KOMATSU

KELK Ltd.

設備のCBMを実現する

電池レス

振動センサーデバイス

わずか5℃の温度差から動作

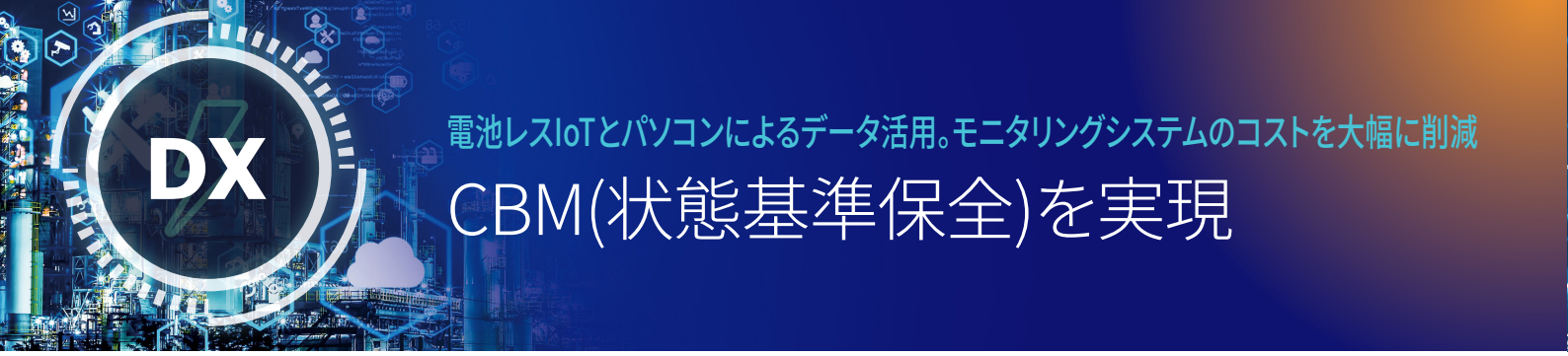
設備保全のDXを加速するIoT

新モノづくり部品大賞

TPM 2020TPM優秀商品賞 開発賞 TPM Awards

KELGEN

KELK Thermoelectric Generation



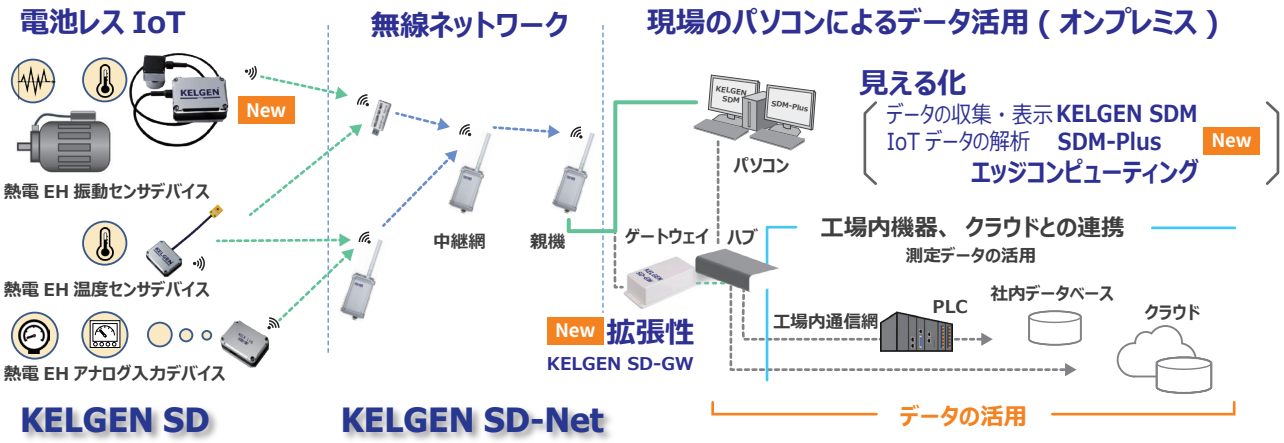
電池レスIoTとパソコンによるデータ活用。モニタリングシステムのコストを大幅に削減

CBM(状態基準保全)を実現

オンプレミスで IoT データを活用

KELGEN SD システム

電池レスでメンテナンスフリーの IoT(KELGEN SD) と、現場のパソコンで測定データを高速に演算する SDM-Plus からなる KELGEN SD システムは、設備モニタリングシステムの設置コストと運用コストを大幅に削減し、現場への CBM の導入を実現します。IoT を手軽に活用できる KELGEN SD システムは、設備保全の生産性向上を支援します。



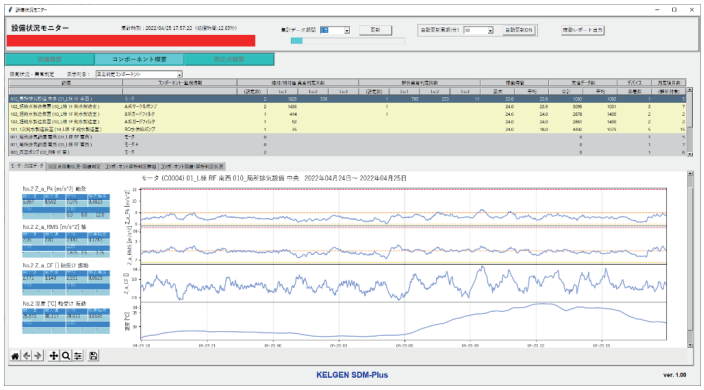
ゲートウェイSD-GWにより測定データをPLCや社内LANへ出力でき、社内システムでデータをご活用いただけます。

SD-Net 無線通信網	KELGEN SD の測定データをつなぐ無線通信網。エリア単位から建屋・工場単位までをカバー。
KELGEN SDM データ収集・表示ソフトウェア	判定結果と測定値をブラウザ上へ表示するソフトウェア。測定データを csv ファイル形式で保存。
SDM-Plus New データ解析ソフトウェア	測定した時系列のビッグデータをパソコンで超高速に演算。判定結果とデータの推移を見える化し、設備のCBM化を支援。
SD-GW New ゲートウェイ	通信網を拡張するゲートウェイ。Ethernetでデータを出力。有線LANやPLCへ接続でき、ハブによりパソコンへの出力を併用できます。ツリー型の通信網に対応でき、中継器は最大20台まで接続可能。センサーデバイスの発信間隔が5秒の場合、100台まで収集可能。

『設備状況』を見える化　SDM-Plus

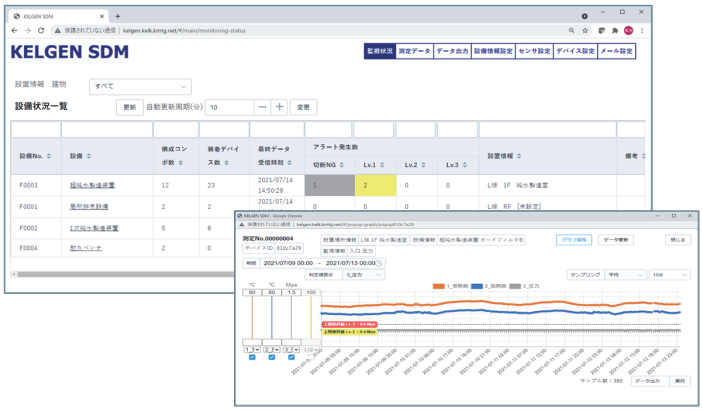
SDM-Plusは、数百万件以上となる、IoTによる長期の時系列データを現場のパソコン上で高速に演算します。設備の劣化傾向や、突発的な変位などの『設備状況』の見える化を低コストで実現し、設備点検の自動化とCBM移行を支援します。

主な機能
- 判定結果および解析結果の集計
- 設備ごとの測定値グラフの一覧表示
- MT法による多変量解析、差分解析、傾向解析
- データクレンジング



『設備状態』を見える化　KELGEN SDM

KELGEN SDM はブラウザで動作。複数のパソコンから同時に閲覧できます。測定値の判定は、設備・コンポーネントごとに集計しアラートレベル順に表示します。測定データは日付ごとの csv ファイルでパソコン内に保存します。



KELGEN SD-Net 中継器の設置

中継器の適切な設置位置の選定用に、電波強度を見える化するソフトウェアが付属。各中継器および KELGEN SD の電波強度を確認できます。

KELGEN
KELK Thermoelectric Generation

EH

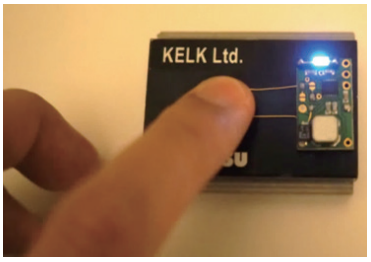
熱源に置くだけで電池レスで動作　メンテナンスフリー

熱電EH※による自己発電

※：Energy Harvesting、環境発電。

熱電発電

熱電発電は、ゼーベック効果により熱電半導体素子の両端の温度差を直接電気へ変換する発電方法です。熱電発電モジュールは、熱電半導体素子を直列に多数接続することで累積した起電力を出力します。



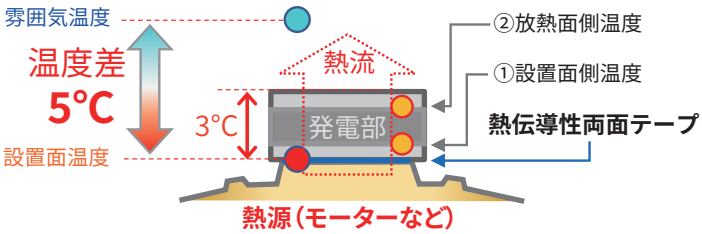
KELGEN SD の発電部には、高性能熱電発電モジュール KELGEN（ケルジェン）を搭載。

KELGEN SD の発電部

発電部の特長

わずか 5°Cの温度差から動作　メンテナンスフリー

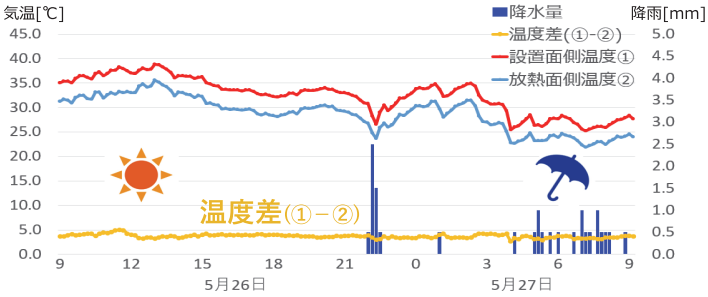
新製品の振動センサーデバイスKSGD-SV7、SV8、SV9は、発電部をモーターなどの熱源に置くだけで、その排熱による設置面と雰囲気とのわずか5°Cの温度差からの熱電発電により電池レスで動作します。



発電部の温度差

安定した発電性能

昼夜・天候・季節の変動に対し、安定した温度差を保ち、安定して発電します。右のグラフは負荷が一定な屋外のモーターに取付けた発電部の温度推移です。発電部の上下面の温度差は、雰囲気の昼夜の温度変化や、降雨による一時的な冷却時も、ほぼ一定に保ちます。



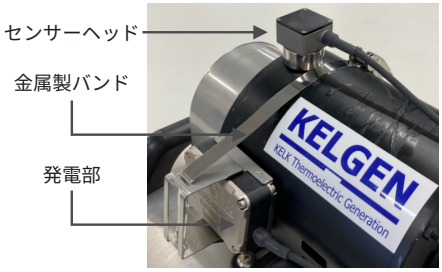
屋外の排気モータに設置した発電部の温度差の推移

優れた耐環境性

防塵・防水性能は保護等級IP67に適合する優れた耐環境性能を備えます。動作温度は -5°C～80°C(設置面温度)。炎天下の屋外の回転機器などの機器の測定にもご使用いただけます。

短時間で設置

KELGEN SDは配線が不要。短時間で設置が可能です。
受熱面を熱伝導性両面テープなどで固定することで、熱源からのわずかな排熱を効率よく発電部へ伝熱することができます。



発電部の固定例

発電部は治具を用い
金属製バンドで固定します。
短時間で設置可能です。

IoT

熱電発電による自己発電で動作する世界初の振動センサー

熱電EH振動センサーデバイス

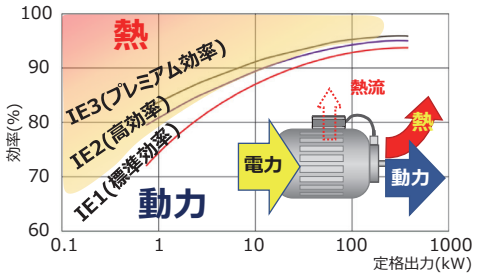
温度差 5°Cから電池レスで動作する メンテナンスフリーの エネルギーハーベスティングデバイス

KSGD-SV は、回転機器の振動の異常を検知する簡易診断向けの故障予兆検知用振動センサーデバイスです。

◀ 熱電 EH 振動センサーデバイス KSGD-SV
※写真はオプションのマグネットを装着した状態

モーターの排熱で動作

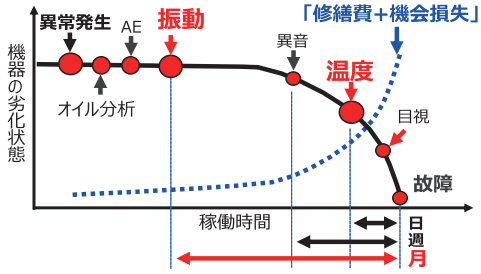
多くのモーターでは投入電力の 5 ～ 15%が熱として捨てられます。
KSGD-SV は、モーターのわずかな排熱をエネルギーハーベストし、自己発電により動作し続ける電池レスの振動センサーデバイスです。



エネルギー変換効率値例 (4 極 200V)※1

設備の故障予兆検知

回転機器では、異常発生後の早い段階で振動の異常が観察されます。
設備保全では、設備の劣化状態をモニタリングすることで、故障に至る前に故障の予兆を検知し、適切なタイミングで修繕を行う予知保全（CBM※2）が期待されています。

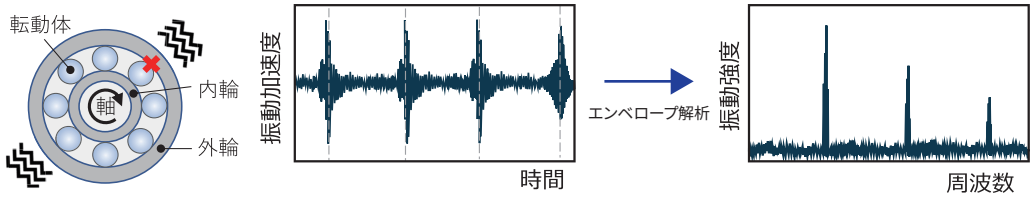


故障による予兆と損失のイメージ※3

エンベロープ解析

KSGD-SV7、KSGD-SV4 は、周期的な衝撃波の周波数を特定するエンベロープ機能を備え、故障箇所の特定を支援します。

例) ベアリングの故障箇所の特定



各部品（内輪・外輪・転動体）の設計値と回転速度、および、傷にぶつかる時に発生する衝撃波の周期性を解析するエンベロープ処理により、おおよその故障箇所の特定を支援します。

※1：一般社団法人日本電機工業会　トップランナーモータ　モータ効率値比較にもとづき作成。
※2：Condition Based Maintenance. 設備の劣化状態を把握・予知して部品の交換や整備を行う状態機基準保全。
※3：John Moubray, "Reliability Centered Maintenance II" P-F curve にもとづき作成。

KSGD-SVの測定項目

KSGD-SVは、下表の周波数レンジにて振動加速値を測定し、速度RMSなどの演算結果を無線で送信します。KSGD-SVは、熱電発電による蓄電が完了すると自動で測定を開始します。温度差が大きくなると蓄電時間は短くなり、測定間隔は短くなります。

振動センサーデバイス型式	サンプリング周波数	測定時間	周波数レンジ（± 3db）	加速度 PEAK, RMS, CF, OA	速度 RMS	エンベロープ（上位 17 点）	温度	温度差と測定頻度（分/回） 5°C	10°C	15°C	通信距離
KSGD-SV7-A01（エンベロープタイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○	○	○	98	11	6	New 約50m 見通し距離 :～250m
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV8-A01（速度 RMS タイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○		○	44	9	5	
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV9-A01（振動加速度タイプ）	26.7kHz	100msec	1.0kHz～7.5kHz	○			○	22	4	3	

※測定頻度は参考値です。

設備故障原因の約50%を占める回転機器の故障※の検知

KSGD-SVによる回転機器の診断

回転機器の診断

簡易診断により設備の劣化傾向を監視することで、故障の兆候を検知し、適切なタイミングで保全を行う予知保全（CBM）が求められています。

簡易診断

劣化傾向を継続的に定量管理し、故障前に異常を検出

- ●絶対値判定法（速度 RMS 値の活用）
- ●相対値判定法（加速度値の活用）
- ●MT法（多変量解析での判定の活用）　などで判定

精密診断対象・保全対象設備の抽出

精密診断

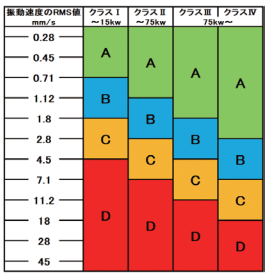
異常部位と種類の特定し、恒久対策につなげる

保全作業

KSGD-SV による回転機器の簡易診断の判定方法例

測定結果は、回転機器の劣化状態評価の各種判定方法に活用頂けます。

絶対値判定法（速度 RMS 値の活用）

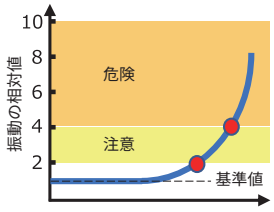


ISOで規定された条件で速度RMS値を判定し、設備の状態を判定します。

振動シビアリティ：回転機器の振動に対する耐久性（耐久指標）

◀ 例）ISO-10816　JIS-B-0906
振動シビアリティ評価基準

相対値判定法（加速度値の活用）

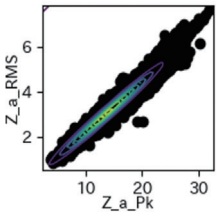


初期値または正常値を基準値とし、測定値を相対値で判定。

◀ 相対値判定

測定項目		主な検出目的
速度	RMS	アンバランスミスアライメント、カップリング不良、基礎不良、滑り軸受不良、インペラ振動
加速度	PEAK	ベアリング傷
	RMS	軸受け面荒れ、潤滑不良
	OA	ベアリング傷
	CF	軸受の異常
エンベロープ		故障箇所の特定
ヘッド部温度		コイル・グリスの劣化

MT 法（多変量解析での判定）　SDM-Plus 搭載機能



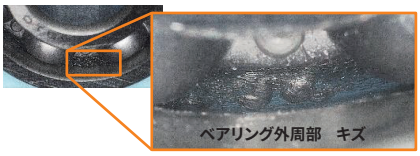
設備の正常データから基準となる単位空間の分布を機械学習し、基準空間での測定データの距離（マハラノビス距離、MD）を算出し判定します。
（KELGEN SDM 未対応）

◀ KSGD-SV の 2 変数での MD 値の例

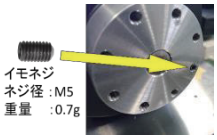
KELGEN SDM は測定値を３水準の絶対値または相対値の条件にて判定します。SDM-Plus は、測定値をデータクレンジングした後のデータにて条件判定ができます。さらに、3変数までの MT 法（多変量解析）での判定機能と劣化傾向解析機能を備えます。

KSGD-SV による測定値の評価例

正常なベアリングが付いたモーターとベアリングの外周に打痕を付けたモーターを各1台準備。それぞれのモーターに回転盤を取り付け、アンバランスの状態を作り出して各測定項目を評価した。



キズ評価サンプル



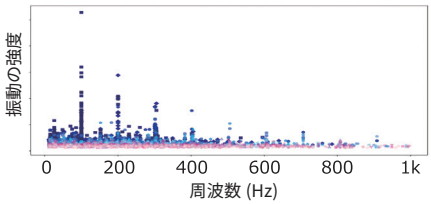
回転盤にイモネジを取付けアンバランス状態をつくり評価

アンバランス評価サンプル

絶対値・相対値判定値

測定項目		ベアリング傷なしモーター		ベアリング傷ありモーター	
		バランス	アンバランス	バランス	アンバランス
速度 RMS(mm/s)		1.6	2.5	1.5	2.0
加速度	PEAK	1.0	0.7	10.4	10.0
	RMS	1.0	0.7	11.4	10.9
	OA	1.0	0.5	124.7	113.1
	CF	1.0	0.9	0.9	0.9

ベアリング傷ありモーターのエンベロープ解析結果グラフ



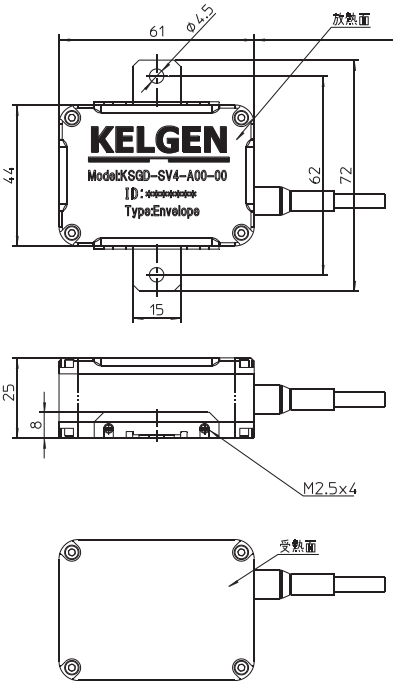
温度差10°Cで動作するKSGD-SV4による1週間分の測定データをグラフ化

※：D&E 研究会　機械の診断・評価技術に関する調査報告

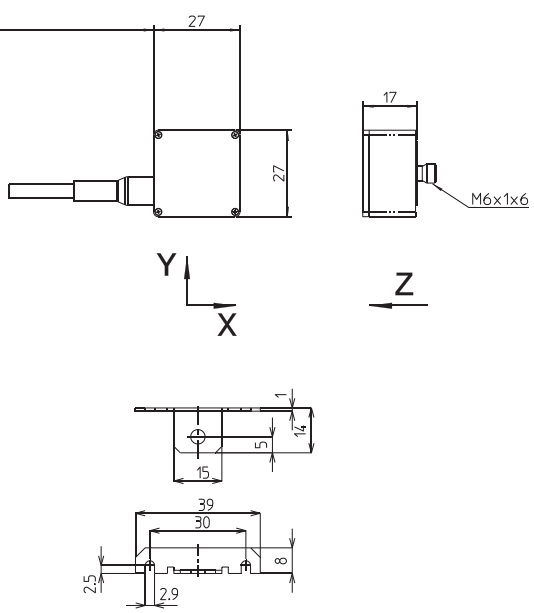
熱電 EH 振動センサーデバイス KSGD-SV

Powered by KELGEN

■発電部



■振動センサーヘッド部



本体の側面に取付ける固定用金具（2 個）および
ネジ（4 本）は付属品に含まれます。

測定項目

振動センサーデバイス型式	サンプリング周波数	測定時間	周波数レンジ（± 3db）	加速度 PEAK, RMS, CF, OA	速度 RMS	エンベロープ（上位 17 点）	温度	温度差と測定頻度（分/回） 5°C	10°C	15°C	通信距離
KSGD-SV7-A01（エンベロープタイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○	○	○	98	11	6	New 約50m 見通し距離 :～250m
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV8-A01（速度 RMS タイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○		○	44	9	5	
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV9-A01（振動加速度タイプ）	26.7kHz	100msec	1.0kHz～7.5kHz	○			○	22	4	3	
KSGD-SV4-A00（エンベロープタイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○	○	○	-	45	20	約20m 見通し距離 :～100m
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV5-A00（速度 RMS タイプ）	26.7kHz	300msec	10Hz～1.0kHz		○		○	-	30	14	
			1.0kHz～7.5kHz	○							
KSGD-SV6-A00（振動加速度タイプ）	26.7kHz	100msec	1.0kHz～7.5kHz	○			○	-	8	4	

※測定頻度は参考値です。

製品基本仕様

項目		製品仕様	項目		製品仕様
振動センサーヘッド部	振動加速度センサー　測定範囲	± 16G	発電部	動作温度範囲	-5°C～ 80°C（設置側表面温度）
	温度センサー　測定範囲	-20°C～ 80°C		上下裏面　温度センサー　測定範囲	10°C～ 85°C
	動作温度範囲	-20°C～ 80°C		外形寸法	61mm x 44mm x 25mm
	外形寸法	27mm x 27mm x 17mm	電源	給電方法	温度差による自己発電。外部電源接続不可。電池非搭載。
	ケーブル長	2 m			
無線	通信規格	2.4GHz IEEE802.15.4　準拠		電源特性	最小温度差 10°C（無風状態）から動作
	暗号化	AES-128 対応	保護等級		IP67

※通信距離は参考値です。周囲環境により変化します。

KSGD-SV スタータキット New

熱電 EH 振動センサーデバイスの自己発電性能、通信網、測定値を短時間で評価できる実証評価キットです。

スタータキット型式（温度差5°Cから動作）	振動センサーデバイス型式	温度差と測定頻度（分 / 回） 5°C	10°C	15°C	通信距離
KSGD-SSV80-A00	KSGD-SV8-A00（速度 RMS タイプ）	40	8	4	約20m（見通し距離 :～100m）
KSGD-SSV90-A00	KSGD-SV9-A00（振動加速度タイプ）	20	3	2	

スタータキット型式（温度差10°Cから動作）	振動センサーデバイス型式	温度差と測定頻度（分 / 回） 5°C	10°C	15°C	通信距離
KSGD-SSV50-A00	KSGD-SV5-A00（速度 RMS タイプ）	-	30	14	約20m（見通し距離 :～100m）
KSGD-SSV60-A00	KSGD-SV6-A00（振動加速度タイプ）	-	8	4	

スタータキットの構成：各スタータキットには測定項目または動作温度が異なる振動センサー KSGD-SV 1台の他、小規模ネットワークの親機1台と中継器2 台、KELGEN SDM、SD-Net 電波強度確認ソフト、SDM-Plus（評価用。最大3台までのデータ解析）が付属します。

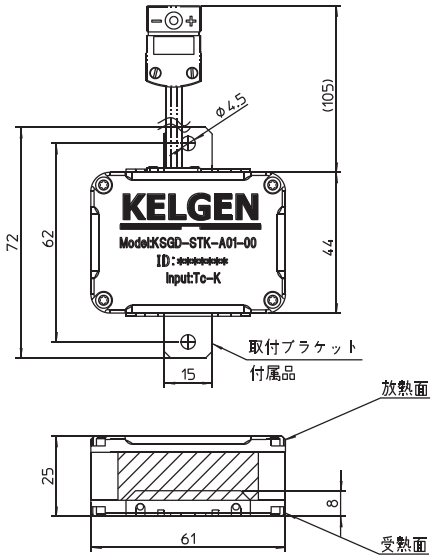
※測定頻度は参考値です。

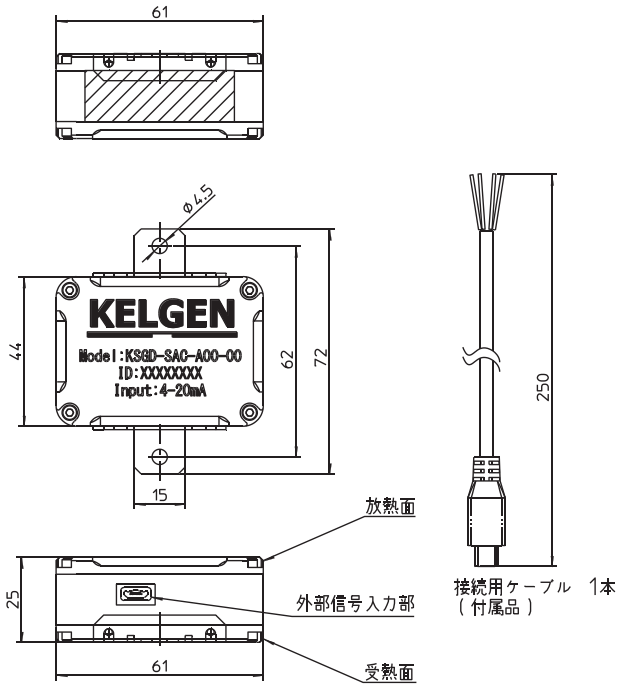
熱電対センサーデバイス KSGD-ST
Powered by KELGEN

高炉や熱処理炉などの温度を遠隔監視

アナログ入力デバイス KSGD-SA
Powered by KELGEN

既存設備のセンサーデータを収集。日常点検の自動化と予知保全を推進





製品仕様

本体の側面に取付ける固定用金具（2 個）およびネジ（4 本）は付属品に含まれます。

製品種類		熱電対センサーデバイス	アナログ入力デバイス	
型式		KSGD-STK-A01	KSGD-SAC-A00	KSGD-SAV-A00
外部入力		K 熱電対タイプ	電流入力タイプ	電圧入力タイプ
仕様		0 ～ +1350℃	4-20mA	1-5V
発電部	動作温度範囲	-5℃～ 80℃（設置側表面温度）		
	上下裏面温度センサー測定範囲	10℃～ 85℃		
	外形寸法	61mm x 44mm x 25mm		
電源	給電方法	温度差による自己発電。外部電源接続不可。電池非搭載。		
	電源特性	最小温度差 10℃（無風状態）から動作		
無線	通信規格	2.4GHz IEEE802.15.4 準拠、AES-128 対応		
	通信距離※	約 20m（見通し距離 100m）		
送信頻度		最小間隔３秒（送信頻度は温度差により変動）		
保護等級		IP67		

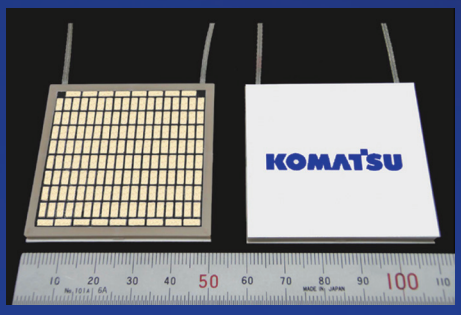
※通信距離は参考値です。周囲環境により変化します。

通信網（KELGEN SD-Net）KELGEN SD をつなぐ通信網 New

製品種類		センサーデバイス　ネットワーク機器		
		小規模タイプ	標準タイプ	大規模タイプ
ネットワーク		バス型（一筆タイプ）USB ドングルタイプ	バス型（一筆タイプ）ポールアンテナタイプ	経路固定、最大 3 経路
センサーデバイス接続台数 ※1		30 台程度	30 台程度	最大 200 台
中継器	型式	KSGD-RP1-A00- ＊＊（＊＊：中継器番号による）	KSGD-RP1-A01	KSGD-RP2-A00- ＊＊（＊＊：中継器番号による）
	通信距離※2	約 50 m（見通し距離　約 100m）	約 80 m（見通し距離　約 200m）	約 80 m（見通し距離　約 200m）
	接続台数 ※3	最大 5 台	最大 10 台程度	20 台程度
親機	型式	KSGD-RC1-A00	KSGD-RC1-A01	KSGD-RC2-A00
	インターフェイス	USB	USB	イーサネット
	データの出力	シリアル通信：ボーレート 115200bps	シリアル通信：ボーレート 115200bps	KELK 製専用受信ソフトウェアが必要
中継器 親機 共通	電源	DC 5V	DC 5V	DC 5V
	動作温度	0℃～ 40℃	0℃～ 60℃	0℃～ 85℃
	保護等級	なし	IP67	IP67
	通信規格と暗号化	2.4GHz IEEE802.15.4 準拠、AES-128 対応	2.4GHz IEEE802.15.4 準拠、AES-128 対応	2.4GHz IEEE802.15.4 準拠、AES-128 対応

※1：最小間隔３秒でデータを送信した場合。　※2：通信距離は参考値です。周囲環境により変化します。
※3：小規模タイプと標準タイプは、KEGEN SD-GW へ接続することで中継器の接続台数を 20 台まで拡張でき、ツリー型配置に対応します。
また、センサーデバイスが発信間隔５秒でデータを送信する場合、センサーデバイスを100台程度まで接続できます。

小規模タイプまたは標準タイプでの通信網は、データを中継器でホッピングし親機でデータを収集します。親機は集約した測定データを USB コネクタを介してシリアルで出力します。
大規模タイプの通信網は、予め登録した通信経路を介してデータをつなげます。親機で集約したデータは、イーサネット経由で PLC などへ出力することができます。



KELKの熱電発電モジュール例
KTGM161-18：熱電変換効率7.2%（Th/Tc=280°C/30°C温度領域で世界最高効率）

高性能・高品質 熱電発電モジュール

KELGEN（ケルジェン）

株式会社KELK（ケルク）の高性能・高品質 熱電発電モジュール KELGEN

サーモ・モジュール（熱電素子）の素材から応用製品までの開発・製造・販売を一貫して手掛るリーディングカンパニーのKELKは、コマツの熱電半導体の研究開発を前身とし、1966年に熱電素子応用製品メーカとして設立しました。
温度調整用途では、性能と品質への要求が厳しい半導体製造プロセスで使用される精密温度制御機器 および光通信用半導体レーザの精密温調向けサーモ・モジュールにおいて、世界トップメーカーとして市場をリードしています。熱電発電用途では、身の回りの小さな熱から工場などで排出される大きな熱までを回収し活用する要素技術の開発から応用製品の開発までを手掛けています。

•本書は当社製品群を紹介する目的で、主要製品を例に記載したものであり、その記載内容は十分に吟味され信頼に足るものですが、製品の納入仕様書に代わり得るものではありません。当社製品の適用もしくは使用に際し、本書のみによって機種を選定し、または購入しても、当社は本書の記載内容をもとに製品の法的保証責任を負うものではありません。•当社は、製品のデザインと性能を絶えず改良する方針を取っています。したがって、記載する製品の仕様ならびに外観を予告なく変更する権利を留保します。 •本書の記載内容は2023年7月現在のものです。

記載内容は、予告なく変更することがありますのでご了承ください。

株式会社 ＫＥＬＫ
http://www.kelk.co.jp

熱電発電事業部　営業グループ
〒254-8543 神奈川県平塚市四之宮 3-25-1
TEL : 0463-23-8723
FAX : 0463-22-3692

■ **製品のお問い合わせ・お見積りについては**
https://www.kelk.co.jp/contact/

202307 RKF23-014