F35B 短距離離陸・垂直着陸：ハリアー後継機 航続距離：1,670 km
3. F35C 艦載型：F-18後継 航続距離：2,220 km

F35Aがベースとなる基本形で、F35Bが小型空母艦載向け、F35Cが正規空母艦載向けといったところになるうか。

ただ、F35に正式採用になったとして、防衛省がどのタイプのF35を選定するかによって、日本の防衛に関する考えが見えてくる。

日本のように専守防衛を則とする国家だと、相手が日本の領空に接近してきて始めて、その要撃に出撃することになる。領空侵犯に対する要撃を考えたとき、スクランブルからいかに素早く接敵できるかが鍵を握るから、日本の制空戦闘機に求められるのは、離陸してから高高度到達までの上昇速度の速さや航続距離の長さ。

空自の主力戦闘機であるF15の航続距離は巡航速度で3,450 km、燃料の増槽タンクをつければ、4,630 kmにもなる。海面上昇率は15200m/minで、2万mまで2分3秒、3万mまで3分18秒で到達する。

同世代の他国戦闘機と比べても、上昇率こそ劣るものの、航続距離の長さは群を抜いている。これは海岸線の長い日本では必要とされるもの。

その点、F35は航続距離において不安がある。また、エンジンが単発だから、F15のように双発エンジンを積んだ戦闘機と違って、片方が壊れても、もう片方で飛ぶなんてことができない。

ただでさえ、人員が少なく、ましてやパイロットが貴重な空自にとって、これは不安材料。

であれば、まだ航続距離が巡航で3,706 kmあり、双発エンジンで、スーパークルーズも備えたユーロファイターがよさそうに思うのだけれど、F35にするというのであれば、致し方ない。

ただ、もしかしたら、防衛省は別の可能性も念頭においているのかもしれない。それは将来、日本も空母を持つ構想があるということ。

もしも、空母艦載形のF35BかCあたりを選定するのなら、選択肢としてそれを持てることになる。

空母を持つことは、莫大な金がかかるけれど、軍事プレゼンスおよびシーレーン防衛に大きな力にはなる。

## 空母型護衛艦「ひゅうが」

---

2009年3月18日、ヘリコプター空母型護衛艦「ひゅうが」が横須賀基地に配備された。

「ひゅうが」というと、旧帝国海軍の伊勢型航空戦艦の式番艦「日向」を連想するむきも多いだろう。護衛艦の扱いだけど、実運用は空母としての機能も果たすから「ひゅうが」と命名したのだろう。適切なネーミングではないかと思う。

「ひゅうが」は全通甲板を持つ海上自衛隊最大の護衛艦。護衛艦となっているけれど、見た目は小型の空母にしかみえない。

満載排水量は推定18,000t。哨戒ヘリコプターを搭載しての潜水艦駆逐を主な任務とし、艦隊旗艦としての通信能力や居住性も考慮されているそう。大規模災害時の海上基地としての機能も盛り込まれているというから、地震などでも救援活動にも威力を発揮するように思われる。

また、全通甲板があるのだから、いっそのこと垂直離着陸戦闘機でも積んで本当の空母にできないか、との声もあるようだけれど、空母としては規模が小さすぎて離発着が難しいのと、それ以前に寄せられる機数が少ないので通常空母としての戦力にはならないようだ。

とはいえ、対潜ヘリコプターを搭載するヘリ空母があることは、制海権確保という意味では大きな意味を持つ。

ヘリ空母があると、潜水艦を監視できる範囲が広がるし、基地から対潜哨戒機かなんかで索敵することに比べてさらに自由度が広がる。

これに対抗しようとする、ヘリ空母の行動範囲内の制空権を確保して、対潜ヘリを追っ払うだけの航空戦力を持たなければならなくなるのだけれど、戦闘機を搭載するためには、離発着に耐える強度や十分な甲板の長さ、カタパルトなどの設備が必要になってくる。

戦闘機を搭載するには、どうしても中型～大型規模の排水量6万トン以上の空母が必要だとされている。

中国が建造を計画している空母は甲板長320メートル、幅70メートルで排水量は6万トンと言われているから、戦闘機の搭載も視野に入っているのだろう。

とはいえ、空母に艦載機を積んだだけで、直ぐに実運用できると思うのは少々甘い。

空母はひらたく言えば、海上にある飛行場だから、地上の航空基地と同じレベルのことができないと意味がない。それは何かといえば、当たり前なことだけど、艦載機が離発着できて、燃料補給ができて、整備その他のメンテナンスができること。こうした機能を船の中に持たせたのが空母。

だけど空母はあくまでも船だから、飛行場のように1kmもあるような長い飛行甲板は持てないし、積める燃料や整備部品にも限りがある。それに一旦海上作戦行動に出たら補給も十分にはできなくなってしまう。

今の戦闘機は第二次大戦期のころのものに比べて何倍も重くなっているから、離陸するのに必要な滑走距離は長くなるばかり。

因みにゼロ戦の全備重量は2,743kg、グラマンF6Fヘルキャットの全備重量は5640kg、当時のアメリカ空母『ヨークタウン』の全長は247メートル、帝國海軍空母『翔鶴』の全長は250メートルであったのに対して、現在のアメリカ海軍主力艦載機『F/A-18ホーネット』が16,651kg～23,541kg、空母『キティーク』の全長は318.5メートルとなっていて、艦載機の重量が3～4倍になっているのに、空母の全長は1.3倍程度。

艦載機の重量増に対して、空母はそれほど大きくなっていない。だから離陸に必要な滑走距離の不足を補うために、カタパルトなどの加速設備や、スキージャンプ勾配を設けたりしている。

そういった制約の中で艦載機を積んだ通常空母を運用しようと思ったら、地上基地と比較して全然短い飛行甲板でも離発着できるパイロットを訓練して養成しなくちゃいけないし、限られた予備部品で整備ができる優秀なスタッフも揃えないといけない。どこかの国のように戦闘機の稼働率が50%しかない整備力しかない、実質戦力は搭載艦載機の半分になってしまう。

空母は金も人もかかる。

米海軍原子力空母(Carrier Vessel Nuclear)のミニッツ級を例にとると、建造費だけで4500億円、維持・運用費用は年間400億円。先頃退役した原子力を動力としないキティホーク級(排水量6万トンクラス)ですら、艦自体の建造費が約2500億円、維持運用コストが年間300億円弱という。海上自衛隊の「あたご」級イージス艦の建造費が約1400億円であったことを考えるとべらぼうに高い。

また、空母の人員をとっても米空母の場合、1隻の乗員は航空団合わせて5000~6000人必要だし、常時安定運用するのに最低限必要とされる3隻を保有しようとなると、もっと人員が必要になる。

イージス艦一隻の乗員数は300名くらいだから桁が違う。海上自衛隊は陸海空最小の約4.2万人、予算約1.1兆円の規模だから、正規空母を持つということがどれだけ負担になるか火をみるより明らか。

中国だったら人数の問題はなんとかなるかもしれないけれど、それでも経済的負担は結構なものになる。

中国の2009年度(1-12月)国防予算は前年度実績比14.9%増の4806億人民元(約6兆9000億円)とされている。常時12隻の空母を就役させているアメリカの軍事費が4500億ドル(約53兆円)であることを考えると、7兆円規模の国防予算では4隻の空母を建造して運用するにはまだ足りないだろう。実際は中国の軍事予算は、もっと多くてその2~3倍はあるという観測があるけれど、空母運用を本気で考えているとするとあながち的外れじゃない。

そのような国防予算負担に中国がいつまで耐え続けられるのかは分からないけれど、中国の軍備増強の牽制としてインドが初の国産軽空母の建造に乗り出すという。

日本は、インドと密接な連携をとりつつ、ヘリ空母による対潜哨戒能力を向上させて、現有および次期支援戦闘機によるヘリ空母のカバーをどうしていくかなどの実運用能力を磨いておくのが得策ではないかと思う。

## 第7章 日本の安全保障と国家モデル

## 軍事力による平和

---

前章では、軍事技術の進展について考察してみたけれど、昨今の日本周辺の状況は風雲急を告げている。

軍事技術の発展は、自国民を一人も死なせないで相手国民のみを殺す戦争を可能にしつつある。近いところでは、湾岸戦争とかイラク戦争などはそれに近かったと言える。

アメリカ空軍が相手の攻撃が届かないロングレンジから誘導ミサイルを撃って一方的に攻撃していた。アメリカはイラク相手に空爆だけしていたら、自国民を死なせることは殆どなかっただろう。犠牲者が増えたのは、占領後のテロ攻撃によってだった。

湾岸戦争でのアメリカ軍のM1戦車とイラク軍戦車のキルレシオは540:1とも言われている。これは、M1戦車を1台で、イラク軍戦車540台を破壊できることを意味している。

兵器性能の圧倒的差があれば、自国民を一人も死なせないで相手国民のみを殺す戦争も理論的には可能になる。今や無人爆撃機グローバルホークに代表される、無人機の開発も進んでいる。

他国に対して、性能で圧倒する兵器を配備するだけで抑止力は高まる。勿論、兵器である以上、金は掛かるし、使わないに越したことはないのは当然なのだけれど、「あるけど使わない」と「無くて使えない」では抑止力という意味において天と地ほどの差がある。

こうした軍事技術を要する軍隊を持つ国の政治家は、どうあるべきだろうか。

日本の平和ひいては、東アジアの平和を政治家の立場として考えてみるとどうなるか。進歩する軍事技術に対して私達はどうあるべきなのか。本章では、これについて考えてみたい。

軍隊は別に「悪の手先」ではない。軍隊が、国民にとって、悪の手先になるか、守護者になるかは、統制者の判断に依る。

軍は、軍の最高司令官の指揮に従うけれど、その指揮官がどういう断を下すかで聖にも邪にもなる。

天安門では、人民解放軍が中国人民を多数殺したけれど、これは悪の手先になった例。逆に、阪神大震災では、自衛隊が救助活動に尽力したのは、聖となった例だといえる。だけど、どちらも最高司令官の命令がなければ、軍は動けない原則がある。

2010年の春に発生した、宮崎口蹄疫で私達が体験したように、政治がきちんと判断して命令しないとんでもない事態を招いてしまう。

命を奪うも護るも、国防の在り方と指揮官の判断で決まる。備えがしっかりとして、軍事の天才が指揮をとれば、どう見ても勝ち目がない、即ち、国民の命が奪われるしかない場合でも、それを防ぐことだってある。

日本海海戦で、東郷率いる日本艦隊はバルチック艦隊を破ったけれど、バルチック艦隊は壊滅したにも関わらず、日本側の損害はごく軽微で、「パーフェクトゲーム」と呼ばれるくらい完璧な勝利だった。

指揮官の資質と判断はとても重要であることは論を待たない。人の生死に直結する。

民主主義には、権力の専横を防ぐ機能があるけれど、それを軍という物理強制力にも適用させるための前提として、シビリアンコントロールがなければならない。

だけど、そのシビリアンのトップを選出するのは国民だから、軍の統治者は国民でもある。したがって、国家組織たるはずの軍が戦争に従事することがあるとすれば、そういう断を国民自身が下していることになる。どこか別の専制者がさせているという訳ではない。

だから、民主国家の国民は死にたくなかったら、簡単に戦争をしでかすような文民を選んではいけないし、逆にまた、戦争をしたくないが故に、何もせずに降伏して隷従を選ぶ文民を選ぶのも問題がある。

軍隊をシビリアンコントロール下に置いている国家では、政治家のトップ、つまり首相は、自国軍の最高司令官でもある。だから、軍の存在をまるっきり無視することはできない。

軍の存在を無視するという事は、自ら最高司令官であることを放棄することになる。これは文民統制を自ら否定することになる。

だから、政治家、特に最高司令官でもある首相は、自国軍の特性、能力を十分に理解した上で、更に政治家としての判断と手腕によって国家の平和と繁栄を守らなければならない。

ここで、平和の定義について、少し考えてみたい。

仮に、軍というものが全く存在しない、所謂「草食動物しかいない世界」は別として、軍という物理強制力を国家が保持している世界において、「平和」というものがどう定義されるかということ、筆者は「戦争していない状態」がイコール平和(=平和維持状態)である、と考えている。

朝鮮半島は、先般、北朝鮮による砲撃で緊張状態にある。1960年の朝鮮戦争から現在までの50年を「平和」だったということも出来るけれど、あれだって、一時休戦、つまり戦争をしてないだけの状態であっただけだと証明された。

軍事力によって、「戦争をしていない状態」というものを、如何にして作り出すのか、といえば、大きくは2つある。

ひとつは「逆らえない平和」、もうひとつは「睨み合いの平和」。

「逆らえない平和」とは、文字どおり、軍事超大国による一極支配による平和のこと。近年でいえば、パックス・アメリカーナがそれに当たる。

そして、「睨み合いの平和」とは、軍事力均衡による、戦争抑止状態、巷でよく言われるところのバランス・オブ・パワーのこと。

そして、今は、例のサブプライムに端を発する金融危機や、アメリカそのものの経済力の陰りもあって、「パックス・アメリカーナ」から「バランス・オブ・パワー」に移行しつつあるのではないかと、筆者は思っている。

軍事は兎に角、金がかかる。特に軍事的優位を確保するための、絶えざる兵器開発・配備に兵の補充と訓練。近代戦になればなるほど、莫大な金が必要になる。

アメリカの軍事予算は、年間60兆円もある。日本の年間税収の2倍も使っている。そのうちの何割だか、何パーセントだかは分からないけれど、その一部は、日本を含めた東アジアの平和維持のために使われている。

それに対して、自衛隊の予算は全部で5兆円ほどだから、もしも、在日米軍が全面撤退した場合には、日本の国防予算は確実に、かつ爆発的に増えることはほぼ間違いない。

これは、東アジアの軍事力均衡状態に持っていく、すなわち、「睨み合いの平和」によって、平和維持を行なうという場合になるけれど、もちろん、もう一つの「逆らえない平和」による平和維持も当然有り得る。

つまり、アメリカを除いた東アジアのどこかの国が、軍事力を拡大して東アジアを一極支配する、ということ。

では、どの国が、東アジアを一極支配するほど軍事力を拡大し得るか、といえば、それはもう言うまでもない。日本では絶対ない。日本にそれだけの力はない。

経済、兵員、その他を考えると、東アジアを支配するだけの基地を建設して、第7艦隊並みの海軍を持つなんて、ちょっと無理だろうと思われる。

日本がアメリカと戦争しても負けないくらいの軍事力を持たない、又は持てない場合には、日本が選択できるのは、アメリカによる「逆らえない平和」か、別の軍事大国による「逆らえない平和」、そして「睨み合いの平和」の3択しかない。現実問題としてそうになってしまう。

もしも、日本がアメリカによる「逆らえない平和」を放棄して、なおかつ「睨み合いの平和」も選択しないとするならば、後は、アメリカ以外の軍事大国による「逆らえない平和」の中に組み込まれるしかない。

だから、これは、大きく言えば、日本がそういう選択をして、それでよいのか、という問題に行き当たる。

筆者は「我儘で乱暴だけれど自由と正義を標榜する国」による「逆らえない平和」か、「友好ばかり口にするけれど、政府批判は弾圧して、民族浄化するような国」による「逆らえない平和」かのどちらかを選べ、と問われたら、文句なく前者を選ぶ。

アメリカによる「逆らえない平和」を選択した場合は、アメリカ自身が昔ほどの力が無くなってきているから、東アジアは序々に「睨み合いの平和」に移行すると予想される。

今、アメリカは、その「睨み合いの平和」のための軍事力の一部を、当事国に受け持って貰いたいと考えたならば、日本を含め、同盟国に色々と負担を求めてくることになる。

その視点からみれば、アメリカの軍事再編ロードマップも、なるべく自国の負担を減らしつつ、平和維持のための方策を模索しているといえる。

普天間は、嘉手納のバックアップ飛行場でもあるし、国連軍指定基地でもあるから、東アジアが「睨み合いの平和」に移行する以上、その戦略的価値が高まることはあっても、下がることは有り得ない。

そうしたことを考えると、一番現実的かつ、安上がりには日本を守ろうとすれば、アメリカ軍には居て貰ったほうが良い。

## ODAは肉食動物を太らせた

---

もうひとつ、政治的論理による平和維持、すなわち、外交努力による平和維持の模索、こうした観点がある。

これは、要するに、みんな草食動物にしてしまえ、ということ。

皆がみんな「争い」なんて考えたこともない、そんな言葉聞いたこともない、「戦争？何それ、おいしいの？」くらいにまでなってしまうえば、戦争など起きるわけがない。

自然界でもそうだけれど、争いが起こるときというのは、大抵の場合は、餌が無くなったときと相場が決まっている。

勿論、国内の不満があるときにそれを逸らす意味で、軍事行動や威嚇行動をすることはあるけれど、ほとんどは、国民が飢えたときに、他国への軍事行動を起こす危険がある。

腹が減ったら獲物を探して、餌にする。生きるためには仕方がない、そういう論理。

けれど、肉食動物であっても、腹が満たされている限り、狩りをするわけでもない、というのもまた事実。ライオンだって、満腹のときは狩りなんかせずに、寝そべったりなんかしている。

これを現実問題に当てはめるとどうなるかというと、身も蓋もない言い方をすれば、「バラマキ」をすること。要するに、他国へ経済援助をバンバンやるということ。相手を満腹にしてやれば、襲ってこないだろう、という理屈。

けれど、これは、これまで日本がODAとして、散々やってきたこと。

日本は、世界各国に対してODAを何十年もやってきたけれど、それによって、世界のどの国が「草食動物」になったのかを考えてみると、「草食動物」になったのもあるかもしれないけれど、「肉食動物」のまま変わらなかったのもある、というのが現実の姿だと直視する必要がある。

日本から遠く離れた、アフリカだとか、中東だとか、近いところでは東南アジアなどもそうだけれども、彼らは、日本に対して非常に友好的。

それは、ODAによって腹が満たされたからというのもその理由のひとつであることは疑い得ない。その意味では、このやり方は成功したといえる。けれど、それが通じなかった国もまたあることも、認めなければいけない。

日本は特に、隣の中国に対して沢山の餌をばら撒いてきたけれど、中国はODAの餌をたらふく食べては、ミサイルも作っていた。日本は、中国という「肉食動物」にせっせと餌をやっては、肥え太らせていった結果を自ら招いた。

そんな肉食動物が、なぜ日本に襲い掛かってこなかったかというと、その理由は2つある。

ひとつは、日本も庭先に最強の肉食動物を飼っているということ。もうひとつは、日本自身もほんの60年ほど前までは、最強の肉食動物であった、ということ。

日本が今、飼っている肉食動物とは、言うまでもなく、在日米軍のことだし、日本自身も、かつて、大日本帝国と呼ばれていた頃は、アメリカ以外には負けたことのない、最強の肉食動物だった。

それがあるがために、現在の肉食動物である中国も、迂闊に手を出せないでいる。（民主党政権になって、味見的に尖閣に手をだしてきたが。）

その一方、そんな相手を刺激するような真似なんかしなくても、経済交流を活発にして友好関係を築けばいいじゃないか、という考えもある。

確かに友達になってしまえば、襲われることはない、というのはそのとおり。だけど、たとえば、腕力に自信のあるガキ大将が、絶対に逆らうことのないと分かっている金持ちの友達を持ったとしたら、かなりの確率でお金をたかる事になるだろうというのは、容易に推測できる。。

いわば、ドラえもんでいうところの、ジャイアンに対するスネ夫かのび太のような関係。

いくら友達になったとしても、その相手がジャイアンだったとしたら、のび太のままでは、ヤラれ放題になってしまう。だから、それでいいのかどうか、今の日本は、その選択を問われている。

日本はこれまで、アメリカというジャイアンに対して「こころの友よ」の関係を作ることで、守って貰っていた。

そのジャイアンに出て行けと言ったとして、代わりのアテがあるのかというと今はない。中国を「新しいジャイアン」にすればいいという意見もあるかもしれないけれど、その隣の「新しいジャイアン」が「きれいなジャイアン」である保証はない。

とすると、今のジャイアンが、まだ「こころの友」でいてくれるうちに、自分がジャイアンになるくらい鍛えるか、それが出来なければ、圧倒的軍事的優位を確立する技術力の開発と配備しかない。つまり、日本がドラえもんの「ひみつ道具」を作ってしまうという選択。

日本がいきなりジャイアンになる、なんて言ったら、中国は益々いきり立ってしまうだろう。故に、アメリカというジャイアンと「こころの友よ」の関係をがっちり維持しつつ、時にはジャイアンの「ジャイ子の悩み相談」でもしてやって、その裏で、こっそりと「ひみつ道具」を開発しておくのが得策ではないかと思っている。

## アメリカの強さの源泉

---

一方、ジャイアンにとっては「こころの友」でも、「こころの友」に認定されたほうにとっては、迷惑この上ない。

アメリカをジャイアン、日本をのび太だと仮定してみると、現実にも、似たようなことは起こっていると言える。

例えば、ジャイアンリサイクル(米国債)の切符を押しつけられたり、貸した本(バグンチ)を返してくれと言っても、中々うんと言わなかったり、挙句の果ては「いつ返さなかった、永久に借りておきただぞ」といわれたりしているかもしれない。

今の世界には、アメリカに無理矢理言うことを聞かせる、所謂、「ジャイアンの母ちゃん」にあたる存在は居ない。では、日本という「のび太」はアメリカという「ジャイアン」とどうやって付き合っていくべきか。

それを考える前に、アメリカというジャイアンの強さについて、少し見てみたい。

まず、アメリカというジャイアンの強さは、その腕力、即ち、軍事力だけではない、という点は、ポイントとして忘れてはならない部分。

ドラえもんの中のジャイアンは、「ジャイアンズ」という野球チームを作っているけれど、あれと同じで、アメリカは自分のそばに、価値を有む色々な仲間を呼び寄せては、集めている。

手先が器用なものもいれば、勉強ができるものもいる。お金持ちもいれば、身体能力があるものもいる、という具合に、総体として、ありとあらゆる分野のトップがアメリカには集まっている。

それゆえに、アメリカは、経済力、文化・学問、で世界のトップを走っており、それがまた、アメリカの力の源泉にもなっていることは認めざるを得ない。

なぜ、そんなことができるかといえば、能力や才能ある人をそれなりに遇することができる、つまりこれは、と思う人物や研究になら、大枚をはたいてでも呼び寄せる、そうした懐の深さがあるから。

たとえば、研究学問分野ひとつとっても、見込みがあると思う研究には、ドバツと予算をつけて、好きなように研究できる環境を整えている。だから、腕に覚えのある人は、皆アメリカに行きたがる。

そのお陰で、アメリカの学問分野での実績には目覚しいものがある。

一例として、ノーベル賞の国籍別の受賞者数はのトップ10を上げると、次のとおり。

## 国籍別の受賞者数

### 全部門

#### 順位 国 受賞数

- 1 アメリカ合衆国 305
- 2 イギリス 106
- 3 ドイツ (+ 東ドイツ) 80
- 4 フランス 54
- 5 スウェーデン 30
- 6 スイス 22
- 7 ロシア (+ソビエト連邦) 19
- 9 日本 15
- 9 オランダ 15
- 10 イタリア 14

(Wikipediaより引用)

一覧してお分りのとおり、アメリカの受賞者数が群を抜いている。これも、それだけの研究環境とそれだけの頭脳を集めているからこそ可能なこと。

ドラえもんの中のジャイアンも、自分のチームを強くするために、野球のできる子をスカウトしたりとかしているけれど、いつも自分が一番のジャイアンとて、野球の上手い子は4番に据えたり、エースにするくらいの「度量」を持っている。

同じことは、スポーツ分野でも、芸術分野でも言える。つまり、ある意味一芸に秀でた人、優れた人達を集めては、彼らの能力を最大限に「引き出して」やることで、自らの国力に変えていっているのが、アメリカの力の源泉になっているということ。

ゆえに、アメリカという「ジャイアンズ」はチームとしてみた場合、現時点では世界最強のひとりであることは間違いない。

## 日本がスネ夫になるための2つの条件

---

日本がのび太の立場だとすると、当然ジャイアンからは、いろいろといじめを受けることになるわけだけれど、現実の世界には、ドラえもんは存在しないし、「ひみつ道具」を持っているわけでもない。

ただ、そんな世界の中にあつたとしても、ジャイアンからの被害を少しでも軽くする方法が無いわけでもない。

それは、のび太が、のび太でない別のキャラクターになるという方法。

ドラえもんでは、いつも、のび太はいじめられるのだけれど、のび太以外のキャラクターはそれほどでもない。そこに活路がある。

では、日本というのび太が目指すキャラクターとは何か。それは3つある。スネ夫、しずかちゃん、そして出来杉君。

まず、スネ夫について見てみたい。

ご存知のとおりスネ夫はお金持ちでおべっか使い。新しい漫画やおもちゃを手に入れるとジャイアンに貸して(取り上げられ) やったり、おだててやっては、ジャイアンの機嫌を取ることで、自分を守っている。

金と口の上手さ。スネ夫は、自身の持つこの2つの力を活用してジャイアンと付き合っている。

ただし、このスネ夫になるやり方には、いくつかの条件がある。もちろん、お金持ちで口が上手いというのは前提条件なのだけれども、それ以外に必須の条件が2つある。

ひとつは、自分はジャイアンの味方である、という態度でいなければならないこと。もうひとつはスケープゴートを用意しておく、若しくは用意しなければならない、ということ。

スネ夫はいつもジャイアンと行動を共にするけれど、基本的にジャイアンに逆らうことはしない。

ただ、ドラえもののひみつ道具を借りて、影でこっそり、復讐することはあるけれど、面と向かって逆らうようなことは決してしない。そんなことをしたら、ジャイアンの機嫌を損ねてしまう。

だから、機嫌を損ねないように、始終おべっかを使っている。そして時には、珍しいおもちゃをジャイアンに貸してあげたりもする。

要は、スネ夫は、いつもジャイアンの味方であるという態度を取り続けている。仮にそれがフリであったとしても、そういう素振りをすることで、自分にジャイアンの怒りが向かないように気をつけている。

それでも時には、ジャイアンの怒りが自分に向けられるときがある。そのときは、スネ夫得意の口の上手さでそれを回避してしまう。つまり、ジャイアンの怒りの矛先を他の誰かに向けるように口説いてゆく。

たとえば、「これもみんなのび太のせいだ」という具合に、あること無いことを吹き込んで、ジャイアンの怒りをそちらに向けさせる。要するに、誰かをスケープゴードにすることで難を逃れるということ。

この方法は何もジャイアンの怒りだけとは限らない。「あっちにいけば、もっといいのがあるよ」とか言って誘導したりする、つまり、ジャイアンの欲望を煽ってコントロールすることもできる。こうした方法がある。

この、スネ夫になることによって、ジャイアンからの被害を軽くする方法は、先ほども述べたように、「ジャイアンの味方である」ことと「スケープゴートを必要とする」という2点が必要になってくるために、必然的に国家戦略としては取りうる選択肢が狭まる可能性がある。

ということかという、ジャイアンがジャイアンとして君臨している間はまだ良いのだけれど、ジャイアンが落ち目になったときには、スケープゴートにされた側が一斉に反撃に出る恐れがあるということ。

そのとき、スネ夫がジャイアンの一味だと思われてしまっていたら、一緒に袋叩きにあう可能性が高くなってしまう。

だから、いかに彼らを敵にしないで、うまく立ち回れるか、という狡賢さが必要になってくる。

ドラえもんの中でのスネ夫も、そうした「コウモリ的」な立ち回りの上手さを持っているけれど、意外とスネ夫でいるのも簡単な話ではない。

## しずかちゃんに成りかけた日本

---

ジャイアンからの被害を軽くするために、スネ夫になる以外には、しずかちゃんになる、という方法がある。

ジャイアンは乱暴者ではあるけれど、しずかちゃんを苛めるような真似はしない。これは、女の子に手を出してはいけない、という自制が働いているから。

スネ夫は、その金と口の上手さによって、ジャイアンの怒りの矛先を向けられないようにしているのだけれど、別に彼自身の人物に尊敬が集まっているわけではない。

スネ夫から金と口の上手さが無くなったらただの嫌な奴というだけで、総スカンを食らってもおかしくない。

それに対して、しずかちゃんは、お金持ちでも、おべっかを使うわけでもないけれど、ドラえもんの世界では、しずかちゃんは「神聖にして侵すべからずの存在」というキャラクターとして定着していて、ジャイアンからの怒りの矛先を向けられることがない、という強みがある。

この日本がしずかちゃんになるという方法は、要するに、日本が世界に対する、神聖にして侵すべからずという何らかの「権威存在」となる、ということに当たる。

ひらたく言ってしまうえば、日本が例えば、「ローマ法王」になってしまえば、簡単に襲われることはないだろう、ということ。

アメリカとて、裏ではいろいろな工作をするかもしれないけれども、表立ってローマ法王を攻撃することはしない。

それは、全世界のキリスト教徒を敵に回してしまうから。それ以前に、アメリカ国民の大多数はキリスト教徒だし、大統領も就任式では、聖書に手を当てて宣誓をする。

したがって、アメリカは事実上のキリスト教国と言って差し支えないのだけれども、そうであるが故に、そのアメリカがローマ法王を攻撃するのは非常に難しい。

要するに、何がしかの「権威」に逆らうものは、即座に悪と断じられてしまう。それを利用するという事。

つまり、日本が世界にとっての何らかの「権威」になって、「日本を護ることは正義、日本を攻撃することは悪だ」という構図を作れば良いということになる。

そして、そのような世界的コンセンサスを得ることができれば、日本を攻撃することは、必然的に難しくなる。そういう手がある。

日本には、天皇陛下がおられるけれど、アメリカ大統領が国賓として海外の要人を招くとき、空港までホワイトタイでお迎えするのは、天皇陛下、ローマ法王、イギリス女王の3人だけ。

アメリカとて、そういう権威は認めている。

では、そうであるのに何故、今の日本は、ジャイアンの「心の友」扱いされてしまうのか。

それは、そういった陛下の権威が、国際儀礼上のものにとどまっており、所謂「政治的権威」ではないからということと、陛下は神道の祭司長であって、キリスト教の法王ではないという2つの理由にあるからだと思われる。

つまり、天皇陛下は「他宗」の宗教的権威として丁重に扱うけれど、アメリカとは別の宗教でもあるし、政治とはまた別だ、ということ。

アメリカ大統領が、ローマ法王に礼を尽くしたとて、アメリカ国民は取り立てて批判はしないだろうけれど、2009年11月に来日したオバマ大統領が陛下との面会に際して、最敬礼したときには、アメリカの世論は沸騰したけれど、そういう違いがある。

だから、日本がしずかちゃんになるためには、キリスト教に対するアプローチを行なって、日本はキリスト教と無縁というわけでもないのだ、とアピールしつつ、同時に「政治的権威」にまで日本の存在を高める必要がある。

では、そんなことが本当に可能なのか、ということなのだけれども、一時期そちらの方向に近づいた事がある。2008年の麻生政権がそう。

麻生元総理に、一定以上の政治手腕があったことは、多くの人が認めるところだと思うけれど、例のサブプライム危機において、IMFへの1000億ドルの貸付など、一時期であるにせよ、政治的に世界を引っ張っていたことは事実。

バブル崩壊を経験した国として、麻生元総理は他国にいろいろとアドバイスしていた。だから、ある意味において、バブル崩壊に対して、国としてどう対処すべきかについての「政治的権威」になっていたとも言える。

とりわけ、IMFの貸付などは、IMFのストロスカーン専務理事をして、人類史上最大の貢献、とまで言わしめたのだから、世界もそれを認めていた。

もしもあの時、日本を攻撃していたら、世界が沈没していたかもしれなかったのだから、日本の言うことを聞くことはあっても、蔑ろにすることは有り得ない。

そして、もうひとつのキリスト教との繋がりについてだけれども、これについても、麻生元総理は、実にぴったりの資質を備えていた。

それは勿論、麻生元総理がクリスチャンであるから。そして更に、麻生元総理は天皇陛下とも親戚関係にあるから、麻生の存在自身が、日本神道とキリスト教を結びつけていたということの意味してる。

日本の宗教的権威と外戚関係にあり、同時に、キリスト教との繋がりを持っているという2つの宗教的権威に属する人物。それが、日本の総理であった。この意味は決して軽いものではない。

麻生元総理は、ローマ法王に招かれバチカンで単独会見をしたし、総理就任時には、外国メディアにクリスチャン首相誕生だと大々的に報道されていた。

世界の目は当時の日本の総理に集まっていたのだ。

だから、あの時期の日本は、宗教的にも、政治的にも一つの権威存在となりつつあり、しずかちゃんに近づいていたとも言える。

ただ、この方法にもやはり難点はある。残念ながら「権威を無視する国」には一切通用しないことは留意しておく必要がある。

## かつての日本はノビスケだった

---

日本というのび太は、何も、最初からのび太だったわけではない。昔はそれなりに強かった。

ドラえもんには、のび太が、大人になったのび太に会いに行くという話があるけれど、大人になったのび太は、しずかちゃんと結婚して、ノビスケという一人息子をもうけている。

このノビスケは、外見こそそのび太にそっくりなのだけれど、乱暴者で喧嘩が強く、ジャイアンやスネ夫の息子と思われる同年代の子達(ジャイチビ、スネ太)を苛めたりしている。

つまり、戦前の日本は、ああいったノビスケのように、強くて、ある意味恐れられている存在でもあった。

そのノビスケが、ジャイアンとタイマンの喧嘩をして、死闘の果てに敗れたのが先の大戦だった、とみることも出来るだろう。

だけど、問題なのは、その後で、ノビスケと喧嘩したジャイアンも、勝ったとはいえ、相当なダメージを受けてボロボロになってしまった。

ノビスケの余りの強さに恐れをなしたジャイアンは一計を案じ、ノビスケを弱くしようと考えた。

つまり、ノビスケに眼鏡を掛けさせて、お前はノビスケではなくて、のび太だ、と言い聞かせて、そう思い込ませるようにしようとしたのだ。

一方、ノビスケの方も、ノビスケなりの計算があって、ズタボロになったままジャイアンに逆らうよりは、今はまず、体力の回復が先だとして、自分はこのび太だ、と思い込むことにとりあえず同意した。

この、戦後日本はノビスケからのび太になった、というのは、日本とアメリカの関係を比喩的に述べたに過ぎないのだけれど、現実を良く言い表している。

つまり、自身の腕力を封印するために、自分で両手両足を縛りつける、いわゆる平和憲法を制定して、ジャイアンに逆らわないと誓う代わりに、在日米軍を受け入れることで、ジャイアンに傍に居て貰う約束を取り付けたのがこれまでの姿。

おそらく、始めのうちは、そのうちチャンスを見て、両手両足の縄を解く、すなわち憲法改正を考えていたのだろうけれど、両手両足を縛ったままにしているうちに、いつしかノビスケは本当に自分がのび太だと信じ込むようになってしまったのが悲劇の始まりだったのかもしれない。

そして、更に厄介なことに、ノビスケとジャイアンの喧嘩の際に、あおりをくらって怪我をした連中、すなわち、中国や韓国、北朝鮮がノビスケを責め苛むようになった。あのときの喧嘩で俺達は怪我をした、どうしてくれるんだ、治療費よこせ、と。

もはやすっかり自分がのび太だと信じ込んでしまっているノビスケは、彼らの文句にビビっては、顔色を伺う毎日をごしてきた。これが、有る意味において、今の日本の置かれている状況ではないかと思う。

そんな自分をのび太を思い込んでいるノビスケだけど、最近になって、やっぱり自分はノビスケなんだ、と思い出して、ノビスケ宣言しようという動きがあった。安倍政権のこと。

安倍元総理は、戦後レジュームの総決算と銘打ち、憲法改正を睨んだ改革に着手していった。のび太からノビスケへの目覚めを志向したのだ。

ところが、ノビスケへの復活の動きは、周辺国をいたく刺激した。過去の記憶に恐れをなした各国が警戒を始めた。

のび太が本来のノビスケに戻るといのは、本人にとっては至極当たり前のことかもしれないけれど、周りからみれば、危険極まりなく映ってしまう。

だから、ノビスケとジャイアンの喧嘩で煽りを食らって怪我した連中は、殊更にノビスケは悪い奴だ、と喧伝し、のび太がノビスケとして目覚めないように牽制している面もあるだろう。

世界はノビスケを警戒している。昔の乱暴者のイメージが抜けていない。本人はもうそんな気は全然無いのだとしても、周りはそうは思わない。

安倍政権は志半ばで潰えてしまったけれど、仮にそのまま続いたとしても、世界から警戒の目で見られた可能性はあったと思われる。もちろん、ノビスケの方にも言い分はあるのだけれど、世界から黙殺されている。

ただ、最近になってようやく、アメリカでも、やっぱりノビスケの方がよいという声が強くなってきているようだ。

けれど、ノビスケとジャイアンの喧嘩で、煽りを食らって怪我した連中はそうは思わない。これはほぼ確実だと思われる。

だから、日本はノビスケとして目覚めるのもひとつの方法かもしれないけれど、もう一段違ったキャラクターとして生きていく道もあるのではないかな。

それは出来杉君になるという道。

## 日本が出来杉君になる日

---

日本がスネ夫ではなく、しずかちゃんでもないキャラクターになろうとすれば、ノビスケに戻るよりは、出来杉君になるほうが良いと思われる。

ただし、これは半ば空想に近いくらい難しい話になるのだけれど、ひとつの可能性として、述べてみたい。

ドラえもんの中での出来杉君は、完璧に近いキャラクターとして存在している。

勉強が出来て、テストはいつも100点。スポーツ万能でジャイアンの野球チームでプレーすれば大活躍。ジャイアンをして、お前のお陰で勝てたとまで言わしめたこともある。

何事にもソツがなく、クラスからの尊敬を集めている。先生からの信頼も篤い。読んで字の如く「出来過ぎ」なキャラクターが出来杉君。

そんな、出来杉君というキャラクターを国に当てはめるのに無理があることは重々承知しているけれども、あえていうとするならば、グローバルレベルでの世界のリーダー、それも、みんなが出来杉君に宿題を教わりに来るように、世界各国が国家運営について、教わりにくるレベルの国ということになるだろう。

もう少し具体的に言うならば、政治、経済、文化、いずれも一級品であり、かつ時代に一步先んじている、即ち、未来の国家モデルを体現している国だということ。

かつて、日本も敗戦後は、アメリカの国家モデルを理想として、それに追いつこうと走ってきたけれど、未来を指し示し、他国がその真似をしたいと思うくらいのレベルに達して始めて、出来杉君のレベルに到達する。

学校の宿題をただ解いているだけでは、未来モデルの国家になることはできない。日々起こる問題に対処しているだけでは、普通に国家運営をしているレベルを超えられない。

だから、出来杉君のような国とは、今の時代にあって、今を超えた国。例えば、進学塾か何かで、小学校4年生が、4年生の勉強なんかとっくに済ませて、5年生、6年生の勉強をするように、50年、100年を先取りした国家になることによって、他国が教わりに来るような国があれば、それは出来杉君のレベルに達した国。

そして、それは科学技術といったものだけではなく、文化・政治・経済システム等、あらゆるものが未来を先取り、若しくは予感させるものでなくてはならない。

果たしてそんな国家があり得るのか。

過去を振り返ってみると、たとえば、フランス革命などはひとつの転機であったように思われる。

あのフランス革命によって、王制が終わりを告げ、民主制が始まったわけだけれど、あの時代に提示された「自由と平等」の精神が、当時における未来モデルの提示であったと思う。

その後、その精神に立脚した国家がどんどんと建国され、今も尚「自由と平等」は民主国家の精神的基盤を為している。

ですから、事は簡単ではないのだけれど、ある国が出来杉君になるということは、つきつめていえば、未来への時代精神を持っている、ということになると思う。

フランス革命から早や200年が過ぎ、共産主義は崩壊し、自由主義もサブプライムとその後の金融危機で、その問題と限界が露呈してきているけれど、世界各国はこれらの問題を解決しようと躍起になり、なんとか国家立て直そうとしているようにも見える。

だけど、その国家モデルは、未だ、フランス革命に端を発する「自由と平等」に立脚しており、それを越えているとは言えないのではないか。

要するに、世界中のどの国も、昨今の金融危機にアップアップする段階で留まっている。いわば、皆、学校の宿題を解けずにウンウン苦しんでいる状態にある。

ドラえもんでは、みんなが宿題がどうしても解けずに、出来杉君に聞きにいくと、そんなのとっくに終わっちゃったよ、と言ってスラスラと解いてみせるけれども、同じように、未来モデルを提示する国家としては、そこまでいかないと駄目。

確かに、今のアメリカはその繁栄に陰りが見えてきているけれど、アメリカは、世界中から人材をかき集めては自らの国力に転化している国だから、また新たな未来モデルを提示しうるだけの潜在力を秘めている。だから、アメリカから人材の流出がない限り、まだまだ侮れない。

世界中の人が、行ってみたい、留学してみたいと思わせる国は、やはり時代の最先端を走っている。そして、その中からまた次の時代精神が出てくることもある。

よく、アメリカが衰退して、次は中国の時代だ、なんて言われることがあるけれど、こうした未来の時代精神を宿すという意味において、中国はまだまだアメリカには及ばないと言わざるを得ない。

金に任せて、人材を引っ張ってきたところで、自由な精神の発露を弾圧するところに未来があるとは思えない。

だから、これからアメリカが没落して行って、未来の時代精神を示す力が無くなったとしても、どこか別の国がそれを引き継がないといけない。できれば、その国が日本であることを望みたい。

半ば空想に近いけれど、もしも、日本がこれから未来の時代精神を持ち、それに基づいた建国を果たしてみせるのであれば、日本はのび太から、出来杉君になる日を迎えることになる。

## あとがき

---

日本の未来は明るい。本書を編集している間、何度もそう思いました。

本書で紹介した技術のその殆どは日本で開発された技術なのです。

日本にはそれだけの技術も力もある。その萌芽が目の前に溢れているのです。

あとは、それを実用レベルにまで普及させてゆけばよい。

日本人は未来を見つめ、前へ進もうと思考するだけで確実によくなります。

それを現実のものにしようと思う心があればよいのです。

それは簡単なことです。日本を愛するだけでよいのです。

その日本を愛する心が、それを現実のものにする人を呼び、政治にも産業にも反映されてゆくでしょう。

そのとき、伏流水の如く地面の下を流れていた、革命的な技術が一気に花咲き、世界を”天照す国・日本”が現われるものと信じています。

2011年 2月

日比野克壽