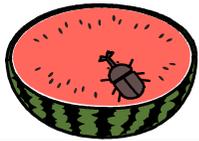


	埼玉陸士 60 期生会編集部 〒 101-0025 東京都千代田区神田佐久間町1-1-4第2東ビル 512号室はやぶさ国際特許事務所 ☎03-6303-3915 編集責任者：川島 順 振替為替：00110-4-51462 令和3年7月 日発行	
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

題字は航士校幹事吉永朴閣下)

宇宙シリーズⅧ 宇宙移住②・火星へ

田村 正夫

予科4-6

航空6-4

(富士見市)



目次

宇宙シリーズ

- I 太陽光発電 (秩父 144 号)
- II 膨張する宇宙① (秩父 145 号)
- III 膨張する宇宙② (秩父 146 号)
- IV 宇宙と軍事①宇宙平和条約 (秩父 147 号)
- V 宇宙と軍事②宇宙ゴミの除去 (秩父 148 号)
- VI 宇宙旅行 (秩父 149 号)
- VII 宇宙移住①・月へ (秩父 151 号)

宇宙移住②・火星へ

1. はじめに

人類は何時の時代でも知的好奇心が旺盛である。15世紀羅針盤が普及し、科学技術の発展で、堅牢で大型の船舶ができると大航海時代が到来する。そこで新大陸の発見、新航路の開拓がはじまる。

現在はロケット等の開発により宇宙への大航海時代がやってきたといわれている。さまざまな人工衛星が飛び交い、月まで人類がいつている。次には火星に人類を運び、長い年月居住することを目指している。火星は太陽系のなかで地球と兄弟星、地球とよく似た環境を持っている。火星と地球を自由に行き来できることや、火星の環境を人類が住めるよう改造して、「第2の地球」に変えることを考えている。2007年アメリカのNA

SAでは「地球から4000万マイル離れた火星に人類の第2の故郷が見出せることが期待される」と語っている。



図1 NASAの大型ロケット

地球上に生物が誕生して約40億年になる。その間に地球に5回も隕石の落下や火山の噴火などの環境異変が起き、多くの生物が死滅している。約6,000万年前に隕石が落ち恐竜が絶滅したことは有名である。そして今、6回目の地球上の生物が大量絶滅の時代に入っている可能性がある」と指摘されている。

もし大隕石が落下されそうになったらどうするか。この前、我が国の宇宙航空研究開発機構(JAXA)小惑星ユウグウへはやブサが金属の球を放出したとの報道があって、多くの科学者から宇宙開発に新しい道が開けたといわれた。隕石

が地球に接近したら。ロケットや人工衛星をこれに衝突させ、隕石の軌道を水平に、速度を変えてやる。その速度が7.9 km/秒ならば地球を回る円形周回軌道になり、人工衛星のようになる。その速度よりはやければ楕円軌道になり、もっと早く11.2km/秒以上になれば放物線を描いて太陽圏から離れていく。こううまくいけば地球人は火星に避難しなくてよいが、失敗すれば火星に避難することになる。

また、心ない国が戦争して最後に原爆、水爆の報復戦になったとすると、地球人は火星に避難するようになるかもしれない。そうなる前に地球の人類戦争を阻止するよう努めるだろうが、失敗すれば火星に逃げることになる。

そのために将来火星の環境を人類を含めたさまざまな生物が居住可能な基地が必要になる。第二次世界大戦後ドイツからアメリカに移住した、ロケット工学者クラフト・エーリケ博士が考案した火星基地がある。円形の筒型のもので、輸送が簡単で火星で繋いだり並べたり組み合わせが簡単にできる。出入り口以外は地中に配置され、気温や気圧、放射線から防護するようになっている。

しかし基地外で活動するためには防護服を着用しなければならず、そのためにさまざまな改造が必要であり。火星環境の地球化をすすめる必要がある。

2. 火星環境の地球化

宇宙にでると、宇宙船も人間も宇宙放射線と呼ばれる高エネルギーの電荷粒子や電磁波にさらされる。宇宙放射線には太陽外からやってくる銀河宇宙線と、太陽から流れ出る太陽放射線（太陽風）がある。太陽風とは太陽の表面でしばしば途方もない巨大なエネルギーの放出が起こり、火星で活動する人間に宇宙線被曝を引き起こす。

被曝の人体への影響は、初期は体がだるくなる、筋力が低下する、骨組織からカルシウムが抜け出て骨粗鬆症のような症状が生じ、ついには体のどこかが癌になる。

地球上では宇宙線は地球の磁場によって宇宙に押し返されるため、地上の生物にはほとんど影響はないが、火星では磁場がないので、宇宙線の影響をまともにうけることになる。

この宇宙線をどうやって遮蔽して人体を守るかが問題になる。岩石や土砂によって遮蔽するのも一つの方法で、火星の住居を地中に造ればよい。宇宙ステーション（ISS）の構造はアルミニウムでできている。アルミでは宇宙線を遮蔽できないので、そこで研究する人は長く滞在できない。

火星での宇宙線のレベルは（ISS）の2.5倍もたかく22mrad /日もあり、活動する人達は鉛など含んだ重い宇宙服を着用しなければならない。

2009年にNASAが打ち上げた月周回衛星「ルナー・リコネッセ・オービター」が4か月にわたる観測の結果、プラスチックが放射線遮蔽効果があることを確認した。プラスチックだけでなく水素原子を多量に含むものであれば、遮蔽効果があることが証明された。液体水素が一番遮蔽性能がよく、液体メタン、水なども遮蔽性能がよいとされる。プラスチックや金属との混合材料を活用すれば、経済的にも、活動しやすさも優れたものができると考えられる。ただし、プラスチックは強い放射線に照射され続けると硬化が進んで脆くなるので、遮蔽材を時々交換する必要がある。

火星に生活するのに欠かせないものに水がある。

1888年にミラノの天文台長スキヤパレリが望遠鏡で観測して描いた火星の地図に運河が描かれている。火星に19世紀の終り頃には水の存在が信じられていた。

1976年アメリカの無人衛星が火星へ着陸して無人探査機ヴァイキングが火星の様子を送ってきた。そこには人工運河らしきものはなく、赤茶けた砂漠のような大地だった。またほかの探査機によって巨大なクレーターや、5000m級の山岳、エベレストの4倍もあるオリンポス山や、深さ7000m、幅2000m東西4000mもあるマリネス渓谷など発見されている。

火星の水は火星の地上に存在しなくとも、火星の温度は -60°C であるので氷としてどこかに存在していると考えられる。

2012年アメリカのNASAは火星探査機ローバー（愛称キュリオシティ）を火星に着陸させた。この探査機が2013年9月火星の地中で大量の水の存在を確認した。太古の火星の海の水が地中に蓄えられたものであろう。塩分濃度は高いらしい。酸性、場所によってはアルカリ性だったりするらしい。最近の新聞の報道によると火星の赤道付近のクレーターの内部に、35億年前の湖があったと確認されている。またNASAの無人探査機によると水質が中性で、カルシウムなどのミネラルが豊富で塩分濃度が海水の3分の1「味噌汁位のしょっぱさ」のものが発見されたとのこと。火星の南極、北極に極冠がある。季節によって大きさが変化するが冬は大気中の二酸化炭素が固形化してドライアイスとなり積もる。その下は氷である。それは北極より南極方が大きい。

3. 生命居住可能環境づくり

火星には生命維持のための水が存在することが明らかになった。火星では平均気温 -60°C であるので水は氷として存在している。氷を水にするためには温度を氷点上にしなければならない。そのために太陽光発電パネルを持っていき、太陽光は地球の2分の1であるがそのパネルの

電力でなんとか液化できる。

食用だけでなく多数の人間が生活するためには多量の水を必要とする。そのためにどうしたらよいか総合的に考察しなくてはならない。



図2 火星の表土に存在する水と氷

4. 人類が居住可能な火星環境

火星には地球の環境と類似したところがある。地球の1日は24時間、火星は24時間39分35.244秒。火星の赤道傾斜角は 25.19° で地球は 23.44° と似ている。火星の1年は地球の訳2倍1.88年である。

相違点は火星の表面重力は地球の1/3、表面に届く太陽のエネルギーは地球に届く量の1/2。火星の大気圧は7mb（現在の気圧単位は違う単位を使っているが。資料がmbなのでこれを使用する。この気圧では宇宙船の空カブレーキに利用できる）。

平均気温は -43° 最低気温 -140° （地球の南極では最低気温 -90° ）

火星では加圧、加熱した45kgもある宇宙服を着用しなければならないので、火星の環境を地球化（人間が住める環境）にするさまざまな方法が研究されている。

長年火星の地球化を研究してきたアメリカのNASAのクリス・マッケイは「火星を温めることが必要」といっている。その唯一のエネルギーは太陽光エネルギー

である。

1992年イギリス惑星間協会のバーチという学者が論文を発表している。火星の表土(レゴスリス)を太陽光反射板で熱して、その中に閉じ込められている揮発性物質(酸素、窒素、二酸化炭素、水)を大気中に解放する。またほかに極冠にある表土に閉じ込められている二酸化炭素(ドライアイスとして)、水(氷)をソレター(反射凹面鏡)を使い放出する。

さらにバーチは爆薬を使って掘削して運河や池をつくり貯水する。50年後には実現できるであろうといわれている。

またその外、さまざまな構想がある。火星と木星の公転軌道の間には何百万もの小惑星が飛翔している。その中で適当な大きさのものをを選び、その小惑星にロケットを設置する。質量100億トンの小惑星を出力5000メガワットのロケット4基で10年間押し続け、これを4回火星に衝突させれば火星が温暖化し、水をつくり大気もつくることの実現されると考えられている。

もっと手荒な方法として原子爆弾を火星で地下爆発させて、火星の岩石を溶かして水や大気を吐き出させようという案もあり。火星を温暖化するのに何発の原爆が必要なのか、地球から運ぶのか、火星で工場をつくり原爆を製造するのか、すこし物騒な話である。

また軽い素材でできた凹面反射鏡で太陽光を集め、子供のころ虫眼鏡で太陽光を集め黒い紙を焼いた経験があるが、このようなギリシャ時代から知られている古典的な方法を使用することも考えられている。

また火星の地球化のため火星の岩石(レゴリス)から二酸化炭素ガス、水やほかの気体を気化抽出するため、穏やかな方法で火星の大気を作り出すことをNASAの研究者は考えている、

地球上で雪国では早期に耕作するため、積もった雪を早く溶かす。そのため

に、積雪の上に「すす」(カーボンブラック)を散布し積雪の消化を促している。それと同じことを火星上でやればよい。火星の両極には沢山のドライアイスがある、そこへ黒い粉末を散布すればよい。地球からカーボンブラックを火星に運ぶのは大変で不可能。幸い火星の赤道から1,500km付近に、東西1,000kmほど広がる大ヒルヒルティス平原があり表土は黒っぽい。そこにあるカーボンブラックに似た粉末、つまり塵(過去の火山の噴出物)がありこれを運び、極冠の6%にあたるどころへ厚さ1mm程度散布する。およそ総量1億トン。両極なので太陽のエネルギーで充分なのか疑問になるが、火星の自転軸は首振り運動をしており、たまたま火星の公転軌道と火星の自転軸がほぼ並んだとき、南北両極とも太陽から均等に加熱され、極冠の氷は蒸発し、火星の大気圧に変化がおこる。二酸化炭素と外の気体が増えて気圧が上昇する。7mbから600mbを超えれば地球の富士山の頂上の気圧と同じになる。さらに地球上では嫌われている二酸化炭素やフロン温室効果で気温が上昇し、 -40°C から $15\sim 17^{\circ}\text{C}$ と温度が上がり、火星で防護服無し、酸素マスクだけで行動できると研究者は考えている。

酸素補給の話になるが、火星ではいくらかの酸素が岩石中に存在しているが、人類が呼吸するには不十分。又二酸化炭素を還元して酸素をつくるのは困難性を伴う。そのため地球から、地衣(ジイ)類、コケ類を持参する。これらの植物はいくらかの酸素と二酸化炭素があれば火星上でも繁殖し同化作用で酸素を放出する。火星が暖まり岩石から溶け出した水が小川となって流れ、窪地が沼となり、周りに植物が繁茂するのでもそう遠くなく火星の地球化が進むであろう。

5. 火星の住居

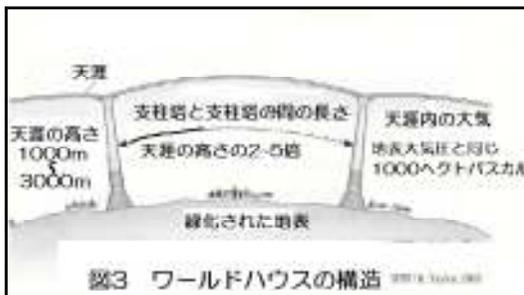
人類が火星の地球化をまって火星に移住し、そこで何年も過ごすために住居が必要である。火星を居住可能にする研究をロンドン大学のリチャード・テイラーが考えている。基本的には巨大な植物園か温室のようなものを作り内部を居住可能な環境に整えれば良いと提案している。

1960年以降各国でも疑似的な閉鎖生態系をつくり、その中で人間や動植物がどの程度生きられるか等の実験が行われている。また1991年には米国アリゾナで「バイオス2」を建設し男女8人の滞在实际が行われた。ソ連でも「バイオ3」の実験が行われ、その後ヨーロッパが協力し研究が進められている。

日本でも六ヶ所村で環境科学技術研究所が「閉鎖型生態系実験施設」を作り実験を行っている。

テイラーが考えている居住区はワールドハウスと言われている。

六角形で頭上1000mから3000mの高さの気密の天蓋を建造する。材質はアラミド繊維(耐熱性に優れ、引っ張り強度は鉄鋼の5~7倍)など高強度・低密度繊維などの材料を使用し、コンクリートや金属も併用する。



室内の気密が不安定になるのを防ぐには高い方がよい。気圧は東京ドームのように中の気圧の差を3mb程にして膨らむようにすればよい。支柱の高さが3000mであり、建設が困難に思われるが、東京のスカイツリーは643m、ドバイのシティータワーは2400mもあり、難し

くなさそうだ。しかも火星では表面重力は地球の38%しかなく、火山や地震活動もほとんどない。そのため火星の建造物の耐荷重性能や耐震性は、地球におけるものより遙かに緩やかである。工事は遠隔操作とロボットによる。地球上では危険環境での大規模な土木工事、建築工事、採鉱を行うために遠隔技術は実用化されている。火星でも実施されるであろう。

ところで火星で食糧となる植物を栽培できるであろうか。国際宇宙センターで無重力で植物の生長実験(水耕栽培)をしたところ、植物には重力を感知する細胞があり、根は重力に逆らって地中へ伸びる。重力がなければ根は発育しない。そこで天井から指向性のたかいLED照明をあてると、根はこの照明を逃げるように下方に伸びた。照明が植物の上下を教える重力の変わりを務めるようだ。地球上の実験で火星では太陽光の照射時間が限られるので、人工光LEDを使用すればよい。実験では成功している。家畜は人間が生活できるので飼育は可能であろう。哺乳類の中で放射線に強いものを選べばよい。

6. 火星に飛び立つ宇宙の道

これまで火星で生息するための宇宙学者や研究者の構想を述べてきた。これらはこれまでの火星の探査機によった資料で作成されたもので、それを確かめたり実現するためには、人が火星に行かなければできない。

月へ向かって有人宇宙船で人を運ぶのに3日かかった。38万kmある。火星へは約8か月かかる。

火星と地球の距離は日々変化している。

地球は太陽の周りを365日をかけて公転している。火星は地球の外側を、約1.9倍、地球の約倍の687日もかけて公転している、地球からを見て火星が太陽と間にあるとき「衝」、地球が火星に最も

近い太陽の反対側あるときを「合」と天文学で言われている。



図4 地球と火星の位置関係図

打ち上げの窓

衝の時間	最接近日
2018年7月27日	2018年7月31日
2020年10月13日	2020年10月6日
2022年12月8日	2022年12月1日
2025年1月16日	2025年1月12日

以上のような理由で火星探査の宇宙船がいつでも火星に向かって出発することはできない。地球と火星の最短距離をとれる出発チャンスは2年余りに1度となる。(このタイミングを「ふた上げの窓」という)

2025年1月16日に出発しどんな軌道を通り、火星にどのくらいの期間滞在するかによって宇宙飛行を考えてみる。いくつかの飛行コースとスケジュールが考えられるが代表的なものをつぎの図で説明する。

①火星側方通過ルート

このルートは火星に最短時間で到達するルートである。このルートでは火星の近くを飛行し減速、加速する必要がないので往復に必要な燃料は少なくすむ。ただし母船から人間を乗せた小型の着陸船を切り離し、着陸船だけで火星に着陸するとになる。そのため探査後宇宙飛行士たちを別の宇宙船で迎えにいかなければならない。

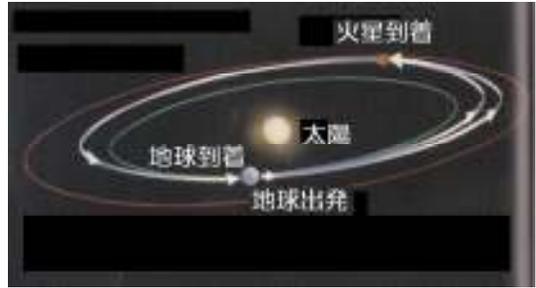


図5 火星側方通過ルート

②火星長期滞在ルート

このルートは2年2か月毎にやってくる。「打ち上げの窓」のタイミングで地球をロケットで発進し地球の公転軌道の外側に向った後に一定の速度で慣性飛行を続けて約260日(8か月あまり)後に火星に到着する。ここで1年半滞在する。

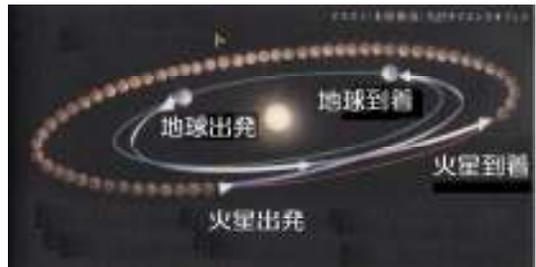


図6 火星長期滞在ルート

帰路は逆に軌道上を火星より少し前進しているときに火星を出発し、2つの公転軌道をゆっくりと先回るように横切るルートを通して、往路と同じ260日で地球に到着できる。このルートで往復飛行を行った場合。人間は火星に450日間滞在することになる。このように探査時間は十分あるが全行程2年半以上を要し、出発時の燃料や物資の量が膨大になる。

③火星短期滞在ルート

このルートは、火星に滞在は1か月程度である。従って火星であまり大きな仕事を成し遂げることはできない。そのために火星の2個の衛星を中継基地として火星、地球の間を容易に往復し、頻繁に活用する。また火星と地球の両方の周回軌道上に巨大な宇宙ステーションを建造

し、ロケット燃料や食料を備蓄し、地球、火星の往復を低コストにするなど様々なアイデアが研究されている。

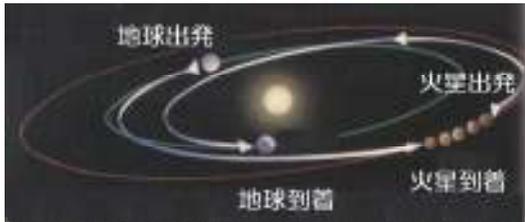


図7 火星短期滞在ルート

地球と火星を往復する宇宙の原動力となるロケットであるが、現在使用されている推進力は化学燃料である。すなわち水素やケロシンなどと、酸化剤の液体酸素を使用する。火星に行くには宇宙船の9割がこの燃料となる。しかし水素などの燃料を酸素で燃やしてガス化させノズルから噴射させるしくみのままでは、火星有人飛行には大きな困難がある。

今現在開発されている新原理のロケットには、イオン推進ロケットやプラズマ推進ロケットがある。イオン推進ロケットの小型のロケットは既に実用化されており、小衛星イトカワへの往復探査を行った日本の探査機はやぶさも小さなイオンロケット4機を使用していた。

イオン・プラズマ推進ロケットとは化学ロケットのように燃料を酸化してガスにするのではなく、「イオン化」プラズマにしてそれを噴射するもので、軽い元素である水素・重水素・ヘリウム等を強大な電場で加熱してプラズマ化して、それを強力な磁場で一定方向に噴射でロケットを推進するもので、化学ロケットの十数倍の推進力がある。しかし地上から重い物体を宇宙に押し上げる力は極めて小さいという欠点がある。これを補うためにアフターバーナーを利用して推力を補強するしかない。それを利用すれば地球周回軌道から火星周回軌道まで、化学ロケットでは8~9ヶ月かかるところ39日

で到達できる。またこのロケットの利点は火星を目指す場合は片道の燃料さえ積んでいけばよく、地球に戻る時の燃料の水素は太陽系宇宙の至る所で入手可能で、火星でも調達できる。このロケットを駆動するための電力はソーラーパネルで供給するが、火星のように太陽光が弱くソーラーパネルでは必要電力が得られない場合は小型の原子力電池が必要になる。

原子力電池とはプルトニウム238やポロニウム210などの放射性同位体の自然崩壊熱を電力に変えるもので、地上の発電用原子炉のような核分裂の連鎖反応ではない。このタイプの電池は数十年間も働き続けることが実証されている。火星、木星と太陽から離れているところでは太陽光が弱く、宇宙探査にはこの電池が使用されていくであろう。



図8 原子力電池

また核分裂エネルギーで推進する「原子力ロケット」は、熱核推進ロケットなどとも呼ばれ、通常原子力発電などに使用されるものと同じ原理の小型原子炉が生み出す核分裂連鎖反応による熱エネルギーで、推進剤として水素を使う。水素は爆発的にガス化して膨張し、ロケットの噴射ノズルから非常な高速で噴射する。このロケットの推進力は化学ロケットの約2倍と言われている。

原子力ロケットは、地球から火星に宇宙船を送り出すことが可能な性能があるといわれている。しかも大型である化学ロケットと比較して小型化できるという特

性もあり、現在計画されたロケット用の原子炉は炉心の全長が150センチ直径50～140センチと非常に小さく、将来火星に向かう大型の宇宙船に用いられる場合全長12m余りで直径7.5m、燃料を含めて総重量40トン程度と予想されている。NASAの研究者はこの熱核反応型の原子ロケットが実用化されない限り、人類が火星やそれ以遠の宇宙に進出することはできないと考えている。

7. 核融合ロケット

原子力発電エネルギーに利用される核分裂と核融合とは似て非なる物理現象である。太陽のような(恒星)が生み出す膨大なエネルギーは、水素など軽い元素の原子核同士が超高熱、超圧力のなかで融合する(水素の原子核4個が融合して、ヘリウム1個に変わる)ときに放出される。核融合させるには様々な方法があるが、このなかで特に注目すべき方法は「レーザー核融合(慣性核融合)」というのがある。これは燃料水素とトリチウムを直径数ミリの容器につめた無数のカプセル(マイクロカプセル)に強力なレーザーを照射して燃料を瞬間的にプラズマ化し、その中心部で核融合反応を起こすもので、平易に言うなら小さな人工太陽を生み出す方法である。このロケットの推進力は化学ロケットの300倍、原子力ロケットの150倍と言われている。また燃料とする重水素は海水に存在し永久に供給が保障される。この研究には日本も世界の最先端のグループの一員であり、このプロジェクトで重要な役目を担っている。このロケットを人類を運ぶ大型なものにするには、様々な課題があり、実用化するには今後20年ぐらいかかると予想されている。

火星の地球化やロケットの開発に時間かかり、人類が火星に永住できるのはまだまだ先のようなのである。

エネルギーシリーズ④ Ⅵ 日本のエネルギー需要将来予測

川島 順 予科21-7
(越谷市) 航空7-1



目次

エネルギーシリーズ

I 日本におけるエネルギー資源(秩父 148号)

II 発電用エネルギー源

III 火力発電

IV 再生可能エネルギー(秩父 149号)

V 原子力発電(秩父 151号)

エネルギーシリーズ

Ⅵ 日本のエネルギー需要の将来予測

1. エネルギー庁のエネルギー基本政策

2002年(H14年)制定されたエネルギー政策基本法に基づいて2003年10月に策定されたエネルギー基本計画では2030年に向けた目標として次の点を挙げている。

☆2030年に向けた目標：

(1) 資源小国である日本はエネルギー安全保障を強化するため自主エネルギー比率を現在の38%から70%にする。

(2) 電源構成に占めるゼロ・エミッション(原子力及び再生可能エネルギー)の比率を現在の34%を70%にする。

(3) 家庭部門のエネルギー消費から発生するCO₂を半減させる。

(4) 産業部門で世界最高のエネルギー利用効率を維持・強化する。

(5) 日本の企業群がエネルギー関連製品・システムの国際市場において最高水準を維持・増進する。

☆電力エネルギーベストミックスモード
電力の需要変動に応じて発電用電源が

安定的にしかも、経済的に電力を供給するためのエネルギー源の最も好ましい構成割合とそれに適した電源設備を次の電力ベストミックス表で表示する。

ベースロード電源： 40%

核融合原子力発電
水力発電
石炭火力発電
地熱発電
潮力発電

ミドルロード電源： 30%

ガス火力発電
バイオマス発電

ピークロード発電 30%

石油火力発電
太陽光発電
風力発電
揚水式水力発電

なお、このエネルギーベストミックスモードにおける総発電量に対するゼロ・エミッション電源（再生エネ＋原子力）の比率は現在の12%から2030年には44%を目指している。その内訳は再生エネ22～24%、原子力が20～22%となっている。しかし、今注目されている太陽光発電や風力発電は気候に変動されるので最も重要なベースロード発電には利用できない。

2. 新しいエネルギー基本政策

2018年（H30年）にエネルギー政策基本法の再検討が行われ、第5次エネルギー基本計画が示され、新たに2030年の目標の見直しと2050年の目標の設定が行われた。

見直された目標では、2030年に向けた対応として温室効果ガスの削減目標として26%が明示された。さらに2050年に向けた対応としては、温室効果ガスの削減目標として80%と非常に高い目標が示された。

この目標を達成するためにはエネルギーミックスモードの確実な実現とエネルギー転換・脱炭素化への挑戦としてあらゆる選択肢の追求、科学的レビューによる重点決定が重要であると指摘している。脱炭素社会の実現が叫ばれている。その一環として水素の利用が注目されている。水素は燃料とした場合は、CO₂やNO_xを排出しないクリーンなエネルギー源である。

そのため、民生や産業用電源システムや自動車、船舶、航空機等の燃料としても注目されている。原料は安価な泥炭等が使用される他、水の電解で無制限に取り出すことができる。

しかし、製造、貯蔵、輸送等のサプライチェーンの構築が必要である。

現在、ロシアからの輸入が主、他に中国、オセアニア、東南アジアからの輸入されている。将来、サウジ太陽光由来水素やパタゴニア風力電気由来の水素の輸入が見込まれている。

2018年のエネルギー基本計画の分科会では、エネルギーベストミックスモードの掲げる2030年における目標、原子力20～22%は現状ではほど遠く及びそうもないという指摘や、それを実現させるためには「小型モジュール原子炉」(CSMR)のような安全性の高い原子炉の導入が必要であるとの意見が出ている。

さらに、原子力に対する2050年の目標では、安全炉の追求、バックエンド技術開発と抽象的に述べるだけで、核融合原子炉については全く触れていないことは残念である。

3 エネルギー政策に関する国際的な動き

SDGs (Sustainable Development Goals) 持続可能な開発目標：

2015年9月に国連サミットにおいて採択されたSDGsは、2016年から20

30年迄の15年間に「人類の幸福の増進と地球環境を改善するための目標」を示すもので、17の目標(Goals)とそれを達成するための169のターゲット(手段)を定めたものである。

SDGs 持続可能な開発目標



図1国連サミットで採択された開発目標

SDGs 持続可能な開発目標の17の目標は、図1のプロジェクトマップに表示されている。

本稿に特に関係の深い7番目の目標は「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」の標語で表されている。

さらにそのターゲットは2030年迄に、**7.1:** 安価で信頼できる現代的エネルギー

サービスに総ての人がアクセスできるようにする。

7.2: 世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を拡大させる。

7.3: 世界全体のエネルギー効率の改善を図る。

7a: 再生可能エネルギー、エネルギー効率及び環境負荷の低い化石燃料技術の研究、開発のための国際協力と投資の促進を計る。

7b: 開発途上国に現代的で持続可能なエネルギーサービスを行うためのインフラの整備を計る。

4. 将来予測

(1) 世界人工の急激な増加

図2に示されるように、世界人口は1950年以降急激に増加している。

1950年25億人、2020年現在77億人、2050年97億人、2100年には110億人を突破する。

(2) 世界エネルギー需要の急激な増加

世界人口に比例してエネルギー需要も急激に増加している。

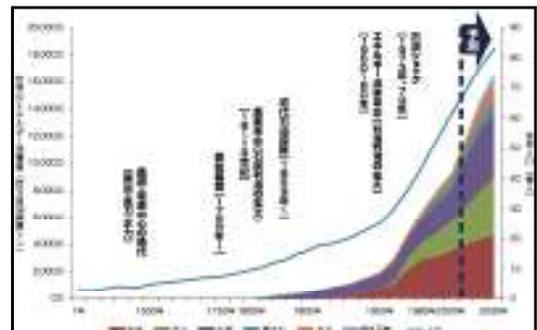


図2 世界人口・エネルギー消費量の増加

石油換算消費量は1965年に37億トン、2016年に133億トンと人口の増加に比例して増えている。

(3) 化石燃料の枯渇

化石燃料の可採埋蔵量は次のごとく50

年から100数十年で、何れも枯渇する。

石油	1729億バレル	50年
天然ガス	187兆m ³	51年
石炭	1548億トン	132年
ウラン	614万トン	99年

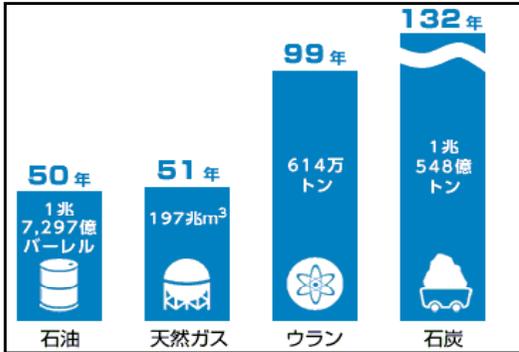


図3 化石燃料の可採埋蔵量 関西電力資料より

5. 再生可能エネルギーのみで人類は生存可能であるか

(1) 最悪のケース

化石燃料の奪い合いで世界戦争が起こるー原爆の応酬で人類は滅びる。

ノアの箱舟に乗り遅れるな！

(2) 次のケース

戦争が起こらなくとも化石燃料が枯渇すれば、再生可能エネルギーの不足分を森林で補い世界の森林が消滅する。地球から緑がなくなればあらゆる災害が発生し、人類は滅びる。

わずかに残った人類は 薪炭時代の昔に戻る

(3) 残った唯一の選択肢

核融合原子力をベースロードとし、再生可能エネルギーを補助とするミックスモードは必須である。

2020年10月17日の読売新聞の社説でエネルギー計画は「電力の安定供給が前提条件だ」として、「化石燃料ばかりに頼れないとすれば、原子力の活用が最も有効であろう。二酸化炭素を出さず、

安定した発電が可能だ。輸入に頼る化石燃料と異なり、発電を増やせばエネルギー自給率が高まる。」結論づけしている。

〔この主張は、秩父148号（令和2年7月）日本におけるエネルギー資源①における論説でも述べている。〕

そして、「廃炉が決まったものを除く33基のうち、再稼働した原発は9基しかなく、政府は新計画で原発の必要性を国民に説明し、再稼働を後押しせねばならない。」と主張している。

しかし、肝心の原発も、その燃料のウランは100%輸入に頼っている。しかも、そのウランも図3に示すように、可採年数は99年である。いずれ化石燃料と同じ枯渇の運命にある。

ではどうすればよいか、残った唯一の選択肢はこの項で述べたように、核融合原子炉以外にない。そのためには、現在の核分裂原子炉の運用を通じて、用地、人材、設備を維持し、核融合原子炉の開発を待って（現在の予測では2050年頃：秩父151号：原子力エネルギー、岡本祥一）、その運用開始にバトンタッチすればよい。



**世界で初
宇宙ゴミ回収技術
実証衛星打ち上げに成功
—アストロスケール社—**

川島 順 予科21-7
(越谷市) 航空7-1

1. はじめに

2021年3月23日の読売新聞によれば、宇宙ゴミの回収技術実証用人工衛星が日本時間22日午後3時過ぎ、カサフタンのバイコヌール宇宙基地からロシアのソユーズロケットで打ち上げられ、同日夜地球の周回軌道に投入された。

この人工衛星の打ち上げは、宇宙振興事業を主目的とする日本の(株)アストロスケールホールディングス(以下アストロスケールと略称)が行ったもので、同社は創業の2013年以来、寿命を迎えた人工衛星の回収サービス(EOL)、宇宙空間のデブリ(ごみ)の除去サービス(ADR)、宇宙状況の把握事業(SSA)の技術開発を進めてきた。アストロスケールによる宇宙ゴミ除去計画については、秩父148号(令和2年7月)に紹介したが、今回その最初の目標を達成したものである。

アストロスケールは2013年岡田光信氏によって創業され、日本に本社を置き英国、米国、イスラエル、シンガポールに支社を置く国際的な民間企業である。現在のスタッフは170名を越え、その75%がエンジニアである。

2. デブリ除去実証実験機 ELSA-d

今回打ち上げられたデブリ除去実証実験機はELSA-d(エルサディー)と呼ばれ、捕獲衛星(約180kg)と宇宙ゴミを模擬したデブリ模擬衛星(約2

0kg)を結合した状態で宇宙の低軌道に打ち上げられ、宇宙空間で、デブリ模擬衛星の切り離し、切り離したデブリ模擬衛星の検索・接近・ドッキングの実験を行う予定である。



図1 デブリ除去実証実験機 ELSA-d

図1の左側が捕獲衛星、右側がデブリ模擬衛星である。

3. ELSA-d 実証実験構想

今回行う予定の実験のミッションは次の7つのフェーズから成り立っている。

フェーズ1:

ロケットにより捕獲衛星にデブリ模擬衛星をくっつけたまま高度550kmの軌道に投入する。

フェーズ2:

捕獲機は地上とのインターフェース確認や実証十ヶに向けての準備を行う。

模擬デブリはアクチベーションユニットにより起動した後、分離に必要な準備を行う。

フェーズ3:

捕獲機は模擬デブリを切り離した後、ランデブーセンサを使用して模擬デブリの後方の定められた距離に位置を定め磁石によって分離、捕獲の実行を行う。

この実験は模擬デブリは非回転の状態で行う。

フェーズ4:

非回転捕獲のフェーズ3に比べてより複雑な動きをする回転状態の捕獲なので難易度は高い実験になる。

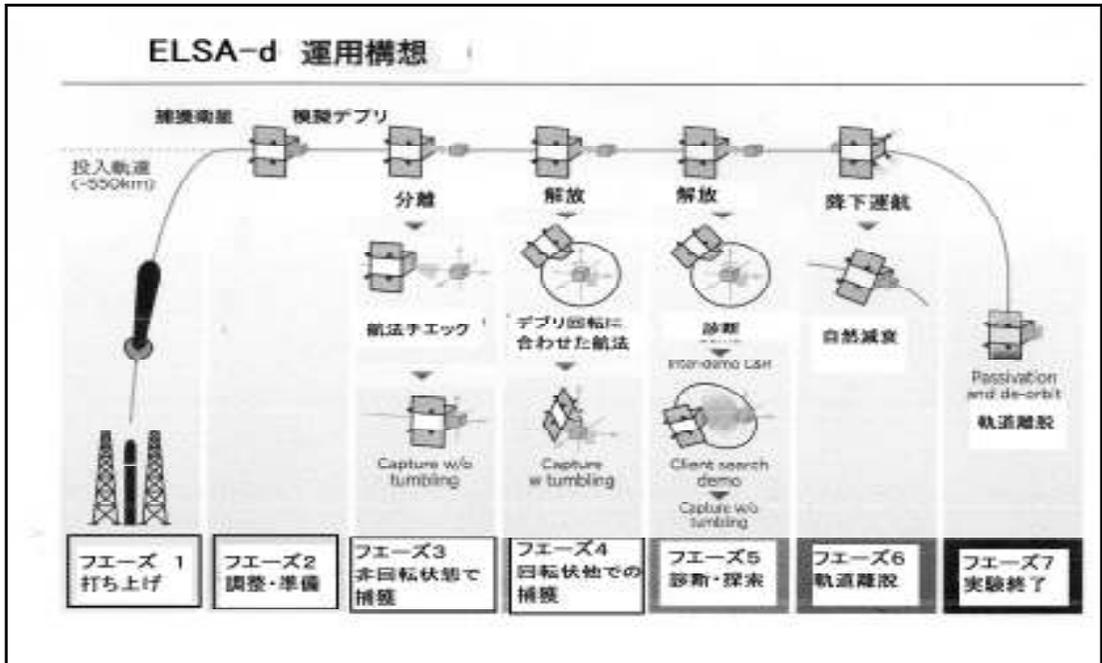


図2 ELSA-d 実証実験構想

まず、回転状態の模擬デブリの動きを撮影する。撮影された画像データを地上に送る。地上では模擬デブリの回転に合わせた捕獲器の移動軌道を計算し、捕獲機にそのデータを送る。

その結果、捕獲器は模擬デブリの回転に合わせて模擬デブリの周りを周回し、両者の相対位置を静止させる。この捕獲機の周回運動をダンスと呼んでいる。

その結果、非回転の模擬デブリと同じ状態で模擬デブリを捕獲することができる。

フェーズ5：

捕獲機は模擬デブリを分離した後、日照時に荻デブリの周りを周回して、模擬デブリの状態を観測し診断する。このデータは将来ミッションで運用者が実際のデブリの捕獲を実行するか否かの判断をするための重要なデータとなる。

又模擬デブリをあえて長距離の位置に動かして見失わせ、それをセンサーで捕捉し、接近して再確保する実験も行う予

定である。

フェーズ6：

捕獲機が模擬デブリを捕獲したまま高度を下げて軌道離脱の実験を行う。

大気抵抗により自然高度低下後、残留した推進用燃料やバッテリー充電回路等を放出して衛星を無効化する。

フェーズ7：

無効化された捕獲機と模擬デブリは大気圏に突入して燃え尽きる。

4. 将来計画

今回のデブリ除去衛星の打ち上げを行った(株)アストロスケールは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の商業宇宙デブリ除去プロジェクト(CRD2)に応募し2020年3月に契約相手方として選定されている。したがって、この契約に基づきCRD2のフェーズ1の実証実験を2022年度までに行いそのデータをJAXAに納付することになってい

る。

このCRD2の商業デブリ除去実証は大型デブリを対象とし2024年度までの実証実験フェーズ2と続き、その後は既存デブリの除去事業と継続されている。

アストロスケールは当然、それらの事業を継続して行くことを目指している。



ロシアソユーズロケット

我が国の空の守りは大丈夫か(Ⅸ) 電子戦兵器② 自衛隊サイバー防衛隊

川島 順 予科21-7
(越谷市) 航空7-1

目次

- (I) ナイキからイーゼスアショア(秩父140号)
- (II) 巡航ミサイル(秩父141号)
- (III) ジェット戦闘機①(秩父142号)
- (IV) ジェット戦闘機②(秩父143号)
- (V) ジェット戦闘機③(秩父144号)
- (VI) ジェット戦闘機④(秩父145号)
- (VII) ジェット戦闘機⑤(秩父147号)
- (VIII) 電子戦兵器①(秩父151号)

電子戦兵器②

自衛隊サイバー防衛隊

読売新聞2021年5月14日に「自衛隊サイバー部隊強化」の記事が載せられていた。政府は13日のサイバーセキュリティ戦略本部（本部長加藤官房長官）会合で今後3年間の「次期サイバーセキュリティの戦略」の骨子をまとめたとして、防衛省は現在の290人のサイバー防衛隊を再編して540名に増加する、また、日米両国は日米安保条約5条がサイバー攻撃にも適用されることを再確認したと発表した。

自衛隊サイバー防衛隊は2008年（平成20年）に自衛隊指揮通信システム隊として発足、2014年（平成26年）上記システムの傘下にサイバー防衛隊を設置した（人員約110名）。

しかし、令和3年度の改編によりこの自衛隊指揮通信システム隊としてのサイバー防衛隊を廃止し、独立した自衛隊のサイバー防衛隊を新編したものである。

最近になり、ロシアのハッカー集団「ダ

ークサイド」が米国のパイプライン会社の米国最大のパイプラインにサイバー攻撃を仕掛け、パイプラインの運営に障害が生じた事件が大きく報じられている。

パイプライン会社はシステムの復旧を条件に500万ドルの見代金をビットコインで支払った模様である。

日本でも、東芝のフランスの子会社及びダイハツの関連会社が「ダークサイド」のサイバー攻撃を受けた模様である。「ダークサイド」は金銭の要求をしているようであるが、何れもその要求には応じられないとしている。

自衛隊では急遽、民間人材のハンティングに乗り出すと共に、横須賀市にある陸自高等工科学校にプログラミングなどを教える専修コースを新設した。

因みに、中国軍は約3万人規模のサイバー攻撃部隊を保有し、北朝鮮でも約6800名のサーバー部隊を持っているとのことである。

日本の自衛隊に比べると1桁も2桁も大きい規模を有し、果たして自衛隊のサイバー防衛隊の抑止力が発揮できるか否か疑問であるが、最近新設されたデジタル庁とも連携して、経済面、防衛面でのサイバー攻撃に対する有効なバリア手段を構築することを願うばかりである。



事務局だより

世話人会報告

◎ [報告]

(1) 振武台観桜会

今年も見送りとなったが、来年春には是非開催したいと願っている。

(2) 歩こう会

9月から再開する予定であるが、コロナ禍が早く収まることを祈るばかりである。

(3) 秩父発行

今月号の秩父152号は電子出版の第1号である。多くの方が購読できるように努力はしているが、まだ、パソコン又はスマホの環境に慣れていない人が多い。

一人でも多く閲覧してくれることを期待している。

次の153号は10月発行の予定である。但し、原稿が集まらなくて困っている。是非一般の方でも投稿をお願いしたい。

【本部報告】

☆令和2年度決算・令和3年度予算

5月1日の常幹で、令和2年の決算、令和3年の予算が審議された。

概要は、令和2年決算、支出約23万円、令和3年予算支出約41万円(但し予備費10万円込み)。令和3年度末の繰り越し残高は約71万円の予定。後2～3年で底をつく。そろそろ終活の時期に来ている。

【会員の消息】

訃報

★篠崎 弘君(予科 30-7、歩兵 2-3)川越市、令和3年5月1日死亡、ご遺族長女栗原真理子様。

謹んでお悔やみを申し上げます。

【将校集会所】

☆下記の会報等の寄贈を受けました。
 *重陽 No.170 (R2年19月)、171 (R3年2月)これが最終号とのこと。ご苦労様でした。

秩父151号に対し多数の方々から礼状、感想等を頂く。

◆埼玉偕行会常務理事の陸自76の黒澤利光氏(入間市)から近況報告がありました。紹介させていただきます。
 「3月27日(土)稲荷山公園(狭山市)へ地元クラブにてハイキング、染井吉野満々開でした。カタクリも見ごろ。
 4月3日(日)入間川右岸沿いを有志数名にて、仏子駅から飯能河原まで歩き、武蔵野七福神(円照寺弁財天、浄心寺毘沙門天)を拝観しました。秋を楽しみに

しています。」

◆【ご寄付】

☆大澤 嘉昭君(8-6,航空17-1,流山市) 5,000円
 有り難うございました。

【編集後記】

◆田村正夫の火星への移住は人類にとっては夢であるが、火星へ避難しなければならない世の中が来ることは絶対に避けねばならない。
 ◆エネルギーシリーズ、日本にとっては核融合原子炉はエネルギー源及び資源の点から必須ではないか。
 ◆日本の民間会社アストロスケール社の世界初の宇宙デブリ除去衛星の打ち上げ成功誠に喜ばしい。宇宙事業開発の先兵として今後の活躍に期待したい。

令和3年埼玉偕行“ゆっくり歩こう会”予定表

まとめ役：竹下泰義(陸自70)、黒澤利光(陸自76)

実施月日	集合場所	コース (見所)	担当
9/19 (日) 11時	西武線 航空公園駅	航空公園から防衛医大(防衛医学研究センター)	竹下
10/17 (日) 11時	JR 山手線高輪ゲートウェイ駅(第1京浜側改札口)	高輪ゲートウェイからゲートシティ大崎へ	黒沢
11/21 (日) 11時	JR 埼京線 目黒駅出口1(五反田寄り)	恵比寿方面(目黒駅-池田山公園-東京都庭園美術館-恵比寿ガーデンプレイス)	川島

【携帯電話】 小林武一 090-9209-7103 竹下泰義 090-7748-1810
 黒澤利光 04-2964-7084 田村正夫 080-1111-4530
 川島 順 090-2153-2335 福島孝夫 090-4838-6561