

月・火星基地など宇宙開発に関する事例調査

長崎大学工学部 正 後藤恵之輔

同上 正 全 柄 徳

同上 学 ○王 丸 順 之

1. はじめに

現在、人類は地球規模の問題として、人口の爆発的増加と食料難、地球の汚染、開発や燃料確保のための緑の喪失と砂漠化、地球の温暖化、エネルギー資源の枯渇などを抱えている。これらの問題を解決するためにも宇宙開発が望まれ、いずれ広大な宇宙空間に出ていかなければならないときが必ずやってくるだろう。宇宙開発として月面基地、火星基地建设などが挙げられる。流れとしては、宇宙ステーションの建設を経てから月面基地・火星基地の建設そして宇宙開発が産業として発展していくと思われる。

現在、月・火星基地建设は、現実人類に与えられた課題である。本研究は、いくつかの資料をもとに事例を挙げ、土木・建設的見地から、月・火星基地建设への可能性、方向性を推測するものである。

2. 宇宙開発における可能性

2.1 宇宙ステーション建設の必要性

月・火星基地建设において、地球を周回する軌道上に有人の基地をつくるのが第一歩となる。最初のステーションとして宇宙基地ができ、地上と軌道を結ぶ航路が確立されてこそ、それを足がかりにして、つぎのステーションを建設し、路線を延長することも可能になる。また、火星へ向かうロケットを宇宙基地で組み立てて、発進させることもできる。

こうした一連の作業は、地球上の基地をベースにするよりも、宇宙基地をベースにしたほうが、エネルギー的にはるかに効率的である¹⁾。

2.2 月・火星基地建设

アポロ計画で採集された月の岩石の分析結果を見ると、地球の玄武岩によく似ていて、地上と同じセメントができる²⁾。月の砂には多量の珪酸分が含まれていることから、砂に高熱を加えて焼結させるだけで、建築の構造材になるセラミックス・コンクリートがいくらでも手に入る³⁾。また火星に至っては、水あるいは水素が存在していて、より地球に似てい

る。

このように、月や火星では地球に在る物がすべてではないにしても、容易に手に入りそうである。このことは現地で建設資材を生産できるということである。

ここでは、土木的、建設的見地から建設系、資源探索系における解決しなければならない問題を挙げる。

2.2.1 建設系⁴⁾

月面にはかなり細かい粉末状の埃が多いといわれている。そのためにも、居住区付近に舗装道路を設ける必要がある。また、月面基地の建設材料にはセラミック、ガラス、金属、コンクリートなどが挙げられる。

宇宙構造物では構造材料にどの素材を用いるかが問題であり、コスト面からも合理的な複合材料の開発が必要である。また、高分子材料では紫外線などにたいし長期の耐久性を確保しなければならなし、地球軌道上の宇宙ステーションでは、酸素原子による劣化も考慮すべきである。

資源開発のためには、自動化され丈夫で信頼性の高い掘削機と輸送車両を開発する。車輪の接地圧が地球ほど期待できないので、走行系にはなんらかの工夫が求められる。

2.2.2 資源探索系⁵⁾

真空であるということも重要な資源の一つであるが、月の資源、火星の衛星であるフォボス、ディモスの資源の有効利用が考えられる。月面基地等の建設材料、宇宙工場で使う金属材料、酸素、ヘリウム3 (^3He) などの資源エネルギーについての採掘技術、加工技術の開発を行う。

3. 宇宙基地建设のための無人化施工の検討

3.1 雲仙普賢岳における無人化施工の概要⁶⁾

雲仙普賢岳での除石工事の無人化施工とは、土石流発生後に遊砂池等において緊急除石を実施するた

め、火砕流が発生した場合においても、避難車両等により安全な避難が可能な地点から無人の施工機械を遠隔操作し、土砂掘削・搬出する作業を継続的に行う一連の技術のことである。これまで建設工事の省力化を目指して開発してきた、単一的な遠隔操作機械および機能を組み合わせることにより、土砂の掘削・搬出という一連の作業を可能とした技術である。

この技術は施工機械・現場状況・オペレータをいかに連携させるかということが重要となる。つまり現場と離れた場所から、その状況を把握するための情報を的確にとらえるため、モニタリングによって得られた画像情報により施工機械を遠隔操作する技術、施工機械の稼動状況と出来型などを測量するための、施工管理システムなどが重要な要素となる。

3. 2 無人化施工の評価⁶⁾

雲仙普賢岳での無人化施工の施工条件には、技術の内容として、不均一な土砂の状態で、かつ岩の破碎を伴う掘削と運搬や、現地の温度・湿度条件に対応可能であることなどが挙げられた。その技術水準としては、直径2～3m程度の礫の破碎が可能であること、外囲条件としては一時的に温度100℃、湿度100%程度状況でも運行可能であることなどが求められた。

これに対する評価として、温度・湿度条件については、火砕流が作業地点まで到達しなかったため、その対策などの評価を確認する状況が発生しなかった。また、現地での施工結果から、有人施工に対する今回の無人化施工の施工効率は、約50%程度と評価された。転石の破碎については、できることは確認できたが、掘削・搬出作業に比べ効率が著しく低かった。そして、100m以上の遠隔操作実施のための画像モニタについては、有効に機能したし、遠隔操作の電波については、電波到達距離は最長2km程度まで確認された。

以上のような試験工事の結果について、学識経験者などからなる委員会は、公募のテーマである無人化施工による不均一な土砂の掘削・積み込み・運搬技術は実用化の域に達していると評価した。

3. 3 宇宙開発を利用可能にするための課題

雲仙普賢岳の無人化施工の結果をみて、有人施工

に対する施工効率が約50%であることから、それをあげるために、効率が悪い作業の改善が望まれる。

遠隔操作については、この無人化施工では電波の到達距離が2kmであったことから、今後、地球からの遠隔操作を実現可能にするために、より高い技術の開発が望まれる。

4. 基地建設の可能性

世界のトップレベルにある日本のロボット工学や土木技術（シールド工法、無人化施工）を用いることによって、土木・建設の見地から、月・火星基地建設をみた場合、資材的にも、建設技術的にも十分前向きな結果がみられる。課題となるのは宇宙基地建設、月・火星までの大型輸送手段などを挙げることができるが、何よりも予算的、技術的・国家間の協力が必要である。国際的な協力なくして月・火星基地の建設実現はあり得ない。

5. おわりに

宇宙を積極的に生産の場にしていこうという考え方から、その生産の場をつくるためにも建設業界の宇宙への進出は、いち早く望まれる課題である。

宇宙開発に対しての土木技術者の携わり方として、新しい人間の生活環境の整備を扱う。地球外の空間においては、地球の表土と同じ条件は期待できない。しかし、現在の高度な土木・建設作業技術をもってすれば、新しい生活環境の整備は、十分実現できるものであろう。

参考文献

- 1) 北村幸雄：宇宙工場の建設，読売新聞社，p.169，1986。
- 2) 栗木恭一：宇宙環境の利用，(株)丸善，p.16，1988。
- 3) 学研：最新宇宙技術論，p.28，1989。
- 4) 栗原和男：21世紀へ向けての土木建設技術開発と新素材，ユーザー・メーカー交流フォーラム（日本経済新聞社 材料連合フォーラム），p.103。
- 5) 前出4)，p.104。
- 6) 松井宗広：雲仙・普賢岳噴火災害と新技術による取り組みー火山噴火と土砂災害ー，長崎県における自然災害の予測・対策・技術に関する講習会，土木学会西部支部（長崎大学工学部社会開発工学科），1995.10。