

都市域レーダ施設詳細調査結果報告 (都市域における局所的集中豪雨に 対する雨水管理技術)

国土技術政策総合研究所
下水道研究室

1. 調査目的
2. 調査内容
3. 調査結果
 - (1) 空中線装置
 - (2) 空中線装置架台
4. 維持管理内容の見直し等に関する検討
5. まとめ

調査目的

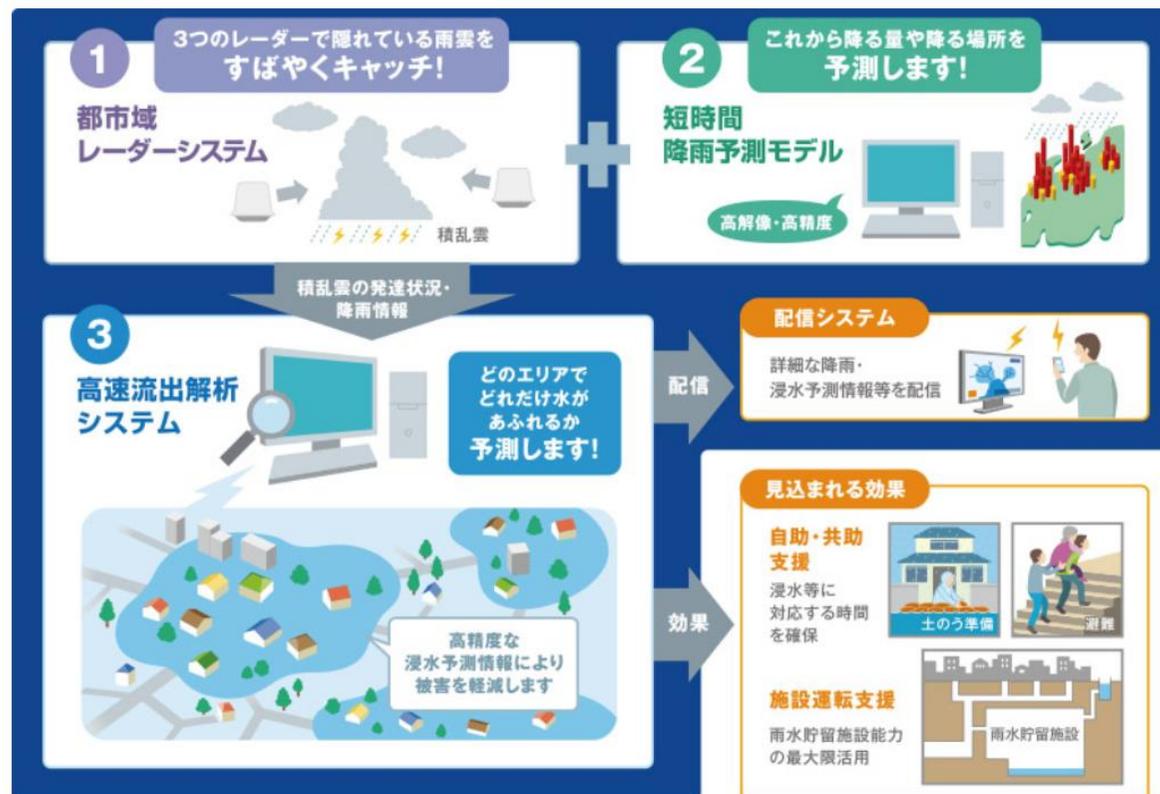
「都市域における局所的集中豪雨に対する雨水管理技術」（以下「本技術」という）を構成する要素である都市域レーダ施設は、下水道排水区域を対象に複数の小型XバンドMPレーダ雨量計を用いて雨量を計測する、全国的にも唯一と見込まれる施設である。本施設の維持管理に関する内容等の見直しについて検討することを目的に、施設設置後7年経過時点の劣化状況を把握する詳細調査を実施した。

調査概要

- 空中線装置の劣化状況の把握及び耐久性等に関する調査
 - ・送受信部、回転機構(ロータリージョイント部、アンテナ回転用ギア部)
- 空中線装置架台の劣化状況の把握及び耐久性等に関する調査
 - ・架台、水平度調整部
- 維持管理内容等の見直しに関する検討

技術の概要

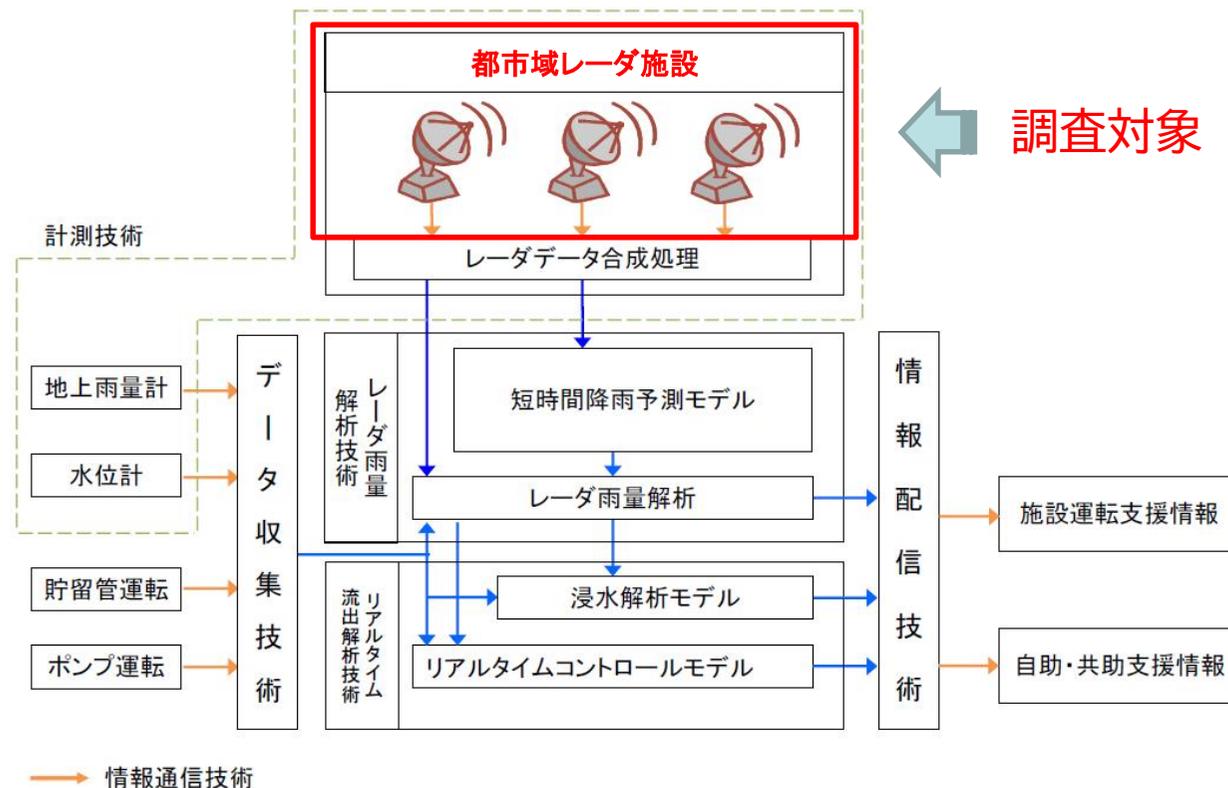
本技術は、都市域レーダ施設や下水管内水位計による計測データに基づき、降雨・浸水予測をリアルタイムに実施し、これらの情報を下水道施設管理者や住民へ提供することで効率的な浸水対策施設の運転や自助・共助活動の促進につなげ、浸水被害の軽減を可能とする技術である。



2. 調査内容

調査対象

本技術は、下図に示すとおり複数の要素技術を組合せた技術である。これらのうち、詳細調査は都市域レーダ施設（以下、「本施設」という）を対象に実施した。



2. 調査内容 調査対象

調査対象

本施設を構成する空中線装置及び空中線装置架台を対象に、実環境下における長期間運用による機械的な経年変化や摩耗状況等を把握した。また調査は、実証フィールドに設置した全6地点（福井市3地点、富山市3視点）について実施した。

グリーンハイツ5号公園
福井市グリーンハイツ10丁目



森田中学校
福井市上野本町37-12



足羽第一中学校
福井市稲津町83-1



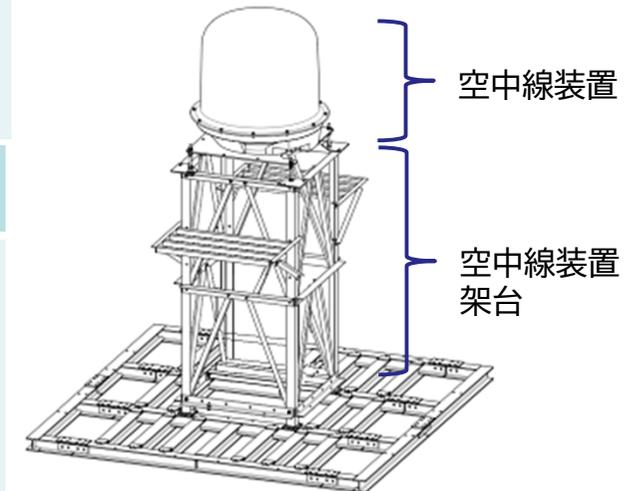
熊野小学校
富山市宮保602



倉垣小学校
富山市布目4002



池多小学校
富山市西押川1442



本施設概要図

2. 調査内容 調査対象

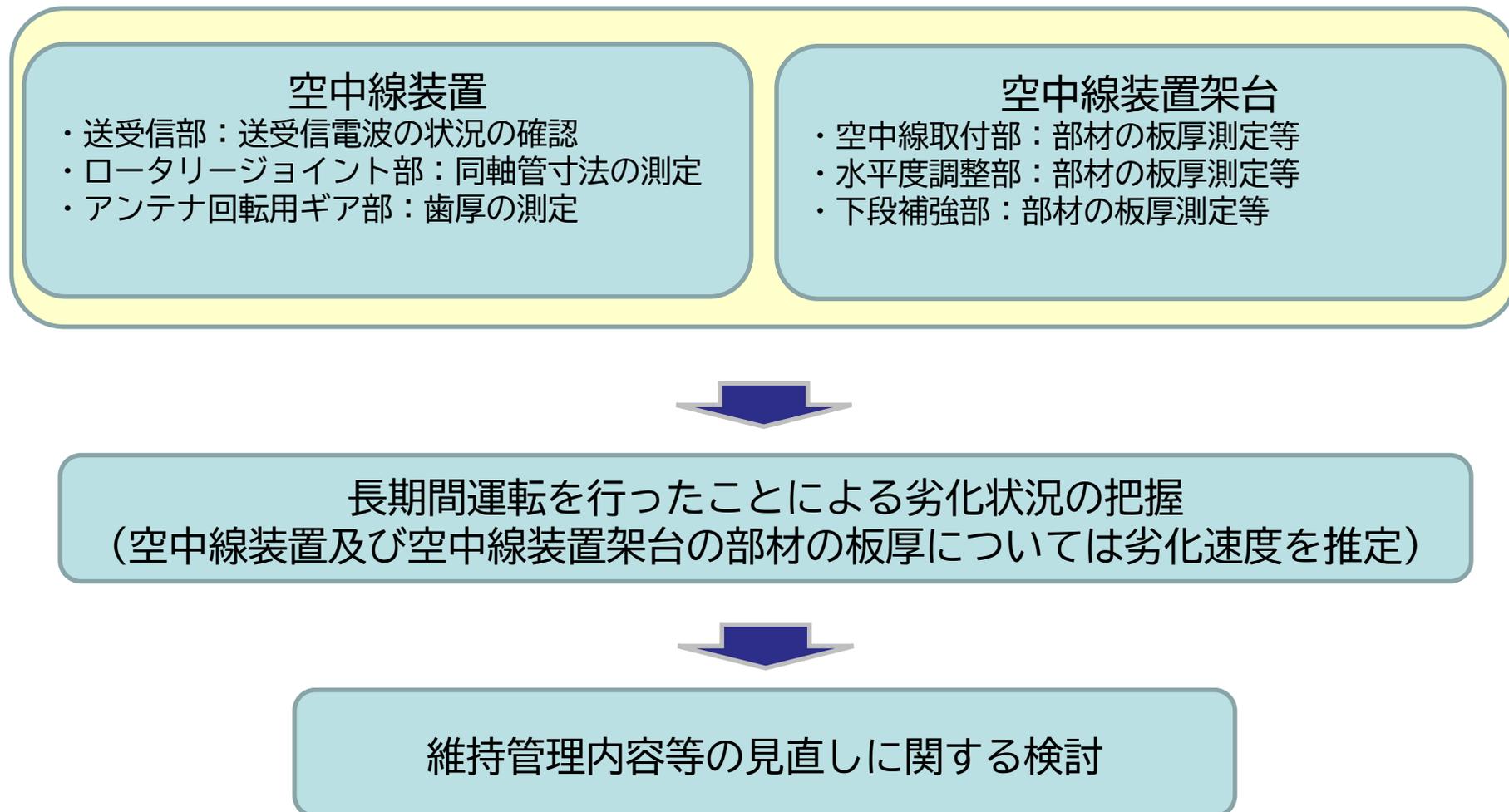
調査対象地点の設置年数及び運用年数

	①設置年月日	②現地調査年月日	③設置日数 ②-① [日]	④設置年数 ③÷365 [年]	⑤運用開始年月日	⑥運用終了年月日	⑦運用日数 ⑥-⑤ [日]	⑧運用年数 ⑦÷365 [年]
グリーンハイツ5号公園	2015/10/22	2023/11/14	2,945	8.07	2015/10/29	2022/12/1	2,590	7.10
森田中学校	2015/8/20	2023/11/25	3,019	8.27	2015/10/16	2022/12/1	2,603	7.13
足羽第一中学校	2015/8/21	2023/11/18	3,011	8.25	2015/10/23	2022/12/1	2,596	7.11
熊野小学校	2015/11/28	2023/11/12	2,906	7.96	2015/12/19	2022/12/1	2,539	6.96
倉垣小学校	2015/12/8	2023/11/5	2,889	7.92	2015/12/8	2022/12/1	2,550	6.99
池多小学校	2015/11/8	2023/11/10	2,924	8.01	2015/12/21	2022/12/1	2,537	6.95

2. 調査内容

調査フロー

空中線装置及び空中線装置架台について、下記のフローに基づいて調査を実施した。



2. 調査内容

空中線装置に関する主な調査内容

●調査箇所

①送受信部

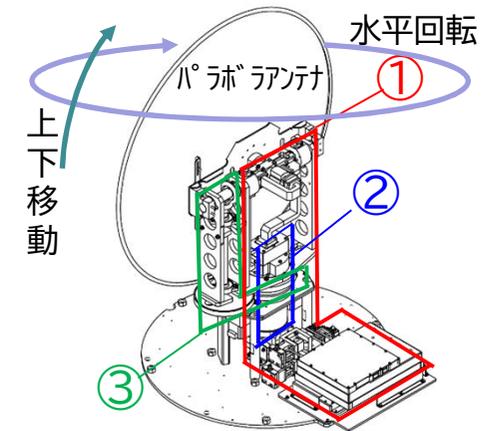
- － 送信電波の強さ及び受信電波の増幅率を確認

②ロータリージョイント部

- － 同軸管の外形寸法を測定(24箇所)

③アンテナ回転用ギア部

- － 歯厚を測定(288箇所)



空中線装置調査箇所概要図

空中線装置架台に関する主な調査内容

●調査箇所

①空中線取付部

- － 部材の板厚測定(192箇所)
- － 外観・腐食の確認

②水平度調整部

- － プレート部の板厚測定(48箇所)
- － 調整用ボルトの変形状況の確認(144箇所)
- － 外観・腐食の確認

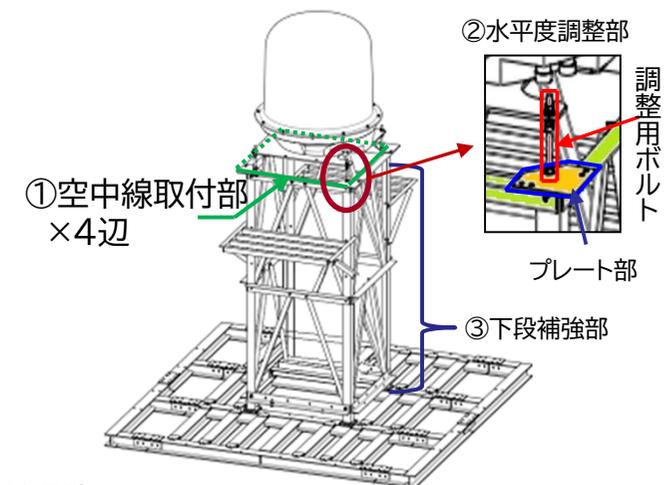
③下段補強部

- － 部材の板厚測定

グリーンハイツ以外 (支柱320箇所、補強材240箇所)

グリーンハイツ (支柱18箇所、補強材112箇所、溶接プレート部88箇所)

- － 外観・腐食・溶接状況の確認



空中線装置架台調査箇所概要図

3. 調査結果（1） 空中線装置

送受信部の劣化要因と調査結果

送受信部に使用している電子部品の経年劣化に伴い、送信電波の強さ及び受信電波の増幅率が低下する。本調査では、送信電波の強さ及び受信電波の増幅率を測定した。

多くの地点において運用後の数値が低下していたが、全地点において基準値※以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。

※本施設製作者（古野電気）が製作時の検査で用いている値

		送信電波の強さ				受信電波の増幅率		
		送信電力		基準値 ≥46.0[dBm] との比較結果	受信利得		基準値 ≥60[dB] との比較結果	
		運用前 [dBm]	運用後 [dBm]		運用前 [dBm]	運用後 [dBm]		
福井	グリーンハイツ 5号公園	水平偏波	48.99	48.22	○	64.62	63.58	○
		垂直偏波	49.24	48.35	○	64.52	63.69	○
	森田中学校	水平偏波	48.50	48.23	○	63.95	63.89	○
		垂直偏波	48.20	46.95	○	63.38	62.32	○
	足羽第一 中学校	水平偏波	48.85	47.94	○	65.38	64.85	○
		垂直偏波	48.76	47.80	○	64.27	62.82	○
富山	熊野小学校	水平偏波	48.23	46.85	○	65.74	63.32	○
		垂直偏波	48.70	48.68	○	65.18	64.66	○
	倉垣小学校	水平偏波	47.26	46.93	○	64.79	63.29	○
		垂直偏波	47.45	47.73	○	64.70	64.14	○
	池多小学校	水平偏波	48.88	48.16	○	64.19	63.52	○
		垂直偏波	48.70	47.06	○	64.40	62.92	○

3. 調査結果（1） 空中線装置

ロータリージョイント部の劣化要因

アンテナと連動して同軸管が回転することにより、同軸管位置を保つためのすべり軸受けとの接触部において摩擦が生じ、同軸管の外形寸法が変化する。同軸管の外形寸法の変化により、同軸管の位置が保てなくなると、電波の送受信性能に影響が発生する。

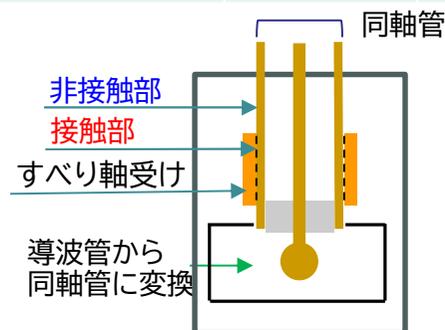
本調査では、同軸管接触部の外形寸法の最小値と、製作時から変化していないと考えられる非接触部の外形寸法の最大値を測定した。

3. 調査結果（1） 空中線装置

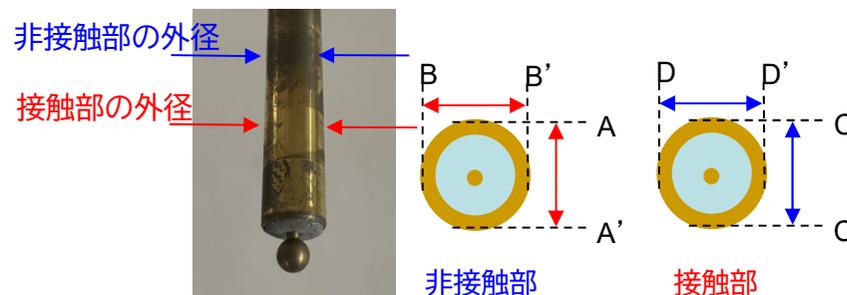
ロータリージョイント部の調査結果

同軸管接触部の外形寸法の最小値と、製作時から変化していないと考えられる非接触部の外形寸法の最大値を測定し、両者を比較した結果、全てにおいて非接触部よりも小さいが、基準値※以下であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。

	非接触部[mm]		接触部[mm]		寸法差[mm]	基準値[mm]
	A-A'	B-B'	C-C'	D-D'	$\text{Max}(A-A', B-B') - \text{Min}(C-C', D-D')$	0.03以下
グリーンハイツ	10.001	10.001	9.995	9.995	0.006	○
森田中学校	9.993	9.994	9.983	9.982	0.012	○
足羽第一中学校	10.001	9.998	9.986	9.986	0.015	○
熊野小学校	9.996	9.994	9.994	9.987	0.009	○
倉垣小学校	9.991	9.993	9.989	9.993	0.004	○
池多小学校	9.996	9.991	9.987	9.974	0.022	○



ロータリージョイント部調査概要図



同軸管

同軸管 断面図

※本施設製作者（古野電気）が製作時の検査で用いている値

3. 調査結果（1） 空中線装置

アンテナ回転用ギア部の劣化要因

アンテナの回転速度を制御するため、1地点あたり8枚のギアが連動して動作する。ギア同士の接触部において摩擦が生じ、ギアの歯厚が減少する。ギアの歯厚の減少によって、アンテナの回転速度の低下が生じ、所定の時間(本施設の場合1分間)内での観測ができなくなる。

本調査では、1地点あたり8枚のギアの歯厚について測定した。

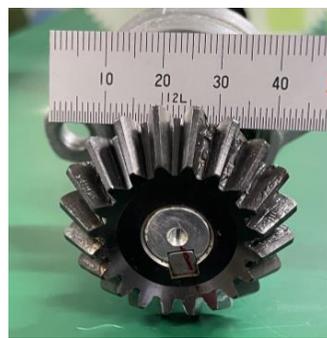
3. 調査結果（1） 空中線装置

アンテナ回転用ギア部の調査結果

- ・360度回転するギア(1,2,7,8)は、またぎ歯厚を測定し設計値と比較。
- ・一定の角度(3~22.5度)内で動作するギア(3~6)は、接触部と製作時から変化していないと考えられる非接触部の歯厚をそれぞれ測定し両者を比較。



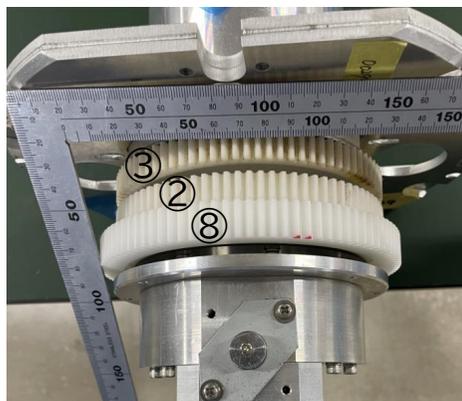
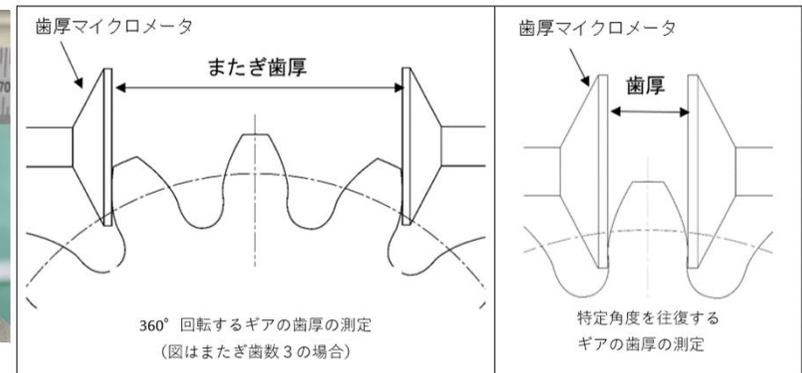
ギア1



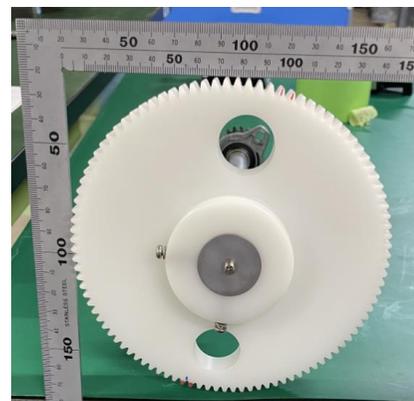
ギア5



ギア6



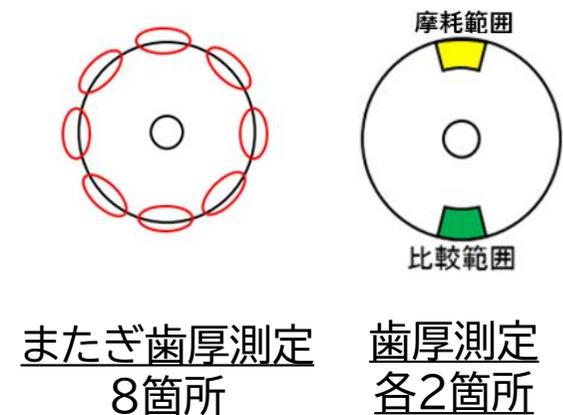
上からギア3、2、8



ギア4



ギア7



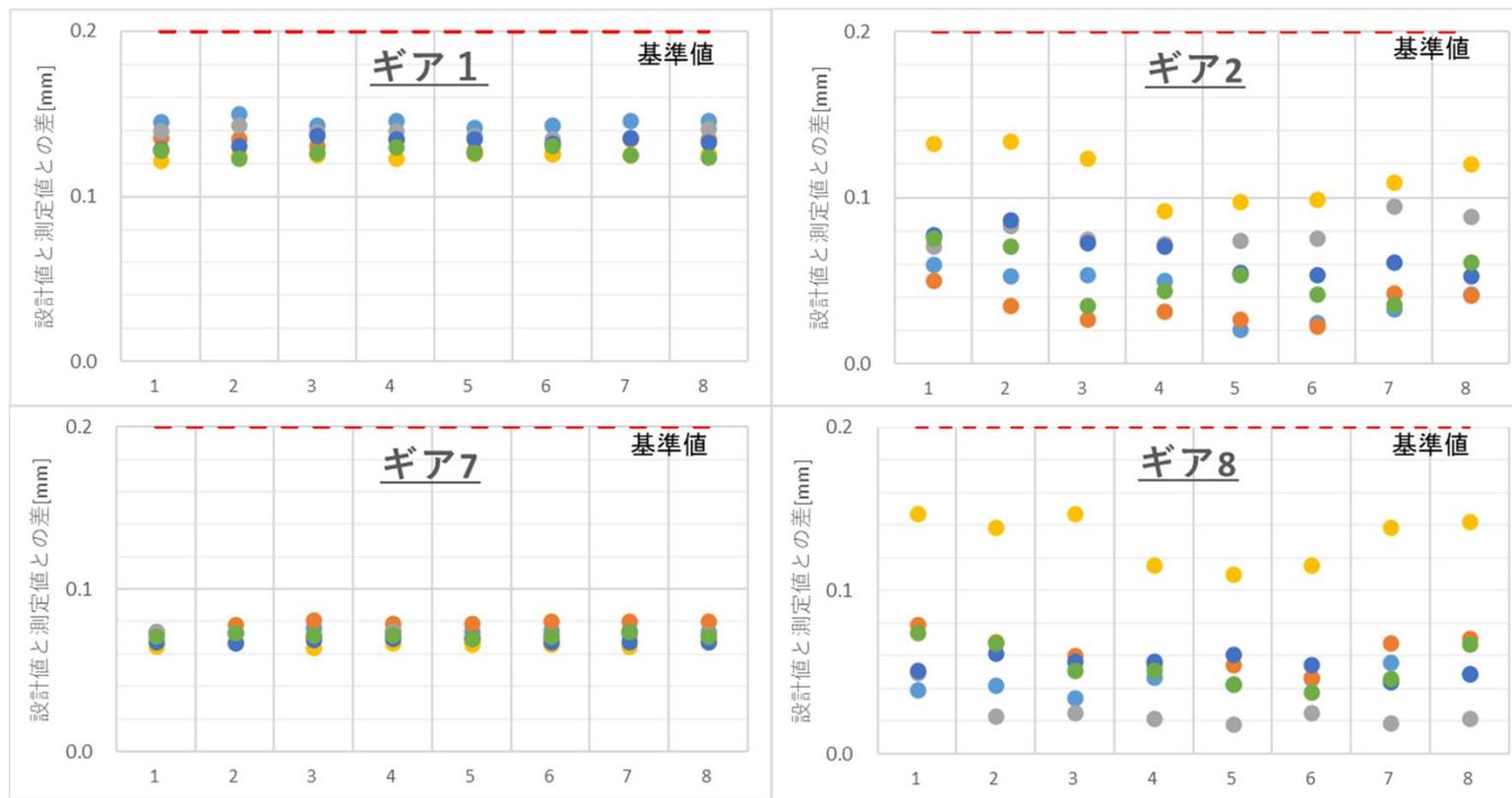
3. 調査結果（1） 空中線装置

アンテナ回転用ギア部

またぎ歯厚で測定したギア(1,2,7,8)について、設計値と測定値を比較した結果、一定の劣化は見られるものの、全地点全ギアにおいて基準値※(0.2mm)以下であり、性能に影響するような劣化は見られなかった

- 倉垣小学校
- 池多小学校
- 熊野小学校
- 足羽第一中学校
- 森田中学校
- グリーンハイツ5号公園

※本施設製作者（古野電気）が製作時の検査で用いている値



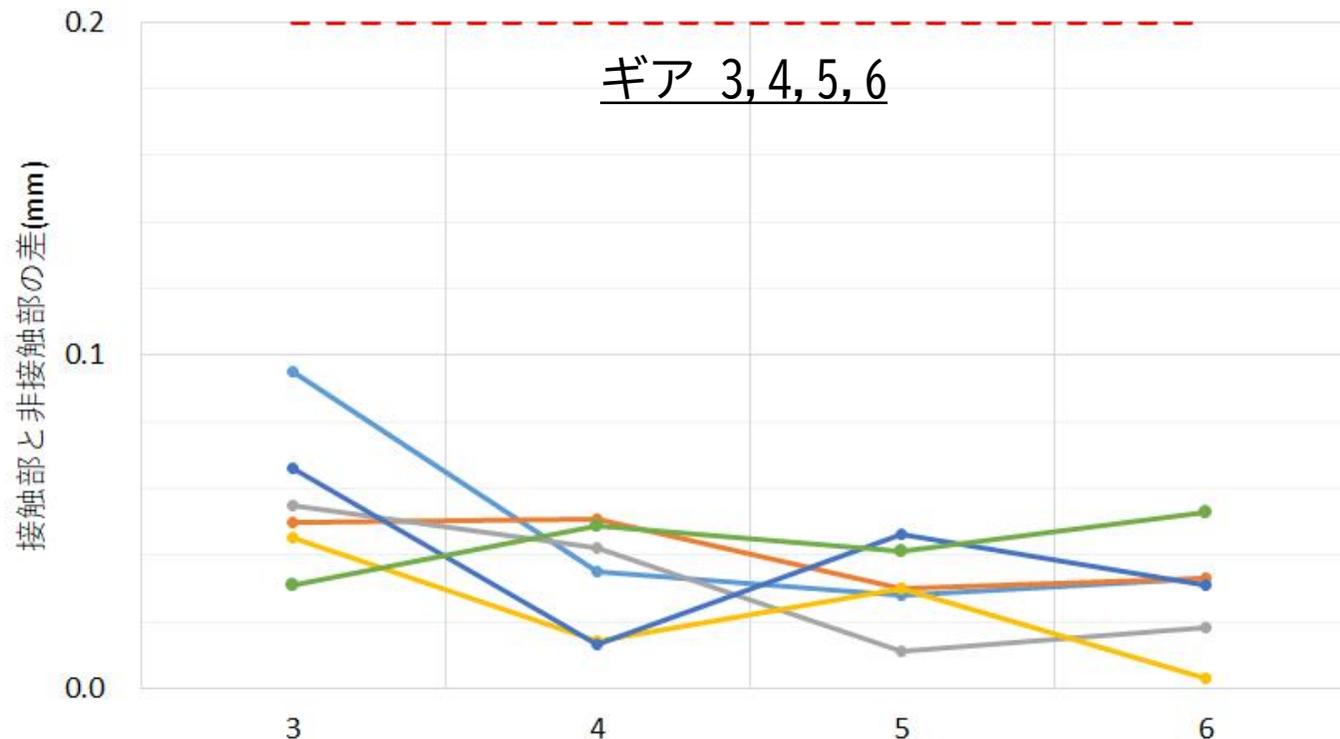
3. 調査結果（1） 空中線装置

アンテナ回転用ギア部

歯厚で測定したギア(3,4,5,6)について、非接触部と測定値を比較した結果、一定の劣化は見られるものの、全地点全ギアにおいて基準値※(0.2mm)以下であり、性能に影響するような劣化は見られなかった

- 倉垣小学校
- 池多小学校
- 熊野小学校
- 足羽第一中学校
- 森田中学校
- グリーンハイツ5号公園

※本施設製作者（古野電気）が製作時の検査で用いている値

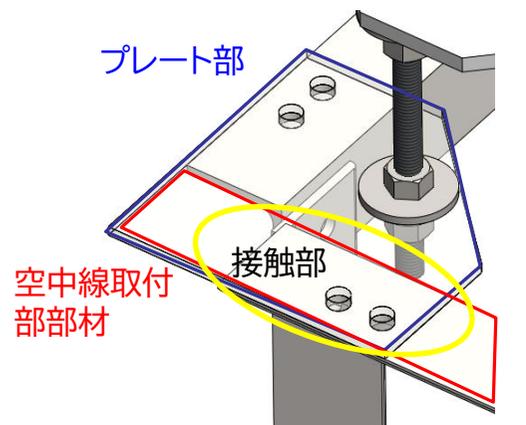


3. 調査結果（2） 空中線装置架台

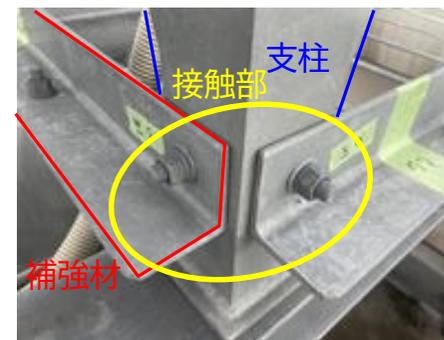
空中線装置架台の劣化要因

空中線装置架台は空中線取付部、水平度調整部、下段補強部によって構成され、部材同士をボルト等によって固定している。部材が常に接触している固定箇所では、風雨等の影響によって摩擦が生じ各部材の厚さが減少する。

上記要因により各部材の厚さが減少し、空中線装置の水平度が変化すると、降雨観測に影響が生じる。



空中線取付部と
水平度調整部の固定箇所



下段補強部の
支柱と補強材の固定箇所

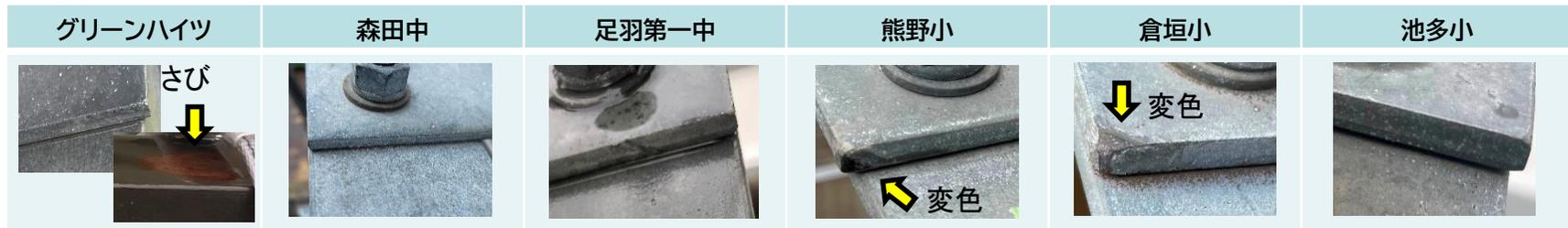
3. 調査結果（2） 空中線装置架台

外観・腐食状況(抜粋)

目視により破損やさび等の箇所を特定後、顕微鏡により腐食状況を確認。

一部において変色やさびが確認されたが、顕微鏡による確認結果から、性能に影響するような腐食は見られなかった

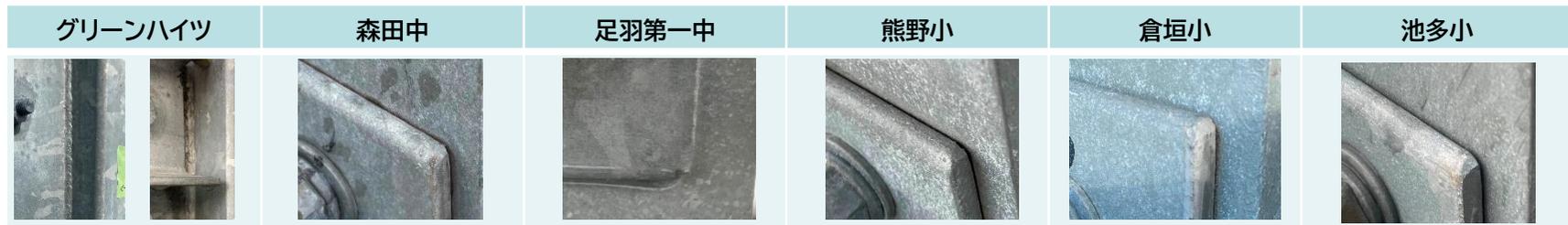
(1)
空中線
線取付部



(2)
水平度
調整部



(3)
下段
補強部

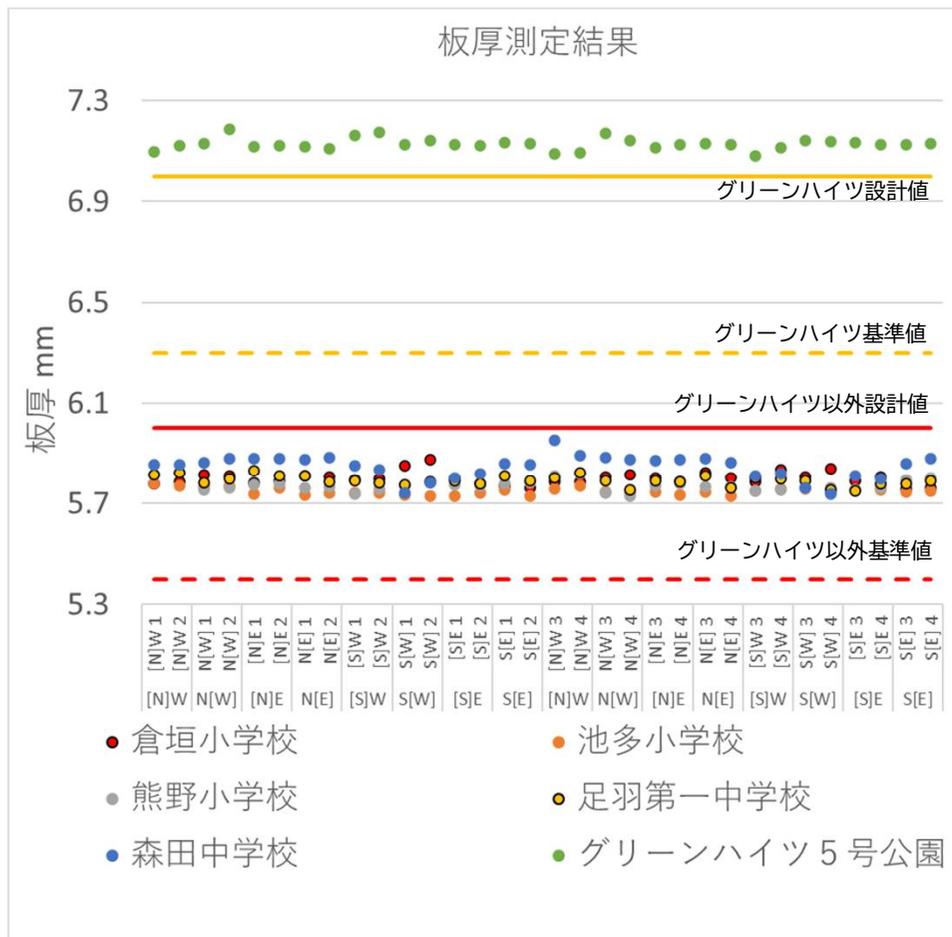


3. 調査結果（2） 空中線装置架台

空中線取付部部材の板厚

部材の板厚を測定し基準値※と比較。

全ての調査箇所において基準値以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。



※部材である鋼材の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JIS G 3192）の下限値より以下の基準値を使用した。

グリーンハイツ：6.3mm（板厚7mm、規格公差±0.7mm）

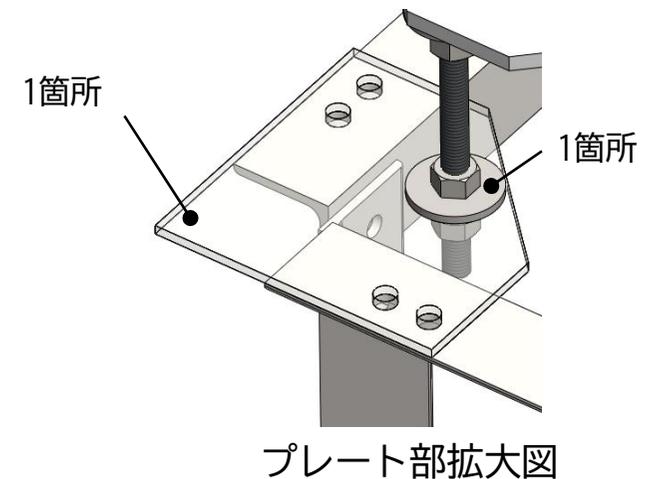
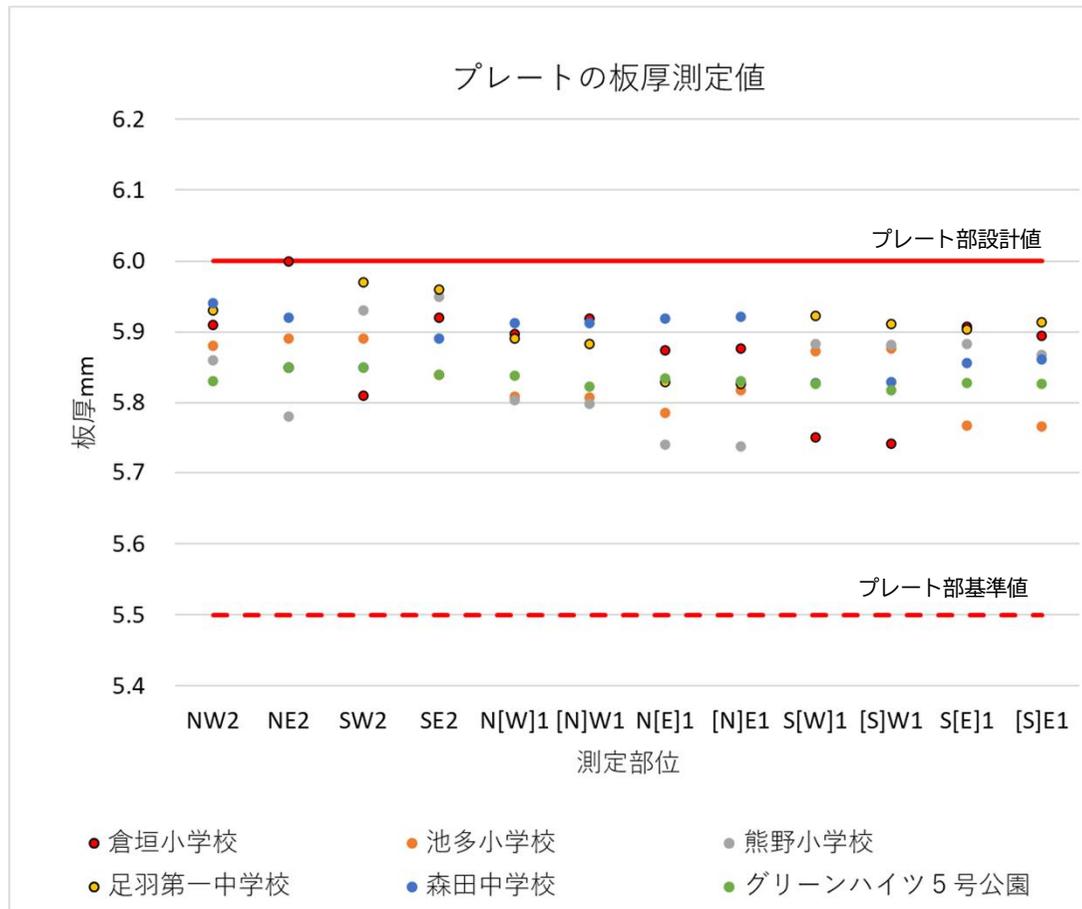
グリーンハイツ以外：5.4mm（板厚6mm、規格公差±0.6mm）

3. 調査結果（2） 空中線装置架台

水平度調整部プレート部の板厚

プレート部の板厚を測定し基準値※と比較。

全ての調査箇所において基準値以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。



※部材である鋼板の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3193）の下限値より以下の基準値を使用した。

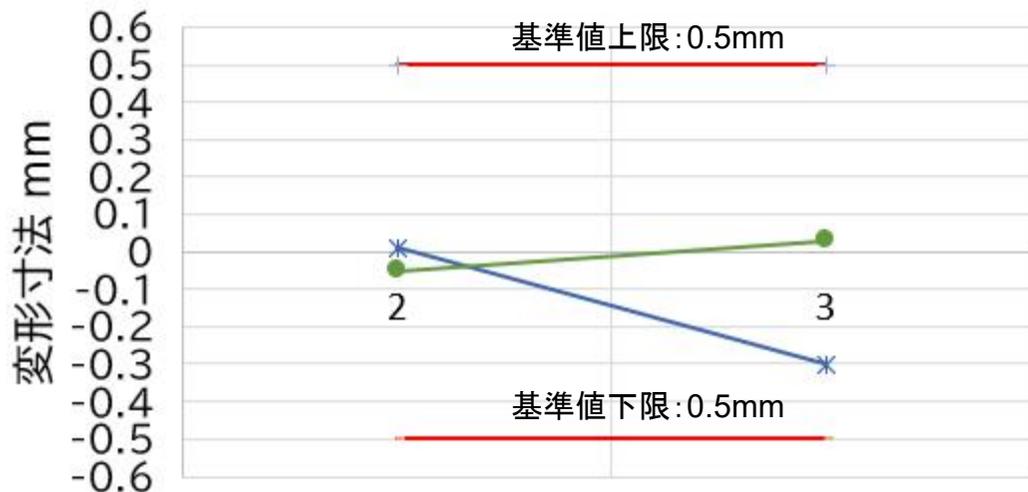
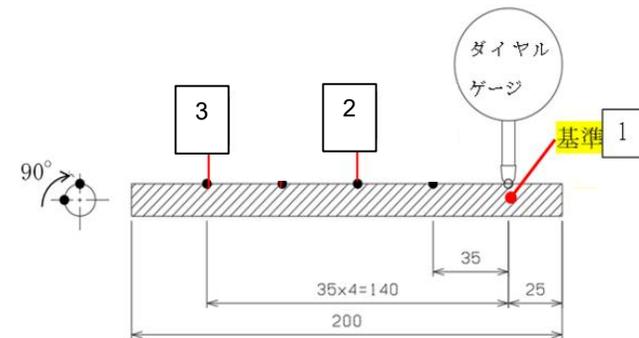
プレート部：5.5mm（板厚6mm、規格公差±0.5mm）

3. 調査結果（2） 空中線装置架台

水平度調整部調整用ボルトの変形

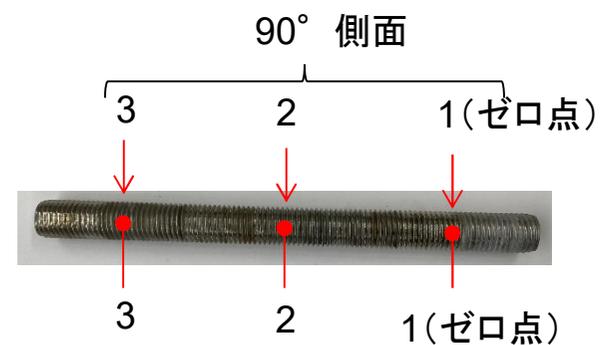
ダイヤルゲージを用いて、基準(ゼロ点)とした位置に対する凹凸を測定し設計値と比較。
全ての調査箇所において基準値※以内であり、性能に影響するような変形は見られなかった。

※本施設製作者（古野電気）が製作時の検査で用いている値



—*— 測定値 0° ●— 測定値 90°

調査結果の一例（池多小学校）



調査方法

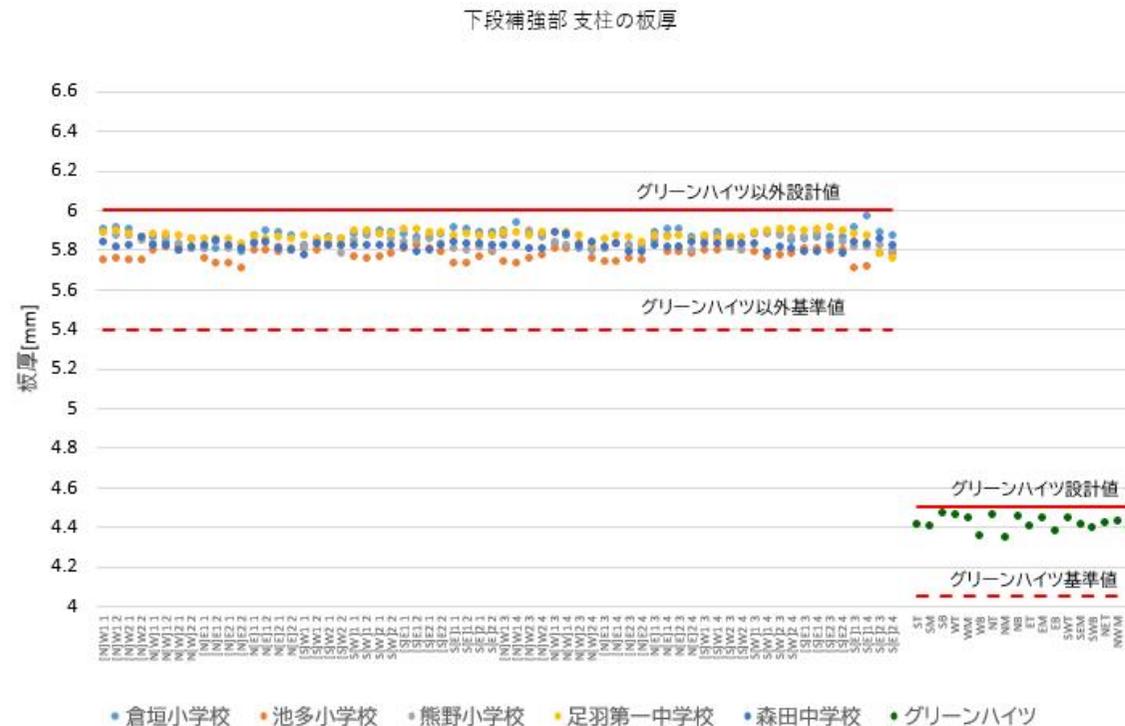
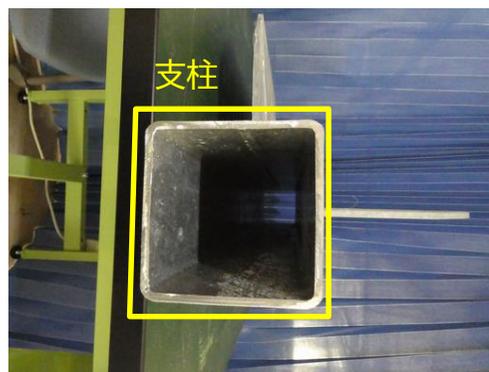
3. 調査結果（2） 空中線装置架台

下段補強部 支柱の板厚

板厚を測定し基準値※と比較。

全ての調査箇所において基準値以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。

グリーンハイツ以外 ※部材である山形鋼の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3192）の下限値より、基準値は5.4mm（板厚6mm、規格公差±0.6mm）とした。



グリーンハイツ ※部材である一般構造用角形鋼管の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3466）の下限値より、基準値は4.05mm（板厚4.5mm、規格公差±10%）とした。

3. 調査結果（2） 空中線装置架台

下段補強部 補強材の板厚

板厚を測定し基準値※と比較。

全ての調査箇所において基準値以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。

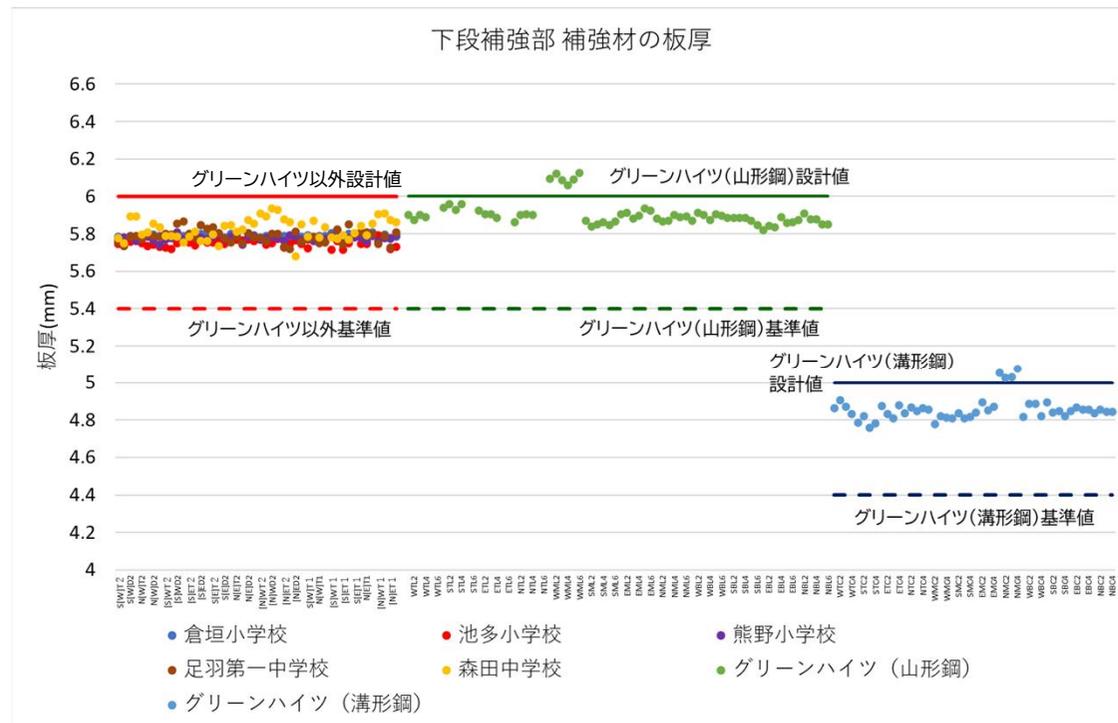
グリーンハイツ以外

※部材である山形鋼の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3192）の下限値より、基準値は5.4mm（板厚6mm、規格公差±0.6mm）とした。



補強材

グリーンハイツ



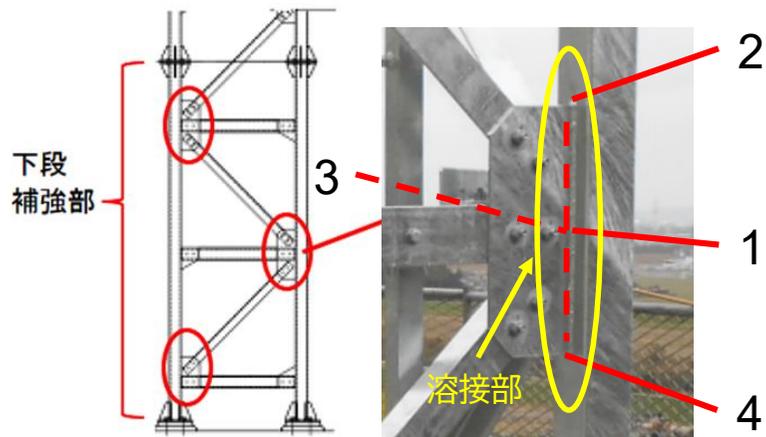
※部材である山形鋼および溝形鋼鋼材の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3192）の下限値より、山形鋼の基準値は5.4mm（板厚6mm、規格公差±0.6mm）、溝形鋼の基準値は4.4mm（板厚5mm、規格公差±0.6mm）とした。

3. 調査結果（2） 空中線装置架台

下段補強部の溶接状況の確認(グリーンハイツ)

目視及び顕微鏡により溶接部の状況について確認。

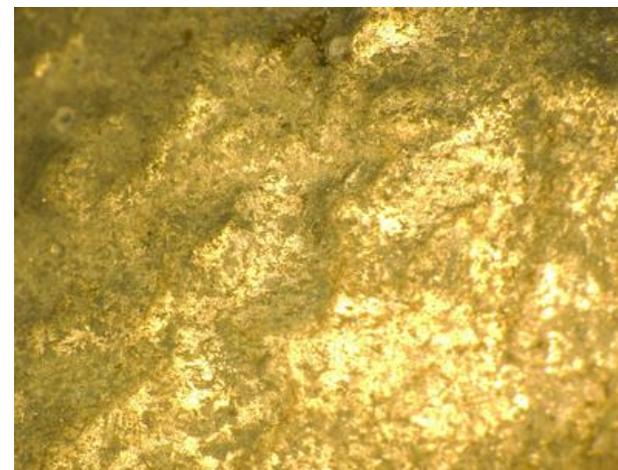
溶接部表面のクラックが見られた箇所があったが、全て地金まで達しておらず、強度へ影響するような劣化は見られなかった。



確認箇所



クラックあり



異常なし

3. 調査結果（2） 空中線装置架台

下段補強部 溶接プレートの板厚(グリーンハイツ)

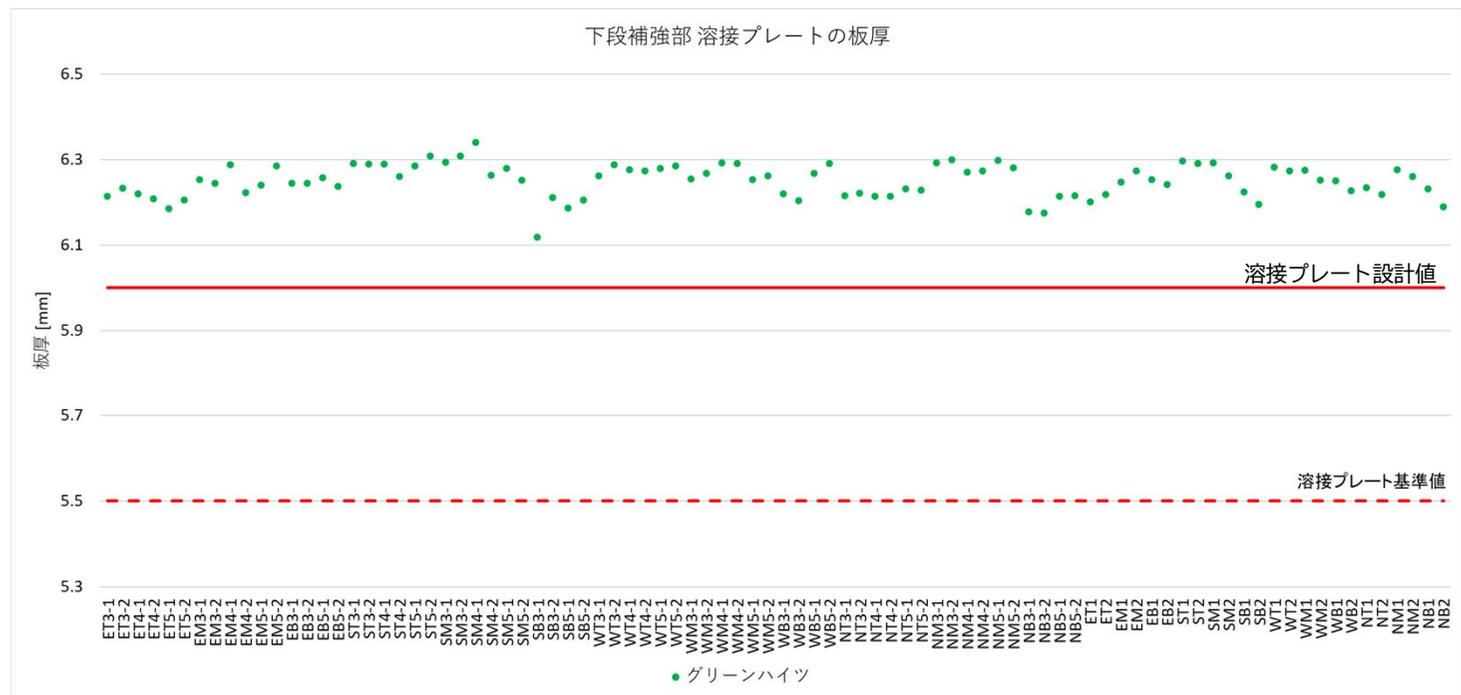
板厚を測定し基準値※と比較。

全ての調査箇所において基準値以上であり、性能に影響するような劣化は見られなかった。

※部材である鋼板の製造規格として設定されている厚さの許容範囲（規格公差：JISG3193）の下限値より、基準値は5.5mm（板厚6mm、規格公差±0.5mm）とした。



溶接プレート



4. 維持管理内容等の見直しに関する検討

検討フロー

維持管理内容等の見直しについて、下記のフローに基づいて検討を実施した。

各調査結果から劣化速度を推定



- 空中線装置：
各基準値より耐用年数及び交換期間を推定。
- 空中線装置架台の部材：
運用開始前の板厚を【設計値】と仮定し、劣化速度から【設計値の規格公差下限の厚さ】に到達するまでの年数を算出



ガイドラインに記載している定期交換部品の時期の見直し等を検討

4. 維持管理内容等の見直しに関する検討

検討結果(空中線装置)

- ・本施設の運用年数より劣化速度を推定した上で、各基準値より耐用年数及び交換期間を推定。
- ・送受信部の推定耐用年数は、11年となった。
- ・ロータリージョイント部の推定交換期間は、6年となった。
- ・アンテナ回転用ギア部については、運用開始前の歯厚を設計値として仮定したことから、交換期間延伸の評価ができないものの、推定交換期間は6年と試算された。

調査箇所	①施設設置時点の送信電力 [dBm]	②今回測定した送信電力 [dBm]	③運用年数 [年]	④劣化速度 (①-②)÷③ [dBm/年]	⑤基準値 [dBm]	推定耐用年数 (①-⑤)÷④ [年]
送受信部	48.23	46.85	6.96	0.198	46.0	11

調査箇所	①施設設置時点の外形寸法 [mm]	②今回測定した外形寸法 [mm]	③運用年数 [年]	④劣化速度 (①-②)÷③ [mm/年]	⑤基準値 [mm]	⑥推定耐用年数 ⑤÷④ [年]	推定交換期間 ⑥×0.7 ¹⁾ [年]	定期交換期間 [年]
ロータリージョイント部	9.996	9.974	6.95	0.0032	0.03	9	6	5
調査箇所	①設計値[mm]	②今回測定した歯厚 [mm]	③運用年数 [年]	④劣化速度 (①-②)÷③ [mm/年]	⑤基準値 [mm]	⑥推定耐用年数 ⑤÷④ [年]	推定交換期間 ⑥×0.7 ¹⁾ [年]	定期交換期間 [年]
アンテナ回転用ギア部	11.39	11.24	6.99	0.0215	0.20	9	6	5

※全調査箇所推定耐用年数が最も短い結果を抜粋

1)本施設製作者(古野電気)が設定している値

4. 維持管理内容等の見直しに関する検討

検討結果(空中線装置架台)

- ・鋼材の耐用年数については、運用前の板厚が測定されていないため「設計値」を運用前の板厚と仮定し、また「強度上必要な最小厚さ」が規定されていないため、「設計値の規格公差下限の厚さ」になるまでの到達年数として、本施設の設置年数より算出した。
- ・いずれの部材についても、板厚が設計値の規格公差下限になるまでの到達年数は、13年以上という試算となった。

調査箇所	①設計値 [mm]	②今回測定した測定値 [mm]	③設置年数 [年]	④劣化速度 (①-②)÷③ [mm/年]	⑤設計値の規格公差下限 [mm]	到達年数 (①-⑤)÷④ [年]
空中線取付部 部材(グリーンハイツ以外)	6.0	5.73	7.96	0.034	5.40	17
空中線取付部 部材(グリーンハイツ)	7.0	7.08	8.07	0.000	6.30	-
水平度調整部 プレート部	6.0	5.70	7.96	0.038	5.50	13
下段補強部 支柱(グリーンハイツ以外)	6.0	5.71	7.92	0.036	5.40	16
下段補強部 支柱(グリーンハイツ)	4.5	4.35	8.07	0.019	4.05	24
下段補強部 補強材(グリーンハイツ以外)	6.0	5.68	8.01	0.040	5.40	15
下段補強部 補強材_山形鋼(グリーンハイツ)	6.0	5.82	8.07	0.023	5.40	26
下段補強部 補強材_溝形鋼(グリーンハイツ)	5.0	4.76	8.07	0.030	4.40	20
下段補強部 溶接プレート(グリーンハイツ)	6.0	6.12	8.07	0.000	5.50	-

※全調査箇所で到達年数が最も短い結果を抜粋

5. まとめ

- 施設設置後約8年、運用開始後約7年が経過した6台の都市域レーダ施設について、空中線装置の送受信性能や回転機構及び空中線装置架台の板厚測定を実施、劣化状況を把握するとともに、維持管理に関する内容の見直し等について検討を行った。
- 一部において、設置当初よりも劣化が進んでいる状況は見られたものの、施設のパフォーマンスや強度に影響するような劣化は確認できなかった。
- 調査の結果、空中線装置については、送受信部の推定耐用年数は11年、ロータリージョイント部の推定交換期間は6年となった。
- アンテナ回転用ギア部の推定交換期間は6年と試算されたが、運用開始前の歯厚を設計値として仮定したことから、交換期間延伸の評価はできなかった。
- ロータリージョイント部とアンテナ回転用ギア部とは、一体となった部品で同時に交換作業を行う必要があることから、ガイドラインの資料編に記載しているロータリージョイント部及びアンテナ回転用ギア部の定期交換年数（5年）は変更しないものとする。

5. まとめ

- 空中線装置架台の各部材の板厚については、運用前の板厚を「設計値」と仮定し、「設計値の規格公差下限の厚さ」になるまでの到達年数を試算したところ、いずれも13年以上という結果となった。
- 以上より、今回はガイドラインの見直しは行わず、本調査結果及び昨年度までの自主研究最終報告については、今後、国総研において、ガイドラインの参考情報として整理・公表する。