



Title	マグネシア系耐火物の工学的特性に関する研究
Author(s)	杉田, 清
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2069">https://hdl.handle.net/11094/2069</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	杉	田	清
	すぎ	た	きよし
学 位 の 種 類	工	学	博 士
学 位 記 番 号	第	7 4 0	号
学位授与の日付	昭 和 40 年 4 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
学位論文題目	マグネシア系耐火物の工学的特性に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教 授 石野 俊夫		
	(副査) 教 授 小森 三郎 教 授 松田 住雄 教 授 堤 繁		
	教 授 大河原六郎 教 授 新良宏一郎 教 授 戸倉仁一郎		
	教 授 大竹 伝雄 教 授 足立 彰 教 授 桜井 洸		
	教 授 三川 礼 教 授 守谷 一郎 教 授 坪村 宏		

## 論 文 内 容 の 要 旨

### 第 1 章 緒 言

マグネシア系耐火物は、鉄鋼業特に製鋼作業に不可欠の耐火材料である。マグネシア系耐火物の過去の進歩を歴史的に考察すると、「使用条件と耐火物特性の対応関係の把握」が従来の研究に欠けている点であり、現在の重要課題となっている。当研究の目的は、マグネシア系耐火物の諸特性におよぼす温度、荷重およびスラグの影響を調査し、耐火物使用上、製造上の資料を得ることである。

### 第 2 章 マグネシア系耐火物の鉍物組成と構成鉍物に関する予備考察

鉍物組成はマグネシア系耐火物の基本的特性であり、すべての特性は鉍物組成の影響をうける。過去の諸研究を総括整理し、以後の研究に対する予備考察とした。マグネシア系耐火物の鉍物組成は平衡状態での相構成に基づいて推定することができ、化学組成からの計算が可能である。鉍物の共生関係、その特性についても整理総括した。

### 第 3 章 マグネシアレンガの焼結収縮とその速度におよぼす各種要因の影響

焼結収縮反応、結晶成長を主体に温度の影響について研究した。まず理想状態での焼結収縮速度式各種について考察し、つぎに実際のマグネシアレンガを対象に 1600~1700°C の範囲で再加熱収縮率を測定し、その結果を解析した結果、焼結収縮率と温度および時間の関係を定量的に表示することができた。この焼結収縮速度式 ( $S = k_s \sqrt[3]{t} e^{-E_s/RT}$ ) は、本研究によって初めて得られた新しい知見である。実際の窯炉でのレンガの収縮率の推定やレンガ製造条件の設定に応用できる。また、加熱条件とペリクレス結晶成長の関連や介在鉍物の影響についても興味ある事実を見出し、再加熱線変化率試験法に対して新しい条件を提案した。

#### 第4章 マグネシアレンガの高温（2000°C）加熱による性状変化について

従来不明であった高温 2000°C でのマグネシアレンガの加熱変化について調べ、2000°C の高温加熱により焼結反応、結晶成長は著しく進行するが、その機構自体には大きな変化はないことを実証した。同時に介在鉱物の相違により生ずる結合組織（フェライトボンドあるいはシリケートボンド）の差が高温加熱による性状変化に著しく影響することを見出した。

#### 第5章 マグネシアレンガの荷重軟化点におよぼす荷重値の影響とマイクロ組織の変化

熱間圧縮荷重下（1～30 kg/cm<sup>2</sup>）でのマグネシアレンガの変形破壊特性について研究し、その特性が低温高荷重域と高温低荷重域によって異なることを示した。さらに変形破壊はマイクロ組織内のマトリックスと粗粒との間隙から始まり、マトリックスの変形破壊によって進行することを見出した。また変形破壊特性と液相の生成が密接な関係にあることを考察し、液相量の増加により破壊温度が低下することを実証した。さらに荷重軟化試験法について、供試荷重値の再検討を提案した。

#### 第6章 マグネシアレンガの熱間圧縮クリープ

荷重 0.5～2.0 kg/cm<sup>2</sup>、温度 1600°C での圧縮クリープを試み、マグネシアレンガの変形は時間の平方根に比例することを見出し、シヤモットレンガなど Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 系耐火物について適用されていたクリープ特性式を修正した特性式を誘導した。この結果は窯炉での変形率の推定に利用できる。さらに荷重値およびマイクロ組織とクリープ特性の関連について考察した。

#### 第7章 平炉炉床におけるマグネシア系耐火物の挙動

マグネシア系耐火物のスラグに対する挙動を、実際の炉床使用後レンガおよびスタンプの性状変化の調査により研究した。その結果、マグネシア系耐火物の炉床における損耗は、スラグの滲透による耐火性の低下とスラグへの溶出によって進行することが判った。スラグの滲透機構について考察し、それが主として気孔を通過する毛細管現象によることを推論し、マグネシア系耐火物の耐スラグ性の増強には低気孔率の緻密な組織が有効であることを示した。

#### 第8章 総括

以上の研究結果は鉄鋼用マグネシア系耐火物の使用、製造面で各種の有益な指針を提供するものと考えられる。耐火物の改良、開発は、その使用条件と耐火物特性の対応関係を明確にすることにより初めて可能となる。この意味で、本研究で試みた「使用条件と耐火物の特性の関連」の研究が、耐火物研究の方法論的見地からも、今後の鉄鋼用耐火物の進歩にいささかなりとも寄与しうることを期待する。

### 論文の審査結果の要旨

マグネシア系耐火物は鉄鋼業とくに製鋼作業に不可欠な耐火物である。しかるに従来の研究においては使用条件と耐火物特性との対応関係が明確でなく現在の残された重要課題となっている。したがって本研究の目的はマグネシア系耐火物の諸特性におよぼす温度、荷重およびスラグの影響について検討し、耐火物を使用する場合の製造上の資料を得ることで、全文8章よりなっている。

まず第一章緒言につづいて第2章においてマグネシア系耐火物の基本的特性である鉍物組成について、過去の諸研究を整理し、以後の研究に対する予備考察をおこなっている。その結果マグネシア系耐火物の鉍物組成は平衡状態での相構成にもとづいて推定出来、化学組成から計算できることを明らかにしている。

第3章においては焼結収縮反応と結晶成長とを主体として温度の影響について考察している。まず理想状態での焼結収縮速度式について考察し、ついで実際のレンガを対象に  $1600^{\circ}\text{C} \sim 1700^{\circ}\text{C}$  の範囲で再加熱収縮率を測定し、その結果を解析して焼結収縮率と温度および時間の関係を定量的に表示しうる焼結収縮速度式を得ている。

本式は実際の窯炉でのレンガの収縮率の推定やレンガ製造の条件設定に役立つものである。

また加熱時間とペリクレスの結晶成長との関連や介在鉍物の影響についても興味ある事実を見出している。

第4章では、今まで例を見ない高温（約  $2000^{\circ}\text{C}$ ）におけるマグネシアレンガの加熱（変化を測定している。 $2000^{\circ}\text{C}$ の高温加熱）により焼結反応、結晶成長は著しく進行するが、機構については低温の場合にくらべ大きな変化がないことを確かめている。また介在鉍物の相違によって生ずる結合組織（フェライトボンドあるいはシリケートボンド）の差が高温加熱による性状変化に著しく影響することを見出している。

第5章は熱間圧縮荷重下（ $1 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ ）でのマグネシアレンガの変形破壊特性について研究したもので、その特性が低温高荷重重域と高温低荷域とによって異なること、また変形破壊はマイクロ組織内のマトリックスと粗粒との境界結合の破壊から出発し、マトリックスの変形破壊によって進行することを見出している。さらに変形破壊特性と液相の生成とが密接な関係にあること、すなわち液相量の増加によって破壊温度が低下することを実証している。

第6章は荷重  $0.5 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ 、温度  $1600^{\circ}\text{C}$  での圧縮クリープを試み、マグネシアレンガの変形が時間の平方根に比例することを見出し、シャモットレンガなど、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  系耐火物について適用されたクリープ特性式を修正した新しい式を誘導している。また荷重値およびマイクロ組織とクリープ特性との関連性についても考察している。

最後に第7章においてマグネシア系耐火物のスラグに対する挙動を実際の炉床使用後レンガおよびスタンプの性状変化を測定することによって研究している。マグネシア系耐火物の炉床における損耗はスラグの滲透による耐火性の低下によって進行すること、さらに、その滲透機構は主として気孔を通じての毛細管現象によることを推論し、これを実験によって裏づけている。

第8章は総括である。

本論文は実際上の立場からマグネシア系耐火物の諸特性が温度、圧力またはスラグによっていかに変化するかを精細に検討したもので、その使用上ならびに製造上多くの有益な指針を提供している。

耐火物の改良、開発は、その使用条件と耐火物の特性との対応関係を明確にすることによりはじめて可能であり、この意味で本研究は耐火物研究の方法論的見地からも今後の研究に寄与するところ大である。したがって、博士論文として価値あるものと認める。