酸素原料オゾナイザの電極表面の錆がオゾン発生に及ぼす影響

正 員 田中 正明* 非会員 小川 周治**
 正 員 和田 昇* 正 員 吉安 一*
 正 員 八木 重典*

Influence of Rust on Electrodes of Oxygen-fed Ozonizer to Ozone Generation

Masaaki Tanaka*, Member, Shuji Ogawa**, Non-member, Noboru Wada*, Member,
 Hajimu Yoshiyasu*, Member, Shigenori Yagi*, Member

The rust is generated on a metal electrode when the oxygen-fed ozonizer with a short gap is driven in a high discharge density. The ozonizer consists of a metal electrode and glass one, and the rust on a metal electrode disperses to a glass electrode. We found that the ozone yield efficiency improves about 20% in some condition when the rust adheres on the glass electrode. The rust is the oxidized chemical compounds of Fe, Ni, Cr, Mo which are a materials of a metal electrode(SUS304). We examined the characteristics of ozone generation using the glass electrode painting various kinds of the oxidized chemical compounds including above materials. As a result, the same characteristic in case of generation of rust is obtained when CrO_3 is painted. We conclude that the change of characteristics is caused by the Cr in the rust.

キーワード：オゾン，オゾナイザ，無声放電，電極，錆，酸素原料

Keywords：ozone, ozonizer, silent discharge, electrode, rust, oxygen-fed

1. まえがき

酸素原料の無声放電式オゾナイザのオゾン発生特性やその生成機構については、著者らは既に幾つか報告しているが⁽¹⁾⁽²⁾、これらの実験の過程で興味ある現象を見いだしていた。それは実験の前に放電電極の表面を清浄にしておく、放電の時間経過とともに金属電極の放電面に錆が析出してゆき、これに伴いオゾン収率が変化し、やがて一定の値に落ち着くと言う現象である。酸素原料オゾナイザでは電極から錆が析出すると、清浄な場合に比べて条件によってはオゾン収率が20%近くも向上する。従来では一般的にはオゾナイザの電極は清浄なものが良いとされてきたが、この現象はその逆をゆくものであり、オゾン生成機構の究明の見地からだけでなく、実用的な面からも興味深い現象である。

ところで、この様な現象は従来良く研究されていたオゾ

ナイザの放電条件の放電ギャップ長が2～3mm程度、かつ放電密度（単位電極面積あたりの放電電力） 0.2watt/cm^2 前後では明確には見られない。著者らが研究の対象にしているのはオゾナイザの大容量・コンパクト化を目指したもので、従来のものに比べて、放電ギャップ長は半分以下、放電密度が一桁近く高いオゾナイザであり、かつ酸素原料であるためにこの現象が顕著に現れたものである。

電極表面状態とオゾン発生に関しては化合物を電極に添付してオゾン発生を調べた報告はあるが⁽³⁾⁽⁴⁾、電極表面に析出する錆とオゾン収率の関係を体系的に調べた報告は見あたらない。最近では空気原料に代わり酸素原料オゾナイザが多く使われるようになり、また短ギャップ化してきている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。従って、この現象を詳細に調べてその原因を究明することは、オゾン発生特性の実験方法の知見を提供すると言う実用的な観点からも意義深い。

本論文は、電極表面の錆とオゾン収率の変化を広範囲の条件で実験的に調べてその現象と原因を明らかにし、また実用的な観点からオゾン収率が向上するオゾナイザの動作条件についても示している。

2. 実 験

図1は実験に使用した両電極冷却型円筒のオゾナイザの

* 三菱電機(株) 先端技術総合研究所
 〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1
 Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

8-1-1, Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, 661-8661
 ** 三菱電機(株) 中部支社
 〒450-8552 名古屋市中村区名駅 3-28-12
 Chubu Branch office, Mitsubishi Electric Corporation
 3-28-12, Meieki, Nakamura-ku, Nagoya, 450-8552

小型実験モデルである。ガラス電極は外径が 51.2mm、放電有効長 100mm のホウケイ酸ガラスで、金属電極は不銹鋼（材質；SUS304）である。両電極とも温度 $T_w=0^{\circ}\text{C}$ の 20% のエチレングリコール水溶液により水冷されている。冷却水はイオン交換樹脂により抵抗率が $5\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上に保たれている。放電ギャップ長 d はガラス電極の外径を一定とし、金属電極の内径を変化させて $d=0.5, 1.2, 1.9, 2.6\text{mm}$ の 4 通りに変化した。

本文中で清浄な電極と称しているのは、ガラス電極の場合、表面を王水（塩酸と硝酸の混合液）で洗浄し、また金属電極の場合は酸化ニッケルの微粉末で研磨し、その後蒸留水で十分に洗浄したものである。

実験のフローを図 2 に示す。原料酸素は純度 99.6% の市販の酸素ポンプを用いて吸着式ガス乾燥機で露点を -60°C にして使用した。実験を通じてオゾナイザでの原料ガスの圧力 P は大気圧 (0.1MPa) 一定である。

オゾン濃度は KI 滴定法で校正した紫外線吸収式オゾンモニターで測定した。電源は周波数が $0.65\sim 3\text{kHz}$ の正弦波を発生するインバータを使用し、オゾナイザに投入する放電電力の制御は周波数と電圧を変化させて行った。放電電力は電圧 V と電荷（電流積分） Q の VQ リサージュ図形の面積から求めた。

図 1 オゾナイザの構造
Fig. 1. Structure of ozonizer.

図 2 実験のフロー図
Fig. 2. Flow diagram of experiment.

3. 実験結果と検討

〈3・1〉 オゾン発生特性の変化 酸素を原料気体として清浄な電極のオゾナイザを放電させていると、放電電力 W が一定でもオゾン発生量 Y_{O_3} が変化してゆき、やがて一定の値に落ち着く。この変化は放電ギャップ長 d が小さいほど、また放電密度 W/S (S は電極面積) が大きいほど早い。例えば $W/S=2\text{watt}/\text{cm}^2$ で $d=2.6\text{mm}$ の条件では約 40 時間放電させてもオゾン発生特性の変化は見られなかったが、 $d=0.5\text{mm}$ では数十分でオゾン発生量の変化が明確に検知でき、10~15 時間でその変化は落ち着き一定の特性になる。

図 3 に一例として $d=1.2\text{mm}$ のオゾナイザについて清浄な場合（破線で示すグラフ）と、約 30 時間放電させてオゾン発生量の変化が無くなった場合（実線で示すグラフ）のオゾン発生特性を比較したものを示す。図より、両者のオゾン発生特性は相当に異なっており、20% 近くオゾン発生量が向上している条件もある事が分かる。

ところで、この様にオゾン発生量が変化したときには、電極には必ず褐色の錆が発生していることを実験を通じて見いだしている。錆はギャップ長 d が小さいほど、また放電密度 W/S が大きいほど速やかに現れ、前述のオゾン発生の変化の早さに対応している。 $d=2.6\text{mm}$ では約 40 時間放電を行わせても目視的には錆は全く発生しなかった。

また金属電極の材質を腐食耐性の強い不銹鋼 SUS306, SUS316 で製作して同様の実験を行ったが、錆の発生状況

図 3 電極が清浄な場合と錆が付着した場合のオゾン発生特性の比較

Fig. 3. Comparison of ozone generation in clean electrode and electrode with rust.

は SUS304 の材質の場合と全く同様であった。錆は放電面以外には発生していなく、オゾンや酸素による腐食とは異なる。後に示すが錆の褐色の成分は不銹鋼の成分の酸化物である。

放電に暴露する電極面では電子やイオンが衝突している。これらの粒子のエネルギーはギャップ長が短いほど大きいので⁽⁷⁾、放電ギャップが短いほど不銹鋼表面の不動態膜が破壊されやすく、且つ酸素原子やオゾンなどの酸化力の強いガスが存在しているため不銹鋼の金属電極の放電面にのみに錆が発生するものと考えられる。

錆は褐色の微粉末状（ココアパウダー状）のもので、後に明らかにする様に金属電極（SUS304）から発生したものであるが錆は飛散して、これに対向して設置されているガラス電極にも付着しており、ガラス電極は淡い褐色を呈している。錆はガラス表面が透けて見える程度の付着である。付着の様子は実験機による数百時間のオーダの実験や、製品として納入し数年運転したオゾナイザの電極でも、目視的には大差はなく錆が厚く堆積してゆく事は無い。これは錆がある程度金属電極を覆うと、錆自体が保護皮膜のように働き、放電が金属電極に直接暴露なくなり、錆はそれ以上発生・進展しないからと推察される。

図4 錆付着のガラス電極を清浄な金属電極に挿入した場合のオゾン発生特性

Fig. 4. Characteristics of ozone generation when glass electrode with rust is inserted in ozonizer.

次に錆がオゾン発生に影響を与えていることを確認し、さらにガラス電極、金属電極のいずれの電極に付着する錆がオゾン発生に影響を与えているのかを調べるために、図3の実線で示す特性が得られたオゾナイザ、すなわちガラス及び金属電極の両方に錆が付着した状態のオゾナイザを使って次のような実験を行った。

- (i) ガラスおよび金属電極の両方を清浄にする。
- (ii) ガラス電極のみ清浄にする（金属電極には錆が付着したまま）。
- (iii) 金属電極のみ清浄にする（ガラス電極には錆が付着したまま）。

上の様な操作の後、オゾン発生特性を調べると、(i)、(ii)は図3の破線で示す清浄な電極の特性と一致し、(iii)は図3の実線で示す両電極に錆が付着した特性と一致する結果が得られた。

さらに次のような実験も行った。d=2.6mm のオゾナイザの場合には、前述したように40時間放電させても錆は発生せず、オゾン発生特性も変化しない。そこで図3の実線で示すオゾン発生特性が得られたオゾナイザのガラス電極（錆が付着）を抜きとって、ギャップ長d=2.6mmに対応する清浄な状態の金属電極に挿入し、オゾン発生特性を調べた。その結果を図4に示すがd=2.6mmの清浄な電極の場合のオゾン発生特性とは異なった特性が得られた。このことからガラス電極に付着する錆がオゾン発生に影響を与えていることが確認された。尚、放電は10時間程度行わせているが図4の実線で示すオゾン発生特性は安定していた。

以上の実験結果から、オゾン発生の変化は電極から析出する錆に起因している事が確認され、さらに金属電極上の錆は無関係で、ガラス電極に付着する錆がその原因であることが明確になった。

〈3・2〉 放電の状態の変化 例えば図3, 図4グラフでガス流量Qが大きく、且つ放電電力Wがゼロに近づくとき（オゾン濃度が低い領域）のグラフの傾きは最大オゾン収率 η_{max} を表す⁽⁸⁾。図5はギャップ長dと η_{max} の関係を実験から求めたものである。ただし前述したようにd=0.5mmでは錆の析出速度が早く、実験中にオゾン発生が変化するため、d=0.5mmの清浄な状態のデータは取得できない。

図5 最大オゾン収率

Fig. 5. Maximum ozone yield efficiency.

図6 リサージュ図形
Fig. 6. Lissajous' figure.

図5から、 $\eta_{\max}$ は錆が付着した方が常に大きくなっている。良く知られているように、オゾン濃度の小さい領域でのオゾン収率、即ち最大オゾン収率 $\eta_{\max}$ は放電空間の温度には無関係であり、“放電”の状態“によってのみ決まる⁽²⁾⁽⁸⁾。よって電極に錆が付着すると $\eta_{\max}$ が向上するのは放電の状態が変化していることを表している。

またこの他に、錆が付着すると電圧 V と電荷 Q （電流積分）の VQ リサージュ図形の放電期間に相当する部分の動揺（ギザギザ）の大きさが図6の様に变化する現象が観測される。図より放電期間に相当するリサージュ図形の動揺の様子は、金属電極がマイナスの極性（ガラスがプラス）のときは電極が清浄、錆付着の場合とも大きな変化は無いが、ガラス電極がマイナスの極性の場合には、錆が付着すると動揺は大きくなっており、ガラス電極からの電子放出に変化が生じていることを示唆している。これは金属電極の錆は無関係でガラス電極に錆が付着するとオゾン発生が変化するという現象と対応している。

以上、錆が付着すると何らかの放電の変化が起きていることを表している。

ところでリサージュ図形の電荷がゼロの電圧軸を横切る幅の大きさの1/2の値が放電ギャップの平均的（マクロ的）な放電維持電圧 V^* であり⁽⁷⁾⁽⁹⁾、平均的な換算電界強度 $Td = V^*/Pd$ である。著者らは Td とオゾン収率 $\eta_{\max}$ の関係を求めた報告をしており⁽⁸⁾、本実験範囲ではギャップ長 d が小さくなると Td は大きくなり、これに伴い $\eta_{\max}$ は増加する。しかし、実験では電極が清浄な場合と錆が付着した場合の V^* は同じ、すなわちマクロ的に見た平均的な換算電界強度 Td の変化は無いので、無声放電の放電形成過程や放電中の電界分布などミクロ的な現象の変化が関係しているのかもしれない。

以上、金属電極の錆は無関係でガラス電極上の錆のみが原因であることから、錆の成分が単独でオゾン生成反応に対して、触媒的な作用を及ぼしているとは考え難く、錆の付着による放電状態のミクロ的な変化が考えられるが、詳細な検討は課題として残される。

〈3・3〉 オゾン収率向上の条件 図7は錆が付着した場合と清浄な場合のオゾン発生特性の差を広範囲の条件に渡って調べた結果である。図は先に示した図3,4のような放電電力とオゾン発生量のグラフを、 W/Q_N （ Q_N ：酸素流量、 L/min ）とオゾン濃度 C_{O_3} の関係に再整理して⁽¹⁰⁾、放電密

図7 ギャップ長、放電密度の影響

Fig. 7. Influence of gap length and discharge density.

度 W/S をパラメータとして示したものである。このグラフは W/S を一定としたグラフに再整理されているので、同じ放電ギャップでは同じ放電空間の温度でのオゾン発生特性を示している事になりオゾン発生の現象を把握しやすい。図中にオゾン収率 η （ $C_{O_3} \times Q_N / W$ ）の読取線を示す。

図7より、 W/S が 0.8 watt/cm^2 では d や C_{O_3} によらず常に錆が付着した方がオゾン収率は良くなっているが、 W/S が 2.0 では、ある C_{O_3} の値でオゾン収率 η は逆転する。この逆転する所の C_{O_3} の値はギャップ長 d が小さいほど大きく、また図には詳しくは示していないが W/S が小さいほど大きくなっている。これらから、酸素原料オゾナイザでは錆の付着に関しては、短ギャップにするほど大きな W/S までオゾン収率の増加が見込めることになり、この現象を積極的に取り入れてオゾナイザの設計を行うことでより高効

率で最適なオゾンナイザが実現できる。

次にこの現象を考察する。前述したようにオゾン濃度 C_{O_3} が低い領域、すなわち η_{max} は “放電の状態” のみによって決まり、錆が付着すると “放電の状態” がオゾン発生に好ましい状態になる。一方オゾン濃度が高い領域では、それに加えてオゾンの反応空間の温度の影響が出てきて、温度が高くなるとオゾン収率 η は下がる⁽²⁾⁽⁸⁾。

同一ギャップ長で同じ W/S であれば放電空間の平均的な温度は同じであるが⁽¹⁰⁾、図 7 が示すように W/S が 2.0 では錆が付着したほうがオゾン収率は低下する領域もある。これは反応空間の温度は高くなっているのと等価の特性を示していることになり、放電空間の平均的な温度で無く、オゾンが生成される一本の放電中のミクロな領域での温度が高くなっている可能性もある。

結局、先の〈3・2〉節で示したオゾン濃度の低い領域での η_{max} の現象と同様に、オゾン濃度の高い領域でも錆が付着したことによる放電のミクロな現象の変化を考える必要があると思われるが、検討は今後の課題として残される。

〈3・4〉 オゾン発生に影響を与える錆の成分 錆の中に含まれる何の成分がオゾン発生に影響を与えているのかを調べるために実験を行った。電極に付着している錆を採取して、赤外分光法によって分析した結果、金属電極（不銹鋼；SUS304）の成分である Fe, Cr, Ni, Mo の酸化物の

みが検出された。そこでこれらの物質の酸化化合物を純水で溶いて、清浄なガラス電極に塗布してオゾン発生特性を調べた（金属電極は清浄）。塗布材料を表 1 に示す。実験に使用した塗布材料の種類の選定は特に物理的な意味は無く、不銹鋼の成分の化合物で身近に入手できたものを使用した。

表 1 の材料でギャップ長 $d = 1.2\text{mm}$ のオゾンナイザを使ったオゾン発生特性の実験結果をまとめると次のようである。

- (ア) CrO_3 と $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ を塗布した場合にはオゾン発生は錆が電極に付着した場合とほぼ同一となった。
- (イ) $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$ と $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を塗布した場合には清浄な場合と錆が付着した場合との中間的な特性になった。
- (ウ) その他の化合物を塗布した場合は清浄な場合とほぼ同じであった。

この中で一例として顕著な効果のあった CrO_3 を添付した場合のオゾン発生特性を図 8 に示す。 CrO_3 はガラス電極が淡い黄色になる程度に塗布した。図中の破線のグラフはガラス電極が清浄な状態、実線はガラス管に錆が付着したときの特性であり、先の図 3 のガス流量 $Q=20$ および $5\text{ L}_N/\text{min}$ のグラフを抜き出したものである。図中には CrO_3 を塗布したときの実験値のプロットのみをのせている。実験は 3 回行っており、各々 #1, #2, #3 としている。長時間放電による金属電極からの錆の発生による影響を除くため、 CrO_3 塗布のガラス管挿入後、1 時間程度放電した後にオゾン発生実験のデータを取得した。図 8 より、 CrO_3 を塗布した時のオゾン発生は、実線で示す特性に近い値になっており、 CrO_3 を塗布することでも放電で錆が付着した場合のオゾン発生とほぼ同等の変化が再現できることが分かった。

尚、これらの実験で上の(ア)の CrO_3 , $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 塗布の場合のリサージュ図形は先に示した図 6 と同じようにガラス電極がマイナスの極性の放電期間で動揺が大きくなり、放電の様相も錆が付着したときと類似したものになっている

図 8 CrO_3 をガラス電極に塗布した場合のオゾン発生特性

Fig. 8. Characteristics of ozone generation using glass electrode of CrO_3 painting.

表 1 ガラス電極に塗布した材料

Table 1. Materials painted on glass electrode.

Painting materials
CrO_3
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
$(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$
Cr_2O_3
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
FeO_3
Fe_3O_3
NiO
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$

と推察される。

以上の結果から、金属電極の成分である Cr や Mo の化合物がオゾン発生に影響を与えている原因の一つであることが明らかになった。

4. むすび

酸素原料オゾナイザで金属電極から発生する錆がオゾン発生に与える影響について調べた結果、次のことが明らかになった。

(1) ギャップ長が短いほど、また放電密度が大きいほど錆の析出速度は早く、それに伴いオゾン発生特性は変化してゆきやがて一定の値に落ち着く。この変化も金属電極に発生した錆が飛散してガラス電極に付着することが原因であり金属電極上の錆は関係していない。

(2) ギャップ長 d 、放電電力密度 W/S が小さいほど、錆が付着した場合にオゾン収率は向上し、20% 近くオゾン収率が向上する条件も存在する。

(3) CrO_3 や $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ をガラス電極に塗布すると、錆が電極に付着した場合のオゾン発生とほぼ同一となり、金属電極から発生する錆の成分である Cr がオゾン発生に最も関係している。

以上、酸素原料オゾナイザの実験によるオゾン発生特性の取得方法に対して一つの知見が得られた。最近では酸素原料でオゾンの高濃度化、システムの小型化のためオゾナイザは短ギャップ化、高放電密度化してきており、本論文の知見は実用的にも役立つものと考えられる。

(平成 17 年 2 月 25 日受付, 平成 17 年 5 月 18 日再受付)

文 献

- (1) N. Tabata, M. Tanaka, and S. Yagi: "The Characteristics of Ozone Generation from Oxygen by Silent Discharge Ozonizer", *T.IEE Japan*, Vol.97-B, No.2, pp.100-106 (1977-2) (in Japanese)
田畑則一・田中正明・八木重典:「無声放電式オゾナイザの酸素原料オゾン発生特性」電学論 B, 97, 2, pp.100-106 (1977)
- (2) 田畑則一・田中正明:「オゾナイザの諸特性」, 静電学誌, Vol.7, No.3, pp.150-158 (1983)
- (3) 森川 茂・高橋一正・栗田 学:「無声放電によるオゾン収率に対する放電電極上への金属酸化物の塗布効果」, 日本化学誌, No.6, p.711 (1979)
- (4) 近藤芳孝・梶田省吾・後田澄夫:「ハニカム担体を用いたオゾナイザ」, 鹿島学術振興財団研究報告書 (環境浄化および水資源有効利用への放電・プラズマの利用に関する研究), p.17 (1986)
- (5) H. Ishioka, M. Toraguchi, H. Nishii, and C. Yamabe: "High Concentration Ozone Generation by Micro Gap Silent Discharge", *T.IEE Japan*, Vol.122-A, No.4, pp.378-383 (2002-4) (in Japanese)
石岡久道・虎口 信・西井秀明・山部長兵衛:「マイクロギャップ無声放電による高濃度オゾン生成」, 電学論 A, 122, 4, pp.378-383 (2002-4)
- (6) K. Ohta, N. Wada, and M. Kuzumoto: "Characteristics of Ozone Generation by Both Electrodes Cooling Ozone Generator", *T.IEE Japan*, Vol.120-A, No.6, pp.695-700 (2000-6) (in Japanese)
大田幸治・和田 昇・葛本昌樹:「極短ギャップ両面冷却オゾン発生器によるオゾン発生特性」, 電学論 A, 120, No.6, pp.695-700 (2000)
- (7) M. Tanaka and N. Tabata: "Characteristics of Maintenance Voltage in Silent Discharge", *T.IEE Japan*, Vol.105-A, No.9, pp.495-502 (1985-9) (in Japanese)

田中正明・田畑則一:「無声放電の放電維持電圧の特性」, 電学論 A, 105, 9, pp.495-502 (1985)

- (8) M. Tanaka and T. Tamida: "Muximum Ozone Yield Efficiency of Silent Discharge Ozonizer", The Paper of Technical Meeting on Electrical Discharge, IEE Japan, ED-03-152, pp.67-70 (2003) (in Japanese)
田中正明・民田太一郎:「無声放電式オゾナイザの最大オゾン収率」, 電気学会放電研資, ED-03-152, pp.67-70 (2003)
- (9) M. Tanaka, T. Tamida, and S. Yagi: "Silent Discharge Characteristics of Ozonizer, CO2 Laser and PDP", XIII International Conference on Gas Discharges and their Applications, No.1, pp.311-314 (2000)
- (10) 田中正明・民田太一郎:「オゾン生成のパラメータ W/Q」第 10 回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, pp.43-46 (2000)

田 中 正 明

(正員) 1948 年 8 月 25 日生。1974 年 3 月同志社大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。1974 年 4 月三菱電機㈱入社。以来、中央研究所、応用機器研究所、生産技術研究所、先端技術総合研究所で大容量オゾナイザシステム、イオンビーム薄膜形成装置、各種大出力レーザ、プラズマディスプレイ、など主として放電応用の研究開発および研究企画・管理に従事。工学博士 (名古屋大学)。放電学会、レーザ学会会員。

小 川 周 治

(非会員) 1954 年 09 月 14 日生。1973 年 3 月大阪府立和泉工業高等学校電気科卒業。同年 4 月三菱電機(株)入社、中央研究所、応用機器研究所でオゾン発生装置、炭酸ガスレーザ発振器の研究開発に従事。1985 年同名古屋製作所にて炭酸ガスレーザ加工機の製品化、設計に従事。現在、同中部支社勤務。

和 田 昇

(正員) 1970 年 7 月 23 日生。1994 年名古屋大学工学部電子工学科卒業。1996 年同大学修士課程 (電気工学専攻) 修了。同年三菱電機(株)入社、先端技術総合研究所にて、主としてオゾン発生技術に関する研究に従事。

吉 安 一

(正員) 1948 年 1 月 22 日生。1972 年 3 月東京大学大学院電子工学科修士課程修了。1974 年三菱電機(株)入社。高圧アーク遮断機、光デバイス、高電圧絶縁材料、リチウムイオンポリマー二次電池、瞬低補償装置、固体高分子型燃料電池の開発に従事。現在、先端技術総合研究所技師長。工学博士 (東京大学)。

八 木 重 典

(正員) 1972 年、東京大学大学院電気工学修士課程修了。1972 年三菱電機(株)入社、中央研究所を経て応用機器研究所、先端技術総合研究所で放電応用機器、高出力レーザの開発に従事。工学博士 (東京大学)。現在、開発本部役員技監、レーザ学会理事。