

# Cu/Cu-Ni/Cu電気抵抗材のレーザ造形と電気特性

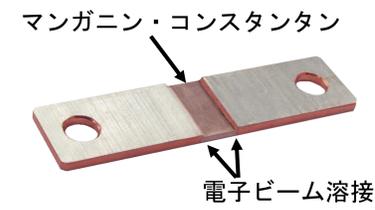
Laser fabrication and electrical properties of Cu/Cu-Ni/Cu composite resistor materials

大同大学大学院 工学研究科 機械工学専攻  
辻 篤志 (M1) 指導教員 田中 浩司



## 背景

### シャント抵抗



JIS記号	JISコード	体積抵抗率 [ $\times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ]	抵抗温度係数 [ $\times 10^{-3} / \text{K}$ ]
GCN49	C2532	49 $\pm$ 0.03	$\pm$ 40

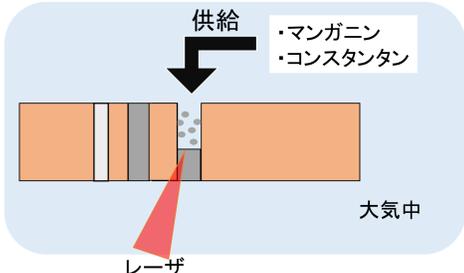
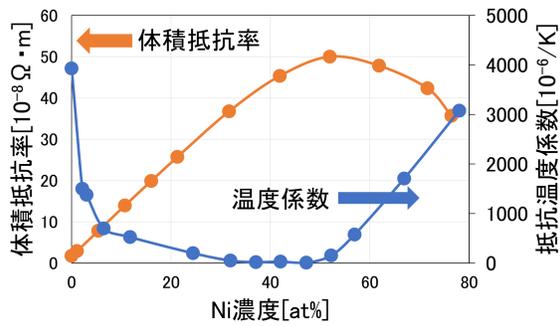
### 高抵抗部の肉盛り造形

抵抗材料が可変  $\rightarrow$  多様化  
抵抗数のマルチ化  $\rightarrow$  小型集積化

フレキシブルな抵抗部品設計が可能

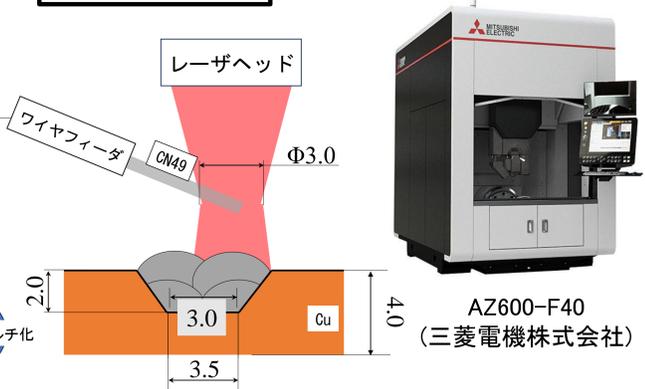
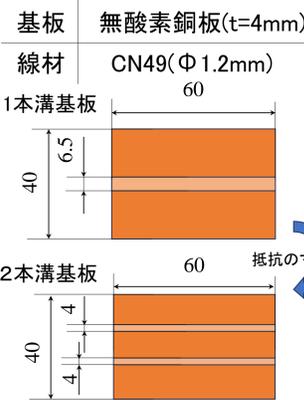
- 課題
- ①融体の造形性の確保
  - ②急凝固組織のNi量の制御

### 電気抵抗のNi依存性



## 実験方法

### 試料作製



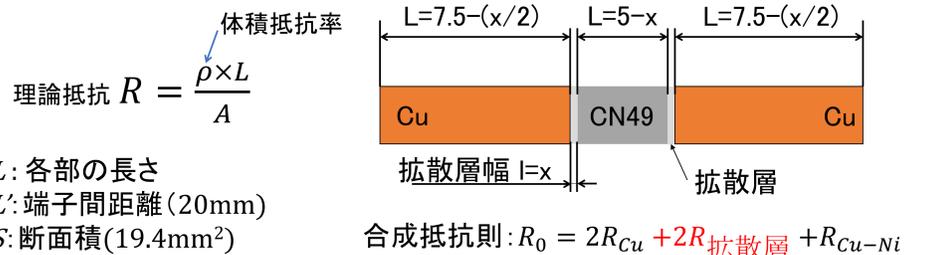
### 実験条件

条件	肉盛り層	出力 P[kW]	軸速度 F[mm/min]	ワイヤ速度 Fw[mm/min]	入熱量 P/F[J/mm]	エネルギー密度 $\rho_E$ [W/mm <sup>2</sup> ]
条件1	1層目	3.5	150	450	1400	1167
	2層目	3.5	200	600	1050	875
条件2	1層目	3.5	200	600	1050	875
	2層目	3.0	200	600	900	750

### エネルギー密度 $\rho_E$ の影響

熱応力・ひずみ除去  
雰囲気: N<sub>2</sub>  
温度: 700°C × 15分  
冷却: 炉冷

### 電気抵抗測定



## 目的

- ・Ni希釈を抑制したCu/Cu-Ni/Cu複合抵抗材のレーザ肉盛り造形を試み、合成抵抗則の成立性を検証する
- ・理論値との差が起きる材料内の要因を明らかにする

## 結果

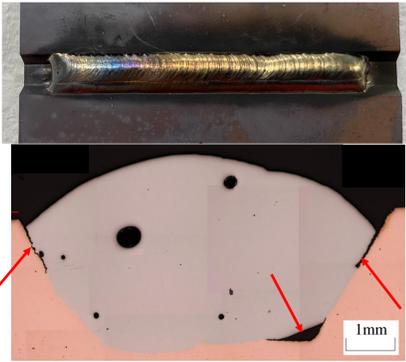
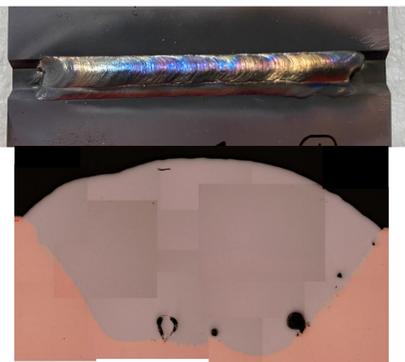
### 断面形状

エネルギー密度

大  $\leftarrow$   $\rightarrow$  小

条件1(1167 $\rightarrow$ 875[W/mm<sup>2</sup>])

条件2(875 $\rightarrow$ 750[W/mm<sup>2</sup>])



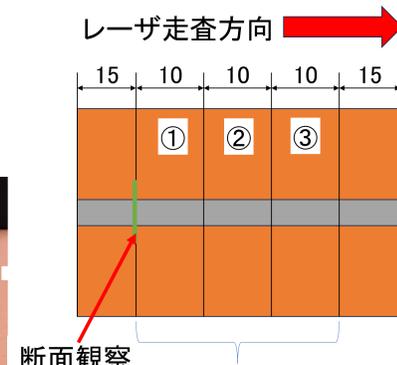
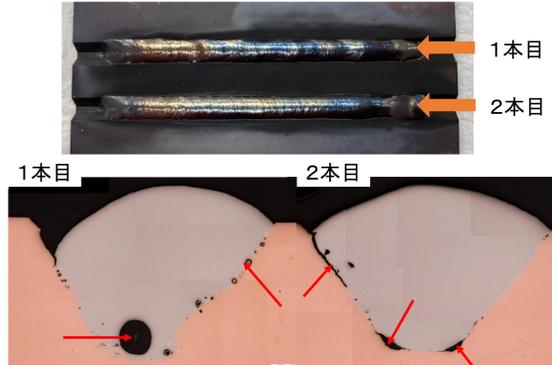
すき間なし $\rightarrow$ 充填性○

すき間、気泡等の欠陥発生 $\rightarrow$ 充填性×

抵抗部のマルチ化

- ・CN49流動性が低い
- ・温度が達していない

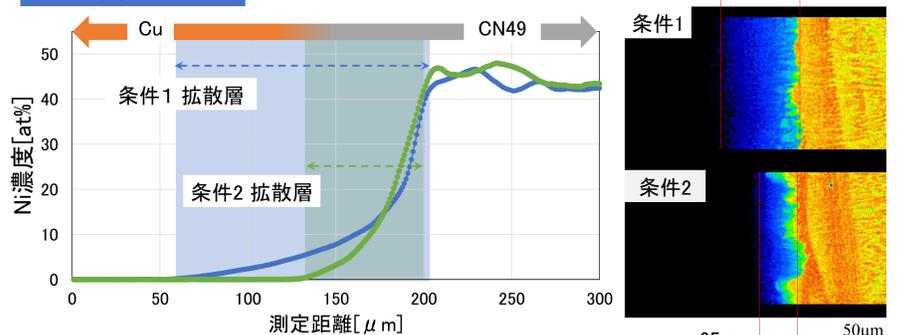
条件1(1167 $\rightarrow$ 875[W/mm<sup>2</sup>])



すき間、気泡等の欠陥発生 $\rightarrow$ 充填性×

Cu基板の冷却性: 大

### Ni濃度分布

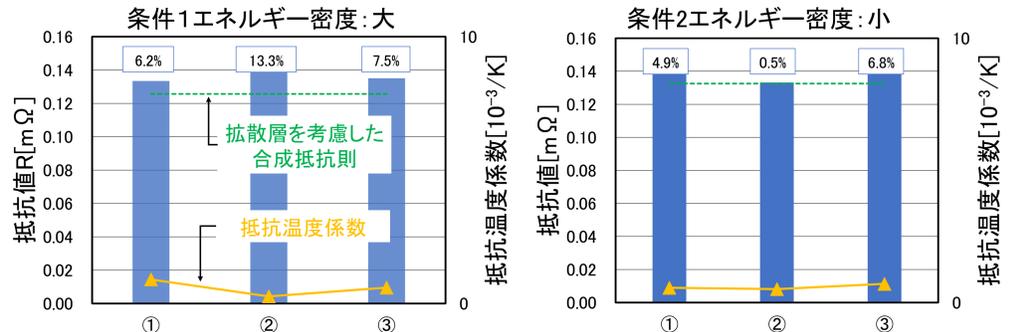


### Ni量から各部の体積抵抗率 $\rho$ を推定

	Cu 基板	造形部 (条件1)	拡散層 (条件1)	造形部 (条件2)	拡散層 (条件2)
平均Ni濃度[at%]	-	45.86	10.55	48.00	15.16
体積抵抗率[ $10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ]	1.726	47.04	13.57	48.00	18.90

### 造形部でCN49規格(42~48Ni)内を保持

### 電気抵抗



- ・理論値との差が+0.5~13%認められた
- ・抵抗温度係数は0.27~0.90 [ $\times 10^{-3} / \text{K}$ ]と小さい値が得られた

### 課題

理論値よりやや高抵抗側に遷移

- ・ dendrite組織の形成によるNi偏析
- ・造形欠陥による断面積の減少

## まとめ

線材を用いたレーザ肉盛りでは、ほぼNi希釈のない高抵抗部が得られた

- ・直列の合成抵抗則は成立する
- ・レーザ肉盛り複合抵抗材の作製は可能である