

## eKo ユーザマニュアル抜粋 第8章 付録B：eKo センサ

- 8.1 ES1101 土壤水分センサ
- 8.2 ES1201 温湿度センサ
- 8.3 ES1110 土壤含水量センサ
- 8.4 ES1301 葉上水分センサ
- 8.5 ES1401 日照（太陽照度）センサ

## 8.1 eS1101 土壤水分および土壤温度用センサ

eS1101 センサは、Watermark 土壤水分センサと土壤温度センサで構成されます。土壤温度センサは、Watermark センサの温度を補正します。何種類かの土壤深さで土壤の水分を測定するために、一つの eKo ノードに最大 4 個の eS1101 センサを接続することができます。



## 8.1.1 センサの取り付け

時間があれば、土壤水分センサを夜通し水に浸して、湿った状態で取り付けます。23cm 径のロッドで土壤水分センサ用に任意の深さで穴をあけてください。深さは農作物の根域しだいで変化します。穴を水で満たし、センサを穴の底まで押し込みます。センサを覆う土が 10cm 程度になるように穴を埋め戻します。温度センサを押し込み、両方のセンサが埋没するようにさらに穴を埋め戻します。

ひじょうに粗い土壤または砂利混じりの土壤の場合、土壤水分センサの薄膜が摩耗によって損傷するを防止するために、大きめの穴（2～3 センチ径）が必要になる場合があります。この場合、任意の深さで穴をあけ、土と水で濃厚な泥水を作ります。穴をこの泥水で満たし、土壤水分センサと温度センサを取り付けます。これにより、土壤水分センサは固めたようにしっかりと固定されます。

**重要：**「乾燥」した無条件の土壤水分プローブは、プローブが水分を吸収するまであるいは土壤と釣り合うまで、数日間にわたって不規則な／不適切な測定値を示す場合があります。これは、埋設する前のプローブの「調節」が原因です。

## 8.1.2 センサのメンテナンス

Watermark センサは、長寿命の非腐食性部品で作られています。センサを取り付けたあとでもメンテナンスの必要はありません。樹木やブドウの木などの多年生農作物の場合、センサは冬の間でも放置することができます。野外操作が必要になる 1 年生農作物の場合、収穫の前にセンサを取り外すのが標準的なやり方です。センサを取り外したら、簡単に掃除して、乾燥した場所で春まで保管しておきます。

### 8.1.3 土壌水分センサの機能

センサは、ステンレススチールケースによって所定の位置に保たれる特別基準マトリクス材に埋設された2個の同心電極から成ります。マトリクス材は、収穫作物の生長範囲における電気抵抗の最大変化を反映するように選択されました。土壌水分は絶えず吸収されるか、あるいはセンサから放出されます。土壌が乾燥するにつれて、センサ水分は減少し、電極間の電気抵抗は増大します。

Watermark は 0~200 センチバールの範囲内で正確に測定値を表示します。これは重粘土の土壌の灌漑農業に必要な土壌水分範囲全体をカバーしています。Watermark は、石膏ブロックのように土壌中では溶解しません。しかし、これは、灌漑農作物や地形に一般的に見られる塩分レベルの影響に対する緩衝機能を提供する石膏を内部に含んでいます。これらは凍結温度の影響を受けないため、寒冷気候の冬季中に Watermark センサを取り外す必要はありません。

### 8.1.4 センサ測定値の意味

Watermark は土壌水分の張力または吸収量を測定します。これは、土壌から水分を抽出するために植物の根系が機能しなければならないレベルを示す直接的な指標です。土壌が乾燥すればするほど、測定値は高くなります。灌漑土壌に置かれたセンサをモニタすることにより、土壌が乾燥する速度を測定することができます。水分ストレスを避けるために灌漑を行う時期を判断する場合、「変化の速度」は実際の測定値と同様に重要です。

### 8.1.5 灌漑を「いつ」行うべきかの決定

図 8-1 は、土壌の変動が土壌の水分維持機能 (保水容量) にどのような影響を与えるかを示しています。

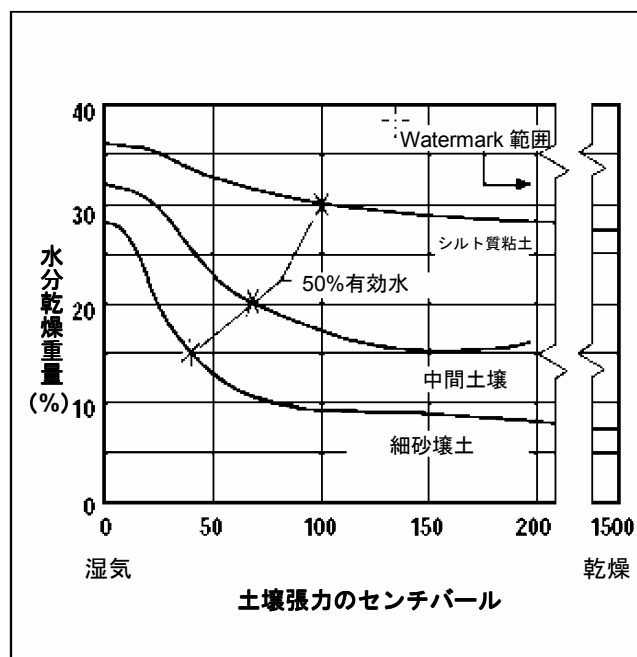


図 8-1. さまざまな土壌タイプの保水容量

重粘土の土壌は砂質の土壌よりも多くの水分を含んでいます。しかし、さらに重大なのは、工場では唯一の「利用可能」な部分である含有水分を完全には抽出できないということです。一般的な経験則として言えるのは、枯渇している「利用可能」な部分の 50%に達する前に灌漑を開始すべきであるということです。図 8-1 は、利用可能な水分の 50%のレベルの土壌水分張力を示しています。

中間タイプの土壌を前提にすると、この 50%のレベルは約 60～70 センチバールで生じます。適切な灌漑ポイントの決定は土壌タイプに大きく左右されますが、農作物と灌漑方法についても検討してみましょう。影響を受けやすい農作物はすぐにでも灌漑を必要としますが、影響を受けにくい農作物は今すぐ水が必要というわけではありません。地表灌漑は、ドリップ方式よりも迅速に水分を提供することができます。したがって、水分ストレスを防止するには、システムがどれほど素早く反応できるかを検討する必要があります（図 8-2 を参照）。

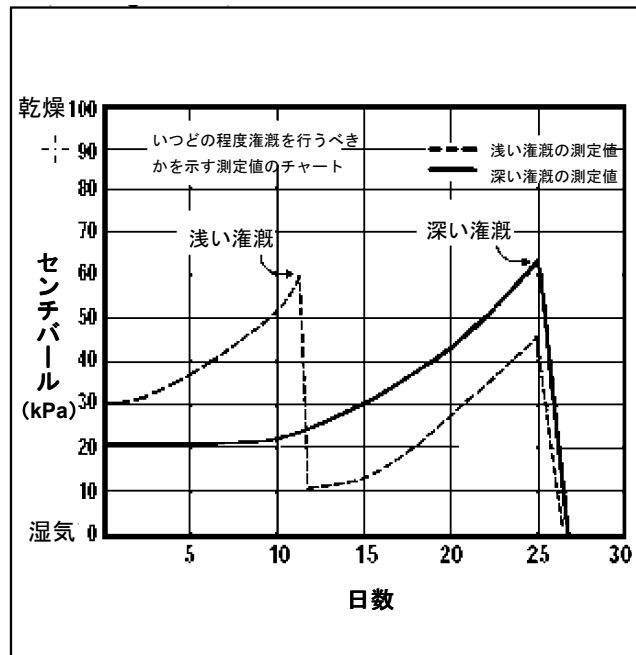


図 8-2. 灌漑を行う時期を示すグラフ

### 8.1.6 灌漑を「どの程度」行うべきかの決定

農作物、土壌および灌漑方式に関する記録作成や経験は、すぐれた管理システムにとって不可欠です。農作物の根系の上（例：30.5cm）と下（例：61cm）の両方に適切に配置された Watermark センサにより、枯渇するのは浅い土壌の水分なのかそれとも深い土壌の水分なのかを測定値は示します。浅い灌漑の測定値が 60 で深い灌漑の測定値が 10 ならば、上部の 30.5cm の水分量をさらに上げるために十分な水を補給します。浅い灌漑の場合は 40 で深い灌漑の場合は 60 というように、測定値が逆転すると、2 倍の量の水分が必要になることがあります。

## 8.2 eS1201 周囲温度および湿度用センサ

eS1201 温度／湿度センサは、相対湿度と気温を測定します。測定値は、露点を計算するのにも使用します。センサ筐体は物理的損傷からセンサを保護し、薄膜フィルタはほこり、ゴミ、散水からセンサ素子を保護します。ハウジングはケーブル張力を緩和するようになっています。



### 8.2.1 センサの取り付け

屋外の気温や湿度を測定する場合に正確な値が得られるようにするために、直射日光や他の反射熱や放射熱を遮って eS1201 を保護すべきです。Davis 7714 ユニットなどのような市販の日光遮蔽を使用することができます。PVC チューブなど他の安価な遮蔽も使えます。

あるいは、開口部を下に向けて日陰にセンサを配置することも可能です。直射日光にさらされない場所、反射日光に限定的にさらされる場所にセンサを設置します。可能ならば、直射日光にさらされて周囲の空気を加熱する表面から少なくとも 1.5m の所にセンサを設置してください。

センサは、照明やランプから少なくとも 3m 離して、また通風孔などのような熱源から少なくとも 1.5m 離して設置します。センサを夜間に野外に放置しないでください。光の露の後の朝の乾燥した地域は問題ありません。

◀ **注：** eS1201 の温度センサは、 $-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$  で動作するように調整されています。センサをこの範囲外に設定すると、誤った測定値が表示されます。

### 8.2.2 センサ特性

eS1201 は、シングルチップの集積回路を使用して相対湿度と温度を測定し、その際に較正デジタル出力を生成します。装置は、相対湿度用の容量性高分子感知素子とバンドギャップ温度センサを内蔵しています。どちらも、14 ビットアナログ・デジタルコンバータに接続されます。

通常的环境では、空気は湿度を含みます。空気中の水分子の数はかなり変動します。たとえば、砂漠のような乾燥状態にもなれば、熱帯地方のように湿気が多くなることもあります。一定の温度における空気中の湿度には上限があります。この限度を超えると、飽和状態になります。何らかの理由により、湿度レベルがこの限界を上回ると、結露が発生したり、霧や水滴が生じたりします。相対湿度は、最大量の湿度が空気中に存在する割合を示します。相対湿度とは対照的に、絶対湿度は空気量ごとの水分子の総量として表される飽和水準にかかわらず空気中の湿度の絶対量を意味します。

密閉されたシステムにおいて温度が上がったり下がったりする場合は、飽和蒸気圧が上昇したり下降したりしています。その結果、相対湿度が上がったり下がったりします。

露点は、空気中の水分の凝縮が始まる温度として定義されます。これは、相対湿度と温度を入力として使用して計算できます。

図 8-3 は、センサ精度チャートを示しています。

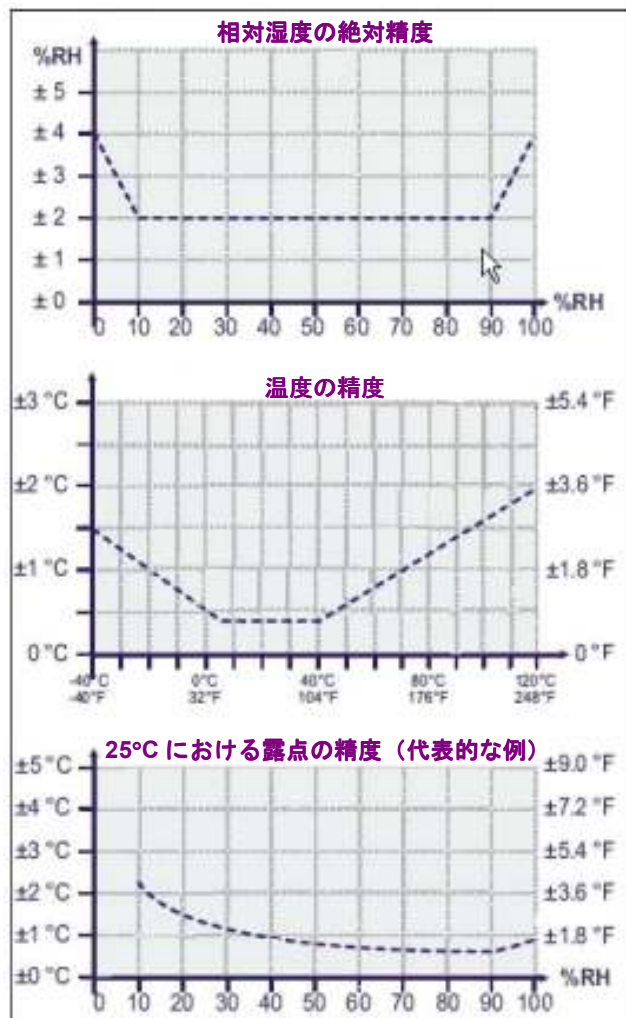


図 8-3. 相対湿度、温度および露点の精度

他のセンサの動作理論および据え付けのヒントについては、センサに付属しているメーカーのマニュアルを参照してください。

### 8.3 eS1110 土壌含水量センサ

eS1110 は、静電容量／周波数領域テクノロジーを利用して媒体の誘電率を測定することにより容積測定含水量を取得する Decagon EC-5 を使用します。これは高周波振動を取り入れており、最適な塩分効果および質感効果の少ない土壌でも水分を正確に測定することが可能になっています。



図 8-4. eS1110 土壌含水量センサ

### 8.3.1 センサの取り付け

取り付け場所を選択する場合、プローブ表面に隣接する土壌はプローブの測定値の強い影響を受け、プローブは容積測定含水量を測定するということを忘れないでください。プローブの周囲の空隙や過度の土壌圧縮は測定値に著しい影響を与えます。さらに、金属の棒や杭などのような大きな金属の物体のすぐ近くにはプローブを取り付けしないでください。これによりプローブの電磁場が減衰し、測定値の出力が悪影響を受けることがあります。センサの各ピンの間には隙間があるため、プローブを挿入する媒体のサイズを考慮することも重要です。プローブピンの間に棒、樹皮、根あるいはその他の異物を差し込むのは可能ですが、測定値が悪影響を受けます。最後に、濃密な土壌にプローブを差し込む場合は注意を払ってください。プローブを差し込んでいる時に過度な横方向の応力がかかるとピンが壊れることがあります。

プローブの黒い樹脂までが完全に埋まることを確認しながら、プローブを土壌に差し込んでください。プローブを楽に押し込むことができるように、それぞれのピンの端は鋭利になっています。極端に圧縮された土壌や乾燥した土壌にプローブを差し込むのは難しいかもしれません。プローブを差し込むのが難しい場合は、土壌を少しほぐすか、あるいは土壌に水をかけてみてください。**たたいて打ち込んだりしてはいけません!** プローブはどの方向にも向けることができます。ただし、平坦な側面を土壌表面に垂直に向けると、下向きの水の動きに対する効果が最小限になってしまいます。

土壌からプローブを抜き取る場合は、**ケーブルを引っ張らないでください!** 内部の接続機構が壊れてプローブが使用不能になることがあります。

### 8.3.2 土壌含水量センサの機能

土壌含水量センサは、土壌の誘電率を測定して容積測定含水量を検出します。水の誘電率は空気や土壌の誘電率よりもかなり高いため、土壌の誘電率は含水量に関する感度の高い基準です。センサの2ピン設計や高い測定周波数により、EC-5は0から100%までのVWCを測定することが可能であり、あらゆる土壌タイプや広範囲な塩分を正確に測定できます。

## 8.4 eS1301 葉上水分センサ

eS1301 は Decagon の葉上水分センサを使用しています。多くの真菌性や細菌性の疾患は、葉の表面に水分がある場合にのみ植物に悪影響を与えます。eS1301 は林冠の湿度の存在と期間を判断し、それによりユーザーは植物の病気を予測して林冠を保護することができます。葉上水分センサは誘電率を測定するため、水滴は水分を検出するセンサのために電氣的痕跡をつなぐ必要はありません。センサの表面上の水や氷の存在が検出されます。



図 8-5. eS1301 葉上水分センサ

### 8.4.1 センサの取り付け

葉上水分センサは、林冠または測候所の支柱に配置するように設計されています。センサ本体の非感知部には取り付けのための穴が二つあります。穴は面ファスナーまたは 4-40 ボルトネジのどちらかとともに使用します。

センサのリード線は、信号を減衰させることなく 75m まで延長可能です。保護されていない環境で延長ケーブルを使用する場合、ケーブル接続部は防水処理しなければなりません。防水処理は、接続部を接続し、シリコン封止材を接続部に塗り、保湿シリコン封止材にかぶせた熱収縮チューブを適切に収縮させることによって効果的に行うことができます。

### 8.4.2 葉上水分センサの機能

葉上水分センサは、センサの上面からおおよそ 1cm のゾーンの誘電率を測定します。水 (80) と氷 (5) の誘電率は空気 (1) の誘電率よりもかなり高いため、測定した誘電率は、センサ表面の水分や霜の存在に大いに左右されます。センサは、測定ゾーンの誘電率に比例する、すなわちセンサ表面の水や氷の量に比例する mV 信号を出力します。

### 8.4.3 センサ測定値の意味

葉上水分センサは未処理のバイナリデータを出力し、工業単位 (°C など) はありません。乾燥時は 445 個の未処理のカウントを出力します。豪雨などでセンサが完全に濡れている場合、信号はおおよそ 1400 カウントにまでなります。センサの表面の水の量の変動すると、センサの出力はセンサの表面の水の量に比例します。ほとんどの葉上水分の用途 (病気の予測など) では、表面の水の量に関する知識は不要です (表面に水がある場合のみですが)。これを判断するためには、最小限の湿気状態に応じたセンサ出力閾値を確認しなければなりません。

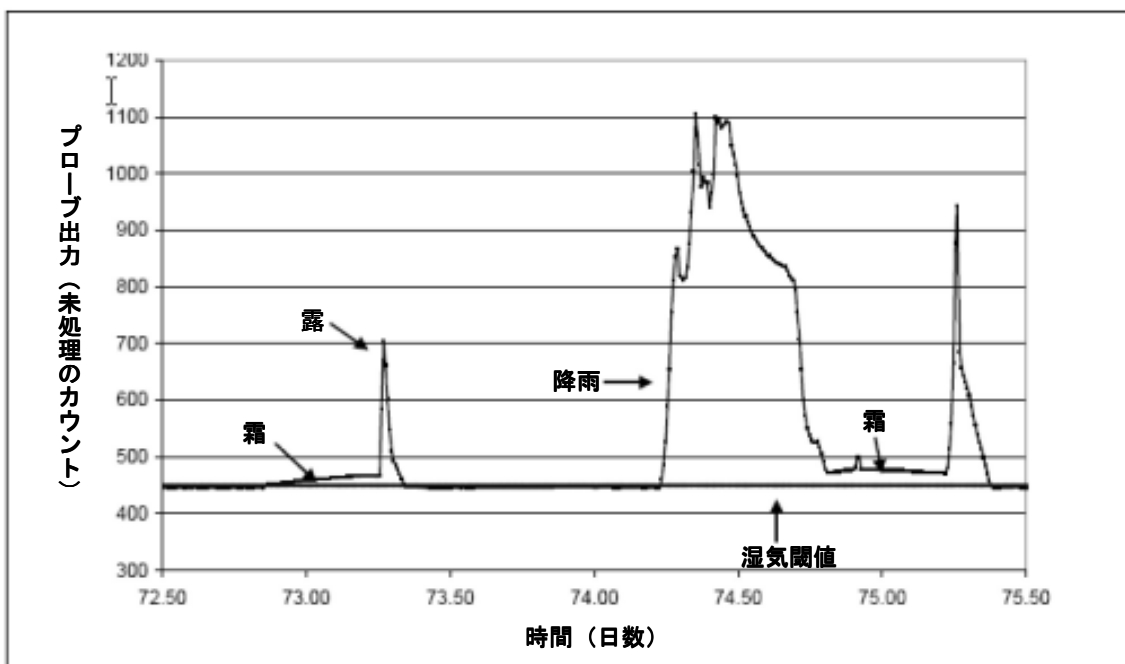


図 8-6. 葉上水分センサからの未処理出力のサンプル

## 8.5 eS1401 太陽照度センサ

eS1401 は、Davis の太陽照度センサを使用しています。これは、全照度および太陽放射度の直達成分と拡散成分の両方を測定します。これにより、ユーザーは蒸発散量をモニタすることができます。センサの出力電圧から、コンソールは太陽放射度を計算して表示します。さらに照度値を統合して、指定期間中の総入射エネルギーを表示します。



図 8-7. eS1401 太陽照度センサ

拡散器の素子とハウジングは、正確なコサイン反応が得られるように入念に設計されています。シリコンフォトダイオードは、太陽スペクトルへの良好な一致を示します。筐体は輻射加熱を最小限に抑え、センサの対流冷却を可能にし、水やほこりの混入を防止します。

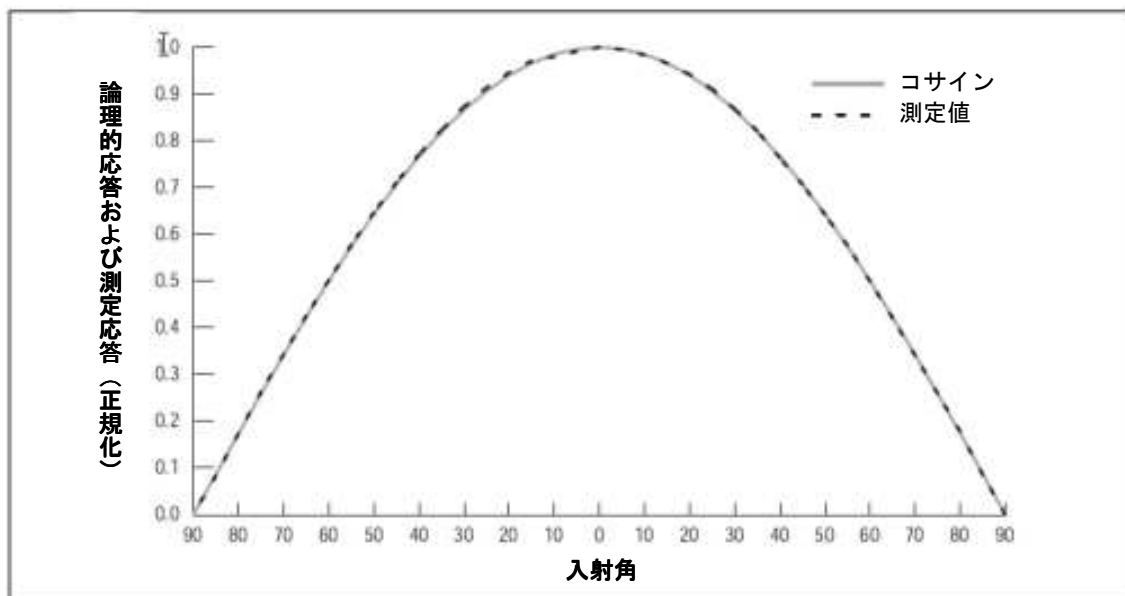


図 8-8. 太陽照度センサからの代表的なコサイン反応

### 8.5.1 センサの取り付け

ばね式取り付けねじは、レベルインジケータ(水準器)と連動して、センサの迅速で正確なレベルング(水平)を可能にします。太陽照度センサは、センサ装着棚(Davis Instrumentsの製品番号6672)に取り付けるように設計されています。センサ装着棚はセンサに付属するスタンドであり、センサを2個まで取り付けることができます。

正確な測定値を得るために、取り付け後に定期的に拡散器を掃除します。エチルアルコール(消毒用アルコールは不可)または少量の合成洗剤を混ぜた水を使用してください。

製品のお問い合わせ先:

#### クロスボー株式会社

〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-10(住友精密構内)

TEL: 06-6489-5922 FAX: 06-6489-5902 Email: sales@xbow.jp

© 2005-2008 クロスボー株式会社 不許転載

本書の内容は予告なしに変更されることがあります。

Crossbow、IRIS、eKo、TrueMesh および XMesh は、Crossbow Technology, Inc.の登録商標です。Mote, MoteWorks, Smartdust は住友精密工業株式会社の登録商標です。その他の製品名と商標は、それぞれの会社の商標または登録商標です。センサネットワーク製品はライセンスやサポート契約およびそれに付随する登録が個別に行われていないかぎりサポートや修正の義務は負いません。人体、システム、財産、通信などに危害を及ぼす可能性のある使用には当社は責任を負いません。電波法の遵守はユーザー責任です。仕様や情報は代表値であり、また予告なく変更することがあります。eN2100 及び eB2110 は日本国内電波法技適取得のための改造により、日本での型式は eN2100J、eB2110J となります。内容文はそれぞれ読み替えてください。