

試錐孔用広帯域レーダープローブの設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務成果報告書)

開示区分	資料区分
乙	丁
7586 94-003 Vol. 1	
1994年 5月 13日受入 動燃事業団・中部事業所	

1994 年 3 月

株式会社 物理計測コンサルタント

試錐孔用広帯域レーダープローブの設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務成果報告書)

1994 年 3 月

株式会社 物理計測コンサルタント

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31

動力炉・核燃料開発事業団

中部事業所 技術開発課

試錐孔用広帯域レーダープローブの設計

牧野憲一郎*

要 旨

1. 目 的

動力炉・核燃料開発事業団殿における地層科学研究の調査技術及び機器開発の一環として、坑道周辺のゆるみ領域の特性を明らかにするために、坑道周辺に発達する割れ目の位置やその空間的広がりを詳細に把握可能な試錐孔用広帯域レーダープローブを設計する。

2. 方 法

試錐孔近傍からの割れ目を詳細に把握する目的のため、レーダーの中心周波数は花こう岩中で約200MHzとし、さらに割れ目の空間的広がりの方位を特定するために、指向性アンテナを有する孔内プローブとして設計した。制御・収録・解析は、設計した孔内プローブを動力炉・核燃料開発事業団殿所有のRAMACシステムの地上装置と組み合わせて行う。

3. 結 果

RAMACシステム地上装置のサンプリング周波数は2GHz迄拡張可能であることを確認し、広帯域レーダープローブの電子回路及び送受信アンテナを設計した。実験の結果、パルス発生器は半値巾3nSのパルスを発生し、受信系は帯域200MHzに対し、0.5nS以下のサンプリング精度が得られた。アンテナの水中における放射指向特性は前後感度比28.4dBであった。

4. 結 論

試作した送受信アンテナ及び各電子回路モジュールの特性は、実験により仕様を満足することを確認した。この結果をもとに試錐孔用広帯域レーダープローブの設計を行った。

本報告書は、(株)物理計測コンサルタントが動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：05C0672

事業団担当部課室および担当者：技術開発課 長谷川 健

*：技術部

Design of the Wide-Range Frequency Borehole Radar Probe

Kenichiro Makino*

Abstract

1. Purpose

To design a wide-range frequency borehole radar probe that will make it possible to determine in detail the position and spatial spread of fractures occurring around tunnels in an attempt to clarify the characteristics of the loose region around tunnels as part of the PNC's stratum science research survey technology and equipment development.

2. Method

A borehole radar probe with a directional antenna was designed to determine the direction of the spatial spread of fractures by passing radar with a center frequency of 200 MHz through granite to identify in detail the fractures coming from the vicinity of a borehole. Control, acquisition, and analysis was performed by the PNC's RAMAC surface control unit, which was combined with the designed borehole radar probe.

3. Results

It was confirmed that the RAMAC surface control unit's sampling frequency could be expanded to 2 GHz and a wide-range frequency radar probe electronic circuit and a transmitter/receiver antenna were designed. The results of the experiment showed that the pulse generator can generate a pulse width of 3 nS and that the receiver system can obtain a sampling accuracy of under 0.5 nS at a band width of 200 MHz. The radial directivity characteristics of the antenna in water had a front-to back ratio of 28.4 dBm.

4. Conclusion

The experiment confirmed that the characteristics of the prototype transmitter/receiver antenna and electronic circuit module meet specifications. A wide-range frequency borehole radar probe was designed based on the results of the experiment.

Worked performed by under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel
Development Corporation

PNC Liaison : Chubu works Ken Hasegawa

* : R & D Division

目 次

まえがき

1. 目 的	1
2. 装置の概要	1
2.1 仕 様	1
2.1.1 基本仕様	1
2.1.2 基本構成	1
2.1.3 各部の仕様	4
3. システム設計	5
3.1 システムの検討	5
3.2 試錐孔用広帯域レーダープローブの全体設計	8
3.3 レシーバプローブの設計	10
3.3 トランスミッタープローブの設計	21
3.5 回路図	26
3.6 部品配置図	37
3.7 部品表	43
3.8 外形図	60
4. 試錐孔用広帯域レーダープローブの試験結果	72
4.1 試験装置および試験条件	72
4.2 各エレメントの試験結果	97
4.3 総合試験結果	113
5. まとめと今後の課題	121
6. 写 真	122
7. 謝 辞	129
8. 参考文献	130
9. 付 録	131

ま え が き

本報告書は、株式会社物理計測コンサルタントが動力炉・核燃料開発事業団中部事業所のご依頼により、試錐孔用広帯域レーダープローブの設計を行った成果をまとめたものである。

1. 目的

動力炉・核燃料開発事業団殿における地層科学研究の調査技術及び機器開発の一環として、坑道周辺のゆるみ領域の特性を明らかにするために、坑道周辺に発達する割れ目の位置やその空間的広がりを詳細に把握可能な試験孔用広帯域レーダープローブを設計する。

2. 装置の概要

本装置は、坑道から掘削された試験孔を利用して坑道周辺の割れ目を調査するための試験孔用レーダーの孔内プローブであり、割れ目を詳細に把握するため周波数帯域を10～200MHzとする。なお、制御・収録・解析部は動力炉・核燃料開発事業団殿所有のRAMACシステムの地上装置を使用する。

2. 1 仕様

2. 1. 1 基本仕様

本装置は、坑道から掘削された試験孔を利用して坑道周辺の割れ目を調査するための試験孔用レーダーの孔内プローブで、割れ目を詳細に把握するため周波数帯域を10～200MHzとする。ただし、制御・収録・解析部は事業団殿所有の試験孔用レーダーシステムRAMACを使用する。

2. 1. 2 基本構成

本装置の概念図を図-2. 1に、モジュール構成図を図-2. 2に示す。基本構成は以下の通りとする。

(1) レシーバープローブ

アンテナ、高周波増幅器付サンプリングユニット、同期制御回路付A/D変換回路ユニット、光結合ユニット、低圧電源、バッテリーユニット

(2) トランスミッタープローブ

アンテナ、パルサーユニット、高圧電源ユニット、光結合ユニット、バッテリーユニット

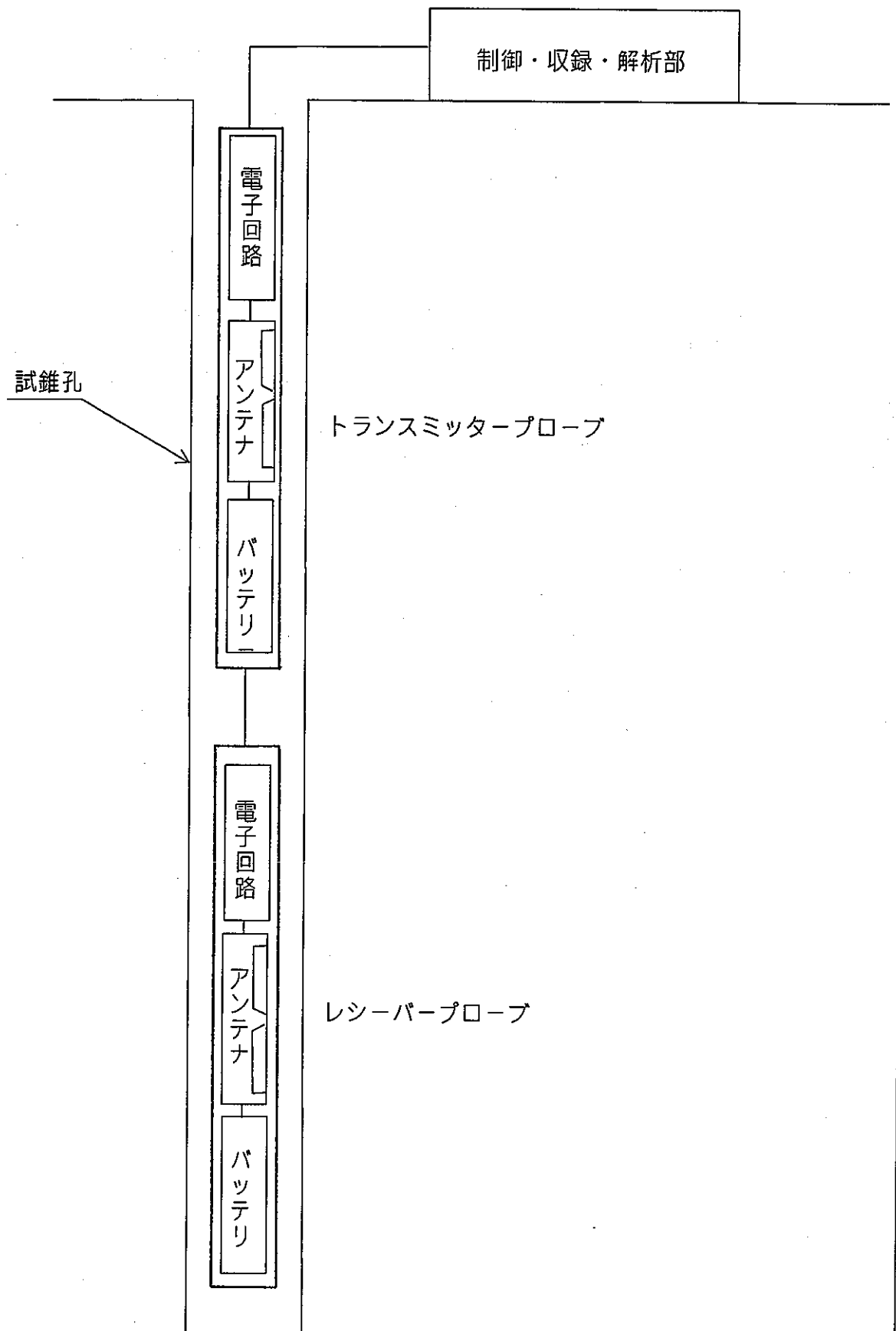
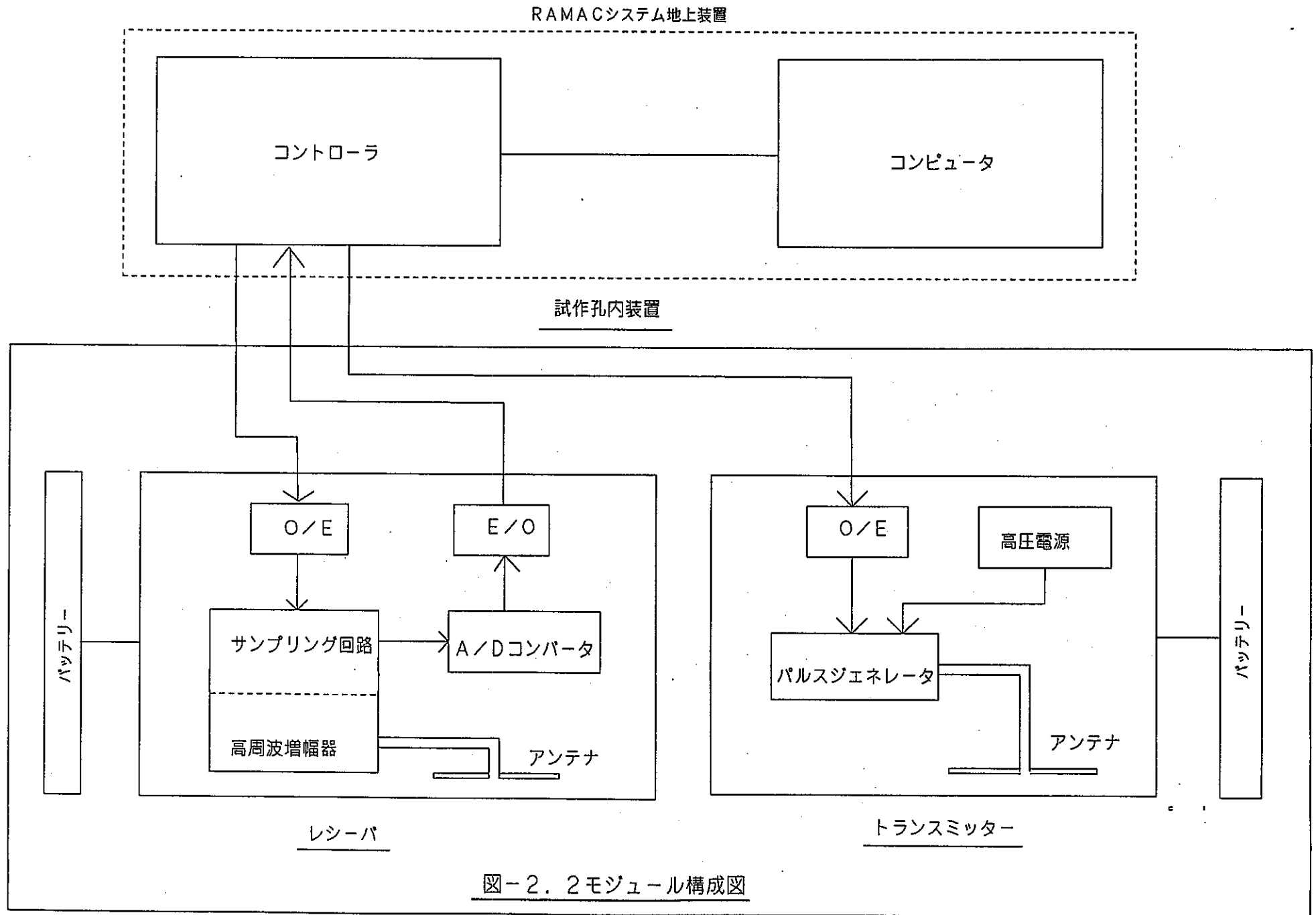


図-2. 1 装置の概念図



2. 1. 3 各部の仕様

(1) 共通仕様

周波数帯域	10～400MHz
サンプリング時間精度	0.3ns以上
エレクトロニクス外径寸法	45mmφ以下
プローブ外径寸法	55mmφ以下
耐圧	20Bar以上

(2) レシーバプローブ部

周波数帯域	10～400MHz
A/Dコンバータ	16Bit
アンテナ方式	抵抗装荷ダイポール
指向性	フェライト遮断方式による
アンテナ端感度	20μV以上
データ伝送速度	1.2Mbit
電源	バッテリー(12V)
プローブ全長	2m以下

(3) トランスミッタープローブ部

ピーク出力	300W以上(50Ω負荷)
アンテナ方式	抵抗装荷ダイポール
指向性	フェライト遮断方式による
電源	バッテリー(12V)
プローブ全長	2m以下

3. システム設計

3. 1 システムの検討

(1) RAMACの広帯域化の可能性検討

「試錐孔用広帯域レーダープローブの設計」は、設計するプローブをRAMACシステムの地上装置と組み合わせて坑道周辺に発達する割れ目の位置やその空間的広がりを詳細に把握可能な試錐孔用広帯域レーダープローブを設計することにある。プローブを設計するにあたり、RAMACシステムの広帯域化の可能性について検討した。検討にあたっては、1990年8月に(株)物理計測コンサルタントが自社所有のRAMACシステムの評価実験を共同で行った東北大学工学部資源工学科新妻研究室の佐藤助教授のコメント(付録-1)を参考にした。

(2) サンプリング周波数安定度の確認

RAMACシステムの仕様では、最高サンプリング周波数は1GHzである。RAMACのプローブの帯域は60MHzであるからこれで十分満足する。しかし広帯域レーダープローブと組み合わせて使用する場合、周波数帯域は200MHzであるため信号の質を考慮して、サンプリング精度0.5ns(サンプリング周波数2GHz)以下の精度が実現できることが望ましい。そこでRAMACシステムを使用して3GHzまでの動作を確認した。テストは60MHzのプローブをコンクリート床上に置いてサンプリング周波数を1、2、3GHzと変化させて経時的安定性を確認した。動作確認テストの結果を図-3.1.1および図-3.1.2に示す。図-3.1.1は室温18℃一定下における測定結果で、3GHzまで安定に動作していることが確認できる。図-3.1.2はプローブの温度を18～28～20℃と変化させて測定した結果で、(a) レシーバプローブではドリフトは認められなかったが(b) トランスミッタープローブではドリフトが確認された。これは、RAMACシステムのトランスミッター部パルサーの温度特性に因るもので、コントローラの安定性については問題ないことが確認された。

サンプリング周波数確認試験

測定パラメータ

サンプリング周波数(GHz)	1	2	3
No of Stack	32	32	32
Sig. Position(μ S)	0.5608	0.3451	0.3020
f_s (MHz)	1012.92	2025.75	3008.79
T_w (μ S)	0.5055	0.2527	0.1702
T_b (μ S)	11.00	11.00	11.00

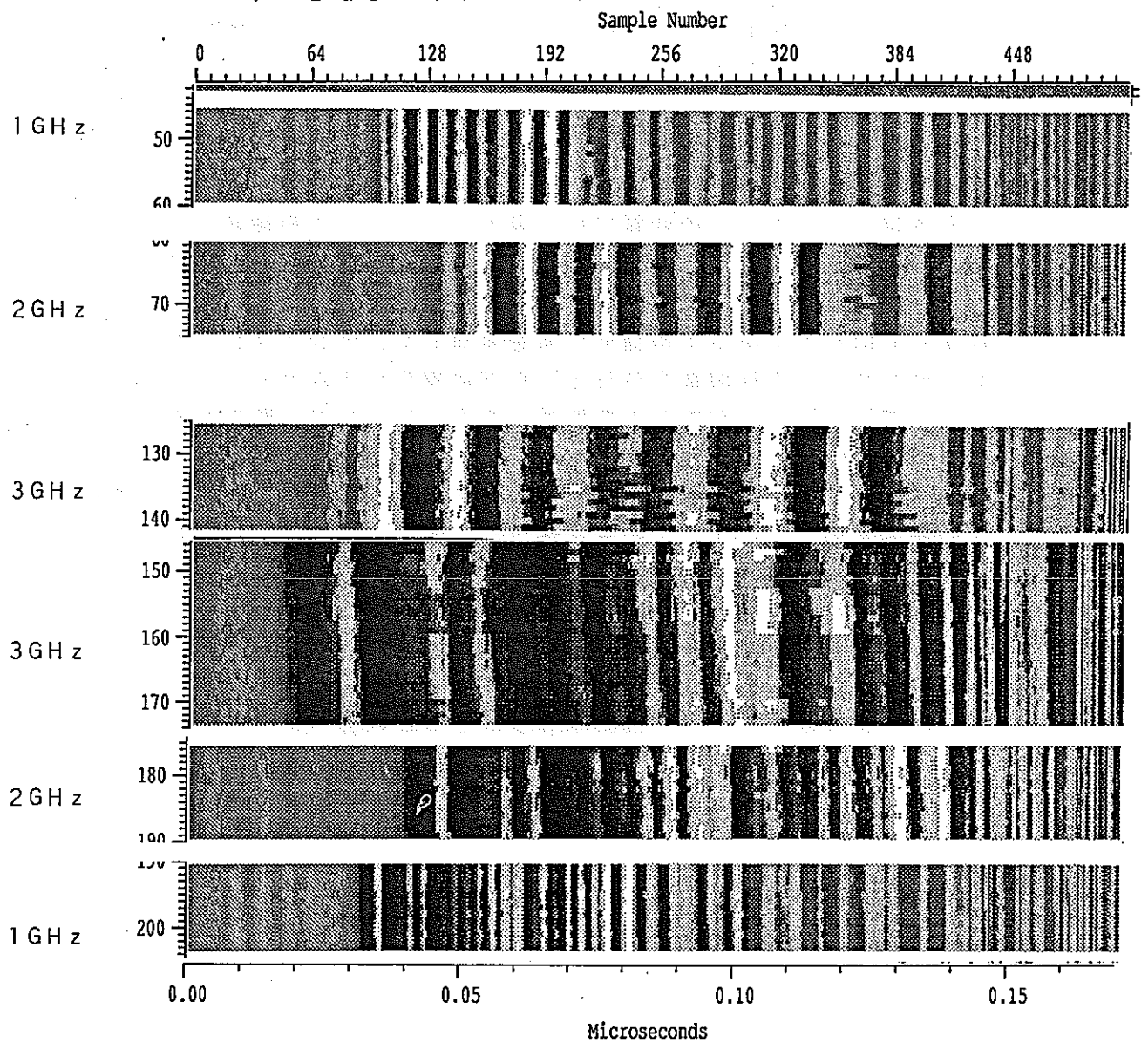
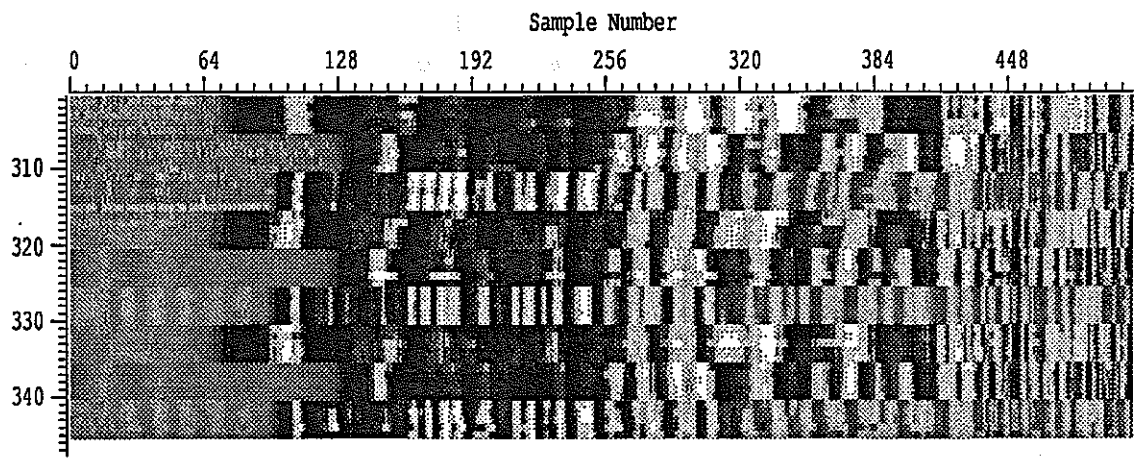


図- 3. 2. 1 サンプリング安定度測定結果

a) レシーバプロープ



b) トランスミッタープロープ

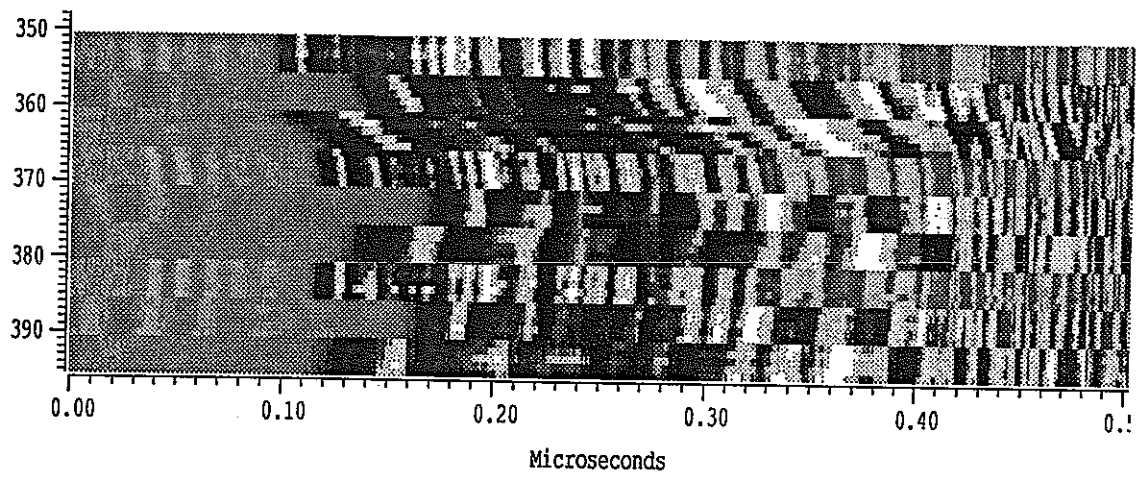


図-3. 1. 2 サンプル周波数温度試験

3. 2 試錐孔用広帯域レーダープローブの全体設計

(1) システムタイミング

試錐孔用広帯域レーダープローブの動作タイミングおよびデータフォーマットをRAMAC地上装置と整合性を持たせるためシステムタイミングを設計した。図-3.2.1にシステムタイミングを示す。

(2) 周波数帯域の設定

本プローブは主に花こう岩中での割れ目調査に使用するパルスレーダーである。パルスレーダーでは媒質中を伝播する電磁波の速度は群速度で定義され

$$v_g = 1 / (\partial \beta / \partial \omega) \quad (3.1)$$

で表される。また β は位相定数と呼ばれ、 $\tan \delta = \sigma / \omega \epsilon_r$ とおけば β は次式で表される。

$$\beta = \omega \sqrt{\epsilon_r \mu_0} \cdot \sqrt{\sqrt{1 + \tan^2 \delta} + 1} / 2 \quad (\text{rad/m}) \quad (3.2)$$

(3.2) 式より v_g を求めると

$$v_g = v_p 2 \sqrt{1 + \tan^2 \delta} / \sqrt{1 + \tan^2 \delta + 1}$$

ここで v_p は位相速度で、

$$v_p = c / \sqrt{\epsilon_r} \cdot 2 / \sqrt{1 + \tan^2 \delta + 1} \quad (3.3)$$

上記の v_p 、 v_g は $\tan \delta$ の関数となっているが花こう岩中では $\tan^2 \delta$

$\ll 1$ と考えられるので無視すれば

$$v_p \simeq v_g \simeq c / \sqrt{\epsilon_r}$$

と近似でき、岩盤中における電磁波の速度は光速 c の $1 / \sqrt{\epsilon_r}$ に減速される。例えば、花こう岩の比誘電率 ϵ_r を 7.5 とすると群速度は $v_g \simeq c / 2.7$ となる。すなわち、花こう岩中の波長は $\lambda_g = v_g / f = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$ になる。

このことより、空気中におけるアンテナの中心周波数 f_c は $f_c = 200 \text{ MHz} \times 2.7 = 540 \text{ MHz}$ として設計を行った。

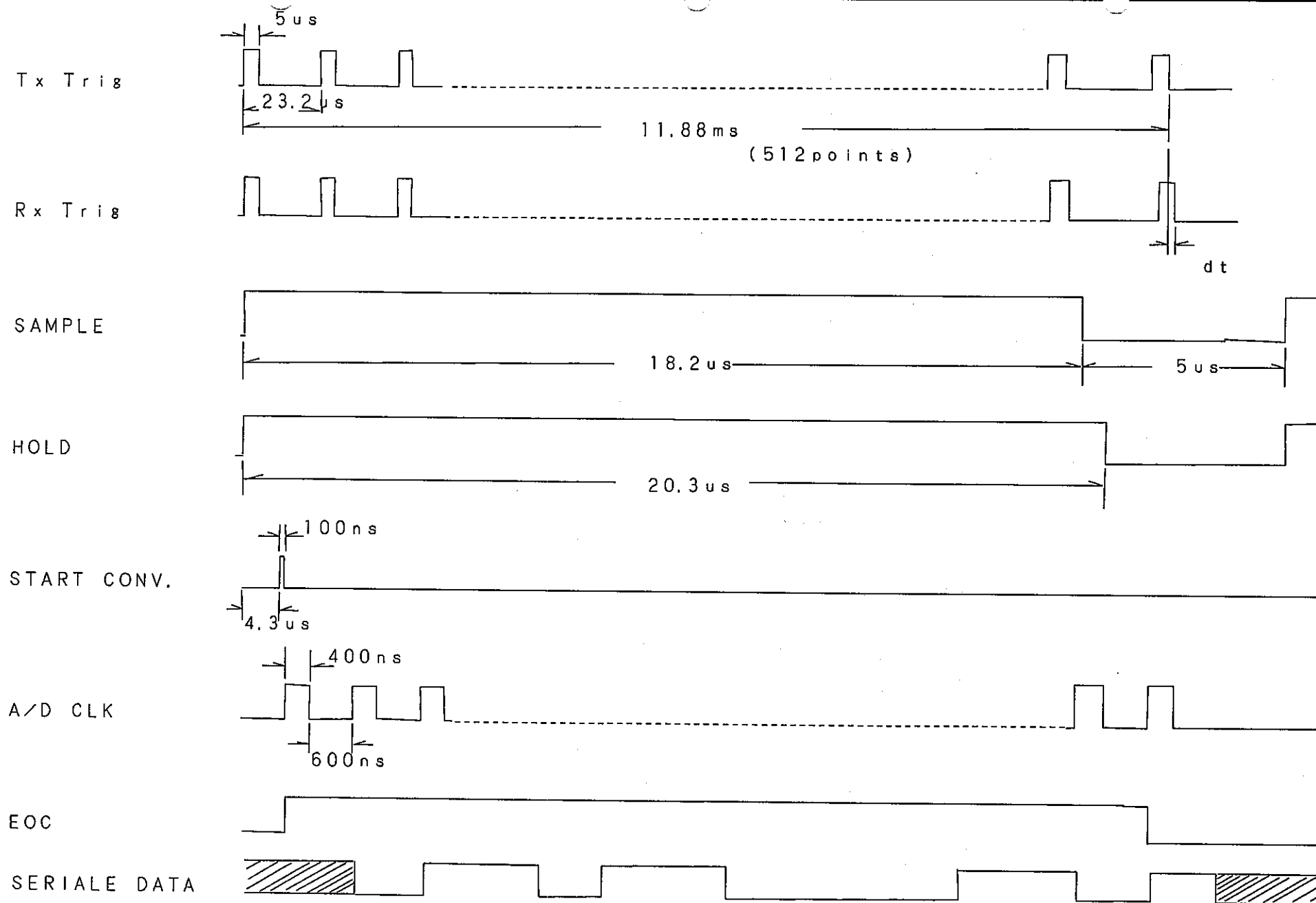


図-3.2.1システムタイミング図

3. 3 レシーバープローブの設計

3. 3. 1 設計仕様

(1) レシーバーアンテナユニット

アンテナ方式	ダイポール (抵抗装荷)
中心周波数	540 MHz (空中)
指向性	フェライト遮断方式による
給電方式	不平衡同軸給電 (バラントランス内臓)
外径寸法	45 mm ϕ * 300 mm

(2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット

周波数帯域	10 ~ 400 MHz
最小感度	20 μ V 以下 (但し、積算回数100回)
高周波利得	26 dB
入力保護回路	内臓
サンプリング時間精度	0.3 n S
低周波利得	20 dB (可変機能付)
入力電圧	± 15 V、+150 V
基板寸法	40 mm * 160 mm
ユニット仕上がり寸法	45 mm ϕ * 200 mm
動作環境温度	10 ~ 40 $^{\circ}$ C

(3) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット

A/Dコンバータ	16Bit
データ転送速度	1.2MBit
入力電圧	+5V、±15V
コントロール信号	TTLレベル
基板寸法	40mm*180mm
ユニット仕上がり寸法	45mmφ*200mm
動作環境温度	10~40℃

(4) 光結合ユニット

チャンネル数	1
受光素子	フォトトランジスタ
受光感度	-85dBm以上
出力	TTL
入力電圧	±15V
基板寸法	45mm*120mm
動作環境温度	10~40℃

(5) 低圧電源ユニット

入力電圧	12VDC $\pm$ 10%
出力電圧 (電流)	5V (500mA)
	+15V (400mA)
	-15V (200mA)
	150V (3mA)
外径寸法	43mm ϕ *88mm
動作環境温度	10 $\sim$ 40 $^{\circ}$ C

3. 3. 2 レシーバプロープの設計

(1) レシーバアンテナユニット

レシーバアンテナの空中における中心周波数の設計値は 540 ± 20 MHzとした。アンテナ方式は抵抗装荷型ダイポールで、孔壁との結合損失を小さくするために円弧断面をもったボウタイ型ダイポールとし、アンテナ指向性は、ダイポールアレー後面からの入射を減衰させる構造として設計した。アンテナの構造を図-3. 3. 1に示す。

(2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット

アンテナ受信信号は高周波増幅器で増幅した後サンプリング回路でサンプリングされる。高周波増幅器の入力最小レベルは $20 \mu\text{V}$ で周波数帯域は $10 \sim 400$ MHz、高周波ゲインは 26 dB で設計した。アンプ入力部にはトランスミッタープロープが近接した場合の過大入力保護回路を設けた。なお、信号入力が大きくA/D入力が飽和するような場合はサンプリング出力後の低周波ゲインで調整できるようにした。

設計した高周波増幅回路付サンプラーユニットの回路構成を図-3. 3. 2に示す。

(3) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット

サンプリングされた信号は本ユニットで 16 bit の精度でA/D変換する。デジタルデータはシリアルフォームでE/O変換のうえ光ファイバケーブルで地上のコントローラに伝送される。シリアルデータの伝送レートは 1.2 Mbit で $16 \text{ bit}/\text{word}$ を $20 \mu\text{S}$ 以内に伝送する。同期制御回路付A/D変換回路ユニットの回路構成を図-3. 3. 3に示す。(タイミングは図-3. 2. 1参照)

(4) 光結合ユニット

本ユニットはコントローラから光ケーブルで伝送してきたコントロール信号を受光素子で受け、増幅してTTLレベルのサンプリング信号を出力する。受光感度は -85 dB 以上に設計した。光結合ユニットの回路構成を図-3. 3. 4に示す。

(5) 低圧電源ユニット

本ユニットはバッテリーユニットから供給される 12 V 電圧から回路動作に必要な 5 V 、 $\pm 15 \text{ V}$ 、 150 V を発生させるものである。回路はDC/DCコンバータ回路、制御回路および出力回路から構成されている。

なお、本ユニットはシールド構造の円筒容器に収納し輻射ノイズの発生を抑えるように設計されている。低圧電源ユニットの回路構成を図-3. 3. 5に示す。

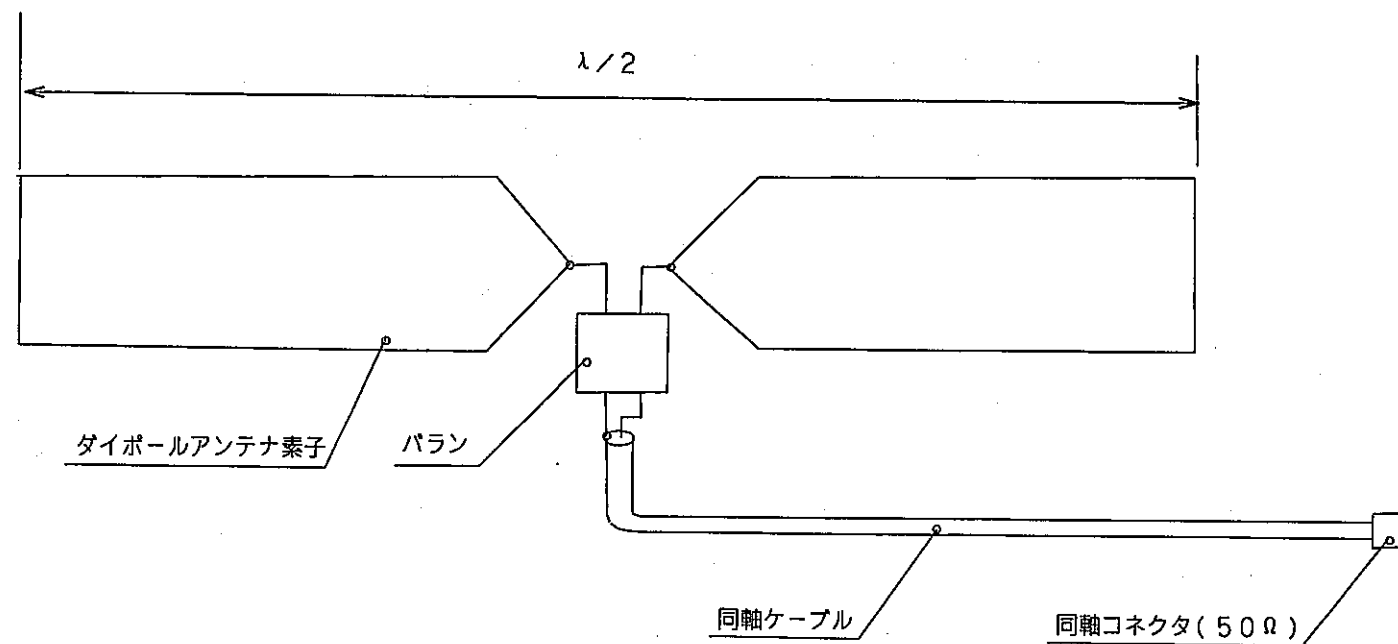
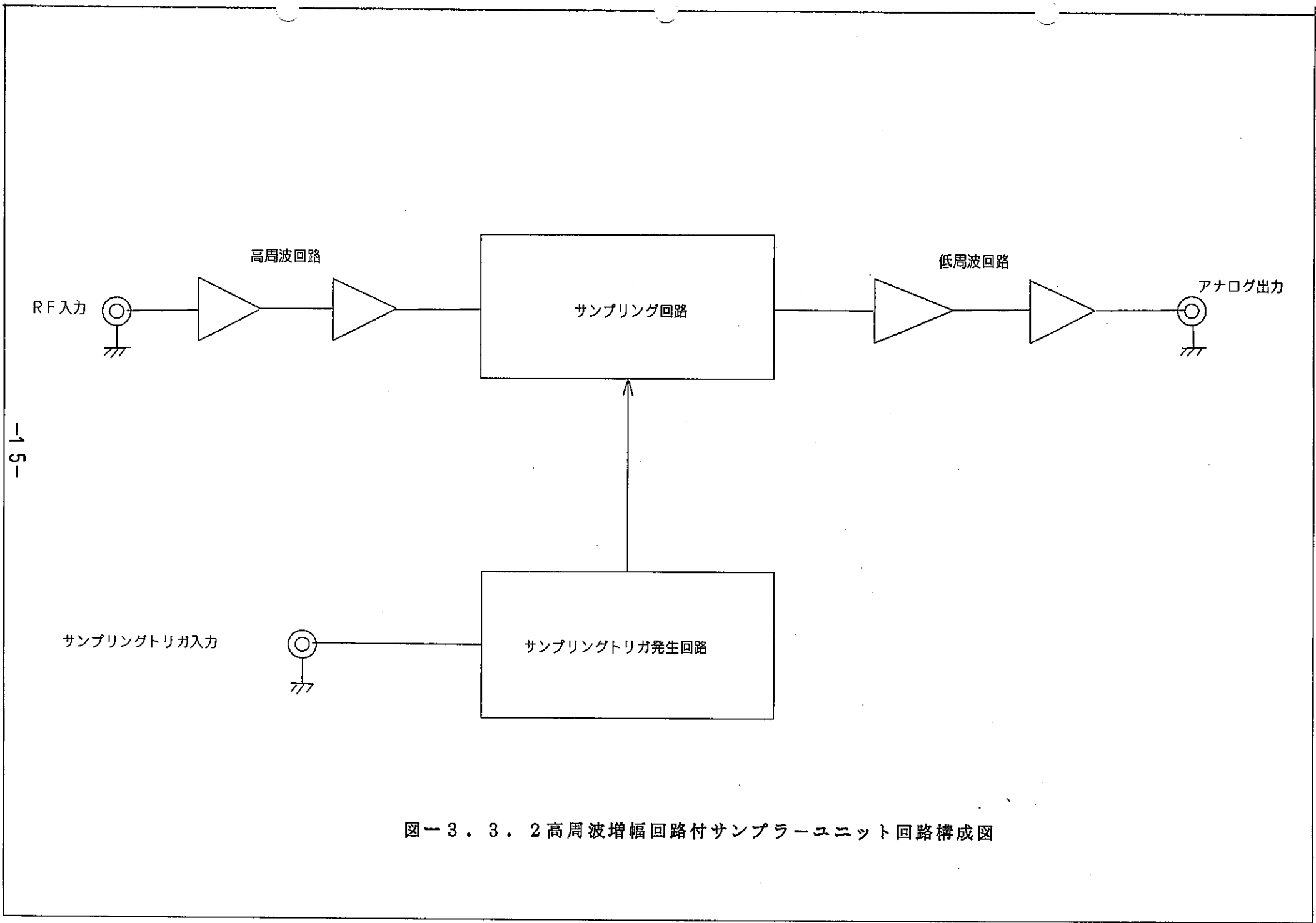


図-3. 3. 1 レシーバーアンテナユニット回路構成図



図一 3 . 3 . 2 高周波増幅回路付サンプラーユニット回路構成図

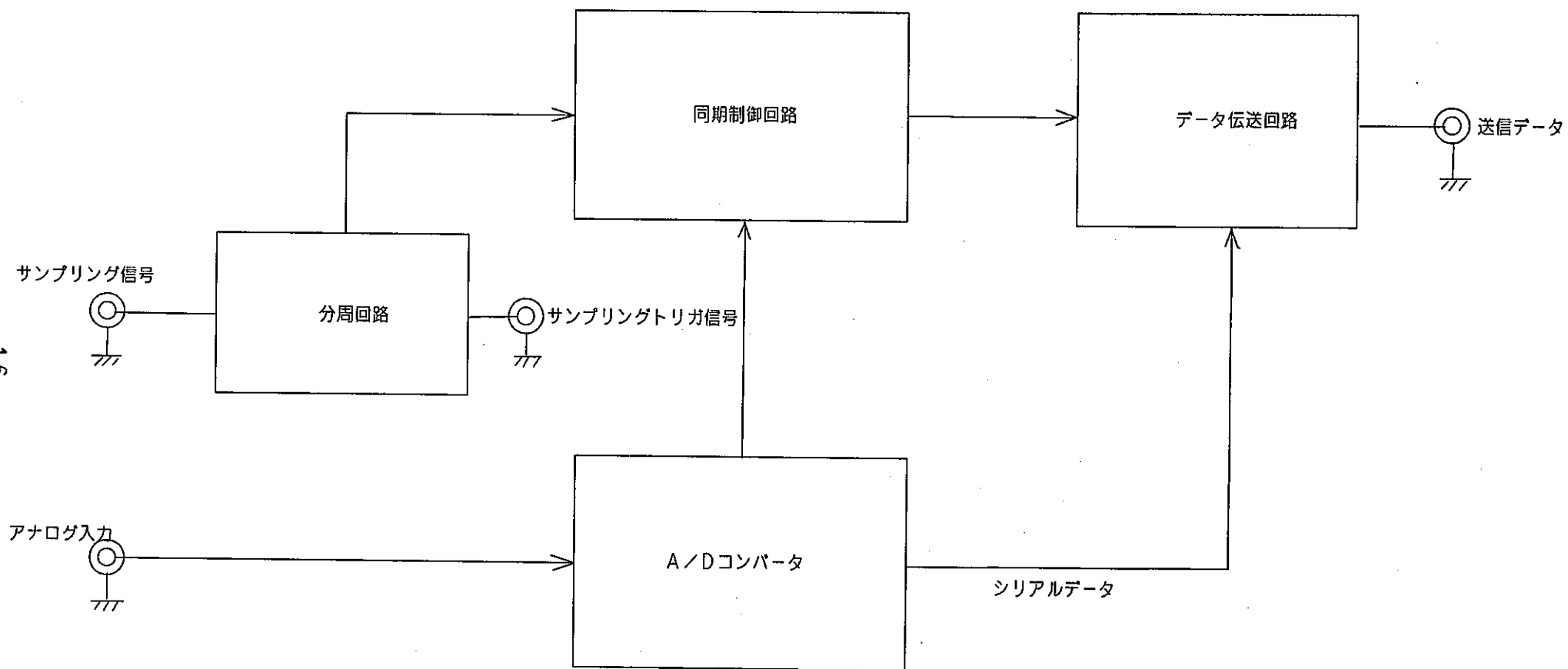


図-3.3.3 同期制御回路付A/D変換回路ユニット回路構成図

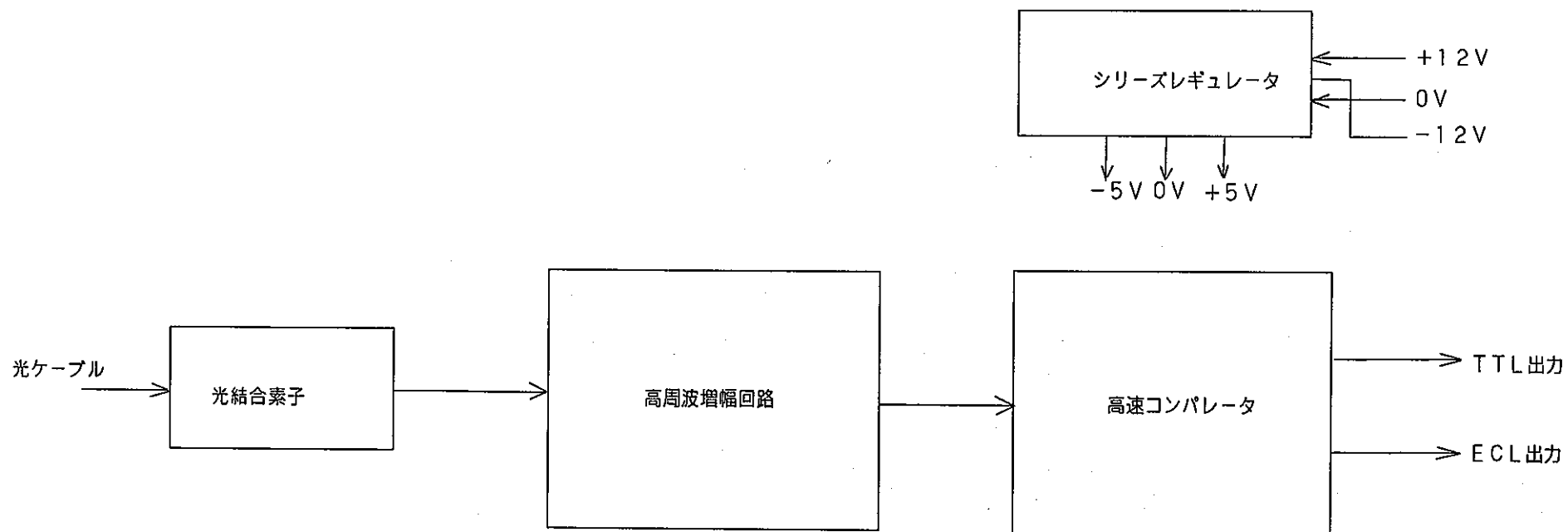


図-3.3.4 RX用光結合ユニット回路構成図

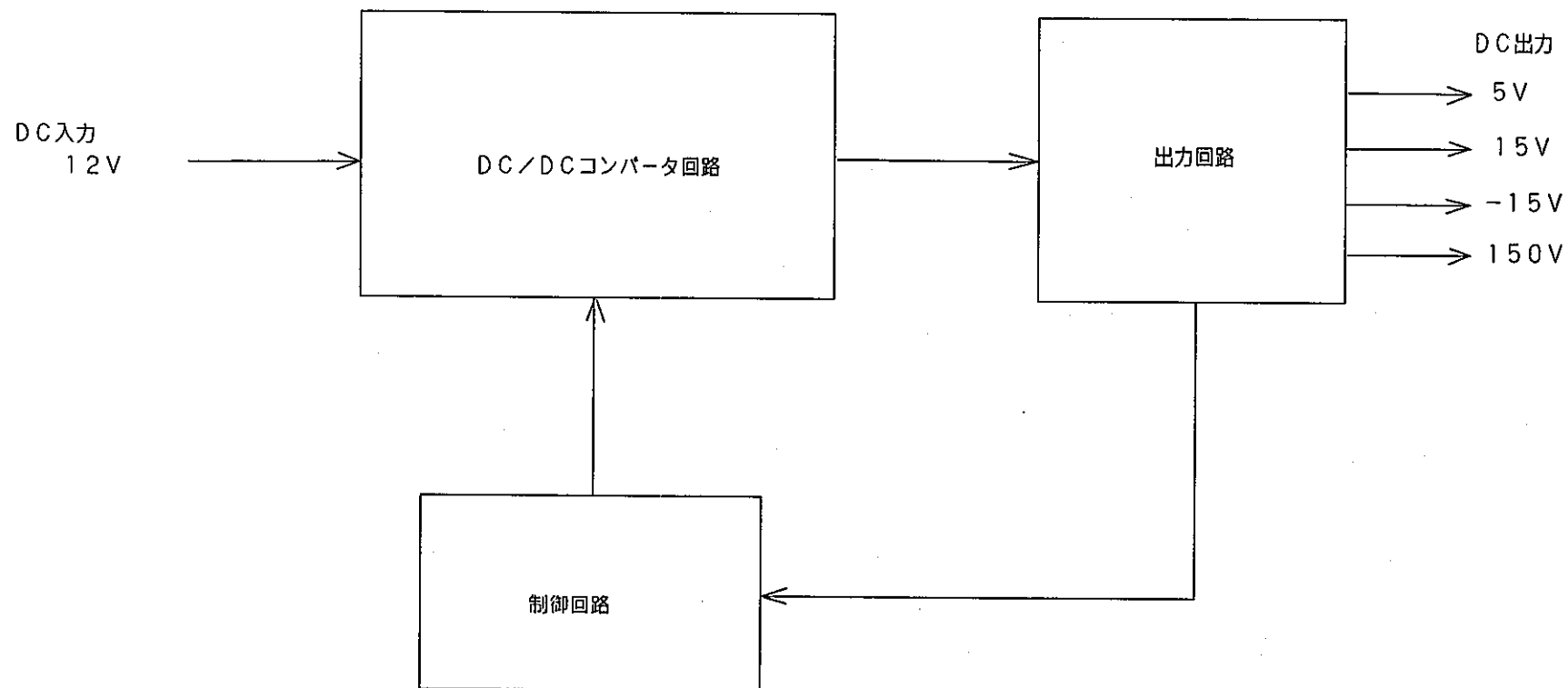


図-3.3.5 低圧電源ユニット回路構成図

3. 4 トランスミッタープローブの設計

3. 4. 1 設計仕様

(1) トランスミッターアンテナユニット

アンテナ方式	ダイポール (抵抗装荷)
中心周波数	5 4 0 M H z (空中)
指向性	フェライト遮断方式による
給電方式	不平衡同軸給電
外形寸法	4 5 m m ϕ * 2 7 0 m m

(2) パルサーユニット

ピーク出力	3 0 0 W 以上 (5 0 Ω 負荷)
出力調整範囲	* 1、* 0. 7 5、* 0. 5
繰り返し周波数	4 3. 1 K H z
パルス巾	3 n S
入力電圧	5 5 0 V
基板寸法	4 0 m m * 9 5 m m
ユニット仕上がり外径	4 5 m m ϕ * 1 2 0 m m
動作環境温度	1 0 ~ 4 0 $^{\circ}$ C

(3) 高圧電源ユニット

入力電圧	12VDC
出力電圧	550VDC
出力電流	5mA Max
外形寸法	43mmφ*83mm
動作環境温度	10~40℃

(4) 光結合ユニット

チャンネル数	1
受光素子	フォトトランジスタ
受光感度	-85dBm以上
出力	TTL
入力電圧	12VDC
基板寸法	45mm*120mm
動作環境温度	10~40℃

3. 4. 2 トランスミッタープロープの設計

(1) トランスミッターアンテナユニット

トランスミッターアンテナの空中における中心周波数の設計値は、 $540 \pm 20 \text{ MHz}$ とした。アンテナ方式は抵抗装荷ダイポールで、孔壁との結合損失を小さくするために円弧断面を持つボウタイ型ダイポールとし、アンテナ指向性はダイポールアレー後面からの輻射を減衰させる構造に設計した。アンテナの構造を図-3. 4. 1に示す。

(2) パルサーユニット

本ユニットは、トランスミッターアンテナ励振用パルス発生回路である。パルス発生回路はアバランシェトランジスタのカスケード接続で構成されている。回路は $23 \mu\text{S}$ の繰り返しでパルス巾 $3 \text{ nS} \pm 0.5 \text{ nS}$ ピーク電圧 120 V 以上の出力が得られるように設計した。また、測定条件によって出力を調整できるように設計してある。パルサーユニットの回路構成を図-3. 4. 2に示す。

(3) 高圧電源ユニット

本ユニットは、バッテリーユニットから供給される 12 VDC 入力を 50 VDC に昇圧してアバランシェパルス発生回路に供給する。回路はDC/DCコンバータ、制御回路および出力回路から構成される。なお、本ユニットは金属製円筒シールド容器に収納し外部への輻射ノイズの影響のないよう設計した。高圧電源ユニットの回路構成を図-3. 4. 3に示す。

(4) 光結合ユニット

本ユニットは、地上コントローラから光ケーブルを経由して伝送されてきたコントロール信号を受光素子で受け、増幅してTTLレベルのトリガ信号を出力する。受光感度は -85 dB に設計した。回路構成を図-3. 4. 4に示す。

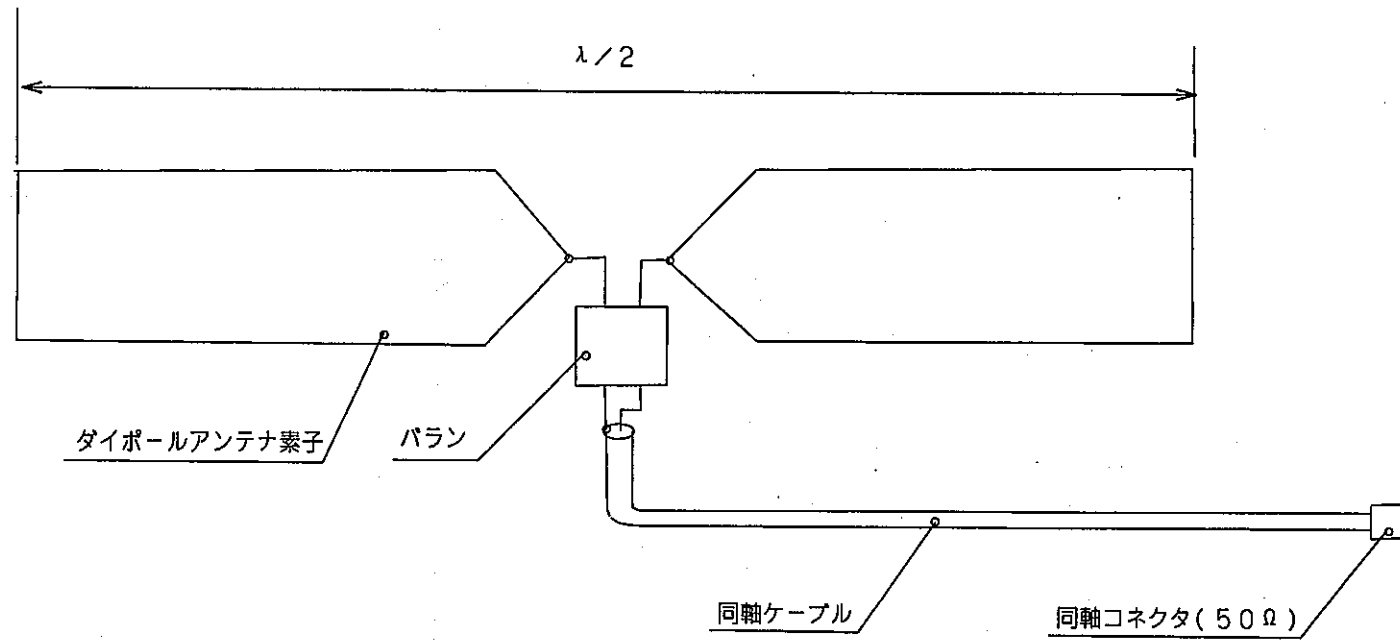


図-3.4.1 トランスミッターアンテナ回路構成図

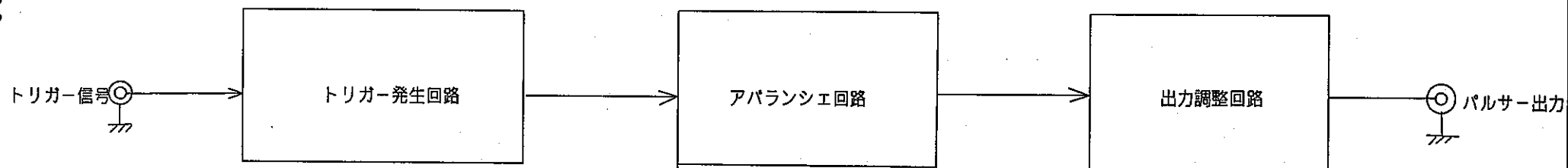


図-3.4.2パルサーユニット回路構成図

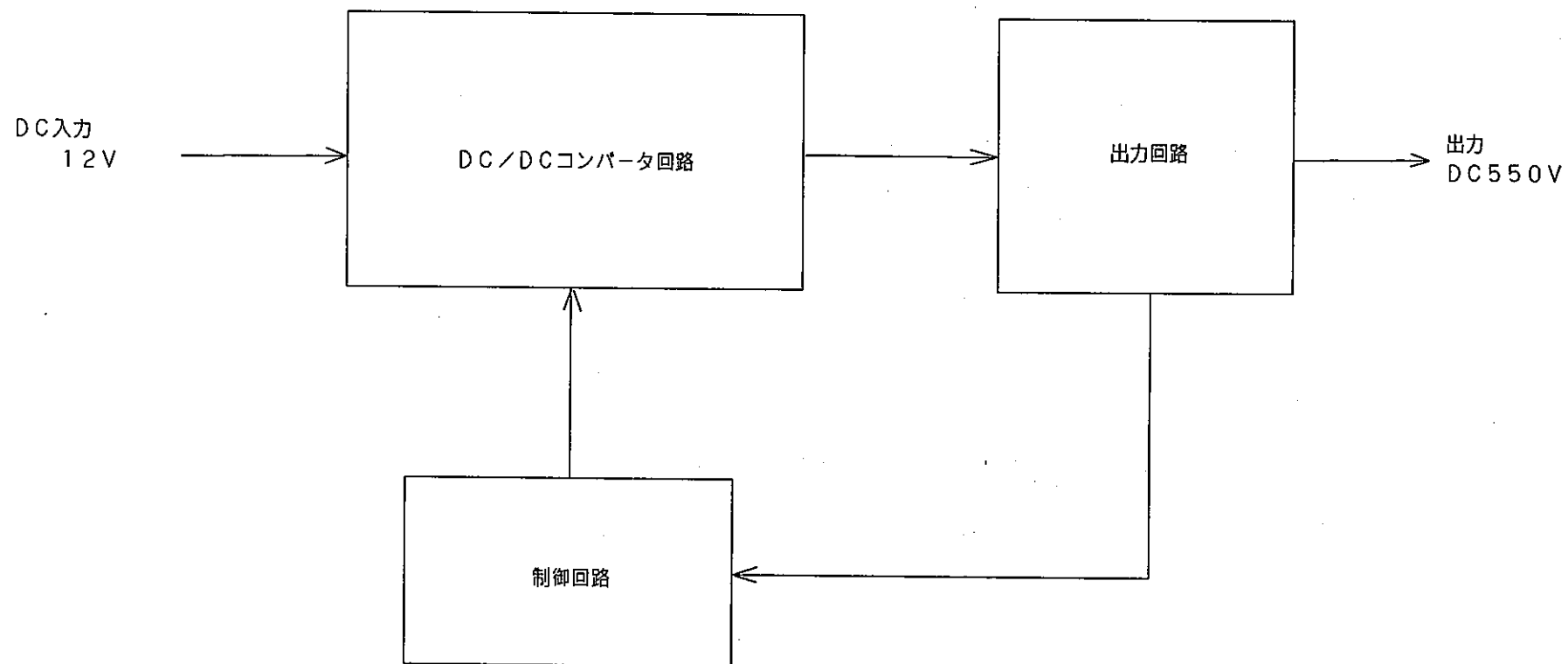


図-3.4.3 高圧電源ユニット回路構成図

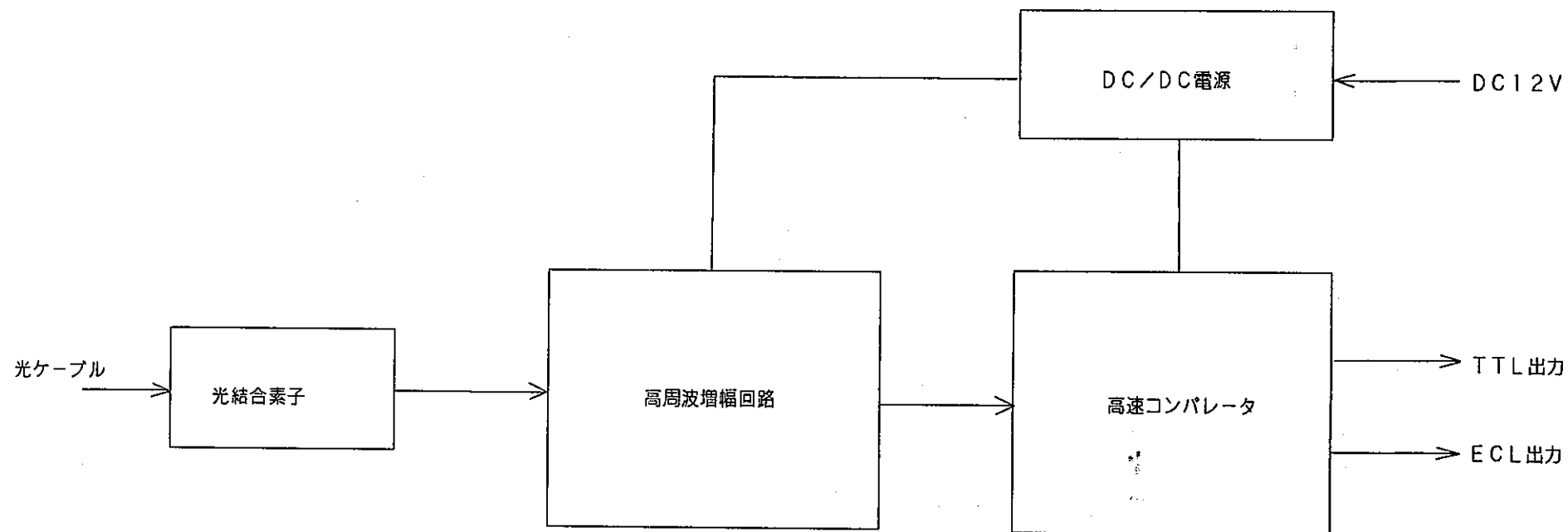


図-3.4.4TX用光結合ユニット回路構成図

3. 5 回路図

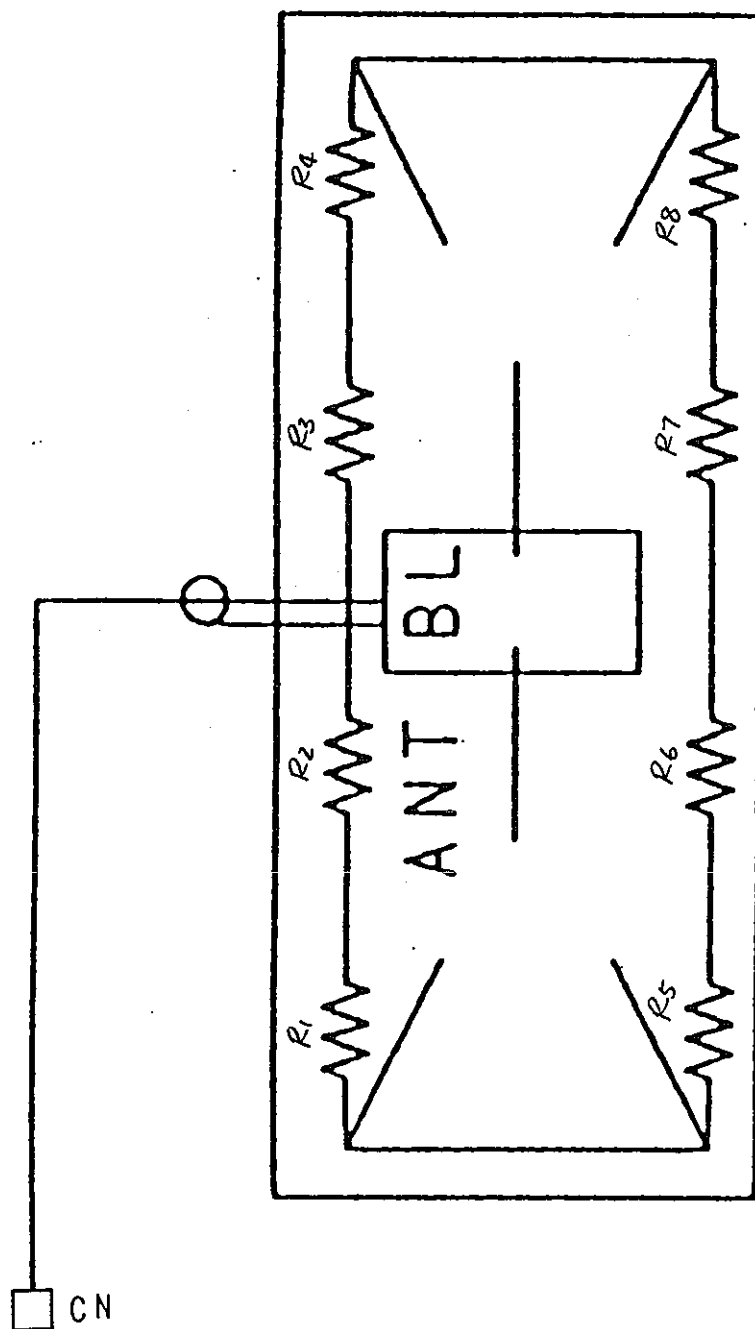
3. 5. 1 レシーバープローブ

- (1) アンテナユニット (RXアンテナエレメント)
- (2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- (3) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット
- (4) 光結合ユニット

3. 5. 2 トランスミッタープローブ

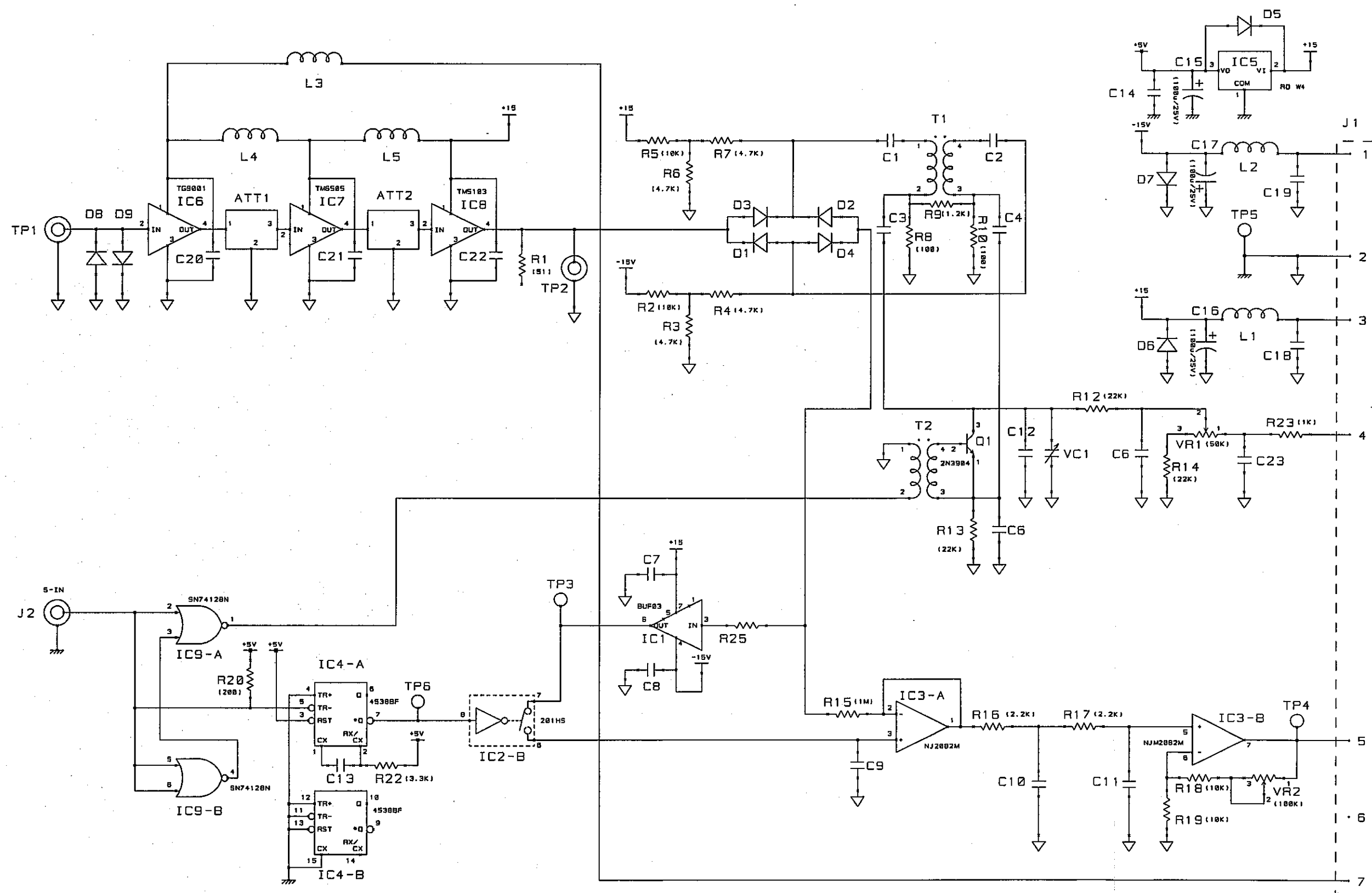
- (1) アンテナユニット (TXアンテナエレメント)
- (2) パルサーユニット
- (3) 光結合ユニット

3. 5. 3 試錐孔用広帯域レーダープローブ総合結線図

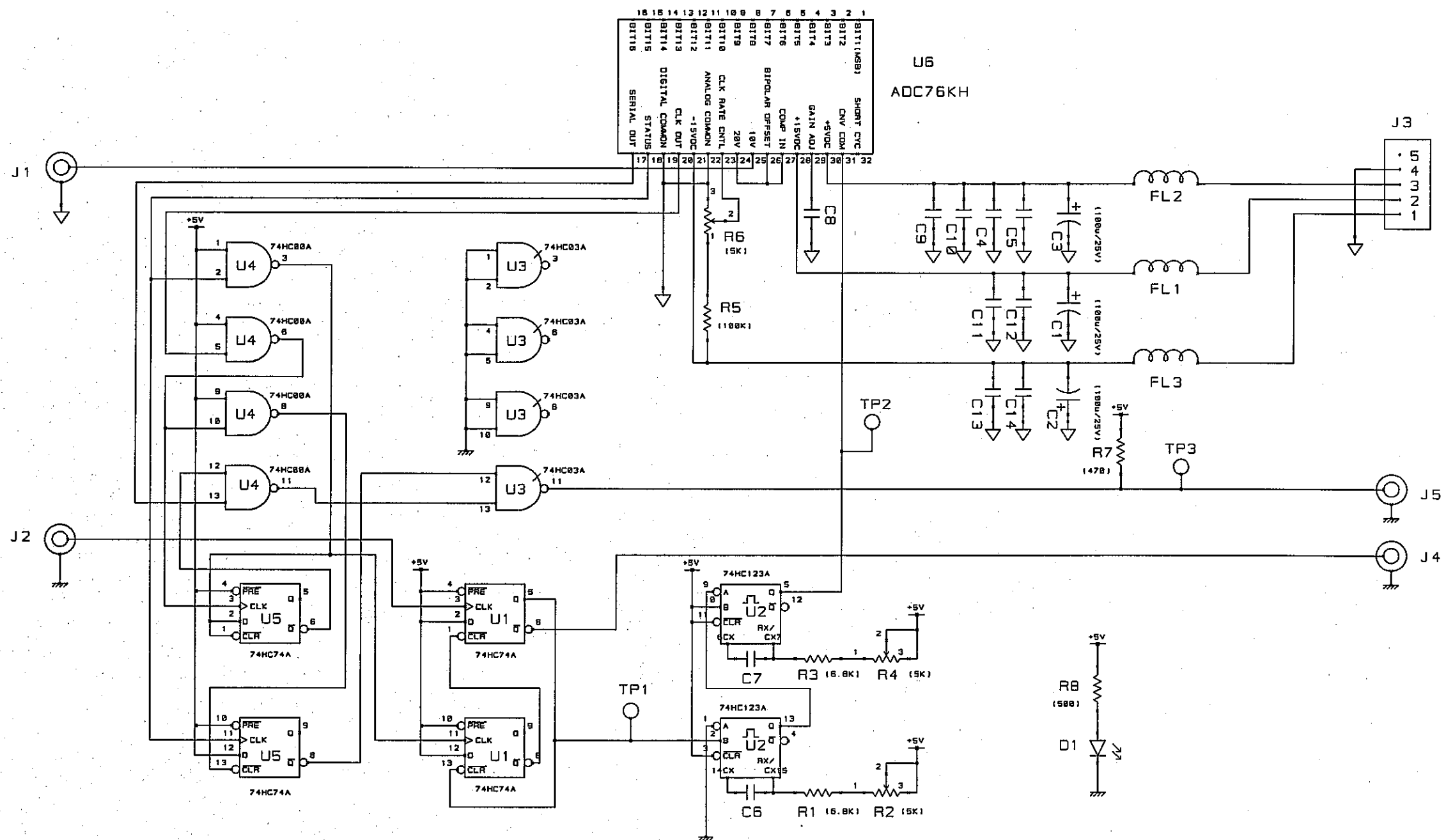


-27-

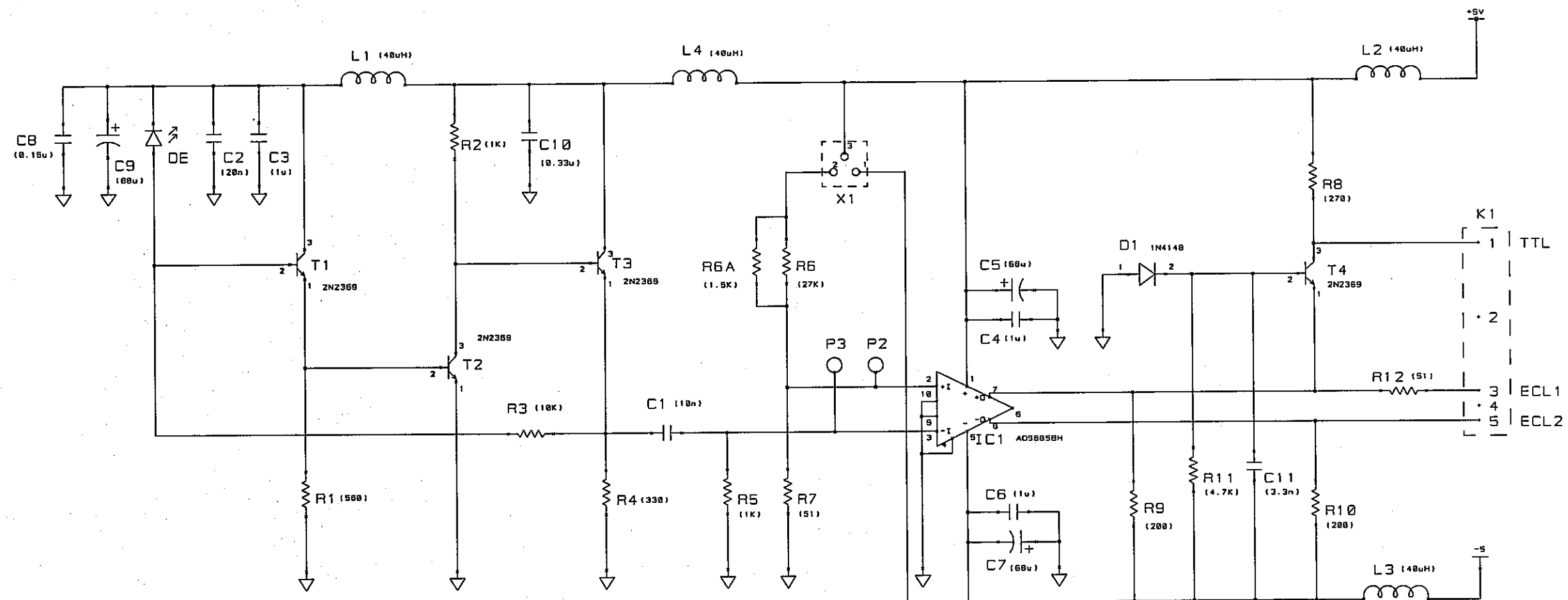
変更	内容					アンテナユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					<i>my</i>	



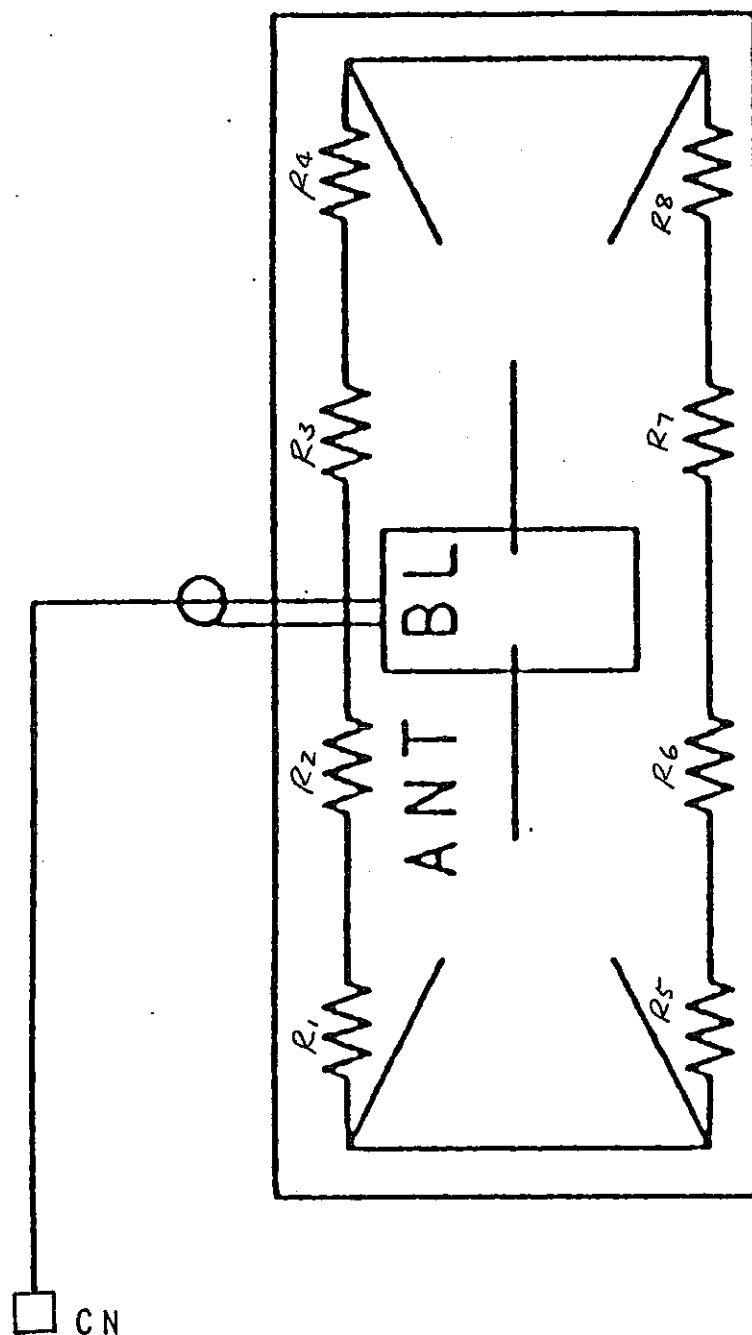
REV				TITLE	高周波増幅回路付サンプラーユニット
				DRG No	BR-93002-01C
DSGN		CHK		APRV	Geophysical Surveying & Consulting Co., Ltd.



REV		TITLE	同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
		DRG No	BR-93001-01C
DSGN		CHK	
APRV			
GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.			

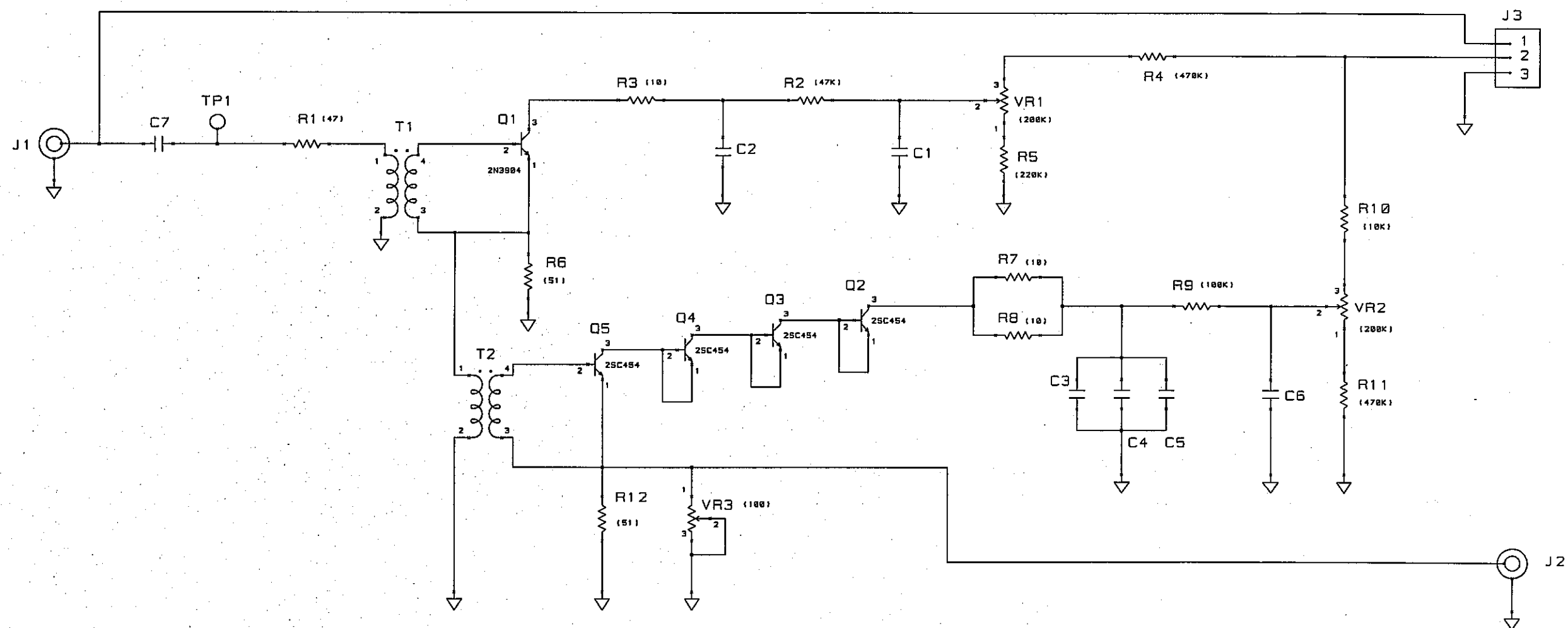


REV				TITLE	光結合ユニット(RX)
				ORG No	BR-94002-01C
DSGN		CHK		APRV	222
					GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.

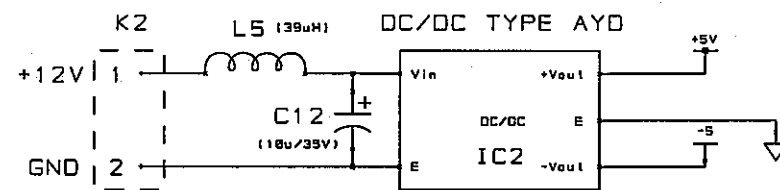


- 32 -

変更	内容					アンテナユニット
						TXアンテナエレメント
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/					my	

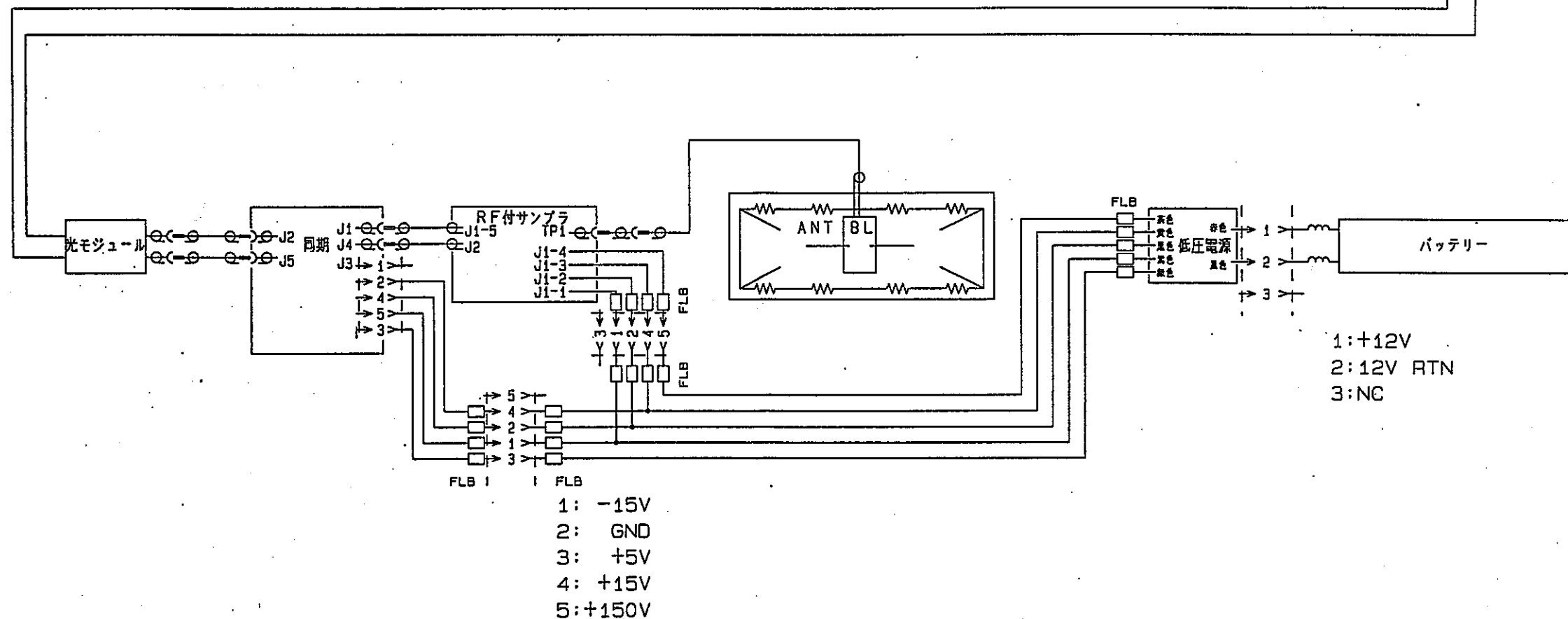
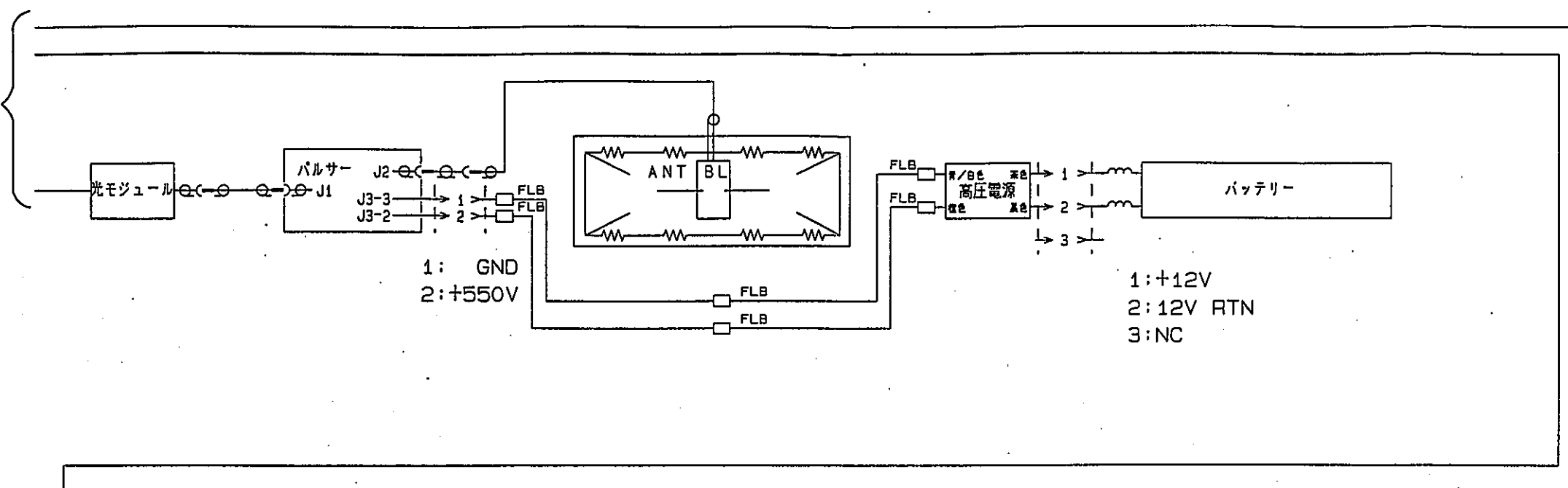


REV				TITLE	パルサーユニット
				DRG No	BR-93005-01C
DSGN		CHK		APRV	GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.



制御器へ

光ファイバーケーブル

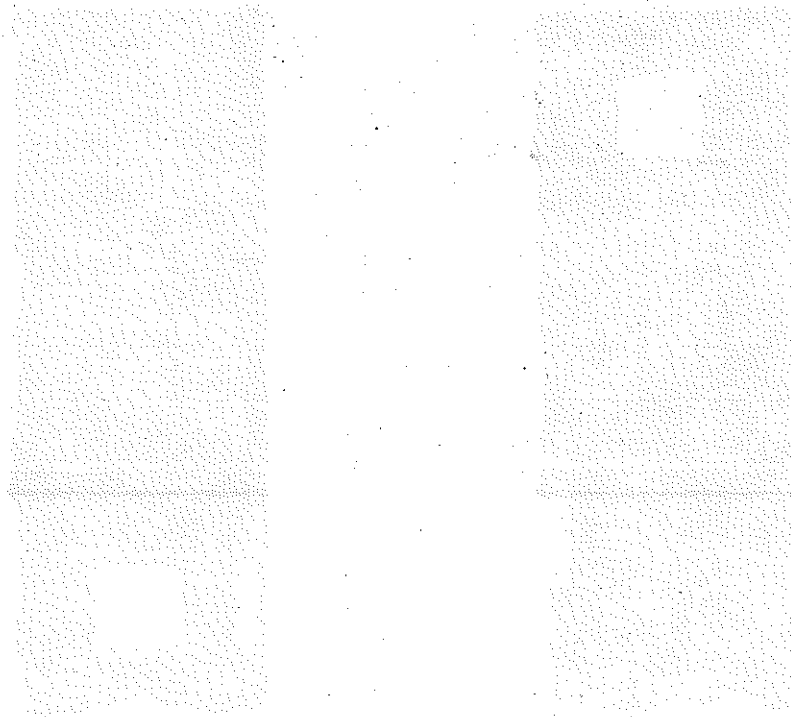


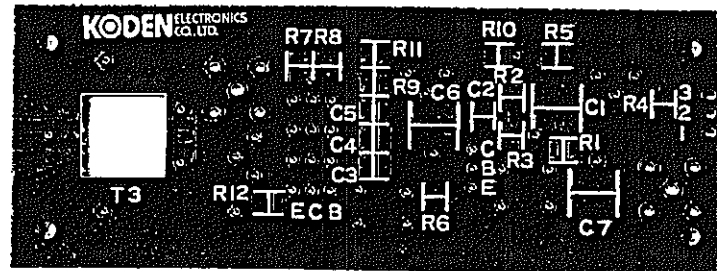
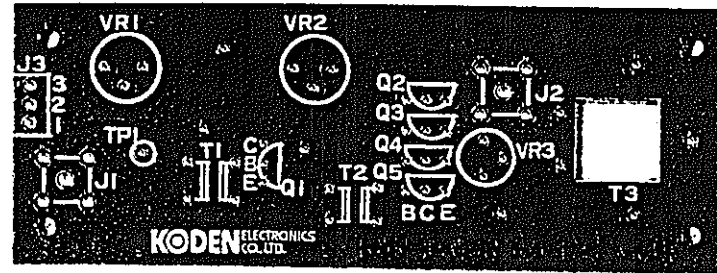
REV				TITLE	試錐孔用広帯域レーダプロブ 総合結線図
				ORG No	BR-94001
DSGN		CHK		APRV	GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.

3. 6 部品配置図

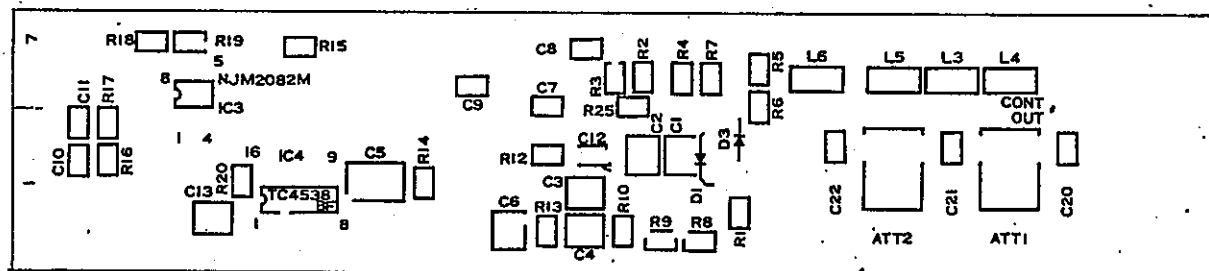
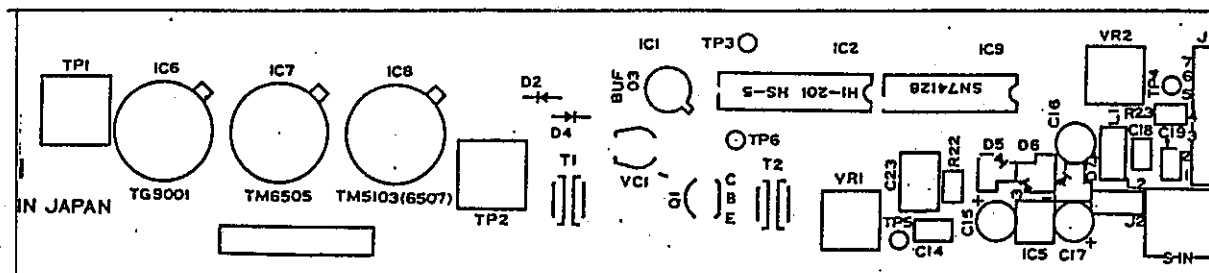
- (1) パルサーユニット回路基板
- (2) 高周波増幅回路付サンプラー回路ユニット基板
- (3) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット基板
- (4) 光結合ユニット (R x) 回路基板
- (5) 光結合ユニット (T X) 回路基板

註) 低圧電源ユニット及び高圧電源ユニットは購入品に付、部品配置図は公開されていない (内部はモールド密閉構造)

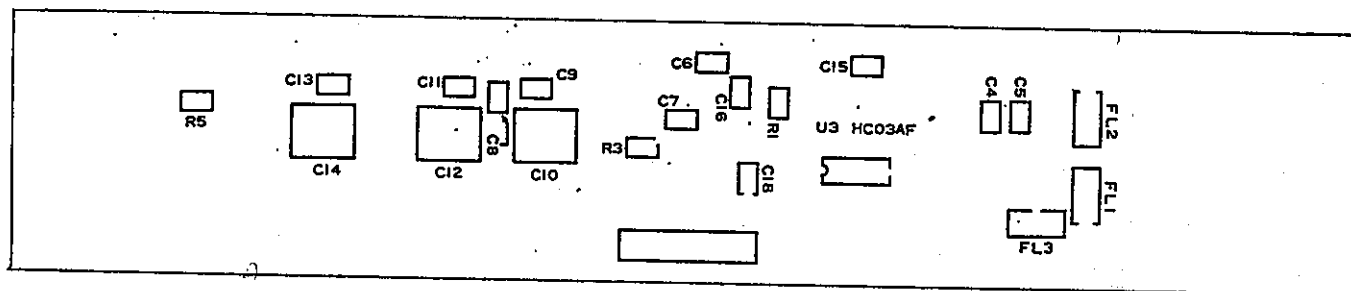
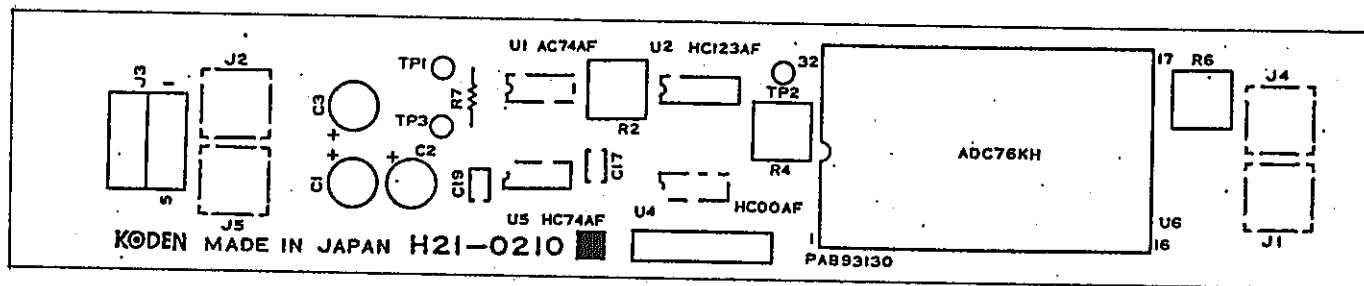




変更	内容					パルサーユニット回路基板 部品配置図 BR-93005-01L (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／						

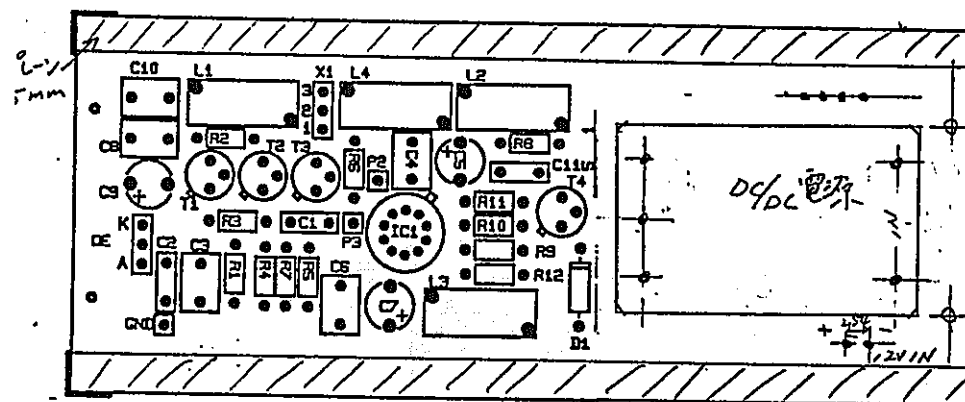


変更		内容				高周波増幅回路付サンプラー 回路ユニット基板部品配置図 BR-93002-01L (株)物理計測コンサルタント
箱尺		材質	設計	製図	検図	承認
／						

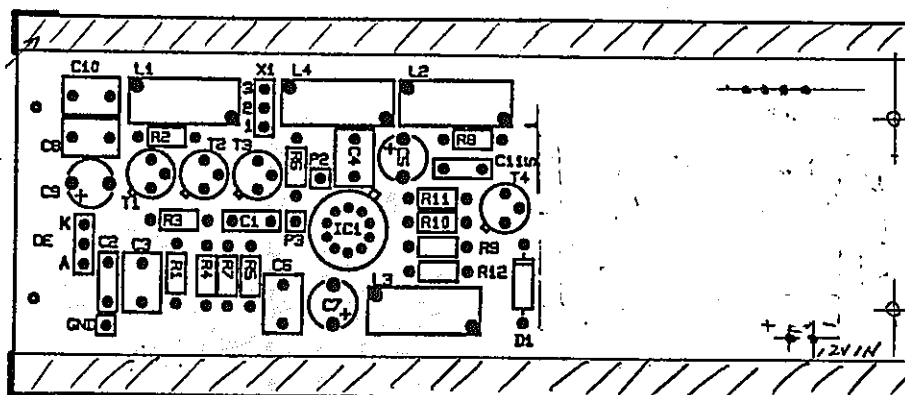


変更	内容				
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認
/					

同期制御回路付A/D変換回路
ユニット基板部品配置図
BR-93001-01L
(株)物理計測コンサルタント



変更	内容					光結合ユニット (R x) 基板部品配置図 BR-94002-01L (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／						



変更	内容					光結合ユニット (Tx) 基板部品配置図 BR-94001-01L
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
／						

3. 7 部品表

(1) 高周波増幅回路付サンプラーユニット

(2) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット

(3) パルサーユニット

(4) 光結合ユニット (RX)

(5) 光結合ユニット (TX)

註) 低圧電源ユニット及び高圧電源ユニットは購入品のため、使用部品の定格は公開されていない

図 番 BR-93001-01

記 号	品 名	規 格	備 考
U 6	A/Dコンバータ	ADC76KH	
U 4	I C	74HC00A	SMT
U 3	〃	74HC03A	〃
U 1	〃	74HC74A	〃
U 5	〃	〃	〃
U 2	〃	74HC123A	〃
D 1	発行ダイオード		後付け
FL 1	フィルター		SMT
FL 2	〃		〃
FL 3	〃		〃
R 1	抵抗器	6.8K	SMT
R 2	〃	5K	VR
R 3	〃	6.8K	SMT
R 4	〃	5K	VR
R 5	〃	100K	SMT
R 6	〃	5K	VR
R 7	〃	470	
R 8	〃	500	後付け

図 番 BR-93001-01

記 号	品 名	規 格	備 考
C 1	コンデンサ	100 μ 25V	電解コンデンサ
C 2	〃	〃	〃
C 3	〃	〃	〃
C 4	コンデンサ		SMT
C 5	〃		〃
C 6	〃		〃
C 7	〃		〃
C 8	〃	0.01 μ	〃
C 9	〃		〃
C 10	〃		〃
C 11	〃		〃
C 12	〃		〃
C 13	〃		〃
C 14	〃		〃
C 15	〃		
C 16	〃		
C 17	〃		
C 18	〃		
C 19	〃		

[illegible]

図 番 BR-93002-01

記 号	品 名	規 格	備 考
IC6	アンプ	TG9001	
IC7	〃	TM6505	
IC8	〃	TM5103	
IC1	ボルテージ フォロワ	BUF03	PMI
IC3	JFET	NJM2082M	JRC、SMT
IC5	レギュレータ	RD W4	SMT
IC2	アナログSW	201HS	
IC4	IC	4538BF	SMT
IC9	〃	SN74128N	
Q1	トランジスタ	2N3904	
D1	ダイオード		
D2	〃		
D3	〃		
D4	〃		
D5	〃		SMT
D6	〃		〃
D7	〃		〃
D8	〃		後付け
D9	〃		後付け

図 番 PN-93002-01

記 号	品 名	規 格	備 考
T 1	トランス		
T 2	〃		
L 1	コイル		SMT
L 2	〃		〃
L 3	〃		〃
L 4	〃		〃
L 5	〃		〃
ATT 1	アッテネータ		〃
ATT 2	〃		〃
VR 1	可変抵抗器	50K	
VR 2	〃	100K	
R 1	抵抗器	51	SMT
R 2	〃	10K	〃
R 3	〃	4.7K	〃
R 4	〃	4.7K	〃
R 5	〃	10K	〃
R 6	〃	4.7K	〃
R 7	〃	4.7K	〃
R 8	〃	100	〃
R 9	〃	1.2K	〃
R 10	〃	100	〃

図 番 BR-93002-01

記 号	品 名	規 格	備 考
R 1 1	抵抗器		無し
R 1 2	〃	2 2 K	SMT
R 1 3	〃	2 2 K	〃
R 1 4	〃	2 2 K	〃
R 1 5	〃	1 M	〃
R 1 6	〃	2 . 2 K	〃
R 1 7	〃	2 . 2 K	〃
R 1 8	〃	1 0 K	〃
R 1 9	〃	1 0 K	〃
R 2 0	〃	2 0 0	〃
R 2 1	〃		無し
R 2 2	〃	3 . 3 K	SMT
R 2 3	〃	1 K	〃
R 2 4	〃		無し
R 2 5	〃	1 0 0	SMT
R 2 6	〃	2 2 0 2W	後づけ

図 番 BR-93002-01

記 号	品 名	規 格	備 考
VC1	バリコン		
C1	コンデンサ		SMT
C2	〃		〃
C3	〃		〃
C4	〃		〃
C5	〃		〃
C6	〃		〃
C7	〃	0.1 μ	〃
C8	〃	0.1 μ	〃
C9	〃		〃
C10	〃	0.047 μ	
C11	〃		SMT
C12	〃		〃
C13	〃		〃
C14	〃		〃
C15	〃	100 μ 25V	電解コンデンサ
C16	〃	100 μ 25V	電解コンデンサ
C17	〃	100 μ 25V	電解コンデンサ
C18	〃		SMT
C19	〃		〃
C20	〃		〃
C21	〃		〃
C22	〃		〃
C23	〃		〃

圖 番

[illegible]

図 番 BR-93005-01

記 号	品 名	規 格	備 考
Q 1	トランジスタ	2N3904	
Q 2	〃	2SC454	
Q 3	〃	2SC454	
Q 4	〃	2SC454	
Q 5	〃	2SC454	
T 1	トランス		
T 2	〃		
VR 1	可変抵抗器	200K	
VR 2	〃	200K	
VR 3	〃	100	
R 1	抵抗器	47	SMT
R 2	〃	47K	〃
R 3	〃	10	〃
R 4	〃	470K	〃
R 5	〃	220K	〃
R 6	〃	51	〃
R 7	〃	10	〃
R 8	〃	10	〃
R 9	〃	100K	〃
R 10	〃	10K	〃
R 11	〃	470K	〃
R 12	〃	51	〃

記 号	品 名	規 格	備 考
C 1	コンデンサ		SMT
C 2	〃		〃
C 3	〃		〃
C 4	〃		〃
C 5	〃		〃
C 6	〃		〃
C 7	〃		〃
J 1	コネクタ		
J 2	〃		
J 3	〃		
TP 1	テストピン		

記 号	品 名	規 格	備 考
IC1	コンパレータ	AD9685BH	
IC4	DC/DC	AYD 12V/±5V	アジア電子工業
T1	トランジスタ	2N2369	
T2	〃	〃	
T3	〃	〃	
T4	〃	〃	
D1	ダイオード	1N4148	
OE	フォトイート	380828	HOLTEK 1A130
L1	コイル		40 μ H
L2	〃		〃
L3	〃		〃
L4	〃		〃
L5	〃		39 μ H

記 号	品 名	規 格	備 考
R 1	抵抗器	5 6 0	
R 2	〃	1 K	
R 3	〃	1 0 K	
R 4	〃	3 3 0	
R 5	〃	1 K	
R 6	〃	2 7 K	
R 6 A	〃	1 . 5 K	R 6 と並列接続
R 7	〃	5 1	
R 8	〃	2 7 0	
R 9	〃	2 0 0	
R 1 0	〃	2 0 0	
R 1 1	〃	4 . 7 K	
R 1 2	〃	5 1	
X 1			
K 1	コネクタ		
K 2	〃		
P 1	テストピン		
P 2	〃		
P 3	〃		

図 番 BR-94001-01

BR-94001-01

[illegible]

記 号	品 名	規 格	備 考
I C 1	コンパレータ	AD9685BH	
T 1	トランジスタ	2N2369	
T 2	〃	〃	
T 3	〃	〃	
T 4	〃	〃	
D 1	ダイオード	1N4148	
O E	フォトダイオード	380828	HOLTEK 1A130
L 1	コイル		40 μ H
L 2	〃		〃
L 3	〃		〃
L 4	〃		〃

記 号	品 名	規 格	備 考
R 1	抵抗器	5 6 0	
R 2	〃	1 K	
R 3	〃	1 0 K	
R 4	〃	3 3 0	
R 5	〃	1 K	
R 6	〃	2 7 K	
R 6 A	〃	1 . 5 K	R 6 と並列接続
R 7	〃	5 1	
R 8	〃	2 7 0	
R 9	〃	2 0 0	
R 1 0	〃	2 0 0	
R 1 1	〃	4 . 7 K	
R 1 2	〃	5 1	
X 1			
K 1	コネクタ		
P 1	テストピン		
P 2	〃		
P 3	〃		

3. 8 外形図

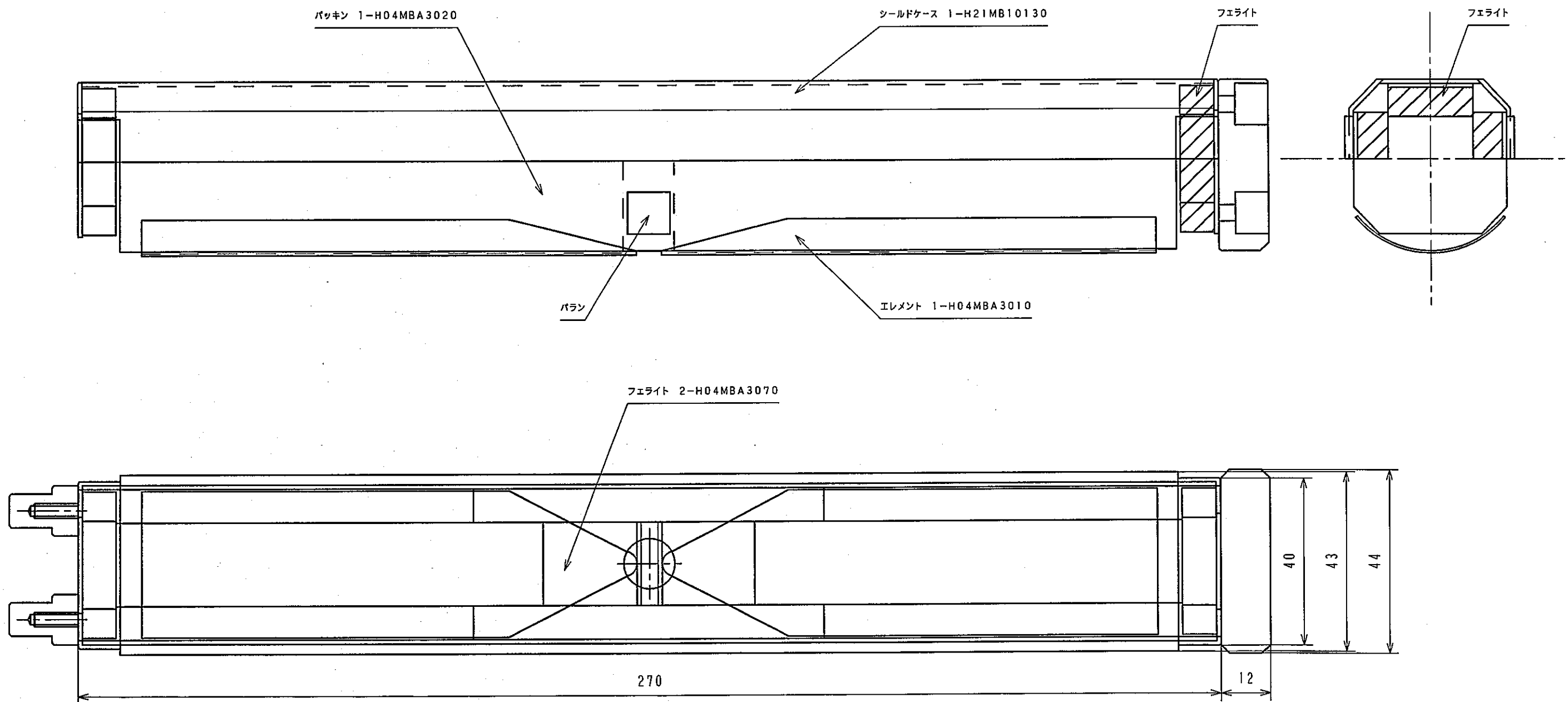
1) レシーバープローブ

- ①アンテナユニット (BR-94003-01M)
- ②高周波増幅回路付サンプラーユニット (BR-93002-01M)
- ③同期制御回路付A/D変換回路ユニット (BR-93001-01M)
- ④光結合ユニット (BR-94002-01M)
- ⑤低圧電源ユニット (BR-94005-01M)

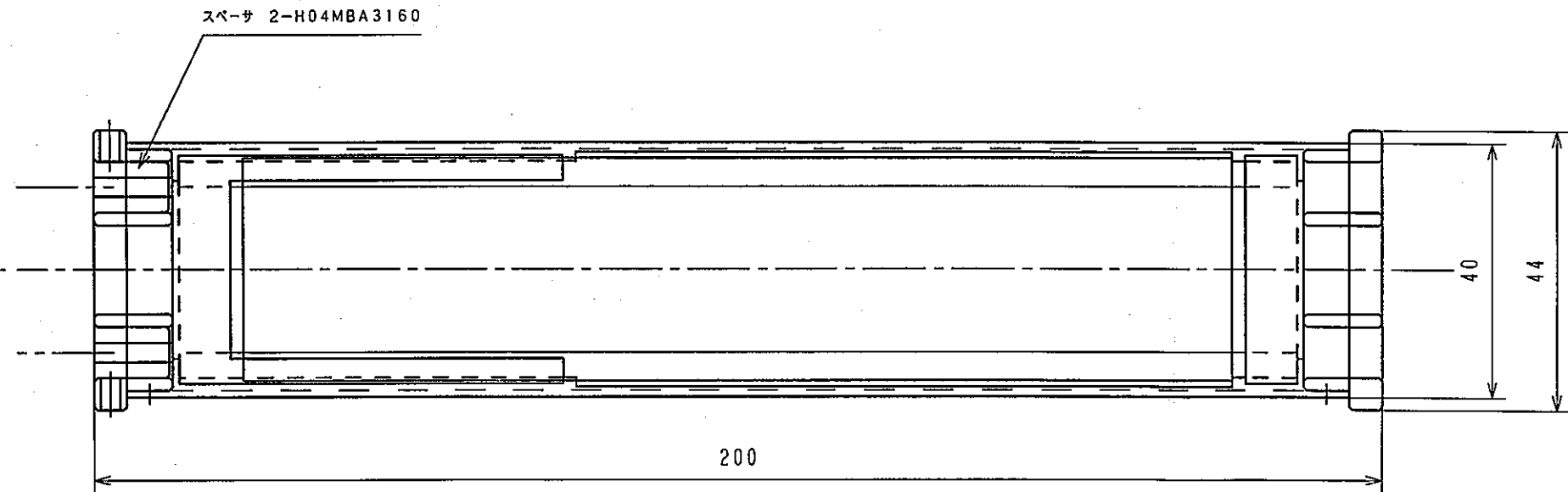
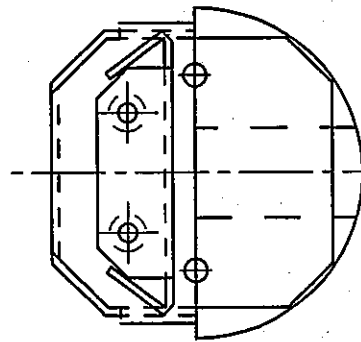
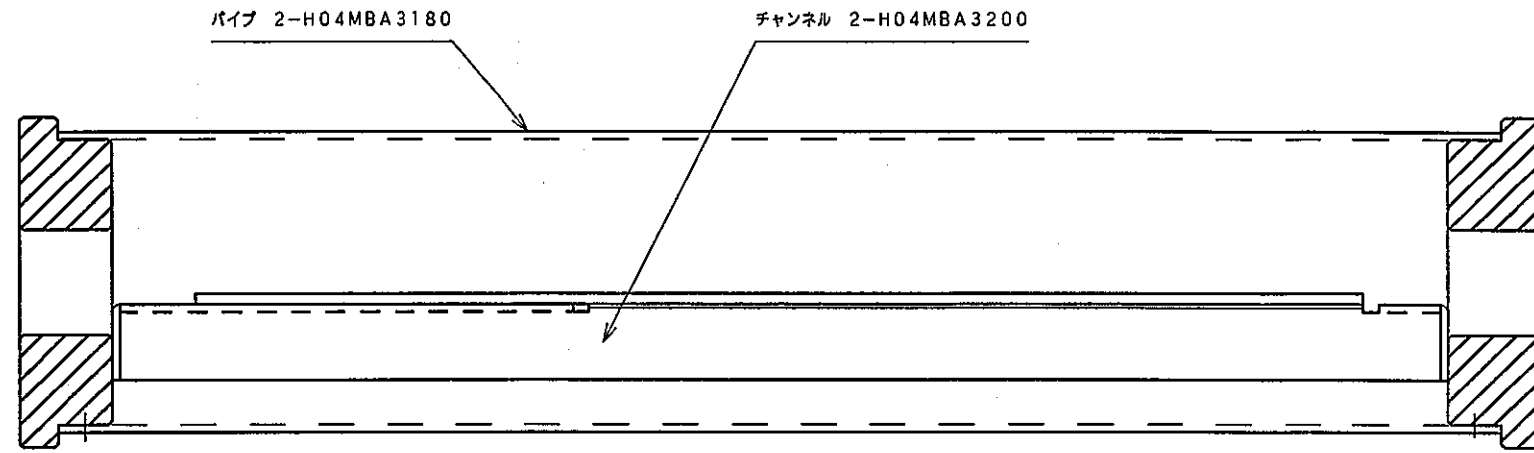
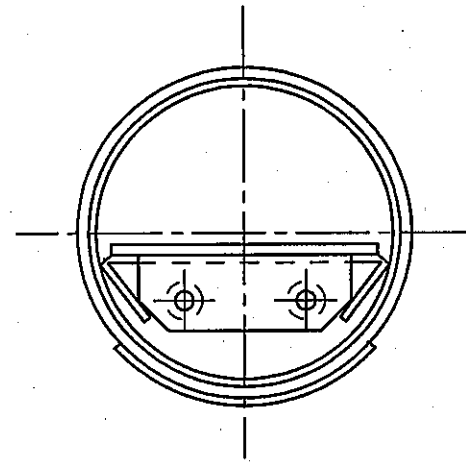
2) トランスミッタープローブ

- ①アンテナユニット (BR-94004-01M)
- ②パルサーユニット (BR-93005-01M)
- ③光結合ユニット (BR-94001-01M)
- ④高圧電源ユニット (BR-94006-01M)

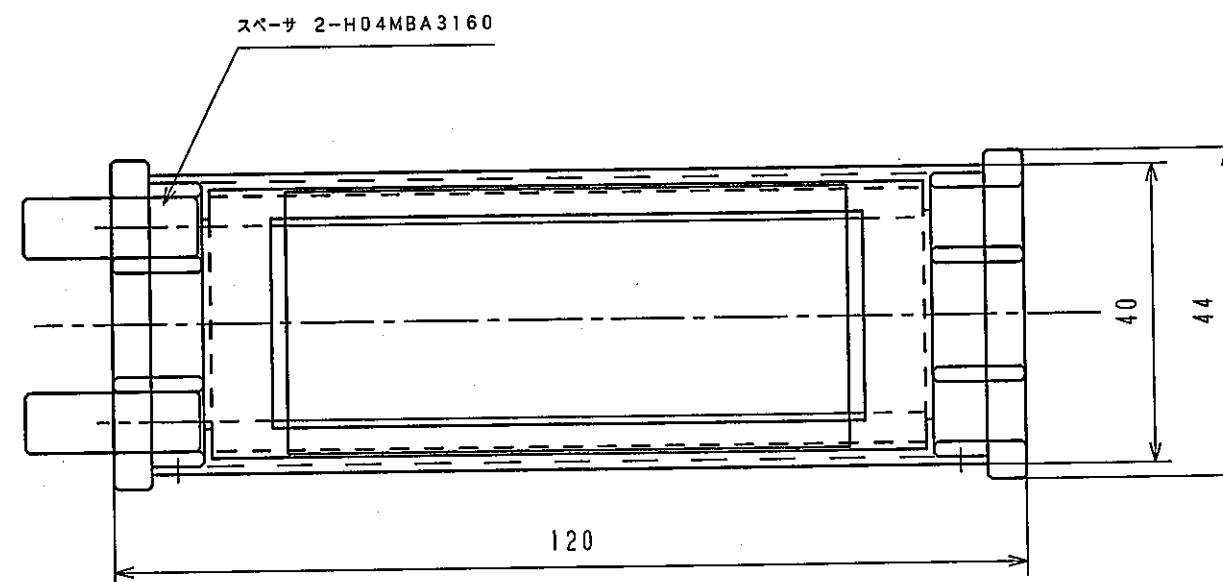
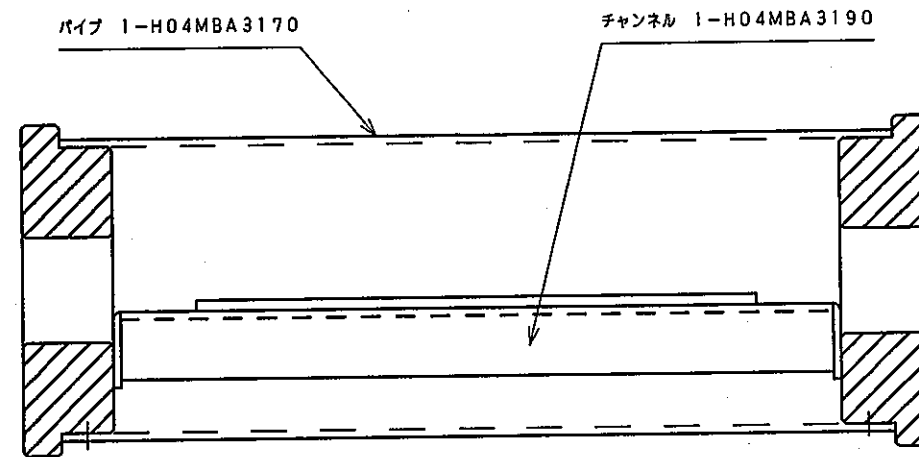
3) プローブ内ユニット配置図 (BR-94007-01M)



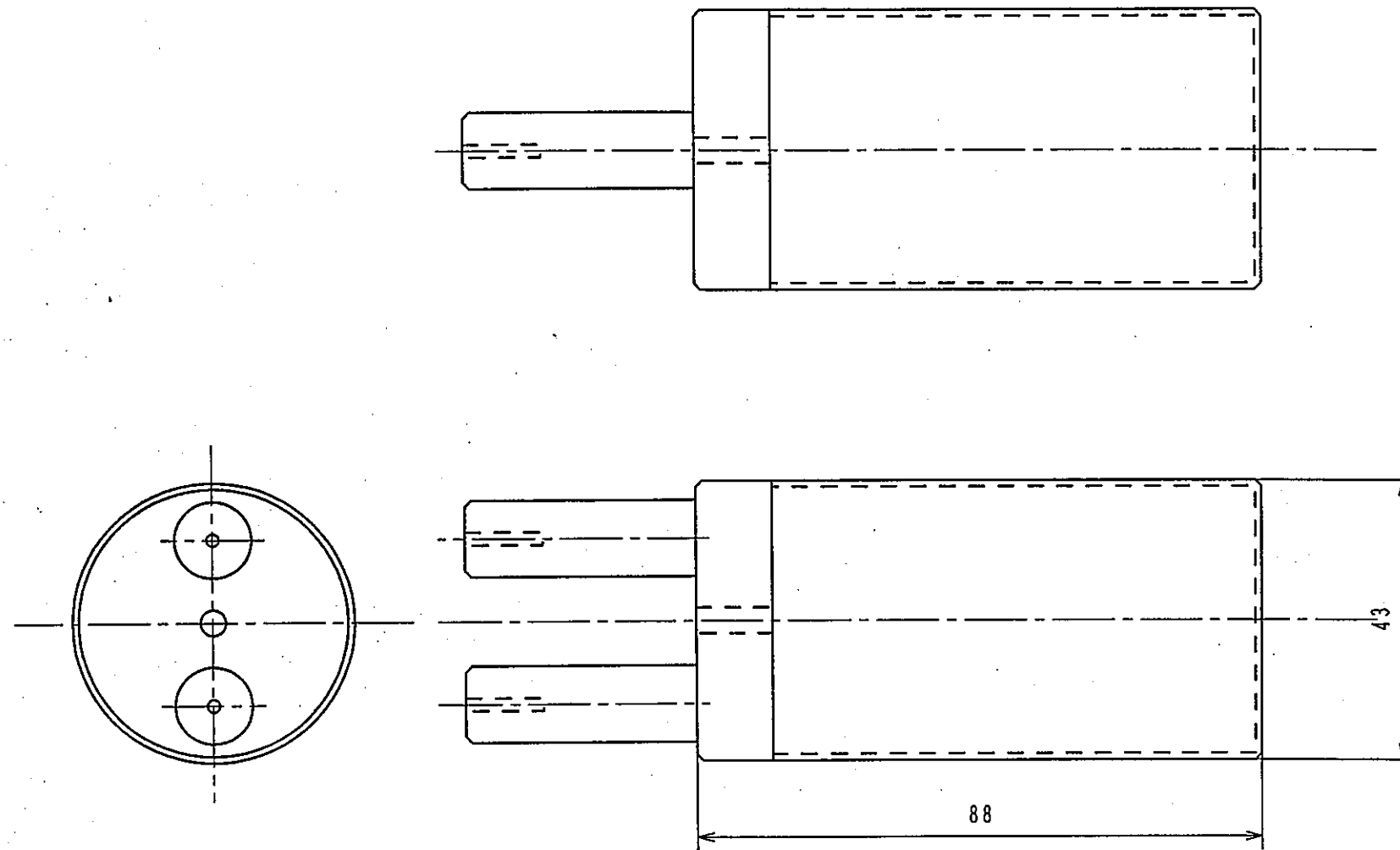
変更	内容					RX部 アンテナ ユニット	
						BR-94003-01M	
						(株)物理計測コンサルタント	
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認		
1/1							



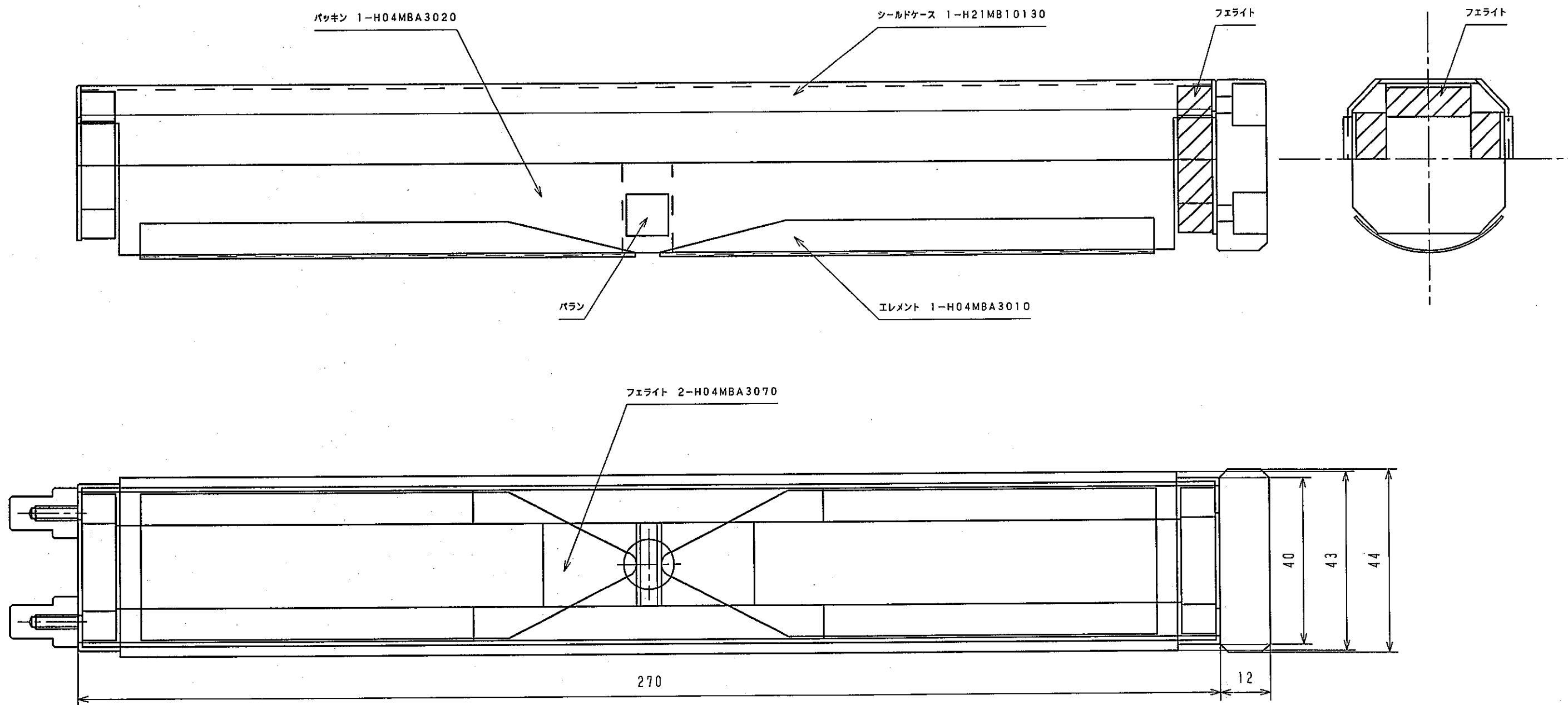
変更		内容				高周波増幅回路付サンプラーユニット
		"				
						BR-93002-01M
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
1/1						



変更	内容					光結合ユニット (RX)
						BR-94002-01M
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1					<i>mf</i>	

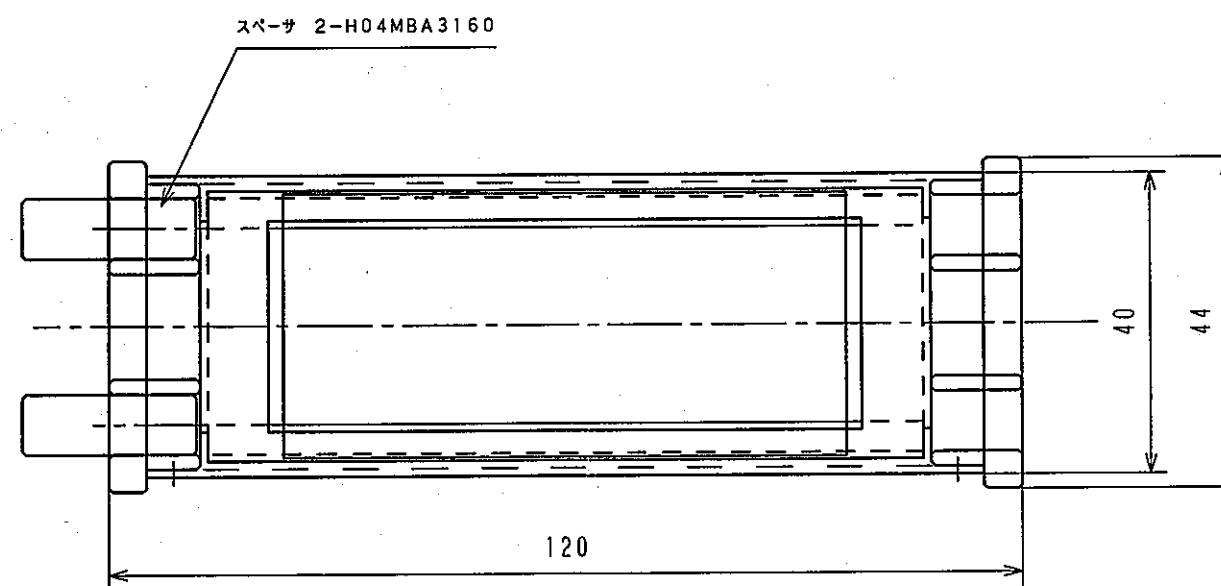
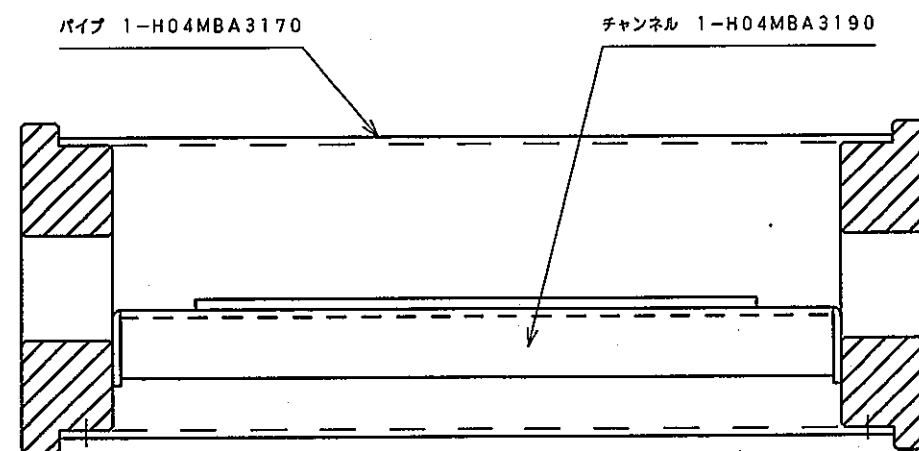


変更	内容					低圧電源ユニット BR-94005-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1						

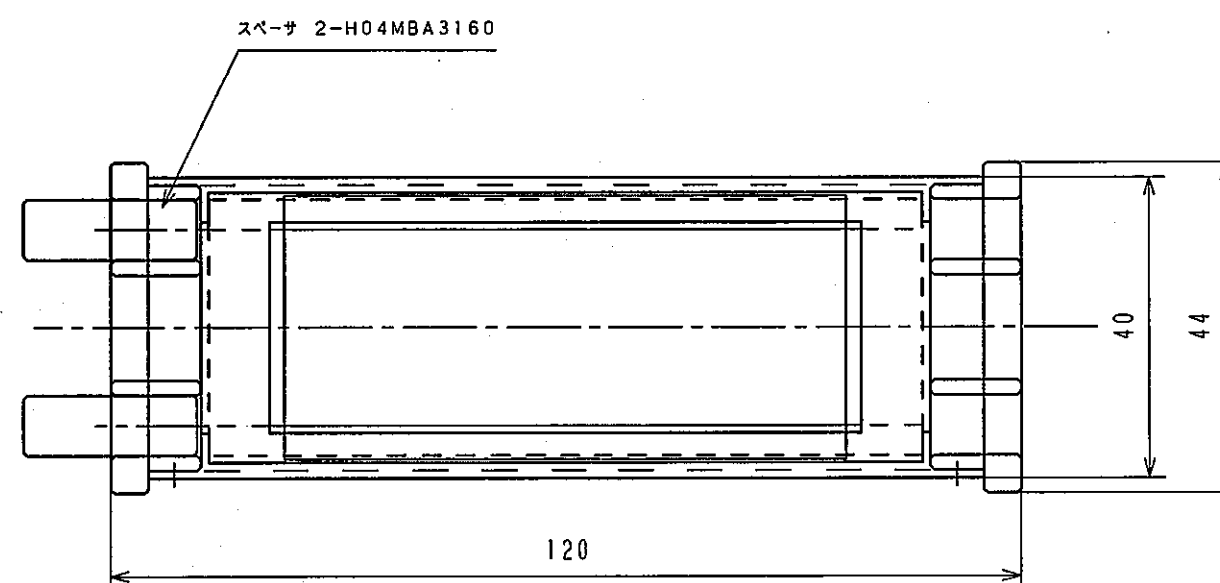
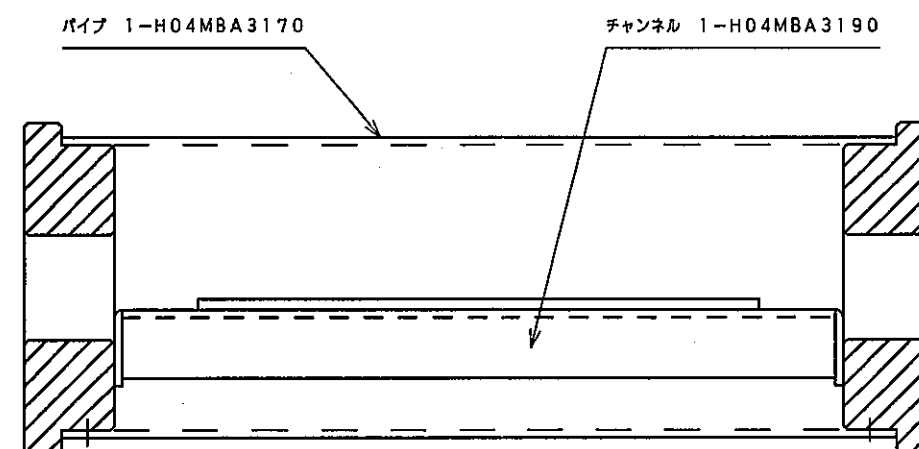


-66-

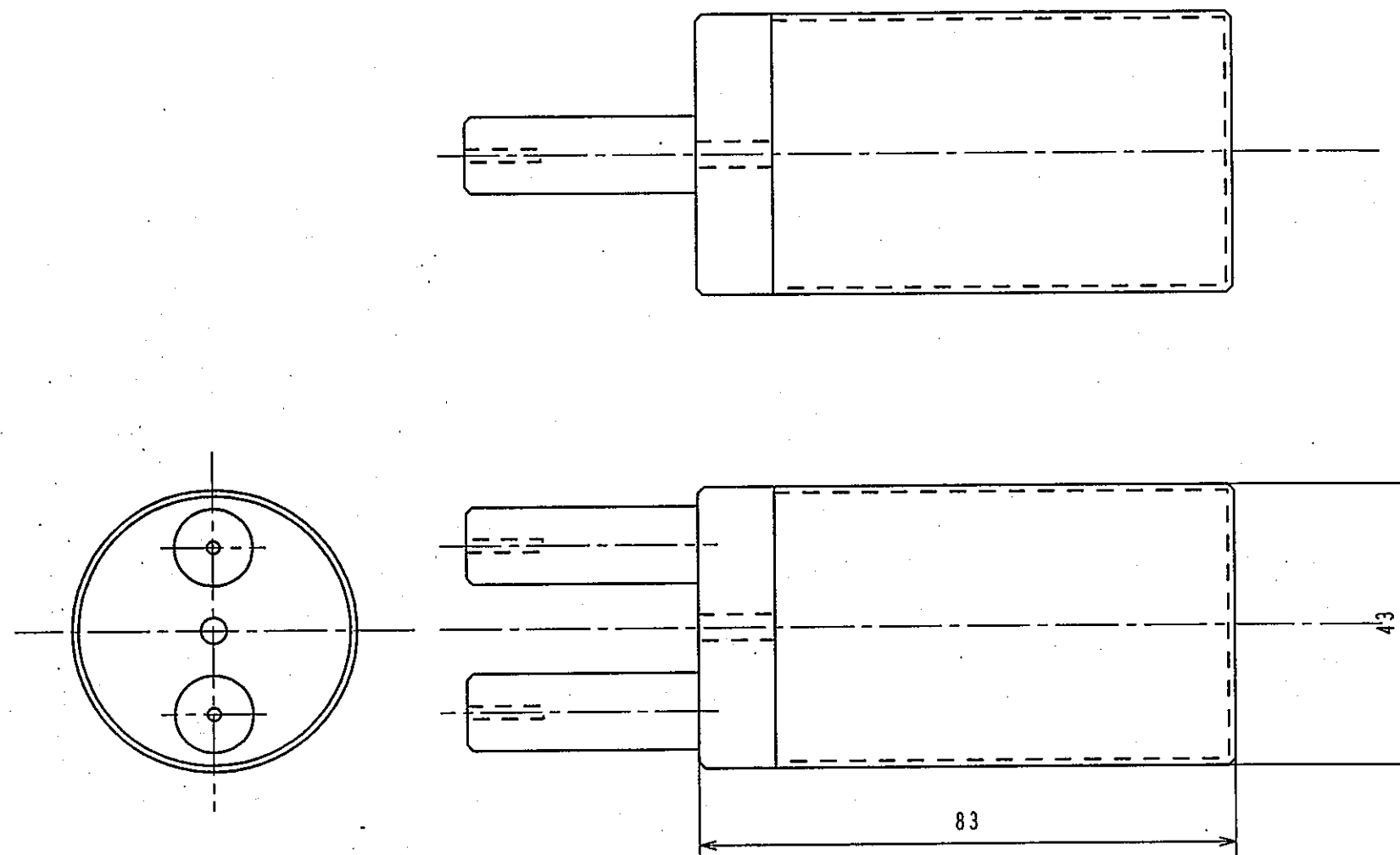
変更	内容					TX部 アンテナ ユニット	
						BR-94004-01M	
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント	
1/1							



変更	内容					TX部 パルサー ユニット
	"					
						BR-93005-01M
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1					rep	



変更	内容					光結合ユニット (TX) BR-94001-01M (株)物理計測コンサルタント
	"					
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1						

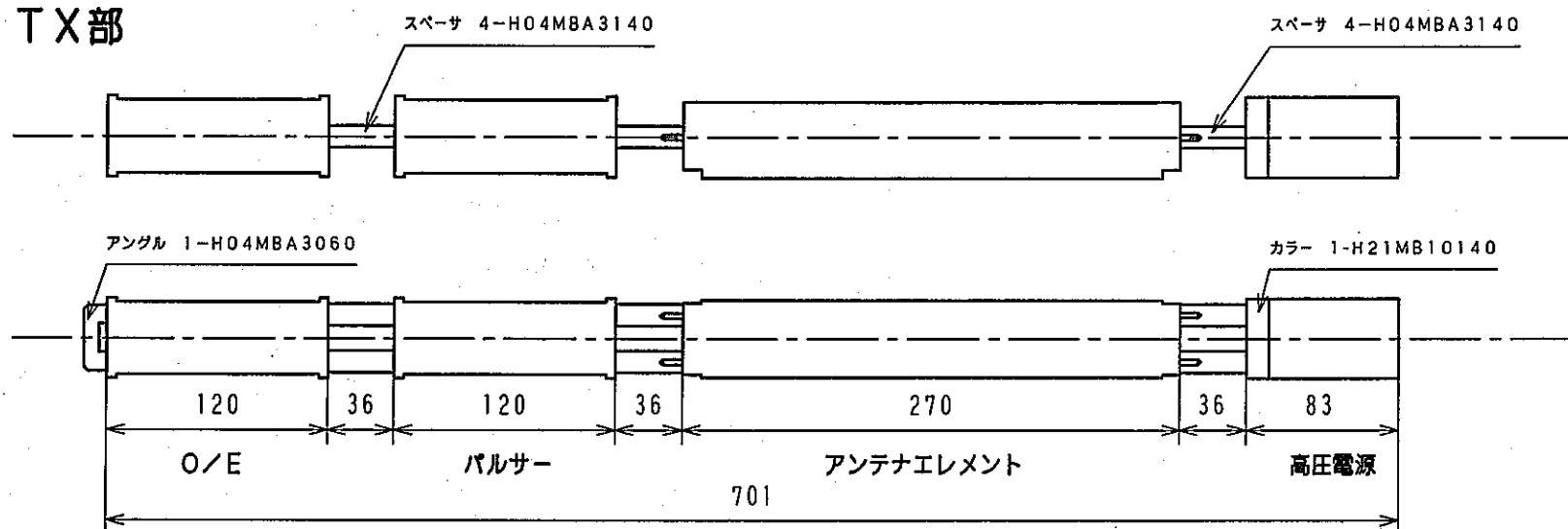


-69-

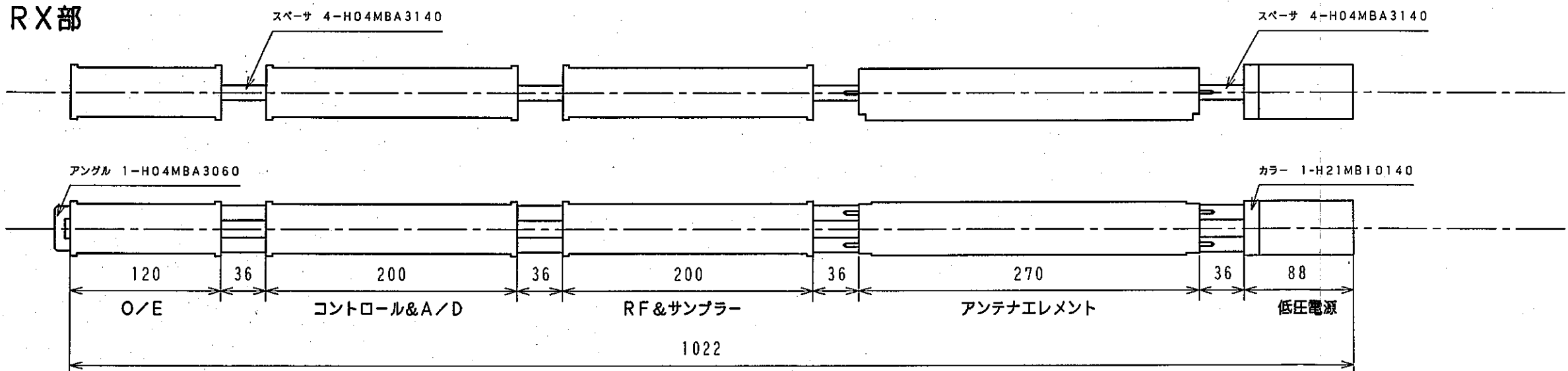
変更	内容					高圧電源ユニット BR-94006-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1						

3. 9 組立図 (BR-94007-01A)

TX部



RX部



変更	内容					ボアホールレーダー ソンデ組立図
1	4					
BR-94007-01A						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/4						

4. 試錐孔用広帯域レーダープローブの試験結果

4. 1 試験装置および試験条件

試作した試錐孔用広帯域レーダープローブ用各ユニットの回路エレメントを以下の各試験仕様書に示す条件で試験した。

試験項目

- (1) アンテナユニットアンテナエレメント
- (2) パルサーユニット
- (3) 高圧電源ユニット
- (4) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- (5) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット
- (6) 低圧電源ユニット

アンテナエレメント 試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ポアホールレーダに使用する アンテナ エレメント
の試験について規定する。

2. 関連図面

アンテナ組立図

3. 試験設備

3.1 使用測定器

ネットワークアナライザー HP 8753 C

4. 試験接続

図 1 による。

5. 試験項目

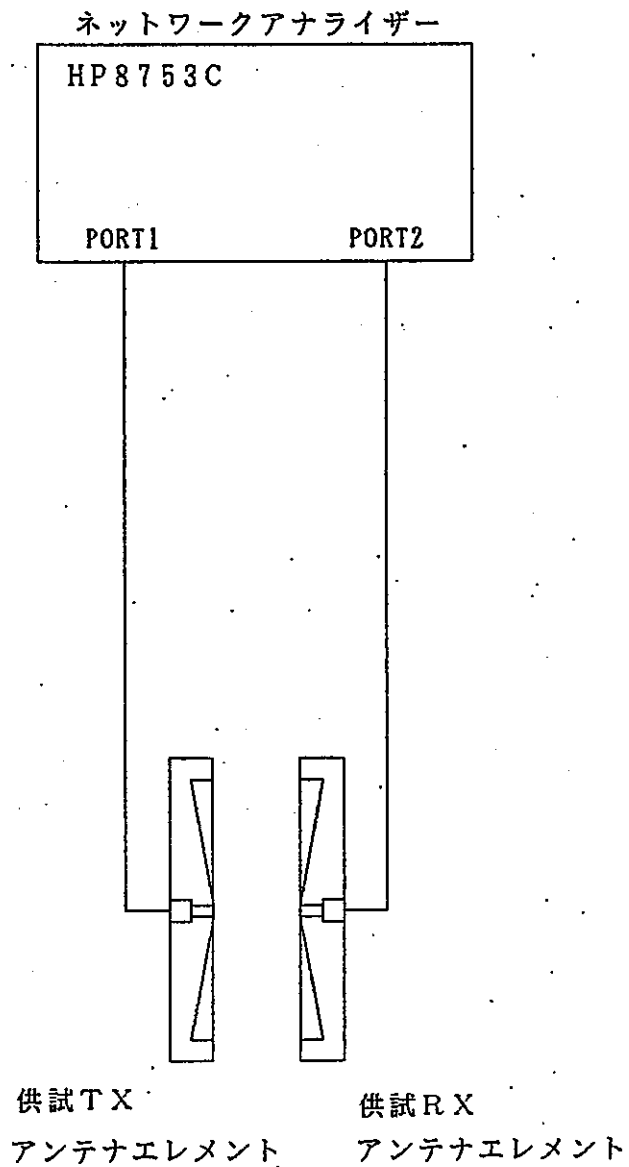
表 1 ~ 3 による。

6. 規格値

表 1 ~ 3 による。

変更	内容					-73- アンテナユニットアンテナエレメント (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/						

図1. 試験接続



変更	内容					-74-
						アンテナユニットアンテナエレメント
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/					my	

表 /

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
/	入力反射特性	図1. 試験接続による. TX アンテナ エLEMENTは、 PORT1 より、S11にて測定する。 RX アンテナ エLEMENTは、 PORT2より、S22にて測定する。	$f_0 \pm 20\text{MHz}$ の範囲において、 反射電力損 -10dB 以下 (目標)	必要に応じて、 土中、水中の場合も実施する。

変更

内容

-75-

アンテナユニットアンテナエレメント

(株)物理計測コンサルティング

縮尺

材質

設計

製図

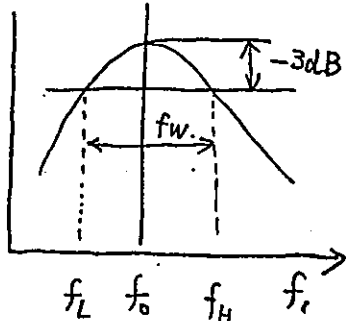
検図

承認

22/2/24

変更	内容					-76 -
						アソデナユニットアソデナエレメント
縮尺	材質	設計	製図	校図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					my	

表 2

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
2.	伝送特性	図1. 試験接続による。 TXアンテナエレメントより送信し、RXアンテナエレメントにて受信をする。S₂₁モジュールで測定する。	伝送帯域 f_w が 40MHz以上であること。  $f_H - f_L = f_w.$	必要に応じて工中、及び水中の場合も実施する。

パルスジェネレータ 試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ポアホールレーダに使用する パルスジェネレータ
の試験について規定する。

2. 関連図面

H21CGA0100

3. 試験設備

3.1 使用測定器

オシロスコープ

20dB 減衰器

試験器

高圧電源ユニット

+12V電源

直流電流計

4. 試験接続

図 1 による。

5. 試験項目

表 1 による。

6. 規格値

表 1 による。

変更	内容					=77-
						パルサーユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/						

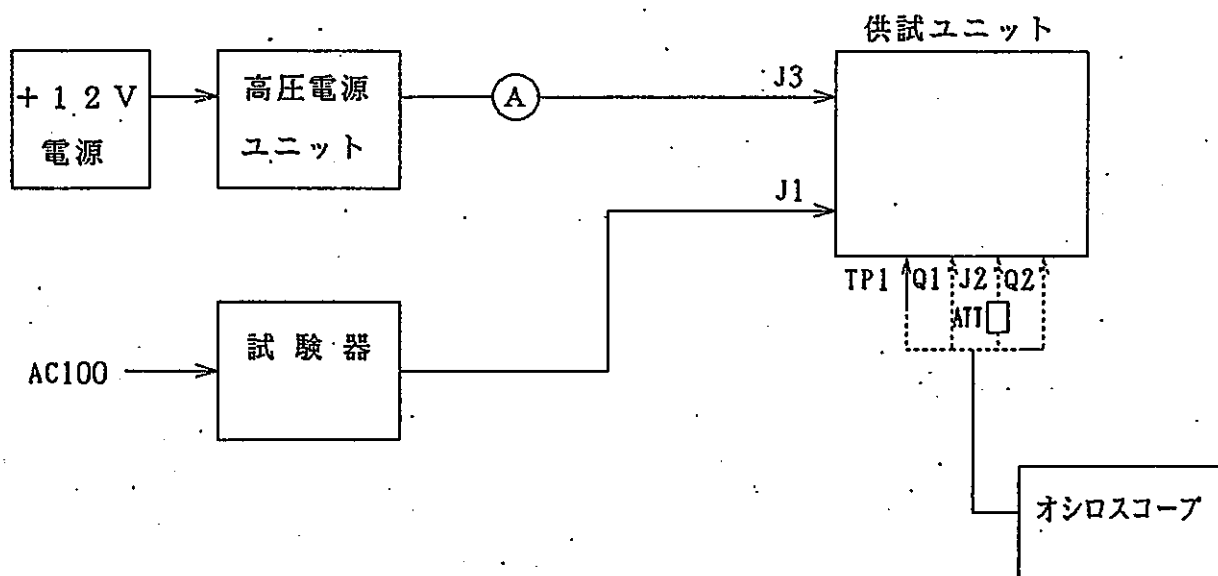
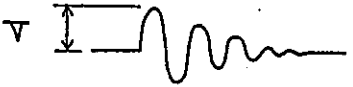
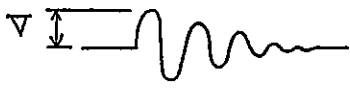
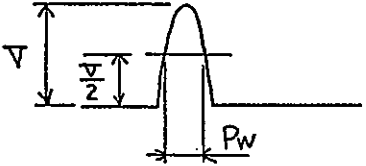


図 1 . 試験接続

変更	内容					-78-
						パルサーユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/						

表 1

番号	試 験 項 目	試 験 方 法	規 格	備 考
1	TX トリガ 波形	(1) TP1 を オシロスコープでモニタし、最初の波高値を測定する。 (2) VR1 を 右一杯に回す。Q1 のエミッタをオシロスコープでモニタし、最初の波高値を測定する。	 V; $2V$ 以上  V; $9V$ 以上	
2	出力パルス 波形	VR2 を 右一杯に回す。J2 を オシロスコープでモニタし (50Ω 負荷にて)、最初の波高値を測定する。この時 オシロスコープ入力端に減衰器 (20dB) を介して測定する。	 V; $122.5V$ 以上 P_w; $3\text{ms} \pm 0.5\text{nS}$	VR3 で調整可。

変更

内容

-79-

パルサーユニット

(株)物理計測コンサルタント

縮尺

材質

設計

製図

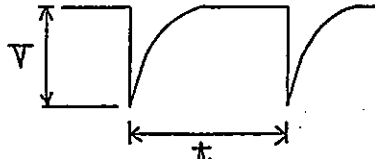
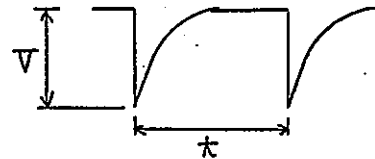
検図

承認

220

変更					
縮尺					
材質					
設計					
製図					
検図					
承認					
(株)物理計測コンサルタント ペルサーユニット —80—					

表 1

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
3	充放電波形	(1) Q1 のケースをオシロスコープでモニタし (プローブの C 結合を利用しモニタする), 充放電波形を測定する。 (2) Q2 のケースをオシロスコープでモニタし (プローブの C 結合を利用しモニタする), 充放電波形を測定する。	 V; 1~5 V τ; 20 μS $\pm$ 0.2 μS 充電中のジッタがないこと。  V; 6~10 V τ; 20 μS $\pm$ 0.2 μS 充電中のジッタがないこと。	VR1 で調整可 VR2 で調整可 ⑧ VR1, VR2 を調整した時は, 再度出力パルスを確認する。
4	消費電流	550V ラインの消費電流を測定する。	5 mA 以下	

高圧電源

試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ボアホールレーダに使用する 高圧電源
の試験について規定する。

2. 関連図面

H21CGA0110

3. 試験設備

3.1 使用測定器

マルチメータ
擬似負荷
+12V電源
直流電流計

4. 試験接続

図 1 による。

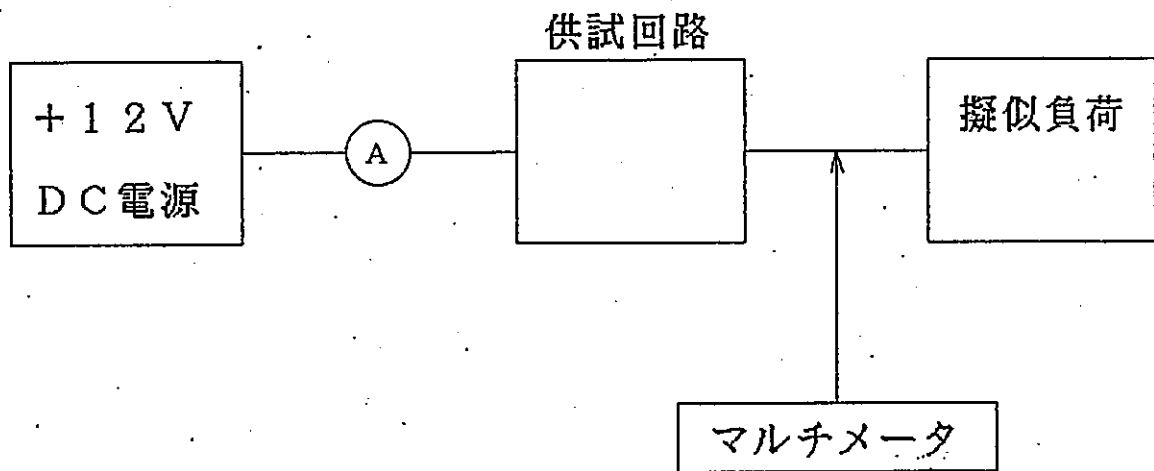
5. 試験項目

表 1 による。

6. 規格値

表 1 による。

変更	内容					-81-
						高圧電源ユニット
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/						



1. 試験接続

変更	内容					-82-
						高圧電源ユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					me	

表 1

番号	試 験 項 目	試 験 方 法	規 格	備 考
1	出力電圧	550Vの出力ラインをマルチメータでモニタし出力電圧を測定する。	550V ± 20V	
2	消費電流	入力の+12Vラインの消費電流を測定する。	0.5A 以下	

変更

内容

- 83 -

高圧電源ユニット

(株)物理計測コンサルティング

確認

材質

設計

製図

検図

承認

22

高周波増幅回路付サンプラ 試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ポアホールレーダに使用する 高周波増幅回路付サンプラ の試験について規定する。

2. 関連図面

H21CGA0200

3. 試験設備

3.1 使用測定器

オシロスコープ

可変アッテネータ

試験器

低圧電源ユニット

+12V電源

直流電流計

4. 試験接続

図 1

による。

5. 試験項目

表 1

による。

6. 規格値

表 1

による。

変更	内容					-84-
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	高周波増幅回路付サンプラーユニット
／						(株)物理計測コンサルタント

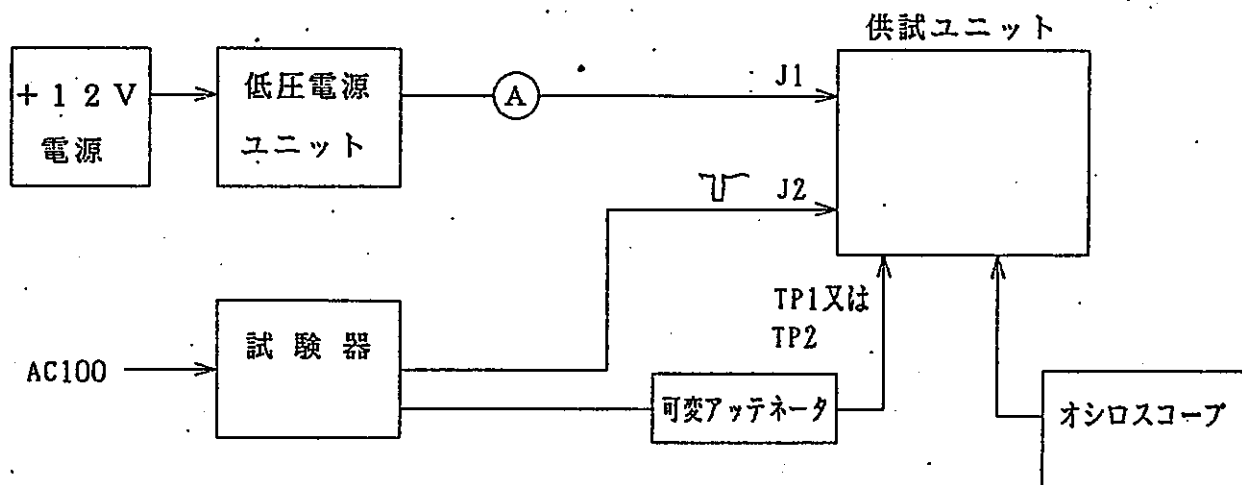
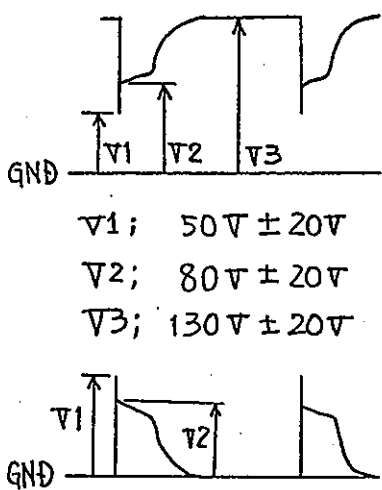


図 1 . 試験接続

変更	内容					高周波増幅回路付サンプラーユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					W	

表 1

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
1	サンプリングゲート信号	TP6 をオシロスコープでモニタし、電圧とパルス幅を測定する。	 $V; 5\text{V} \pm 0.5\text{V}$ $P_w; 1.7\mu\text{s} \pm 0.5\mu\text{s}$	
2.	サンプリングパルス信号	(1) Q1 コレクタをオシロスコープでモニタし 電圧値を測定する。 (2) Q1 エミッタをオシロスコープでモニタし 電圧値を測定する。	 $V1; 50\text{V} \pm 20\text{V}$ $V2; 80\text{V} \pm 20\text{V}$ $V3; 130\text{V} \pm 20\text{V}$ $V1; 80\text{V} \pm 20\text{V}$ $V2; 60\text{V} \pm 20\text{V}$	VR1 で調整可

変更

内容

-86-

高周波増幅回路付サンプラユニット

(株)物理計測コンサルタント

縮尺

材質

設計

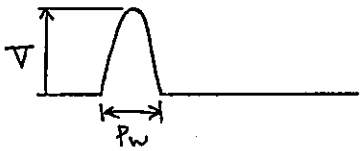
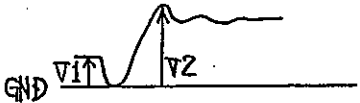
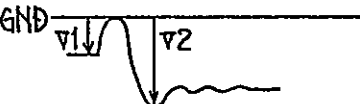
製図

検図

承認

ny

表 1

番号	試 験 項 目	試 験 方 法	規 格	備 考
(2) つづき		(3) R9, R10の交点をオシロスコープでモニタし、電圧値、パルス幅を測定する。 (4) D3カソードをオシロスコープでモニタし、電圧値を測定する。 (5) D4アノードをオシロスコープでモニタし、電圧値を測定する。	 V; 5V以上 Pw; 5ns±2ns  V1; 5V±1V V2; 15V±3V  V1; -5V±1V V2; -15V±3V	

変更	内容					高周波増幅回路付サンプラユニット (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／					mp	

表

番号	試 験 項 目	試 験 方 法	規 格	備 考
3	サンプリング信号ノイズ	(1) TP3 をオシロスコープでモニタし、ノイズレベルの波高値を測定する。 (2) TP4 をオシロスコープでモニタする。TP6 の信号で同期をとりパルスノイズの波高値を測定する。 (3) 通電し、15 分以上経過後 TP4 をオシロスコープでモニタする。オフセット電圧とビデオノイズ電圧を測定する。	V ; 200 mV_{pp} 以下  V ; 1 V 以下 オフセット電圧 ; 0 V ± 50 mV ビデオノイズ ; 10 mV_{pp} 以下	VC1 で調整可 VR2 で調整可

変更					
内容					
箱尺	材質	設計	製図	検図	承認
／					ny
高周波増幅回路付サンプラユニット					
(株)物理計測コンサルタント					

表

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
4.	利得	(1) TP4 をオシロスコープでモニターする。TP2 に $100\text{mV}_{\text{0-p}}$ (50Ω 負荷時) を入力した時の TP4 出力電圧を測定する。 (2) TP4 をオシロスコープでモニターする。TP1 に $50\text{mV}_{\text{0-p}}$ (50Ω 負荷時) を入力した時の TP4 出力電圧を測定する。	 $V; 1\text{V} \pm 0.1\text{V}$  $V; 10\text{V} \pm 1.3\text{V}$	
5	消費電流	$+150\text{V}$, $+15\text{V}$, -15V の各ラインの消費電流を測定する。	$+150\text{V} ; 3\text{mA}$ 以下 $+15\text{V} ; 400\text{mA}$ 以下 $-15\text{V} ; 200\text{mA}$ 以下	

同期制御回路付 A/D 回路 試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ポアホールレーダに使用する 同期制御回路付 A/D 回路の試験について規定する。

2. 関連図面

H21CGA0210

3. 試験設備

3.1 使用測定器

オシロスコープ

試験器

低圧電源ユニット

+12V 電源

直流電流計

4. 試験接続

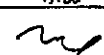
図 1 による。

5. 試験項目

表 1 による。

6. 規格値

表 1 による。

変更	内容					同期制御回路付 A / D 変換回路ユニット (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/						

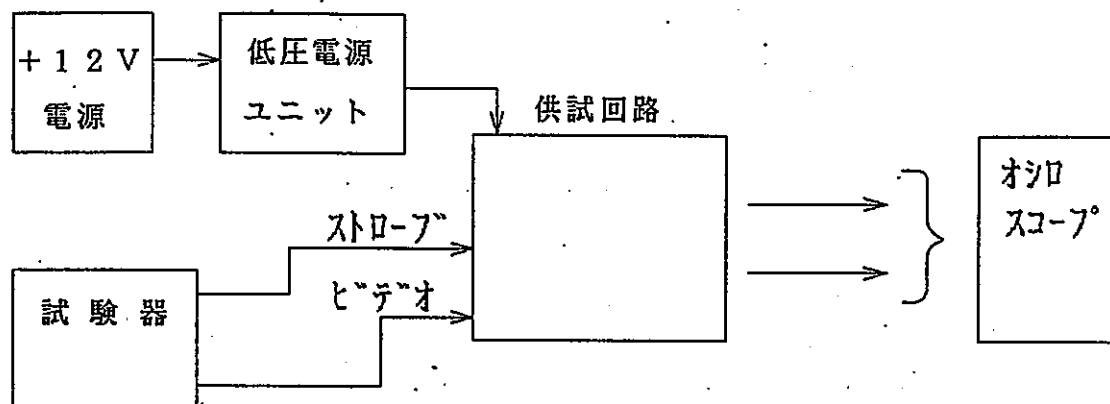
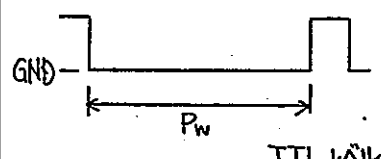
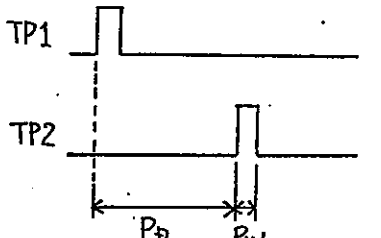


図 1 . 試験接続

変更	内容					同期制御回路付 A / D 変換回路ユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					21	

表 1

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
1	ストア信号出力	J4 をオシロスコープでモニター。 出力信号のパルス幅を測定する。	 $P_w ; 20.3\mu S \pm 2\mu S$	
2.	コンバート信号	TP2 をオシロスコープでモニター。 出力信号のデイレ-時間とパルス幅を測定する。 (TP1 で同期をとる.)	 $P_D ; 4.3\mu S \pm 0.3\mu S$ $P_w ; 300nS \pm 100nS$	P_D は R2 で調整可。 P_w は R4 で調整可。

変更

内容

-92-

同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット

(株) 物理計測コンサルタント

縮尺

材質

設計

製図

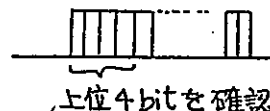
検図

承認

2/2

変更					内容				
縮尺					材質				
設計					製図				
検図					承認				
（株）物理計測コンサルタント 同期制御回路付A/D変換回路ユニット									
-93-									

表 1

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
3	シリアルビデオ出力	J5をオシロスコープでモニタする。 試験器のボタンを変化させた時の J5出力の上位4bitを確認する。	U6-18  J5  107-21の時 ; all "L" " 2の時 ; MSBのみ "H" " 3の時 ; all "H"	+2.5V 0V -2.5V
4	消費電流	+15V, +5V, -15Vの各ライン の消費電流を測定する。	+15V ; 400mA 以下 +5V ; 500mA 以下 -15V ; 200mA 以下	

低 圧 電 源

試験仕様書

1. 適用範囲

この仕様書は、ボアホールレーダに使用する 低 圧 電 源
の試験について規定する。

2. 関連図面

H21CGA0220

3. 試験設備

3.1 使用測定器

マルチメータ
擬似負荷
+12V電源
直流電流計

4. 試験接続

図 1 による。

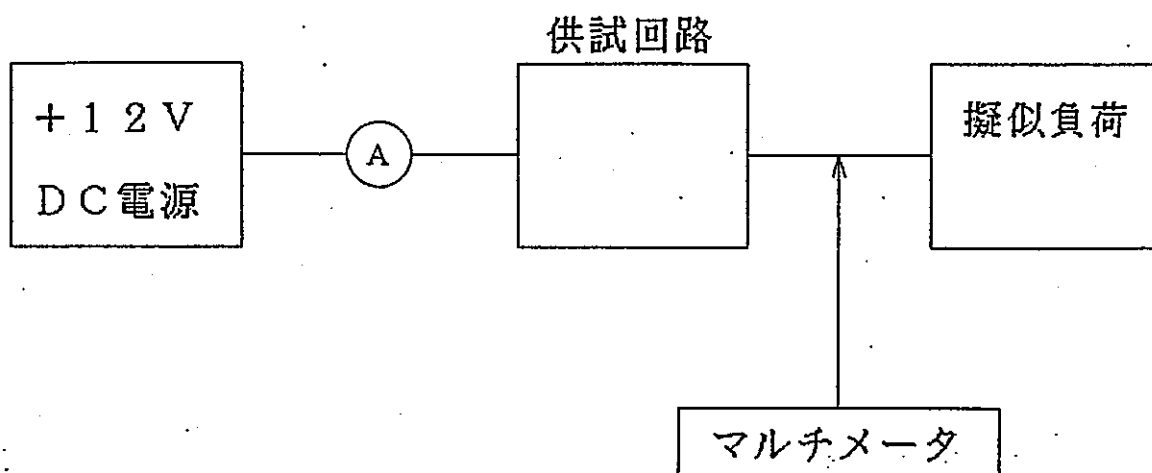
5. 試験項目

表 1 による。

6. 規格値

表 1 による。

変更	内容					-94-
						低圧電源ユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/						



1. 試験接続

変更	内容					- 95 -
						低圧電源ユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					280	

変更	内容					低圧電源ユニット (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／					220	

表

番号	試験項目	試験方法	規格	備考
1	出力電圧	+150V, +15V, +5V, -15V の各ラインをマルチメータでモニタ し出力電圧を測定する。	+150V; 150V $\pm$ 6V +15V; 15V $\pm$ 0.6V +5V; 5V $\pm$ 0.2V -15V; -15V $\pm$ 0.6V	
2.	消費電流	入力の+12Vラインの消費電 流を測定する。	2A以下	

4. 2 各エレメントの試験結果

- (1) アンテナエレメント入力反射特性
- (2) アンテナエレメント伝送特性
- (3) 高周波増幅回路付サンプラーユニット各部の波形、電圧及び周波数特性
- (4) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット各部の波形及び電圧
- (5) 低圧電源ユニットの出力電圧及び電流
- (6) パルサーユニット各部の波形及び電圧
- (7) 高圧電源の出力電圧及び電流

検査者 _____

検査日 5年12月 6日

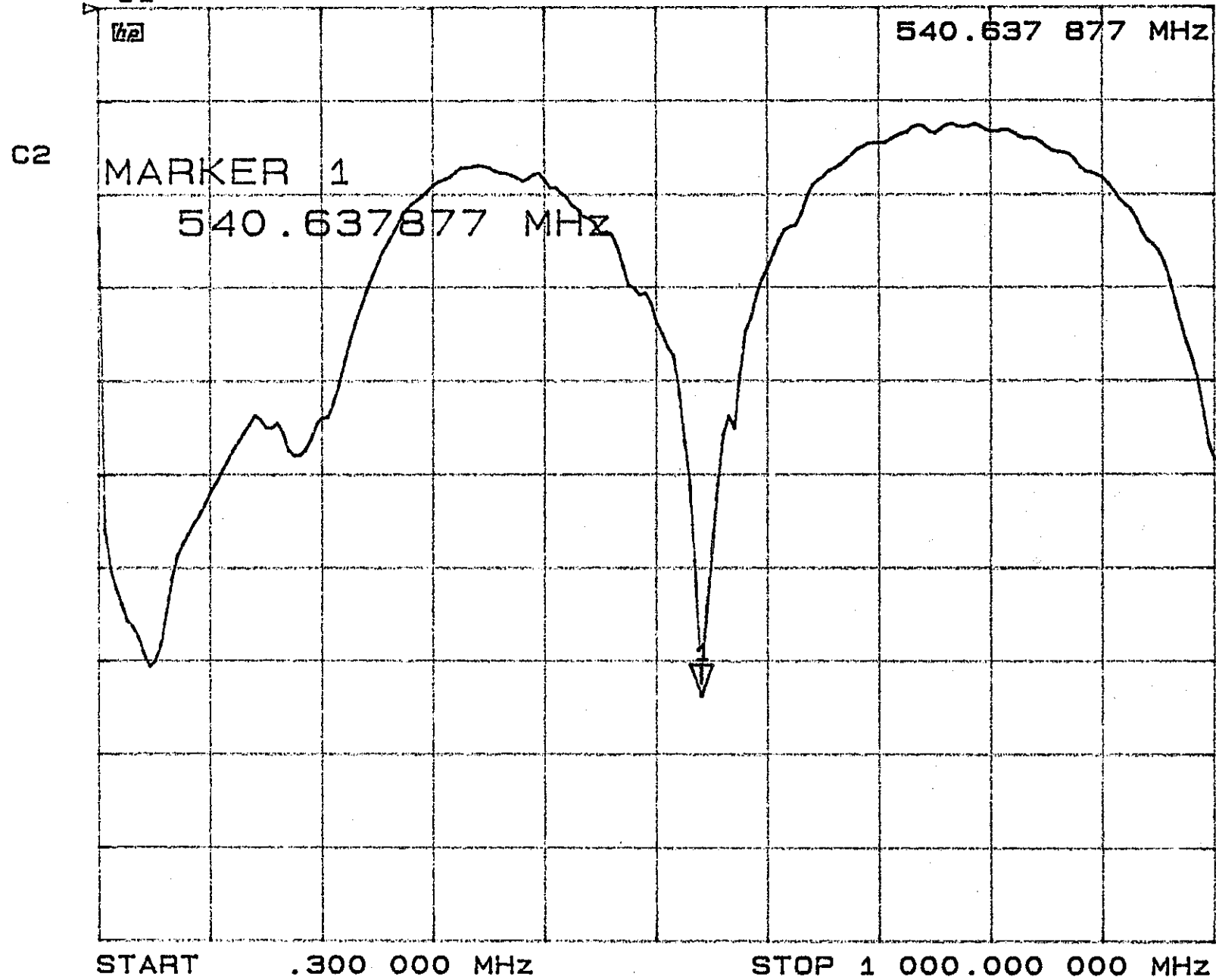
ポアホールレーダ 試験成績書

温度 18℃

品名 アンテナエレメント 図番 _____ S/N 001 湿度 55%

番号	項目	試験条件・方法	規格	試験結果 社検	備考
1	入力反射特性	試験仕様書の図1．試験接続による． (空中の場合) 地上高 1 m 垂直偏波 (地表面上) 地上高 0 cm 水平偏波	540MHz±20MHz において 反射電力損 -10 dB以下 500MHz±20MHz において -10 dB以下	510～560MHz において TXアンテナ -18 dB以下 RXアンテナ -20 dB以下 460～540MHz において TXアンテナ -10 dB以下 RXアンテナ -10 dB以下	

CH1 S₁₁ log MAG 5 dB/ REF 0 dB 1: -36.855 dB



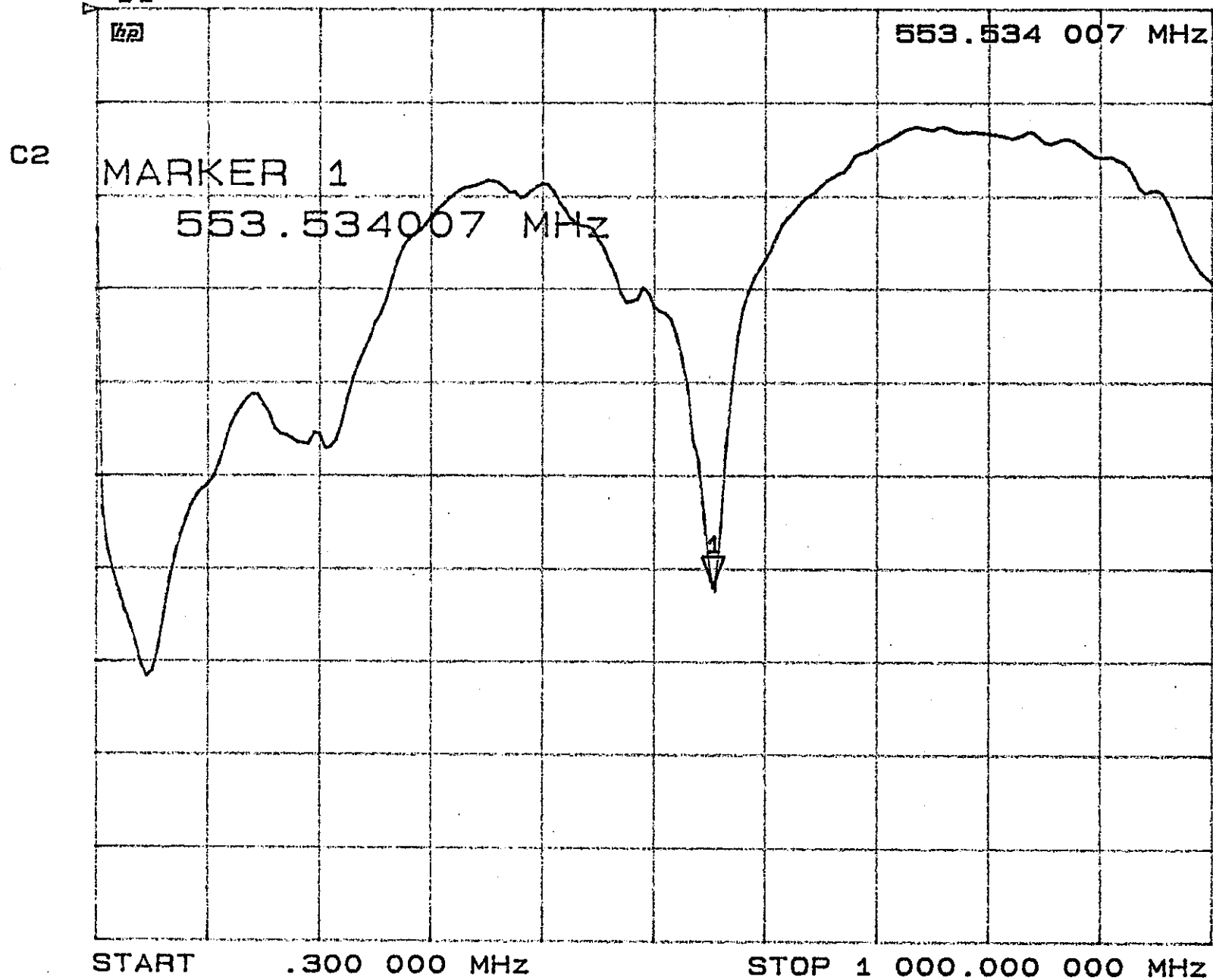
アンテナ入力反射特性

TX アンテナ (S/N 001)

地上高 1m

垂直偏波

CH1 S₁₁ log MAG 5 dB/ REF 0 dB 1: -30.981 dB

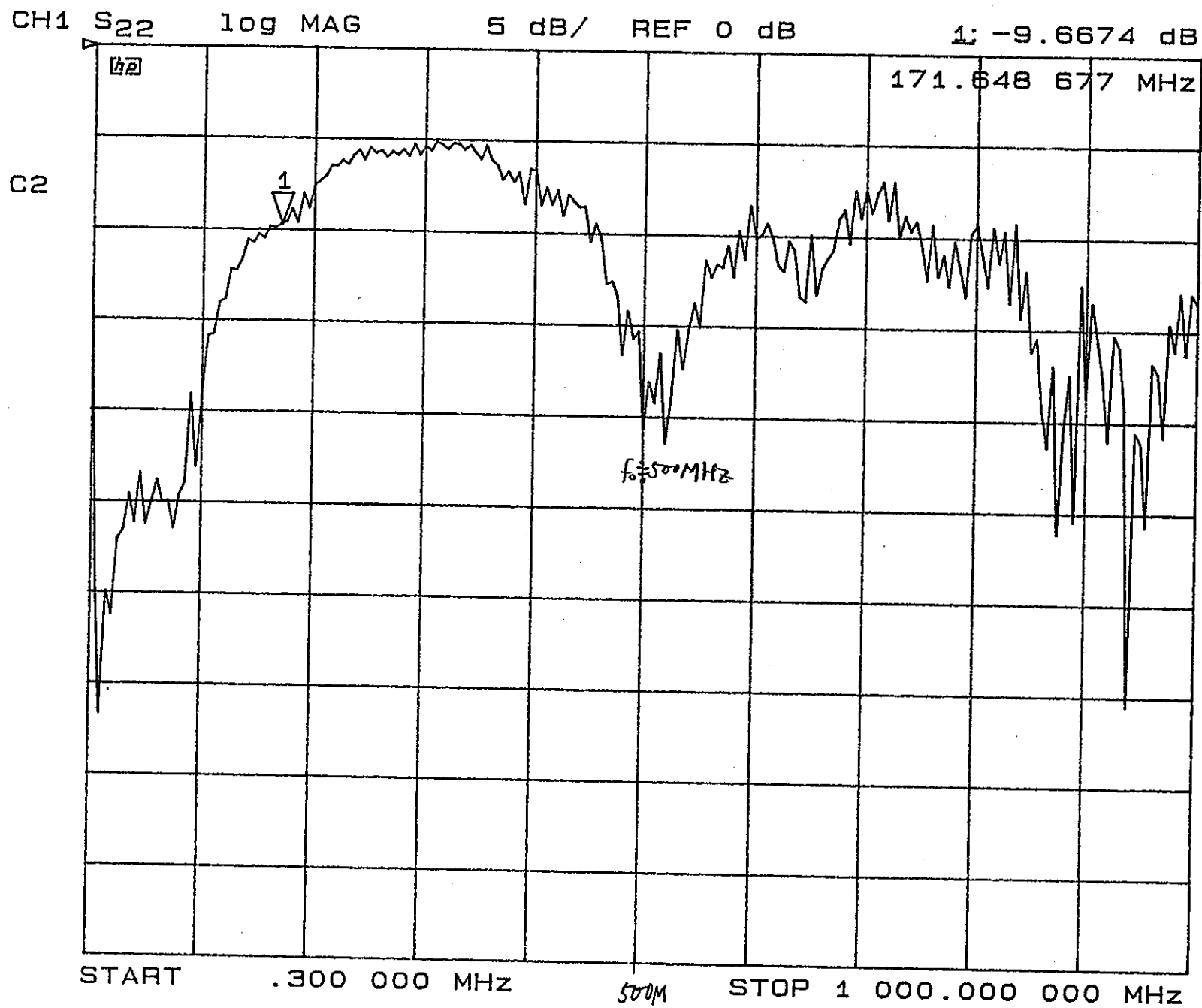


アンテナ入力反射特性

RX アンテナ (S/N 001)

地上高 1m

垂直偏波



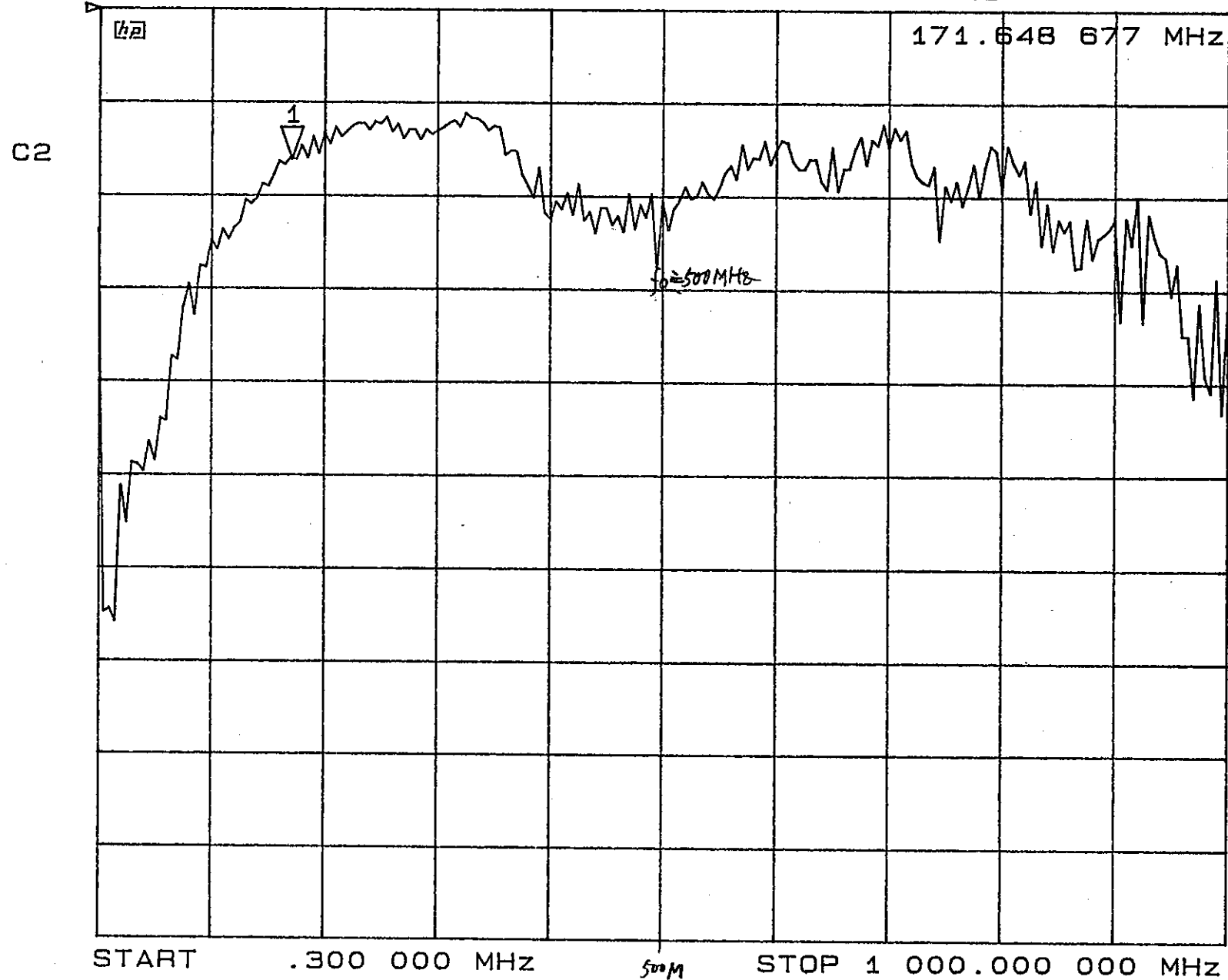
アンテナ入力反射特性

RXアンテナ (S/N 001)

地表面上に置く

水平偏波

CH1 S₁₁ log MAG 5 dB/ REF 0 dB 1: -8.0054 dB



アンテナ反射特性

TXアンテナ(S/N001)

地表面上に置く

水平偏波

検査者 _____

検査日 5年12月 6日

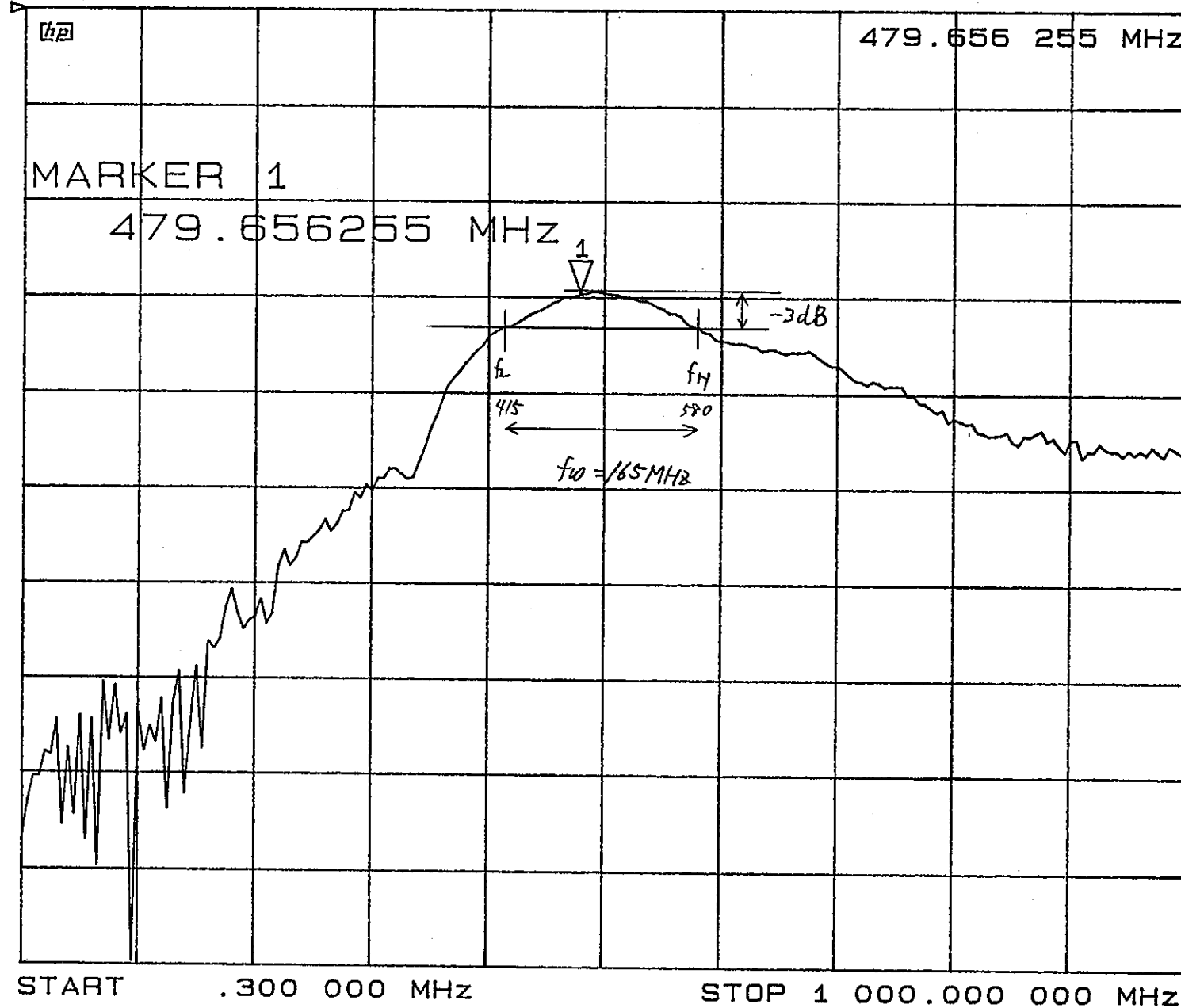
ポアホールレーダ 試験成績書

温度 18℃

品名 アンテナエレメント 図番 _____ S/N 001 湿度 55%

番号	項目	試験条件・方法	規格	試験結果 社検	備考
2	伝送特性	試験仕様書の図1. 試験 接続による. (空中の場合) 地上高 1m 垂直偏波 (地表面上) 地上高 0cm 水平偏波	伝送帯域 f_w が 40MHz以上で あること、 $f_w = f_h - f_L$ 同 上	$f_w = 580 - 415$ $= 165\text{MHz}$ $f_w = 45\text{MHz}$	

CH1 S₁₂ log MAG 10 dB/ REF 0 dB 1: -29.478 dB



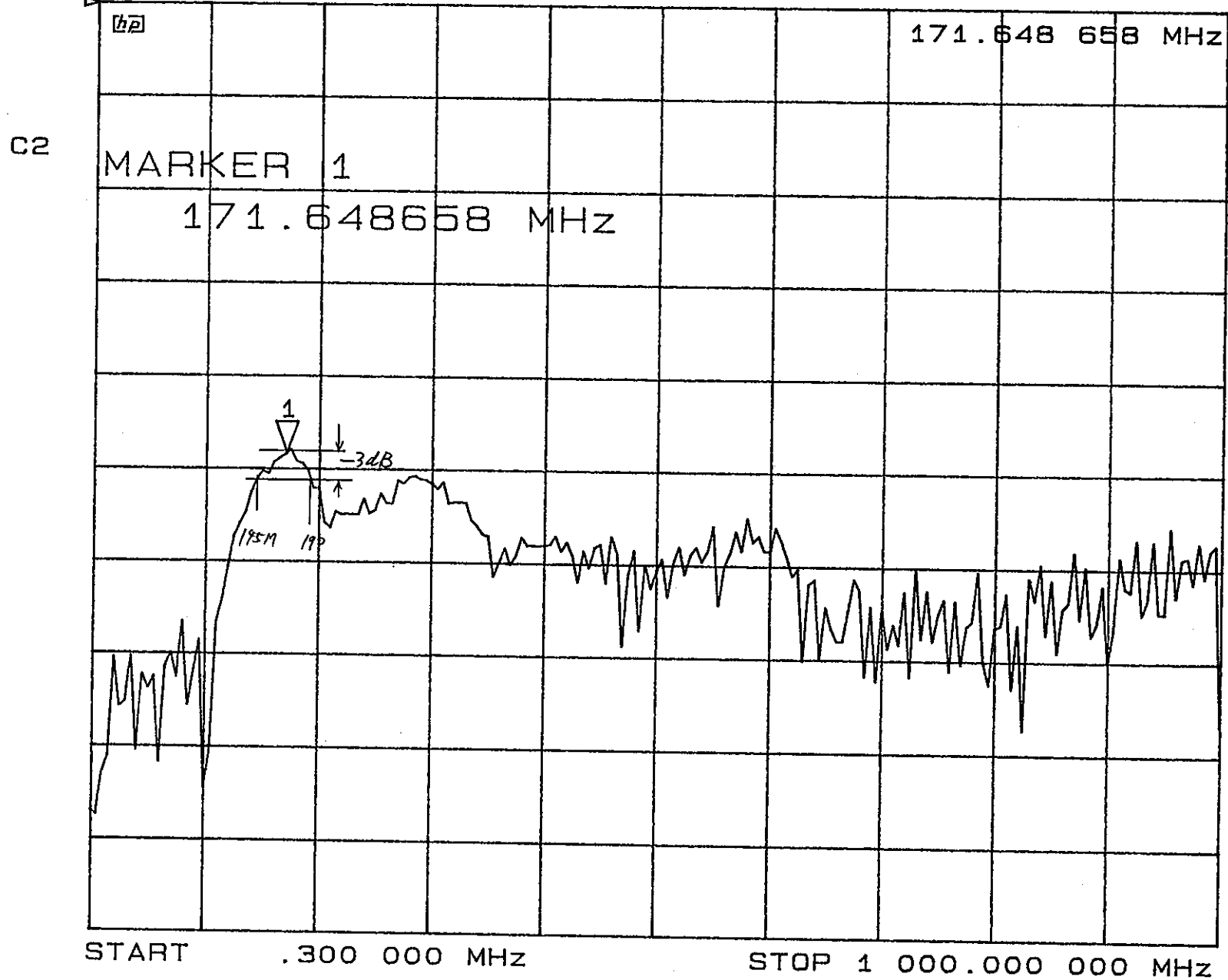
アンテナエレメント
伝送特性

(空中の場合)

地上高 1m

垂直偏波

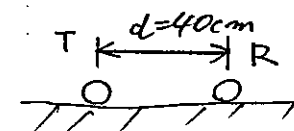
CH1 S₂₁ log MAG 10 dB/ REF 0 dB 1: -48.238 dB



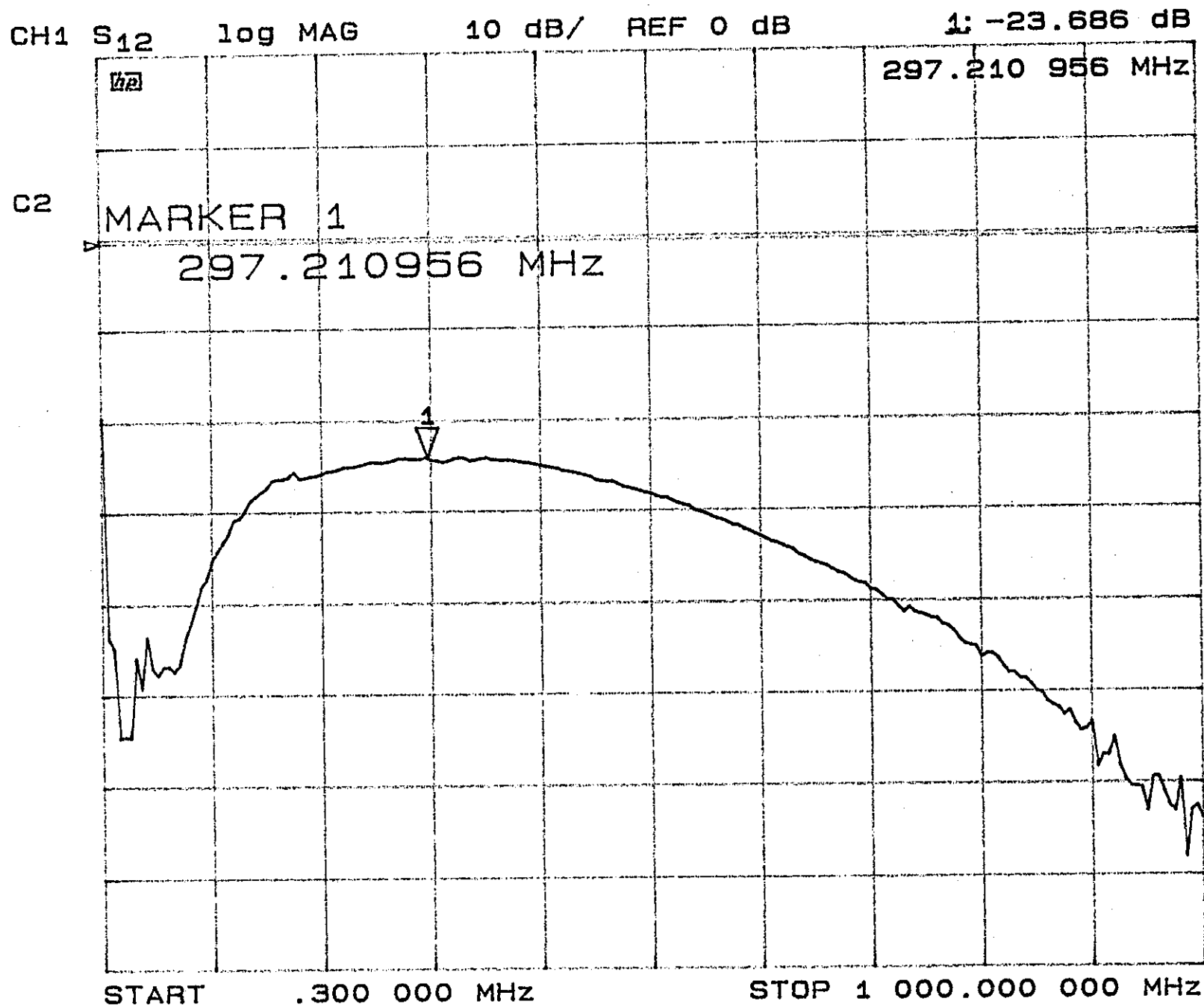
アンテナエレメント
伝送特性

(地表面上の場合)

アンテナを地表面に置く



水平偏波



参考データ

アンテナエレメント
伝送特性

(水中の場合)

深さ 30cm

全直偏波

間隔 50cm

検査者 柿山崎

検査日 '93年 12 月 20日

ボアホールレーダ 試験成績書

温度 18 °C

品名 高周波増幅回路付サンプラ 図番 H21-0200

S/N 93002

湿度 40 %

番号	項 目	試験条件・方法	規 格	試験結果	備 考
				社 検	
1	サンプリングゲート 信号	H21EJC0200 1項による	V: 5V±0.5V Pw: 1.7μs±0.5μs	4.98 V 2.14 μs	
2	サンプリングパルス 信号	同上 2項による	(1) V1: 50V±20V V2: 80V±20V V3: 130V±20V (2) V1: 80V±20V V2: 60V±20V (3) V: 5V以上 Pw: 5nS±2nS (4) V1: 5V±1V V2: 15V±3V (5) V1: -5V±1V V2: -15V±3V	45.0 V 68.0 V 141 V 84.0 V 70.0 V 6.0 V 6.6 nS 4.8 V 13.9 V -4.9 V -16.1 V	
3	サンプリング信号ノイズ	同上 3項による	(1) V: 200mV以下 (2) V: 1V以下 (3) オフセット 0V±50mV ビデオノイズ 10mV以下	92mV 0.98 V 0mV 9.1mV	
4	利得	同上 4項による	(1) 1V±0.1V (2) 10V±1.3V	0.98 V 10.8 V	
5	消費電流	同上 5項による	+150V 3mA 以下 +15V 400mA 以下 -15V 200mA 以下	2.23mA 190 mA 27 95 mA	94.2.25 訂正

$\lambda 7 -30\text{dBm}$

MKR 400.0 MHz
-5.55 dBm

hp REF -1.7 dBm ATTEN 10 dB

1 dB/

出力電力
(dBm)

REF LEVEL
-1.7 dBm

$0\text{dBm} \equiv 1\text{mW}$

周波数帯域(-3dB)
10M~420MHz

-3dB

高周波増幅
回路付
サンプルユニット
RF周波数帯域
(λ カ-30dBm)

-108-

CORR'D



スワッチ
10M~500MHz
-30dBm

供試回路

スペクトル
アナライザ

START 10 MHz

RES BW 1 MHz

入力周波数 (MHz)
VBW 3 MHz

STOP 500 MHz

SWP 5.00 sec

検査者 鈴木

検査日 '93年 12月 16日

ボアホールレーダ 試験成績書

温度 20 °C

品名 同期制御回路付A/D回路

図番 H21-0210

S/N 93001

湿度 40 %

番号	項目	試験条件・方法	規格	試験結果	備考
				社 検	
1	ストロープ信号出力	H21EJC0210 1項による	PW: 20.3 μ s $\pm$ 2 μ s	22.28 μ s	
2	コンバート信号	同上 2項による	P _D : 4.3 μ s $\pm$ 0.3 μ s P _w : 300ns $\pm$ 100ns	4.31 μ s 360 ns	
3	シリアルビデオ出力	同上 3項による	パターン1上位4ビット all "L" パターン2上位4ビット 最上位のみ "H" パターン3上位4ビット all "H"	良 良 良	
4	消費電流	同上 4項による	+15V: 400mA 以下 + 5V: 500mA 以下 -15V: 200mA 以下	11 mA 30 375 mA 27 mA	94.2.25 訂正

検査日'94年 2月25日

ボアホールレーダ 試験成績書

温度 26 °C

品名 低 压 電 源

図番 H 2 1 - 0 2 2 0

S/N 94001

湿度 36 %

番号	項目	試験条件・方法	規格	試験結果	備考
				社 検	
1	出力電圧	H21EJC0220 1項による	150V± 6V 15V±0.6V 5V±0.2V -15V±0.6V	152.3 V 14.97V 5.01 V -15.20V	
2	消費電流	同上 2項による	2 A 以下	0.84 A	効率42%

検査日'93年12月20日

ボアホールレーダ 試験成績書

温度 18 °C

品名 パルスジェネレータ

図番 H 2 1 - 0 1 0 0

S/N 93005

湿度 40 %

番号	項目	試験条件・方法	規格	試験結果	備考
				社 検	
1	TXトリガ波形	H21EJC0100 1項による	(1) 2V以上 (2) 9V以上	3.3 V 12.4 V	
2	出力パルス波形	同上 2項による。	V: 122.5V以上 Pw: 3nS±0.5nS	124 V 3.45 nS	
3	充放電波形	同上 3項による	(1) V: 1~5V t: 20μs±0.2μs (2) V: 6~10V t: 20μs±0.2μs ジッタがないこと	1.69 V 20.0 μS 7.10 V 20.0 μS 良	
4	消費電流	同上 4項による	5mA以下	2.6 mA	

検査日'93年 12 月 15 日

温度 20 °C

図番 H 2 1 - 0 1 1 0

S/N 93001

湿度 40 %

112

4. 3 総合試験結果

試作したトランスミッター及びレシーバーの各ユニットを組み合わせ、各々をアクリルパイプに組み込み、水槽中で総合試験を行った。総合試験概要図を図-4. 3. 1に総合試験接続図を図-4. 3. 2に、試験結果を図-4. 3. 3～図4. 3. 7に示す。

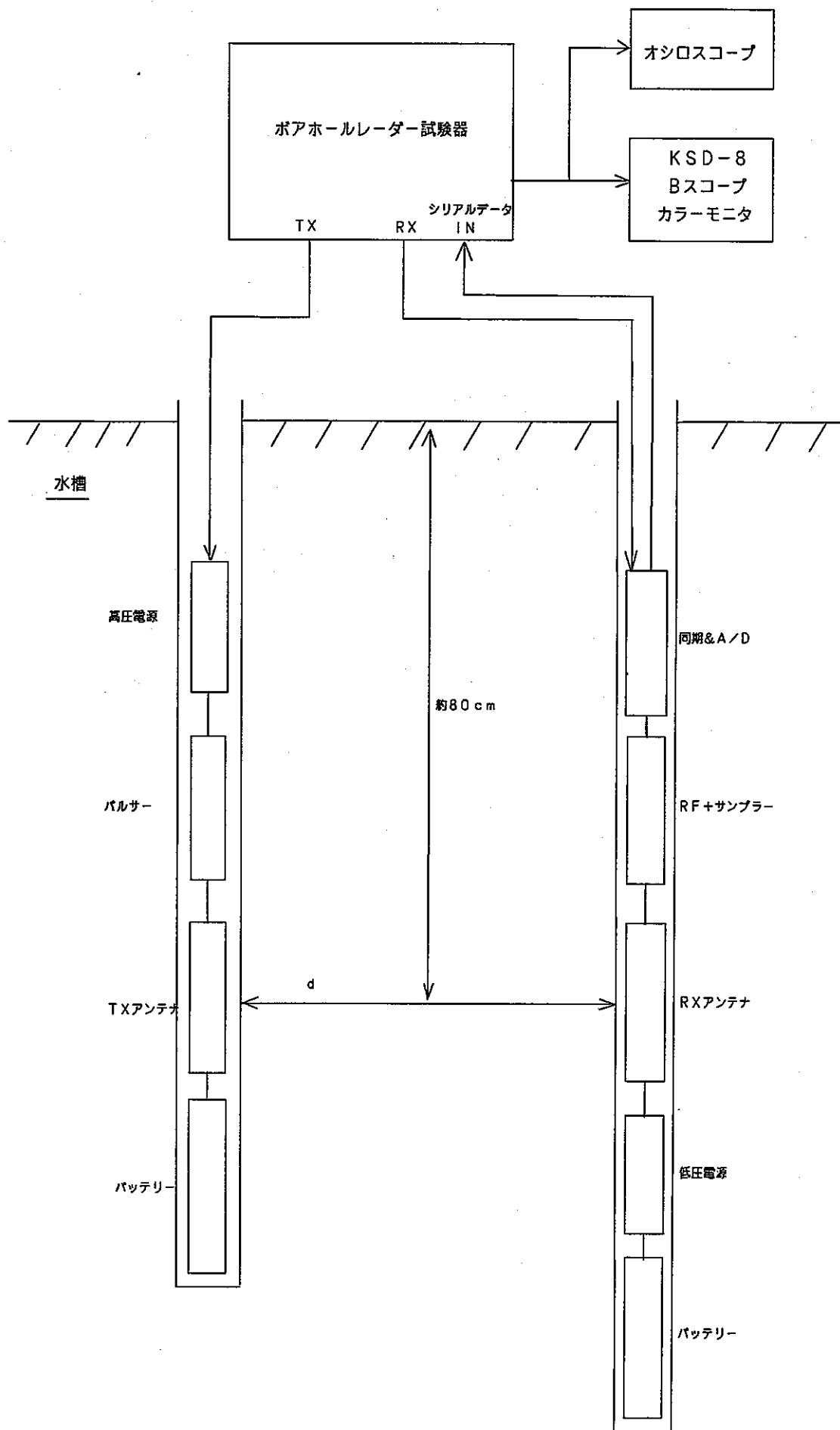


図-4.3.1 総合試験概要図

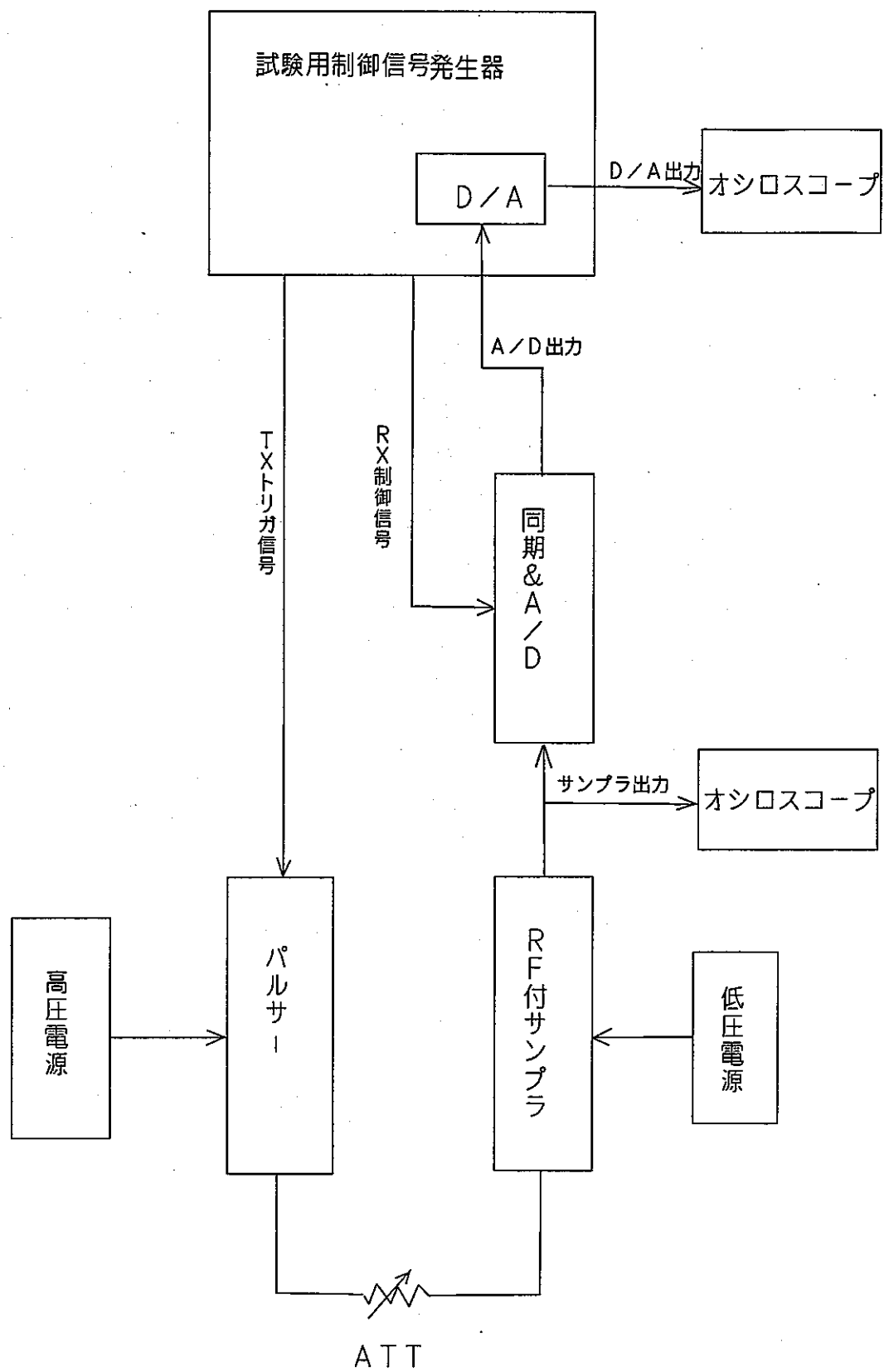


図-4.3.4 試験用総合接続図

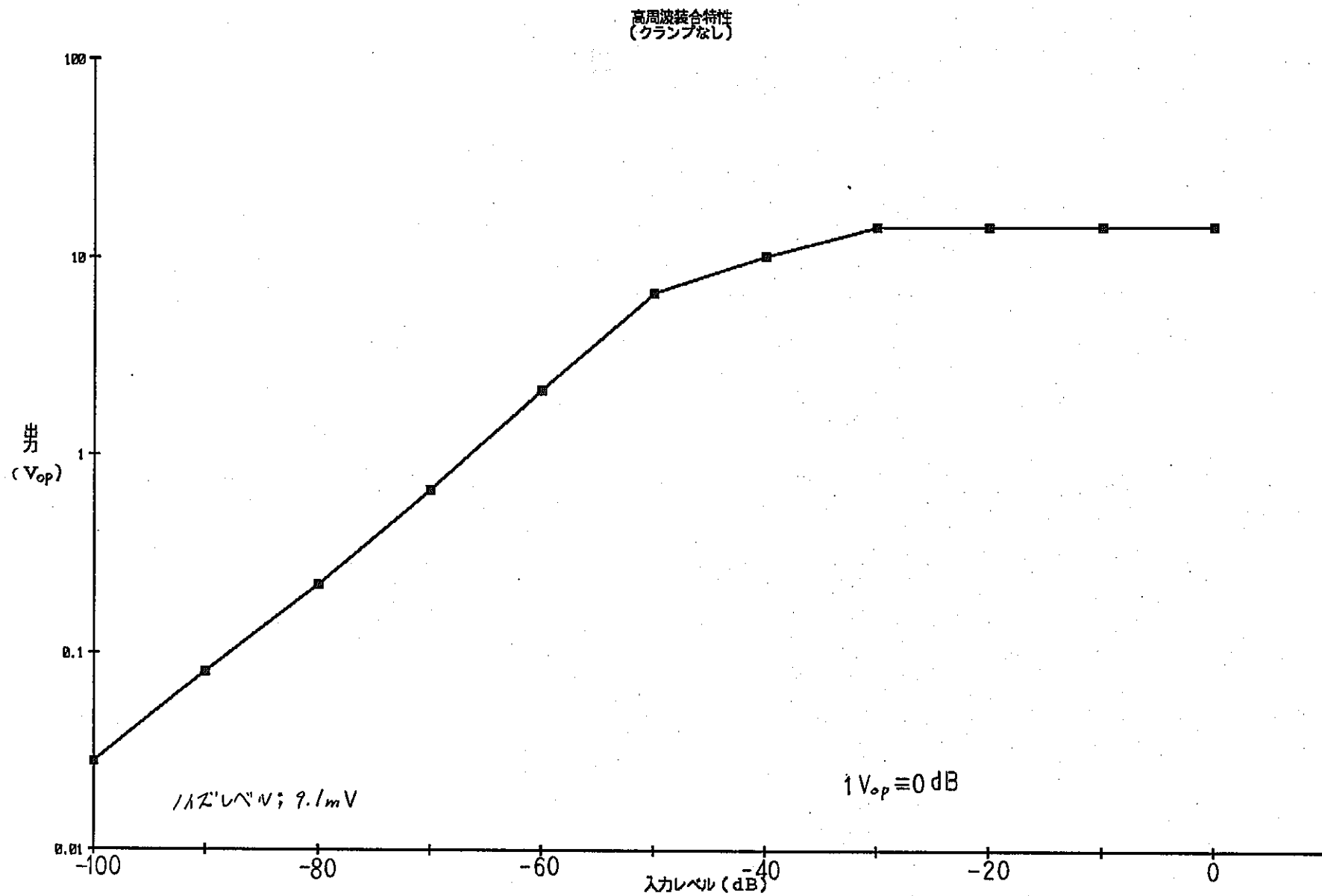
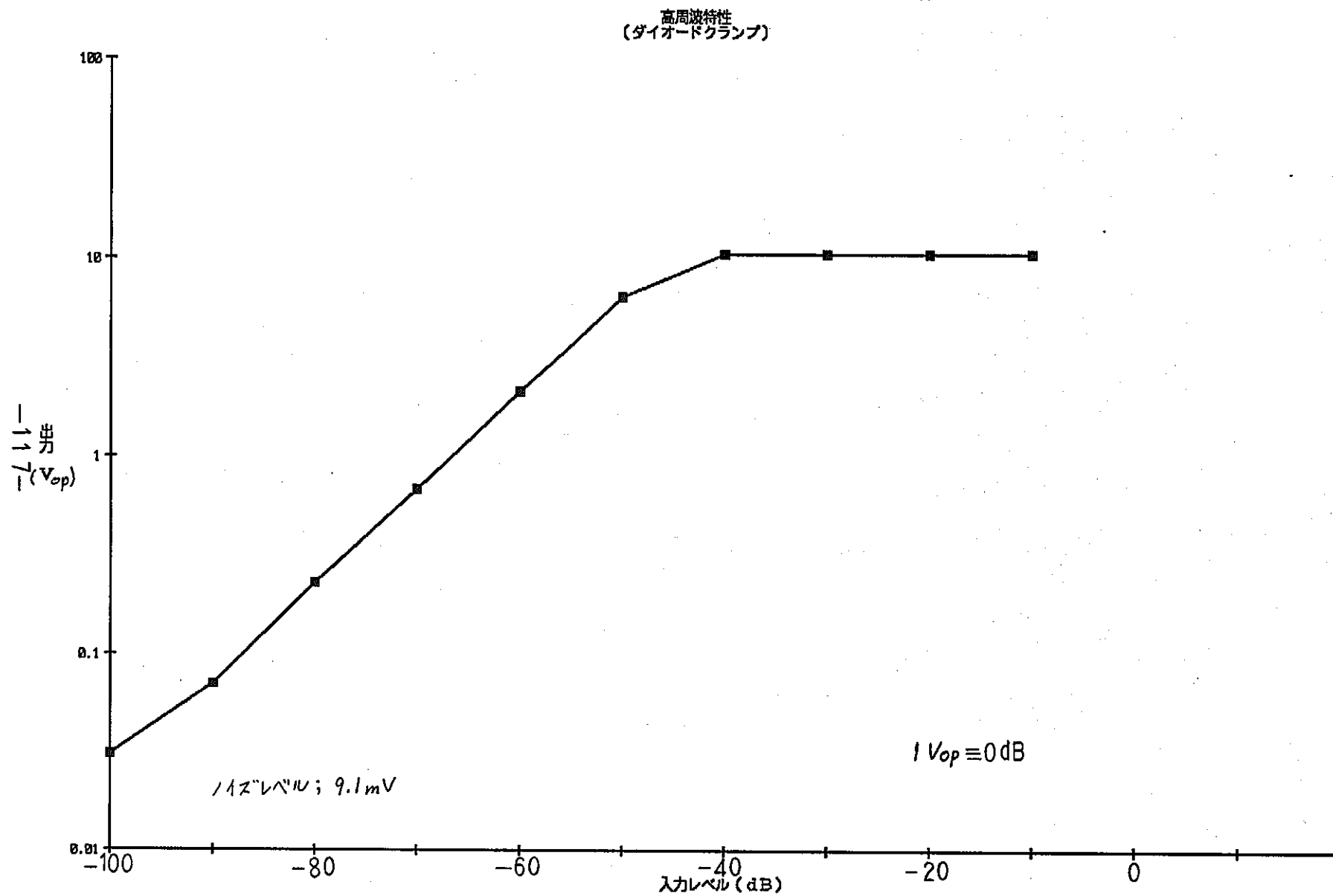


図-4.3.3 受信系総合特性



図一 4 . 3 . 4 受信系総合特性

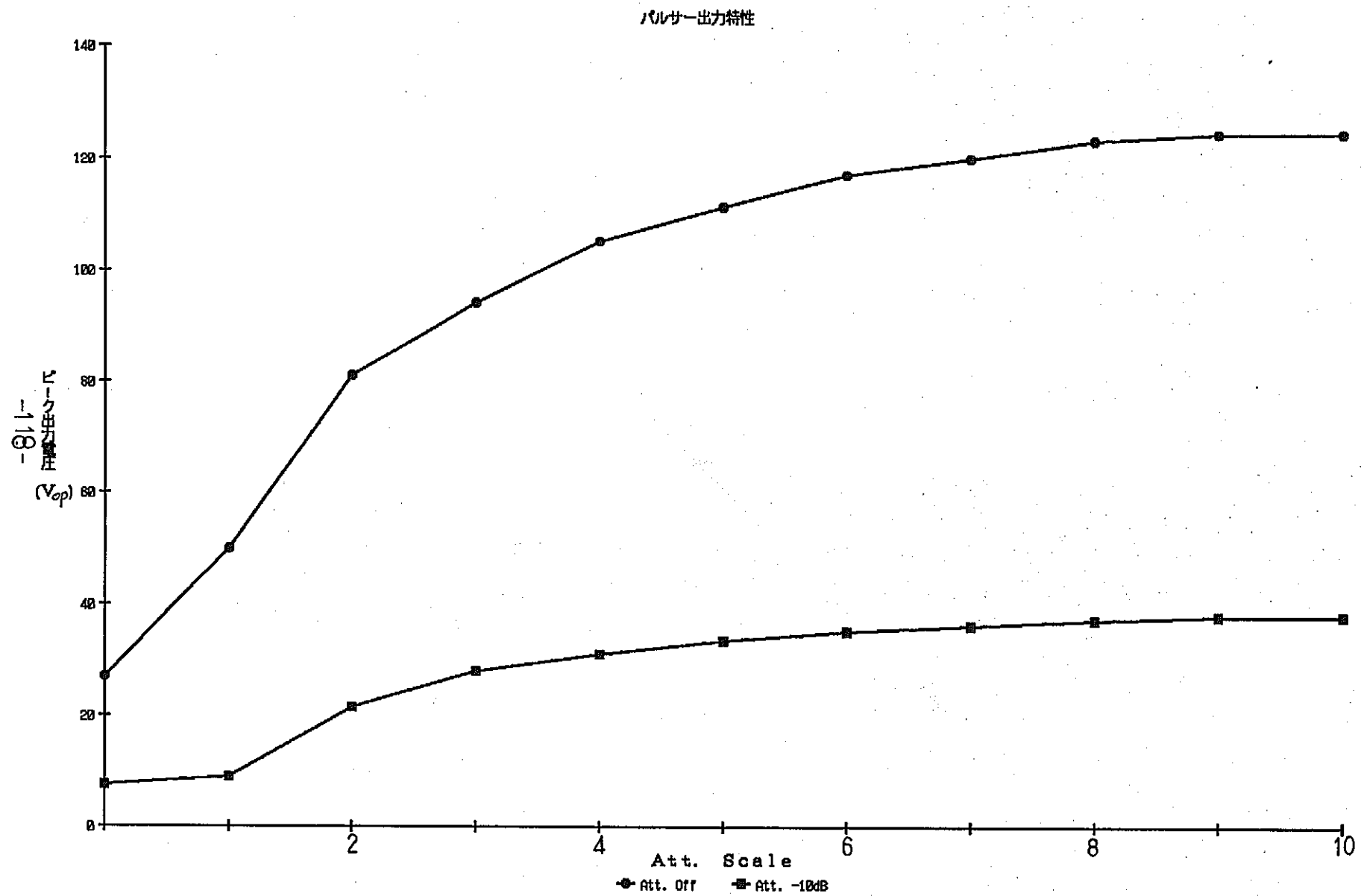
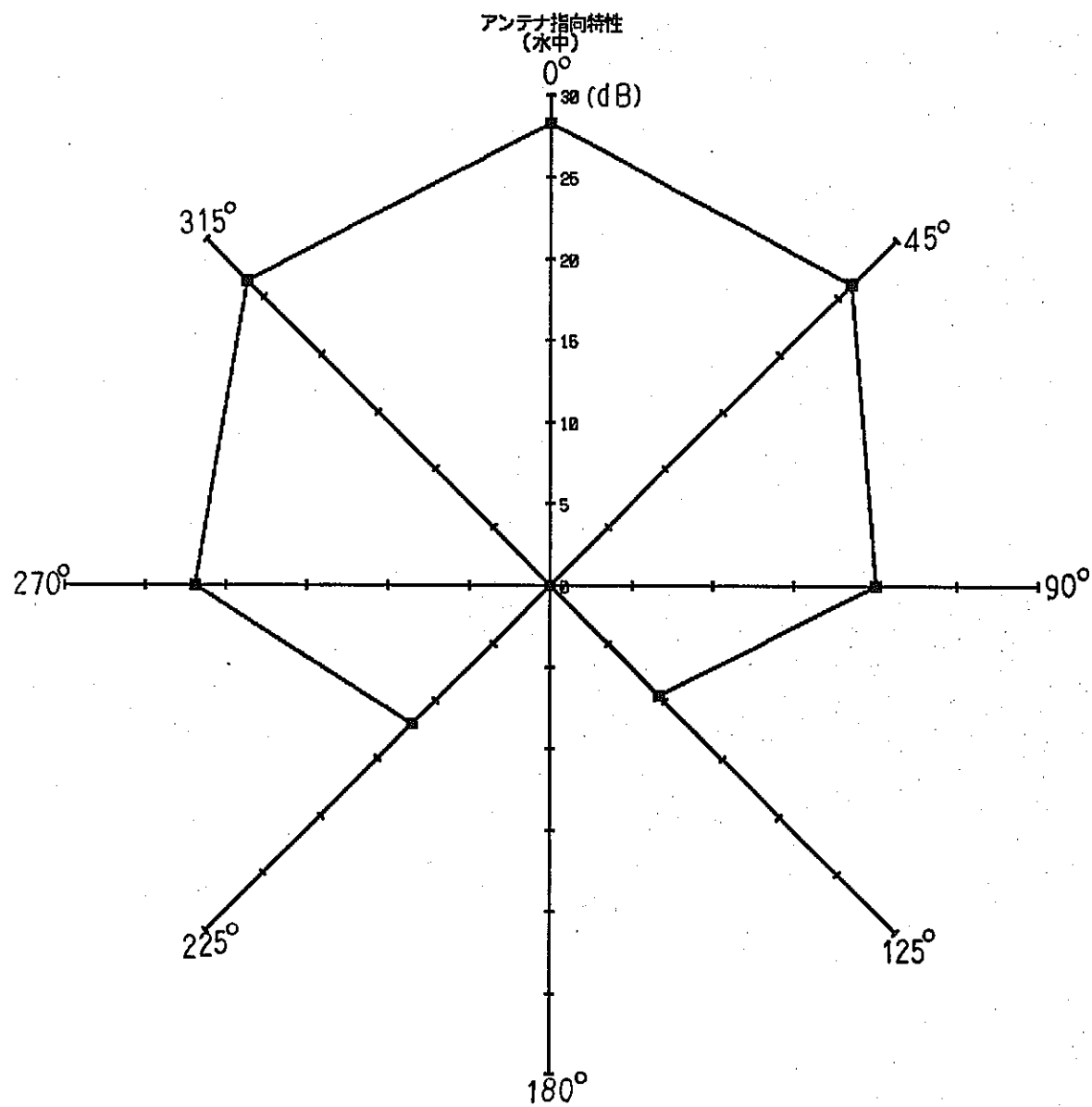


図-4.3.5 パルサー出力特性



図一 4 . 3 . 6 アンテナ指向特性

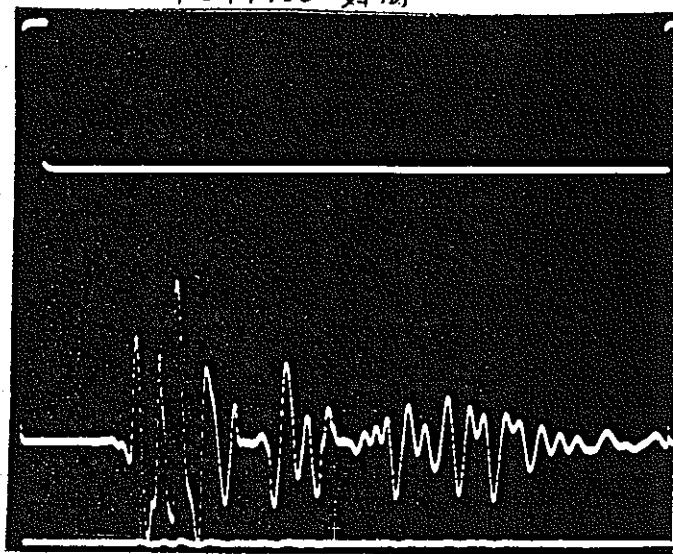
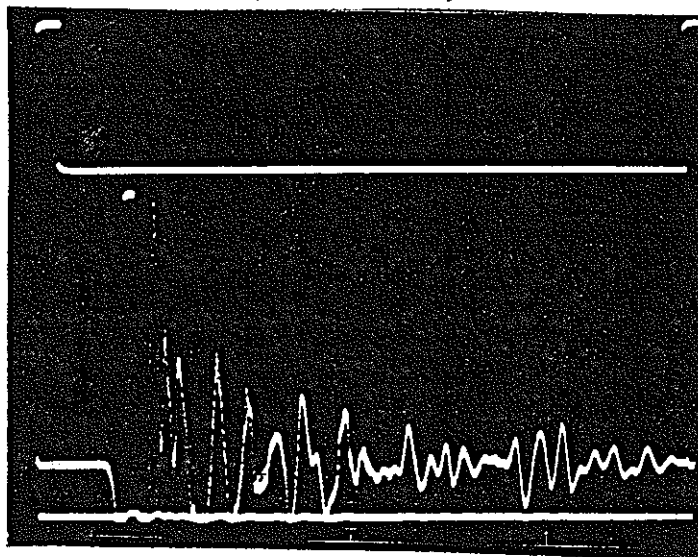
図-4.3.7 ホール L-タ 水槽 実験受信波形

H.5.12.27

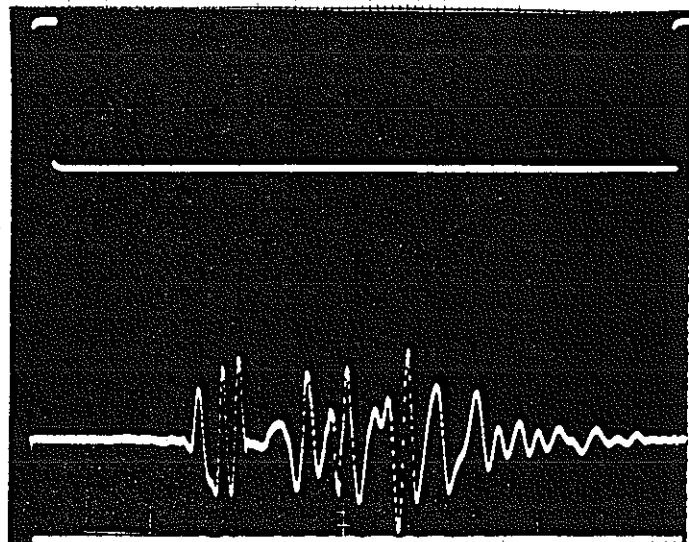
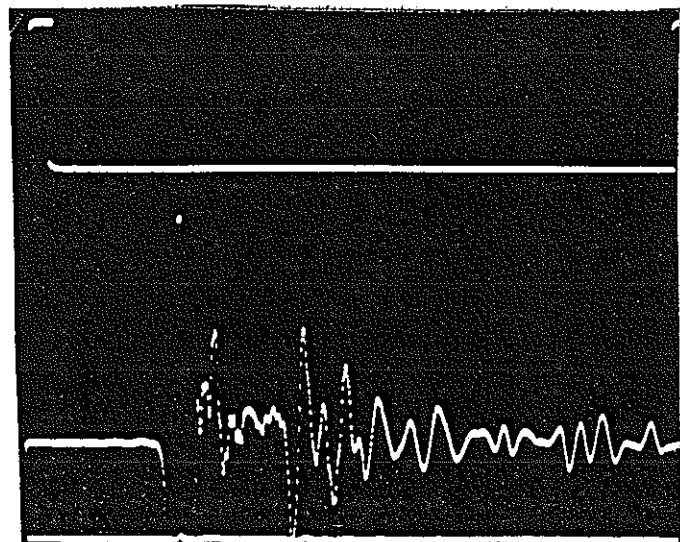
アンテナ 0° 対向

アンテナ 180° 対向 上ノ原工場

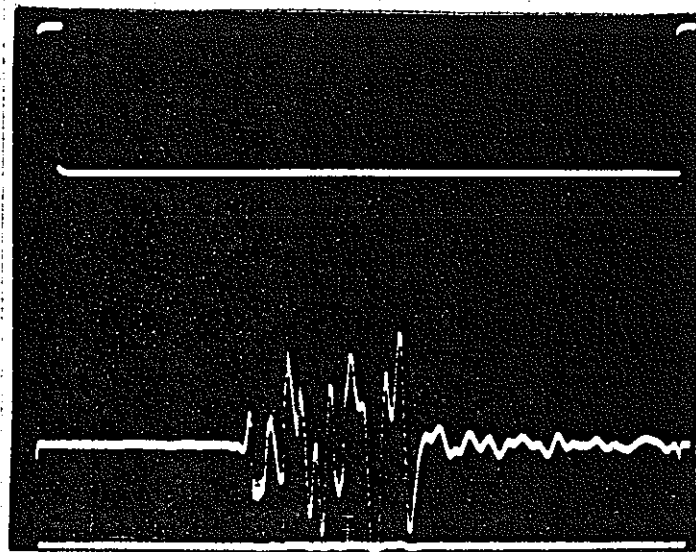
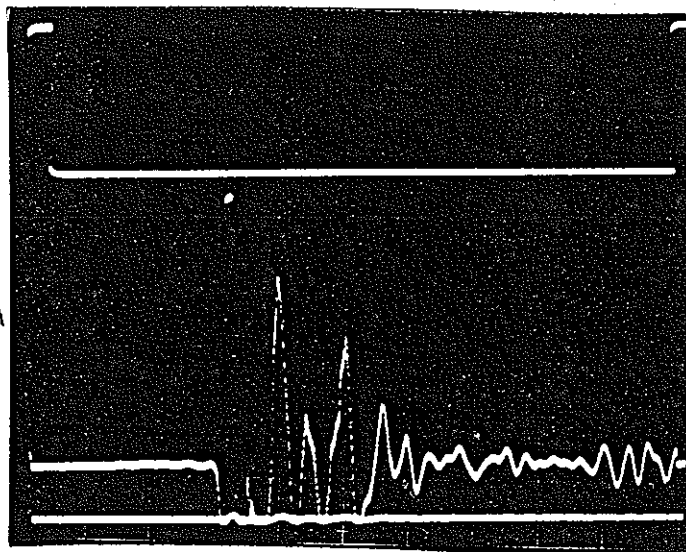
d=50
cm



d=1m



d=1.5m



V: 1V/div

H: 4μs/div (20μs 相当)

5. まとめと今後の課題

本報告書は、試錐孔を利用して坑道周辺の割れ目を詳細に把握する目的で、周波数帯域を200MHzまで拡張した試錐孔用レーダプローブを設計し、回路を試作、試験した結果をまとめたものである。なを、制御・収録・解析部は既存のRAMACシステムの地上装置を使用することを前提とした。

以下、本設計の成果を列挙する。

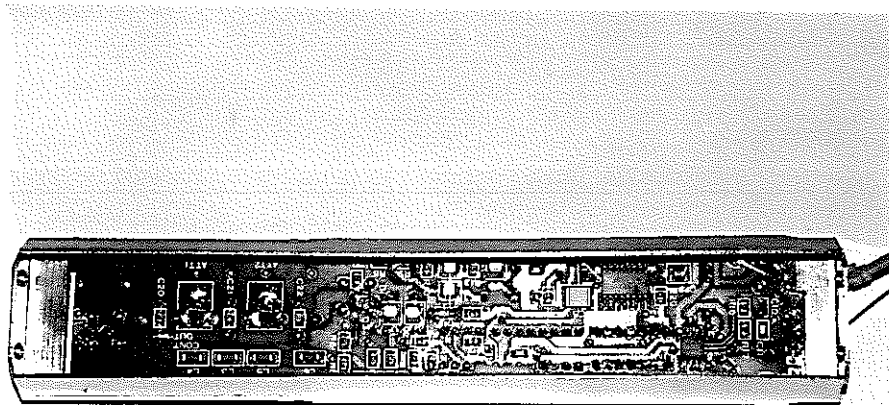
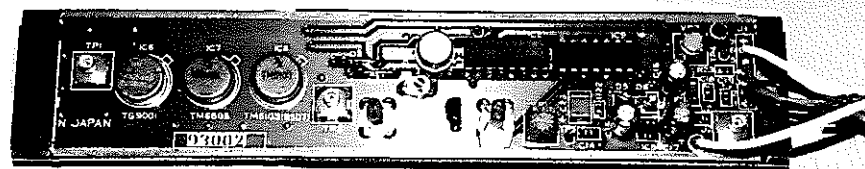
- (1) プローブ内エレクトロニクスは各機能毎にユニット化し、ユニット間を絶縁してアンテナとの干渉が最小になるように設計した。
- (2) パルス発生器は、50Ω終端で出力パルス電圧はピーク値122V、半値巾3nSが得られた。
- (3) パルス発生器とアンテナを組み合わせた場合の空中における反射電力損は、Txアンテナで-18dB以下、Rxアンテナでは-20dB以下であった。また、水中におけるアンテナの放射指向特性の前後比は28.4dBであった。

今回の設計では、アンテナの特性評価を空中及び水中で行った。今後、ボアホールレーダプローブを製作するに当っては、今回試作したプローブを使用して花こう岩中においてアンテナ特性の評価を行い、その結果を反映させる必要がある。

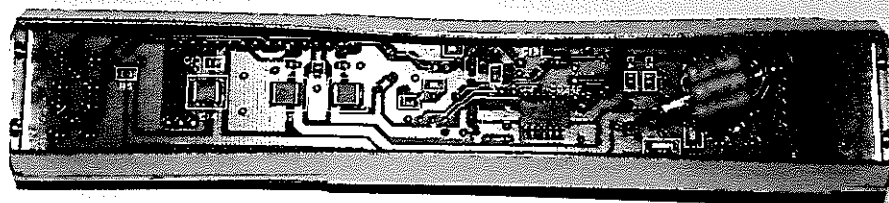
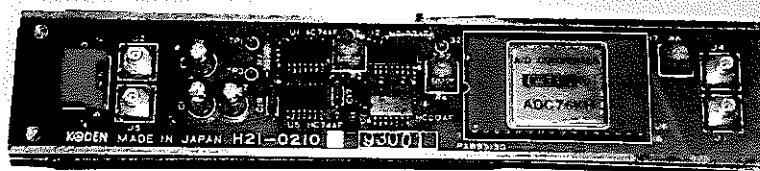
以上

6. 写 真

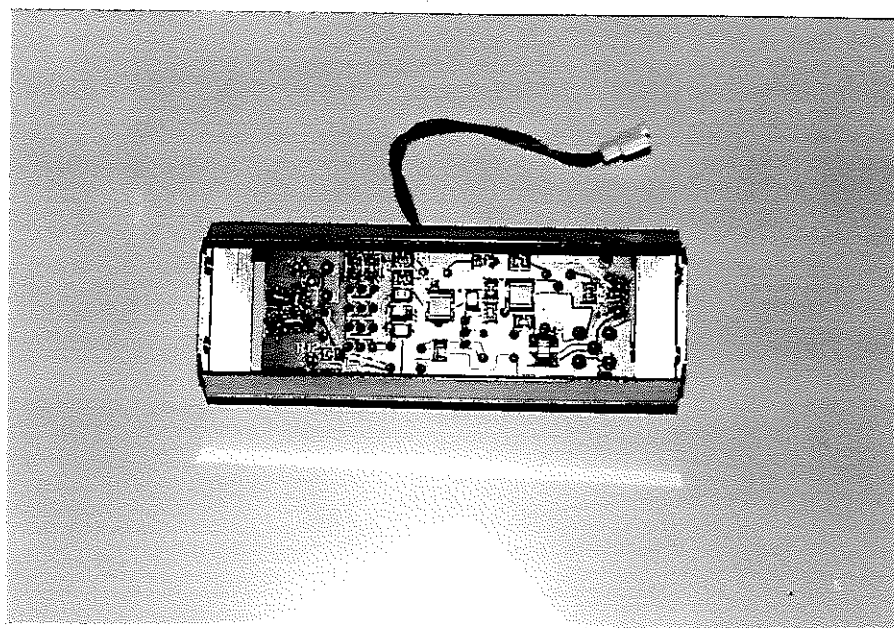
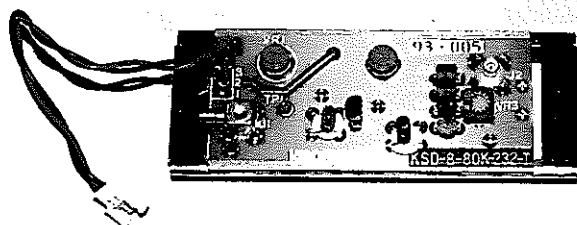
高周波増幅回路付サンプラーユニット



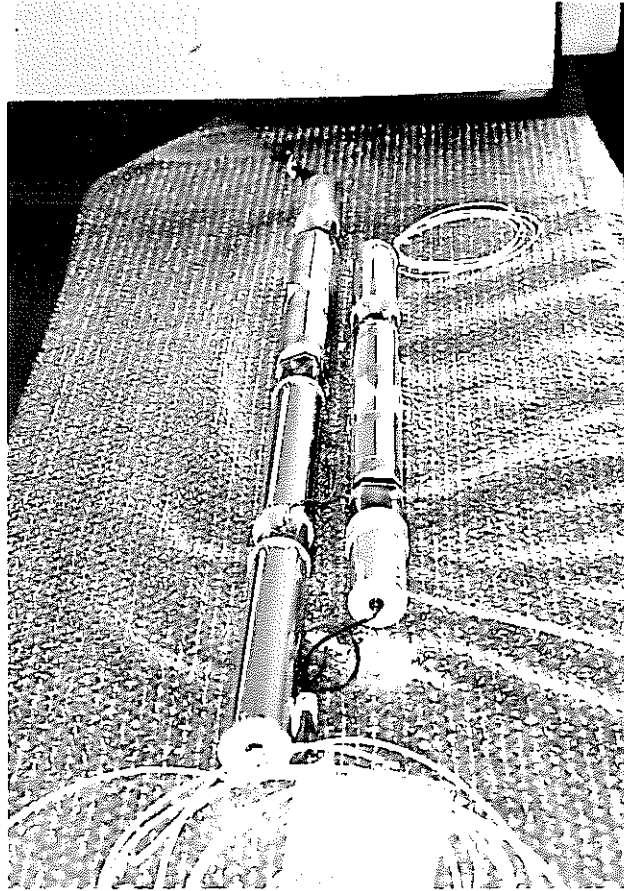
同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット



パルサーユニット



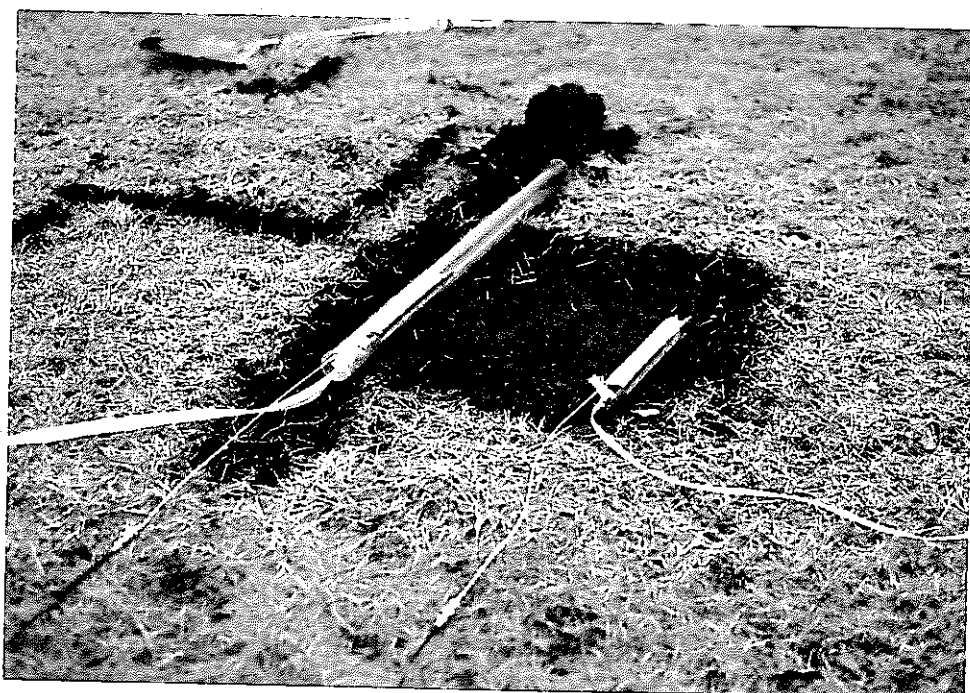
レシーバー部（左）及びトランスミッター部



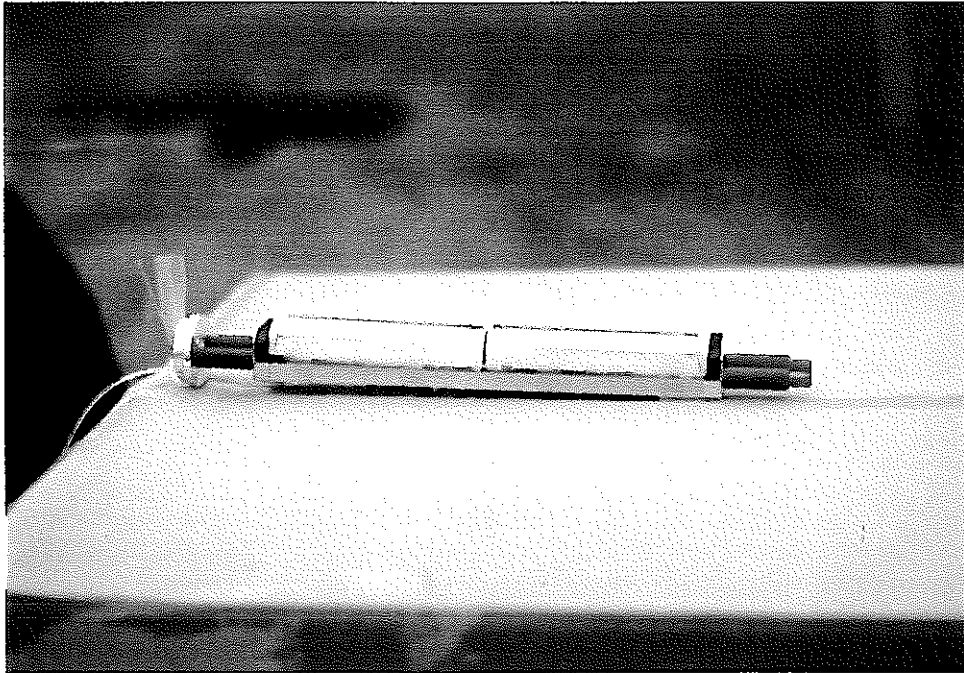
アンテナ空中伝送特性



地表面伝送特性



空中の入力反射特性



地表面の入力反射特性



7. 謝 辞

本設計を遂行するにあたり、東北大学工学部 資源工学科 新妻研究室の佐藤源之助教授には有意義なご助言とご指導を賜りました。ここに心から謝意を表します。

8. 参考文献

- (1) Development of a Borehole Directional Antenna at VHF.
H.T. Chang, Sandia Report SAND 84-0254. 1984.
- (2) Development of Deep-penetrating Borehole Geophysical technique for
Predicting Hazards Ahead of Coal Mining.
S.A. Suhler, O. Tranbarger, Southwest Research Inst. 1980.
- (3) RAMAC REPORT No. 87-11
SWEDISH GEOLOGICAL Co.,
- (4) Results from Borehole Radar Measurements at PNC Chubu Works and PNC
Ningyou Toge Works.
O. Olsson, L. Lundmark
Swedish Geological Co., 1988.
- (5) Radar Measurements with a Directional Borehole Antenna.
O. Olsson, L. Falk, E. Sandberg.
SEG. 1989
- (6) RAMAC 評価実験報告書
新妻、佐藤
東北大学工学部 資源工学科
- (7) 応用電磁波工学
山下栄吉
電子・情報基礎シリーズ 近代科学社

9. 付 録

東北大学工学部資源工学科
佐藤 源之

現状RAMACシステムの分解能を向上させることを目的とし、帯域を200MHzまで広げること想定した改造計画に関して検討した結果を以下の項目ごとにまとめる。

1. パルス発生器

図1にRAMACパルス発生器のパルス信号波形を示す。半値幅約20nsのDCパルスである。図2に東北大学で製作したパルス発生器のパルス信号波形を示す。回路構成は異なるが、アバランシュトランジスタを用いた類似の回路であり、類似した半値幅約5nsのパルスが得られている。図3に東北大学パルス波形のスペクトルを示す。帯域はおおよそDC~300MHzと評価される。従ってRAMACのパルスの場合、帯域はおおよそDC~50MHz程度と見積もられる。(1991年3月東北大学報告書参照)

2. 送受信アンテナ

RAMACは送受信アンテナに2点給電アンテナを使用しているが、基本特性はダイポールアンテナと大差ないと考える。基本的なダイポールアンテナの基本共振周波数はアンテナ全長が半波長の周波数として与えられる。原理的にはアンテナ長を短くすれば共振周波数を高めることができる。パルス発生器をアンテナに内蔵する場合、アンテナ径は比較的太くなる。太いアンテナは共振帯域が広まる代わり、共振周波数を低下させる傾向のあることが知られている。アンテナ形状によるアンテナ放射効率とスペクトルの関係を模式的に表したのが図3である。パルス波のスペクトルとアンテナ効率の積が放射電磁波のスペクトルになる。

3. 受信系

現状システムのサンプリング精度1ns(サンプリング周波数1GHz)であり、帯域が200MHzでも対応はできる。しかし信号の質を考慮して、0.5ns以下の精度が実現できることが望ましい。

4. コントロールシステム

コントロールシステムではRF信号を直接扱っていないから特に問題点はない。

送受信系統を総合すると、現状の R A M A C システムではパルス発生器の帯域が 5 0 M H z 程度であるため、アンテナ長を短くしても 5 0 M H z 以上の電磁波放射効率は著しく低下してしまう。これがシステム全体の帯域を制限する最も大きな原因になる。東北大学システムでは帯域 3 0 0 M H z までのパルスを発生しているから、パルス発生器の改良で広帯域化は可能である。

図 4 は東北大学システムを用いて釜石鉾山花崗岩中で計測したボアホールレーダ反射信号のスペクトルである。(a) は送受信が全長約 6 0 c m のダイポールアンテナ、(b) は送信がダイポールアンテナ、受信がスロットアンテナである。(b) は(a) に比べ図には示されていないが振幅が小さくなっている。この点を除けば、計測周波数帯域は 1 0 0 M H z ~ 3 0 0 M H z である。スロットアンテナはアンテナ効率がダイポールアンテナより高い周波数で最大となるため、一種のフィルタリングによる効果が現れている。

以上の結果

1. パルス発生器の改良

2. アンテナ共振周波数の高周波化

により、現状 R A M A C の改造によって 2 0 0 M H z までの仕様は満たせると考える。ただしアンテナ高周波化にともない、リングングが問題となる可能性があり、アンテナ広帯域化を合わせて考慮する必要がある。

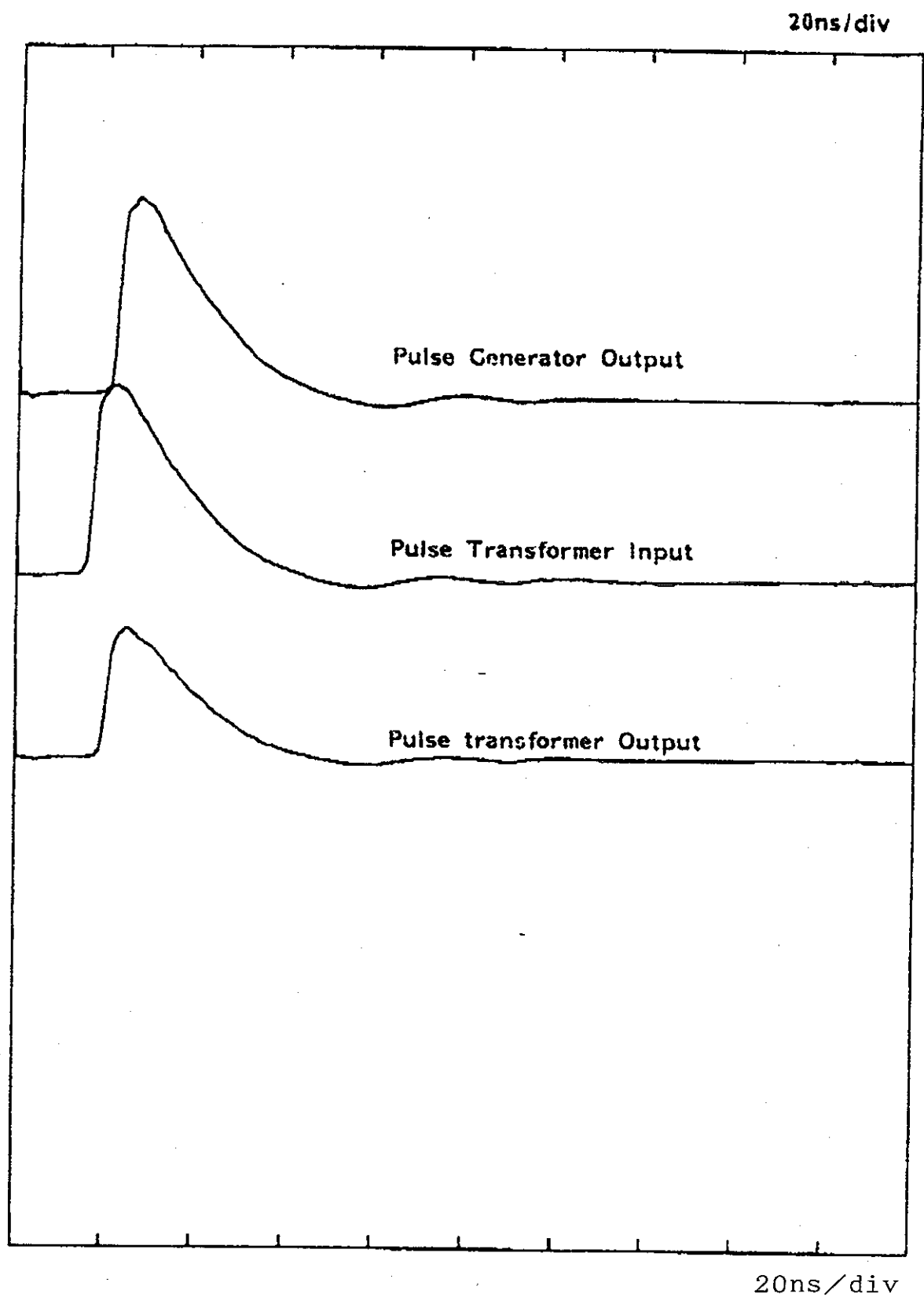
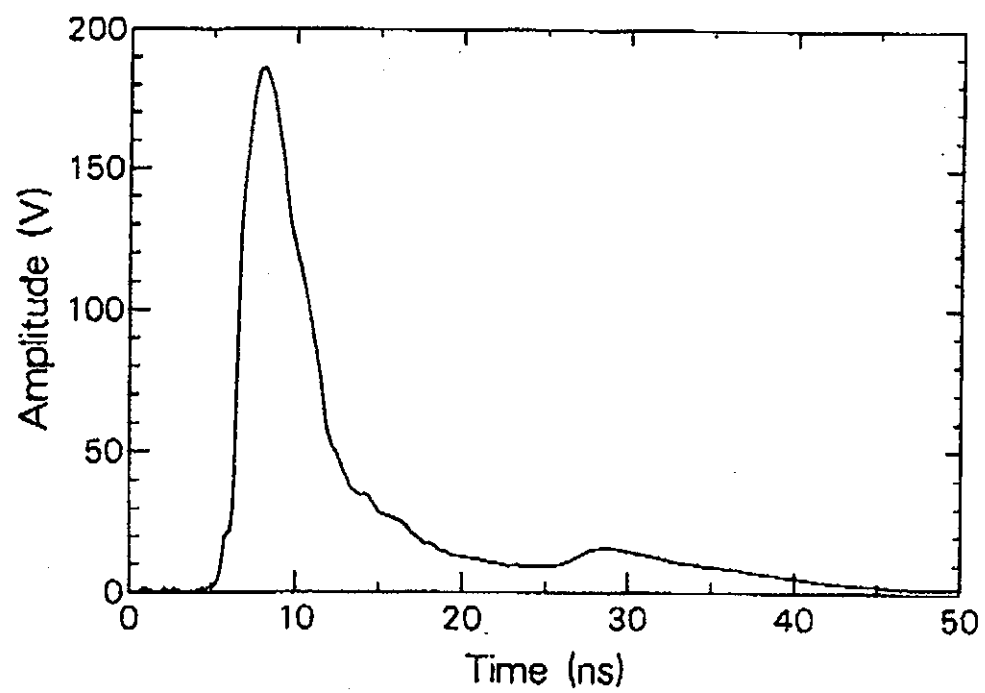
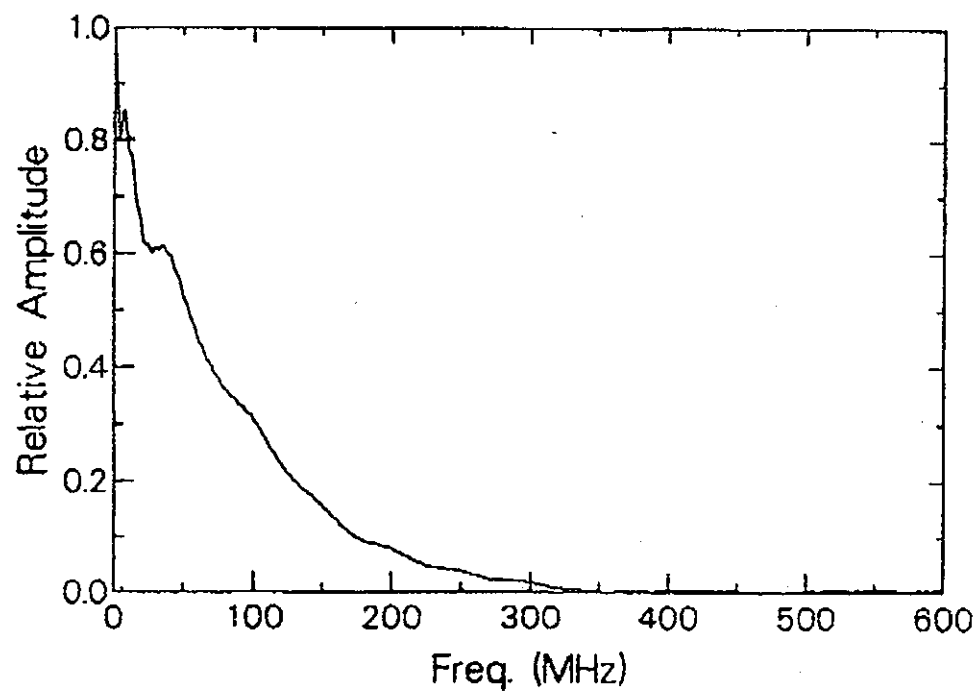


図 1 RAMAC出力パルス波形。
パルス発生器出力端、パルストランス入力端、パルストランス出力端でそれぞれ観測



(a) 波形



(b) スペクトル

図 2 パルス発生器の出力波形

(谷本 修士論文 1992)

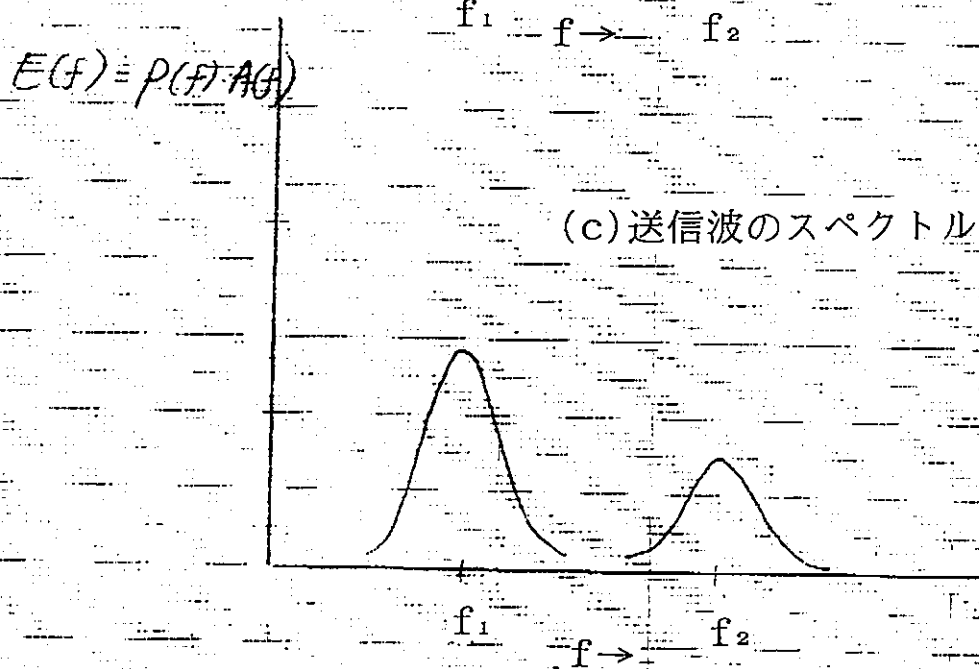
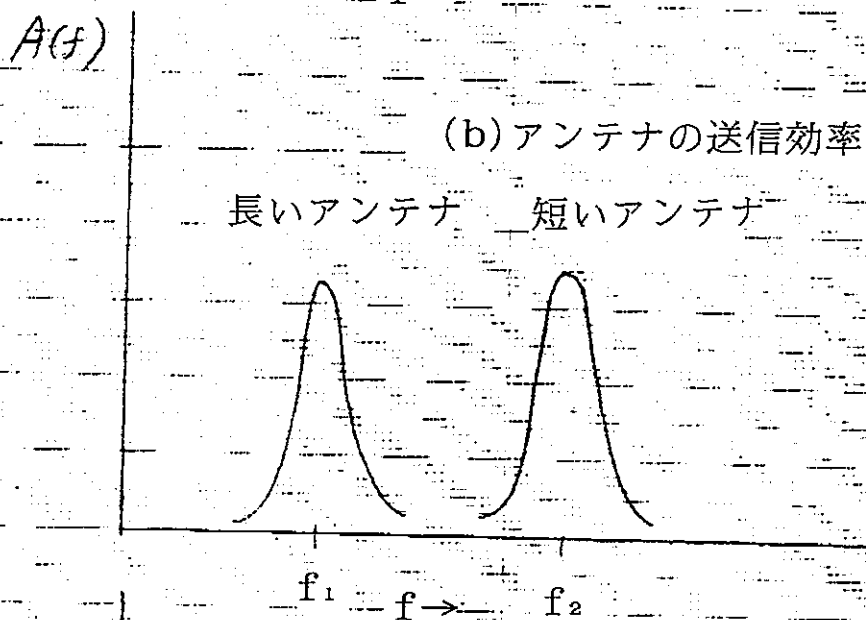
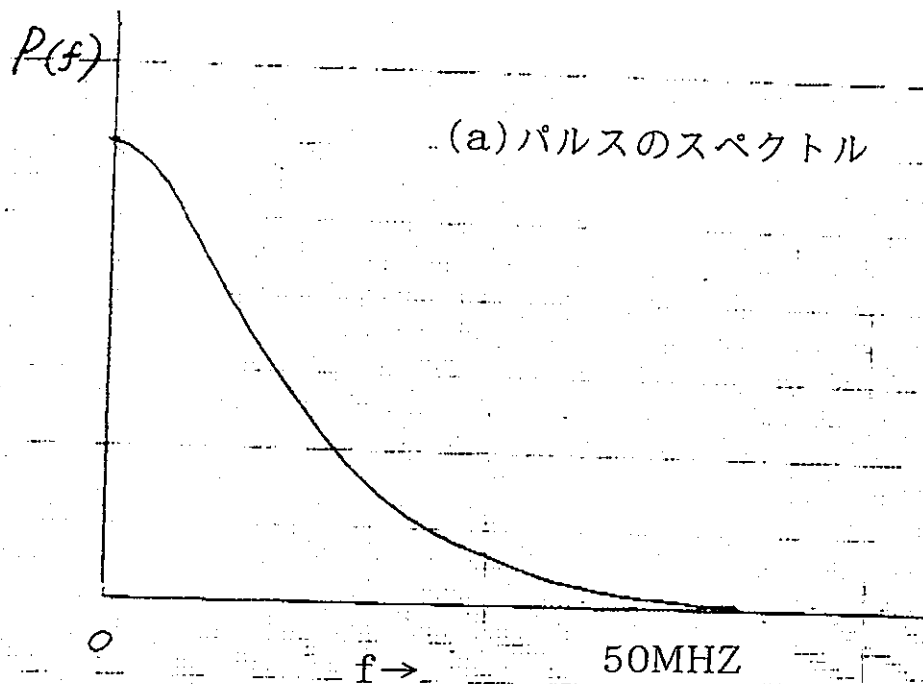


図 3 — アンテナ形状 と 送信波のスペクトル

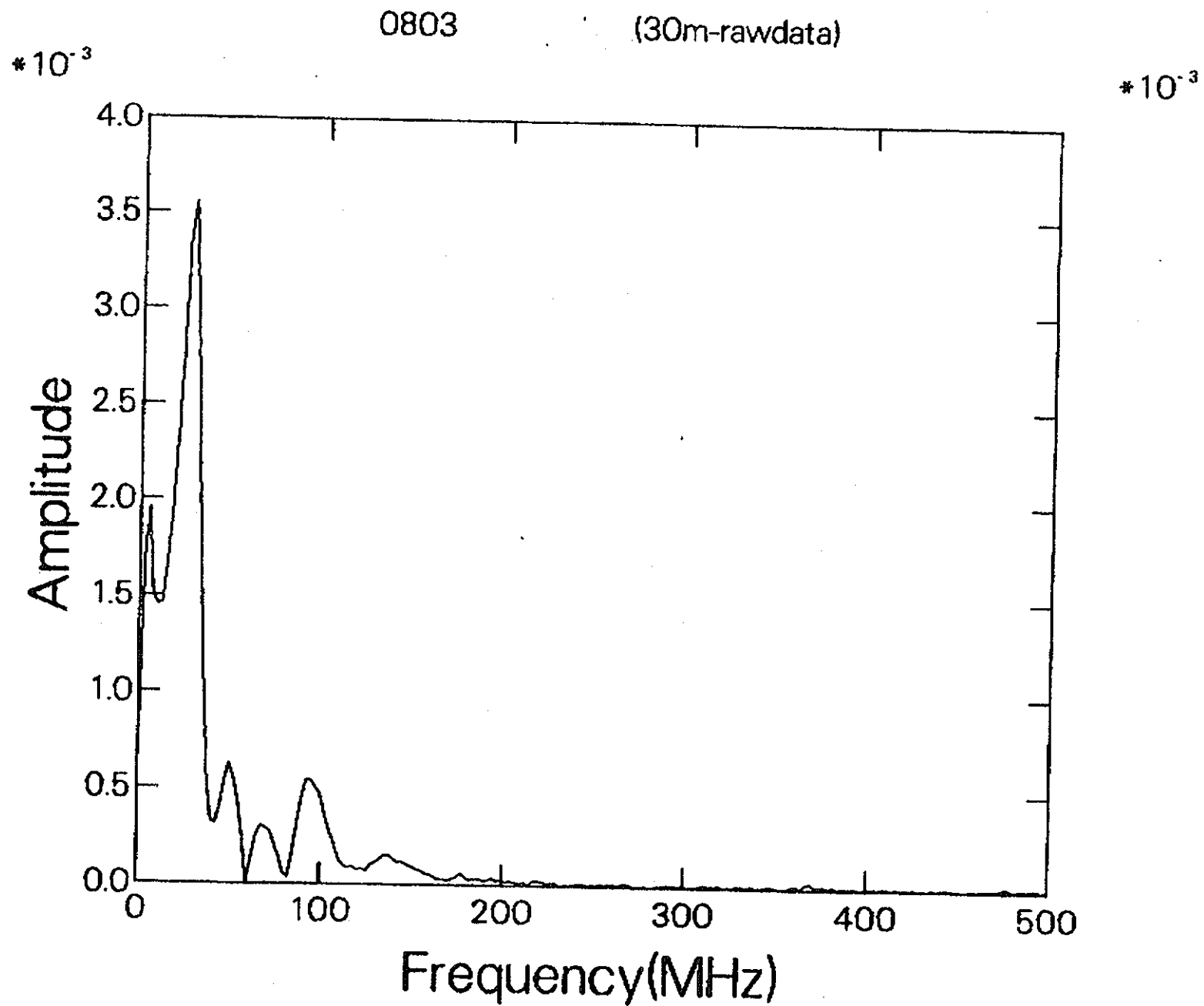


図 4 反射波のスペクトル (ダイポールアンテナー ダイポールアンテナ)

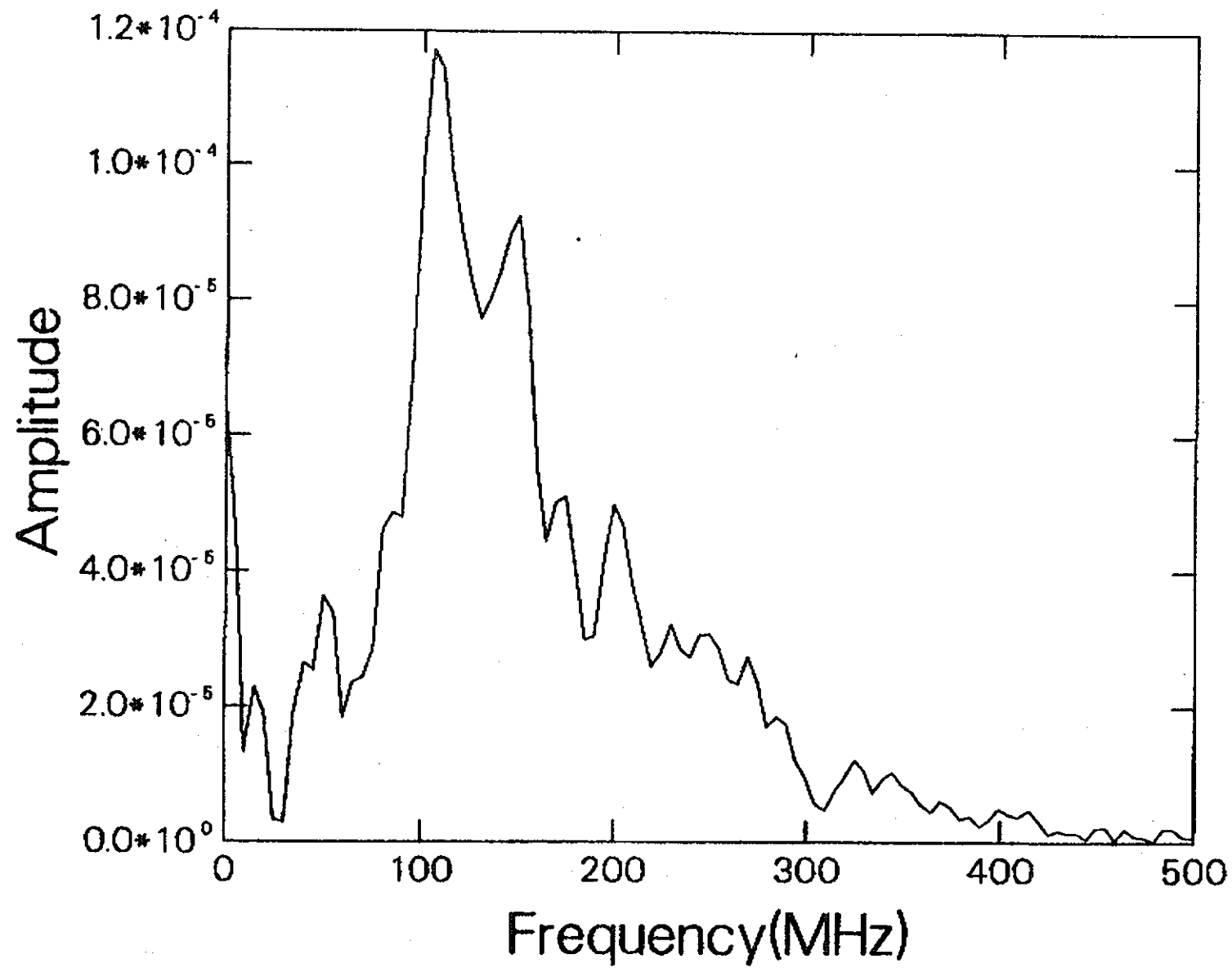


図 5 反射波のスペクトル (ダイポールアンテナースロットアンテナ)

試錐孔用帯域レーダープローブの設計

設計書

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務成果報告書)

1994年3月

株式会社物理計測コンサルタント

開示区分	資料区分
Z	J
7586 94-003 Vol. 2	
1994年 5月13日受入 動燃事業団・中部事業所	

設計書目次

1. 回路図

1. 1 レシーバプロープ

- 1) アンテナユニット
- 2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- 3) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
- 4) 光結合ユニット

1. 2 トランスミッタープロープ

- 1) アンテナユニット
- 2) パルサーユニット
- 3) 光結合ユニット

1. 3 試錐孔用広帯域レーダープロープ総合結線図

2. 基板部品配置図

2. 1 レシーバプロープ

- 1) 高周波増幅回路付サンプラー回路ユニット
- 2) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
- 3) 光結合ユニット (RX)

2. 2 トランスミッタープロープ

- 1) パルサーユニット
- 2) 光結合ユニット (TX)

3. ユニット外形図

3. 1 レシーバプロープ

- 1) RX部アンテナユニット
- 2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- 3) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
- 4) 光結合ユニット (RX)
- 5) 低圧電源ユニット

3. 2 トランスミッタープロープ

- 1) TX部アンテナユニット
- 2) TX部パルサーユニット
- 3) 光結合ユニット (TX)
- 4) 高圧電源ユニット

4. 試錐孔用広帯域レーダーユニット組立図

5. 試錐孔用広帯域レーダープロープ外筒組立図

1. 回路図

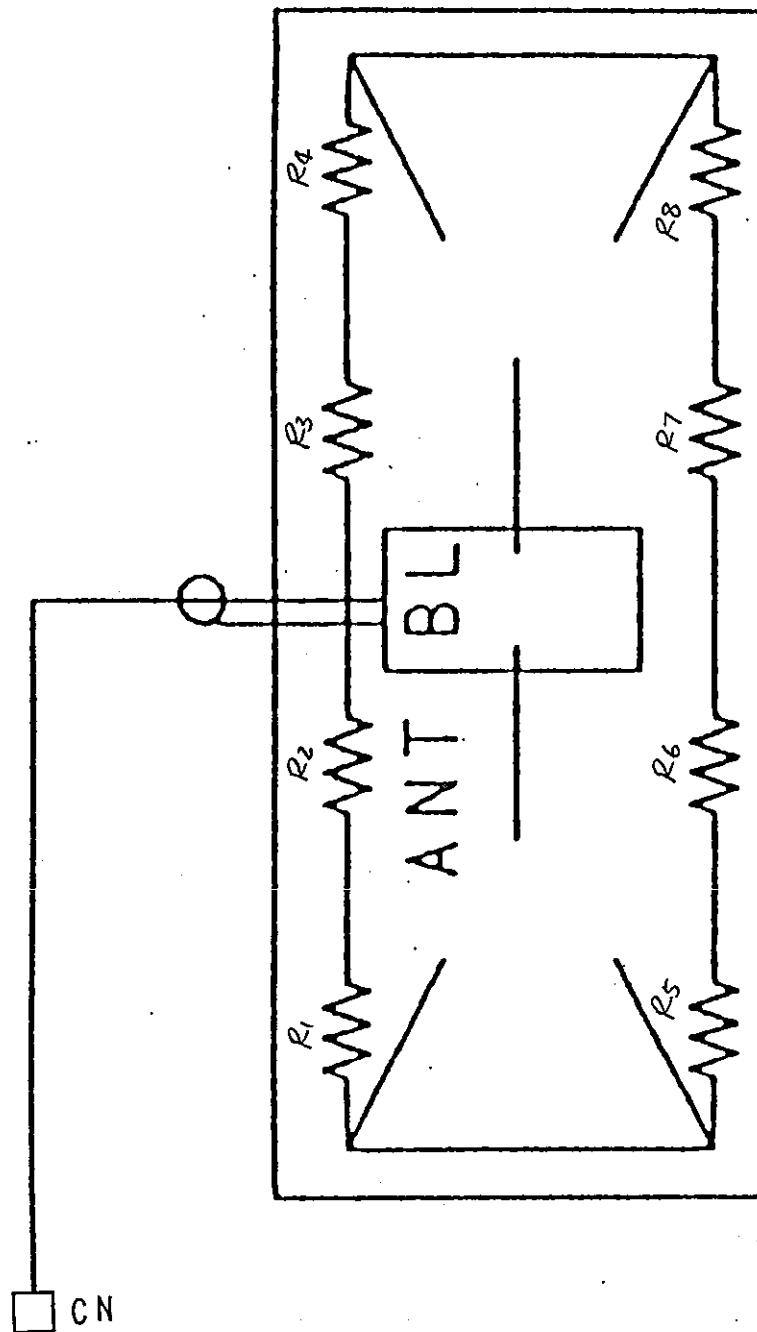
1. 1 レシーバープロブ

- 1) アンテナユニット
- 2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- 3) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
- 4) 光結合ユニット

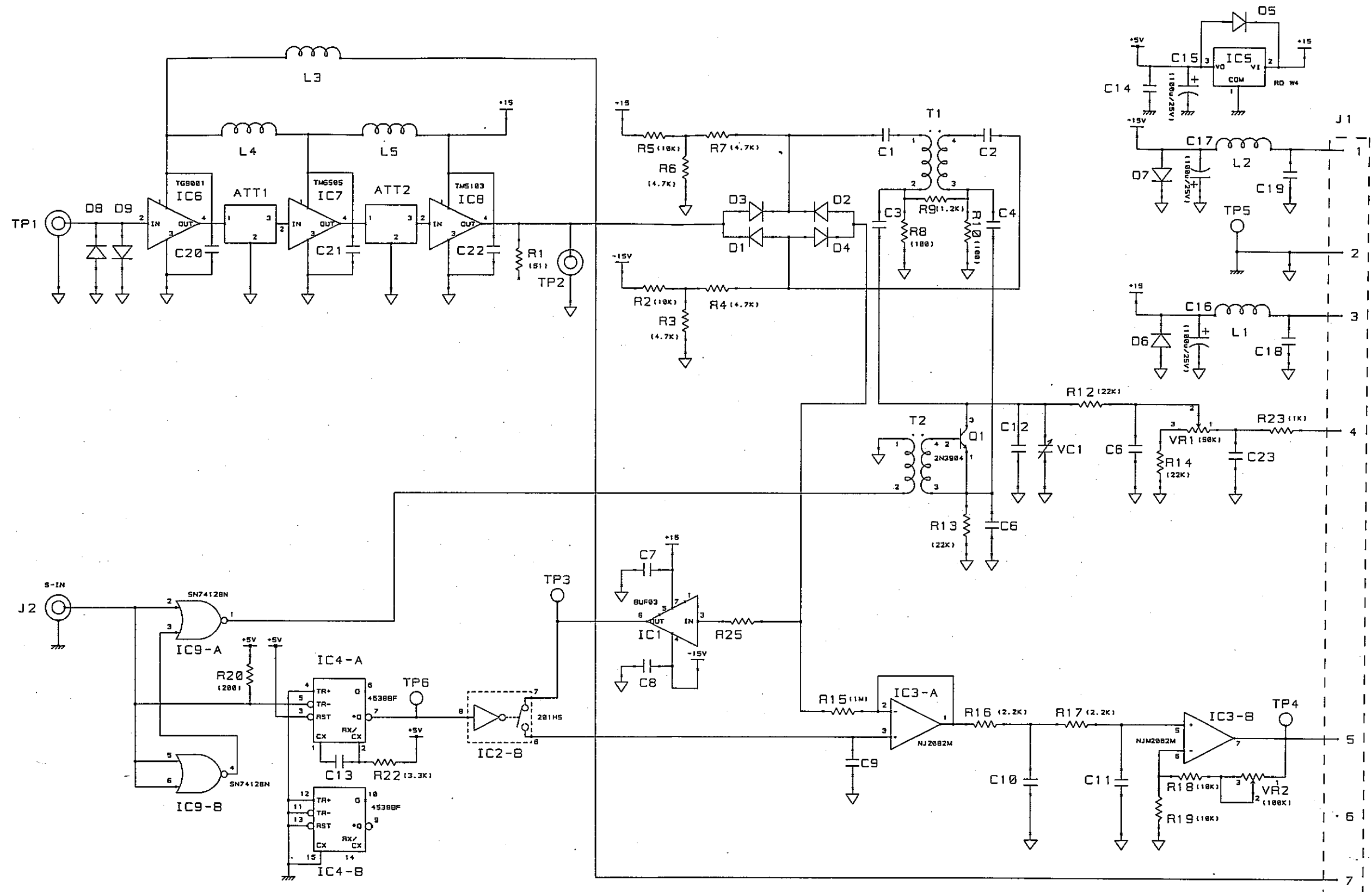
1. 2 トランスミッタープロブ

- 1) アンテナユニット
- 2) パルサーユニット
- 3) 光結合ユニット

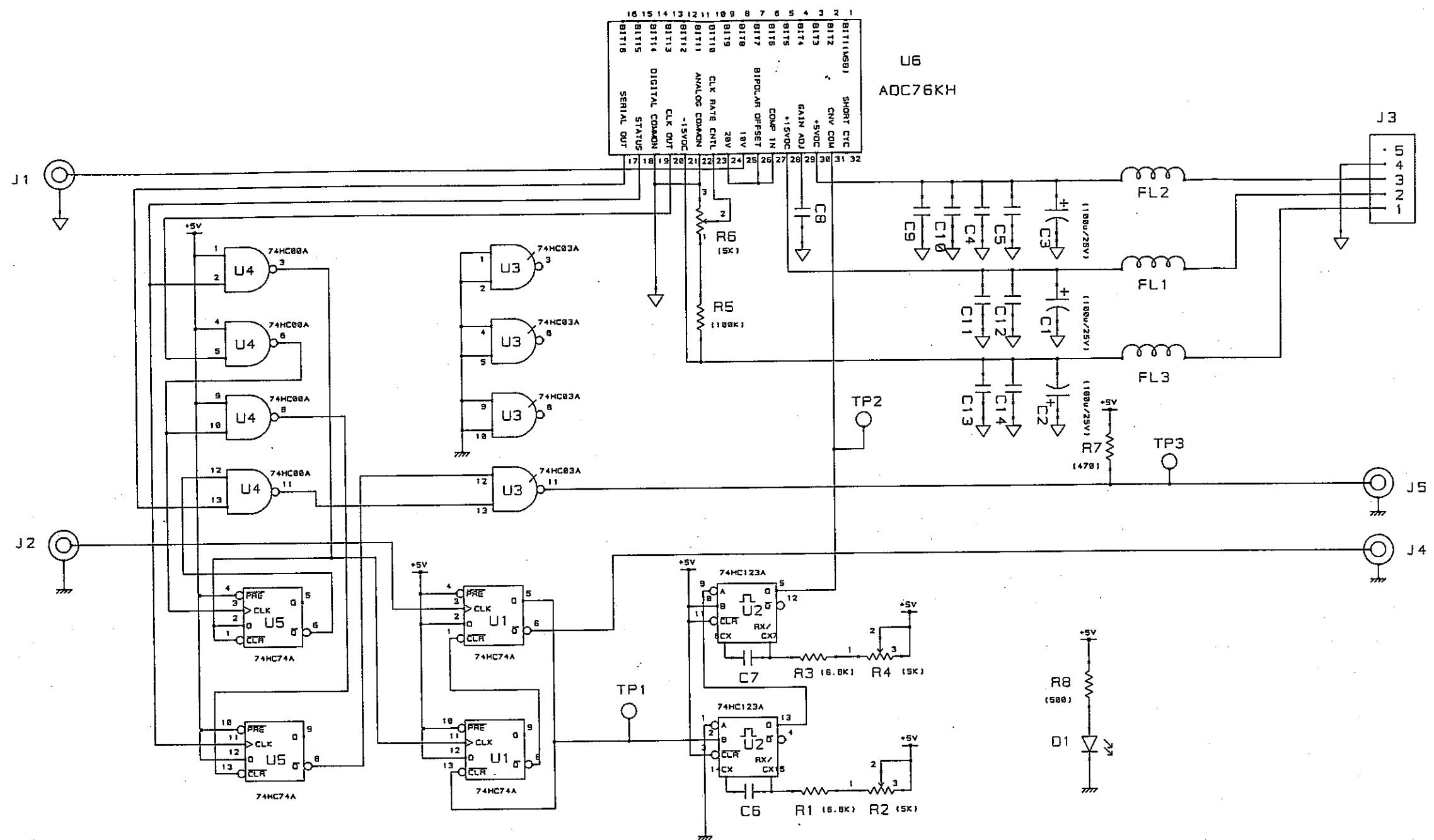
1. 3 試錐孔用広帯域レーダープロブ総合結線図



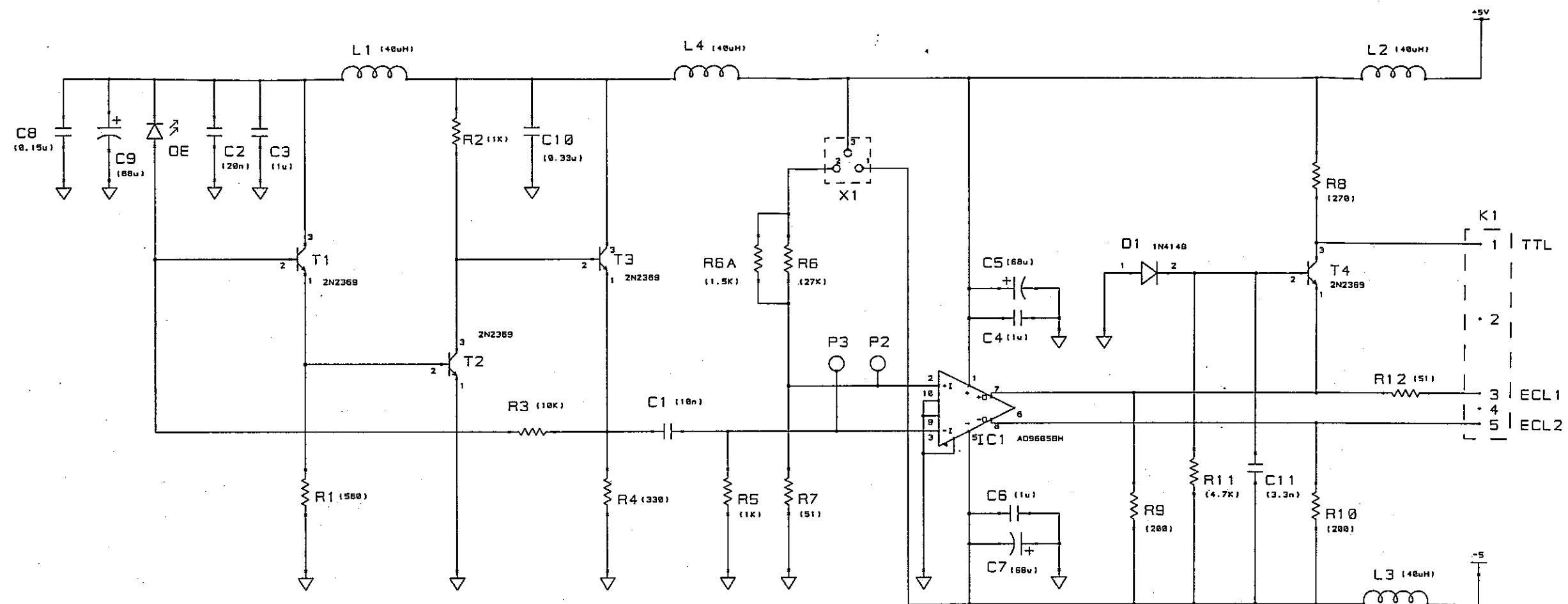
変更	内容					アンテナユニット
						R X アンテナエレメント
						(株) 物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/					my	



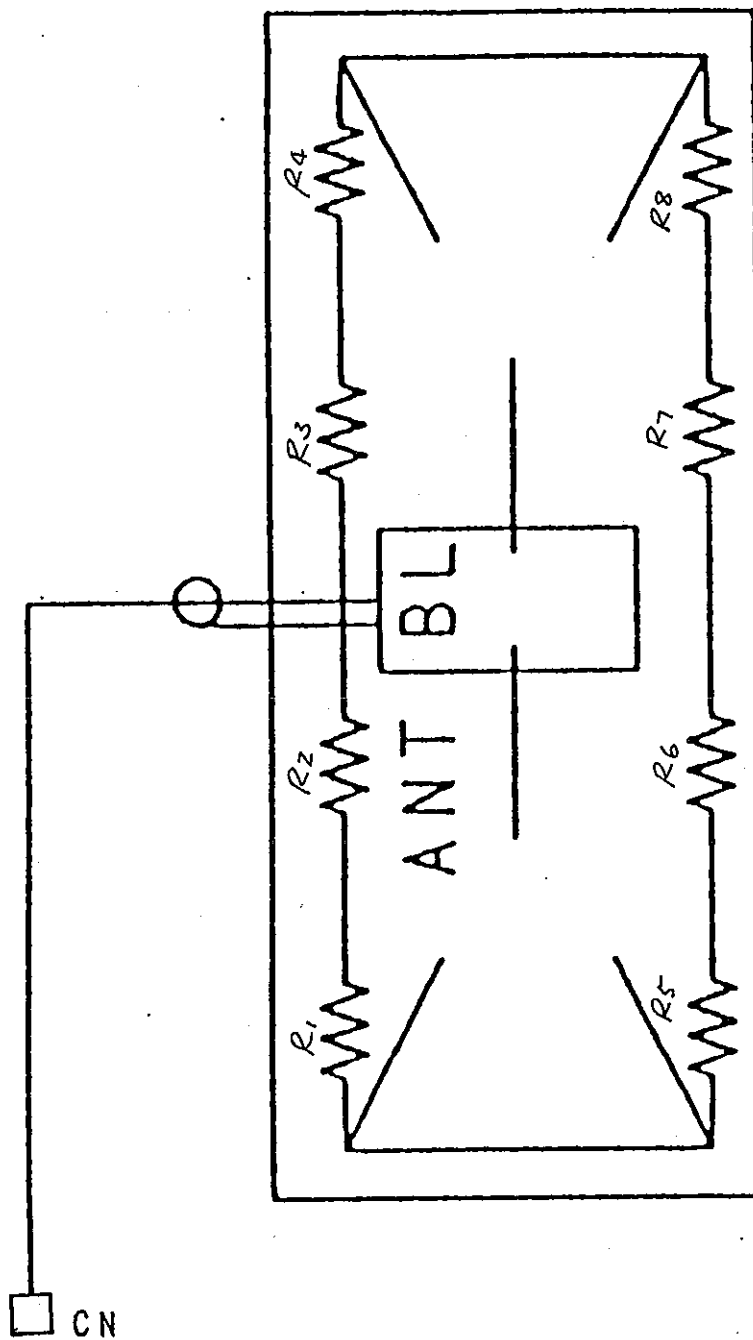
REV				TITLE	高周波増幅回路付サンプラーユニット
				DRG No	BR-93002-01C
OSGN		CHK		APRV	GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.



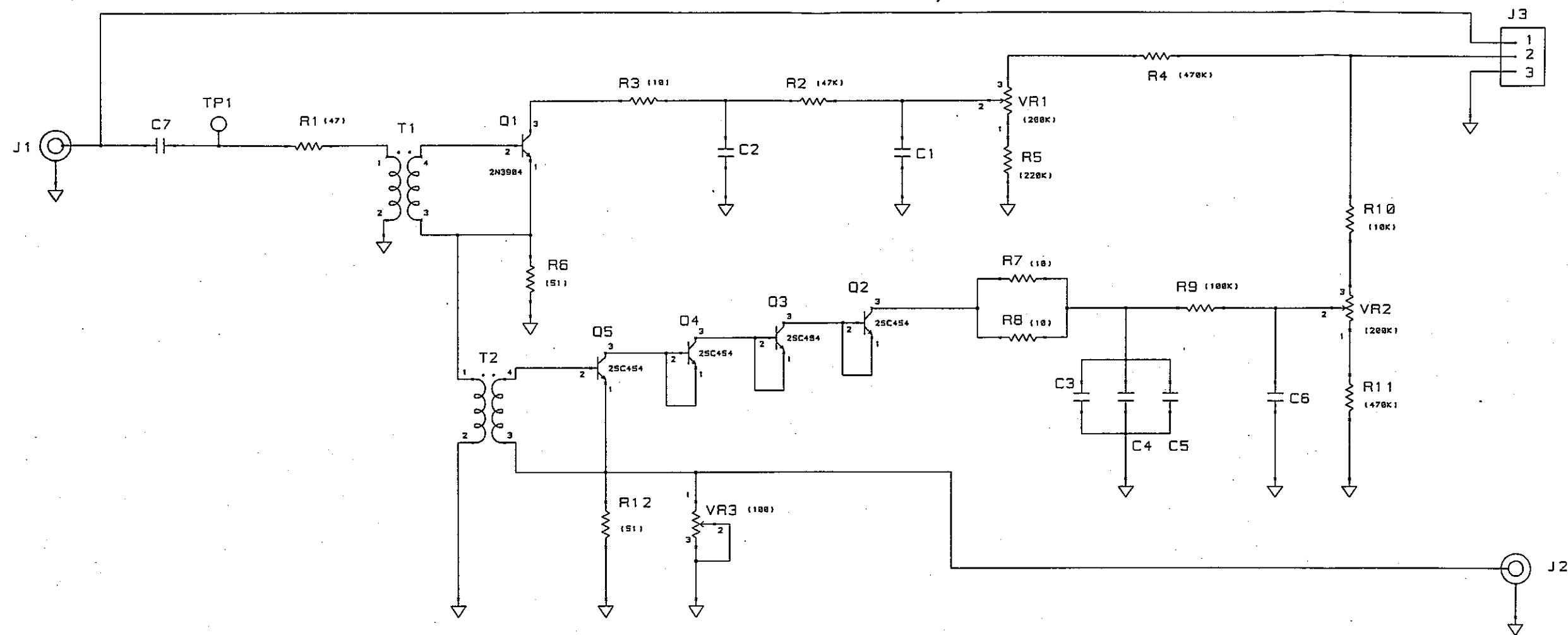
REV				TITLE	同期制御回路付A/D変換回路ユニット
				DRG No	BR-93001-01C
DSGN		CHK		APRV	my
GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.					



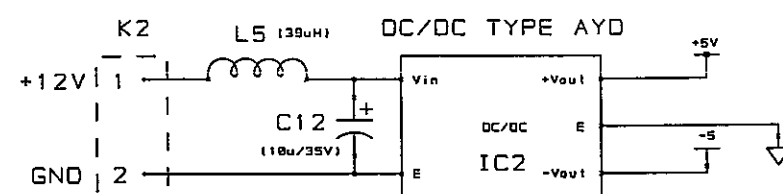
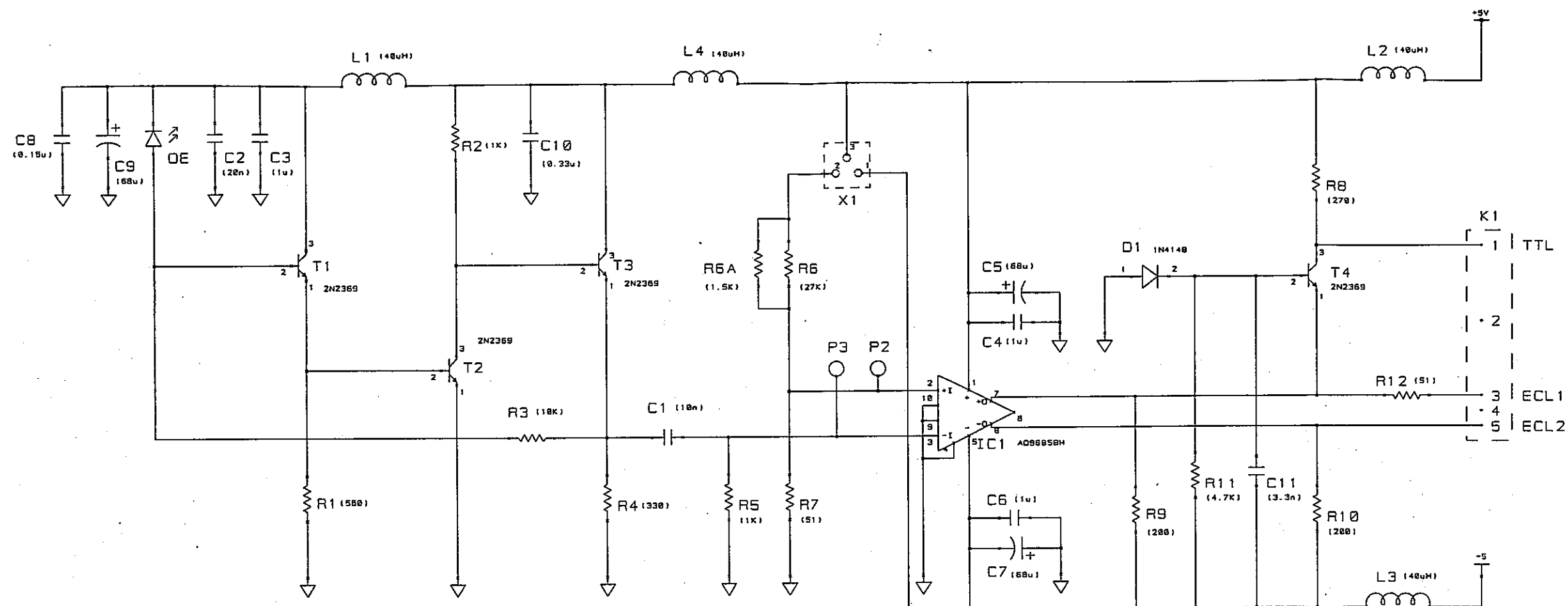
REV				TITLE	光結合ユニット(RX)
				ORG No	BR-94002-01C
DSGN		CHK		APRV	22/
					GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.



変更	内容					アンテナユニット
						TXアンテナエレメント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
/					my	



REV				TITLE	パルサーユニット
				ORG No	BR-93005-01C
DSGN		CHK		APRV	GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.



REV				TITLE	光結合ユニット(TX)
				ORG No	BR-94001-01C
DSGN		CHK		APRV	GEOPHYSICAL SURVEYING & CONSULTING CO., LTD.

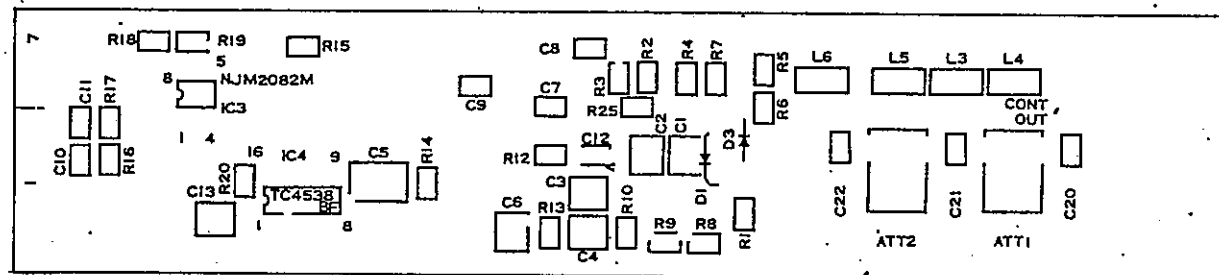
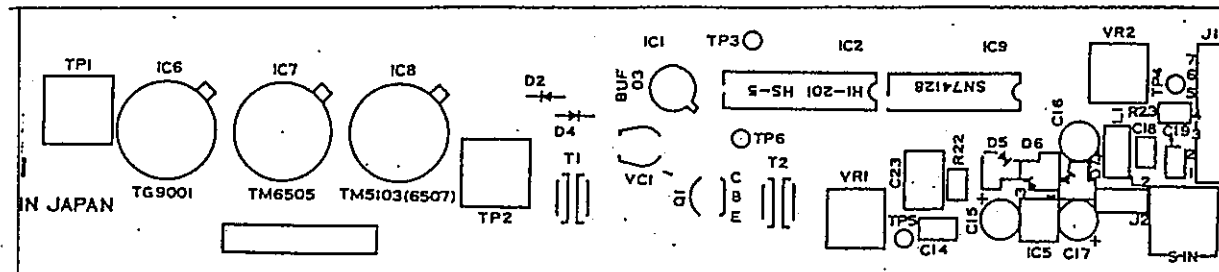
2. 基板部品配置図

2. 1 レシーバプローブ

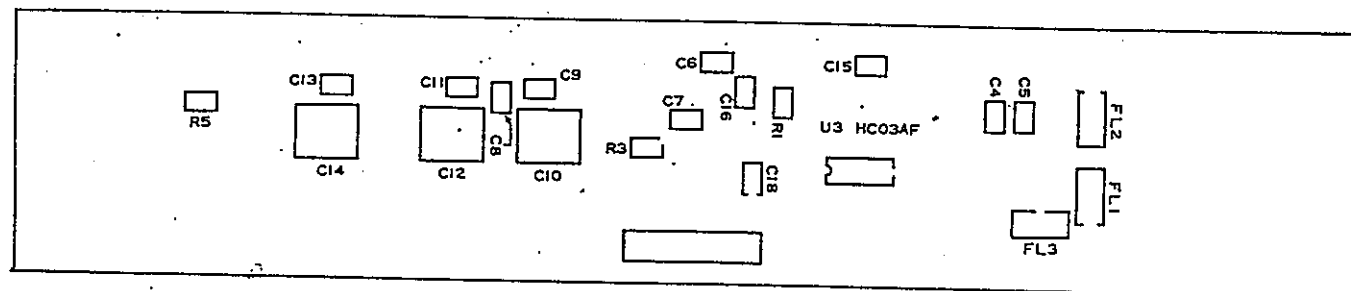
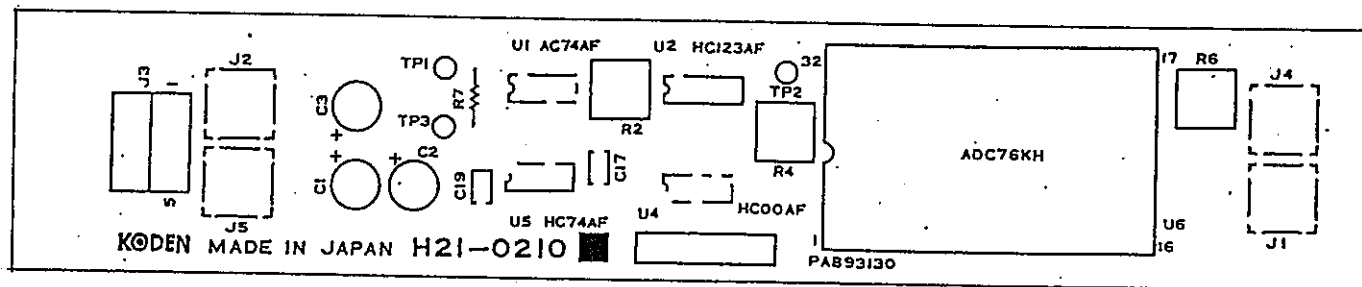
- 1) 高周波増幅回路付サンプラー回路ユニット
- 2) 同期制御回路付 A/D 変換回路ユニット
- 3) 光結合ユニット (RX)

2. 2 トランスミッタープローブ

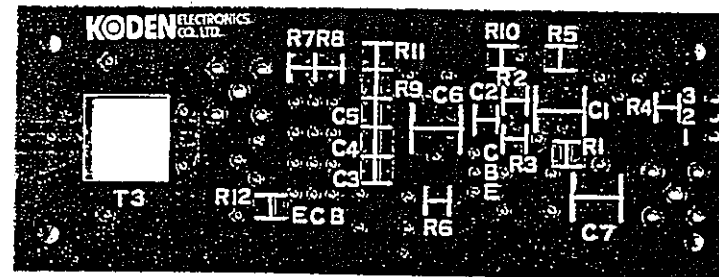
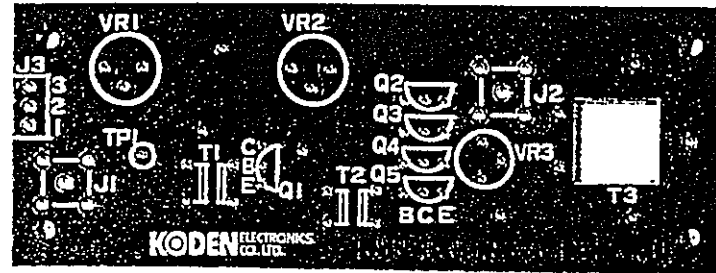
- 1) パルサーユニット
- 2) 光結合ユニット (TX)



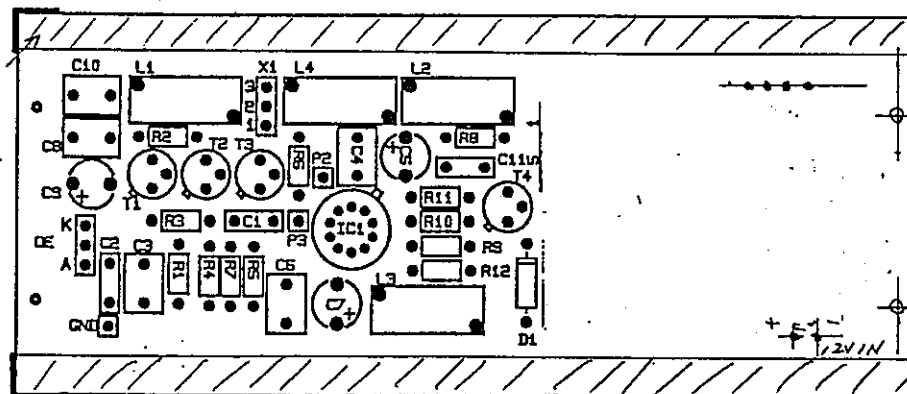
変更	内容					高周波増幅回路付サンプラー 回路ユニット基板部品配置図 BR-93002-01L (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
/						



変更	内容					同期制御回路付A／D変換回路 ユニット基板部品配置図 BR-93001-01L (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／						



変更		内容				パルサーユニット回路基板 部品配置図 BR-93005-01L
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
／						



変更		内容				光結合ユニット (Tx) 基板部品配置図 BR-94001-01L
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
／						

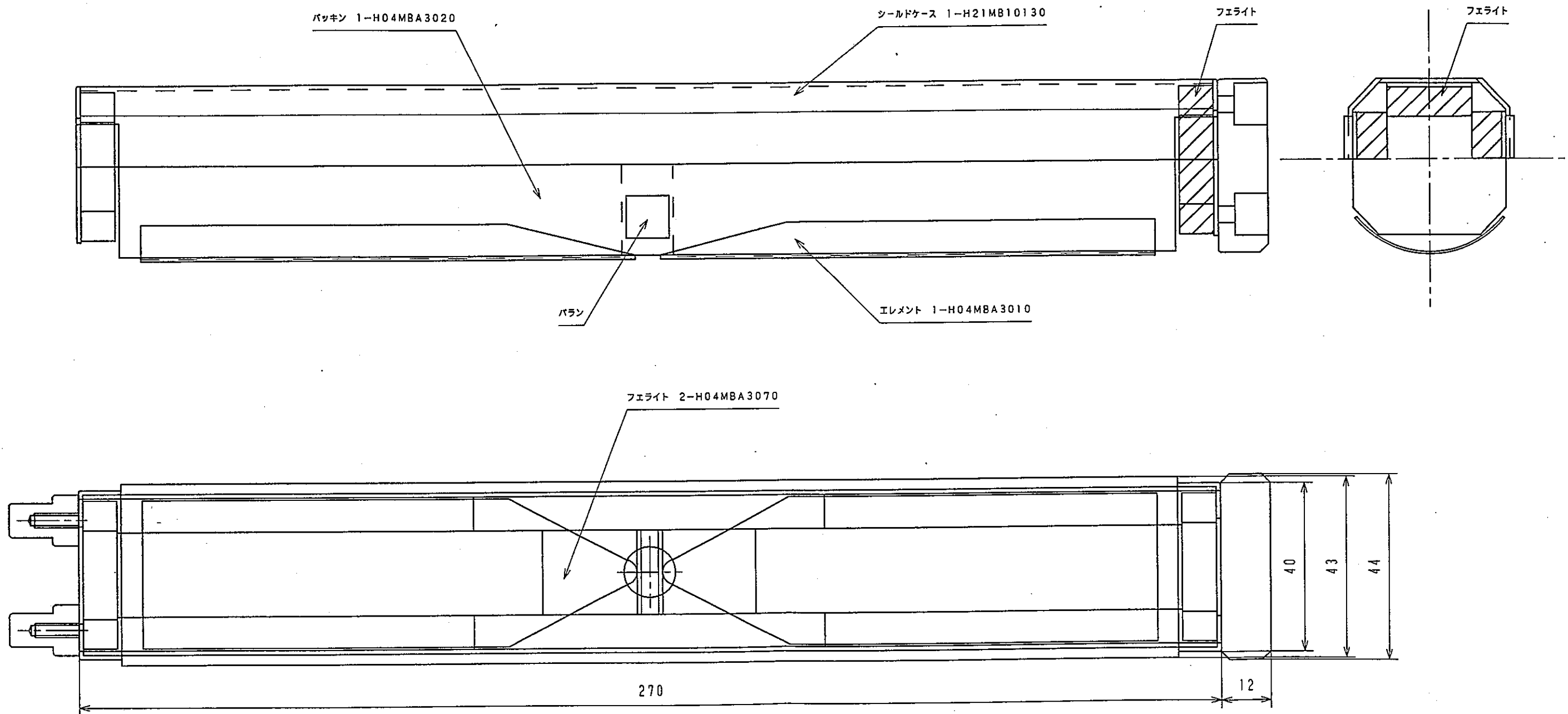
3. ユニット外形図

3. 1 レシーバープローブ

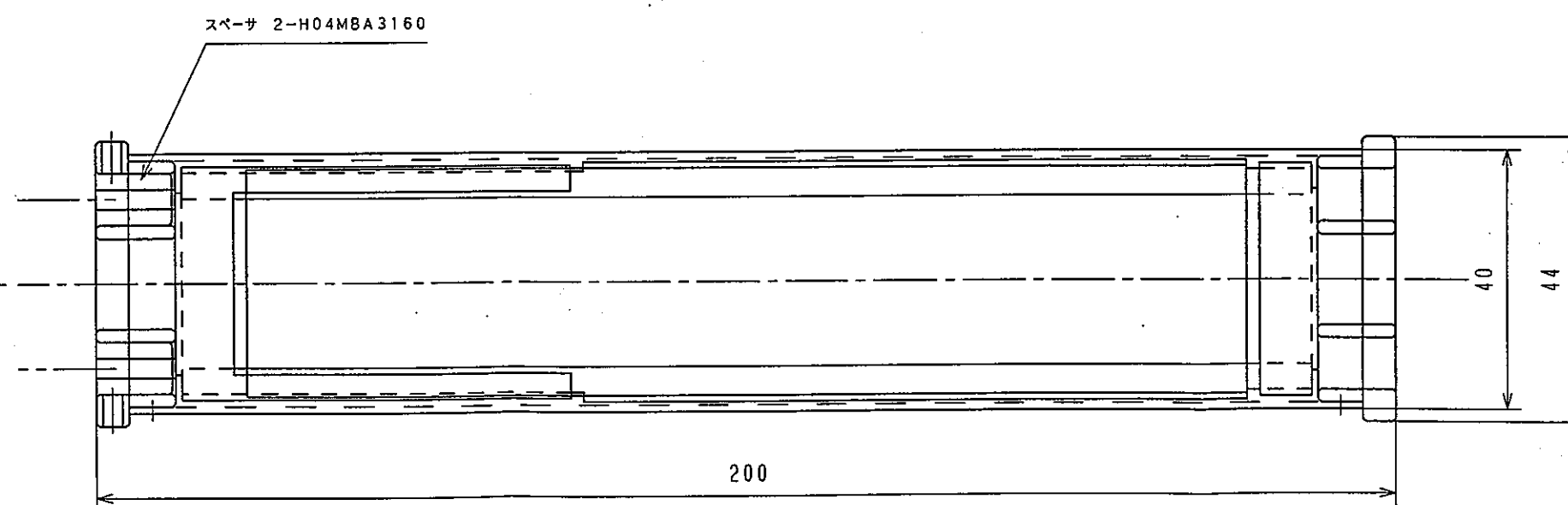
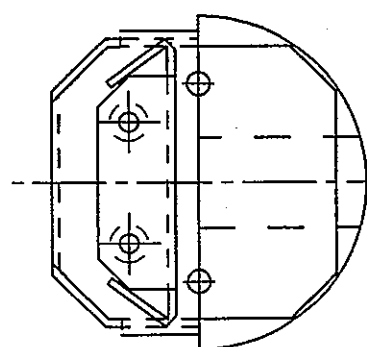
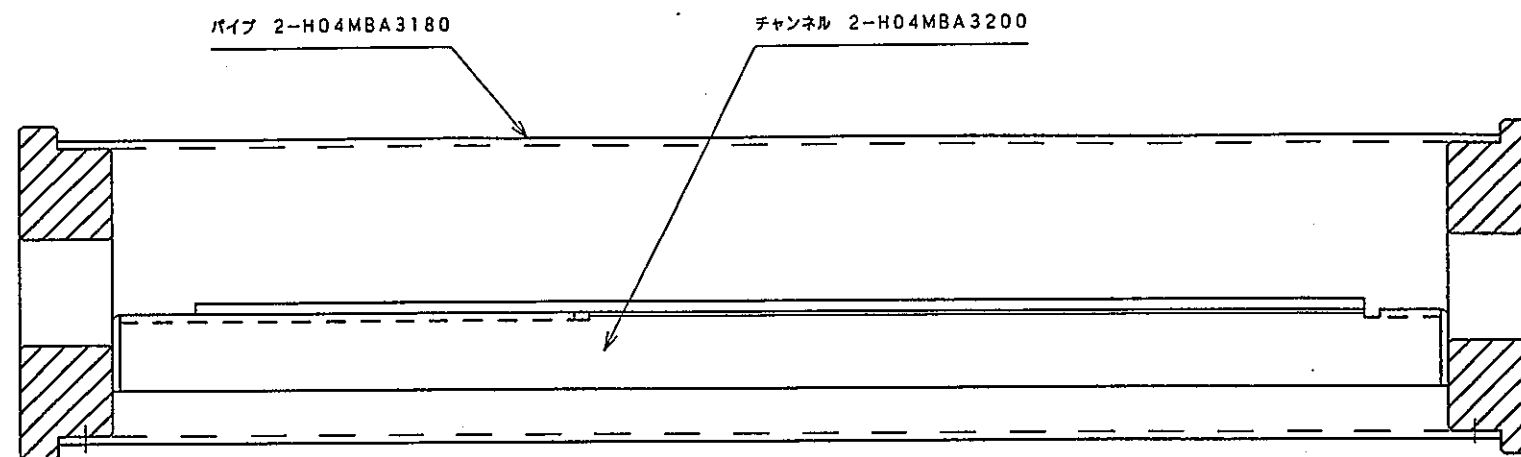
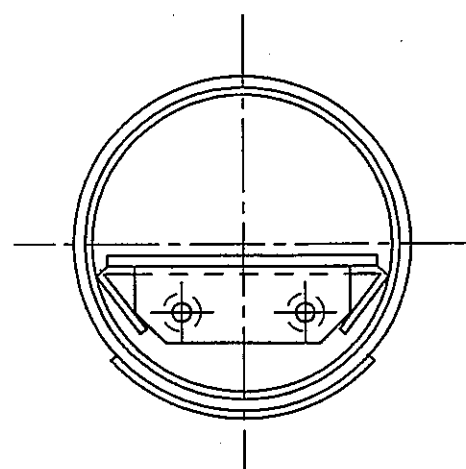
- 1) R X部アンテナユニット
- 2) 高周波増幅回路付サンプラーユニット
- 3) 同期制御回路付A/D変換回路ユニット
- 4) 光結合ユニット (R X)
- 5) 低圧電源ユニット

3. 2 トランスミッタープローブ

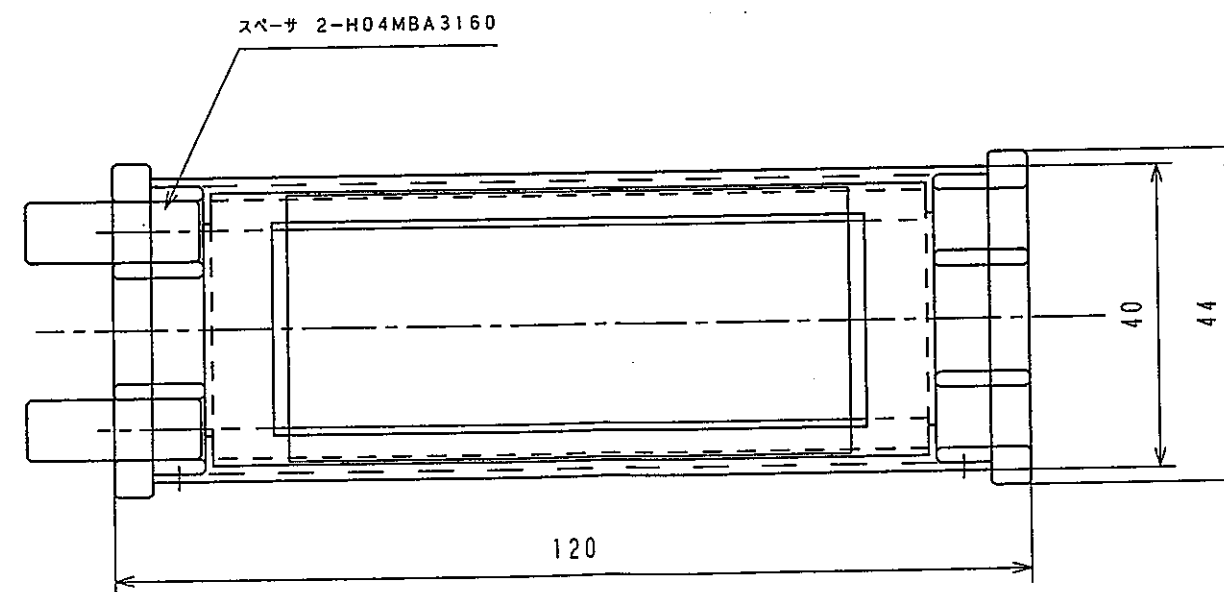
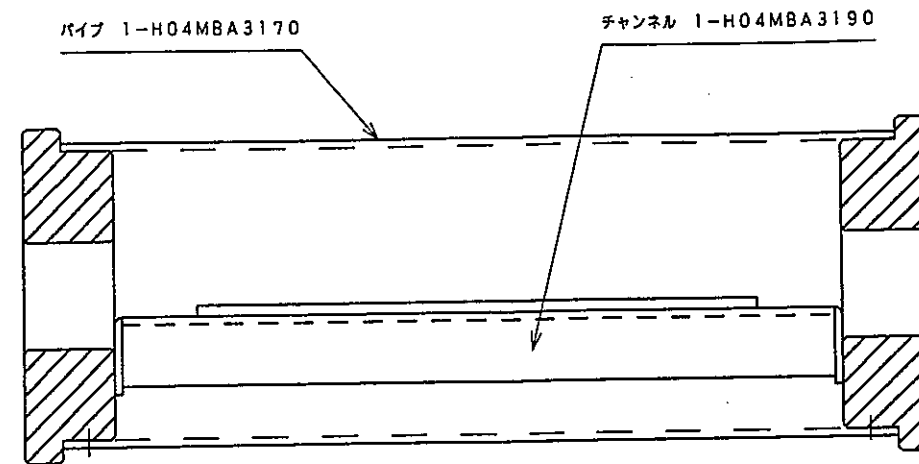
- 1) T X部アンテナユニット
- 2) T X部パルサーユニット
- 3) 光結合ユニット (T X)
- 4) 高圧電源ユニット



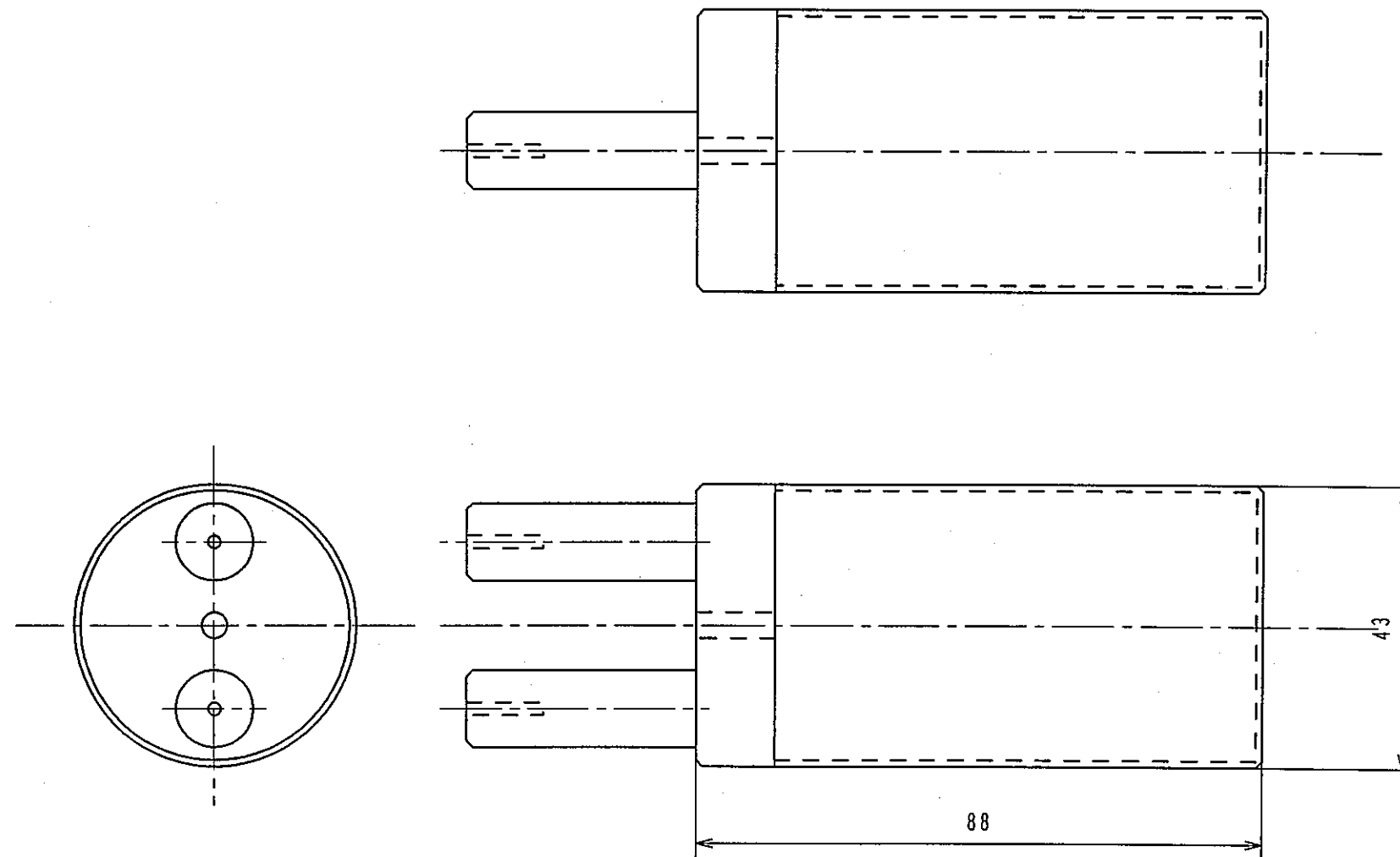
変更	内容					RX部 アンテナ ユニット	
						BR-94003-01M	
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント	
1/1					<i>mp</i>		



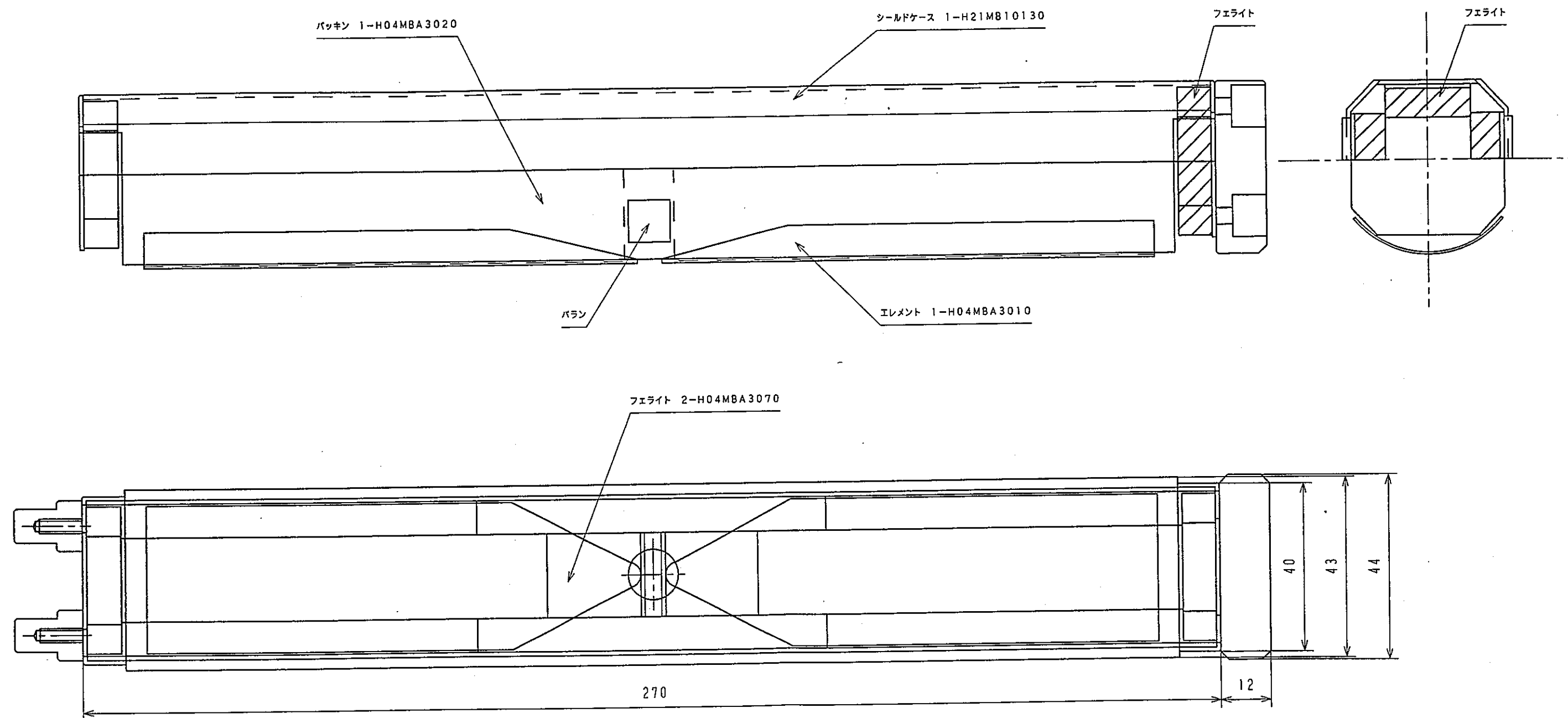
変更	内容					高周波増幅回路付サンプラーユニット
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	BR-93002-01M
1/1						
						(株)物理計測コンサルタント



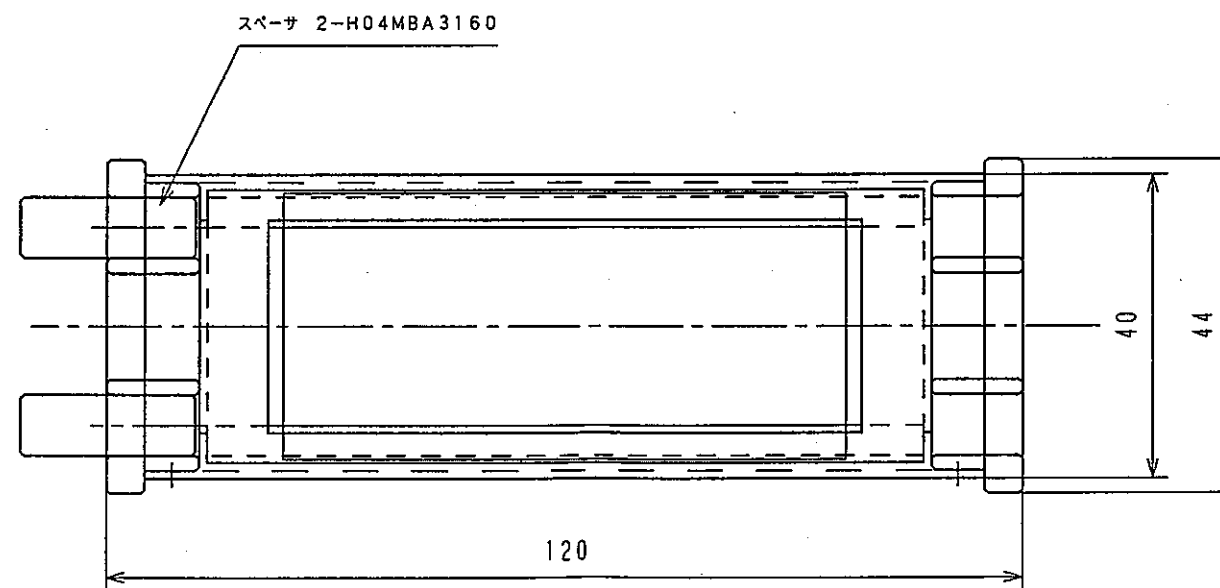
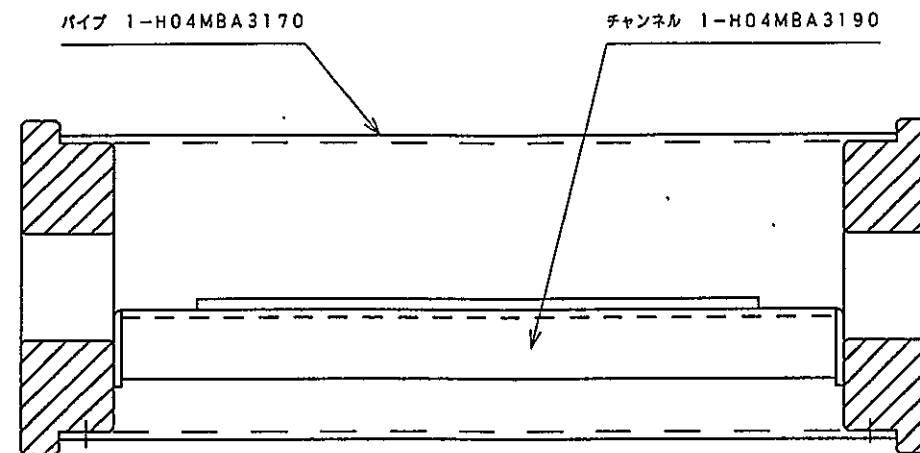
変更	内容					光結合ユニット (R X)
						BR-94002-01M
						(株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1					<i>mf</i>	



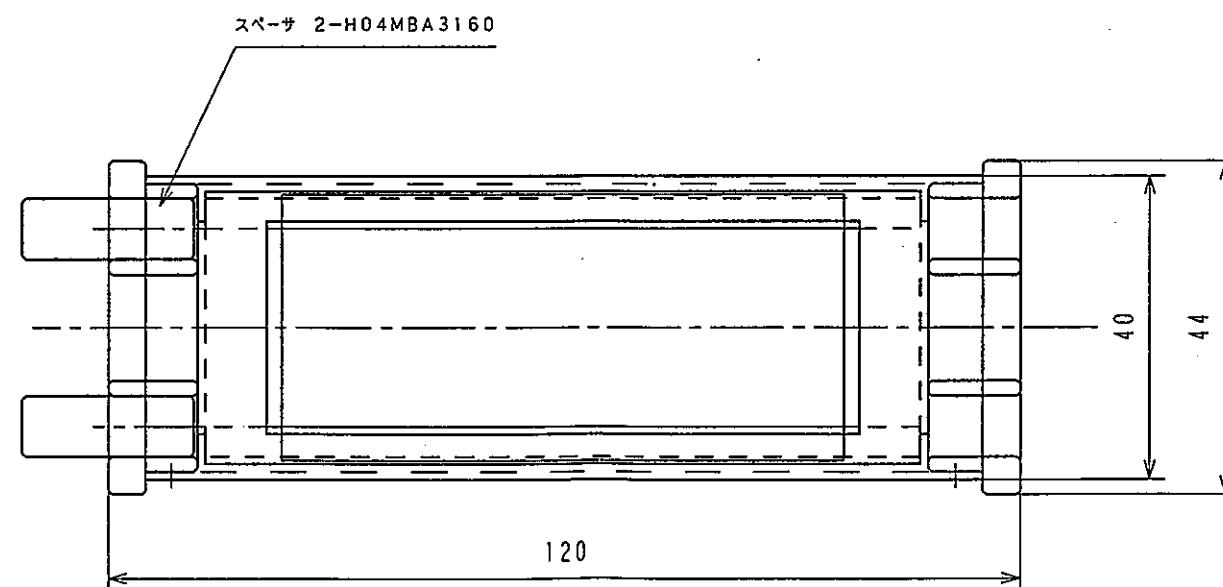
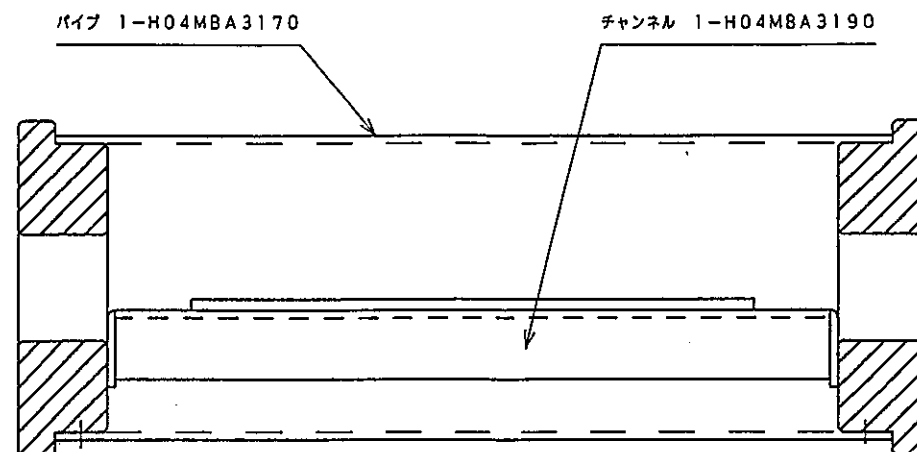
変更	内容					低圧電源ユニット BR-94005-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	
1/1						



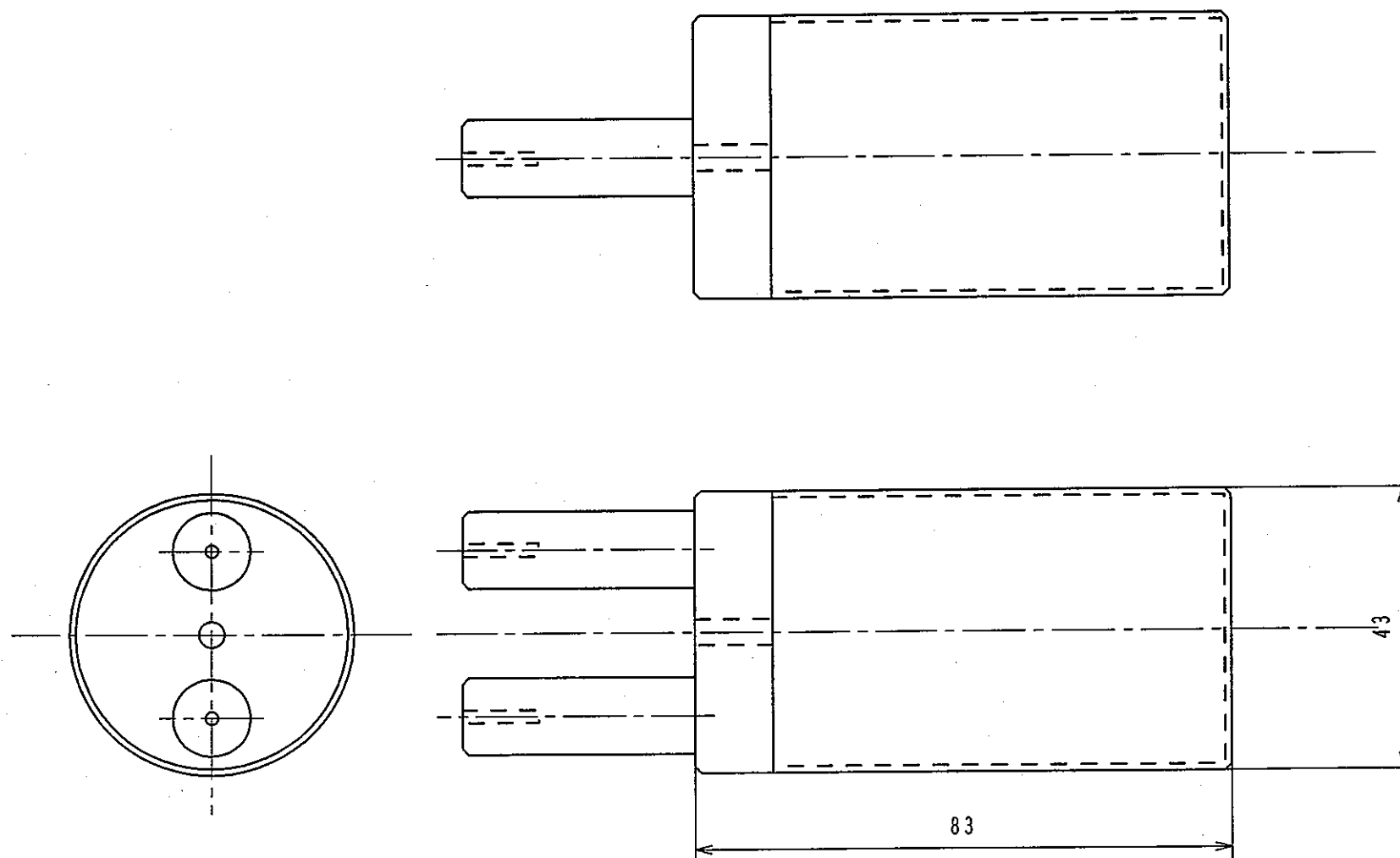
変更	内容					TX部 アンテナ ユニット BR-94004-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
1/1						



変更	内容					TX部 パルサー ユニット BR-93005-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
1/1						



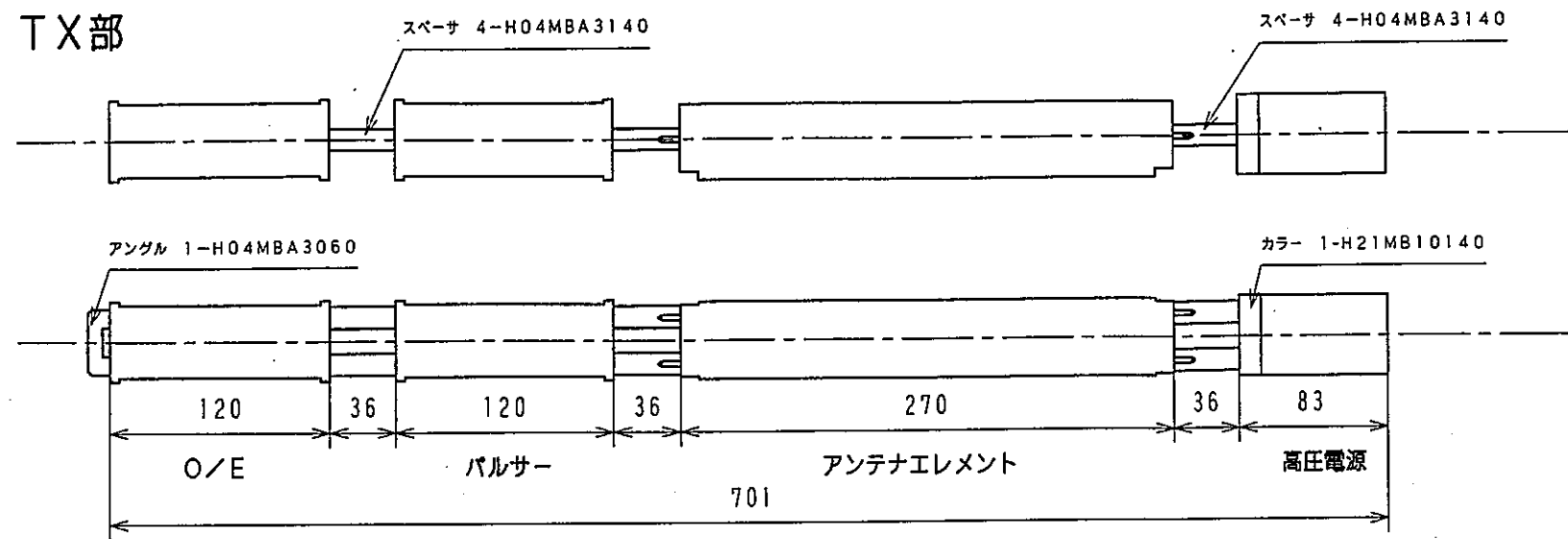
変更	内容					光結合ユニット (TX) BR-94001-01M (株)物理計測コンサルタント
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認	(株)物理計測コンサルタント
1/1						



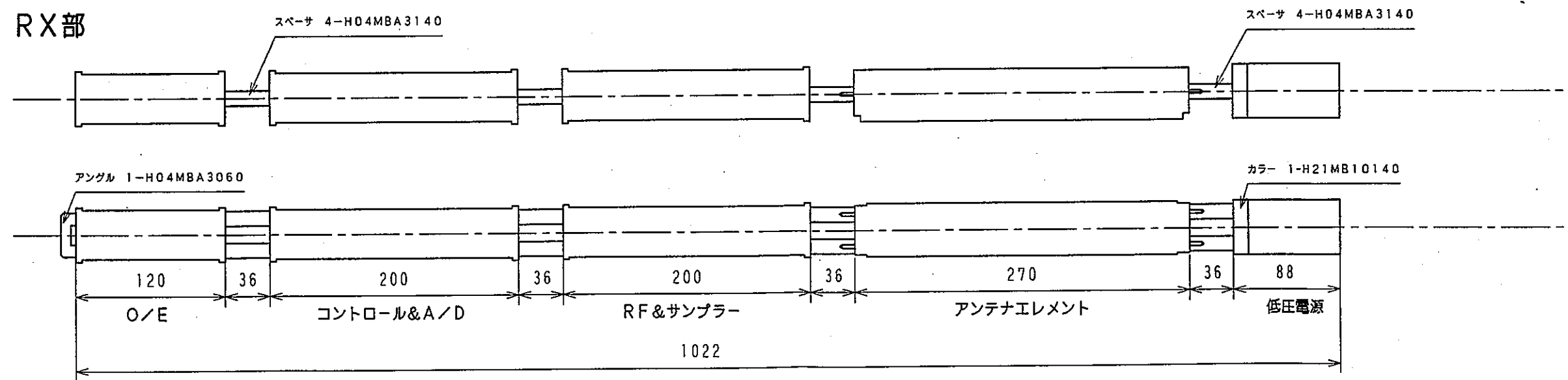
変更	内容					高圧電源ユニット	
						BR-94006-01M	
						(株)物理計測コンサルタント	
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認		
1/1					22		

4. 試錐孔用広帯域レーダーユニット組立図

TX部



RX部



変更	内容				
縮尺	材質	設計	製図	検図	承認
1/4					

試錐孔用広帯域レーダープローブ
ユニット組立図

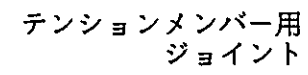
BR-94007-01A

(株)物理計測コンサルタント

5. 試錐孔用広帯域レーダープローブ外筒組立図

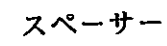
)

)

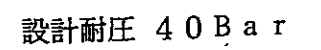
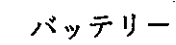


トランスミッタープローブ

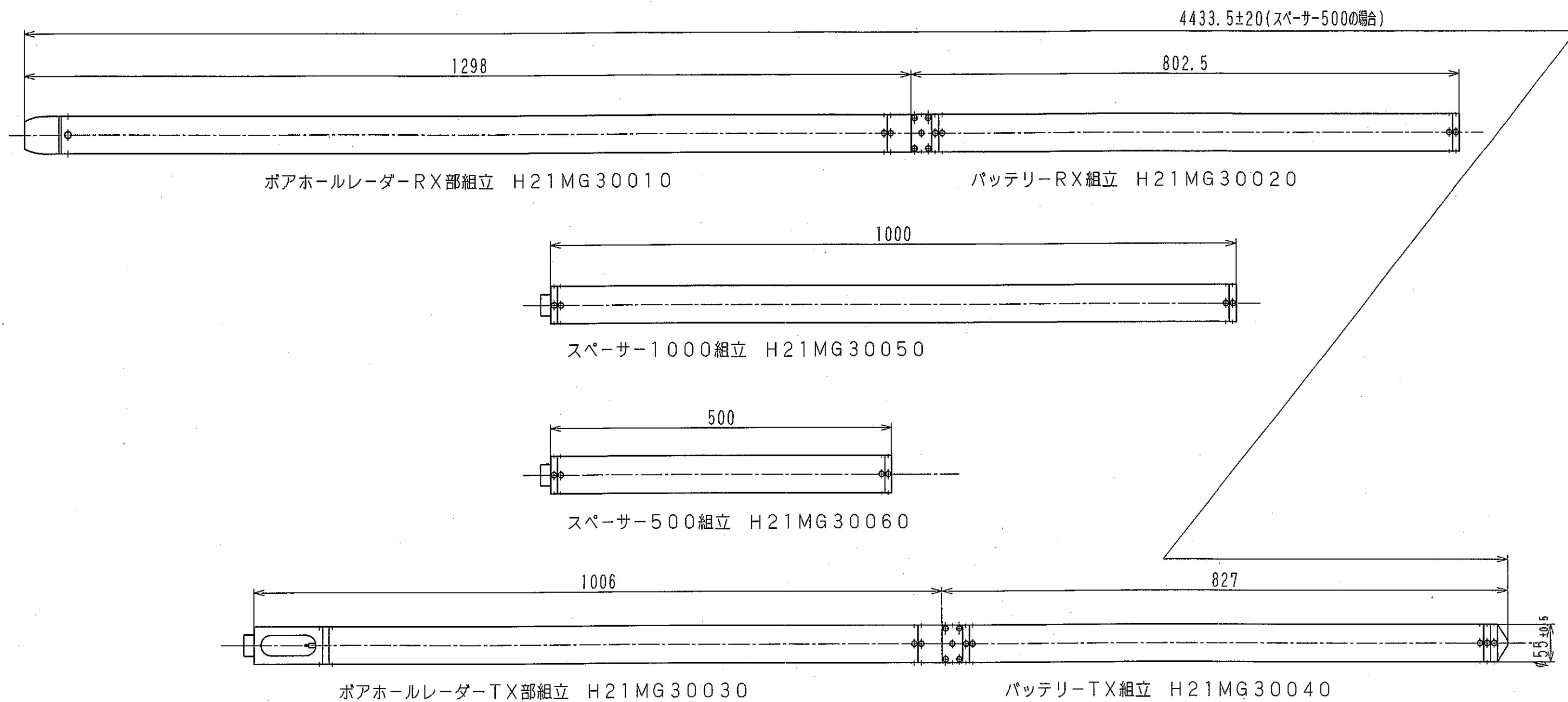
バッテリー



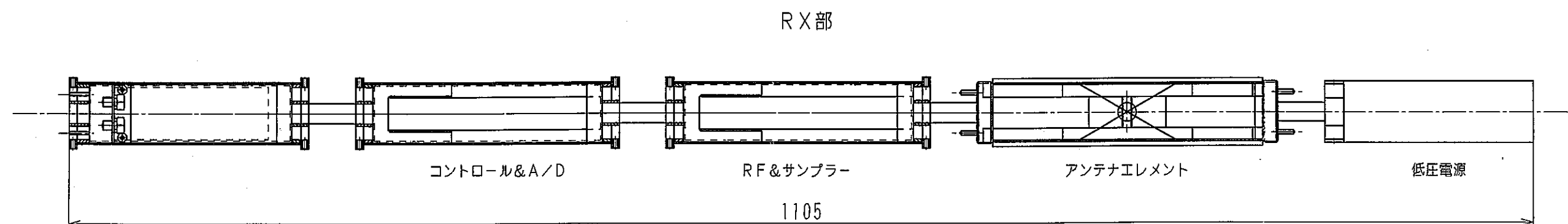
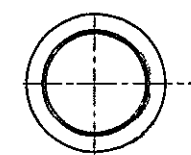
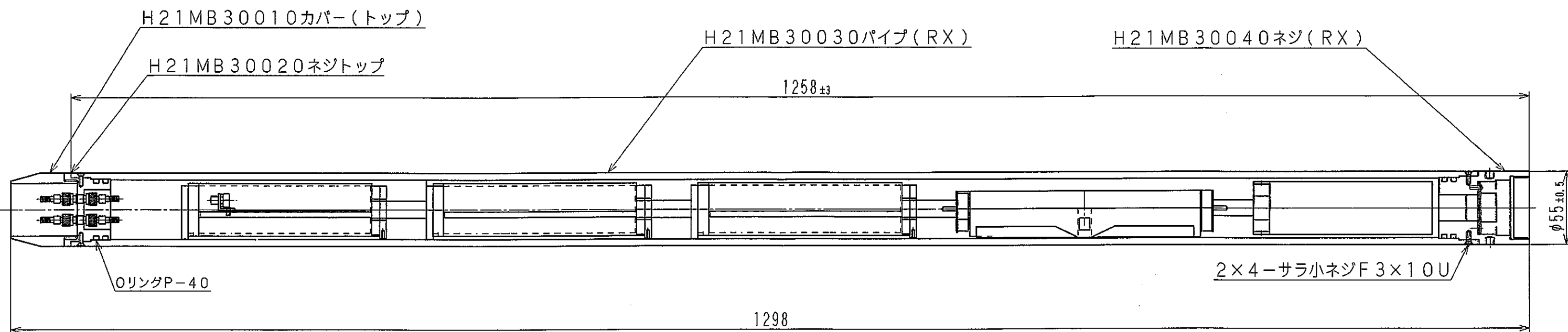
レシーバープローブ



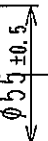
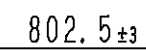
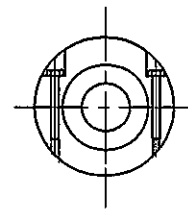
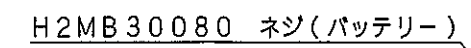
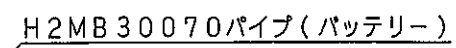
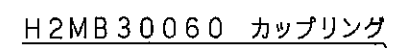
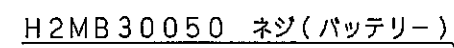
材料		処理		個数		尺度		名 称 図 番	試錐孔用広帯域レーダープローブ 外筒組立図			
	. .											
	. .											
	. .											
	. .											
版	年 月 日	設 計	検 図	変 更 内 容								
設計	. .	製図	. .	写図	. .	検図	. .	承認		株式会社 物理計測コンサルタント	〒	



材		処		個	1	尺	1	名	
料		理		数	式	度	6	称	ボアホールレーダープローブ全体組立図
								図	
								番	BR-94008-01M
設	製	写	検	承					
計	図	図	図	認					
	武			牧					株式会社物理計測コンサルタント
	山			野					



材料	処理	個数	尺度	名称
				ボアホールレーダープローブRX部組立図
				図番
				BR-94009-01M
年月日	設計	検図	変更内容	
設計	製図 武山	写図	検図	承認 牧野
				株式会社 物理計測コンサルタント

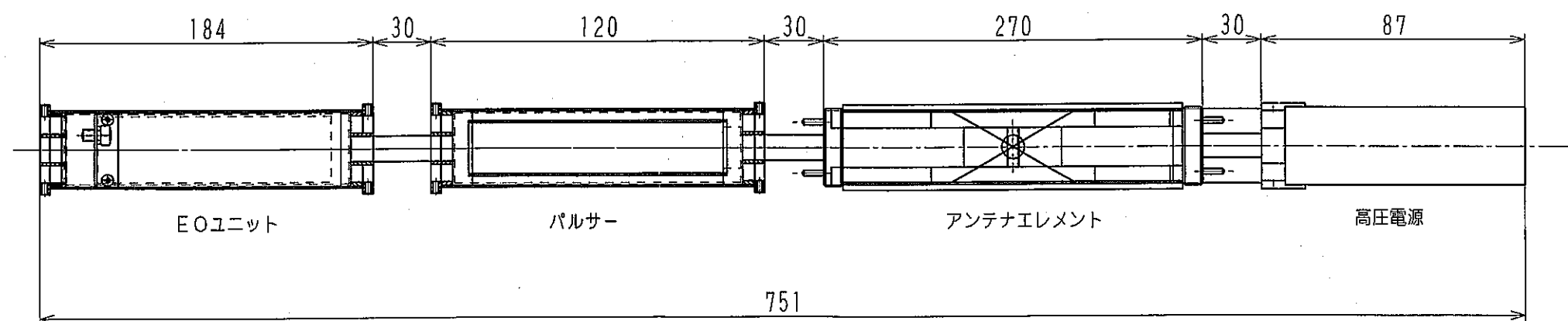
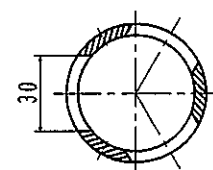
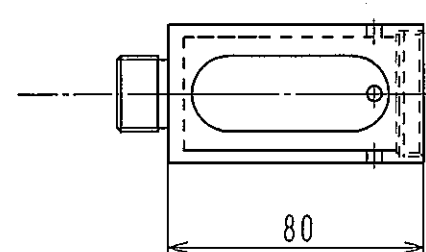
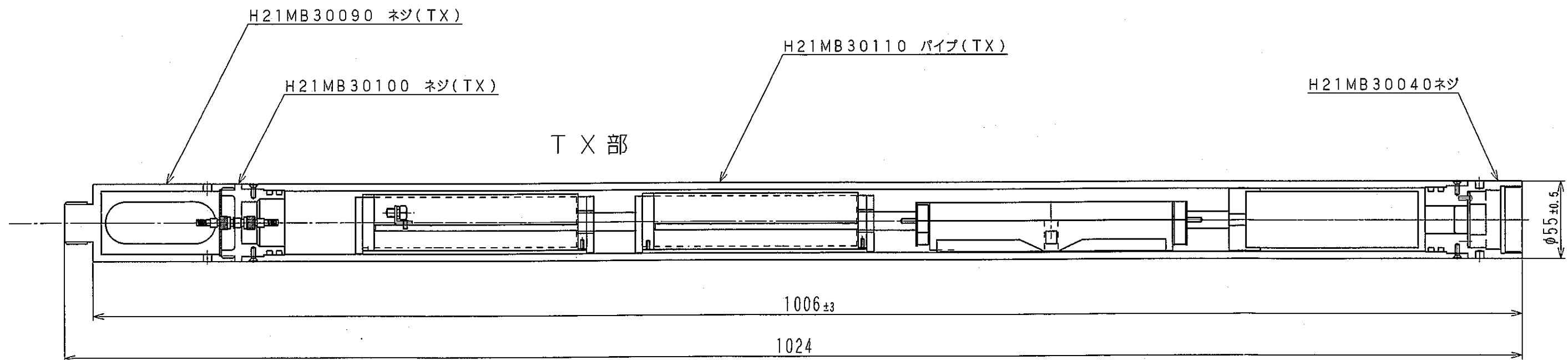


材		処		個		尺	/	名	
								称	RX用バッテリー部組立図
								図番	BR-94010-01M
	年月日	設計	検図	変 更 内 容					
設		製	写	検		承	牧野	株式会社	物理計測コンサルト
計		図	図	図		認			/
		武山							

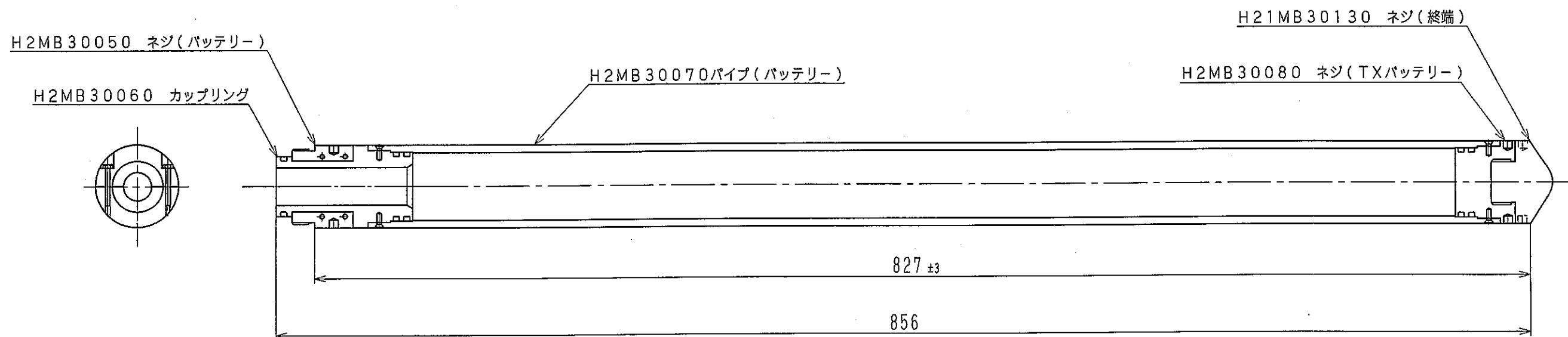
称 R X用バッテリー部組立図

BR-94010-01M

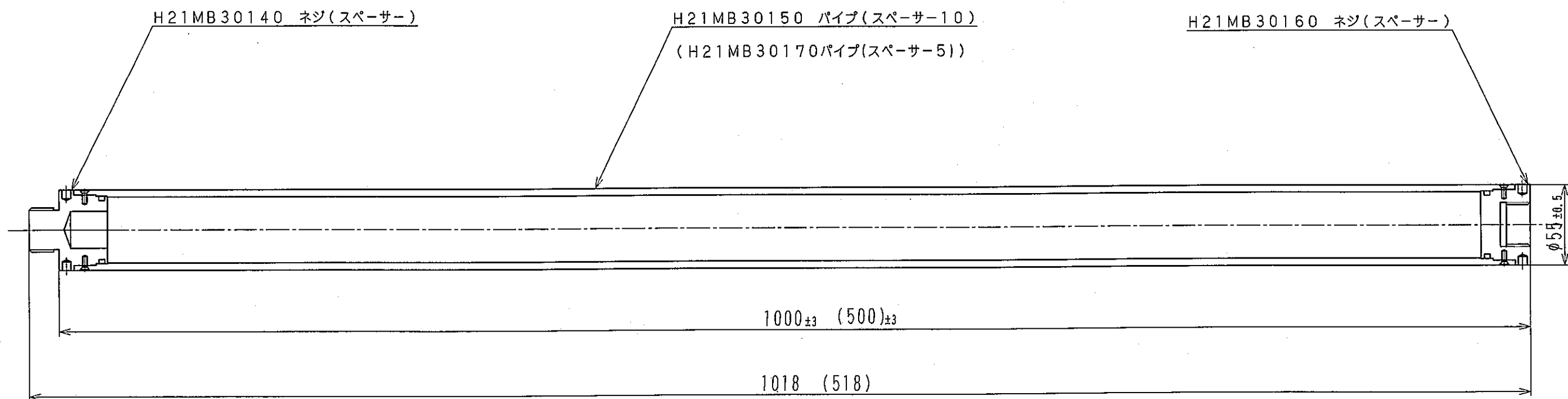
株式会社 物理計測コンサルト



材料	処理	個数	尺度	名称
				ボアホールレーダープローブTX部組立図
				図番
				BR-94011-01M
年月日	設計	検図	変更内容	
設計	製図 武山	写図	検図	承認 牧野
				株式会社 物理計測コンサルタント



材料	処理	個数	尺度	名称
				TX用バッテリー部組立図
				図番
年月日	設計	検図	変更内容	BR-94012-01M
設計	製図 武山	写図	検図	承認 牧野
				株式会社 物理計測コンサルタント



材料	処理	個数	尺度	名称
				スペーサー部組立図
				図番
				BR-94013-01M
年月日	設計	検図	変更内容	
設計	製図 武山	写図	検図	承認 牧野
株式会社 物理計測コンサルタント				