技術論文

産業技術総合研究所におけるアンモニア燃焼マイクロガスタービン燃焼器開発の10年の変遷

10 Years Development of Ammonia Combustion Micro Gas Turbine Combustor at National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

倉田 修*1*5 KURATA Osamu
壹岐 典彦*1 IKI Norihiko
范 勇*1 FAN Yong
Jo Hyun*1 JO Hyun
志村 祐康*1 SHIMURA Masayasu
Zhai Chang*1 ZHAI Chang
松沼 孝幸*1 MATSUNUMA Takayuki
辻村 拓*1 TSUJIMURA Taku
古谷 博秀*2 FURUTANI Hirohide
日隈 聡士*3 HINOKUMA Satoshi
井上 貴博*1 INOUE Takahiro
鈴木 雅人*4*6 SUZUKI Masato
篠田 健太郎*7 SHINODA Kentaro

ABSTRACT

AIST has installed an ammonia supply facility, a micro gas turbine, and a combustor test rig at the Fukushima Renewable Energy Research Institute (FREA) to conduct research on ammonia combustion. From 2013 to 2024, AIST has developed combustors for micro gas turbines that can be co-fired with gas-ammonia, pure gas-ammonia combustion, liquid ammonia co-firing, and pure liquid ammonia combustion. In this paper, we introduce the characteristics and exhaust gas emissions of ammonia combustors in different projects carried out at this same scale facility, referring to previously published materials and papers.

キーワード: アンモニア燃焼，ガスタービン燃焼器，低NOx燃焼，未燃アンモニア，N_2O
Key words : Ammonia Combustion, Gas Turbine Combustor, Low NOx Combustion, Unburnt NH_3, N_2O

1．緒言

2050年カーボンニュートラル世界の実現に向けてグリーントランスフォーメーション（GX）戦略が進んでいる。アンモニア燃料は燃やしてもCO_2を排出しないグリーンな燃料であり，アンモニア燃料は水素の導入と共に政策の柱に位置付けられている。日本では2014年より本格的に気体アンモニア燃焼の開発が進み，近年では，液体アンモニア専焼ガスタービンの研究開発が行なわれている。

原稿受付 2025年1月30日
査読完了 2025年11月20日
＊1 （国研）産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター
〒305-8564 つくば市並木1-2-1
＊2 （国研）産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所
〒963-0298 郡山市待池台2-2-9
＊3 （国研）産業技術総合研究所 触媒化学研究部門
〒305-8565 つくば市東1-1-1
＊4 （国研）産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター
〒305-8569 つくば市小野川16 -1
＊5 （現在）拓殖大学工学部機械システム工学科
〒193-0985 八王子市館町815 -1
＊6 （現在）倉敷ボーリング機工 研究開発部
〒719-0233 浅口市鴨方町地頭上江花329 -2
＊7 （国研）産業技術総合研究所 製造基盤技術研究部門
〒305-8564 つくば市並木1-2-1

産業技術総合研究所（産総研）は2013年度から福島再生可能エネルギー研究所（FREA）にアンモニア供給設備を設置して，大学や民間企業とともに産学官の連携によりアンモニア燃焼ガスタービンの基礎研究，要素研究および実証研究に携わってきた。研究開発開始から約10年が経過する節目に，これまでの研究を振返り，特に燃焼器の変遷と排ガス特性について結果をまとめることとした。

Table 1は，2014年から2024年までのFREAで実施されたアンモニアガスタービン燃焼についての要素研究や実証研究において公表された資料を示す。これらは，プロジェクト終了報告書や査読付国際誌，参照可能な国内学会の報告資料，参照可能な米国NH3 Fuel Conference発表資料などである。一部，ACGTやIGTC，ICFD，ASPACC，WHECなど発表資料を入手困難な国際会議やASMEのTurboExpo会議Proceeding，ASME Journalなど有料の資料も含まれる。そこで，この技術紹介では，燃焼器と排ガス特性について，これら資料から要点を抽出することとし，入手困難な公表済資料についても一部紹介することとした。

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

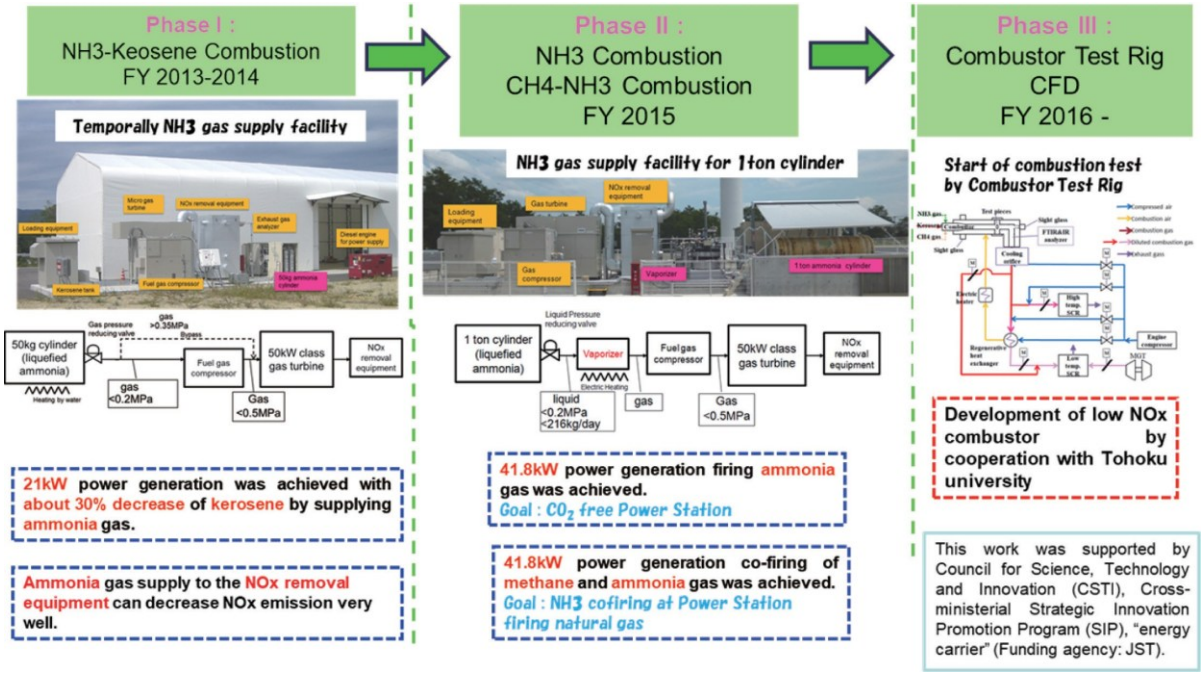

Fig. 1　Phases of R&D of ammonia combustor in AIST（Ref.: Table 1 No.40）

2．2014年度から2018年度のJST（SIP）の委託研究

2.1　開発目標

2014年度から2018年度に，内閣府のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／エネルギーキャリア／アンモニア直接燃焼／アンモニア内燃機関の技術開発として科学技術振興機構（JST）の委託研究で実施された（Ref.: Table 1 No.1）。当時は，輸送・貯蔵技術が確立されているアンモニア燃料を直接燃焼するガスタービン発電の早期実証が求められていた。Fig. 1に示すように，Phase Iで仮設設備を用いて灯油－アンモニア混焼ガスタービン発電を，Phase IIでアンモニア1トンボンベを入れた供給設備を用いて，アンモニア専焼，および，メタン－アンモニア混焼ガスタービン発電を実証した。Phase IIIから低NOx燃焼器の研究開発に移行し，産学官の連携により，開発した低NOx燃焼器と小型化した脱硝装置を組込んだパッケージを試作し運転データを取得した。

2.2　試験設備

産総研で実証可能な大きさには上限があり，また，各種法令に準拠するため，発電出力は50kW級とした。Table 2にアンモニア燃焼を実証するマイクロガスタービンの仕様を示した。

Phase II以降の試験はアンモニア供給設備，マイクロガスタービン，燃焼器テストリグを用いた（Fig. 2）。排ガス分析には非分散赤外分光分析計（NDIR）とフーリエ変換赤外分光分析計（FTIR）を用いた。アンモニア供給は地盤面に設置するボンベによる。

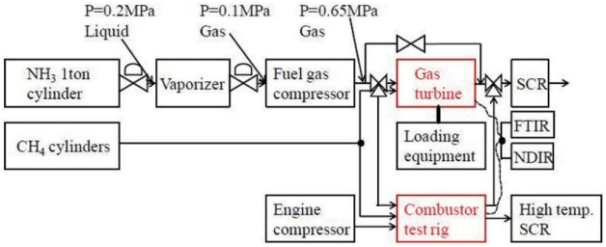

Fig. 2　Schematic of ammonia combustion gas turbine and rig.

Table 2　Specification of micro gas turbine

Company	Toyota Turbine and Systems Inc.
Gas turbine model	TPC50RA
Rated electric power output	50 kW
Voltage	200 V
Frequency	50/60 Hz
Soundproofing	below 70 dB
Size	W 3250 mm x D 1000 mm x H 2600 mm
Weight	2530 kg
Engine model	TG051R
Engine type	Regenerative cycle, Single shaft
Compressor	Centrifugal one-stage
Turbine	Radial one-stage
Rotating speed	80000 rpm
Fuel	Kerosene
Fuel consumption	Max. 21.1 L/h
Burning air volume	1370 Nm^3/h
Exhaust gas temperature	271 °C

2.3　燃焼器

灯油－アンモニア混焼ではFig. 3に示すプロトタイプ燃焼器を用いた。Phase IIIではFig. 4に示すOriginalに対し，Step1，Step2とStep数を増やし排ガス性能を解析し改善した。燃焼器テストリグで試行し，実機に応用した。

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

Step1では，Rich-lean燃焼方式を採用し，1次希釈孔を塞ぐ，スワラーの面積を絞る，2次希釈孔面積を拡大する，スリーブ隙間や小冷却孔を少なくする，とした（Ref.: Table 1 No.51）。

Step2では，1次燃焼領域の混合気濃度の均一化を目的に，スリーブ隙間を0にする，小冷却孔の噴出位置を2次希釈領域に移動，1次領域の体積を増加，とした。

Step3（Fig. 4には示していない）では，予混合燃焼方式を採用し，混合気濃度の均一化を図り，NOx濃度の低減を目指した。

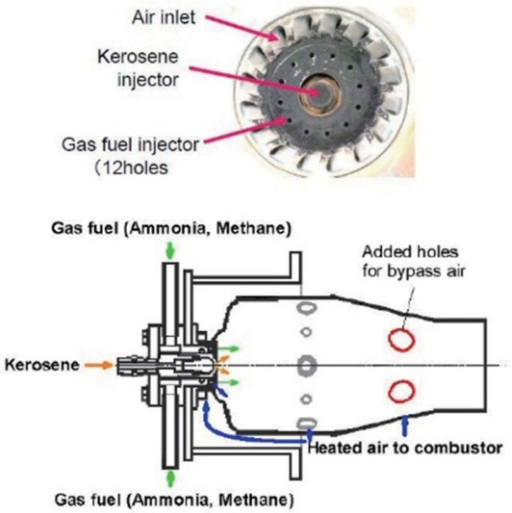

Fig. 3 Prototype bi-fuel combustor.
(Ref.: Table 1 No.1 & No.33)

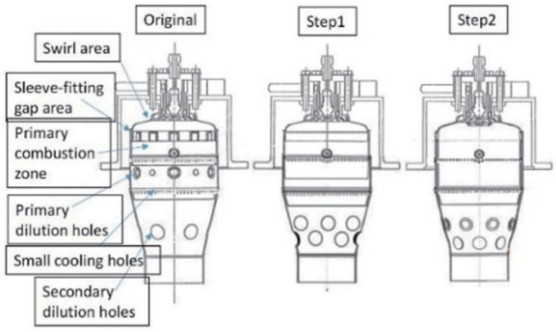

Fig. 4 Step1 and Step2 combustors.
(Ref.: Table 1 No.1 & No.15)

2.4 排ガス特性

Fig. 5，6に示すように，プロトタイプ燃焼器（赤）では燃焼器入口温度（CIT）に対して直線状の依存性が見られたが，NOx排出を低減したStep1（緑），Step2（黒），Step3（青）燃焼器では，NOに下に凸かつ極小値，未燃NH_3はほぼ0となり，NO，未燃NH_3性能に大幅な改善が見られた。

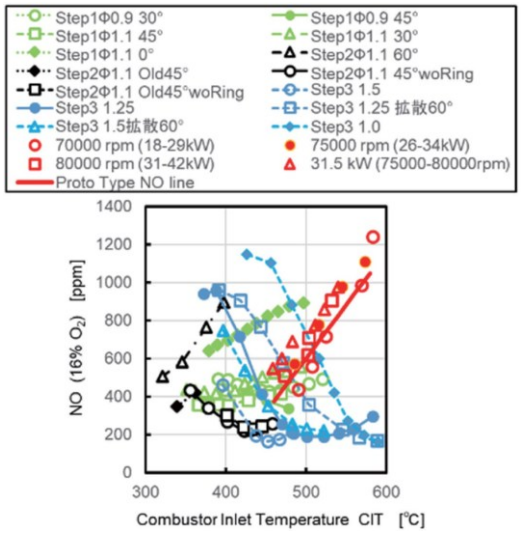

Fig. 5 Effect of CIT on NO emission.
(Redraw from Table 1 No.15)

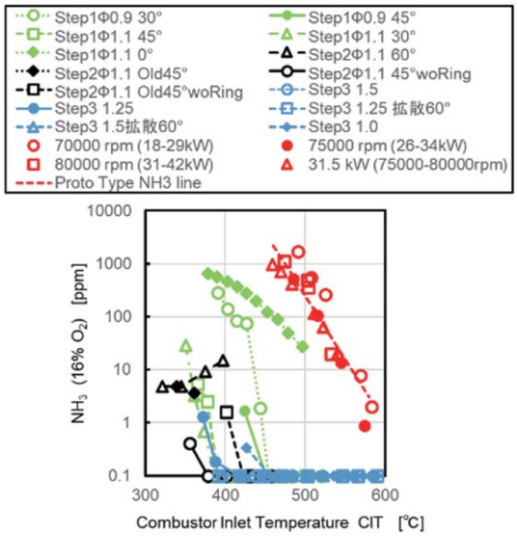

Fig. 6 Effect of CIT on NH3 emission.
(Redraw from Table 1 No.15)

2.5 燃焼器材料評価

Rich-lean燃焼方式の採用により，燃焼器内に還元雰囲気領域と酸化雰囲気領域が生じる。Fig. 7に示すように，燃焼器ノズル出口にInconel600とTBC YSZを取付

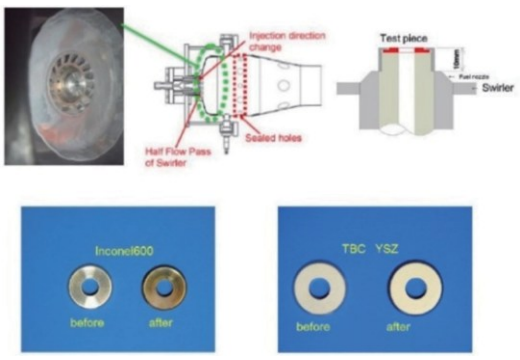

Fig. 7 Temperature resistance of materials.
(Ref.: Table 1 No.1 & No.37)

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

け，アンモニア燃焼ガス中で5時間の材料評価を行った。材料評価の結果は既報（Ref.: Table 1 No.1）を参照されたい。

3．2019年度から2021年度のトヨタ自動車との共同研究

3.1　開発目標

2019年度から2021年度に，水素キャリアとしてのアンモニア利用技術に関する研究としてトヨタ自動車との共同研究で実施された（Ref.: Table1 No.10, 11, 12, 24, 43, 53, 56）。

ボンベ内の気体NH_3による始動，及び始動後の液体NH_3の直接供給燃焼を実現できれば カーボンフリーだ けでなく，動力削減によりシステム効率も向上し，装置 全体の小型化・低廉化を行えると考えられる。液体NH_3 のみの供給によるガスタービン発電の実証試験を行った。

3.2　試験設備

Fig. 8に試験装置を示す。50kWマイクロガスタービンに液アンモニアポンプと改質器を付加した。

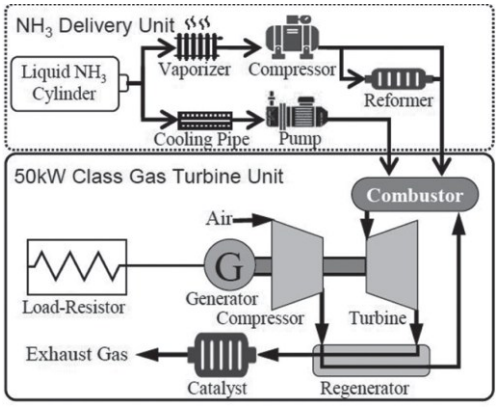

Fig. 8 Schematic of liquid/gaseous ammonia gas turbine.
（Ref.: Table 1 No.12）

3.3　燃焼器

Fig. 9に液体NH_3用燃焼器構造を示す。この燃焼器では，安定燃焼するプレ燃焼場（Pre-Combustion Zone）から高温の既燃ガスを供給することにより，液体NH_3噴射による燃焼の効率向上を試みている。

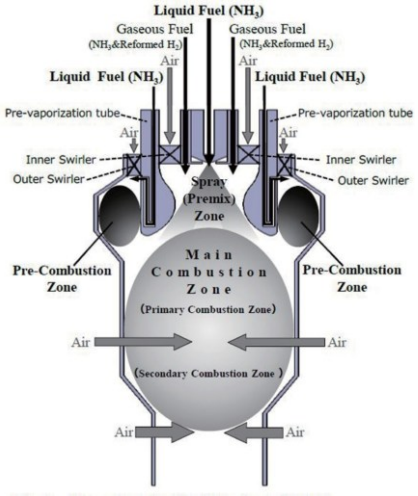

Fig. 9 Cross-sectional view of combustor and pre-combustion zone concept.（Ref.: Table 1 No.12）

3.4　排ガス特性

Fig. 10にプレ燃焼場の壁温（T_{pre}）と未燃NH_3の相関を示す。燃焼器入口温度T_{35}が500℃から350℃に下がるほどT_{pre}は低下し，このため，燃焼温度の低下により未燃NH_3が増加する。

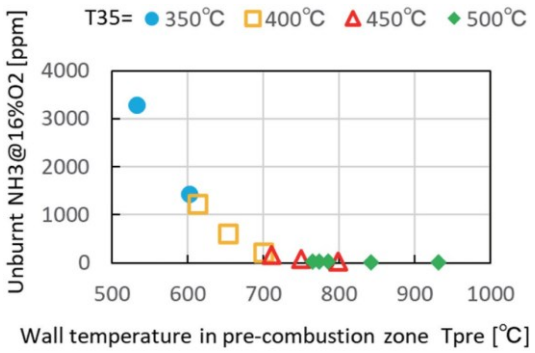

Fig. 10 Relationship between T_{pre} and unburnt NH_3.
（Redraw from Table 1 No.24）

4．2019年度から2020年度のNEDOの委託研究

4.1　開発目標

2019年度から2020年度に，カーボンリサイクル・次 世代火力発電等技術開発／次世代火力発電技術推進事業／アンモニア混焼火力発電技術の先導研究／液体ア ンモニア直接噴霧ガスタービンシステムの研究開発とし てNEDOの受託研究で実施された（Ref.: Table1 No.2）。燃料をガスアンモニアから液体アンモニアに変更するこ とで，ベーパライザやガスコンプレッサーが不要になり，装置全体の小型化・低廉化を行なえる。開発目標は出力2MWのガスタービンであり，産総研は小型燃焼器を研究して燃焼器設計開発に貢献する。研究開発目標では液体アンモニア噴霧燃焼ガスタービンを開発するが専焼ではなく混焼まで実現するとしていた。

Table 3 Specification of target gas turbine

	Test rig	NEDO project
Electric power	50 kW	2 MW
Manufacture	Toyota Energy Solutions	IHI
Type	TPC50RA	IM270
Cycle	Regenerative	Simple
Combustor Pressure	0.36 MPa	1.1 MPa
Combustor Inlet Tempereture	High	Medium

4.2　試験設備

Fig. 11に液体アンモニア燃焼試験装置を示す。テストリグに液体ポンプを付加した。ポンプの有効吸込ヘッド（NPSH）確保のためアンモニア配管は2重管で冷却した。（Ref.: Table 1 No.42）

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

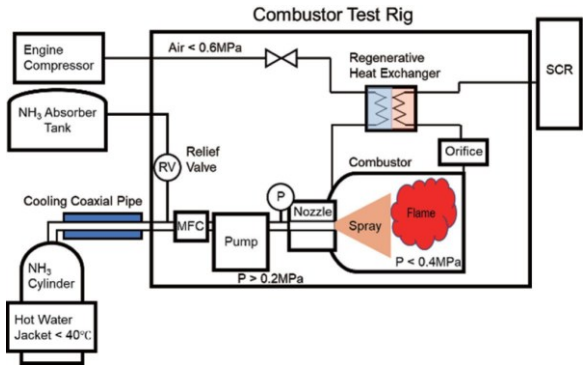

Fig. 11 Liquid ammonia supply setup of combustor test rig.

4.3 燃焼器

Fig. 12にNEDOプロジェクトで用いられた冷却無し燃焼器を示す。燃焼器出口の直径と長さ，総発熱量は燃焼器テストリグの仕様に合わせている。試験では圧力スワール噴射ノズル（PSA）の種類と空気スワラー高さhsを変化させて特性を調べた。

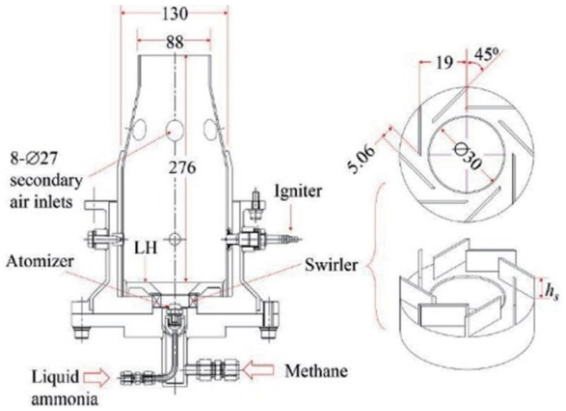

Fig. 12 Combustor without cooling used in NEDO project. (Ref.: Table 1 No.25 & No.29)

4.4 排ガス特性

5.4にまとめて示す。

5. 2022年度から2025年度のNEDOの委託研究

5.1 開発目標

2022年度から2025年度に，グリーンイノベーション基金事業／燃料アンモニアサプライチェーンの構築／アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化／ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術の開発・実証／アンモニア専焼ガスタービンの研究開発としてNEDO受託研究で実施した。4.の結果で排出の多かった液体アンモニア専焼時の未燃NH_3とN_2Oを減らすことが開発目標である。その他，材料評価と改質器の開発も目標である。

5.2 試験設備

Fig. 11の装置に二流体噴射弁（TFA）に供給する微粒化用空気を付加した。

5.3 燃焼器

燃焼器は当初はFig. 12と同じである。その後，数値計算を元にNOx濃度を低減した，別の改良型燃焼器を試作した。

5.4 排ガス特性

Fig. 13-14にNH_3，NO排出特性を示す。用いた燃焼器はFig. 12と同じである。4.の圧力スワール噴射ノズル（PSA）の結果ではアンモニア熱量基準混焼率（E_{NH3}）0.5（液体NH_3：50%，メタン；50%）では未燃NH_3は0に対して，E_{NH3}=1の液体NH_3専焼では未燃NH_3は急増した。5.の二流体噴射弁（TFA）の結果では#150 噴射角90° 195kWの時に液体NH_3専焼（E_{NH3}=1）で未燃NH_3が0となり改善効果が見られた。

5.5 未燃アンモニアとN_2Oの相関

Fig. 15に未燃NH_3とN_2Oの相関をまとめた。2.のJST（SIP）の結果をGasとして，3.のトヨタ自動車との結果を液プレ燃焼として，4.のNEDOの結果をPressure atomizerとして，5.のNEDOの結果をTFAとしてプロットした。他の図と異なり，出力・CIT範囲が固定でない点を留意されたい。

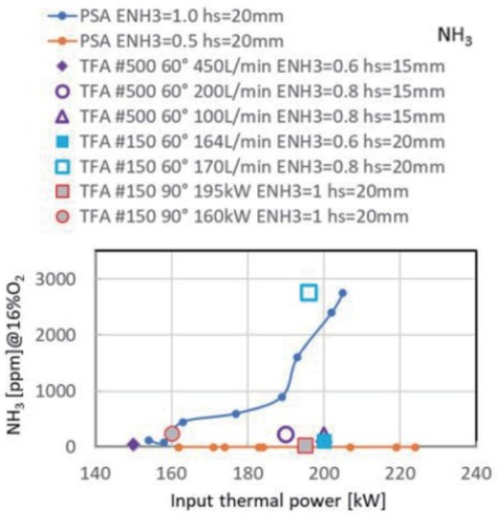

Fig. 13 Effect of input thermal power on NH_3 emissions.

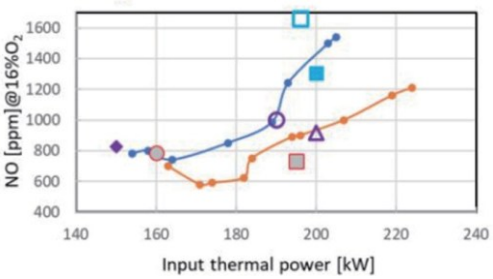

Fig. 14 Effect of input thermal power on NO emissions. (Ref.: Table 1 No.18)

Gasの結果ではStep3が未燃NH_3，N_2Oともかなり低く保たれている。液プレ燃焼の結果ではCIT（Tin）が500 ℃，450 ℃，400 ℃，350℃の結果を示しているが，CITが高いほど未燃NH_3，N_2Oが低く，CITが低いほど高くなっている。Pressure atomizer（PSA）の結

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

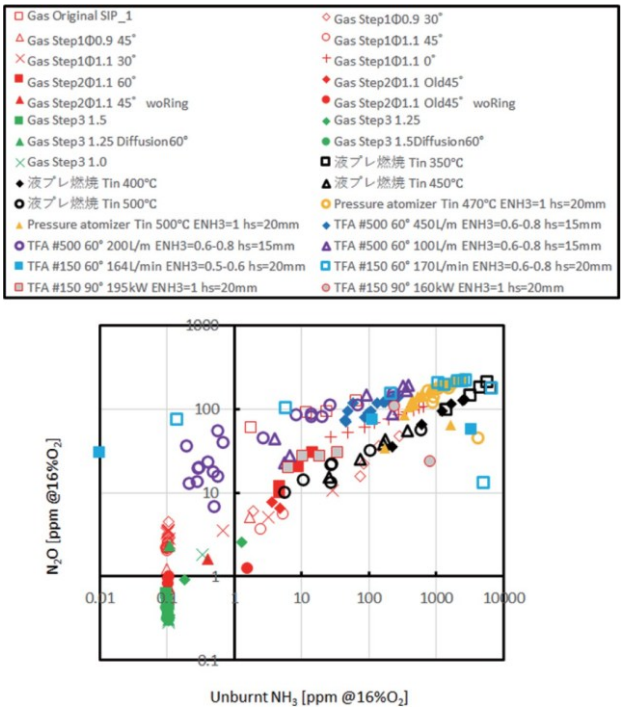

Fig. 15　Correlation of unburnt NH_3 and N_2O emissions.
(Redraw from Table 1 No.18 & No.24)

果ではTinが470℃，500℃であるが，液プレ燃焼のTinが500℃の場合より未燃NH_3，N_2Oともに多い。液プレ燃焼の場合は高温ガス の主燃焼領域への循環により液体アンモニア噴霧燃焼が促進されていると考えられる。TFAの結果ではE_{NH3}=1の専焼ではPSAより低く，また，Gas Step2と同等の排出量の未燃NH_3，N_2Oとなった。

6．10年間の燃焼器開発のまとめと展望

産総研ではFREAにアンモニア供給設備，マイクロガスタービン，燃焼器テストリグを設置して，アンモニア燃焼マイクロガスタービン燃焼器の研究・開発を進めてきた。2013年当初は発電システムの実証に重きがおかれたが，2016年からは低NOx燃焼器の研究にも取組んだ。2019年からは液体アンモニア噴霧燃焼ガスタービン燃焼器を研究して，液プレ燃焼や二流体噴射弁により未燃NH_3やN_2Oの排出量を減じた。また，燃焼器耐熱材料についてはJST（SIP）で5時間の材料評価を行なったが，現在，NEDOにおいて精力的にその劣化挙動解明に取り組んでおり，一部データも公表し始めたところである（Ref. Table 1 No.64）。今後の学会発表が望まれる。

6.1　外国の研究動向との進捗差

Table 4にアンモニア燃焼ガスタービンを研究中の機関の一例を示す。NTNU/SINTEF[3]，KAUST[4]，Cardiff Univ.[5]などにおいて開発中である。日本の例[1),2)]も示した。日本の研究・開発はガスアンモニア専焼と液アンモニア専焼を達成していて最先端の部類に入っている。

Table 4　Foreign research institute on ammonia combustion gas turbine

No.	1	2	3	4	5	6
Institute	NTNU/SINTEF	KAUST	Cardiff Univ.	Toyota Energy Solution	IHI	MHI
Country	Norway	Saudi Arabia	UK	Japan	Japan	Japan
GT manufacture	Siemens	Ansaldo (Turbec)	Rolls-Royce	Toyota Energy Solution	IHI	MHI
GT type	SGT-750	AE-T100	501-KB5	300 kW	IM270	H25
Power output	41 MWe	100 kWe	4 MWe	300 kWe	2MW	40MW
Pressure ratio				6.6	10	
TIT		950°C				
η th		30%				
Test condition	Model combustor	mGT operation	Model Combustor	mGT operation	GT operation	Combustor
Max ammonia ratio		LHV 41.4%		LHV 100%	LHV 100%	N/A

6.2　大型GTへの適用について

本稿では発電出力50kW級のマイクロガスタービン燃焼器についてまとめた。発電出力が大型のガスタービン燃焼器についてはそのまま適用できるものではないが，マイクロガスタービンが再生サイクルであるのに対し，大型GTがシンプルサイクルであることから，サイクル計算で燃焼器入口空気温度を推算できる。Fig. 16に圧力比に対する燃焼器入口空気温度の計算例を示す。

Fig. 10とFig. 15から燃焼方法を改良した燃焼器の排ガス中の未燃NH_3とN_2Oの排出濃度は，燃焼器入口温度500℃以上ではかなり少なくなることがわかるが，Fig. 16から大型GTにおいては圧力比20以上で燃焼器入口空気温度が500℃以上となることから，改良した燃焼方式を採れば，燃焼器排ガス中の未燃NH_3とN_2Oがかなり少なくなるだろうと推測される。燃焼器排ガスではNOxが高圧にすると低圧より減少傾向のあることも示されている[5]。

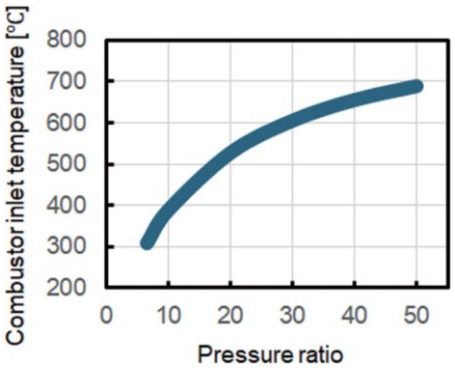

Fig. 16　Estimated combustor inlet temperature of simple cycle

参考文献

(1) 新井啓介，河野雅人，久富直樹，杉浦寛史，安井芳則，石脇史猛，300kWアンモニア燃焼マイクロガスタービンの開発，第47回日本ガスタービン学会定期講演会講演論文集，B-8，（2019.9）.
(2) 三菱重工プレスリリース，https://power.mhi.com/jp/news/20210301.html
(3) Mario Ditaranto, Inge Saanum, Jenny Larfeldt, Experimental Study on High Pressure Combustion of Decomposed Ammonia: How Can Ammonia be Best Used in a Gas Turbine, Proceedings of ASME Turbo Expo 2021, GT2021-60057, June 7-11, 2021, Virtual, Online.

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

⑷ Cristian D. Avila, Santiago Cardona, Marwan Abdullah, Mourad Younes, Aqil Jamal, Thibault F. Guiberti, William L. Roberts, Experimental Assessment of the Performance of Commercial Micro Gas Turbine Fueled by Ammonia-methane Blends, Applications in Energy and Combustion Science, 13（2023）100104.
⑸ A. Valera-Medina, M. Gutesa, H.Xiao, D. Pugh, A. Giles, B. Goktepe, R. Marsh, P. Bowen, Premixed Ammonia/hydrogen swirl Combustion under Rich Fuel Conditions for Gas Turbines Operation, International Journal of Hydrogen Energy, **44**,（2019）8615-8626.

謝辞

本研究の一部は，内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「エネルギーキャリア」（管理法人：国立研究開発法人科学技術振興機構（JST））によって，一部は，NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務（JPNP16002，JPNP21020）によって，一部は，株式会社トヨタ自動車株式会社との共同研究によって実施されたものです。また，東北大学小林秀昭先生，早川晃弘先生，九州大学Okafor Ekenechukwu Chijioke 先生はじめ多くの関係者に感謝いたします。また，Fig. 16の修正に，拓殖大学学生，石井達也君，巣山綱太郎君，鈴木伸之介君，原有希君，渡辺健君の協力を得た。ここに記して感謝します。

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

Table 1　Conference papers and journals corresponded to the facility of both 50kW MGT and combustor test rig located in FREA.(2014-2024)

No.	Year	Foundation	Authors	Title	Journal, Conference	DOI or URL	WoS	Scopus	IF	Google	Review	Copyright	Purchase	Free?
					プロジェクト終了報告書									
1	2019	JST(SIP)	壹岐	SIP終了報告書:アンモニア内燃機関の技術開発	SIPエネルギーキャリア終了報告書	https://www.jst.go.jp/sip/dl/k04/end/team6-7.pdf					Yes	Yes	○	Free
2	2021	NEDO	IHI, 産総研, 東北大	液体アンモニア直接噴霧ガスタービンシステムの研究開発	NEDO2019年度～2020年度成果報告書 報告書管理番号:20210000000330	https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html					Yes	Yes	○	Free
					日本ガスタービン学会									
3	2015	JST(SIP)	倉田, 他	エネルギーキャリアとしてアンモニアを用いたガスタービン	日本ガスタービン学会誌 43-2 pp.86-89	https://www.gtsj.or.jp/journal/index.html				CI:0	Yes	Yes	○	Free
4	2020	JST,TES,NEDO	壹岐, 他	アンモニアの燃料利用と小型ガスタービン	日本ガスタービン学会誌 48-2 p.113-118					CI:1	Yes	Yes	○	Free
5	2021	JST,TES	壹岐, 他	カーボンフリーアンモニア燃料の製造及び利用 技術	日本ガスタービン学会誌 49-2 p.100					CI:1	Yes	Yes	○	Free
6	2025	JST,NEDO,環境省	壹岐, 他	アンモニア燃焼試験設備	(投稿中)						Yes	Yes	○	Free
7	2016	JST(SIP)	壹岐, 他	ガスタービンにおけるアンモニア燃焼利用	GTSJ定期講演会2016	https://www.gtsj.or.jp/thesis/					No	Yes	○	Free
8	2017	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア用ガスタービン燃焼器の研究開発	GTSJ定期講演会2017					CI:0	No	Yes	○	Free
9	2018	JST(SIP)	壹岐, 他	アンモニア燃焼ガスタービンにおける低NOx Rich-lean燃焼器の研究開発	GTSJ定期講演会2018						No	Yes	○	Free
10	2021	トヨタ自動車	春日, 他	50kW級液体 アンモニア燃焼マイクロガスタービン開発	GTSJ定期講演会2021						No	Yes	△	Pay
11	2022	トヨタ自動車	大友, 他	オンボード改質器を用いたNH3供給によるガスタービン始動	GTSJ定期講演会2022						No	Yes	△	Pay
12	2022	トヨタ自動車	春日, 他	液体NH3供給による 50kW 級マイクロガスタービンの発電実証	GTSJ定期講演会2022						No	Yes	△	Pay
13	2024	JST,トヨタ自動車,NEDO	倉田, 他	産業技術総合研究所におけるアンモニア燃焼マイクロガスタービン燃焼器開発の10年の変遷	GTSJ定期講演会2024						No	Yes	△	Pay
					GTSJ国際会議									
14	2016	JST(SIP)	壹岐, 他	Gas Turbine Power Generation System firing Ammonia-Methane Mixture	ACGT 2016-104	https://www.gtsj.or.jp/english/acgt/acgt2016.pdf					No	No	×	Hard obtain
15	2018	JST(SIP)	倉田, 他	Rich-lean Low-NOx Combustor for Micro Gas Turbine Firing Ammonia Gas	ACGT 2018-TS81	https://www.gtsj.or.jp/english/acgt/acgt2018morioka-program.pdf					No	No	×	Hard obtain
16	2019	JST(SIP)	倉田, 他	Correlation between Unburnt Ammonia and N2O Emissions from Ammonia-Fired Gas Turbine Combustor	IGTC-2019-198	なし					Yes	Yes	×	Hard obtain
17	2023	NEDO	倉田, 他	Enhancement of liquid ammonia combustion by a twin fluid atomizer	IGTC-2023-131	なし					Yes	Yes	×	Hard obtain
18	2024	NEDO	倉田, 他	Enhancement of liquid ammonia combustionbya twin fluid atomizer	*Int. J. Gas Turbine Propuls. Power Syst.* 15-4	DOI:10.38036/jgpp.15.4_v15n4tp02		CI:0		CI:0	Yes	BY-NC	○	Free
					ASME Turbo Expo									
19	2015	JST(SIP)	壹岐, 他	Micro Gas Turbine Firing Kerosene and Ammonia	ASME GT2015-43689	DOI:10.1115/GT2015-43689	CI:42	○		CI:115	Yes	Yes	△	Pay
20	2016	JST(SIP)	壹岐, 他	Micro Gas Turbine Firing Ammonia	ASME GT2016-56954	DOI:10.1115/GT2016-56954	CI:24	○		CI:50	Yes	Yes	△	Pay
21	2017	JST(SIP)	壹岐, 他	Operation and Flame Observation of Micro Gas Turbine firing ammonia	ASME GT2017-64250	DOI:10.1115/GT2017-64250	CI:14	○		CI:20	Yes	Yes	△	Pay
22	2018	JST(SIP)	壹岐, 他	NOx Reduction of a Swirl Combustor Firing Ammonia for a Micro Gas Turbine	ASME GT2018-75993	DOI:10.1115/GT2018-75993	CI:15	○		CI:31	Yes	Yes	△	Pay
23	2021	JST(SIP)	倉田, 他	Start-up Process of 50kW-class Gas Turbine Firing Ammonia Gas	ASME GT2021-59448	DOI:10.1115/GT2021-59448	CI:1	CI:5		CI:10	Yes	Yes	△	Pay
24	2023	トヨタ自動車	大友, 他	Experimental Investigation of the Stability Liquid/gaseous Ammonia-Fired Mono-Fuel Gas Turbine	ASME GT2023-100755	DOI:10.1115/GT2023-100755	CI:2	CI:4		CI:4	Yes	Yes	△	Pay
					ASME Journal									
25	2024	NEDO	Jo, 他	Combustion and Emission Characteristics of an Ammonia Micro Gas Turbine Combustor with a Twin-Fluid Atomizer	*J. Eng. Gas Turbines and Power* 146-11 GTP-23-1717	DOI:10.1115/1.4065715	CI:1	CI:0		CI:0	Yes	Yes	△	Pay
					査読あり国際誌									
26	2017	JST(SIP)	倉田, 他	Performances and emission characteristics of NH3 -air and NH3 -CH4 -air combustion gas-turbine power generations	*Proc. Combust. Inst.* 36 p.3351-3359	DOI:10.1016/j.proci.2016.07.088	CI:433	○	5.3	CI:596	Yes	Yes	△	Pay
27	2019	JST(SIP)	倉田, 他	Development of a wide range-operable, rich-lean low-NOx combustor for NH3 fuel gas-turbine power generation	*Proc. Combust. Inst.* 37 p.4587-4595	DOI:10.1016/j.proci.2018.09.012	CI:214	○	5.3	CI:279	Yes	Yes	△	Pay
28	2019	JST(SIP)	壹岐, 他	Rich-lean Combustor for a 50kW Class Micro Gas Turbine Firing Ammonia	GPPS-BJ-2019-0074	https://gpps.global/wp-content/uploads/2021/02/GPPS-BJ-2019_paper_74.pdf				CI:9	Yes	BY-NC	○	Free
29	2021	NEDO	Okafor, 他	Liquid Ammonia Spray Combustion in Two-Stage Micro Gas Turbine Combustors at 0.25 MPa; Relevance of Combustion Enhancement to Flame Stability and NOx Control	*Appl. Energy Combust. Sci.* 7, p.100038	DOI:10.1016/j.jaecs.2021.100038	CI:102	CI:95	5	CI:135	Yes	Yes	○	Free
30	2024	NEDO	Okafor, 他	Achieving High Flame Stability with Low NOx & Zero N2O And NH3 Emissions During Liquid Ammonia Spray Combustion with Gas Turbine Combustors	*Proc. Combust. Inst.* 40 pp.105340	DOI:10.1016/j.proci.2024.10534	CI:6	CI:0	5.3	CI:8	Yes	Yes	○	Free
					査読あり国内誌									
31	2021	JST,TES,NEDO	壹岐, 他	カーボンニュートラルに向けてのアンモニア利 用	LEMA (545), 19-22,					CI:0				
					NH3 Fuel Conference									
32	2014	JST(SIP)	壹岐, 他	Micro Gas Turbine Operation with Kerosene and Ammonia	NH3 Fuel Conference	https://ammoniaenergy.org/presentations/micro-gas-turbine-operation-with-kerosene-and-ammonia/				CI:29	No	Free	○	Free
33	2015	JST(SIP)	壹岐, 他	Micro Gas Turbine Firing Ammonia	NH3 Fuel Conference	https://nh3fuel.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/11/iki-norihiko-nh3fa2015.pdf					No	Free	○	Free
34	2016	JST(SIP)	壹岐, 他	Power Generation and Flame Visualization of Micro Gas Turbine Firing Ammonia or Ammonia-Methane Mixture	NH3 Fuel Conference	https://ammoniaenergy.org/presentations/power-generation-and-flame-visualization-of-micro-gas-turbine-firing-ammonia-or-ammonia-methane-mixture/				CI:5	No	Free	○	Free
35	2017	JST(SIP)	倉田, 他	Combustion Emissions from NH3 Fuel Gas Turbine Power Generation Demonstrated	NH3 Fuel Conference	https://ammoniaenergy.org/presentations/combustion-emissions-from-nh3-fuel-gas-turbine-power-generation-demonstrated/				CI:4	No	Free	○	Free
36	2018	JST(SIP)	倉田, 他	Development of Low-NOx Combustor of Micro Gas Turbine Firing Ammonia Gas	NH3 Fuel Conference	https://ammoniaenergy.org/presentations/development-of-low-nox-combustor-of-micro-gas-turbine-firing-ammonia-gas/				CI:2	No	Free	○	Free
37	2019	JST(SIP)	Okafor, 他	Pure Ammonia Combustion Micro Gas Turbine System	Ammonia Energy Conference	https://ammoniaenergy.org/presentations/pure-ammonia-combustion-micro-gas-turbine-system/				CI:13	No	Free	○	Free

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.

※Abbreviation:　Wos/Web of Science, CI/Citation Index, IF/Impact Factor

Table 1　Conference papers and journals corresponded to the facility of both 50kW MGT and combustor test rig located in FREA.(2014–2024)

No.	Year	Foundation	Authors	Title	Journal, Conference	DOI or URL	WoS	Scoups IF	Google	Review	Copyright	Purchase	Free?
					ICOPE (International Conference on Power Engineering)								
38	2015	JST(SIP)	倉田, 他	Power generation by a micro gas turbine firing 15–1139 kerosene and ammonia	ICOPE–	DOI:10.1299/jsmeicope.2015.12._ICOPE–15–_96			CI:7	Yes	Yes	○	Free
39	2017	JST(SIP)	倉田, 他	Success of Ammonia–fired, Regenerator–heated, Diffusion Combustion Gas Turbine Power Generation and Prospect of Low NOx Combustion with High Combustion Efficiency	POWER–ICOPE2017–3277	DOI:10.1115/POWER–ICOPE2017–3277	CI:6		CI:12	Yes	Yes	△	Pay
					動力・エネルギー技術シンポジウム								
40	2017	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア燃焼ガスタービン発電用の低NOx燃焼開発のための試験設備	第22回動エネシンポ C231器	DOI:10.1299/jsmepes.2017.22.C231			CI:0	No	Yes	△	Pay
41	2019	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア専焼マイクロガスタービン燃焼器における未燃アンモニア発生量と燃焼器入口温度の関係	第24回動エネシンポ D122	DOI:10.1299/jsmepes.2019.24.D122			CI:0	No	Yes	△	Pay
42	2022	NEDO	倉田, 他	液体アンモニア用燃焼器の供給配管における液開始時の流量変動について	第26回動エネシンポ D223	DOI:10.1299/jsmepes.2022.26.D223			CI:0	No	Yes	△	Pay
					ASPACC (ASia PAcific Conference on Combustion)								
43	2021	トヨタ自動車	范, 他	Ignition of 100% ammonia in a swirling burner for a 50 kW–class micro gas turbine	ASPACC2021, Th12–15					Yes	Yes	×	Hard obtain
44	2021	NEDO	Okafor, 他	On Simultaneous Flame Enhancement and NOx Control in Liquid Ammonia Spray Combustion in a Micro Gas Turbine Combustor	ASPACC2021, Th12–18					Yes	Yes	×	Hard obtain
45	2023	NEDO	Okafor, 他	Numerical Investigation of the Diluting Effect of Secondary Air on the Primary Combustion Zone of Two–Stage Rich–Lean Ammonia Gas Turbine Combustors	ASPACC2023, PaperID:321	http://www.aspacc2023.org/images/files/11860.pdf				Yes	Yes	×	Hard obtain
					International Conferenceon Numerical Combustion								
46	2024	NEDO	Okafor, 他	Secondary Air Dilution of the Primary Combustion Zone of Two–Stage Rich–Lean Ammonia Combustors; A Numerical Study of the Effects on Emissions Control	International Conferenceon Numerical Combustion, ICNC2024–1575	https://www.combustionsociety.jp/nc24/				Yes	Yes	×	Hard obtain
					日本燃焼学会								
47	2016	JST(SIP)	壹岐, 他	アンモニアを燃焼するガスタービン	日本燃焼学会誌, 58–186 p.215	DOI:10.20619/jcombsj.58.186.215			CI:5	Yes	Yes	○	Free
48	2015	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア燃焼ガスタービン設備の排ガス特性	第53回燃焼シンポジウム					No	No	△	Special member
49	2016	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア燃焼ガスタービン発電装置の燃焼 状態の観察	第54回燃焼シンポジウム					No	No	△	Special member
50	2017	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニアガスタービンとテストリグの燃焼器 排ガス特性の違いについて	第55回燃焼シンポジウム D233					No	No	△	Special member
51	2018	JST(SIP)	倉田, 他	アンモニア燃焼用低NOx Rich–lean ガスタービン燃焼器の研究開発	第56回燃焼シンポジウム C321					No	No	△	Special member
52	2020	NEDO	倉田, 他	ガスタービン用アンモニア液噴燃焼の試み	第58回燃焼シンポジウム					No	No	△	Special member
53	2022	トヨタ自動車	范, 他	液体アンモニア燃焼器におけるプレ燃焼の影響	第60回燃焼シンポジウム					No	No	△	Special member
54	2023	NEDO	倉田, 他	気流噴射弁と新型燃焼器の採用によるアンモニア液噴霧ガスタービン燃焼の改善効果	第61回燃焼シンポジウム P224					No	No	△	Special member
55	2024	NEDO	Jo, 他	Effects of Swirl Flow on Combustion and Emission Characteristics of Liquid Ammonia Spray in a Gas Turbine Combustor	第62回燃焼シンポジウム P125					No	No	△	Special member
					日本液体微粒化学会								
56	2021	トヨタ自動車	范, 他	Characteristics of Ammnoia Spray Injected by Pressure–Swirl Atomizers	*Int. Conf. Liq. Atomization Spray Syst.*	DOI:10.2218/iclass.2021.5930		CI:8	CI:12	Yes	Yes	○	Free
					ICFD (International Conference on Flow Dynamics)								
57	2020	NEDO	Okafor, 他	Liquid ammonia spray combustion in two–stage gas turbine combustors	17th ICFD					Yes	Yes	×	Hard obtain
58	2021	NEDO	Okafor, 他	Effects of combustor wall cooling on liquid ammonia spray combustion in a micro gas turbine combustor	18th ICFD					Yes	Yes	×	Hard obtain
					WHEC (World Hydrogen Energy Conference)								
59	2016	JST(SIP)	倉田, 他	Ammonia–fired gas turbine power generation system Development of Low NOx Combustor of	WHEC2016	なし				Yes	Yes	×	Hard obtain
60	2018	JST(SIP)	倉田, 他	Ammonia Fuel Gas Turbine Power Generation	WHEC2018	なし				Yes	Yes	×	Hard obtain
					材料評価・溶射								
61	2017	JST(SIP)	井上, 他	アンモニア用ガスタービン燃焼器の研究開発 ―燃焼器テストリグにおける燃焼状態の再現性 の確認と材料試験―	エネルギー技術シンポジウム2017	https://unit.aist.go.jp/ieco/event/20171130/				No	No	×	Hard obtain
62	2022	NEDO, 他	篠田, 他	カーボンニュートラルに向けた次世代ガスタービン用コーティング技術開発の現状と課題	第70期第5回高温強度部門委員会講演会資料					Yes	Yes		
63	2023	NEDO, 他	篠田, 他	カーボンニュートラル実現に向けた水素・アンモニア燃焼発電と溶射技術への期待	溶射 60–4 pp.234–239	DOI:10.11330/jtss.60.234			CI:0	Yes	Yes	○	Free
64	2024	NEDO	Ghara, 他	Position–dependent degradation and damage mechanisms of Inconel 600 in an ammonia gas flow environment at elevated temperatures	Corrosion Science 240 pp.112421	DOI:10.1016/j.corsci.2024.112421				Yes	Yes	○	Free
65	2024	NEDO	Shahien, 他	Durability of Dense Alumina Coating Deposited by Hybrid Aerosol Deposition under High–Speed Steam–Jet at Elevated Temperatures	MATERIALS TRANSACTIONS, 65–4, 398–404	DOI:10.2320/matertrans.MT–T2023003				Yes	Yes	○	Free
66	2025	NEDO	Ghara, 他	Degradation behaviour of HVOF sprayed CoNiCrAlY coating in high–temperature ammonia environment towards its applicability in ammonia fueled gas turbines	International Journal of Hydrogen Energy 130 pp.359	DOI:10.1016/j.ijhydene.2025.04.277				Yes	Yes	○	Free

※Abbreviation:　Wos/Web of Science, CI/Citation Index, IF/Impact Factor 5

Download service for the GTSJ member of ID , via 18.97.14.83, 2026/11/19.