

# 創立100周年記念論文

## 保護・計測事業のあゆみ

History of Protection Relay and Measurement Products

山本 康 弘\* 吉村 隆 志\*  
Y. Yamamoto T. Yosimura  
高木 潤 哉\*  
J. Takagi

### 概要

当社の保護・計測製品は歴史が長く、事業の始まりとして電気計器を主要製品として創業したところから始まる。保護・計測製品の技術変遷としては電気機械形から始まり、静止形としてトランジスタを採用したアナログ形やマイクロプロセッサを用いたデジタル形へと変遷し、より高性能・高信頼度な製品となった。

現在では、集積された半導体や高機能なマイクロプロセッサを採用し、インターネット技術を採用することにより、より高機能でコンパクトな製品へと発展し、安定した電力供給に貢献をしている。

### Synopsis

History of our protection relay and measurement products starts from the place where an electric meter was established as a main product. Technology of a protection relay and measurement products has started from an electromechanical-shaped. After that technology changed into analog-shaped and digital-shaped, and was the products which are high performance and high reliability more.

Protection relay and a measurement products adopt highly functional microprocessor and internet technology at present, and it's being more highly functional and developing into a compact product.

### 1. はじめに

1910年に創業された当社の前身「日新工業社」は、電気計器の製造会社としてスタートした。当時の電気計器は、電磁気工学と精密機械工学が融合した製品でもあり、測定対象の電気力をムーブメントと呼ばれる機械回転力に変換し針を振らせる構造となっていた。また、この派生製品として電気機械形（誘導形）継電器の事業展開が行われた。この経緯から、保護・計測製品は当社の事業・技術の源流に当たるものであり、これ以降トランジスタ、IC、さらにはマイクロプロセッサなどのエレクトロニクス技術やネットワーク技術の進展とともに、これらの製品も技術的変遷を遂げ、性能・機能・信頼性・運用保守性のあらゆる面でお客様の期待に応えられる高度なシステム製品へと変貌している。

本論文では、2章に当社創業期から戦中に至る技術変遷の概要を述べ、3章、4章に戦後目覚ましい発展を遂げた保護継電器の技術と計測器の技術展開を詳述する。

### 2. 当社創業期から戦中に至る技術変遷

#### 2.1 創業・創立時当時の電気計測

創業当時の日新工業社は配電盤用の計器を主力とし、その他電気時計や配電盤の製造も行っていった。(図1参照) この時期は電気測定法が公布された年で、電気計器の国産化が望まれていた。

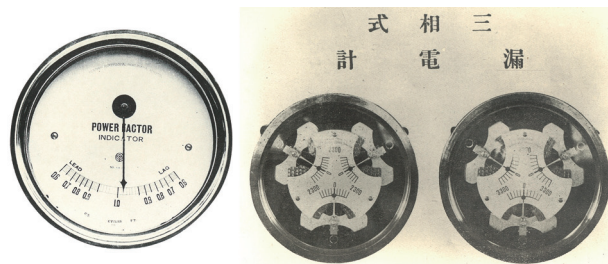


図1 日新工業社時代の製品（左：力率計、右：漏電計）

\* 受配電機器事業部

そして1917年4月、電気測定法実施に伴い需要急増が見込まれる積算電力計の開発を柱とした事業拡大を目指し、日新電機を株式会社として創立した。その後、積算電力計は1920年に開発が完了したが、事業化には至らなかった。

一方、保護継電器の事業化は計器技術からの応用として進められた。昭和初期の文献には当社技術者の保護継電器についての論文があり、創立間もない時点から製品化を目指していたと考えられる。

## 2. 2 航空機計器の大量生産と終戦による転進

戦前の当社の製品は、電機と計器の2つに大別され、この電機の中には、配電盤、しゃ断器、変圧器を含んでおり、生産高は電機と計器がほぼ同じ位の金額を占めていた。当時の計器関係の状況を示す資料として、1942年発行の総合電気計器カタログがある。民需品が主であるが、「携帯用計器」、「配電盤用計器」、「保護継電器」、「温度計」の全4章、約200ページにわたるものであった。(図2参照)

戦況の推移に伴い、当社は艦船用や航空機用計器の製造に注力した。(図3参照)特に、航空機用計器は、大量生産の必要性から、1937年から41年にかけて新工場を逐次増設し、最大時には従業員4500名が従事する工場となった。

このころは、航跡儀(XYレコーダのようなもの)、パイロメータ(非接触温度計)の開発等も行っている。しかし、これらの製品は軍需関係が多数であり終戦に伴うニーズの縮小により、当社も技術者を含め事業規模を縮小し、新たな事業へと転進していくことになる。

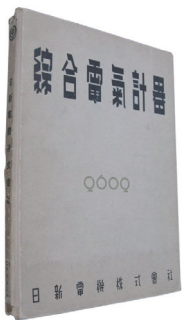


図2 総合電気計器カタログ



図3 航空機用計器  
(電気抵抗温度計)

## 3. 保護技術のあゆみ

### 3. 1 保護継電器のあゆみ

当社の保護継電器の歴史は昭和の初期に遡るが、一般配電盤のコンポーネントとして計器とともに製作されていた。1950年代になると、受変電設備の保守を大幅に簡便化することを目的に、引出し型構造の継電器が開発され、この構造をもつ電気機械形(誘導形)継

電器の品揃えが進められた。

その後、エレクトロニクス技術革新の一つであるトランジスタの産業分野への普及は、特性・性能の改善、小形化に大きく貢献できることから、保護継電器への適用が進められ、当社においても1960年代に入り、各種アナログ形継電器を順次製品化した。

1970~1980年代はこれらのアナログ形継電器のモデルチェンジに取り組み、特にユニット式のアナログ形保護継電器は、新しく「U系シリーズ」として配電線の保護・制御、変圧器や電力用コンデンサなどの機器の保護・制御用に品揃えされた。




また、トランジスタに続くエレクトロニクス革新技術としてマイクロコンピュータが挙げられるが、この技術の出現は継電器の歴史を大きく変えたといっても過言ではない。当社においても1970年代初めよりコンピュータ(当時はミニコンピュータ)による保護への応用研究に着手した。1970年代後半は汎用マイクロプロセッサとして8ビットのものが主流であったが、1980年代になり汎用16ビットマイクロプロセッサが普及した。保護継電器においても、マイクロプロセッサを応用した、いわゆるデジタルリレーの実用化開発を推進することとなった。




1980年代後半には民需向けスイッチギヤ(SWG)に搭載するデジタル形複合継電器「NVシリーズ」を開発した。特長としては、受電保護、トランス保護、フィード保護などの保護範囲毎に必要とされる複数の保護要素を1台のユニットに搭載する複合型としたことである。これにより従来に比べ必要なユニット数が少なくなり、縮小化を図ることができた。また、プロセッサ(CPU)の高度な機能を利用することによって実現された自動監視機能を搭載することで、自己診断機能を強化し信頼性が向上した。

1999年には、通信機能や計測機能と保護機能を1台のユニットに収納した「DCUシリーズ」を開発した。計測値やリレーの動作状況を中央監視装置に伝送することができ、配線工事の簡素化とタイムリーな情報提供を行うことができる。DCUは2011年にシリーズ3としてリニューアルし発売を開始した。シリーズ3はLCD表示器を採用することで表示機能が飛躍的に向上、計測表示のバーグラフ表示などのグラフィック表示も実現している。さらにマイクロプロセッサを初めとする主要部位のハードウェア二重化、異常発生時の縮退運転機能等により、推奨点検周期を従来器の3年から6年に延長することができた。

2000年代に入り、省電力の汎用32ビットマイクロプロセッサが普及したこともあり、デジタル形複合継電器「NVシリーズ」の後継機種となる「NSシリーズ」をリリースした。特長としては、32ビットCPU採用に

表1 保護継電器のシリーズと特長

シリーズ	単要素保護継電器の流れ		
	電気機械形継電器	アナログ形保護継電器	デジタル形保護継電器
	I系、C系	U系	DU、DIU
製作年	1950年代～	1982年～	2004年～
外観	 5751①	 8912⑨	
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆故障時の電流・電圧を利用した動作原理により、制御電源が不要</li> <li>◆引出形・埋込形など多彩なニーズに対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆IC等の使用による静止化・小型化・安定稼働</li> <li>◆ユニット式プラグイン対応により、豊富な要素組合せと保守点検の容易さを確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆32bit CPU搭載</li> <li>◆入力電圧・電流の簡易計測、事故履歴表示機能を搭載</li> <li>◆豊富な常時監視・自動点検による高信頼性</li> <li>◆U系との外形互換による更新容易性確保</li> </ul>

シリーズ	複合保護継電器の流れ		計測・制御・保護継電器の流れ	
	デジタル形複合保護継電器		デジタル形マルチリレー	
	NVシリーズ	NSシリーズ	DCUシリーズ1・2	DCUシリーズ3
製作年	1988年～	2001年～	1999年～・2005年～	2011年～
外観	 9391⑥	 200611②	 9944③ 20058②	
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆8bit CPU搭載</li> <li>◆デジタル化により複数のリレー要素を1台に集約</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆32bit CPU搭載</li> <li>◆入力電圧・電流の簡易計測、事故履歴表示機能を搭載</li> <li>◆豊富な常時監視・自動点検による高信頼性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆計測・CB制御を組み込んだマルチ機能</li> <li>◆CC-Link<sup>®</sup>等による親局との伝送機能搭載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆LCD表示によりユーザーI/F機能の向上</li> <li>◆CPU、A/D回路などの二重化、高調波点検機能搭載等でさらなる信頼性向上を実現</li> </ul>

(注) CC-Linkは、CC-Link協会 (CC-Link Partner Association :CLPA) の登録商標です。

よる演算能力向上、AC入力要素の計測表示、常時監視・自動点検による信頼性向上等である。

2000年代半ばには、アナログ形保護継電器 (U系シリーズ) の後継機となるデジタル形保護継電器「DIUシリーズ」を開発した。「DIUシリーズ」は、「U系シリーズ」と外形互換とし、既設リレーの更新工事が容易である。

当社デジタル保護継電器は、今後も「DIUシリーズ」、「NSシリーズ」及びマルチリレーである「DCUシリーズ」を中核とし、お客様のニーズに対応した品揃え、改良開発に努めていく所存である。

### 3. 2 保護継電装置のあゆみ

電力の安定供給を行うためには、送電線や変電所設備で発生する短絡や地絡等の事故を確実に検出し、遮断器にて事故部位を除去する必要がある。対象機器の保護に必要な要素を組み合わせたりリレーユニット及び、周辺回路 (試験用端子やトリップロック端子等) を1面の盤に実装したものが保護継電装置である。

保護継電装置は、1950年代までは、電気機械形 (誘導形) 継電器の組合せにより実現していたが、1960年代に入り、トランジスタの普及により、154kV以下の



表2 当社の主な保護装置製品

製品	送電線保護装置	母線保護装置	配電線保護リレー
概要	抵抗接地系統に適用できる回線選択保護継電装置、方向距離保護継電装置、過電流保護継電装置	抵抗接地系単母線に適用できる母線保護継電装置	配電用変電所に適用される屋内キュービクル用保護リレー
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆オールインワンタイプのコンパクトなユニットに機能を収納</li> <li>◆HIPC対応品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆電源線4回線・負荷線8回線の計12回線への適用可能</li> <li>◆自動切替 (J27) 機能付</li> <li>◆HIPC対応品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆変圧器保護、母線保護、配電線保護による構成</li> <li>◆オールインワンタイプの複合型デジタルリレー</li> </ul>
外観	<p>回線選択保護継電装置 201325⑥⑦ 過電流保護継電装置 200817⑦</p>	<p>200911⑥</p>	
<p>電源設備 1次変電所・変換所 2次変電所 配電用変電所 分散電源</p>			
製品	フィルタ保護装置	調相保護装置	単独運転検出装置 (エネリンク)
概要	交流フィルタ、直流フィルタ設備の保護装置	コンデンサ (SC)・分路リアクトル (ShR) を保護する装置	分散電源の逆潮流有りに必要な系統連系保護装置
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆動作時のデータ記録により早期に原因究明が可能</li> <li>◆長年培ったノウハウによりフィルタ保護のデジタル化を実現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆絶縁架台式SC、大地置式SC、ShRの各保護方式 (差電圧方式、オープンΔ方式、各相差動方式) をラインアップ</li> <li>◆動作時のデータを保存することで設備の早期復旧に貢献</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆当社独自の次数間高調波注入方式を採用</li> <li>◆複数台設置による相互干渉がない</li> <li>◆分散電源の種類・台数に関わらず1台で保護可能</li> </ul>
外観		<p>201015⑥</p>	<p>20156⑥</p>

トランジスタ形送電線保護継電装置をはじめ、77kV用配変用トランジスタ形母線保護継電装置、6kVトランジスタ形配電線保護制御装置を開発・実用化した。

1970年代になると市場にマイクロプロセッサが登場し、アナログ静止形からデジタル形への移行開発に着手し1975年に8ビットマイクロプロセッサを使用したデジタルリレー1号機を実用化することができた。

デジタルリレーは、入力変換部・処理部・出力

部・表示部で構成されており、入力変換部では系統からのアナログ量をA/D変換器によりデジタル量に変換し処理部でリレー演算処理を行うことで、これまで実現出来なかった複数の保護要素を1台で実現できるようになった。1980年代になり汎用16ビットマイクロプロセッサが普及し処理能力が向上したこともあり、本格的なデジタルリレー (第一世代デジタルリレー) の開発に乗り出し、1986年に16ビットマイクロコンピュータを用いて、併架送電線で問題となってい

た零相循環電流の対策機能付回線選択保護継電装置を実用化して以降、154kV以下の配変用母線保護継電装置（CT飽和対策機能付）、配電線保護継電器・継電装置の開発・実用化を進め、調相設備（SC・ShR）、直流連系用交流・直流フィルタ設備の保護継電装置の開発・実用化とともに電力会社を中心に多くの納入実績を持つに至っている。

電力会社向けデジタル形保護継電装置の特長としては、メイン、フェールセーフを別ハードとし、トリップ回路を直列2重化することで、保護リレーの信頼性を大幅に向上させているところにある。

1990年代に入り、国内ではさらなる保護範囲の広範囲化や高速化、また、装置の稼働を監視する自動監視機能の高度化要求があり、32bitマイクロプロセッサ・光伝送技術・FPGA（Field Programmable Gate Array）を用いた第二世代デジタルリレーの開発が進行していき、2001年保護リレー技術最高峰のPCM光電流差動リレーを開発した。

このころから電力業界においても経済性を問われるようになり、保護リレーの世界においても低価格化が最優先の課題となってきた。従来は主後（主保護・後備保護）分割が原則であった保護の考え方も、高性能なマイクロコンピュータを採用し主後一体2系列化により、ユニット数、盤面数を削減するなど、新しい考え方が定着してきた。当社においても、このニーズに応えるべく、32ビットマイクロプロセッサを採用した主後一体の送電線保護継電装置を開発・納入した。

2000年代に入り、インターネット技術の発展に伴い、保護リレーにもインターネットを利用した遠隔（操作・データ読み出し）運用による合理化方法が提唱され、2007年に当社もパソコンインターフェース式デジタルリレーを開発し、製品への展開を行った。

2010年代に入り、電力業界では更なるダウンサイジングのニーズが高まり、低コストで省スペースな製品展開が必要となった。このニーズに対応すべく、核となるリレーユニットにおいて、従来は別ユニット構成であったDC/DCコンバータや入力用補助変成器を収納することにより、容積比で約半分程度の縮小化を行った。以降、このリレーユニットを使用した保護継電装置をラインアップし、従来製品の後継機種としてリリースしている。

以上が電力会社向けの保護継電装置のあゆみであるが、2000年に特別高圧で受電するお客さま（原則2000kW以上）を対象に始まった電力の小売部分自由化は、段階的に自由化の範囲が拡大され、2005年より高圧で受電するすべてのお客さま（原則50kW以上）に拡大された。これにより、逆潮流有の分散電源用系統連系保護装置のニーズが高まった。そこで、系統へ

の電流注入技術や高調波計測技術を生かし、従来の転送遮断システムに代わる単独運転検出装置を開発した。当社の単独運転検出装置は系統側へ次数間高調波電流を注入し系統側のサセプタンスを監視し、その変化から系統側の遮断器が解列したかを判断する装置であり、全国へ多数納入している。

デジタルリレーは、性能・機能向上、信頼性向上、運用保守性向上を追求し開発が重ねられてきたが、最近の国際的な経済のグローバル化・自由化・価格競争の激化などで市場環境は一変しており、更なる低価格化が最優先の課題となってきた。

今後とも市場ニーズである信頼性と経済性を両立させる新しい技術をいかに取り組むかが私共メーカーの課題と考える。

#### ■ 4. 計測技術のあゆみ

冒頭にも述べたように、当社は電気計器の国産化をめざして1910年に創業された。創業時は電気計器や配電盤関連機器、1940年代までは各種電気計器に加え温度計等も生産していた。計測技術は創業からの流れを汲む技術として現在に受け継がれている。

1950年代以降は単掃引オシロや高圧コンデンサのtan  $\delta$  を計測するシェーリングブリッジ等電力関連を中心としたユニークな計測器や、保護継電器を試験するリレーテストを開発してきた。

1970年代後半には、電力系統の高調波が増大し電力機器に障害を発生させたため、高調波の測定ニーズが高まり、当時では画期的なマイクロプロセッサを利用したデジタル方式の高調波分析器を国内で初めて実用化した。

1980年代には電力需要の増大により、電力の基幹系統の増強が行われたことで電力系統の変動現象を記録する装置が必要となり系統現象観測装置を開発した。本装置は電力系統運用シミュレーションのパラメータのフィードバックに利用され系統安定運用に貢献した。

1990年代にはそれまで培った電力関連の計測技術や通信・ネットワーク技術を統合した総合記録装置を開発した。これは電力系統の系統現象やオシロ、給電情報、電力品質情報などの計測機能を集約した装置である。

2000年代には、これらの技術を進展させ、系統事故時の瞬時電圧低下記録、オシロ記録や高調波計測をコンパクトに収納した可搬形の電力品質（PQ）モニタを開発し、当社の瞬低対策装置や高速限流遮断装置用の記録装置として多数納入された。さらに、系統現象記録やフリッカ記録機能を充実させたユニット型総合記録装置を開発し、電気所の規模や構成に応じて最適な構成とすることで低コスト化を実現することができた。

2010年代には、ライフサイクルエンジニアリングの観

点から、機器の延命化や寿命推定などのニーズの高まりに対応すべく、スイッチギヤ内の温度、湿度等を簡便に計測し、記録できる複合環境センサを開発した。この装置は、温度、湿度に加え汚損（塩分）状況を計測・記録でき、さらにスペースヒータや冷却ファン等の空調機器の制御や運転時間の管理なども行う事が可能となっている。


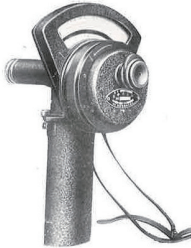

これ以外にも古くから部分放電の計測を行う測定器を扱っていた関係で部分放電の測定を行う計測装置も




各種製造しており、電力機器の予測保全にも貢献している。

今後はこれまでに培ってきた計測診断技術とIoT（Internet of Things）に代表されるインターネット技術やビッグデータの解析技術、リアルタイム機械学習等の技術を駆使し、高度成長期に多量に導入された電力機器の保守メンテナンスに貢献できるようなシステムとして展開していく。

## ■ 5. むすび

表3 計測製品のシリーズと特長

製品	メータ	光高温（放射温度）計	低速度単掃引オシロ
	PCS型	AO型・BO型	SL型
製作年	1930年代	1940年代	1950年代
外観			
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆携帯型小形直流電流電圧計</li> <li>◆当時はこれ以外に配電用の組み込みや精密級の各種メータ類を多数生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆1940年以前は各種温度計を生産</li> <li>◆本製品は現在の放射温度計に相当するもの</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆しゃ断器開閉時等の電気現象波形の観測記録に使用</li> </ul>

製品	高調波分析器	ユニット形総合記録装置	複合環境センサ
	HWAシリーズ	NDMシリーズ	MESシリーズ
製作年	1976年～	1982年～	2015年～
外観	 <p>59102③ 899① 882③</p>	 <p>記録ユニット 200714②⑤</p>	 <p>201420③</p>
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆アナログの時代から高調波を測定する計測を作っていたが、国内で初めてデジタル方式の高調波測定器を開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆電力系統の電氣的現象を記録する計測装置</li> <li>◆ユニット形により電気所規模・構成に応じて最適な構成とすることで低コスト化を実現</li> <li>◆多数の記録機能を内蔵（オシロ、瞬低・高調波・PQVF・フリッカ）</li> <li>◆50次までの高調波と中間高調波を記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆温度・湿度・塵埃（塩分）を測定し記録する計測装置</li> <li>◆スペースヒータや冷却ファンの運転を直接制御可能</li> <li>◆計測状況から機器の点検周期や寿命推定の警報機能有</li> </ul>

以上が当社創業期から戦中に至る技術変遷、戦後目覚ましい発展を遂げた保護継電器の技術と計測器の技術の変遷である。

今後、より高度に発展するエレクトロニクス技術の革新を背景に電力設備に対するトータルコスト低減のための機能融合とシステム化の傾向はますます強まるものと思われる。私共はこれら市場ニーズに対応するため、これまで培ってきた各分野での技術力を総合させ、お客様に喜んでいただける製品の開発・改良を続けていく所存である。

#### 参考文献

- (1) 村田 他：「最近の保護制御装置とその動向」、日新電機技報、Vol.24 No.4, pp.108-112(1979.11)
- (2) 「計測・保護装置特集号」日新電機技報、Vol.30 No.2(1985.4)
- (3) 「電力設備用保護・制御装置特集号」日新電機技報、Vol.37 No.2(1992.9)
- (4) 郷古、江村：「当社の電力設備用監視制御・保護・計測装置について」、日新電機技報、Vol.43 No.2, pp.3-6(1998.9)

---

#### 執筆者紹介

---



**山本 康弘** Yasuhiro Yamamoto  
受配電機器事業部  
電気設計部長



**吉村 隆志** Takashi Yoshimura  
受配電機器事業部  
開発部 次長



**高木 潤哉** Junya Takagi  
受配電機器事業部 開発部  
電子機器開発グループ長