

# 地球化学検層ユニット(高温環境型)の設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1996年3月

株式会社 環境技術研究所

A     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。

B     本資料についてに問い合わせは下記に願います。  
〒509-51   岐阜県土岐市定林寺字園戸 959-31  
          動力炉・核燃料開発事業団  
          東濃地科学センター 技術開発課

限 定 資 料

PNC ZJ7422 96-001

1 9 9 6 年 3 月

## 地球化学検層ユニット（高温環境型）の設計

島崎 智<sup>※</sup>、<sup>※</sup>

### 要 旨

本業務は、現存の地球化学検層ユニットの開発経験を基に、より過酷な温度条件下等で信頼性の高いデータ取得を可能とするために、温度特性、操作性、および耐久性に優れた地球化学検層ユニット（高温環境型）の設計を実施したものである。

本件では、高温環境型とするための最も重要な課題であるセンサーの設計、センサー部の設計、アンプ基板のシステム・回路・パターン・実装設計までを終了させ、深層地下水の物理化学パラメータを、深度1,000mで70℃の温度域において、測定が可能である装置が製作可能であることを明示した。

---

本報告書は、株式会社環境技術研究所が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：07C1352

事業団担当部課室および担当者：東濃地科学センター 技術開発課 坪田浩二

※：株式会社環境技術研究所 分析技術部

COMMERCIAL PROPRIETARY

PNC ZJ7422 96-001

MARCH, 1996

Design of the Unit for the Geochemical Parameters  
of Groundwater in the high temperature

Satoru Shimazaki※

Abstract

As a part of the development for the technique of geochemical investigation of groundwater in geoscience area, the unit that is capable of measuring the physico-chemical parameters of groundwater at depth of 1,000m in borehole has been developed. As the test of the production, the unit has been confirmed quality of pressure, temperature and etc. at depth of 1,000m. For after this, quality of the unit must take to the adaptation condition and lasting quality by the accommodation test at depth of 1,000m in borehole (AN-1).

The unit has been confirmed to adapt to fundamental quality of measuring at depth of 1,000m, and to have good handling at ground.

---

Work performed by Environmental Technical Laboratory Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : Koji Tubota, Tono Geoscience Center, Geotechnics Development Section.

※ : Environmental Technical Laboratory Ltd.

目 次

	頁
1 目的 .....	1
2 設計条件 .....	1
3 高温環境型地球化学ユニットの設計結果 .....	4
3.1 設計した <sup>ろ</sup> 温環境型地球化学ユニットの概要 .....	4
3.2 センサーの設計 .....	7
3.3 センサー部の設計 .....	22
4 まとめ .....	28
資 料 編 .....	29

# 資 料 編 目 次

頁

## 1 電極組図

- |     |                 |    |            |
|-----|-----------------|----|------------|
| 1.1 | ORP・pS作用電極と参照電極 | 図番 | PK3-DKK-1A |
| 1.2 | pH複合電極と温度電極     | 図番 | PK3-DKK-2A |
| 1.3 | 高レンジと低レンジEC電極   | 図番 | PK3-DKK-3A |

## 2 センサー部組図、部品図

- |     |           |    |          |
|-----|-----------|----|----------|
| 2.1 | センサー部組図1  | 図番 | PK3-AS2  |
| 2.2 | センサー部部品図1 | 図番 | PK3-10-1 |
| 2.3 | センサー部部品図2 | 図番 | PK3-12-1 |
| 2.4 | センサー部部品図3 | 図番 | PK3-16-1 |
| 2.5 | センサー部部品図4 | 図番 | PK3-21-1 |
| 2.6 | センサー部部品図5 | 図番 | PK3-28-1 |

## 3 アンプ基板組図、回路図

- |      |                      |    |              |
|------|----------------------|----|--------------|
| 3.1  | pH用アンプ基板組立図          | 図番 | P4-600236-1X |
| 3.2  | ORP1ch用アンプ基板組立図      | 図番 | O4-600237-2X |
| 3.3  | ORP2ch、3ch用アンプ基板組立図  | 図番 | O4-600238-2X |
| 3.4  | pS用アンプ基板組立図          | 図番 | S4-600180-2X |
| 3.5  | 高レンジEC用アンプ基板組立図      | 図番 | M4-600239-3X |
| 3.6  | 低レンジEC用アンプ基板組立図      | 図番 | E4-600240-3X |
| 3.7  | 温度用基板組立図             | 図番 | T4-600235-2X |
| 3.8  | pH用アンプ基板の回路図         | 図番 | P3-600230-1H |
| 3.9  | ORP1ch用アンプ基板の回路図     | 図番 | O3-600231-2H |
| 3.10 | ORP2ch、3ch用アンプ基板の回路図 | 図番 | O3-600232-2H |
| 3.11 | pS用アンプ基板の回路図         | 図番 | S3-600179-2H |
| 3.12 | 高レンジEC用アンプ基板の回路図     | 図番 | M3-600233-3H |
| 3.13 | 低レンジEC用アンプ基板の回路図     | 図番 | E3-600234-3H |
| 3.14 | 温度用基板の回路図            | 図番 | T3-600299-2H |

## 1 目的

本業務の目的は、現存の地球化学検層ユニットの開発経験を基に、より過酷な温度条件下等で信頼性の高いデータ取得を可能とするために、温度特性、操作性、および耐久性に優れた地球化学検層ユニット（高温環境型）の設計を実施した。

本件では、高温環境型とするための最も重要な課題であるセンサーの設計、センサー部の設計、アンプ基板のシステム・回路・パターン・実装設計までを終了させ、技術仕様を示された基本仕様を満たす装置が製作可能であることを明示する。なお、センサー、アンプ基板の試作および性能試験、素と筒部・アンプ部の設計は、次年度以降の製作段階にて実施するものである。

## 2 設計条件

高温環境型の地球化学検層ユニットの設計における、仕様・条件は次のとおりである。

### (1) 基本仕様

本設計における地球化学検層ユニットの基本仕様は、以下のとおりである。

#### ① 適応深度

深度 1,000 m までとする。

#### ② 適応孔径

75 ~ 130 mm までとする。

#### ③ 適応温度

0 ~ 70℃ とする。

#### ④ 使用圧力

最大 150 kgf/cm<sup>2</sup> までとする。

#### ⑤ 測定項目

次の 5 項目とする。

i. pH

ii. 酸化還元電位 (ORP)

iii. 硫化物イオン濃度 (pS)

iv. 電気伝導度 (EC)

v. 水温 (Temp.)

#### ⑥ 測定方式

すべて電極方式とする。

## (2) 各部の仕様

本業務にて設計する、センサー部およびアンプ基板については、以下の仕様・条件を満たすものであること。

### ① センサー部

センサー部は次の4測定部からなり、各測定部はセンサーおよびセンサーブロックから構成される。センサー部の設計においては、空隙体積を可能な限り減少させることとする。

- i. pH測定部
- ii. ORP・pS測定部
- iii. 水温測定部
- iv. EC測定部

#### (a) pH測定部

pH測定部は、ガラス電極（1本）と参照電極（1本）とで構成する。  
参照電極は、銀・塩化銀電極とする。

pH測定部の設計においては、組立時の防湿対策を考慮すること。  
同測定部の電極は以下に示す形状と性能を有すること。

[形状] 外 径 : 50 mm以内  
長 さ : 200 mm以内

[性能] 測定範囲: pH 0~14  
測定精度: ±0.2 pH以内  
使用温度範囲: 0~70 °C

#### (b) ORP・pS測定部

ORP・pS測定部は、作用電極（ORP測定用作用電極3本とpS測定用の作用電極1本を一体化したもの）と参照電極（1本）とで構成する。

ORP測定用の作用電極は、白金、金およびグラシーカーボンの3種類の金属電極各1本とし、pS測定用の作用電極は硫化銀電極とする。

参照電極は、銀・塩化銀電極とする。

pH測定部の設計においては、組立時の防湿対策を考慮すること。  
同測定部の電極は以下に示す形状と性能を有すること。

[形状] 外 径 : 50 mm以内  
長 さ : 200 mm以内

[性能] 測定範囲: -1~+1 V (ORP)  
-1~ 0 V (pS)  
測定精度: ±0.01 V以内  
使用温度範囲: 0~70 °C

#### (c) 水温測定部

水温測定部は、原則として後述のEC測定部と交流2電極のうちの1本と1体型とすること。

同測定部の電極は以下に示す形状と性能を有すること。



[形状] 外 径 : 50 mm以内  
長 さ : 200 mm以内  
[性能] 測 定 範 囲 : 0 ~ 100 °C  
測 定 精 度 : ± 0.2 °C以内  
使用温度範囲 : 0 ~ 70 °C

(d) EC測定部

EC測定部は、低レンジ用EC電極と高レンジ用EC電極~なる。

同測定部の電極は以下に示す形状と性能を有すること。

[形状] 外 径 : 50 mm以内  
長 さ : 300 mm以内  
[性能] 測 定 範 囲 : 0 ~ 500  $\mu$ S/cm  
0 ~ 2,000  $\mu$ S/cm  
0 ~ 10,000  $\mu$ S/cm  
測 定 精 度 : ± 2 %FS以内  
使用温度範囲 : 0 ~ 70 °C

② アンプ基板

各測定部からの出力電圧を増幅できる機能を有することし、以下の測定項目に対応できるアンプ基板を備えること。

- i. pH
- ii. ORP (白金)
- iii. ORP (金)
- iv. ORP (グラシーカーボン)
- v. PS
- vi. 水温
- vii. EC (高レンジ用)
- viii. EC (低レンジ用)

各々のアンプ基板は、以下の形状と性能を有すること。

[形状] 外 径 : 50 mm以内  
長 さ : 100 mm以内  
[性能] 動作温度 : 0 ~ 70 °C  
動作湿度 : 0 ~ 90 % (結露なし)

### 3 高温環境型地球化学検層ユニットの設計結果

#### 3.1 設計した高温環境型地球化学検層ユニットの概要

本業務にて設計した高温環境型の地球化学検層ユニットのセンサー、センサー部とアンプ基板の概要について以下に示した。

##### (1) 設計したセンサー部の概要

設計したセンサー部の概要は以下のとおりである。

- (a) 2個のセンサーブロックに、3本ずつ計6本の電極を装着する。
- (b) 2個のセンサーブロックは上下に対向する形で設け、それぞれに次の電極を装着する。
  - i. 上部センサーブロック；下向きに、pH用複合電極（ガラス電極と参照電極を一体化したもの）、ORP・pS作用電極と同電極用の参照電極の3本を取り付ける。
  - ii. 下部センサーブロック；上向きに、高レンジ用の電磁誘導式EC電極、低レンジ用の交流2電極式EC電極と温度電極の3本を取り付ける。
- (c) 電極の出力リード側にハーメチック構造のコネクタを設け、センサーのセンサーブロックへの取付けは、このコネクタの差し込みとする。ハーメチックコネクタはすべて共通とし、ピン数は4本とした。
- (d) センサーブロック数を2個にすること対向配置にすることにより、センサー部の空隙容積は約600mlになり、更にはめこみ式のスペーサーとの組合せにより、約200mlにまで減少した。
- (e) センサー部の全長も連結用のブロックを含めても844mmとなり、検層ユニットの全長を短くしたとともに、組立時や測定時の操作性を相当高めると期待できる。

##### (2) 設計したセンサーの概要

装着する電極は種類6本であり、設計した各電極（センサー）の概要は以下のとおりである。

- (a) 参照電極については、0～70℃の温度範囲にて検出電位を安定させるために、温度に比例して増加する内部液の漏洩量を考慮し、7日間以上の連続使用ができるように、内部液量を増やした。そのために、電極の外径を18mmφとするとともに、長さも170mmとした。
- (b) pH用ガラス電極については、参照電極と一体化した複合電極とした。また、連結部の湿気対策として、出力インピーダンスを低下させるために、電極内にプリアンプを設けた。

pH電極を複合電極とした理由は、次のことによる。

- i. 参照電極の内部液量を増やすために外径が大きくなり、1個のセンサーブロックへの取付けられる電極数が3ほんまでに制限された。

i. 電極内にプリアンプを設けたために、ガラス電極内に参照電極の出力を引き込む必要が生じた。

これらの対応策として複合電極方式を採用した。この電極の形状は、外径が18mmφで長さが170mmである。

(c) ORP・pS作用電極

ORP・pS作用電極については、出力部にハーメチックコネクタを設けるためと、pH複合電極と参照電極に形状を合わせるために、外径18mmφ、長さが170mmとした。

(d) 温度電極

校正時の指示安定性を高めるために、センサーブロックとの連結部をPPS樹脂性とし、先端検出部とセンサーブロックとの熱伝導性を小さくした。

電極の形状は、外径18mmφで長さは80mmである。

(e) 高レンジ用EC電極

測定方式は電磁誘導方式とした。

検出コイル部の電気絶縁性能の維持のために、エポキシ樹脂にてモールした上を、PVDF（フッ化ビニジデン）樹脂にて被覆した。

コイル部の外径が25mmφと大きく、低レンジ用EC電極、温度電極と並置できないため支持軸部を長くして、3本の電極を装着できる形状とした。電極の大きさは、支持軸部は外径18mmφであるがコイル部は25mmφ、長さは121mmとなった。

(f) 低レンジ用EC電極

測定方式は交流2電極方式とした。

PPS樹脂の軸部の側面に、2本のSUS316製の電極を取付け、電極保護のための窓付きのカバーを被せた。

電極の形状は、外径18mmφで長さは90mmである。

(3) 設計したアンプ基板の概要

アンプ基板は、測定する項目ごとに個別に設ける方式とし、ORPについてのみ1部共通させたため、7種、7枚とした。設計した各アンプ基板の概要は以下のとおりである。

(a) pH用

センサー（pH複合電極）内にプリアンプを設けたために、全面的に新設計とした。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ70mm、高さ29mmである。

(b) ORP1ch用

白金電極のORP用であり、他の2種のORP電極に共通する部分を持たせたアンプ基板である。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ70mm、高さ29mmである。

(c) O R P 2 ch、3 ch用

金電極とグラシーカーボン電極のO R P用であり、O R P 1 ch用の基板と対で3種のO R Pの検出電位を増幅・変換するアンプ基板である。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ70mm、高さ29mmである。

(d) p S 用

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ70mm、高さ29mmである。

(e) 高レンジE C 用

電磁誘導式E C電極用のアンプ基板である。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ40mm、高さ22mmである。

(f) 低レンジE C 用

交流2電極式E C電極用のアンプ基板である。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ70mm、高さ29mmである。

(f) 温度用

白金抵抗測温体式の温度用のアンプ基板である。

基板は両面に電装部品を装着した両面実装とし、サイズは横41mm、長さ40mm、高さ22mmである。

## 3.2 センサーの設計

高温環境型検層ユニット用に設計したセンサーについて、その結果を以下に個別に示した。

### (1) 共通事項

センサーを設計するにあたり、次の方針と共通する事項（規格）に従った。

#### ① 設計の方針

センサーの設計にあたっての方針は、次のとおりである。

- (a) 2個のセンサーブロックに必要な数の電極を装着できること。
- (b) pHとORP・pS用には、個別の参照電極を設ける。
- (c) EC電極については、高レンジ用と低レンジ用にそれぞれの電極を設け、高レンジ用は電磁誘導式、低レンジ用は交流2電極式とする。
- (d) 温度電極（水温用）はEC用電極と共有せず、独立した電極とする。
- (e) 電極の出力リード側をハーメチック構造のコネクタ式とし、センサーブロックへ差し込む方式とする。このコネクタは全電極で共通とし、ピン数は4本とする。

#### ② 各電極に共通する事項

センサーの設計において、各電極に共通する事項は次のものである。

- (a) センサーブロックと電極を接続するコネクタは、センサーブロック側をハーメチック構造とし、電極側はOリングシール構造とした。
- (b) 電極側のコネクタをオスピンとし、ピンの外径を1.6mm、長さを12mmとする。ハーメチック構造のメス側にピンの遊び余裕がないため、スプリング構造として装着の操作性と接触性（確実性）を向上させた。
- (c) コネクタ部の大きさは、挿入部の長さを31.6mm、直径を13.2mmφとし、位置合わせリブを設けた。
- (d) コネクタ部の外径が13.2mmφであり、電極の外径を最大16mmφとした。  
ただし、電磁式EC電極についてはコイルの大きさから、コイル部分については16mmφを超えることを可とした。
- (e) pH電極、ORP・pS作用電極と参照電極については、電極の全長を同一とした。
- (f) 2種類のEC電極と温度電極については、1個のセンサーブロックに取り付けるために、配置を考慮した長さの組合せとした。

### (2) 参照電極

#### ① 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 70℃の温度にて7日間以上（できれば10日間）の連続使用が可能なこと。
- (b) 0～70℃の温度領域にて、作用電極との組合せで、仕様を示された測定精度が保たれること。
- (c) 内部液の交換（電極の再生）が可能な構造とする。

## ② 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) 液絡部の構造とサイズ（面積）については、低温度域における測定精度を維持するために、現存型と同一とする。また、電極内部圧調整用の微細孔膜についても、同様に現存型と同一とする。
- (b) 内部液量については、現存型での70℃での寿命試験にて、この液量では3.5日しか持たないことから、2.2 ml から6.8 ml に増量することとした。
- (c) 内部液量を増やすために、電極の外径を16 mm φにサイズアップし、内径として12 mm φを確保する。

## ③ 設計した参照電極の仕様

### (a) 特長

- i. 電極の外筒をテフロン樹脂にすることにより自己圧バランス型になり、対水圧150 kgf/cm<sup>2</sup>以上を有する。
- ii. 接液ジャンクション部をポラステフロン樹脂製にして液溶出量を通常のセラミックスジャンクションの数10分の1に抑制し、一方で接液面積を数10倍に大きくしている。このことにより内部液のしみ出しがより確実になり、希薄な緩衝性の低い試料に対しても安定した指示が得られる。
- iii. KCl内部液をペースト状（固溶化）にして内部液無補充型構造にし、KClの試料液への溶出量を安定化させたため、長期間安定した値が得られる。また、電極の寿命（内部液の交換周期）の長期（10日間以上）化も同時に図れる。
- iv. 内部電極（銀／塩化銀電極）からKCl内部液への銀イオンの溶出を抑制するために、内部電極をイオン交換膜で被覆する構造とした。また、KCl内部液へ溶出した銀イオンと試料水中の還元性雰囲気や還元性物質による反応を抑制し、還元された微小な銀の析出・付着によるテフロンジャンクションの目詰まり防止するために、ペースト状KCl内部液に陽イオンと反応するキレート剤を混入した。

### (b) 仕様

- i. 電極 ; 銀／塩化銀電極（ダブルジャンクション型）  
(Ag / AgCl / KCl / 試料溶液)
- ii. 内部液 ; 飽和AgCl溶液（キレート剤入ペースト状KCl）  
内部液量：6.8 ml
- iii. ジャンクション ; イオン交換膜、ポラステフロン
- iv. 使用温度範囲 ; 0～70℃（ただし、凍結しないこと）
- v. 耐熱温度範囲 ; 0～70℃
- vi. 使用圧力範囲 ; 0～150 kgf/cm<sup>2</sup>（対水圧；max. 150 kgf/cm<sup>2</sup>）
- vii. 接液部材質 ; PTFE（テフロン）、PPS（ポリフェニルスルファイド）

(c) 構造

- i. 内部電極 ; イオン交換膜被覆塩化銀電極
- ii. 外筒 ;  $\phi 16\text{mm}$  ポーラステフロン、テフロン樹脂製外筒
- iii. 長さ ; 全長 :  $182.0\text{mm}$  (ピン除く :  $172.0\text{mm}$ )  
接液部 :  $152.4\text{mm}$
- iv. 耐圧機構 ; 自己圧バランス型(テフロン樹脂製外筒)
- v. 取付部圧力シール ; JASO1013-Oリングシール  
(対水圧 ;  $.150\text{kgf/cm}^2$  規格)
- vi. リード(出力) ; コネクタ(4ピン)リードアウト

(d) 形状

図3-1-1に参照電極の外形状と構造の概要を示した。

(3) pH複合電極

① 複合電極化の理由

pH電極については、以下の理由によりガラス電極と参照電極を一体化した複合電極として設計した。

- (a) 参照電極を、 $70^\circ\text{C}$ にて10日間以上の連続使用に耐える仕様に変更したために、電極外径が $16\text{mm}$ にサイズアップしたことにより、1個のセンサーブロックに4本の電極(pH電極、ORP・pS作用電極と2本の参照電極)を装着できず、3本に制限されるため。
- (b) ガラス電極の出力インピーダンスを、外部大気の水蒸気に影響を受けないように低下させるために、電極内にプリアンプを設けるためには、参照電極の出力もガラス電極内のプリアンプに入力する必要がある。
- (c) ガラス電極にプリアンプを設けるためには、アンプのサイズと組立のために電極の直径を最小でも $16\text{mm}$ にする必要がある。
- (d) 以上から、ガラス電極内に参照電極を取り込む余地があり、操作・組立上、測定精度等と維持からも、複合電極化することに利点がある。

② 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 参照電極部分については、単独の参照電極と同等の仕様・性能を有すること。
- (b)  $0\sim 70^\circ\text{C}$ の温度領域にて、仕様に示された測定精度が保たれること。
- (c) 参照電極部分の内部液の交換(電極の再生)が可能な構造とする。
- (d) 電極内に出力インピーダンスを低下させるために、プリアンプ基板を設ける。
- (e) プリアンプの電源はDC12Vとし、アンプ部から供給するものとする。

③ 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) ガラス電極については、基本的に現存型と同一とする。

- (b) 参照電極については、ガラス電極の周囲に内部液と内部電極設ける構造とし、内部液量は単独型とほぼ同量とする。
  - (c) 参照電極の性能は、単独型と同等とする。
  - (d) プリアンプ基板の出力インピーダンスは、100 k $\Omega$ 以下とする。また、消費電流は10 mA以下とする。
  - (e) 電極の接液部の外径は16 mm $\phi$ とし、長さは単独型参照電極と同一とする。
- ③ 設計したpH複合電極の仕様

(a) 特長

- i. ガラス電極と参照電極を1体化し、操作性を向上させた。
- ii. 電極内にプリアンプを設け、出力インピーダンスを大幅に低下させ、湿気による影響を取り除いた。
- iii. ガラス電極膜自体は圧力平衡型であり、本電極に用いた $\phi$ 6ガラス電極膜は、150 kgf/cm<sup>2</sup>以上の高圧下での使用実績を有する。
- iv. ガラス電極膜筒と電極基部材との連結部分をOリングでシールし、加工精度との組合せで対水圧150 kgf/cm<sup>2</sup>以上を確保。
- v. 内部銀電極の銀線基部の銀ブロック化とOリングシールの組合せで、ガラス電極膜破損時の電極銀線の貫入による耐圧破壊を防止。
- vi. 参照電極部の内部液の交換（電極の再生）を可能とした。

(b) 仕様

- i. 測定方式 ; ガラス電極法
- ii. 参照電極 ; 銀-塩化銀電極（ダブルジャンクション型；仕様等は後述）
- iii. 測定範囲 ; 0～14 pH
- iv. 測定精度 ;  $\pm 0.2$  pH
- v. 使用温度範囲 ; 0～70 $^{\circ}$ C（ただし、凍結しないこと）
- vi. 耐熱温度範囲 ; 0～70 $^{\circ}$ C以上
- vii. 使用圧力範囲 ; 0～150 kgf/cm<sup>2</sup>（対水圧；max. 150 kgf/cm<sup>2</sup>）
- viii. 接液部材質 ; PTFE（テフロン）、FPM（バイトン）、PPS（ポリフェニルスルファイド）  
ガラス

(c) 構造

- i. 内部電極 ; ガラス電極：銀電極  
参照電極 : イオン交換膜被覆銀/塩化銀電極
- ii. 外筒 ;  $\phi$ 16 mm $\phi$  ポーラステフロン、テフロン樹脂製外筒
- iii. 長さ ; 全長 : 182.0 mm（ピン除く：172.0 mm）  
接液部：152.4 mm
- iv. 耐圧機構 ; ガラス電極：剛構造型（ガラス筒）  
参照電極 : 自己圧バランス型（テフロン樹脂製外筒）
- v. 取付部圧力シール ; JASO1013-Oリングシール  
（対水圧；150 kgf/cm<sup>2</sup>規格）
- vi. リード（出力） ; コネクタ（4ピン）リードアウト



(d) 形状

図 3-1-2 に pH 複合電極の外形状と構造の概要を示した。

(4) ORP・pS 作用電極

① 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 3 種類の ORP 測定用金属電極（白金、金とグラシーカーボン）と、S 電位測定用の硫化銀電極の計 4 本を 1 体化した作用電極とする。
- (b) 0～70℃の温度領域にて、参照電極との組合せで仕様に示された測定精度が保たれること。

② 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) 70℃においても、現存型の ORP・pS 作用電極の基本構造を変更する必要はないため、基本的には同一とする。
- (b) 出力コネクタ部に構造は、pH 複合電極、参照電極と同一とする。
- (c) 接液部の外径と長さについても、pH 複合電極、参照電極と同一とする。

③ 設計した ORP・pS 作用電極の仕様

(a) 特長

- i. 電極 4 種を一体化した。
- ii. 剛構造で対水圧 150 kgf/cm<sup>2</sup> 以上を有する。
- iii. 各金属電極をエポキシ樹脂接着剤で固定し、剛構造を強化した。
- iv. 電極の接液部を平滑な平面にし、電極表面の清掃を容易にした。

(b) 仕様

ア. ORP 作用電極

- i. 測定方式 ; 金属電極法 (3 種類)  
白金 (Pt)、金 (Au)、グラシーカーボン (GC)
- ii. 参照電極 ; 銀/塩化銀電極 (ダブルジャンクション型; 仕様は後述)  
ORP 作用電極 3 種と pS 作用電極の共用
- iii. 測定範囲 ; -1000～1000 mV
- iv. 測定精度 ; ±10 mV (等価入力にて)
- v. 使用温度範囲 ; 0～70℃ (ただし、凍結しないこと)
- vi. 耐熱温度範囲 ; 0～70℃ 以上
- vii. 使用圧力範囲 ; 0～150 kgf/cm<sup>2</sup> (対水圧; max. 150 kgf/cm<sup>2</sup>)
- viii. 接液部材質 ; Pt、Au、GC、PTFE (テフロン)、FPM (バイロン)、  
PPS (ポリフェニルスルファイド)、EP (エポキシ樹脂接着剤)

イ. pS 作用電極

- i. 測定方式 ; イオン電極法  
硫化銀電極

- iv. 参照電極 ; 銀/塩化銀電極 (ダブルコンタクト型; 仕様は後述した)  
p S 作用電極と O R P 作用電極 3 種の共用
- v. 測定範囲 ; 0 ~ - 1 0 0 0 m V
- vi. 測定精度 ; ± 5 m V (等価入力にて)
- vii. 使用温度範囲 ; 0 ~ 7 0 ° C (ただし、凍結しないこと)
- viii. 耐熱温度範囲 ; 0 ~ 7 0 ° C 以上
- ix. 使用圧力範囲 ; 0 ~ 1 5 0 kgf/cm<sup>2</sup> (対水圧; max. 1 5 0 kgf/cm<sup>2</sup>)
- x. 接液部材質 ; A g<sub>2</sub>S、P T F E (テフロン)、F P M (バイツ)、  
P P S (ポリフェニルスルファイド)、E P (エポキシ樹脂接着剤)

(c) 構造

- i. 内部電極 ; ガラス電極 : 銀電極  
参照電極 : イオン交換膜被覆銀/塩化銀電極
- ii. 外筒 ; φ 1 6 mm φ ポーラステフロン、テフロン樹脂製外筒
- iii. 長さ ; 全長 : 1 8 2 . 0 mm (ピン除く : 1 7 2 . 0 mm)  
接液部 : 1 5 2 . 4 mm
- iv. 耐圧機構 ; ガラス電極 : 剛構造型 (ガラス筒)  
参照電極 : 自己圧バランス型 (テフロン樹脂製外筒)
- v. 取付部圧力シール ; J A S O 1 0 1 3 - O リングシール  
(対水圧 ; . 1 5 0 kgf/cm<sup>2</sup> 規格)
- vi. リード (出力) ; コネクタ (4 ピン) リードアウト

(d) 形状

図 3-1-3 に O R P ・ p S 作用電極の外形状と構造の概要を示した。

(5) 高レンジ用 E C 電極

① 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 高レンジ用の E C 電極は、電磁誘導式を用いる。
- (b) 耐圧性能を持続させるために、検出コイル部の表面被覆剤であるエポキシ樹脂部の成型時の脱気方法の改良か、被覆方法の改良を施す。
- (c) 目標としては、1 か月以上の連続使用に仕様の精度内で耐えられることとする。

② 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) 検出コイル部を P V D F (フッ化ビニジデン) 樹脂製の容器で覆い、コイルと容器の隙間にエポキシ樹脂を流し込んで、絶縁・モールドする。
- (b) 出力コネクタ部に構造は、p H 複合電極、参照電極と同一とする。
- (c) 接液部の外径については、p H 複合電極等と同一とするが、コイル部については外径が 2 5 mm φ と大きくなる。
- (d) 電極軸部分の長さについては、この電極のコイルとセンサーブロックの間に低レンジ用の E C 電極と温度電極が位置するために、その収容のために長く延ばす。

### ③ 設計した高レンジ用のEC電極の仕様

#### (a) 特長

- i. 電磁式電極の耐久性を向上させた。
- ii.  $0 \sim 100,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲を所定の精度で測定できる。

#### (b) 仕様

- i. 測定方式 ; 電磁誘導方式
- ii. セル定数 ; 20
- iii. 測定範囲 ;  $0 \sim 100,000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- iv. 測定精度 ;  $\pm 2\% \text{FS}$  (常温; 0.5N-KCl標準液にて)
- v. 使用温度範囲 ;  $0 \sim 70^\circ\text{C}$  (ただし、凍結しないこと)
- vi. 耐熱温度範囲 ;  $0 \sim 70^\circ\text{C}$ 以上
- vii. 使用圧力範囲 ;  $0 \sim 150 \text{kgf}/\text{cm}^2$  (対水圧; max.  $150 \text{kgf}/\text{cm}^2$ )
- viii. 接液部材質 ; PPS (ポリフェニルスルファイド)、PVDF (フッ化ビニリデン)

#### (c) 構造

- i. 電極 ;  $26 \text{mm}\phi$ のエポキシ樹脂内埋込、PVDF樹脂被覆
- ii. 外筒 (軸部) ;  $16 \text{mm}\phi$  PPS樹脂製外筒
- iii. 長さ ; 全長 :  $133.0 \text{mm}$  (ピン除く :  $121.0 \text{mm}$ )  
接液部 :  $91.4 \text{mm}$
- iv. 耐圧機構 ; 剛構造型
- v. 取付部圧力シール ; JASO1013-Oリングシール

#### (d) 形状

図3-1-4に高レンジ用(電磁誘導式)EC電極の外形状と構造の概要を示した。

### (6) 低レンジ用EC電極

#### ① 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 低レンジ用のEC電極は、交流2電極式を用いる。
- (b) 1個のセンサーブロックに他の電極とともに3本取り付けるために、小型化を図る。
- (c) 2本の電極間距離が、圧力にて変化しないように十分な強度を有する。

#### ② 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) 最大 $16 \text{mm}\phi$ のPPS樹脂製の電極軸の外側に、2本の電極を固定する。
- (b) 試料水の流れを確保するために、電極の検出部にカバーを設ける。
- (c) 出力コネクタ部に構造は、pH複合電極、参照電極と同一とする。
- (d) 電極軸部分の長さについては、高レンジ用EC電極のコイルとセンサーブロックの間に位置することになるために、できるだけ全長を短くする。

### ③ 設計した低レンジ用のEC電極の仕様

#### (a) 特長

- i. 精度・強度を保ったまま、電極の小型化をなした。
- ii.  $0 \sim 2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲を所定の精度で測定できる。

#### (b) 仕様

- i. 測定方式 ; 交流2電極式
- ii. セル定数 ; 0.5
- iii. 測定範囲 ;  $0 \sim 2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- iv. 測定精度 ;  $\pm 2\% \text{FS}$  (常温; 0.002N-KCl標準液にて)
- v. 使用温度範囲 ;  $0 \sim 70^\circ\text{C}$  (ただし、凍結しないこと)
- vi. 耐熱温度範囲 ;  $0 \sim 70^\circ\text{C}$ 以上
- vii. 使用圧力範囲 ;  $0 \sim 150 \text{kgf}/\text{cm}^2$  (対水圧; max.  $150 \text{kgf}/\text{cm}^2$ )
- viii. 接液部材質 ; SUS316、PPS (ポリフェニルスルファイド)

#### (c) 構造

- i. 電極 ; 1.6mmφのエポキシ樹脂内に埋込
- ii. 外筒 (軸部) ; 1.6mmφ PPS樹脂製外筒  
検出部にPPS樹脂製窓付きカバーを装着
- iii. 長さ ; 全長 : 102.0mm (ピン除く: 90.0mm)  
接液部 : 60.4mm
- iv. 耐圧機構 ; 剛構造型
- v. 取付部圧力シール ; JASO1013-Oリングシール

#### (d) 形状

図3-1-5に低レンジ用 (交流2電極式) EC電極の外形状と構造の概要を示した。

### (7) 温度電極

#### ① 設計の条件

設計にあたっては、次の条件を満たすことを目指した。

- (a) 測定方式には、白金抵抗測温体方式を踏襲する。
- (b) 校正時にセンサーブロック等の熱伝導で安定指示が得られにくいため、検出部とセンサーブロック間に熱不導体部を設ける。

#### ② 条件の設定

設計の条件を満たすために、次のように諸条件を決定した。

- (a) 検出部を除き、PPS樹脂製にて電極を校正する。
- (b) 出力コネクタ部に構造は、pH複合電極等と同一とする。
- (c) 接液部の外径については1.6mmφと、pH複合電極等と同一とする。
- (d) 電極軸部分の長さについては、高レンジ用EC電極のコイルとセンサーブロックの間に位置することになるために、できるだけ全長を短くする。

③ 設計した高レンジ用のEC電極の仕様

(a) 特長

- i. 剛構造にて150 kgf/cm<sup>2</sup>以上の耐圧性能を有する。
- ii. 仕様を満たす性能を有する。
- iii. 校正時の指示安定性と応答性が改善された。

(b) 仕様

- i. 測定方式 ; 白金抵抗測温体 (Pt100Ω)  
基準抵抗素子のR<sub>100</sub>/R<sub>0</sub>値 ; 1.3850  
階級 ; A級  
導線方式 ; 3導線式  
測定電流 ; 2mA
- ii. 測定範囲 ; 100Ω~138.5Ω (0~100℃)
- iii. 測定精度 ; ±0.2℃
- iv. 使用温度範囲 ; 0~70℃ (ただし、凍結しないこと)
- v. 耐熱温度範囲 ; 0~70℃以上
- vi. 使用圧力範囲 ; 0~150 kgf/cm<sup>2</sup> (対水圧 ; max. 150 kgf/cm<sup>2</sup>)
- vii. 接液部材質 ; チタン、PPS

(c) 構造

- i. 電極 ; 切削成型したチタン棒内に内蔵。  
2mmφの孔内に導電性シリコングリースで封入。
- ii. 外筒 (軸部) ; 16mmφ PPS樹脂製外筒
- iii. 長さ ; 全長 : 92.0mm (ピン除く : 80.0mm)  
接液部 : 50.4mm
- iv. 耐圧機構 ; 剛構造型
- v. 取付部圧力シール ; JASO1013-Oリングシール

(d) 形状

図3-1-6に温度電極の外形状と構造の概要を示した。

(8) センサーの設計図面

6種類のセンサー (電極) の設計図面を、巻末の試料編に次のとおり示した。

- (a) 電極組図1 図番 PK3-DKK-1A ORP・pS作用電極と参照電極
- (b) 電極組図2 図番 PK3-DKK-2A pH複合電極と温度電極
- (c) 電極組図3 図番 PK3-DKK-3A 高レンジ用と低レンジ用EC電極

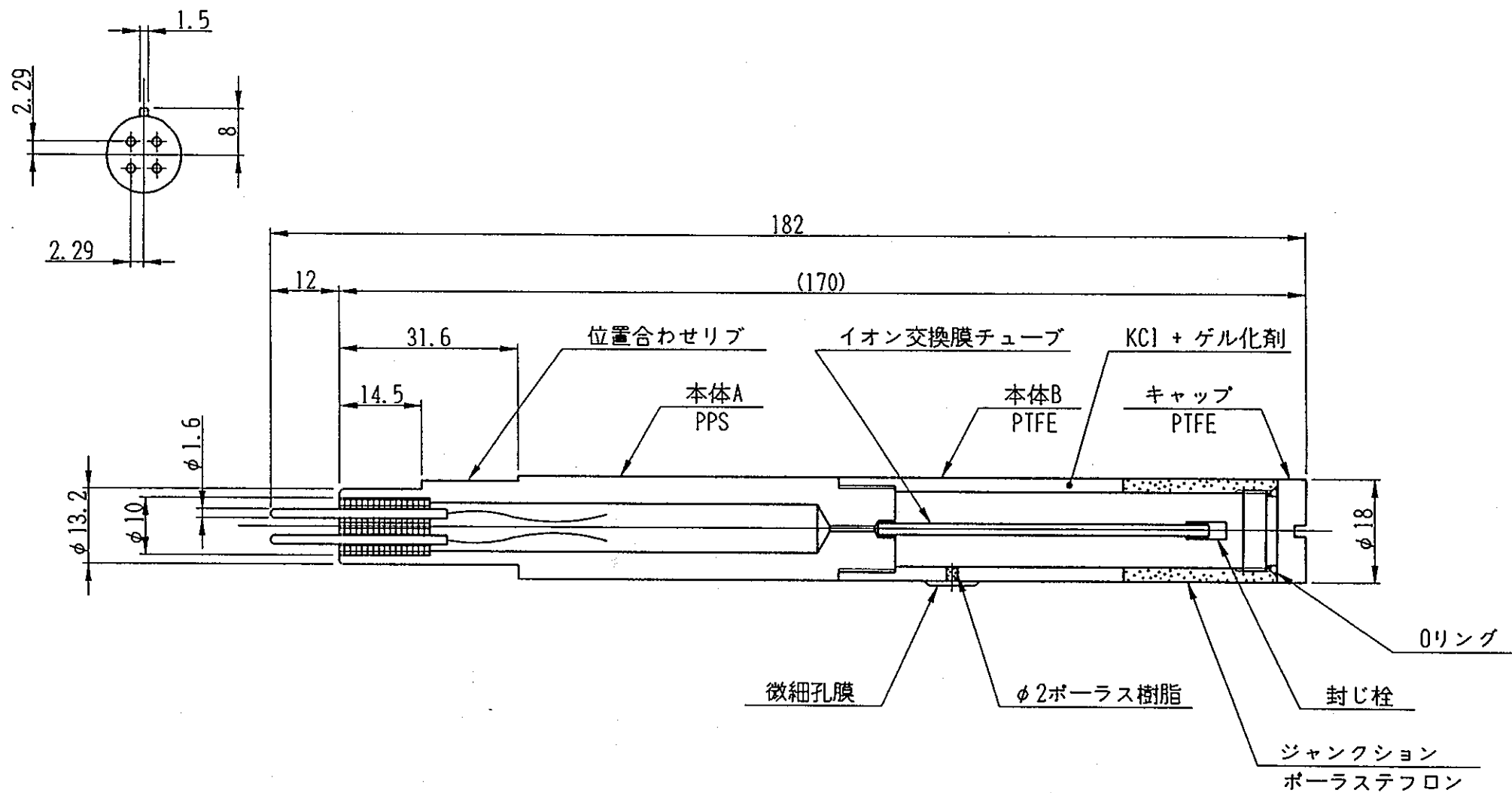


図 3-1-1 参照電極の外形状と構造の概要

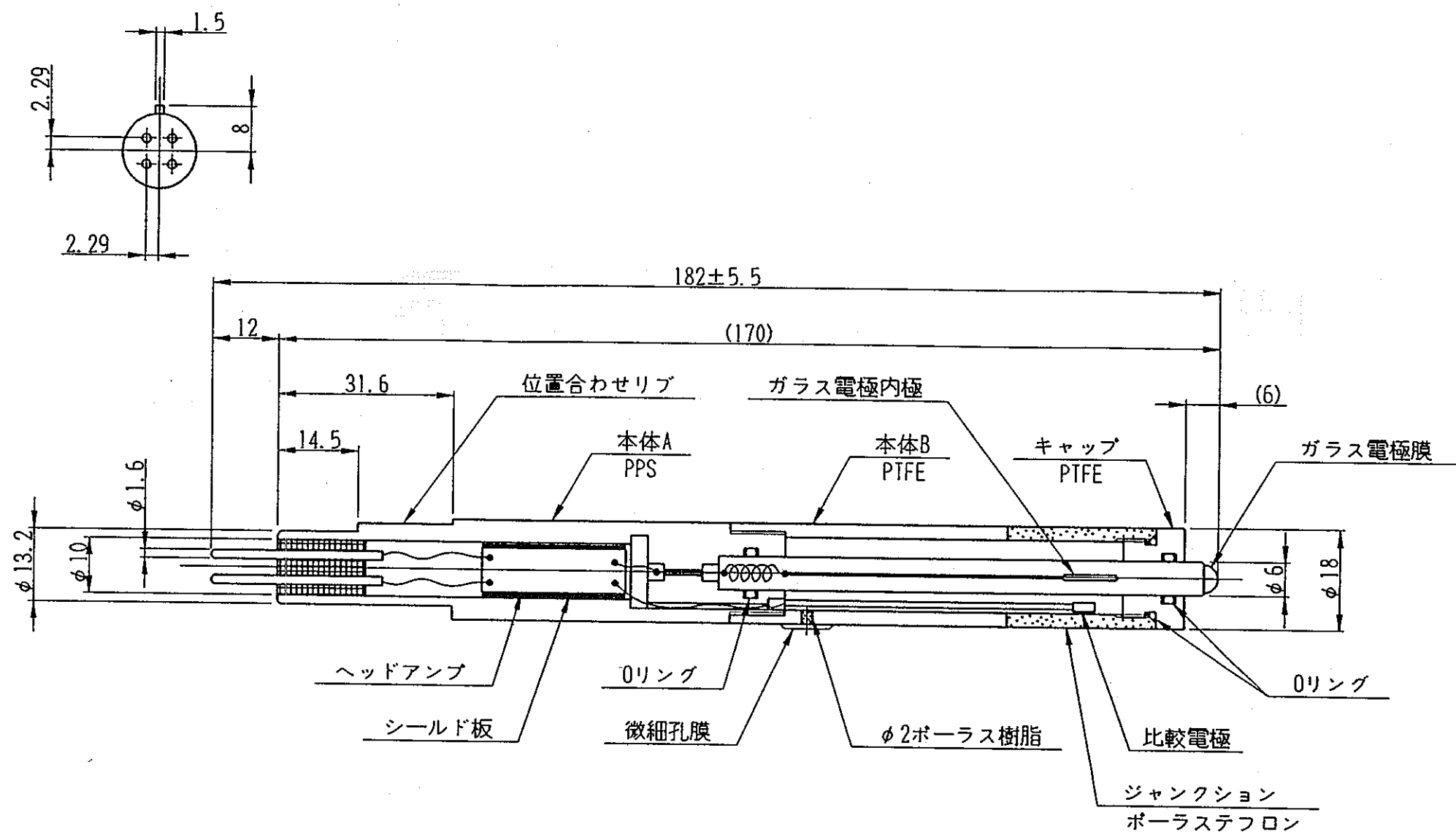


図 3-1-2 pH複合電極の外形状と構造の概要

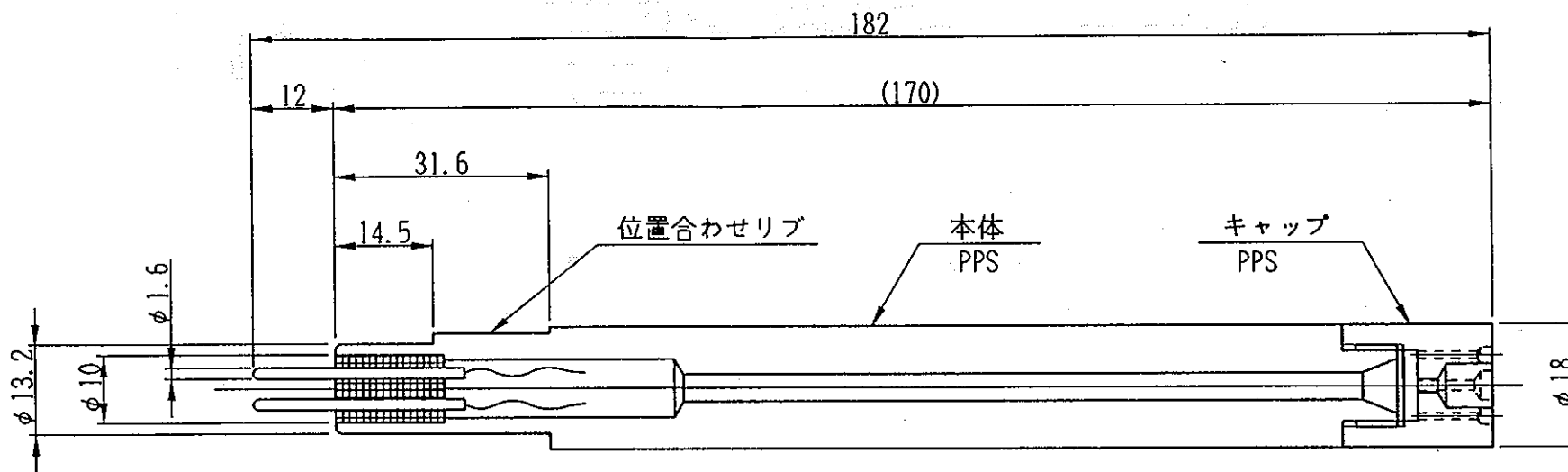
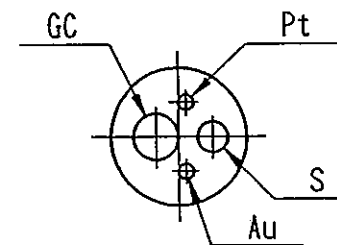
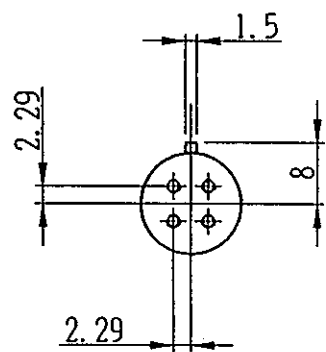


図 3-1-3 ORP・pS作用電極の外形状と構造の概要



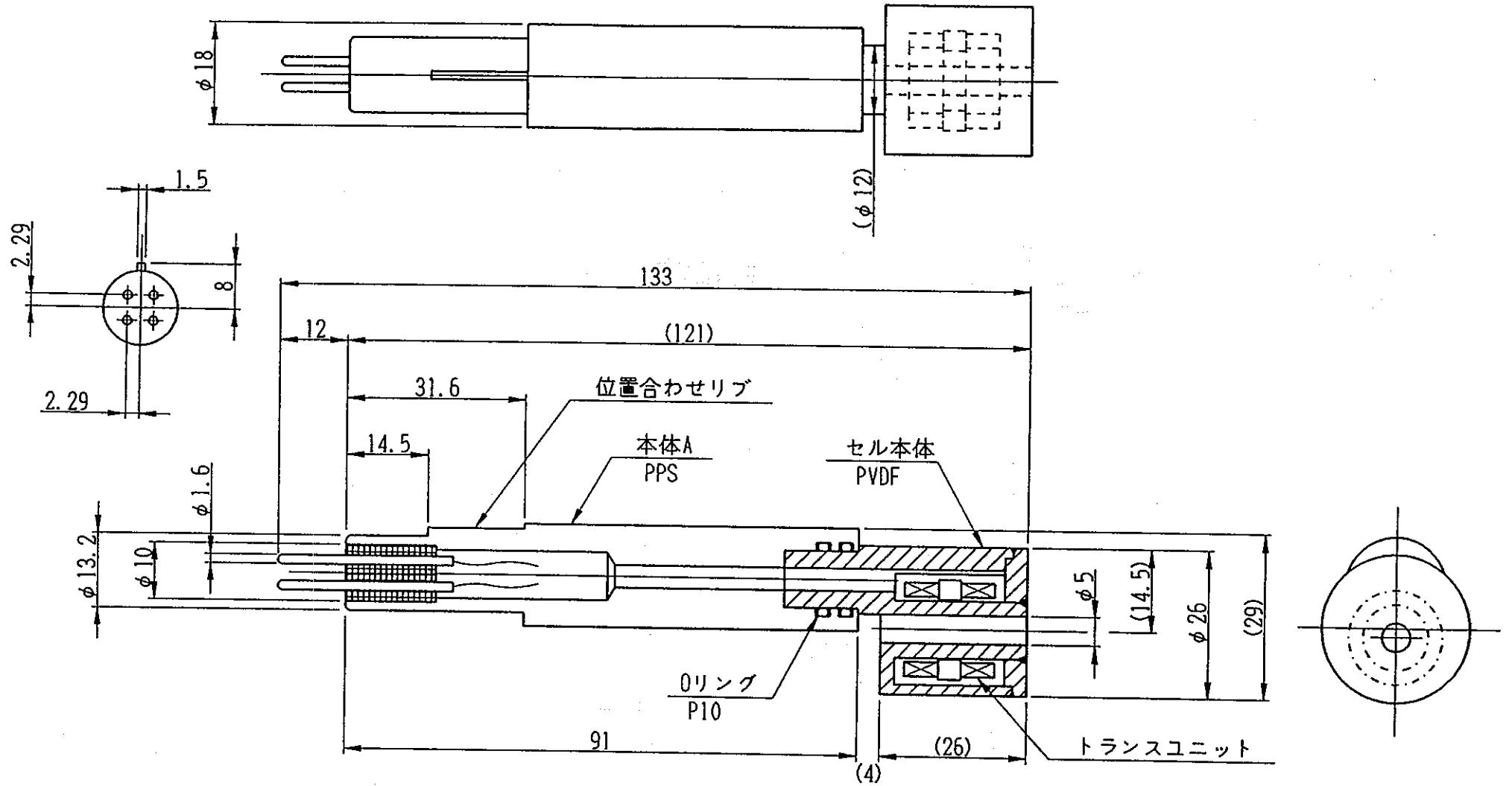


図 3-1-4 高レンジ用(電磁誘導式)EC電極の外形状と構造の概要

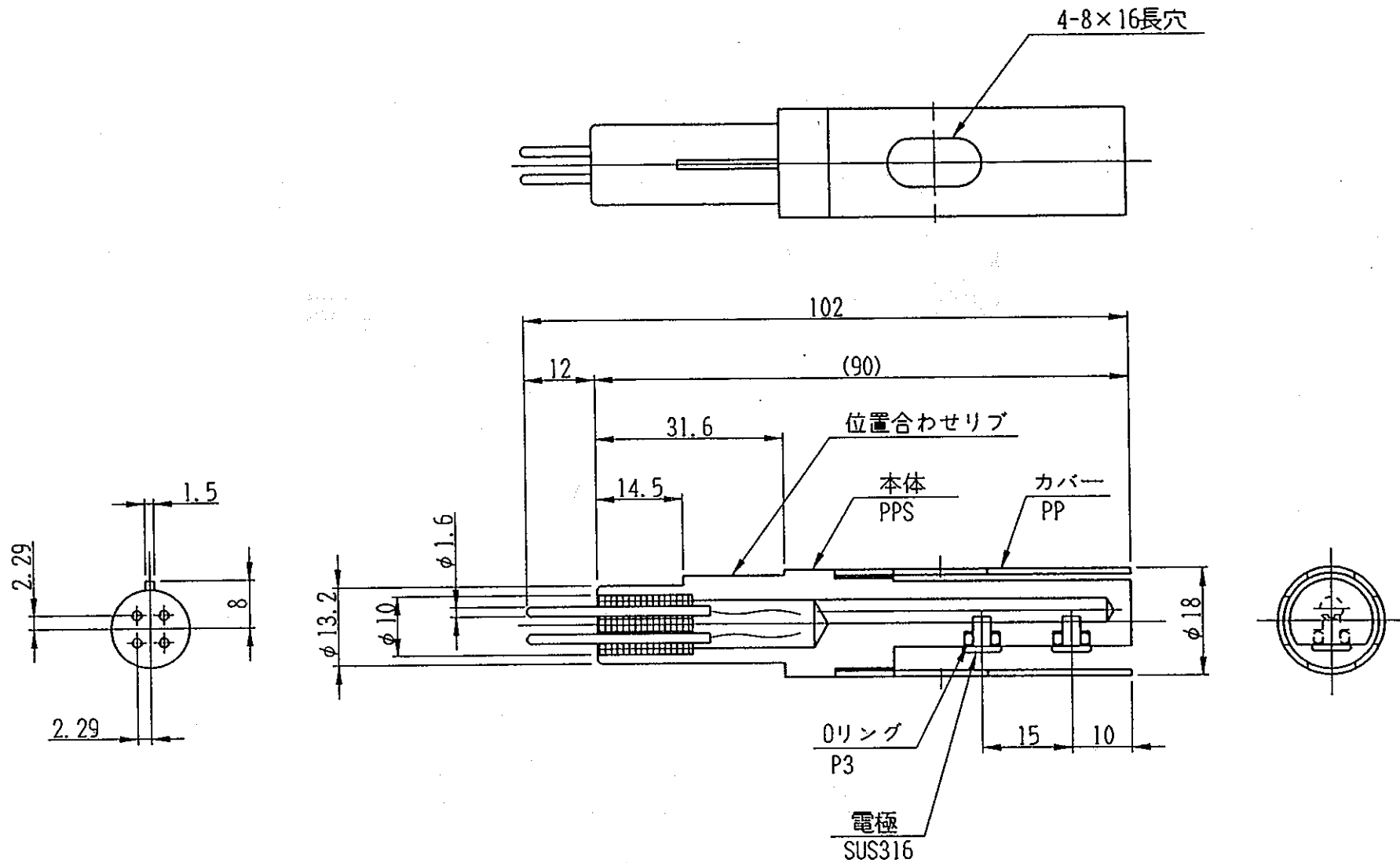


図 3-1-5 低レンジ用(交流2電極式)EC電極の外形状と構造の概要

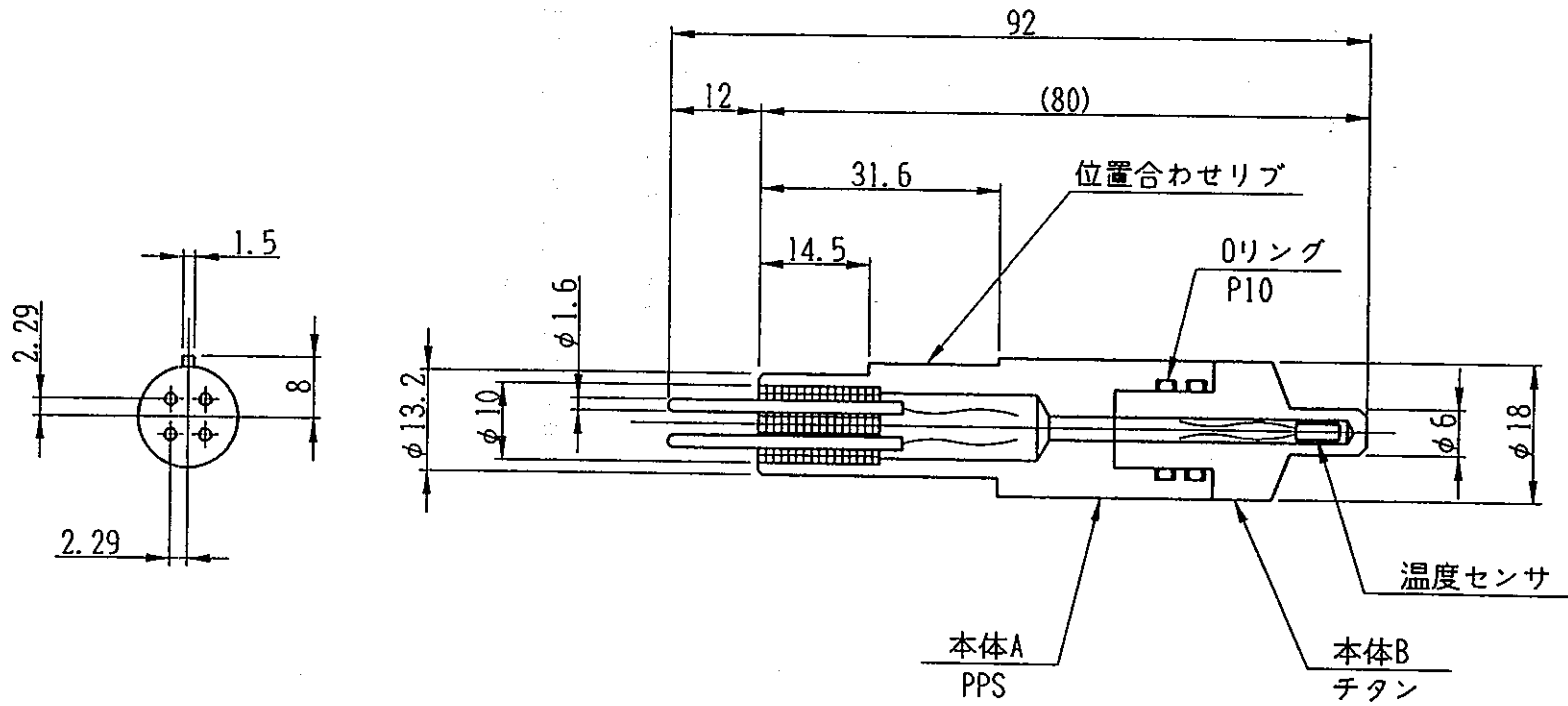


図 3-1-6 温度電極の外形状と構造の概要

### 3.3 センサー部の設計

高温環境型検層ユニット用に設計したセンサー部について、その結果を以下に記した。

#### (1) 設計の方針

センサー部の設計にあたっては、次の方針に基づいて検討した。

- (a) センサー部の空隙容積を極力減少した構造とする。
- (b) 次の8項目を深度1,000mの孔内にて、1週間以上の期間にわたって仕様の精度で連続して測定できる構造であること。
  - i. pH
  - ii. 3種類の電極によるORP
  - iii. pS
  - iv. 高レンジのEC
  - v. 低レンジのEC
  - vi. 水温
- (c) 組立時、校正時の作業性、操作性を高める。
- (d) 測定の信頼性およびメンテナンス作業の簡素化
- (e) 検層ユニット全体の小型化への寄与。

#### (2) 設計したセンサー部の内容

##### ① センサーブロックの形状と構造

- (a) 電極を装着するセンサーブロックの個数を2個とし、上部と下部のそれぞれから電極を向かい合わせで装着する形状とした。
- (b) 電極のセンサブロックへの装着部は、4ピンのセラミック製のハーメチックコネクタとし、ブロック側をハーメチック構造として電装部分を隔離、シールする方式とした。また、ブロック側を凹型のコネクタとし、凸型の電極側のピンも固定されて遊びがないため、装着操作と接触性を高めるために凹型ピンをスプリング方式とした。
- (c) 1個のセンサーに3本の電極を挿入・固定することとし、上下の各ブロックにはそれぞれ次の電極を装着する。

i. 上側；電極内に内部液を要する電極とそれと対をなす次の電極とした。

pH複合電極	1本
ORP pS作用電極	1本
参照電極	1本

ii. 下側；電極内に液体を持たない固体電極とした。

高レンジ用EC電極	1本
低レンジ用EC電極	1本
温度電極	1本

センサーブロックと電極との圧力シールには、2段のOリングを用いる。

② 電極の装着の方法

- (a) 上部センサーブロックに装着される3本の電極は、いずれも外径が16mmφと一定であるので、装着の順序等の制約はない。しかし、コネクタピンの位置が決められているので、誤接続防止のためにガイド溝を設けた。
- (b) 下部センサーブロックに装着される3本の電極のうち、高レンジ用EC電極の検出部が軸部分よりも大きく片側につき出ているため、この電極は最後に装着し、最初の取り外すこととなる。上部と同じく、誤接続防止のためにガイド溝を設けた。
- (c) 装着の状況を次の図3-2に示した。

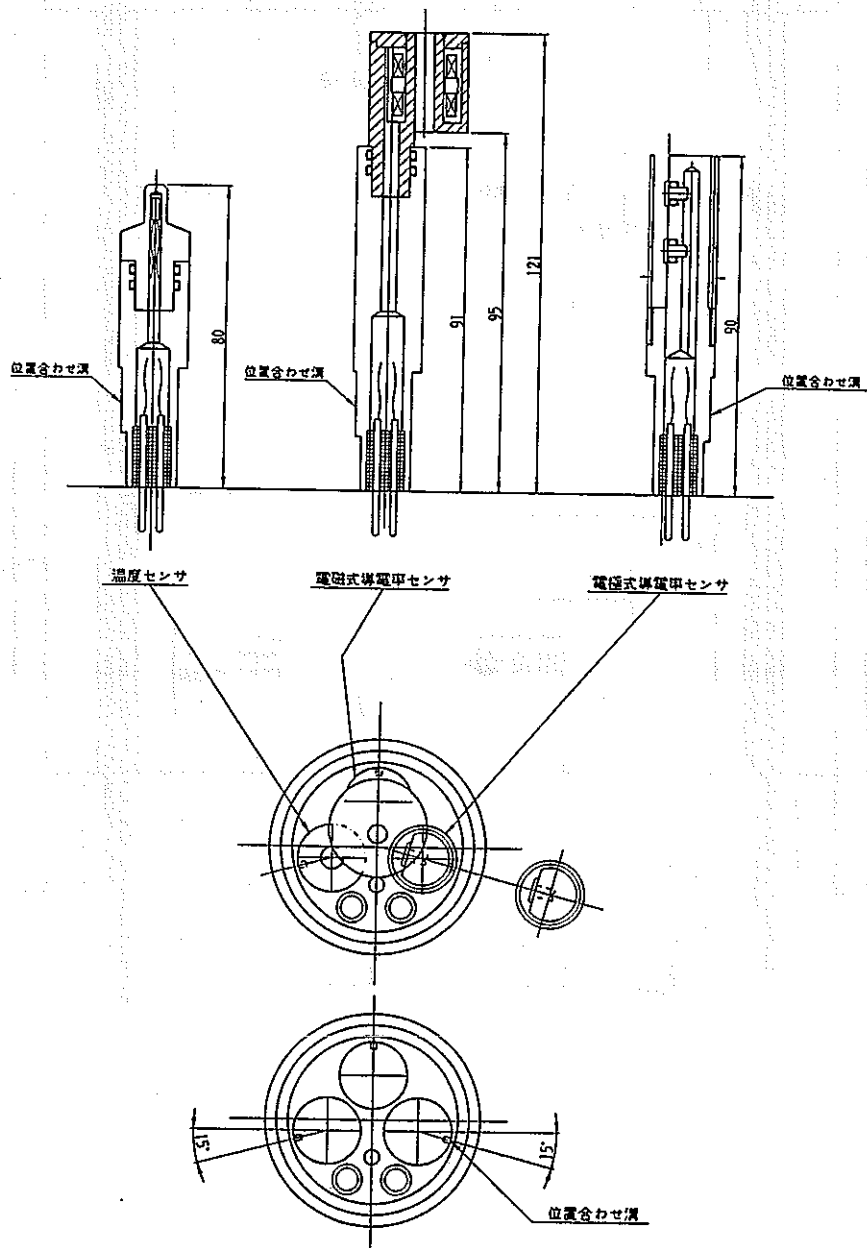


図 3-2 センサーブロックへの電極の装着状況図

③ センサー部の構造

設計したセンサー部の構造について、その概況を次の図3-3に記した。

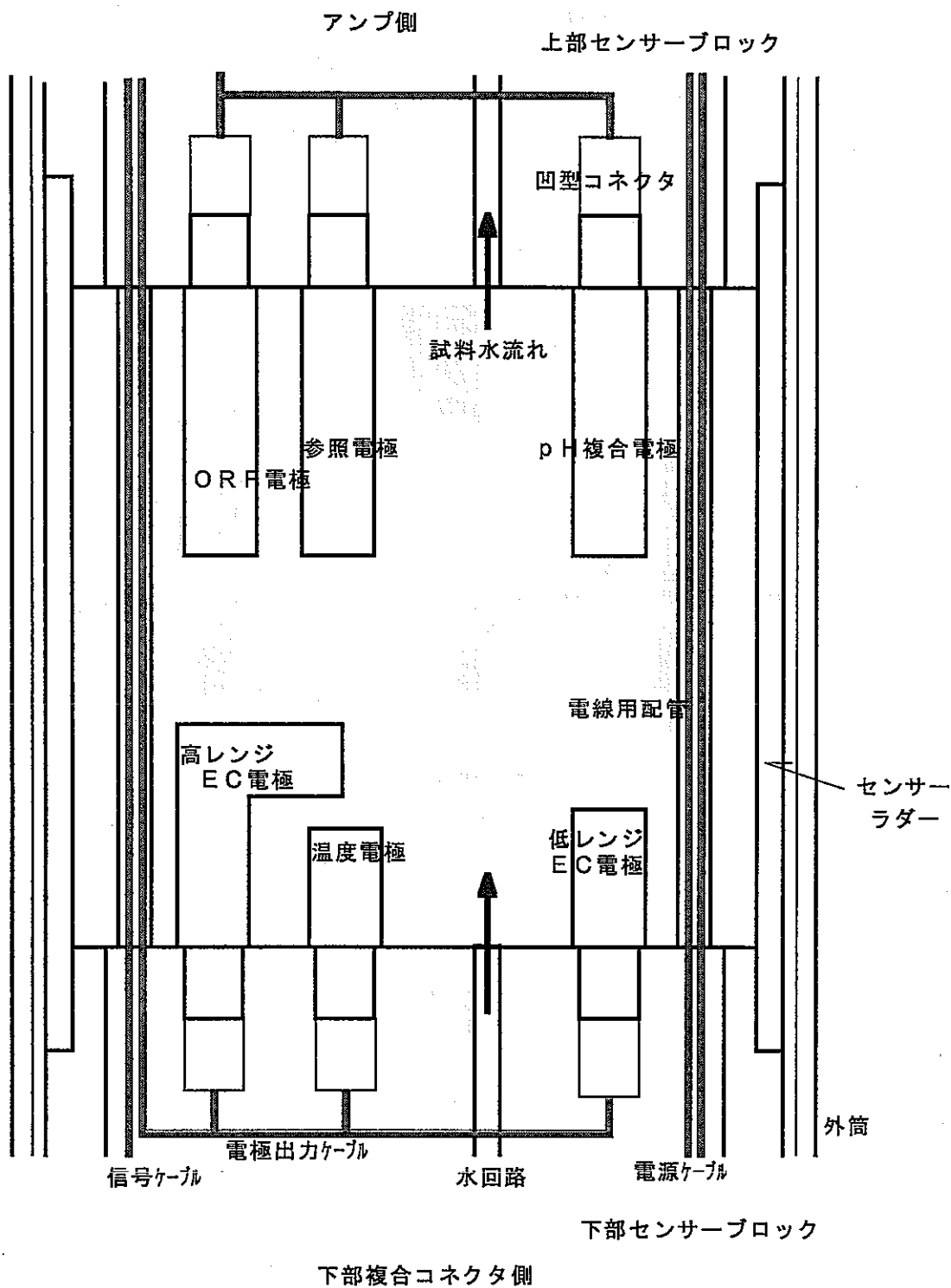


図 3-3 設計したセンサー部の構造概要図

(a) ケーブル類の配線

- i. 電源供給ラインであるDC 24Vと12Vの4本の電源ケーブルについては、2個のセンサーブロック間をSUSパイプ（外径8mmφ、内径6.8mmφ）内を通す。このパイプは溶接にて両側のブロックに接続している。
- ii. 通信用ケーブル4本と下部ブロック側の電極からの出力用ケーブル10本は、電源とは別のもう1本のSUSパイプ（外径8mmφ、内径6.8mmφ）内を通してアンプ側に渡す。

(b) センサーブロック間の固定

- i. 上下2個のセンサーブロックについては、配線用パイプの他2本のセンサーラダーにて固定され、パイプ接続部の保護とセンサー部の強度維持に用いる。
- ii. 測定時には、外筒がセンサー部の強度支持材となる。

(c) スペーサーの装着

- i. センサー部内の空隙容積の減少と試料水の流れの制御のために、PPS樹脂製のスペーサーを電極装着後の空隙部に装着固定する。
- ii. 装着するスペーサーには、試料水の流れを電極の検出を通過するように、流水路を設ける。このスペーサーは、センサーラダーにビスにて固定する。

④ センサー部内の空隙容積

(a) スペーサーを未装着の時

- i. センサー部の測定室の全容積は、650mlである。
- ii. 電極とセンサーラダーの容積が、170mlとなる。
- iii. スペーサー未装着時の空隙容積は、差引き480mlとなる。

(b) スペーサーを装着時

- i. 装着するスペーサーの全容積は、290mlである。
- ii. スペーサー装着時の実空隙容積は190mlとなり、大幅に減少させることができた。

(3) センサー部の設計図面

センサー部の設計図面は組図と部品図からなり、巻末の試料編に次のように載せた。

- (a) センサー部組図1 図番 PK3-AS2
- (b) センサー部部品図1 図番 PK3-10-1
- (c) センサー部部品図2 図番 PK3-12-1
- (d) センサー部部品図3 図番 PK3-16-1
- (e) センサー部部品図4 図番 PK3-21-1
- (f) センサー部部品図5 図番 PK3-28-1

### 3.4 アンプ基板の設計

高温環境型検層ユニット用に設計したアンプ基板について、その結果を以下に記した。

#### (1) 設計の方針

アンプ基板の設計にあたっては、次の方針に基づいて検討した。

- (a) アンプ基板は、測定項目別に個別とする。
- (b) 0～70℃の温度範囲において、電極との組合せで1週間以上の期間にわたって、仕様の精度で連続して測定できるものであること。

設計する基板は次の7種類である。

- i. pH用
  - ii. ORP1ch（白金）用
  - iii. ORP2ch（金）、3ch（グラシーカーボン）用
  - iv. pS用
  - v. 高レンジ（電磁誘導式）EC用
  - vi. 低レンジ（電磁誘導式）EC用
  - vii. 水温用
- (c) 7種類のうちpH用については、電極内にプリアンプを設けたために、現存型とは大きく異なり新規設計となる。また、電極内に設けるプリアンプも、合わせて新規設計する。
  - (d) 他のアンプ基板については、耐温度仕様を50℃から70℃に変更したために生じる現存型のパーツ類の交換と、パーツ類の交換にて生じる関連部分の設計変更とする。

#### (2) 設計したアンプ基板の内容

##### ① アンプ基板の形状と構造

- (a) アンプ基板については、すべて電装部品類を基板の両面に実装した。ただし、pH用のプリアンプについては、片面実装とした。
- (b) アンプ基板の大きさは、次の3種類である。
  - i. 70mm×41mm  
pH用、ORP1ch用、ORP2ch・3ch用、pS用および低レンジ（交流2電極式）EC用の5種類
  - ii. 40mm×41mm  
高レンジ（電磁誘導式）EC用および温度用の2種類
  - iii. 25mm×8mm  
pH電極用プリアンプ
  - iv. 基板上に実装した電装部品類は、37mmφの円内に収まるようにした。
- (c) アンプ基板のアンプ部への取り付けように、アンプ基板の4角にビス止め用の2.5mmφの穴を設けた。



② アンプ基板の大きさ以外の共通仕様は、以下のとおりである。

- i. 動作周囲温度；0～70℃
- ii. 動作周囲湿度；0～90%（結露なし）
- iii. 使用電源；DC12V±2V  
各基板に独立したDC/DCコンバータを装備
- iv. 所要電流量；20mA以下（各基板1枚につき）
- v. 出力；DC0～3V（FS）  
DC/DCコンバータにて各出力をアイソレート  
ゼロドリフト：±1%/日以内  
スバンドリフト：±1%/日以内  
温度ドリフト：±0.001mV/℃以内
- vi. 出力インピーダンス；300Ω

③ アンプ基板の信号変換仕様は、次の表3-1のとおりである。

表 3-1 アンプ基板の信号変換仕様

項目	測定範囲	電極出力	アンプ出力
pH	0～14 pH	-0.5～0.5 V	0.0～3.0 V
ORP	-1～+1 V	-1.5～1.5 V	0.0～3.0 V
pS	-1～0 V	-1.0～0.0 V	0.0～3.0 V
EC（高レンジ）	0～2,000 μS/cm	∞～1.395 kΩ	0.0～3.0 V
EC（低レンジ）	0～100,000 μS/cm	∞～5.393 Ω	0.0～3.0 V
温度	0～100℃	100.0～138.5 Ω	0.0～3.0 V

(3) アンプ基板の設計図面

① アンプ基板の組立て図

設計した各アンプ基板の組立図と回路図を、巻末の試料編に次のとおり示した。

- (a) pH用アンプ基板組立図 図番 P4-600236-1X
- (b) ORP 1ch用アンプ基板組立図 図番 04-600237-2X
- (c) ORP 2ch、3ch用アンプ基板組立図 図番 04-600238-2X
- (d) pS用アンプ基板組立図 図番 S4-600180-2X
- (e) 高レンジ（電磁誘導式）EC用アンプ基板組立図 図番 M4-600239-3X
- (f) 低レンジ（交流2電極式）EC用アンプ基板組立図 図番 E4-600240-3X
- (g) 温度用基板組立図 図番 T4-600235-2X
- (h) pH用アンプ基板の回路図 図番 P3-600230-1H
- (i) ORP 1ch用アンプ基板の回路図 図番 03-600231-2H
- (j) ORP 2ch、3ch用アンプ基板の回路図 図番 03-600232-2H
- (k) pS用アンプ基板の回路図 図番 S3-600179-2H
- (l) 高レンジ（電磁誘導式）EC用アンプ基板の回路図 図番 M3-600233-3H
- (m) 低レンジ（交流2電極式）EC用アンプ基板の回路図 図番 E3-600234-3H
- (n) 温度用基板の回路図 図番 T3-600299-2H

#### 4 まとめ

本業務の目的である、高温環境型の地球化学検層ユニットの仕様を満足する、センサー（電極）、アンプ基板およびセンサー部の設計することができた。

本設計に基づき、次年度以降に予定する試作と性能確認試験にて、その成果を実証できると考える。

# 資 料 編

## 1 電極組図

- |                     |               |
|---------------------|---------------|
| 1.1 ORP・pS作用電極と参照電極 | 図番 PK3-DKK-1A |
| 1.2 pH複合電極と温度電極     | 図番 PK3-DKK-2A |
| 1.3 高レンジと低レンジEC電極   | 図番 PK3-DKK-3A |

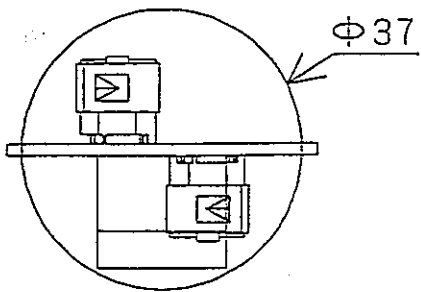
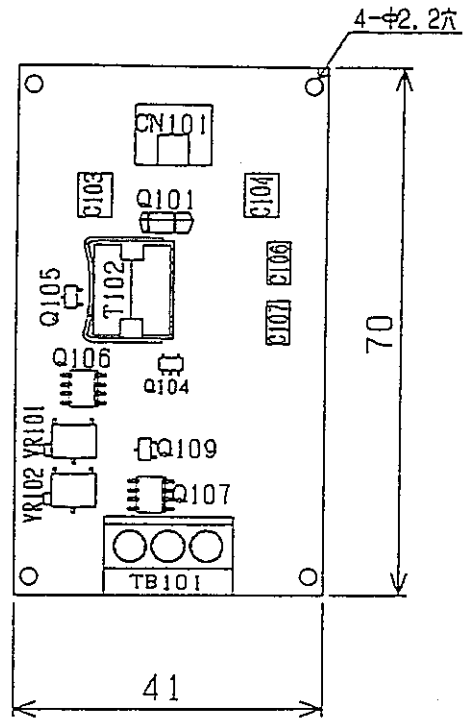
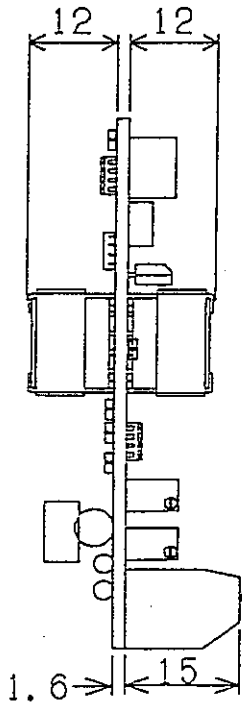
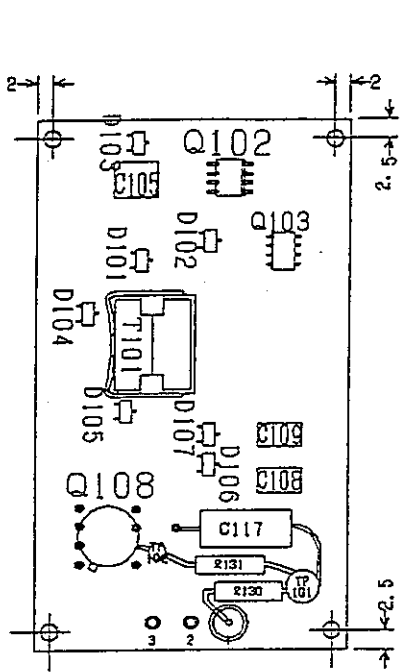
## 2 センサー部組図、部品図

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 2.1 センサー部組図1  | 図番 PK3-AS2  |
| 2.2 センサー部部品図1 | 図番 PK3-10-1 |
| 2.3 センサー部部品図2 | 図番 PK3-12-1 |
| 2.4 センサー部部品図3 | 図番 PK3-16-1 |
| 2.5 センサー部部品図4 | 図番 PK3-21-1 |
| 2.6 センサー部部品図5 | 図番 PK3-28-1 |

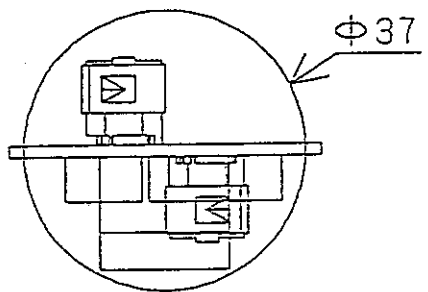
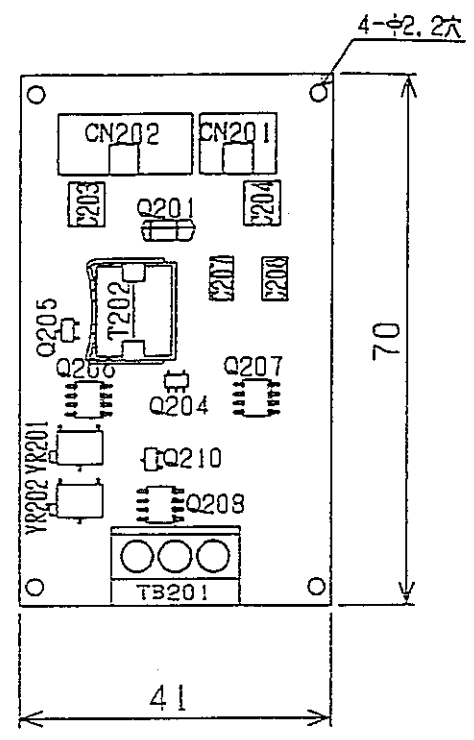
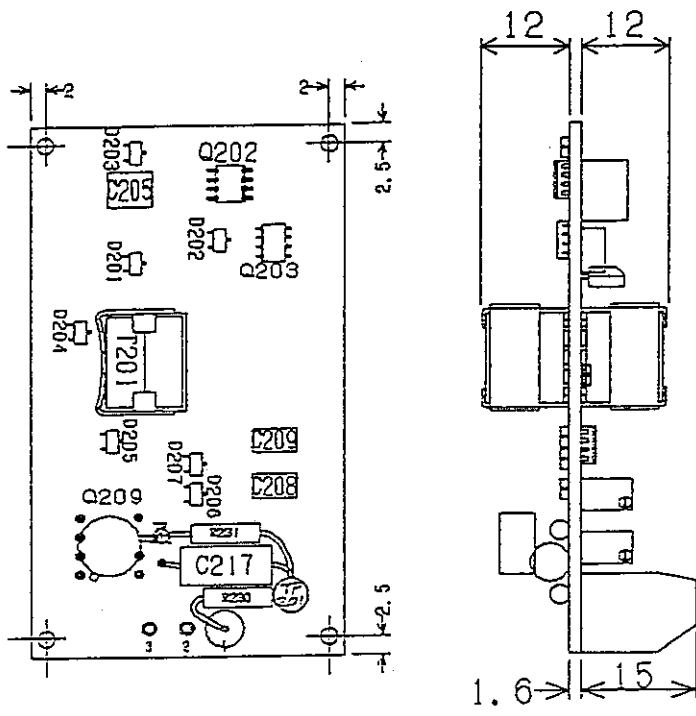
## 3 アンプ基板組図、回路図

- |                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| 3.1 pH用アンプ基板組立図           | 図番 P4-600236-1X |
| 3.2 ORP1ch用アンプ基板組立図       | 図番 O4-600237-2X |
| 3.3 ORP2ch、3ch用アンプ基板組立図   | 図番 O4-600238-2X |
| 3.4 pS用アンプ基板組立図           | 図番 S4-600180-2X |
| 3.5 高レンジEC用アンプ基板組立図       | 図番 M4-600239-3X |
| 3.6 低レンジEC用アンプ基板組立図       | 図番 E4-600240-3X |
| 3.7 温度用基板組立図              | 図番 T4-600235-2X |
| 3.8 pH用アンプ基板の回路図          | 図番 P3-600230-1H |
| 3.9 ORP1ch用アンプ基板の回路図      | 図番 O3-600231-2H |
| 3.10 ORP2ch、3ch用アンプ基板の回路図 | 図番 O3-600232-2H |
| 3.11 pS用アンプ基板の回路図         | 図番 S3-600179-2H |
| 3.12 高レンジEC用アンプ基板の回路図     | 図番 M3-600233-3H |
| 3.13 低レンジEC用アンプ基板の回路図     | 図番 E3-600234-3H |
| 3.14 温度用基板の回路図            | 図番 T3-600299-2H |

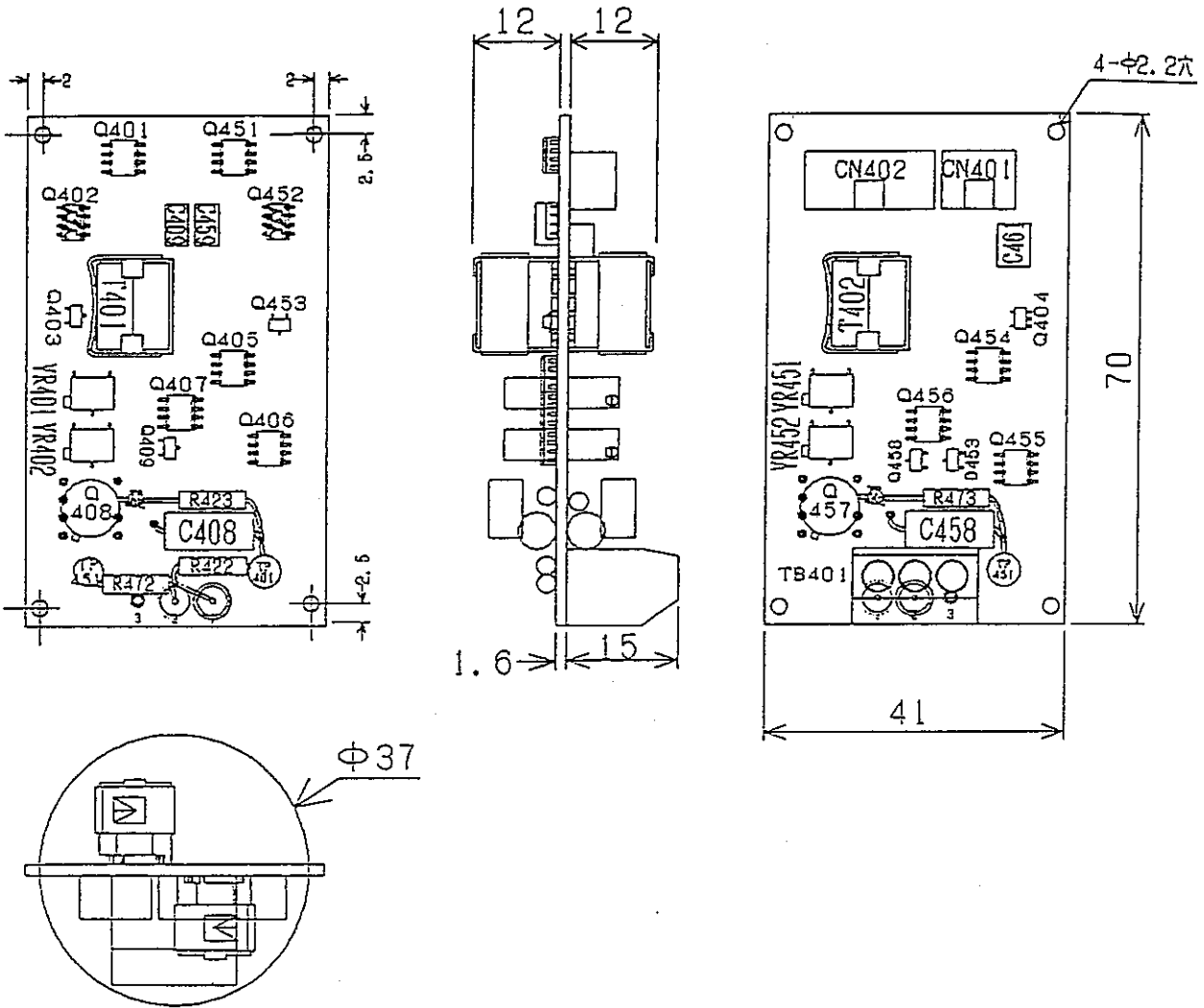
**この頁はPDF化されていません。**  
**内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理**  
**担当箇所では原本冊子を参照して下さい。**



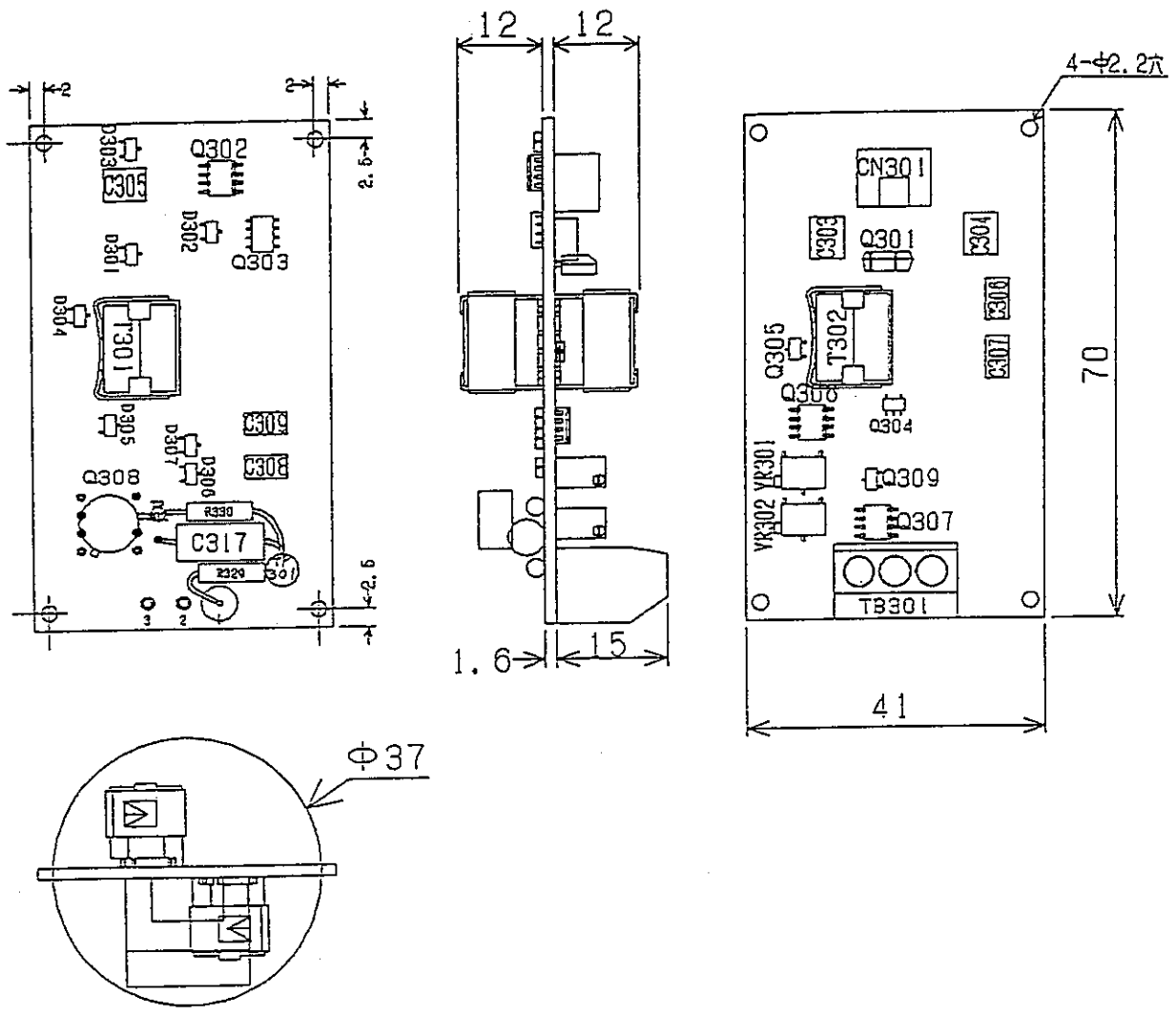
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
			承認	承認
株式会社 環境技術研究所	図名 pH基板 組立図	図番	P4-600236-1X	



品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称 地球化学検層ユニット	設計	製図	検図	承認
株式会社 環境技術研究所	図名 ORP-1CH基板組立図	図番 04-600237-2X		

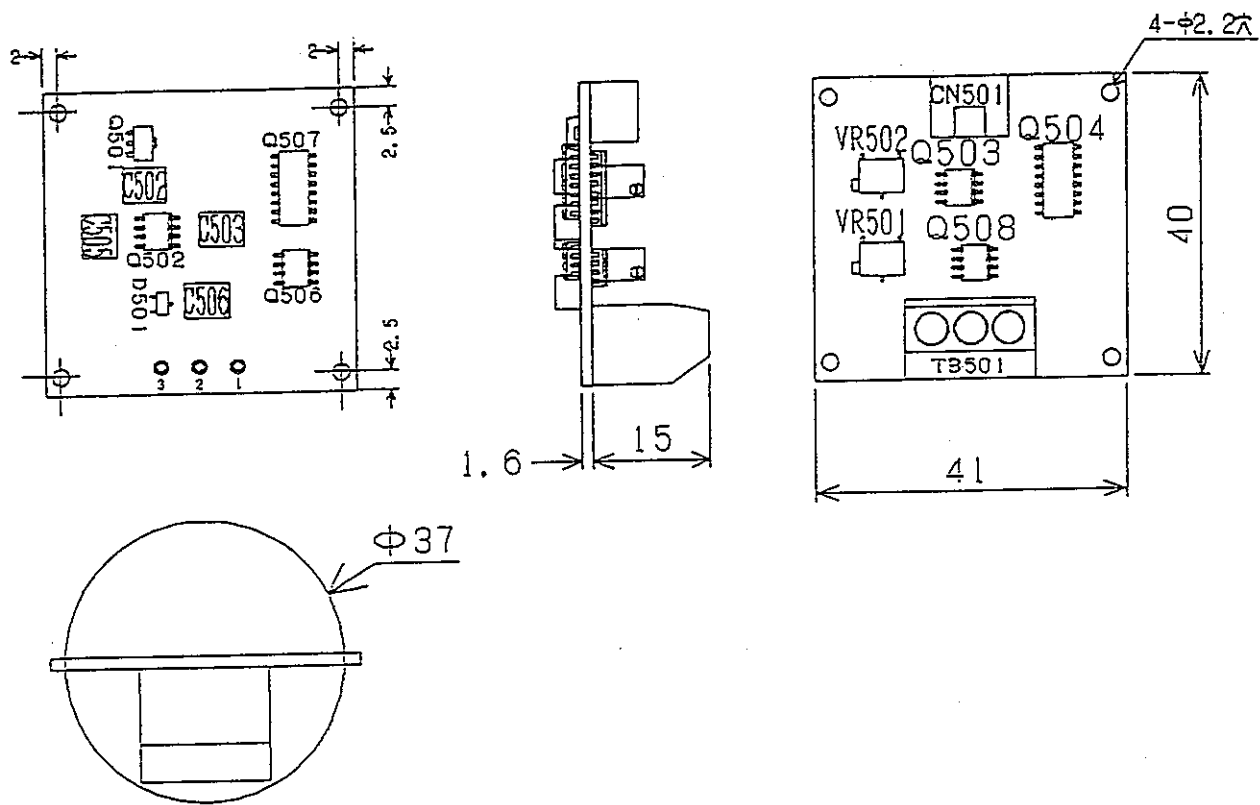


品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺	1:1	形式	記事
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
				承認
株式会社 環境技術研究所	図名	ORP-2CH基板組立図		図番 04-600238-2X

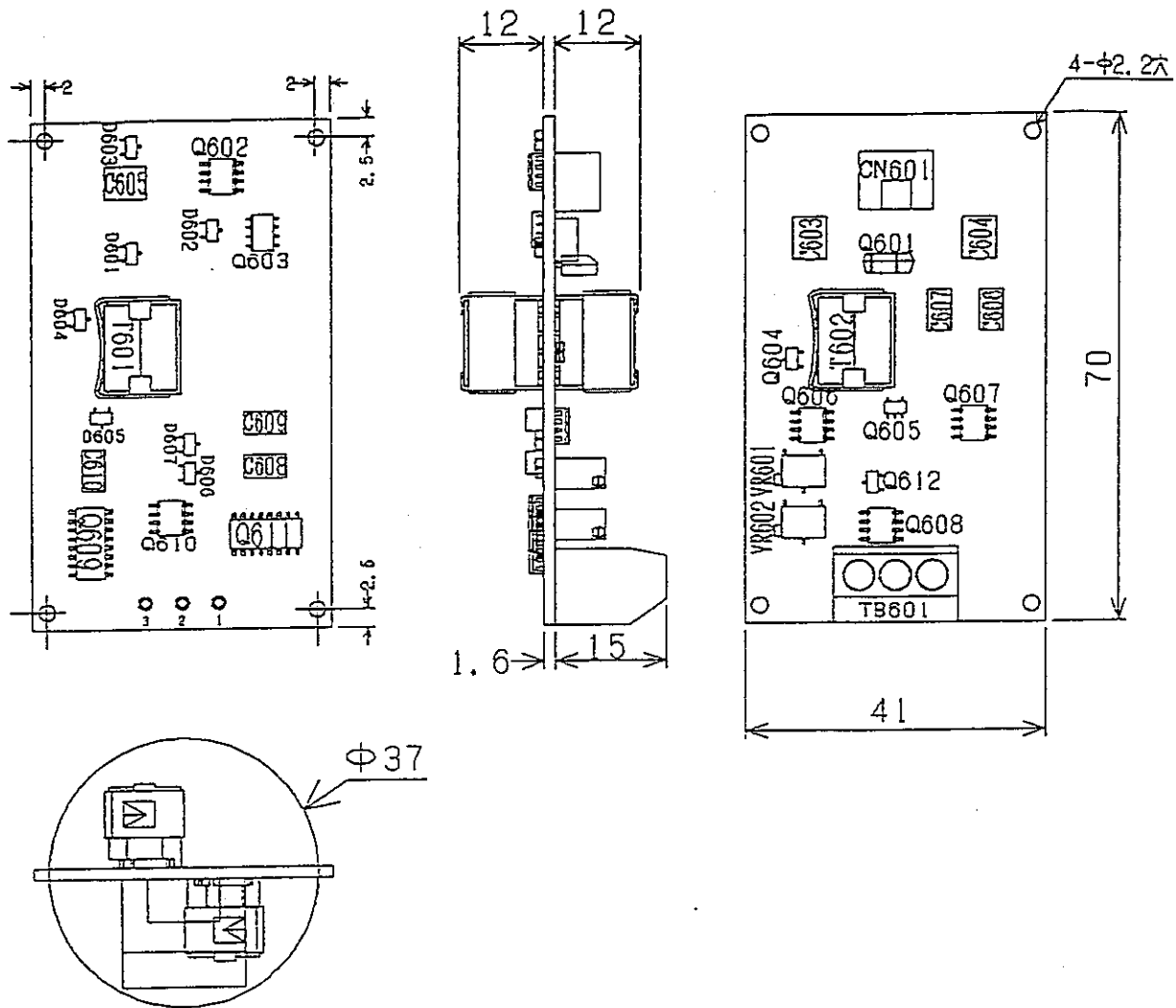


品番	品名	材質	個数	備考
年月日	現尺	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
			承認	承認
株式会社	環境技術研究所	図名	p S基板組立図	図番
				S4-600180-2X

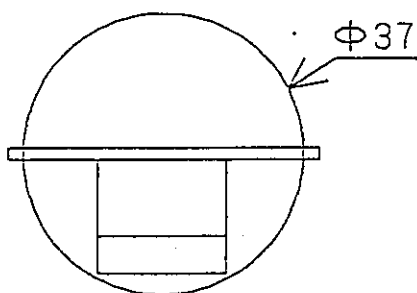
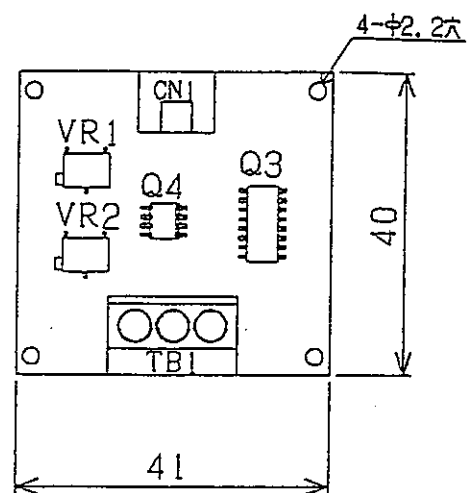
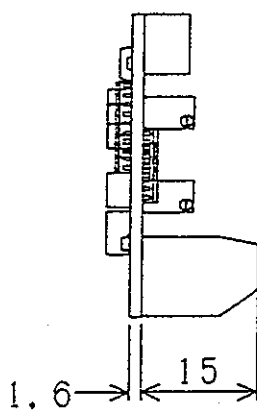
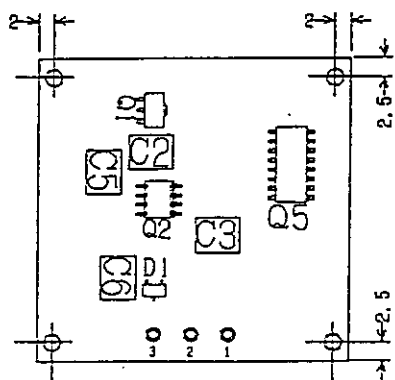




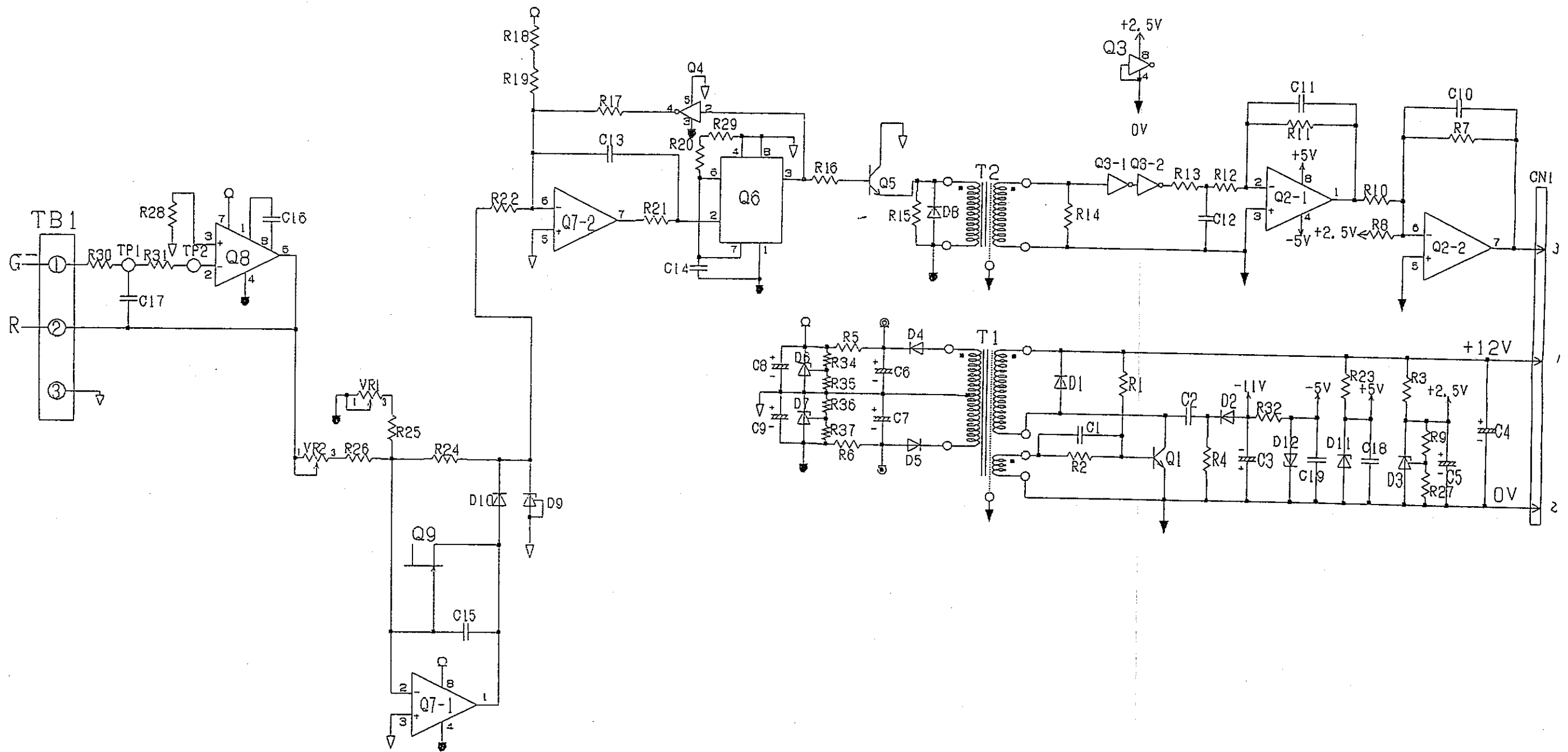
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
			承認	承認
株式会社 環境技術研究所	図名	EC (電磁誘導式) 基板組立図	図番	M4-600239-3X



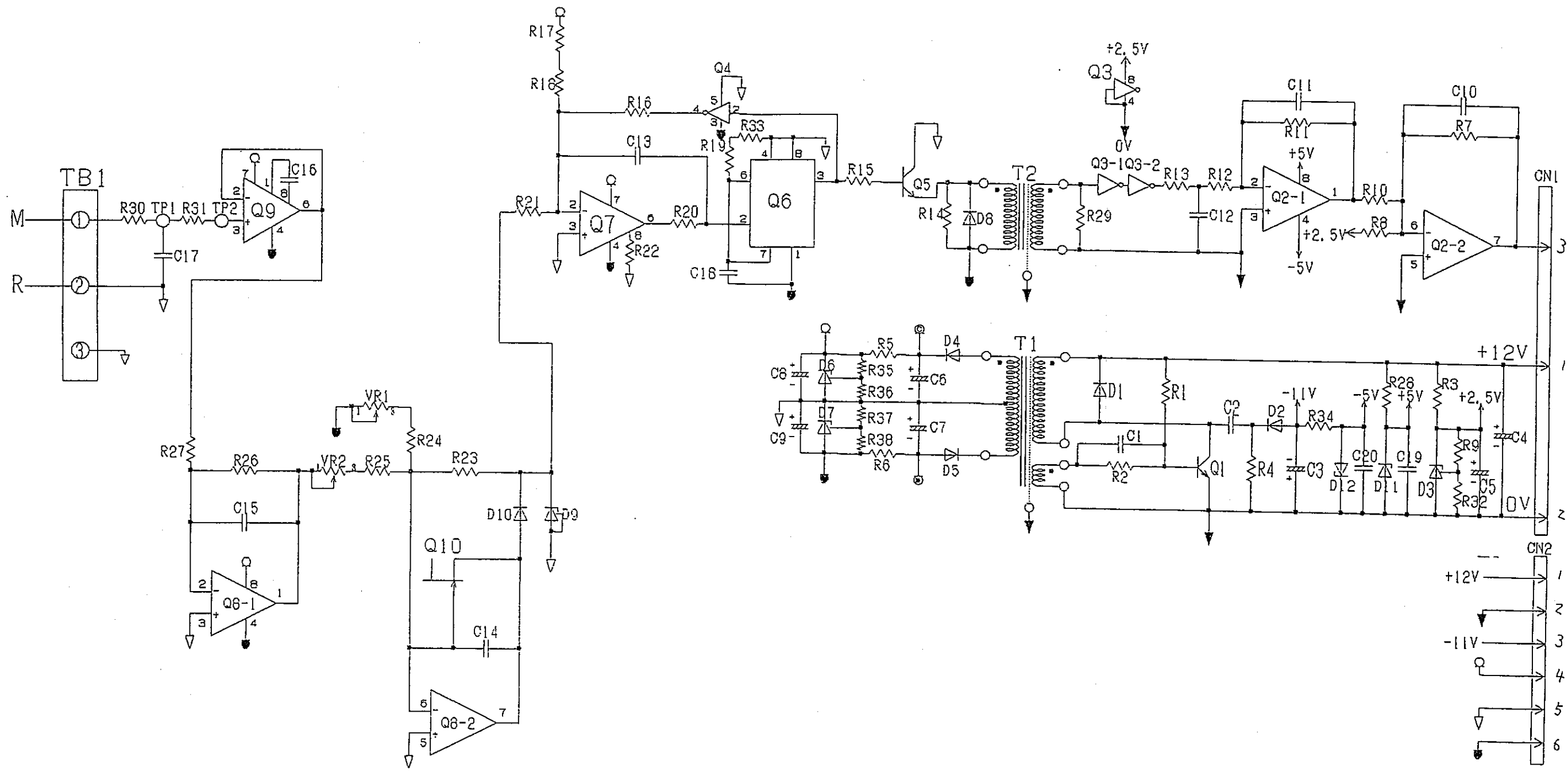
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
				承認
株式会社 環境技術研究所			図名	承認
			EC (交流 2 電極式) 基板組立図	承認
			図番	E4-600240-3X



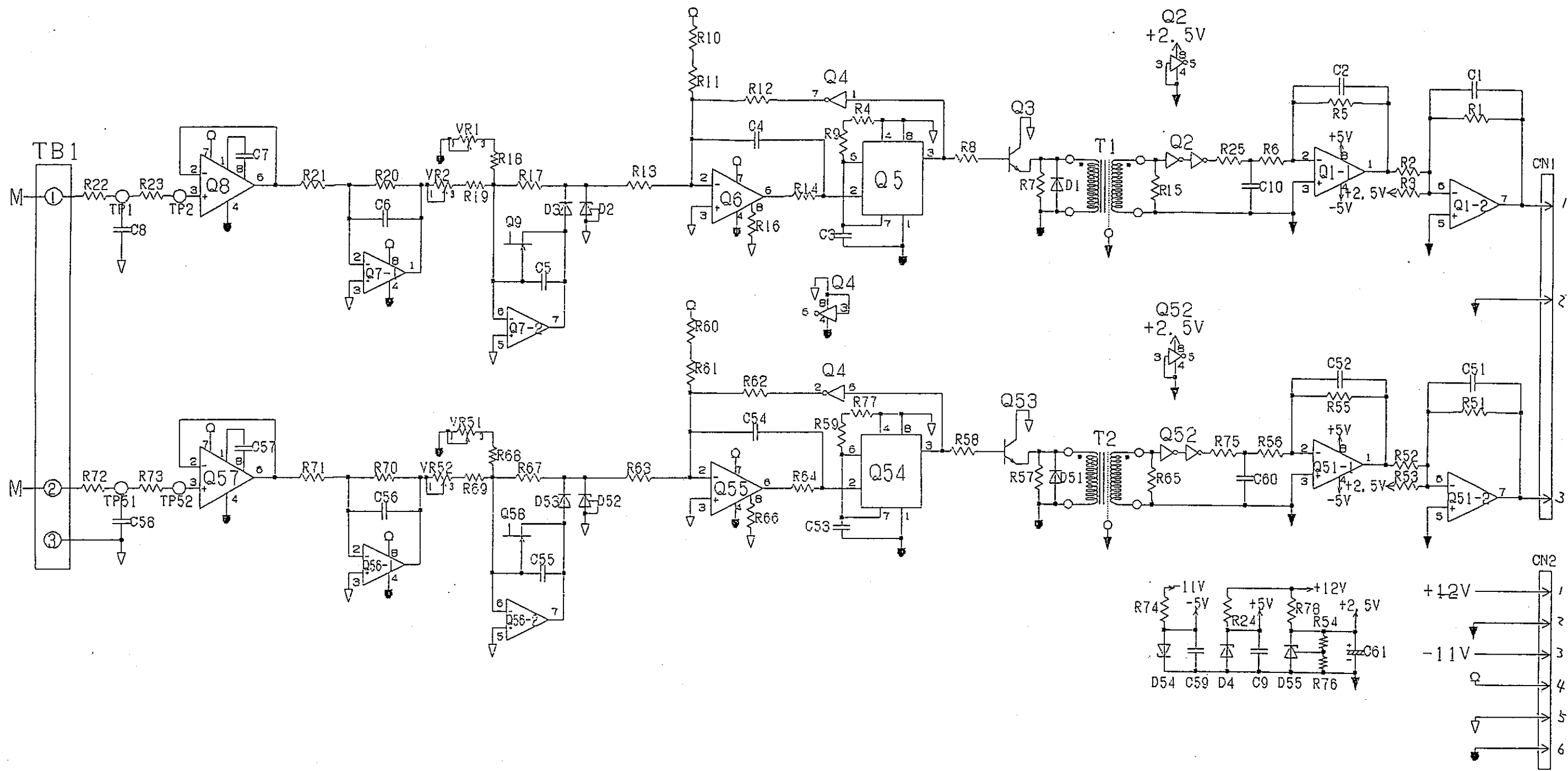
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称 地球化学検層ユニット	設計	製図	検図	承認
株式会社 環境技術研究所	図名 温度基板組立図	図番 T4-600235-2X		



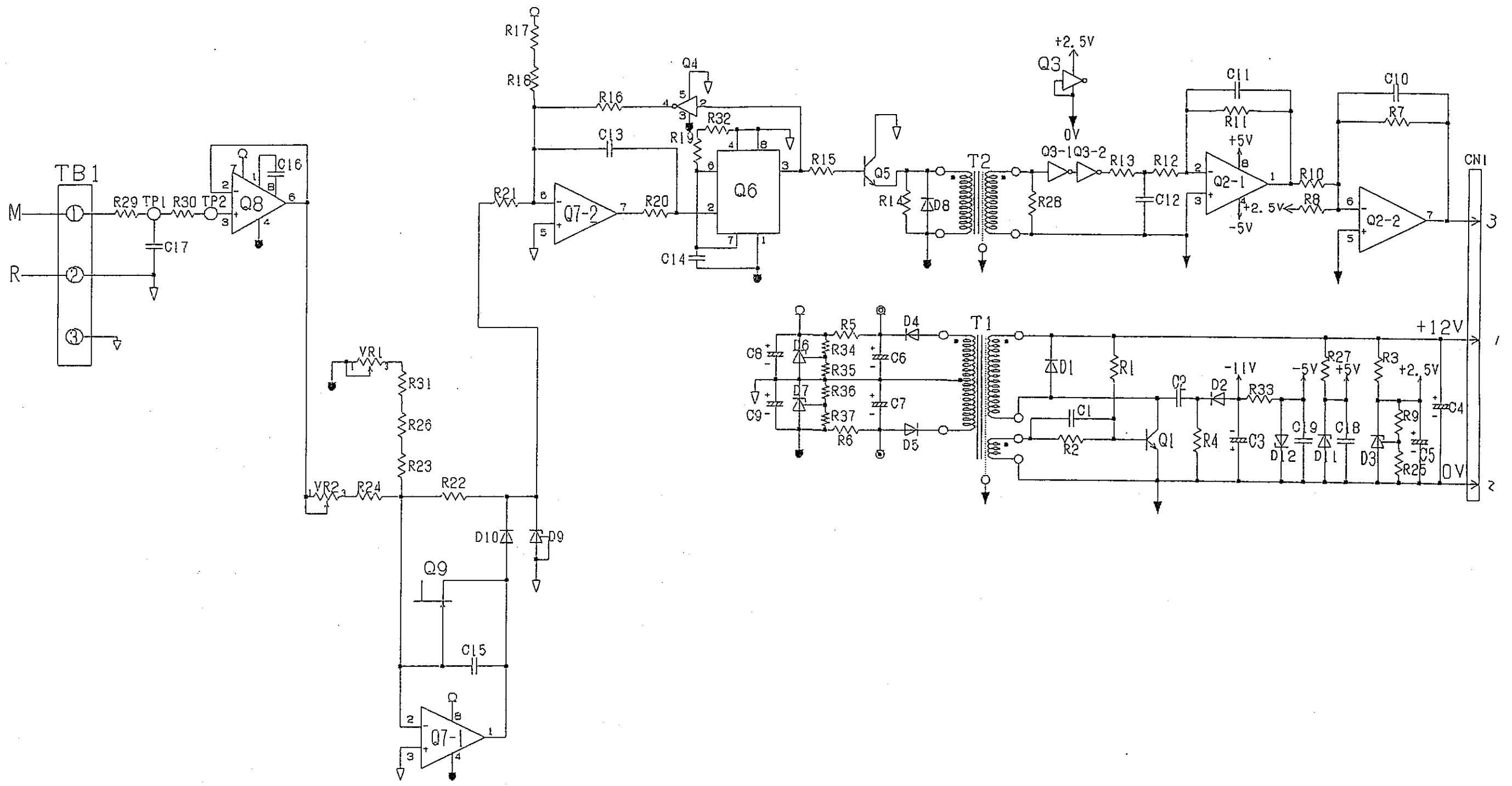
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製図	検図
形式	親図番	個数	株式会社 環境技術研究所	承認
			PH基板 回路図	承認
			図番	P3-600230-1H



品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称 地球化学検層ユニット	設計	製図	検図	承認
形式	親図番	個数	株式会社 環境技術研究所	承認
			図名 ORP-1CH基板 回路図	承認
			番 03-600231-2H	



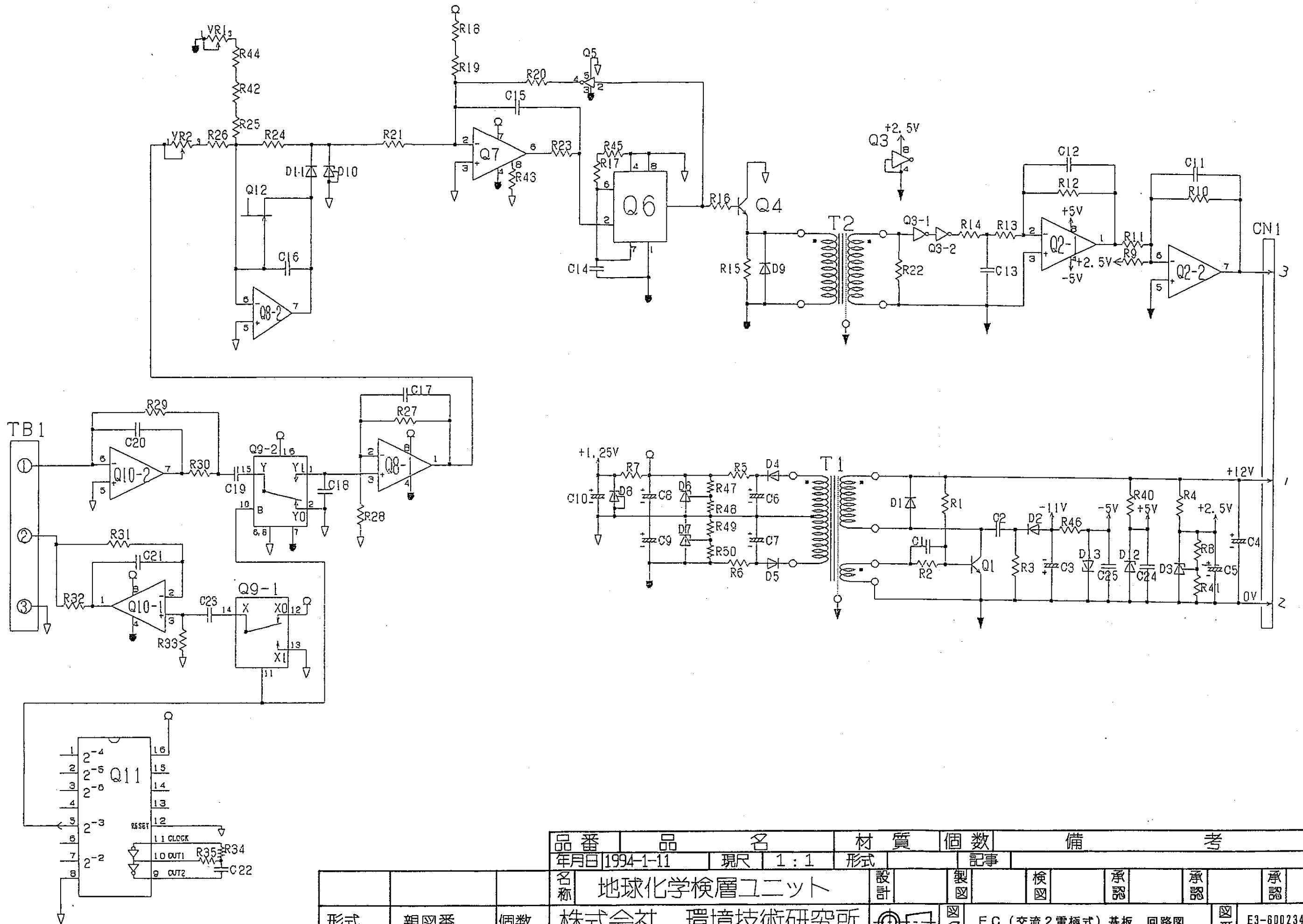
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製	検
形式	親図番	個数	株式会社 環境技術研究所	ORP-2CH基板 回路図
			図名	承認
			承認	承認
			承認	承認
			図番	03-600232-2H



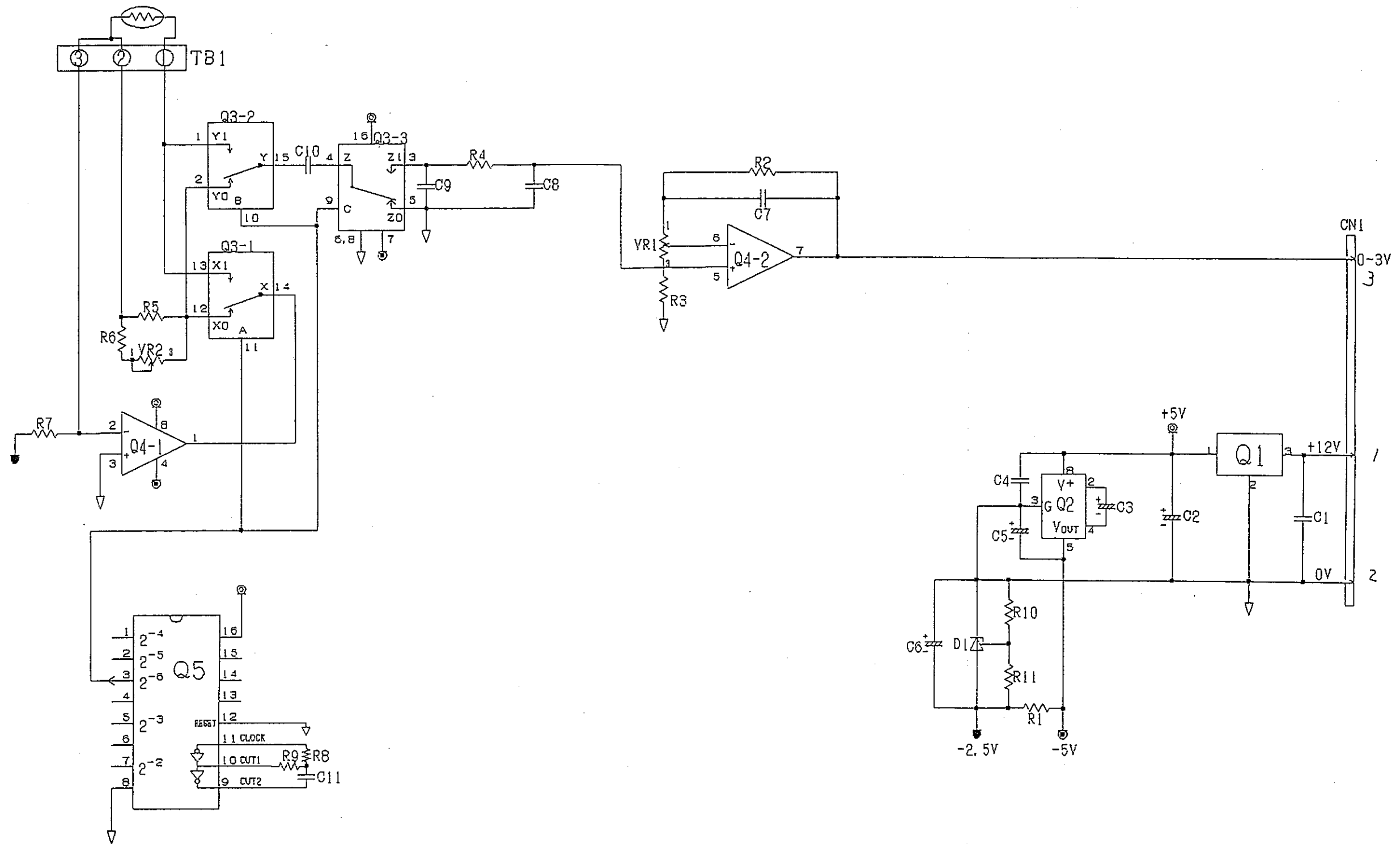
品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称	地球化学検層ユニット	設計	製	検
形式	親図番	個数	承認	承認
	株式会社 環境技術研究所	図名	p S基板 回路図	図番 S3-600179-2H







品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称 地球化学検層ユニット	設計	製図	検図	承認
形式	親図番	個数	株式会社 環境技術研究所	承認
			EC (交流2電極式) 基板 回路図	承認
			図番 E3-600234-3H	



品番	品名	材質	個数	備考
年月日 1994-1-11	現尺 1:1	形式	記事	
名称 地球化学検層ユニット	設計	製図	検図	承認
形式	親図番	個数	株式会社 環境技術研究所	承認
			温度基板 回路図	承認
			図番 T3-600229-2H	