Thermoelectric Properties of $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ Oxide Sintering Bulks

Yusuke Ichino Non-member (Nagoya University)

Tomoaki Nonoyama Non-member (Nagoya University)

Mayuho Kaikawa Non-member (Aichi Institute of Technology)

Atsushi Takagi Non-member (Aichi Institute of Technology)

Yutaka Yoshida Non-member (Nagoya University)

Yoshiaki Takai Member (Nagoya University)

Keywords : thermoelectric, oxide

Thermoelectric materials have attracted much interest recently as promising materials for clean power generator. From the viewpoint that materials with high carrier mobility are equal to excellent thermoelectric materials, oxide materials whose mobility is about one enough that of alloy thermoelectric materials such as Bi-Te system, had not been noted as the thermoelectric material so far. However, Terasaki et al. have reported that the NaCo_2O_4 shows high Seebeck coefficient and low resistivity in 1997. Originally, there are many advantages of oxide materials such as chemical stability in air, inexpensive and harmless. Therefore, due to these merits and the Terasaki's report, the oxide materials have been studied by many groups.

We paid attention to the $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (REMCO) whose RE and M were rare earth and metal elements, as a candidate for the oxide thermoelectric materials. The carrier type of REMCO is changed against the kind of RE element. Therefore, we can fabricate both p and n-type REMCO which are necessary to form thermoelectric power generator. In this report, we aimed to an improvement of the thermoelectric properties of the REMCO materials. For p-type $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) and n-type $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (SCCO), we carried out a carrier control by a partly replacement of RE by M with different valence from RE, and investigated an effect of the thermoelectric properties of REMCO.

The REMCO sintered bulks were prepared by conventional solid state reaction. Measurements by X-ray diffraction indicate that all samples are a single phase. Seebeck coefficient and resistivity were measured by ZEM-2 (ULVAC, Inc.) and thermal conductivity was evaluated by laser flash method.

We measured the temperature dependence of the Seebeck coefficient (S) and the resistivity (ρ) and showed in Fig. 1. We

Fig. 1. Temperature dependence of (a) Seebeck coefficient and (b) resistivity of LSCO and SCCO

Fig. 2. Dimensionless figure of merit of REMCO as a function of temperature

found that the absolute value of S in both LSCO and SCCO decreased with increasing the replacement ratio x in $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$. The resistivity showed same tendency. It is considered that these tendencies reflect the change of the carrier concentration, i.e. the carrier concentration increase with increasing x . From S and ρ values, we estimated the power factor (S^2/ρ). As a result, the maximum power factor of both REMCOs appeared at $x=0.02$, the values at 350 K were $4.0 \times 10^{-4} \text{ W/mK}^2$ of LSCO and $3.7 \times 10^{-5} \text{ W/mK}^2$ of SCCO. Because of the low resistivity, the power factor of the LSCO is superior to that of the SCCO and we found that the LSCO showed the excellent performance in the low temperature region around room temperature.

We evaluated the thermal conductivity (κ) of LSCO and SCCO, and estimated the temperature dependence of the dimensionless figure of merit $ZT=S^2/\rho\kappa$ in Fig. 2. Here, thermoelectric material is required the ZT of greater than 1.0 which corresponds to energy conversion efficiency of 10%. From Fig. 2, the ZT of the SCCO increased due to the reduction of κ by phonon scattering around M elements and the ZT at 370 K reached 1.6×10^{-3} . Moreover, the ZT of LSCO was superior to that of SCCO and was 3.5×10^{-2} at 370 K. Although the maximum ZT of conventional thermoelectric materials generally appears at higher temperature, the REMCOs showed the maximum ZT s near the room temperature. We can conclude that the REMCOs are useful for the fabrication of the thermoelectric power generator operated around room temperature. Because the crystalline structure, the physical properties and the preparation condition are similar among REMCO materials, we can expect the efficient production and development of the thermoelectric power generator.

RE_{2-x}M_xCuO₄ 酸化物焼結体の熱電特性

非会員 一野 祐亮*

非会員 野々山公亮*

非会員 貝川真悠朋**

非会員 高木 淳**

非会員 吉田 隆*

正員 高井 吉明*

Thermoelectric Properties of RE_{2-x}M_xCuO₄ Oxide Sintering Bulks

Yusuke Ichino, Non-member, Tomoaki Nonoyama*, Non-member, Mayuho Kaikawa**, Non-member,

Atsushi Takagi**, Non-member, Yutaka Yoshida*, Non-member, Yoshiaki Takai*, Member

La_{2-x}Sr_xCuO₄ (LSCO) and Sm_{2-x}Ce_xCuO₄ (SCCO) polycrystal bulks with $x = 0 \sim 0.10$ were made by solid-phase reaction method. From the X-ray diffraction (XRD) patterns, LSCO and SCCO were confirmed single phase. Seebeck coefficient, resistivity and heat conductivity decreased with increasing an amount of Sr²⁺ and Ce⁴⁺ substitution. We estimated ZT from these values and found that the highest value of $ZT = 0.034$ at 323 K was achieved in the LSCO with $x = 0.02$. As a result, we conclude that LSCO and SCCO showed high thermoelectric properties around room temperature. We can expect RE_{2-x}M_xCuO₄ is very useful material for thermoelectric module operating at room temperature.

キーワード：熱電変換，酸化物

Keywords : thermoelectric, oxide

1. はじめに

現在，人類はエネルギーの大量消費に伴う化石燃料の枯渇，そして化石燃料の消費の際に発生する二酸化炭素や有害物質による地球温暖化という，二つの大きな問題を抱えている。これらの問題を解決すべく，熱電変換材料を使用した熱電変換発電に注目が集まっている。熱電変換材料は熱と電気を相互変換することが可能であり，無可動，無排出，無スケール則といった特長から，分散型電源としての期待が高まっている。熱電変換材料の特性は，ゼーベック係数 (S)，電気抵抗率 (ρ)，熱伝導率 (κ) を用いた性能指数 $Z = S^2 / \rho \kappa$ で表され， Z の値が大きい材料ほど優れた熱電変換材料となる。一般的に実用化の目安は，使用温度を考慮し Z に作動温度 T を乗じた無次元性能指数が 1 (変換効率 10%) 以上とされている。

今日までに実用化されている熱電変換材料の多くは，Bi-Te 系材料や Pb-Te 系などの重金属を用いた合金系材料が主であり，室温付近において非常に優れた熱電特性を示す。

しかし，これらの合金系材料は使用温度領域が低いことや，作製コストが高いこと，環境負荷が大きいことなど，分散型電源として使用するために解決しなければならない課題を有している。

一方，高移動度材料イコール高熱電特性材料といった従来の観点のため，合金系材料より一桁低い移動度である酸化物系材料は，あまり注目されていなかった。しかし，1997 年，Terasaki らは，NaCo₂O₄ が高いゼーベック係数，低い電気抵抗率と優れた熱電特性を示すことを報告した⁽¹⁾。それに引き続き，2000 年，Funahashi らは NaCo₂O₄ と似た結晶構造をもつ Ca₂Co₂O₅ の単結晶ウィスカーが，1000 K 近傍で $ZT \sim 1.2$ と非常に高い性能指数を示すことを報告した⁽²⁾。元々，酸化物系材料は，高温での使用が可能であること，低コストであること，環境負荷が小さいことなど多くの利点があった。そのため，酸化物材料が高い特性を示すという上記の報告は，酸化物系材料に注目を集めると同時に，熱電変換の研究の中においての，ブレイクスルーとなった。これら高い熱電特性を示した酸化物系材料の共通項として挙げられる特徴は，「層状構造」そして「低次元・異方構造」である。つまり，導伝導と絶縁層が層状に積層された自然超格子構造が形成されているため，高いゼーベック係数や低い抵抗率を示すと考えられている。

しかしながら，これらの高い熱電性能を示す酸化物材料のほとんどは，そのキャリアは p 型であり，高性能な n 型

* 名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻
〒464-8603 名古屋市千種区不老町
Dept. of Energy Eng. and Sci., Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603

** 愛知工業大学
〒470-0392 豊田市八草町八千草 1247
Aichi Institute of Technology
1247 Yachigusa, Yakusa-cho, Toyota 470-0392

酸化物材料に関する報告は少ない。例えば、Ohtaki らは、Zn-Al-O 系材料が n 型で、 $ZT \sim 0.3 @ 1000 \text{ K}$ と、比較的高い性能を示すことを報告している⁽³⁾。

本研究では、自然超格子構造を有する強相関電子系酸化物を母材とした $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ (REMCO; RE=希土類元素, M=金属元素) 材料に着目した。REMCO は、RE 元素に応じてキャリアタイプが変わる性質を持っており⁽⁴⁾、熱電変換モジュールに応用する際に不可欠である p, n 型両方の材料を作製することが可能である。また、ほぼ同じ結晶構造であるため様々な物理特性が非常に近く、同様の作製条件で作製可能な利点も持つ。さらに、 RE^{3+} サイトに価数の異なる元素を置換することで容易にキャリア密度制御を行うことができるため、適切な元素置換による電気特性の向上が期待できる。熱電性能に関しては、前述した Co 系酸化物のような導電層と絶縁層の積層構造を持っているため、比較的大きなゼーベック係数を示すことがいくつかのグループによって報告されている^{(5)~(7)}。

そこで、本研究では REMCO 系材料の熱電変換性能向上を目指し、p 型材料として $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO), そして n 型材料として $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (SCCO) を用いて、 RE^{3+} に対し価数の異なる M を置換することでキャリア密度制御を行い、熱電特性に与える影響についての検討を行った。

2. $\text{RE}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$ 焼結体の作製・評価方法

本実験では、REMCO 系焼結体の作製法として、組成の制御を簡便に行える固相反応を用いた。焼結体の原料には、 La_2O_3 , Sm_2O_3 , SrCO_3 , CeO_2 , CuO の粉末を用い、 $\text{RE}:\text{M}:\text{Cu} = 2-x:x:1$ ($x = 0 \sim 0.1$) となるように秤量を行った。秤量を行った粉末は乳鉢、乳棒を用いて十分に混合を行った後、円盤状に加圧成形し、大気下において表 1 に示した条件で焼結を行った。なお、均一性を高めるため、各焼結の間には試料の粉碎・混合および成形を行った。

作製した焼結体の結晶相を同定するため、粉末 X 線回折 (XRD: X-Ray Diffraction) 法を用い、焼結体組織は走査型電子顕微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscope) を用いて評価した。また熱電特性の評価として、ゼーベック係数・電気抵抗率は ULVAC 社製の測定装置 ZEM-2, そして熱伝導率はレーザーフラッシュ法 (ULVAC 社製 TC-7000) を用いて評価した。

3. 実験結果及び考察

作製した焼結体の XRD の結果から、作製した全ての焼結

体において REMCO のみのピークが確認され、作製した焼結体の全てが不純物や異相のない単相であることを確認した。図 1 に $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ ($x=0.02$) の焼成温度に対する相対密度及び電気抵抗率の変化を示す。相対密度は、式量と格子定数から計算される理論密度と実際の焼結体密度の比である。図から、焼成温度が上昇するにつれて密度が向上し、抵抗率が小さくなっていく傾向が得られた。1190°C の焼成では、相対密度はほぼ 100% となり、良質な焼結体であると言える。また図 2 に、850°C と 1190°C の焼成後における SCCO ($x=0.02$) の SEM 像を示す。1190°C 焼成後の組織は、焼結体中の空孔が少なくなり、密度が向上したことがわかる。よって、導電パスを遮断する空孔が少なくなったために抵抗率が低下したと考えられる。さらに SEM 像より、高温での熱処理を行うことで結晶粒が大きくなることを確認した。つまり、高温熱処理による結晶粒の成長によって結晶粒界が減り、粒界における電子散乱が減少したことも電気抵抗率の低下に寄与していると考えられる。

図 3 に LSCO 及び SCCO におけるゼーベック係数および電気抵抗率の温度依存性を示す。LSCO, SCCO の両方ともに、置換量の増加に従ってゼーベック係数の絶対値が小さくなる傾向が見られた。また、電気抵抗率も置換量を増加させるに従い低下した。ゼーベック係数、電気抵抗率の置換量に伴う変化はキャリア密度の変化を反映しており、置換量が増加するほどキャリア密度が増加することを示してい

図 1 焼結温度に対する SCCO の密度及び抵抗率の変化

Fig. 1. Sintering temperature-dependent density and resistivity.

図 2 SCCO 表面 SEM 像

Fig. 2. Surface SEM image of SCCO.

表 1 LSCO と SCCO の焼結条件

Table 1. Sintering conditions of LSCO and SCCO.

process	$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO)	$\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (SCCO)
1st	850°C × 15 h	850°C × 15 h
2nd	990°C × 24 h	990°C × 24 h
3rd	1090°C × 24 h	1090°C × 24 h
4th	1150°C × 24 h	1190°C × 24 h

図3 LSCO 及び SCCO における(a)ゼーベック係数と(b)電気抵抗率の温度依存 (曲線はプロットのガイド線)

Fig. 3. Temperature dependence of (a) Seebeck coefficient and (b) resistivity of LSCO and SCCO. (Curves in the figure are guide lines for each material).

る。また、置換量に対するゼーベック係数、及び抵抗率の大小関係は測定温度が変化しても変わることはなかった。

以上のゼーベック係数と抵抗率から求めた出力因子(S^2/ρ)を図4に示す。本研究では p, n 型共に $x=0.02$ において最大値を示し、LSCO で $4.9 \times 10^{-4} \text{ W/mK}^2 @ 340 \text{ K}$, SCCO で $5.2 \times 10^{-5} \text{ W/mK}^2 @ 470 \text{ K}$ であり、抵抗率が低い分、LSCO の方が高い出力因子を示した。

電気抵抗率の値、挙動は p, n 型で大きく異なり、p 型は温度上昇とともに抵抗率が增加するが、n 型は減少する傾向にあった。REMCO はキャリア密度増加に対して、反強磁性絶縁体(AFI)→超伝導体→金属と、電子状態が変化することが知られている。AFI は、LSCO の場合 $x=0 \sim 0.02$, 一方、SCCO と類似の n 型 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ の場合、 $x=0 \sim 0.13$ のドーピング領域で見られる⁽⁴⁾。従って、図3に示した材料のドーピング領域において、LSCO は超伝導体あるいは金属であるため、電気抵抗率の値は小さく、温度上昇に対して増加するが、SCCO は AFI であるために、値は大きく、温度に対して減少する傾向を示したと考えられる。

図5に LSCO 及び SCCO の各置換量における熱伝導率の温度依存を示す。LSCO, SCCO の両方において、温度上昇に伴い熱伝導率が減少した。また、LSCO 及び SCCO とともに、置換量が増加するにつれて熱伝導率が減少した。これは RE とイオン半径が異なる原子 M を置換したことで、イオン半径の異なる格子間におけるフォノン散乱が増加したこと起因していると考えられる。

一般に、熱伝導率(κ)は電子による熱伝導率(κ_e)と格子による熱伝導率(κ_l)の和 $\kappa = \kappa_e + \kappa_l$ として書き表される。図3の結果から、置換量を増すことによりキャリアの量は増加している。つまり、電子による熱伝導率のみに着目すれば熱伝導率は増加しているはずである。ここで、この系において Wiedeman-Franz 則が成り立つと仮定し、電気抵抗率から見積もった κ_e と κ_l に対する κ_e の割合を表2に示す。この時、自由電子系のローレンツ数 $2.45 \times 10^{-8} \text{ W}\Omega/\text{K}^2$ を用いた。表から、

図4 置換量に対する LSCO 及び SCCO の出力因子 (直線はプロットのガイド線)

Fig. 4. Power factors of LSCO and SCCO as a function of x (Solid lines are guide lines for each material).

図5 REMCO における熱伝導率の温度依存性 (曲線はプロットのガイド線である)

Fig. 5. Heat conductivity of REMCO as a function of temperature. Curves are guide lines for each material.

表2 Wiedeman-Franz 則から見積もった電子熱伝導率

Table 2. Heat conductivity of electron estimated from Wiedeman-Franz's law.

x		~ 350 K		~ 700 K	
		κ_e [W/mK]	κ_e/κ [%]	κ_e [W/mK]	κ_e/κ [%]
LSCO	0.02	0.046	1.4	0.054	1.9
	0.05	0.110	3.8	0.133	5.2
SCCO	0.05	0.013	0.3	0.125	3.1
	0.10	0.094	3.1	0.476	27.2

置換量増加、温度上昇によってキャリア密度が増えるために κ_e も大きくなる傾向が見て取れる。しかし、700 K における $x=0.10$ の SCCO を除けば、 κ_l に対する κ_e の割合は数パーセント程度と、本実験の測定条件下では格子熱伝導が主であることがわかる。従って、置換量の増加によるフォノン散乱点の増加は、熱伝導率の低減に有効であるといえる。こ

図6 REMCO における無次元性能指数の温度依存性
(図中の曲線はガイド線である)

Fig. 6. Dimensionless figure of merit of REMCO as a function of temperature (Curves are guide lines for each material).

ここで SCCO に注目すると、LSCO に比べて温度に対する κ_c の変化が大きく、700 K における κ_c の割合は 350 K の約 10 倍になっていることがわかる。これは、温度上昇に伴ってキャリアが注入され、AFI の束縛状態から解放されて金属状態に転移したためと考えられる。つまり、特に高温において、キャリアが多い場合にはキャリアによる熱の輸送が大幅に増大し熱伝導率が増加する可能性がある。従って、キャリアドーピングに寄与しない元素をできるだけ多く添加することが出来れば、さらに熱伝導率が小さくなると推測される。また、これは LSCO に対しても有効である。

図6に LSCO 及び SCCO における無次元性能指数 ZT の温度変化を示す。図には、比較のために Ce 置換していない Sm_2CuO_4 ($\text{Sm}214$) の ZT もプロットしている。図から、SCCO に関しては、キャリア密度の最適化や置換元素による熱伝導率の低減のために ZT が向上し、370 K で $ZT=1.6 \times 10^{-3}$ を示した。また、LSCO は、SCCO よりも高い ZT を示し、370 K において $ZT=3.5 \times 10^{-2}$ であった。ここで、LSCO 及び SCCO の両方が室温付近の温度領域で特性の極大値を示すことに注目すると、REMCO が低温領域での熱電発電素子材料として適している材料であると言える。また、p, n 型共に同様の結晶構造、作製条件や物性を持つことから、熱電変換モジュール作製の効率化が可能となり、低温動作熱電変換モジュールの実用化を加速することが期待される。

4. まとめ

本研究では、REMCO 系材料の熱電変換性能向上を目指し、p 型材料として $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 、そして n 型材料として $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ を用いてキャリア密度制御を行い、熱電特性に与える影響についての検討を行った。その結果、p, n 型両方において、キャリアドーピング元素の置換量 x が 0.02 の時に最大の出力因子を示し、その値は、LSCO では $4.9 \times 10^{-4} \text{ W/mK}^2 @ 340 \text{ K}$ 、SCCO では $5.2 \times 10^{-5} \text{ W/mK}^2 @ 470 \text{ K}$ であっ

た。また、熱伝導率を測定した結果、置換量が多いほど熱伝導率が低減される傾向が得られた。しかし、キャリアが多い場合には、キャリアによる熱輸送のために熱伝導率が大きくなる可能性があるため、キャリアドーピングに寄与しない元素の比較的多量の添加で、熱伝導率はさらに低減可能であると考えられる。次に、無次元性能指数 ZT を評価したところ、370 K において LSCO は $ZT=3.5 \times 10^{-2}$ 、SCCO は 1.6×10^{-3} を示した。以上から、REMCO 室温に近い低温領域で熱電特性が極大値を示すため、低温領域での熱電発電素子材料として適している材料であると言える。

(平成 18 年 7 月 14 日受付, 平成 18 年 12 月 18 日再受付)

文 献

- (1) I. Terasaki, Y. Sasago, and K. Uchinokura : "Large thermoelectric power in NaCo_2O_4 single crystals", *Phys. Rev. B*, Vol.56, No.20, p.12685 (1997)
- (2) R. Funahashi, I. Matsubara, H. Ikuta, T. Takeuchi, U. Mizutani, and S. Sodeoka : "An Oxide Single Cristal with High Thermoelectric Performance in Air", *Jpn. J. App. Phys.*, Vol.39, No.11B, p.L1127 (2000)
- (3) M. Ohtaki, T. Tsubota, K. Eguchi, and H. Arai : "High-temperature thermoelectric properties of $(\text{Zn}_{2-x}\text{Al}_x)\text{O}$ ", *J. Appl. Phys.*, Vol.79, p.1816 (1996)
- (4) 十倉好紀 : 「n 型高温超伝導体」, 日本物理学誌, Vol.45, p.901 (1990)
- (5) S. Uji, H. Aoki, and T. Matsumoto : "Transport and Magnetic Properties of Nd-Ce-Cu Oxides", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.28, p.L563 (1989)
- (6) M. E. Lopez-Morales, R. J. Savoy, and M. Grant : "Compositional Properties and Thermoelectric power of the Superconducting Ceramics $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-y}$ ", *Solid State Commun.*, Vol.71, p.1079 (1989)
- (7) Z. S. Lim, K. H. Han, Sung-Ik Lee, Yoon H. Jeong, S. H. Salk, Y. S. Song, and Y. W. Park : "Thermoelectric power of $\text{Nd}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_{4-y}$ and $\text{Pr}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_{4-y}$ ", *Phys. Rev. B*, Vol.40, p.7310 (1989)

一 野 祐 亮

(非会員) 1975 年 7 月生。2000 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年 4 月シャープ (株) 入社。2004 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。現在、同大学工学研究科助手。主として機能性酸化物薄膜の結晶成長および機能性向上に関する研究に従事。応用物理学会、低温工学協会会員。博士 (工学)。

野々山 公 亮

(非会員) 1981 年 12 月生まれ。2006 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻博士前期課程修了。2006 年 4 月～中部電力 (株) 勤務。応用物理学会会員。

貝 川 真悠朋

(非会員) 1983 年 2 月生まれ。2005 年 3 月愛知工業大学工学部電子工学科卒業。2005 年 4 月東海電装 (株) 勤務。

高 木 淳

(非会員) 1961 年 10 月生まれ。1987 年名古屋大学大学院博士前期課程工学研究科修了。同年豊田自動織機製作所入社。1998 年名古屋大学大学院博士後期課程工学研究科修了。同年愛知工業大学講師を経て、現在基礎教育センター助教授。物理教育とともに酸化物超伝導材料、酸化物熱電変換材料の研究に従事。応用物理学会会員。工学博士。

吉 田 隆

(非会員) 1965 年 2 月生まれ。1998 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。(株)日立製作所、日立研究所((財)国際超電導産業技術センター、超電導工学研究所出向含む)、1999 年から名古屋大学助手を経て、現在工学研究科助教授。主に超伝導薄膜を含む酸化物系機能性薄膜の研究に従事。低温工学協会、応用物理学会。工学博士。

高 井 吉 明

(正会員) 1949 年 3 月生。1971 年 3 月名古屋大学工学部電気工学科卒業。同大学院修士課程を経て、1976 年 3 月同博士課程修了。同年 4 月名古屋大学工学部電気工学科助手、現在同大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻教授。工学博士。主として、高温超伝導材料、薄膜プロセス、機能性セラミック材料等の研究に従事。応用物理学会、電子情報通信学会、高分子学会会員。