

基地局等評価方法作業班の検討状況

- 地中埋設型基地局等の新たな無線システムから発射される電波の強度等の測定方法及び算出方法-

基地局等評価方法作業班 主任

(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室

大西 輝夫

検討状況経緯

- * 第1回(令和2年1月28日)
- * 第2回(令和2年2月27日)
 - * 関係者からのヒアリング
 - 地中埋設型基地局
- * 第3回(令和2年4月2日)
 - * 関係者からのヒアリング
 - 地中埋設型基地局以外の新しいタイプの基地局
 - 地中埋設型基地局(海外事例)
- * 第4回(令和2年6月19日)
 - * 地中埋設型基地局測定例
 - * 人体内ばく露評価結果
- * 第5回(令和2年8月27日)

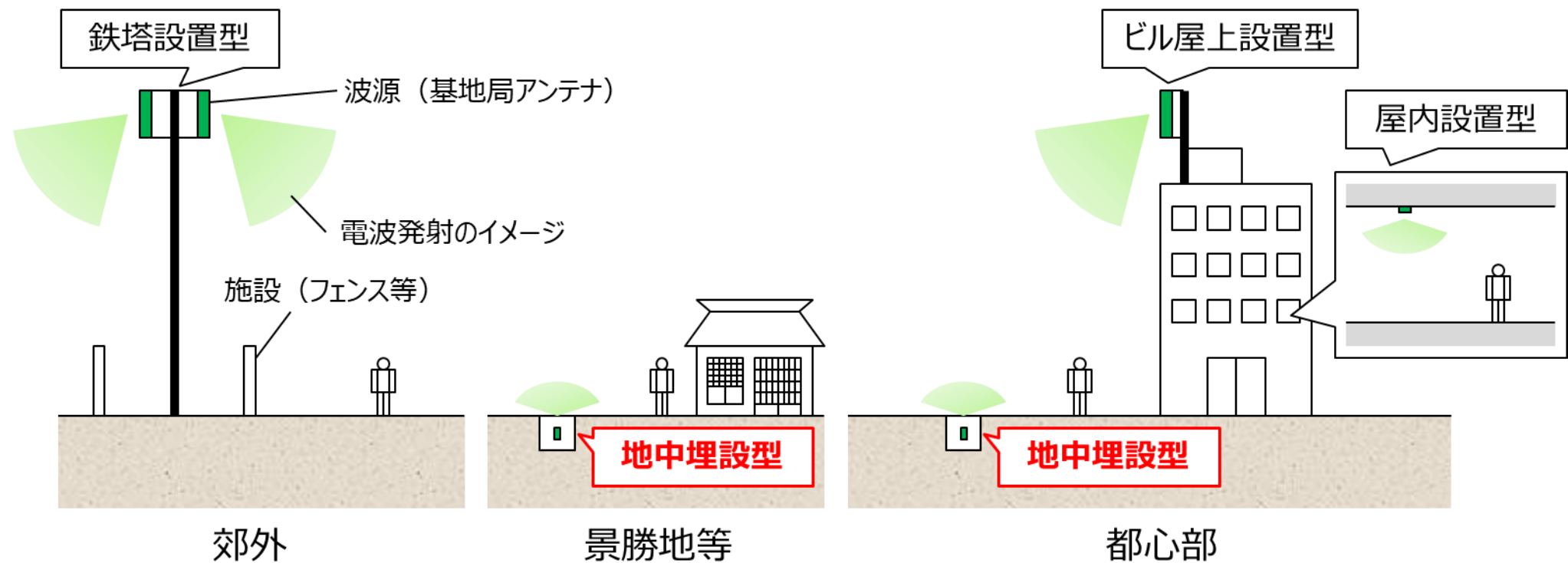


ARIB※¹における評価法検討結果の審議

※1 (一社)電波産業会

地中埋設型基地局の特徴と設置イメージ

- * 街に溶け込み、景観配慮が可能
- * ピンポイントでのエリア構築が可能
- * 必要な場所に点在設置が可能



検証用地中埋設型基地局

- * アンテナを地表から10 cm (NTTドコモ)/20 cm (KDDI) 以下に設置
- * 偏波; 垂直偏波
- * 検証用基地局で用いた周波数帯
 - * 1.5, 3.5 GHz帯 (NTTドコモ)
 - * 1.7 GHz帯 (KDDI)



NTTドコモ※1



KDDI※2

※1 第3回作業班資料より抜粋

※2 第2回作業班資料より抜粋

海外での事例

【スイス】

- * 17サイトでの試験後、2015年より展開
- * 小セルに対する規制は ERP※¹ 6W以上が対象
- * ERP 6W以下であるが、事業者、規制当局の調査によりICNIRP※²の制限値を満足していることを確認



- ※¹ 実効輻射電力
- ※² 国際非電離放射線防護委員会
第3回作業班資料より抜粋



Source: Swisscom

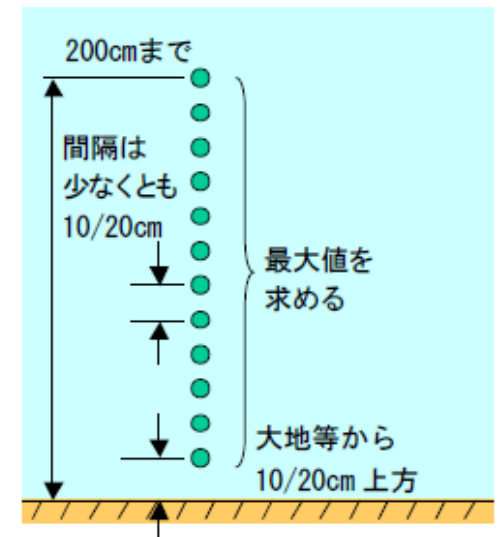
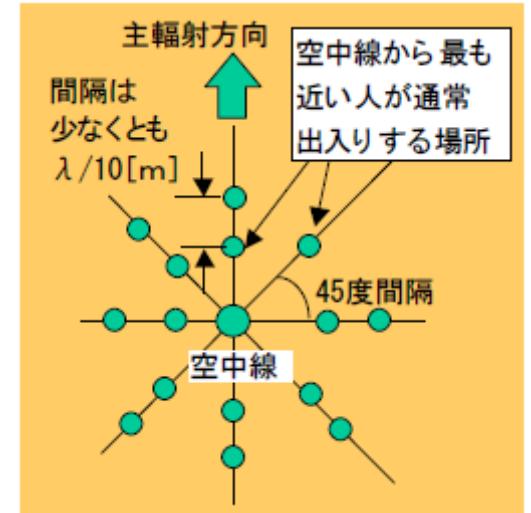
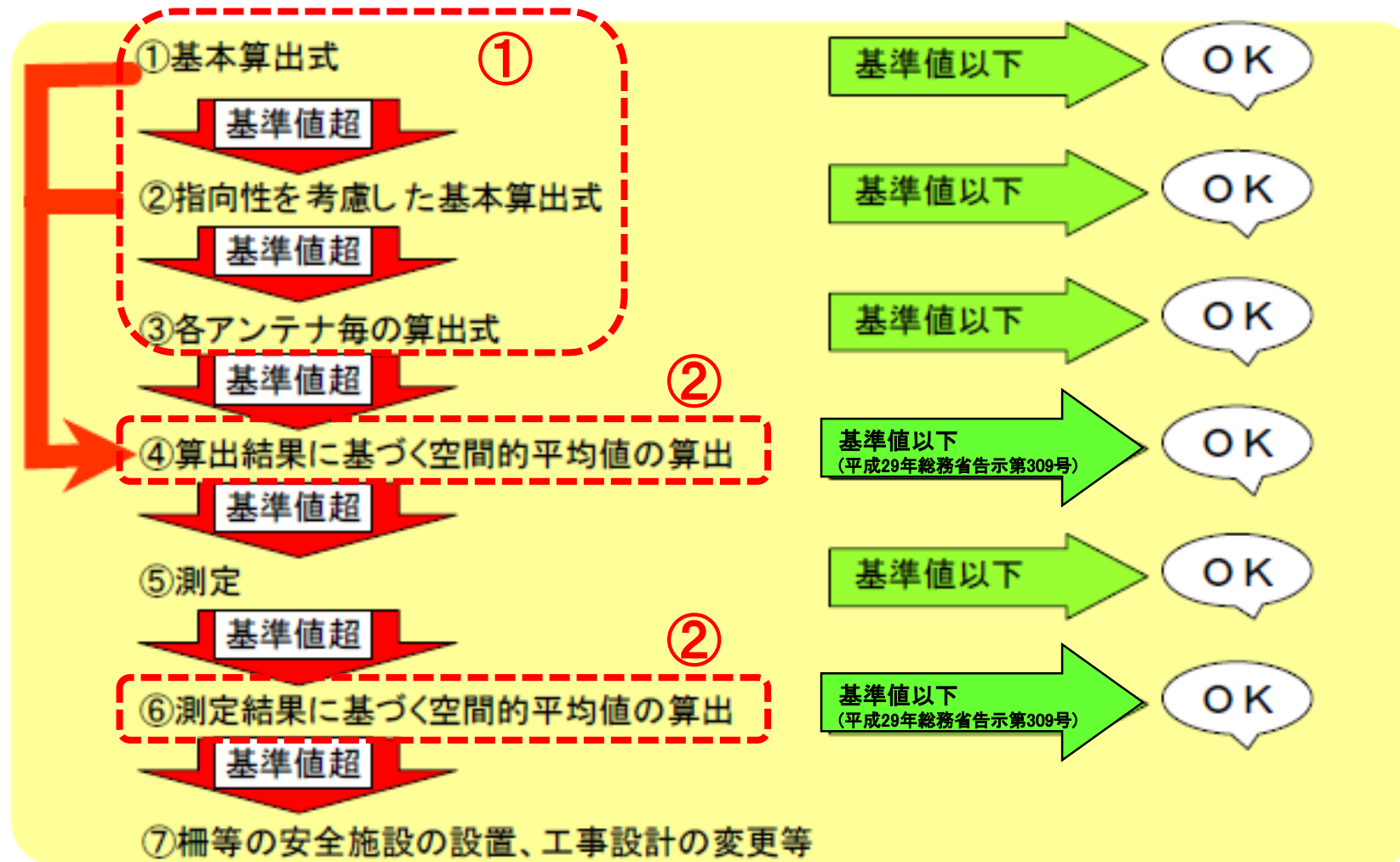


【英国】 注: 作業班では未報告だが、検討時からの更新情報として記載。

- * Vodafone UKがハンドホールタイプのスモールセルを開発。半径約200mのカバレッジを確保。

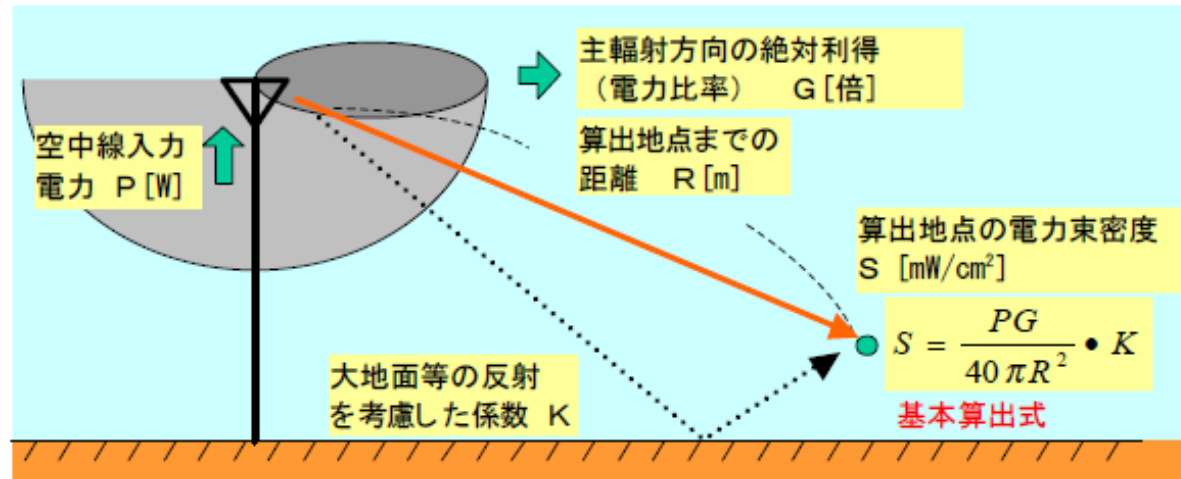
(出典) Vodafone lifts lid on manhole covers to improve mobile coverage (<https://newscentre.vodafone.co.uk/our-network/vodafone-lifts-lid-on-manhole-covers-to-improve-mobile-coverage/>)

現行の評価手順(平成11年郵政省告示第300号)

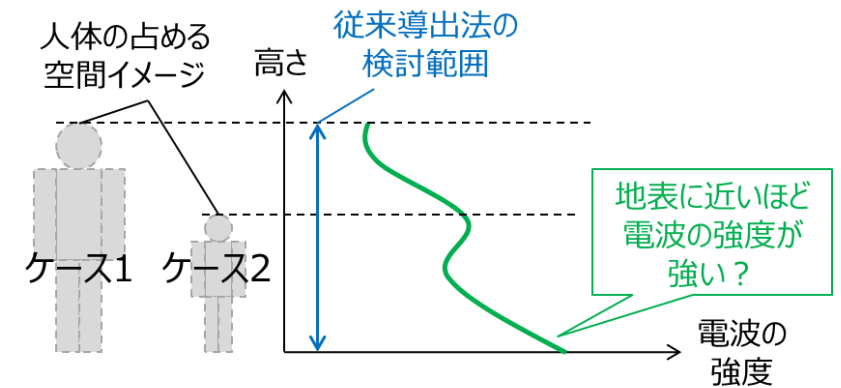
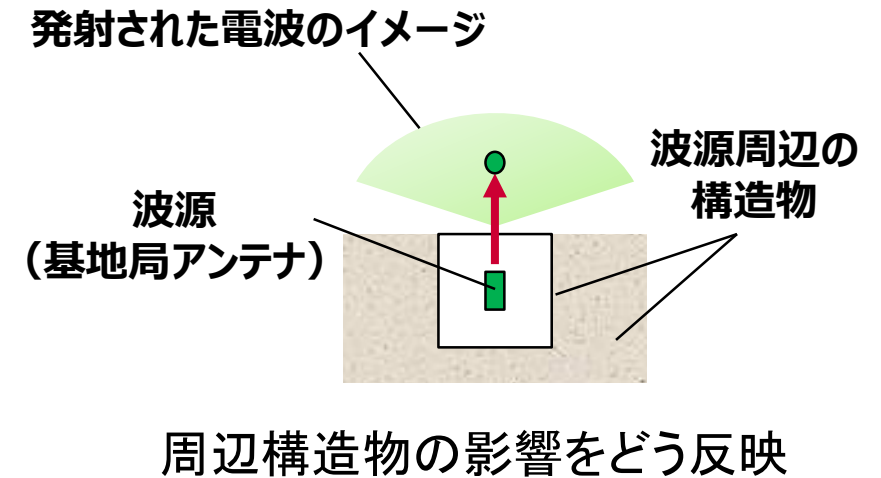
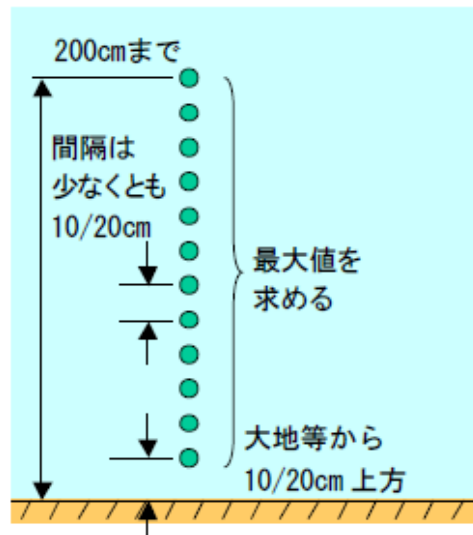


地中埋設型基地局評価の課題

① 基本算出式



② 空間評価領域



既存の空間評価領域は妥当か

検討項目

①基本算出式 (ARIB)

- * ハンドホールなど周辺の影響を考慮した係数Aの導入

②空間評価領域 (ARIB)

- * 地中埋設型基地局に特化した評価領域として70 cm高※1 (一般に歩行可能となる1歳児の平均身長)の導入

※1: 乳幼児身体発育調査、厚生労働省、平成22年 (<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/73-22b.html#gaiyou>)

③数値人体モデルを用いた人体内ばく露量 (SAR) の確認 (情報通信研究機構; NICT)

* 適用範囲

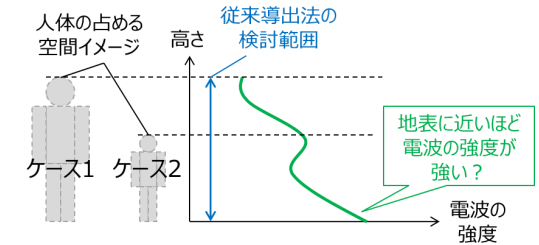
- * 周波数帯; 700 MHz~4.5 GHz
- * 偏波; 垂直、水平
- * ハンドホールの構造; H₁₋₆ (深さ600 mm)/H₁₋₉ (深さ900 mm)※2相当

* 検討手段

- * 数値計算 (FD-TD法※3) を用いた電磁界計算

- ①電力束密度 (基本算出式) との比較
- ②高さ範囲を変化して電力束密度の最大値、空間平均値を比較
- ③数値人体モデルを用いたSARの計算

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \times A?$$



S [mW/cm²]: 電力束密度

P [W]: 空中線入力電力

G: 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得

※ヌルの場合は、包絡線で近似

R [m]: 送信空中線と算出を行う地点との距離

A: 係数

$$\max\{A(f, r)\} = \frac{S_{FDTD}(f, r)}{S(r)}$$

※2: 公共建築設備工事標準図 (電気設備工事編) 平成 31 年版 (付録を参照)

※3: 有限差分時間領域法 (Finite-Difference Time-Domain) で、電磁界解析に広く用いられている方法

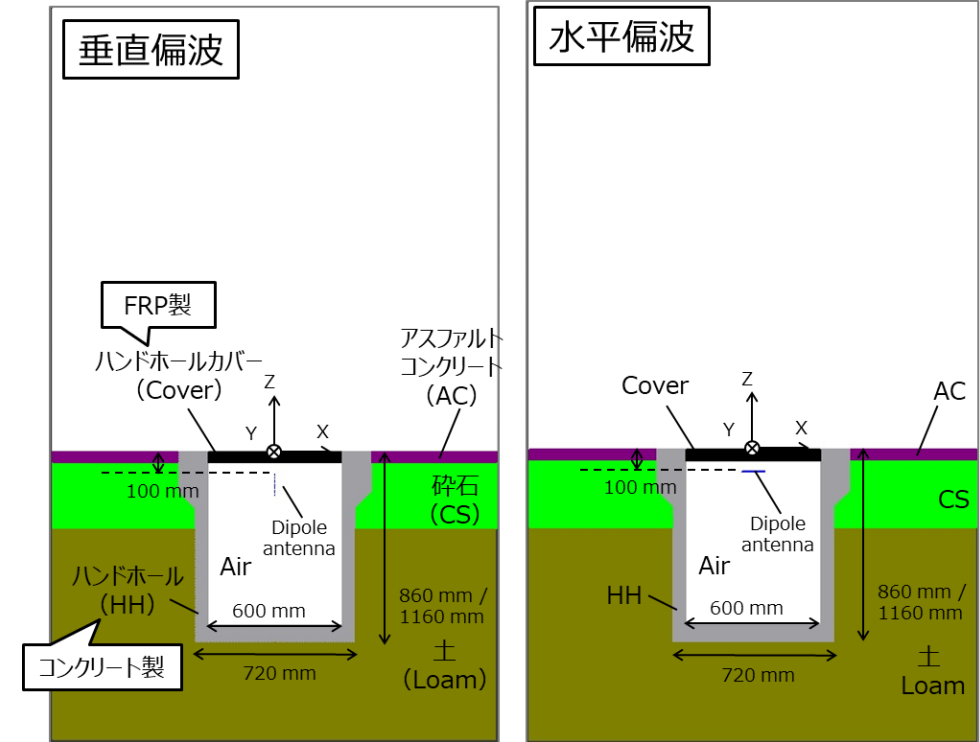
検討モデルと条件

- * 周波数; 700, 800, 1500, 1700, 2000, 3500, 4500 MHz帯、(3700 MHz帯計算中)
- * アンテナ: ダイポールアンテナ
- * 偏波; 垂直、水平
- * アンテナ周辺の構造と条件
 - * カバー、ハンドホール、アスファルト、碎石、土
(碎石=土、アスファルト/碎石=土も考慮)
 - * 乾燥~湿潤

複素比誘電率の実部[1][2]

カバー	ハンドホール	アスファルト	碎石	土
2.6, 4	2, 2.8, 4, 6, 8, 12, 20	5	7	2, 5, 10, 20, 40

注: 赤字はNICTによる実測値



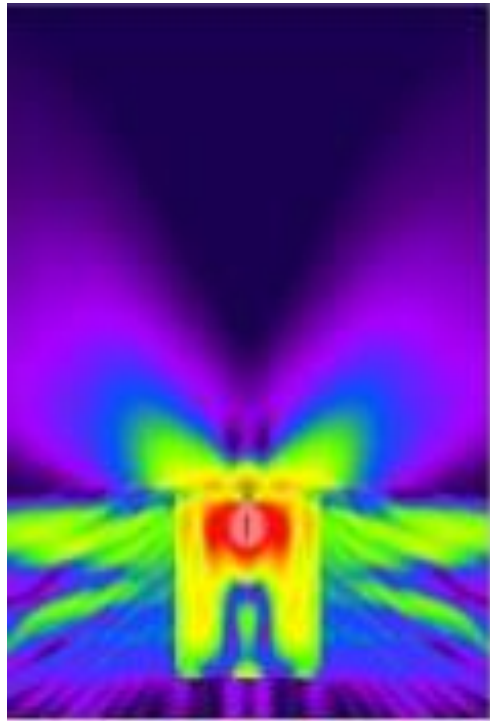
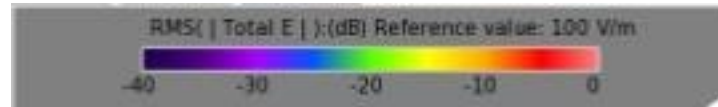
アンテナ周辺の構造※1

[1] “地中レーダー技術に関する調査検討会報告書,” 平成29年3月

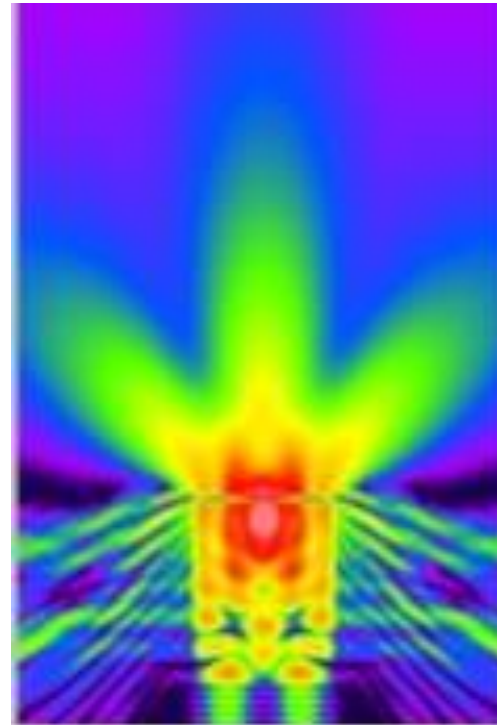
[2] <https://www.key-t.co.jp/resources/rader-tecinfo/rader02/>

※1 第5回作業班資料に一部加筆

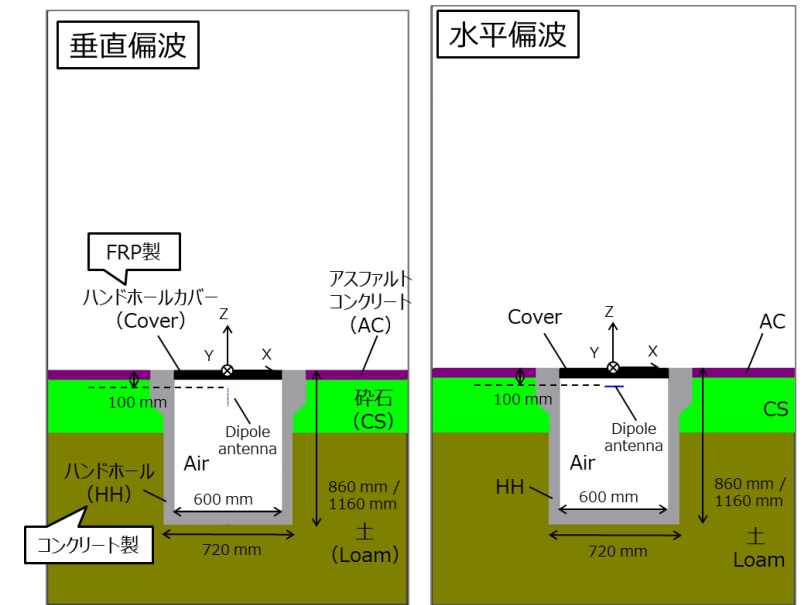
電界分布数值計算例 (H₁₋₆相当、1.5 GHz)



垂直偏波 (XZ面)



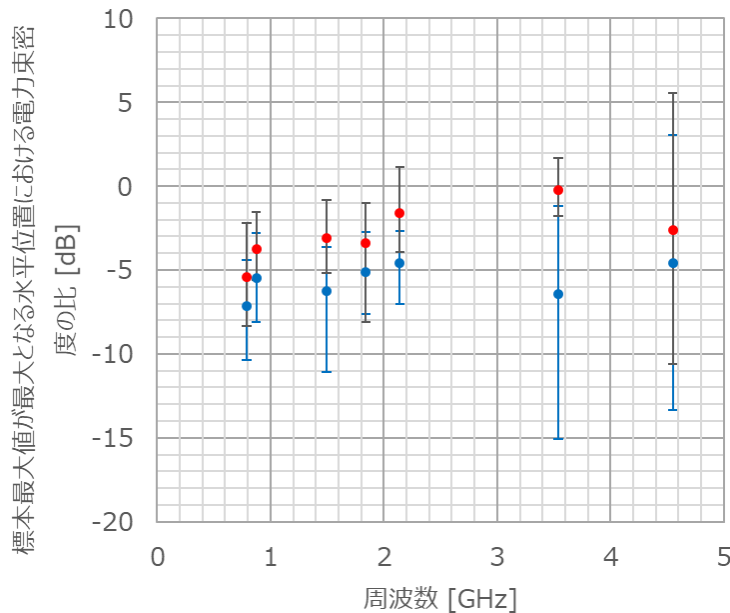
水平偏波 (YZ面)



誘電率は通常想定 (HH=8, Loam=10)

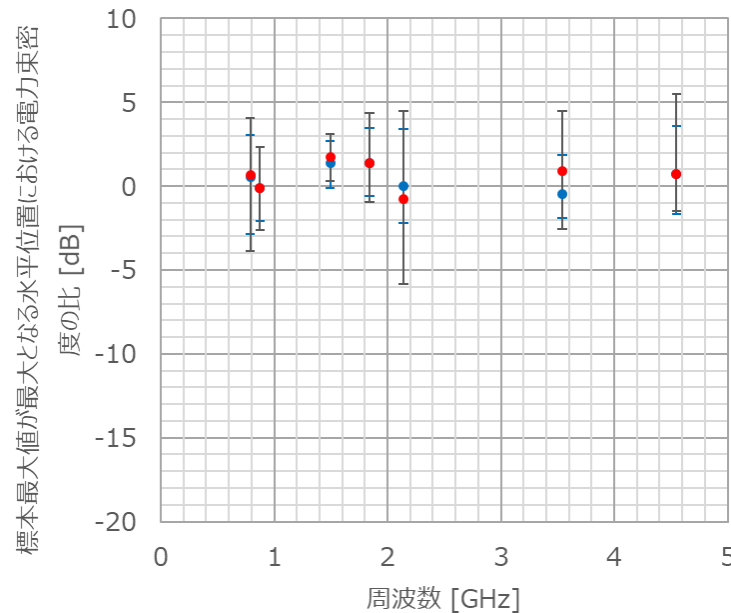
①計算結果例

- * 電力束密度(数値計算)/電力束密度(基本算出式) → 係数Aの算出に使用
- * 垂直偏波
 - * 周波数が高くなるにつれて比が大きくなる傾向
 - * 大部分の結果は、0 dB以下 → 基本算出式の方が大きい
- * 水平偏波
 - * 周波数による変動は小さい
 - * 平均値で0 dB程度 → 基本算出式より大きい傾向



● 空間的平均値/標本平均値 ● 空間的最大値/標本平均値

垂直偏波(H₁₋₆相当)



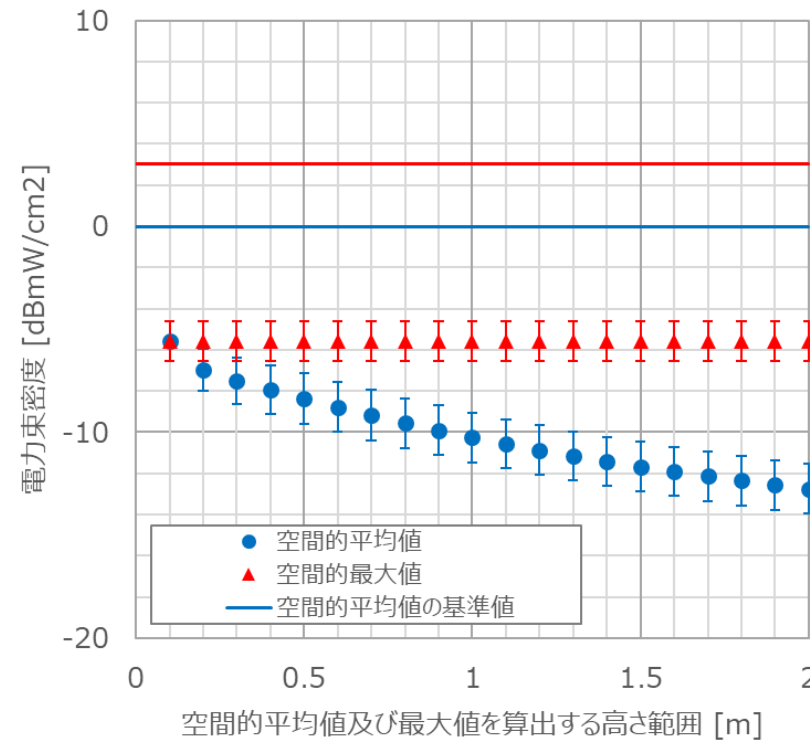
● 空間的平均値/標本平均値 ● 空間的最大値/標本平均値

水平偏波(H₁₋₆相当)

基本算出式との比の計算結果例(周囲構造物の比誘電率を変化)

②計算結果例

- * 垂直偏波も水平偏波と同様な結果
- * 従来の空間領域(200 cm高)では空間平均値は、
 - * 垂直偏波; 4.5 dB程度小さい
 - * 水平偏波; 4.0 dB程度小さい
- * 最大値は、地表に近いほど強度が強くなり空間領域によらずほぼ一定



注:エラーバーは、 $\pm 2\sigma$

1.5 GHz帯、水平偏波(H_{1-6} 相当)

電力束密度の結果例(周囲構造物の比誘電率を変化)

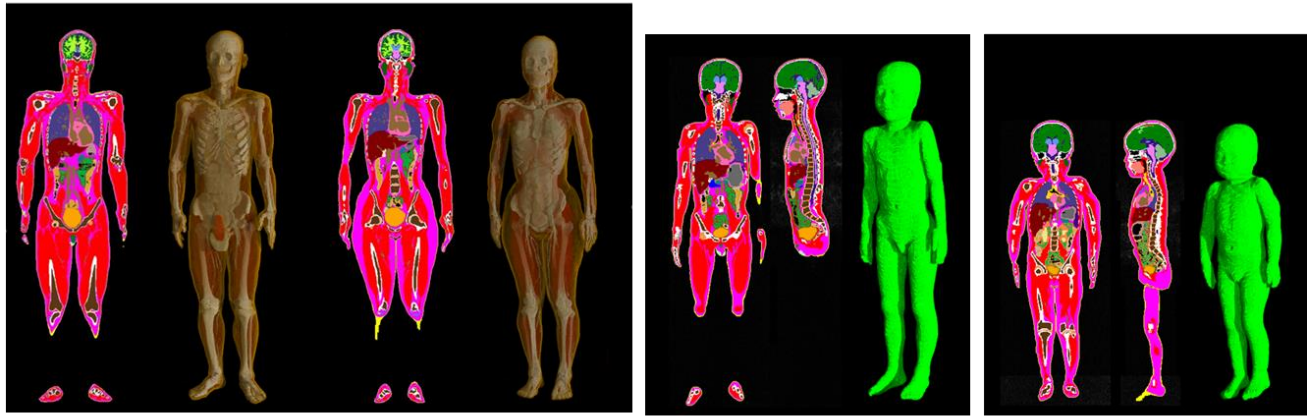
第4回作業班資料より抜粋

③数値人体モデルを用いた体内ばく露量(SAR)の計算

＊ 成人、小児数値人体モデルを用いて地中埋設型基地局を想定した体内ばく露量としてSAR(比吸収率)を計算

★ 全身平均SAR、局所SAR

NICTで開発した日本人の数値人体モデル



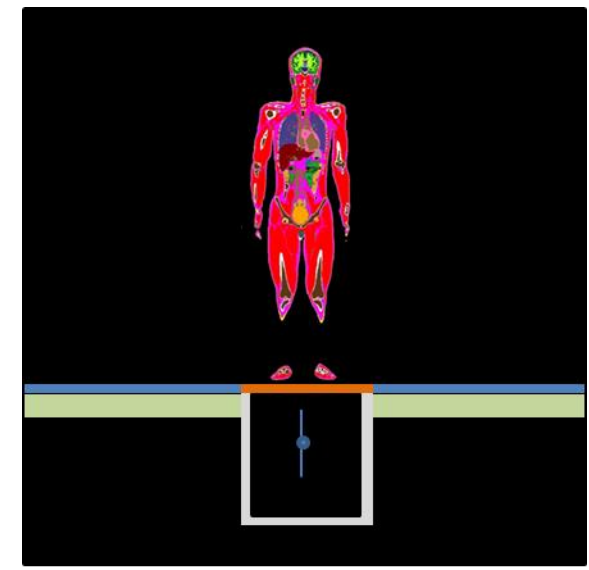
成人男性モデル (TARO)

成人女性モデル (HANAKO)

7歳児モデル

3歳児モデル

	成人男性モデル	成人女性モデル	7歳児モデル	3歳児モデル
身長(cm)	173.2	160.4	117.5	94
体重(kg)	65	53	21.3	14
組織数	51	51	49	50

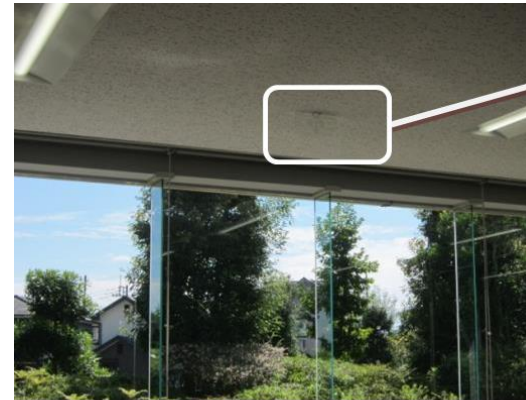
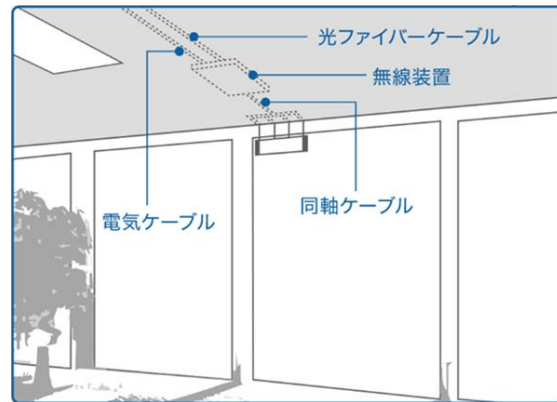


地中埋設

第4回作業班資料より抜粋

埋設型基地局以外の新しい基地局アンテナ

- * ガラスなどを用いた透過アンテナ
 - * ビル上方から下方へのエリア形成
 - * 従来屋内アンテナの置き換え



可視光透過アンテナ



従来のアンテナ

NTTドコモ提供

日本電業工作提供

地中埋設型基地局の評価方法検討状況について報告

* 課題

- * 地中埋設型基地局からの電力束密度の算出式に用いる係数
- * 電波の発射源が人体より低い位置にある場合における空間評価領域
(現在は、大地等から高さ200 cmまでの領域が対象)
- * 人体内ばく露量の推定等

* 海外の状況

* 地中埋設型基地局以外の新しい基地局の確認

今後

- * 数値計算を完了し、電力束密度の基本算出式に用いる係数の決定
- * 安全性を担保するための考え方の整理
- * 一部答申に向けた委員会報告案の取りまとめ

付録(ハンドホール H₁₋₆/H₁₋₉)

※ 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課, “公共建築設備工事標準図(電気設備工事編)平成31年版,” 国営設第188号, 平成31年3月20日より抜粋

