

溶融塩電解除染における パラメータの影響調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2002年3月

株式会社 東芝

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。
したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払って
ください。この資料の全部又は一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合は、特別の許
可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49号
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,
Japan

JNC ZJ6400 2001-011

2002年3月

溶融塩電解除染におけるパラメータの影響調査
(契約業務告書)

川田千はる^{*1}、水口浩司^{*2}、藤田玲子^{*2}

要　　旨

製鍊転換施設で発生する金属廃棄物からのウラン等除染技術について、除染係数、2次廃棄物発生量の観点から溶融塩電解法の有効性が既に確認されている。

今後、実機設計を行っていく際、配管半径、配管長さ、電極間距離などのパラメータが溶融塩電解除染の除染効率に対しどのように影響するかを、把握しておくことは重要である。

本研究では、2次元電流・電位分布計算コード DEVON を用い、配管半径、配管長さ、電極間距離をパラメータとし、各パラメータが除染効率に与える影響を検討した。

結果として、配管半径、配管長さは指數関数的に影響を与えるが、電極間距離は除染効率に影響を与えないことが分かった。

本報告書は、株式会社 東芝が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：人形町環境技術センター 環境保全技術開発部 転換施設処理課

*1：株式会社 東芝 電力システム社 原子力化学システム設計部サイクル・バックエンドシステム担当

*2：株式会社 東芝 電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 化学システム開発部

JNC ZJ6400 2001-011

March,2002

Investigation on Influence of Design Specification to Decontamination Efficiency in
Pyro-chemical Decontamination Equipment

Chiharu Kawada^{*1}, Koji Mizuguchi^{*2},Reiko Fujita^{*2}

Abstract

The pyro-chemical decontamination method has already been validated from the viewpoints of decontamination factor and the amount of secondary waste for the metal wastes contaminated by uranium in the refinement conversion facility.

Relationship between decontamination efficiency and the equipment design specifications, such as piping radius, piping length and distance between cathode and anode, should be clarified for decontamination equipment design.

In this study, the relationship is evaluated by using two-dimensional current-potential distribution calculation code DEVON.

The conclusion is shown below.

The piping radius and the piping length strongly affect decontamination efficiency. The distance between cathode and anode dose not affect decontamination efficiency so much.

This work was performed by TOSHIBA Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Conversion Facility Decommissioning Section, Ningyo-Toge Environmental Engineering Center

*1 : Fuel Cycle & Backend System Group, Chemical System Design and Engineering Dept., TOSHIBA Corporation.

*2 : Nuclear Chemical System Dept., Power And Industrial System Research And Development Center, TOSHIBA Corporation.

目 次

1. はじめに.....	1
2. 研究内容.....	2
2.1 溶融塩電解除染法の原理と除染効率に影響を与えるパラメータ	2
2.2 計算コードの概要.....	3
2.3 解析の体系	6
2.4 パラメータの設定.....	7
2.5 解析結果	8
3. まとめ	11
参考文献	

表 目 次

表 1	DEVON コードで用いている定数.....	1 3
表 2	シミュレーションで設定したパラメータの値.....	1 4

図 目 次

図 1 溶融塩電解除染の概念図	1 5
図 2 DEVON コードにおける計算の流れ	1 6
図 3 解析における体系	1 7
図 4 配管径 25A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 17.5cm における電位分布	1 8
図 5 配管径 25A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 17.5cm における電位分布の拡大図	1 9
図 6 配管径 25A 配管長さ 6.25cm 電極間距離 17.5cm における電位分布の拡大図	2 0
図 7 配管径 25A 配管長さ 25cm 電極間距離 17.5cm における電位分布の拡大図	2 1
図 8 配管長さと配管中央内側電流密度の関係	2 2
図 9 配管径 8A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 17.5cm における電位分布の拡大図	2 3
図 10 配管径 80A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 17.5cm における電位分布の拡大図	2 4
図 11 配管径と配管中央内側電流密度の関係	2 5
図 12 配管径 25A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 8.75cm おける電位分布の拡大図.....	2 6
図 13 配管径 25A 配管長さ 12.5cm 電極間距離 35cm おける電位分布の拡大図	2 7
図 14 電極間距離と配管中央内側電流密度の関係	2 8
図 15 配管長さが配管中央内側電流密度に与える影響の配管径依存性	2 9
図 16 配管半径が配管中央内側電流密度に与える影響の配管長さ依存性	3 0

1.はじめに

これまでの検討^{[1][2]}により、ウランの除染効率及び回収効率並びに二次廃棄物発生量の観点から、ウランが付着した廃棄物に適用する除染技術として溶融塩電解法の有効性が確認されている。

配管の長さ、配管の半径、電極間距離等のパラメータが除染効率に与える影響を予め調査しておくことは、溶融塩電解除染槽、及び除染前の解体切断装置の設計を行う上で非常に重要である。

これらのパラメータが、除染効率に与える影響は、試験により確認できるが、試験のみで確認するには、試験 run 数が非常に多くなり多大な時間と費用がかかるという問題が生じる。

従って、これらパラメータが除染効率に及ぼす影響を解析により予め調査しておくことは、試験 run 数の削減の観点から非常に有効である。

そこで本研究では、配管半径、配管長さ、電極間距離をパラメータとし、溶融塩電解時の電流・電位分布解析を計算コード(DEVON*)を用いて行い、各パラメータが除染効率に与える影響を評価することを目的とする。

*電極界面の分極を考慮した、電解槽内の電流分布と電位分布を得るために、2次元の有限要素法にて解析する弊社所有の計算コードである。

2. 研究内容

2.1 溶融塩電解除染法の原理と除染効率に影響を与えるパラメータ

図1に溶融塩電解除染法の概念図を示す。本手法は、溶融塩を電解液とし除染対象物（廃棄物）に直接直流電源を接続し、電流を流すことにより除染対象物の表面を電気化学的に溶解し汚染物(この場合はウラン)を表面から脱離し、溶融塩中から汚染物(ウラン)を回収するものである。

鉄の配管を陽極とした場合の、陽極、陰極での反応を式(1)、(2)に示す。



汚染している部位は配管の内側のため、配管内側まで電流が届き、配管内側表面が全て溶解しない限り本手法は除染方法として適切ではない。(図1参照)

図1に示す体系を用いたこれまでの評価試験により^{[1], [2]}配管内側表面が溶解し、付着していた放射能を除去できることについては確認されているが、配管半径、配管長さ、電極間距離が、配管の内側の溶解に与える影響は確認されていない。

今後、実機設計を行っていく際、電極間距離は装置の大きさを決定するため必要な設計仕様となる。また図1に示す体系で溶融塩電解除染が可能な配管半径、配管長さを把握することは、除染前における配管切断等の前処理の必要性を検討する際の情報となる。

配管の中央内側表面がもっとも電流が流れやすい場所となるため、配管中央内側に電流が流れているということは、配管材料である Fe が溶解していることになり、除染が行われることになる。

本研究で解析を行うにあたり、配管半径、配管長さ、電極間距離をパラメータとし、配管中央内側の電流密度により除染効果を評価する。

2.2 計算コードの概要

DEVON コードの計算の流れを図 2 に示す。はじめに、電極には分極がなく同一の電極では至る所で同一の電位 ϕ と仮定した、1 次電位分布、1 次電流分布をもとめる。溶融塩中の電位 $\phi(r)$ は式(3)に示すラプラス方程式を電極の電位を境界条件とした 2 次元の有限要素法により求める。

電位分布が得られると、以下のオーム則によって電流 j を計算することができる。

$$\mathbf{j} = -\sigma \cdot \nabla \phi \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

ここで、 σ は溶融塩の電気伝導率である。DEVON コードにおいては、溶融塩中のイオンの流れによる電流は LiCl-KCl によって運ばれると考え、773Kにおける LiCl-KCl の電気伝導度 1.9 ($1/\Omega \text{cm}$)^[4]を用いている。

電極における酸化・還元反応は、十分速く、反応時間は電極電位を求める際に考慮する必要はないとする。電極反応に関する元素の電極表面と、沖合溶液の濃度の違いにより拡散が起こる。元素の拡散速度を電極電位を求める際に考慮することとする。このとき、電極表面のノード点 k における濃度と電位の関係は、式(5)に示すネルンストの式で表せる。

$$E^C(k) = E_0^x + \frac{R \cdot T}{Z_x \cdot F} \ln\left(\frac{\gamma_X^{salt} \cdot X_{CS}^{salt}(k)}{\gamma_X^C \cdot X_{CS}^C(k)}\right) \dots \quad (5)$$

$E^c(k)$: ノード点 k における陰極電位(V)

E_{0}^{X} ：元素 X の標準酸化還元電位(V)

R : ガス定数(J/mol/K)

T : 温度(K)

Z_x : 塩中における元素 X のイオンの価数

F: ファラデー定数

$\gamma_{\text{X}}^{\text{salt}}$: 元素 X の塩中活量係数

γ_{x^C} : 元素 X の析出物活量係数

$X_{\text{cs salt}}(k)$: 元素 X の陰極界面のノード点 k における塩相中濃度(モル分率)

$X_{cs}^c(k)$: 元素 X の陰極界面のノード点 k における析出物中濃度(モル分率)

析出物中の元素 X の活量を 1 とすると、 $X_{\text{cs}}^{\text{salt}}(k)$ は式(6)のように変形できる。

$$X_{CS}^{salt}(k) = \frac{1}{\gamma_x^{salt}} \exp \left\{ \frac{\mathbf{Z}_x \cdot \mathbf{F}}{R \cdot T} (E_0^X - E^C(k)) \right\} \quad \dots \quad (6)$$

塩相から電極表面への物質(イオン)の移動速度は、塩相バルクと電極表面の濃度の差を駆動力と仮定する。電流は物質(イオン)によって運ばれると考えるため物質の移動速度が電流となる。よって電流は式(7)に示す拡散層モデルで近似することができる。

ε_c ：陰極電流効率

$j_x^a(k)$: 元素 X の還元に使われたノード点 k による電流成分(A)

S_a : 陰極面積(cm^2)

δ_a^{salt} : 陰極界面の塩相側拡散層厚さ(cm)

ネルンストの式を変形した式(式(6))、拡散層モデル(式(7))を用い、電極表面上の各々の有限要素法ノード点 k の電位 $E^o(k)$ を、電極反応に寄与している元素 X、Y・・・の反応によって使われた電流成分 $j_x(k)$ 、 $j_y(k)$ ・・・の合計がノード点にある有限要素を通じて電極界面に垂直な方向に流れる電流 $J(k)$ と等しくなる条件である式(8)を満足するよう式(6)と式(7)の繰返し計算によって求められる。

このようにして求めた各ノード点 k の電位を式(9)に示す緩和法により電位を求め、収束した数値が 2 次電位分布(電極界面の分極を考慮した電位分布)となる。2 次電位分布を式(4)に代入し 2 次電流分布を求める。

$\phi_{m+1}(k)$: $m+1$ 回目の収束計算におけるノード点 k の電位(V)

$\phi_m(k)$: m 回目の収束計算におけるノード点 k の電位(V)

α : 加速因子($0 \leq \alpha \leq 1$)

$\phi_{m+1}(k)$: m 回目の電流分布から求めたノード点 k の電位(V)

また、陽極における電流、電位は上記陰極と同様とし算出している。

2.3 解析の体系

実機で想定している溶融塩電解除染装置^[3]には直径 78cm、高さ 1m 程度の円筒形状の電解槽の中に、陰極、切断された配管を投入したバスケット形状の陽極等が入っている。陰極は直径 76cm、長さ 56.5cm(寸法は暫定値で今後の設計の進捗により変更もある)の円筒を想定している。

解析の体系を図 3 に示す。この体系は、実機で想定している溶融塩電解除染装置に近い体系とするため、RZ 座標とし、陰極の長さは 56.5cm とした。陽極となる配管は陰極と平行(縦に配置)配置した。配管を縦に配置した理由は、配管内側表面が陰極に全く面しないため、配管内側への電流の回り込みがもっとも厳しい条件とするためである。もっとも厳しい条件である、配管内側の中央部分に電流が流れていれば配管全体が溶解していることになり、除染が可能であることを示す。

この体系のもと、配管径、配管長さ、電極間距離を変化させることにより、配管内側の中央部分の電流密度がどのように変化するかを評価することとする。

解析を行う際 DEVON コードで利用している定数^[4]を表 1 に示す。

2.4 パラメータの設定

核燃料サイクル開発機構人形峠環境技術センター製鍊転換施設殿(以下 JNC 人形峠殿と記す)では、施設の解体時に発生する金属配管の径は最大 80A、最小 8A、施設解体時における配管の切断長さは最大 25cm、臨界を考慮した形状管理による装置設計をする際の円筒の半径は 35cm と考えている。

これらをもとに、配管長さは切断時最大長さ 25cm の 1/2 の 12.5cm、配管径は 80A～8A の中間の径である 25A(肉厚はスケジュール 10S と想定)、電極間距離は円筒半径 35cm の 1/2 の 17.5cm をレファレンスケースとした。レファレンスケースに対し、配管長さ、配管半径、電極間距離の影響を比較するため表 2 に示すパラメータを用い計算を実施した。

2.5 解析結果

配管長さ、配管半径、電極間距離を変化させた場合における、配管中央内側の電流密度の値を、レファレンスケースにおける配管中央内側の電流密度の値で除した値(相対値)で除染効果を評価した。

(1) 配管長さの影響

配管の長さと配管中央内側の電位及び電流密度の関係を調べるために DEVON コードを用いて解析した。

レファレンスケース(25A、配管長さ 12.5cm、電極間距離 17.5cm)における 2 次電位分布の解析結果図とその拡大図を図 4,5 に示す。配管長さ 6.25cm、25cm における 2 次電位分布の解析結果を図 6.7 に示す。

図 4~7 の配管中央内側部位に注目すると、配管が短くなるにつれて電位は高くなる。電位 $V(V) = \text{電流密度 } I_s (A/cm^2) \times \text{評価部位の面積}(cm^2) \times \text{抵抗 } R(\Omega)$ が成立し、抵抗が一定であることから、陽極電位が高くなる場合、電流密度である I_s は大きくなることになる。

配管の長さに対し電流密度の変化を検討するため、配管長さに対する配管中央内側電流密度を図 8 に示す。配管長さが短くなるにつれて、電流密度が指数関数的に大きくなることが分かる。

電流は $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ に起因するものであるから、電流密度は配管材料である Fe の溶解を示すものであり、電流密度が大きいほど、単位時間あたりの配管の溶解量がおおくなり、配管長さが短いほど除染効果が良いことになる。

(2) 配管半径の影響

配管の半径と配管中央内側の電位及び電流密度の関係を調べるために DEVON コードを用いて解析した。

配管径 8A、80A(配管長さ 12.5cm、電極間距離 17.5cm)における 2 次電位分布の解析結果を図 9,10 に示す。

図 2,9,10 の配管中央内側部位に注目すると、配管半径が太くなるにつれて電位は高くなる。配管の半径に対し電流密度の変化を検討するため、配管半径に対する配管中央内側電流密度を図 11 に示す。配管半径が太くなるにつれて、電流密度が指数関数的に大きくなることが分かる。

よって配管半径が大きいほど除染効果が良いことになる。

以上の検討から、JNC 人形峠殿で発生する配管径の最小径 8A の配管内側中央に電流が流れればそれより太い径の配管には電流が流れるため、今後試験により 8A の配管の配管長さに対する除染効果の確認試験を実施しその長さ以下

の配管長さにすれば全ての配管の除染が可能となることが分かった。

(3) 電極間距離の影響

電極間距離と配管中央内側の電位及び電流密度の関係を調べるため DEVON コードを用いて解析した。

電極間距離 8.75cm、35cm(配管径 25A、配管長さ 12.5cm)における 2 次電位分布の解析結果を図 12,13 に示す。

図 2,12,13 の配管中央内側部位に注目すると、8.75cm、17.5cm、35cm の各電極間距離において上記部位の電位は同程度と読みとれ相関は見られない。

電極間距離と配管中央内側の電流密度を検討するため、電極間距離に対する配管中央内側電流密度を図 14 に示す。電極間距離と配管中央内側の電流密度の相関は見られないことが分かる。

電流密度に違いが見られないということは、単位時間あたりの配管の溶解量が同程度である。よって電極間距離の違いによる除染効果は同程度である。

(4) 配管長さが除染効果に与える影響の配管径依存性

(1)から(3)の検討により、配管半径と配管長さは除染効果に影響を与え、電極間距離は除染効果に影響を与えないことが分かった。配管径 8A、配管径 25A 電極間距離 17.5cm、における配管長さと配管中央内側の電流密度を図 15 に示す。また電極間距離は除染効果に影響は与えないという前提条件のもと、評価試験を行った系を模擬した配管外半径 1.2cm、長さ 6cm、電極間距離 15cm の計算結果を図 15 にあわせて示す。

評価試験では除染により配管表面に付着していた放射能を除去できたことから除染が出来たことを示す。計算結果から、評価試験^[2]を模擬した体系における配管中央内側の電流密度は、25A の配管では配管長さ 7.4cm、8A の配管では配管長さ 3.3cm の場合と等しい。25A の配管では配管長さ 7.4cm、8A の配管では配管長さ 3.3cm の配管を用い除染試験を実施すれば、評価試験で用いた配管で得られた除染効果と同程度の除染効果が得られる事を示す。配管径が 25A より太い場合は、配管長さを 7.4cm より長くしても、評価試験で得られた除染効果と同程度の除染効果を得られる可能性があることが分かった。

配管長さが除染効果に与える影響の配管径依存性を調べるため、EXCEL を使用し近似曲線を求めたところ配管径に係らず、配管長さの・4 から・5 乗に比例することが分かった。

(5)配管半径が除染効果に与える影響の配管長さ依存性

配管長さ 12.5cm、6.25cm、電極間距離 17.5cm における、配管半径と配管中央内側の電流密度を図 16 に示す。

配管半径が除染効果に与える影響の配管長さ依存性を調べるため、EXCELを使用し近似曲線を求めたところ、配管長さに係らず配管半径の3乗から4乗に比例することが分かった。

以上の結果より、配管内側の電流密度は配管長さの $\cdot 4$ 乗から $\cdot 5$ 乗に比例し、配管半径の 3 乗から 4 乗に比例するので、配管長さのほうが配管半径より除染効率に影響を与える可能性があることが分かった。この関係を式(6)に示す。

$$\text{配管内側電流密度} = \alpha \cdot R^{3 \sim 4} / L^{4 \sim 5} \quad \dots \quad (6)$$

α : 定数

R：配管半径

L:配管長さ

配管長さ、配管半径の乗数に対する理論的評価を今後行うことが必要である。また配管長さ、配管半径のレファレンスケースを含み最低 4 点(①レファレンスケース、②配管半径をレファレンスケースとし配管長さを変える、③配管長さをレファレンスケースとし配管径を変える、④配管長さには②の条件、配管半径には③の条件の合計 4 点)の試験を実施し、本研究結果とあわせて除染が可能な配管長さ、配管半径を予測することが可能となることが分かった。

3.まとめ

溶融塩電解除染の除染効率に対し、配管の長さ、配管の半径、電極間距離が及ぼす影響の程度を、実機で想定している装置をもとにした解析体系にし、計算コード DEVON を用いて評価した。

配管半径 1.7cm、厚み 2.8mm(JIS の 25Asch10S 相当)、配管長さ 12.5cm、電極間距離 17.5cm の配管中央内側の電流密度をレファレンスケースとして配管径は 8A から 80A の間、配管長さは 6.25cm から 25cm の間、電極間距離は 8.75cm から 35cm の間で計算を行い評価をした。

結果、電極間距離は除染効率に殆ど影響がないことが分かった。配管長さ、配管半径は除染効率に影響を与えることが分かった。

実機設計に本結果を反映させるためには、配管長さ、配管半径のレファレンスケースを含み最低 4 点の試験を実施し、本研究結果とあわせて除染が可能な配管長さ、配管半径を評価することが重要である。

参考文献

- [1]溶融塩電解法による汚染物からのウラン等回収技術の検討,JNC ZJ6400
2000-001,(2000)
- [2]溶融塩電解法による汚染物からのウラン等回収技術の検討(Ⅱ),JNC ZJ6400
2001-002,(2001)
- [3]金属汚染物からのウラン等回収技術の検討,JNC ZJ6400 2001-010,(2002)
- [4]小林嗣幸：溶融塩電解を利用した使用済核燃料の再処理技術の解析評価(博士
学位論文),(1999)

表 1 DEVON コードで用いている定数

定数	値	備考
溶融塩	LiCl-KCl-5wt%FeCl ₂	実験で用いた塩組成 [2]
溶融塩の密度	1.62 g/cm ³	
溶融塩の電気伝導度	1.9 /ohm·cm	
Feの酸化還元電位	0.028 V	電位基準 : 0.1%Ag+/Ag
Feの活量	1	
拡散層の厚み	0.02 cm	
拡散係数	1.00E-04 cm ² /s	
檻電圧	1 V	限界電流以上の電流が流れるような 数値として1Vを想定した

表2 解析で設定したパラメータの値

配管径	電極間距離	配管長さ	備考
ケース 1		12.5 cm	レフアレンスケース
ケース 2		6.25 cm	
ケース 3	25A10S	117.5 cm	配管長さに対する除染効率の影響を評価するため、レフアレンスケースを中心(UNC人形販売で発生する最大長さとレフアレンスケースの1/2の長さ)の間の配管長さをバラメータとし計算を実施した。
ケース 4		7.74 cm	
ケース 5		9.30 cm	
ケース 6		15.6 cm	
ケース 7		25.0 cm	
ケース 8	8A10S	117.5 cm	配管径が25Aより小さい場合、配管長さに対する除染効率の影響を評価するため、配管長さ12.5cm以下の長さをバラメータとし計算を実施した。
ケース 9		1.56 cm	
ケース 10		3.13 cm	
ケース 11		6.25 cm	
ケース 12	8A10S	7.74 cm	
ケース 13	15A10S	9.30 cm	
ケース 14	20A10S		配管径に対する除染効率の影響を評価するため、レフアレンスケースを中心(UNC人形販売で発生する最大直径、最小直径)の間の配管長さをバラメータとし計算を実施した。
ケース 15	32A10S		
ケース 16	50A10S	12.5 cm	
ケース 17	80A10S		
ケース 18	50A10S	17.5 cm	配管長さが12.5cmより短い場合、配管径に対する除染効率の影響を評価するため、配管径をバラメータとし計算を実施した。
ケース 19	80A10S	6.25 cm	
ケース 20		8.75 cm	電極間距離に対する除染効率の影響を評価するため、レフアレンスケースを中心(UNC人形販売で発生する最大直径、最小直径)の間の電極間距離をバラメータとし計算を実施した。
ケース 21	25A10S	26.25 cm	
ケース 22		35.0 cm	
ケース 23	半径 1.2cm	15 cm	以前の試験[2]の体系(試験ではXY座標であるが本研究ではRZ座標とする)を横断し計算を実施した。
		6 cm	

8A10S : 半径0.69cm、厚み0.165cm、内半径0.525cm
 15A10S : 半径1.085cm、厚み0.21cm、内半径0.875cm
 20A10S : 半径1.36cm、厚み0.21cm、内半径1.15cm
 25A10S : 半径1.7cm、厚み0.28cm、内半径1.74cm
 32A10S : 半径2.135cm、厚み0.28cm、内半径1.855cm
 50A10S : 半径3.025cm、厚み0.28cm、内半径2.745cm
 80A10S : 半径4.455cm、厚み0.3cm、内半径4.155cm

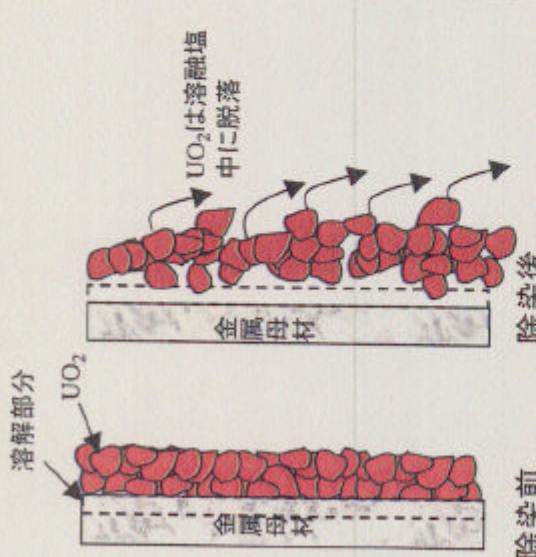


図5 DEAOモードにおける電解液中のUO₂の溶解

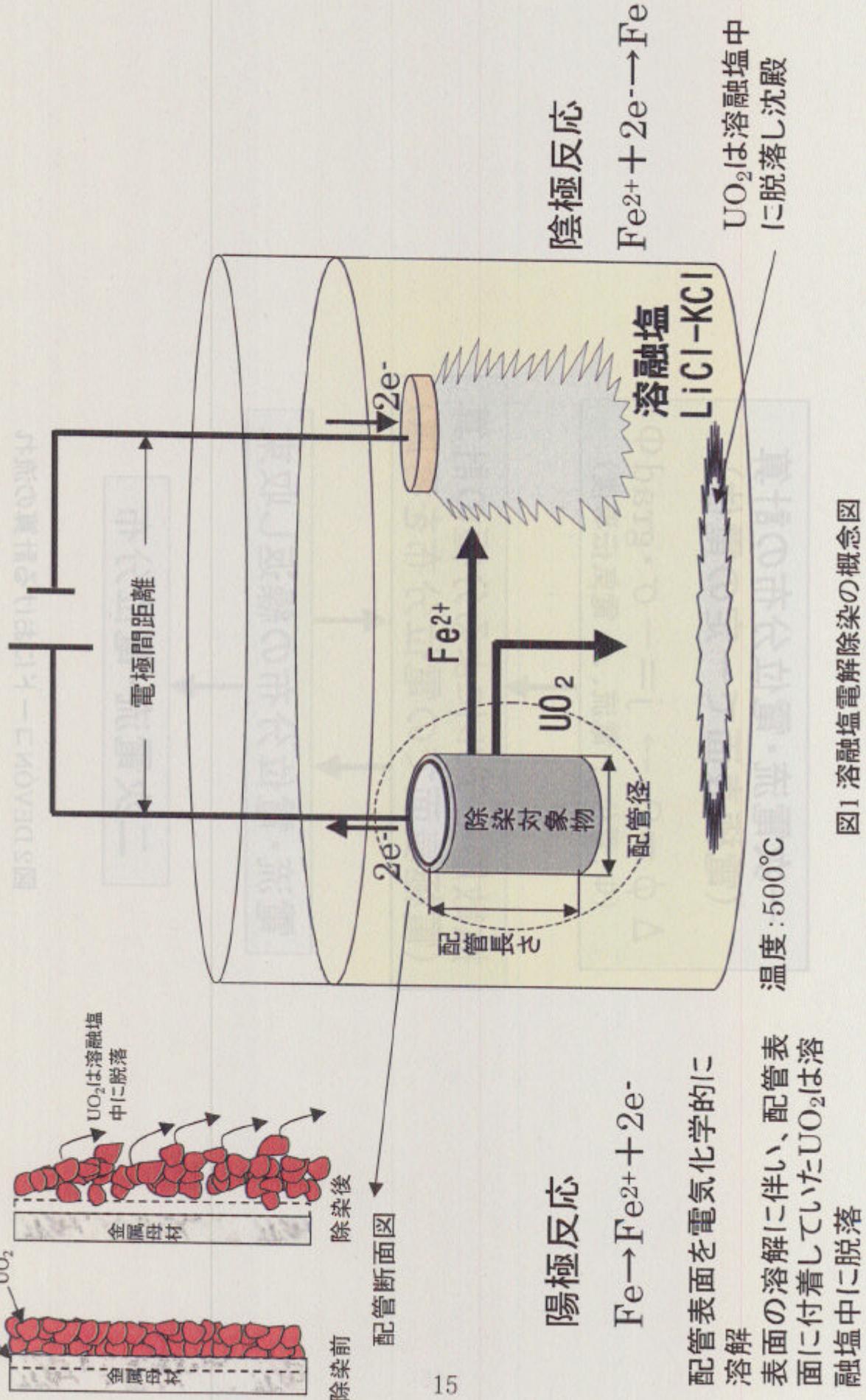


図1 溶融塩电解除染の概念図

図2 DEVONコードにおける計算の流れ

一次電流・電位分布の計算
(電極表面で一定の電位)

$$\Delta \phi = 0 \rightarrow j = -\sigma \cdot \text{grad } \phi$$

(ϕ : 電位, j : 電流, σ : 電気伝導度)

拡散層モデルによる分極による計算
(電極表面での電位分布を考慮)

電流・電位分布の繰返し収束

二次電流・電位分布

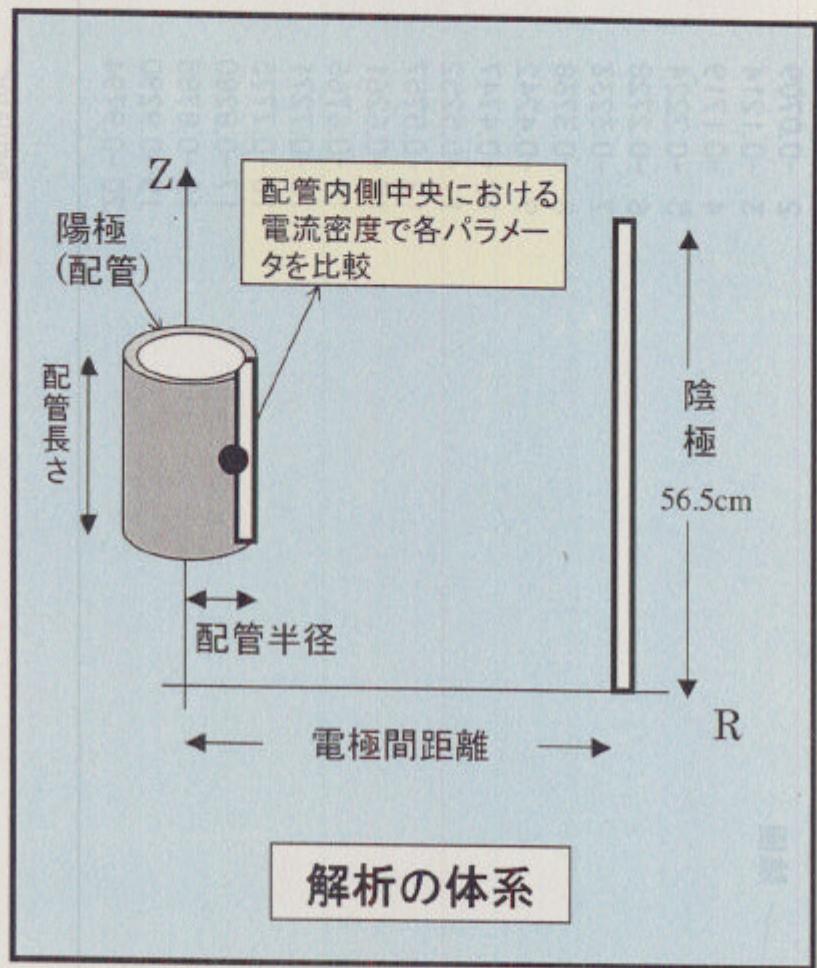


図3 解析における体系

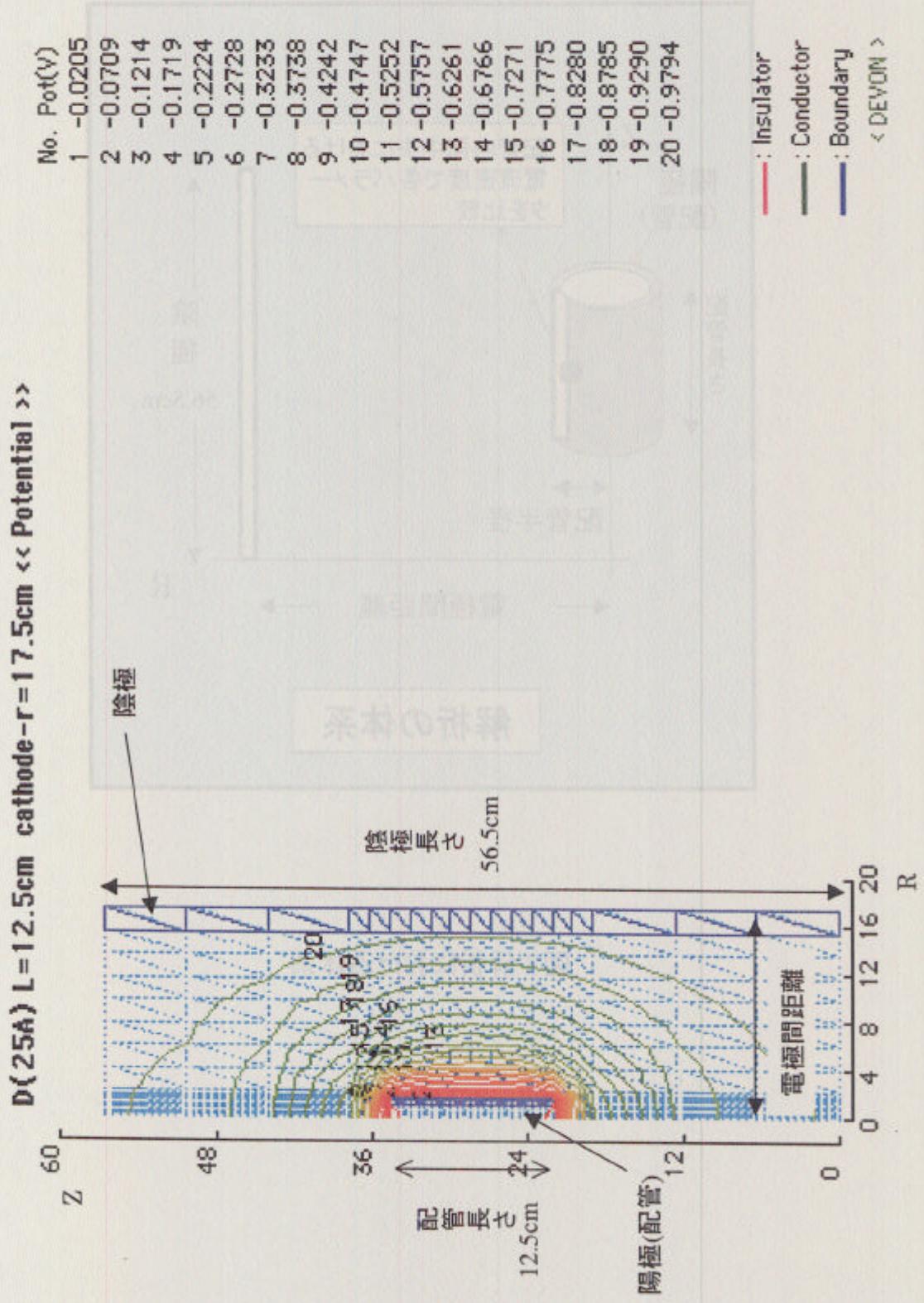


図4 配管径25A 配管長さ12.5cm 電極間距離17.5cm(レファレンスケース)における電位分布

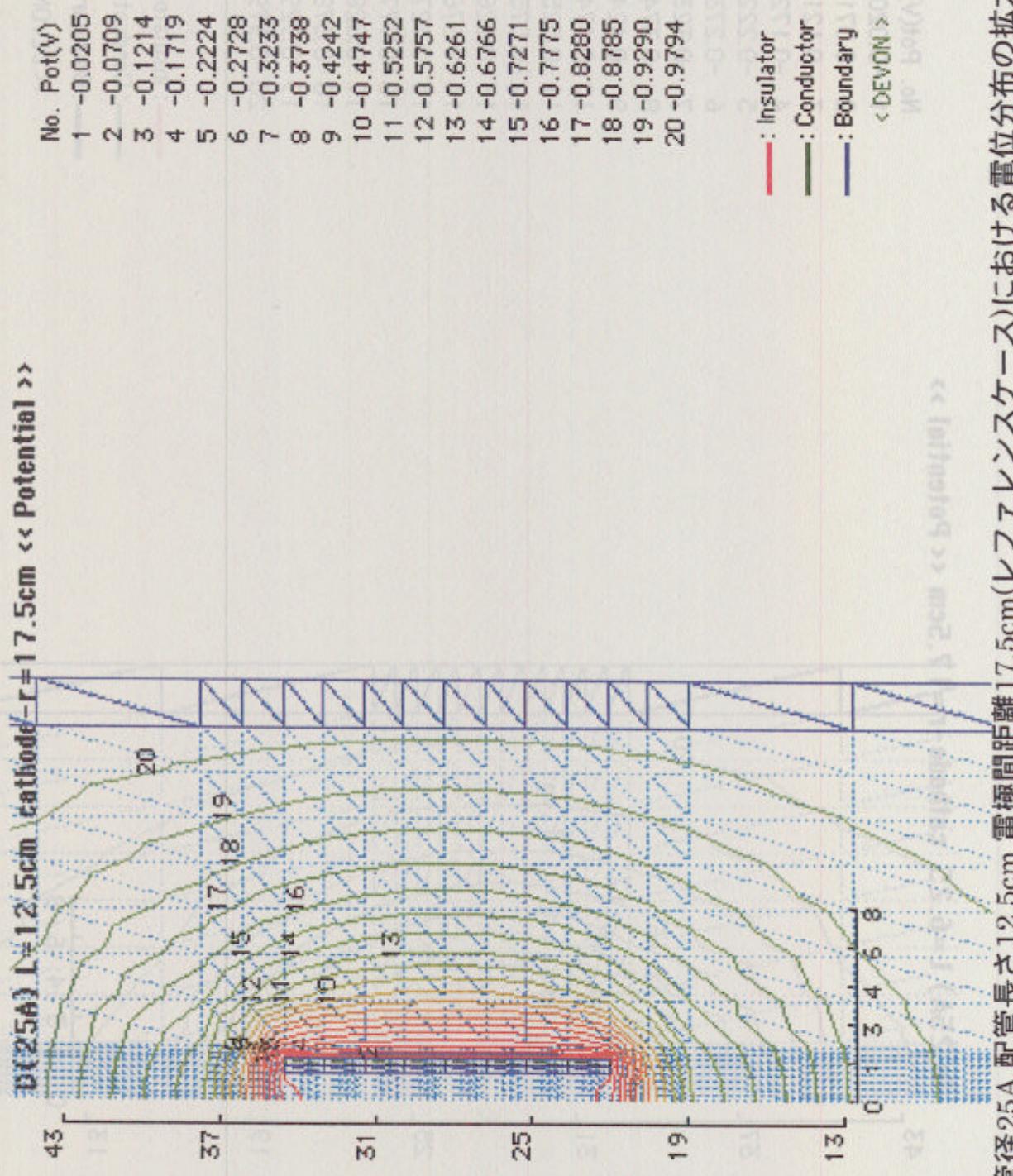


図5 配管径25A 配管長さ12.5cm 電極間距離17.5cm(レフアレンスケース)における電位分布の拡大図

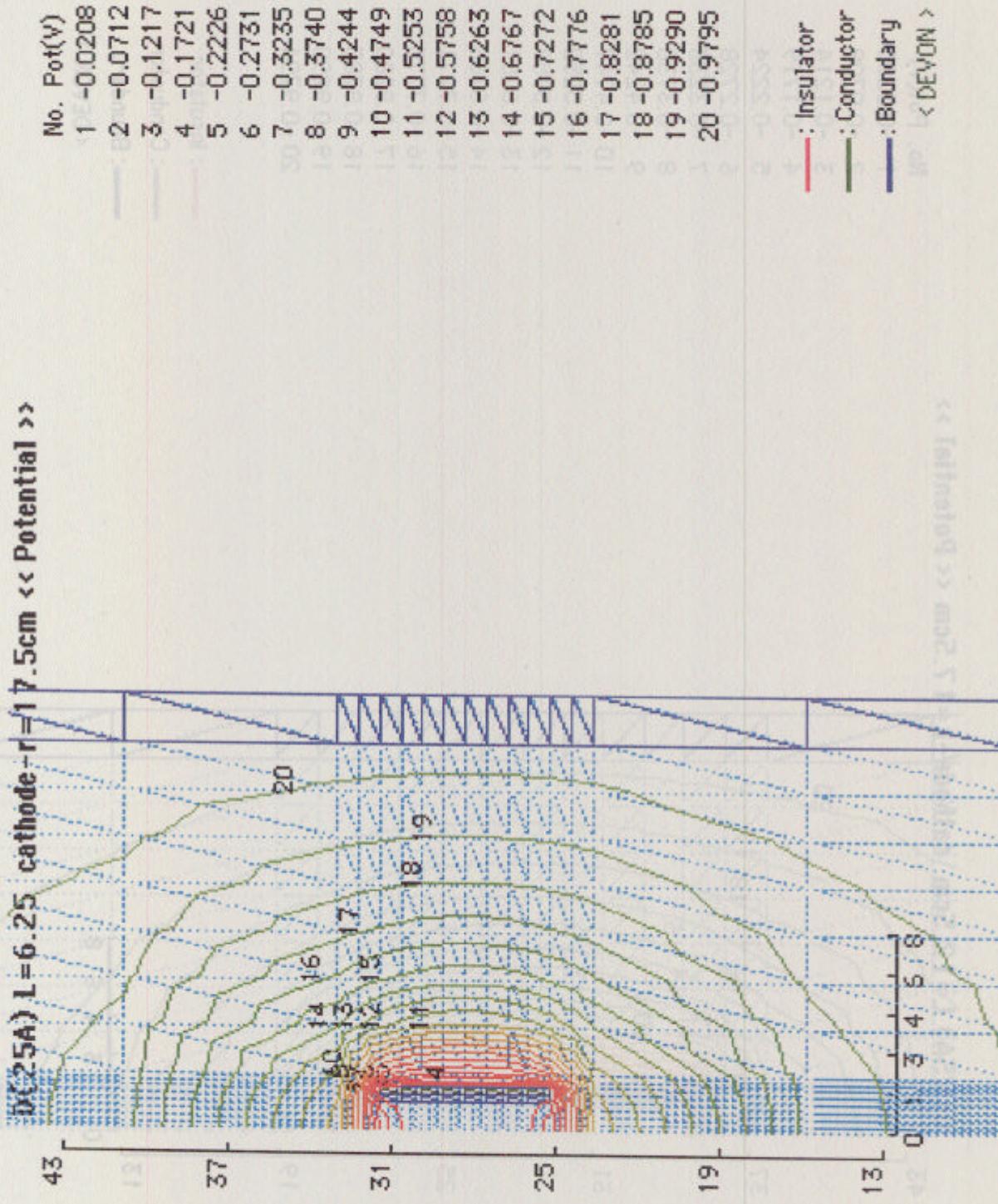
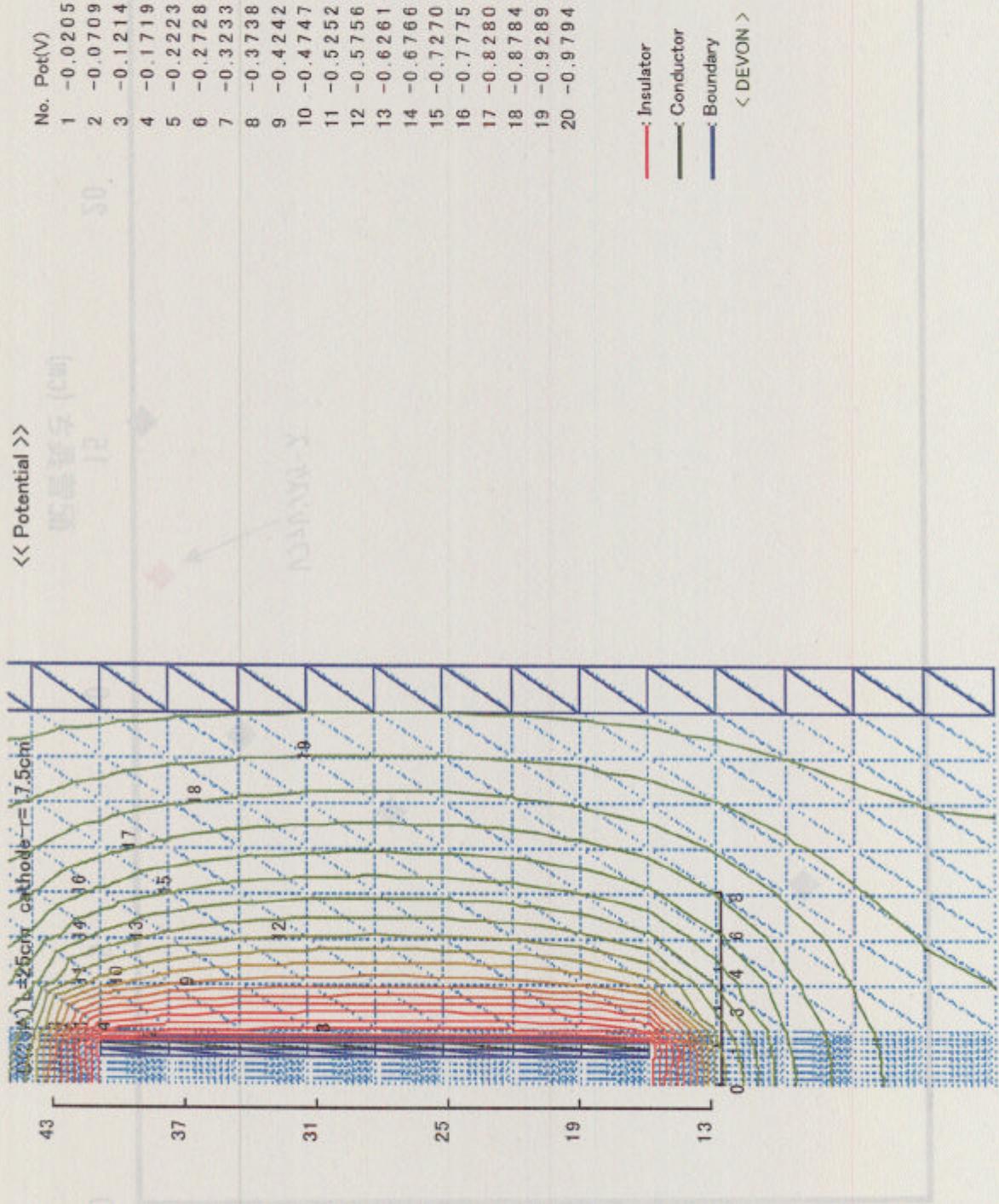


図6 配管径25A 配管長さ6.25cm 電極間距離17.5cmにおける電位分布の拡大図



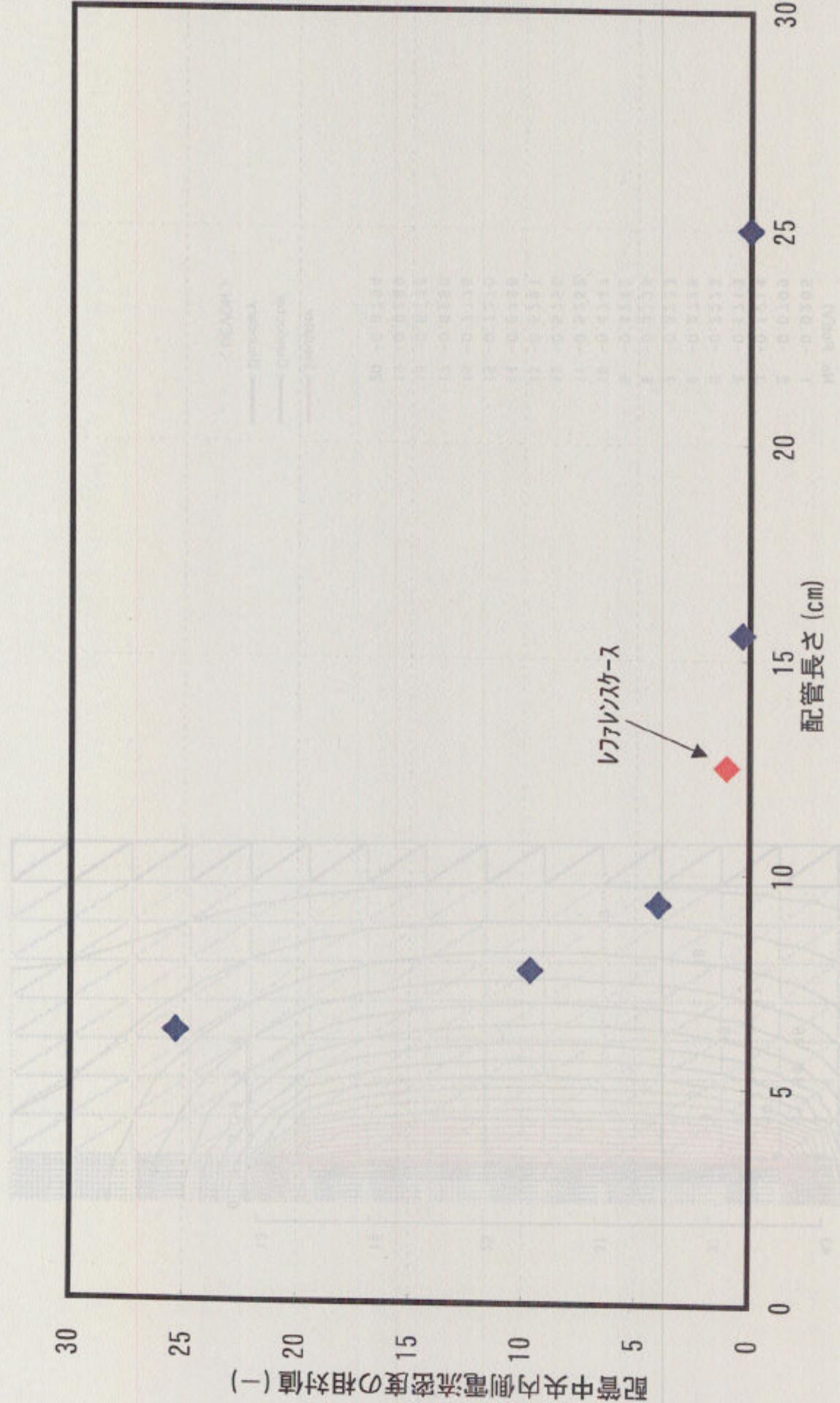


図8 配管長さと配管中央内側電流密度の関係

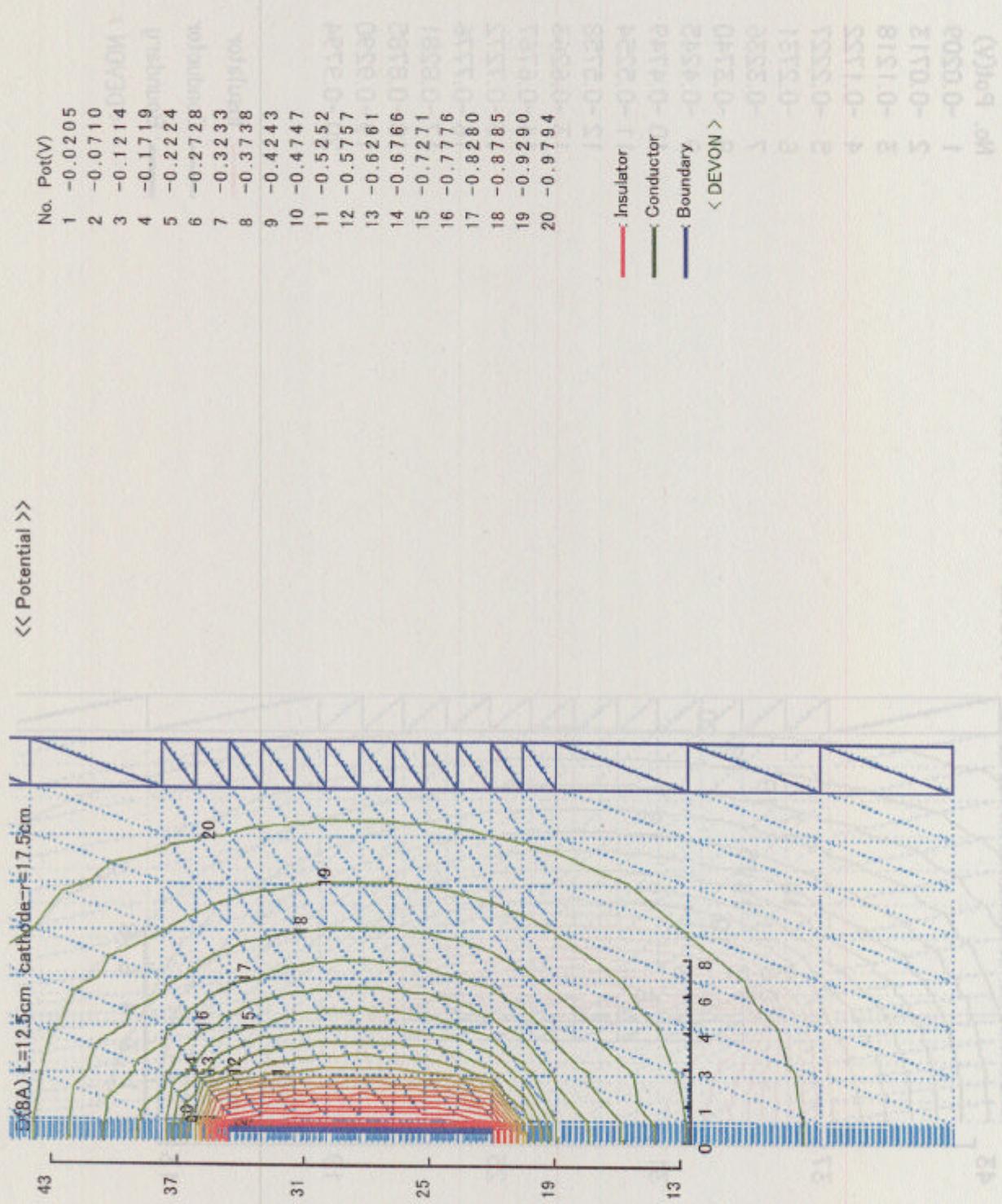


図9 配管径8A 配管長さ12.5cm 電極間距離17.5cmにおける電位分布の拡大図

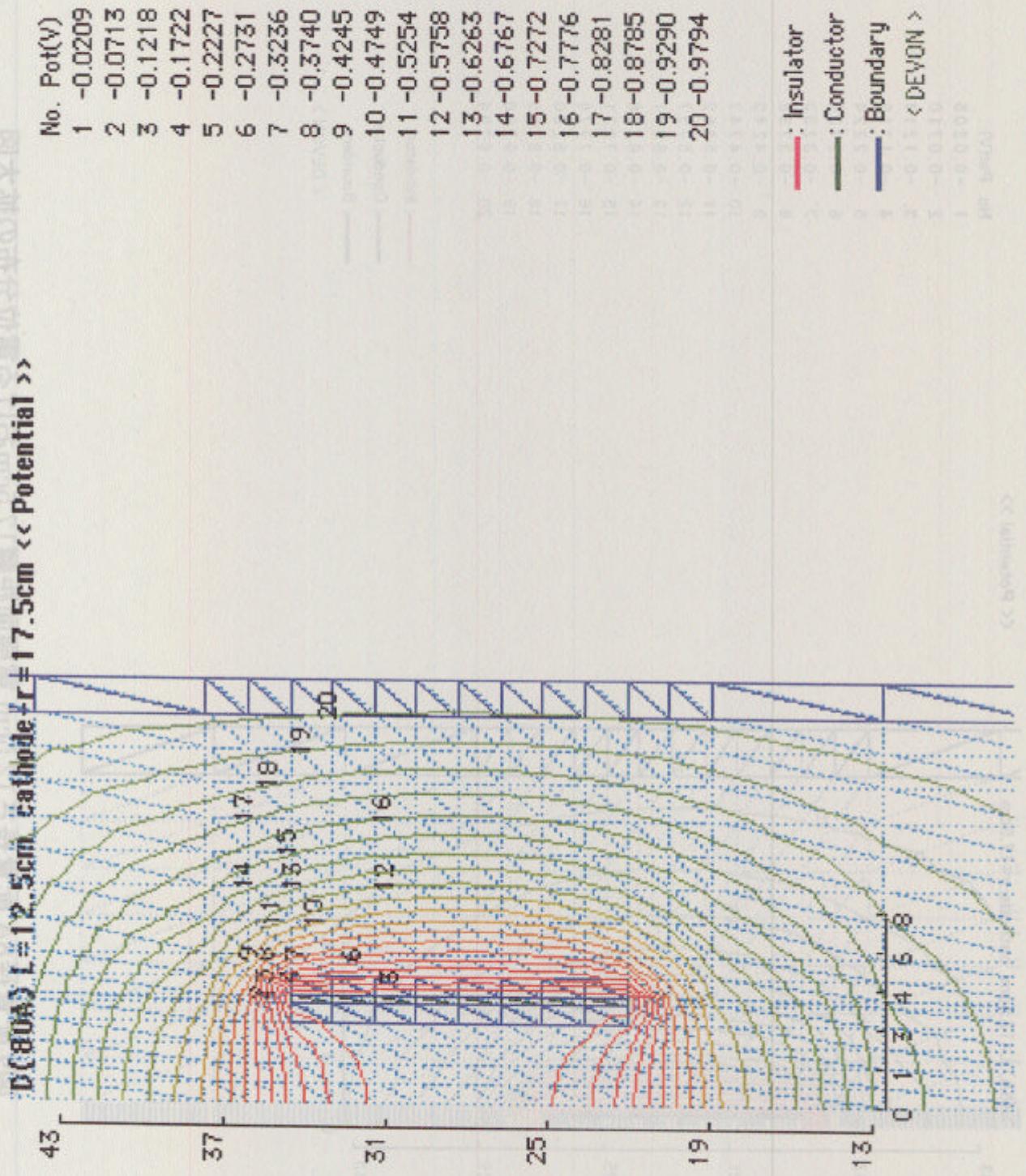


図10 配管径80A 配管長さ12.5cm 電極間距離17.5cmにおける電位分布の拡大図

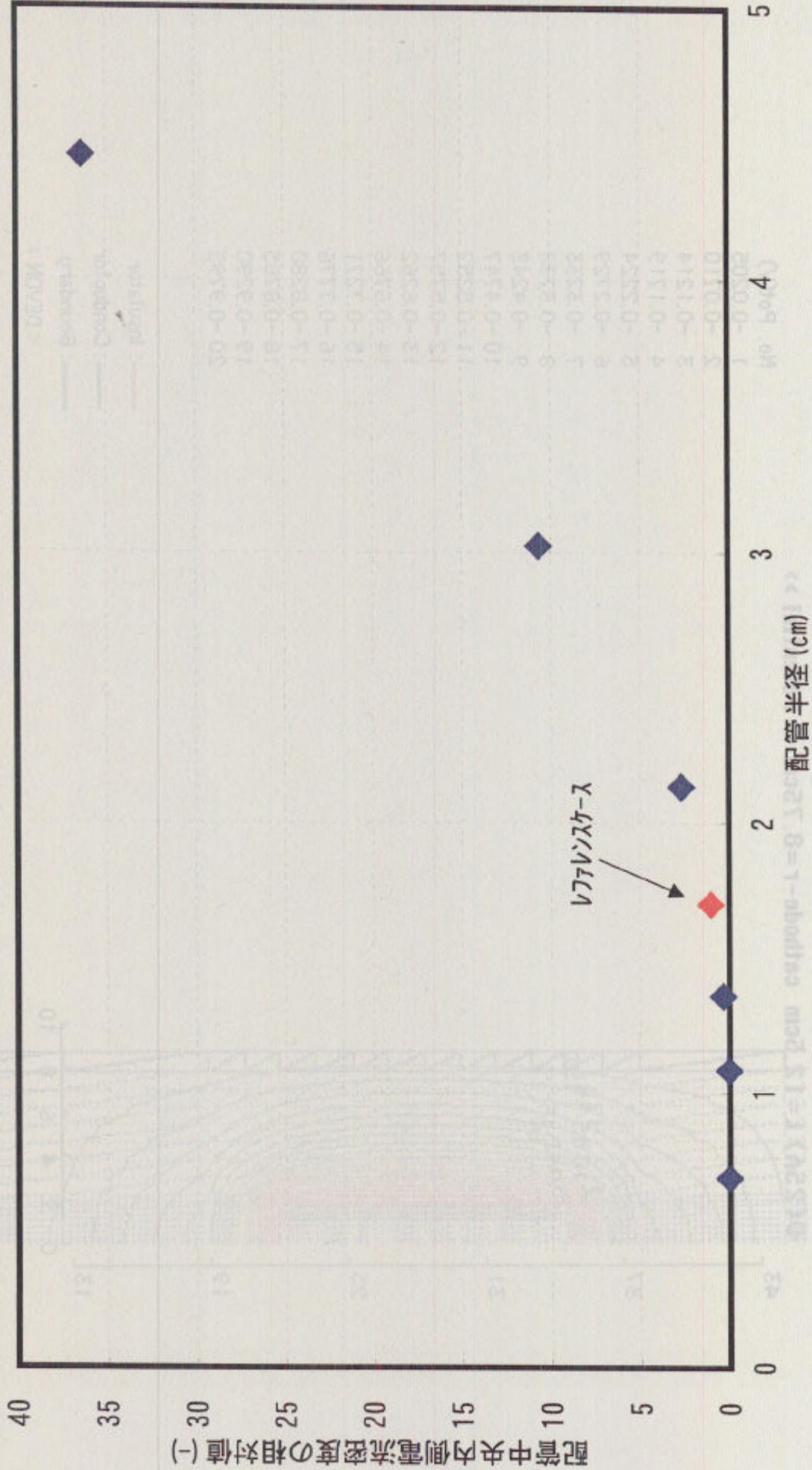


図11 電場未導入時電極間の電位

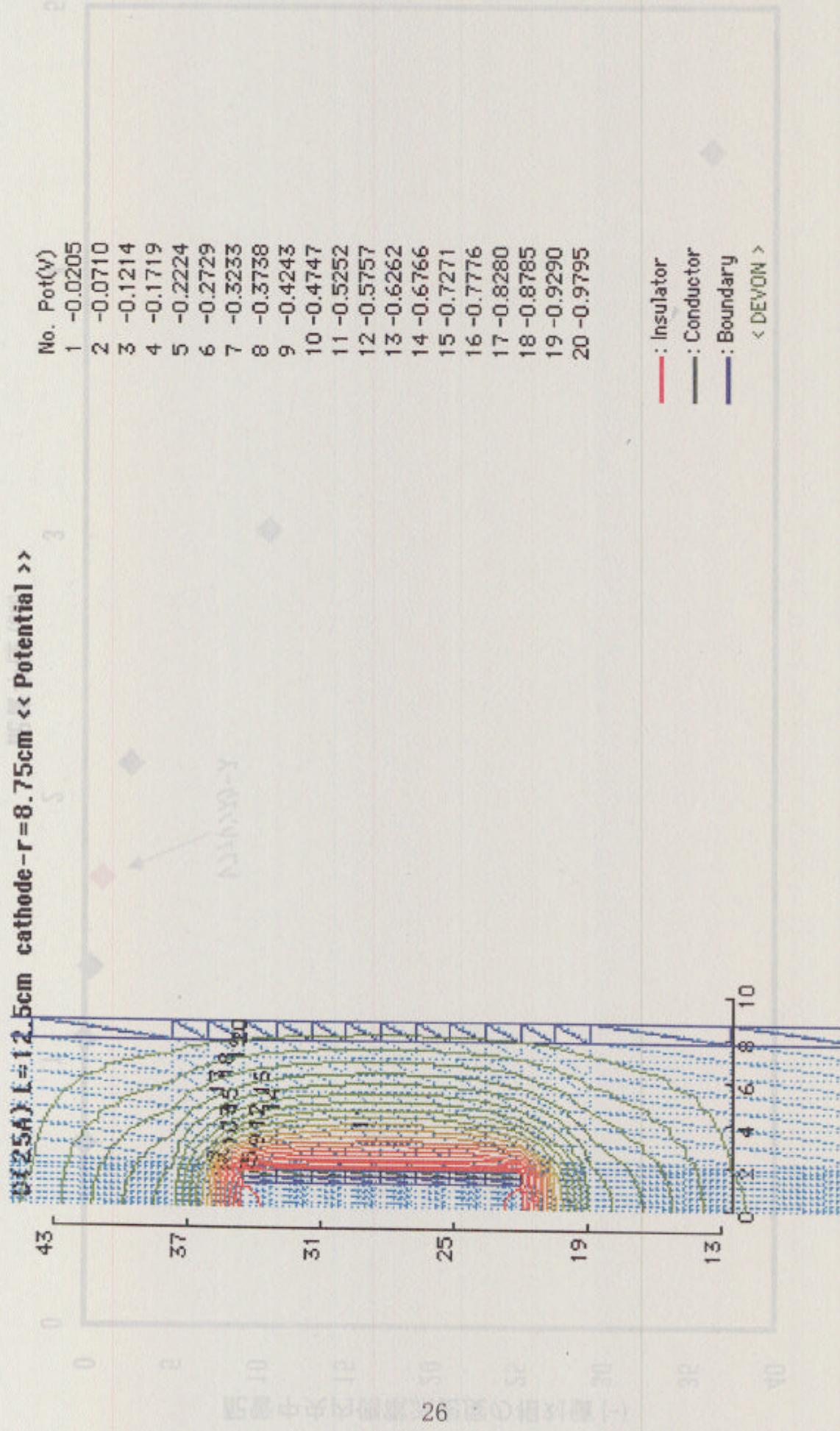


図12 配管径25A 配管長さ12.5cm 電極間距離8.75cmにおける電位分布の拡大図

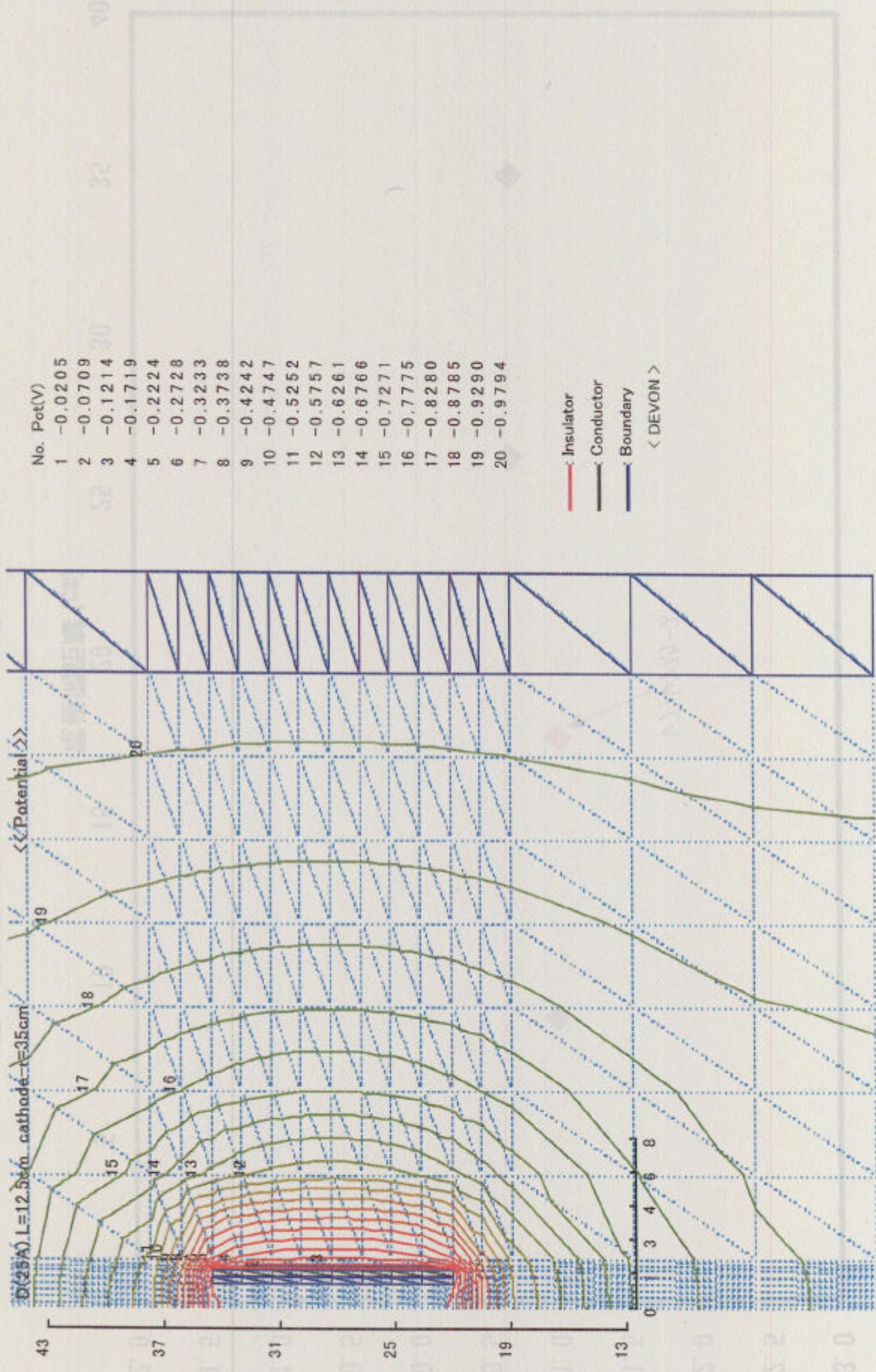


図13 配管径25A 配管長さ12.5cm 電極間距離35cmにおける電位分布の拡大図

図13 電極間距離と配管中央内側電流密度の関係

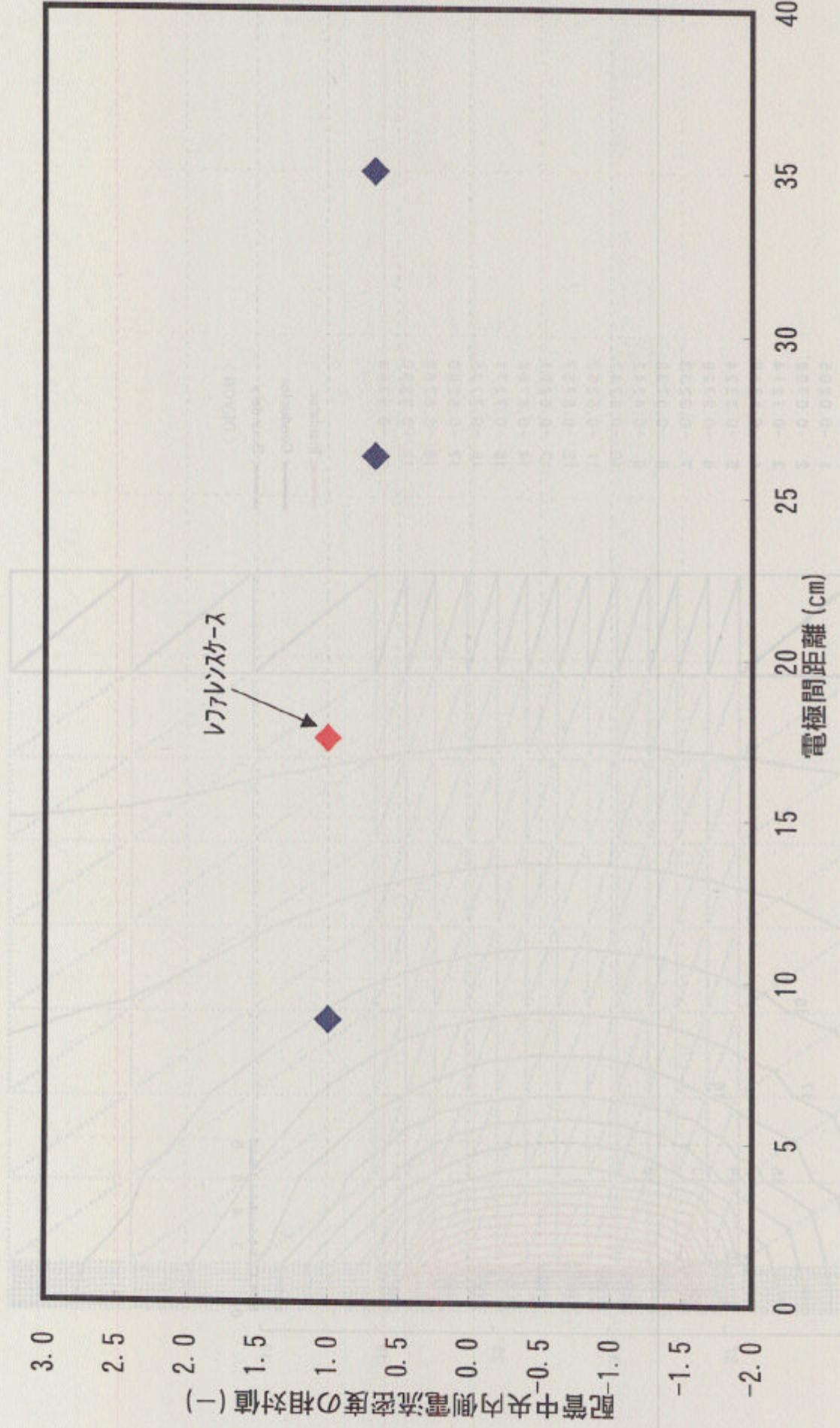
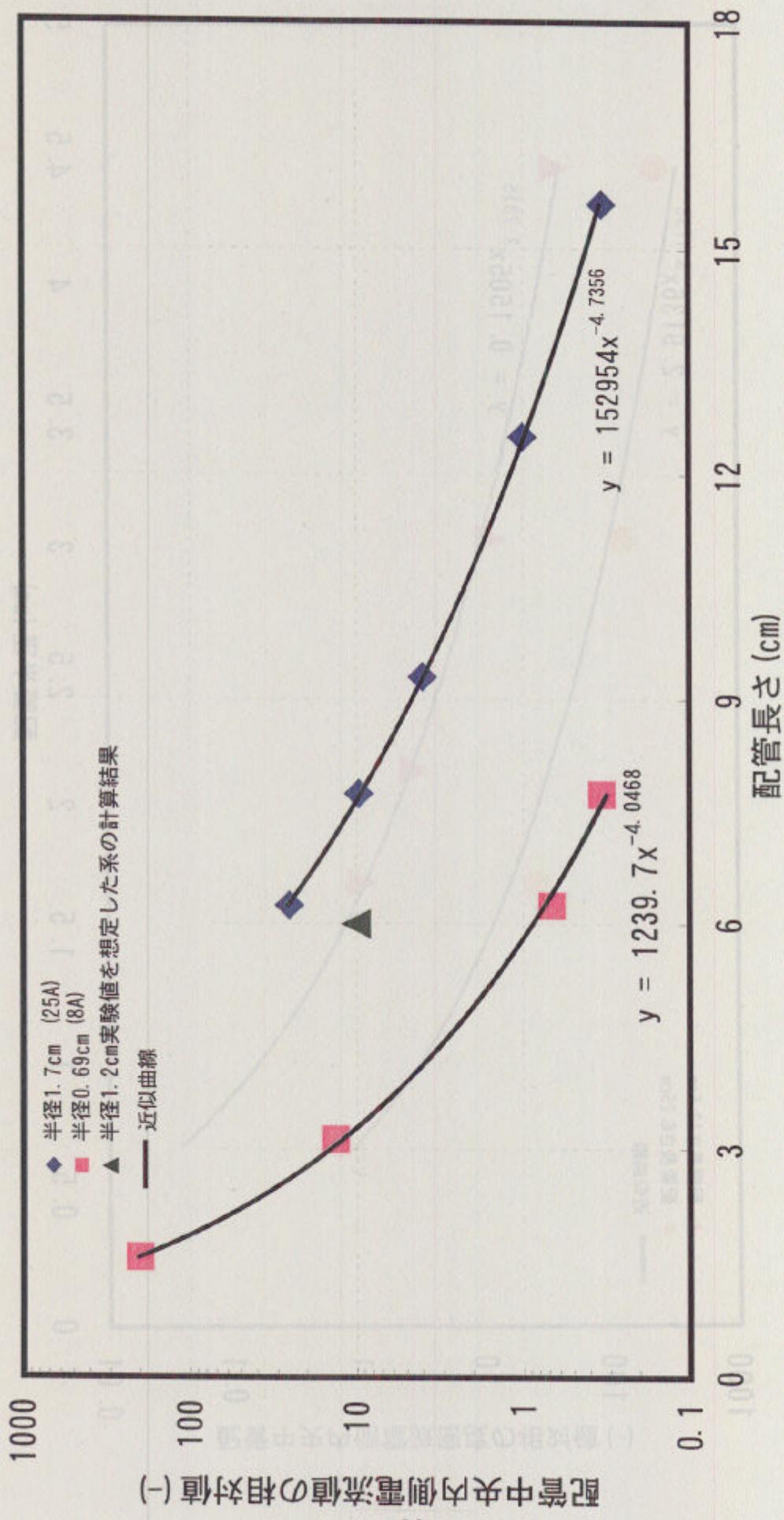


図14 電極間距離と配管中央内側電流密度の関係

図15配管長さが配管中央内側電流密度に与える影響の配管径依存性



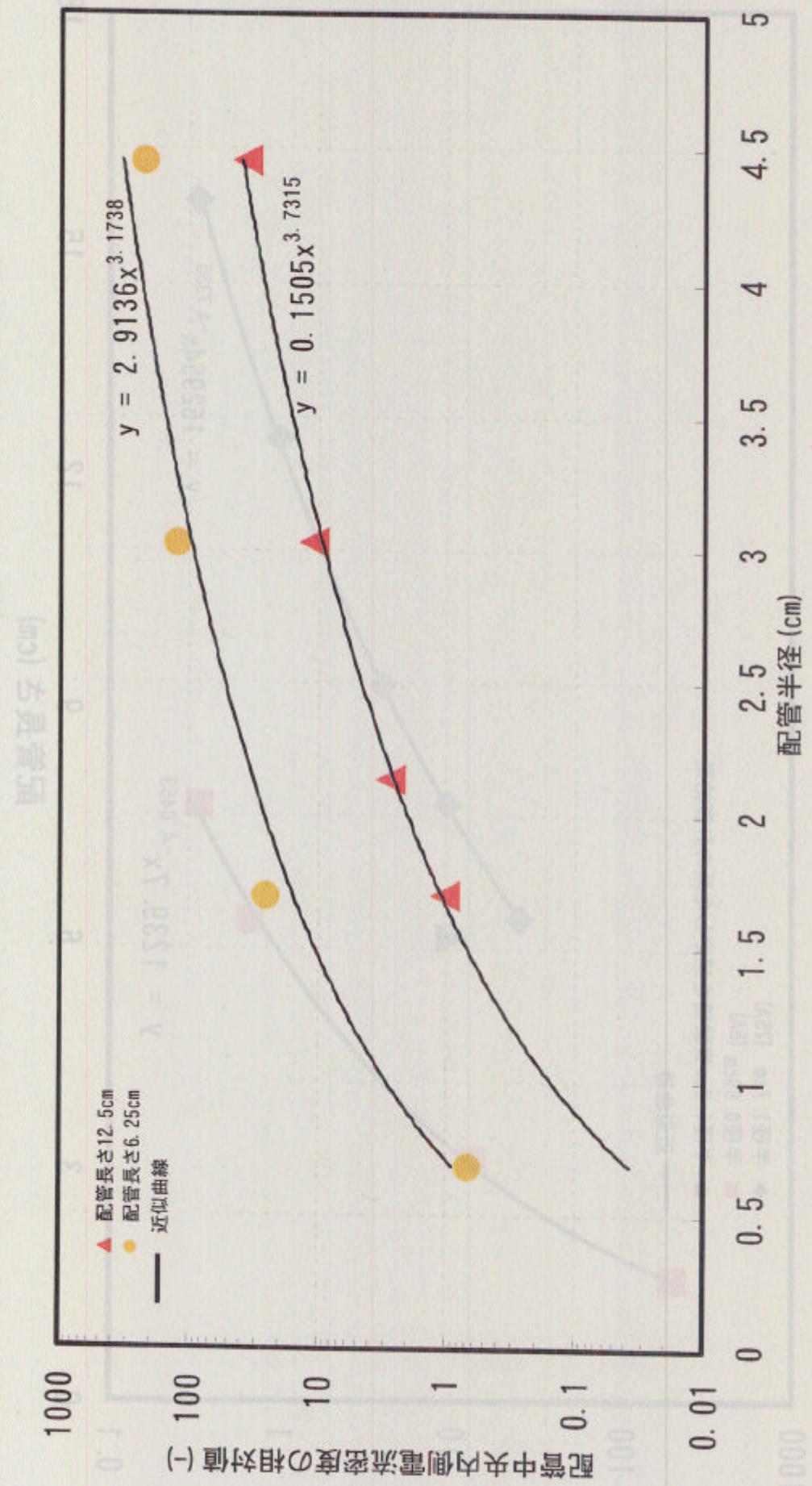


図16配管半径が配管中央内側電流密度に与える影響の配管長さ依存性