

VI-26 月面での原子力発電所建屋の建設

清水建設(株) 正会員 清水勝公 小畑益彦 小川幸雄 金森洋史
真野英之 岡田康男 高木健治 松本信二

1. まえがき

近年、アメリカをはじめとして月面基地計画が立案され、実現に向けて多くの研究が国際的に行なわれている。この月面基地計画の基本構想では、月面基地活動の拡大に伴い多くのエネルギー需要が見込まれている。このようなエネルギーを供給する手段として原子力発電を利用することが考えられる。

本論文は、月面という特殊環境下での原子力発電所建屋の、現時点で最良と考えられる設計・施工についてまとめる。

2. 月面活動と環境条件

本検討では、文献1)に述べられている月面活動のフェーズと活動内容を参考にしながら、原子力発電所の供給電力規模等を設定する。表-1に月面基地の各フェーズの主な活動内容を示す。

月面環境は地上と異なり、大気はほとんど無く、表層は粘着力の小さいレゴリスと呼ばれる土で覆われている。月面温度は、+120℃から-170℃の幅で変化するが、月面下約50cmでは-20℃前後と安定している。月震は最大でマグニチュード4程度、通常は2から3程度である。太陽フレアによる放射線量に関しては、10Svに達する線量当量を月面で観測している。微小隕石の飛来頻度は隕石径により異なるが、直径100μm以上のものは0.6（個/m²・年）程度飛来する。ただし、建物に2mのレゴリス被覆を施すことにより、放射線量は50mSv/年に減衰し、隕石の貫通は極めて稀になる。

表-1 月面基地の各フェーズの活動内容¹⁾

	フェーズ2 (有人非常駐)	フェーズ3 (有人常駐初期)
月面活動	・ 昼(前半) 昼夜(後半) ・ 要員 8人	・ 夜間も滞在 ・ 要員 8-32人
エネルギー	・ 供給電力200 kW 以下 ・ RTG・燃料電池追加 ・ 原子力発電	・ 供給電力10 MW まで ・ 原子力発電追加 ・ 電力輸送システム

3. 対象プラントの仕様設定

ここで設定した原子力発電プラントは、月面基地活動のフェーズ2と3に投入する電気出力300 kWeのプラントSと3000 kWeのプラントLとする。発電形式はいずれも液体金属冷却高速炉で、10年間のメンテナンスフリーを条件とする。

プラントSは、直径4.5m、高さ8mの円柱形で、総重量は7～8 tonである。図-1にその概要を示す（文献2参照）。

プラントLは、1次ループ、発電系ともに2ループとして概略設計する。発電プラントの供用年数は30年とし、3基の原子炉を順次設置し使用する。使用後の原子炉は原位置で崩壊熱除去を行なう。

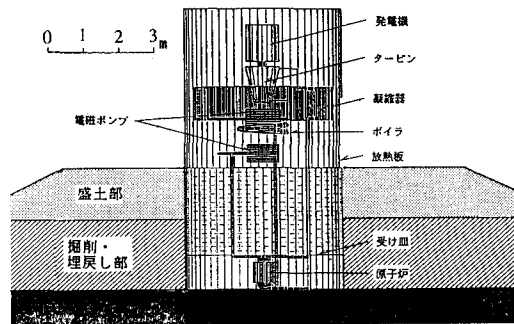


図-1 300kWの原子炉の構成および設置形式²⁾

4. プラントSの建設

設置形式（埋込み量、盛土量）を構造上および建設上の得失により決定する。構造上の得失に関しては、支持地盤の安定性、耐放射線遮蔽性、メンテナンス性、隣接施設への影響度等を評価項目として考慮した。建設上の得失としては、立地制約、輸送制約、施工性、所要電力（ピーク時電力）、建設費等を考えた。その結果、図-1に示す半埋込み式が、構造上および建設上最適な設置形式であることが分かった。

設置には、ブルドーザー、クレーン等の建設機械を使用し、96時間と短期間で建設できることが分かった。しかし、「高放射線輻射、高温度差、真空」等の特殊環境から、月面基地建設用に開発された特殊な建設用ロボットを使用する必要がある。なお、建設時のピーク時使用電力は約64kWとなる。

5. プラントLの建設

プラントLは、正六角形のプレキャストコンクリート製のモジュール（文献3参照）3つを組み合わせた構造とし、その内部に原子炉、蒸気発生器、タービン発電機等を配置した。

当該プラントの最適な設置形式に関しても、プラントSの検討同様に、構造上および建設上の得失を基に決定した。さらに、この施設の構造については、耐衝撃性、防塵性、耐震性、事故時の健全性等も考慮した。その結果、図-2に示すような配置が最適であることが分かった。すなわち、原子炉建屋モジュールを、2次側の機器への影響を配慮して2次側モジュールより平面的に2m離して配置し、2mの高さに盛土した地盤に埋め込んだ。タービン・発電機等2次側の機器へは、メンテナンス通路を配置してアプローチできるようにした。

この建設およびメンテナンスには、プラントS同様に建設機械のロボット化を前提とし、建設には地球時間で約60日を要する。ピーク時所要電力は240kWで、プラントSから供給できるよう計画した。

6. まとめ

月面に建設する原子力発電所建屋の最適な構造形式の検討を行なった。また、今後の技術課題として、材料、構造、輸送、生産、施工、保守に関する整理も行なった。

文献

- 1) (財)未来工学研究所、「月面基地と月資源開発の調査研究」（平成元年12月）
- 2) K.Haga et al., "A Study of Application of Transportable Reactor to Lunar Base Power System", IAF-90-205, Oct.1990
- 3) 松本、金森、「月でコンクリートを練る—コンクリート製月面基地の建設」,セメント・コンクリート、No.515, 1990年1月

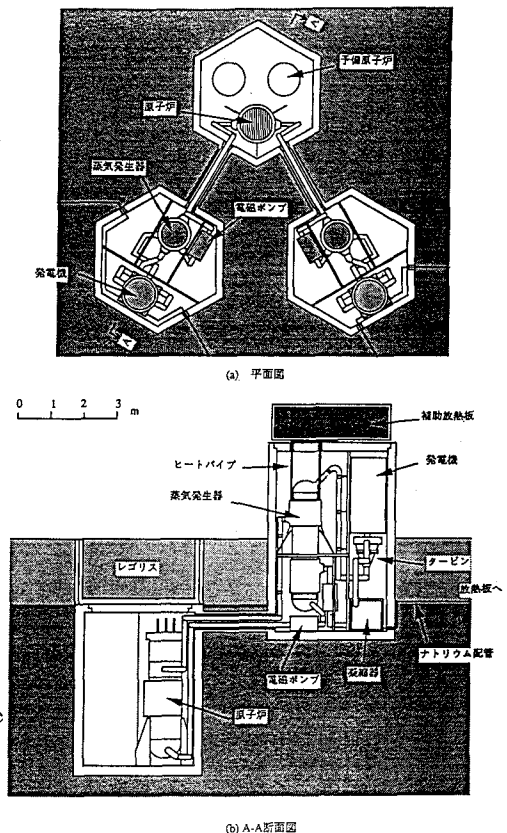


図-2 3000kWの原子炉の構成および設置形式