

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656145

研究課題名(和文)二酸化炭素ハイドレートの大規模火災用消火剤としての可能性

研究課題名(英文) Possibility of Carbon Dioxide Hydrate as a extinguishing agent against large scale fire

研究代表者

植田 利久 (Ueda, Toshihisa)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：10151797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：プール火炎を対象に，上部から二酸化炭素ハイドレート粉末を落下させ，その消火特性を実験的に検討した．比較対象として，氷，ドライアイスを用いた実験も行った．プール火炎の燃料としては，水よりも沸点の低いメタノール，エタノール，水とほぼ同等の1-プロパノール，水より高い1-ヘキサノールを対象とした．消火に必要な最小の質量，消火限界質量は，水より沸点の低い燃料では，ドライアイスのほうが二酸化炭素ハイドレートより少なかったが，沸点が同等あるいは高い燃料では，二酸化炭素ハイドレートのほうが少なかった．これは，沸点の高い燃料においては，水の蒸発が促進し，冷却効果が顕著になったためであると考えられる．

研究成果の概要(英文)：Extinction characteristics of pool flame by dropping the carbon dioxide hydrate powder were experimentally investigated. For comparison, ice and dry ice are used instead of carbon dioxide hydrate. Fuels of pool flame are classified into three: fuel with boiling point lower than water, methanol and ethanol, fuel with equivalent boiling point with water, 1-propanol, and fuel with boiling point higher than water, 1-hexanol. The minimum mass of extinction, which is defined as a minimum mass to be able to extinguish the flame, of hydrate is more than that of dry ice for fuels with lower boiling point, while it is less for fuels with equivalent and higher boiling point of water. This indicates that the evaporation of water is enhanced in the higher boiling point fuels with much cooling of fuels, which results in the less minimum mass of extinction.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：消火 二酸化炭素ハイドレート 大規模火災 沸点

## 1. 研究開始当初の背景

森林火災、石油タンクの火災、倉庫火災、あるいは廃タイヤ集積所の火災など、一度発火すると一日以上燃焼が継続し、最終的には可燃物が燃え尽きるまで鎮火できない大規模火災事故はなくなる。そのような大規模火災に対しては、研究開始当初、航空機等による水や消火剤の投下、強力な水噴射、泡消火剤の大量放射、ハロン化合物などの化学消火剤の使用などの対応がとられてきたが、多くの場合、有効な消火に至らないことが指摘されてきた。しかしながら、消火特性に優れたハロン化合物はオゾン層破壊物質であるということから世界的に使用が制限されており[1]、水噴霧や泡消火剤は大規模火災では強い浮力の影響で火炎基部まで到達せず損失が大きい[2]などの問題が指摘され、よりよい消火剤が求められていた。申請者らは、従来から二酸化炭素ハイドレートの消火剤としての可能性に着目しており、実験室規模での消火実験を行っていた[3]。そこで、二酸化炭素ハイドレートの大規模火災消火の可能性を検討することは重要であると考えに至った。二酸化炭素ハイドレートは、燃料希釈効果のある二酸化炭素と燃料の冷却効果のある氷からなる物質であり、火炎中心部に噴射すると固体であることから燃料まで到達することが可能であり、氷による冷却効果と二酸化炭素による燃料希釈効果による有効な消火が期待された。

## 2. 研究の目的

二酸化炭素ハイドレートは、二酸化炭素をゲスト物質とするハイドレートであり、その成分は水と二酸化炭素である。二酸化炭素は燃料希釈、燃料と酸素の遮断効果があり、また、氷は、氷の融解、水の蒸発などともなる潜熱による冷却効果などを期待することができ、消火剤として有用である。また、温室効果ガスや毒性物質を含まないため、環境適合性もよい。申請者らは、従来から実験室規模での基礎研究を進めてきており、消火剤としての有用性を示してきた。そこで本研究では、大規模火災の消火剤としての実用上の有用性を明らかにするために、実験的に検討を加える。

## 3. 研究の方法

### 3.1 二酸化炭素ハイドレート生成装置

二酸化炭素ハイドレート生成装置は容積は  $200\text{cm}^3$  (内径 80mm, 深さ 40mm) のステンレス鋼製円筒圧力容器である。圧力容器は、ポンペから二酸化炭素を供給でき、圧力容器の中心部には気液界面を攪拌するための攪拌羽がついており、モーターを動力として駆動させる。圧力容器内部の状態は、内部圧力をひずみゲージ式圧力計によって、温度を白金測温抵抗体 (Pt, 100,  $\phi=1.6\text{mm}$ ) によってそれぞれ計測し、データロガーを用いて連続的に記録した。

圧力容器は、エチレングリコールを冷媒として満たした水槽内に設置されている。冷媒としてエチレングリコールを用いた理由は、凝固点温度が零度より低く、氷点下温度でも凍結せず用いる事が可能なためである。冷媒の温度は投げ込み式クーラー及び、ヒーターによって制御されている。

### 3.2 消火実験装置

本実験で用いた消火実験の装置概略図を図 3.1 に示す。本実験では、プール火炎用容器としてステンレス製のシャーレ ( $\phi=27.2\text{mm}$ , 深さ 14.7mm) を用いた。その容器に燃料を底面から 8mm の位置まで満たし、着火して形成された火炎を対象火炎とした。対象火炎を安定させるために、シャーレ下にアルミニウムハニカム (300mm 四方, 深さ 70mm, セル直径 3/16inch) を設置した。プール液面から 100mm 上方の位置からステンレス製ハイドレート落下用ロート (筒) を通し、毎回消火剤が液体燃料中心部に投下できるように落下装置を設置した。また本実験では、プール火炎容器に火炎や燃料温度などを計測するために K 型熱電対を設置することができ、測定結果はデータロガーを通してコンピュータに送り、保存することができる。また、火炎の挙動を観察するために実験中はハイスピードカメラで撮影を行った。

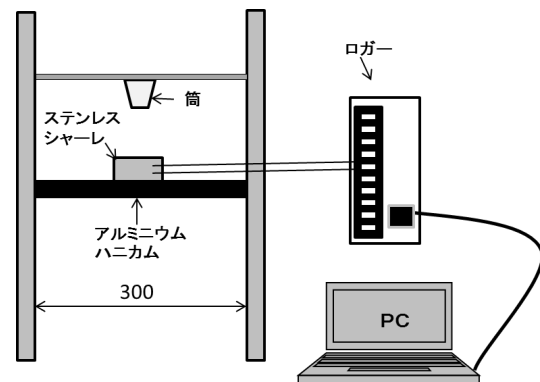


図 3.1 消火実験装置

### 3.3 二酸化炭素ハイドレート生成方法

ハイドレート生成装置の圧力容器に蒸留水 50 g を入れて蓋を閉じ、その後、二酸化炭素をポンペから供給し、一度内部をパージさせて空気を抜いてから水と反応させた。圧力容器内部の温度圧力条件としては、蒸留水が凝固しない範囲で、なるべく低い温度である約  $0.5 \pm 0.1$  に設定した。圧力容器内の圧力は二酸化炭素ハイドレートの三相平衡圧力である  $1.3\text{MPa}\cdot\text{g}$  以上とし、二酸化炭素の蒸気圧の  $3.4\text{MPa}\cdot\text{g}$  以下になるように調節した。その後、数回に渡ってポンペから二酸化炭素を圧力容器内に供給し続け、圧力容器内部の圧力が下がらなくなって水がほぼ二酸化炭素ハイドレートになったことを確認した後、大気圧下での二酸化炭素ハイドレート

の分解温度である-55より低い-70まで反応器内を冷却し、大気中に開放し、圧力容器内部の結晶を取り出した。

### 3.4 消火実験

#### 3.4.1 燃料の選定

本実験は、燃料の沸点到着目して二酸化炭素ハイドレートの消火メカニズムを解明することを目的としているため、表 3.1 に示す沸点の異なる4種類の燃料を用いる。

二酸化炭素ハイドレートの持つ水の蒸発による冷却効果の考察を行うためにグループ分けをした。Aは水の沸点より低い沸点を持つ燃料(メタノール, エタノール), Bは水の沸点と同程度の沸点の燃料(1-プロパノール), Cは水の沸点よりも高い沸点を持つ燃料(1-ヘキサノール)である。

表 3.1 使用した燃料とその沸点

Group	燃料の種類	沸点(°C)	分子式
A	メタノール	64.7	CH <sub>3</sub> OH
B	エタノール	78.4	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
C	1-プロパノール	97.4	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH
	1-ヘキサノール	157	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> OH

#### 3.4.2 消火剤の選定

本実験では、二酸化炭素ハイドレート、ドライアイス、氷を消火剤として用いた。これは、二酸化炭素ハイドレートは二酸化炭素と水で構成されているので、それぞれ二酸化炭素のみで構成されるドライアイス、水のみで構成される氷を選定した。

本実験で消火剤として使用する際には、どの消火剤も0.5mmのふるいを用いて粒子径を0mm<d<0.5mmとして用いた。また投下する前までは液体窒素雰囲気中で保存するため、投下する際の消火剤の温度は約-100°Cである。

#### 3.4.3 消火剤投下時刻

各燃料の沸点の違いから最終的に到達する温度は燃料により異なっている。本実験では、消火剤を投下する時刻は、燃料表面温度がそれぞれの燃料の沸点に達した際の時刻とし、消火剤投下時刻と定義した。

#### 3.4.5 消火実験

図 3.1 に示す実験装置を用いて、ステンレス製シャーレ内に表 3.1 に示す各燃料を満たし、そこに形成されるプール火炎を対象に消火実験を行った。プール火炎に着火後、投下時刻になった時に消火剤である二酸化炭素ハイドレート、ドライアイス、氷を液面上空100mmの位置からステンレス製筒を通し、液体燃料の中心部に投下する。消火剤は、0.5mmのふるいを用いて粒子径を0mm<d<0.5mmとした粉末状の粒子である。また投下時刻前までは液体窒素雰囲気中で保存する。火炎が消えるまでの挙動はハイスピードカメラを用いてシャッタースピード1/60s、フレームレート60fpsで撮影した。

形成された炎を三回連続で消火した最も少ない質量を消火限界質量と定義する。二酸化炭素ハイドレート、ドライアイス、氷ともに0.1gごとに実験を行い、消火限界質量を測定した。

#### 3.4.6 未燃場における消火剤落下実験

図 3.1 に示す実験装置を用いて、火をつけていない状態の各燃料に消火剤を投下する実験を行った。実験条件としては、燃焼時と同様、シャーレはステンレス製(φ=27.2mm, 深さ14.7mm)を用い、各燃料はシャーレ底から8mmまで満たした。消火剤は二酸化炭素ハイドレート、ドライアイス、氷で行った。また粒子径も同様に0mm<d<0.5mmで行った。本実験では、消火剤が持つ冷却効果の燃焼場と未燃場での比較・検討するために温度変化の挙動に着目した。温度変化は、燃焼時と同様の位置に設置した熱電対で測定した。そして、燃焼場と未燃場どちらも同質量(0.5g)の消火剤を投下した際の温度変化から消火剤の持つ冷却効果を考察した。

#### 3.4.7 プール火炎の大きさの影響

本研究が大規模火災への適用を検討していることから、プール火炎の大きさを変えて消火実験をおこなった。燃料容器であるステンレスシャーレを、スケール効果を検討する為に内径48.5mm、高さ15mm(シャーレ小)に加えて、内径98.5mm、高さ20mm(シャーレ大)の2種を用いた。シャーレに高さ5mmまで液体燃料で満たして着火し、消火実験の対象とした。燃料の沸点の影響を考察するため、沸点が水の沸点より低いメタノール、水と同程度である1-プロパノールを用いた。消火剤には二酸化炭素ハイドレートと二酸化炭素の固体であるドライアイスを用いた。消火剤は投下装置を用いて液体燃料の中心部に投下された。投下装置はステンレス製の落下部及び内径18.2mmのガラス製の筒からなっており、落下部の扉を開くことにより任意のタイミングで消火剤を投下する事が出来る。なお、投下する直前まで投下装置は液体窒素雰囲気中にある。実験の際の条件を表 3.2 に示す。投下時刻は着火後、燃料全体の温度が一定になった時刻、投下高さは、消火剤投下時に火炎が投下装置に触れないように、温度安定時の30秒間の平均火炎高さの1.5倍とした。消火剤の投下する質量を変化させ、消火に至るか否かを観察し、消火した最も少ない質量を消火限界質量と定義した。

表 3.2 実験条件

燃料	シャーレ	投下時刻[s]	投下高さ[mm]
メタノール 沸点 67.4	小	180	135
	大		350
1-プロパノール 沸点 97.4	小	240	200
	大		300

#### 4. 研究成果

##### 4.1 二酸化炭素ハイドレート生成

本研究で作成した二酸化炭素ハイドレート粒子を図 4.1 に示す。

また、表 4.1 に二酸化炭素ハイドレートの単位質量あたりに発生した二酸化炭素体積量（標準状態換算） $x$  及び、その値から求めた生成率を示す。計測は 5 回行った。ここで平均生成率は 84.2 % となった。



図 4.1 生成された二酸化炭素ハイドレート

表 4.1 単位質量あたりの二酸化炭素の発生量及び生成率

$x$ [ml/g]	生成率 [%]
118	82.3
131	91.0
117	81.6
124	85.9
116	80.4

##### 4.2 プール火炎の消火挙動

メタノール、エタノール、1-プロパノール、1-ヘキサノールプール火炎に対して、氷、ドライアイス、二酸化炭素ハイドレートを消火剤として消火実験を行った。図 4.2 に、消火挙動の一例として、1-プロパノールに二酸化炭素ハイドレートを落下した場合の消火挙動を示す。



（燃料：1-プロパノール）

（消火剤：二酸化炭素ハイドレート）

図 4.2 消火挙動の一例

まず、それぞれの消火剤について消火挙動を検討する。氷の消火挙動は、どの燃料においても消火剤投下後、一度火炎が大きくなるが、その後火炎が次第に小さくなり消炎に至る。消炎に至る時間は、どの燃料においても非常に短い。これは、冷却効果のみで消火しているため、投下後すぐに消火する事ができないと消火には至らないということを意味している。また、1-ヘキサノールの場合、他の燃料に比べ、さらに短くなる。これは、高沸点の燃料の際には、他の燃料に比べて多く

の水が蒸発すると考えられるため、冷却効果がより有効に作用するためであると考えられる。

ドライアイスの場合、どの燃料においても消火剤投下後、一度大きくなりその後火炎が部分的に消炎していき、火炎基部から下流方向に火炎が押しやられ、吹き飛びによって消炎に至る。消炎に至る時間も氷の時間と比較して長く、消炎に時間がかかっていることがわかる。これらの結果から、ドライアイスの場合、燃焼場においてドライアイスが昇華し、気体状の二酸化炭素が噴出され、酸素の供給の遮断、燃料濃度の低下がおり、消火に至るといえることができる。

二酸化炭素ハイドレートの場合、ドライアイスの消火挙動同様に投下後一度大きくなるが、その後部分的に消炎していき、完全に消炎する。二酸化炭素ハイドレートの場合、メタノール、エタノール、1-プロパノールの場合には消火に比較的長い時間を要するが、1-ヘキサノールの場合には、他の燃料に比べて消火までの時間が短くなる。これは、高沸点の燃料の際には、他の燃料に比べてより多くの水が蒸発することによるより効果的な冷却効果が二酸化炭素の噴出と同時に起きているためであると考えられる。

次に、各燃料における消火挙動を検討することで消火剤の持つ消火能力について考察を加える。メタノールプール火炎に対して、ドライアイス、二酸化炭素ハイドレートの消火の挙動は、投下後一度大きくなり、次第に小さくなっていき部分的に消炎していき消炎に至る挙動である、それに対して、氷の消火挙動は、投下直後大きくなるが、すぐに火炎は小さくなり消炎する。また、二酸化炭素ハイドレート、ドライアイスは投下後、約 10 秒後に消炎するが、氷は約 3 秒と投下後すぐに消炎に至っている。これらの結果から、メタノールプール火炎における二酸化炭素ハイドレートはドライアイスの消火挙動と同様、二酸化炭素の噴出が消炎に対して大きな役割を果たしていると考えられる。

エタノールプール火炎に対して、ドライアイス、二酸化炭素ハイドレートを消火剤として用いた消火の挙動は投下後一度大きくなり、次第に小さくなっていき部分的に消炎していき火炎基部から上流方向に火炎が押し上げられ吹き飛び、それに対して、氷を消火剤として用いた消火の挙動は、メタノールと同様に投下直後大きくなるが、すぐに火炎は小さくなり消炎する。また、消火に至った時間は、二酸化炭素ハイドレート、ドライアイスは投下後約 14 秒であるが、氷は約 3 秒と投下後すぐに消炎に至っている。これらの結果から、エタノールプール火炎における二酸化炭素ハイドレートはメタノールプール火炎の時と同様に、ドライアイスの消火挙動に近く、二酸化炭素の噴出が消炎に対して重要な役割を演じていると考えられる。

1-プロパノールプール火炎に対して、ドラ

イアスを消火剤として用いた消火の挙動は投下後一度大きくなり、次第に小さくなり部分的に消炎していき火炎基部から上流方向に火炎が押し上げられ吹き飛ぶ、また、氷を消火剤として用いた消火の挙動は、メタノール、エタノールと同様に投下直後大きくなるが、すぐに火炎は小さくなり消炎する。二酸化炭素ハイドレートを消火剤として用いた消火の挙動は、ドライアイスとよく似た消炎が観察された。また、二酸化炭素ハイドレートを投じた場合、消火に至った時間は、ドライアイスと氷の間の時間となっている。これらの事から、プロパノールの沸点が水の沸点と近いこと、二酸化炭素噴出に加え水の蒸発による冷却効果が加わることで、二つの効果が同時に起こり消炎に至ったと考える事が出来る。

最後に 1-ヘキサノールプール火炎に対して、ドライアスを消火剤として用いた消火の挙動は投下後一度大きくなり、次第に小さくなり部分的に消炎していき火炎基部から上流方向に火炎が押し上げられ吹き飛ぶ、また、氷を消火剤として用いた消火の挙動は、メタノール、エタノール、1-プロパノールと同様に投下直後大きくなるが、すぐに火炎は小さくなり消炎する。二酸化炭素ハイドレートは、ドライアイスとよく似た消火の挙動をするが、火炎基部からではなく、徐々に火炎が弱まり消炎に至る傾向であった。また、二酸化炭素ハイドレートを投じて消火に至った時間は、他の燃料に比べて、非常に短かった。これらの事から、1-ヘキサノールの沸点が水の沸点よりも高いため、火炎に対して多くの水の蒸発による冷却効果、二酸化炭素噴出と二つの効果が同時に作用することから消炎に至ったと考える事が出来る。

#### 4.3 消火限界質量

各燃料を用いたプール火炎における二酸化炭素ハイドレート、氷、及びドライアスの消火限界質量を表 4.2 に示す。

表 4.2 で示すようにドライアイスは、どの燃料においても消火限界質量はほとんど変わらない。それに対して、氷、二酸化炭素ハイドレートの消火限界質量は、1-プロパノールまでは沸点が高くなるにつれて少なくなっている。これは、沸点が高くなるにつれて多くの水が蒸発することにより、冷却効果が大きくなる事が原因と考えられる。

また、1-ヘキサノールでは、どの消火剤の消火限界質量も増えている。これは、火炎の輝度が影響しているものと考えられる。メタノールは火炎はほとんど青いが、他の3つの燃料の火炎では、火炎は輝炎と呼ばれる黄色い火炎が見られる。その輝炎の領域は、エタノール、1-プロパノール、1-ヘキサノールの順に広くなり、1-ヘキサノールでは、火炎のほぼ全域が輝炎となっている。輝炎は輻射熱が大きいことが特徴として挙げられる。よって、1-ヘキサノールについては輻射熱が大き

いため、火炎基部に到達する以前に分解、融解、及び気化が起きてしまい、冷却効果が十分に発揮されなかったと考えられ、そのために消火限界質量が増加したと考えられる。

メタノールに対する消火限界質量が最も少ないのはドライアイスであるが、ドライアイスが包蔵する二酸化炭素の量は、二酸化炭素ハイドレートの包蔵する二酸化炭素の量よりも約5倍多い。このことが原因で、メタノールプール火炎の消火にはドライアイスの方が少量で消炎に至ったと考えられる。しかし沸点が水と同程度の1-プロパノール、水より沸点の高い1-ヘキサノールに対する消火限界質量が最も少ないのは、二酸化炭素ハイドレートという結果が得られた。ここでは、高沸点の燃料になると二酸化炭素の包蔵量が1/5倍の二酸化炭素ハイドレートが最も少ない質量で消えている事から、二酸化炭素の噴出と同時に水の蒸発による冷却効果が活発に起こったことが起因となり最も少ない質量で消炎に至ったと考える事が出来る。

表 4.2 燃料による消火限界質量の違い

	氷	CO <sub>2</sub> ハイドレート	ドライアイス
メタノール	3.1 g	2.2 g	1.7 g
エタノール	2.4 g	1.9 g	1.7 g
1-プロパノール	2.0 g	1.0 g	1.8 g
1-ヘキサノール	3.2 g	1.7 g	2.0 g

#### 4.4 プール火炎の大きさの影響

燃料に対するシャーレごとの消火限界質量を表 4.3 に示す。表 4.3 よりメタノールはシャーレ小、大ともにドライアイスの方が消火限界質量が小さくなっている。これはメタノールの沸点が水より低く、二酸化炭素ハイドレート中の水の気化熱が活用されなかったためである。ドライアスの二酸化炭素ガス包蔵量は、二酸化炭素ハイドレートのものの約5倍ある為、ドライアイスの方が強い酸素遮断の効果を示し、少ない質量で消えた。1-プロパノールのシャーレ小では二酸化炭素ハイドレートの方が少ない質量で消えた。これは1-プロパノールの沸点が水とほぼ同様であり、消火した際に水の気化熱が有効に使えたためと考えられる。シャーレ大の1-プロパノールではドライアイスの方がより少ない質量で消えた。しかし、1-プロパノールのCO<sub>2</sub>/DI値(二酸化炭素ハイドレートの消火限界質量とドライアスの消火限界質量の比)をメタノールのそれと比較した際、小さくなっているためメタノールより水の気化熱が有効に使えた事が分かる。シャーレ大では、ドライアイスの方が少ない質量で消えたのは投下面積の影響と考えられる。シャーレ大ではシャーレ小と比較して必要な投下量が大きくなるが、投下した装置が同じである為、相対的に、全体ではなく火炎中心部に集中して投下されることになる。そのため二酸化炭素ハイドレートの水の冷却作用は火炎中心部に集中したと考えられる。さらに二酸化炭素

ハイドレートの一部が燃料液中に沈まず堆積した。そのためシャーレ大では水の気化熱による冷却作用が燃料全体で小さくなり、ドライアイスの方が少ない質量で消えたと考えることができる。

表 4.3 火災の大きさと消火限界質量

シャーレ		Dry Ice [g]	CO <sub>2</sub> HY [g]	CO <sub>2</sub> HY /DI
小	メノール	0.6	1.4	>>1
	1-プロパノール	1.9	1.4	<1
大	メノール	2.8	7.6	>>1
	1-プロパノール	4.0	6.1	>1

#### 4.6 まとめ

本研究では、二酸化炭素ハイドレートの大規模火災の消火剤としての可能性についてプール火災を対象に、実験的に検討を加えてきた。その結果、二酸化炭素ハイドレートには、二酸化炭素が有する燃料酸化剤混合の遮断効果と氷の冷却効果があり、消火剤として有用であることがわかった。氷の冷却効果に関しては、氷が融解し、さらに蒸発するかどうかにより、その効果が異なる。燃料の沸点が水の沸点より低い場合、水の蒸発による冷却効果は顕著ではなかったが、燃料の沸点が水の沸点より高い場合、その効果は顕著であった。プール火災の大きさが大きくなると、燃料の表面積が大きくなることから、二酸化炭素ハイドレートの投下の方法により消火特性がことなることが示された。この点については、今後さらなる検討が必要である。

#### 参考文献

- [1]防災研究会 AFRI, よくわかる消防設備, 日本実業出版社, pp155-160, 2006  
 [2] Sato Y, et al., 平成 15 年 9 月の苫小牧でのタンク全面火災時の泡放射に関する一考察, 消防研究所報告 第 103 号, 2007, pp.19-24  
 [3] Hatakeyama, T., Aida, E., Yokomori, T., Ohmura, R. and Ueda, T., Fire Extinction Using Carbon Dioxide Hydrate, Industrial & Engineering Chemistry Research, 48(8), pp. 4083-4087, 2009, DOI: 10.1021/ie8019533.  
 [4] Cetegen, B, M. and Ahmed, T, A., Experiments on the Periodic Instability of Buoyant Plumes and Pool Fires. The Journal of the Combustion Institute. 1993, 93, 157-184

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 7 件)

Yoshioka, T., Suemitsu, M., Yokomori, T.,

Ohmura, R. and Ueda, T., Review of Research on Combustion of Methane Hydrate, Pacific Rim Workshop on Deep Ocean Power Science, February 23-26, 2014, Hawaii, USA.

Nakano, H., Yokomori, T., Ohmura, R. and Ueda, T., Scale Effects on the Fire Extinction with Carbon Dioxide Hydrate, Pacific Rim Workshop on Deep Ocean Power Science, February 23-26, 2014, Hawaii, USA.

[Invited talk] Ohmura, R., Clathrate Hydrates from Fundamental Physical Chemistry to Engineering Practice, Pacific Rim Workshop on Deep Ocean Power Science, February 23-26, 2014, Hawaii, USA.

[Invited talk] Ueda, T., Combustion of Hydrates, Pacific Rim Workshop on Deep Ocean Power Science, February 23-26, 2014, Hawaii, USA.

Sasakura, K., Kado, S., Yokomori, T., Ohmura, R. and Ueda, T., 9th Asia-Pacific Conference on Combustion, May 19-23, 2013, Gyeongju, Korea.

笹倉康佑, 鹿度翔平, 大村亮, 横森剛, 植田利久, 沸点の異なる燃料に対する二酸化炭素ハイドレートの消火特性, 第 50 回燃焼シンポジウム, 12 月 5 日 ~ 7 日, 名古屋, 日本. 2012

Sasakura, K., Yokomori, T., Ohmura, R. and Ueda, T., The effect of boiling point of fuel on the fire extinction by the carbon dioxide hydrate, 34<sup>th</sup> International Symposium on Combustion, July 29-August 3, 2012 Warsaw, Poland.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

HP : <http://www.ueda.mech.keio.ac.jp>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

植田 利久 (UEDA Toshihisa)  
 慶應義塾大学理工学部・教授  
 研究者番号 : 1 0 1 5 1 7 9 7

##### (2) 研究分担者

大村 亮 (OHMURA Ryo)  
 慶應義塾大学理工学部・准教授  
 研究者番号 : 7 0 3 5 6 6 6 6

##### (3) 連携研究者 なし