ISA100 Wireless Case Study

Version 2.1

2023年6月1日

ISA100WCI日本支部

WIRELESS COMPLIANCE INSTITUTE™

はじめに

本冊子は、無線計装の基礎解説から実践的な導入事例までをまとめたケーススタディ集です。ISA100WCI日本支部がこれまでに主催させていただいたISA100 Wirelessユーザセミナの講演内容や、ISA100 Wirelessの製品をご導入いただいたユーザ様へのインタビュー、ISA100WCI会員企業が提供する製品やソリューション提案を掲載しています。

新型コロナウィルス感染拡大と長期化は、製造業にも大きな打撃を与え、その経済損失は計り知れません。このような未曾有の危機に直面し、ニューノーマル（新状態）やアフターコロナを見据えて製造現場はどのように立ち向かうべきか。工場の安定操業と従業員の安全をいかに確保して生産性を維持向上していくか、難しい課題に迫られています。一方で、国内装置産業においては、高経年化設備による高圧ガス保安法に関わる事故の多発や技術伝承の問題、さらには地球温暖化に伴う自然災害や大震災への対処など、様々な山積課題への対応も待った無しの状況です。

こうした苦況に立たされている製造現場で復興のカギを握るのは、製造業のスマート化、デジタルトランスフォーメーション（DX）の実現です。コロナ禍の危機による産業構造の劇的変化に対応した機動力のあるDX導入に向けて、経営資源投入の意識決定がより早まる傾向にあります。最新の情報通信技術（ICT： Information and Communication Technology ）を利活用した業務のデジタル化やモノのインターネット（ IoT：Internet of Things）によるリモートオペレーション、製造現場の監視強化や予兆診断、スマート保安のためのリモート監視、スマートマニュファクチャリングによる生産性を上げる取組みは、DX実現を支える重要な施策として、ますます工場への導入が進むことと察します。

ISA100WCI日本支部は、このような状況を鑑み、プラントのリモートオペレーションを支える無線計装をご理解いただくために本冊子「ISA100 Wireless Case Study」を発刊することとしました。DX時代を迎え、その中核となるIoTを支える無線ネットワークは、モノづくりに変革をもたらす重要なインフラ基盤となります。本誌がプラントの安全・安定操業を支えているプラントの計装エンジニアの皆様にとりまして少しでもご参考になれば幸いです。

ISA100WCI日本支部 一同

ISA100 Wireless Compliance Institute(WCI) について

ISA100WCIは、工業用無線ネットワーク技術: ISA100 Wirelessに準拠した製品の商業的普及と規格適合性認証を行うために、ISA※（国際計測制御学会）傘下に設立された非営利目的の産業コンソーシアムです。

ISA100WCIのミッション：
・独立した機関として、ISA100 Wireless製品の相互運用性確保のための規格適合試験と認証業務の実施
・ISA100 Wireless準拠製品の設計、認証、導入、管理に関する教育、ツール、技術サポート
・ISA100 Wirelessの市場認知度向上を目的とした普及、教育活動の実施

ISA100 Wirelessは、工業用無線ネットワーク規格：ISA100.11a（Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Applications：2014年に国際標準規格 IEC 62734として承認）に準拠した製品を実際に開発する際に参照される実装技術仕様の名称です。この仕様は、規格適合性及びにベンダ間の相互運用性を確保する目的でISA100WCIが策定したものであり、機器やシステムベンダは、この実装技術仕様に基づきISA100 Wirelessに準拠した製品を開発することができます。

ISA100 Wirelessは、プロセス監視・制御、設備診断、安全警報など製造現場の様々な用途に適用できる高い信頼性と定周期応答、多数の無線計器の接続を可能とするネットワーク拡張性を兼ね備えた工業用無線ネットワーク技術です。異なるベンダの多様な無線計器を、一つのネットワークに接続できる相互運用性を実現します。本冊子に掲載されているケーススタディは、全てISA100 Wireless認証製品によるものです。

ISA100WCI日本支部は、 ISA100WCI 会員企業の計装機器及びシステムサプライヤで構成されており、ISA100 Wirelessの国内市場での認知度向上を目的に普及活動を展開しています。 ISA100WCI日本支部は、「IoTでご安全に！」を活動スローガンに、工場の監視強化によるスマート保安をISA100 Wirelessで推進しています。

ISA100WCI日本支部ホームページ： https://isa100wci.org/ja-JP

※：ISA （International Society of Automation: 国際計測制御学会）について
ISAは、1945年に設立された非営利法人です。世界中から30,000人を超える会員と技術専門家で構成されプロセス計測制御分野の技術標準化を推進しています。ISAは、米国ノースカロライナ州を本拠地として、技術標準の作成、専門家の教育・訓練並びに技術者認定、論文誌及び書籍の出版、計測制御分野のコンファレンス及び展示会の主催などの活動を展開しています。

■ ISA100 Wirelessの普及活動として展示会出展やユーザセミナを実施しています

PART 1：無線計装入門

PART 2：無線通信の基礎

PART 3：無線計装の特徴

PART 4：導入手順

PART 5：ケーススタディ

PART 6：デバイス開発のポイント

PART 7：ISA100 Wireless製品紹介

付録：資料集

PART 1　無線計装入門

1-1：無線計装って何？

無線計装への期待

無線計装は、製造現場に設置されたフィールド機器からプロセスデータや診断データを無線通信を利用して制御監視システムに伝送する技術であり、従来の有線計装で必要となる配線工事に関わる様々なコストや時間、及び危険作業を劇的に低減することができる。また、配線工事が不要になることで、計器の設置の自由度を上げることができ、無人搬送車（AGV: Automated guided vehicle）やドローンやロボットのような移動体やロータリキルンのような回転体など、これまで監視できなかった箇所に設置することが可能となる。監視点の増設や移動をすることも容易に行える。さらに生産性の向上や安全・安定操業を高度化するための製造現場の見える化には、膨大な現場データの収集とデジタル化、そしてAIや機械学習による分析と判断支援の仕組みの構築が必要となる。タブレットPCなどのモバイル端末による現場作業支援は、拡張現実（AR: Augmented Reality ）や仮想現実（VR: Virtual Reality）と組合わせることで、技術伝承や安全作業に寄与できる。このように無線計装は、冒頭の配線コストや工期工程の低減にとどまらず、デジタルトランスフォーメーション時代の中で、工場を高度化する重要なインフラ基盤として製造現場でのさらなる利活用が期待される技術である。

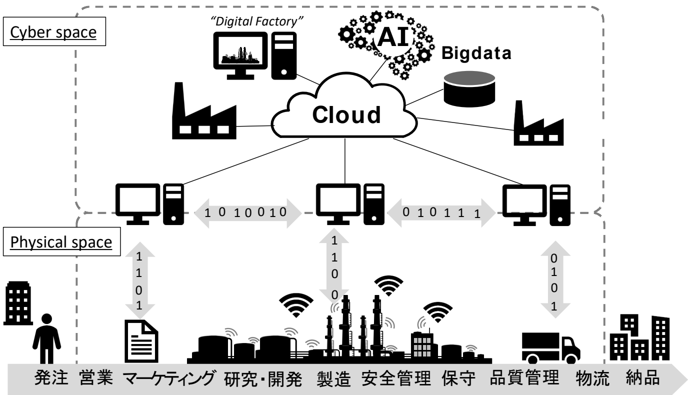


図1.1.1 現場データをデジタル化しリアルタイムで経営指標の可視化

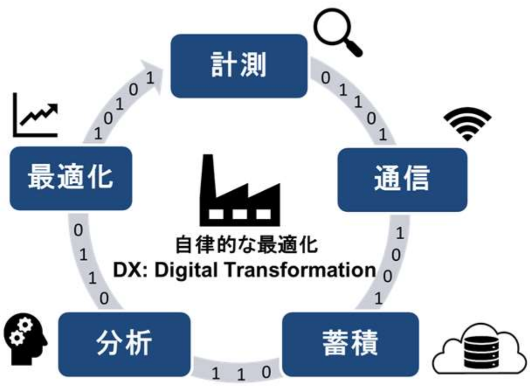


図1.1.2 現場データをデジタル化して、集めて、最適化

無線の特徴

無線の特徴は配線が不要であることから、ケーブル配線コストの削減や工期工程の短縮（配線経路設計、コンジット配管、ケーブル引き込み、ジャンクションボックス・ マーシャリングボード工事）に加えて、移動体への設置、一時的な設置、監視点の容易な変更、増設／撤去といった自由度向上など従来の有線計装では不可能であった新しいアプリケーションを実現できる。

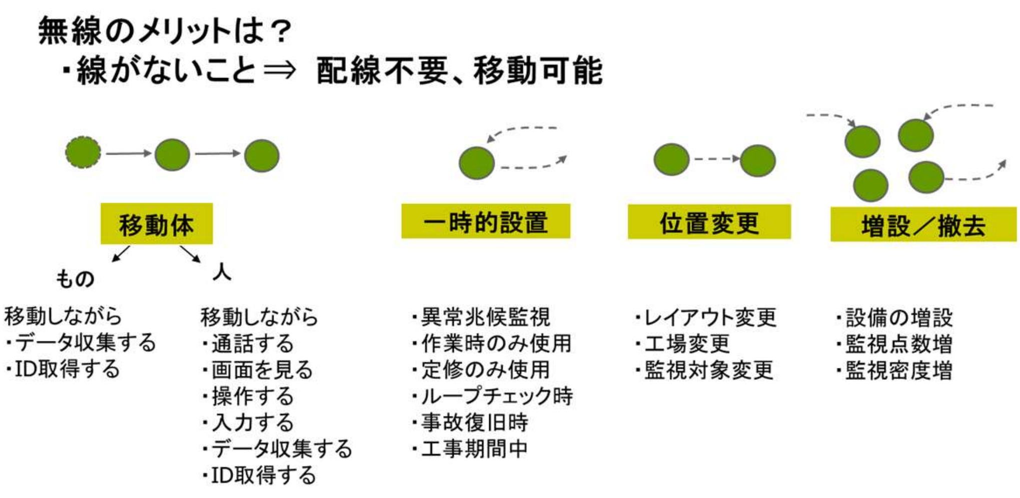


図1.1.3 無線の特徴を活かして製造現場への適用のヒント

1-2：なぜ無線？

無線計装の導入メリット

無線計装システムを導入しているユーザには、以下のような様々なメリットがある。

- 配線コストの削減：信号線、電源線がないため配線の保守が不要
- 工期の短縮：配線設計、配線工事、配線チェックが不要なため、計装工事の工期工程を短縮できる
- 一時的な設置：配線が不要で設置が簡単なため、点検時や異常時などに緊急や臨時で監視したい場合に有用
- 配線空間の省スペース化：数百台の現場計器を設置しても信号線、電源線のスペースが不要なため現場の空間を有効に使える
- 回転／移動体のプロセス監視：配線が無いため、従来の有線計装ではできなかった例えば、回転ドラム内のオンライン測定が可能となり、制御精度を向上させ製造品質向上に寄与する
- 有事の際の事業継続性確保：配線や電源の設備が不要のため、災害時の電源供給等のインフラ障害の影響を低減できる

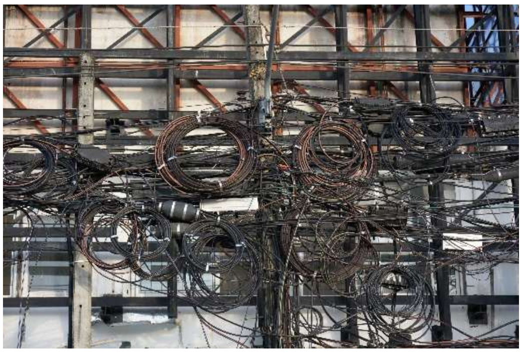


写真1.2.1 煩雑なケーブル配線

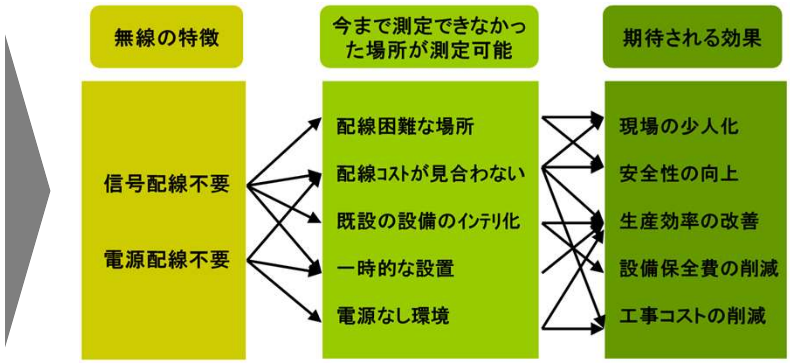


図1.2.1 無線計装の導入メリット

無線導入の効果

- 運転・保全コストの削減：遠隔監視による現場巡回点検の効率化
- 稼働率の向上：監視強化による計画外シャットダウンの削減
- 製造品質の向上：今まで監視できなかったプロセスや計測点数を増やすことで製造品質が向上
- エネルギー効率向上：製造設備の運転効率を管理
- 毒性物質漏洩による環境破壊への対処：オフサイトエリアのオンライン監視による環境監視の強化
- 温暖化ガス排出量削減：排出量の傾向監視と先回りの対策

無線計装による産業用IoT応用例

- プロセス監視
  - 目的：計装系の可観測性強化、現場保安力、生産効率向上
  - 無線計器の例：温度、圧力、レベル、流量、pH
  - 無線の要件： 定周期通信、信頼性、低遅延
- 設備状態監視
  - 目的：故障予知、保全効率向上、計画外停止防止
  - 無線計器の例：振動診断、スチームトラップ診断
  - 無線の要件：長距離、多点監視、大量データ
- 安全管理・警報
  - 目的：健康・安全・環境保全、安全操業
  - 無線計器の例：ガス漏えい検知、緊急遮断弁操作
  - 無線の要件：信頼性、低遅延、長距離

図1.2.2 無線計装による産業用IoT応用例

1-3：無線で何ができるの？

製造現場の監視強化

　無線計装は、監視点を増やしたり、移動することが容易であり、計装系の可観測性を向上させるための柔軟性を備えている。以下のような現場課題への迅速な対応や意思決定に必要な情報収集に貢献することができる。

- 安全安定操業：保安力の強化・スマート保安
    - 製造設備の高経年化：設備状態監視による予知保全、プラントの状態把握
    - 漏洩事故：監視範囲を拡大し漏洩検知の能力を高めトラブルの先回り、ヒヤリハット防止
    - 自然災害時の対応：有線ケーブル断線時のバックアップ通信経路の確保
- 国際競争力強化：生産性向上
    - 運転・保全コストの削減：遠隔監視による現場巡回点検の効率化
    - 工事期間の短縮：計装工事の工期工程の短縮
    - 稼働率の向上：監視強化による計画外シャットダウンの削減
    - 製造品質の向上：計測点数を増やして制御性を向上
- 地球環境保全：監視強化
    - エネルギー効率向上：製造設備の運転効率管理
    - 温暖化ガス排出量削減：排出量の傾向監視
    - 毒性物質漏洩による環境破壊への対処

スマート保安を支援

高経年化設備の監視強化による自主保安力の高度化。

近年の高圧ガス事故の状況

- 発生状況
    - 事故件数の95% 以上が噴出・漏えいの事故
- 事故原因
    - ハード面の問題は腐食管理不良
    - ソフト面は誤操作・誤判断が多い
- 課題：自主保安力強化・高度化
    - 異常検知ツールの導入
    - アラーム管理システム導入
    - 人材育成・技能教育
    - 技術伝承（現場作業支援）

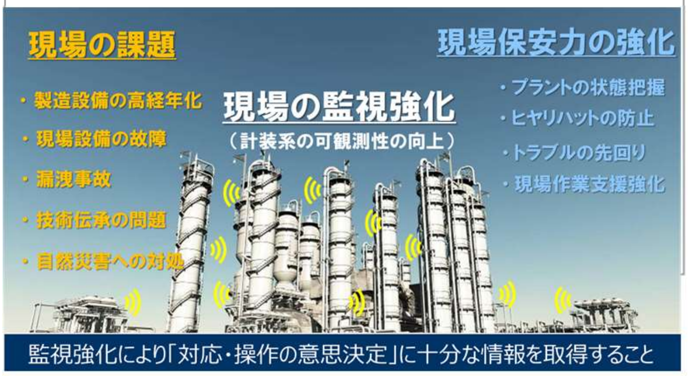
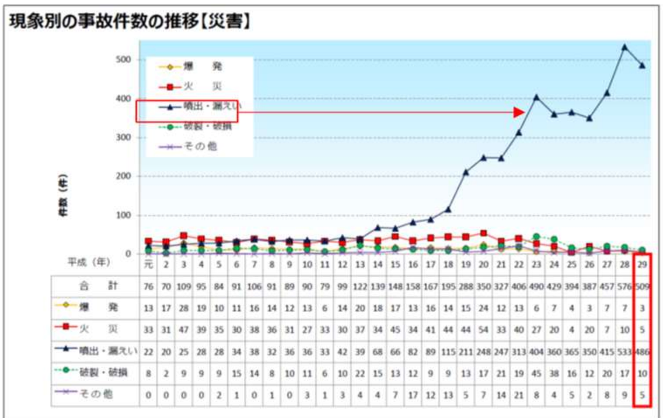


図1.3.1 現場の監視強化で現場課題を支援



平成（年）	元	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
合計	76	70	109	95	84	91	106	91	89	90	79	99	122	139
爆発	13	17	28	19	10	11	16	14	12	13	6	14	20	18
火災	33	31	47	39	35	30	38	36	31	27	33	30	37	34
噴出・漏えい	22	20	25	28	28	34	38	32	36	36	33	42	39	68
破裂・破損	8	2	9	9	9	15	14	8	10	11	6	10	22	15
その他	0	0	0	0	2	1	0	1	0	3	1	3	4	4

平成（年）	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
合計	148	158	167	195	288	350	327	406	490	429	394	387	457	576	509
爆発	17	13	16	14	15	24	12	13	6	7	4	3	7	7	3
火災	45	34	41	44	44	54	33	40	27	20	4	20	7	10	5
噴出・漏えい	66	82	89	115	211	248	247	313	404	360	365	350	415	533	486
破裂・破損	13	12	9	9	13	17	21	19	45	38	16	12	20	17	10
その他	7	17	12	13	5	7	14	21	8	4	5	2	8	9	5

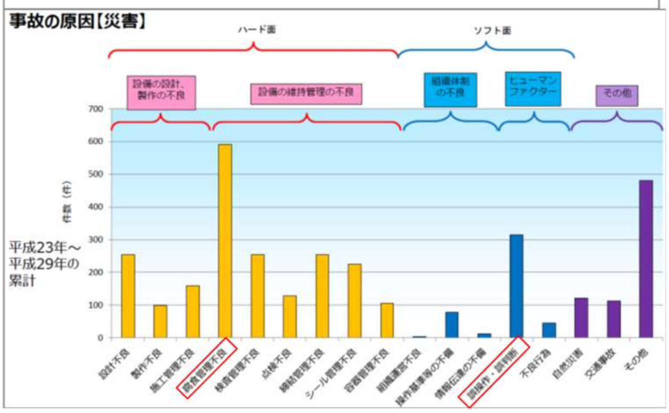


図1.3.2 国内の高圧ガス事故の状況

出所：経済産業省　産業保安 グループ 高圧ガス保安室
「高圧ガス事故の状況について」 平成30年3月23日

1-4：どんな無線があるの？

産業IoTを支える様々な無線技術

今日、産業用IoTを支える様々な無線技術がある。それぞれの特徴を活かして、製造現場の課題解決に適した無線技術を選定することが肝要である。一般に無線技術は、通信距離、伝送速度、消費電力の3つの性能指標に関してトレードオフの関係がある。つまり３つの要件を同時に高いレベルで満足する無線技術はなく、単一の無線通信技術で、工場内の多様なユースケースの要件を満足することはできない。

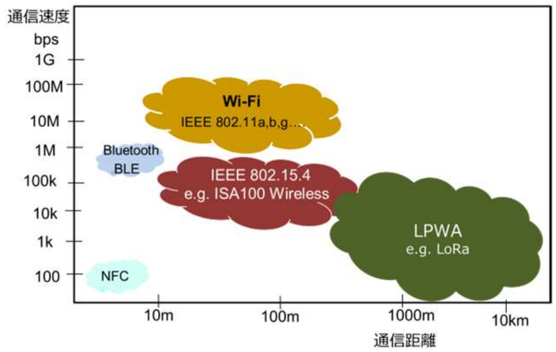


図1.4.1 各種無線技術の通信距離と伝送速度の関係

図1.4.2通信距離、伝送速度、消費電力のトレードオフ

□ 工業用無線

ISA100 Wirelessに代表される工業用無線は、主にプロセスオートメーション分野の無線計装の現場計器に実装されている。プラント運転に関わる制御・監視、機器管理、安全警報の用途に適しており、信頼性、定周期のデータ更新、即時応答、低消費電力によるバッテリ駆動と防爆対応を可能とする無線技術である。上述の通信距離、伝送速度、低消費電力のトレードオフの関係に対し、無線計器の要件をバランスよく満足した仕様となっている。

□ LPWA

低消費電力（Low Power）と長距通信（Wide Area）に特化した特徴を持つ。工場での主な用途は、実時間性を要求しない設備管理用のIoTデータ収集である。低速、低頻度で広域に多数の現場データを収集するために利用される。クラウド経由でAIや機械学習による設備の予兆解析など予知保全に利用される場合が多い。

□ 汎用無線

Wi-FiやBluetoothなどの汎用無線技術は広く家庭やオフィス環境で普及している。製造現場では、現場作業支援の目的で広く活用されている。現場巡回点検時に携帯するタブレット端末やスマートフォンが代表的な使われ方であり、音声通話や映像監視などの高速・大容量通信に適している。防爆対応品のコストが課題である。

□ 無線公衆網

4GやLTEに代表される、いわゆる携帯電話の無線技術であり、上述のWi-Fiの代替通信手段として、最近では工場内で利用されるケースもある。通信キャリアとの契約による課金型の利用形態となる。ローカルLTEやローカル5Gの基地局を工場内に設置して、専用無線回線の利用による新たな無線応用が期待されている。

図1.4.3 産業用IoT を支える様々な無線技術と主な用途

1-5：Wi-Fiじゃダメなの？

ISA100 WirelessとWi-Fi, Bluetooth, LoRaWANとの仕様の比較

無線通信では、通信距離、伝送速度、消費電力を同時に高いレベルで満足することが困難である。しかし、ISA100 Wirelessは、工業用無線ネットワークとして必要な要件をバランスよく満たしている。以下にWi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN, ISA100 Wirelessの無線物理層の仕様比較表を示す。

ISA100 Wirelessはバッテリ駆動で数年の動作が可能であり、低消費電力動作のため防爆規格対応機器が多数製品化されてる。ネットワーク規模の要件ではアクセスポイント1台当たり、65,535台の無線機器を接続することが可能で、通信距離は600mの範囲（ベンダの実装仕様に依存）に届く製品もある。通信距離が足りない場合は、マルチホップ機能で中継して距離を延長できる。障害物が途中にある場合はメッシュネットワークの機能を使って、通信範囲を拡大することができる。信頼性や堅牢性の点では、強力なセキュリティ機能を備えるとともに通信の冗長化や電波の衝突回避の仕組みを備えており、ミッションクリティカルな製造現場に適用可能な仕様となっている。一方で、伝送速度は250kbpsと低速であるため、映像や音声などの大量のデータを高速に伝送することはできないが、温度や圧力の計測データや機器診断情報などの比較的少量のデータを一定周期で伝送する用途に向いている。

最近では、省エネ・状態監視に注力する観点でリアルタイム性を重視しない無線通信として、 LoRaWAN など920MHz帯の通信規格を採用しているメーカも増加している。しかしながら、産業用IoT（無線センサネットワーク）のインフラとして工場内に広く点在する現場計器のデータ収集の用途では、ISA100 Wirelessは、Wi-FiやBluetooth , LoRaWANと比較して必要な要件をバランス良く取り入れた仕様と言える。

製造現場への無線ネットワーク導入時には各種要件 （消費電力、接続台数、通信距離、通信速度など） に基づいて無線規格を選定することが肝要である。

表1.5.1 工業用無線 ISA100 WirelessとWi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN との比較

	Wi-Fi (IEEE 802.11b)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	LoRaWAN	ISA100 Wireless (IEEE 802.15.4)
周波数	2.4GHz	2.4GHz	920MHz	2.4GHz
バッテリ寿命	Hours	Days	**Years**	**Years**
ノード数/アクセスポイント	32	7	1000	**65,535 (16bit)**
通信距離	～100m	～10m	**～10,000m**	**～600m (標準アンテナ)**
通信距離延長	ローミング可能	不可	可能	可能
通信間隔	~1秒	~1秒	1分~	**1秒~**
通信スピード	11Mbps	1Mbps	100kbps	250kbps
トポロジー	スター	スター	スター、ツリー、メッシュ	スター、メッシュ、ハイブリッド
セキュリティ (暗号方式)	SSID, WEP	64bit, 128bit	**AES-128**	**AES-128**
冗長化（経路/GW)	なし	なし	**あり**	**あり**
衝突回避方法	CSMA（Listen Before Talk)	Ver. 1.1: FHSS Ver. 1.2: AFH	TDMA (チャネルホッピング)	TDMA (チャネルホッピング) CSMA (LBT)
使用用途	無線LAN、モバイル、カメラ、バックボーン	ウェアラブル端末、音声通話	**設備監視**	**センサネットワーク、プロセス、設備監視**

産業用IoT でのWi-Fiの利活用シーン

現場作業支援のツールとして、タブレットなどのモバイル端末とAR（拡張現実）などのアプリケーションと組合わせて製造現場の映像の伝送や音声通話、マニュアルの閲覧やベテラン技術者とのコミュニケーションによる教育や技術伝承などに活用できる。

図1.5.1 Wi-FiとARを利用した現場作業支援

PART 2　無線通信の基礎

2-1：無線通信とは

無線通信の用語と定義

電気通信を行う際に通信の伝送路として、いわゆる「線」を使用しない通信を無線通信と称している。「無線通信」の対義語は、「有線通信」である。無線通信は一般的には携帯電話のように電波を使用するものを指すが、光や音波などを使用する通信も広義的に無線通信に含める場合もある。

日本国内において、電波は電波法という法律により規定されている。電波法施行規則2条1項15号において、「無線通信」とは「電波を使用して行う全ての種類の記号、信号、文言、映像、音響又は情報の送信、発射又は受信をいう」と定義されている。

また、電波法2条1項に、電波とは「三百万メガヘルツ（MHz）以下の周波数の電磁波」と定義されている。一般にサイエンスの世界では三百万MHzという表現方法はあまり用いない。三百万MHzとは、三千ギガヘルツ（GHz）すなわち３テラヘルツ（THz）である。すなわち、日本の法律では3（THz）以下の全ての周波数をもつ電磁波は電波と定義され、それら電波を使用する情報の送受信は無線通信と定義されている。

無線電波の割り付け

電波は、法律によってその使用が定められている。電波の公平かつ能率的な利用を確保することによって、公共の福祉を増進することを目的として、日本においては電波法に基づき、総務省が周波数管理を行なっている。総務省による無線の周波数管理（周波数帯ごとの使用状況）は以下のURLで参照できる（下記URLは令和2年（2020年）3月現在のURLである）

https://www.tele.soumu.go.jp/resource/search/myuse/use/ika.pdf

上記資料を見ると、約40キロヘルツから300ギガヘルツまでの広帯域にわたって、非常に細かく無線電波の使用目的が定められていることが分かる。

この中で、ISA100 Wirelessなどの工業用無線が使用している無線帯域は、2.4GHzから2.5GHzの帯域である。この帯域は産業科学医療用（ISM: Industry Science Medical）帯域と呼ばれ、産業・科学・医療目的であれば国際的に自由に使用できる帯域とされている。そのためこの帯域は、工業用無線だけでなく家庭やオフィスで使用されているWi-Fiや、アマチュア無線などにも利用されて様々な用途の無線電波が飛び交っており、無線の干渉が起きやすい帯域である。

無線LANやアマチュア無線の用途であれば、一時的な通信障害や通信電文の欠落は、送信の再試行（リトライ）などを行うことでリカバリーが可能であり、多少の無線電波の干渉が発生しても実用上あまり問題とならない。しかし工業用途に使用する無線システムにおいては、無線電波の干渉や反射などによる通信障害が、それが瞬時の障害であっても、システムの停止や事故発生の要因に十分になりえる。そのため、工業用途の無線LANは、使いやすい無線帯域の周波数を利用しながらも、堅牢性や安全性、さらには可用性を十分に備える機能を有している。これらの機能については後述する。

2-2：無線通信の基礎

概要

本PARTでは無線通信の基礎と品質の考え方について簡単に解説する。

無線通信は、電波がどこを伝わって通信しているのか通信経路が見えない。異常が発生したときにどこで障害が発生しているのか、どこを調べればよいのか見当がつきにくい側面がある。

有線通信で障害が発生したときは一般論として、電気機器自体（コントローラや通信機器など）のチェックに加えて、接続している配線をチェックすることが考えられる。ケーブルの状態（切断、摩耗）や、ケーブルの敷設環境（電源線と並走していないかなど）、あるいは端子の接続状態（ゆるみや抜けがないか）などを目視で確認したり、時にはオシロスコープなどのツールを使用して信号を直接観測することが可能である。無線通信ではこのような手段は使えないため、無線は使いにくいとか信頼性が劣るといった声が散見される。しかし、無線通信の仕組みや特性を理解することでそのような不安を払拭することができる。

無線通信における電波伝搬

いま、端末Aから端末Bに無線通信を行う場合を考えてみる。

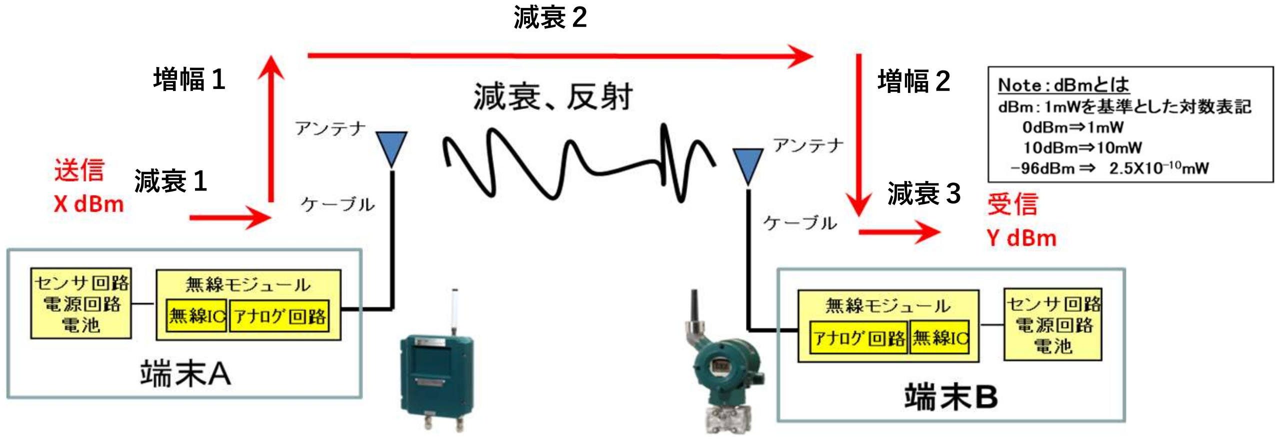


図2.1.1 無線電波の伝搬

① 送信側（端末A）の無線通信機能部（無線モジュール）からアンテナへ例えば、信号強度 X(dBm)の送信データが伝送される。

このときアンテナまでの回路やケーブルによる伝送損失が生じる　　（減衰１）

② つぎに、送信側のアンテナで信号が増幅され、電波として送信される　　（増幅１）

③ 端末Aのアンテナから端末Bのアンテナに電波が空間を介して伝搬される

このとき空間による減衰に加えて、反射や障害物の影響による減衰が生じる　　（減衰２）

④ 受信側のアンテナで電波が増幅される　　（増幅２）

⑤ アンテナから受信側（端末B）の無線モジュールへ信号が送信されるこの間に回路やケーブルによる、伝送損失が生じる　　（減衰３）

⑥ 受信側無線モジュールが例えば、Y（dBm）の電力を持つ信号を受信する

以上のように、端末Aから端末Bへの無線通信の区間には、さまざまなポイントで電波の増幅と減衰が生じる。この増幅と減衰を経て、最終的に受信側無線モジュールが受信する電波の電力レベルが、無線通信の品質を決定する。すなわち、受信側無線モジュールが受信識別可能な電力レベルより十分に大きな電力レベルの電波を受信できるかが無線通信可否の重要なファクターとなる。上記の例の場合、Y（dBm）の電波を、受信側の無線モジュールが十分受信可能なレベルであればよいということになる。

電波の増幅／減衰が発生するのは、１）無線モジュール　２）アンテナ　３）空間の電波の伝搬　の3ポイントであり、これらが無線の品質を決める要素となる。

2-3：無線機能の構成要素

無線モジュール

　右図は、無線モジュールの例である。
通常、無線モジュールはデジタル信号をアナログ信号に、あるいはその逆にアナログ信号をデジタル信号に変換する無線通信用の集積回路（IC）と、その無線ICを監視制御するマイクロプロセッサ（MPU）、そしてアンテナを接続するアンテナ端子から構成される。
無線モジュールは、単体で受信／送信の双方の機能を有しているのが一般的である。

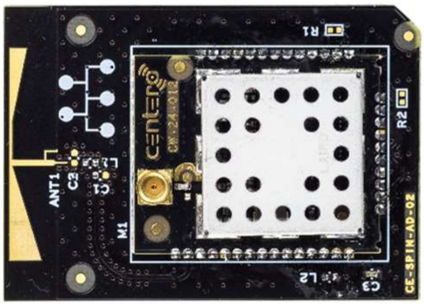


写真2.3.1 無線モジュールの例

- 送信側特性

　送信側の送信できる電力は電波法で規定されている（各国でその値は異なる。日本の場合は、2.4GHzの場合、最大で10dBm :10mW/MHz）。したがって、無線モジュールメーカによる送信側特性の差異はあまりない。

- 受信側特性

　受信感度（すなわち受信側無線モジュールが受信識別可能な電力レベル）が重要なファクターとなる。一般的に、無線モジュールは、受信感度を所定のビットエラー率を満たす受信電力で表すことが多い。
例えば、「-96dBm @BER=1%」　のように表示される。これは-96dBm以上の電力の電波を受信したときに発生するビットエラー率が1%以内であることを示している。

アンテナ

　アンテナの品質指標の重要なファクターとして「利得（ゲイン）」と「指向性」が挙げられる。利得とは、電波の増幅の度合である。アンテナで電波を増幅して、電波の電力を高くすればするほど当然に無線通信の品質は高まる。しかし前述したように、電波の送信強度は法律（日本では電波法）によって制限されている。

　アンテナから照射される電波エネルギーは、その体積にて表せられる。したがって、利得の高いアンテナは、細いビーム上に照射され（図2.3.1の右側）ピンポイントで遠くまで送信される用途に用いられることが多い。このようなピンポイントで照射するアンテナを指向性が高いアンテナ（指向性アンテナ）と呼ぶ。指向性アンテナシステムは遠距離通信を可能とするが、指向性が強い分エンジニアリングが難しい。一方、利得の低いアンテナは近距離であるが、広い角度範囲への通信に用いられることが多い（図2.3.1の左側）。このようなアンテナを全方位性アンテナと呼ぶ。指向性アンテナと比べて通信距離は短くなるが、エンジニアリングは容易となる。

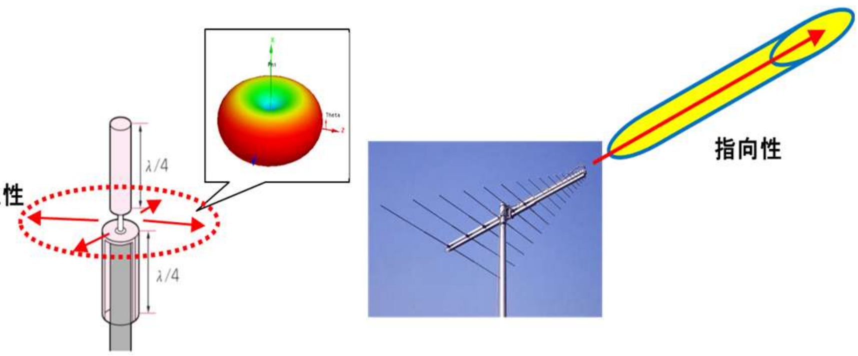


図2.3.1 アンテナから放射される電波

2-4：無線通信の品質

空間伝搬

□ 距離と損失

空間を電波が伝搬するときにその電力は減衰する。残念ながら増幅されることはあり得ない。
理想空間（自由空間）を電波が伝搬するときの損失は以下の式で表される。
$L = (4\pi l / \lambda)^2$　L：損失　l：距離　λ：波長
すなわち、自由空間における電波の損失は距離の2乗に比例し、波長の2乗に反比例する（右図）。
しかし、上述は理想的な空間を伝搬した場合であり実際の空間は、障害物による減衰や反射・回析など様々な状態が複合して発生し、上式のようにはならない。

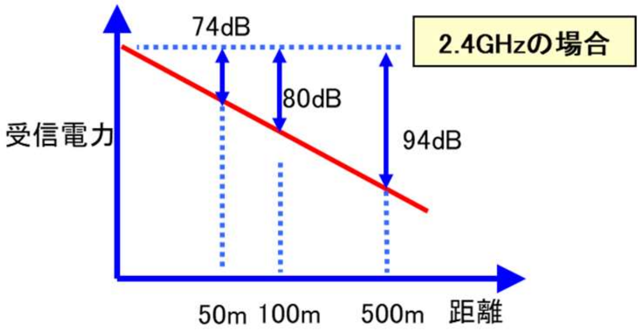


図2.4.1 理想空間の電波損失

そこで、ITU-R（ International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector：国際電気通信連合 無線通信部門）実環境に合う特性式として、ITU-Rの膨大なデータから得られた知見をもとに、近似式（ITU-R式）を標準化している。ITU-R式は周波数や、無線伝搬の環境（例えば屋内か屋外かなど）の条件を加味した形で求められている。例えば、以下のリンクでは、屋内の 無線 LAN などの短距離通信に用いられる家具やオフィスのパーテションなどによる損失を考慮した屋内伝搬モデルを示している。

Rec. ITU-R P.1238-6：https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1238-10-201908-I!!PDF-E.pdf

□ 雨の影響はほぼない

前述の通り、工業用無線は2.4GHz帯の電波を使用している。同じ2.4GHz 帯を電子レンジが使用していることはよく知られている。電子レンジは電波によって水分子を振動させることで熱を発生させて調理を行う装置である。すなわち、2.4GHz帯の無線 は水に熱吸収される。これがゆえに2.4GHz帯の無線は雨に弱いのではという声をよく聞く。しかし、水分子の共振周波数は 22GHz 前後と言われており、2.4GHz帯 だけが特に共振性が高いわけではない。2.4GHz帯の無線電波の雨による影響については、（社）電子情報通信学会が発行している「無線通信の電波伝搬」に記載されている。それによると、150mm/hの降雨（1時間当たり150mmの降雨：すなわち猛烈な雨）において、損失は1kmあたり0.05dB以下としている。工業用無線が使用する2.4GHz帯の無線電波は降雨による影響はほぼないといえる。ただし、固定した水は電波を吸収してしまう。したがって、樹木などは遮蔽物となることに注意が必要である。

□ 周囲環境（反射、回析、障害物）の影響

前述の通り、無線電波は理想的な空間を伝搬することはなく、障害物や遮蔽物などが複合した環境を伝搬し、減衰や、反射・回析などさまざまな影響を受ける。そのため、場所による電波の強弱が発生する。工業用無線が使用する2.4GHz帯は波長の長さが約12.5cmと短いために、数cmの位置の違いで電波の強さ（強度）が変わることがあり得る。そのため、工業用無線は設置時の電波環境測定などのエンジニアリングと、定期的に通信状態の確認測定を行うことが重要となる。

PART 3　無線計装の特徴

3-1：無線計装の適用先 プロセスオートメーション

プロセスオートメーション（PA: Process Automation）

プロセスオートメーションは、石油精製、石油化学、製鉄、電力、紙パルプ、食品・薬品工場に代表される素材産業における自動化技術である。原料に熱や圧力を加えて組成を変化させて最終製品を製造するために製造プロセスの温度、圧力、流量などを連続的に自動制御する生産方式である。自動車の製造工場のような部品を組立てて製品を製造するディスクリートプロセスによる生産方式のファクトリ・オートメーション（FA：Factory Automation）と大別される。 ISA100 Wirelessは、前者のプロセスオートメーションを対象とした工業用無線センサネットワーク技術である。国内においては、「無線計装」、「ワイヤレス計装」、「フィールド無線」などの名称でプロセスオートメーションの分野で広く認知されている。

プロセスオートメーションの特徴

プロセスオートメーションの工場は、素材製品を連続的に大量に生産することで生産効率の向上を図っている。そのため24時間、365日工場を止めずに連続操業するのが一般的である。そのため、工場の製造設備が故障して停止すると、大きな経済的損失となるためオートメーションシステムを含む各種製造設備には高い信頼性が要求される。さらに発電所やガス製造プラントは、重要な社会インフラを支える工場であり、ミッションクリティカルな要件を確実に満足する必要がある。石油精製や石油化学プラントでは、水素やエチレンなどの可燃性ガスや毒性ガスを扱うため、徹底した安全管理が求められる。加えて、広大な工場構内に点在する膨大な現場計器の管理や保守は、安全安定操業の観点から欠かすことができない。

今日、プロセスオートメーション分野においてもデジタルトランスフォーメーションの実現に向けて、産業用IoTによる現場のさらなる監視強化が求められており、無線計装への期待がますます高まっている。

図3.1.1 プロセスオートメーションの領域

図3.1.2 プロセスオートメーションの要求事項

プロセスオートメーション分野への無線技術導入の期待

- 安心・安全操業
  - プロセス・設備の状態の可視化
  - プラント設備の稼働状態の監視・診断
- 国際競争力強化
  - 工事コスト、工期工程の削減、生産効率改善
  - 巡回点検箇所を無線で遠隔一括監視
- 地球環境保全
  - 排出量の広域監視と環境規制の遵守
  - Co2排出量、排水物質 の監視と管理

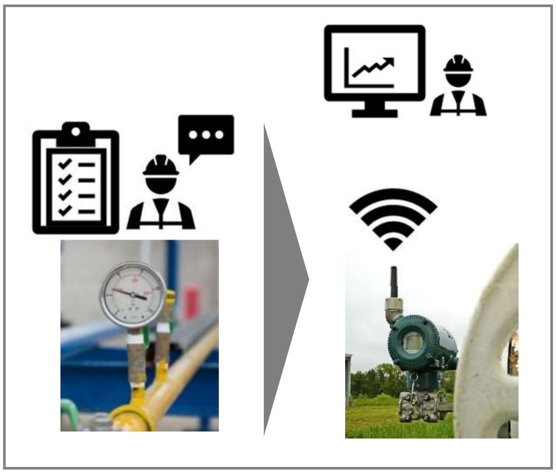


図3.1.3 無線導入例：現場計器を無線で遠隔監視

3-2：無線導入時の要件と留意事項

工業用無線ネットワークの適用先と要件

下表は、プロセスオートメーション分野におけるアプリケーションの重要度をUsage classとしてまとめたものである。後述のISA100委員会では、工業用無線規格: ISA100.11a（ISA100 Wireless）の適用範囲としてUsage classの1から5を定めた。Usage class 0の安全応用は規格開発当初のスコープには含まれていなかったが、その後にISA100 Wireless に準拠した緊急遮断弁操作ユニットやSIL2適合のガス検知器の製品が登場し、その適用範囲は一部の安全応用にまで広がっている。

表3.2.1 ISA100.11a規格の適用範囲を示すUsage class

安全	0	緊急動作	常に重要	安全インターロック 緊急シャットダウン 自動消火コントロール	
コントロール	1	閉ループ コントロール	頻繁に重要	アクチュエータの一次コントロール 高速カスケード	ISA100.11aの適用範囲
	2	閉ループ スーパバイザリー コントロール	通常は重要でなない	低速カスケードループ マルチバリアブル・コントロール	
	3	開ループ コントロール	人が介在した コントロール	手動操作 遠隔操作による入門ゲートコントロール 手動によるポンプ、バルブの設定・調整	
モニタリング	4	警報	単発的	イベントにもとづく保守作業 バッテリ交換、設備追尾・管理	
	5	ログ、 ダウンロード、 アップロード	緊急性低い	履歴収集 保全・保守・診断 アラーム、イベントの報告	

無線を導入する際の技術要件は、以下のように適用先毎に異なることに留意しておく必要がある。

- ◻ 製造（運転管理：プロセスの状態監視による生産性向上と製品の品質維持）
  - ➢ 監視対象例：温度、圧力、流量、レベルなどのプロセス制御・監視用のデータ
  - ➢ 通信要件：定周期のデータ更新、低遅延、信頼性など（Usage class 1～3）
- ◻ 保全（設備管理：製造設備が故障する前に予兆を検知し適切に対処して稼働率を維持）
  - ➢ 監視対象例：振動、加速度、腐食、温度、超音波などの設備状態の解析・診断用のデータ
  - ➢ 通信要件：大量データ、多点データ、地理的な高域監視性（Usage class 4～5）
- ◻ 安全管理（安全・環境管理：異常検知時の緊急動作して事故を未然に回避）
  - ➢ 監視対象例：ガス漏洩、緊急遮断弁操作、地震・津波警報など緊急・警戒情報
  - ➢ 通信要件：即時応答、低遅延、信頼性、堅牢性（Usage class 0）

工業用無線ネットワーク導入時の留意事項

工業用無線ネットワークを導入する際には、適用アプリケーションの要件を明確にして、最適な無線技術を採用することが望ましい。例えば、以下の事項に対する要件を整理しておく必要がある。

- ◻ プロジェクトの要件：プロジェクト工期、ネットワークの将来拡張性、有線計器とのツール統合、他
- ◻ 各種規制への遵守：電波法、防爆規格、EMC規格、安全規格、他
- ◻ 無線技術の選定と要件定義
  - ➢ 通信仕様（無線伝送するデータの要件の明確化）：データサイズ、伝送速度、遅延時間、更新周期
  - ➢ 使用周波数：無線局免許の要否や既設無線システムとの共存性
  - ➢ 通信設定の柔軟性：アプリケーションに応じたデータ更新周期の可変性（マルチスピード対応）
  - ➢ セキュリティ対策：盗聴、妨害、なりすまし、改ざんなどの攻撃への対策技術
  - ➢ ネットワーク拡張性：地理的な広域監視性、アクセスポイント当たりの最大接続台数
  - ➢ 信頼性：電波干渉に対する耐性機能や堅牢性、回避機能など
  - ➢ 通信距離： 中継がない場合の最大通信距離（m）、中継器を介した最大延長距離（m）
  - ➢ 保守性：バッテリ交換周期（年）、機器やネットワークの状態監視機能
  - ➢ 相互運用性：マルチベンダによるネットワーク構築の可否

3-3：ISA100 Wirelessの開発背景

ISA100 Wirelessはユーザ要件を満足するためにユーザと一緒に開発した工業用無線規格

ISA100 Wirelessの開発背景と国際標準化の取組みについて解説する。2005年、米国を本部とするISA （The International Society of Automation：国際計測制御学会）は、工業用無線通信技術の規格化のために標準化部門のStandard and Practiceの下にSP100委員会（ISA100委員会と呼ぶ）を設置した。ISA100 委員会は、オートメーション分野の無線システムの技術情報やガイドライン、標準規格を開発することを目的とし、世界中からエンドユーザ企業、無線技術プロバイダ、制御シス テムベンダ、フィールド機器ベンダ、インテグレータ、コンサルタント、行政研究機関、コンソーシアムから 250を超える企業や団体がメンバとして規格開発に参加した。オートメーション分野だけではなく、ネットワークや無線チップ用の半導体ベンダなど幅 広い技術領域の世界中のエキスパートが ISA100 委員会 に参加して本規格は開発された。当時のISA100委員会の組織体制を以下に示す。

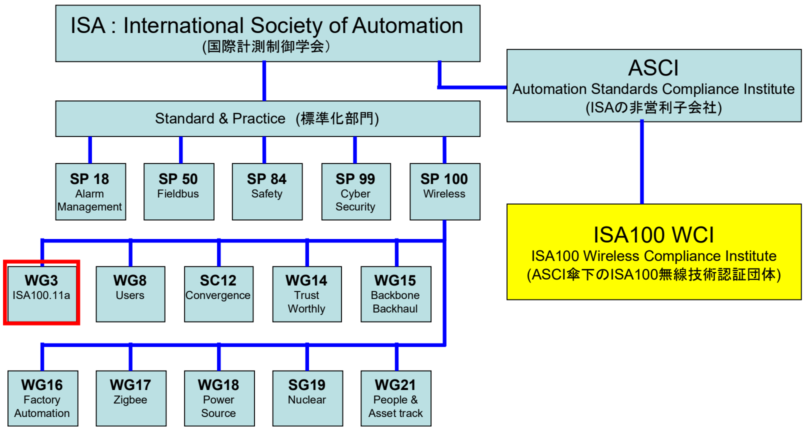


図3.3.1 ISA100委員会の標準開発体制とISA100WCIの関係

ISA100.11a規格開発は、ISA100委員会のWG3が担当した。ISA100.11a規格は多機能な工業用センサ、アクチュエータ向けの工業用無線ネットワーク技術である。本規格はモニタリング（Usage class 4～5）からコントロール（Usage class 1～3）用途を適用範囲として開発された。規格開発の初期段階では、工業用無線に関する11のユーザ要件がまとめられ、これらの要件を同時に満足させるために多数の革新的な技術が開発された。そして2009年にISA100.11a-2009 規格: Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Applications として標準規格文書が完成した。2011 年 5 月には 改訂版の ISA100.11a-2011がISAのStandard and Practiceの理事会で承認され、2011 年 12 月に ANSI（米国規格協会） により米国規格として承認された。さらに、 2011 年 6 月に IEC 国際標準化を目的にIEC TC65/SC65C（Industrial-process measurement, control and automation / Industrial networks）委員会に提案し、2014年10月に国際規格：IEC 62734として承認された。

ISA100WCIは、ISA100.11a（IEC 62734）に準拠した製品を開発する機器ベンダのために、異なるベンダ間の機器の相互運用性を確保するための実装技術仕様：ISA100 Wirelessを開発した。ISA100WCIは、ISA100 Wirelessの実装仕様に基づいて開発された製品の適合性試験実施と認証サービスの提供及び商業的普及を展開している。

セキュリティ	強固な暗号化技術
通信の信頼性	24時間365日稼動; 高信頼性
電力管理	バッテリの長寿命化と交換時期の予測
オープン	複数のサプライヤーからの機器購入
マルチスピード	更新周期の早い機器と、遅い機器の混在
多機能	1つの無線ネットワークで複数のアプリケーション
拡張性	無線フィールド機器の数、地理的、更新周期の拡張性
グローバル使用	世界各国で適用可能が技術
QOS（通信品質管理）	通信遅延の管理と低通信エラー率
マルチプロトコル	既設有線計装との統合のための投資最小化
コントロール対応	無線適用範囲の拡大

図3.3.2 ISA100.11a規格開発時に示された工業用無線に対する11のエンドユーザ要求

3-4：ISA100 Wirelessの特徴

ISA100 Wirelessの外観

ISA100 Wirelessの技術的特徴を「標準化技術」、「製品群」、「ソリューション」、「導入効果」の観点からまとめた図を以下に示す。

図3.4.1 ISA100 Wirelessの外観

ISA100 Wirelessの技術的特徴

ISA100 Wirelessは、工場で相反する複数のミッションクリティカルな要件を同時に満足するようにユーザと一緒に開発された無線ネットワーク技術である。高い信頼性、実時間性、大規模ネットワークに対応した拡張性を同時に満足する。以下にISA100 Wirelessの主な特徴を示す。

- 工業用の無線技術を体系的に扱っているISA100ファミリー規格のひとつ（ISA100.15: Wireless Backhaul 他）
- モニタリングからコントロールまでの幅広い用途に適用可能
- 強固なセキュリティ機能 （暗号化、認証による盗聴、改ざん、成りすまし防止）
- 信頼性の高い無線ネットワーク（メッシュ、経路二重化、Chホッピング）
- IPアドレッシング （将来性と拡張性のあるオープン規格であるIPv6ネットワークに対応： IoT Ready）
- バックボーンルーティングによる拡張性と柔軟性を備えた無線ネットワークアーキテクチャ
- 中継機能を持たない非中継機能デバイスを定義し、低コストセンサにも対応可能（バッテリ長寿命化）
- マルチプロトコルに対応可能 （FF, HART, Profibus, Modbus, OPC, etc.）
- ISA100WCIによる相互運用性の保証：マルチベンダ環境の実現

表3.4.1 ISA100 Wireless (IEC 62734)の技術的特徴

項目	ISA100 Wireless (IEC 62734規格)の特徴と仕様	
規格の特徴	・工業用無線システム ・ユーザとベンダが一緒に開発した仕様 ・**ISA100WCIによる相互運用性確保**	・コンセンサスベースのデジュール国際標準規格 ・ユーザの要件を満足した規格 ・マルチベンダ環境の提供
電波	・IEEE 802.15.4規格準拠　2.4GHz帯 ・伝搬距離: 約600m（見通し距離）	・グローバルで使用可能 ・長距離通信のため中継器台数を削減可能
ネットワーク	・**IPv6アドレス (IPベース技術)** ・メッシュ /スター /ハイブリッド ・チャネルホッピング(Black-listing) ・TDMA /CSMA通信モード ・**バックボーンネットワーク** ・**アクセスポイント二重化(Duocast)**	・将来性(IoT Ready) ・ネットワーク構成の柔軟性 ・Wi-Fiとの共存管理が可能 ・時間確定型通信／大量データ伝送 ・大規模ネットワークに対応可能な拡張性 ・高い信頼性と可用性
セキュリティ	・暗号化（AES128 ブロック暗号方式） ・Join key, Network ID, Master key ・**定期的な暗号鍵更新の仕組み**	・高い秘匿性でデータを保護(傍受防止) ・デバイス認証でNW侵入防止(改ざん防止) ・強固なセキュリティ
アプリケーション	・プロセス監視、設備監視用途に加え、**ガス検知器(SIL2認証)** などの安全監視用途にも適用されている	・多用なアプリケーションに対応 ・既存有線プロトコルのデータ伝送も可能

3-5：システム構成

ISA100 Wirelessのシステムアーキテクチャと構成要素

ISA100 Wirelessのシステムアーキテクチャについて解説する。 ISA100 Wirelessは、無線ネットワークを容易に拡張できる仕組みとして、アクセスポイントの上位に IPベースのバックボーンネットワークを定義している。このバックボーンネットワークにアクセスポイントを追加することでサブネットワークの増設が容易にできる。

以下にISA100 Wirelessシステムを構成する各機能について解説する。

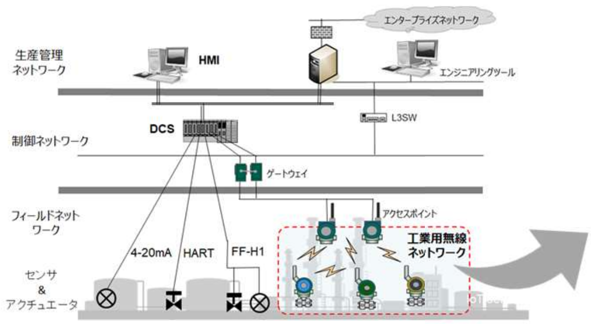


図3.5.1 計測制御システムの工業用無線ネットワーク

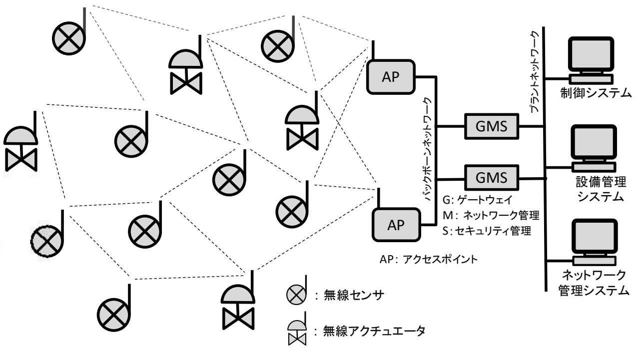


図3.5.2 ISA100 Wirelessシステムアーキテクチャ

□ ゲートウェイ（ Gateway）

無線計器が計測したプロセスデータや自己診断情報は、無線ネットワークを介してアクセスポイントを経由し、ゲートウェイに伝送される。ゲートウェイは、ISA100 Wirelessプロトコルを上位の制御ネットワークのプロトコルに変換してプロセス制御システムや機器管理ツールに伝送する機能を司る。

□ システムマネージャ（ System manager）

ISA100 Wirelessの無線ネットワークは、少なくとも１つのシステムマネージャと セキュリティマネージャの機能を備えている。システムマネージャは、ネットワーク全体を監視し、１）ネットワークへの参加、退去、２）ネットワーク内で発生した異常の通知、３）通信リソース（周波数チャネル）の設定、４）システム時刻の設定と配信、５）機器の状態監視、６）ネットワークのパフォーマンスの監視と最適化を行う機能を有する。例えば、新規にネットワークに追加する無線機器はネットワークへの参加要求をシステムマネージャに問い合わせ、通信帯域の確保と各種通信設定を要求する。システムマネージャとセキュリティマネージャはネットワークへの参加を許可すると、通信帯域を確保し、無線機器の通信設定を行う。機器から送られる通信状態の情報は、システムマネージャに保存され、通信経路や使用チャネルなどのリソース管理の判断に利用される。

□ セキュリティマネージャ（ Security manager）

セキュリティマネージャは、ISA100 Wirelessで規定したセキュリティポリシーに従って暗号化や認証のセキュリティ機能を設定して無線システム及び伝送データの可用性、健全性、秘匿性を確保する。各種暗号鍵（Join Key, Session Key, Master Keyなど）の生成、配布、更新の管理機能に加え、ネットワークに参加する機器の認証、伝送メッセージの認証機能を有し、データの盗聴や改ざん、なりすましなどの攻撃に対して強固なセキュリティ対策機能を実現している。

□ 無線センサ／無線アクチュエータ

- **ルーティングデバイス（ Routing device）**：中継機能を有する無線機器又は無線計器

  ルーティングデバイ ス（中継器）は、隣接の無線機器のメッセージを中継する機能を持つ。中継のためには近隣の無線機器の信号を受信して、そのメッセージを別の近隣の無線機器に中継する送信処理が必要となるため、一般に中継機能を持たない機器と比較して消費電力が大きい。

- **I/Oデバイス（Non-routing device）**：中継機能を有しない無線機器又は無線計器

  中継機能を持たず、センサ信号の入力又は出力機能のみを具備した無線機器をI/O デバイスと定義している。中継機能を持たないため、一般に低消費電力でバッテリ寿命が長い製品が多い。

3-6：多様な信頼性技術

ISA100 Wirelessの様々な信頼性技術

無線計装システムは、適用先のアプリケーション要件に応じた通信の信頼性確保が必要となる。製造現場は様々な製造装置や配管、貯蔵設備があり、電波伝搬を妨げる多くの障害物がある。さらに製造設備や現場機器から発生する電磁ノイズや工場内の他の無線システム、近隣のWi-Fiの電波など、多くの電波干渉源が存在する。こうした厳しい電磁環境下で確実にデータ伝送するための通信経路の確保や干渉回避のために、ISA100 Wirelessは様々な信頼性、堅牢性、可用性を確保する機能を備えている。以下にその一例を示す。

◘ 無線共存管理：チャネルブラックリスティング

ISA100 Wirelessは、2.4GHz帯の電波を使用している。この周波数帯は、免許不要で世界中で利用できる。2.4GHz帯はWi-Fiも利用しており、それらの無線システムとの干渉を回避する必要がある。ISA100 Wirelessは、Wi-Fiとの干渉を回避するためにWi-Fiの周波数を使用しない、チャネルブラックリスティングという機能を備えている。

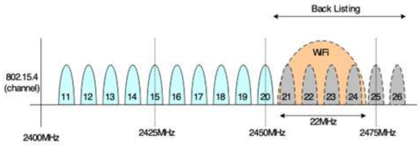


図3.6.1 チャネルブラックリスティング

◘ ノイズ回避：チャネルホッピング

製造設備から放射される電磁ノイズなどを避けるために、ISA100 Wirelessは、データ伝送する度に通信チャネル（周波数）を切換えるチャネルホッピング機能がある。この機能により、外乱ノイズの影響を回避、低減することができる。

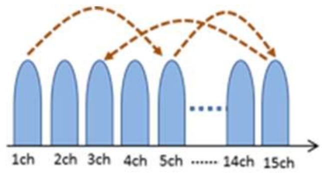


図3.6.2 チャネルホッピング

◘ 通信経路の障害回避：メッシュネットワーク

通信経路の途中に製造設備が存在している場合や車両などの一時的な障害物が存在する場合、近隣の無線機器が中継器の役割を担うことで動的に通信経路を迂回するメッシュネットワークという経路冗長化の機能を備えている。

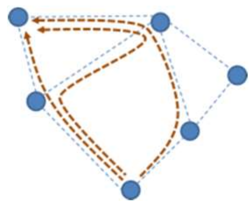


図3.6.3 メッシュネットワーク

◘ 通信距離不足の解消：マルチホップ

中央制御室から遠方に位置するオフサイトの計器監視の場合、電波の信号が減衰して直接アクセスポイントに届かない場合がある。このような場合は、通信経路の途中にある無線機器が信号を中継することで通信距離を延長することができる。このような多段にデータを中継する機能をマルチホップと呼ぶ。

◘ 通信経路の障害回避：Duocast(デュオキャスト)

アクセスポイントを二重化の構成にして信頼性を向上させることができる。無線機器は、２台のアクセスポイントに同時にデータを送信することができ、２台のアクセスポイントのいずれかがデータを受信できればゲートウェイにそのデータを転送することができる。このような通信経路を冗長化して信頼性を向上させる伝送方式をDuocastと呼び、ISA100 Wireless独自の信頼性向上技術である。

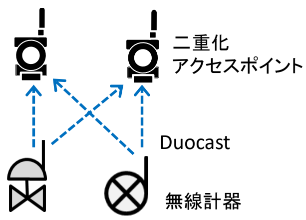


図3.6.4 Duocastによる二重化

◘ 機器間の電波干渉回避の仕組み：時分割（タイムスロット）通信

電波の混信によるデータ欠損を回避するために、無線機器が他の無線機器と干渉することなく通信するようにデータ伝送の時間帯をあらかじめ割り当てることで、衝突を回避するタイムスロット通信の機能を有する。

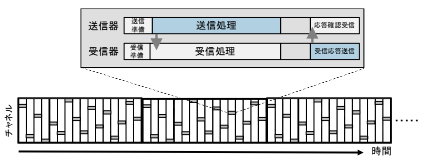


図3.6.5 タイムスロット通信

◘ データ到達率の向上：自動再送（リトライ）

通信エラーが発生した場合、送信データを自動的に再送する機能（リトライ）を備えることで、データ到達性を向上することができる。一般に再送回数はエンジニアリング要素として設定することができ、再送回数を増やすとデータ到達確率を高めることができる。

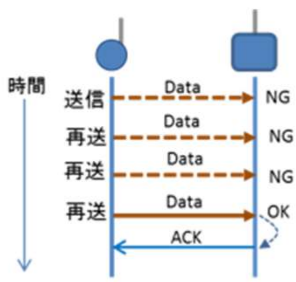


図3.6.6 リトライの仕組み

3-7：実時間性の実現

実時間性と信頼性を両立するISA100 Wirelessの仕組み

ISA100 Wirelessは、ガス漏えい検知や緊急遮断弁操作などのミッションクリティカルな用途にもその応用範囲が拡大している。これらのアプリケーション に無線技術を適用するには、時間確定型の通信と低遅延、高い信頼性を同時に満足することが求められる。以下にそれらの要件を満足する仕組みを解説する。

□ タイムスロット通信による時間確定応答

ISA100 Wirelessのネットワークに接続された、全ての無線機器は、1 ミリ秒未満の精度で互いに同期して通信する時分割多重のタイムスロット通信方式を採用している。これは多数の無線機器が地理的に集中して配置されている環境下においても送信タイミングを高い精度で管理することで、無線チャネルの衝突や電波干渉 による通信障害を回避し、安定した通信を実現することができる。

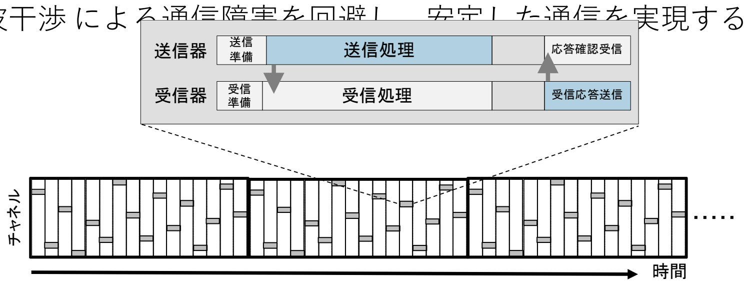


図3.7.1 タイムスロット通信

□ 実時間性と信頼性を両立させるDuocast

下図に二重化無線システムの構成例を示す。2 台のゲートウェイは二重化されており、下位の無線アクセスポイント及び、上位の制御・監視システムに接続されている。2 台のアクセスポイントは、無線機器との間で中継器を介さずに接続されるスタートポロジを形成し、無線機器からの伝送データを主経路と 副経路から同時に受信する。例えば、主経路の アクセスポイントと無線機器との間の通信が失敗しても、ゲートウェイは、副経路のアクセスポイントが受信したデータを上位の制御・監視システムに伝送することができ、データ欠損率を下げることができる。Unicast方式では、主経路から副経路に 通信相手を切り替えて次回の通信スロットのタイミングでデータを送信することになり伝送遅延が生じる。Duocast方式 では、主経路と副経路の二つの経路に同時にデータを送信するため、一方の通信経路に障害が発生しても低遅延でアクセスポイントからゲートウェイにデータを伝送できる。このようにDuocast は実時間性と信頼性が要求されるアプリケーションに有効な通信方式である。

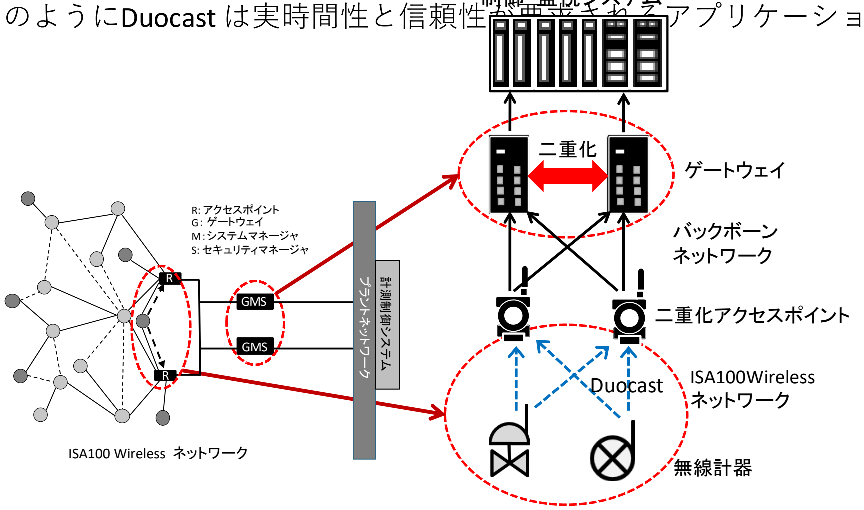


図3.7.2 Duocastによる完全二重化無線システム

3-8：ネットワークの拡張性

無線計器の容易な追加とネットワークの規模拡大

□ メッシュネットワークへの機器増設

　メッシュネットワークの技術により、工場内に配置された無線機器が中継器としてデータを転送することが可能となる。プラント内には製造設備や配管の陰になり、電波の届きにくいエリアが存在し、アクセスポイントから直接見通せない場所もある。このような設置環境では、中継器が障害物を迂回して通信経路を確立することができる。また、中央制御室から遠く離れたタンクファーム（貯油施設）などのオフサイトの監視の場合は、多段に中継してデータを転送するマルチホップの機能を活かすことで広大なプラントの監視強化を実現することができる。なおマルチホップのホップ数は、中継器の製品仕様による上限や、伝送遅延、電池寿命に留意してネットワークの設計をする必要がある。

□ バックボーンネットワークの延長

　ISA100 Wirelessのバックボーンネットワークは、通信媒体としてEthernet通信ケーブルの他に光ファイバ ケーブルを利用することができる。光ファイバーケーブルにより、遠方の防爆エリアにアクセスポイントを設置することも可能であり、導入アプリケーションに最適な通信媒体を選択する ことが可能となる。

□ サブネットワークの増設とネットワークの個別管理

　増設する無線機器をセキュリティや機器管理の観点から既設のネットワークと分離して管理したい場合は、バックボーンネットワークにアクセスポイントを追加することで、論理的に分離された新たなサブネットワークを構成することができる。製造工程やエリアごとに無線ネットワークを分離して管理することで、追加する機器による影響範囲を最小化したり、ネットワークの負荷の平準化やリスク管理が可能となる。

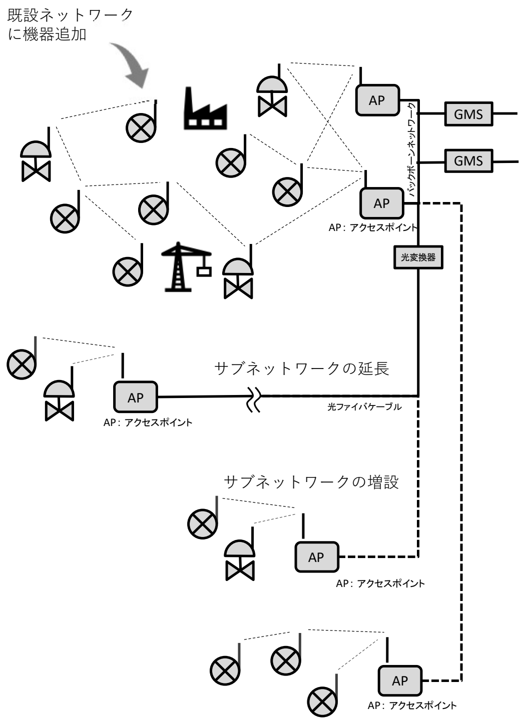


図3.8.1 ISA100 Wirelessのネットワーク拡張例

同時多接続と時間確定型応答の両立

□ 膨大な数量の無線機器の収容が可能な無線ネットワーク

　ISA100 Wirelessの仕様では、アクセスポイント当たりに無線端末を最大で65,535 台（16bitのアドレス空間）接続できる。膨大な数の無線端末を一つのネットワークに収容できる同時多接続を満足するISA100 Wirelessは、IoTに対応した工業用無線ネットワーク技術と言える。実際のISA100 Wirelessの製品では、実装上の制約（メモリ容量など）により最大接続台数の仕様は異なるため、機器選定時には接続可能台数を確認することが肝要である。

□ タイムスロット通信による衝突回避と時間確定応答

　一つのネットワークに多数の無線機器が接続すると、データ伝送のタイミングが重なり信号が衝突（電波干渉）する可能性がある。ISA100 Wirelessは、同じネットワーク内の全ての無線機器が同じ時間を共有しており、その時間に同期してそれぞれの無線機器があらかじめ、システムマネージャから割り当てられた時間に特定の通信相手と順番にメッセージ交換を行う、タイムスロット通信の仕組みを備えている。この方式により、多数の機器が同じ無線ネットワークに接続されていても相互に通信が衝突せずに、決まった時間に定期的にデータを伝送する時間確定型の通信が可能となる。

3-9：強固なセキュリティ 1/3

無線ネットワークのセキュリティ

ISA100 Wirelessの強固なセキュリティ技術を紹介する前に、産業用セキィリティについて概説する。製造現場の機器は、これまでネットワーク的には閉じた環境下で稼働していたが、最近はネットワーク化が進み、工場内の端末や装置がマルウェアに感染して情報漏洩や機器の異常動作や機能低下などのセキュリティ脅威が高まってきている。無線通信は、通信経路やその到達範囲が目に見えないためにセキュリティへの懸念を理由に導入に消極的となる傾向がある。一方で無線のセキュリティ技術は高度化しており、その仕組みを理解することが肝要である。セキュリティは、情報の機密性、完全性、可用性を維持することと定義されている。

- 機密性（Confidentiality）：情報へのアクセスを認められた者だけが、その情報にアクセスできる状態を確保すること。
- 完全性（Integrity）：情報が破壊、改ざん又は消去されない状態を確保すること。
- 可用性（Availability）：情報へのアクセスが認められた者が、必要時に中断することなく、情報及び関連資産にアクセスできる状態を確保すること。

上記３つの性質に関し、エンタープライズの情報処理技術（IT）と制御システムによる操業技術（OT）ではセキュリティの思想が大きく異なる。情報セキュリティの優先順位は、C-I-A（機密性重視）であるのに対し、制御システムの産業セキュリティの目的は、制御ネットワークを介した攻撃からプラントの安全操業（人命、環境の保護）と稼働率を確保してすることから、セキュリティの優先順位は、A-I-C（可用性重視）となる。そのため計測制御システムに接続される無線ネットワークについてもA-I-Cに基づいたアプローチが必要となる。

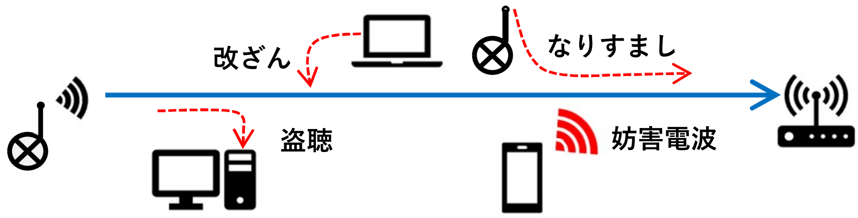


図3.9.1 無線ネットワークのセキュリティ脅威

無線ネットワークのセキュリティ脅威

無線ネットワークへの攻撃には、①データを盗む（盗聴）、②壊す（改ざん）、③だます（なりすまし）、④邪魔する（妨害電波）などがある。これらの攻撃に対する影響度と各種対策技術の有効性を示す。

表3.9.1 無線ネットワークのセキュリティ脅威

攻撃	セキュリティ脅威	影響度	再試行	デバイス認証	メッセージ認証	暗号化
盗む	・通信の盗聴 ・データの漏えい	プロセスや製造に関わる機密情報の漏えい	－	〇	－	〇
壊す	・改ざん ・偽造メッセージの混入	監視・制御の動作障害	－	〇	〇	－
だます	・なりすまし	プロセス監視・制御のかく乱	－	〇	〇	－
邪魔する	・再送攻撃、Dos攻撃 ・妨害電波、通信経路かく乱	パフォーマン低下	〇	－	〇	－

セキュリティ対策技術

セキュリティ対策は攻撃に対して、対処（回避する、復旧させる）、検知（見つける、気づく）、防止（できないようにする、させないようにする）の３つの処置に分類することができる。

- 対処：妨害電波など通信を邪魔する攻撃に対し、再送、通信チャネル変更、通信経路変更をする。
- 検知：なりすまし攻撃に対し、機器認証やメッセージ認証で機器やデータの健全性を検証する。
- 防止：盗聴攻撃に対し、伝送データを暗号化して盗聴できないようにする。

3-9：強固なセキュリティ 2/3

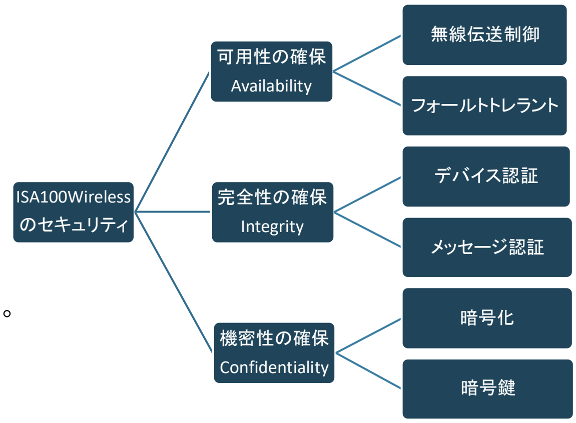


図3.9.2 セキュリティ対策技術

ISA100 Wirelessのセキュリティ技術

ISA100 Wirelessのセキュリティ対策技術をセキュリティの要件である可用性、完全性、機密性の視点から概説する。

可用性の確保（Availability）

◻ 無線伝送制御技術

妨害波に邪魔されても影響を回避する多様な無線伝送制御技術が開発されており、ISA100 Wirelessでは以下のような技術が採用されている。

- ➢ スペクトラム拡散変調：狭帯域ノイズと機密性に優れた変調方式
- ➢ チャネルホッピング：電波を送信するたびにチャネルを移動して干渉を回避する
- ➢ メッシュネットワーク：中継器を介して通信経路を冗長化信頼性を向上させる
- ➢ 再送（リトライ）：通信に失敗した場合に再度通信を試行してデータ到達率を上げる

◻ フォールトトレラント技術

無線インフラの一部に障害やエラーが発生した場合でも、システム全体として正常な動作を保ち続ける機能をフォールトトレラントという。ISA100 Wirelessでは、アクセスポイントの二重化とゲートウェイの二重化を組み合わせたフォールトトレラントのシステム構成が可能であり高い信頼性と可用性を実現している。

完全性の確保（Integrity）

◻ デバイス認証

デバイス認証は、ネットワークへの不正なデバイスの侵入を排除する仕組みである。無線機器がネットワークに参加するには、セキュリティマネージャの認証が必要となる。当該無線機器は、ネットワークに参加する前にプロビジョニングにより、Join KeyとネットワークIDを設定し、セキュリティマネージャとその情報を共有する。ネットワークマネージャは、無線機器のネットワーク参加要求のメッセージを受け取ると、登録情報と照合して健全なデバイスであるかを検証する。

◻ メッセージ認証

メッセージ認証は、通信経路の途中でデータが改ざんされていないか、正しい通信相手から送られたものか、通信内容の健全性を検証する仕組みである。メッセージ認証を行うために送信元の機器はデータ伝送時に認証コード（MIC: Message Integrity Check）を生成して送信メッセージ（データ）に付与して送信する。受信機器は、受信したメッセージが改ざんされていないかをこの認証コードを利用して検証する。

機密性の確保（Confidentiality）

◻ 暗号化：AES-128暗号技術（AES：Advanced Encryption Standard）

AES-128は128ビットの擬似乱数を暗号鍵として通信相手と共有し、暗号化と複合化を行う対称鍵暗号技術である。同じ平文でも違う暗号文になるため解読が極めて困難である。このAESは暗号鍵を繰り返し試す総当たり攻撃以外に有効な攻撃方法が見つかっていない。128ビットの暗号鍵の組み合わせは3.4 x 1038となり、今日のスーパーコンピュータを利用しても数億年単位の時間がかかる。ISA100 Wirelessは暗号鍵の有効期限を規定しており、最大で48.5日で更新される。そのため、暗号鍵を総当たり攻撃で数年で解読しても、その時点では当該暗号鍵は無効となっており解読ができない。

◻ 暗号鍵

ISA100 Wirelessは、多様な暗号鍵（Join Key:ジョインキー、DL Key:データリンクキー、Session Key：セッションキー）を定義し、データの機密性を高いレベルで確保している。

3-9：強固なセキュリティ 3/3

ISA100 Wirelessの暗号鍵

◻ Join Key（ジョインキー）

ネットワークに参加する時に使用する暗号鍵。プロビジョニングツールにより当該無線機器に格納される。各無線デバイスはそれぞれ異なるJoin Keyを持つ。

◻ Master Key（マスターキー）

DL Key、Session Keyを更新する際に使用する鍵。

セキュリティマネージャが新しい暗号鍵を各無線デバイスに配布する時に暗号化して保護するための鍵。
無線デバイスとシステムマネージャ間で共有する鍵。

◻ DL Key（データリンクキー）

無線デバイスと無線デバイス間の通信の暗号化／複合化、メッセージ認証の計算に使用される暗号鍵であり、同じ無線サブネットワークに属するデバイスで共有する鍵。

◻ Session Key（セッションキー）

無線デバイスとゲートウェイ間通信の暗号化と認証に使用される。ネットワークの両端（end-to-end:送信元のデバイスと受信端のゲートウェイ）で共有される鍵。
セッションキーは、無線デバイス毎に異なる鍵が設定される。そのため、中継器がメッセージを転送する時でもメッセージの中身を見たり、変更することはできない。

上記マスターキー、データリンクキー、セッションキーは、有効期限があり、定期的に更新されセキュリティ強度の鮮度を保つことができる。

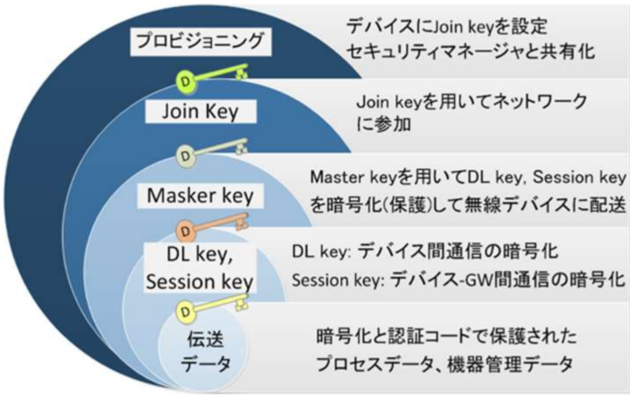


図3.9.3 様々な暗号鍵

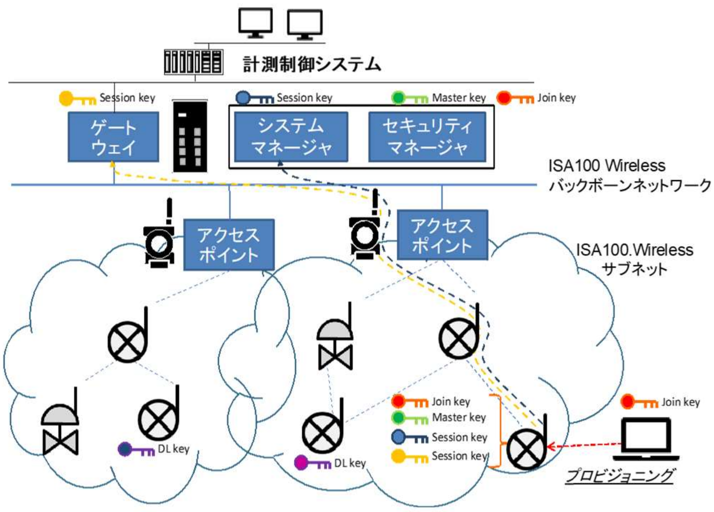


図3.9.4 ISA100 Wirelessの暗号鍵

無線システム管理上の留意点

◻ 採用した無線ネットワーク技術が強固なセキュリティ機能を備えていても、運用、管理が適切でないと万全とは言えない。

◻ セキュリティ脅威は、外部の悪意のある第三者からの意図的な攻撃に加えて、組織内の意図しない事故にも留意しなければならない。

◻ 日常的なセキュリティ管理とその実行が重要となる。

- ➢ 例えば、暗号鍵が更新されずに長い間使い続けている場合は、解読されるリスクが高まる。（例：工場出荷時のデフォルトジョインキーのまま使用）
- ➢ 暗号鍵を定期的に自動更新する仕組みなど、現場の運用に依存しない無線ネットワーク技術や通信規格を選定することでセキュリティリスクを下げることができる。

3-10：相互運用性の確保

相互運用性の確保によるマルチベンダ環境の提供

ISA100 Wireless規格に準拠した製品は、異なるベンダの製品でも同じ無線ネットワークに接続できる相互運用性を確保している。 ユーザは、適用アプリケーションの要件に応じて複数のベンダから適正な機器を選択できるメリットがある。

ISA100WCIによる相互運用性の認証スキーム

ISA100WCIは、下図の認証プロセスにより、ISA100 Wireless製品の相互運用性を検証する。認証試験に合格したISA100 Wireless機器は、ISA100WCIのWebサイトに登録され閲覧することができる。

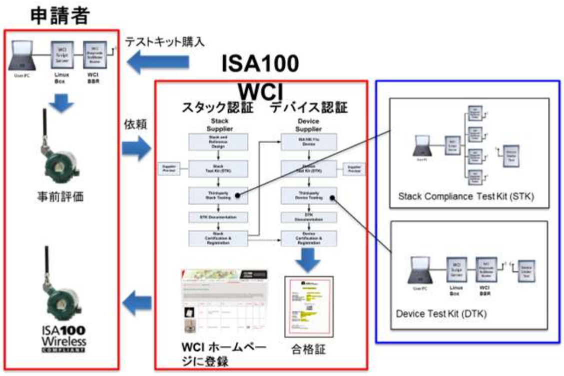


図3.10.1 ISA100WCIによる認証プロセス

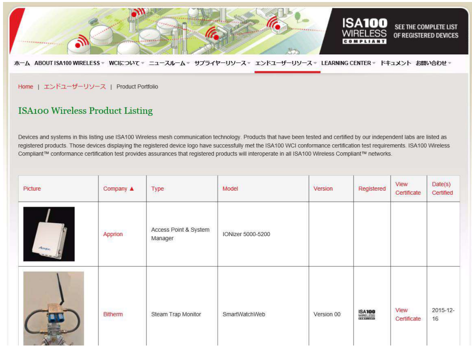


図3.10.2 ISA100WCI認証機器はWebサイトで閲覧可能

http://www.isa100wci.org/ja-JP/End-User-Resources/Product-Portfolio

ISA100WCI認証機器の相互接続性検証

ISA100WCI日本支部は40台を越すISA100 Wireless機器を同一ネットワークに接続する相互運用性試験を実施した。複数のベンダの機器が同一ネットワーク内で混在しても良好な通信を維持すること（相互運用性）を検証した。本試験では、多様なネットワークトポロジ（スター、メッシュ、スター・メッシュ混在）を構成して、各機器の無線通信機能を確認した。下図は本イベントで検証したネットワークトポロジの一例である。

写真3.10.1 相互接続性試験実施時の被試験機器：8社42台

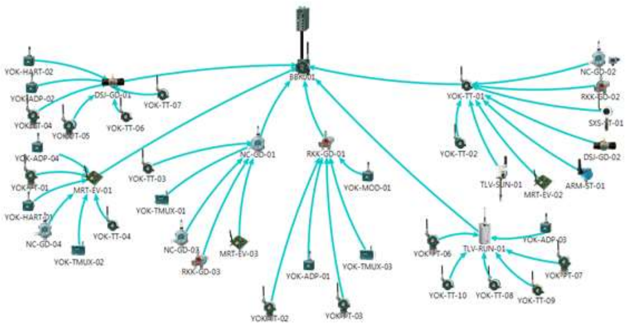


図3.10.3 ネットワーク接続状態のイメージ

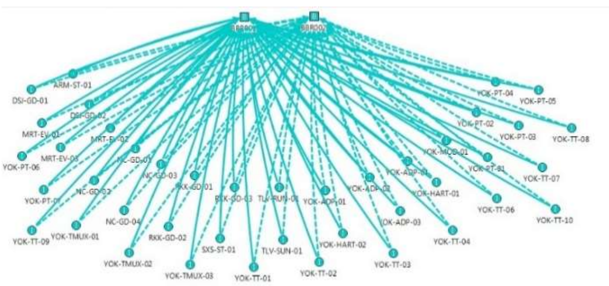


図3.10.4 Duocastによる経路冗長化との接続例

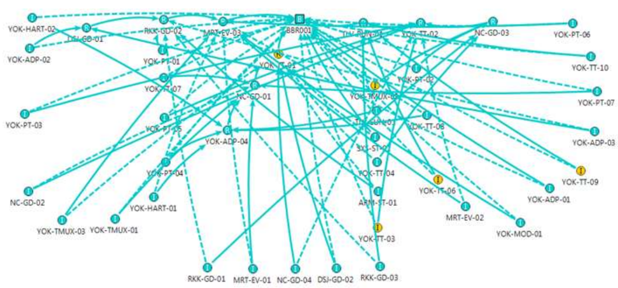


図3.10.5 メッシュネットワーク設定した場合の接続例

3-11：マルチベンダ環境の提供

製品バリエーション

ISA100 Wirelessのインフラ機器、プロセス監視用計器、設備監視・診断用計器、保安用検知器を下図に示す。同じ種類の計器を複数のベンダがISA100 Wireless準拠製品として提供している。製品の詳細情報は、ベンダ各社のホームページから入手可能である。

ISA100 Wireless規格に準拠した製品は、異なるベンダの製品でも同じ無線ネットワークに接続でき相互運用性を確保する。 ユーザは、複数のベンダから適用アプリケーションの要件に対して複数のベンダの製品から最適な選択できるメリットがある。

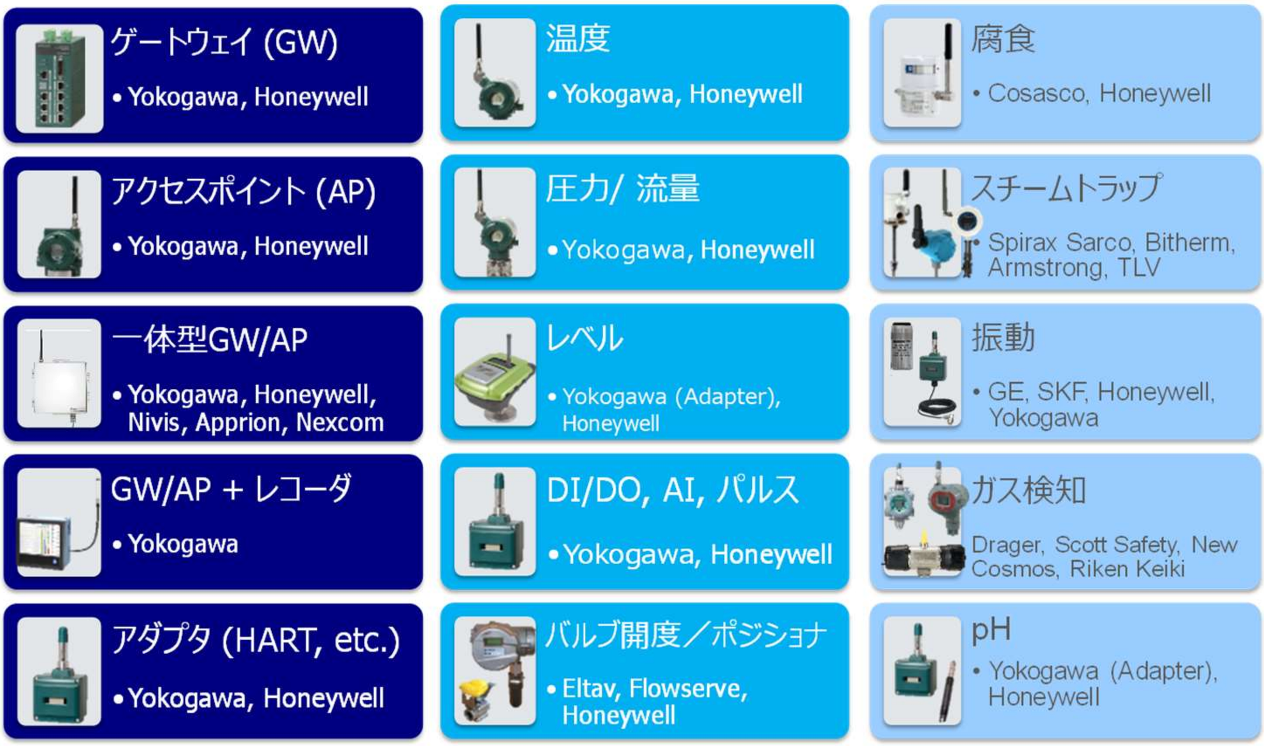


図3.11.1 ISA100 Wireless 製品の例

ISA100WCIによる総合運用性検証イベント（プラグフェスタ）

ISA100WCIは、認証試験に合格した製品を集めて相互運用性の検証イベントを行っている。これはプラグフェスタと呼ばれるイベントで、異なるベンダの無線機器やゲートウェイ機器を組合わせて多様なネットワーク構成で相互運用性の検証を行い、認証試験の品質向上や現場での不具合の未然防止などに役立てている。

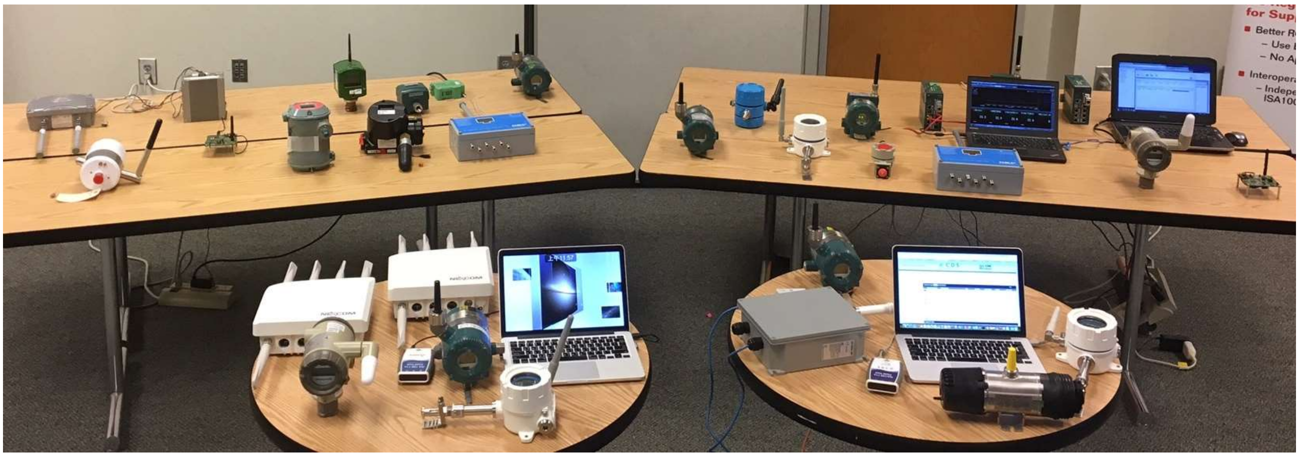


写真3.11.1 ISA100WCI主催のプラグフェスタイベントの様子（ISA100WCI米国本部にて）

3-12： ISA100WCI によるデバイス認証

デバイスサプライヤにとってのメリット

認証プロセスが単一のフレームワークであること、ISA100 Wirelessの認証登録システムが存在することにより、マルチベンダ環境の提供、市場への早期製品投入や製品開発及びエンジニアリングのコストを下げることができる。

- マルチベンダ環境の提供：ISA100 Wirelessネットワークを構成する機器が異なるベンダの製品でもISA100WCIデバイス認証を取得していれば相互運用性が保証され、マルチベンダのソリューションの提供が可能
- 製品にマーキングされる”ISA100 Wireless Compliant”の表示により、業界で認められたオープンな工業用規格に適合していることが立証可能
- ISA100 Wireless適合製品及びシステムの開発や導入に関する技術サポート
- 製造現場の多様なアプリケーションに対応した、Best in Classの無線計器とシステム構成が提供
- ISA100WCIに入会することで、会員価格でデバイス認証の事前検証用のDevice Test Kitを購入可能

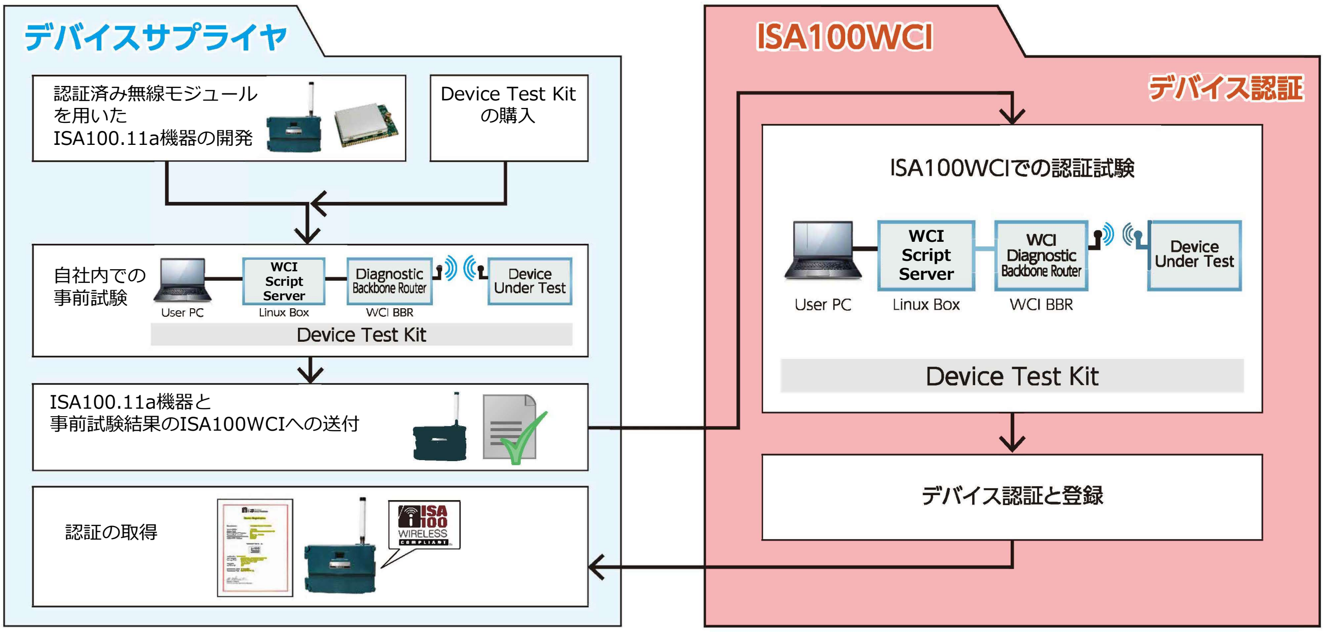


図3.12.1 ISA100WCIによるデバイス認証

Web リンク（最新情報は下記リンクを参照のこと）

- ISA100WCIの認証試験の期間や費用の概要について
  https://isa100wci.org/ja-JP/Supplier-Resources/How-to-Certify-ISA100-Wireless-Product
- ISA100WCI Device Test Kitの購入希望の方へ
  https://isa100wci.org/ja-JP/Supplier-Resources/ISA100-Wireless-Test-Kits
- ISA100WCIの認証試験を希望の方へ
  https://isa100wci.org/ja-JP/Supplier-Resources/Where-to-Certify-ISA100-Wireless-Product
- その他問い合わせ
  ISA100WCI日本支部のお問い合わせフォーム：https://isa100wci.org/ja-JP/Contact

PART 4-1　導入手順　基礎編

4-1-1：無線ネットワーク導入手順

工場への無線ネットワーク導入手順

一般的な無線ネットワークの導入手順を以下に示す。

①机上検討

- 無線計器の通信仕様の確認（周波数、通信速度、他）
- アンテナ特性（指向性、利得、他）
- 通信距離（m）
- 他の無線システムの利用周波数の確認（Wi-Fi、他）
- アプリケーションの要件を確認
  - プラント設計図から計器周囲の設置環境を確認
  - プロセスデータの更新周期などの要件を確認
  - 製造設備や配管、道路、建造物の位置を確認
- ネットワーク設計
  - 中継器の配置設計
    - 地上高を配慮した三次元空間の配置設計
  - 通信経路設計
    - 中継器の通信負荷の平準化
    - 機器の役割設定（各無線計器の中継機能のON/OFF）
    - 通信遅延時間、信頼性の要件に基づくトポロジや冗長化の設定

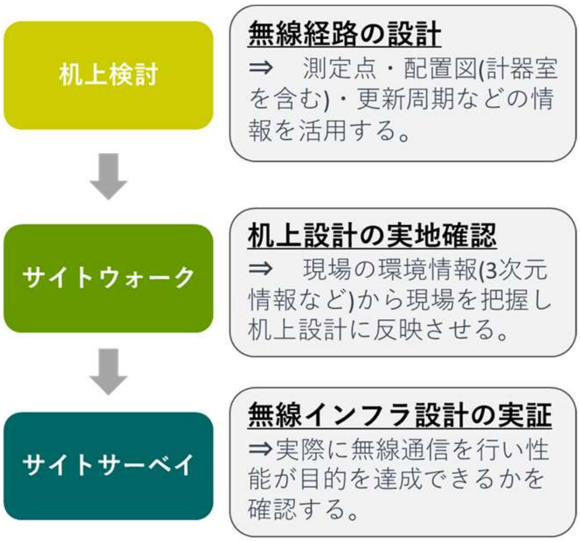


図4.1.1.1 無線ネットワーク導入手順

②サイトウォーク

- 現場で机上設計を検証
  - 現場の製造設備の物理的配置や高さ情報を考慮した経路設計となっているか検証する
  - 無線計器のアンテナ位置の見通し（フレネルゾーン）の確保
  - 地図や設計図に描かれていない障害物が近隣にないか（反射、回折、マルチパスの影響）

③サイトサーベイ

- ネットワークを構築し通信特性の検証を行う
  - 経路設計通りに安定した通信ができているか
  - PER（Packet Error Rate）は許容範囲内か
- 近隣の無線システムの電波強度調査
- 電波干渉源の確認（Wi-Fiなど）
- 海を隔てた通信の場合は時間的な潮位変化の影響調査

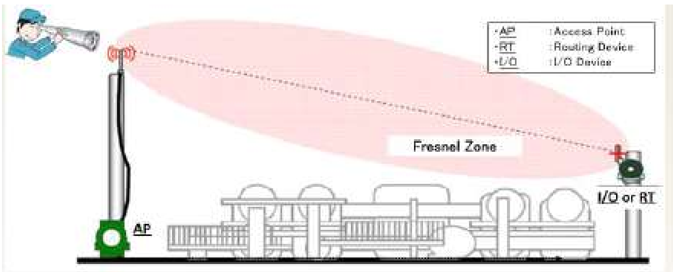


図4.1.1.2 フレネルゾーンの確保

信頼性と考慮した無線ネットワークの構成例

右図にISA100 Wirelessのネットワーク構成例を示す。メッシュ／スター両方の特徴を活かし、信頼性と低遅延に配慮したネットワーク例である。

上空の広い空間で基幹ネットワークを構成し、現場の高所に配置された中継器から各測定点と通信を行う。ISA100 Wirelessは、高感度な無線技術を採用しており、このような工場の広い範囲をカバーできるネットワーク構成が可能となる。

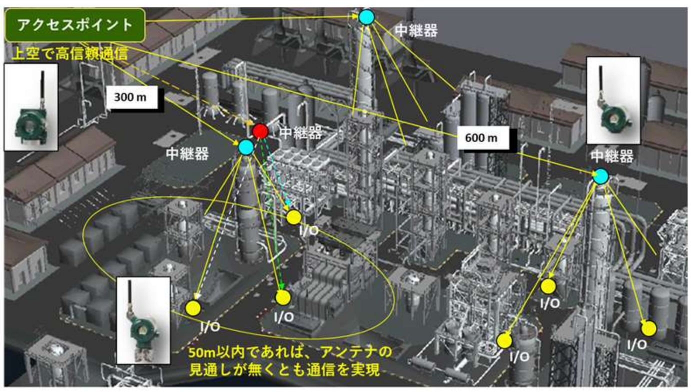


図4.1.1.3 ネットワーク構築例

4-1-2：無線機器のエンジニアリング手順

無線機器のネットワーク初期設定：プロビジョニング

- 無線機器管理ツール

ネットワークに無線機器を接続するためにセキュリティマネージャと共有する認証用の暗号鍵（Join Key）及びネットワークIDを事前に設定する行為をプロビジョニングと呼ぶ。偽りのデバイスによる、なりしましの対策として、プロビジョニングにより、デバイス認証用の暗号鍵をセキュリティマネージャと共有する。当該無線機器をプロビジョニングするための通信方式には、赤外線通信やBluetooth、有線のUSBなどがある。Join Keyやネットワーク IDを安全に無線機器に設定するために信号の届く範囲が狭い赤外線通信が利用されることが多い。ISA100 Wireless 用の機器管理ツールがインストールされているPCのUSBポートに赤外線通信ユニットを接続して、機器管理ツールが生成するJoin KeyとネットワークIDを当該機器の赤外線通信ポートから設定する。当該無線機器が、ネットワークへの参加要求をすると機器とセキュリティマネージャとの間でデバイス認証用のJoin Keyを相互に検証、認証する。

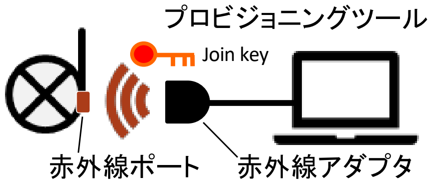


図4.1.2.1 プロビジョニングによるJoin Keyの設定

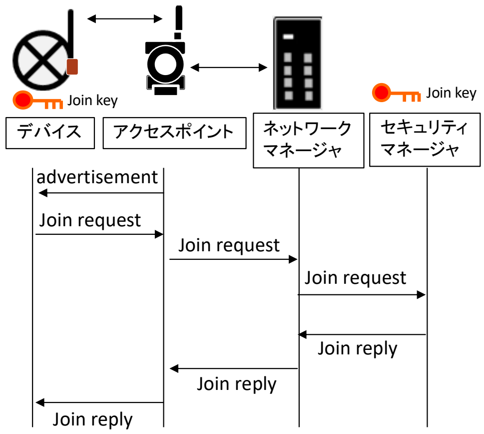


図4.1.2.2 ネットワーク参加時のデバイス認証手順

ホストシステムのエンジニアリング

- 無線ネットワーク設定ツール

ゲートウェイの上位ホストシステムとの通信は、Modbus/TCPやOPCインターフェースを介して行う。これらのインターフェースは従来から広くプロセス制御システムで利用されており、特別なツールを用いることなく、従来と同様のエンジニアリングを行うことができる。

無線機器の設定

- 機器管理ツール

無線計器の自己診断情報の表示や測定レンジや単位、アラームの閾値など各種パラメータの設定を行う。

無線ネットワークのエンジニアリング

- ネットワーク管理ツール

一般にゲートウェイと呼ばれる製品にシステムマネージャとセキュリティマネージャ機能が同一ハードウェアに実装されている場合が多いので、本稿ではそのような製品を対象に解説する。ゲートウェイにはネットワークの設定を行うツールが実装されており、ゲートウェイにPCを接続してネットワーク管理ツールを起動して以下に示す各種の設定を行う。

- 機器タグ、冗長化の設定
- 通信経路（トポロジー）

通信経路の設定方式は、無線計装の導入要件に留意して選定することが肝要である。

  - 自動経路構築（自動メッシュ）
  - 半自動経路構築の特徴（手動設定メッシュ）

- 更新周期：無線計器のデータ更新周期が長いと休止時間が増えるのでバッテリ寿命が延びる。
- 再送回数：再送（リトライ）回数を増やせば、データの到達確率が上がるため信頼性が向上する。
- チャネルブラックリスティング：ISA100 Wireless はWi-Fi と同じ 2.4 GHz の周波数帯を使用するため、相互の電波到達範囲内に ISA100 Wirelessと Wi-Fi のシステムが混在すると，電波干渉による通信障害が発生する可能性がある。そのような場合、ISA100 Wireless が Wi-Fi と同じ帯域を使用しないように、Wi-Fiの使用チャネルをブラックリストに設定することで干渉を回避できる。

設置・調整/ループチェック/コミッショニング

サイトサーベイの結果に基づいて現場に無線計器を設置して通信設定及び調整を行う。ネットワーク管理ツールでRSSI（Received Signal Strength Indicator）やPER（Packet Error Rate）を観測して通信状態を監視、記録する。PERの許容値（例：15%）を超える場合は、アンテナ位置などを調整してネットワークの品質改善を図る。

4-1-3：無線ネットワークの維持管理

ネットワーク管理ツール によるネットワークの状態監視と維持管理

無線ネットワークの管理は、ゲートウェイに組込まれているシステムマネージャの機能が一括管理している。各無線機器は、ネットワークに参加する際に、通信スロット、通信チャネル、通信経路、暗号鍵などの情報をシステムマネージャから受け取り動作する。また無線機器は、通信相手からの電波受信強度（RSSI）や、通信パケット欠損率（パケットエラー率 ：PER）をシステムマネージャに報告する。システムマネージャは、RSSIやPER、バッテリ寿命 などの無線ネットワークの健全性を管理する情報をネットワーク管理ツール上に表示し、ネットワークの維持、管理機能を有している。上位のネットワーク管理ツールは、システムマネージャからネットワーク内の全ての無線機器の管理情報を収集して状態監視や設定変更などを一括管理する。下図にISA100 Wirelessのネットワーク管理データの流れと、ネットワーク管理ツールの表示画面の例を示す。

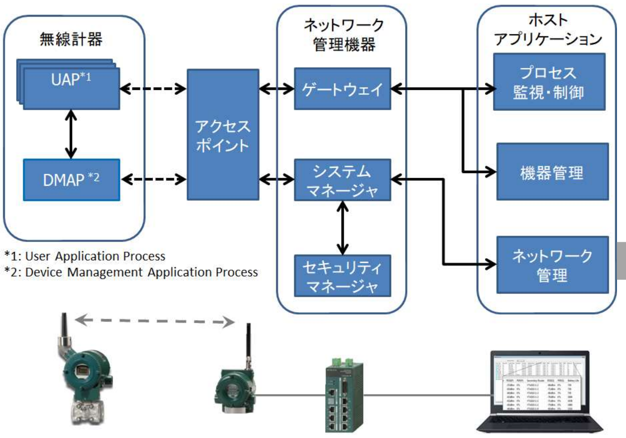


図4.1.3.1ネットワーク管理データの流れ

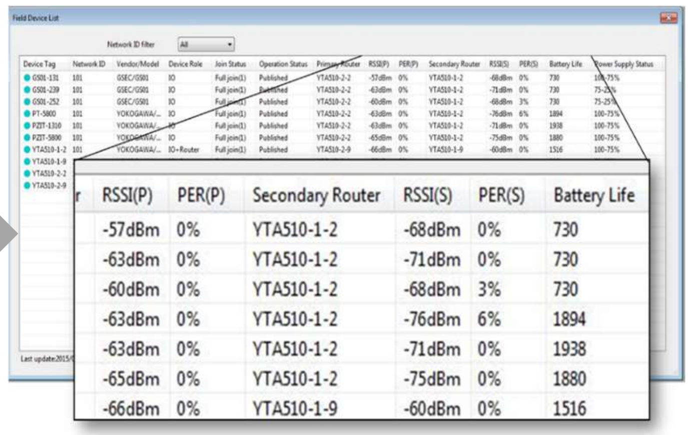


図4.1.3.2ネットワーク管理画面の例

ネットワークの状態管理指標

無線通信環境は周囲の障害物の移動や電磁環境の動的な変化に影響される。無線ネットワークの安定稼働にはその品質を維持するために以下の管理指標を定期的に監視し適正な対処を施すことが望ましい。

- 電波受信強度：**RSSI （dBm）**
- パケットエラー率：**PER （%）**
- バッテリ寿命：（年）

ネットワークの品質改善に関わるエンジニアリング要素の例

- デバイスの役割設定（I/Oデバイス：中継機能なし／ルーティングデバイス：中継機能あり）
- 更新周期：更新周期が短くなると動作頻度が増えるため消費電力が増えバッテリ寿命は短くなる。
- リトライ回数：リトライ回数が増えるとデータ到達確率は向上するため信頼性は向上する。
- チャネルブラックリスティング：Wi-Fiとの電波干渉を回避するために、Wi-Fiが使用しているチャネルをISA100 Wirelessが使わないように設定する機能。
- ホッピングパターン：通信チャネル（周波数）を切換える際のチャネル移動のパターンを設定できる。
- 通信経路・トポロジー：大規模なメッシュネットワークの場合、特定の中継器に通信経路が集中しないように通信経路を管理することが肝要。ネットワークが集中した中継器は、パフォーマンスの低下とバッテリ寿命が短くなる恐れあり。
- 中継器の位置：特定の中継器に通信負荷が集中してボトルネックとなり、ネットワーク全体のパフォーマンスが低下しないように配置する。
- アンテナの位置：周辺の障害物の影響を考慮して一定の空間を確保して固定する。偏波面にも留意する。

4-1-4：無線機器の管理

機器管理ツールによる無線機器の維持管理

機器管理ツールは、計器の健全性に関わる状態を監視するホストアプリケーションで ある。プラント操業やプロセスに影響を与える潜在的な問題やリスクを早期に特定し、保守コストの低減、ダウンタイムの削減、生産品質の向上に寄与する。無線計器の自己診断情報や機器管理情報は、ゲートウェイを介して上位の機器管理ツールに伝送される。機器管理ツールは、無線計器の健全性の監視や機器のコンフィグレーション作業の環境を提供する。プロセスオートメーションの機器管理システムは、フィールド機器の設定、管理のために以下の機器記述言語や機器調整・ 設定ソフトウェアをサポートしていることが多い。

・Field device tool / device type manager （FDT/DTM）

・Electronic device description language （EDDL）

ISA100 Wireless適合製品には、上記技術をサポートするフィールド機器や機器管理ツールがあり、既に石油化学プラントなどの製造現場で運用されている。下図にISA100 Wirelessの機器管理データの流れと管理ツールの表示例を示す。無線計器の測定レンジの設定や、キャリブレーション、自己診断データの監視は、FDT/DTM技術 を利用して有線デジタル計装機器と同様なソフトウェア画面の表示や操作感で機器管理ツールから各種パラメータの設定や監視・調整ができる。機器ベンダは、機器の通信接続及び設定のための情報を機器 DTM（Device Type Manager）やDevice Description（DD）、Capability File（CF）として提供することで、他社の機器管理システムでも統一的に機器管理ができる。また、ISA100 WirelessではNAMUR NE107に対応し、４つの標準化された機器診断結果（Failure status, Function check status, Out of specification status, Maintenance required status）を表示する製品もある。

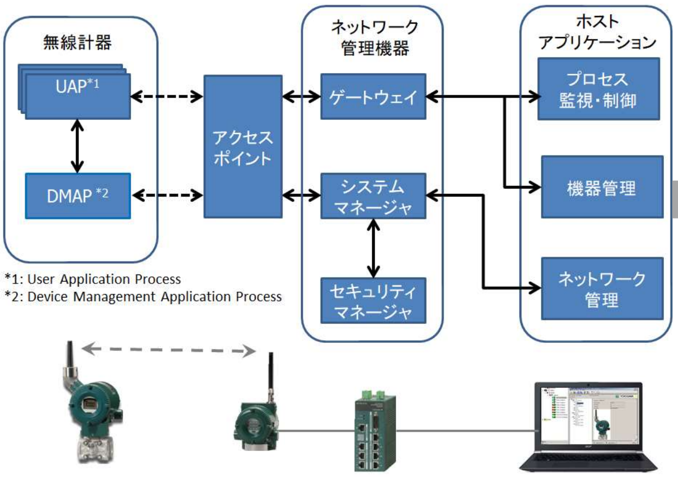


図4.1.4.1 機器管理データの流れ

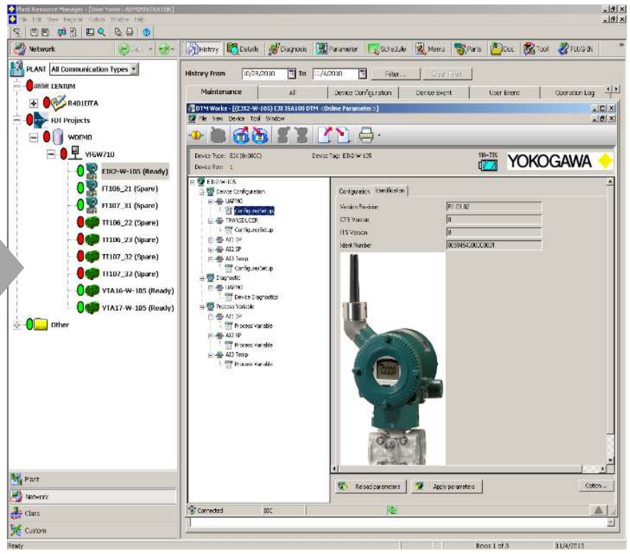


図4.1.4.2 ISA100 Wireless 機器管理ツール表示例

有線デジタル計装機器と同様にISA100 Wirelessフィールド計器を機器管理ツールに統合する場合、当該計器ベンダが提供するCF（Capabilities File） ／ DD（Device Description）ファイルを機器管理ツールに事前にインストールすることで、有線計器と同じソフトウェア画面の表示や操作感の機器管理環境の構築が可能となる。CFには該当フィールド機器がどのベンダの、どのモデルの、どのレビジョンなのか、またどのようなプロセスデータ（流量・温度・圧力など）を何個持つかなどの情報が記述されている。また、DDにはデータ構造と属性などのパラメータに関する情報が記述されている。デバイスベンダは、IEC 61804-3 EDDL規格に従い、DDのソースコードを記述し、その後バイナリフォーマットを生成する。CFファイルは、Foundation Fieldbusの仕様で規定しているCFファイルと似た構造のテキスト形式のファイルである。ISA100WCIは、CF／DDの実装仕様書を作成し、WCI加盟ベンダの開発支援を行っている。

4-1-5：無線計装導入ガイド

無線ネットワーク導入の５つのステップ

無線計装の現場実装を成功させるため実践的なガイドとして 5 つのステップについて解説します。

産業用ワイヤレス ネットワークが現場で確立されると、無線伝搬経路の予測と管理が困難になる場合があります。基本的な導入ガイドラインとして、計画、無線技術の選定、ネットワーク設計、現場設置、運転と保守の5つの無線ネットワーク導入のライフサイクルにわたってチェックボックスを備えた、ガイドを目的としています。

図4.1.5.1 無線ネットワーク導入のステップ

4-1-5-1：無線計装の導入計画

計画フェーズ

目標は、プラントの生産性、信頼性、プラントの安全性、製品品質の向上、または C-O-2 排出量の削減など、プロジェクト マネージャーによって定義されます。また、プロジェクトの範囲を定義して、たとえば環境監視を強化します。

次に、ビジネスおよび技術的な観点から、有線計測と無線計測の長所と短所を検討します。

プロジェクトに無線計装を選択する場合、その目的を満たすために、無線技術を選択するためのすべての要件を特定する必要があります。

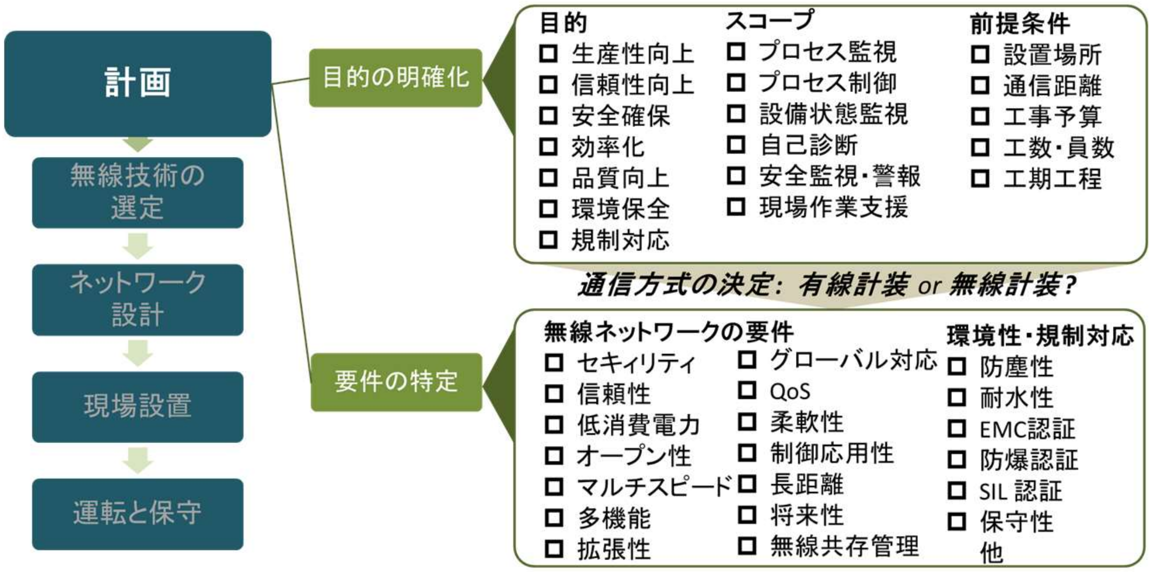


図4.1.5.2　計画フェーズ

ソリューション

有線計装と無線計装の比較を考えると、石油とガス、化学、電力などのさまざまな業界で、多数のアプリケーションがワイヤレスで実績を上げています。このスライドは、ご参考までにワイヤレス アプリケーションの経験を示しています。

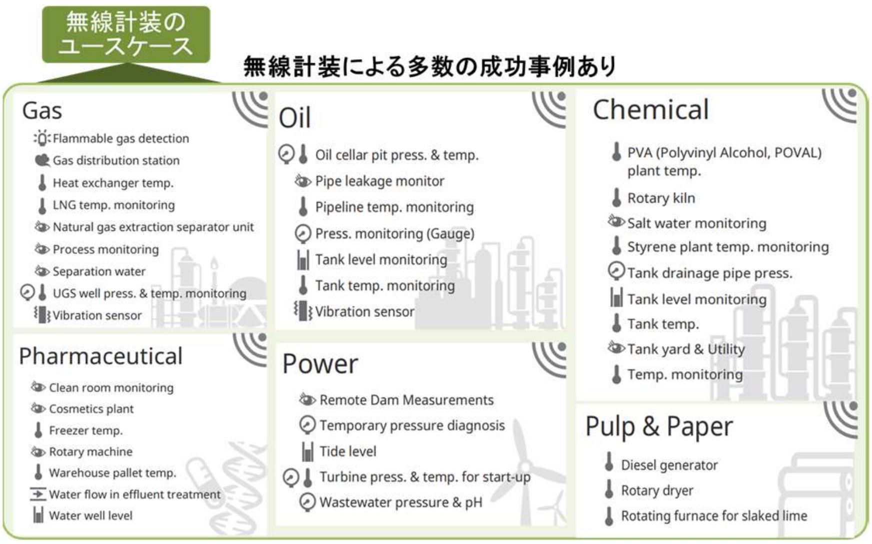


図4.1.5.3　無線計装のユースケース

4-1-5-2：無線技術の選定

無線技術の選定フェーズ

次のステップは、ワイヤレス ソリューションの選択です。このステップの目的は、エンド ユーザーが、運用要件と環境に基づいてプラントや工場に適切なワイヤレス テクノロジを選択して適用する際に、自信を持って決定できるようにすることです。

産業用アプリケーションのワイヤレス技術の候補がいくつかあります。前のスライドに示した要件に基づいて、1 つまたは複数のワイヤレス テクノロジが選択されます。長距離、低出力、高速の間のトレードオフに注意してください。 1 つの無線技術でこれら 3 つの要件を同時に満たすことはできません。 そのため、各ワイヤレス技術は、ターゲット アプリケーションの要件に対して選択されます。例えば、A社のワイヤレス温度トランスミッターとB社の振動センサーは、機能、性能、およびいくつかの規制への準拠などのプロジェクト要件に対して選択されます。プロジェクトの将来の証明および/または持続可能性のために、2 番目の情報源が利用可能であることを確認することも重要です。

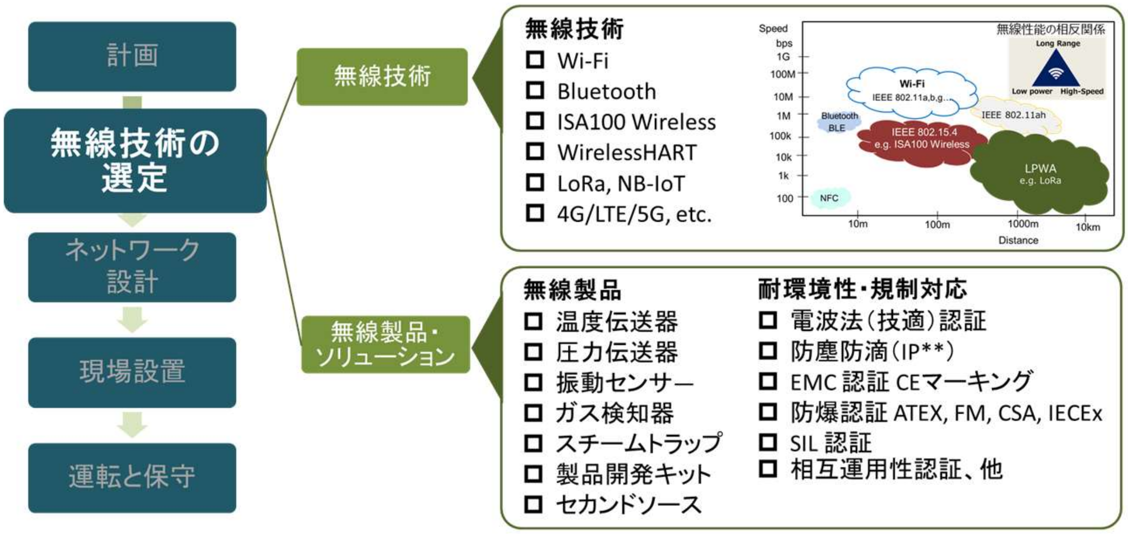


図4.1.5.4　選定フェーズ

ソリューション

ワイヤレス センシング ソリューションの有力な候補の 1 つは、オープン スタンダード (IEC 62734) としての ISA100 Wireless です。ISA100 Wirelessは、セキュリティから制御対応まで、エンド ユーザーの要件に基づいて開発されました。信頼性と拡張性に優れたワイヤレス インフラストラクチャを提供することが可能です。

また、ISA100WCI によって保証されたクラス最高の相互運用性を備えた製品を提供することも重要です。

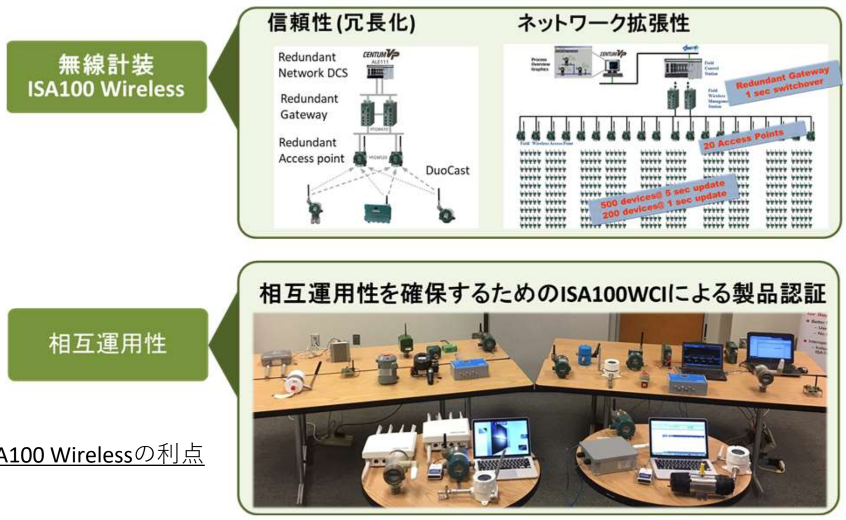


図4.1.5.5　ISA100 Wirelessの利点

4-1-5-3：無線ネットワークの設計

ネットワーク設計フェーズ

ネットワーク設計の前に、ブラウン フィールド プロジェクトとグリーン フィールド プロジェクトの場合の調査プロセスの異なる方法を理解する必要があります。ブラウン フィールド プロジェクトの場合、サイト調査は、安定したワイヤレス ネットワーク展開を成功させるための重要なプロセスの 1 つです。サイトサーベイとは、現場での電波環境を確認することです。

RF調査と工場調査の2種類に分類できます。RF サーベイは、スペクトル利用のために機械またはその他のワイヤレス システムからの無線干渉源を特定することです。

工場調査とは、無線通信路を確保するための障害物の位置を特定することです。一般に、自由空間無線伝搬を実現するために、デバイスとデバイスの間にフレネル ゾーンのスペースを確保することをお勧めします。

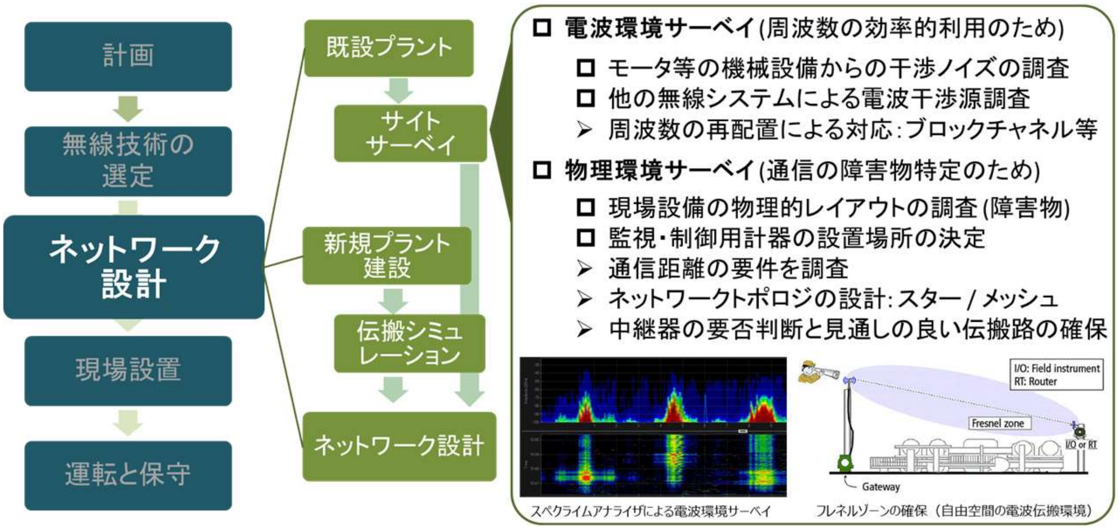


図4.1.5.6　ネットワーク設計フェーズ

ソリューション

サイト調査後の物理レイアウト ネットワーク設計：ISA100 Wireless はメッシュ ネットワークを構成できますが、より望ましいネットワーク トポロジは、フィールド デバイスが直接アクセス ポイントに通信するか、ルーター経由でアクセス ポイントに最小限のホップで通信することです。 目標は、多くのルーターを経由することによって引き起こされるデータ送信の遅延とバッテリー寿命の短縮を回避することです。図のようなネットワーク構成とすることで、低遅延とバッテリー寿命の管理が容易になり、安全で安定したスケーラブルなネットワークを備えたプラント全体のワイヤレス インフラストラクチャの提供が可能になります。論理リンクの設計はネットワーク設計ツールによってサポートされます。 メッシュ、スター、ハイブリッドのさまざまなタイプのトポロジを構成できます。

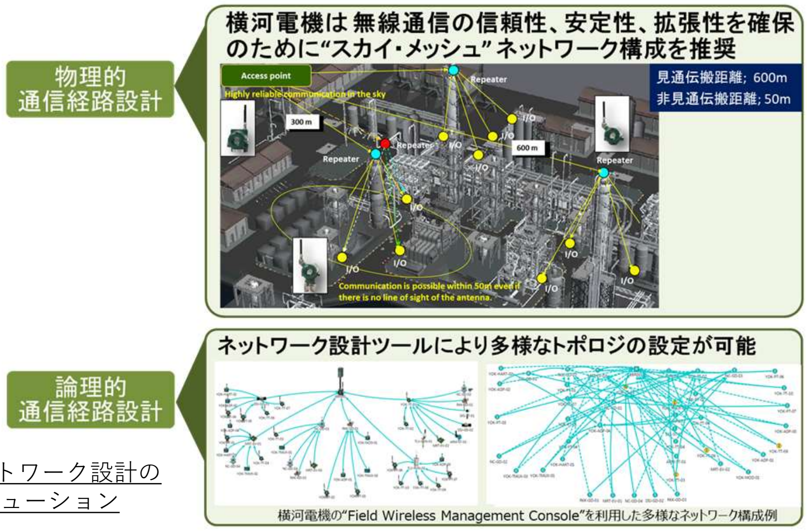


図4.1.5.7　ネットワーク設計のソリューション

4-1-5-4：無線ネットワークの現場設置

現場設置フェーズ

上記の基本的なガイドラインに従えば、個々のワイヤレス デバイスを簡単に配置して通信を成功させることができます。無線フィールド機器は、プロセス配管または容器に取り付ける必要があります。 周囲の障害物が無線デバイスの近くにある場合があります。延長アンテナを使用すると、これらの問題に対処して明確な見通し線を作成できます。もう 1 つの方法は、デバイスの近くにルーターを追加して、リンク間の障害物を取り除くことです。デバイスの構成とシステムの統合もこのステップで行われます。

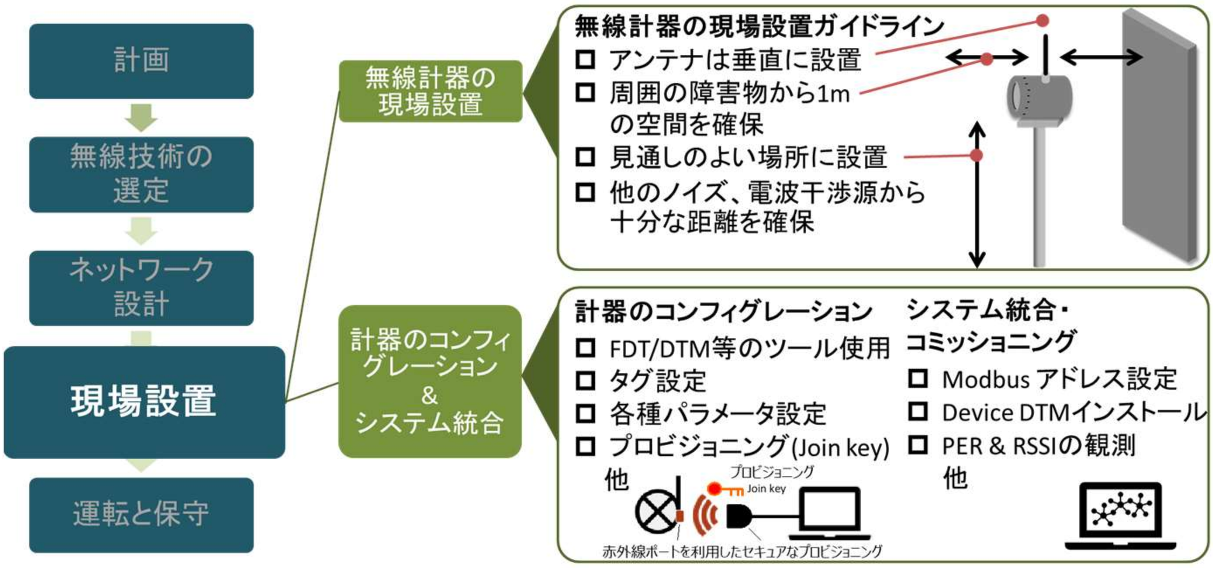


図4.1.5.8　現場設置フェーズ

ソリューション

前のスライドで述べたように、ワイヤレス デバイスの配置です。上の写真は、フィールドでの実際の配置を示しています。左上の写真は、製油所をカバーするリモート アンテナを備えた冗長アクセス ポイントを示しています。右側の写真は、見通しの良い高さに配置されたフィールド ルーターを示しています。デバイスおよびネットワーク構成ツールについては、以下のように簡単に作業できます。

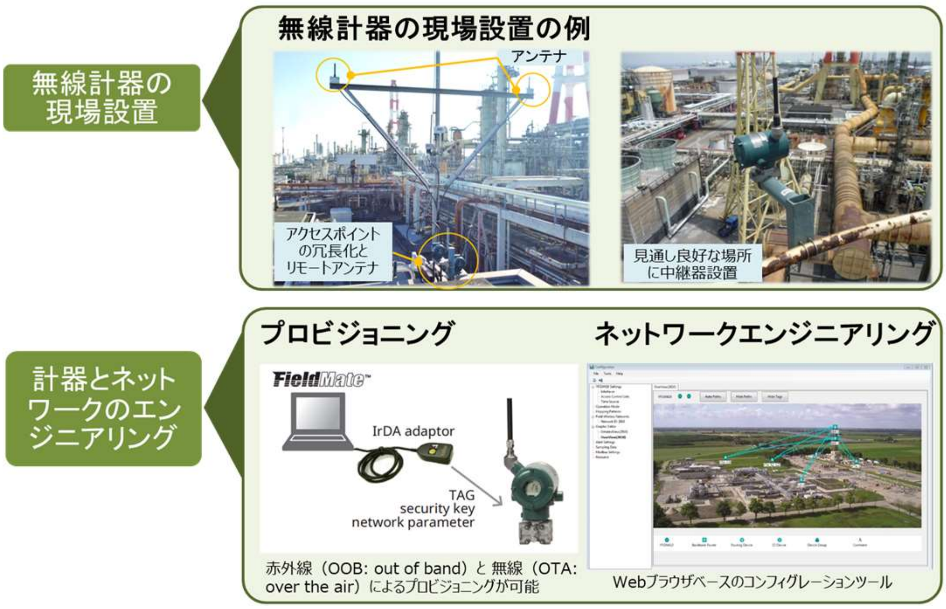


図4.1.5.9　現場設置のソリューション

4-1-5-5：無線計装システムの運転・保守

運転・保守フェーズ

安定した無線ネットワークを維持するために、運用中にネットワークの状態を監視する必要があります。

ネットワーク パフォーマンスの最も一般的な指標は、パケット エラー レート (PER) です。このインジケータは、パケットが正しく取得される頻度を決定するためのものです。PERが高い場合は、フィールド機器やアクセスポイントのアンテナ位置をオンサイトメンテナンスとして調整することが解決策の1つです。その他のアイデアとしては、チャネル ホッピング パターンの変更、再試行回数の再構成などがあります。

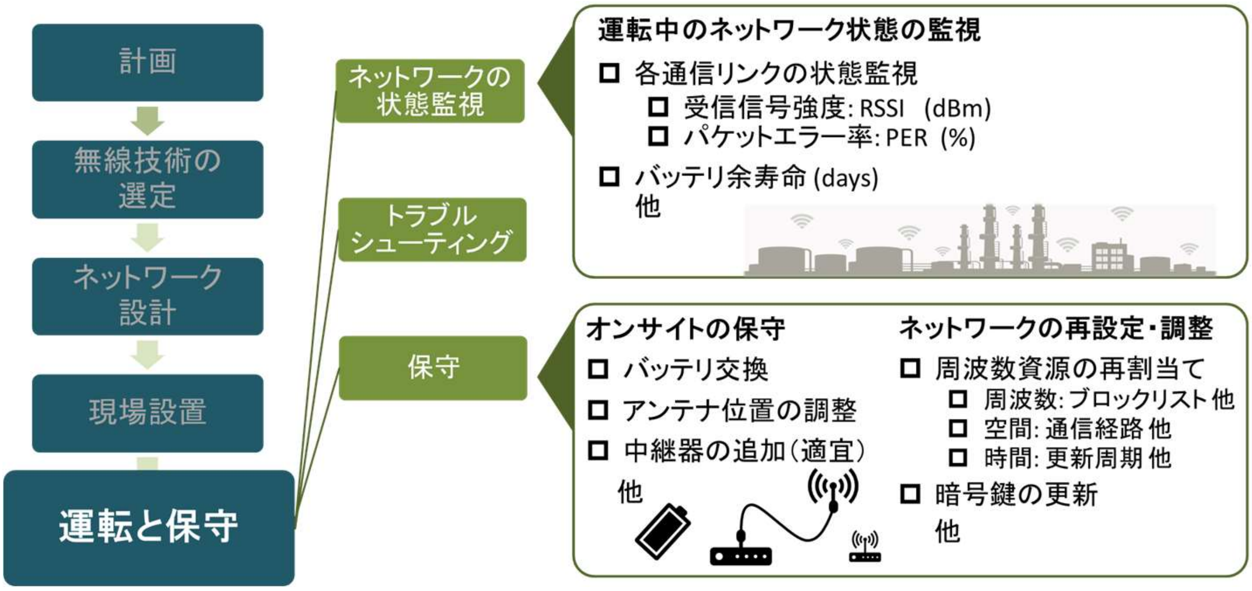


図4.1.5.10　運転・保守フェーズ

ソリューション

ネットワークの状態を監視するには、Web ベースのネットワーク管理ツールを使用して、RSSI、PER、セカンダリ ルーター、およびバッテリー寿命を観察できます。Packet Error Rate が 15% 未満であることを推奨しています。オンサイト メンテナンスでは、危険区域での簡単かつ安全なバッテリ交換のために、EX 承認のバッテリパックを提供しています。また、リモートアンテナソリューションもご利用いただけます。

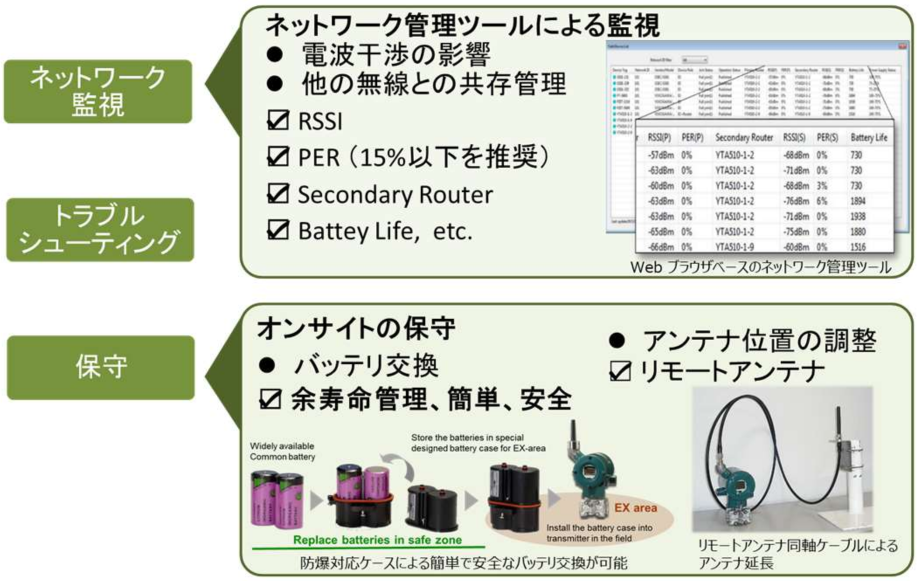


図4.1.5.11　運転・保守のソリューション

4-1-5-6：無線計装の成功事例

成功事例

　今日は、安全で安定したスケーラブルなプラント運用のためのワイヤレス ネットワーク展開を成功させるための 5 つのステップを簡単に紹介しました。

　ISA100 ワイヤレス インフラストラクチャを使用したワイヤレス展開の成功例を次に示します。

　振動監視により異常兆候の早期発見ができ必要最低限のメンテナンス計画が可能になった。ワイヤレスのガス検知により配線が困難な現場の安全管理強化が可能になった。等のケーススタディをPart5の章で紹介していますので、詳細をご確認ください。

図4.1.5.12　ISA100 Wirelessの導入成功事例

4-1-6：アンテナの設置ルール 10箇条

□ 1.アンテナ利得（ゲイン: dBm）

アンテナ 利得が高いからといって、自動的に接続が向上するわけではありません。 ゲインが高いと指向性が鋭くなるため放射角度が小さくなり、より正確な位置合わせが必要になります。

□ 2. アンテナの選択

特に受信機側で、正しいアンテナ特性（指向性、利得、偏波）を選択することを考えてください。

□ 3. アンテナの地上高

アンテナはできるだけ高い位置に設置する必要があります。これにより、通信範囲を改善できます。これにより、フレネル ゾーンが明確に保たれます。高ければ高いほど良いのです。

□ 4. アンテナケーブルはできるだけ短く

アンテナ ケーブルは、ケーブルでの信号損失をできるだけ低く抑えるために、できるだけ短くする必要があります。

□ 5. ケーブルの接続保護

特に屋外設置のアンテナの場合は雨水の侵入などを防ぐために接続部は保護テープ等で防水処理してください。

□ 6. アンテナは避雷器ではない

アンテナは避雷器として使用されません。アンテナの位置を慎重に選択してください。サージ保護を使用したり、アンテナ ケーブルを避雷器と平行に配線しないでください。

□ 7. 正しい取り付け

アンテナの設置状態が安定性が不十分な場合、アンテナの位置の変動により通信品質が低下する可能性があります。 アンテナ取り付け時は、風やその他の外的影響についても考慮してください。

□ 8. 周囲の障害物との適切な距離

アンテナは、建物や樹木などの障害物からできるだけ離れた、開けた場所に設置してください。特に、他のアンテナや金属製の構造物がある場合は、通信相手のアンテナとの見通しを確保できるようにしてください。

□ 9. アンテナ下部から接続

屋外アンテナの場合は、 雨水の侵入を防ぐために、アンテナ下部からケーブルを接続する必要があります。

□ 10. 天候の影響

霧や雨が無線経路に与える影響はほとんどありません。 一方、氷雪の場合は、アンテナが氷で覆われていないことを確認する必要があります。

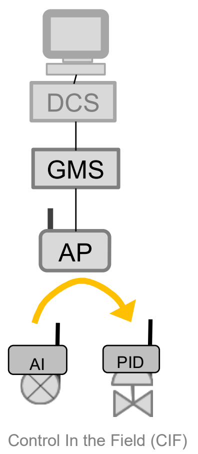
コラム 1

C-1：無線によるプロセス制御の可能性

ISA100 Wirelessによる水位制御のデモ（ローカルループコントロール）

ISA100WCIは、2013年にドイツのハノーバで開催された展示会でISA100 Wirelessによる水位制御のデモを行った。実際の製造現場で制御ループに無線が利用されることは少ないが、ISA100WCIは、ISA100 Wirelessの信頼性と実時間性の優位性を活かした挑戦的なデモを行い、制御応用の可能性を示した。

筒内の水位は、ISA100 Wireless準拠の無線差圧伝送器で計測される。水位データは、無線圧力伝送器から、ゲートウェイを経由せずに無線ポジショナに直接無線伝送される。無線ポジショナの水位インプット信号は、ポジショナ内のPID機能ブロックに伝えられ、デモ用に設定された水位の設定値に到達するよう、バルブ開度を調節し、フィードバック制御を行う。デモ用プログラムにより、一定の時間が経過するとポジショナ内の水位のレベル設定値が変化し、それに追従してリアルタイムに水位のレベルが制御される。制御システム内の機能ブロックを介さずに、フィールド機器内部のPID機能ブロックを利用したローカルループコントロール（Control in the field）は、有事の制御システムの電源消失や有線計装ケーブルの切断時などのバックアップ用としても有用なソリューションとして今後利用されるようになるかもしれない。

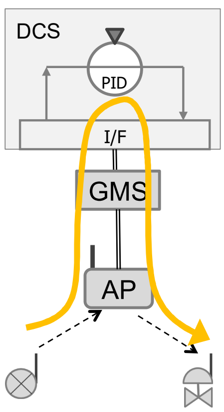


図C1-1 データの流れ

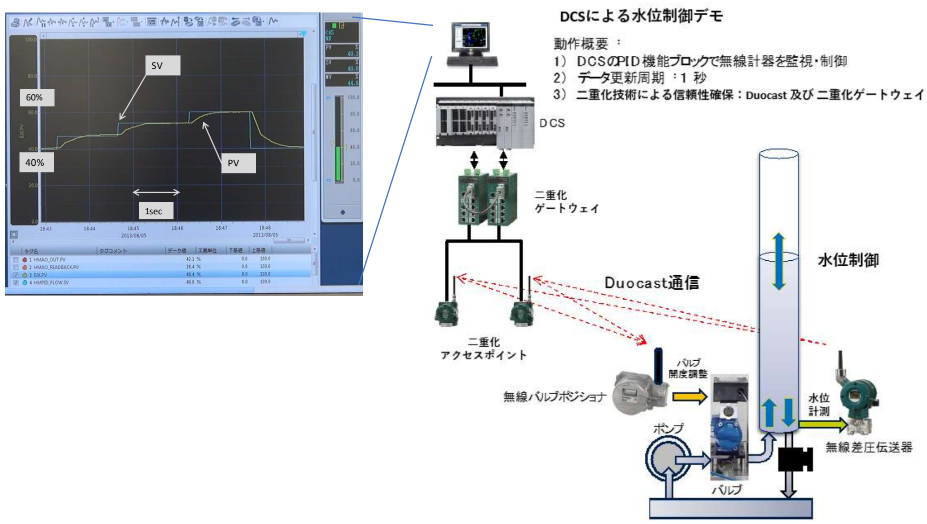
図C1- 2 ISA100 Wirelessによるローカルループコントロールのデモの様子

ISA100 Wirelessによる水位制御のデモ（DCSによる制御）

DCS内部の機能ブロックで無線計器を監視・制御して同様の水位制御デモを実施した実績もある。



図C1-3 データの流れ



図C1-4 DCSの制御状態トレンド画面とシステム構成

PART 4-2　導入手順　検証編

4-2-1 ：無線計装 導入期におけるフィールドテスト

導入先：化学工場
製品：ISA100 Wireless

導入を決めた理由

- 設置の自由度、迅速度： 場所を選ばず迅速に設置が可能であり、一時的な監視ニーズに大きく貢献。
- 外部電源を必要としない： ケーブル損傷、断線などの影響がなく、災害発生時の通信が可能。
- コスト・手間の面で優位： 配線（ケーブル・電線管）の敷設費用が発生しない。

上記の理由から「安く、簡単に、早く」監視ポイントを追加したいプラント（製造課）特定のニーズに合致。

無線計器と有線計器の棲み分け

- 無線計装と有線計装のそれぞれのメリット、デメリットを理解し、適所に採用。

表4.2.1.1　無線計装と有線計装の比較

	メリット	デメリット（課題）
無線計器	・設置場所の自由度 ・工事コスト低減 （ケーブル、電線管） ・災害発生時に強い ・モニタリング機能向き ・一時的な設置向き	・計器ラインナップの充実 ・通信周期（高速通信） ・計器性能（診断技術）が劣る ・計器本体が高価（割高） ・バッテリー管理 ・周波数（Wi-fiとの共存）管理 ・ネットワークID管理
有線計器	・計器ラインナップが充実 ・高速通信 ・計器性能が高い （精度、得られるデータ数 多） ・デジタル通信 ・コントロール機能向き ・常設計器向き	・工事費用が割高 ・管理部位の多さ （ケーブル、変換器、端子部 etc） ・災害発生時に計器断の恐れあり ・設置場所に制約あり

導入期のフィールドテスト内容と結果

- 工業計器として十分使用に耐えうると判断し、導入を開始。

表4.2.1.2　フィールドテスト実施項目と結果

項目	方法	結果
ネットワーク構築の確認	･アクセスポイント(AP)直近のセンサから電源を投入し、管理PCで認識されることを確認 ･中継器のバッテリーを取り外し、通信ルートが切り替わる事を確認	問題なし ※電波強度が維持されている前提
伝送距離(電波強度)の確認	･直線距離で通信可能な限界距離を測定 ･様々な障害物を用意し、電波強度の変化を確認	･見通しが良ければ600m程度の通信が可能 ･金属、セメント等の障害物では電波強度が大きく低下 ガラス等は影響小
電波干渉の確認	･PHSをセンサに近接させ利用し、影響有無を確認	問題なし
既設計器への影響確認	･稼働中の既設計器へセンサを近接させ、指示等に影響ないか確認	問題なし
気象変化の影響確認	･豪雨、雷、台風等の気象変化時でも通信に問題ないか確認	問題なし
バッテリー寿命の確認	･バッテリーの状況を確認	･残電圧を可視化可能 ･アラーム等で事前に交換タイミングをお知らせ可能
複数システムとの共存問題有無確認	･2台のAPを用意し、センサ(通信)の混信がない事を確認	問題なし ※周波数が占拠されていない前提

4-2-2 ：どうやって通信品質を維持していくか

導入先：化学工場
製品：ISA100 Wireless

通信方式	アナログ（有線）	フィールドバス（有線）	無線
信号種類	アナログ信号	（フル）デジタル信号	（フル）デジタル信号
通信の健全性の確認方法	･電圧測定 ･電流測定 ･信号のふらつき	･物理層診断 （信号レベル、ノイズ、リトライ、ジッタ等）	･パケットエラーレート ･電波強度（減衰）
通信の阻害要因	･ケーブル不良 （断線･短絡･絶縁不良） ･ノイズ	･ケーブル不良 （断線･短絡･絶縁不良） ･電源、端子ブロック異常 ･ノイズ	･障害物 ･電波干渉
通信障害を顕在化させない方法	･ケーブルの絶縁測定 ･導通確認 ･ノイズ対策	･ケーブルの絶縁測定 ･導通確認 ･電源、端子ブロック交換 ･ノイズ対策	？ （障害物を近づけない？ 干渉する電波を使わない？）
通信障害発生時の回復方法	･ケーブルの引き替え ･シールド、ルート変更	･ケーブルの引き替え ･電源、端子ブロック交換 ･シールド、ルート変更	？ （障害物を取り除く？ 干渉する電波を取り除く？）

表4.2.2.1　計装で用いる通信方式に関する比較

無線の通信面の不安とは

- いつ通信障害が起こるかわからず、阻害要因をコントロールできない。
- 通信障害を回避する方法を知らない、手に入れていない。

対処方法＝通信品質を維持する方法

- 通信状況を常時モニタリングすることにより、通信障害がいつ起こるか分からない不安を払拭可能。

通信品質の改善事例

- 通信品質悪化の状況
- 定期修理で、無線デバイスを増設した。
- 設置時に通信状況は確認しているものの、定期修理後に再度確認すると、パケットエラーレート（PER）が増加したデバイスが散見された。

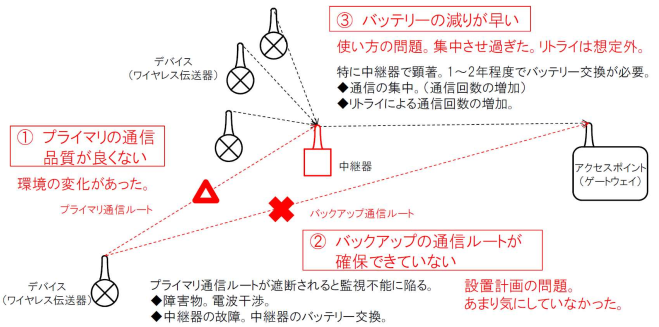


図4.2.2.1　通信品質悪化の状況の状況整理

状況の整理

- 問題点： 運転中に通信がダウンする可能性。
- 計画： 運転中にバッテリを交換する際。
- 非計画： 通信障害発生、中継器故障の場合。

通信品質の改善検討

- 改善策の狙い
- 共通部要因（中継器）で、プロセスのモニタリングを途絶えさせたくない。

・通信品質の改善により、通信の信頼性向上を実現したい。

- 具体的な改善策
- 中継器を二重化し、デバイスの通信ルートを常に

２経路確保し、対となる中継器をある程度離して設置した。

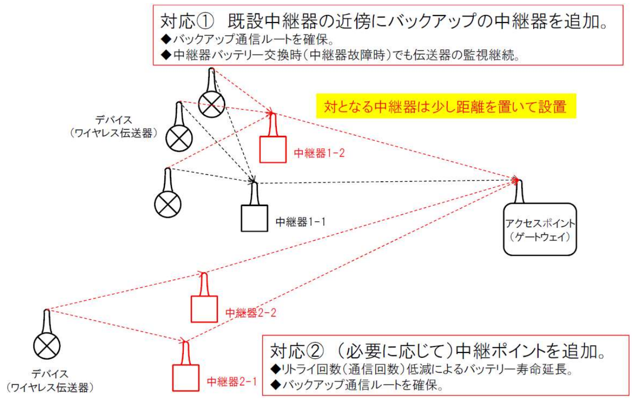


図4.2.2.2　通信品質の改善策（通信の信頼性向上策）

まとめ

- 無線計装の導入と維持
- 通信品質への不安点も懸念として存在したが、通信状況の常時モニタリングで安心を得た。
- 状況は都度見直しを行い、状況に応じて信頼性を高めたネットワーク構造を構築していく必要あり。
- 無線計装は、有線計器同様に積極的に採用出来る。
- 有線・無線の各々の メリット・デメリットを理解して適所に採用することが肝要。

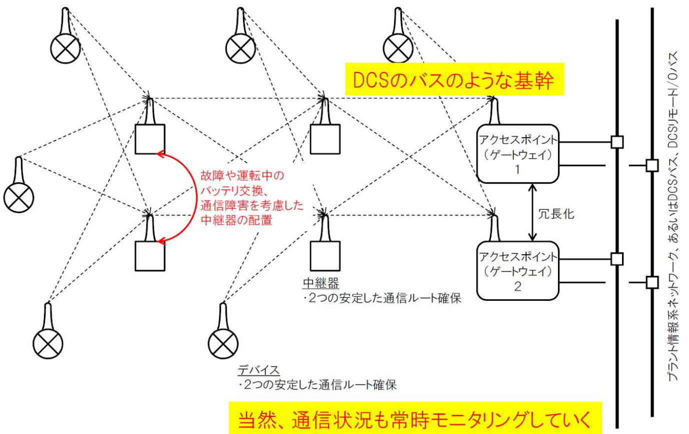


図4.2.2.3　通信の信頼性を高めたワイヤレス構成

4-2-3：フィールドテストによるワイヤレス計装の知見獲得

導入先：廃棄物処理プラント（エンジニアリング会社）
製品：ISA100 Wireless　温度伝送器、圧力伝送器

概要：フィールドテストによるワイヤレス計装の知見を獲得し「エンジニアリングガイドライン」を整備。その後の実プラントへの導入でワイヤレス計装の効果を確認。

ロ ワイヤレス計装導入の期待効果

- 工事（コスト・工程）、設計工数（他設備設計との調整が軽減）のミニマム化
- 移動体の計測等、計測品質向上
- 現場監視強化への適用（機器追加・設置場所変更が容易）、保安防災への適用

ロ フィールドテストでワイヤレス計装の知見獲得

以下のフィールドテストを実施し、ワイヤレス計装の知見を獲得し導入可能なレベルにあると判断した。

No.	試験項目	試験結果
1	マルチベンダ性検証	複数ベンダ（3社）の無線センサで相互運用を検証：問題なし 無線通信品質の差異：なし
2	連続通信安定性検証	通信周期10秒の条件で、2台の無線伝送器で検証：データ欠損率は「ゼロ」
3	通信周期による安定性	通信周期が長いほど、再送回数を増やせるのでデータ欠損が少ない
4	距離・障害物による安定性	通信距離の目安：プラント内の構造物・障害物に囲まれた領域かつ 測定器～中継器間の直線上に障害物がある場合 → 最大30m 必要なRSSIの目安：-72dBm以上
5	長距離通信での安定性	アクセスポイントを高所に配置し、見通しを確保することで200m通信可
6	電波干渉による安定性	干渉する周波数帯を調査、および通信チャネル設定（ブラックチャネル）により、 干渉回避（＝通信安定性の確保）が可能。

- 上記で得られた知見をもとにワイヤレス計装の **「エンジニアリングガイドライン」** を整備した。
- ガイドラインに従って、実プラントへの無線の導入を行った（無線のエンジニアリング手法確立）。

ロ フィールドテストのデータ例

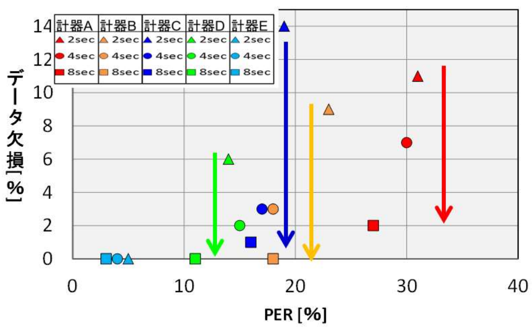


図4.2.3.1 通信周期による安定性

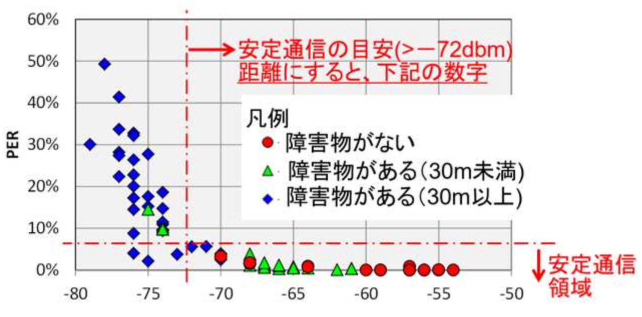


図4.2.3.2 距離・障害物による安定性

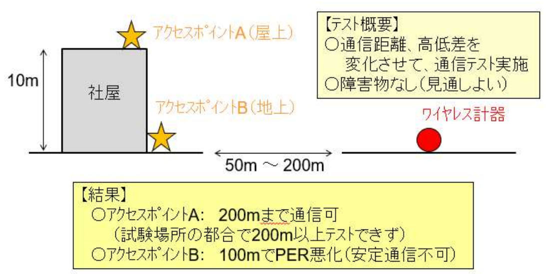


図4.2.3.3 長距離通信での安定性

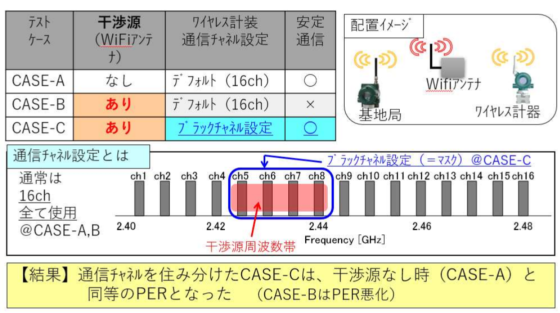


図4.2.3.4 電波干渉による安定性

4-2-4：ワイヤレス計装のエンジニアリング手法確立と導入検証

導入先：バイオエタノールプラント、大規模沖合養殖システム（エンジニアリング会社）
製品：ISA100 Wireless　温度伝送器、圧力伝送器

概要：エンジニアリング会社として、ワイヤレス計装のエンジジアリング手法を確立するために、フィールドテストを実施し、知見を獲得して「エンジニアリングガイドライン」を整備。実プラントにワイヤレス計装を適用して有効性を検証した。

□ フィールドテストでワイヤレス計装の知見獲得

- フィールドテストでワイヤレス計装の知見を獲得し、「**エンジニアリングガイドライン**」を整備。ガイドラインに従って、実プラントへの導入を行った。

□ 導入事例（1）：バイオエタノール実証プラントへの適用

- 通信品質：当初配置計画で概ね良好な通信品質であったが、無線通信に不利な場所に設置せざるを得なかった機器が追加されたので、近傍の発信器を中継器とすることで通信品質を確保。
- 運用面：バッテリ寿命はほぼベンダ提示値通り、状態監視は操作室や、管理端末にインターネット回線を使ってアクセス可能。
- 工事：ケーブル数量減による工程短縮（計装品工事6～7割減）、配線/結線工事がないことによる工程調整業務削減、施工管理面でのリスク低減（施工業者の配線・結線ミス等）。
- エンジニアリング：各種法規制対応（電波法、リチウム電池等）に注意が必要、機器設定には慣れが必要（プロビジョニング、赤外線アダプタ等）。

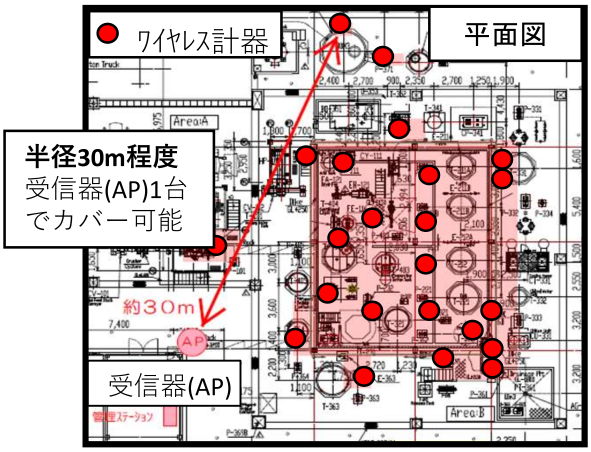


図4.2.4.1 バイオエタノール実証プラント平面図


写真4.2.4.1 バイオエタノール実証プラント主要設備前景

□ 導入事例（2）：大規模沖合養殖システムへの適用

- 無線通信品質・安定性は良好であり、長距離アプリケーションにも問題なく適用可能なことを確認。
- ケーブル布設に比べ、大幅なコストダウンを達成。

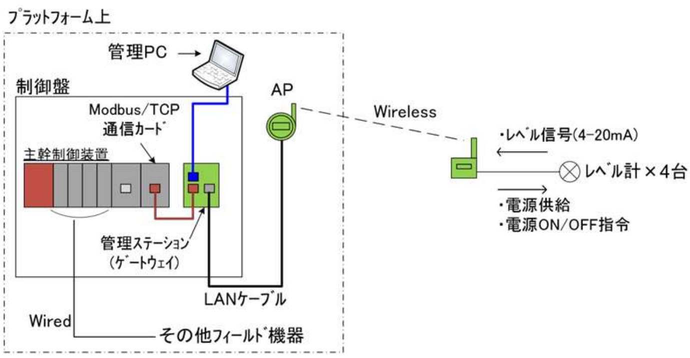


図4.2.4.2 大規模養殖システム構成図

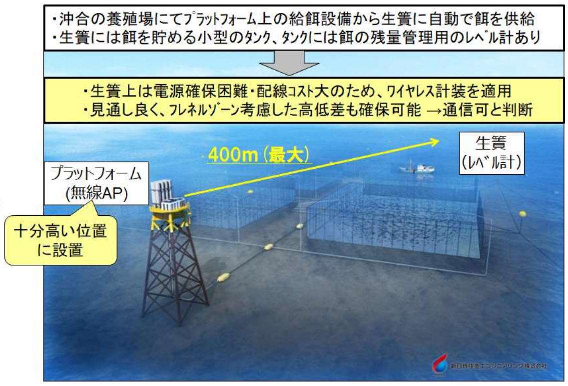


図4.2.4.3 大規模沖合養殖システム外観図

4-2-5：Wi-Fi干渉と潮位変化による反射の影響への対策

導入先：化学工場
製品：ISA100 Wireless　温度伝送器

概要：コンビナートエリアの湾を隔てた遠隔地区との無線伝搬テストにおいて、Wi-Fiの電波干渉や潮位変化に伴う海面の電波反射の影響に対し、通信障害の対策を施すことで1.5kmの通信に成功

◻ 無線導入の目的

- コスト：　工事コストダウン（ケーブル敷設、工期削減）
- 監視強化：一時的な仮設による監視（ガス検知器etc.）
- 保安防災：電源喪失時に有効 （ケーブル焼損等がない）

◻ 無線伝搬性能の評価：海超えテスト

- 測定対象: 温度
- 通信距離: 約1.5km
- 接続台数: 6台（経路の途中に中継器を2台設置）
- 経路上の障害物: 事務所のWi-Fi電波干渉 と海面の電波反射
- 通信品質の指標：PER（ﾊﾟｹｯﾄｴﾗｰﾚｰﾄ）15％以下で合格とする
- RSSI（受信信号強度）は参考値として通信距離や障害物の影響を把握

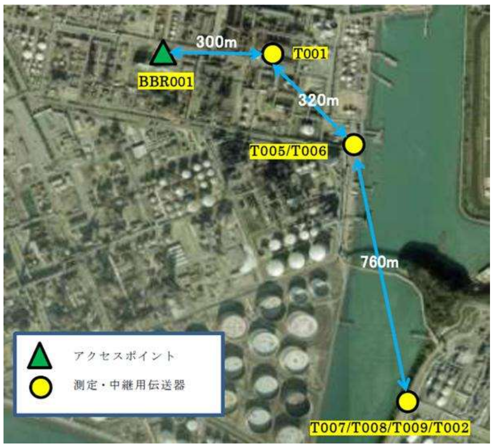


図 4.2.5.1 海越えテストの通信経路

◻ 経路上の障害への対策

- **（１）Wi-Fi 干渉の対策**
  - チャネルブラックリストの設定
  - 通信経路の設計（Wi-Fiの少ない経路を設定）

工場内のWi-Fi, 協力事務所内Wi-FiやWi-Fiカメラなど多数検出

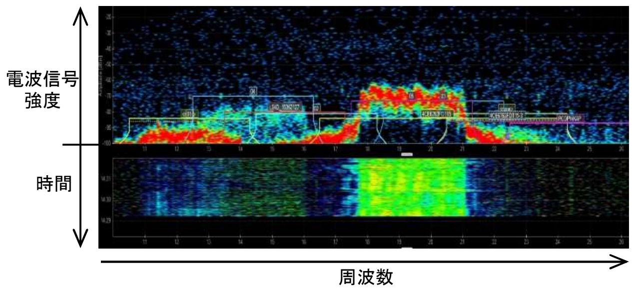


図 4.2.5.2 工場内のWi-Fiの利用状況

Wi-Fiが常駐しているチャネル(周波数)をブラックリストに登録し、ISA100 Wirelessの無線通信では使わないようにする

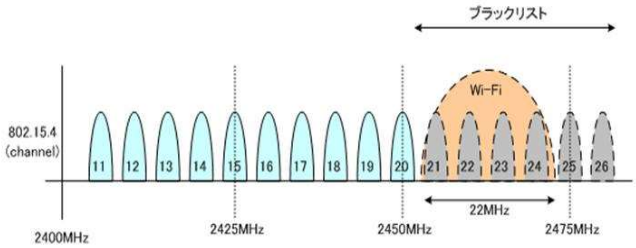


図 4.2.5.3 チャネルブラックリストによりWi-Fiとの共存性を確保

- **（２）潮位変化による海面反射の対策**
  - 高さを変えた中継点（経路）を2つ用意
  - Primary とSecondaryの異なる通信経路により潮位変化の影響による海面の電波反射状態の変動に対応
  - Primary とSecondaryのどちらかが通信可能となるように通信経路を冗長化

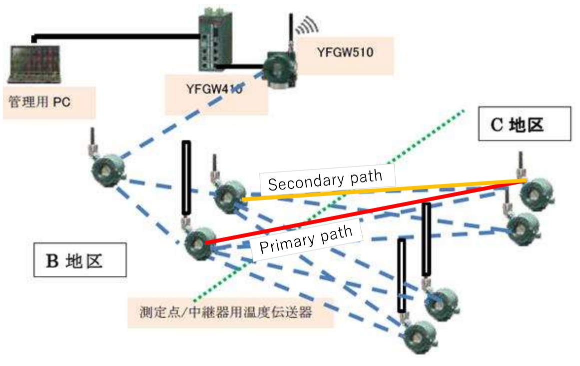


図 4.2.5.4 通信経路の冗長化による潮位変化の反射対策

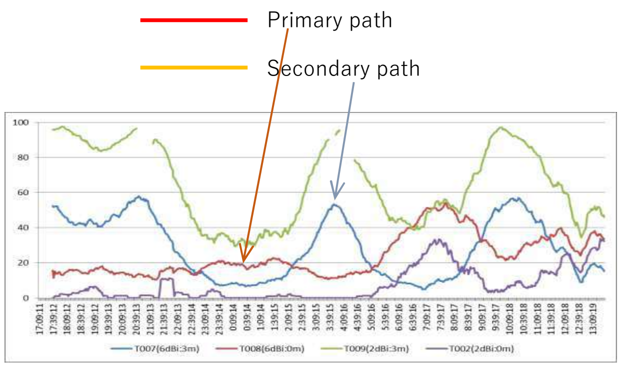


図 4.2.5.5 潮位変化に伴うPERの変動状況

PART 5-1 ケーススタディ 製造運転編

PART 5 - 1

5-1-1：製油所におけるストレーナの詰まり傾向監視

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　差圧伝送器

概要：循環冷却水ストレーナの詰まり傾向を、無線差圧伝送器を使用して監視し、開放清掃のメンテナンス作業を平準化することで保全業務を改善した。

□ 課題

- 現場に設置しているストレーナ詰まり状態を遠隔監視し、開放清掃のタイミングを把握したい。
- 循環冷却水ストレーナの保全コストを低減したい。

□ 背景

- 循環冷却水ストレーナが詰まるたびに事後保全で開放清掃しており、夜中に詰まると作業要員の派遣費用が高くなり、保全コストの負担となる。清掃後もすぐに詰まるため運転に支障があった。
- 安価に詰まり状態を監視できるソリューションを模索していた。
- 冷却水系配管は、汚泥等のスラッジが混入するたびに、ストレーナの清掃を行う必要がある。

□ 解決策

- 循環冷却水ストレーナの詰まり度合を監視するために、無線差圧伝送器を設置した。
- 無線差圧伝送器で傾向監視したことで、ストレーナを洗浄後、通水してもすぐに詰まることが判ったのでストレーナの形状を改善した。

□ 効果

- 循環冷却水ストレーナの詰り度合の傾向を無線差圧伝送器によりDCSから遠隔監視することで、計画的に開放清掃を行うことができ、メンテナンスコストを削減することができた。
- ストレーナの閉塞状況の見える化により、清掃作業を日中にシフトすることが可能となり、突発の作業を無くしメンテナンスの平準化ができた。
- 循環冷却水ストレーナの詰まり傾向とその頻度の履歴を見える化できるようになった。多いときには月5回程度清掃を実施していたことが、ストレーナ形状を変更して改善したことで、開放清掃の頻度が劇的に減少した。
- 過去の実績から差圧の閾値を設定することにより、清掃のタイミングを明確化できた。

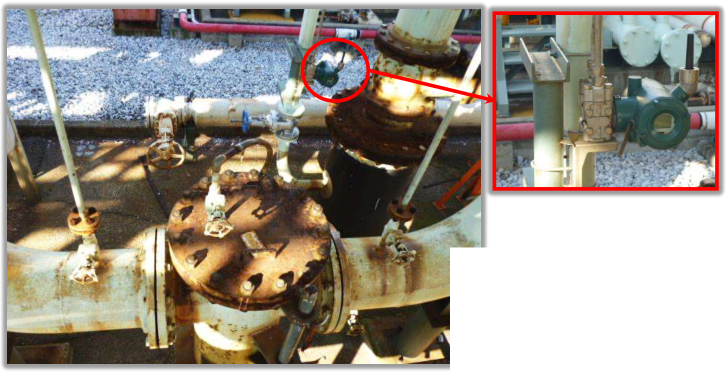


写真5.1.1.1 現場設置状況

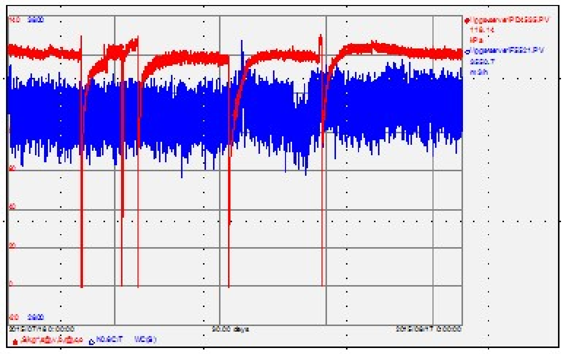


図5.1.1.1トレンド状況(差圧発信器)：詰り傾向監視

導入後：赤線（詰まり状態を可視化できた）
無線計器導入により、詰り頻度を可視化したところ
1か月に5回程度の頻度で詰まることが判明。
→ ストレーナの形状変更することにより改善。

5-1-2：製油所における熱交換器の詰まり傾向監視

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　差圧伝送器

概要：熱交換器の詰まり傾向を無線差圧伝送器で監視し、メンテナンスのタイミングを決定することにより、開放清掃の工程管理、生産計画の調整に役立てることができた。

□ 課題

- 熱交換器は、石油精製プロセスにおいて非常に重要な機器であり閉塞が発生すると損害が大きいため、閉塞発生前に予兆を把握したい。
- 従来の点検業務では、現場での目視確認が必要だったため、計器室での遠隔監視を実現したい。
- 詰まり状況を監視することで計画外工事を削減したい。

□ 背景

- 熱交換器に液体の溶質が結晶化した析出物が詰まることがあり、定期的に運転を停止し清掃を実施する必要性があった。
- 熱交換器は、保有する熱エネルギーの異なる二つの流体間でその熱エネルギーを交換するために使用する機器である。温度の高い流体から低い流体へ効率的に熱を移動することで流体の加熱や冷却を行う目的で用いられる。長期間使用による熱交換器内部の析出物の付着や詰まり状態を監視することは、プラントの安定操業の観点から重要な保全作業である。

□ 解決策

- 熱交換器チューブ出口に無線差圧伝送器を設置して詰まり傾向を監視した。

□ 効果

- 熱交換器の詰り度合を監視することで、塔系統に繋がる熱交換器のメンテナンス時期を決定できるようなった。
- 無線計器を設置し差圧をオンラインで時系列に確認できるようになったため、メンテナンス時期の把握が可能となり、開放清掃の工程管理、生産計画との調整に役立てた。
- 予め閾値を設け、差圧が規定の閾値を超えたらアラームを発報する設定を行うことにより、詰まり傾向を監視することができた。

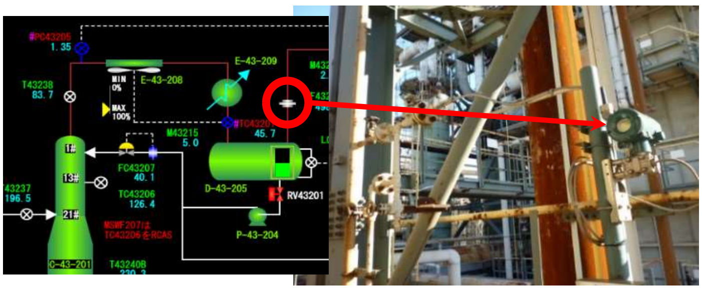


写真5.1.2.1 DCS画面と現場設置状況

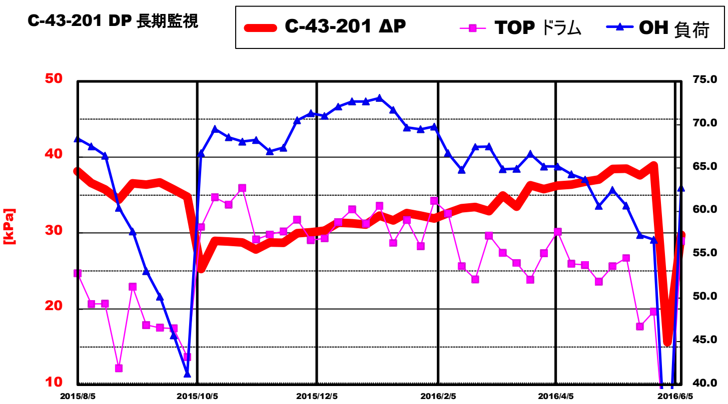


図5.1.2.1トレンド状況(圧力伝送器)：詰り傾向監視

青線：Over Headガス量
ピンク線：熱交換器の入力側温度
赤線：熱交換器の差圧
（新たに設置した差圧伝送器との圧力差）

5-1-3：製油所における活性炭再生度合の管理による作業時間短縮

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　差圧伝送器

概要：スチームパージ温度と保持時間を無線温度伝送器を利用してオンライン監視し、活性炭抜出し作業前の環境設定作業の標準化を実現

□ 課題

- 石油精製プラントにおいてはアンモニア等の臭気を含む機器開放の際、スチームパージ等により内部のガスを置換し、入槽環境を確保する必要がある。この活性炭の抜出し準備パージ時間は作業者の経験に基づいており、作業時間にばらつきがあった。
- 準備作業を標準化することにより、スチームパージ工程の作業効率を改善したい。

□ 背景

- スチームパージ時間は運転員の経験値により作業時間が異なり、明確な時間が定量化されていなかった。

□ 解決策

- アンモニア中の不純物を取り除く槽において、活性炭を抜出す際のパージ作業の状態を見える化し、作業効率の最適化を実現。
- 活性炭吸着槽に無線温度伝送器を設置し、スチームパージの温度と保持時間を管理及びパージ後の冷却時間をDCSからオンラインで監視・管理できるように見える化した。

□ 効果

- パージ温度と保持時間をDCS画面で管理できるようになったことで、作業員によるパージ作業のばらつきがなくなり、標準作業手順として扱えるようになった。そのためベテランでも若手社員でも同じ作業工程（温度と時間を管理してパージする）を実施できるようになった。

  結果として作業の定量化が可能となり、若手社員への技術伝承にも寄与できた。
- 毎回のパージ作業の温度・時間の実績履歴もトレンド画面から管理できるようになった。
- 定量的な作業管理により、機器引き渡し前の環境設定の作業標準が確立できた。

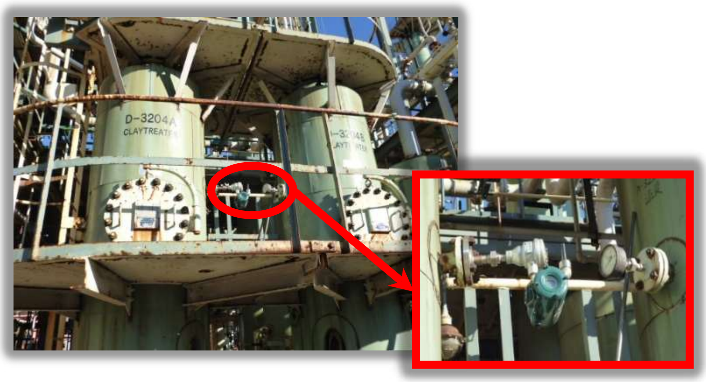


写真5.1.3.1 現場設置状況

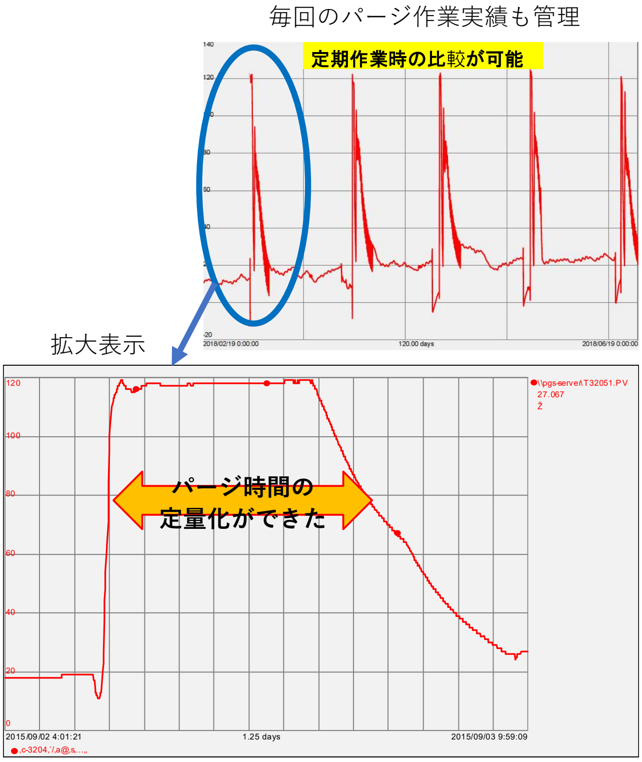


図5.1.3.1 パージ温度と保持時間のトレンド

5-1-4：定期点検が困難な箇所での無線活用例：小規模ループ編

導入先：食品会社
製品：ISA100 Wireless　ゲートウェイ(FN110)、無線アダプタ(FN310)、温度伝送器(YTA510)

概要：有線レベル計を無線アダプタを用いて無線化することにより、現場計器の無線化を実現。小型無線ゲートウェイを介して既設の制御システムに簡単接続。無線システムを導入することで、作業の安全性が向上し、システムの管理・運用コストを低減させることができた。

□ 無線導入の目的

- 土地柄積雪等もあり、現場タンクの定期点検には危険を伴うため無線計装による遠隔監視で安全性を確保

□ 課題

- 有線システムの点検コスト
  - 不具合箇所の発見の困難さ
  - 有線の敷設工事にかかる時間（工期）とコスト
- ぎりぎりの作業員数
  - 少数精鋭の部署
  - 職員の高齢化・・・冬場の点検作業は負担が大きい
- 冬場の積雪
  - 積雪のため足元が滑って危険
  - 積雪で歩けない場合もある
  - 年配者は更なる注意が必要

□ システム構成

- フィールド側：レベル計に無線アダプタ（FN310）を接続。
- 管理等側：小型ゲートウェイ（FN110）が、無線アダプタからの無線データを受信。インターフェースアダプタ（LN90）で信号を変換して既設コントローラに接続。
- コントローラに接続されたモニタ画面で無線伝送された現場のレベル計の数値を常時監視。
- 無線ネットワーク拡張を計画しており温度伝送器を設置予定。

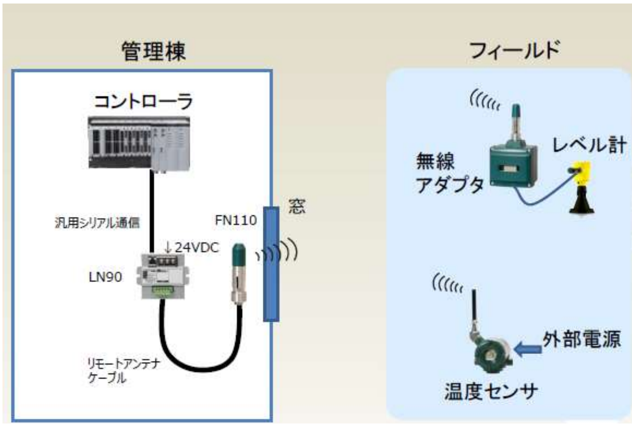


図5.1.4.1 システム構築図

□ 無線活用による効果

- 作業者の安全性を高めることができた：特に冬場
  - 現場に値を見に行く必要がないため
- 現場の変化を素早く検知できるようになった
  - データが連続的かつ自動的に記録できるため
- システムの不具合発見と修理のコストが低下した
  - 配線が不要のため不具合発生個所が少なくなったため
- システム構築のコストが低減し、時間が短縮した
  - 配線工事が不要になったため
- 測定点の追加が簡単になった
  - 配線工事が不要になったため

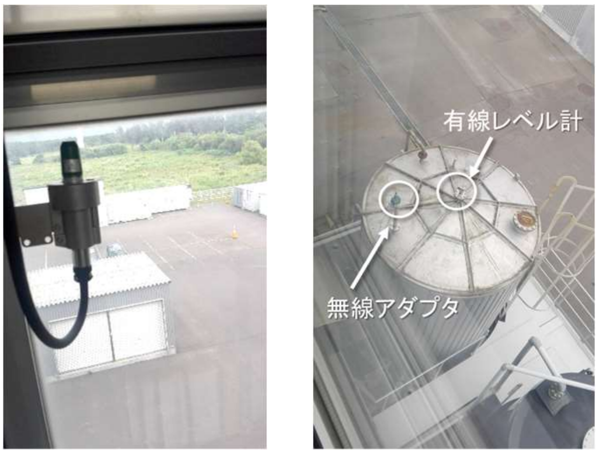


写真5.1.4.1 小規模用システム設置の様子

5-1-5：高炉の鉄皮を無線計器で遠隔監視
200点以上の温度監視を丸々無線化!

導入先：製鉄所
製品：　多点温度伝送器（ YTMX580：30台）
　　　　中継器：温度伝送器（YTA510：2台）

ソリューションの概要

高炉は外部を鋼板製の鉄皮で覆い、内部を耐火物やステーブ（水冷冷却板）で内張りした竪型円筒状の構造物である。高炉の鉄皮温度の遠隔監視において、有線計器の場合は、高温環境下での配線ケーブルへの熱的負荷による劣化や信頼性が課題であった。そこで、鉄皮の温度測定箇所から計器室の間を無線化、200点を超える温度監視のために多点無線温度伝送器（YTMX580： 8点入力）30台を導入して実現した。有線計装の場合の配線ケーブルの熱的負荷による信頼性の問題を解消し、配線コストの削減、監視点の将来的な拡張性にも優れた高炉鉄皮の遠隔監視ソリューションを実現した。

課題

□ 高温設備の配線工事コスト

高炉のような非常に高温な場所の配線は、危険な作業をともない、かつ高額な配線材料を必要とし、多額の工事費用がかかることが課題であった。

□ 設備異常状態の早期検出

高炉内部は、炉内温度の炉外への伝熱を防ぐために耐火物やステーブが備えられている。ステーブに不具合が発生すると炉内温度が鉄皮に到達しやすくなり、そして鉄皮温度の異常上昇は鉄皮損傷リスクを高めることになる。近年、高炉腹部の鉄皮にて温度上昇が確認された。鉄皮損傷に至ると生産に多大な影響を与えてしまうため、鉄皮が損傷する前に対処が必要であり異常の早期検出手段の導入を検討していた。

解決策

□ 無線温度計器を導入して高炉設備の状態を遠隔監視

無線対応の多点温度伝送器（YTMX580： 8点入力）を30台導入して200点の温度を測定できるようにした。炉体周りに熱電対を敷設、多点温度伝送器で収集することで、鉄皮の広範囲の温度監視を行う事を可能にした。温度監視のデータ更新周期は1分に設定した。本高炉設備の監視には、ISA100 Wirelessのネットワーク全体で中継器をたった2台設置するだけで高炉周囲に配置した30台の多点温度伝送器のデータをカバーして計器室に伝送することができた。測定箇所から計器室までの通信距離は100mあり、途中で１回中継することで良好な通信を確保した。中継器と計器室側のアクセスポイントとの間は高利得アンテナを使用したことで通信品質をさらに高めることを実現した。

ISA100 Wireless（無線）を導入した背景・理由（お客様の声）

ISA100 Wirelessは通信経路を指定できるメリットがある。自動経路設定の場合、通信状態の良い機器に通信が集中してしまう可能性があり、その機器はバッテリの消耗が加速する現象が起きる。一方、ISA100 Wirelessは手動での経路設計が可能（自動経路設定も可）であり、ネットワーク内の無線機器のバッテリ寿命が均一になるように管理でき、良好な通信を確保できることからISA100 Wirelessを選択した。同様の遠隔監視を有線計装で実現する場合は、高温箇所は避けてケーブルを敷設する必要があり、配線距離が長くなるため配線材と工事コストが高額となってしまう。

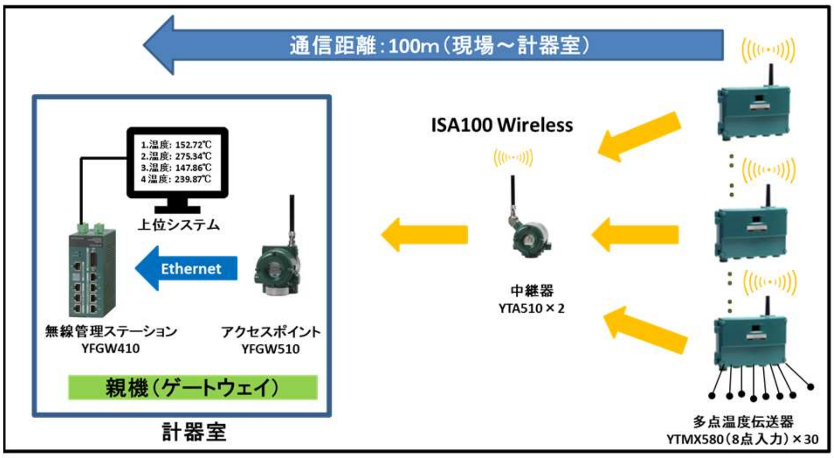


図5.1.5.1 システム構成図

導入効果

□ 鉄皮の過熱を早期に捉えステーブ補修のアクションに繋げる無線計装システムを実現

鉄皮に複数の多点温度伝送器を設置したことで鉄皮の広範囲の温度監視が可能になった。本無線計装システムの設置環境は、高温、高ダスト環境であるが、導入して3から4年経つが健全に作動しており、鉄皮温度が上昇したら上位システムにアラームを発報するよう設定しているため、問題発生時に早急に手を打つことができるようになった。

□ 配線コストと工事費用の削減

有線計装と比較して無線計装は、配線コストと工事費用を大幅に削減することが出来た。
ケーブル配線は、操業中の配線ルート構築と入線作業となるため工期コスト共にかかるところ、数日の設置費用のみで遠隔監視ソリューションを導入でき課題解決することができた。

ISA100 Wireless採用評価（お客様の声）

□ 信頼性の高いISA100 Wireless

無線計装を導入してから3から4年が経過するが、通信品質など特に問題なく使用する事ができている。

□ 多点温度伝送器：YTMX580の魅力

最大8点のアナログ信号（熱電対、測温抵抗体、直流電圧、抵抗体、4 ~ 20 mA）を入力できる無線温度伝送器は、他社にはなく、高炉設備のような多点温度監視には、非常に有効な製品である。

写真5.1.5.1 多点温度伝送器（YTMX580）の現場設置状況
（3年ほど使用しているが問題なし）

5-1-6：火力発電所の排水レベルの遠隔監視

導入先：火力発電所
製品：　無線用マルチプロトコルモジュール（FN310）
　　　　+レーダーレベル計 温度伝送器/中継器（YTA510）

ソリューションの概要

火力発電所の屋外にある貯炭場において、降雨などにより炭の混ざった水が構内に流れ出ることがある。このような水は、炭塵沈降槽（以下「沈降槽」と記す）と呼ばれる槽に溜められた後に排水処理を行う。沈降槽の水位は作業員が一日に3回、雨が降った際は3回以上、現場確認を行い次工程への移送を行う必要があった。そこで無線計器を導入し、運炭操作室から現場の炭塵沈降槽の排水レベルを遠隔監視できるようにしたことで、現場巡回の省力化を実現する事が出来た。

課題

□ 現場巡回の省力化

沈降槽に貯まった排水量を監視するため、これまで直読式の水位計を確認するために作業員が一日に3回、降雨期になると3回以上、現場巡回しており巡回の省力化が課題となっていた。また、沈降槽の周りは足場の状態が悪く、加えて夜間は照明があるにも関わらず、目視が非常に難しく、指示計の監視精度の観点並びに作業員の安全確保の観点からも課題があった。

□ 有線計装の場合の配線経路設計と電源確保

当初は有線計装を計画していたが、建設から30年超経過する発電所であるため、新規敷設ルートの設計が難しかった。また、水位計の電源を新規に確保する事が困難である課題もあった。

解決策

□ 炭塵沈降槽の排水レベルを遠隔監視するために無線計装を導入

排水の水位計測は、有線式レーダーレベル計（HART通信）を使用し、その測定データ（HART信号）を無線信号（ISA100 Wireless）に変換する無線用マルチプロトコルモジュール（FN310）と組み合わせることで無線レベル計器を構成した。既存設備により見通しが確保できず無線の減衰が見られるので、現場から運炭操作室の間に中継器（温度伝送器：YTA510）を1台設置することで500mの通信距離をカバーできるようにした。

有線式レーダーレベル計の電源は、無線用マルチプロトコルモジュールから電源供給することで外部電源の配線を不要とした。

導入効果

□ 現場巡回の省力化、配線コスト、工事費の削減

現場から運炭操作室まで500mの距離を無線化したことにより、従来は点検員が現場まで行き直読式の水位計を目視にて管理していた沈降槽の水位を運炭操作室から遠隔監視することで現場巡回の省力化を実現する事が出来た。また、無線計装は、有線計装と比較して配線コストと工事費用を大幅に削減することができ、従来はケーブル配線に２週間程度の施工期間とコストを要していたが、数日分の設置費用のみで遠隔監視ソリューションを導入でき課題を解決できた。

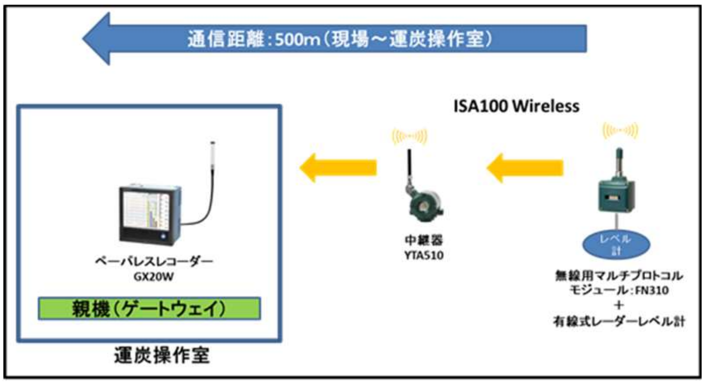


図5.1.6.1 システム構成図

写真5.1.6.1 現場の様子：炭塵沈降槽に溜まった排水量のレベル監視　従来は直読式の水位計を使用していた

5-1-7：広域エリアでの監視に最適な集塵配管の遠隔監視

導入先：鉄鋼
製品：　温度伝送器/中継器（YTA510)　圧力伝送器(EJX110L)

課題

- プラント敷地内に原料を運ぶためのベルトコンベヤが数多く設置されており、構造上ベルトコンベヤの中継部では乗り継ぎ時に粉塵が飛散してしまう。この問題を解消するために、集塵フードが設置されており、吸収した粉塵は配管を経由して集塵機で回収をされている。
- 集塵配管の内部に粉塵が堆積すると、配管内の詰まり等の原因となる。又、配管に穴あきが発生すると集塵能力の低下につながるため配管の点検口より風速計を差し込み、風速を確認することで、内部状況を１か月に１度確認していた。

背景

- 現状1か月に1度の配管内部の確認だと、問題が起こった場合にすぐに対応する事が出来ない。集塵配管の状況をリアルタイムに把握できるようになれば、内部清掃を詰まる前に行う等別途処置を行うことができるため、最適なソリューションを模索していた。

解決策／導入効果

- １か月に１度程度の監視をさらに強化するために、次のステップとしてマノメータを用い、集塵配管の静圧を測定し圧力監視を行った。ダクト内に負荷がかかると静圧が変動する。その変動値を監視することにより、１週間に１度の監視に強化した。集塵配管にISA100 Wirelessの無線圧力伝送器（EJX110）を設置し、配管内の静圧を常時監視することとした。
- 次に１週間に一度の監視から常時監視に切り替えることを目的とし、集塵配管にISA100 Wirelessの無線圧力伝送器（EJX110）を設置し、配管内の静圧を常時監視することとした。
- 最長距離およそ600mの敷地内に計13台の圧力伝送器と中継器としてYTA510を7台設置することにより、配管内の随時監視を実現。ヒストリカルデータを１時間に１度収集し、常時監視を実施している。また閾値を設け基準値以下に数値が変動した場合、迅速に関係者へメール等で連絡を行うことにより、風量低下時に迅速な対応を事前に行うことが可能となった。

採用評価

- 今回無線計装を導入した敷地は広大であり且つ障害物も多いエリアであるが、約2年経過した現在も通信状況等に問題はなく稼働している。
- プラントの性質上集塵配管の監視を行う必要がある箇所は多く存在するため、今後は別のエリアにも拡張を行い、同様の監視を増設していきたいと考えている。

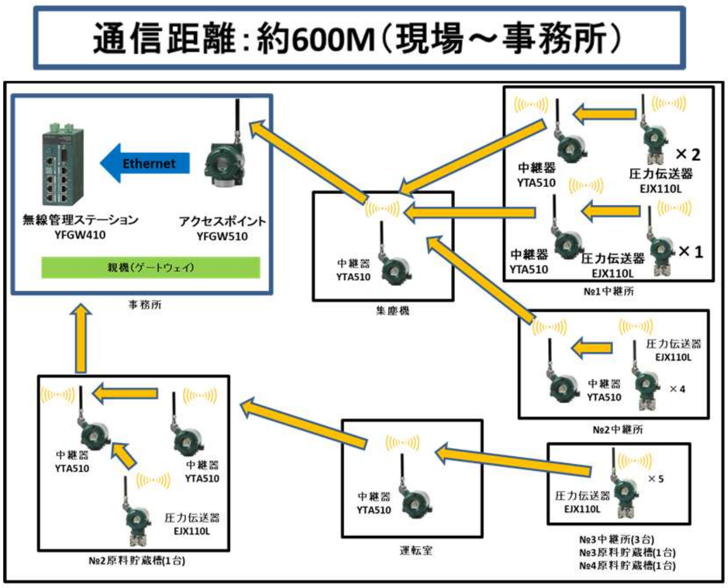


図5.1.7.1 ISA100 Wireless遠隔監視システム構成図

5-1-8：鉱山排水監視

導入先：鉱山
製品：　多点温度伝送器（YTMX580）レーダーレベル計(4-20mA)
　　　　温度伝送器/中継器（YTA510）pH検出器 (4-20mA)

ソリューションの概要

鉱山会社各社は、水質汚染防止法の規定により、定期的に鉱山から排出される坑廃水のpH値を管理する法的義務がある。現場のpH値を遠隔で自動で調整する目的で、無線計装の管理装置導入を実施した。

課題

□ 遠隔モニタリング（可視化）

これまでの坑廃水のpH値の管理は鉱山保安法の規程に従い、週に一度作業員が現場まで行き数値を測定し記録していた。台風や大雨など天候不良で現場へ行けない状況になっても遠隔でモニタリングできるシステムの導入が検討課題となっていた。

□ 高低差、森林、人様の土地があるなど障害がある中での無線経路の検討

現場の測定点は計装室のある監視場所から離れた場所にあり、高低差が最大100m近くもあった。

無線導入を検討するにあたり1対1での無線通信が困難なため、中継器の設置場所を検討する必要があった。現場周辺は人様の土地や背の高い森などがあり中継器の設置場所に悩まされた。

□ 排水中和の自動化

排水中和はpH値からポンプの注入量を手動で設定し運用していた。原水水質・流量が変化しても、ターゲットのpH値になるよう制御の自動化も検討対象となっていた。

解決策

□ 原水流量のレベル、原水と放流水のpH値を遠隔監視するために無線計器を導入。

原水pH値、中和槽pH値、放流水pH値を測定する有線pH計（4-20mA）と、原水流量の水位を測定できる有線レベル計（4-20mA）の信号をペーパーレスレコーダー（GX10）に取り込むことで、現場でも監視対象のデータが確認できる構成を実現した。ペーパーレスレコーダーに取り込んだ各計器の数値を、4-20mA方式のアナログ入力信号として多点温度伝送器（YTMX580）に取り込み、ISA100 Wirelessの無線信号に変換。中継器3台（温度伝送器：YTA510）を介し、計器室のアクセスポイントまで伝送し、パソコン上での監視を実現した。課題であった中継器設置場所は、事前に現場調査を行い見通しが確保できる場所へ中継器を設置したり、高台の電柱に中継器とアンテナを設置することで、現場と計器室までの中継役として良好な通信を確保する事ができた。

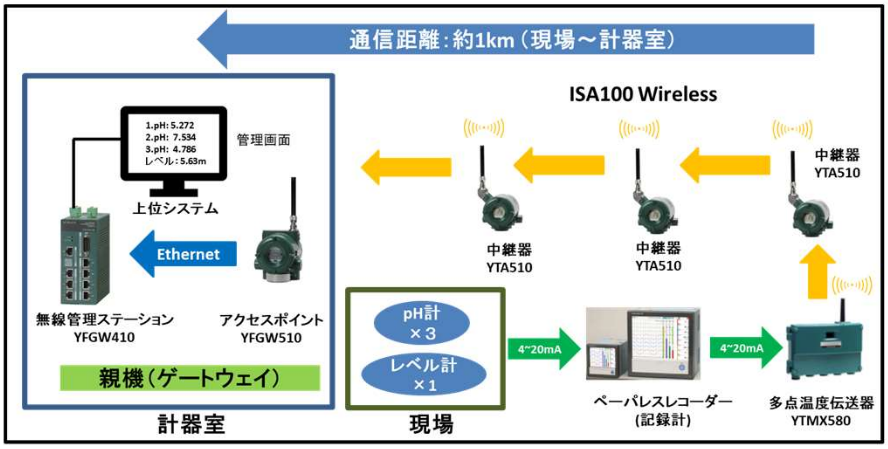


図5.1.8.1 ISA100 Wireless遠隔監視システム構成図

写真5.1.8.1 中継器設置場所

ISA100 Wireless（無線）を導入した背景・理由

□ 有線配線が困難な場所での信号伝送、配線工事コストと工期の削減

有線機器では実現が困難であった今回の導入案件は、ISA100 Wireless製品を導入することで実現することが可能になった。通信距離約1km・高低差最大100m・森林通過等の困難な通信状況を安定的にデータ配信するための無線技術として、ISA100 Wirelessを導入いただいた。また、副次的な効果として、本システム構成では、現場と計器室の間の配線工事が不要なため、短期間・低コストでの遠隔モニタリングを実現可能にした。

導入効果

□ 可視化の実現

pH計、レベル計のデータ更新周期を20秒で行う事で遠隔での常時モニタリングが可能となり、大雨が降った際の坑廃水のpH値の変化や、水量変化が随時監視可能となった。

図5.1.8.2 SA100 Wireless ネットワーク構成

今後の展望

□ 排水中和の自動化

現在、評価実施中の段階だが導入前のコンセプトであった排水中和の自動化の実現に一歩踏み出した。pH値の管理を環境の変化によって自動で調整する仕組みを取り入れているものの完全自動化には至っていないため、更なる改善を積み重ねている。

□ ISA100 Wireless採用評価

今回の導入事例は2019年3月から導入されているが今に至るまで通信が途切れたことは一度もない。ISA100 Wirelessの信頼性が非常に高いという評価を頂いた。また、天候に左右されず無線通信が行える点も高い評価を頂いた。

写真5.1.8.2 原水流量のpH検出器とレベル計の設置状態

写真5.1.8.3 放流水用pH計の設置状態

PART 5-2 ケーススタディ 設備管理編

5-2-1：製油所のレシプロコンプレッサーの振動監視

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　振動計

概要：レシプロコンプレッサーの振動状態を監視して予兆検知の有効性を検証中

□ 目的

- 製油所の重要設備であるレシプロコンプレッサーは、故障発生件数が多いため、予兆検知を目的とした無線振動計を設置することにより、その有効性を検証する。

□ 背景

- 製油所におけるレシプロコンプレッサーは、脱硫プロセスに欠くことのできない水素を搬送する重要設備であり、故障が発生すると大きな損害となるため、故障発生前にその予兆を検知したい。
- レシプロコンプレッサーは、ピストンの往復運動を利用した圧縮機で、一般に故障時には復旧作業に時間を要するためにリスク回避として常にバックアップ機器が用意されている場合が多い。

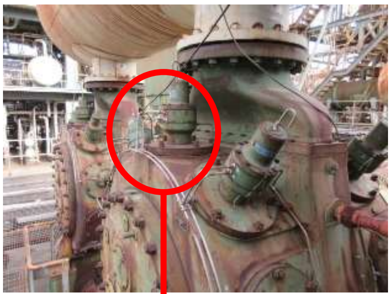
□ 結果

- レシプロコンプレッサーの振動傾向を無線計装でも問題なく監視でき、安定操業のための重要設備の予兆検知が可能となった。

□ 今後の展開（ユーザの声）

「他の重要回転機器へも随時設置し、DCSへ振動数値を取込み、予兆検知したい。」

レシプロコンプレッサー 1st側



振動センサによる加速度信号をデジタル
信号に変換してDCSに無線伝送

レシプロコンプレッサー 2nd側

振動計による
機器異常検知

現場設置状況

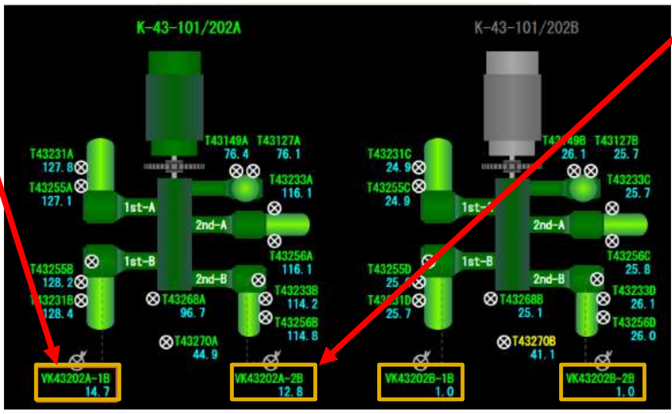


写真5.2.1.1 レシプロコンプレッサーの振動（加速度）をDCSで遠隔監視

5-2-2：空気式計器敷設エリアのIoT化

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　差圧伝送器

概要：空気式レベル計の無線差圧伝送器によるオンライン監視

□ 課題

- 空気式計器の情報は、作業員が現場に出向き手作業で記録する場合も多く、点検作業項目が多岐に渡ることが課題であった。

□ 背景

- 空気式計器は現場ループで完結し、DCSに情報を取り込んでいない箇所も多い。また、小規模ループの箇所は、費用対効果を考え有線を敷設するより空気式を設置したほうがよい場合もあり、今日でも空気式計器は石油化学産業を中心に利用されている。
- その他緊急時に電源供給ができなくなった場合に備えて、有線計器のバックアップとして空気式計器が採用され設置されている場合もある。

□ 解決策

- タンク内のレベルを測定するために、空気式計器の差圧発信器が設置されていたが、DCSで集中監視を行うことを目的に無線差圧伝送器を併設し、タンク内の状態を遠隔で監視できるようにした。

□ 効果

- タンク内の状態をオンラインで遠隔監視できるようになった。
- デジタル化した情報を蓄積できるようになったため、タンク内部の状態を計器室から時系列で監視することが可能となった。
- 異常時には早期にアラームを出すことが可能となり安全管理の強化ができた。
- 空気式計器が設置されているエリアは、電源の敷設をしていないエリアが多く、バッテリ駆動である無線は設置には最適だった。

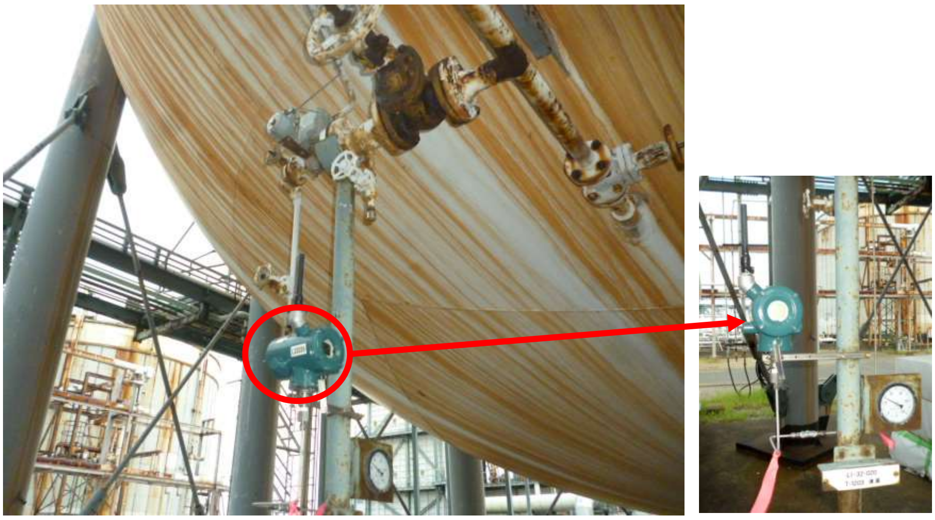


写真5.2.2.1　現場設置状況

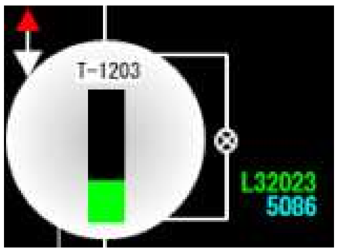


写真5.2.2.2 DCS監視画面

5-2-3：重要回転機械の監視強化

ベーカーヒューズ・エナジージャパン株式会社

課題：回転機の監視強化とコスト低減の両立

日本の多くの製油所・石油化学プラントでは、重要度の高い機械については保護機能を有する振動監視システムを設置して機械の破壊に至る故障は防ぎ、それ以外の機器についてはポータブル振動計を利用して機械の状態を把握することが一般的に実施されてきた。近年、機械状態監視技術を用いて予知保全(Predictive Maintenance)を実施することが、IoT技術の進歩に伴って再度脚光を浴びており、予知保全の導入または最適化を検討しているユーザが増えている。

ポータブル振動計により行われる振動監視は、人間が計測を行うという特性上、大きなプラントでは平均1-2か月に1回、多くとも月2回程度であるケースが多い。転がり軸受の異常を点でとらえるには十分かもしれないが、その変化の経緯をとらえようとした際にはこのデータ頻度では不足となる。ポータブル振動計でデータ計測頻度を上げようとすると、即人件費に跳ね返ってくる。そのため、よほどの効果が見込めていない限り、データ計測頻度を上げるという投資は社内での承認取得が難しくなる。

写真5.2.3.1 ポータブル振動計による振動監視

ソリューション：無線振動監視システム

無線振動計の導入により、1時間に1回程度の振動データを自動で収集できるようにする。より多くの計測データから、より多くの気づきを得て、それを日々の保全戦略の改善に生かしていく。
というような改善効果が期待できる。

◆ システム

ISA100無線インフラとして管理ステーションYFGW410、アクセスポイントYFGW510を設置、または既に設置されていればそれを流用し、ISA100無線対応ベントリー・ネバダ無線振動計Ranger Proを回転機の各軸受の上に設置する。計測値はModbus通信にてDCS等へ送信、および専用ソフトウェアで波形データとして監視が可能となる。センサーと伝送器が一体型となったタイプであるため、回転機まわりにケーブル敷設が不要となり、設置に関わる作業が極小化される。

◆ コスト

無線振動計システムは機器への初期投資費用は必要となってくるものの、年間ランニングコストは2-3年ごとの電池交換のみ（使用頻度による）で、電池も市場で購入可能な4-5千円のタイプであり、ほとんどかからない。一方、ポータブル振動計の場合はポータブル振動計そのものは比較的安価であるものの、毎年計測のために人件費がかかってくる。

一例として、ポータブル振動計測を現在行っている500台の回転機のうち、比較的重要な50台を無線振動監視システムへに更新するとする。ポータブル振動計測の業務委託費の10%(50/500台)の3-5年間分をあてることで、投資費用の捻出ができる、という試算も成り立つ。

◆ データ品質

高性能のポータブル振動計と同様のデータを無線振動計でも計測が可能となる。

写真5.2.3.2 回転機への設置の様子（左部）

写真5.2.3.3 振動センサの外形（直径40mm x 高さ88mm）

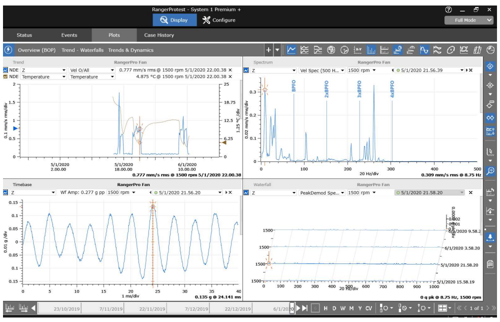


図5.2.3.1 専用ソフトウェアSystem 1の監視画面

5-2-4：監視強化が強まる河川でも効果的な ISA100 Wirelessによる河川監視ソリューション

導入先：河川国道事務所
製品：レーダーレベル計(4-20mA)＋多点信号伝送器(YTMX580)＋ゲートウェイ(YFGW710)

ソリューションの概要

近年の河川氾濫等の災害増加により、環境観測データのデータ共有とデータベース化は今や避けて通れない道で点在する観測地点の計測データを管理事務所に伝送し、データ処理するシステム要求は年々高まっている。

課題

- 従来まで、水位局舎の真下に水位計を設置し測定を行っていたが、測定ポイントの水位不足や砂利等異物の混入の問題により、継続測定が困難となったため、橋の真下の測定に変更を検討した。
- 設置予測場所と水位局舎間が直線で200m離れており、有線式で配線をすると距離もあるため、ケーブル敷設に施工費がかかることが判明。

解決策

- 橋の下に非接触のレベル計(周期10分）を設置し受信した信号を、多点信号伝送器（YTMX580）に伝送し、局舎壁面に設置してあるゲートウェイ（YFGW710）に送信。測定エリアには電源が敷設してなかったため別途敷設した。ゲートウェイからModbus/TCP形式でロガーに情報をあげ、リアルタイムで局舎内で情報を入手することが可能となった。局舎内で収集したデータは、河川用指定サーバに随時情報をあげ、有線式と大差ないランタイムで情報を送信することができた。
- 有線式の施工費と無線構築費とを比較し、十分に協議のうえ採用に至った。

導入効果と採用評価

- 別途同一条件で設置している有線の計器と比較しても測定値の誤差はなく、問題なく使用し精度の維持も担保できている。
- ISA100 Wirelessの導入により見通しの確保ができた。また万が一の二次災害が計測地点で発生した場合でも、無線であればケーブル断絶等の影響がなく、バックアップとしての稼働にも期待ができる。
- ISA100 Wirelessは、Modbus/TCPで情報を上位で吸い上げることが可能のため、上位で収集したデータを活用し、将来的に解析等に役立てることに期待ができる。
- 近年の動向を見ても、河川監視は人命を守る意味でも非常に重要な位置づけであることは間違えない。作業員が現場に出向き目視確認をする作業も危険を伴い、遠隔で監視できる体制をバックアップ含め整えていくことは最重要項目となり、今後も同様のソリューションを水平展開して広げていきたい。

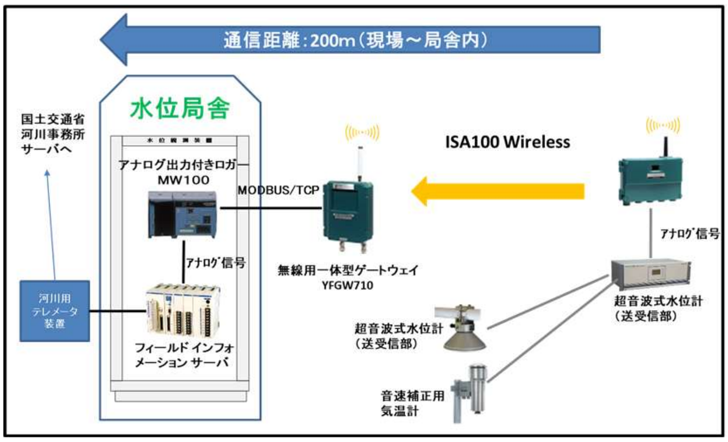


図5.2.4.1 システム構成図

写真5.2.4.1 現場測定ポイント

5-2-5：排水処理状態を中央操作室から遠隔管理 排水監視ソリューション

導入先：製紙工場
製品：有線レーダーレベル計（4-20mA）＋無線用マルチファンクションモジュール（FN510）pH検出器（CENCOM）＋ 無線用マルチプロトコルモジュール（FN310）

ソリューションの概要

集中豪雨の際に、排水処理能力以上の水が流れる可能性があった。事前予知を行いたいとの事で、排水状態を無線計器で遠隔監視するソリューションを提案。関係部署へ事前周知が行えた事で課題を解決できた。さらに、排水のpH値の遠隔監視も無線で常時監視するようにしたことで管理精度が向上。

課題

□ 排水ピット設備の排水処理が追いつかない可能性があった

集中豪雨の際には　排水量増大の影響で処理が追いつかない可能性があり、生産設備の運転状況を監視する必要があった。状況把握ができていないと各所へ相談も行えない為、監視を行えるシステムが必要であった。

□ 排水pH値の監視

排水pH値は、処理装置を安定的に運転させるために、これまでは作業員が定期的に排水pH値を計測管理していたが、監視精度の向上が課題となっていた。そこで計器室から、排水pH値を常時管理できるようにする遠隔監視の方法を模索していた。

解決策

□ 排水の水位とpH値の遠隔監視のために無線計器を導入

- 中央操作室と監視箇所の間は、多数の建物や生産設備があり見通しがきかないため、当社が提唱するスカイメッシュ方式（高所に中継器を設置して電波を散らせる）を採用することで、良好な無線通信を実現した。この無線計装システムの構成は、有線計装と比較した場合、配線工事コストと工期を大幅に削減することができた。
- 無線による排水の水位監視のために、有線式レーダレベル計（4-20mA方式）と無線用マルチファンクションモジュール（FN510：バッテリ駆動）を組合わせた。レーダーレベル計は外部電源供給で有線と変わらない更新周期で運用できた。
- 排水pH値の遠隔監視は、pH検出器（SENCOM）と無線用マルチプロトコルモジュール（FN310：バッテリ駆動）を組み合わせることで実現した。

図5.2.5.1 システム構成図

ISA100 Wirelessを導入した背景・理由（お客様の声）

□ 現場計器の電源配線が不要、通信ケーブルの配線コストと工事費用が不要

　監視箇所には電源がないため、電池で起動する現場計器が必要であった。中央操作室（受信場所）にデータを統合したいが、監視箇所から計器室の間をケーブル配線すると配線距離は総延長で数Kmとなる。
有線計装では通信ケーブルの配線コストと配線工事費用が多額となること、さらに工期もかかることから、無線計器の導入を選択した。
　ISA100 Wirelessの選定の決め手は、他社無線計器と比較して、長距離通信（500m以上）が可能であることが挙げられる。
　また、無線ネットワークのトラブル発生時などに対応可能な現地のサポート体制があること、既設のDCSとの親和性の点でエンジニアリングが容易であったことがISA100 Wireless導入の理由である。

導入効果

□ 作業ロスの低減

　排水の水位を1秒周期で計器室から常時監視／管理できるようになり、各所への事前通達が行えるようになった。

□ 配線コストと工事費用の削減

　有線計装と比較すると、今回導入した無線計装では、配線コストと工事費用を大幅に削減することができた。ケーブル配線なら工事期間：数ヶ月分（足場製作含む）の人員コスト及びケーブルコストがかかるところ、数日の設置工事の費用のみで遠隔監視リューションを導入できた。

□ 人的コストの削減と問題発生時の即時対応

　監視対象のデータを計器室で一元管理することで、問題発生時に中央から各所へ警報指示を出すことができ、人的コストの削減と、トラブルの先回りや不具合発生時の即時対応が可能となった。

5-2-6：タイヤ製造工程における蒸気配管の監視

Armstrong International

課題

- ある世界的なタイヤメーカーでは、ゴムプレス成型時の温度を一定に保つことに苦戦しており、製品の品質維持に課題を抱えていた。（このプレス工程は、加硫工程と呼ばれ、ゴム原料に「熱と圧力」を一定時間くわえて、生ゴムに硫黄または塩化硫黄などを混ぜて加熱し、ゴムの弾性を増加させる操作である）。この加硫工程はタイヤの製造工程において、高品質のタイヤを作る上で重要な工程となる。プレス機の圧力と温度を長時間にわたり一定に保たなければ仕様を満足することができない。
- 運転中、蒸気システムはある頻度でスチームトラップの故障が発生していた。それは蒸気配管内の復水が逆流してウォーターハンマーを引き起こしたことに起因したものであり、タイヤプレス工程の温度アラームによって発見されていた。（ウォーターハンマーは、バルブの急速な開閉などにより、配管内の流れる流体のスピードが急激に変化し、配管内の圧力が上昇・下降して大きな衝撃が発生する現象のことで、配管自体の破裂や大きな事故に繋がるため安全面で考えても注意が必要な事象である。）　スチームトラップの故障と関連する蒸気配管の問題により、生産停止時間の増加や過剰な廃棄物が発生していた。そして、ウォーターハンマーによる、生産中の安全への対処が生じる可能性が高くなっていた。
- 工場では運転中のスチームトラップにアクセスすることは困難であり、技術者が安全かつタイムリーにスチームトラップを特定して修理することができなかった。

スチームトラップとは？

- 蒸気が冷えて凝縮し復水になると、蒸気配管内や装置内には蒸気と復水が混在した状態になる。この復水を排除するために最下点に穴をあけておけば、復水は排出されるが、蒸気も一緒に出て行くためロスが生じる。復水は排出して蒸気は逃さないための機器をスチームトラップという。

導入検討

- ユーザは、生産停止を防ぐために、全てのスチームトラップの性能を「リアルタイム」に安全に監視する解決策を求めていた。
- 加硫工程のタイヤプレス装置の内部温度が高く、有線だとケーブルの耐熱温度に配慮する必要があった。また装置周囲のスペースの制約から配線経路確保の問題もあり、有線計装の選択肢はなく無線計装を採用することにした。
- ユーザは、各プレス工程がシステムのHMI上で実行されている間、オペレータがスチームトラップの動作を安全に監視できる機能を提供したいと考えていた。プレス動作中に問題が発生した場合は、スチームトラップをバイパスして、加硫工程装置内の温度を適正に保ち、良好な製品を製造することができる。

写真5.2.6.1 スチームトラップ監視用無線センサ

解決策

- 複数のゲートウェイと、運転の妨げとならない非侵襲型のArmstrong International社製 ST 6700 ISA 100スチームトラップ監視ユニットを設置することで、ユーザは全ての重要なスチームトラップを監視することが可能となった。
- ロカールHMI上にリアルタイム警報を統合することで、オペレーターは蒸気システムが適切に作動していることを確認でき、廃棄や生産時間の損失のリスクを排除することができた。リアルタイムで監視を行うことにより、蒸気システムで特定された問題のあるスチームトラップには、次のメンテナンス期間に調査するようにフラグを立てることができた。
- ISA100 Wireless規格準拠のセンサを中継器として工場内に配置し（外部給電式のセンサの中継機能を有効に設定）、完全に冗長化された無線ネットワークを構築した。この無線ネットワーク構成により、レイテンシ（伝送遅延時間）が短縮され、スチームトラップ監視ユニット（ST6700 ）のバッテリ寿命と性能を向上でき、有線のような性能を実現することができた。

効果

- ISA100 Wirelessネットワークの導入により、プロセス情報を短期間で、非常に費用対効果の高い方法で提供することができた。ユーザは、結果、従来運転中に、蒸気システムに残留する凝縮水によって生じていた日常のMROコスト(メンテナンス、リペア、オペレーションに必要な備品や消耗品費)を年間約5%削減し、さらに20%廃棄レベルを削減することができた。
- ISA100オープンアークチャを利用することで、専業メーカから提供される複数のデバイスを組み合わせて無線ネットワークを構築でき、同エリア内の配線工事をすることなく、他のプロセス情報を簡単に拡張及び監視でき、その結果、より多くの工場内の製造設備の状態監視できるようになった。このような監視強化の取組みは、工場内のさまざまな装置の圧力、温度、流量、振動の監視についても検討されている。

【Armstrong Internationalについて】

- Armstrong Internationalはエネルギー管理の世界的リーダーであり、7か国に製造設備を持ち、115年以上の上記システムの経験を有するとともに、スチームトラップの監視についても30年以上の経験を有する。世界中で100万台以上のスチームトラップを調査、テスト、分析している。またArmstrongは、無線スチームトラップ監視システムの世界最大のインストールベースを所有しており、長年にわたり取得された特許にて示されている通り、20年以上の無線の経験と精通している。無線方式のスチームトラップモニタは、世界各地250箇所以上のサイトに設置されており、合計25,000台以上の伝送器の納入実績を持つ。

写真5.2.6.2 タイヤ製造工場の一例

5-2-7：蒸気トレース管理の仕組みづくり

株式会社テイエルブイ

蒸気トレース不良による生産機会損失リスク回避と蒸気トレース管理工数の削減

石油精製プラントと、化学プラントでの無線モニタリング導入事例を紹介する。対象の２プラントにおいて蒸気トレース（図5.2.7.1 ）は高流動点、高融点の流体の保温、凍結防止の目的で多く使用されている。蒸気トレースの末端にはスチームトラップが設置されており、蒸気をロスすることなくドレンを排出させている。
蒸気トレースに取り付けられているスチームトラップとその周辺のバルブの異常は、トレース対象に異常が及ぶ前の予兆として捉えることができるため、これらは管理対象となっている。その数はプラント全体で管理するスチームトラップのうち50～90％にあたる500～2,000台になる。その中には蒸気トレースの不良がプラント停止に直結するものも少なくない。それを防ぐために１人当たり30～180か所に及ぶ、スチームトラップを1週間に1回～1日に1回の頻度で触診を行っている。マンパワーが不足している状況では、プラント操業に必須の工数がかさみ、これらの触診は順延されることもある。また、蒸気トレースは保温を必要とする加熱対象の形状から加工しやすい銅管が多用される。銅管は被加熱対象に巻き付けられ通常は保温材に覆われ、外部から確認できるのは一部である。配管の上を人が歩くことなどにより、保温材の下の銅管がつぶれることも少なくない。さらに時が経つとエロージョン、コロージョン（一般的に銅管ではpH調整剤や脱酸素剤からくるアンモニア起因でコロージョンが発生する）により閉塞することもある。そのため、銅管の巻き直しや閉塞物の貫通作業が行われる。また、装置の増設などで被加熱対象が増えると銅管を枝分けし、蒸気トレース自体も増加していく。蒸気トレースのような１回当たりの工事としては小規模の増設、改造の記録が残されることはなく、結果、どの蒸気トレースがどこを保温しているのか、どのバルブを閉めれば対象の蒸気トレースの蒸気を停止できるのか、特定できていないものが増えていく状況にあった。

- 課題：蒸気トレースに取り付けられたスチームトラップとその周辺バルブ管理の現状
  ①数が多い
  ②管理に必要なマンパワーが十分ではない
  ③不良の発生は避けられない
  ④トレース対象が特定されていないものがある
  ⑤蒸気通気停止用バルブの所在が不明なものがある

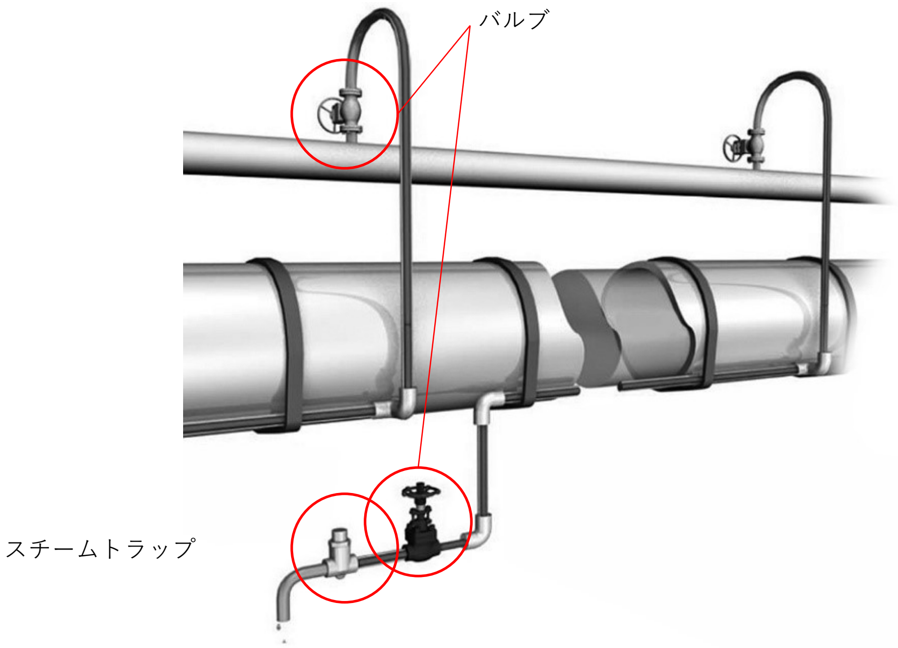


図5.2.7.1 蒸気トレース

◆ ソリューション：重要度に応じた仕分けと、異常検知後のアクションを具体化するデータベース

- 重要度に応じた仕分けによる保守方法の選定

多数ある蒸気トレースに取り付けられたスチームトラップを対象に、上述した課題を解消するのが無線計装を活用したモニタリングだが、採算性を考えると無作為に全数をモニタリングすることは必ずしも最適なソリューションとは言えない。また、モニタリングを開始してもその後の運用が導入前から考慮されていなければせっかく導入したモニタリングは機能しない。そこで、現状の管理に割けるマンパワー、多数ある蒸気トレースの対象を明らかにし、各蒸気トレースの重要度を設定することとした。最重要箇所にはモニタリングを活用し、重要度が比較的低くなる箇所については従来の触診、あるいは定期的なスチームトラップ診断をアウトソーシング、という仕分けを行った。

最重要　：無線計装活用のモニタリング
重要度中：触診
重要度低：定期的なスチームトラップ診断のアウトソーシング、あるいは自主点検

- スチームトラップと周辺のバルブのデータベース化

触診、定期診断、モニタリングいずれの不良検知の手段を取っても、その後の復旧活動が実施されなければ意味がない。復旧活動を考慮したときに重要なのはいかに早く対処できるかである。対処が遅れると重要度が高い箇所の場合には、最悪の場合プラントの突発停止や出荷停止に至る。また、蒸気トレース1箇所の不良では大きな問題につながることは少ないが、不良が複数重なると大きな問題に至る場合もある。そのため、トレース対象が何か、その重要度の程度を把握することが重要である（図5.2.7.2）。さらに可能な限り早く復旧活動に移すためには異常検知後のアクションを具体化し、不良処置を行うための蒸気を停止させるバルブの特定、トラップ交換が必要となる場合には事前に工事内容を特定するためのデータベース作成を行った。

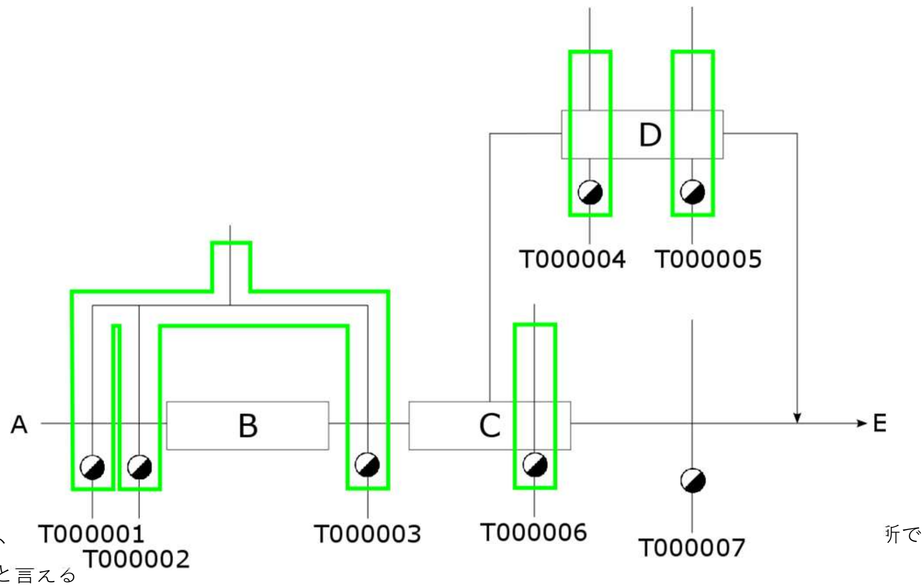


図5.2.7.2の装置C、
同程度のリスクと言える
所で同時に不良が起これば

図5.2.7.2 蒸気トレース対象と重要度を明確にするためのフロー図

スチームトラップと周辺のバルブのデータベース化
- ・トレース対象とその重要度設定（図5.2.7.2）
- ・蒸気停止用バルブの特定（図5.2.7.3）
- ・事前に可能な範囲で工事内容を特定（図5.2.7.4）

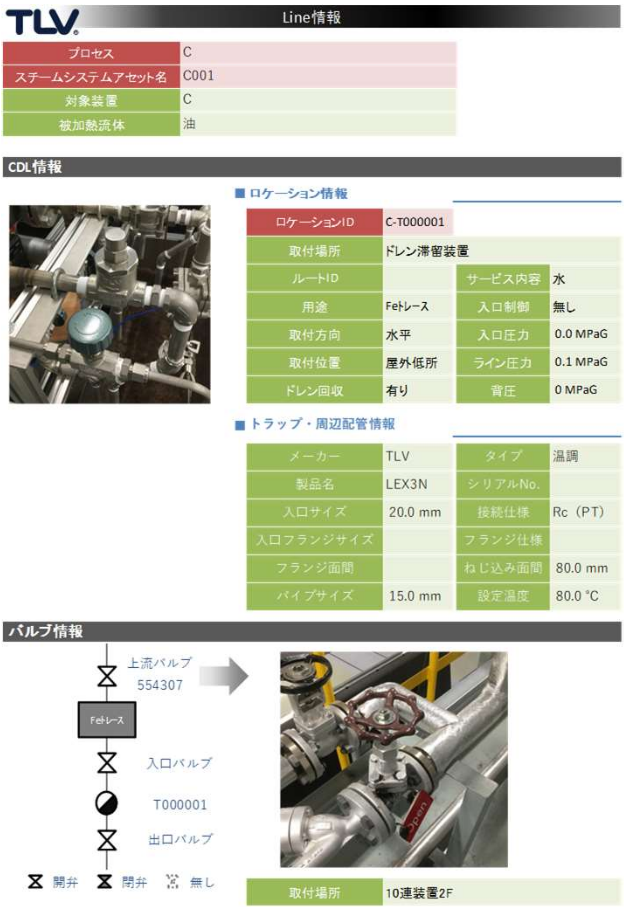


図5.2.7.3 蒸気停止用バルブの特定

図5.2.7.4 事前に可能な範囲で工事内容を特定

◆ まとめ

モニタリングを導入しデータが見えるようになったもののその活用はできていないというユーザもいる中、この2プラントでは重要度からモニタリングの対象を限定し、導入後の復旧活動も考慮したことで、モニタリングとそれを起点とする復旧活動が定着した。その結果、蒸気トレースの不良が発生する前にアクションを起こすことが可能になり、石油精製プラントでは、モニタリング導入前には3年に1回の頻度であった蒸気起因の出荷停止が導入後4年でもゼロとなり、化学プラントでは1年で10回蒸気トレースの温度低下を検知し、大きな問題に至る前に復旧することができた。現在は蓄積されたデータより管理標準の見直しを図り、さらなるリスク低減の取り組みを行っている。

TLVでは上述したようにユーザと協議し、ロケーション毎の不良検知手段を選定、復旧作業に必要な情報のデータベース化、モニタリングを要する場合にはその導入まで一貫したサポートが可能である。

コラム 2

C-2：ISA100 Wireless通信距離試験

ISA100 Wireless通信距離試験

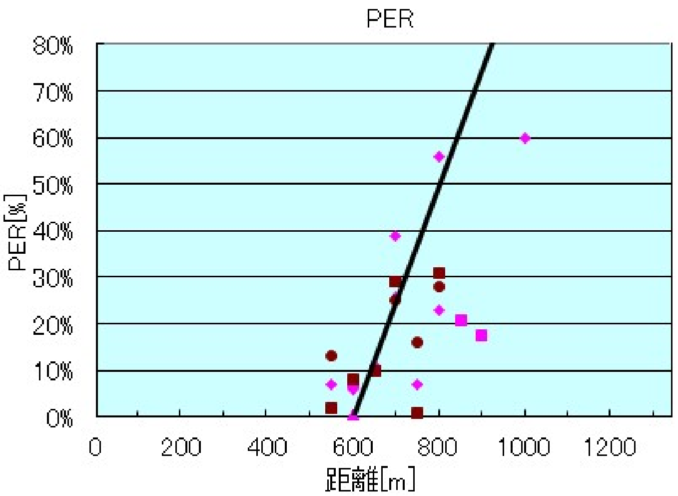
無線機器の性能を示す代表的な指標に無線の通信距離がある。無線の通信距離は、無線機器同士の通信距離を延ばしていき、ある一定のパケットエラー率（PER）になった距離で定義する。通信距離が長い方が、無線機器の性能が高いと言える。

PER の測定は、送信したパケット（データ）が受信側に正しく到達しなかった割合で評価する指標である。このほかに機器が受信した電波強度（RSSI）で、無線通信品質の推定を行うことがある。理想的な区間、あるいは障害物の影響が少ない環境では、RSSI の値から PER が推定でき、簡単に評価を行うことができる。しかしながらパイプジャングルのような環境では、RSSI と PER に相関があるとは言えない。

そのために、プラント現場で無線評価を確実に行えるのは PERになる。フィールド無線システム全体の設計でも PER がわかれば、求められる信頼性より必要なリトライ回数を決めることができる。つまり、リトライ回数と経路の情報より、システムとしての信頼性、無線伝送器がパケットを送信してから上位システムが受け取るまでの遅れ時間、更に それぞれの無線伝送器の電池寿命の予測も可能となる。

ISA100 Wireless機器による 通信距離試験

下記に横河電機のISA100 Wireless 機器による実際の通信距離試験を紹介する。本実験では見通しの良い場所で通信距離を延ばしながら、10分程度ゲートウェイとデバイス間でプロセス値を通信させた後に、PERを測定した。結果 600 m までは、ほとんどパケットエラーが発生せず、無線通信のカバー範囲を広くできることを確認した。パケットエラーが発生しなければリトライ回数も減り、結果として機器の電池寿命を延ばすことになる。電池また電池交換作業のコストを含めたインフラコストを大幅に低減できることを示している。



図C2-1 通信距離とPER

写真C2-1 通信距離試験の風景

PART 5-3 ケーススタディ 安全管理編

PART 5 - 3

5-3-1：レシプロコンプレッサーのシール状態監視（有効性確認のフィールドテスト）

導入先：製油所
製品：ISA100 Wireless　ガス検知器

概要：レシプロコンプレッサーのアクチェータロッドパッキンのシール状況を監視して機器保全管理（状態基準保全：CBM）の有効性を検証中。

□ 目的

- 製油所における可燃性ガス搬送用のレシプロコンプレッサーの機器保全管理の目的で、アクチェータロッドパッキンのシール状態把握のために、漏洩ガスの有無を無線ガス検知器で監視する状態基準保全の有効性を検証する。

□ 背景

- 可燃性ガス搬送の負荷容量調整のための吸入部アクチュエータを、空気式から無段階調整の電気駆動式に変更した。電気式の採用は初めてのため機器保全管理の観点から、シール部の劣化による内部ガスの漏れを検知するために、無線ガス検知器を試験的に設置した。

□ 実証

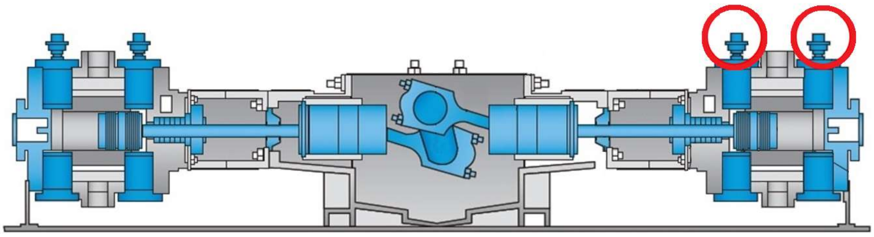
- レシプロコンプレッサーのアクチェータロッドパッキンのブリード配管に無線ガス検知器を設置して、アクチェータロッドに沿って漏れ出るガスのシール状態を常時監視するようにした。
- 無線ガス検知器をボックス内に入れ、微量のガスが漏れた場合でも検知できるように工夫した。

□ 結果

- ブリード配管に含まれる漏洩ガスを検知することにより、ロッドパッキンのシール状況を把握できるようになった。ガス漏洩を検知してシール状態の劣化傾向を把握して機器保全管理に役立てる現場の監視強化（見える化）を実現することができた。

□ 今後の展開 （ユーザの声）

- 回転機、静機器のシール状況を監視することによる状態基準保全（Condition Based Maintenance）に活用したい。



アクチェータロッドシール機構
アクチェータロッドに沿って漏れ出るガスを封じる(シールする)

図5.3.1.1レシプロコンプレッサー断面図

写真5.3.1.1 現場設置状況

無線ガス検知器をBOXの中に入れて微量のガスが漏れた場合でも検知できるようにした。

5-3-2 ：化学プラントにおける無線計装の活用事例

導入先：化学工場
製品：ISA100 Wireless

活用事例（１）保安・環境安全の管理強化

無線計装は、我々のミッションの最重要項目であるプラントの保安維持・向上に貢献する新たな技術として期待出来る。プラント稼働状態には様々なケースがあり、通常運転時のみならず、有事の際や非定常状態の中で、保安安全を維持する事が求められている。

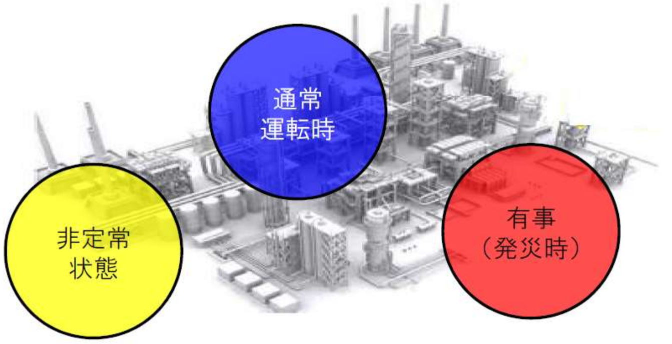


図5.3.2.1　無線計装で保安・環境安全の管理強化

□ 非定常作業のリスク低減

- 非定常作業（槽内作業、火気作業）においても無線計装では場所を選ばず、必要なデータを監視出来る。
- 現状の管理方法　（監視人の配置、作業前の周囲ガス検知etc.）に加え、複数箇所の作業環境をオンラインで連続同時監視する事で、作業者の安全確保に貢献する。

図5.3.2.2　無線ガス検知器で非定常作業時のリスク低減

活用事例（２）広域エリアの環境監視

- 事業所内広域エリアの環境管理に於いて、無線計装技術は長距離伝送が可能であり、計器新設時の導入コスト低減に寄与する。また既設の有線計器の信号を中継器へ接続し、無線伝送も可能。
- 現状の管理方法（各プラント内での管理）だけでなく、事業所内共通監視部署でも連続同時監視する事で、事業所エリアとしての監視体制を強化する。

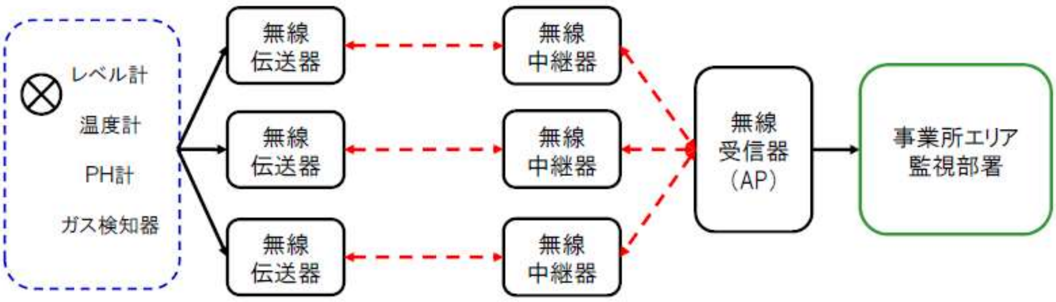


図5.3.2.3　無線計装は発災時でも活き続けることが可能

ISA100 Wireless稼働状況

- 無線計装技術の適用（インフラの導入）は、プラント内のみならず事業所内広域へ拡大。

5-3-3：火力発電所の貯炭場における自然発火対策

導入先：火力発電所
製品：　多点温度伝送器（YTMX580）温度伝送器/中継器（YTA510）

ソリューションの概要

火力発電所の貯炭場には、数万トンの石炭が貯蔵されている。石炭は積上げて貯蔵することにより自然発火する可能性があることから、細心の注意が必要となる。そこで、貯蔵石炭の温度監視により自然発火の兆候を捉えること、また従来の温度監視装置において頻繁に起きる落雷の被害を防ぐため、無線計装を導入した。

課題

ロ 落雷によるセンサや機器の不具合

従来は検温棒を用いた温度信号を温度ロガーに接続し、更にシリアル通信により貯蔵石炭の遠隔温度監視を行っていた。しかし落雷が発生すると、埋設敷設してあるシリアル通信ケーブルにサージが乗ることにより、過電圧、過電流から機器の損傷が度々発生しており、貯炭場の温度管理手法ならびに関連計器の保全に関して長い間課題となっていた。

解決策

ロ 落雷の防止のため配線が不要な無線計器を導入

貯炭場から運炭操作室間に敷設された伝送ケーブルへの落雷による機器故障の課題を解決するために、無線温度計器を導入した。貯炭場の現場には、多点温度伝送器（YTMX580）を設置し、8点入力点数全てを使用して複数部位の貯蔵石炭の温度を1台に集約して収集し、管理精度も向上させた。現場から運炭操作室までの直線距離は約700ｍあり、途中に中継器として無線温度伝送器（YTA510）を1台設置することで、貯炭場エリア全域で良好な無線通信を実現した。

写真5.3.3.1　奥の建屋が屋内貯炭場
右側煙突下部に中継器を設置

導入効果

ロ 落雷による機器の不具合の改善

貯炭場から運炭操作室間の配線を無くしたことにより、落雷によるセンサや機器の不具合がなくなった。

ロ 配線コストと工事費用の削減

無線化することで、配線コストと工事費用を大幅に削減することができた。従来はケーブル配線に２週間程度の期間とコストを要していたが、数日分の設置費用のみで遠隔監視ソリューションを導入でき課題解決することができた。

ロ 柔軟性と信頼性の向上への指向

貯炭場では石炭の貯蔵量や受入れ場所が変動するため、検温部位も適宜移動する必要がある。この部分における現状の課題は感じられてはいないが、無線計器の柔軟性を活かし今後は測定箇所自体からの無線伝送を検討することも可能となり更なる改善の可能性が見込まれる。

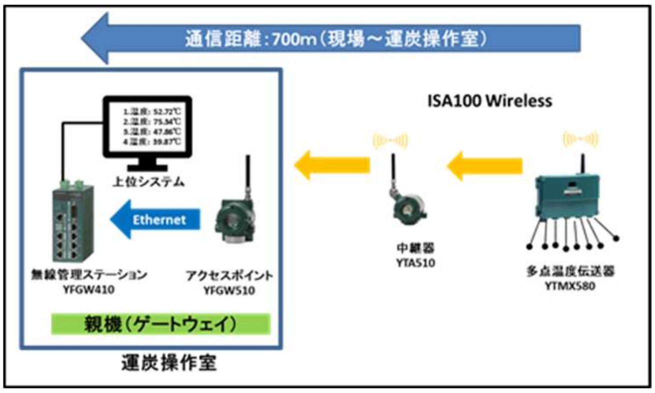


図5.3.3.1　システム構成図

今後の展望（お客様の声）

具体的な計画案まで至っていないが、無線計器の仮設設置を検討している。運炭操作室には、拡張性の高い親機のアクセスポイント（YFGW510）と無線管理ステーション（YFGW410）を導入したので、現場のさらなる監視強化に向けて無線計器の増設がスムーズにできるようになった。

5-3-4：測定ポイントを自由に選択可能な仮設設置ソリューション

導入先：ガス会社
製品：常設設置：ゲートウェイ、中継器（温度伝送器：YTA510）
　　　仮設設置：ガス検知器、温度伝送器、圧力伝送器、振動計、pH計

YOKOGAWA

ソリューションの概要

常時監視のための固定設置ではなく、仮設監視ソリューションとしてISA100 Wirelessを活用した事例。区画内のアクセスポイント及び中継器（温度伝送器：YTA510）は、無線ネットワークインフラとして固定設置し、センサは、固定位置に設置せずに監視が必要な箇所に随時、仮設設置できるようにした。この構成により、有事発生時に当該箇所に迅速にセンサを設置して情報収集することが可能な監視強化の仕組みが構築できた。

☐ 課題

- 設備の試運転や状態監視強化の際には、仮設計器や記録計を取付けデータ取得を行っていたが、計器取り付けや記録計のデータ取り出しの手間がかかっていた。
- 固定式のガス検知器が無いエリアや一時的にガス測定が必要な場合、ポータブルのガス検知器を使用して人の手で測定をしているが、遠隔監視ができず測定データの蓄積が不可能であり、発災時など有事の際は作業員を危険にさらすことになっている。

☐ 解決策

- ISA100 Wirelessによる遠隔監視システムを構築し、必要な測定ポイントに無線センサを随時仮設して計測することが可能な柔軟性の高い仮設設置ソリューションを実現した。
- 800m四方の区画にISA100 Wirelessのネットワークを構築。アクセスポイントを中心に周囲に中継器５台を200m四方に配置して無線ネットワークインフラを構成した。無線ガス検知器８台、その他の無線センサの信号は、エリア内のどこに設置しても中継器が受信できるようにした。この構成により、現場の不具合発生時には、無線計器を必要な箇所に随時仮設して、迅速にオンライン監視することが可能になった。
- 現場の計測箇所は随時変動するため、データロガー経由でDCSに伝送するシステム構成とした。

☐ ISA100 Wirelessを導入した背景・理由

- 有事での使用目的であり、事案に対応して測定箇所をフレキシブルに変更できる必要があった。
- ISA100 Wirelessはマルチベンダ対応のため、ベンダ問わず統一の操作感で使用可能なのが利点であった。防爆製品のラインアップが多く、必要なガス検知器のラインアップ が揃っていたのも導入の決めて。

☐ 導入効果と採用評価

- エリア内であればどこでも測定できるため、計測ポイントが現場に散在する場合に最適なソリューション。
- ベンダ問わず同様の操作感で無線計器を容易に接続することができ、作業工数ロスの低減ができた。
- 計器室で常時監視を行い業務を定常化することが実現でき、機器の診断情報もリアルタイムで入手することができるようになったため、今後の予兆保全にも役立てていくことが期待できる。
- 無線ネットワークを構築済みのエリアであれば、センサを持ち運ぶだけで簡単に計測が実現できるため、その他の圧力、温度、振動、レベル等の計測も今後積極的に活用していきたい。

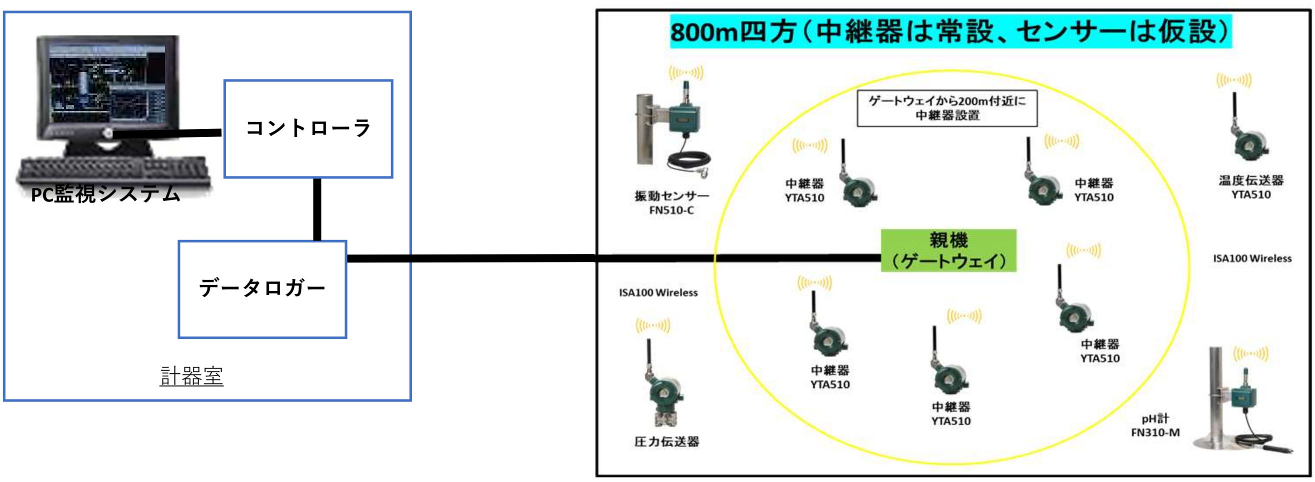


図5.3.4.1 システム構成図

5-3-5：ガス漏えい監視エリア拡大と強化

新コスモス電機株式会社

新コスモス電機株式会社

課題①：プラントにおける安全対策強化

ガス検知部はガスを検知するセンサを搭載し、ガス漏えいの発生有無を監視する。そのため、ガス漏えいによる事故の防止、設備の状態監視などプラントの安全管理に使用されている。

近年、石油精製、石油化学、電力、鉄鋼業などのプラントでは建設から数十年が経過した設備が増加している。そのため、ガス漏えい発生リスクも高まっている。そのような背景から、既設のガス漏えい監視の強化あるいは、万が一、漏えいした場合に作業者のいるエリアの安全状況が確認できる環境構築が必要となる。しかし、有線計装のガス検知部を新たに導入するためには、ガス検知部までの配線工事費用が大きな課題となる。さらに、設置範囲が広域の場合や防爆エリアの場合は工事費用がさらに増加してしまう。

ソリューション①：ケーブルレスで動作する無線ガス検知部による監視エリア拡大・強化

ケーブルレスで動作する無線ガス検知ソリューションを提供する。無線ガス検知部KD-101はケーブルレスのため配線工事費用を抑えて設置可能である。そのため、無線ガス検知部を増設して監視を強化する、あるいは作業エリア周辺に無線ガス検知部を設置することで作業者の安全を確保することができる。通信が無線になることで、通信の遅れが懸念事項として考えられるが、最短周期2秒で定期的にガス濃度を送信できる。そのため、有線計装と遜色のないガス漏えい監視システムを構築できる。さらに、 ISA100 Wirelessでは無線の通信経路の二重化が可能である。それにより、通信の信頼性を高く維持できるため、安全管理というプラント操業における重要な用途にも使用できる。KD-101シリーズは、可燃性ガス、一酸化炭素、硫化水素、酸素に対応できるため、さまざまな業界での安全管理に対応可能である。

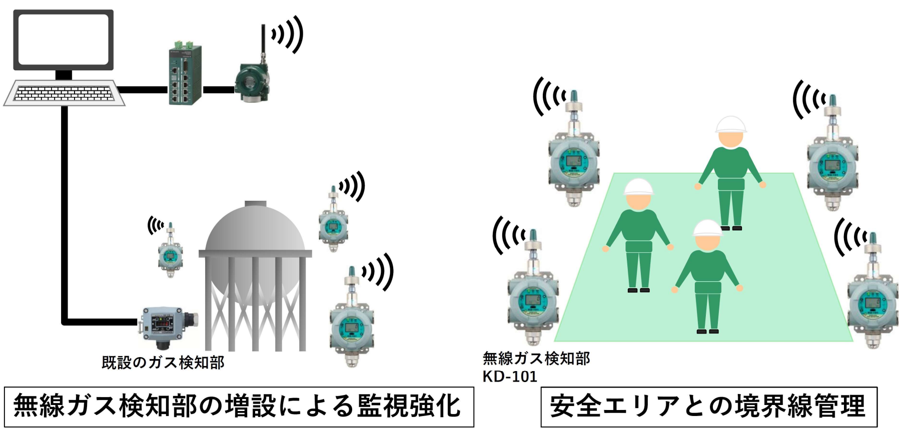


図5.3.5.1 無線ガス検知部の増設による監視強化

課題②：設備の状態監視強化

近年、プラント設備の状態監視強化のニーズが高まっている。その背景として設備の故障を未然に防ぐことで生産のダウンタイムを減少させる、あるいはCBM（状態基準保全）へ移行し保全コストを削減するなどがある。その場合、できるだけ設備近傍へのガス検知部設置が求められる場合がある。しかし、そのような場所は人が立ち入ることが困難な場合もあり、保守作業性を考慮すると設置場所に制約が発生してしまう。そこで、設備近傍、高所及びピットなどの保守が困難な場所では、ポンプで検知箇所からガスをサンプリングし、それをガス検知部で検知している。しかし、監視システムとの信号配線経路を考慮すると、サンプリング配管経路が長くなり、検知性能が低減してしまうことが問題になる場合がある。

ソリューション②：ガスサンプリング技術との組み合わせによる設備状態監視の強化

ガスサンプリング技術とISA100 Wirelessを組み合わせたガス漏えい監視ソリューションを提供する。新たなソリューションでは、ポンプとガス検知部が一体になった吸引式ガス検知部PD-12と4-20mAアナログ信号を無線信号に変換する無線信号変換器KD-100Mを組み合わせて使用する。それにより、監視システムとの信号配線が不要となり、最適なサンプリング配管経路を考慮してガス検知部を設置できる。また、ISA100 Wirelessでは通信のホップ機能があるためホップ数の制限範囲内であれば、ゲートウェイから直接通信できない場所であっても通信品質を維持できる。そのため、これまで以上に効果のある検知箇所でのガス漏えい監視を実現できる。

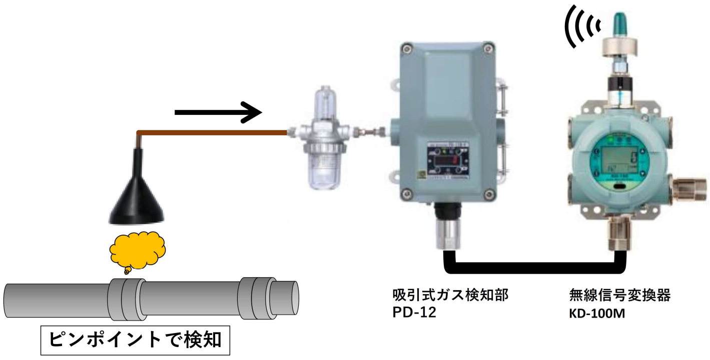


図5.3.5.2 ガスサンプリング技術と組合わせた監視強化

課題③：非常時、設備メンテナンス時の非定常作業に対する監視強化

プラントでは定期的に設備の点検、調整等のメンテナンス作業が行われる。これら作業中のガス漏えいによる事故を防止するために、ガス検知部に回転灯やブザーを接続して作業現場でガス漏えいの発生有無を確認できるようにしている。しかし、これらのガス検知部は監視システムとは接続されていない場合がある。安全管理強化としてガス検知部を監視するシステムを構築することが望まれるが作業毎にシステムとの配線が必要となるため、費用及び工期の確保が課題となっている。

ソリューション③：仮設型ガス漏えい監視システムによる安全管理

仮設用のガス漏えい監視システムによる一時的な監視強化ソリューションを提供する。仮設型ガス漏えい監視システムVCW-100は、ゲートウェイ機能が備わっており、無線ガス検知部KD-100、KD-101とISA100 Wirelessで通信ができる。タッチパネルを搭載しておりガス濃度や機器の状態を表示し、ガス漏えい・故障等が発生していることを周囲に知らせるブザー・回転灯を搭載している。ISA100 Wirelessでは、ゲートウェイにデバイスを登録すれば、使用時に再度登録する必要はない。そのため、出荷時にデバイスを登録しておくことでユーザは、わずらわしい設定作業なく電源を入れるだけですぐに使用できる。それにより、緊急時やメンテナンス作業等ですぐに監視システムを構築することができ、現場での安全管理強化の実現を可能とする。

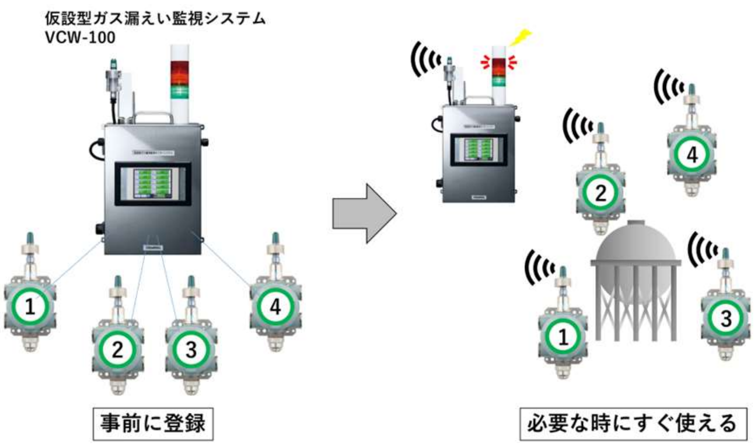


図5.3.5.3 仮設型ガス漏洩監視システム

5-3-6：火山性ガスに対する安全対策の強化

理研計器株式会社

RIKEN KEIKI

課題：火山性ガスに対する入山規制管理及び観光客の安全確保

日本列島は、世界で有数の火山大国と言われ環太平洋火山帯に属し、火山活動が非常に活発な地域であり、国内には100を超える活火山があると言われている。火山はその雄大な景観や温泉などにより国内でも有数の観光地となっており、多くの観光客が訪れる場所となっている。

一方、火山活動の活発な地域では、観光客の立ち入る場所であっても人命にかかわる高濃度の火山性ガスが発生する恐れがある。

観光客の火山への入山から山道の安全確保のため、日々の火山性ガス噴気孔からの放出火山性ガス量、ガス濃度の管理が安全管理上重要であり入山規制の管理、及び観光客の安全管理の要求が強くなってきている。

写真5.3.6.1 無線ガス検知器の設置場所

ソリューション：定置式無線式ガス検知システム

火山性ガス濃度を連続監視し、入山規制の基準ガス濃度の管理と入山する観光客の安全を確保するソリューションを提供する。火山性ガスから観光客の安全を確保するためには、火山性ガスを低濃度にて早期に検知することが必要となる。定置式無線ガス検知部SDWL-1は低濃度の火山性ガス（H2S：硫化水素、SO2：二酸化硫黄）の検知が可能であり、 ISA100 Wireless無線通信にて遠隔から火山性ガス濃度値をリアルタイムにて高速で伝送する。ISA100 Wireless無線を使用することにより高信頼、高速応答を可能としており長距離通信の無線性能を有している。また、SDWL-1は、国内初の完全スタンドアローンの無線式ガス検知部であり、電源工事の必要もなく設置場所を選ばず任意の場所に設置することで、火山性ガス噴気孔や登山口及び観光客の集まる場所等安全管理上重要な場所への設置が可能となる。SDWL-1と無線ガス検知部用モニタリングステーションSTWL-Pを、ISA100 Wirelessで無線接続するシステム構成により、火山性ガス濃度が基準値を超えた時点で警報をパトライト及びブザーにて発する機能を有し、また、外部警報出力を備えていることにより遠隔での警報表示が可能である。本システムは、将来的にはSTWL-Pよりクラウド上に火山ガス濃度のデータを送信することが可能であり、クラウド上にて気象庁の火山性地震、火山性微動及び山体膨張データ等と融合しより高度な安全管理が可能となると考える。

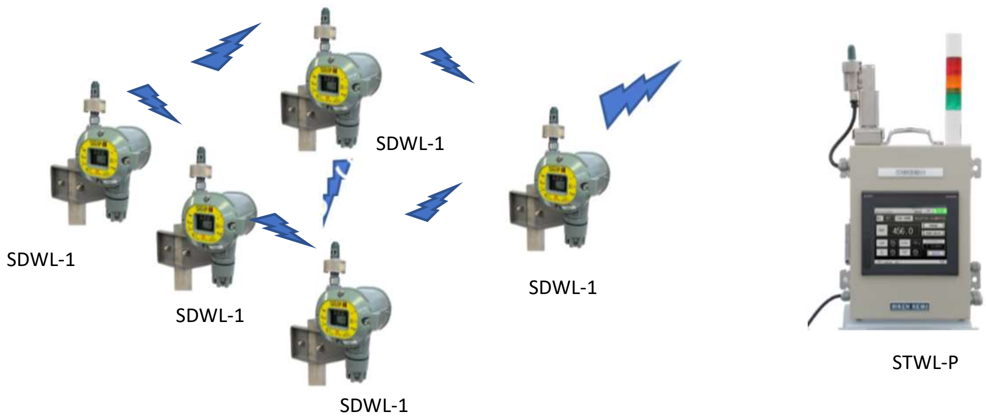


図5.3.6.1 定置式無線式無線ガス検知システム

5-3-7：工業用無線の統合「Dualゲートウェイ」

ドレーゲルジャパン株式会社

課題：2極化している工業用無線の統合

2極化している工業用無線の最大の悩みは、ISA100 WirelessもしくはWirelessHARTどちらの無線プロトコルを採用するかであるが、それぞれのプロトコル特性を考慮してアプリケーション毎に使い分けることがベストである。高圧ガス関連法規に代表される時間的要素をクリアしなくてはならないガス検知器などミッションクリティカルなアプリケーションへはISA100 Wirelessを適用、一方、有線HARTを無線化したWirelessHARTは、機器の選択性/汎用性が高く、一般的な監視アプリケーションへ適用されている。ただ、インフラ構築のため2種類のゲートウェイを設置するハードルが高く、なかなか実現できないケースがあるため、無線計装の「統合」の声が度々聞かれる。

ソリューション：デュアル無線ゲートウェイ

VR950デュアル無線ゲートウェイは、ISA100 Wirelessおよび、WirelessHART機器に準拠した温度センサからガス検知器まであらゆる無線フィールド機器を簡単に統合することができ（※1）、アプリケーション毎に最適な無線計装システム構築を実現できる。オールインワンタイプゲートウェイを採用することにより、初期費用を抑えるだけでなく、ISA100 WirelessもしくはWirelessHART機器を各最大100台（※2）接続することが可能で、様々な産業、アプリケーションに適用できるソリューションが提供できる。

この「統合」を日本で初めて導入した実例をここで紹介する。大阪ガス株式会社では、以前よりフィルターハウスの無線監視アプリケーションとしてWirelessHARTを導入しており、今回、ISA100 Wirelessの無線ガス検知器の新設にあたり、一括監視を目的にこの統合ソリューションを採用した。

VR950デュアル無線ゲートウェイへの移行も、既設WirelessHARTネットワークの再設定は不要で、まずはVR950でメッシュネットワークを自動生成。新規の各ISA100 Wireless機器は、通常のプロビジョニングを行ったあと、メッシュネットワークを自動生成。日本初となる工業用無線の統合を短期間に実現した。

今後は、ISA100 Wireless、WIrelessHARTの垣根の無い無線計装の運用が可能となり、常設無線機器のフレキシブルな追加や、仮設用途（火気使用を伴う工事などにおけるガス検知器の設置）での拡張が期待される。

- ※1　プロトコル別に2つの無線ネットワークを一台のゲートウェイで構築します。
  ※2　データ収集周期（Publish Rate）とデバイスルールに最大接続点数は依存します。
- 写真転用禁止



写真5.3.7.1 デュアル無線ゲートウェイを利用した無線ガス検知器の現場設置状況

5-3-8：SIL2無線ガス検知器ソリューション

ドレーゲルジャパン株式会社

課題：無線計装におけるミッションクリティカル要件の担保

欧米では、国際標準規格のIEC61508に基づき、制御システム全体を確率的手法で定量的に規定した指標（＝安全度水準「SIL」Safety Integrity Level）を、特にガス検知ネットワークのようなミッションクリティカル要件が必要なアプリケーションへ適用している。SILは、予期しない事故や故障が発生する可能性を考慮した、ソフトウェアを含めてシステム全体の安全に対する考え方で、海外では多くの場合、有利な保険適用、税制優遇の恩恵を受けることができるため、安全計装の標準となっている。

無線計装においては、特に通信の遅れ時間（Latency）、受信強度（RSSI）、データ欠損率（PER）など、通常の有線計装では考慮する必要がないパラメータが多くあり、通信における高い信頼性を維持するための担保が、時間的要素が要求される高圧ガス保安法などの法令下では特に必要とされている。

ソリューション：SIL2対応無線ガス検知器

ノルウェー石油・ガス協会（Norwegian Oil and Gas Association: 旧Norwegian Oil Industry Association: OLF）では、ガス検知に対する機能安全要求にIEC 61508とIEC 61511に準じたガイドライン（OLF-070）を策定しており、Chapter A.9 Gas detectionでは、有線、無線問わずガス検知システムには、SIL2が要求されている。ドレーゲルは、世界で初めてPROFINET on PROFIsafe、SIL2無線ガス検知システムを、ノルウェー石油大手のスタットオイル社（現社名：Equinor ASA）カロンボー製油所拡張工事プロジェクトへ納入した。

約20億円であったイニシャルコスト試算が、無線計装を採用することによって約7億円までコストダウンを達成。過去に蓄積された無線ノウハウによって事前準備から設置、調整、運用までのスムーズなプロジェクト遂行を実現し、大幅な工期縮小、SILによって指標化された機能安全によってリスク管理が大幅に改善、さらには社内のイノベーション・改善アワードにもノミネートされた。

下図は、ブラックチャンネル原理で実現したSIL2無線システムの概要で、SIL要件を満たす代表的な安全通信技術「PROFIsafe」を紹介する。有線計装でPROFIsafe（IEC 61784-3-3）を採用すると、標準デジタル通信の代表格であるPROFIBUSやPROFINET上などで、制御信号と同時にそれらのバスプロトコルに影響与えることなく安全アプリケーションを伝送することができる。つまり追加配線することなく、通常の制御と機能安全を統合できるまた、このPROFIsafeは、伝送の物理層に依存しないため、無線プロトコルであるISA100 Wirelessにも実装可能である。IEC 61784-3-3の中で提議されているブラックチャンネル原理に基づき、通信の上位側（コントローラ）と下位側（無線フィールド機器）において機能安全に対応したPROFIsafeの安全アプリケーションを使用することで、ISA100 Wireless上で安全計装を実現した。

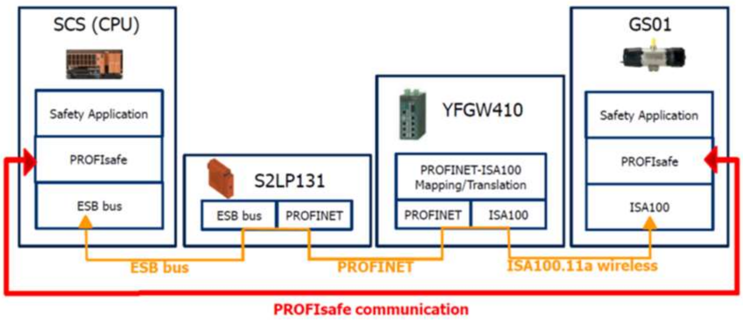


図5.3.8.1 ブラックチャネル原理によるデータの流れ

写真5.3.8.1 SIL2対応無線ガス検知器の現場設置の様子

コラム 3

C-3：ISA100WCI日本支部の活動紹介

ISA100 Wirelessの普及活動

ISA100WCI日本支部は、ISA100 Wireless適合製品の商業的普及を目的に、ユーザ様や関連製品を開発するベンダ様に向けての技術支援活動を行う非営利組織である。 ISA100WCI日本支部は、 「IoTでご安全に！」をテーマに、展示会出展や持ち込み展を実施し、ISA100 Wirelessの国内のユーザ様への認知度向上の活動を行っている。

展示会での無線制御の動体デモ展示

IIFES2019では、無線（ISA100 Wireless）による水位制御の動的デモを出展した。一定の水位になるとバルブをOnまたはOffし、水の流入/流出を制御する動体デモを展示。使用機器は、有線のOn/Offバルブ、そのバルブをOn/Offさせる無線デジタル出力装置、および水位を検出する無線デジタル入力装置。デジタル入出力装置への指令は無線で行う。

写真C3-1 ISA100WCI日本支部IIFES2019出展の様子

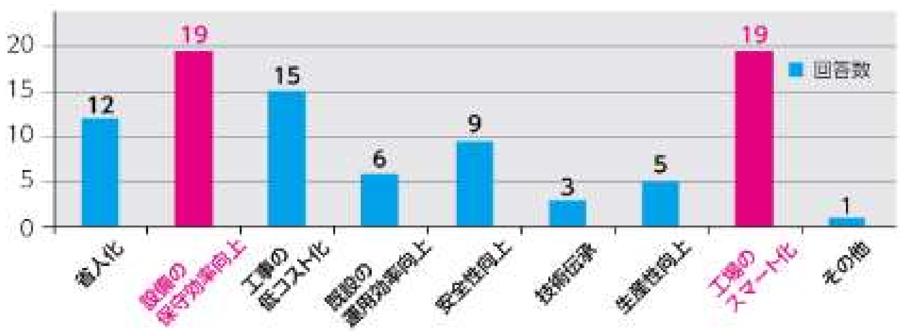
ユーザセミナーを各地で開催

ユーザ様が所在するプラント地区にて、毎年ユーザセミナを実施。ユーザ様より具体的なISA100 Wirelessの導入事例をご紹介頂くことにより、聴講者はより実践に即した無線計装の ノウハウを習得できる。

図C3-1 ISA100WCIによるユーザセミナの開催実績

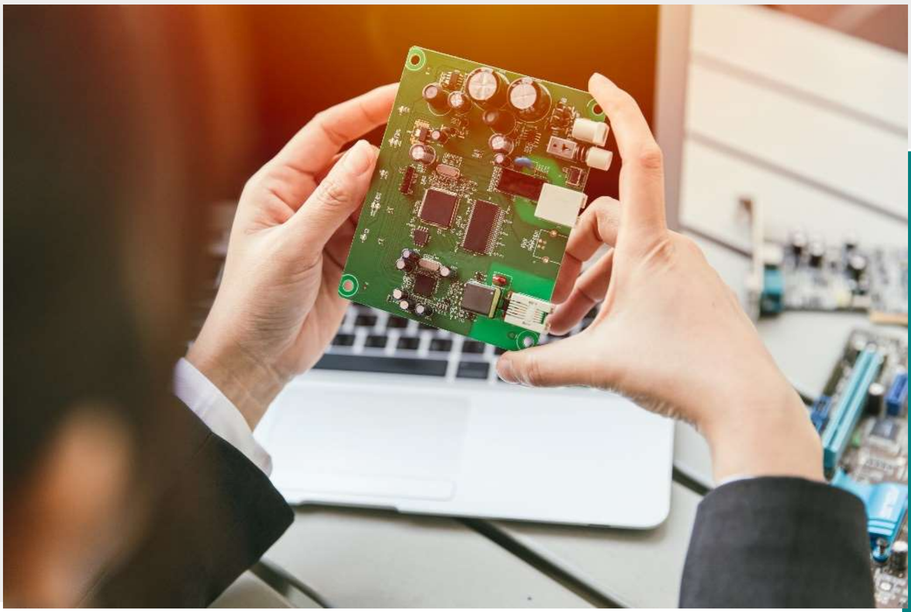
ユーザ様へのアンケート実施

ISA100WCIでは、IIFES2019にユーザ様向けにアンケートを実施した。本アンケートより「設備の保守効率向上」と「工場のスマート化」での活用を目的とし、無線計装に期待していることがわかる。産業用IoTを支える 計装は今後も重要な鍵を握っている。



図C3-2 ユーザ様向けアンケート結果：ISA100 Wirelessへの期待

PART 6 デバイス開発のポイント



6-1：ISA100 Wirelessデバイス開発のポイント

はじめに

ISA100 Wirelessデバイスの開発に際し、無線製品の開発経験がないエンジニアにとっては、無線の基礎知識やISA100.11a（IEC 62734）規格の通信仕様の理解などの、多くの技術知識の習得が必要となる。そこで本項では、ISA100 Wirelessデバイスの構成例と開発のポイントを紹介する。

ISA100 Wirelessデバイス構成例

ISA100 Wirelessデバイスの機器構成例と、製品に関わる認証例を以下に示す。構成例ではハードウェア部、ソフトウェア部に分けている。図で示しているセンサ/アクチュエータは、デバイスメーカーが提供する機能であり、CPUのファームウェアの開発内容はその機能に依存するため、ここでの説明は省略する。

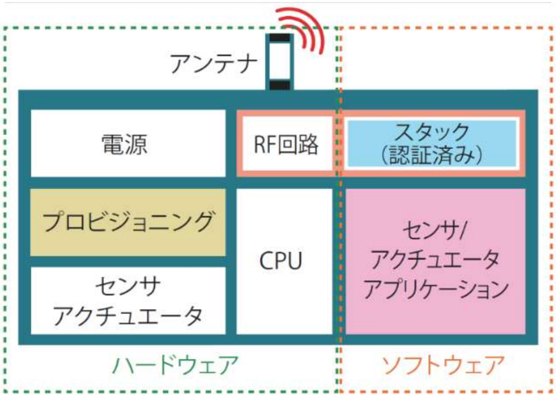


図6.1.1 ISA100 Wirelessデバイス機器構成例

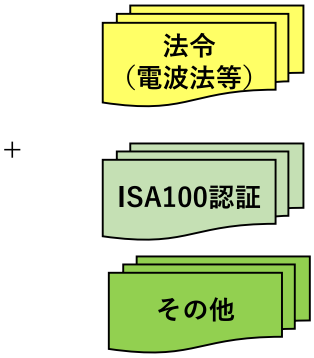


図6.1.2 認証例

ISA100.11a（IEC 62734)規格は、以下から入手可能である。本規格書には、無線の通信手順などの詳細な技術仕様や要件が記載されている。ISA100.11aは、ANSI/ISAで規格開発され、その後にIECに提案され国際審議を得て国際標準IEC 62734として承認された。そのため、製品開発の際は最新版のIEC 62734規格を参照することを推奨する。

- ANSI/ISA版（ANSI/ISA-100.11a-2011）
  https://www.isa.org/store/ansi/isa-10011a-2011-wireless-systems-for-industrial-automation-process-control-and-related-applications/118261
- IEC版（IEC 62734：2014）
  https://webstore.iec.ch/publication/7409&preview=1

上記以外に、ISA100WCIに加盟することで、相互運用性を確保するためのISA100 Wirelessの実装仕様書を入手することができる。

各機能ブロックにおける開発のポイント

前述の構成に示した各機能ブロックにおける開発のポイントを以下に説明する。

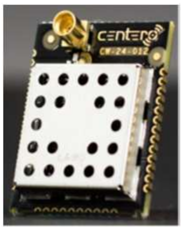
□ RF回路、通信プロトコルスタック

RF（高周波）回路と通信プロトコルスタックは、自社開発か、市販のISA100 Wirelessモジュールを使用するか選択できる。どちらを選択するかにより開発工数が大きく異なる。以下に開発工数例を示す。

表6.1.1 RF回路・スタック開発工数例

開発要素	自社開発		市販モジュール使用	
	工数	詳細	工数	詳細
RF回路設計	大	2.4GHz帯のIEEE802.15.4	ゼロ	設計不要
電波法対応	大	各国電波法の認証が必要	小	対応済みの製品もある
通信スタック開発	大	ISA100.11aに従って開発	ゼロ	認証済みのスタックが搭載
アプリケーション開発	中	デバイスに必要な要素を開発	中	デバイスに必要な要素を開発
スタック認証	大	スタック認証プロセスが必要	ゼロ	不要

➢ ISA100 Wireless 無線モジュールの例



CENTERO社製

横河電機社製

図6.1.3 ISA100 Wirelessモジュール

□ アンテナ

アンテナは無線デバイスが使用される環境に応じ、以下の点に留意して設計する必要がある。

- ➢ 指向性 ：機器の設置場所に影響する
- ➢ 利得 ： 通信距離、エラー率に影響する
- ➢ 偏波面：通信相手のアンテナの偏波面を考慮する
- ➢ 構造：耐環境性（腐食、光、温度等）、防水、防塵、物理的強度、防爆等を考慮する

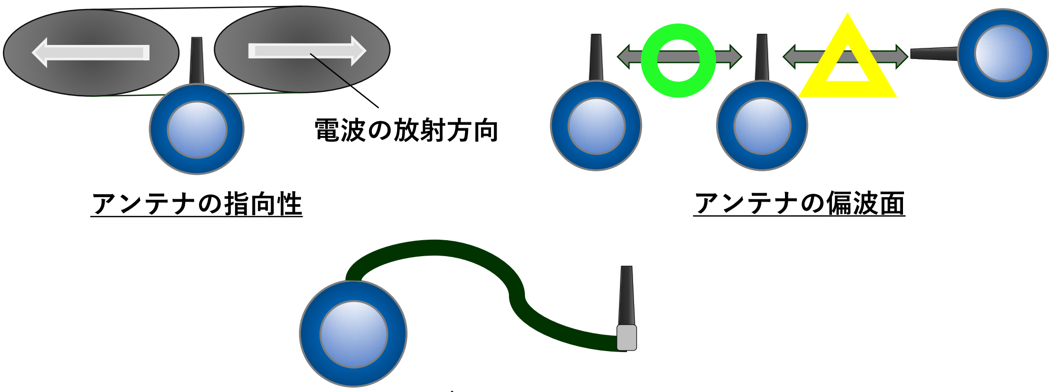


図6.1.4 アンテナ設計の留意点

□ 電源

無線製品は、電源の選択肢が広がる。従来の外部電源供給だけではなく、内蔵電池で駆動させることで、配線工事が不要になるコスト削減に加えて、一時設置や移動体への設置など工場内の設置場所の範囲が飛躍的に拡大する。以下に各電源供給手段の特徴を示す。

- ➢ 内蔵電池 ：機器に電池パックを挿入することでの電源供給
- ➢ 外部電源（ラインパワー） ：電源は外部からケーブルで供給。プロセスなどのデータは無線で送る
- ➢ エナジーハーベスト：ソーラー発電、振動発電などによる電源供給

表6.1.2 内蔵電池の使用時の設計ポイント

電源	ポイント	
電池 （例：塩化チオニルリチウム一次電池）	電池容量 サイズ	電池寿命を長くするためには大容量の電池の搭載が必要。しかし、電池サイズが大きくなるために、アプリケーションに応じて検討が必要
	出力特性 残量検出機能	電池の品種別で出力特性は異なる。電池交換時期を判断するために残量検出の機能が必要
	電池交換	使用環境に応じた安全な交換方法が必要 （例：防爆構造、防水、防塵等）

プロビジョニング

プロビジョニングとはISA100 Wirelessデバイスを無線ネットワークに接続するための設定である。以下にデバイス、ゲートウェイにおけるそれぞれのプロビジョニング概要を説明する。

□ ISA100 Wirelessデバイスへの登録

ISA100 Wirelessデバイス側では、プロビジョニングツールを使用し、デバイスTag名（デバイスの識別名）、Network ID（接続する無線 ネットワークの識別番号）、Joinキー（無線で伝送するデータの暗号化と復号化に使用）を登録する。同時に当該デバイスが参加する無線ネットワークを管理するゲートウェイ（システムマネージャ機能とセキュリティマネージャ機能を有する）に登録するためのプロビジョニングファイルを作成する。

□ ゲートウェイへの登録

ゲートウェイは、ISA100 Wirelessデバイスのプロビジョニングで生成されたプロビジョニングファイルを登録する。このプロビジョニングファイルの登録により、ゲートウェイに接続可能なデバイスが登録され、共通の暗号化キー（Join キー）を共有することで暗号化し安全な無線通信が可能となる。

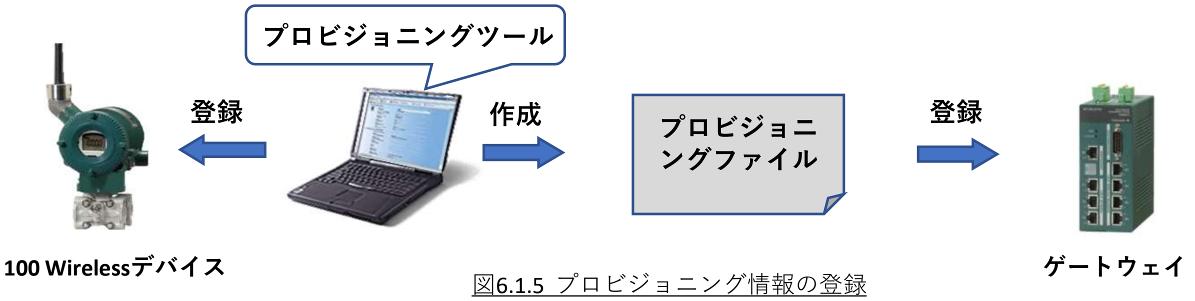


図6.1.5 プロビジョニング情報の登録

□ プロビジョニングのインターフェース

ISA100 Wirelessデバイスは、プロビジョニング機能を持つことが必須である。そのため、プロビジョニングのためのインターフェースを搭載する必要がある。プロビジョニングのインターフェースはデバイスベンダにより異なる方式が実装されることがある。以下に代表的な 2 つのプロビジョニング方法を紹介する。

➢ OTA（Over The Air）

ISA100 Wirelessで使用する無線通信によりプロビジョニングを行う。ISA100.11a規格では、搭載必須である。

図6.1.6 OTAによるプロビジョニング例

➢ OOB（Out of Band）

無線通信以外のインターフェースでプロビジョニングを行う。例としてIR（赤外線）通信での接続があるが、IR以外にもPC接続用の専用ツールを準備して実施することも可能である。ISA100.11a規格では、OOBはオプション仕様であるが、OTA方式の電波を利用した方法と比較し、プロビジョニング情報が広範囲に伝送されず、ごく限られたエリアにのみにしか伝送されないため、セキュリティ強化の観点でOOB方式を採用する機器が市場では多く見られる。

OOBにはIR通信以外にも、Bluetooth通信やUSB通信を利用する例もある。

図6.1.7 OOBによるプロビジョニング例

法令、規制、認証のポイント

法令、規制、認証については、センサやアクチュエータなどの機器によって異なり、また仕向け地に応じて適合性を証明する必要がある。ここではISA100 Wireless製品に共通する内容についてそのポイントを示す。

◘ 電波法

電波の公平かつ能率的な利用を確保するための法律で、無線局の開設や秘密の保護などについての取り決めが規定されている。ISA100 Wirelessでは2.4GH帯を使用しており、電波法で定める基準に適合していることを証明するための表示が必要となる。なお、規制内容は各国で異なる。

参考 https://www.tele.soumu.go.jp/j/equ/index.htm

◘ 輸出入

安全保障の観点に立った貿易管理の取り組みが外国為替及び外国貿易法に基づき実施されている。暗号技術などセキュリティにかかわる要件もここで規定されている。ISA100 Wirelessでは暗号化技術が使用されているため、輸出入時には注意が必要である。

参考 https://www.meti.go.jp/policy/anpo/index.html

◘ 電池の輸送(リチウム電池の輸送規制)

輸送に関する法律では、すべて荷主が責任をもつことになり、安全性の確認や表示義務は発送者が負うことになっている。デバイス電源として、リチウム電池を使用する場合は注意が必要である。

◘ ISA100WCI認証

ISA100WCIの認証を取得することで第三者機関での機器の相互運用性が証明できる。なお、認証の対象は、ISA100 Wirelessデバイス製品を対象としており、通信プロトコルのスタック認証と、デバイス認証に分かれている。ISA100WCIによる認証プログラムの詳細は下記参照。

参考 https://isa100wci.org/ja-JP/Supplier-Resources

6-2：ISA100 Wireless製品開発キット

ISA100 Wireless RDK (Rapid Development Kit)

ISA100WCIはISA100 Wireless準拠の製品開発を容易にする開発環境を提供するために、WCIメンバ企業のCENTERO社と協力してISA100 Wireless RDK（図6.2.1）を開発した。RDKはISA100 Wireless製品の市場投入までの時間を短縮することを目的としている。以下に、RDKについて紹介する。

□ RDKの特徴

下記のような特徴により開発期間の短縮が可能な仕組みとなっている。特にISA100 Wirelessの知識がなくてもすぐにネットワークを構築できることで、早期にISA100 Wirelessの世界を体験できる。ワンパッケージにすべてが備わっており、サポートも一括して受けられることでISA100 Wireless全体を通した技術の早期習得が可能になる。独自デバイスに合わせた製品仕様への展開が容易となり、ISA100 Wirelessの設計、評価、認証取得の短縮化が期待できる。

図6.2.1 ISA100 Wireless RDK

- 日本の電波法およびISA100 Wireless認証取得済み通信スタックで動作するISA100 Wirelessモジュール搭載。無線通信機能の開発は不要。
- 入手後すぐに動作し、無線通信距離などのハードウェアの検証が開始できる。
- 開発ボード（図6.2.2）上に多様なセンサを搭載しており、豊富な機能を持つウェブベースのゲートウェイによるシステム機能の確認が可能（図6.2.3）。
- 外部プロセッサ、センサ等を開発ボードの外部接続コネクタを介して接続し、提供される開発ボードのISA100 Wirelessに関するアプリケーションソースコードと組み合わせて、独自デバイス開発に移行しやすい。

本RDKに関するお問合先

ISA100WCI日本支部　お問合せ：https://isa100wci.org/ja-JP/Contact

CENTERO社　お問合せ：https://centerotech.com/contact/

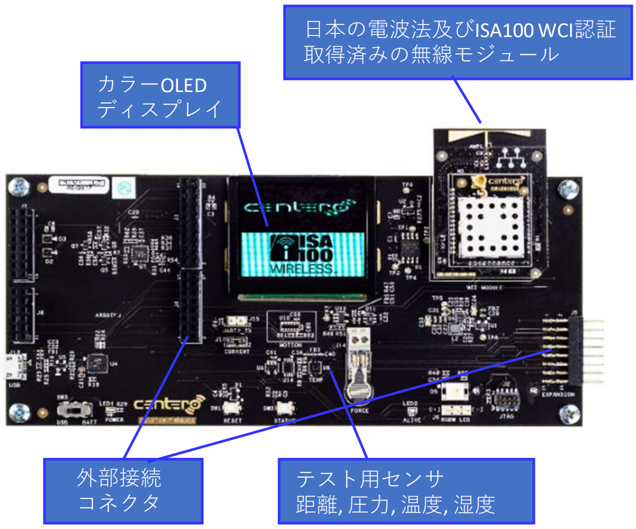


図6.2.2 開発ボード

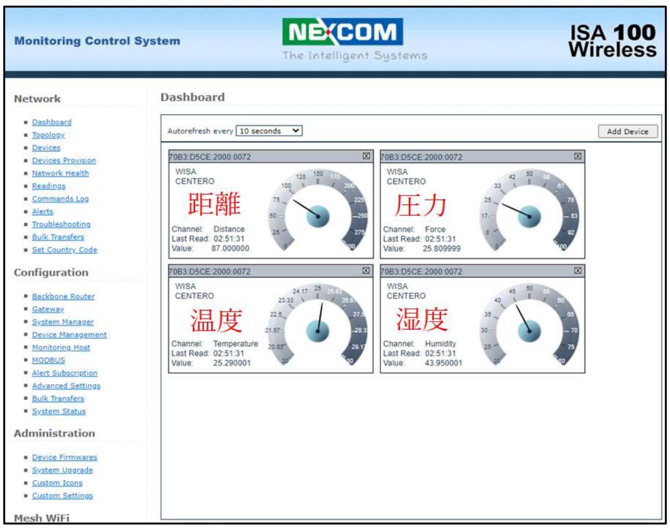


図6.2.3 ゲートウェイ Webアプリケーションによる監視画面の例

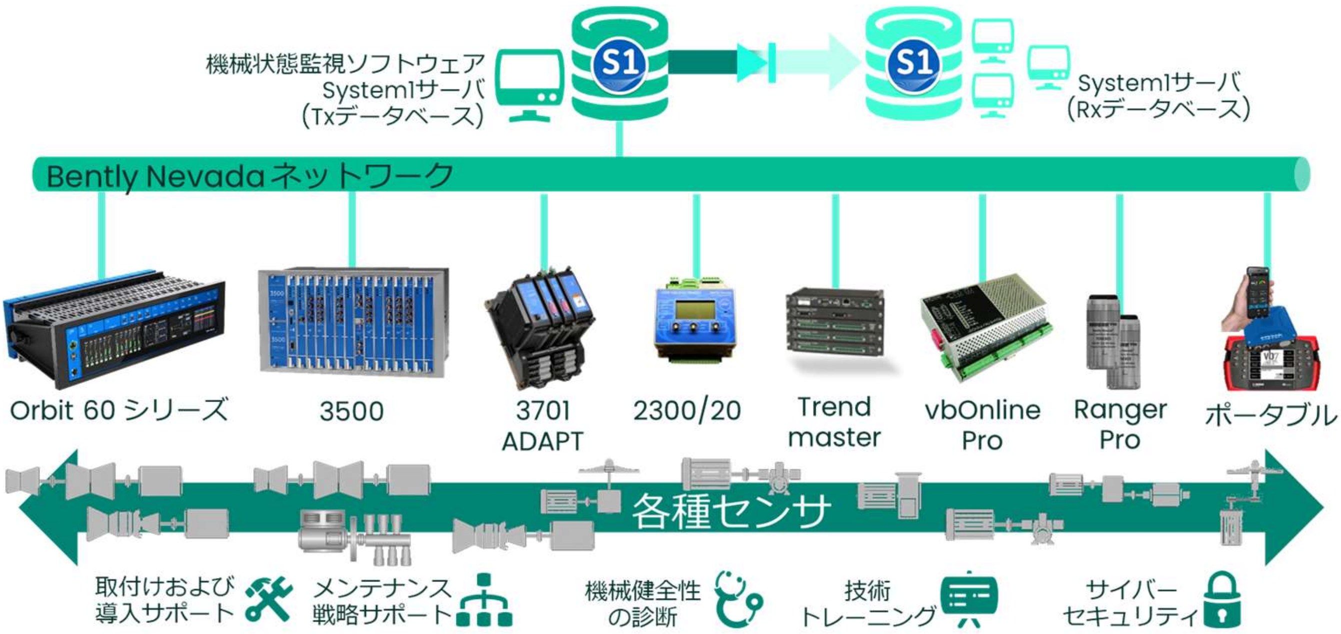
PART 7 ISA100 Wireless製品紹介

7-1：ベーカーヒューズ・エナジージャパン株式会社

Bently Nevada
a Baker Hughes business

◆ ベントリー・ネバダについて

ベントリー・ネバダはベーカー・ヒューズ（するセンサ、信号処理モニタ等のハードウェアからソフトウェア及びそれらに関Baker Hughes）の事業部門であり、機械の状態監視と保護において60年以上の経験を持ち、世界的に展開している。機械の振動を監視するサービスを展開している。信号処理モニタに関してはセンサが有線でラック式モニタへ接続するタイプ、ポータブル振動計、そして無線振動計を展開している。国内ではベントリー・ネバダ製品の販売及びサービスはベーカーヒューズ・エナジージャパン株式会社が担っている。



◆ 無線振動計 Ranger Pro (レンジャープロ)

有線振動計より低コストに、ポータブル振動計よりも多くのデータを信頼性高く収集可能な無線振動計 Ranger Proの特徴は下記の通り。

- 防爆: 国内防爆取得済 Zone 0 (ia IIC T4 Ga)
- センサ＋伝送器一体型による容易な取付け
- 保護等級：IP67、温度仕様: -40℃ to + 85℃
- 計測値：3方向の速度、加速度、包絡線処理加速度、底部の温度
- 周波数範囲：速度 (5-1kHz)、加速度 (5-10kHz - Z方向、5-4kHz – X, Y方向)
- FFTスペクトルデータ(3方向速度、3方向加速度、Z方向包絡線処理加速度)
- 転がり軸受、ギアボックスの機器の状態監視に最適

◆ お問い合わせ先

ベーカーヒューズ・エナジージャパン株式会社　ベントリー・ネバダ事業本部

Email: comm.bhgejapan@bakerhughes.com

7-2： 新コスモス電機株式会社

新コスモス電機株式会社

新コスモス電機株式会社は独自のガスセンサ技術を活かし家庭用ガス警報器、工業用定置式ガス検知警報器、携帯用ガス検知器、さらにはニオイセンサとその応用商品など幅広い分野の製品を提供している。また、ISA100 Wireless対応の無線ガス検知部、仮設型ガス漏えい監視システムといった豊富なISA100 Wireless製品も提供している。

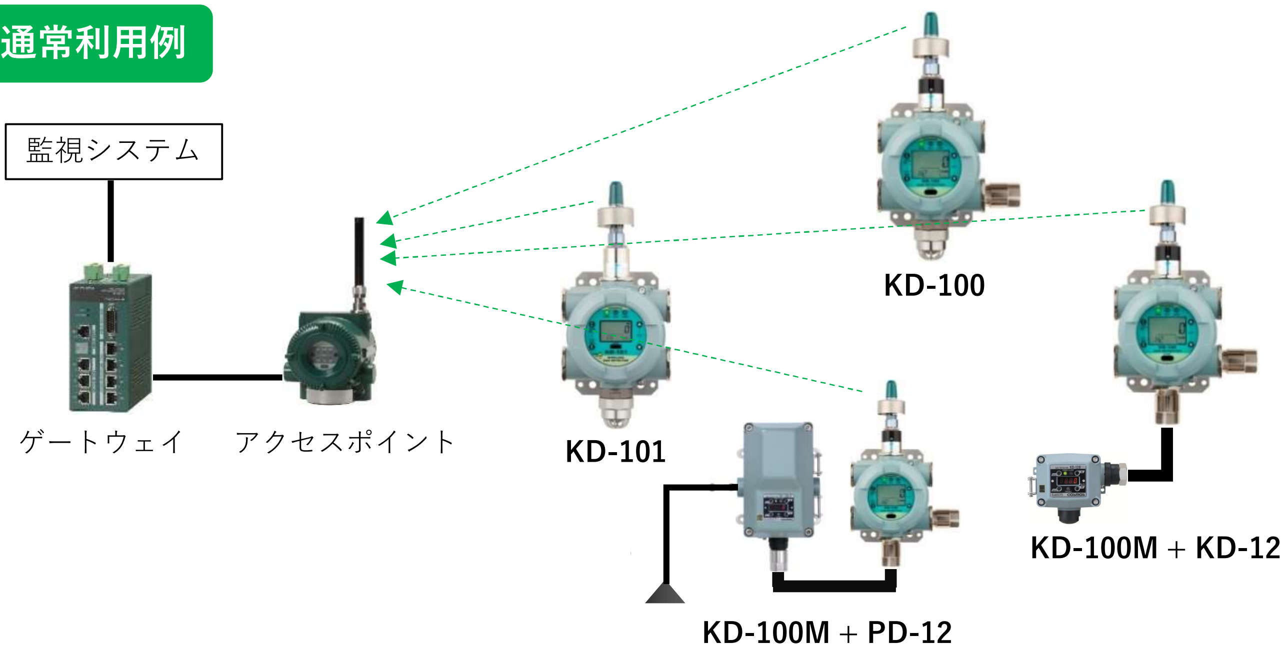
家庭用ガス警報器

定置式ガス検知部

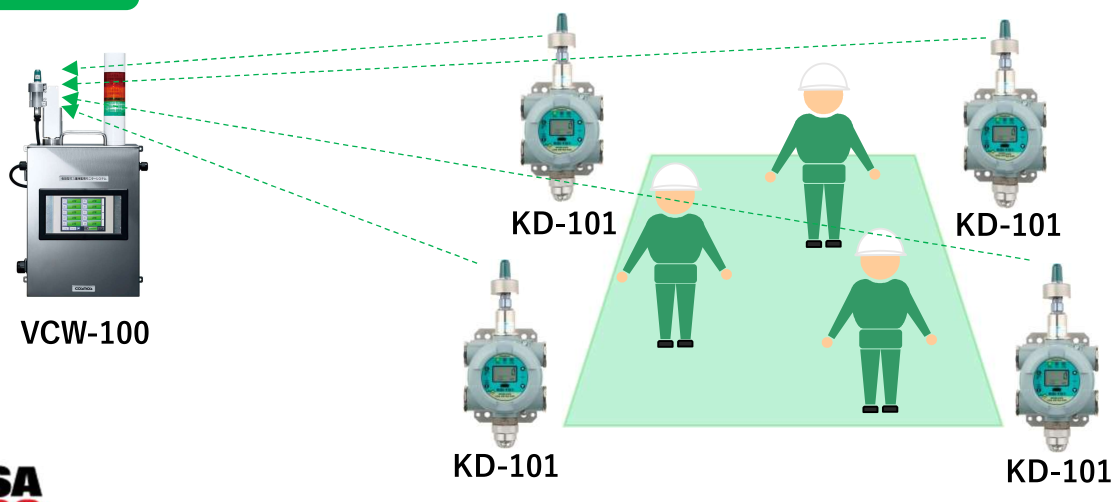
携帯用ガス検知器

●無線ガス検知部によるシステム例

通常利用例



仮設利用例



●無線ガス検知部： KD-100/KD-101シリーズ

KD-100/101シリーズは、ガスを検知しガス濃度を無線信号で送信する。製品タイプにより検知対象ガス、電源タイプを選択できる豊富なラインナップが特徴。

◆ 様々なガスに対応可能

KD-100シリーズ	KD-100A	KD-100B	KD-100D	KD-100O	KD-100R
KD-101シリーズ	-	-	KD-101D	KD-101O	KD-101R
検知対象ガス	可燃性ガス (ppm)	可燃性ガス (%LEL)	CO、H_2S	酸素	メタン、プロパン (%LEL)

◆ 設置環境で選べる電源仕様

- ◆ KD-100シリーズ：DC24V
- ◆ KD-101シリーズ：内蔵電池

◆ マルチ出力対応：無線(ISA100 Wireless)、接点出力

◆ 防爆認証済み


KD-100


KD-101

●無線信号変換器： KD-100M

KD-100Mは4-20mA信号を無線信号に変換する。吸引式ガス検知部や既設のガス検知部の無線化が可能になる。

◆ 電源仕様：DC24V

◆ マルチ出力対応：無線(ISA100 Wireless)、接点出力

◆ 防爆認証済み


組合せ例
KD-100M+PD-12

●仮設型ガス漏えい監視システム： VCW-100

VCW-100はゲートウェイ機能が搭載しており、KD-100/101からの無線信号を受信できる。タッチパネル(ガス濃度等の表示)、回転灯・ブザーを搭載し、小規模のガス漏えい監視システムを構築できる。

◆ ユーザインタフェース：タッチパネル、回転灯、ブザー等を搭載

◆ 電源仕様：AC100V


VCW-100

新コスモス電機株式会社
お問い合わせは最寄りの営業所へお願いいたします。
ホームページ：https://www.new-cosmos.co.jp/

7-3：ドレーゲルジャパン株式会社

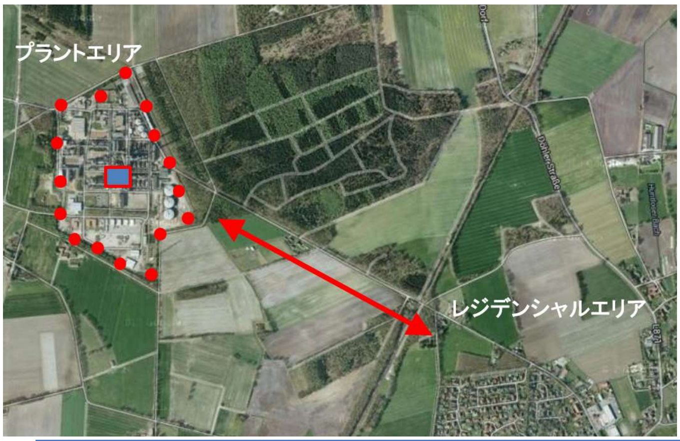
ドレーゲルは1898年にドイツで創業、日本でのビジネス経験も30年以上のガス検知器に代表される安全機器のトータルソリューションベンダであり、高度な保安、スマート保安、IoT化など近年キーワードとされるプラントの安全操業に貢献、各種ソリューションを提供している。

無線ガス検知プロジェクト対応としては、ミッションクリティカルアプリケーションから、一般的な監視用途アプリケーションまで対応、サイトサーベイから無線エンジニアリング、コミッショニング、小・中規模の監視システム構築まで一貫したソリューション対応を提供する。

スマート保安/高度な保安、IoT、デジタル計装
無線ソリューション

有害物質の境界線監視ソリューション

有害物質は、引火性、爆発性、毒性を有することから、各種法規制の対象となっている。厳しくなる法規制の中、ガス検知器の新規設置、安全の冗長化のための増設などに、災害にも強いケーブリング不要のバッテリ駆動の無線ガス検知器を提供する。



安全計装「SIL2」ソリューション

欧米では国際標準規格のIEC61508に基づき、制御システム全体を確率的手法で定量的に規定した指標を用いている（=安全度水準「SIL」Safety Integrity Level）。これは、予期しない事故や故障が発生する可能性を考慮した、ソフトウェアを含めたシステム全体の安全に対する考え方で、海外で多くの場合有利な保険適用、税制優遇の恩恵を受けることができるため、安全計装の標準となっている。ドレーゲルは、国内で唯一、SIL2無線ガス検知システムを提供することができる。

exida

The manufacturer may use the mark:

CERTIFIED • IEC 61508 • SIL 2 CAPABLE • exida

Valid until April 30, 2018
Revision 1.0 March 31, 2015

Certificate / Certificat
Zertifikat / **合格証**

GasSecure 1311056 P0034 C001

exida hereby confirms that the:

GS01 Wireless Gas detector
HW version GS01_A3 and GS01_A7, SW version 3.0.0

GasSecure AS
Oslo, Norway

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010* Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 2 (SIL 2 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; Route 1_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

仮設ガス検知ソリューション

有事の際の電源喪失時、定修期間（SDM)、突発的な工事発生時など、ガス漏えい監視システムの早期構築が必要なアプリケーションに、バッテリ駆動の無線ガス検知器を活用することで、計画・設置・撤去作業が劇的に改善。ドレーゲルは、誰でも簡単に確実に運用できる仮設ソリューションを提供する。

工業用無線統合化ソリューション

2極化している工業用無線の最大の悩みは、どちらの無線プロトコルを採用するかであろう。それぞれ特性があるためアプリケーション毎に使い分けることがベストであるが、インフラ構築のため2種類のゲートウェイを設置するハードルが高く、なかなか実現できないケースがある。ドレーゲルは、「デュアルゲートウェイ」で最新の無線統合化ソリューションを提供する。

ISA100 WIRELESS COMPLIANCE INSTITUTE
＋
WirelessHART

Dräger 無線ガス検知システムラインアップ

IR（赤外線式）

赤外線式炭化水素系可燃性ガス検知器「GS01」
・生涯校正不要の最新赤外線式MEMSセンサを搭載
・電池寿命平均24ヵ月
・通信時間を含めて約5秒の応答速度※Publish Rate、及びDevice Roleに依存
・本質安全防爆構造で、危険場所での電池パック交換が容易
・リモート6dBiアンテナ対応（同軸ケーブルは10m及び20m）
・IP66/67、国内防爆対応

Tox（電気化学式）

電気化学式酸素・毒性ガス検知器「Polytron 6100 EC WL」
・有線ガス検知器で実績のあるドレーゲルセンサを使用できる共通設計、
　有線では〇、無線では×という制限が無い
・約140種類以上の酸素及び毒性ガスに対応
・電池寿命平均24ヵ月
・設定・調整はBluetooth通信を採用
・本質安全防爆構造で、危険場所での電池パック交換が容易
・リモート6dBiアンテナ対応（同軸ケーブルは20mのみ）
・電源バージョン有（既設電源で機器駆動＆無線通信）
・IP66/67、国内防爆対応

システム構成品

リピータ（中継局）専用機「Polytron 6100 ISA100 Repeater」
・リピータ（中継局）専用設計で高いコストパフォーマンス
・広範囲をカバーするメッシュトポロジー及び、通信速度重視の
　スタートポロジー構築時に有用
・バッテリ平均寿命は約5年　※環境に依存
・既設電源ケーブルを使用してDC24V給電することも可能です
・本質安全防爆構造で、危険場所での電池パック交換が容易
・リモート6dBiアンテナ対応（同軸ケーブルは20mのみ）
・IP66/67、国内防爆対応

ISA100可搬式仮設監視ステーション（非防爆仕様AC100V駆動）
・ISA100無線メッシュネットワークを自動生成
・最大接続点数： 32　※仮設ガス検知システムとしては、max.10台を想定
・最大ホッピング数： 10
・警報ランプ　[正常運転：緑][ガス警報：赤][ネットワーク/機器異常：アンバー]
・警報ブザー
・DCS/PLCへの拡張（Modbus TCP/IP出力）
・固定アンテナ2種類（2dBi、もしくは3dBi）
・リモート6dBiアンテナ対応　※同軸ケーブル10m/20m

CDS社製　デュアルゲートウェイ「VR950」（非防爆仕様DC24V駆動）
・ISA100 Wireless及びWirelessHART無線メッシュネットワークを同時に自動生成
・最大接続点数： ISA100 Wireless機器 100台/WirelessHART機器100台（理論値）
※Publish Rate、及びDevice Roleに依存
・固定アンテナ2種類（2dBi、もしくは3dBi）
・リモート6dBiアンテナ対応　※同軸ケーブル10m/20m
・盤内設置（DINレールタイプ、ウォールマウントタイプ）バージョン有り
※左写真は屋外設置用

お問い合わせ先：ドレーゲルジャパン株式会社
TEL: 03-6447-7171　FAX: 03-6447-7170
Email: kenji.shimizu@draeger.com　Homepage: http://www.draeger.com/
※機器仕様は変更することがありますので、ご了承ください。

7-4：新川センサテクノロジ株式会社

SHINKAWA

ISA100 Wireless規格と本質安全防爆認証適合
重要汎用機械振動診断に最適な無線式センシングシステム

e-SWiNS®

傾向監視と解析、巡回点検を行ってきた全てのプラントへ、ISA100ワイヤレス振動センサを。

防爆型ワイヤレス振動センサ。

新川電機は、長年にわたり回転機械の振動監視と解析診断に関する製品と技術を提供してきました。小型汎 用回転機械から大型高速回転機械まで、振動に向き合うことで、故障リスクの低減に取り組んできました。 だからこそ、コスト面や設置条件の柔軟さなどで、今、注目を集めているワイヤレスセンサにおいても振動 解析の専門家としての視点を重視しています。大型高速回転機械にとどまらず、より多くの機器で傾向監視 の領域を広げることが可能に。もちろん、防爆型のため、あらゆるプラントでお使いいただけます。 ISA100 Wireless規格対応「ISA100ワイヤレス振動センサ」には、新川電機のノウハウが詰まっています。

e-SWiNS (2.4GHz)
ワイヤレス振動センサの特徴

波形データを送信可能

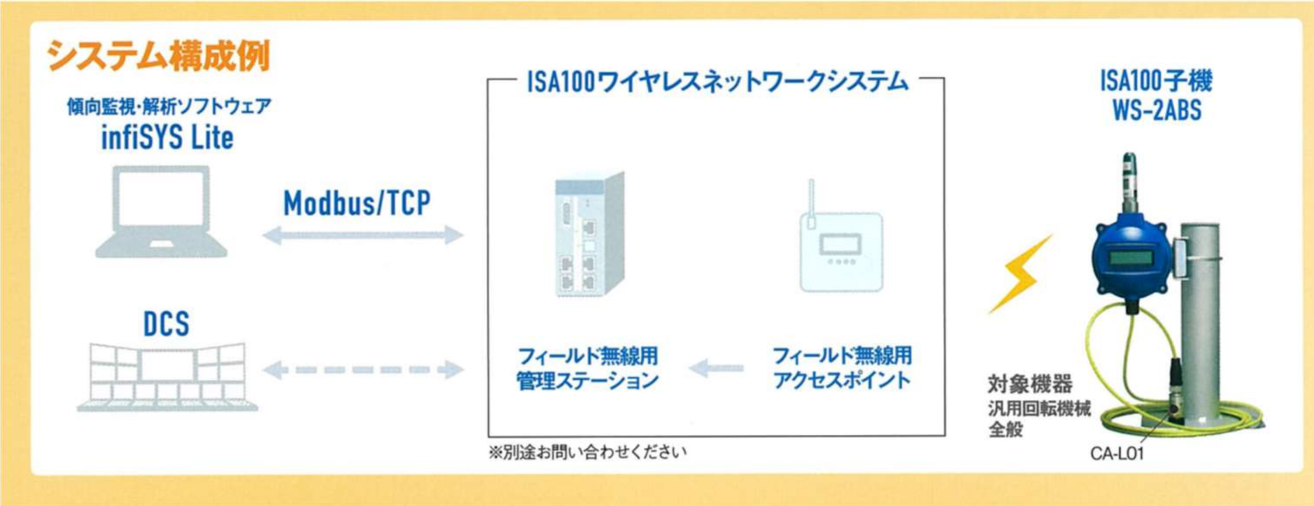
ISA100ワイヤレス振動センサは、振動の大きさだけでなく、振動解析が可能な波形データまで送れます。傾向監視･解析ソフトウェア iniSYS Liteと組み合わせることで解析が可能に。異常や故障発生時に「何が原因か」まで踏み込んで把握でき、早期解決による保守費用の削減につながります。

振動と温度の同時監視

ISA100ワイヤレス振動センサがこだわったのは防爆対応だけではありません。現場での使いやすさも配慮しています。ひとつのセンサで、振動も温度も同時に測定が可能になります。異常を早期に発見し、対象機械の安全・安定運転に寄与します。

容易に設置可能

ISA100ワイヤレスネットワークシステムを導入しているプラントでは、そのまま既存システムを利用できます。また、他のワイヤレス製品同様、新規の設置も戸惑うことなく容易に可能で、既存システムとの親和性に優れ、設置コスト低減につながります。



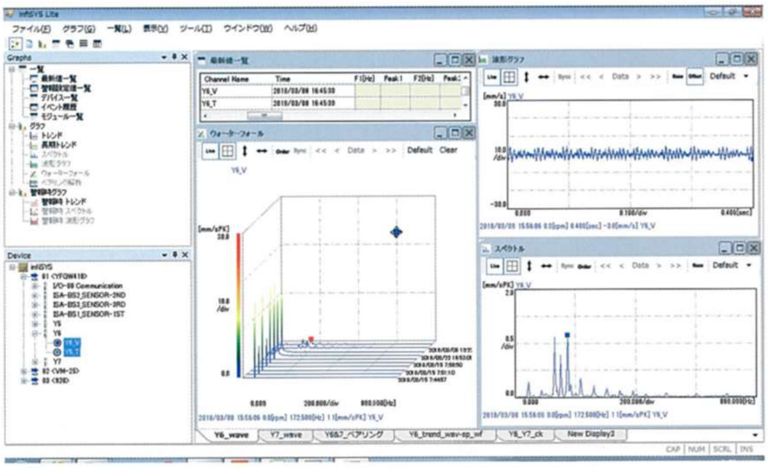
infiSYS Lite　傾向監視・解析ソフトウェア

1 測定データをグラフで表示
各測定データの他、警報(Danger, Alert)の設定表示が可能です。

2 保存データはcsv形式で抽出可能
csvファイルでの抽出により、測定データを詳細な解析に利用できます。

3 ユーザーフレンドリーな操作性と描画機能
ドラッグ&ドロップによるグラフ表示操作や、タブ選択によるグラフエリアのページ切り替えなど、直感的に操作できます。

4 振動波形表示とFFT解析機能
ISA100ワイヤレス振動センサから送信された振動波形を表示できます。また、FFT解析とエンベロープ解析が行える充実した解析機能を有しています。



販売元　**新川電機株式会社**

東京本社　〒102-0083 東京都千代田区麹町4-3-3 新麹町ビル3階
TEL:03-3263-4411　FAX:03-3262-2171

広島本社　〒730-0029 広島県広島市中区三川町10-9
TEL:082-247-4211　FAX:082-249-6438

E-Mail　st-mkt@shinkawa.co.jp
URL　http://www.shinkawaelectric.com

製造元　**新川センサテクノロジ株式会社**

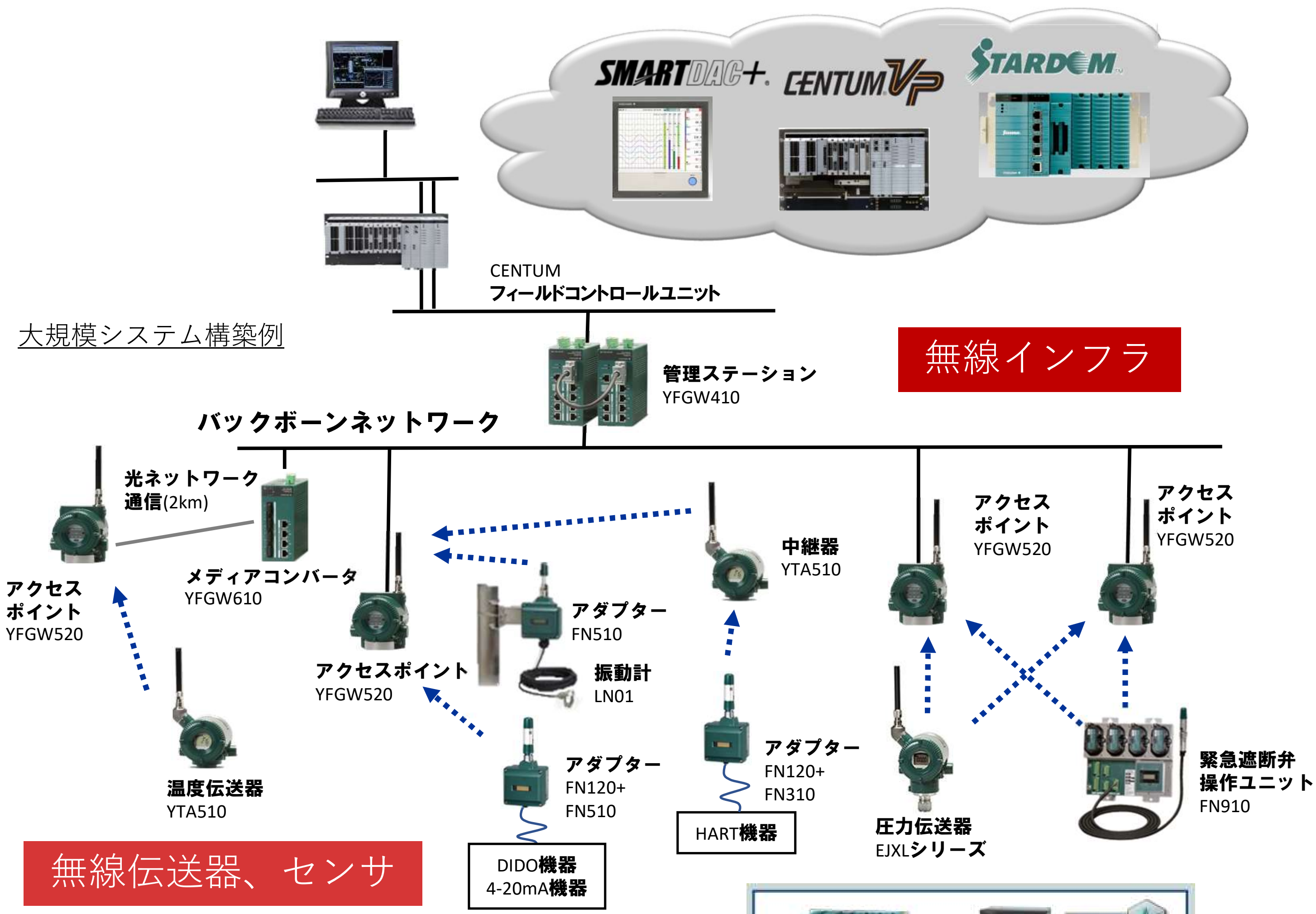
〒739-0153 広島県東広島市吉川工業団地4-22
TEL:082-429-1118　FAX:082-429-0804

E-Mail　info@sst.shinkawa.co.jp
URL　http://www.shinkawa.co.jp/sst

7-5：横河電機株式会社

横河電機株式会社は、プロセスオートメーションの領域での様々なアプリケーションの経験をもとに、無線ネットワークのセキュリティや信頼性や安全性、堅牢性、実時間性、機能性、拡張性など様々な要件を考慮した、ISA100 Wireless （ISA100.11a 規格）準拠のフィールド無線製品を取り揃えている。小規模から大規模まで、プラントの運転から保全用途まで、監視から制御までの幅広いアプリケーションに対応した高信頼な無線ネットワークインフラをお客様に提供している。

設備・安全監視のためのIIoT



小規模システムにも対応可能

LN90インターフェースアダプタは、RS-485通信を介してFN110を接続することができ、小規模計装（20台以下）に最適化されたソリューションです。
その他以下の利点を持ちます。

- 最少設定で短時間に無線ネットワークの構築が可能
- 試験的なモニタリングシステムが簡単に構築可能

小規模システム構築例

◆ ラインアップとサービス

◆ EJX110Lシリーズ 差圧・圧力伝送器

圧力レベル・圧力・流量に対応した値を
無線にて伝送します。高信頼性・
マルチセンシングを提供します。

プロセス取付方法はフランジ付、
ダイヤフラムシール付等豊富な
ラインアップを持っております。

◆ YTA510 温度計伝送器

温度を熱電対（8種類）あるいは
測温抵抗体（3種類）の信号と
して入力し、無線にて伝送します。
２入力モデルは各入力を独立に
測定/演算が可能です。

◆ FN310 フィールド無線用マルチプロトコルモジュール

FN310はFN120と同時に使用され、有線HARTデバイスを無線デバイスに変換します。接続されたHARTデバイスは本器から電源を供給することまたは外部から供給することが可能です

◆ FN510 フィールド無線用マルチファンクションモジュール

FN510はFN120と同時に使用され多様な
IOデバイスを無線機器に変換します。
各種センサ、アクチュエータ、
積算用パルス出力機器などの
無線接続を実現します。

FN120

FN310

◆ YFGW410 フィールド無線用管理ステーション

ISA100.11aが規定する
システムマネージャー、
セキュリティマネージャー、
ゲートウェイ機能が搭載されて
います。本製品を二台接続する
ことで冗長化構成が可能です。
YFGW410には20台までのYFGW520
を接続し、最大500台のフィールド機器をシステム
に収容することができます。

◆ YFGW520 フィールド無線用アクセスポイント

ISA100.11aが規定するバックボーンルータの
機能が搭載されており、無線フィールド
機器に対するアクセスポイントとして
動作します。
また、ISA100.11aが規定する
DUOCASTの機能に対応しています。

◆ YFGW520 フィールド無線用アクセスポイント

ツイストペア・ケーブル（100BASE-TX）
と光ファイバー・ケーブル
（100BASE-FX）との間の
メディア変換を行います。
YFGW410とYFGW520との間の
通信距離を延長することができます。

◆ お問い合わせ先

横河電機株式会社

横河ソリューションサービス株式会社

お問い合わせは最寄の営業所へお願いいたします。
その他ラインアップ・ソリューション情報につきましては
HPをご覧ください。
http://www.field-wireless.com/
記載されている製品名は横河電機株式会社の
登録商標及び商標です。
記載内容は、お断りなく変更する
ことがありますのでご了承願います。

7-6：株式会社テイエルブイ

蒸気のことならテイエルブイ

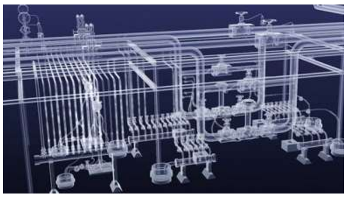
株式会社テイエルブイは、1950年の創業以来、蒸気の計測・制御機器の専門メーカーとして歩んできた。さらに近年はソリューション提供活動を行い、蒸気プラントの安全操業を支える。

◆ 蒸気の計測・制御機器の製造、販売

スチームトラップ、蒸気・エアのバルブ、制御弁、高温のドレンから熱エネルギーを回収・利用するドレン回収システム、真空蒸気加熱・冷却システムなど、蒸気の計測・制御機器の製造、販売を行っている。

◆ コンサルティング・エンジニアリング・サービス

蒸気プラントの省エネルギー、安全性、生産性・品質向上といった顧客が抱える課題に対する解決策を提案するコンサルティングや、蒸気システムの配管設計、施工などを展開している。



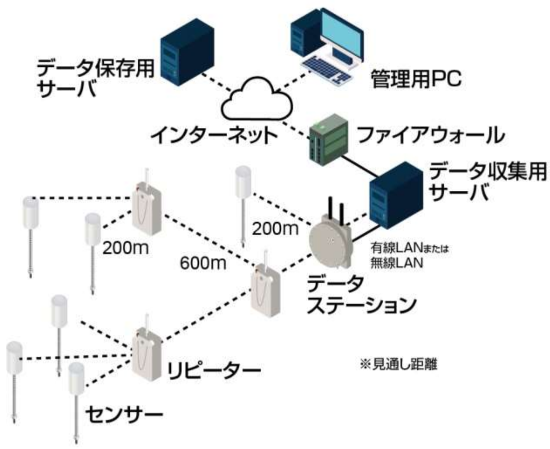
◆ 蒸気システム最適化プログラムの提供

蒸気ユーティリティの異常を検知することが、製造プロセス側の異常の予兆管理になることから、蒸気のモニタリングによる保守サービスを行っている。適切なタイミングで適切な場所を補修することで、蒸気プラントの安全・安心操業の構築に貢献する。

製品紹介：モニタリングセンサ　iTrapSensor®

　モニタリングセンサ『iTrapSensor®』は、スチームトラップなどに設置し、超音波と表面温度を同時測定するセンサユニットである。また防爆域でも使用できる。スチームトラップにおいては世界中の様々な製品に対応し、一括管理が可能である。

＜特長＞
- 超音波と表面温度、または内部温度と圧力を測定
- 本質安全防爆仕様
- 各メーカーの様々なスチームトラップの診断が可能
- 無線システムで使用するバッテリには塩化チオニルリチウム電池を採用し、独自の省電力化技術により長寿命化を実現（約10年）



『iTrapSensor®』を使用したシステム例

　無線タイプ2種と有線タイプ1種とを品揃えしており、無線タイプにおいては、ISA100.11a工業用無線規格に加え、広範囲にわたる多数のスチームトラップのモニタリングを可能とするTLV独自通信プロトコルタイプも開発している。

◆お問い合わせ先：株式会社テイエルブイ　技術110番：(079) 422-8833　https://www.tlv.com

7-7：理研計器株式会社

RIKEN KEIKI

“人々が安心して働ける環境づくり”をテーマに

理研計器株式会社は、産業用ガス検知警報機器の専門メーカーとして可燃性ガスによる爆発防止、作業環境における有害ガスの監視などの製品を開発・提供している。近年、ガス検知器もIoT化の要望が高まっており、遠隔で安全管理が可能なガス検知器・警報器の要望は増加している。

石油化学などのプラントや産業用システムに使用される機器は、設置コストやメンテナンスの削減、機器の増設やレイアウトの変更の困難さの改善などが求められており、計測機器のワイヤレス化/無線化が急速に進んできている。当社防爆型ガス検知部 SDWL-1シリーズは、無線通信規格：ISA100.11aに準拠しており、既存の無線フィールドに新たに設置することが可能なため、保安・防災管理としてお客様に最適なソリューションを提供する。

SDWL-1RI
（可燃性ガス用）

SDWL-1EC
（硫化水素・
一酸化炭素用）

SDWL-1OX
（酸素用）

定置式
無線ガス検知部
Model：
SDWL-1シリーズ

特長

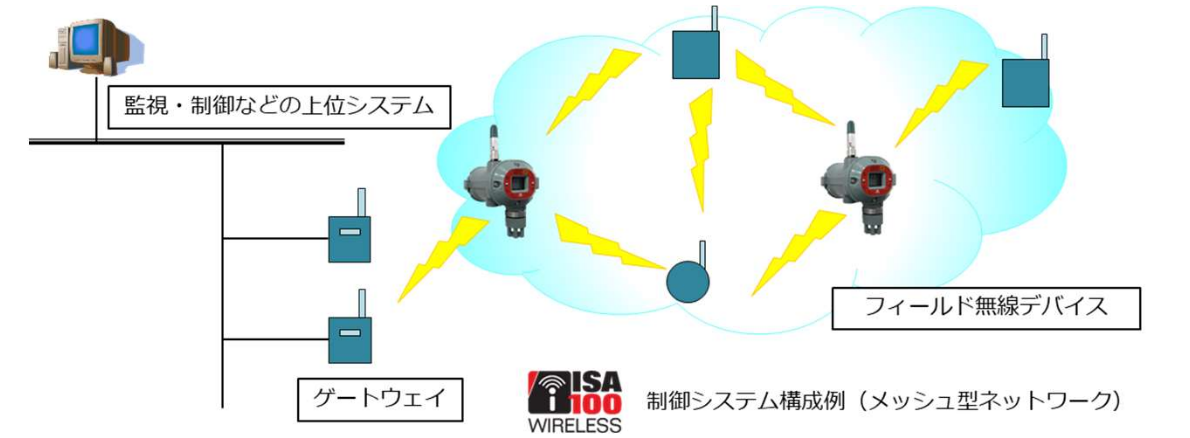
●無線通信機能で配線が困難な現場の安全管理強化に最適
無線通信規格：ISA100.11a (IEC62734準拠)
周波数範囲：2400MHz ～ 2483.5MHz、最大通信距離：600m

●バッテリパックで配線レスを実現！完全スタンドアローン
電池駆動： 塩化チオニルリチウム電池
連続使用時間：SDWL-1EC/OX：2年間
SDWL-1RI ：1年間
※25℃環境設置及び無警報の場合

●設置場所を選ばない取付構造
取付アングルを使用して、水平方向/垂直方向の50A(2B)ポールおよび壁面への設置が可能

● TIIS((公社)産業安全技術協会)防爆検定合格品
耐圧+本質安全防爆構造 Ex ia d ⅡC T4 (SDWL-1RI)
本質安全防爆構造 Ex ia ⅡC T4 (SDWL-1EC/OX)

システム例



◆お問合せ先
理研計器株式会社
最寄の営業所にお気軽にお問合せください。
https://www.rikenkeiki.co.jp/

7-8： ISA100Wireless製品リンク一覧

ベーカーヒューズ・エナジージャパン株式会社

日本語
https://www.bakerhughesds.com/jp/condition-monitoring-and-asset-protection-bently-nevadasensorsranger-prowaiyaresusensashisutemu
英語
https://www.bakerhughesds.com/bently-nevada/online-condition-monitoring/ranger-pro-wireless-sensor-system

新コスモス電機株式会社

無線ガス検知部　KD-100
https://www.new-cosmos.co.jp/industrial/product/1715/
無線ガス検知部　KD-101
https://www.new-cosmos.co.jp/industrial/product/4556/
仮設型ガス漏えい監視システム　VCW-100
https://www.new-cosmos.co.jp/industrial/product/3067/

新川センサテクノロジ株式会社

ワイヤレス振動センサ e-SWiNS
https://www.shinkawaelectric.com/products/sensor/e-swins_isa100.html

ドレーゲルジャパン株式会社

赤外線式可燃性ガス検知警報器 GS01
https://www.draeger.com/ja_jp/Applications/Products/Fixed-Gas-Detection/Flammable-Gas-Detectors/Infrared-Sensor-Principle/GasSecureGS01
電気化学式酸素・毒性ガス検知警報器 Dräger Polytron® 6100 EC WL
https://www.draeger.com/ja_jp/Applications/Products/Fixed-Gas-Detection/Toxic-Gases-and-Oxygen-Detectors/Electrochemical-Sensor-Principle/Polytron-6100-EC-WL

横河電機株式会社

https://www.yokogawa.co.jp/solutions/products-platforms/field-instruments/field-wireless/

理研計器株式会社

定置式無線ガス検知部　SDWL-1RI
https://www.rikenkeiki.co.jp/products/detail/110
定置式無線ガス検知部 SDWL-1OX
https://www.rikenkeiki.co.jp/products/detail/109
定置式無線ガス検知部 SDWL-1EC
https://www.rikenkeiki.co.jp/products/detail/108
無線ガス検知部用モニタリングステーション STWL-P
https://www.rikenkeiki.co.jp/news_product/detail/25

付録：　資料集

付録1. 用語解説

付録2. 参考文献・引用情報

付録1：用語解説 1/4

PART 1

□ IoT
Internet of Thingsの略で、「モノのインターネット」と呼ばれる。自動車、家電、ロボット、施設などあらゆるモノがインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し、新たな付加価値を生み出す。

□ デジタルトランスフォーメーション（DX：Digital transformation）
「デジタルによる変革」を意味し、ITの進化にともなって新たなサービスやビジネスモデルを展開することでコストを削減し、働き方改革や社会そのものの変革につなげる施策を総称したもの。

□ AR：オーギュメントリアリティ
拡張現実：Augmented Realityの略で、現実の光景にデジタル情報を重ね合わせて表示させる技術。建設現場において、改修中や改修後の建築物の状況をその場で確認することができる。

□ VR：バーチャルリアリティ
仮想現実：Virtual reality の略で、実際には存在しないが、人間にはあたかも存在するように認識できる仮想空間、もしくはそのような仮想空間を作り出すハード／ソフト技術のことをいう。

□ 機械学習
コンピューターがデータセットからルールや知識を学習し、タスクを遂行する能力が向上する技術。

□ センサネットワーク
部屋、工場、道路など至る所に埋め込まれたセンサが周囲の環境を検知し、当該情報がユーザや制御機器にフィードバックされるネットワーク。

□ ISA100.11a
国際計測制御学会：International Society of Automation（ISA）によって開発された工業用無線ネットワーク規格。正式名称は、“Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Applications”.
2014年にIEC 62734としIEC国際標準化規格として承認された。

□ LPWA
Low Power Wide Areaの略で、低消費電力、低ビットレート、広域カバレッジを特徴とする無線通信技術の総称。

□ 無線LAN
無線を使って構築されるLAN（Local Area Network）のこと。通信方式は、2.4GHz帯を用いるIEEE 802.11b（最大伝送速度11Mbps）や、5.2GHz帯を用いるIEEE 802.11a（最大伝送速度54Mbps）等がある。

□ Wi-Fi
無線LANの標準規格である「IEEE 802.11a/b/g/n」の消費者への認知を深めるため、業界団体のWECA（現：Wi-Fi Alliance）が名付けたブランド名。

□ Bluetooth
2.4GHz帯の電波を利用し、1～2Mbpsの速度で通信を行うことが可能であり、通信範囲は10m程度。電波を利用するため、赤外線通信とは異なり、遮へいするものがあっても通信が可能であることが特長。

□ LTE
Long Term Evolutionの略。W-CDMA方式の拡張技術であるHSPAを発展させた標準規格。 主な特長は、①データ通信速度の高速化、②遅延の短縮③周波数利用効率の大幅な向上。

付録1：用語解説 2/4

PART 2

◻ BER

Bit Error Rateの略称。データ伝送品質の評価尺度のひとつで、ビット誤り率= 誤った受信ビット数/ 伝送した全ビット数で表される。BER＝1%：100ビットの送信で1ビット誤る。

◻ dBm

電力を1ミリワット（mW）を基準値とするデシベル（dB）の値で表した単位である。電波や光ファイバーなどで信号の強さを表すのに用いられる。dBmで表すことで、非常に大きな値から非常に小さな値までを、以下のように少ない桁数の数字で簡便に表すことができる。

◻ 電波の減衰

電波は放射点から拡散しながら伝わるので、放射点からの距離が異なれば単位面積当たりの電波のエネルギー（電力）密度が異なる。電波の電力密度は、電波の強弱を表し、距離が離れると電力密度が小さくなり電波は弱くなる。電波は、自由空間では「距離の2乗に比例して減衰する」特性に加えて、「波長の2乗に反比例する」と特性をもっている。

◻ 電波の反射

直進する電波の通路に金属板などの異なる媒質の境界があると電波の反射が生じる。電波は境界面への入射角と同じ角度で反射する。

◻ 電波の回折

進行する電波が障害物の影の部分に回り込んで伝わる現象。

◻ 電波の干渉

受信機が妨害波信号により希望波信号の受信に影響を受ける現象を表す。

◻ フェージング

無線通信で届く電波の強度が何らかの理由により変動すること。無線局の移動や時間経過により、障害物や大気中の電離層による反射などが変化し、時間差をもって到達した電波の干渉に変化が発生することで起きる。

◻ 妨害波

希望波に妨害を与える電波。

◻ ITU-R

International Telecommunication Union - Radiocommunication Sectorの略で、国際電気通信連合 無線通信部門であり、 電気通信の世界的な標準化の促進、電気通信に関する、研究の実施、規則の制定・改訂などを行う機関。

PART 3

□ チャネル / ch

本書では、等間隔で並んだ無線通信用周波数を表す。

□ TDMA

Time Division Multiple Access の略称。時分割多元接続。電波をタイムスロットに分割し無線局に割当てて多元接続を行う技術。

□ CSMA

Carrier Sense Multiple Accessの略称。通信開始前に、現在通信をしている電波がいないかどうかを確認し、通信していない場合は、通信を開始する干渉回避のための通信技術。

□ IPv6

Internet Protocol version 6の略。現在広く使用されているインターネットプロトコル（IPv4）の次期規格であり、IPv4に比べて、アドレス数の大幅な増加、セキュリティの強化及び各種設定の簡素化等が実現可能。

□ 暗号技術

文書や画像等のデータを通信及び保管する際に、第三者による情報の窃取を防ぐことを目的として、規定された手順に従いデータを変換し、秘匿化する技術。

□ AES

Advanced Encryption Standard（高度暗号化標準）の略。アメリカ政府が政府内の標準として策定した暗号化規格のこと。現在、実用化されている方式の中では、強度が極めて高いといわれている共通鍵暗号技術。

□ マルウェア（ malware ）

Malicious softwareの短縮された語。コンピュータウイルスのような有害なソフトウェアの総称。

付録1：用語解説 4/4

PART 4

□ RSSI
Received Signal Strength Indicator の略称。受信信号強度。

□ PER
Packet Error Rateの略称。データ伝送品質の評価尺度のひとつで、パケット誤り率= 誤った受信パケット数/ 伝送した全パケット数で表される。PER＝1%：100パケット送信で1パケットを誤る。

□ フレネルゾーン（Fresnel zone）
無線通信における、電力損失をすることなく電波が到達するために必要とする「見通し」の空間領域。二点を中心軸とする回転楕円体となる。この領域内に障害物があると、強度が確保されなくなる。フレネルゾーンの中で、中心部分の半径をフレネルゾーン半径と呼び、一般的にフレネルゾーン半径の60％以上を確保すれば自由空間と同じ特性を得られると言われている。

□ ネットワークトポロジー
無線ネットワークの通信経路に端末や各種機器がどのような形状で接続されているのかを表す。ネットワークトポロジーの形状として、バス型、スター型、リング型、ツリー型、メッシュ型、複合型、階層型が存在している。

□ FDT/DTM
Field Device Tool/ Device Type Managerの略称。FDTは、 様々な通信プロトコルのネットワークに接続された様々なインリジェントなフィールド機器、装置、機械を設定、操作する様々な環境（ツール）を統合し、統一された操作性（Look & Feel）で機器の設定、操作、診断が行える環境を提供するソフトウェアインターフェース。DTMは、ディジタル通信機能を持つインテリジェントフィールド機器固有のアプリケーションソフトウェア。

□ EDDL
Electric Device Description Languageの略称。電子デバイス記述言語。

□ NAMUR NE107
ドイツのプロセスオートメーションのユーザ団体であるNAMURがフィールド機器の自己診断機能についてまとめた要求仕様。

付録2：参考文献・引用情報 1/2

PART 1

- 「工業用無線規格 ISA100 Wireless ISA100 Wireless ISA100 WirelessISA100 Wireless ISA100 Wireless の紹介～IoT でご安全に !!～」ISA100WCI日本支部
ISA100 Wireless ユーザセミナ（札幌）：https://isa100wci.org/ja-JP/News-Events/Events
- 「高圧ガス事故の状況について」 平成31年3月15日　計座産業省　産業保安グループ
高圧ガス保安室：https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/014_01_00.pdf
- 用語集 総務省: https://www.soumu.go.jp/main_content/000032567.pdf

PART 2

- 「我が国の電波の使用状況」 令和2年3月 総務省
https://www.tele.soumu.go.jp/resource/search/myuse/use/ika.pdf
- 「電波伝搬の基礎理論」
https://www.apmc-mwe.org/mwe2005/src/TL/TL05-01.pdf
- Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 450 GHz ITU-R P.1238-10 (08/2019)
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1238-10-201908-I!!PDF-E.pdf
- WISA ISA100 Wireless Module CENTERO：www.centerotech.com

PART 3

- ISA100WCI ：https://isa100wci.org/
- ISA-100.11a-2011: “Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications”
- IEC 62734 ED1.0 2014 :” Industrial networks - Wireless communication network and communication profiles ISA 100.11a”
- ISA100 Wireless 実装セミナ ：https://isa100wci.org/ja-JP/News-Events/Events
- 「ISA100 Wireless実用化の最新動向」 ISA100WCI日本支部「計装」2015 Vol.58 No.11
- 「ISA100 Wirelessの最新動向と将来性を考えた仕組み」ISA100WCI日本支部 「計測技術」2014.4
- 「計測制御システムの無線ネットワークセキュリティ」 ISA100WCI日本支部「計測技術」2016.5
- 「ISA100 Wirelessの導入事例と導入支援に向けた有用情報」 ISA100WCI日本支部 「計装」2019 Vol.62 No.8
- 「次世代の大規模フィールド無線システム～プラントワイドへの対応とその信頼性向上技術～」「計装」2012 Vol.55 No.8
- 平成28年度版 情報白書 用語解説 総務省
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nd300000.html
- 用語集 総務省：https://www.soumu.go.jp/main_content/000406326.pdf

付録2：参考文献・引用情報 2/2

PART 4

- 「工業用ワイヤレスセンサネットワーク規格ISA100 Wirelessの機器管理システムの事例と仕組み 」
- ISA100WCI日本支部　「計測技術」 2015.10
- ISA100 Wireless ユーザセミナ ：https://isa100wci.org/ja-JP/News-Events/Events
- 「安全監視にも使われ始めた高信頼なフィールド無線」 「計装」2015 Vol.58 No.7
- **Guide to Industrial Wireless Systems Deployments (NIST)** ：
  https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.300-4.pdf
- **Essential Guide to Industrial Wireless Network Configuration and Layout Options (Yokogawa)**
  https://blog.isa.org/essential-guide-industrial-wireless-network-layout-configuration-options
- Yokogawa Field Wireless Solution (Yokogawa)
  https://web-material3.yokogawa.com/BU01W01A13-01EN_004.pdf
- Field Wireless (Yokogawa)
  https://www.yokogawa.com/solutions/products-and-services/measurement/field-instruments-products/field-wireless/#Overview
- ISA100 Wireless Applications, Technology and Systems A Tutorial White Paper(ISA100 WCI)
  http://isa100wci.org/en-US/Documents/White-Papers/White-Paper-ISA100-Applications-Technology-and-Sys.aspx

PART 5

- 「プラント無線化による実証・活用例　データ見える化から予兆検知、IIoTへの活用を探る」
- ISA100 Wireless ユーザセミナ（札幌）/（川崎）https://isa100wci.org/ja-JP/News-Events/Events

注意事項

- 本冊子で提供する情報の正確性につきましては細心の注意を払っておりますが、その保証をするものではありません。また掲載情報の利用によって何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。
- 本書に掲載されている文書及び内容について、その正確性、有用性等、如何なる保証をするものではありません。 たとえ掲載内容に誤りがあった場合も一切責任を負いません。
- 本書の内容を参考に生じたあらゆる不利益または損害に対して、ISA100WCI及びISA100WCI日本支部は一切責任を負いません。
- 本書の内容につきまして予告なしに変更、改定、更新、中止される場合がありますので、予めご了承下さい。
- 本書に掲載されている画像、情報、デザインを無断で複製、公開、転載する事を禁止します。
- 本書の情報を営利目的で無断で使用する事を固く禁じます。
- 掲載されている製品情報、画像、仕様などは予告なしに修正・更新する場合があります。

上記の事由に関わらず、本書の記載事項が原因で発生した損害につきましてもISA100WCI及びISA100日本支部は一切の責任を負いませんので予めご了承ください。

＊本文中の会社名、商品名及び名称は、各社または各団体の登録商標または商標です。

編集兼発行　ISA100WCI日本支部
石原 靖将、井出 翔太、今井 真理子、三宮 佳幸、清水 健二、
中嶋 信二、 中村 義裕、長谷川 敏、平間 丈一郎、福岡 英治、藤井 信彦、坊田 信吾

ISA100 Wireless Case Studyに関するお問合せは、下記URLのお問合せへ窓口からお願いいたします。

https://isa100wci.org/ja-JP/Contact

ISA100WCIのホームページへの入り口は、次のURLです。

https://isa100wci.org/ja-JP

Printed in Japan

ISA 100 WIRELESS COMPLIANCE INSTITUTE™