

オフロード用水素エンジンの開発

~ IAV Tokyo Powertrain Conference 2026 ~

株式会社クボタ
村上慶

目次

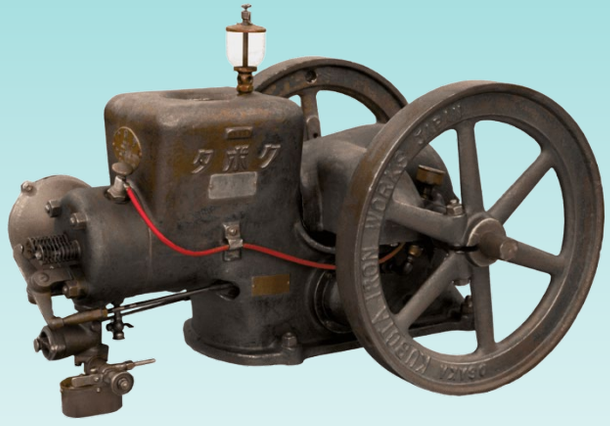
For Earth, For Life
Kubota

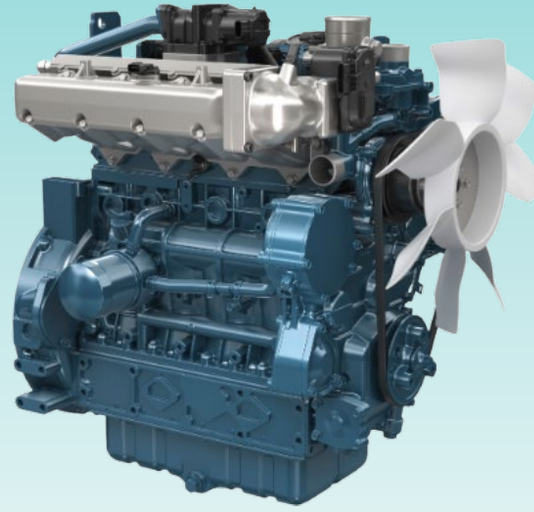
1. オフロードエンジン
    - クボタエンジン事業
    - オフロードエンジンの特徴
    - オフロード機械と水素エンジン
2. クボタの水素エンジン
    - 諸元
    - 燃料供給システム
3. 水素エンジンと異常燃焼
    - 噴射時期と異常燃焼、NOx
4. 水素エンジン発電機
    - 発電機の搭載要件
    - 発電機対応
5. 実用化に向けた課題と取り組み

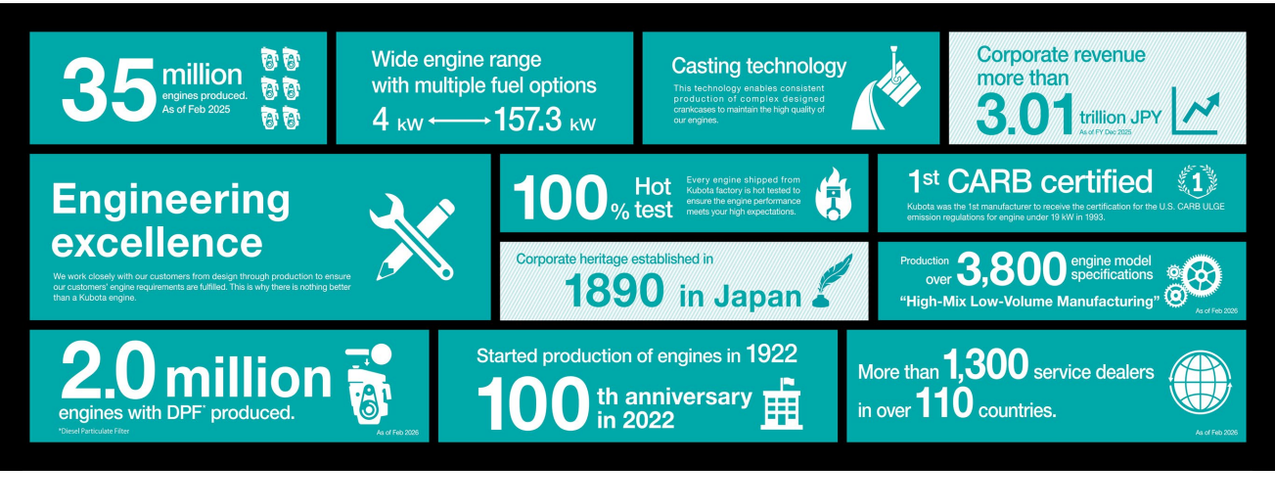
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

クボタエンジン事業

For Earth, For Life
Kubota



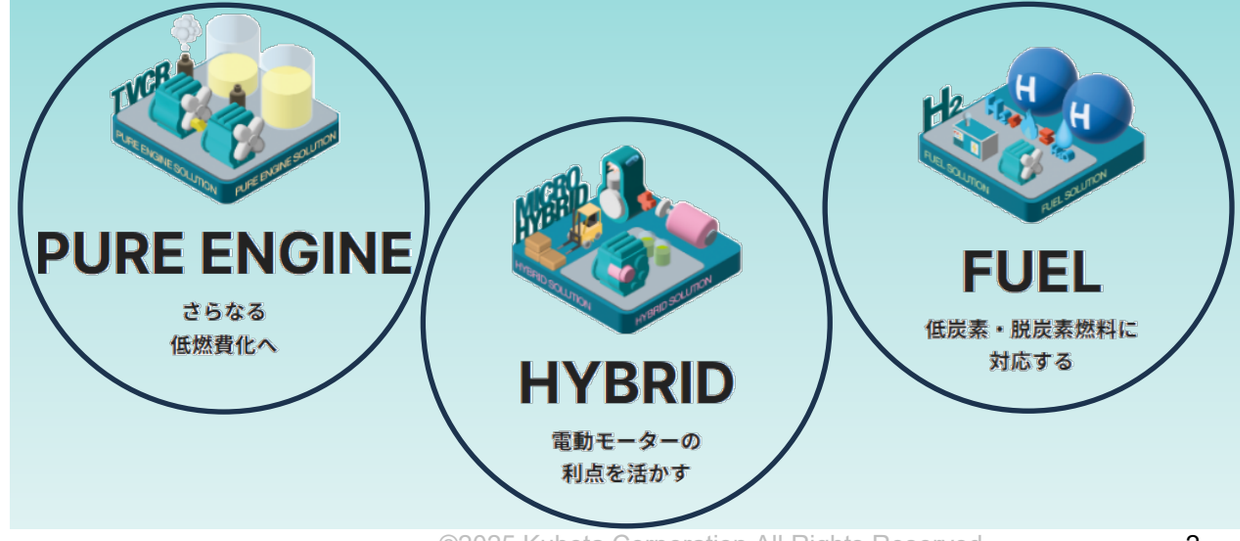




クボタエンジン

- 出力帯：4 – 157.3kW
- 型式数：3,800以上
- 対応燃料：ディーゼル、ガス、ガソリン

クボタエンジン×カーボンニュートラル



©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

様々なオフロード機械

For Earth, For Life
Kubota

















Light Load

Rural

High-load

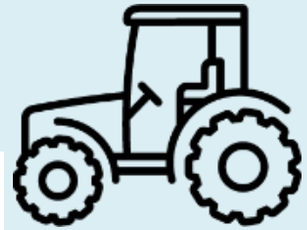
Urban

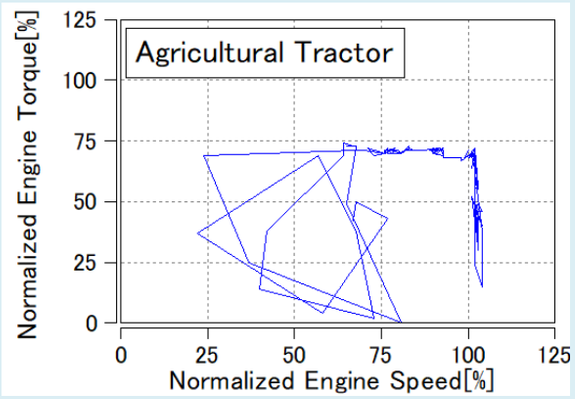
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

オフロードエンジンの特徴

For Earth, For Life
Kubota

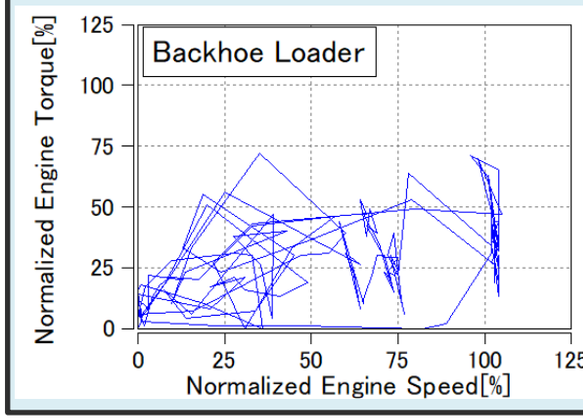
トラクタ

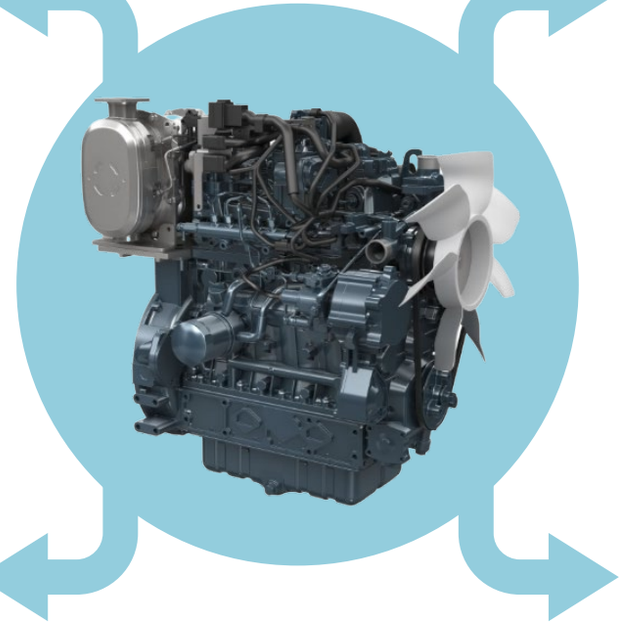




油圧ショベル

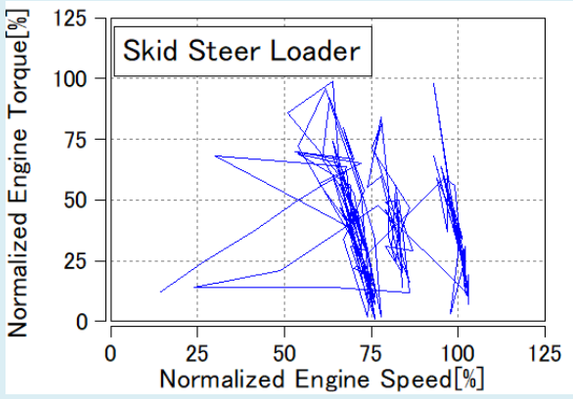






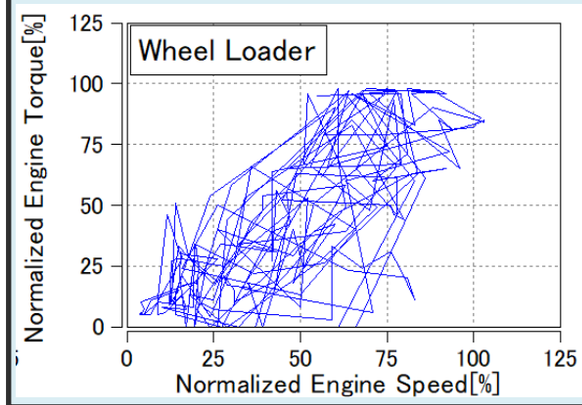
スキッドステアローダー





ホイールローダー





Rights Reserved.

オフロード業界の水素関連動向

For Earth, For Life
Kubota

・Deutz joins H2 off-highway IC engine project(2024/11/26)
https://www.powerprogress.com/news/deutz-joins-h2-off-highway-ic-engine-project/8042581.article
・コマツ 世界初、水素エンジン搭載大型ダンプトラックの実証実験を開始(2025/2/19)
https://www.komatsu.jp/ja/newsroom/2025/20250219_1
・AGCO-led consortium to develop hydrogen tank for off-highway use (2025/4/1)
https://www.powerprogress.com/news/agco-led-consortium-to-develop-hydrogen-tank-for-off-highway-use/8054919.article
・英JCB、水素エンジンでEU型式認証を取得、ネットゼロに向け前進(2025/5/28)
https://kikai-news.net/2025/05/28/
・Volvo Trucks begins road testing hydrogen combustion trucks (2026/4/1)
https://hydrogeneurope.eu/volvo-trucks-begins-road-testing-hydrogen-combustion-trucks/
・JCB Hydromax sets world record at 406 mph (2026/8/12)
https://www.ricardo.com/news-and-insights/press-releases/2026/ricardo-celebrates-jcb-hydromax-406mph-fia-world-land-speed-record-for-fastest-hydrogen-vehicle
・Hydrogen Buses Market to Reach USD 64.35 Billion by 2035, Growing at 38.6% CAGR (2026/10/21)
https://www.prlog.org/13177933-hydrogen-buses-market-to-reach-usd-64-35-billion-by-2035-growing-at-38-6-cagr.html
・ Liebherr begins hydrogen wheeled loader trials in Germany (2026/11/8)
https://www.powerprogress.com/news/liebherr-begins-hydrogen-wheel-loader-trials-in-germany/8135928.article?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=power-briefing-2026-11-09&encoded_email=a2VpLm11cmFrYW1pQGt1Ym90YS5jb20%3D









©2026 Kubota Corporation All Rights Reserved.

オフロード機械と水素エンジン

For Earth, For Life
Kubota

オフロード機械脱炭素化の有力な選択肢



高負荷、長時間運転
- 建設現場での作業
- 耕うん、収穫作業

遠隔地
- 掘削現場での作業
- 森林での伐採、運搬

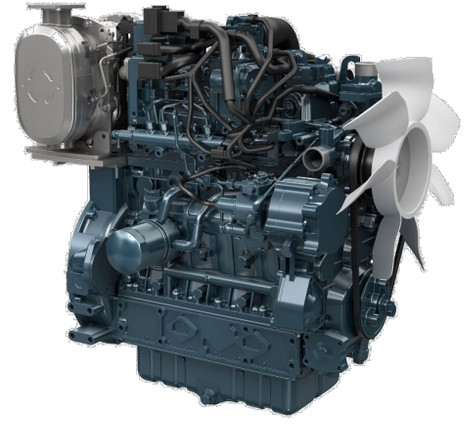
定置
- 建設現場内での使用
- 定置で使用される非常用電源

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

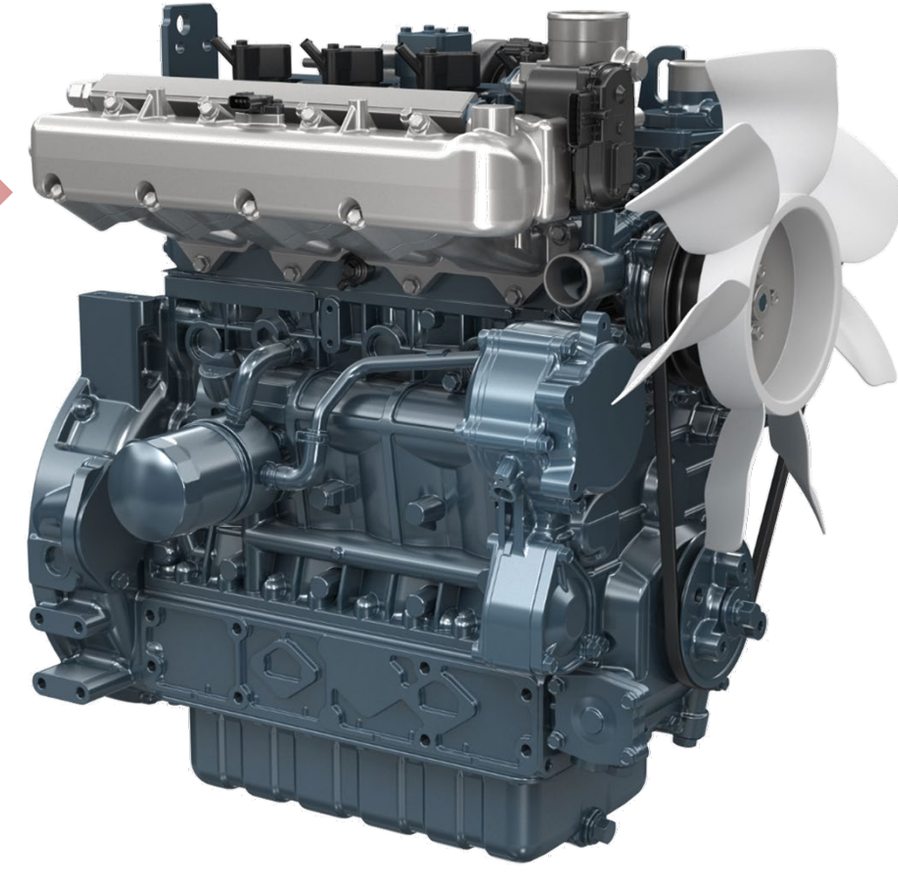
水素エンジン諸元

For Earth, For Life
Kubota

3.8Lディーゼルエンジン V3800をベースに開発



Conversion



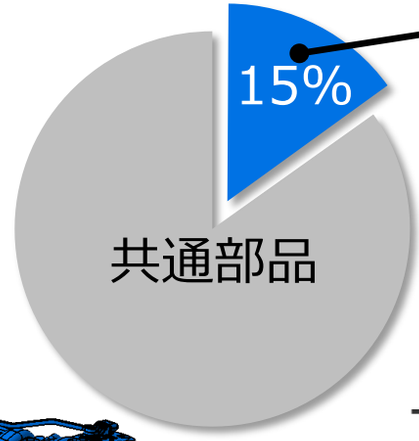
Model	V3800(Base)	3.8L HICE
Engine type	Vertical, Water cooled 4-cycle	
Bore and Stroke[mm]	100×120	
Displacement[L]	3.769	
Fuel	Diesel	Hydrogen
Fuel supply	Common Rail	Port Injection
Ignition type	Compression Ignition	Spark Ignition

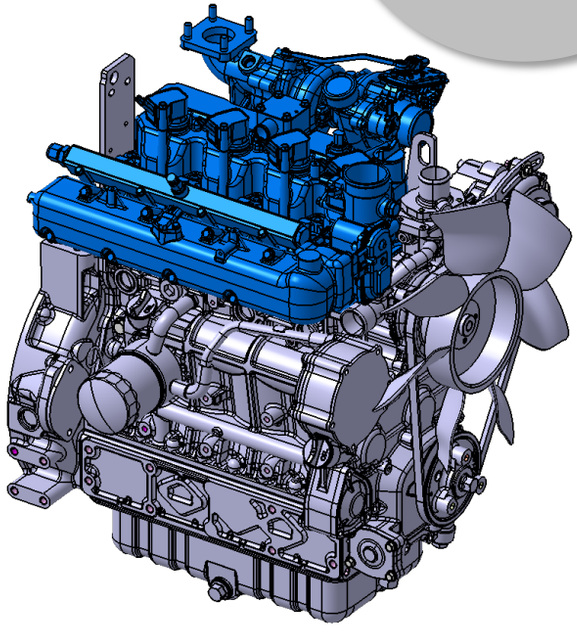
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

水素エンジン諸元

For Earth, For Life
Kubota

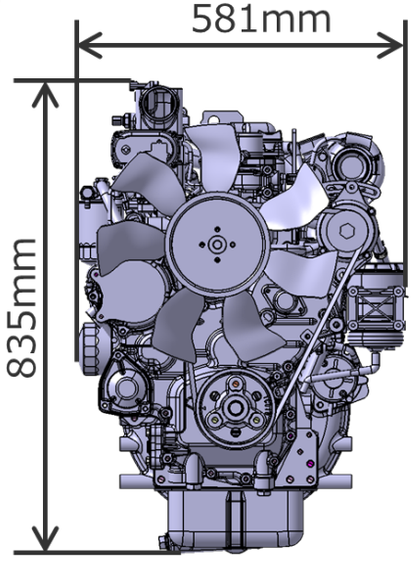
ベースディーゼルエンジンと高い搭載互換性



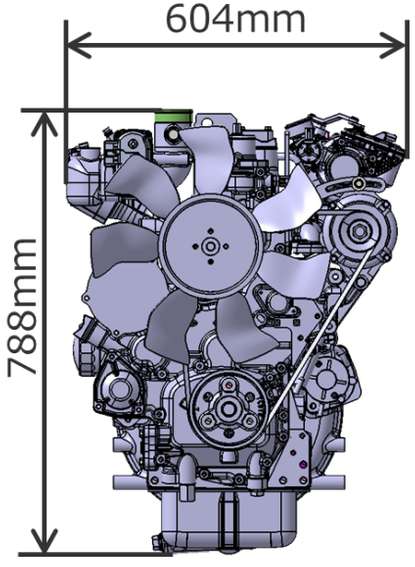


Front View

Base Diesel

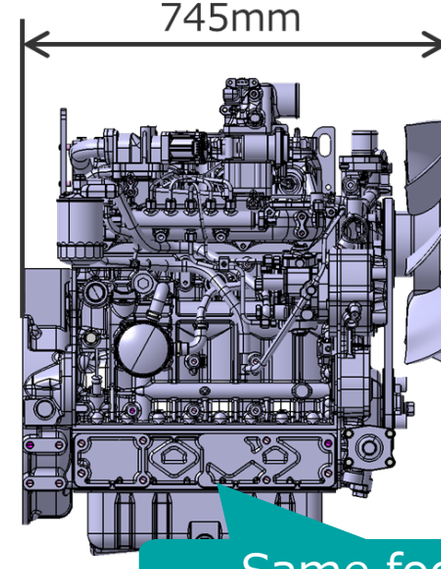


HICE

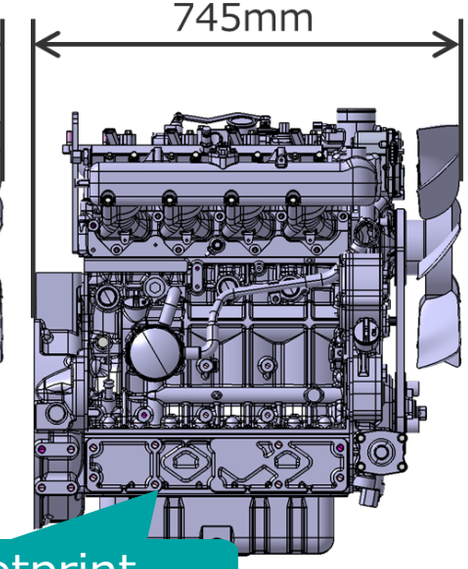


Inlet Side View

Base Diesel



HICE



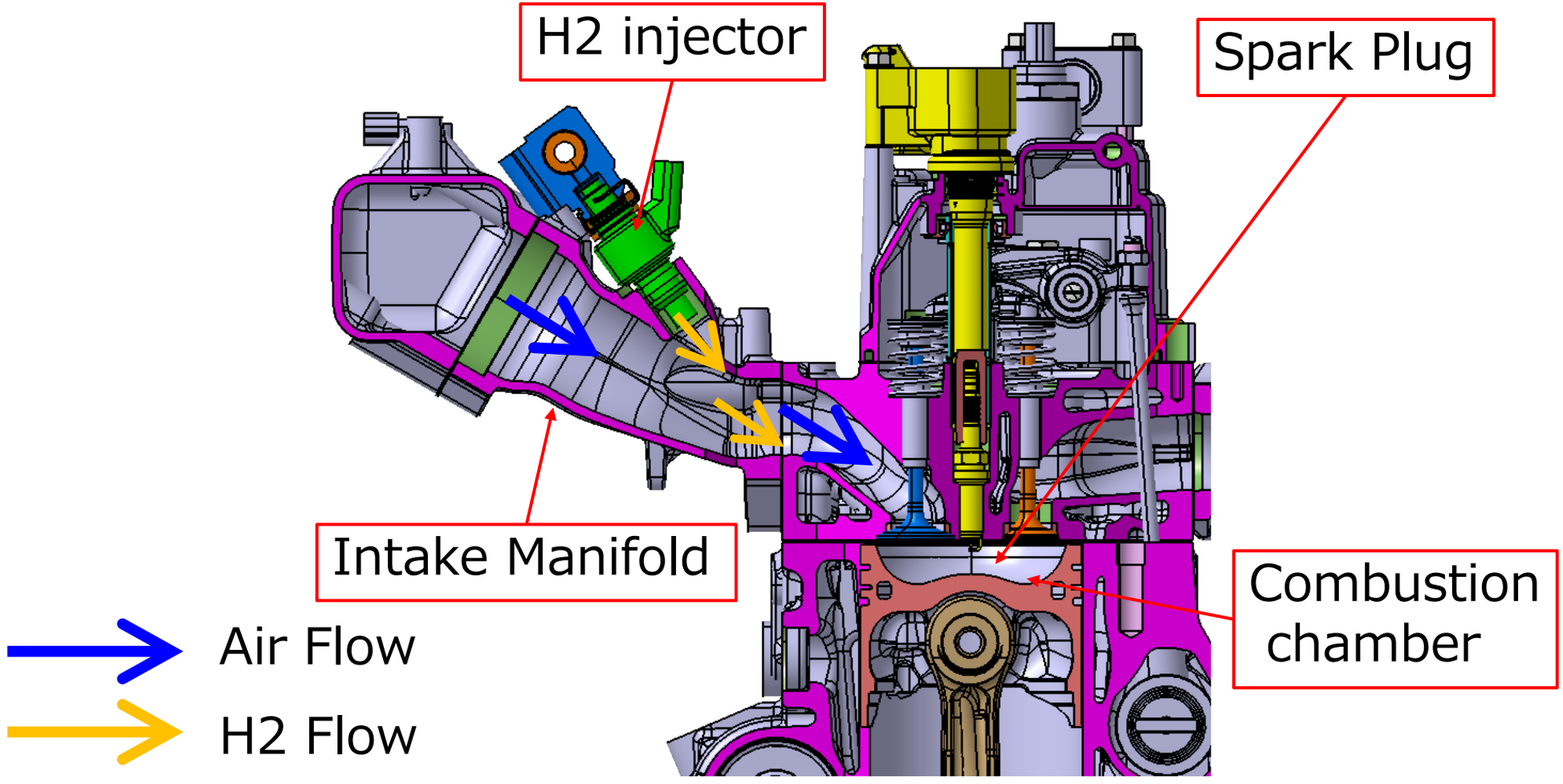
Same footprint

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

水素エンジンの噴射方式

For Earth, For Life
Kubota

ポート噴射方式概略図

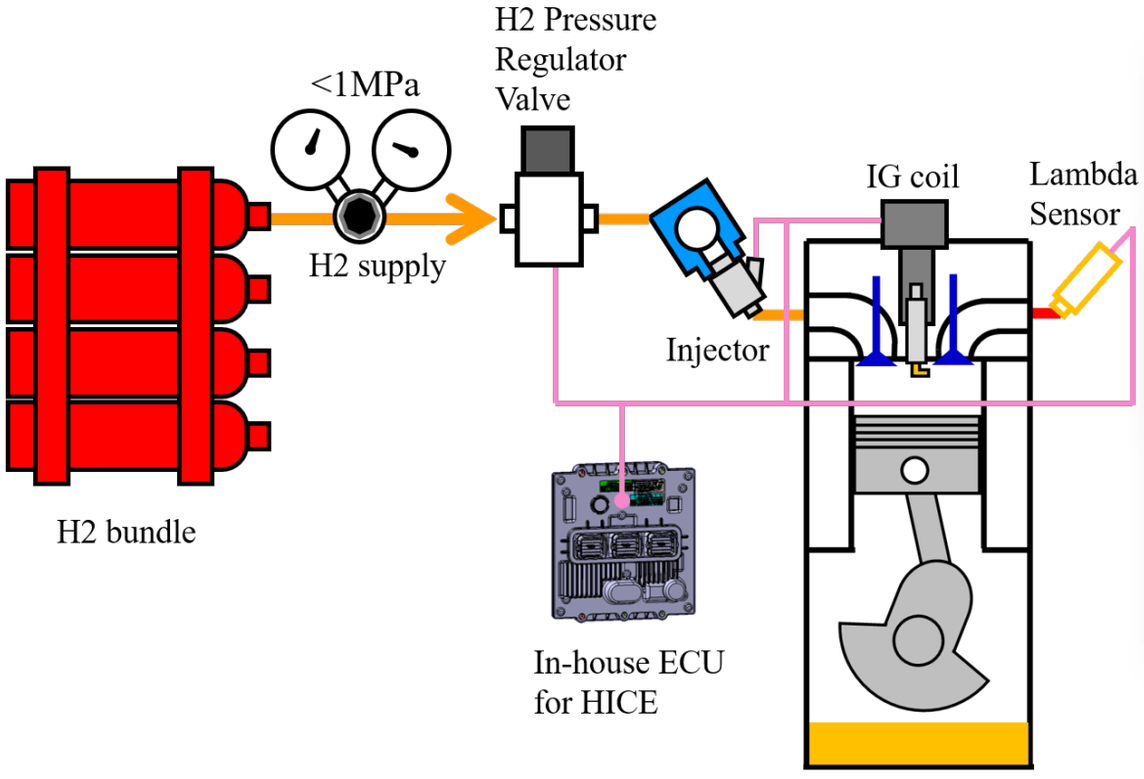


©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

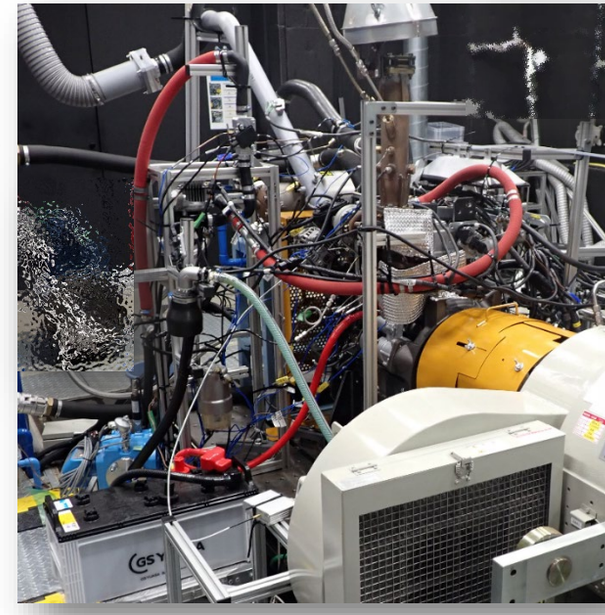
燃料供給システム及び試験設備

For Earth, For Life
Kubota

燃料供給システム概略図



試験設備



テストベンチ

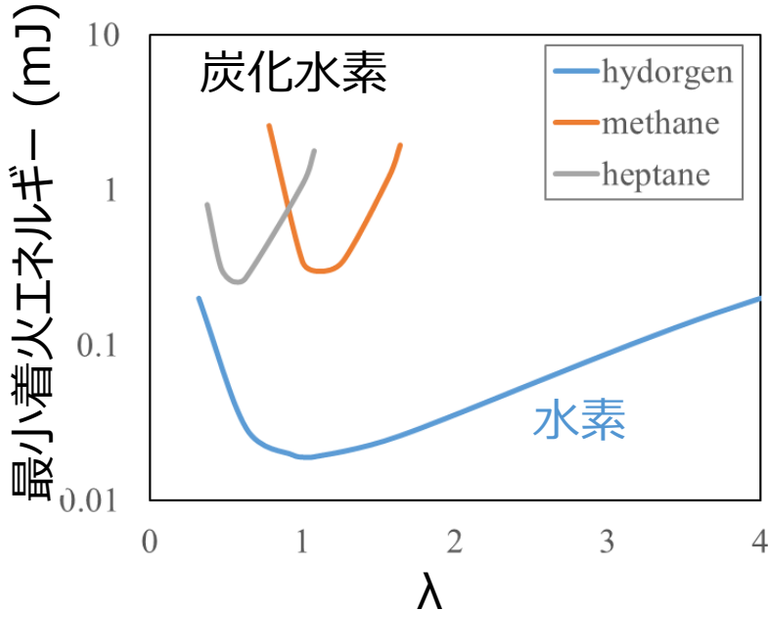


水素貯蔵庫

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

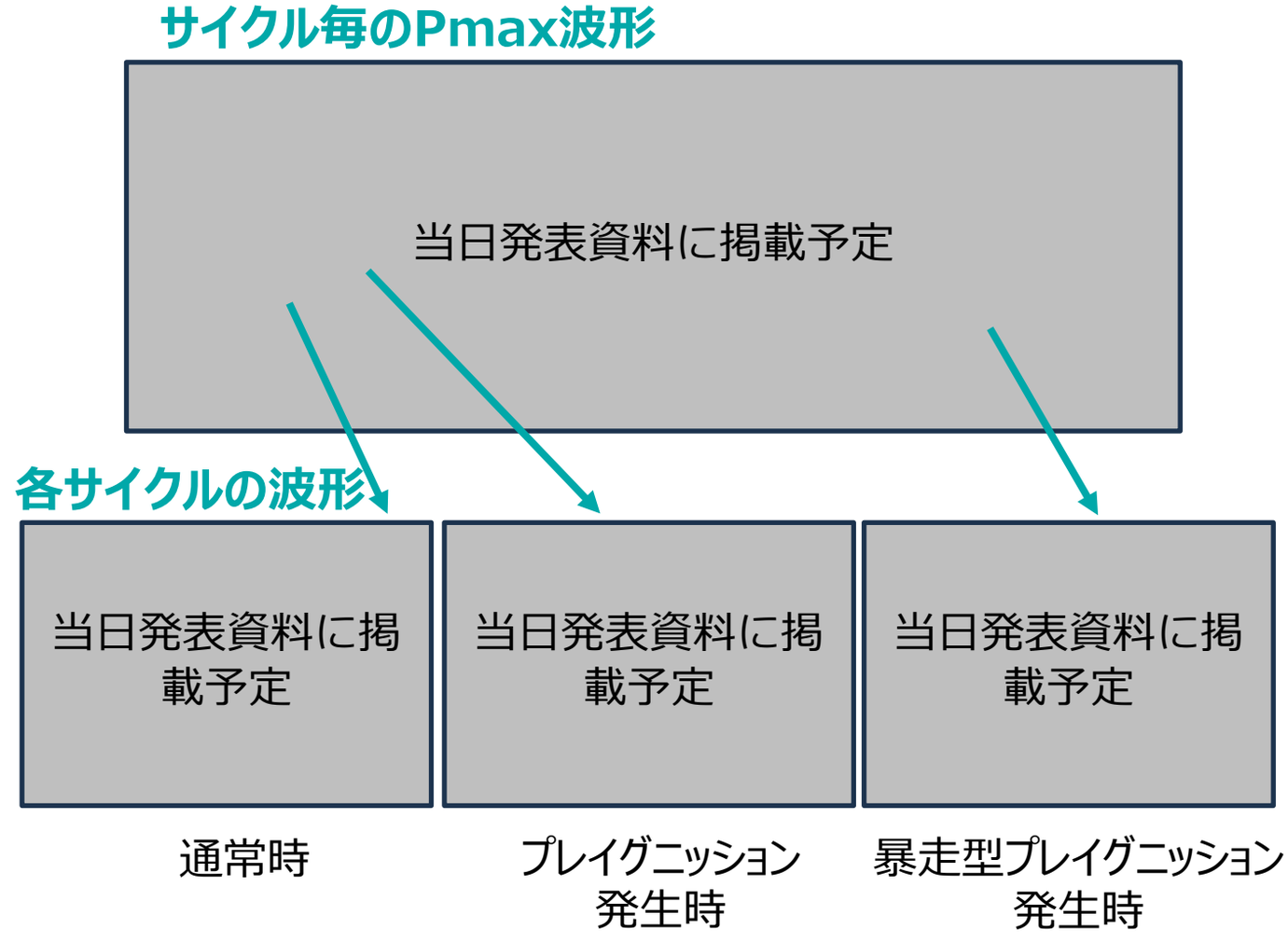
水素エンジンと異常燃焼

最小着火エネルギー



Property	unit	Gasoline	hydrogen
Ignition energy	mJ	0.24	0.016
Ignition limits in air	Vol %	1.4 – 7.6	4.0 - 76

異常燃焼発生時の筒内圧波形



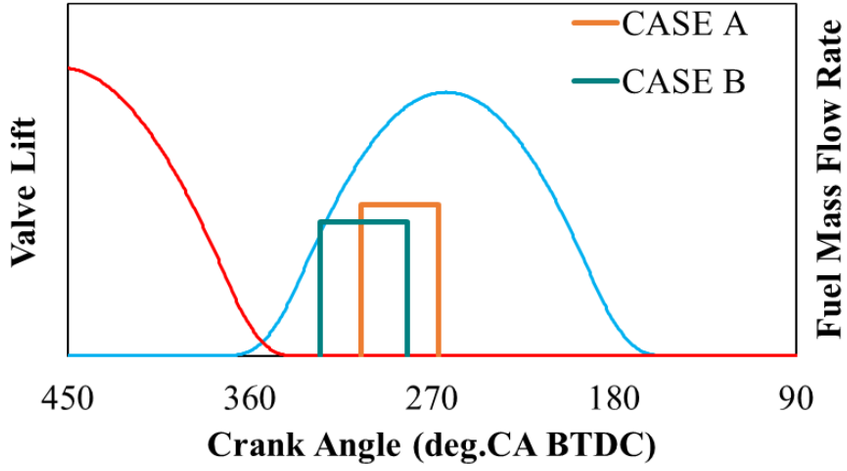
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

噴射時期と異常燃焼、NOx

For Earth, For Life
Kubota

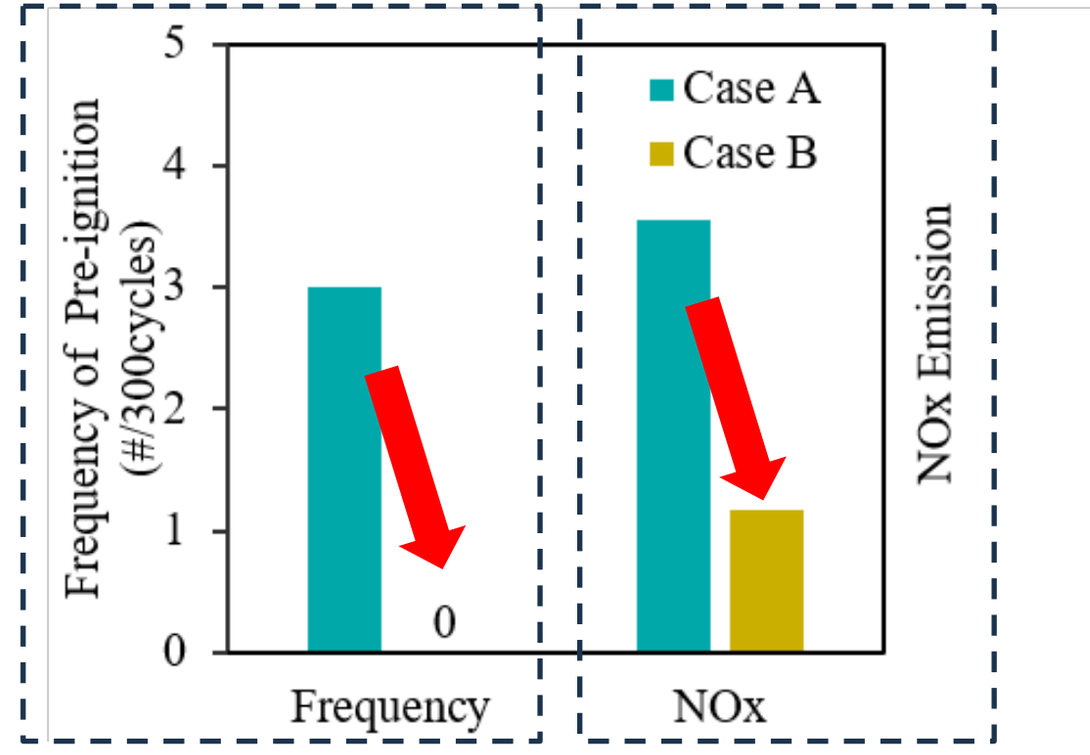
噴射時期/量の変更でプレイグニッション発生回数, NOxが低下

Test Conditions



CASE	SOI (deg.CA BTDC)	EOI (deg.CA BTDC)	Fuel Mass Flow rate
A	305	267	Low
B	325	282	High

Test Results



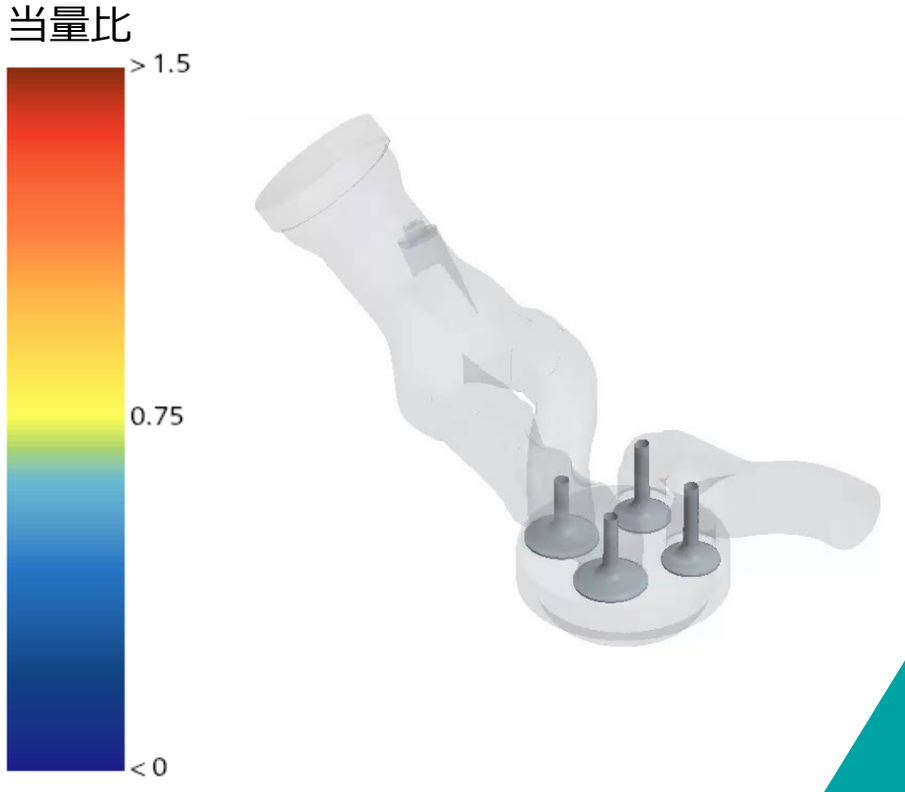
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

一様度

For Earth, For Life
Kubota

一様度(Uniformity Index)で均質性を評価

水素と空気の混合具合



1に近いほど、燃焼室全体がより均質

燃焼室全体の均質性

→ **Uniformity Index**$= 1 - \frac{\sum_c |\phi_c - \bar{\phi}| V_c}{2|\bar{\phi}| \sum_c V_c}$

$\bar{\phi}$: Volumetric Mean Equivalence Ratio

ϕ_c : Cell Equivalence Ratio

V_c : Cell Volume

Equivalence Ratio

$$\phi = \frac{Fuel/Air}{(Fuel/Air)_{st}}$$

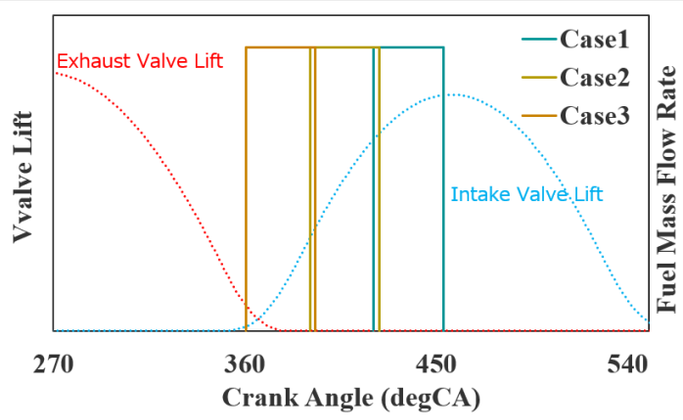
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

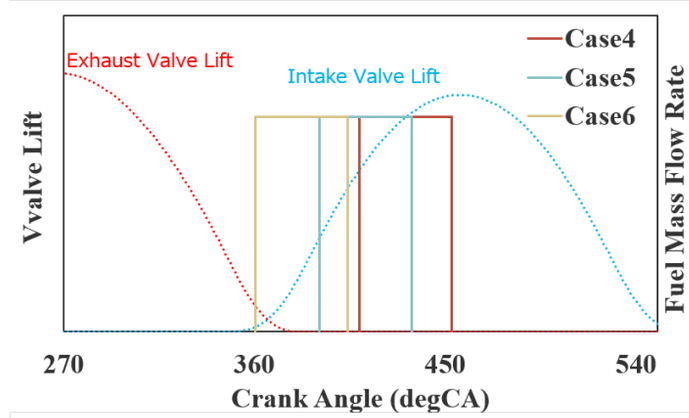
噴射時期と異常燃焼、NOx

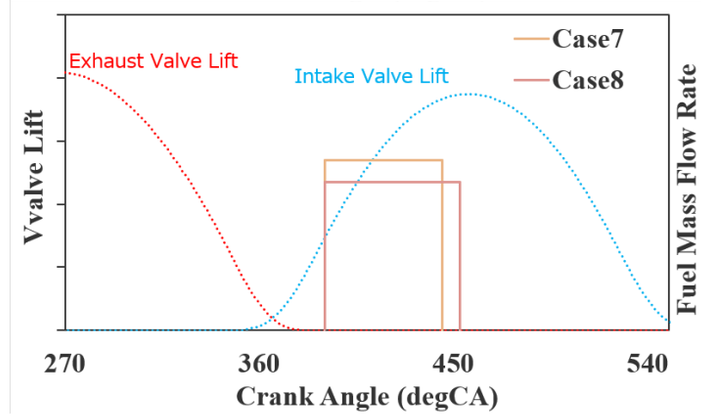
For Earth, For Life
Kubota

NOxを減らすように噴射時期を決めることで異常燃焼を抑制

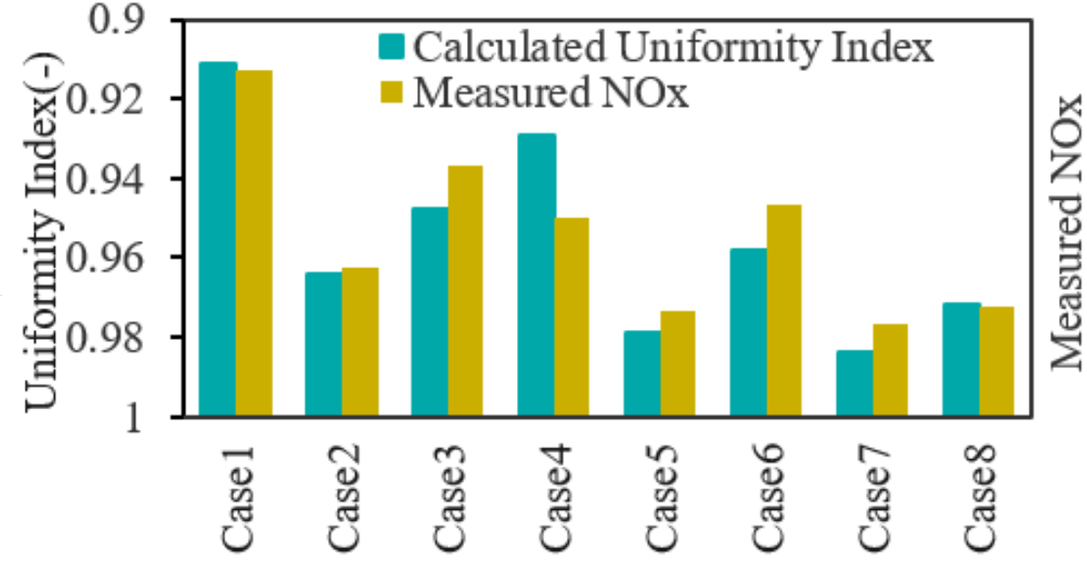
Test Conditions







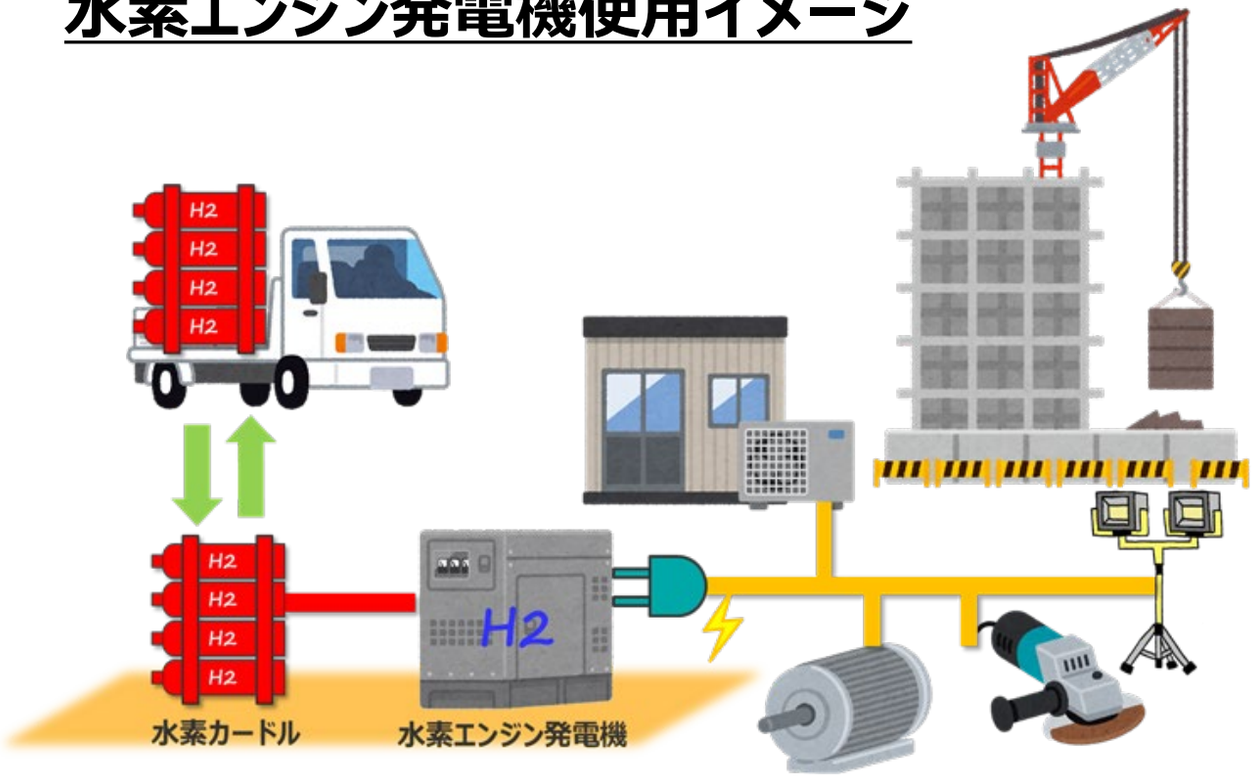
Test Results



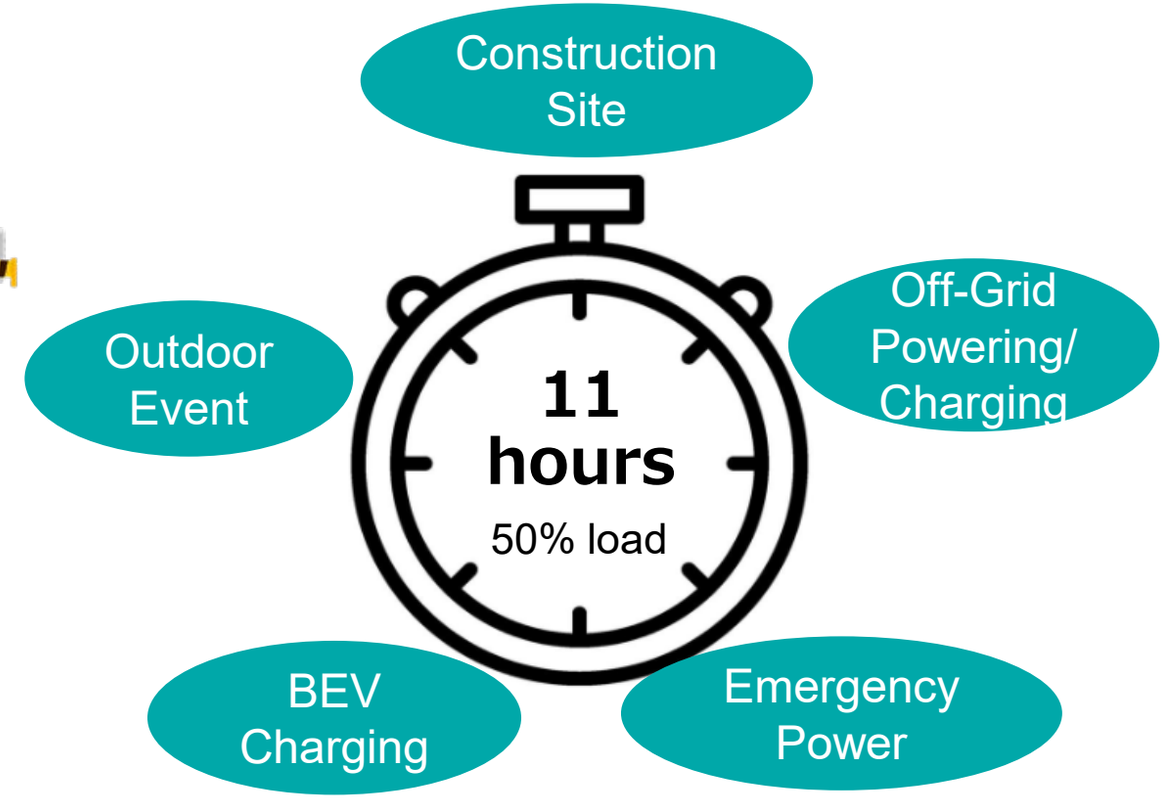
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

水素エンジンと発電機

水素エンジン発電機使用イメージ



14.7MPa×30本≒210m3(300m3未満)の水素でおよそ11時間の運転が可能



- 燃料タンク搭載スペース確保が容易
- 水素の供給が容易
- 運転領域が限定的(回転数固定)

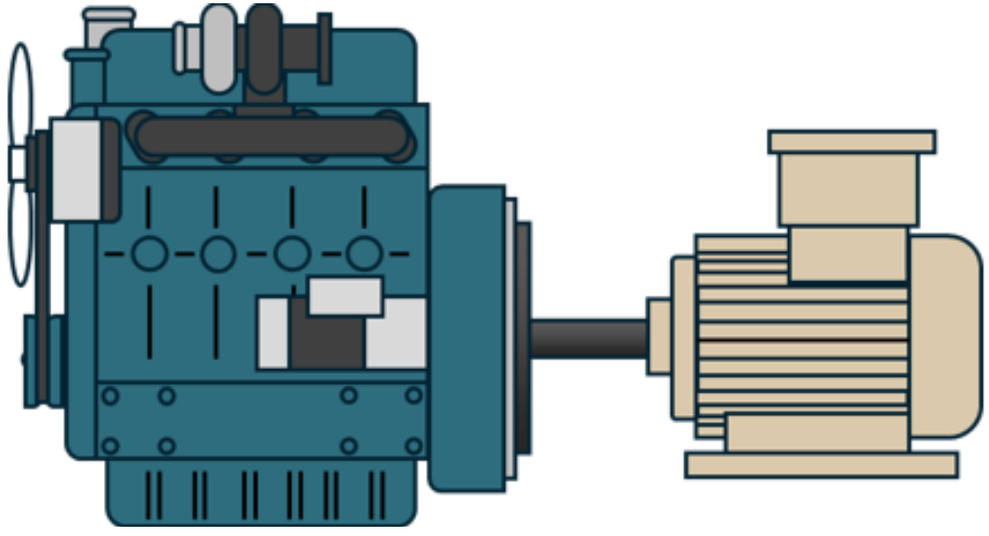
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

発電機の搭載要件

発電機には過渡応答性が求められる

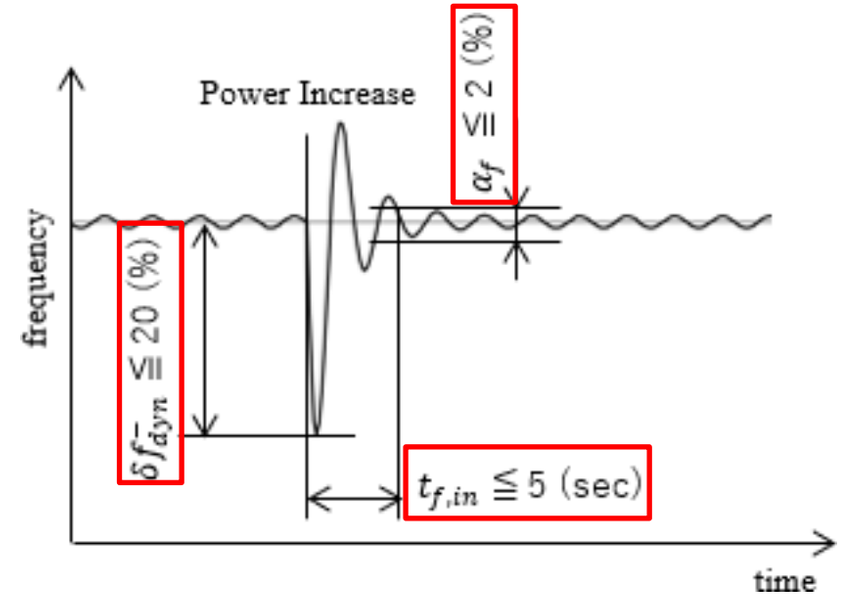
Generator Characteristics and Requirements

- エンジン回転数 = 発電機の周波数
- ISO G2クラス (for Gas) にて規定される負荷応答性が求められる



Engine Speed
1500rpm/1800rpm

AC Frequency
50Hz/60Hz



ISO G2 Class (for Gas) Criteria

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

発電機搭載に向けた技術対応

1. エンジン回転数の応答性改善に向けたλの最適化
2. 高応答性吸気スロットル
3. フライホイールの慣性モーメント改善
4. ターボチャージャーのマッチング

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

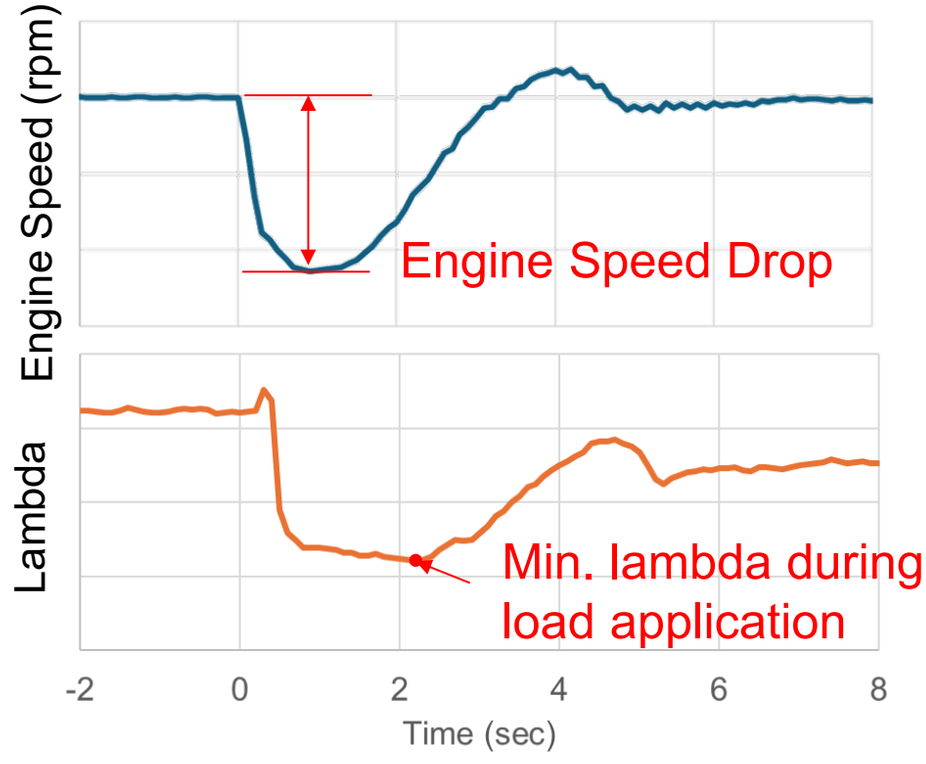
発電機対応 λの最適化

For Earth, For Life
Kubota

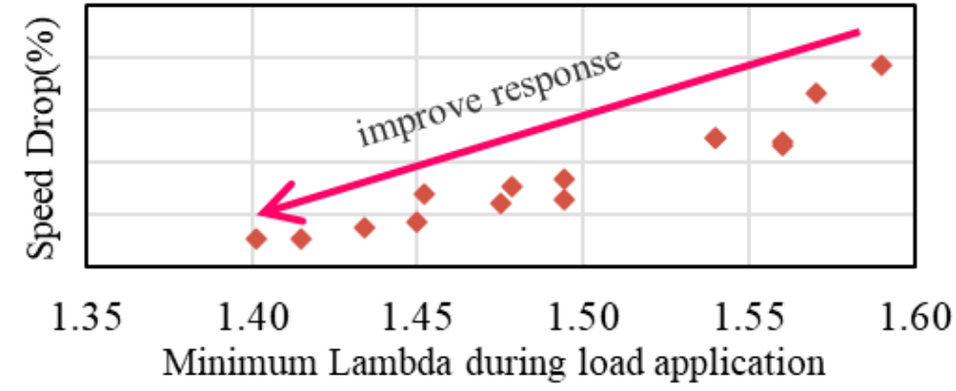
燃料噴射量を増やすことで過渡応答性が向上するものの、プレイグニッションの発生確率が増加

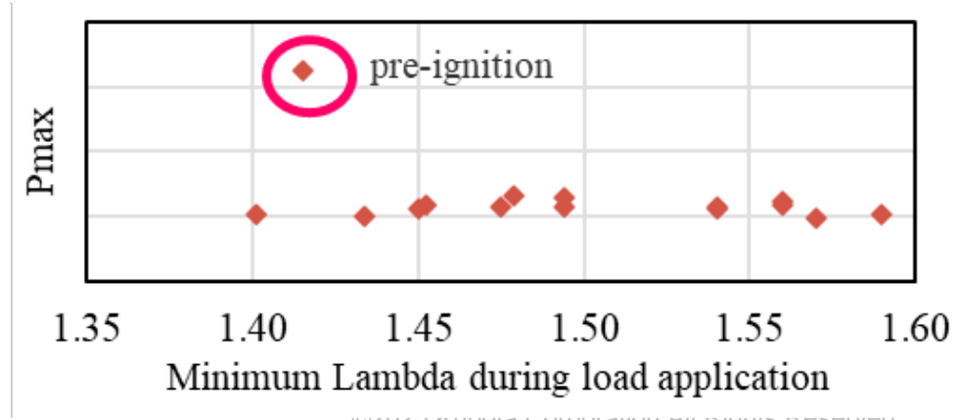
1．λの最適化

Test Conditions



Test Results





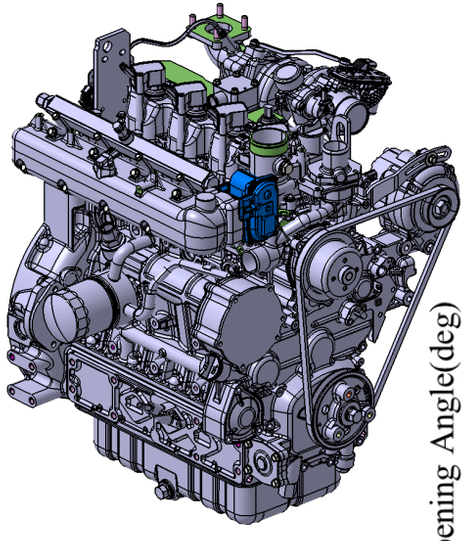
©2023 Kubota Corporation All Rights Reserved.

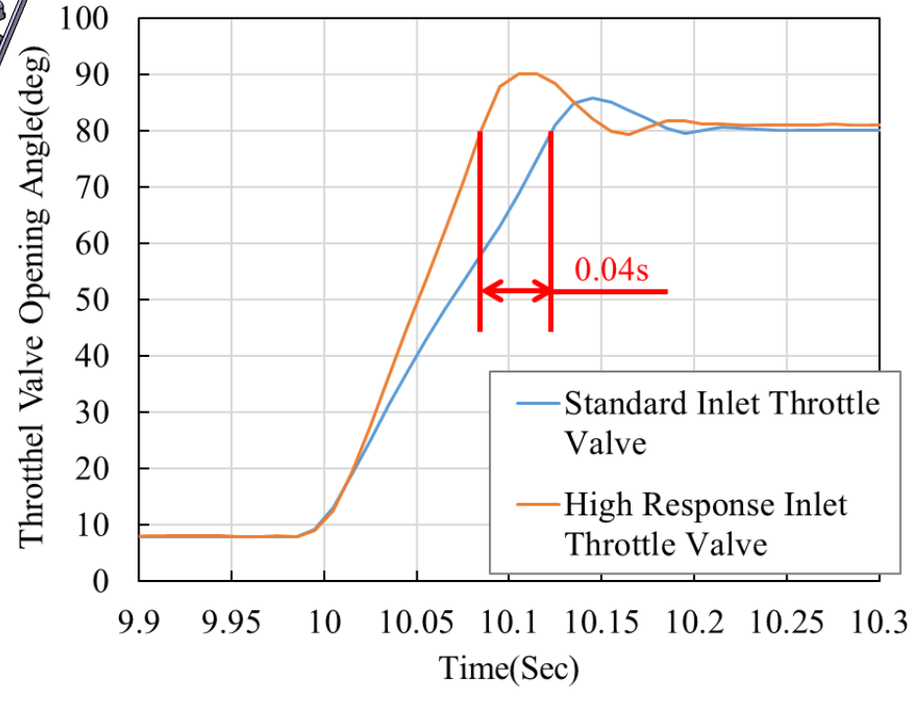
発電機対応 吸気スロットルとフライホイール

For Earth, For Life
Kubota

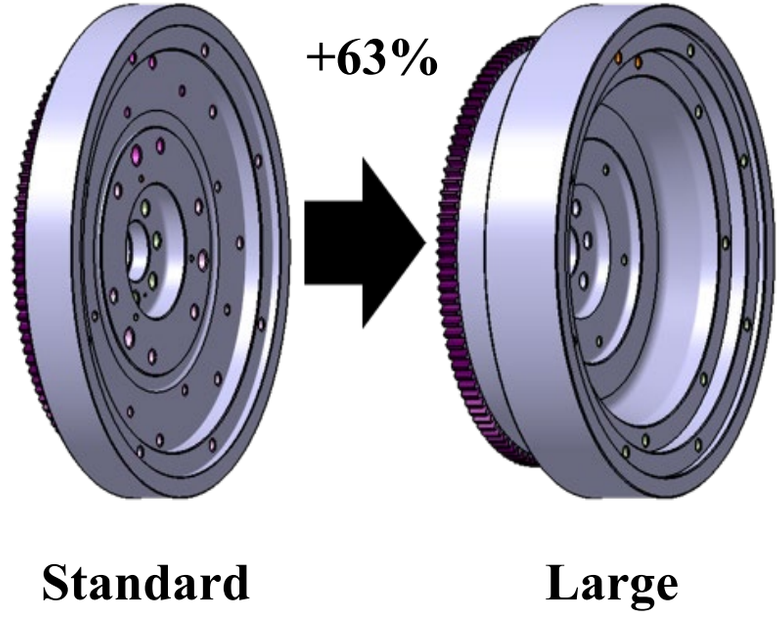
応答性の改善、回転数変動の抑制に寄与

2．高応答性吸気スロットルバルブ





3．フライホイール

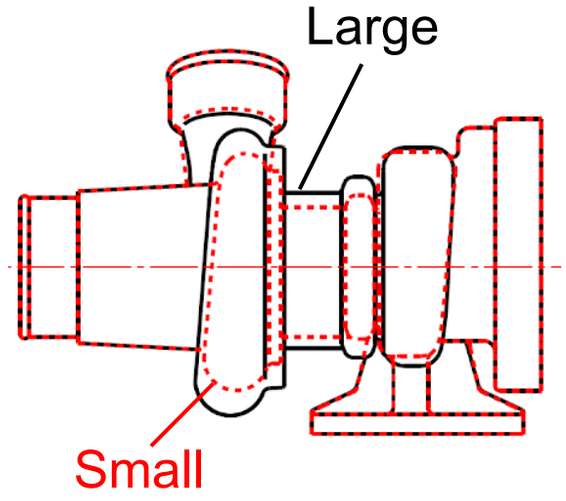


©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

発電機対応 ターボチャージャー

小型ターボはレスポンス向上より圧損による悪影響が大きい

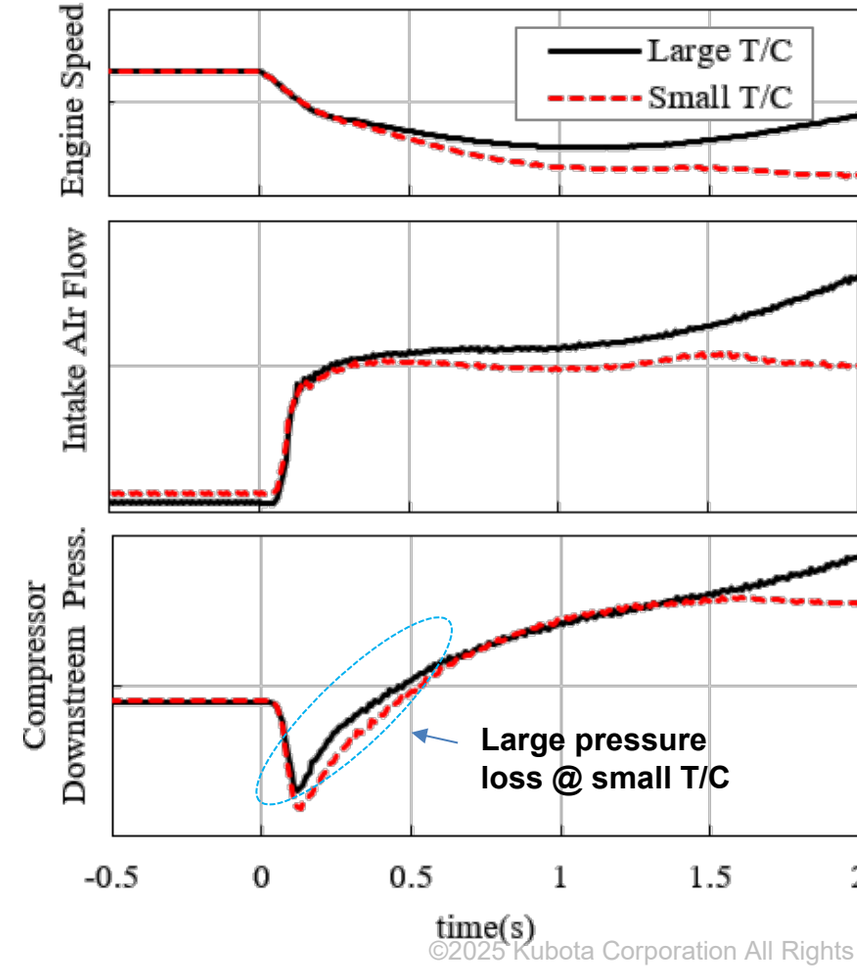
4．ターボチャージャー



T/C	Large	Small
Size	Same as Base (3.8L) diesel	Same as 2.5L diesel
Inertia	Base	-37%

Test Conditions and Results

1500rpm, No-Load→37kVA Load

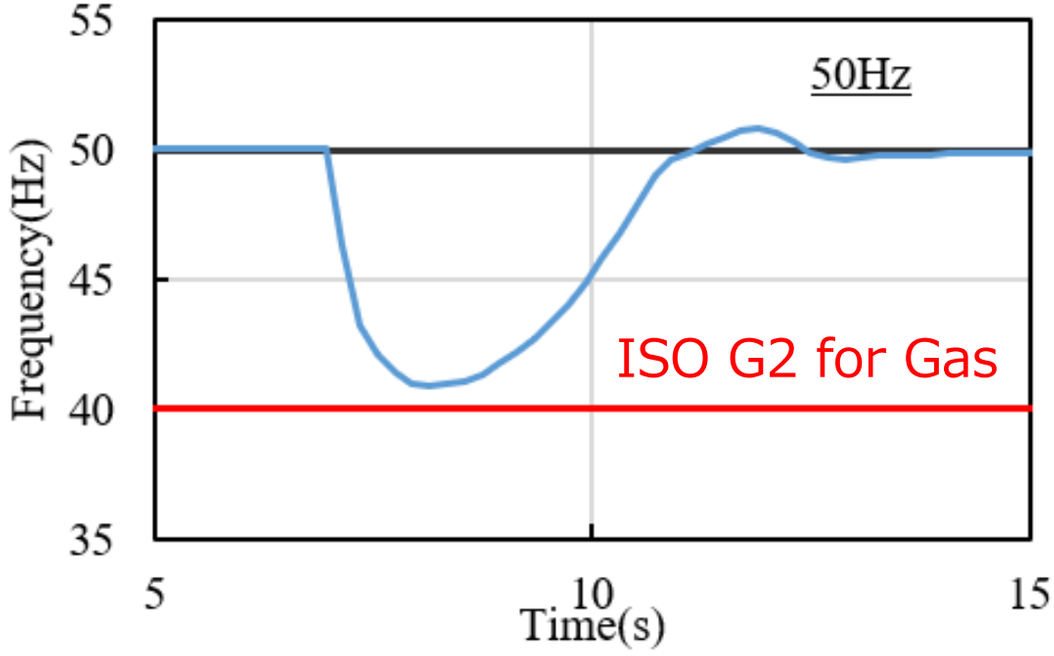


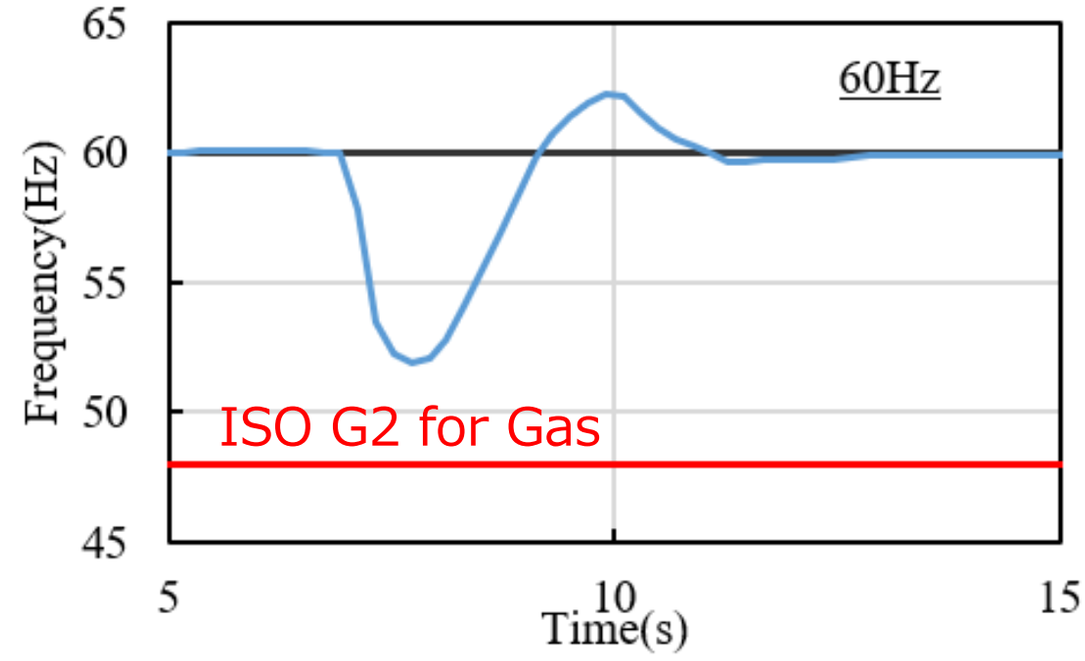
©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

発電機評価結果

ISO G2 (for Gas)の規格を満足

Test Results





©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.

実用化に向けた課題と取り組み

For Earth, For Life
Kubota

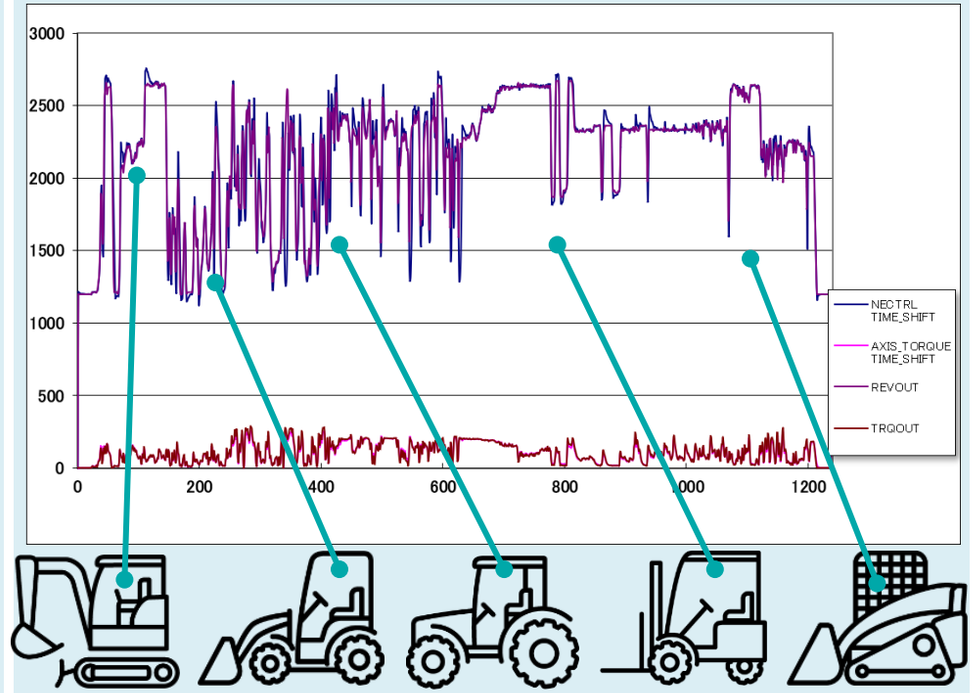
・環境適応性

➢ 高地試験、冷間試験

写真は当日発表資料に掲載予定



過渡運転性能 ➢ 過渡運転適合



・耐久性能 ➢ 連続運転環境構築

写真は当日発表資料に掲載予定

・異常燃焼対策

➢ 本研究で取り組んだ噴射最適化によるノッキング、プレイグニッションの抑制

©2025 Kubota Corporation All Rights Reserved.



Thank you