ローレンツ力駆動による放電スイッチとその特性

正員 井 上 訓一 (指月電機)

正員 長谷川 三雄 (国士舘大学)

正員 上 埜 勲 黄 (東京大学大学院)

Discharge Switch Driving by Lorentz Force
and Its Characteristics

Kunikazu Inoue (Shizuki Electric Co., Inc.)

Mitsuo Hasegawa (Kokushikan University)

Isao Ueno (University of Tokyo)

Our newly developed "Rotary-Arc mode Discharge Switch" have featured longer life expectancy and lower inductance-wise by extremely minimizing the insulation deterioration and consumable main electrode through installation of permanent magnet, simplified construction and careful attention on the demagnetization. Resultantly, highly efficient and larger capacitive discharge switch have been available at such economical cost.

In addition, by having derived an experimental formula for the driving speed of the arc, the required design parameters of the discharge switch have been determined, and then it has been well noted that any affections of electro-magnetic Lorentz force toward the starting characteristics have been negligible small.

All these have made it possible to materialize such discharge switch which will satisfy the required conditions.

キーワード：パルスパワー、ロータリーアーク放電スイッチ、ローレンツ力、アーク駆動速度、低インダクタンス化、単器大通電容量化

1. はじめに

核融合研究の進展に伴い、プラズマの長時間保持用と、その容器の放電洗浄用、並びに、誘導性エネルギー蓄積方式を用いた様々な形式の装置用⁽¹⁾ 電源に対しては、低速放電用大通電容量ギャップスイッチの開発が必要とされている。蓄積されたエネルギーを急速に負荷へ供給するパルスパワーシステムに於いて、投入スイッチ、転送スイッチ、並びに、遮断スイッチの特性が、システム全体におよぼす影響は極めて大きく、それらのスイッチの高速性、実用性、容量性等に関する性能の改善が絶えず要求される。

従来の放電ギャップスイッチは、アーク路が固定され、

主電極の偏消耗が著しく、大通電容量スイッチとしての寿命を延ばすためのアーク駆動源として、コイルを用いる方式等が採用されてきたが、これによりコイルの通電容量、電磁機械力等の制約を受け、構造が複雑化するとともに、インダクタンスの増大は免れなかった。

著者等はこれらの問題点の一部を解決すべく、永久磁石駆動方式によるロータリーアーク放電を活用した、長寿命でかつ極めて構造の簡単なスイッチを開発し、これを誘導性エネルギー蓄積電源用の低速放電単器大通電容量(60 kJ、400 kA)の放電始動、並びに、転送用として、特にプラズマフォーカス用電源に活用⁽²⁾ してきているので、このスイッチ自体の着想とその性能については報告を

してきている^{(3)~(14)}。

本論文はこの方式のスイッチ、ロータリーアーク放電スイッチのさらなる活用と応用開発、例えば、本スイッチの電鉄変電所用直列コンデンサの過電圧保護装置等への適用に対して、その基本特性を調査したので報告する。

2. 放電スイッチに要求される条件

(1) 始動特性の安定性

放電スイッチは、負荷の条件に合わせて、高速タイムシーケンス制御を要求される場合が多く、始動指令に対する始動遅れ、および、始動バラツキ等の始動特性は $nsec$ のオーダーであるため、その安定性が要求される。

(2) 電極表面の損傷抑制

放電スイッチは主電極間の絶縁破壊電圧以下の電圧で充電し、始動指令をトリガ電圧で印加して、主電極間の絶縁破壊を高速で導き、始動する方式が一般的である。

従って、放電回数の増加とともに電極表面の損傷が激しい場合は、絶縁破壊電圧が低下し、トリガ電圧を印加する前に不要動作を生じたり、始動特性が劣化して安定した制御が不可能になるため、電極表面の損傷を極力抑制することが要求される。

(3) 主電極間絶縁物の劣化抑制

アークによる主電極間絶縁物の絶縁劣化を抑制するために、主電極間のアークを主電極間の対向空間内に閉じ込めることが要求される。

(4) その他の条件

エネルギーの転送効率を高めるための低インダクタンス化の他、単器大通電容量化、長寿命化、メンテナンスフリー化が要求される。

3. スwitchの構造とその動作原理

〈3・1〉 構造 図1 (a) はロータリーアーク放電スイッチの構造を示しており、図1 (b) はA-A'線分で切断したトロイダル形状主電極の断面を示す。主電極1と2は内径17mm、外径54mmの黄銅製トロイダル形状で、その間隔は3mmに調整し、トリガ電極は厚さ1mm、直径24mmの端面を半径0.5mmに仕上げた銅タングステン合金 (Cu30%, W70%) を使用した。

トロイダル形状主電極1と2の間には、この電極内に装着した永久磁石4により、放電電流 i_3 と直交する磁束 ϕ が与えられる。永久磁石の減磁防止に対して、永久磁石は電流 i_3 によって生じる磁束と鎖交しないよう主電極に囲まれて配置されている。

本試験に用いたスイッチは、ロータリーアークスイッチの基本特性を測定することを目的として設計しており、主電極のフランジ間を4本の絶縁棒で固定し、気中開放形とした。従って、4章に記述する試験は常温常圧の大気中で行い、放電毎に圧縮乾燥空気等による主電極間の洗浄は行

わない、極めて単純な構造とした。

〈3・2〉 動作原理 ロータリーアーク放電スイッチの動作原理⁽¹⁵⁾ は、主電極内に装着した永久磁石により、アーク路と直交する磁界を作り、この磁界と放電電流との間に働く電磁ローレンツ力でアークを駆動する。アーク路は高速で移動するため、自力消弧性能を持ち、かつ電極消耗が少なく、放電が安定している。

図1 (a) に示すトリガ電極3にパルス電圧が印加され、主電極間が図1 (b) に示すP点で放電を開始すると、 i_3 は ϕ によりFの方向に駆動され、アークは主電極の対向面を回転運動する。

1. 負荷側主電極 2. 電源側主電極
3. トリガ電極 4. 永久磁石 5. 絶縁チエンバー

図1 (a) スwitchの構造
Fig.1(a). The structure of switch.

ϕ : 永久磁石による磁束 P (i3) : アーク位置
F : ローレンツ力

図1 (b) 主電極のA-A'線分断面
Fig.1(b). Sectional plan for A-A' of main electrode.
図1 ロータリーアーク放電スイッチの構造と動作原理
Fig.1 The structure and operating principle for Rotary-Arc discharge switch.

従って、アーク路、並びに、そのスポットは絶えず移動するため、主電極の対向面は均一に消耗し、しかもアークは軌道をそれないため、放電ギャップ空間の絶縁物5に触れることがないので、絶縁劣化が緩和される。

4. 試験

〈4・1〉 主電極間の磁束密度分布 主電極内に装着したトロイダル形状のストロンチウムフェライト永久磁石による、主電極間の磁束密度分布をガウスメータで測定した結果を図2に示す。図中の実線は放電寿命試験前の主電極間の磁束密度分布を示し、破線は5000回の放電寿命試験後の磁束密度分布を示している。図2より、放電寿命試験前と5000回の放電寿命試験後の磁束密度分布には殆ど変化がなく、安定した磁束密度分布を維持していることを検証した。

〈4・2〉 始動特性

(1) 目的

ロータリーアーク放電スイッチは、主電極内に永久磁石を装着して、その電磁ローレンツ力でアークを駆動する。装着した永久磁石に起因して主電極間に発生する磁束が、ロータリーアーク放電スイッチの始動特性に与える影響を調べるため、図3に示す測定回路により、ロータリーアーク放電スイッチの始動特性を測定した。

ク放電スイッチの始動特性を測定した。

(2) 方法

始動遅れと始動バラツキを正確に測定するため、図3に示す測定用ケーブル l_1 と l_2 の長さを等しくし、測定ケーブルのパルス電圧伝搬速度 5 nsec/m による測定誤差をなくす方法を採用した。

始動特性の試験方法は、静電容量 $2.2\text{ }\mu\text{F}$ の電源用コンデンサを用い、トリガ方式として -10 kV のパルス発生器PGを1対2のパルストランスを経て、ディカップリング用コンデンサとして静電容量 6000 pF のセラミックコンデンサを介し、トリガ電極へ印加する電界歪形トリガ方式を採用した。負荷コイルは $300\text{ }\mu\text{H}$ の空心コイル

OSC : オシロスコープ PG : パルス発生器

図3 始動特性の測定回路

Fig. 3. The measurement circuit for starting characteristic.

図2 主電極間の磁束密度分布
(ギャップ間隔: 3mm)

Fig. 2. The magnetic flux density distribution between main electrode.
(Gap space : 3mm)

永久磁石 : あり 過電圧率 : 56 %
主電極間充電電圧 V_c : 5 kV

図4 始動特性の実測例

Fig. 4. The measurement result for starting characteristic.

を使用した。

始動特性の測定は、過電圧率 = (主電極間充電電圧 / 主電極間絶縁破壊電圧) × 100 (%) と主電極間充電電圧 (コンデンサ充電電圧) をパラメータとして、各パラメータに50回の放電試験を行い、一枚のオシログラムに重ね撮りをして、このオシログラムより始動遅れと始動バラツキを読みとる方法を採用した。

(3) 結果

図4のオシログラムは、永久磁石を装着した場合に、過電圧率を5.6%、主電極間充電電圧を5kVとする、始動特性の実測例を示す。永久磁石の装着有無による始動遅れ、始動バラツキ、過電圧率および主電極間充電電圧の関係を図5に示す。

始動遅れの定義は、トリガ電極と何れか一方の主電極間が放電してから、主電極間が放電するまでの時間とし、各パラメータの50回の放電試験の平均値で示した。始動バラツキは、始動遅れの最大値から最小値を差し引いた時間で示した。

〈4・3〉 アーク駆動速度の測定

(1) 目的

試験の目的は、電磁ローレンツ力駆動によるアーク駆動速度 v の実験式を、主電極間の磁束密度 B と放電電流 I の関数として導出し、放電電流に対する主電極のトロイダル直径、および、主電極間の磁束密度の適正な選定を可能にすることである。

図5 永久磁石の装着有無による始動特性

Fig. 5. The starting characteristic for switch equipped with or without permanent magnet.

(2) 方法

アーク駆動速度の測定回路を図6に示す。図中の負荷インダクタンスは80 μ Hを使用した。高速シーケンス制御盤HSSCにより、オシロスコープOSC、放電スイッチGS、イメージコンバータカメラICCを順次トリガし、イメージコンバータカメラによりアークの流し撮りを70 μ sec行い、アーク軌跡よりアークの回転角 θ (rad)

HSSC : 高速シーケンス制御盤
ICC : イメージコンバータカメラ
SH : 同軸シャント

図6 アーク駆動速度の測定回路

Fig. 6. The measurement circuit for arc driving velocity.

θ : アーク回転角 0.66π (rad)
R : アーク回転半径 16mm
 $v = (\theta R) / 70$
 $= 0.47$ (mm/ μ sec)
 $= 470$ (mm/msec)

図7 アーク駆動速度の実測例

Fig. 7. The measurement result for arc driving velocity.

を求め、回転角 θ とアーク回転半径 R より、アーク駆動長を求め、アーク駆動速度の実験式を導出した。

(3) 結果

図7はアーク駆動速度の実測例を示す。図7の上段の写真は、イメージコンバータカメラによる $70\mu\text{sec}$ の流し撮りの写真を示す。その左は同じく同位置よりイメージコンバータカメラでコマ撮りした放電スイッチの主電極部の写真とアーク軌道の模式図を示す。イメージコンバータカメラによる流し撮りの写真は、始動スイッチを投入してから $240\mu\text{sec}$ 後に流し撮りの撮影を開始し、アークの軌跡を $70\mu\text{sec}$ 間流し撮り撮影をした結果である。

図8 放電電流波形とアーク駆動速度の関係

Fig.8. The relation between discharge current waveform and arc driving velocity.

図9 放電電流とアーク駆動速度の関係

Fig.9. The relation between discharge current and arc driving velocity.

流し撮り写真のアークの起点は、アーク軌道の模式図に示す回転角 θ を表す矢印であり、 θ の角度は紙面手前から奥に向かって $70\mu\text{sec}$ で回転したことを示す。

アークの回転運動は横方向から $70\mu\text{sec}$ 間流し撮りをしており、その観測内容は正弦波状アーク軌跡の一部になる。アークの回転角 θ とアークの回転半径 R は、流し撮り写真 $70\mu\text{sec}$ 間の起点と終点で、その手法は主電極写真の電極位置より求めた。従って、アーク駆動速度 v

図10(a) 永久磁石装着
(放電回数: 5000回)

Fig.10(a). There were equipped with permanent magnet.
(discharged: 5000 times)

図10(b) 永久磁石未装着
(放電回数: 1回)

Fig.10(b). There were equipped without permanent magnet.
(discharged: 1 time)

図10 放電繰返し後の黄銅製主電極表面

Fig.10. The surface with main electrode of brass made after repeated discharge.

は、 θR からアークの駆動長を求め、(1)式にアーク撮影の流し撮り時間 $t = 70 \mu\text{sec}$ を入れると求まる。

$$\begin{aligned} v &= (\theta R / t) \quad \dots\dots (1) \\ &= (0.66\pi \times 16) / 70 \\ &= 0.47 \quad (\text{mm} / \mu\text{sec}) \\ &= 470 \quad (\text{mm} / \text{msec}) \end{aligned}$$

この時の放電電流 I は $70 \mu\text{sec}$ 間の平均値として 1.5 kA 、主電極間の磁束密度は図2より、永久磁石の断面中心部(半径 $R = 16 \text{ mm}$)の値を取り 0.52 T である。

図8は同様の方法で求めた放電電流波形とアーク駆動速度(実測値)の関係を示した。さらに、図8には後述する実験式(2)から計算した放電電流とアーク駆動速度(計算値)の関係も示した。

図9は図8のアーク駆動速度(実測値)と放電電流の関係より、それぞれの実測値をグラフにプロットして、アーク駆動速度 V と放電電流 I の関係を示した。本図の実験条件は、電流周期が 1.1 msec で、その電流最大値が 1.1 kA の減衰振動波形の放電駆動電流を用いた。アーク速度は、この駆動電流の第一半周期の期間を、8点の時刻からほぼ $100 \mu\text{sec}$ 刻みに $70 \mu\text{sec}$ 間撮影することから求めている。アークの駆動長は、高速度シーケンスカメラを用いて撮影したアークの軌跡より求めてプロットをしている。従って、この実測値のそれぞれの値は、同一の放電駆動電流が流れている間の、連続した放電電流の中の値であり、大変その意味が重いものと考えられる。

図9の実線は、同図の実測値をプロットし、その値を回帰直線を求める式に代入した、その回帰直線を示す。アーク駆動速度 v は図9の回帰直線からは、磁束密度 $B = 0.52 \text{ T}$ の条件で、 $v = k \times I = 38.3 I$ となる。また、ローレンツ電磁力の関係式は、 $v = k \times I = k_0 \cdot B \times I$ が

成り立つので、 k_0 を求めると、 $k = k_0 \cdot B$ より、 $k_0 = k / B = 38.3 / 0.52 = 73.6$ となる。従って、アーク駆動速度 $v \text{ (mm/msec)}$ の実験式は(2)式となる。

$$v = 73.6 B \times I \quad \dots\dots (2)$$

ここに

B : 磁束密度 (T)

I : 放電電流 (kA)

〈4・4〉 ローレンツ力駆動とその寿命 図1に示すロータリーアーク放電スイッチに於いて、主電極の内径を 17 mm 、外径を 54 mm 、磁束密度を 0.52 T とする仕様で、図6に示す負荷コイルを $300 \mu\text{H}$ とし、主放電回路に最大放電電流 5 kA 、放電電流周期 2 msec 、通電電流量 125 (C/回) の減衰振動電流を流し、 5000 回の放電を繰返した後の黄銅製主電極の表面を図10(a)に示す。

同一条件で永久磁石を装着しない場合は、図10(b)に示すように僅か1回の放電で、主電極の偏消耗が激しく、機能を失ったのに対し、永久磁石を装着した場合の主電極の表面は、図10(a)に示すように均一に消耗しており、所期の性能を十分保持していることを検証した。

更に、銅製主電極の内径を 40 mm 、外径を 150 mm 、ストロンチウムフェライト永久磁石の磁束密度を 3.7 T とするロータリーアーク放電スイッチを製作し、充電エネルギーを 60 kJ 、最大放電電流を $200 \sim 400 \text{ kA}$ 、放電電流周期 $100 \mu\text{sec}$ の減衰振動電流を流し、 800 回の放電を繰返したが、図11に示すように所期の性能を十分保持して稼働しており、ロータリーアーク放電スイッチの単器大通電容量化を可能にした。

〈4・5〉 考察

(1) 放電メカニズムとそのモード

図5に示すトリガ電極 b と電源側主電極 a 、負荷側主電極 e との間の絶縁破壊電圧は、トリガ電極をそれぞれ 5.5 kV 、 8.0 kV となる位置に調整している。一方、図3に示す電源コンデンサ C は負に充電をしているので、電源側主電極は充電中 $-V_c$ の電位となり、負荷側主電極 e は負荷コイルを経て接地されているため、常時アース電位となる。従って、トリガパルスは -10 kV のパルスをパルストランス巻数比1対2で昇圧し、トリガ電圧最大値 -20 kV が負荷側主電極 e とトリガ電極間に印加される。主電極間が放電するメカニズムはトリガ電極の電位が -20 kV に立ち上がる過程で、電源側または負荷側の何れかの主電極に放電し、その火花効果と各ギャップ間の急変する電界を採用している。

本実験では、トリガ電極と主電極間のトリガ放電モードは、 V_c が高い場合はトリガが負荷側主電極 e へ放電するように、トリガ電極と主電極間の絶縁破壊電圧を調整している。トリガ時でのトリガ電極と電源側主電極間に発生する電位差は、主電極 a の電圧 $(-V_c)$ とトリガ電極の電圧 $(-V_T)$ から $|V_T - V_c|$ となる。主電極 e とトリ

図11 800回放電後の銅製主電極表面
(単器大通電容量化)

Fig.11. The surface with main electrode of copper made after repeated discharge of 800 times (Single larger capacitive)

ガ電極間の電位差は、主電極eの電位が0Vであるので、 $|V_T|$ となり、放電はそれぞれの過電圧率の高い方へ先行する。

(2) 始動バラツキ

始動バラツキは、主電極間の充電電圧が2kVより低い領域で減少しているが、始動バラツキは2kVで最も大きい。この時の過電圧率は2つのモードがほぼ等しく、また、始動バラツキは過電圧率が低くなるために大きくなる。主電極間の充電電圧が2kVを下回ると、トリガ放電モードは電源側の主電極が先行する放電モードとなる。従って、トリガ電流は電源側の主電極からコンデンサC、アース経路で負荷コイルL、負荷側の主電極への経路で流れる。そして、電圧発生は急峻なトリガパルス電流に依存して、 $L(d i / d t)$ による電圧が負荷コイルLに誘起される。これにより負荷側の主電極の電位は $+L(d i / d t)$ に昇位され、このプロセスでトリガ電極と負荷側の主電極間に電位差が発生し、始動バラツキは逆に小さくなると考察する。この始動特性は電界歪形トリガ方式の特徴であり、主電極間の過電圧率が4.4%以上の領域で使用すれば、始動特性が安定しており、実用上の支障はなにもなかった。

結果は、並列運転の少ない高電圧大電流低速放電用の始動スイッチとして開発した機能が、始動遅れと始動バラツキの何れもが100ns以下となり、十分満足していることを検証した。そして、永久磁石の装着による磁界が始動特性に与える影響は、本試験の結果よりその有意差のないことも検証できた。

(3) 実験式の導出

実験式(2)は、主電極の材料に黄銅製電極を用い、その主電極間に大気圧の空気を充填する場合には、一般に適用できると推測する。これは条件が変化しても、 $v=k \cdot B \times I$ に於いてkが変化するだけであり、一般式として適用できる。

実験式(2)から明らかなように、放電電流の周期は、アーク駆動速度vへ与える影響がなく、式(2)は周期に関係なく適用できる。但し、周期が短い場合は、放電スイッチの通電容量も小さく、電極損傷も極微となるため、アーク駆動をあえてする必要はない。

実験式(2)の導出は、放電電流I、磁束密度Bおよび放電電流周期から、容易に電流によるアーク駆動長を計算によって求めることが可能になった。その結果、本スイッチ設計仕様へのその具体的な効果は、通電電流の仕様に応じた主電極のトロイダル形状半径の寸法を定量的に決定できる等、その貢献度は大きい。

5. おわりに

著者らが開発したロータリーアーク放電スイッチの特徴は、永久磁石を装着し、その構造を簡単にし、その減磁を配慮し、絶縁劣化や主電極の消耗を極力軽減することにより、長寿命化し、更に低インダクタンス化を容易にした点

にある。その結果、高効率、大通電容量の放電スイッチを廉価に供給し得た。

更に、アーク駆動速度の実験式を導出することにより、放電スイッチの設計上、必要となるパラメータを定量化するとともに、ロータリーアーク放電スイッチの基本特性を調査し、始動特性に与える電磁ローレンツ力の影響は、無視できるという知見を得る等、要求される条件を満足する放電スイッチの具現化を可能にした。

(平成10年3月25日受付、平成10年12月2日再受付)

文 献

- (1) 上野・J. Salge・U. Braunsberger:「誘導性蓄積エネルギー転送用高圧密閉形高速遮断素子の特性と応用」、電学論B、99、頁721-728(昭54-11)
- (2) 上野・田口:「高繰返しプラズマ・フォーカス中性子源-誘導性エネルギー蓄積方式電源の開発-」、東大工核融合炉ブランケット設計基礎実験装置研究成果報告書、頁143-150(昭56-6)
- (3) I. Ueno, et al.: "Production of Repetitive Dense Plasmas in a Focus Device with Inductive Energy Storage", Japanese Journal of Applied Physics, 18, pp.1189-1190(1979-6)
- (4) I. Ueno, et al.: "Neutron Yield in a Repetitive Dense Plasma Focus", Japanese Journal of Applied Physics, 21, pp.L746-L748(1982-12)
- (5) 上野、他:「誘導性エネルギー蓄積方式による高速立上りパルスパワー電源の開発」、電学論B、102、頁116(昭57-2)
- (6) 上野、他:「誘導性エネルギー蓄積方式による波形制御されたパルスパワー電源の開発」、電学論B、102、頁117(昭57-2)
- (7) 田口・上野、他:「誘導性エネルギー蓄積方式による方形波発生用パルスパワー電源の開発」、電学論B、103、頁223(昭58-3)
- (8) 田口・上野、他:「けい砂密閉形高速遮断素子の開発」、電学論B、104、頁196(昭59-3)
- (9) 田口・上野、他:「誘導性エネルギー蓄積パルスパワーシステムの高速遮断素子制御によるパルス整形と形成」、電学論B、105、頁925-932(昭60-11)
- (10) 上野、他:「誘導性蓄積エネルギーによる高繰返しプラズマフォーカスの中性子発生とその比例則」、電学論D、107、頁93-100(昭62-1)
- (11) 田口・上野:「誘導性蓄積エネルギー転送用密閉形高速遮断素子のアーク消弧媒体依存性」、電学論B、109、頁273-280(平元-6)
- (12) H. Asai and I. Ueno.: "Neutron Source Based on the Repetitive Dense Plasma Focus Model",

Nuclear Engineering and Design / Fusion, 7, pp. 335-343(1989)

- (13) K. Inoue, I. Ueno, M. Hayashi, et al. :
“Development of Protection System Based on Pulsed Power Switching for High-Resistance Ground Fault of Power Feeding System of DC Electric Railway”, Proceeding of 9th IEEE International Pulsed Power Conference, Vol.1, Albuquerque, New Mexico, pp.25-28 (1993)
- (14) M. Hasegawa, K. Inoue, M. Tanimoto, I. Ueno, T. Hirai, M. Hayashi : “Development of Protective Switching Elements on Local Failures of Large Slow-Capacitor Bank System”, Proceeding of 9th IEEE International Pulsed Power Conference, Vol.2, Albuquerque, New Mexico, pp.739-742(1993)
- (15) 井上・田口・上野 : 「永久磁石駆動方式ロータリーアーク放電スイッチの開発」、電学論B、102、頁259 (昭57-4)

井上 訓一 (正員) 1947年1月2日生。1974

年3月広島工業大学工学部電気工学科卒業。同年4月(株)指月電機製作所入社。同社中央技術研究所長、コンデンサ技術部・システム技術部両部長兼務、製造部長を経て、現在、電力機器システム技術部担当部長。

1975～1979年工業技術院電子技術総合研究所出向。この間、大電流制御技術に関する研究に従事。平成元年度オーム技術賞、科学技術長官奨励賞受賞。

長谷川三雄 (正員) 1951年3月10日生。197

6年3月日本大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月国士舘大学教養部助手、現在、同政経学部教授。1991～1992年テキサス大学オースティン校客員研究員。この間、パルスパワー、環境科学に関する研究に従事。IAWQ、環境技術研究協会等会員。

環境技術研究協会等会員。

上野 勲黄 (正員) 1938年静岡県生まれ。196

6年明治大学大学院修了。独国州立ブラウンシュバイク工科大学、米国州立テキサス工科大学等々の欧米大学、研究所の客員教授、研究員を経験し、現在東京大学大学院工学系研究科(創域科学研究系)教官。その傍ら、国内ではエコシステム研究会会長、

融合サイエンスクラブ理事長、国外では国際人名センター(IBC本部オックスフォード)副総裁、米国人名研究協会(ABIRA本部ノースカロライナ)副総裁を務める。専門分野は地球システム科学(生態系科学、地球環境理工

学、エコシステム経済学、エネルギー発生・変換理工学)。工学博士。20世紀業績賞(米国)、世界終身業績賞(米国)、ゴールドスター賞(英国)、等受賞。アレキサンダー・フォン・フンボルト財団(独国)、国際人名協会(英国)、米国人名研究所等の終身フェロー。

“International Sash of Academia”、“The Order of International Fellowship”、“International Order of Merit”等のbona fide Member。そのプロフィールは“Who's Who in the World”、“Five Hundred Leaders of Influence”、“Dictionary of International Biography”等、英、米国から出版されている15種類以上の全世界を対象とした人名録に登録され、その献呈の辞に記載されている。