

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：82645

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14257

研究課題名（和文）新燃料による革新的多機能緊急救命装置要素研究

研究課題名（英文）Technology Development of Innovative multi-function Oxygen generation from N2O

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）：昨今の災害事故の大規模化に伴い、小型軽量で高効率、即応性がある災害時あるいは閉鎖環境での多機能緊急救命装置（酸素発生装置／発電装置兼用）の実現は人的被害の最小化のために極めて重要となってきた。ここでは笑気ガスの名称で鎮静剤等で使用されている亜酸化窒素（N2O）の有する簡便な酸素生成特性及び高エネルギー貯蔵性を有効活用できる複合型救命システム技術を実現し、装置化して災害時の人命被害の最小化に貢献させる。同時に海中、宇宙等の閉鎖環境での酸素発生及び電力発生装置として有効に活用ができ、有人活動範囲拡大にも大きな貢献ができる。

研究成果の概要（英文）：The compact and quick operable multi-function emergency life-support system (Oxygen generator and Power generator) is strongly needed in order to eliminate the big human casualty during the large domestic disasters. The key technology for this innovative multi-function emergency life support system is the effective utilization of N2O called "Laughing Gas" in the medical use, which can be exothermic decomposed into Oxygen and Nitrogen by the adequate catalysis. This decomposed oxygen can be used for breathing, and the decomposed heat from N2O can be used for the electric power generation in the same time. We developed the capable N2O catalytic decomposition process for this system application. This system technology is also widely applicable to the closed isolated environment operations like marine programs and space programs.

研究分野：工学

キーワード：宇宙利用 探査

## 1. 研究開始当初の背景；

JAXA は現在まで亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) のもつ無毒で貯蔵性良好という特性と高エネルギー貯蔵性に着目して、その活用方法について知財化している。また高効率発電装置としての要素研究も実施している。N<sub>2</sub>O は触媒を介することで酸素/窒素分解 + 発熱反応が即応的に実現できる。この酸素発生と発熱を有効活用して、緊急生命維持のための酸素供給及び生存活動維持のための電力供給を行うことができる小型軽量・高効率・即応対応の複合システムの実現のニーズは高い。本システムが実現すれば単に災害時の救命活動が効果的に実施できるばかりではなく、海中、宇宙、高空、地下等の空気の希薄な閉鎖環境での有人活動拡大を可能にし、新資源開発等の地上生活向上への貢献も推進できる。使用する N<sub>2</sub>O は無毒で常温貯蔵が可能なもので、酸素発生源/電力発生源として脱/低 CO<sub>2</sub> の世界的要請にも合致するものである。

## 2. 研究の目的；

今回のシステム技術の特徴は「救命 (酸素発生)」と「発電」といった異なった機能を共通のコア技術を基にして発揮するもので、従来技術にはないものである。本技術構築のための課題は、個々の機能の高性能化の実現を図り、更に効率の良い多機能化の実現することである。今回の研究ではキーとなる高効率酸素発生/発電統合プロセスの方式を選定するとともに、プロセスを構成する重要要素技術の実現可能性の評価、大型化・実用化に向けた課題抽出及び方策を明確にする。

## 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 N<sub>2</sub>O 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、生成酸素を緊急の救命用に、更に発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高効率酸素分解プロセス及び分解高温酸素/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マネジメント方式の選定を行う。すなわち N<sub>2</sub>O 触媒分解部位の高効率分解最適構造様式選定及び高温酸素ガス発生部位から発電装置等に高温高压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小型軽量の熱マネジメント配管容器システムの方式を選定する。

## 4. 研究成果；

### (1) 研究成果の要約

革新的多機能緊急救命装置基本要求的整理；革新的多機能緊急救命装置基本技術確立のために、期待される緊急救命装置の酸素発生/発電機能性能の向上の狙いを達成するための個別要素技術への分解を行い、特に高温ガス分解触媒技術はキーであり、その実用化評価のための方策を検討し、目標設定/ロードマップ作成を行った。

革新的多機能緊急救命装置供試体設計製作；の結果の基本構想に基づき革新的多機能緊急救命装置の小型試験供試体設計を行い、従来型システムに比較して小型・軽量化が可能であることを確認した。システム機能・性能実現のためにキーとなる要素技術である高効率触媒酸素生成プロセス及び排熱の最適利用のための熱マネジメント方式を選定し、そのための小型技術実証試験供試体を設計/製作した。本供試体製作に当たり、既存所有品の有効活用した。

革新的多機能緊急救命装置技術評価試験；上記の小型技術実証試験供試体を使用してキーとなる要素技術取得のために、試験パラメータを変動させたシステム機能・性能試験を実施した。試験評価項目としては触媒層構造、ガスジェネレータ内 N<sub>2</sub>O 反応温度/流量/流速/圧力、保温/熱交換機能、燃料供

給流量 / 流速 / 温度 / 圧力等熱マネジメント関連及び酸素・窒素分解率とした。本試験結果から、酸素発生装置及び発電システムとして従来システムと比較して性能向上が期待できることが判明した。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

要求の整理；革新的多機能緊急救命装置としての重要要素技術はこれまでは笑気ガスという麻酔用途が主体でこれを呼気源及びエネルギー含入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（N<sub>2</sub>O）から酸素及びエネルギーを抽出することができるかどうかである。方式として専用触媒による分解反応を採択し、常温液体から呼気及び高温ガスを発生させることである。更に分解が有効に実行することがシステムの効率を決定するものであるため運用パラメータ等の最適化を検討した。分解時のガスの成分分析及び発熱量からシステムの成立性の評価を行う。

要素試験用供試体試作；

の重要要素技術である N<sub>2</sub>O 分解装置として小型ガス発生装置を試作した。試作品の外観写真（図 1）を以下に示す。また発電装置として市販の小型ターボ発電機を選定した。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 . N<sub>2</sub>O 小型ガス発生装置（触媒分解）

また N<sub>2</sub>O 高温分解の中核技術となる触媒の写

真を図 2 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。N<sub>2</sub>O を最適に分解するために固有に調合したものである。燃料が抵抗がなく供給できるように（緊急時の呼気発生の応答性が良いように）ハニカム構造を触媒構造に選んだ。

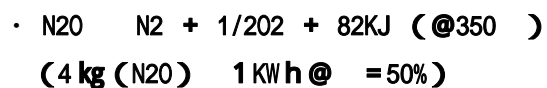


図 2 . N<sub>2</sub>O 分解ハニカム触媒

システムの基本系統図を図 3 に示す。分解ガスの成分分析はバッファタンク内生成ガスを使用した。

要素技術試験結果；

N<sub>2</sub>O 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液体ロケットエンジンとしての性能評価を行ってきた。今回は燃料の代わりに触媒で反応を促進している。触媒による高温ガス発生プロセスは以下の反応式による。



高効率の酸素発生率及び発熱（発電）を実現するために本化学反応を高効率で実行できる「高温ガス発生装置」が必須になる。ガス発生装置試作品を使用して性能特性試験を実施した。ガス発生装置の触媒部を約 350 に昇温し、N<sub>2</sub>O タンク中の N<sub>2</sub>O ガスをガス発生装置内に供給し、触媒を介した高温分解ガスをバッファタンクに補足する。高温分解ガスの温度及び反応圧力、分解ガス成分分析データを取得し、装置としての有効性の評価を行った。取得データの一例を以下に示す。

・ 反応圧力時間履歴；図 4

・ 反応温度 / 生成ガス温度時間履歴；図 5

図 5 から発熱反応が確認された。（350

600 ) これは 82KJ/mol の分解時発熱量によるものである。またバッファタンク内の分解ガスを成分分析結果から流速が早い場合は100%分解することが判明した。これは八ニカム触媒の構造上、流速により滞留していたN2Oガスを触媒に十分接触させる効果によるものである。緊急救命装置としては応答性要求から十分な流速の速さが要求されるため本方式は有効であることが判明した。タービン発電機から十分な発電を得るためには更なる分解ガスの高温化が有望であるが呼気ガスに使用する場合はある程度低温化が必要となる。タービン排気ガスの温度低下のための熱交換（ガスジェネレータ昇温への有効活用）の最適化が必要であり、方針が明確になった。

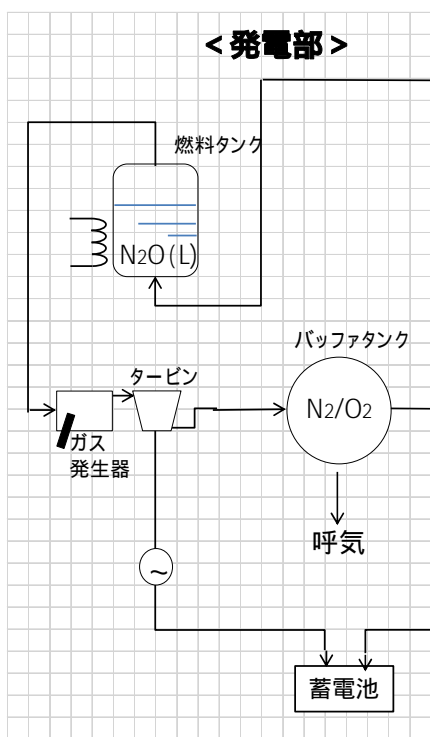


図3．システム基本系統図

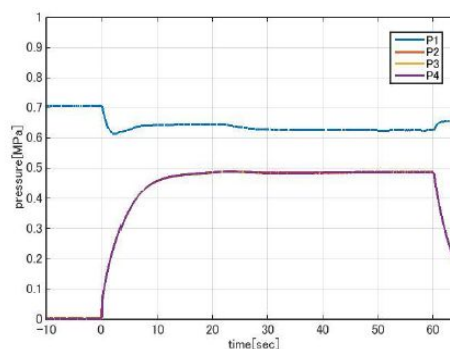


図4．ガス反応圧力時間履歴

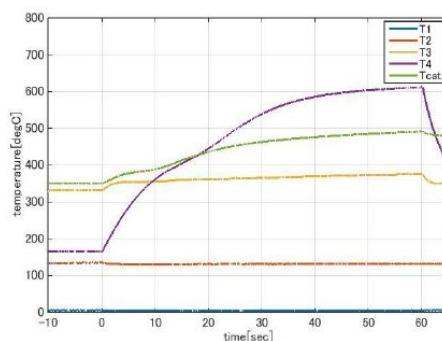


図5．ガス反応温度時間履歴

本要素試験データから機能システムが有効であることが確認され、システムの実機モデルを試作したものを図6に示す。発生ガス温度は前記のようにN2O供給流量/流速により制御可能である。



図6．革新的多機能緊急救命装置モデル

N2O の貯蔵性であるが、試験実施中は図 7 . 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である。



図 7 . N2O 高圧ボンベ

課題等；

これまでの実験成果として N2O は触媒により高温酸素ガスに分解でき、呼気に使用できると同時にその排熱を利用すると十分な発電が得られることが確認できた。但し、予算規模の制約があり、システムのフィージビリティは確認されたが、実験による製品化の評価は不十分であった。従って軽量化 / 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、製品化のための実機実験による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