

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：82645

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630449

研究課題名(和文)新燃料による革新的複合型発電システム要素研究

研究課題名(英文)The feasibility study of the advanced combined energy system using the special fuel

研究代表者

川口 淳一郎(KAWAGUCHI, JUNICHIRO)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授

研究者番号：10169691

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在、宇宙用発電システムでは、主にリチウム電池等が使用されており、エネルギー密度は100～150Wh/kg程度である。厳しい軽量化要求から、更なる高効率化・軽量化された発電システムの実用化が期待される。亜酸化窒素の特徴を利用した高効率で、従来の倍以上のエネルギー密度を有し、無酸素で運転可能で環境に優しい世界に例のない革新的な複合型発電システム技術を実現し、将来のISS等の緊急電源に適用する。宇宙に限定せず、高空/海中等容易に酸素供給が得られない領域での電源装置または集団住宅等の緊急電源、離島/原子力施設等での独立電源装置として有効に活用できる。

研究成果の概要(英文)：The Li-Ion batteries are usually used as the energy system for the space systems, and whose energy density is in the range of 100 to 150 wh/kg. The space system expects the advanced energy system which has higher energy density in order to achieve the lightest system weight requirements. The advantages of N2O are 1)Easy heat and oxygen generation, 2)Non-toxic, and 3)Easy storage for the space application. So this N2O brings us two times higher energy density system without any air and oxygen compared with the conventional batteries. This advanced combined energy system will be applicable in the international space station or the future lunar bases. And this combined energy system also can be used in the terrestrial closed spaces independent to the air, like the high altitudes area and the under sea area, as the independent energy and oxygen generation system. The testings were conducted using the small scaled model, and the concept was confirmed to be the higher efficient energy system.

研究分野：航空宇宙工学

キーワード：燃料電池

1. 研究開始当初の背景

JAXA は現在まで亜酸化窒素 (N₂O) の持つ高エネルギー貯蔵性に着目し、その有効活用について知財化している。N₂O の分解プロセスによって発生する高温酸素 / 窒素ガスを活用した革新的な発電システムは、CO₂ を一切発生することなく排熱利用により高効率発電を行うことができる。更にバイオエタノール等燃料を付加することで一層の高効率化が可能になる。ここでは N₂O を燃料として効果的に使用することで“高効率・軽量・無酸素・非燃焼 / CO₂ フリー型発電装置”を実現させることを狙う。また N₂O には大気から合成ができるという特徴があり、将来的には燃料が再生できるという究極のクリーンエネルギー装置になる。本研究において、N₂O を利用した高性能複合型発電システム基盤技術のための要素研究を実施する。

2. 研究の目的

現在、宇宙用発電システムでは、主にリチウム電池等が使用されており、エネルギー密度は 150 ~ 200Wh/kg 程度である。宇宙システムとしての厳しい軽量化要求から、更なる高効率化・軽量化された発電システムの実用化が期待される。本研究において亜酸化窒素 (N₂O) の特徴 (無毒・無公害 / 分解が容易 / 熱が得られる) を利用した高効率で、従来の倍以上のエネルギー密度を有し、無酸素で運転可能で環境に優しい世界に例のない革新的な複合型発電システム (スターリングエンジン / 燃料電池 / タービン発電機統合) 技術を実現し、将来の ISS 等の緊急電源に適用する。更に宇宙に限定せず、高空 / 海中等容易に酸素供給が得られない領域での電源装置または集団住宅等の緊急電源、離島 / 原子力施設等での独立電源装置として有効に活用できる。

3. 研究の方法

本研究の目的は現在あまり活用されていない N₂O は触媒反応により応答性良く高温の酸素 / 窒素ガスに分解するという特性を効果的に発揮させ、この熱エネルギーを利用することで従来より効率よく発電につなげることである。この実現のための要素技術の中で特に重要な分解高温酸素 / 窒素ガスのエネルギーから従来以上に発電を効率良く実行できる熱・流体供給マネジメント方式の選定を行う。すなわち N₂O 分解部からスターリングエンジン、燃料電池、タービン発電装置に高温高圧ガスを無駄なく供給して、従来以上の発電が可能となるような熱流体供給系の方式を選定する。

4. 研究成果

(1) 研究成果の要約

革新的複合型発電システム基本要件の整理；革新的複合型発電システム基本技術を確立するために必要な要素技術を整理し、その達成目標を示し、開発ステップをまとめた。

革新的複合型発電システム要素試験用供試体試作；の結果に基づき、革新的複合型発電システム検討を行い、そのキー技術となるガス発生装置部及び発電装置部の供試体設計 / 仕様設定を実施し、試作を行った。

革新的複合型発電システム要素技術試験；上記要素供試体の技術評価試験を実施し、フィドバックを行い、各部位を集約した総合発電機能評価を実施した。結果として、課題はあるものの従来方式に比較して性能が向上することが確認された。今後システムの実用化に向けた供試体の高性能化により、システムの有利性をより明確にする検討を進めていきたい。

(2) 具体的な研究成果

要件の整理；革新的複合型発電システムとしての重要要素技術はこれまでは笑気ガスという医療用途が主体でエネルギー含人物質として使用されることがほとんどなかった亜酸化窒素 (N₂O) から大規模な装置を使用することなくエネルギーを抽出することができるかどうかである。方式として触媒等による分解反応を採択し、常温液体から高温ガスを発生させることである。また分解時に発熱を有効に活用することがシステムの効率を決定するものであるため熱交換方式についても方式を検討した。得られた熱は発生ガスとともに予定通り発電装置に供給されれば発電が成立することになる。

要素試験用供試体試作；

の重要要素技術である N₂O 分解装置として小型ガス発生装置を試作した。試作品の外観図 (図 1) 及び写真 (図 2) を以下に示す。また発電装置として燃料電池は仕様を設定して、既存品の派生型を採用した。またこれら供試体の技術試験ができるための配管 / 計測系統周辺装置を準備した。

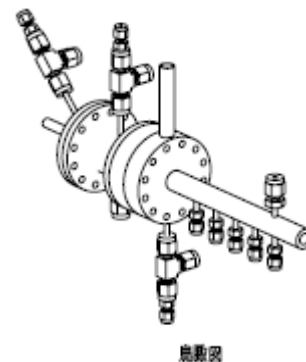


図 1 . ガス発生装置外観図

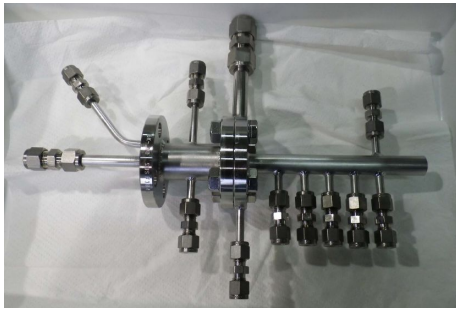


図2 ガス発生装置写真

また N2O 高温分解の中核技術となる触媒の写真を図3に示す。触媒はアルミハニカム構造体に貴金属が担持されたものである。N2O を最適に分解するために調合したものである。



図3 . 触媒

要素技術試験結果；

N2O は「無毒で常温貯蔵性良好な液体 / 気体」という特性と前記の「高エネルギー貯蔵」性があり、それに着目してこれまでにエンジンとしての性能評価を行ってきています。その評価実験の状況写真を図4に記載します。N2O が高温ガス化し燃料と理想的な混合比率により最適な反応を発生しています。今回は燃料の代わりに触媒で反応を促進しています。

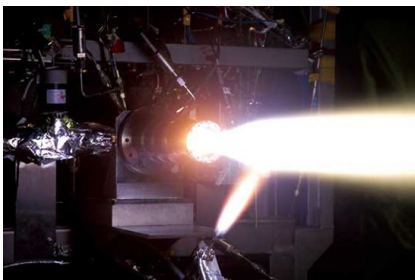
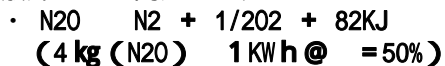


図4 . 評価実験

触媒による高温ガス発生プロセスは



高効率発電を実現するために上記化学反応を高効率で実行できる「高温ガス発生装置」が必要になります。今回は試作品の設計確認のみならず最適化のための評価も行っています。今回の試験系統図を図5に示します。ガス排気後方に燃料電池を置くことにより発電を可能にします。

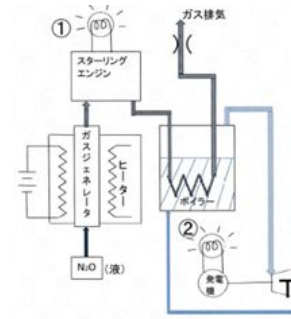


図5 . 試験系統図

試験装置系統 (図6) 及びその時に各部分の温度時間履歴 (図7) を以下に記載します。

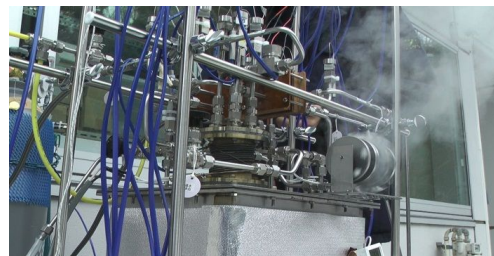


図6 . 試験装置系統

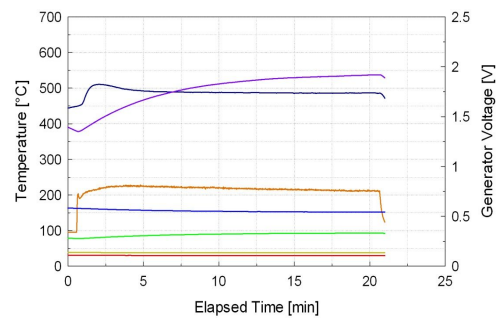


図7 . 温度時間履歴

発生ガス温度は N2O 供給量により制御が可能となる。発電タービン及び燃料電池の要求する温度に制御することにより想定する発電量が確保できることになる。以下は燃料電池の温度に応じた発電性能のグラフ (図8) である。

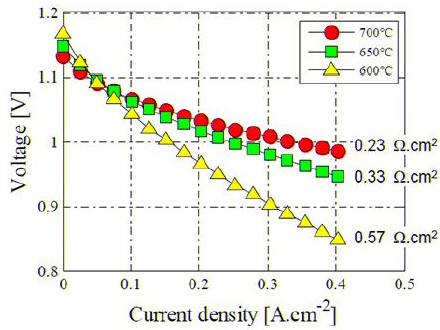


図 8 . 発電性能グラフ

また N2O の貯蔵性であるが、試験実施中は左の写真に示す通常の高圧ボンベに液体状態で貯蔵保管していた。N2O の運用性も通常の高圧ガス等と同じく至って良好といえる。



図 9 . 高圧ボンベ

課題等；

以上に示したように N2O は触媒により高温ガスに分解でき、その排熱を利用すると十分な発電を得られることが確認された。但し、予算規模の制約があり、今回確認できたものはあくまでも構想のフェージビリティであった。従ってエネルギー密度等の軽量化 / 高出力化の評価はあくまでも机上レベルでとどまっている。今後は、実用化のためのより詳細な供試体を使用した技術確認評価を継続したいと考えている。

5 . 主な発表論文等

【雑誌論文】(計 0 件)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

川口 淳一郎 (KAWAGUCHI, Junichiro)
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
 宇宙科学研究所・教授
 研究者番号：10169691

(2)研究分担者

岡屋 俊一 (OKAYA, Shunichi)
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
 宇宙科学研究所・参与
 研究者番号：50724241

羽生 宏人 (HABU, Hiroto)
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
 宇宙科学研究所・准教授
 研究者番号：60353421