

【研究成果の要約】

氏名	岡田 京子
1. 研究題目	未来キッチンを目指して：気中溶解法を利用して新機能性無機物を開発する 13A ガス使用小型バーナーの改良およびエコな動的使用への拡張
2. 研究内容	
【目的】	
<p>新鮮で安全な食材を入れた専用の容器を「インテリジェント・ハイブリッドオーブン（現行のコンロ、グリル、オーブンを1つにまとめた機器）」に入れてほんの暫く待てば、美味しい食事を誰でもが口に入れられる世界を実現したい。この為には、AIが食材とその量を自動判別、複数個の高効率火口をAIが個別に調整、特にその1部の火口はAIによる制御で位置稼働も可、とすれば良いと考えている。このアイデアを実現するためのハードウェアおよび加熱の基礎過程の検証を、都市ガス(13A ガス、メタンが主成分)と純酸素ガスで使用するフェニックス・バーナーを使って行う。さらに、現調理器の要改善点でもあると考えている“グリル・オーブン用の掃除不要で中の見え方もよりクリアーな高強度新ガラス”を未来志向で開発する準備も行う。</p>	
【実験詳細】	
<p>インフライト・メルティング・マテリアル法を利用するフェニックス・バーナーを小型テストベンチシステムで使用する事により、インテリジェント・ハイブリッドオーブンの為の研究[1][2]を省エネルギーに SDGs に遂行している</p>	
[1]ガスバーナーの特性の改良およびその利用法の改善	
[2]微量の金属酸化物付与により新機能付与・低融点のガラスの基礎開発	
<p>高純度の工業原料を作製するマテリアルのベース組成成分に従って取り分け、スラリーとしてスプレードライ機に入れて $D50 \approx 100 \mu\text{m}$ の粒に造粒する。この造粒粉を上から下向きの火炎の中に落下させれば、0.1秒以内に溶解する。そこで、インフライトパス中もしくはその下流で粒径制御された新機能性物質を採取する。フェニックス・バーナーを使用し、ガス流量およびガス混合比を変えることで造粒粉を溶解させる火炎温度とインフライトパスの長さを制御している。インフライト・メルティング・マテリアル法は以下の(1)–(2)の特徴を持つので、インテリジェント・ハイブリッドオーブンに向けたガラス開発に最適である。これは、溶解過程はバーナーの性能の制御と改良でもあるのでインテリジェント・ハイブリッドオーブンに向けたバーナーの開発にもなる。</p>	
(1)無容器法で外混合なので成分変更が容易で、無汚染に多種多様な機能性物質を作製できる。	
(2)従来法の半分以下の省エネルギーで従来法の 10 万分の 1 以下の時間の 0.1 秒以内に、機能性物質を簡単に作製できる。	
3. 研究成果	
【本研究期間の研究成果】	
[1] 未来キッチン用バーナーの性能・パラメータ群の抽出	
[2]小型テストベンチシステムの最適化とフェニックス・バーナーの諸パラメータの最適化	
[3] 水素バーナー「ドラゴン・バーナー」の開発を中外炉工業(株)と開始	
[4]新造粒粉作製法の開発と最適化(大川原化工機(株)との共同研究)、課題の抽出	
[6]新機能性マテリアルの開発	

【研究成果の概要】	
氏 名	岡田 京子
1. 研究題目	未来キッチンを目指して：気中溶解法を利用して新機能性無機物を開発する 13A ガス使用小型バーナーの改良およびエコな動的使用への拡張
<p>【目的】</p> <p>新鮮で安全な食材を入れた専用の容器を「インテリジェント・ハイブリッドオーブン（現行のコンロ、グリル、オーブンを1つにまとめた機器）」に入れてほんの暫く待てば、美味しい食事を誰でもが口に入れられる世界を実現したい。この為には、AIが食材とその量を自動判別、複数個の高効率火口をAIが個別に調整、特にその1部の火口はAIによる制御で位置稼働も可、とすれば良いと考えている。このアイデアを実現するためのハードウェアおよび加熱の基礎過程の検証を、都市ガス(13A ガス、メタンが主成分)と純酸素ガスで使用するフェニックス・バーナーを使って行う。フェニックス・バーナーを使って行う加熱によりおきる物質溶解を検証すれば、インテリジェント・ハイブリッドオーブン用のバーナーに必要な情報を得ることができる。本研究助成の期間2年ではこの基礎検証のやり方を確立する。具体的には小型のフェニックス・バーナーを省エネルギーで高効率溶解の状態オプション付きで使い、造粒粉が溶解してマテリアルになる様子を観測する事で、また、できた新マテリアルを観測する事で、インテリジェント・ハイブリッドオーブン用バーナーに必要な機能要素と設定パラメーター群の目安を抽出する。また、未来キッチンでは脱炭素・SDGs も考慮しながら水素バーナーとメタンバーナーの併用で水分調整も可能にしたい。そこで、水素ガスと純酸素ガスを利用するドラゴン・バーナーの新規開発にも着手する。さらに、現調理器の要改善点でもあると考えている“グリル・オーブン用の掃除不要で中の見え方もよりクリアーな高強度新ガラス”を未来志向で開発する準備も行う。本研究助成の期間2年ではフェニックス・バーナーを用い、ガラス化溶解緩和過程の基礎スタディと新マテリアル開発を小型テストベンチシステムで行う。併せて、ガスバーナーを使って上から下に向けて打っている高温炎中に投入する、作りたいマテリアルの組成を持つ D50 = 100 μm の造粒粉の作製過程の新開発も行う。本研究助成の期間2年では以下を行う。小型テストベンチシステムの最適化とバーナーのガス流量とガス混合比の最適化も行いながら、造粒粉の原料の製造法・粒径・活性等を変えたり成分を変えたり採取位置を変えたりしながらソーダガラスベース組成の新たな物質を作製する。できた新マテリアルの評価は、SPring-8 の軟/硬X線 XAFSやX線回折、実験室の SEM-EDX やX線回折等を用いて行う。</p> <p>【実施状況】</p> <p>長引くコロナ禍、世界情勢の変化、鋼材の高騰等の中で、できる条件を探した。そして、当初の計画の3ステップの順番を入れ替え、新規作製するバーナーの数を減らして改造や機能追加や工夫で補いつつ利用条件にバリエーションを持たせてハードウェア側の研究を進めた。フェニックス・バーナーは空気とほぼ同じ成分のガスでも利用できることも実験的に示した。また、高純度の工業用材料原料の製造法・粒径・活性の差、アルカリとアルカリ土類の活性、溶解条件(ガスの流量、ガス混合比)と採取位置(インフライトパスの利用)と採取方法の効果も利用しながらインテリジェント・ハイブリッドオーブン用ガラスの元になる新機能性マテリアルの開発を行った。</p> <p>【実験詳細】</p> <p>インフライト・メルティング・マテリアル法を利用するフェニックス・バーナーを小型テストベンチシステムで使用する事により、インテリジェント・ハイブリッドオーブンの為の研究[1][2]を省エネルギーに SDGs に遂行している</p> <p>[1]ガスバーナーの特性の改良およびその利用法の改善</p> <p>[2]微量の金属酸化物付与により新機能付与・低融点のガラスの基礎開発</p> <p>高純度の工業原料を作製するマテリアルのベース組成成分に従って取り分け、スラリーとしてスプレードライ機に入れて D50 = $\sim 100 \mu\text{m}$ の粒に造粒する。この造粒粉を上から下向きの火炎の中に落下させれば、0.1 秒以内に溶解する。そこで、インフライトパス中もしくはその下流で粒径制御された新機能性物質を採取する。フェニックス・バーナーを使用し、ガス流量およびガス混合比を変えることで造粒粉を溶</p>	

融させる火炎温度とインフライトパスの長さを制御している。インフライト・メルティング・マテリアル法は以下の(1)–(4)の特徴を持つので、インテリジェント・ハイブリッドオープンに向けたガラス開発に最適である。これは、溶融過程はバーナーの性能の制御と改良でもあるのでインテリジェント・ハイブリッドオープンに向けたバーナーの開発にもなる。

- (1)無容器法で外混合なので成分変更が容易で、無汚染に多種多様な機能性物質を作製できる。
- (2)従来法の半分以下の省エネルギーで従来法の10万分の1以下の時間の0.1秒以内に、機能性物質を簡単に作製できる。
- (3)単純スケールアップで10 g/分(学術利用)~100 t/日(産業利用)に対応でき、粒状ガラスも塊ガラスも同システムで作製できる。
- (4)サンプルを採取するインフライトパス中の位置や投入熱量を変えれば溶融過程の途中止め状態・高活性状態を得られる。

【付記】

- * 使用したフェニックス・バーナーおよび開発中のドラゴン・バーナーの構造は非公開にしています。
- * 開発した新マテリアルの詳細成分や詳細な作製条件は本報告書では非公開とさせていただきます。
- * フェニックス・バーナーとドラゴン・バーナーを併用する、AIを使った立体配置バーナーシステムの設計とその利用(酸化炎と還元炎の使い分け、酸化物と窒化物の作り分け)の構想はありますが、本報告書では非公開とさせていただきます。

3. 研究成果、課題、今後の予定等

【本研究期間の研究成果】

[1] 未来キッチン用バーナーの性能・パラメータ群の抽出

[2] 鳥取県産業技術センターに設置した小型テストベンチシステムの最適化と完成(現在は撤収済)

①フェニックス・バーナーの諸パラメータの最適化

・目的毎にガスの最適流量と酸素・13A ガスの混合最適比と最適ガス圧を決定

・高収束性炎の作製を行う為の改良や機能追加

②試料の回収法開発(落下した物を採取、インフライトパス中の様々な位置で色々に採取)

③造粒粉供給の自動化のテスト機の作製

[3] 水素バーナー「ドラゴン・バーナー」の開発を中外炉工業(株)と開始

[4] 新造粒粉作製法の開発と最適化(大川原化工機(株)との共同研究)、課題の抽出

[5] 粒径・活性各種の工業用高純度原料を使った溶融反応性と特性の把握

[6] 新機能性材料の開発

開発例

①酸素の高活性を利用した材料の作製

②シリカの特性を利用した材料の作製

③鉄の影響(鉄の量、 Fe^{2+} と Fe^{3+} の比)を利用した材料の作製

④チタンの効果を利用した材料の作製

⑤銅を使った赤色材料の作製

[7] 作製した機能性物質の最初の評価方法の「SEM-EDX 観測と実験室 X 線回折測定」の確立

[8] 作製した機能性物質を SPring-8 の X 線回折実験と軟 X 線/硬 X 線 XAFS 実験の両方を使って解析する方法の確立

【今後の課題】

(A) ドラゴン・バーナーの完成とこれを使う溶融テストの実施(中外炉工業(株)の燃焼ゾーンで実施予定)を行い、フェニックス・バーナーとドラゴン・バーナーの機能比較も行う。

(B) 両バーナーを使っての酸化炎と還元炎の使い分け、酸化物と窒化物等の作り分けも行いながら機能性材料の開発をさらに進め、来キッチンのインテリジェント・ハイブリッドオープン用のガラスに繋げる。

【今後の予定】

ドラゴン・バーナーとフェニックス・バーナーの両方の性能を向上させてインテリジェント・ハイブリッドオープンに使えるバーナーにまで高め、科学の力で実用的で快適な「食」生活を地上で実現する。

さらにこれらの両バーナーを使いながら、太陽系（宙）の惑星で見つかった物質も手本としながら新たな元素の組み合わせの新機能性物質を開発する。そして、未来キッチンのインテリジェント・ハイブリッドオープン用のガラスも開発する。

【今後の希望】

どこかの段階で、産業の新基盤技術として民間企業にハードウェアを含むシステム一式と関連するノウハウを移転し、地球上のすべての人々の役に立つ道具とマテリアルとしたい。

【参考:学会発表】

2023年第70回応用物理学会春季学術講演会

2023/03/15 - [15p-D505-13]

”インフライト・メルティング・マテリアル法”を利用した機能性物質の開発 ～環境配慮・省エネルギー～

○岡田 京子 1、梶並 昭彦 2、玉井 博康 3、藤井 康裕 4、是枝 聡肇 4、梅咲 則正 5、根本 源太郎 6、佐藤 敬蔵 7,8 (1. 高輝度光科学研究センター、2. 神戸大、3. 鳥取県産業技術センター 機械素材研究所、4. 立命館大、5. 大阪大、6. 大川原化工機(株)、7. ニューガラスフォーラム、8. (株)ジェイテック)

<https://confit.atlas.jp/guide/event/jsap2023s/subject/15p-D505-13/detail?lang=ja>

2024年第71回応用物理学会春季学術講演会

2023/03/25 - [25a-32A-10]

”インフライト・メルティング・マテリアル法”を利用した機能性物質の開発(2) ～環境配慮・省エネルギー～

○岡田 京子 1、菅 大暉 1、藤原 正和 2、福谷 武司 2、塚根 亮 2、玉井 博康 2、根本 源太郎 3 (1. 高輝度光科学研究センター、2. 鳥取県産業技術センター 機械素材研究所、3. 大川原化工機株式会社大川原化工機株式会社)

<https://pub.confit.atlas.jp/ja/event/jsap2024s/presentation/25a-32A-10>

第37回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム

2024年1月12日(金) 13:00 ~ 15:00 [12P-82]

絶縁体インフライトガラス中の軽元素の差動排気環境下での電子収量と蛍光収量の同時観測

岡田 京子、菅 大暉・JASRI、福谷 武司、塚根 亮・鳥取県産業技術センター、根本 源太郎・大川原化工機株式会社