韓国建設技術研究院（韓国）　研修報告書
鉄粉体の燃焼挙動の観察

先進理工系科学研究科　機械工学プログラム　　井上力輔

1. はじめに

2025 年 8 月 16 日から同年 8 月 31 日の間，韓国の韓国建設技術研究院において研究を行った。以下に成果を報告する。

2. 研修/共同研究課題の決定

研修先として韓国建設技術研究院を選定した理由は、以前より指導教員を通じて同研究院との学術的な交流があり、研究上の連携体制が比較的整っていたことが挙げられる。これまでの情報交換や研究打合せを通じて、研究員の方々の専門性や研究姿勢に触れる機会があり、互いに信頼関係を築くことができていた。そのため、今回の研修を通じてより実践的かつ発展的な共同研究を行う上で、最も適した機関であると判断した。

さらに、韓国建設技術研究院では現在、新たに粉塵爆発を研究テーマとしたプロジェクトを立ち上げており、本学の研究グループとも連携して共同研究を開始する段階にある。粉塵爆発は産業安全上きわめて重要な課題であり、同研究院では鉄粉体を対象とした爆発現象の基礎的なメカニズム解明や、爆発時の被害予測、リスク評価に関する実験的検討を行っている。こうした研究の方向性が、私自身の研究テーマとも密接に関連していることから､研修を通じて相互に有益な知見を得られると考えた。

また、韓国建設技術研究院に設置されている実験装置は、広島大学に設置されている装置とは構造や操作条件が異なっており、異なる条件下で実験を実施できる点に大きな魅力を感じた。これにより、同一の研究課題に対して多角的な検証が可能となり、研究の信頼性や再現性をより高めることができると期待される。

今回設定した共同研究課題である「鉄粉体の燃焼挙動の観察」は、鉄粉体の着火および燃焼の基本的原理を明らかにすることを目的としている。本研究課題は、小規模実験による基礎データの取得のみならず、大規模実験との比較を通じて、鉄粉体の燃焼メカニズムをより包括的に理解することが可能である。そのため、本テーマは両研究機関の技術的強みを活かすうえで最も適していると判断し、共同研究課題として正式に決定した。

3. 研修/共同研究スケジュール

2025 年 8 月 16 日 出国
2025 年 8 月 18 日～8 月 29 日 共同研究
2025 年 8 月 31 日 帰国

4. 研修先/共同研究派遣先の概要

韓国建設技術研究院（KICT: Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology）は、韓国において唯一の政府出資による建設技術分野の中核的研究機関であり、国のインフラ整備や建設産業の発展に極めて重要な役割を果たしている。KICT は、建設工学、都市開発、環境工学、防災・減災技術など、幅広い分野にわたって研究活動を展開しており、その成果は韓国国内のみならず、国際的にも高く評価されている。また、同研究院は学術研究と実務応用の両立を重視しており、政策立案や技術基準の策定にも積極的に関与している。これにより、韓国の建設業界全体の技術力向上や安全基準の高精度化、さらには国家経済の持続的成長に大きく寄与している。加えて、建設技術を通じた社会基盤の改善や防災・安全性の強化を図ることで、国民の生活の質や社会福祉の向上にも貢献している。

私が今回インターンシップとして派遣されるのは、その中でも特に建築火災や爆発現象の安全性を専門的に研究している部署である。この部署では、建築物や産業施設における火災拡大メカニズム、爆発圧力の解析、安全設計基準の策定など、多岐にわたる研究が進められている。近年では、金属粉体を原因とする粉塵爆発に関する研究テーマにも新たに着手し、爆発挙動の解明や被害予測、安全対策の高度化を目指して実験的・理論的研究を行っている。これらの研究は、粉体産業やエネルギー関連分野における労働安全や施設保全に直結する重要な課題であり、社会的意義も非常に大きい。

また、この部署は私の所属する広島大学の研究室ともこれまでから密接に連絡を取り合っており、研究成果の共有や実験データの比較検討など、継続的な学術交流が行われている。そのため、今回のインターンシップを通じて、両研究機関間の連携をさらに深め、共同研究をより発展的な段階へと進めることができると期待している。

5．研修/共同研究の内容

粉塵爆発は、可燃性粉体が空気中に微細に分散した状態で、何らかの着火源に曝された際に急激な燃焼反応が進行し、圧力の急上昇を伴って爆発的現象を引き起こすものである。この現象は、化学工業、金属加工、食品製造、エネルギー関連施設など、さまざまな産業分野で発生する可能性があり、その被害は設備損壊や操業停止のみならず、人命にも大きな影響を及ぼすことから、産業安全上きわめて重要な問題として位置づけられている。

粉塵爆発の発生には、粉体の粒径、濃度、酸素濃度、湿度、雰囲気温度、外部エネルギーなど多くの要因が関与しており、これらが複合的に作用することで爆発の有無やその強度が決定される。特に金属粉体は、炭素系や有機系の粉体と比較して化学的反応性が非常に高く、酸化反応に伴う発熱が大きいため、わずかなエネルギー供給でも着火・燃焼が生じやすいという特徴を持つ。そのため、金属粉体を取り扱う現場では、静電気放電など微小な着火源による事故発生リスクを十分に考慮する必要がある。

最小着火エネルギー（MIE: Minimum Ignition Energy）は、粉塵雲が着火するために必要な最小のエネルギー量を定量的に示す指標であり、粉塵の爆発性を評価する上で最も基本的かつ重要なパラメ

ータの一つである。MIE は粉体の種類や粒径、湿度、分散状態などの条件によって大きく変化するため、各種粉体に対して精密に測定を行うことは、爆発危険性を正確に評価し、安全設計や防爆対策を行う上で不可欠である。

本実験では、工業的利用が広く、また粉塵爆発事故の潜在的リスクが指摘されている鉄粉体を対象として、その最小着火エネルギー（MIE）を測定することを目的とする。鉄粉体は、粒径や粉塵濃度などによって着火挙動が大きく変化するため、実験的にその特性を明らかにすることは、理論的理解の深化のみならず、実際の産業現場における安全管理指針の策定にも重要な意義を持つ。本研究では、粉塵濃度を変化させた MIE の測定結果を通じて、鉄粉体の着火特性を明確化し、粉塵爆発の予防やリスク低減のための基礎データを提供することを目的とする。

実験は図 1 の 20L の容量をもつチャンバー内で行う。手順としては，鉄粉体をチャンバー内にセットし，その後空気をチャンバー下部から吹きあげることによって、容器下部にあった粉体を容器内に分散させ、粉塵雲とする。その後火花放電により粉塵雲に着火させることで、粉塵爆発を発生させる。同一粉塵濃度で 10 回実験を行い、1 回でも爆発が起これば爆発成功、10 回全て爆発が発生しなければ爆発失敗とする。

結果は図 2 のようになっており、粉塵濃度 2000 g/m^3、3000 g/m^{3}では MIE は変化しないが、2000 g/m^{3}から 1000 g/m^{3}になると MIE の値は大きくなっていることが分かった。粉塵濃度が小さくなると、粉塵雲中の分子多間距離が大きくなり、鉄粒子間での熱の伝播が困難になり、爆発に必要なエネルギーが大きくなったと考えられる。これが粉塵濃度が小さくなるにつれて MIE が大きくなった原因であると考えられる。

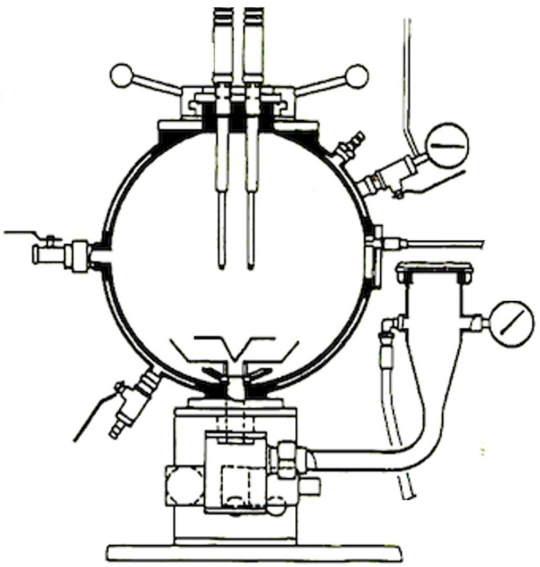


図 1　実験装置概略図

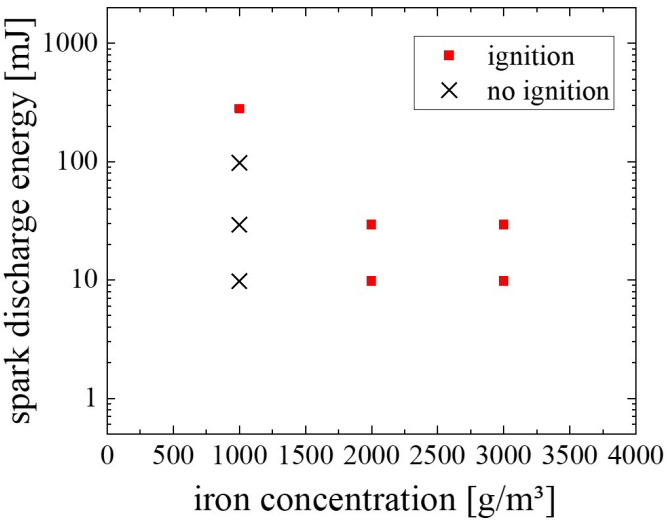


図 1　実験結果

6. まとめ

インターンシップ中と帰国後に,粉塵濃度が最小着火エネルギーに与える影響に関する実験を行った。実験結果によると、2000 g/m^{3}から 1000 g/m^{3}と粉塵濃度が低くなると最小着火エネルギーが大きくなることが分かった。これは，粉塵濃度が小さくなることで粉塵雲中の粒子間の距離が長くなり，鉄粒子間での熱の伝播が困難になるためであると考えられる。

7. 謝辞

今回のインターンシップ派遣にあたって，多大なるご指導を賜りました金佑勁准教授，山本教授，工学系総括支援室の皆様，また，受け入れ先である KICT でご指導いただきました金洋均博士に心から感謝の意を表し，厚く御礼を申し上げます.