

## マルチバンドの端部給電アンテナの製作と実際の運用結果

徳島大学地域防災無線研究会 JR5YAU

JK1PHL/5 上野 勝利

徳島県赤十字アマチュア無線奉仕団 JH5ZRR

JA5HTP 山野 常禎

### 1 はじめに

徳島県は、急峻な四国山地によって各地域が分断されており、また豪雨災害や南海・東南海地震による津波の脅威に直面しています。徳島県赤十字アマチュア無線奉仕団では、予てより伝播調査を行うなど、通信手段の確保について検討してまいりました。その一環として短波帯の利用も検討しています。

ある時何気なく見ていた ARRL のホームページのバナー広告から、マルチバンドの **End Fed Half Waves Antenna** というものを知りました。日本語にすれば、端部給電半波長アンテナです。本稿ではこのアンテナを **EFHWs** と表記します。NVIS, EMCOM, RACE に最適とありました。そこで、奉仕団の山野委員長と相談し研究会と奉仕団の活動の 1 つとして、**EFHWs** の試作・開発を行うことになりました。現在の HF 無線機はマルチバンド機が一般的です。これから HF をはじめてみようという方々に、簡単に自作可能なマルチバンドアンテナをご紹介できれば、いろいろなバンドを手軽に楽しんでいただくことができるようになりますし、無線家層の充実にもつながります。延いては、万一の場合の通信の可能性が高まります。

**EFHWs** は基本波の整数倍の高調波に同調するアンテナですが、材料費もあまりかからず、通常のダイポールアンテナと同程度の手間で調整できます。10W 機で CW を主体に 3 か月ほど実際に運用した結果、3.5~24MHz 帯までの 7 バンドで、DX も合わせて 300 以上の交信を行うことができました。HF 入門に最適と思いますので、紹介いたします。

### 2 **EFHWs** アンテナの概要

図 1 に **EFHWs** の概要を示します。このアンテナは基本波の半波長のワイヤエレメントの一端に、トロイダルコアを用いた広帯域トランスを介して端部から電圧給電するアンテナです。基本波とその整数倍の周波数で共振します。

図 2 に、実際に使用している 3.5MHz を基本波とした **EFHWs** の、給電点での SWR と周波数の関係を示します。SWR の測定は Anritsu Site Master S332E を用いて行いました。この図に示すように 3.5MHz 帯から 7, 10, 14, 18, 21 とアマチュアバンド周辺で、SWR が 1.5~2 程度まで低下していることがわかります。実際の送信時の SWR は、3.5~7MHz 帯まではチューナーなしでも十分使用可能で、10~21MHz 帯では、状況に応じて Rig 内蔵のチューナーを使用しています。24MHz 帯以上では、アンテナの張り具合によって SWR が

[テキストを入力]

変化して不安定でした。

### 3 EFHWs アンテナの原理

今、図 3 に示すようにある長さの 1 本のエレメントを考えます。エレメントの両端ではその先に電流が流ることができないので、電流が 0、すなわち電流節点となる境界条件となります。エレメントの電気長  $L$  が半波長となる周波数  $f_0$  では、このエレメントに定在波が生じて共振します。この時の周波数を基本波とすると、エレメントの電気長  $L$  が半波長の整数倍のときにも両端が電流節点となります。そのためこのエレメントは基本波の整数倍の周波数  $nf_0$  でも同様に共振することができます。逆に言えば、エレメントが共振する時には、端部は必ずハイインピーダンスの状態となります。そこで送信機からの出力を電流節点とみなせるほど十分なハイインピーダンスに変換して、エレメントの端部から給電することができれば、そのエレメントは基本波やその整数倍の周波数に共振するアンテナとして使用することができるはずです。幸い、アマチュアバンドは 3.5MHz 帯の整数倍の周波数が割り当てられています。3.5MHz 帯の半波長のエレメントを用いると、7, 10, 14, 18, 21, 24, 28MHz 帯と HF のアマチュアバンドを 1 本のエレメントでカバーすることができるはずです。

50Ω の同軸ケーブルから、給電点のハイインピーダンスに変換するために、本稿で紹介する EFHWs では、トロイダルコアを用いた広帯域のオートトランスを用いています。エレメントは電気長が基本波の半波長となるように調整された通常の電線です。この広帯域トランスの特性が、アンテナの特性を支配することになります。

### 4 EFHWs アンテナの作り方

本稿では 3.5MHz を基本波として作成した例を紹介します。また、これから HF を始められる初級の方が作られるとして、空中線電力は 50W を想定します。

必要な材料を表 1 にまとめました。トロイダルコアとコンデンサの入手が厄介かもしれませんが、50Ω 50W とした場合、電圧は尖頭値で 75V となりますので、入手の容易な耐圧 50V のコンデンサでは不十分です。少し余裕を見て耐圧 350V 程度のものが安心です。100pF のコンデンサが入手できない場合は、50Ω 系の同軸ケーブル 1m で代用してください。1.5D2V でも耐圧的には十分です。他は容易に入手可能とおもいます。HF のミドルパワーなので一覧表の同軸ケーブルは 3D2V としています。必要な太さ・長さの同軸をご利用ください。

#### 4.1 広帯域トランスの製作と特性

トロイダルコアを扱う場合、文献<sup>1)</sup>は必携です。この文献を参考に、コアは FT114-43 を選択しました。許容通過電力は周波数に比例し、1MHz 当り 296W とのことですので十二分です。これに φ1mm のエナメル線を全部で 27 ターン巻き、アース端（コールド側）

[テキストを入力]

から4ターン目にタップを取り付け、巻き線比4:27のオートトランスを作ります。エナメル線はなるべくコアに密着するように巻いてください。耐圧を優先してホット側とコールド側がなるべく離れるよう、巻き数の中間点で折り返す巻き方(W1JR巻)としました。エナメル線の先端はカッターを使って被膜をそぎ落とし、半田メッキをしておいてください。

コイルが巻き終わったらコールド側とタップの間に100pFのコンデンサを並列に接続します。そしてタップに同軸の芯線、コールド端に同軸のシールド被膜をはんだ付けします。ホット側に半波長の長さに調整した電線を取り付ければ、EFHWsの完成です。

出来上がった状態を写真1に示します。写真ではコンデンサがコアの下に隠れていますが、同軸ケーブルの芯線とシールドの間にパラに接続されています。ケースは電設資材の丸型ボックスです。パイプの接続部分にドリルで6mm程度の穴を空け、そこに張綱やエレメントを通して保持できるようにしました。余裕があればコモンモードチョークをつけると、なお良いと思います。FT114-43か、一回り大きいFT130-43に3D2Vを5回以上巻けばOKです。FT114-43ならこのケースの中に収めることも可能です。

作成した広帯域トランスの特性を測定してみました。ホット側とコールド側の間を2.2kΩの抵抗で終端してSWRを測定した結果を図4に示します。マーカの位置は左から3.535, 7.100, 14.175, 21.225, 28.000MHzです。表2にSWRの一覧を示します。SWRは7メガ付近で最低となり、3.5~21MHz帯の範囲で1.5を下回っています。28MHzではSWRは2.0を示しており、帯域上限となりました。SWRが1.0とはならないのは、手持ちの終端抵抗の値が巻き線比に対応していないことも関係しています。最低値は1.05です。また、3.5MHzではSWRが上昇しています。文献<sup>1)</sup>によれば3.5MHzを最低周波数とするには1次側に5ターン以上必要であると記されていることから、4ターンではインダクタンス不足が生じていると思われます。巻き数が増えれば上限周波数が低下するので、主に使用する周波数を勘案して巻き数を増減してください。なお、文献によれば7MHzを最低周波数とする場合は3ターン以上必要とのことで、その条件は満たしており、実際の使用感からも7MHzには良好です。

SWRだけでなく、トランスの変換ロスも気になるところです。同じトランスを2つ作り、50Ω:ハイインピーダンス<->ハイインピーダンス:50Ωという回路を作り伝達特性を測定しました。その結果を図4に示します。縦軸は2つ分の減衰を表していますので、デシベル値で半分がトランス1つ分の損失を表しています。図からわかるように、3.5MHzから35.7MHzまでの範囲で、1つあたり1dB以下の損失があります。1dBは約20%の損失に相当しています。市販の1:1バランの損失は高々0.5dB以下ですから、1dBはトランスの損失としては大きな値であり、改善の余地があるといえます。しかしながら、20%の損失はS1つにも満たないことから、誤差の範囲ともいえます。ひとまず熱的に問題がなければ実用上よしとします。

#### 4.2 アンテナとして組み上げ調整する

[テキストを入力]

出来上がったアンテナの全体像を写真 3 に示します。トランス部分をケースに入れたり、ワイヤエレメントを展張するための碍子などを用意してください。私は、ケースにホームセンターで見つけた電設資材の露出用丸型ボックスを用い、塩ビのソケットに写真のように孔をあけて代用碍子としています。張り綱は麻紐を利用しています。エレメントとして基本波となる周波数 $f_0$ の半波長の電線を用意して、作成したトランスのホット側に接続してください。長さ  $L$  は次式によって求められます。

$$L(\text{m}) = \frac{150}{f_0(\text{MHz})} \quad (1)$$

実際には 0.95 程度の短縮率がありますので、式 1 から求まる  $L$  は少し長めになります。調整はエレメントの先端を折り返しておけばよいので、長い分には神経質になる必要はありません。私は半田付けしましたが、エレメントはギボシ端子で接続すると、交換できて良いと思います。

アンテナができましたら次は展張です。3.5MHz ならば  $L$  は約 43m になります。これだけの長さのワイヤを両端 2 か所で支持するのはなかなか難しく、何か所か中間にも支柱が必要です。逆 V 型に張ってもよいと思います。私はエレメント用の電線に 0.75SQ のビニール線を使用しましたが、移動運用にはもっと細くて軽いもののほうが良いと思います。少し値が張りますが、ETFE 被膜の AWG21(約 0.5SQ)の電線が軽量で適しているのではないかと思います。

アンテナは十分に高い位置に直線的に展張するのが理想的ですが、敷地等の関係でなかなかそうもできません。私は 2 階の窓から敷地に沿って何回も折り曲げて張っています(写真 5)。地上高も 3m 程度が大部分で、高いところでも高々 5m 程度です。とにかく張らなければ始まらないので、どんな形でもよいのでエレメントを張ってください。いろいろ試してみても、徐々に改善していけばよいのです。

展張したら、主に使用する周波数を決め、その周波数で最適となるようワイヤエレメントの長さを調整します。必ずしも基本波である必要はありません。作業のやりやすさや有用性の高さから、7MHz を中心に調整するのが良いと思います。エレメントは長めに用意してありますので、エレメントを先端で折りたたんで短くして、リアクタンスがほぼ 0 となるか、SWR が 1.5 以下と十分低くなる点を探します。調整中は給電点側で折りたたんでおき、長さが決まった段階で先端のエレメントをその長さ分だけ折りたたむのもよいと思います。また、調整中はエレメントの先端か給電点側を、手の届きやすいところにしておくと便利です。調整には、アンテナアナライザがあれば便利です。ちょっと大変かもしれませんが、ノイズブリッジや SWR 計でも調整できると思います。

地上高が極端に低い場合や建物に隣接している場合には、周辺の影響を受けやすいので、エレメントの通る位置を調整すると SWR も変わります。なかなか SWR が下がらない場合は張る位置を少し変えるとよいかもしれません。給電部のアース側に、カウンターポイズとして 1m 程度の電線をつけるとよい場合もあります。

[テキストを入力]

原理的には 7MHz で同調すれば基本波である 3.5MHz でも同調するので、他のバンドも原則的には同調します。1 バンドで同調するようエレメントの長さを調整するだけなので、マルチバンドアンテナですが調整は簡単です。ダイポールアンテナを作ったことがある方ならば、EFHWs のほうが調整は簡単だと思われると思います。

## 5 運用状況

本稿で紹介した EFHWs アンテナと 2 つの 10W 機(IC-703, FT-450S)を用いて、2016 年 12 月中旬から 2017 年 5 月初旬までの間に、3.5MHz~24MHz の 7 バンドで、CW を主体に 350 を超える QSO を行いました。アンテナの地上高が 3~5m と大変低いため打ち上げ角が高く、いわゆる NVIS 伝搬となる条件で国内 QSO が主体ですが、近場の DX も楽しみました。EFHWs アンテナのパフォーマンスの紹介として、eQSL で cfm した QSL を図 6 に示します。図 7 は 10W で CQ を出したある日の RBN の反応です。コンディション次第ですが、国内にはちゃんと届いていることがわかります。

**6 改善点** 私のケースでは、アンテナの地上高をもっと高くすることが、全体のパフォーマンス向上に最も効果が高い改善方法であります。せめて 10m 位の地上高はほしいところです。アンテナ自体の性能改善としては、広帯域トランスの広帯域化、低損失化があげられます。

**7 おわりに** EFHWs の利点は、低予算で作れること、展張方法の自由度が高いこと、調整が簡単なことが挙げられます。加えて、マッチングを広帯域トランスで行っているので、バンドの帯域を広く取れます。自作するならば多少同軸ケーブルが長くなっても、1 万円程度の予算で十分でしょう。敷地の制約の少ない学校や役場のクラブであれば、建物の窓や屋上の手すりから 42m のワイヤを地上のフェンスなどに向かって張るだけで、3.5MHz から 21MHz (28MHz?) までのアンテナが用意できます。個人宅などで設置するのが大変な場合は、半分の長さで済む 7MHz のものが作りやすいかもしれません。10~21MHz 用には、モノバンドでもよいでしょう。私も最初に作ったものも、7MHz を基本波とするものでした。広帯域トランスさえ作ってしまえば、後はワイヤエレメントを交換するだけでいろいろなバンドに使えると思います。

最初にいろいろなバンドを経験してお気に入りのバンドを見つけ、より高性能のアンテナを整備していく足がかりとしても、最適だと思います。本稿が、HF のオールバンド無線機を有効活用していただくお手伝いになれば幸甚です。ご興味をお持ちの方は [jk1phl@jarl.com](mailto:jk1phl@jarl.com)宛にご連絡ください。

最後にカードの提示にご協力いただきました方々を始め、QSO していただきました皆様にお礼申し上げます。

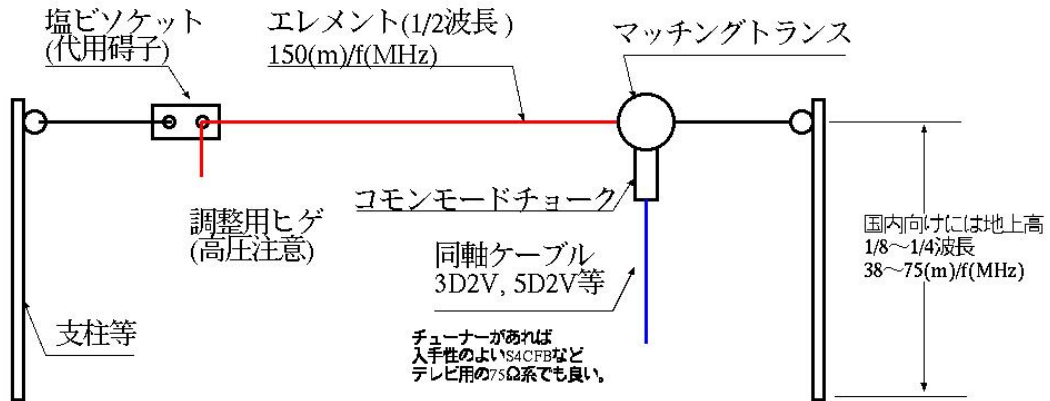
[テキストを入力]

参考文献 1)コイル作りの決め手 トロイダル・コア活用百科、山村英穂、CQ 出版社、1983.

[テキストを入力]

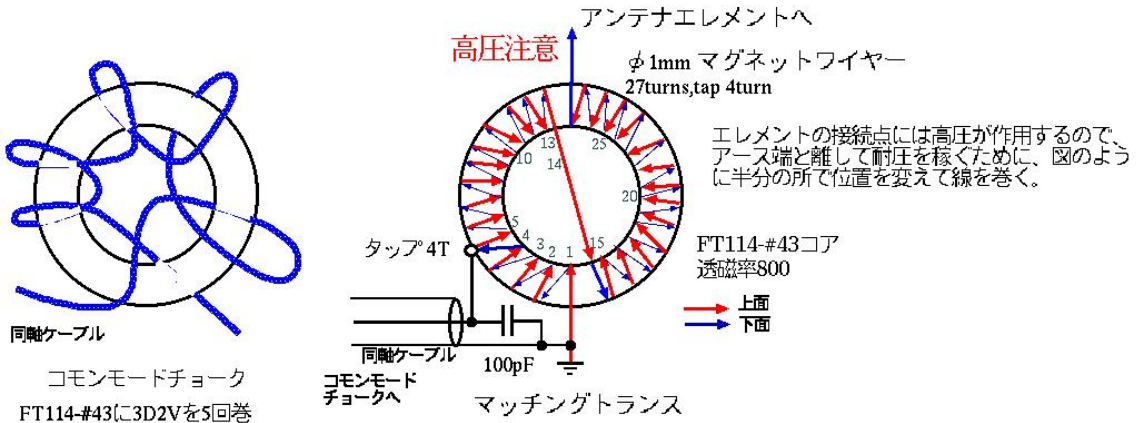
短波用マルチバンド(80-10m)エンドフェッド半波長アンテナ

(c)JK1PHL K. Ueno  
201701



マッチングトランス：FT-114-#43トロイダルコアにφ1mmマグネットワイヤーを27回巻き、コールド側から4ターン目にタップをつける。

コモンモードチョーク：FT-114-#43トロイダルコアに3D2Vを5回巻き付ける。

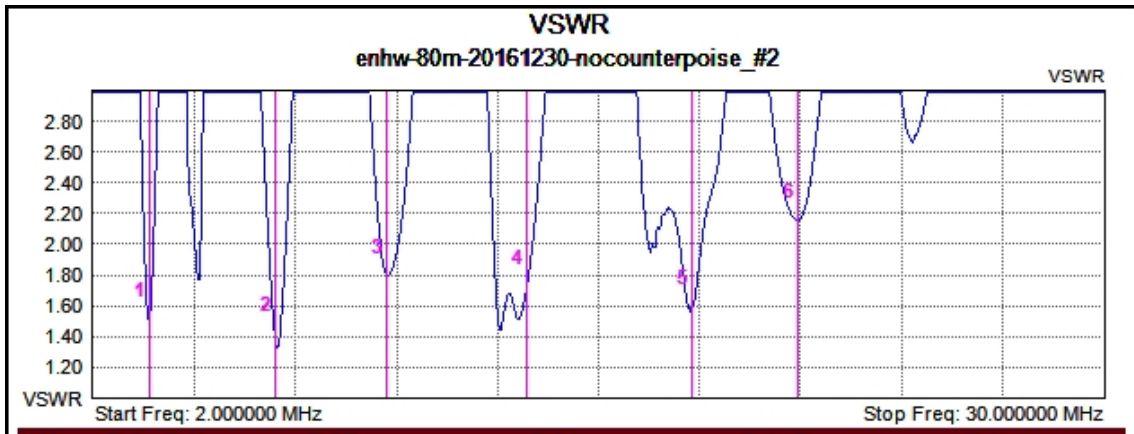


memo

ひとまわり大きいFT140-#43の場合は、27回巻きタップは4Tとすると、3.5MHzの特性が改善される。

コモンモードチョークは必須ではないが、不安定動作、不要輻射やRFIの防止効果がある。

図1 EFHWA の概要



図中のマーカー	周波数(MHz)	VSWR
1	3.538	1.51
2	7.063	1.19
3	10.134	1.80
4	14.011	1.73
5	18.700	1.70
6	21.450	2.16
	24.940	2.80
	28.000	4.43

図 2 VSWR と周波数の関係



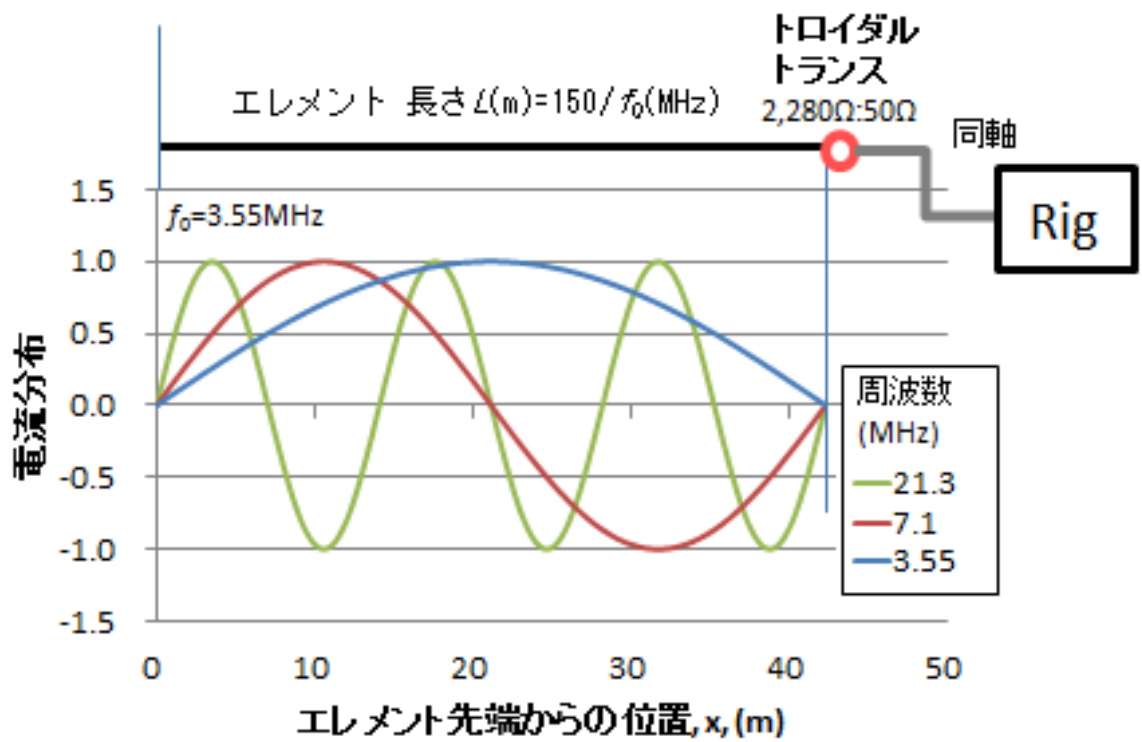


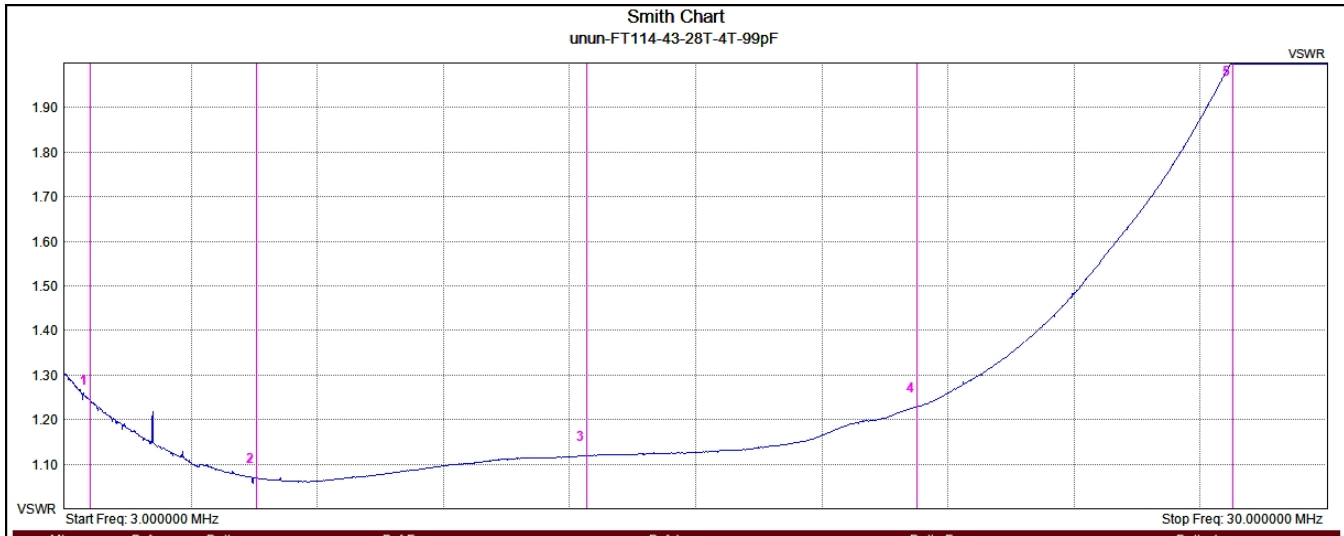
図 3 EFHWs アンテナの原理

表1 材料一覧

品名	仕様	単価	数量	概算価格
トロイダルコア	FT114-#43	250 円	1 ケ	250 円
マイカまたはセラミックコンデンサ	100pF 350V 以上	150 円	1 ケ	150 円
M型コネクタ	MP3	250 円位	1~3 ケ	850 円
エナメル線	φ1 mm	300 円位	2m	300 円
エレメント用電線	0.5~0.75SQ	50 円/m 程度	42m	2,500 円
代用碍子	TS ソケット 16	100 円	2 ケ	200 円
ケース	露出用丸形ボックス	250 円	1 ケ	250 円
同軸ケーブル	3D2V	150 円	10m	1,500 円
			合計	6,000 円



写真1 EFHWs アンテナの給電部と広帯域トランス(FT114-43 27T タップ 4T + 100pF)



図中のマーカー	周波数(MHz)	VSWR
1	3.535	1.24
2	7.100	1.07
3	14.175	1.12
4	21.225	1.23
5	28.000	2.01

図4 作成した広帯域トランスの VSWR 特性

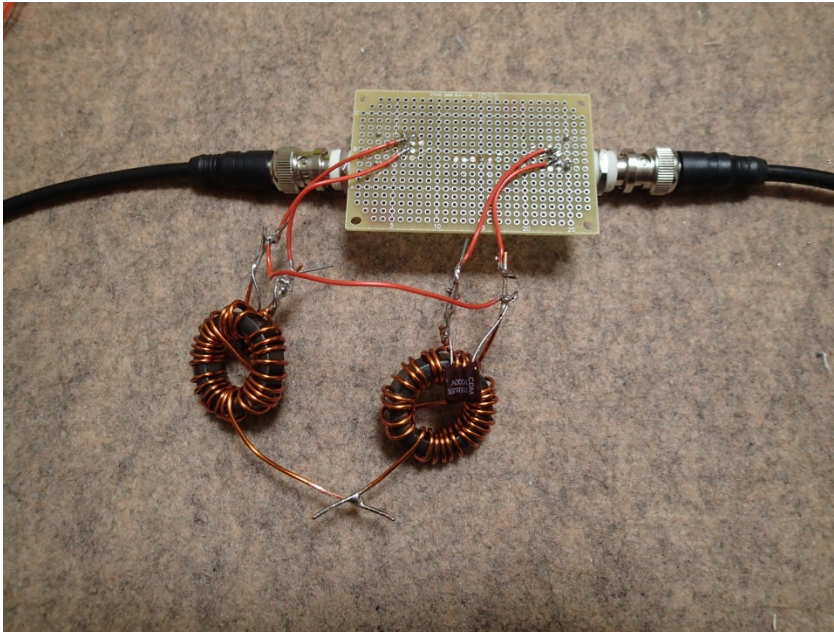


写真2 挿入損失の測定

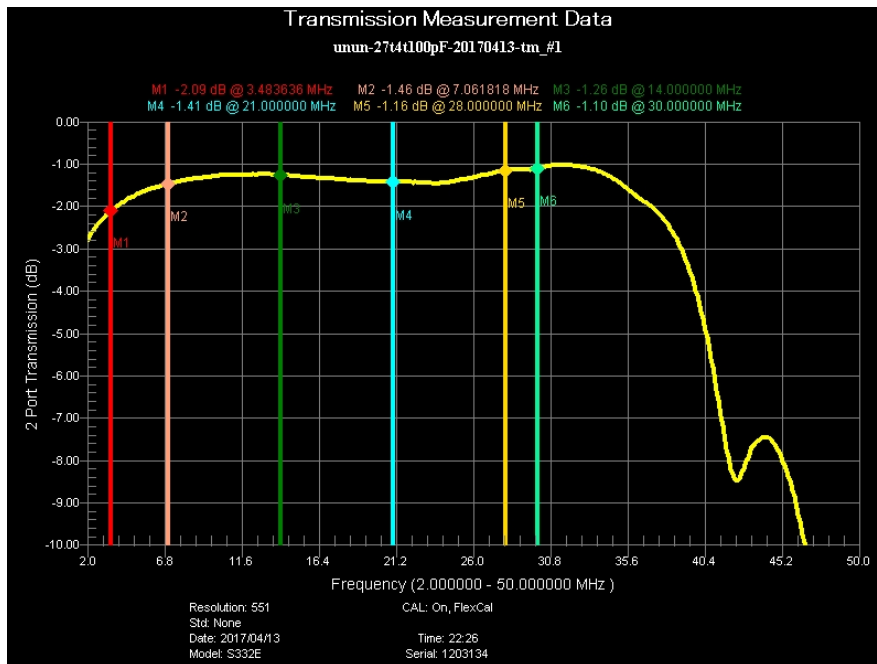


図 5 広帯域トランスの挿入損失

3.5MHz から 35.7MHz の間で損失 1dB 以下となった。



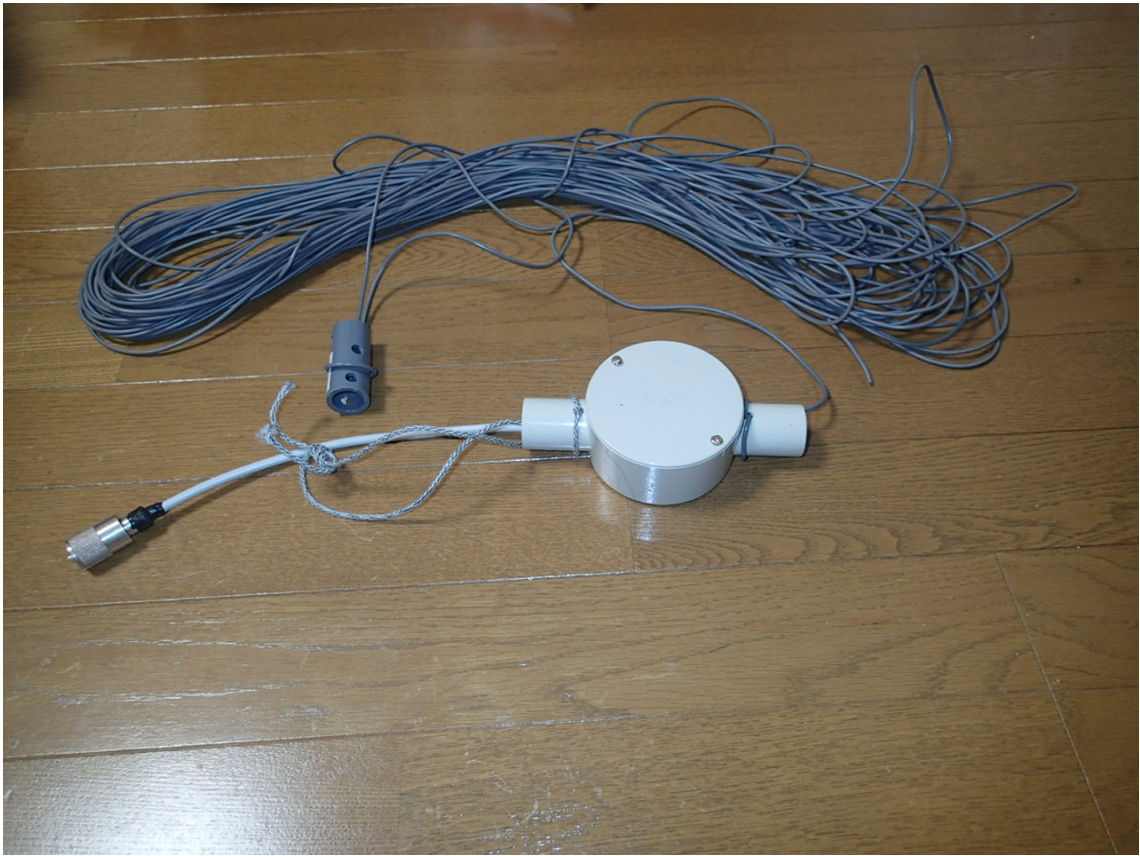


写真 3 完成したアンテナの全体像



写真4 ソケットを用いた代用碍子





写真 5 悪条件でもとにかく張ってみなければ始まらない



**JD1BLY**  
 KOYANAGI Makoto  
 Ogasawara,  
 JAPAN  
 Loc: QL17cc ITU:45 CQ:27  
 IOTA:AS-031 JCG:10007  
 QSL via J15RPT BURO or direct



To: JK1PHL/5 This confirms our 2-way CW QSO  
 Date: March 7, 2017 Time: 13:33 UTC  
 Band: 80M UR Sigs: 599


(a) 3.5MHz

**WN6K**

Paul E. Dorey  
 1536 Sunbury Court  
 Vista, CA 92084-7606  
 USA

FT-5000MP  
 DB13@55ft 160/ 80 OCF DP @50 Ft.  
 ARRL Life Member - 10-10 #13067



To: JK1PHL/5 Confirming 2-way CW QSO, Band: 40M  
 Date: April 8, 2017 Time: 08:52Z, RST: 599

ITU:6 CQ:3 Grid:DM13je San Diego County

(b) 7MHz

**TOKYO JAPAN**  
**JP1LRT**

GI PM95TQ  
 JCC #100115  
 Yoshiharu Tsukuura

2-24-21 Ogikubo  
 Suglnami-ku Tokyo  
 1670051 JAPAN  
 ITU:45 CQ:25  
 IOTA:AS-007  
 IC-7800+ AMP  
 13mH 11ele for 6m  
 13mH RDP for HF



FL-837DM  
 13mH 11ele for 2m  
 13mH 20ele for 70cm

To: JK1PHL/5 This confirms our 2-way CW QSO  
 Date: May 20, 2017 Time: 07:21 UTC  
 Band: 30M UR Sigs: 599

(c) 10MHz

**EUROPEAN RUSSIA**  
WAZ: 16 ITU: 29 Loc: LO07ka RDA: IV-14



# RM2U

TO RADIO:					VIA:	
DAY	MONTH	YEAR	UTC	MHz	2-WAY	RS(T)
					CW / SSB	
					CW / SSB	

To: JK1PHL/5 This confirms our 2-way CW QSO  
Date: April 8, 2017 Time: 14:56 UTC  
Band: 20M UR Sigs: 599

(d)14MHz

*Yilan, Taiwan*

# BV1EL



To: JK1PHL/5 Confirming 2-way CW QSO, Band: 17M  
Date: April 29, 2017 Time: 12:16Z, RST: 579

(e)18MHz

# A31MM

Hiro NAKAMURA

Nuku'alofa  
TONGA  
Loc: AG28JU ITU:62 CQ:32  
IOTA: OC-049  
op. JA6WFM



To: JK1PHL/5 This confirms our 2-way CW QSO  
Date: April 9, 2017 Time: 06:56 UTC  
Band: 15M UR Sigs: 599

(f)21MHz

On the edge of the future

# JA7FVA

Takamitsu Hirono

FUKUSHIMA  
JAPAN  
Loc: QM07HP ITU:45 CQ:25  
IOTA: AS-007 JCG:07011  
ICOM IC760PRO 4EL YAGI

Japan Award Hunters Group 88  
E-MAIL ja7fva@jarl.com



To: JK1PHL/5 This confirms our 2-way CW QSO  
Date: May 14, 2017 Time: 05:45 UTC  
Band: 12M UR Sigs: 599

(c) Copyright 2000 eQSL.cc

(g)24MHz

