Reference[8]

Part 1: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

Recognized the excellence of zinc oxide block's non-linear characteristics

In the morning of 16th May 1970, late Mr. Hiraki, then president of Meidensha Corporation ("Meiden") found an article that Panasonic Corporation ("Panasonic") announced the release of a new ceramic semiconductor product (ZnO varistor) which contained Zinc Oxide (ZnO) as a major component and he instructed his staff to investigate this matter further.

At first, Meiden surge arrester department had an impression that this varistor is one of low voltage surge absorber for the electronics device protection and it could not be used for the surge arrester characteristics element for electric power systems protection but it has a excellent non-linear characteristics and has a high energy absorption capabilities despite its compact size. They imagined that if this ZnO varistor is used for the surge arrester element, it may make an excellent surge arrester featuring no-series gap required and capable of the multiple lightning strikes, high-discharge current withstand capability and excellent anti-contamination performance, etc.

In applying the Panasonic's varistor into the electric power systems, there were many challenges to solve. It needed to prove if it could withstand the constant AC voltage for the long time (long-term ZnO element life) and if it could expect the discharge withstanding capability against long-duration current impulse is larger than that of Silicon Carbide(SiC) element and if, at the end of the day, we will be able to produce it at the same level pricing of the conventional surge arrester. Meiden viewed that without solving these issues, the commercialization will be difficult. However, Meiden signed a joint research agreement with Panasonic on 4th September 1970 and as a 1st step program, the parties started the program to produce a prototype large diameter of ZnO element.

In February 1971, it realized the ZnO element having much discharge current withstand capability than that of SiC element. Due to this result, Meiden engineering staff decided to take a chance of the surge arrester business unit future on the gapless surge arrester.

Part 2: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

Established its own sintering technology

Since the spring of 1971, Meiden engineering staff came to think that it will not get the full confidence (on gapless surge arrester) unless it could produce the ZnO elements by itself and learn the full limit of the electrical characteristics. Meiden Research Laboratory engineering staff who specialized in the inorganic chemistry expressed the strong hope and received the official permission from Panasonic. Under such approval, Meiden's own research started. In 1973, it established the technologies necessary for material blending, granulation, forming and unique sintering technology. Meiden completed the near alpha level element with the size of 32 mm diameter and 30 mm thickness and then applied for the patent.

In proceeding the joint research with Panasonic, the parties reached a conclusion that the commercialization of the ZnO element without infringing the Panasonics' basic patent would be impossible. The parties signed the patent licensing agreement in December 1972. As the barrier for further joint development, namely patent issue, was resolved, the joint development could move forward on the development of large size ZnO element for the electric power systems and on the development of its production method. As the result, the first step program, completion of large diameter size element, diameter 56 mm, it took about three years since the start of the joint development.

Until the above completion, there were 60 times liaison meetings. it will not be an exaggeration to say that joint endeavors' results served as a foundation leading to the worldwide surge arrester suppliers decision to produce the ZnO surge arrester under the technical license from Panasonics.

[Picture: Zinc Oxide Block Timeline]
From varistor block to ones for the gapless surge arrester for the power station.
The bottom right big block is for station class surge arrester.

Part 3: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

The decision just before the occurrence of the oil crisis led to the success of surge arrester factory construction. Many licensing agreement requests flooded.

In May 1973, then Meiden executive vice president, Mr. Shiro Seki, made a management decision to make the gapless surge arrester as a strategic product replacing the conventional gapped type surge arrester as the gapless one has excellent features in every characteristics against the conventional one. Mr. Seki proposed the Company to construct a new surge arrester factory although he sales department people could not reach a conclusion if this new product would be accepted by the power utilities. Back then, the sales contribution from the surge arrester business was at or less than 1% of the all sales of Meiden. Given such background, his decision was received as a surprise even among the Meiden people relating to the surge arrester business.

During the factory construction period, Meiden faced the impacts of the oil crisis such as price hike of the construction material costs and procurement difficulty of the materials. In December 1973. construction of the new surge arrester factory was completed. The main objective of the newly constructed factory was to establish the mass production technology for ZnO element. Meiden put the technological staff to the new factory from Meiden R & D Center to improve the characteristics and quality, and verify the reliability of ZnO element.

Against the backdrop of establishing the production technology as discussed above, Meiden officially announced for the first time that it developed the gapless surge arrester during the National Convention of the Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ) at Kanazawa University (in Kanazawa City, Ishikawa Prefecture, Japan) in April 1973. Following this announcement, Meiden introduced on Meiden's technical journal "Meiden Jiho" in Japanese, for the new surge arrester factory and the principle and features of the gapless surge arrester focusing on the prototype beta unit for 66 kV power network systems. Subsequently, Meiden published the same in its technical journal in English, Meiden Review and distributed the publication in Europe and the U.S.

Back then, it drew a fairly high level of attention among the other surge arrester suppliers and the power utilities in Japan. The responses from the overseas turned out to be very big than expected. Due to such publication after 1975, many overseas suppliers of surge arrester requested Meiden to license the gapless surge arrester technology. Meiden declined such licensing requests by citing the reasons that it had been working on the improvement of the elements to produce the common surge arrester elements for Japanese and overseas markets.

Part 4: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

Established the mass production technology of large size
Cleared the issues of sealing level and non-explosive structure issue

Establishment of "Z Project"

Z Project (code name for gapless surge arrester) started in May 1975.
Z Project consists of development team, engineering team, sales team and procurement team. Main members from Surge Arrester Factory, R & D Material Research Office, Transformer Factory Engineering Section (inside the HV Laboratory). The team worked out, one after another, the various surge arrester-related issues: anti-environmental contamination, V-I characteristics, high voltage technology including corona discharge phenomenon. Other issues tackled were: sealing technology to gain the high reliability more than the conventional model and explosion-proof structure. The efforts put the arrester technology much higher level. The engineering team solved the production-related issues: made improvements on the element mass production line and other issues relating to the element production technologies .This team produced a favorable effect of accumulating the production technologies.Z Project programs and efforts bore fruits in the form of finalizing 275 kV arrester development (no such range supply record in the conventional gapped type arrester in this company) and then the development of 500 kV gapless surge arrester.
(Fast backward,) in March 1975, Meiden shipped 66kV gapless surge arrester units for Hayato Substation for Kyushu Electric Power Co., Inc. as its test trial order. (This became the world first gapless surge arrester to be used in the actual electric power systems.)

[Picture: Top: The gapless surge arrester 66kV ZS84AX Self-standing Model Standard Type – first arrester put to use for the actual power network
On your right: Measured wave-shape of V-I Characteristics 1 μ s/div]

Part 5: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

As a first step, commercialized the zinc oxide elements for distribution type arrester
Spent many hours on the anti-environmental contamination characteristics research

The gapless surge arrester could demonstrate its features when applied to the high voltage application. As technologies required for the serial production for compact surge arrester element was already completed. The demand for the compact surge arrester for power distribution is also high. Meiden first commercialized the distribution type surge arrester whose elements were of zinc oxide model. They went through the type tests of each power utilities in Japan. The results came quickly. Chubu Electric Power Co., Inc. Kansai Electric Power Co., Inc. and then Tokyo Electric Power Co., Inc. cleared the type test and accepted this model. Next big challenge was to get the clearance of the power utilities by conducting the type test of gapless surge arrester for power station and substation systems. The typical location sites face the serious salt contamination problem. The verification on the anti-contamination characteristics thus takes long time. To grasp all the relevant issues and the active design feedback on the findings required the field-testing and the analysis on the test results. Through such programs, we could establish the design parameter setting. In October 1976, we conducted a 'open' type test event inviting all Japanese power utilities representatives and type tests were conducted to all the released Meiden gapless surge arrester series products. It ended successfully.

Reflecting the good review of the open type tests, this 1977 became a water-shed moment which accelerated the migration from the conventional gapped type to the gapless surge arrester. In the latter half of 1977, the 80% of production at Meiden became the gapless surge arresters. Observing the success at Meiden, the major suppliers of heavy electrical industry had been in the mood of mapping out the migration plan to the gapless surge arrester in a fast track. Such suppliers proceeded the technical license agreement with Panasonic one after another.

Meanwhile, the major specifications for the surge arrester for the overseas markets are mostly in compliance with the IEC or ANSI Standards. The feature of such overseas surge arrester specifications are: in general the protection level against the switching surge is lower compared with the relevant Japanese Standards. In harmonizing and satisfying such different standards' requirements, Meiden proceeded the development program for the improved surge arrester element since 1977 to produce the common element for Japanese and world markets. In the spring of 1978, it started the serial production of the improved type elements. Using such elements, Meiden developed the tank type surge arrester for gas insulated switchgear. It also proceeded to develop 500 kV class surge arrester. In July 1978, the improved gapless surge arresters with fully changed design models were put to the "open" type test (inviting all the power utilities representatives in Japan.) By that time, Meiden

completed the full range release from 3kV through 500kV. Ever since the start of the development, after the passing of 8 years, it could have a moment: completion of the development of world-renowned gapless surge arrester.

[Picture: Comparison of Old and New Type Arrester elements. The left is old (gapped) model. The right is new (gapless) model.

[Picture: Top: A moment of 500 kV gapless surge arrester cleaning using the fixed spray nozzle. Bottom: Anti-seismic suspended type gapless surge arrester]

Part 6: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

Actively promoted its going standard
Aggressively automated the granulating process, gained confidence by making a sintering furnace and got the results

At abroad, Europe was still behind the practical use of gapless surge arrester. International Electrotechnical Commission (IEC), in looking ahead, showed some program moving toward for the standardization harmonization of gapless surge arrester since 1977. International Council of Large Electric Systems (CIGRE) had been in support of such program. Mr. Kobayashi of Meiden joined CIGRE international conferences since June 1977. He introduced the gapless surge arrester and co-operated in presenting the draft proposal of testing method for gapless surge arrester. In August and September CIGRE International Conference in 1978, Mr. Kazuo Mitani, General Manager of Meiden's surge arrester (SORESTER) factory announced the related paper and joined the workshop discussion program. In the United States, General Electric (GE) announced a paper relating to the concept of gapless surge arrester at the Summer Meeting of The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in 1976. *Mr. Kobayashi of Meiden announced by the paper for the IEEE Meeting in 1977 that its gapless surge arrester became commercial level.*

[Picture:275 kV gapless surge arrester under commercial operation.]

Part 7: Journal - Birth of Gapless Surge Arrester for Electric Power Systems

Rode on the track record of a record 500 kV arrester
Aims to prove the potential on UHV transmission application

From Meiden top management down to the surge arrester factory members, there had been a strong passion for the product developments for the gapless surge arrester and this resulted in the sales increase of the gapless surge arrester. In the middle of 1979, the total shipment volume exceeded total 2300 units including surge arresters for 275 kV and 500 kV power systems. Among these installed units, these included the tank type gapless surge arresters of 500 kV for gas insulated switchgear and porcelain type heavy duty 500 kV gapless surge arresters for Manitoba Hydro, Canada.

Also, Meiden officially trademarked its arrester name as "SORESTER" from SOlid state surge arRESTER in1978. The gapless surge arrester was highly rated and recognized as a world-level invention and innovation. Meiden received many technical awards. two (2) times of "Progress Award" by The Japan Electrical Manufacturers Association (JEMA), a "Progress ward" from The Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ). It received "Okochi Memorial Production Prize" bv Okochi Memorial Foundation in March 1979.

So far Meiden's gapless surge arrester got here but it had yet to prove the true potential going forward. Currently, Meiden participated the Special Committee on UHV Power Transmission (the "Committee") where major Japanese power utilities, research institutes and heavy electrical products suppliers joined. This was sponsored by Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI). The Committee seriously worked on the development of UHV power transmission to be realized by the 1985. The key economics contributing factor is the lowering on BIL (Basic Impulse insulation Level) The Committee is studying on the possibility of the drastic such reduction. In realizing such situation, the key role will be played by the high performance surge arrester. The gapless surge arrester is deemed to meet such requirements and the Committee members are studying on what it takes for the research for such surge arrester.

Meanwhile, the Committee is investigating if by installing the gapless surge arresters on transmission line at regular intervals will it enable the overall insulation co-ordination of the power systems and the reduction of the BIL level of the transmission line. And it aims to produce the drastic reduction of the construction costs of transmission line power system Going forward, such development challenges

are on the horizon.

[Picture: 500 kV surge arrester for Manitoba Hydro in Canada]

電力用ギャップレス避雷器誕生の記録 (1)

酸化亜鉛素子の非直線特性の優秀さに着目

中堅重電の独自性探る

一、酸化亜鉛素子との出会い

昭和四十五年五月十六日朝、故平木讓一郎社長(当時)はいつものように、社長室で当日の新聞に一通り目を通していた。ふと新聞の一隅に松下電器が酸化亜鉛を主成分とするセラミック半導体の新製品(バリスタ)を発表している記事に目が止まった。電圧電流の優れた非直線性とその広い応用性について述べられた記事を読むうちに、技術畑出身ではない社長にも、何か当社の避雷器にもかかわりが深いものではないかとの思いが頭をかすめた。というのも、中堅重電としての企業体質の中で、避雷器は何か当社としてユニークな存在になりうるという意識を常々持っていたからかも知れない。

直ちに当時、営業本部長代理で避雷器技術の権威者であった村山毅常務を呼び、この記事内容の有用性について調査を命じた。

当時避雷器部門は、通信機器の低圧サージアブソーバーの一つとして酸化亜鉛バリスタを見ており、その特性も電力用避雷器の素子とはかなりの隔たりを感じていた。

しかし、平木社長の意を受けて、ともあれ松下電器との接触を開始し、昭和四十五年六月一日先方の避雷器研究所で第一回の会合を持った。

当方は村山と小[illegible]、先方松下電器技術研究所の研究次長(当時)とその後も数回にわたり会談、酸化亜鉛バリスタの将来性をつかむと同時に、サンプルの提供を受け、社内試験による評価をくり返した。

その後の経緯は、長期にわたる信頼性が強く要求される電力用避雷器の素子としては特性面の安定性に欠け、やはり弱電用バリスタの域を出ないかとの印象がぬぐえなかったが、何といっても電圧電流非直線特性が格段に優れており、かつ小型の割合には大きな放電耐量を有するということが最大の魅力となって避雷器技術関係者の心をとらえてはなさなかった。

というのもこれが避雷器用素子として成功すればまさに直列ギャップを必要としない夢のソリッドステート避雷器を開発することができるという期待がこのころからすでに芽生えていたからである。

国内国外を問わず、電力用避雷器はごく一部の配電線用を除いて四十数年も前から、直列ギャップと炭化ケイ素を主材とした非直線抵抗体とを組み合わせた弁抵抗型避雷器がすべてであった。

直列ギャップは、常時は絶縁の状態を維持し、雷や開閉サージなどの異常電圧が進入したときにのみ放電し、これらが去ればまた元の絶縁状態に復するスイッチの役を果さなければならないが、ガス中の放電という特性から多重サージの続流しゃ断や最大エネルギーの処理などについての不安が常につきまとっていた。とくにわが国のように海水による塩分汚損が強いところでは、がい管表面のもれ電流の影響で、常時の系統電圧でも直列ギャップが放電してしまい事故に至る危険性がかなり高かった。

これに対しては近年は電力会社が自主的に多大な保守費用にもかかわらずシリコンコンパウンドを塗布して何とか汚損事故を防止していたのが実情である。避雷器の保守管理の手間が多いことからユーザーは強くメンテナンスフリーの避雷器の出現を要望していた。

この様な実情から、避雷器の弱点のほとんどを占めていた直列ギャップの追放は正に夢であったと言え、避雷器技術者が眼の前に現れた酸化亜鉛素子に強く固執したのもこの故であった。

ともかく、これまでの調査では、酸化亜鉛素子の性能面だけでも解決を要する多くの点を残しながら、昭和四十五年九月四日松下電器に対し、電力用避雷器素子の開発についての共同研究を申し入れたのである。

故 平木讓一郎氏

二、松下電器との共同研究始まる

直ちに両社間の覚書が作成され月一回、大阪と東京交互に技術連絡会が開催されることになった。

すでに昭和四十五年一月通信用サージアブソーバーのバリスタに関し、松下電器は来訪した各社に幅広い特許使用権を与えていたが、一方、電力用避雷器素子の開発の相手として明電舎を選ぶことを決意していた模様である。後で知ったことであるが、同じころ他社からも同様の共同研究を申し入れられていたが断ったとのことであった。

当社は平木讓一郎社長以下トップの人々から担当者に至るまで、非常に熱心であったこと、従来型避雷器の電力会社での信頼が高くシェアも大きかったことが動機となったと思われる。

共同研究の第一段階の目標は放電耐量二千五百Aの配電用素子の開発であった。というのはバリスタという小型の素子の経験では避雷器用の大口径素子を作るのに、バリスタと同様なよい特性、均質な内部構造を得るのに多くの困難が存在していたからである。当社の電力用避雷器としての必要性能および経験からくる技術的要求と、松下電器の通信用サージアブソーバーでの概念とはなかなか相入れない問題も多かったが、会合の回数を重ねる間に、ようやく昭和四十六年春に試作仕様らしきものがまとまり、松下にその試作を依頼した。

現在の配電用素子は直径三十二ミリ、長さ三十ミリの大きさのものであるが、この大きさに落ち着くまでには紆余曲折を繰り返した。当初のサンプルは直径十ミリ程度のものから、次に二十ミリになり、最後に三十二ミリに至ったのであるが、

当時は大型の部類であった三十二ミリの素子もその厚さは六ミリと薄いものであった。試作は松下にて行われ、当社はそれについての検証試験を行い、それらを基に、両社間での評価・改良が繰り返された。

これと共に次第に厚さも十ミリ、二十ミリと増大させることに成功し、この(三十二ミリ×二十ミリ)素子についてキャップレス化の最重要要素である小電流域の電圧電流特性と放電耐量の安定化を徹底的に追求した。松下もこの要求には最大の努力をもって答え、材料と配合の選定、混練、成形、焼成の方法改良に努めた。この時期の両社の努力が、後にキャップレス避雷器を完成させる糸口を与えたと言うことができる。

松下と交渉をもって約一年間は、共同研究は発足させたものの、これが本当に電力用避雷器素子として、ましてやキャップレス化など完成させうる代物かどうかについてはなかなかつかめず、結局は小エネルギー吸収用サージアブソーバー(例えばVーサージなど)としてしか適用できないのではないかとの意見も多く、工場サイドの技術側はずい分と悩んだ。

しかし、昭和四十六年二月、(三十二ミリ×二十ミリ)素子の改良サンプルにおいて、長波尾放電耐量が従来型のSiC素子のそれよりかなり上回る結果を得ることが出来た。これは、技術側にとっては大きな喜びであった。この事がキッカケとなって、間もなく避雷器部門の技術側は本格的にキャップレス避雷器開発に自部門の運命を掛けることを決意するのである。

大きく分けて問題は三つあった。①キャップレスのままで長期間常時の交流電圧に耐えるか、②長波尾電流に対する放電耐量がSiC素子以上に留めるか、③最終的に従来型避雷器と同程度の価格で製作できるか、である。

これらが満されないと、せっかく何かの形で開発しても将来、避雷器の主流になるとは言い得ず主流になり得ないものに大きい開発力を投入することは当時の避雷器部門には許されなかったからである。これらの問題のうち②については理論的にも、またSiC素子の経験から言っても、素子の非直線特性が優れている程、その素子の長波尾放電に対する耐力は弱いというのが今までの常識であり、事実当初の酸化亜鉛小型サンプルでの試験結果もこれを示唆していたのであった。それ故(三十二ミリ×二十ミリ)素子でかなり良い結果を得たことが、どれ程、技術側を勇気付けたか想像できるといえよう。

とにかく、昭和四十六年四月には当時避雷器課長であった日永田啓一、同主任小林三佐夫らが中心となり、当初より指導を続けていた村山毅夫取締役とも図り、各部門の協力を得て避雷器課の部門プロジェクトの形で開発を推進できるよう、関係部門と協議を重ねた。このときは、部門の将来発展のための自主的プロジェクトの意識しかもっていなかったが、これが基となって後に全社プロジェクトとしてのZプロジェクトが発足することになる。

三谷和夫・明電舎生産本部ソレスター工場長

この企画は毎週、金曜、月曜日に掲載します

電力用ギャップレス避雷器 誕生の記録 ②

本格的大型素子製造プラントへの契機つかむ

独自の焼成技術を確立

三、自主開発進む

いままでの過程では、すべて素子は松下が製作、当社はそれを試験評価する形で共同研究が進められたが、当社技術者の間に、本当の避雷器用素子を得るためには自分でつくるのでないと素子の諸性能の限界を知り、これに自信をもつことができない、という考えが昭和四十六年の春ごろから出はじめていた。

当社研究所（東京）の無機関係化学技術者は、当初から松下との技術交流にタッチしていたが、当社も松下と並行して独自に酸化亜鉛素子を開発することを強く希望した。松下との共同研究における技術的交渉を進める中で、昭和四十六年八月ころから将来の製品化を前提に、松下のもつ基本特許対策とノウハウ供与の問題について両者の話し合いが始められていた。その中で松下も了解の下で研究所材料研究室のメンバーは、この世紀的発明物との取っ組み合いを開始したのである。研究設備といっても、小さなバッチ炉がある程度で、その他は寄せ集めの道具に過ぎなかったが、研究側はみな若くファイトの塊のようなものであったので、これを苦にすることもなく、原料の粉砕、混合、造粒をほとんど手作業でやってのけ、第一段階は松下と同一のものがつくれる技術をつかむことを目標にした。初めのころは手作業のせいと設備の不備もあって、どうしても設置の不揃いが頻発し、このため、酸化亜鉛素子が結晶的に均質に成長せず、特性の安定性も欠け、さらに成型時のゆがみも加わって焼成でクラックが入るなどの問題を次々と経験しながら、改良に改良を重ね、ついに昭和四十七年三月に、直径三十三ミリ厚さ七ミリの素子で、小電流非直線係数（α）五十、Ｖ一ミリＡ八十Ｖ、雷インパルス放電耐量四十ＫＡ、二ミリ秒長波尾耐量二百Ａ二千回をクリヤーする素子を安定してつくれる技術を体得することができた。

この時の関係者の喜びはひとしおで、その夜、祝杯を挙げた折、付近に響いた時ならぬ雷鳴も自分達の前途を祝うかのごとく心地よく聞こえたことが今でも時々語られる。この間、約一年を要した。

次の問題は直径三十三ミリで厚さ三十ミリ程度の素子で、制限電圧比（二・五ＫＡ電圧／一ミリＡ電圧）を一・八五程度にすることであった。次第に充実されてきた素子焼成の諸条件を整理し、実験計画法を駆使して原料配合、造粒、成型、焼成の技術を徹底的に洗い直して、これらの課題を解決していった。

一つの問題は、それまでの素子の側面絶縁材は有機物であったが、これが素子劣化を生じ、劣化の点でも不利であったので、有機物を無機物にし、しかも素子の焼成時に焼き付けたいという要求が出てきた。酸化亜鉛素子は焼成のとき約二〇％収縮するので、側面の材料は、本体との間に剥離が生ずるのである。大学の研究機関を訪ねても悲観的な返事しか得られない中を、原料の選定と塗布方法の追求で約一年後の昭和四十八年四月にはこの技術を確立し、特許申請を行った。

ここまでの間にはもちろん、松下との交流も活発に行われたが、当社として独自の素子焼成技術の基盤はこの間に築かれたといってよいであろう。このような経過を経ていよいよ本格的な生産につながる素子製造プラントの設備と、発変電用大型素子の開発へと進展するのである。

四、松下との特許契約成る

松下との共同研究を進める中で、松下がもつ基本特許の実施権についての合意をどう解決するかは当初よりの大きい課題であった。当然のことながら、公開されている、あるいは松下から入手した特許内容をあらゆる角度から詳細に検討した。その結果、昭和四十六年六月には酸化亜鉛素子の基本特許ならびに周辺特許としてかんじんの添加物（酸化亜鉛に微量混合する酸化ビスマス、酸化マンガンその他数種類の酸化金属）について、がんじがらめといってよいほどの特許が出されていることが明らかになり、これから逃がれた方法で酸化亜鉛素子をつくることは、技術的には全く不可能ということではないが、製品化を考えた場合のコストの面からは、まず不可能であろうとの結論に至った。これをもとに昭和四十六年八月、正式に特許、ノウハウの実施許諾に関する協議依頼を松下電器の特許部長あてに申し入れた。この段の折衝は共同研究と並行して、当社は村山総研本部長（当時）が窓口となり、先方の無線研究所との間で進められた。

この交渉は当初から決してスムーズに進行したものではなく、予想以上の時間と紆余曲折を要した。というのは、松下としては、酸化亜鉛素子およびその応用製品は今後の有望性から当然のことながら市場での独占を維持したい意欲があり、特許供与に反対の空気がかなり強かったという事情による。当社でも、もし特許が得られなかった場合を想定して一時期、真剣その対策が論議された。その結果、困難を覚悟で自主開発に投資することを決心したこともあった。

このような共同開発の進展の過程で、松下は非常に技術評価が厳しい電力会社相手に新しく避雷器の販売ルートをつくるには、素子単独以外の技術開発に多大なパワーと投資を必要とすること、一方当社は重電メーカーとしてそれらが既存のものであることを認識するようになり、避雷器の中でも配電用については松下が、発変電用については明電舎に任せるという姿勢が次第にできて上がりつつあった。これに伴い松下もいよいよ特許供与を決心するに至ったようである。

昭和四十七年四月十八日の常務会では、遅々として進まない特許問題の打開が審議された。これをベースに、松下へのさらに積極的なプッシュが始められた。もし不調に終わった場合には、今まで行ってきた共同開発の中止も辞さない覚悟を決め、トップ間の決着に持ち込むべく松田専務（当時）が交渉に参加することになり、同年四月二十六日、松下電器の城阪俊吉無線研究所長（当時）と面談した。

当初からこの交渉の任に当たっていた村山総実は、両社の共同開発によってこそ電力避雷器に適用できる素子の開発が完成した事実をもとに、執拗に国内における独占的実施権供与を主張したが、松下側は特許供与する場合の公開原則は松下の社是であることを理由に通常実施権を主張して譲らなかった。

昭和四十七年十二月十一日、両社間の特許契約が成立した。内容は酸化亜鉛素子を適用した三千ボルト以上の電力用避雷器の生産と販売の権利およびノウハウの供与である。この適用範囲については五年後の五十二年十二月の契約更新の際、三ＫＶ以下を含む範囲に拡大された。

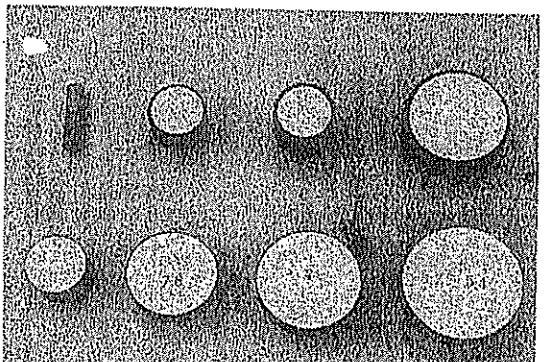
いままでとかく両社ともに開発の足かせになりがちであった特許問題が一応の解決をみたのを機に共同研究も、発変電用大型素子とその製造技術の開発を急ピッチで前進させることになった。そして第一段階の大型素子直径五十六ミリの完成をみるには、昭和四十五年九月の共同研究開始以来三年余の歳月を要することになる。

その間、電圧電流特性、放電耐量など一般性能のほか、常時の送電系統における三十年あるいは五十年という長期間、安定して運転し得る寿命特性の確立、その信頼性を検証する方法などが大きい課題であった。共同研究の連絡会は三年の間に六十回におよぶものであったが、この成果がその後、世界中のメーカーが松下の特許を使用して酸化亜鉛避雷器を製作する決意をもつに至るベースとなったといっても過言ではない。

この間、技術討議に参加した研究者は両社とも若い人が多く、実にフランクに見解をぶつけ合ったが、次第に会社間の利害を超えて、酸化亜鉛素子の完成そのものだけを中心に突き進んでいった仲間意識の良さが開発を進めるのに大きく役立ったと、当時研究所主任研究員であった近藤氏は今でもそのころを思い出し懐かしんでいる。

（三谷和夫・明電舎生産本部ソレスター工場長）

※この企画は月曜、金曜日に掲載します。



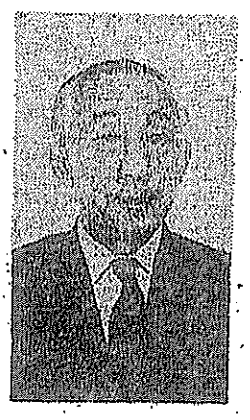
＜エレメントの変遷＞バリスターから電力用ギャップレス、避雷器エレメントまで。右側の大型が発・変電所用

昭和三十五〜六年にかけて部会委員長をされた堀氏は、その後会長として、一番苦心したのが発足し、生産性向上運動が一つの国民運動として起こってきた。そして、その三原則、すなをうたいあげているものは、の主張発表されているが、現在の協約で、生産性向上の三原則ている。その成立過程は、それだけでとして労使代表者が加わってそして今日、再決され現在に至っ異なる意見を述べ、昨年亡くなられた藤村光雄氏であり、参与委員について具体例により意見交換を行ったため、労使三〜四人の力、変電、送電、配電、給電）に通い帰この間、役員会に報告されれ、昭和五十二年七月、調査会日々が続いた。

電力用ギャップレス避雷器　誕生の記録　③

石油ショック寸前の決断が工場建設を成功に導く

技術提携の申し出相次ぐ



関　四郎会長

五、製品化を決意・新鋭工場建設

昭和四十八年五月、当時副社長であった関四郎は、真空バルブ（VI＝バキューム・インターラプタ）工場の拡張とあわせてギャップレス避雷器の新工場建設を検討していた。かねてよりこの開発推進を機会あるごとに強く指示していた関は、松下との特許契約問題も解決し、研究の範囲ではあるが、酸化亜鉛素子を自作できる技術が築かれたと判断した。

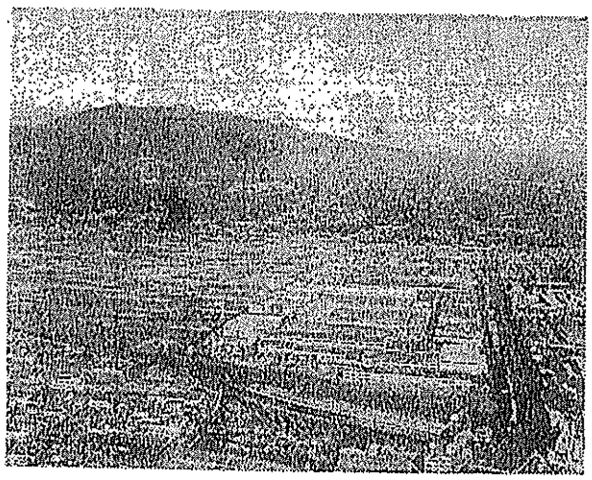
当社はAEG式空気しゃ断器の不調から、これに代わるものとして、また将来性の高い製品として、真空しゃ断器（VCB）の開発に力を入れ、ようやく六万六千Vの真空バルブの開発が緒についたところであったが、このVCBと並んで、あらゆる面で従来の避雷器より優れた特徴をもっているギャップレス避雷器は、間違いなく将来、従来型避雷器にとって代わる有望製品であると考えていた関は、すでに製品化が可能な時期に至ったと判断した。

当時、社内の研究部門では、この新避雷器が将来当社に受け入れられるものであるのかどうか開発方向についての議論が出ていないわけではなかったが、関は昭和四十八年五月の役員会に避雷器工場を沼津地区の一角に新設することを提案した。この提案の説明をまとめるに当たって、急を要した関は、工場関係者に立案させるのでは、ありきたりの手順を踏むのでどうしても時間がかかるのと、この開発製品特有の技術をベースにした設備、レイアウトであることの必要性を感じたことから、古くから従来形避雷器素子の焼成技術の改善に関係して、避雷器工場と深いつながりのあった研究所材料課長（当時）の古屋斧にこの新工場建設のたたき台を立案させた。古屋はわずか一日半の時間の余裕しか与えられない急な命令に仰天したが、関の意を察し、必死の思いでこれを立案し、なんとか間に合わせることができた。これも関一流のやり方であった。

この開発の発端に関係していた平木誠一郎社長（当時）はこの提案に同意し、直ちに年内完成を目標に計画を立案するよう命令を下した。時あたかも石油ショック寸前の時期であった。

当時、アレスタ部（避雷器工場）では、酸化亜鉛素子を作るラインを新設するため既存の工場の増設のみを考えていたので、この指示を受けて関係者はかなりとまどった思い出がある。というのも当時の避雷器は当社売り上げの一%に達するか、しないか程度の地位しか占めていなかったからである。

一方この時期は、素子の内作化と大型素子の開発が山場にさしかかっていたので、マンパワーの点から新工場建設は開発にとってはかなり痛手ではあったが、トップの熱意に感じた関係者は大いにハッスルして、沼津地区北側に仮設の現場事務所を設置し、直ちに工事を開始した。建設途中で石油ショックに会い、資材の高騰、入手難などに泣かされたが、中途で設備投資ストップの影響を受けることもなく、昭和四十八年十二月に予定通り新工場は完成した。思えばこの時期は運命の別れ目であったかも知れない。新工場建設の発意があと数カ月遅ければ、この計画も大幅に遅れ、製品化も遅れ、ギャップレス避雷器の明電という名も出なかったかも知れない。



ギャップレス避雷器の生産工場がある沼津製作所全景

それまで小さい工場の新設などで社長が自ら竣工式に臨むことは前例がなかった。しかし竣工式当日、社長の平木誠一郎は自ら出席して金頭を集めて話したいと語ってこれに参列した。席上、「明電舎で約八年間多くの仕事をし、いくつかの成果を上げて来たと思っているが、この新避雷器を当社の特徴製品として育て上げることは、最も印象に残るものだと思っている」としみじみとした口調で語った言葉は、参列者の心を強く打った。研究、工場技術関係者が大いにハッスルしたのはいうまでもない。

新設の工場には平生産炉の一号機であるトンネル式焼成炉と、選粒機が設置された。この炉の仕様については、開発段階では研究炉にすべきであるという意見と、生産炉にすべきであるとの関係者の意見の違いがあったが、結局、本格的焼成技術を追求する中で、本物の素子も生まれ出るという考えに落ち着き、生産炉としてのトンネル炉を導入したのである。

これから、開発の主流は、この素子生産ラインを運用して製品としての素子の量産技術を確立する作業に移行するものである。

東京大崎の研究所内で開発研究を行っていたグループのうち五人は、昭和四十九年一月から沼津の新工場に移り、工場開発技術者と協同でこの作業に当たり、徹夜につぐ徹夜で試作試験を繰り返し、約一年を経て、本格的な配電用および発変電用避雷器として使用に耐える素子を完成するに至った。

避雷器に使用する素子は非常に数が多いので一品料理では用を成さず、完全な規格でなければならない。製造品として、ロット内、ロット間共に擬力特性のバラツキが小さいものでなければ、製品の個別性を保証することが出来ない。また焼物に付き物の、割れ、ピンホール、焼きむらなどがあり、これらの解決にも多大な努力を要した。

この様な酸化亜鉛素子技術の確立を背景に、昭和四十八年四月に金沢大学で行われた電気学会全国大会で初めて公にギャップレス避雷器の開発を発表した。続いて昭和四十九年十二月には明電時報に、新工場の紹介と共に、六万六千V系統用の試作器を中心にギャップレス避雷器の原理や特徴の全容を紹介した。その英文版も続いて発行され、これは欧米にも配布された。この当時国内では他メーカーや電力会社からかなりの注目をあびたが、それにも増して海外の反響が予想以上に大きかった。昭和五十年以降、海外から何らかの形で技術提携を申し出るメーカーが相次いだのも、これがきっかけとなっていた。この技術提携申し入れについては、現時点の素子を更に改良したものを国内、国外共通の素子として完成させるという課題に一歩足を踏み入れた時期で、この完成の絶対応したいと考えたため新規申し入れに応じなかったが、後に会長になっていた関四郎が昭和五十一年六月、VI応用製品の拡販と調査に欧州各国を歴訪した折、VIの話よりギャップレス避雷器について多く聞きたがる相手が多かったのに閉口したのも、いかにこれが画期的な新製品であり、多くの関心の的であったかを示していよう。

三谷和夫・明電舎生産本部ソレスター工場長

この企画は毎週月曜、金曜日に掲載します

新システムは、まずケーブルを工場内で粉砕してクリーニング槽……液は、ろ過され浄場処理を……た後で、エッチング槽にもどされ……高頻度のAU電流を供給され、欠……路は電流の流れが妨げられる原因……に、コンピューターアクセスと……レコーディングのためのオフライ……1の仲介……して低沸点を持つ……アンモニアが用いられた。……いうことだ。……今後の見通しについて同部長……W」を開発した。……この装置は、コンデンサー、…

電力用ギャップレス避雷器 誕生の記録 ④

気密・防爆構造など問題点解決

大型素子量産技術も確立

塩谷新西取締役

〈Zプロジェクト発足〉

昭和五十年春に至り、明電舎社長（当時）は、本格的な製品化と開発に至る開発段階がかなり進捗していることにいら立ちを覚えていた。それと共に、基本的にはただ酸化亜鉛素子を積み上げるのみで、どの様に高い送電電圧の避雷器にも適応できるギャップレス避雷器の大きい特徴を見てとり、明電舎の企業規模でも五十万V用避雷器までも比較的少ない費用で開発することができると判断した時は、これまでの開発レベルを一段高度のものに変える必要を感じて計画を一挙に推進するべく、全社レベルでのプロジェクト、すなわち単に避雷器部門とこれに関係した研究所グループのみのこれまでの開発体制から、より広範囲の技術力を投入出来る新しいプロジェクト作りを指示した。

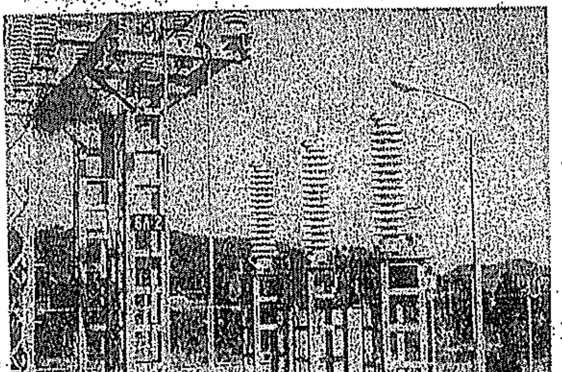
これはZプロジェクトと命名され、昭和五十年五月に発足した。

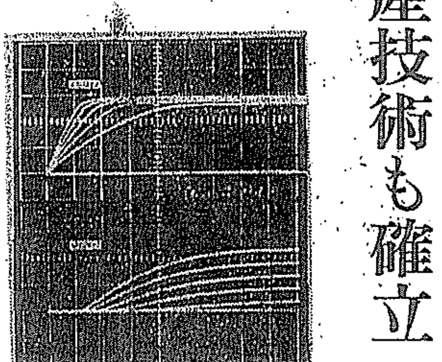
プロジェクトリーダーには、当時営業本部副本部長をしていた塩谷新西取締役が任命された。塩谷はもともと高電圧技術の研究畑の出身で、昭和三十六年二月、沼津に大型変圧器の新工場が建設された際、これと同時に当時日本一といわれた高電圧研究所を新設、その長として高電圧技術の育成に努めた。その後、経済の高度成長の中で、変圧器は当社の基幹製品として大きく発展したが、その技術ベースはこの高電圧研究所の研究活動に負うところが多かった。これらの実り多かった研究開発指導の実績から、ようやく陽の目を見ようとしかかったギャップレス避雷器開発の最後の難関を切り抜けるのにふさわしいリーダーとして塩谷が選ばれたのである。

Zプロジェクトは、アレスタ部（当時）開発部門、同生産技術部門、研究所材料研究室、変圧器工場技術課（高電圧研究所内）その他の部門の主要メンバーが参加し、開発チーム、技術チーム、販売チーム、資材チームの四つのグループで構成された。サブリーダーとしてアレスタ部長（当時）の日永田吾一氏、全体の実質的推進役としてアレスタ部技術課長（当時）の小林三郎氏が推進の任に当たった。

活動の主体は素子開発、避雷器としての製品技術を担当した開発チームで、耐汚損性能、急峻波特性、コロナ放電特性など高電圧技術の面はもとより、従来型以上の高信頼性を付与するための気密構造、防爆構造などの問題が次々と解決され、避雷器技術のレベルアップは急速に進んだ。また技術チームも、将来の量産ラインの機械化と共に、素子製造技術の諸問題を解決して、生産技術の確立に効果を上げた。Zプロジェクトのこれらの活動は、昭和五十年五月発足以来約二年を経て、これまでの従来型避雷器では実績のなかった二十七万五千V用、さらに五十万V用のギャップレス避雷器の開発として花開くのである。

一方、昭和五十一年春のころには研究所グループによる素子の基礎研究も、発変電用避雷器の素子として使用に耐える大型素子を製造できる技術の確立という第一段階を経て、今までのものより性能の良い新素子の開発にそのパワーを向ける段階を迎えた。というのはギャップレス避雷器は、国内のみでなく、欧米を含め海外への輸出も強力に進める製品の一つとして目されていたからである。国内の使用条件、すなわちJEC—一五六で規定されていた特性では、保護レベルが欧米でのそれより比較的高く、したがって常規課電される系統電圧の素子分担電圧が小さく、素子の課電寿命の点で楽であるが、欧米での使用条件では、特に電圧の高い系統への適用ではこれがかなり過酷であるという事情がある。したがって、素子研究の次の段階として、課電寿命がより長い、非直線性がより優れた新しい素子の出現が望まれた。素子の特性は、添加物のブレンドと混粒の仕方、焼成の条件で色々変化する。この条件をどの様に設定するかが、より高性能の素子を作り出す決め手である。すでに自主開発路線を敷いていた研究メンバーはこの難関に取り組んだ。この研究は今日もなお続けられており、今までに二段三段の改良または新開発の素子が誕生している。





▲初の実系統に使用したギャップレスアレスター六万六千V用ZS八四AX自立型標準タイプ（写真上）と▶応答電圧電流波形測定例—μS/div（写真右）

話はやや以前に戻るが、ギャップレス避雷器の開発に当たって見逃すことができないのが各電力会社関係者の暖かい励ましである。昭和四十八年四月の電気学会全国大会発表の後、各電力会社に開発の情況を説明、また折あることにPRに努めた。電力用機器の開発、とくに発変電用機器の開発は、それが直接送電系統に接続され、その信頼性が公共の利害に及ぼす影響は非常に大きいだけにメーカーの手前みそでは電力会社に採用してもらえないことが多いので電力各社の反応には十分留意した。幸いなことに各社共にこの開発の大胆さに驚きながらもその成果の高さを認識し、開発が成功するよう心から激励してくれたことがどれ程開発関係者を勇気づけたかは計り知れないものがある。そのおかげでまた他メーカーがギャップレス避雷器の開発を明確にしていなかった昭和五十年三月に九州電力坪入変電所向け六万六千V用耐汚損型および関西電力湖南変電所向け七万七千V用のギャップレス避雷器が試験採用されて相次いで出荷された。またほぼ時を同じくして中部電力でも汚損地区で長期課電試験を実施することが内定した。これらは正に製品としてのギャップレス避雷器一号機で、出荷の際は、開発関係者は固い手をさすりながら実系統での使用の成功を心より祈ったものである。これらの実系統での課電試験が成功裏に終わったことは言うまでもないが、これを見て、今までとかく日和見的であった他メーカーも、ようやく本気でギャップレス避雷器の開発を手がけることになる。

〔三谷和夫・明電舎生産本部アレスター工場長〕

※この企画は月曜、金曜日に掲載します。

電力用ギャップレス避雷器 誕生の記録 ⑤

まず、始めに酸化亜鉛 素子の配電用を製品化

七、電力会社合同型式試験の実施

開発にかなりの年月を要していたので、Zプロジェクトも製品化を急いでいた。本格的に販売を軌道に乗せるためには、電力各社の型式試験に合格しなければならない。ギャップレスは本来、発変電用とくに高電圧用にその特徴を発揮するが、昭和五十年当初には、素子の量産技術は小型の配電用素子で確立されていたことも、配電用では小型軽量化が望まれていたことなどから、まず始めに酸化亜鉛素子の配電用を製品化することにし、昭和五十年十月各電力会社合同の型式試験を実施した。

その成果はすぐに表れて、中部電力、次いで関西電力の配電用が従来型から新型に切り替えられて行った。この配電用はその後、東京電力において無保守無点検をねらって新しく開発されたメンテナンスフリー配電用避雷器にも採用され、昭和五十三年当初より採用されたが、従来型に比べ、特性の向上と安定化はもとより、小型軽量化された点で特に取り付け工事にたずさわる現場サイドの好評を得ている。

次の段階はこれが本命の発変電用の型式試験の実施である。昭和五十一年を迎えて、Zプロジェクトはこれの対策と準備に全力を傾けた。機種は二百七十五KV用を含む全機種とし、製造技術でようやく確立され安定した特性で製造されるようになった素子をベースに、避雷器としての諸特性の実験検証、シリーズ設計そして試験を繰り返す毎日が続いた。

出特性の中でも多くの時間と労力を費やしたのは耐汚損性能の研究であった。もともと直列ギャップがないのでこれに係る問題はないが経済性の面から碍管は多段積にしたかったので汚損時のユニット分担電圧、これに伴う素子の温度上昇、内部コロナなど、日本は塩分汚損が厳しいだけにこれらの問題の把握と設計条件の確立に力を注いだ。

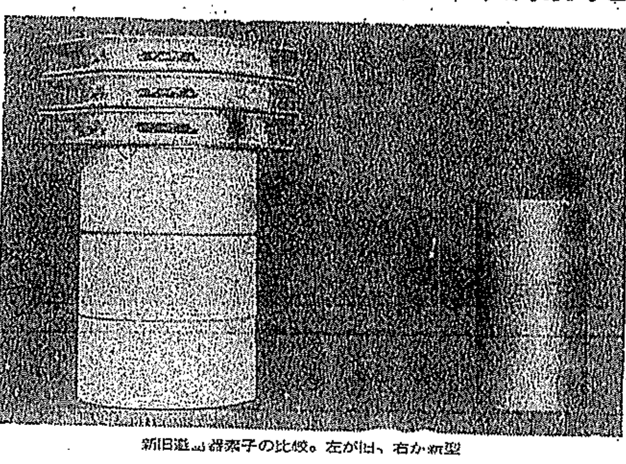
また大きい特徴の一つである急峻波保護特性について、今まで従来型では行われていなかった素子自体の特性について素子から切り出した分割小片から大型素子に至るまで、実測やアナログ解析により、その動作の実態を明らかにした。

その外、開閉サージ動作責務の限界能力、内部故障時の放圧特性など従来型にある既存の特性についても、徹底的に試験と解析を行い、将来の避雷器としての名に恥じない性能の向上に努力した。これらの成果をたずさえて、昭和五十一年十月に全電力会社の立ち会いのもと、発変電所用ギャップレス避雷器全シリーズについて合同型式試験を行い、成功裏にこれを終えた。

ここに永年にわたり夢みて来た理想に近い避雷器、ギャップレス避雷器が実用される時代の幕が切って落とされたのである。立ち会い者の口から、例外なくよくぞやり遂げたと心からのほめ言葉が流れ、その夜、Zプロ関係者は、うれしさと興奮で眠れなかった。

この好評を反映して昭和五十二年には従来型から新型へ急速に切り替わる年となった。同年下期には早くも需要の八〇%がギャップレス避雷器で工場を流れていた。

このような状況を見て、通産他社もギャップレス避雷器への切り替え計画を急速で進める機運になり、松下電器との特許契約を進めて昭和五十二年暮れには三菱が、次いで昭和五十三年夏には日立が、それぞれ型式試験を実施する結果となった。東芝も引き続き同様な経過を辿っていると聞いている。



新旧避雷器素子の比較。左が旧、右が新型

耐汚損研究に多くの時間

このように国内販売については一応の目途がついたので、先に反響が得られていた海外へも積極的に販売してその期待にこたえるとともに、当社のイメージアップと拡販を図ることにした。

海外の避雷器は主に国際電気規格（IEC）かアメリカ国家規格（ANSI）またはそれらを準用した規格によっているが、それは日本のJEC規格に準拠したものより一段に雷および開閉サージの保護レベルがかなり低いという特徴がある。昭和五十一年型式（これをA型という）の酸化亜鉛素子は、この要求に対して、通電寿命の点で素子改良を必要とし、この面から寿命と電圧電流特性の点でより性能の良い新しい素子の開発を進めてきた。

一方、A型の販売実績から、素子の大きさを、今までの一種類から、小放電耐量用（二十五マイクロファラッド用）と大放電耐量用（五十マイクロファラッド用）の二通りに分けることが一五四KV用以上の範囲で小型化に対し有利であることが、反省課題となって来た。

この様な背景から昭和五十二年後半から五十三年春にかけて新素子（B素子）の開発化を進め、昭和五十三年七月に再度の合同型式試験を行い、A型から新しい型式であるB型にモデルチェンジを行った。これは構造の面でもいくらか改善が行われており、今日以降も長く続く本番の型式である。

このB型の開発と並行して昭和五十二年の大きい課題は五百KV用避雷器の開発であった。系統電圧が高い超高圧、その特徴が生きてくるギャップレス避雷器としては、系統の超高電圧まで製品化することがZプロジェクトの目標であった。

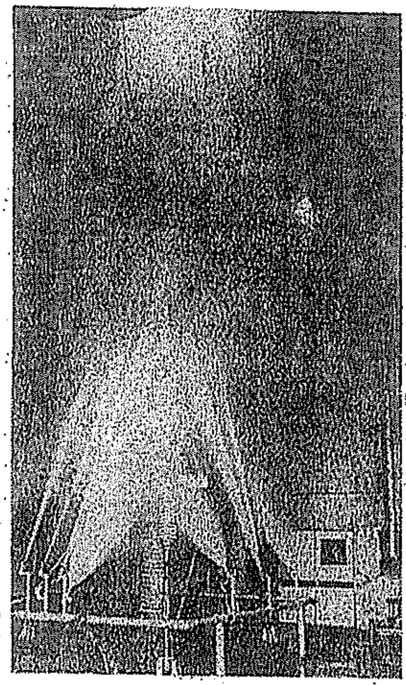
これについてはかねてから、その諸元に努めて来た高電圧研究の技術がコロナフリーなど高電圧絶縁設計に十分生かされ、そのほか耐汚損試験、耐震試験など高電圧ものとして重要な諸試験を行い、ギャップレスの特徴を生かした、細胴がい多段装置の自立型と、耐震上絶対的に有利な多段懸垂型を開発した。

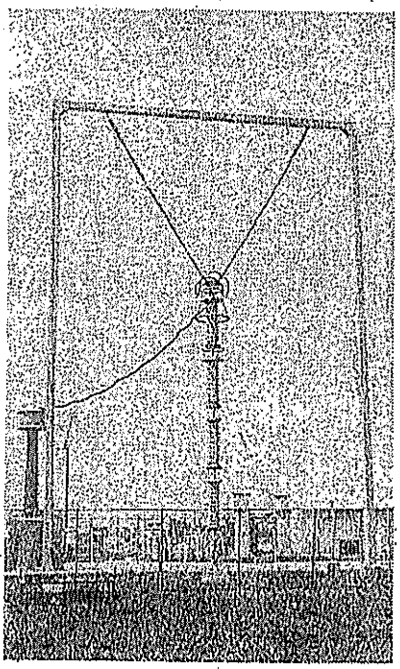
さらに今後増大することと予想されるガス絶縁変電所用（タンク型）を加えて、昭和五十三年三月に、主要電力会社の立ち会いのもとで公開型式試験を実施し、同年七月に完成したB型にシリーズとして組み入れ、下は三KVから上は五百KVまでの全種類を整えるに至った。

ここに昭和四十五年開発を開始して以来八年の年月を経て、世界的なギャップレス避雷器の完成を見ることが出来たのである。

三谷和夫・明電舎生産本部ソレスター工場長

（この企画は金曜、月曜日に掲載します。）





写真㊤は固定スプレーノズルによる五十万V用ギャップレス避雷器の洗浄状況㊦は地震に強い五十万Vのけんすい型ギャップレス避雷器

電力用ギャップレス避雷器　誕生の記録　⑥

造粒工程一気に自動化
焼成炉自作で自信、成果


今井　正雄社長

八、素子量産設備の拡充

A型の形式試験の準備を進めていた昭和五十一年春、本格的生産への第一歩として、既存の焼成炉に加えて新しく焼成炉を建設する計画が進められた。当時、素子開発グループと生産技術の関係者は、当然のように炉メーカーから購入を考えていた。ところが関四郎社長（当時）は「ここまで開発が進んだ以上、われわれが得ている素子製作のノウハウは計り知れないものがある。現時点でこれが他社に漏れることは当社の大きな損失である。また自分で作ってこそ炉の本当の性質を知ることができ、それが良い開発に結びつくのだ。心臓部ともいうべき焼成炉は内作せよ。技術者は未知のものに挑戦する勇気と喜びを持て」と指示した。さらに昭和五十一年末までの完成という厳しい納期を約束させた。

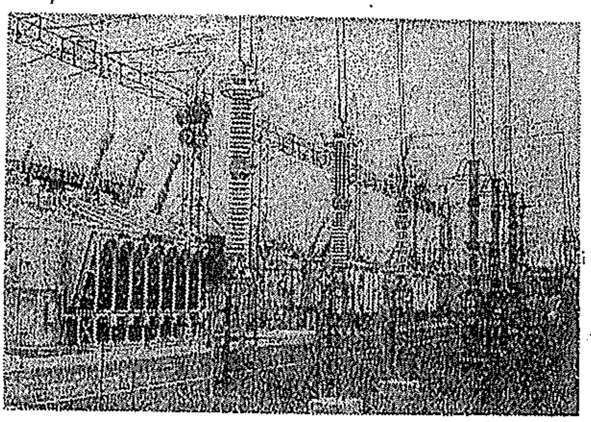
この命令を受けたZプロ関係者はかなりとまどったが、さっそく築炉チームの編成にかかった。本来ならば工場の生産技術部門が計画、立案、施工するのであるが、今回は自作の趣旨から主としてこれを進めるのは研究所の素子開発グループの研究者を当て設備の工作には本社技術部設備課要員が当たり、工場の生産技術グループがこれをバックアップするという異例の体制を敷いた。チーム・リーダーの林正彦主任研究員を始め、チームの主要メンバーは、住友電工その他のセラミックス焼成炉の見学調査を数多く行い、必死の思いで炉設計を完了、昭和五十一年十一月一日を期して組み立て開始、社長の指示どおり年末には施工を終わらせたのである。翌五十二年一月十日には関四郎社長自ら火入れ式に出席、通電のボタンを押したものである。この経験は予期以上の研究上の成果をもたらした。

温度制御にしても、当社のパワートロニクス技術を十分に取り入れた制御システムにすることができたし、炉内ふん囲気、温度分布などの焼成のポイントについて、詳細な炉の性質を知り、そのコントロールを自在に行う手法を得ることができたのも、すべてを自作によったおかげといえる。

この後、ギャップレス避雷器の伸びとともに昭和五十二年末、次いで五十三年末と年一本のペースで築炉が行われたがいうまでもなく、すべて自作の炉である。

素子の生産量の伸びとともに生産技術の面では、品質の安定化とコスト低減が次第に大きい課題となった。素子製造は大きく分けて、造粒と焼成のふたつの工程がある。この造粒の工程は焼成に負けず重要で、その内容いかんは素子の特性、品質のバラツキを大きく左右する。昭和五十二年の設備投資では築炉とともに、この造粒工程を一気に自動化した。これにより品質の安定は格段に向上した。この設備計画、設計もまた研究所の林正彦主任研究員のほか羽場方紀などの研究者が行った。さらに昭和五十三年にかけて、成型、焼成、試験の全ラインの自動化を進め、今日、ほとんどこれを終了している。

現在の素子製造プラントは、国内、国外の避雷器メーカーがギャップレス避雷器に進出して来ている現在においても、世界一流のレベルと規模といえよう。


活躍中の27万5千Vギャップレスアレスター

規格化、積極的に推進

九、販売・生産の強化

昭和五十一年十月の合同形式試験以後のギャップレス避雷器の伸びに伴い、販売体制の強化、特に営業技術面の強化が必要になってきた。

昭和五十二年五月、将来国内のみならず海外へも避雷器として、また酸化亜鉛素子応用製品として伸ばしていくための体制づくりの一段として技術本部変電技術部内にアレスタグループを新設、その担当部長代理であった小林三[illegible]夫が充てられた。小林は、工場にあってギャップレス避雷器開発推進の実質的責任者として多角的な活動を続けていたが、それらの経験を生かして対外活動の強化に当たった。

ギャップレス避雷器実用化の一つのネックに規格問題があった。

Zプロはこの対策にも力を入れたが、JECの規格調査委員会のメンバーであった小林は、従来型の規格であるJEC—一五六の改定に当たって、ギャップレス避雷器を取り入れるよう強力に働きかけた。当時はいまだ海のものとも山のものとも知れないという他社の不熱心もあって、規格にかなりの時間がかかったが、委員長の鶴見策郎（東京理科大教授）は、ギャップレス避雷器に理解が深く、規格化に積極的な姿勢を示し、これらの結果、最近発効したJEC—二〇三には、不満足な形ではあるが、ギャップレス避雷器が含められた。

海外では、ギャップレス避雷器が実用期に入っていない欧州で、国際規格IECが、将来を見越して、昭和五十二年から規格化の動きを示しており、CIGRE（国際大電力会議）がそれをバック・アップしている。小林は、五十二年六月以降毎回これらに参加し、ギャップレス避雷器の紹介と試験法の立案に協力した。また、昭和五十三年八月、九月のCIGRE大会には、ソレスタ工場長の三谷和夫が論文発表と討論に参加している。アメリカでは、GEが昭和五十一年のIEEE（アメリカ電気学会）夏季大会に酸化亜鉛避雷器の概念についての論文を発表したが、当社は昭和五十二年の同大会に実用化された段階のギャップレス避雷器として論文を発表、小林がこれに参加した。

全社プロジェクトとしてのZプロの活動により開発は一応予定どおりに進んでいたが、昭和五十一年十月の合同形式試験を目前にして、これからの五十万Vの避雷器や応用製品開発に当たっては工場の体制強化が必要と考えた関四郎社長（当時）は、今井正雄副社長（当時）に諮って、変圧器工場次長でながく技術開発を担当していた三谷和夫を当時のアレスタ部長に据えた。今井もまた関におとらず、ギャップレス避雷器には熱心であった。これからは企業は一流の特殊技術をもつことが何よりも大切と考えていたので、これにギャップレス避雷器を当てていたのである。

昭和五十二年一月、今井正雄副社長（当時）は、それまで小規模なため部制であったアレスタ部を、体制もある程度整ったとみて工場へ昇格した。時折工場を視察して次第に整備されて行く素子製造ラインを見て、その中に当社独自の技術が充実しているのを感じていた今井は、その秘密保持を強調、この区域への出入りをZプロリーダーである堀合常務取締役の許可制にしていた。

ところが、昭和五十四年二月、工場長の三谷和夫は突然、今井正雄社長からの電話を受けた。「今日から直ちに素子ラインへの出入りは社長許可制にせよ」との命であった。三谷は、今さらながら社長の関心の深さに胸打たれるとともに、これを機に工場管理の一段のレベルアップを心に誓った。

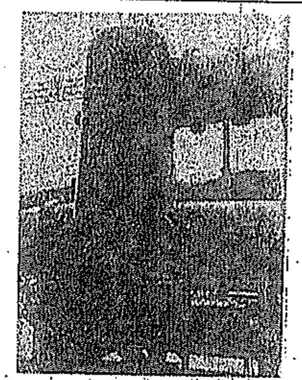
三谷和夫・明電舎生産本部ソレスタ工場長

※この企画は月曜、金曜日に掲載します。

電力用 ギャップレス避雷器 誕生の記録 ⑺

UHV送電などへ 本領発揮これから

50万V記録品原動力に



九州電力へ納入した50万VGIS型のギャップレス避雷器（外観）

十、早くも五十万V記録製品誕生

このように、トップから末端の一員にいたるまでの徹底した開発意欲は急速なギャップレス避雷器の売上増となって現れた。六万V系統用以上のものでも昭和五十三年半ばには千台を超え、五十四年半ばにはすでに二十七万五千V用、五十万V用を含め二千三百台を超えるに至っている。しかし、これらの製品の中でも最も思い出深いものは、九州電力へ納入したガス絶縁小型変電所線路引き込み口用五十万Vギャップレス避雷器と、カナダ・マニトバ電力庁へ納入したがい子型線路用五十万Vのそれである。

Zプロジェクトが昭和五十年春に発足して間もなく、五十年秋、九州電力から現在計画している五十万Vガス絶縁変電所の線路引き込み口保護用としてギャップレス避雷器の採用を検討したい旨連絡を受けた。当時、従来型のガス絶縁避雷器は、形状が大きく費用もかさむので、変圧器保護にのみ適用され、これの保護にはガスギャップが開発されていた。しかし、ガスギャップは、動作すると自復性が無いので一種の地絡事故となる欠点があった。これに対しギャップレス避雷器は、特性が安定していること、特に線路引き込み口保護に必要な急峻波保護特性が良いこと、十分な小型化が図れることから、この箇所の避雷器として最適であることが想定された。

五十三年三月には試験採用としてギャップレス避雷器が九州電力[illegible]変電所に納入はされていたが、六万六千V用であったので、この話を受けた時には、いささか戸惑ったが、五十万Vでしかもガス絶縁変電所にこそ最適にギャップレス避雷器の特徴が生かされることを認識したZプロは、この申し出に積極的に応ずると共に、直ちに重点開発課題の一つに加えた。

昭和五十一年二月から実器上の共同開発が開始され、昭和五十二年二月の現地試験終了まで続いたが、この間の九州電力との交渉によって適正な技術を築くことができ、この経験により当社がいち早く五十万Vの実績を得るに至る原動力となった。同社には、変電所十二相分が納入された。

昭和五十二年十二月の暮れに近いころ、住友商事経由で本社国際部に、カナダ・マニトバ電力庁から五十万V変電所用の引き合いがあることが伝えられた。直ちに仕様書を検討したところ、直流系統の異常電圧を含む非常に大きい開閉サージエネルギーを処理できる性能を必要とするので、従来型では問題が多い事を知った。ギャップレス避雷器では素子の並列使用で、どのように大きいエネルギーの動作責務も果たせる特徴があるので、これこそ出番と考え、直ちに応札した。新しい製品であるため、先方との意思疎通が不十分になることを恐れ、技術者が現地へ赴き、ギャップレス避雷器の適用について先方の認識を深めるよう努力した。

昭和五十四年三月、この十二相分が二十三万V用その他と共に現地へ出荷された。

ギャップレス避雷器がその本領を発揮したもう一つの例は、北海道・本州間二十五万V直流送電用に採用されることになったことである。高電圧の直流用避雷器は、従来型の場合、サージで動作した後、常規電源電圧で流れる電流（続流という）をしゃ断し難く、特に今回のケーブル保護用となると動作時の処理エネルギーが極めて大きく、かつ保護レベルが低いという条件から従来型では不可能に近かった。

昭和五十一年八月、電研はわが社のギャップレス避雷器に目を付け、これならばいけるのではないかと共同研究を申し入れてきた。直ちに試験用サンプルを製作、基礎試験を行い、あらゆる角度から詳細な調査が行われた。さらにそれらのデータを基に、要求設計された避雷器の分割単位を製作し、武山の超高圧研究所において開閉サージの動作責務試験を行った結果、直流系へ適用できることを証明した。これが契機となって、電発との間で、実際の適用について詳細仕様が検討され、製品の試作試験を行って、昭和五十四年十二月には本格製品が納入された。

十一、ソレスター多くの賞に輝く

「ギャップレス避雷器」という名は、わが社が開発当初から使用していた名称なので一般にはわが社の商品名として受け取られていた。しかしこの名は商標登録されていたわけではなく、ただわが社のみがこの開発を進めていたので自然にそのような印象を与えてきた。しかし、この名は国内のみならず、欧米に[illegible]になるにつけ、海外でも広くギャップレスアレスタという呼称で用いられるようになった。このように一般名として使用されるようになったギャップレス避雷器を当社の商品名とすることは、今後、海外も含め、技術、販売の折衝上、得策でないと判断。昭和五十三年四月に、社内から広く名称を募集し、これを参考に、ソリッドステート・サージアレスターをもじった「ソレスター」という名称を新型のギャップレス避雷器の商品名とすることにした。

ギャップレス避雷器は画期的な新製品として高く評価されたため、わが社は今日までに幾つかの賞を授与されて来た。電機工業会進歩賞二回、電気学会進歩賞、そして昭和五十四年三月には大河内記念生産賞を授与され、今井正雄社長自ら授賞式に臨み、大河内記念会会長から賞状を授与された。この後、社内でささやかな記念パーティーを催したが、関四郎会長、今井正雄社長以下役員全員とこの開発関係者が参加し、これまでの成果を互いの喜びとし労をねぎらった。関係者は皆、ここに昭和四十五年以来のギャップレス避雷器開発の永かった過程を思いうかべ、その終わりが見えて来たことをしみじみと心にかみしめた。

十二、幅広い将来性

しかし、ここまで来たギャップレス避雷器の本領が発揮されるのはむしろこれからである。現在、電研が主催しているUHV送電特別委員会では、主要電力会社、研究機関および重電メーカーが参加し、昭和六十年実用を目指してUHV送電の開発に鋭意努力が続けられているが、その経済性を大きく左右するBIL（インパルス絶縁強度）の思い切った低減が強く要請されている。その大きい役割を担うのは高性能の避雷器であり、この要望にこたえ得るのも酸化亜鉛素子のギャップレス避雷器と目されており、その開発のため検討が熱心に進められている。

これを理想的な形で実現するには、より高電圧に耐える長寿命の素子の開発が必要とされているが、わが社の判断では、現在の素子のいま一歩の改良により、ここ二年程度でこれにこたえ得るものを完成できると確信している。

一方、送電線に一定間隔でギャップレス避雷器を設置することにより、系統の総合的な絶縁協調を図って送電線のBILを下げ、その建設費の大幅低減を図る[illegible]機器との組み合わせにより縮小化を図るなど、夢多い今後の開発課題が目前に広がっている。

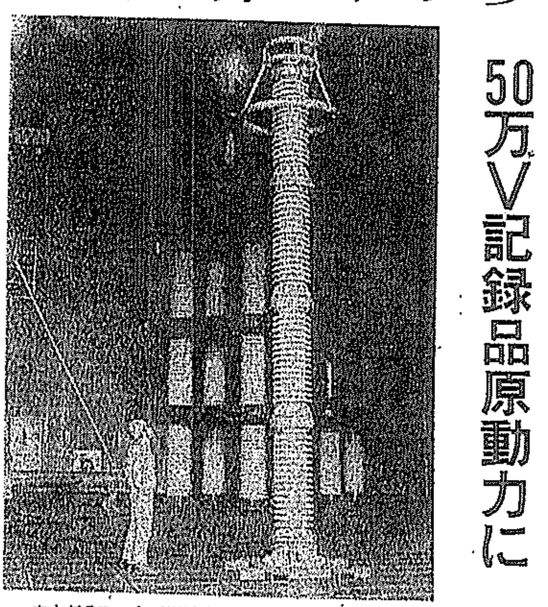
昭和五十四年三月のある日、会長の関四郎は滑津地区での所用を済ませた後、工場視察を行っていた。構内の最北に位置するソレスタ工場は視察の最後の工場であった。関が立ち寄った時、工場の東側シャッター口では折しも九州電力向け五十万Vガス絶縁避雷器と、カナダ・マニトバ電力庁向け五十万Vがい子型避雷器の出荷準備が行われていた。心なしか作業者は緊張したおももちで忙しく立ち働いていた。関は三つの記録品が同時に出荷される偶然に驚いたが、それとともに六年前の開発と製品化の決断を思い起こし、その結果が最高のレベルでここに結実したのを目前にして、思わず感慨無量のおももちであった。

一方の開発担当であった[illegible]は、[illegible]を思いながら「おれは当たり前だ」と一人でつぶやいた。

しかし同時にこれで終わりではないと決意を新たにした。この製品の特徴を生かした幅広い応用、数年後に実用が予定されているUHV送電、変電機器の縮小化、送電線の建設費低減をねらったBILの大幅低減、このような大きい課題に取り組むのはこれからで、世界に先がけて開発したわが社ならではの、これらの面でも世界をリードしていかねばならないと。

一方、企業としてはこれから進出する他社との競争に勝ち抜くため、品質、コストも世界一でなければならぬ。これからが大変だが、今までこの開発をやり抜いて来た若者達の熱意がこれもまたなし遂げてくれるにちがいないと考えていた。

関は希望に大きく胸をふくらませながら空を見上げると、これがギャップレス避雷器本命の姿のはずだと信じている試作避雷器の五十万V試作避雷器の向こうに、赤い春の太陽が静かに沈みつつあった。（おわり）



カナダのマニトバ州電力庁向け50万Vソレスター

三谷和夫・明電舎生産本部ソレスタ工場長