

審査の結果の要旨

氏 名 畑中 菜穂子

提出された学位請求論文「Investigation on practical production methods of lunar concrete (ルナコンクリートの実用的製造手法に関する研究)」は、各種の実験によって、月面で実用可能な「ルナコンクリート」製造の工程と必要な設備を明らかにした論文であり、全5章からなっている。

第1章では、研究の背景、目的、既往の関連研究の成果等を明らかにしている。具体的には、月面での施設建設を想定した場合の ISRU (:現地材料利用) の重要性を指摘し、月面材料からセメントを製造する手法として既に提案されている真空蒸発法等の未解決問題を明示した上で、真空蒸発法によりセメント・酸素製造が可能であることを実証すること、様々な養生方法を用いたルナコンクリートの性能を検証すること、真空蒸発法と適切な養生方法を取り入れた、ルナコンクリート工場の製造工程、設備、重量・エネルギー消費量を明確化すること、現地材料利用によって製造される他の建設材料との比較によってルナコンクリートの適切な使用方法を明らかにすることを、研究の目的としている。

第2章では、真空蒸発法によりセメントと酸素製造が可能であることを実証するため、月の高地部のレゴリスの模擬材料が作成され、真空蒸発炉において 1937K、1994K、2045K の3つの温度で加熱する真空蒸発の実験とその結果が示されている。具体的には、真空蒸発法を用いることで、高い水硬性を持つ $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ を主体としたアルミナセメントを製造できること、実用的なルナセメントの化学組成、蒸発残留物の組成変化、3つの蒸発温度におけるレゴリス模擬材料の蒸発速度等が明らかにされている。そして、蒸発温度、蒸発速度、蒸発表面積の関係を表す普遍的な関係式を得ることに成功している。

第3章では真空蒸発実験で得られた化学組成を元にルナセメント模擬材料が製造されている。具体的には、 SiO_2 含有量と結晶状態が異なるルナセメントを用いて、様々な配合と養生温度で水和生成物、水和反応性、強度発現性が検証されている。その結果、まず、 20°C で水と水和させた場合、全てのセメントにおいて、真空暴露前の短い期間で安定な C_3AH_6 を生成させることは出来ないこと、28日後に 100°C で脱水すると大きな強度低下がおこることが明らかになり、安定なコンクリートを製造するためには、何らかの水和促進剤が必要であることが指摘されている。次いで、 SiO_2 含有量の低いセメントでは、 40°C 以上の

高温養生で、3日以内に C_3AH_6 へのコンバージョンが見られること、また、養生 28 日後に $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ で脱水すると大きな強度増進が見られることが明らかにされている。更に、 SiO_2 含有量の高いセメントでは、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水とでは水和反応が起きないこと、ただし硬化促進剤の添加や高温養生によって水和反応が観察されること、 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 養生によってコンバージョンが起こることが明らかにされている。最後に、これらの結果を踏まえ、DSMI 法という高温高圧養生法の有効性が指摘されている。

第 4 章では、真空蒸発法と DSMI 法を用いたルナコンクリートの製造工程と設備が明らかにされている。具体的には、年間生産量 350 トン以下のコンクリート工場では、ロケットの一度の打ち上げで月面に輸送できると考えられること、年間 100~500 トンのコンクリートを製造すると仮定した場合、材料そのものを打ち上げるのに比べ、打ち上げ重量を大きく削減できること、マスプロダクションによる重量削減効果が高いことが明らかにされている。

第 5 章では、ルナコンクリートの適切な用途が明らかにされている。具体的には、コンクリートの長短所を理解するため、レゴリス・サンドバッグ、レンガ/キャスト、サルファーコンクリートの 3 つの材料との比較が行われ、水硬性コンクリートの重量削減効果はレゴリスバッグやレンガに比べて劣るが、このコンクリートが最も多様な用途が期待できることから、他の材料と十分に競争できる範囲の重量・エネルギー消費量だとされている。また、各材料の長短所を比較した結果、月面基地の効率的な発展のためには、用途によって様々な材料を適材適所で活用していくことが望ましいことが指摘されている。そして、最後に、前 4 章で新たに得られた知見を整理し、本論文の結論としている。

以上、本論文は、独創的な各種の実験と試算を通じて、月面での施設建設に適用可能なコンクリート製造工程とその設備を具体的に明らかにした論文であり、建築学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。

最終試験の結果の要旨

論文提出者氏名 畑中菜穂子

審査委員会は、平成 20 年 1 月 15 日に論文提出者に対し、学位請求論文の内容及び専攻分野に関する学術について口頭による試験を行った結果、本人は博士（工学）の学位を受けるに十分な学識と研究を指導する能力を有するものと認め、合格と判定した。

審 査 委 員 会 報 告 書 [課程博士用]

※報告番号	甲 第 号	※授与年月日	平成 年 月 日
※学位記番号	博 工 第 号	研究科名	工 学 系 研 究 科
学位の種類	博 士 (工 学)	専 攻 名	建 築 学 専 攻
ふりがな	はたなか なおこ	生年月日	1978年11月20日生
氏 名	畑中 菜穂子	国 籍	日本
論文題目	Investigation on practical production methods of lunar concrete (ルナコンクリートの実用的製造手法に関する研究)		
主論文の冊数	1 冊		
審 査 委 員 会 委 員	(職 名)	(氏 名)	(印)
	主査 東京大学 教授	松村秀一	
	教授	前川宏一	
	准教授	石田哲也	
	准教授	野口貴文	
	准教授	藤田香織	
論文の内容の要旨	別紙 1		
審査の結果の要旨	別紙 2		
最終試験の結果の要旨	別紙 3		
審 査 委 員 会 の 意 見	審査の結果、博士（工学）の学位を授与できると認める。		

※報告番号は、事務局（学務課）において記入する。

※学位記番号、授与年月日は、研究科委員会の審議後研究科において記入する。