2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H2-10

水素社会構築技術開発事業／総合調査研究／我が国における水素発電導入可能性に関する調査

繁本　吉広*

*関西電力株式会社

2019年　7月 19日（金）

（協力企業）
岩谷産業株式会社
川崎重工業株式会社
千代田化工建設株式会社
三菱日立パワーシステムズ株式会社

連絡先：
関西電力株式会社
火力事業本部　火力開発部門　川本
E-mail: kawamoto.kozo@a2.kepco.co.jp
TEL：050-7104-4356

事業概要

1. 期　間

開始　　：　2018年７月
終了（予定）：　2020年３月

2. 目　標

水素と天然ガスとの混焼発電について導入可能性を検討する。

- ■既設天然ガス発電所での水素混焼の実現性
- ■水素混焼発電の実現に向けた技術面・規制面などの課題

3.成果・進捗概要

既設天然ガス発電所での水素混焼発電について検討を進めているところ。

- ■ 水素混焼可能量の検討
- ■ 発電設備・発電性能への影響評価
- ■ 必要となる水素量や水素供給システムの基本設計

目次

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

4. 検討スケジュール・実施体制

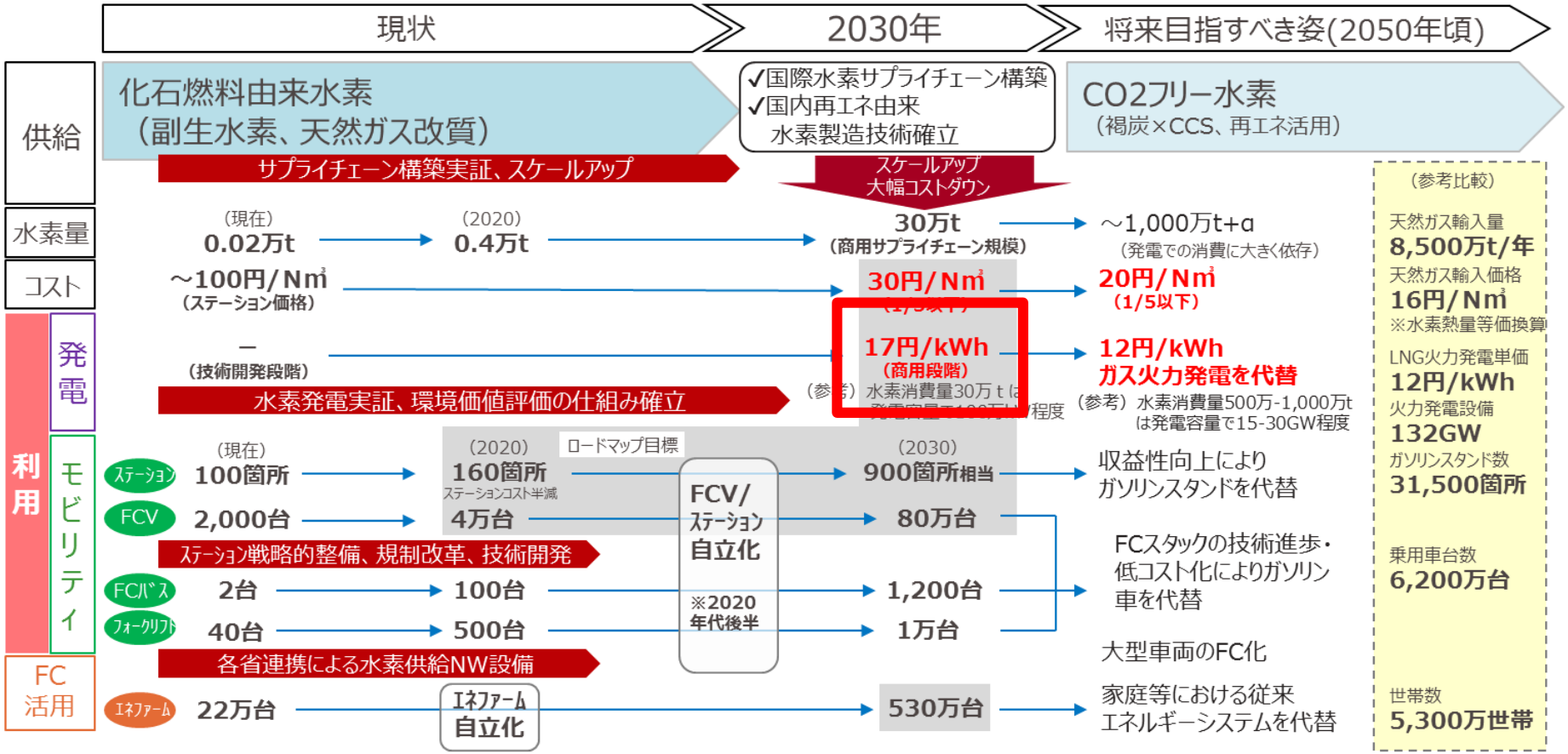
5. 成果

6. 今後の課題

水素基本戦略

K-VaCS

- 2017年12月に取り纏められた「水素基本戦略」では、水素の供給や利活用に関する目標が示されている。
- 水素発電については、2030年頃に商用化を目指すとされている。



出典：水素基本戦略（2017.12）をもとに作成

本事業の目的

K-VaCS

- 2019年3月に策定された「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では、「水素基本戦略」の実現に向けたアクションプランが示された。
- 水素発電については、「2020年頃、既設火力発電所における水素混焼発電導入の条件を明確化する」とされている。
- 本事業では、「水素・燃料電池ロードマップ」でのターゲット達成に資するため、水素混焼発電に関する限界混焼率などについて机上検討を行う。

		目指すべきターゲット	ターゲット達成に向けた取組
水素利用	発電	● 2030年頃の水素発電の商用化に向けた技術の確立 ✓ 既設火力発電での水素混焼発電の導入条件明確化 ✓ 2020年までに水素専焼発電での発電効率向上（26%→27%） ※1MW級ガスタービン	・ 限界混焼率、事業性等に関するFS調査の実施 ・ 高効率な燃焼器等の開発
	産業	● 将来的なCO2フリー水素の活用 ● 経済合理性の見通しが得られたプロセスから順次CO2フリー水素の利用を検討	・ 各産業プロセスにおけるCO2フリー水素の活用・供給ポテンシャル調査の実施 ・ カーボンリサイクル技術の実用化に向けた検討
	定置用燃料電池	エネファーム ● 2020年頃の自立化、2030年までに530万台 ● 2020年頃までにPEFC型80万円、SOFC型100万円を実現 ● 2030年頃までに投資回収年数を5年とする 業務・産業用燃料電池 ● 2025年頃に排熱利用も含めたグリッドパリティの実現 （低圧：機器50万円/kW、発電コスト25円/kWh 高圧：機器30万円/kW、発電コスト17円/kWh） ● 発電効率、耐久性の向上 （2025年頃に55%超→将来的には65%超 9万時間→2025年頃に13万時間）	・ 既築・集合住宅などの市場の開拓 ・ 電気工事の簡素化に向けた規程整備の検討 ・ セルスタックの高効率化・高出力密度化等の技術開発 ・ セルスタック等の劣化原因の解消に向けた技術開発

出典：水素・燃料電池戦略ロードマップ（概要、2019.3）

目次

K-VaCS

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

4. 検討スケジュール・実施体制

5. 成果

6. 今後の課題

本事業の目標

K-VaCS

□ 既設天然ガス発電所での水素混焼発電の導入に関する「課題」と「実現性」を評価する。

① 最大水素混焼量
- 既設天然ガス発電設備での水素混焼率

② 発電性能
- 発電端出力・効率への影響評価
- 負荷応答速度への影響評価

③ 環境面
- NOx 発生量への影響評価

水素は燃焼速度が速く、燃焼時に高温領域が発生し易いためNOxが発生

④ 信頼性・耐久性
- 修繕コストへの影響有無
- 燃焼器等、発電機器の信頼性

水素は燃焼温度が高い。
ガスタービンの耐久性に影響しないか？
水素混焼による逆火や燃焼振動などによる機器損傷リスクはないか？

⑤ 関連法規制
- 水素混焼発電実施時の関連法令調査

⑥ 水素供給システム
- 必要水素量に応じた設備の概算コスト・工期
- 天然ガスと水素の適切な混合方法

⑦ 事業性
- 一定の前提条件の下、事業性を評価

水素混焼

目次

K-VaCS

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

4. 検討スケジュール・実施体制

5. 成果

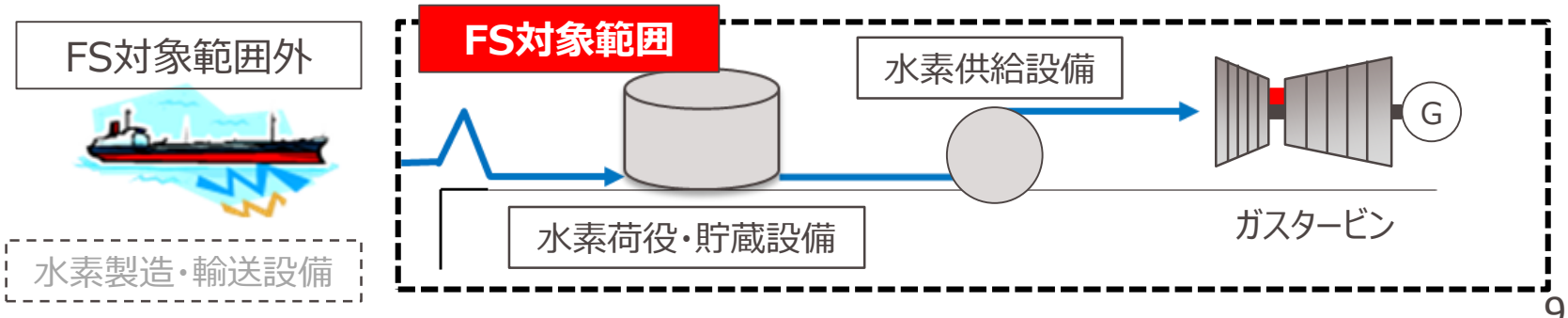
6. 今後の課題

実施内容

K-VaCS

- 本調査では以下項目に関する机上検討を実施。
- なお、水素製造・輸送については、必要となる水素が安定的に調達できることを前提として、評価対象外とする。

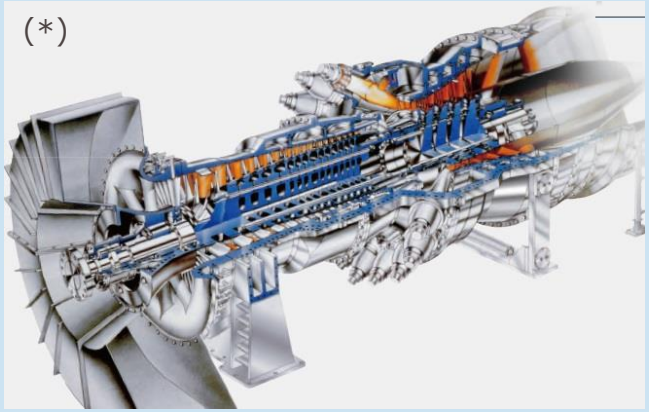
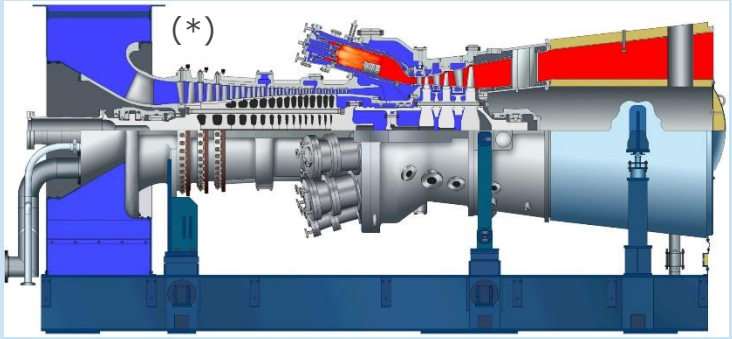
項目	主な検討内容	主な検討の視点
① 水素混焼	最大水素混焼可能量	・燃焼器損傷リスクがないか
② 発電性能	発電端出力／発電熱効率	・水素混焼による出力/効率の増減 ・水素供給設備の制御性
	負荷応答速度	
③ 環境性能	排出ガス量／排出ガス組成	・窒素酸化物（NOx）の増加量
④ 耐久性・信頼性	燃焼温度／保安監視装置	・ガスタービン高温部品への影響 ・既存機器の流用可否
⑤ 関連法規制	電気事業法等　各種法令	・水素発電導入時の規制面でのハードル
⑥ 水素供給システム	水素荷役・貯蔵・供給システム	・必要量の水素を安定供給する設備の構成、コスト
	水素と天然ガスの混合時の挙動	・水素と天然ガスの最適な混合地点の設定
⑦ 事業性	事業性評価	（水素コスト等一定の前提条件のもと評価）



検討対象機器

K-VaCS

- 検討対象とする発電設備は以下２機種を選定。
  - ・大型ガスタービン：　将来の水素混焼発電導入拡大を念頭に、国内外で広く普及している汎用機種を選定
  - ・小型ガスタービン：　水素発電導入初期での導入を想定し、小型ガスタービンの汎用機種を選定
- また、検討は燃焼器の改造有無（2ケース）についてそれぞれ行う。

	大型ガスタービン	小型ガスタービン
型式		
製造メーカー	三菱日立パワーシステムズ ㈱	
プラント構成	ガスタービンコンバインドサイクル	シンプルサイクル
総合出力	700 MW級	30 MW級

(*三菱日立パワーシステムズ(株)ホームページより)

水素供給システム／検討ケース

K-VaCS

□ 水素供給システムについては、現在、国際水素サプライチェーン実証が進められている「液化水素」、「有機ハイドライド」に加え、オンサイトで水素製造する 「天然ガス水蒸気改質」を加えた3ケースを検討する。

液化水素

有機ハイドライド
（MCH＝メチルシクロヘキサン）

天然ガス水蒸気改質

水素混焼発電　検討ケース

ケース	目　的	燃焼器の改造有無	水素供給システム
1	大型ガスタービン	既設流用	・ 液化水素 ・ 有機ハイドライド
		改造	
2	小型ガスタービン	既設流用	・ 液化水素 ・ 天然ガス水蒸気改質
		改造	

目次

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

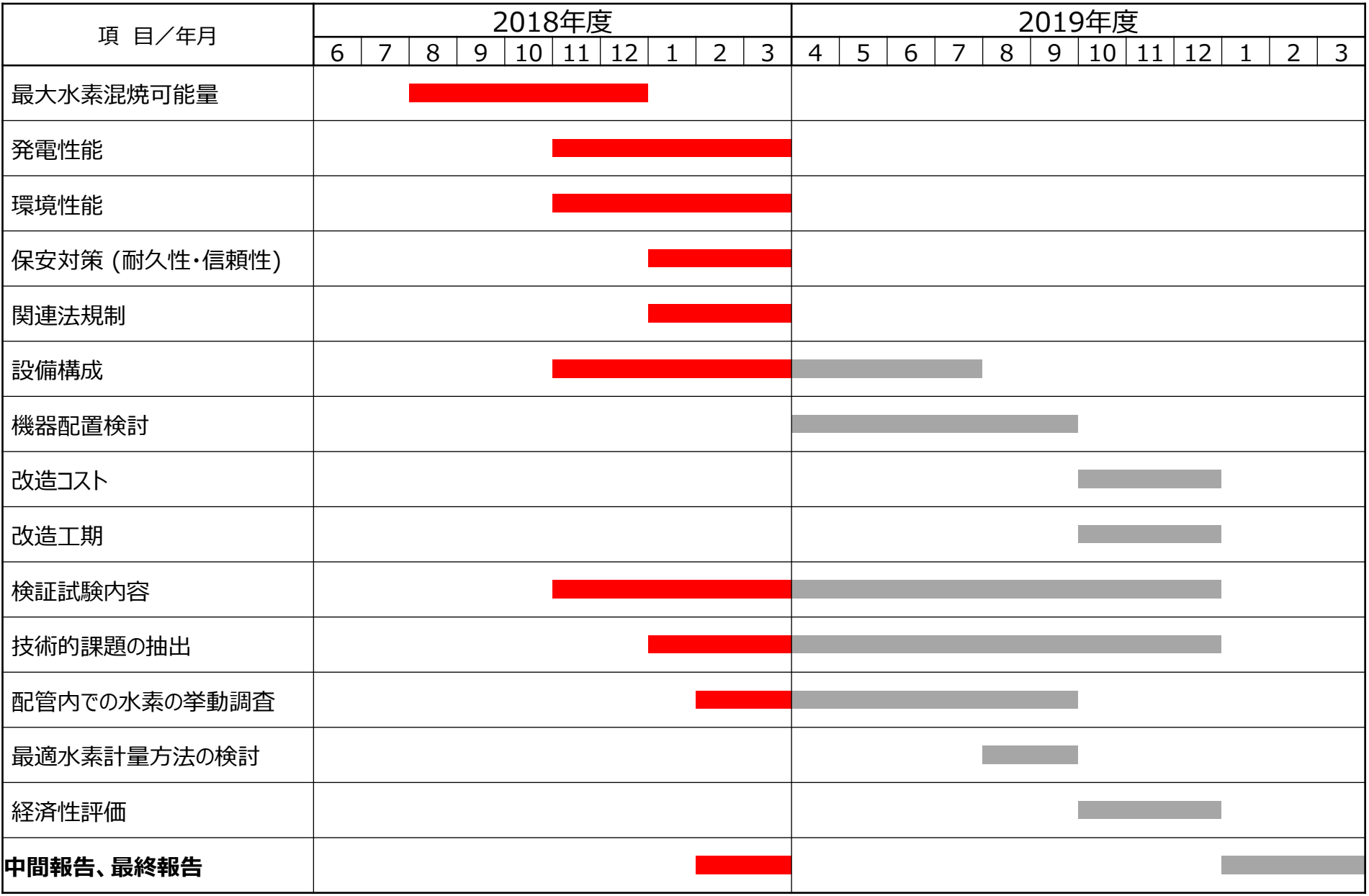
4. 検討スケジュール・実施体制

5. 成果

6. 今後の課題

検討スケジュール

K-VaCS



実施体制

K-VaCS

NEDO

委託

関西電力 power with heart

- □ ガスタービン発電設備の長年の運用実績・経験
- □ 最新発電技術及び高度な運用保全技術の知識

協力企業

岩谷産業株式会社	Iwatani	□ 天然ガス水蒸気改質による水素供給実績
川崎重工業株式会社	Kawasaki Powering your potential	□ 液化水素による水素サプライチェーン構築実証
千代田化工建設株式会社	CHIYODA CORPORATION	□ 有機ハイドライド法による水素サプライチェーン構築実証
三菱日立ﾊﾟﾜｰｼｽﾃﾑｽﾞ株式会社	MHPS	□ 水素混焼燃焼器開発

目次

K-VaCS

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

4. 検討スケジュール・実施体制

5. 成果

6. 今後の課題

水素の燃焼特性

K-VaCS

		メタン	水素
組成　CO	vol%	-	-
CO2	vol%	-	-
H2	vol%	-	100
CH4	vol%	100	-
N2	vol%	-	-
LHV	kcal/Nm3	8520	2550
理論燃焼速度	-	1(ベース)	7
可燃範囲	vol%	5～15	4～74
断熱火炎温度	-	ベース	+10%

水素は左図に示すように、以下のような燃焼特性があげられる。

- 燃料発熱量が低い
- 理論燃焼速度が速い
- 可燃範囲が広い
- 断熱火炎温度が高い

燃料中に水素が添加されると理論燃焼速度が速くなるため、天然ガスを燃料とするガスタービンでは逆火や燃焼振動の発生による燃焼器損傷リスクが高まる。

逆火　：燃焼速度が燃料ガス速度より速く、燃料ガス中を火炎が逆流していく現象。
火炎が耐熱対策がない部分まで逆流すると燃焼器が損傷する。
燃焼振動：燃焼器内部で発生する圧力変動。過大な燃焼振動は燃焼器の損傷につながる。

限界水素混焼率の考え方

燃焼速度に着目し、同種燃焼器において水素混焼時の安定燃焼を確認できた最大燃焼速度を指標とすることで、限界水素混焼率を計算により求める。

水素混焼率の評価

K-VaCS

既設ガスタービンの水素混焼率の検討結果

	燃焼器の改造有無	水素混焼率	年間必要水素量（※）
大型ガスタービン	既設流用	（検討中）	–
	改造	約 9 vol%	約 8,900 ton
小型ガスタービン	既設流用	約 8 vol%	約 550 ton
	改造	約 23 vol%	約 1,700 ton

（※）設備利用率85%の場合

水素混焼発電による各影響評価

K-VaCS

- 水素混焼発電導入に伴う技術的課題は今年度に整理予定
- 既存発電所にて水素混焼を実施する際には、プラントメーカーでの燃焼試験等による詳細検証を踏まえて慎重に判断していく必要がある

項目	主な検討内容	検討結果
発電性能	発電端出力／発電熱効率	・発電出力・効率の大きな増減はない
	負荷応答速度	（2019年度に実施）
環境性能	排出ガス量／排出ガス組成	・NOx排出量は若干増加（環境規制値内）
耐久性 ・信頼性	燃焼温度／保安監視装置 等	・ガスタービンの余寿命・点検周期および稼動率等への影響を考慮して、水素混焼時の燃焼温度を既定値以下に設定 ・水素脆化の発生リスクは小さく、材質評価上、既設機器の流用が可能 ・燃焼振動増大のリスクがあるため、燃焼振動を監視する設備の追設が必要 ・水素ガス系統（水素供給元付近等）はJEAC3708-2015「燃焼設備規定」に準じて水素防爆適用範囲に設定
水素供給	水素荷役・貯蔵・供給システム	・必要水素量に応じた水素の貯蔵・供給システムについて基本設計を実施（配置設計、設備概算コスト等の検討は2019年度）
	水素と天然ガスの混合時の挙動	（2019年度に実施）
関連法規制	電気事業法等　各種法令	・設備変更などの諸手続きは電気事業法に基づき対応可能 ・ただし、実装にあたっては関係自治体などとの調整が必要
経済性	事業性評価	（2019年度に実施）

目次

K-VaCS

1. 背景・目的

2. 目標

3. 実施内容

4. 検討スケジュール・実施体制

5. 成果

6. 今後の課題

2019年度　調査予定項目

K-VaCS

1．設備構成

・必要な設備構成と改造範囲の調査

2．機器配置検討

・水素貯蔵・供給設備

3．改造コスト

・概算コスト算出

4．改造工期

・概略建設工程の検討

5．検証試験内容

・検証が必要な項目と検証方法・スケジュールの検討

6．技術的課題の抽出

・開発すべき技術や解決すべき問題、商用機で検証する上での制約など課題の整理

7．配管内での水素の挙動調査

・水素挙動に関する調査

8．最適水素計量方法の検討

・普及に向けた制度設計のための混焼水素計量方法の検討

9．経済性評価

・経済性の試算（ある一定の前提の上実施）