

計器用変成器事業の中国展開

Business operation of instrument transformers equipments in China

小林賢司** 川淵芳樹*
K. Kobayashi Y. Kawabuchi
明賀章* 中橋昭雄*
A. Myoga A. Nakahashi

概 要

当社における中国事業展開は約15年前に遡り、コンデンサ形計器用変圧器（CVT）の合弁会社設立に始まる。CVT合弁会社の成功が、その後のGIS用ガス絶縁計器用変成器（GVT）、変流器（CT）等其他の変成器のみならず当社の電力事業関係の中国市場進出を促し、まさに先駆的な役割を担ってきた。ここでは、変成器事業の中国展開について歴史と共にその詳細を述べる。

Synopsis

Nissin's business operation in China has begun with the establishment of a joint company for manufacturing CVTs, and has a history of approximately fifteen years. The success of the business has promoted the following operation in China in the field not only of GVTs, CTs but also of the other electricity business related products of Nissin, success which has played a pioneering role. In this paper, business operation in the field of instrument transformers in China is described in detail.

1. はじめに

1.1 変成器事業の中国進出の歴史

1990年代半ばまでは当社油入変成器は輸出形態で多数中国市場に納入してきた。当時のCVTは主として中国国営の電容器廠（コンデンサメーカー）にて製造されていたが、いずれも品質面で問題があり欧州変成器メーカーとの合弁等を模索していた。

当社はこの間世界的に有数の超高压変成器メーカーとしての実績を背景に中国のメーカーとの合弁交渉を続けていたが、1994年に国営電容器廠の一つである無錫電力電容器廠（WPCF）とのCVT合弁のFSを開始し、1995年に正式に無錫日新電機有限公司（以下WNEC）を設立しCVTの生産を開始した。

その後、中国市場でガス絶縁開閉装置の普及が加速される状況を踏まえ、2002年にGIS用ガス絶縁変成器

の製造会社を設立した。この会社は、CVTの合弁会社成功のもとに築かれた無錫市政府との良好な関係と理解の下、無錫市の国家開発工業区内に独資にて、日新（無錫）機電有限公司（以下NEW）として設立された。

設立以降順調に業績を拡大してきたCVT事業は、当初の国営会社内の敷地が手狭になり、2005年に国家開発工業区内のNEWの敷地内へ移転した。さらに2003年頃まで輸出形態で納入してきた超高压変流器（CT）に関して、2004年にNEWへ技術移管することにより、中国市場に対応する為の変成器事業の主要機器は全て、製造拠点を無錫市に一本化された。

1.2 主要変成器の製造拠点の推移

当社の変成器製造拠点は、表1に示すとおり国内においては当初京都の本社工場にて生産開始され、1970年に前橋製作所内に専用工場を建設し全面移転した。

* グローバル事業本部
** 日新（無錫）機電有限公司

国内の超高压系統整備に合わせ製品化された500kV級変成器、および輸出市場に対応した800kV級変成器、いずれも前橋製作所において品質管理体制も含めて確立された。

中国市場での変成器生産拠点である無錫地区子会社には、製品および技術を1995年以降順次移管してきた。技術移管後も品質管理体制の維持については、前橋製作所の所管部門より継続的な指導、支援を継続している。

表1 変成器の製造拠点の推移

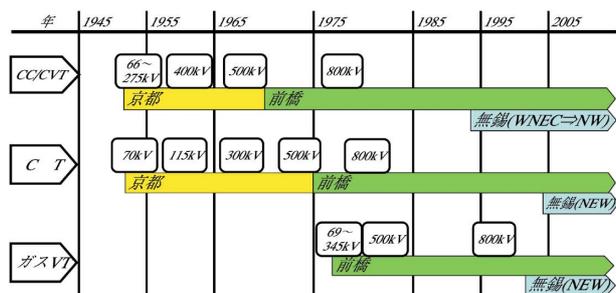


表2は現在無錫地区子会社において生産している変成器の電圧階級を示す。

表2 無錫地区子会社における電圧別製作範囲

機種	66kV	170kV	500kV	800kV
CVT/CC				
C T				-
Gas	単相			-
-VT	三相		-	-

2. コンデンサ形計器用変圧器 (CVT) 事業の歩み

2.1 無錫電力電容器廠 (WPCF) との合併

1990年代前半CVTの需要は旺盛であり、国営コンデンサメーカーは挙ってCVTの生産を開始したが、特に高電圧では信頼性が低く、輸入品が主流を占めていた。当時、欧州メーカーとの合併の動きが画策されたが、国営企業の体質が原因で実現していなかった。WPCFとの合併会社の設立に当たっては、次の2点を中心に交渉に当たり、1995年2月WPCF敷地内に合併会社 (WNEC) を設立した。

当社の経営スタイルを導入し、国営企業の体質の脱皮を目指すこと

当社の技術指導のもと、有能な技術者、製造者を多く合併会社に確保すること

この考え方が成功の鍵になったと確信している。

当時のWNECの成功は稀有な例で有り、その後の当社の各種中国事業展開に大きな影響を与えた。



図1 WPCF敷地内の合併会社 (WNEC)

2.2 合併会社での生産開始

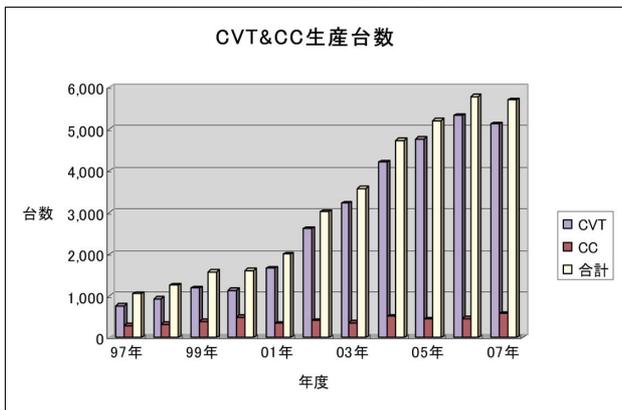
当時の中国製のCVTは国家標準設計が存在し、それに準じて、各地の製造者 (主として電容器廠) が生産しており、結果的に製造スキルと品質管理体制の差が優劣を決定していた、といっても過言ではない。合併会社では、当社の豊富な輸出市場で培った独自の技術を織り込み、結合コンデンサ (CC) の誘電体は現地原材料を使用し最適設計すると共に、変圧器および共振リアクトルは構造を一新した。特に乾燥・含浸処理は日本製設備を設置し特段の配慮を実施した。この結果、外観も含めて国家標準品と一線を画し、輸入品と同一品質を誇る製品として市場で認知されるに至った。1996年の年間生産量は約500台程度であったが、2000年には3倍の1,500台を生産し、更に2004年度には4,000台を達成し、2000年に増産対応として工場増設を実施したが当初の敷地では生産しきれない状況に至った。

2.3 コンデンサ事業との合体と国家開発工業区への移転

当社のコンデンサ事業もWPCFとの合併会社を2001年に別途設立し、無錫市内に拠点を構えた。共にWPCFをパートナーとする合併会社であり、かつ営業ルートも共有することよりCVT事業とコンデンサ事業を統合すると共に、WPCF自体を完全買収し、新たに無錫市機械工業局を合併パートナーとして、2003年開発工業区に日新電機 (無錫) 有限公司 (以下NW) を設立した。一方、CVT事業は旧敷地内での増産対応が限界に達し、2005年に国家開発工業区内のNEW敷地内に新たに建設した新工場へ全面移転した。

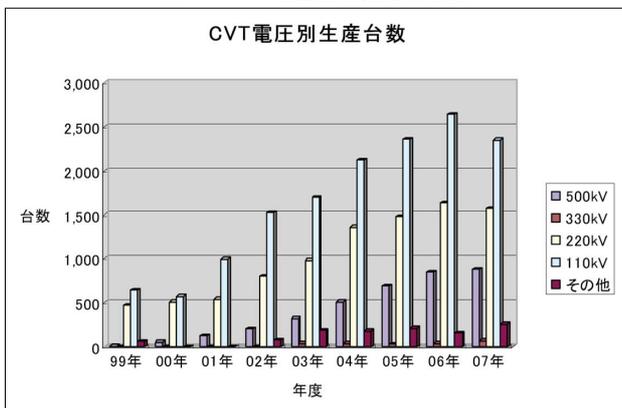
以降、毎年操業の年度目標を超過達成し、表3に示す通り2005年度には単年5,000台を超過した。2003年以降、中国市場でのCVTではトップシェアを維持している。

表3 CVT/CC生産台数推移



また表4に示すとおり、電圧別の生産台数は全電圧階級に亘って高い伸びを示している。特に500kV級については、信頼性が評価され約50%の市場占有率を有している。

表4 CVT電圧別生産台数推移



2.4 750kVおよびUHVプロジェクトへの参加

2005年に、750kV送電システムの運開、2006年には武漢高圧研究所内へのUHV実規模実験線設置等、中国内の電力供給設備投資は高い伸びを示している。当社のCVT事業に関してはこれまでの高い品質が評価され、いずれのプロジェクトへも参加している。



図2 750kV CVT現地据付状況



図3 UHV(1000kV) CVT実地試験

2.5 JIT改善活動の導入

2005年の新工場移転後、市場の需要要求を満足させるべく増産を重ねてきたが、更なる生産効率向上を目指す為、2007年度よりJIT改善活動を導入した。本改善に関しては、日本より専門講師を招聘し、最初は幹部対象に社内自主研究会に参加し、JIT改善の概念習得を図った。

CVT事業部では、Tr組立ラインをモデルラインに指定し、実践～講師講評～改善を繰り返し、図4に示す台車使用による一台流しラインを構築した。以降、改善対象を拡大し、CC組立からTr巻線工程に順じ拡大している。無駄取りを重視して活動しているが、改善前後での一人当たりの生産性、および敷地面積の比較を表5に示す。



図4 CVT/Tr組立一台流しライン

表5 JIT改善前後の比較(月産操業500台ベース)

	製造人員	生産台数 (台/人月)	敷地面積
改善前	90人	5.5	3,600m ²
改善後	73人	6.9	3,000m ²

3. GIS用ガス絶縁VT事業の歩み

3.1 独立資本にて新工場建設

2000年以前より中国国営のGISメーカーへ110～220kVガス絶縁VT（以下GVT）を輸出していた。電力需要の今後の増大、特に旺盛な投資環境にある沿岸部ではコンパクトなガス絶縁開閉装置の需要が急増することが見込まれたため、2002年4月に無錫市国家開発工業区へ独立資本にてガス絶縁変成器を主製品とする、NEWを設立した。



図5 NEW新工場全景

NEWで生産するGVTは、日本で輸出仕様品として開発された最新型の機種を選定した。生産設備および試験設備についても、25年におよぶ日新電機の経験とノウハウを全て投入したものである。中国の高速道路は米国に次ぐ延伸長を誇るが、高速道路以外の道路事情は、まだまだ悪路が多いこと、またトラック等への積込、積降等の取り扱いが十分管理されていない事情を勘案し、特に従来からGVTの弱点とされてきた高圧コイルの強度に関し管理加速度5Gを遥かに上回る強度を全機種確保する仕様としている。

3.2 中国市場向けの生産状況

2002年当時、信頼できるGVTの供給メーカーは中国に一家しかない状況であった。当初日本製のGVTを採用して頂いていた中国GISメーカーからは中国生産のGVT拠点づくりは、歓迎して頂いた。日本製と全く同品質を確保した試作品による国家型式試験後、中国当局の生産許可証を受領し、本格的な生産を2003年より開始した。当初は回路電圧110kV / 220kV級が主であったが、以降GISの高電圧化が進むのに歩調を合わせ、表6に示す通り330kV～500kV級を順じ国産化し市場投入している。

表6 GVT各電圧の国産化状況

電圧階級	国産化認証	納入開始年
110/220kV	2002年	2003年
330kV	2004年	2004年
500kV	2005年	2005年

前述したとおり、日本と全く同品質を確保するために以下のことを継続的に実施している。

品質面で重要な部品は日本より継続的輸入

中国製に切替える部品は日本にて品質確認し合格後適用

製造面と品質面の管理では、定期的に日本よりSV（指導者）を派遣し、スキルを維持管理。

しかしながら、中国での現業作業員雇用事情は日本とは全く異なり、全ての進出企業が直面する課題であるが、人員の入れ替りが非常に激しい。最も苦慮しているのは上記の製造スキルの維持であり、新人採用後はSVの教育訓練を経た後実践投入するため、定期的というよりはほぼ隔月日本からSVを招聘し品質を維持している。

また無錫市のある江南（長江の南）地区は特に春から秋にかけて高温多湿な環境であり、機器自体の残存水分管理を行なうために、十分な処理容量をもつ乾燥炉と真空処理装置を設置している。



図6 乾燥炉と真空処理装置

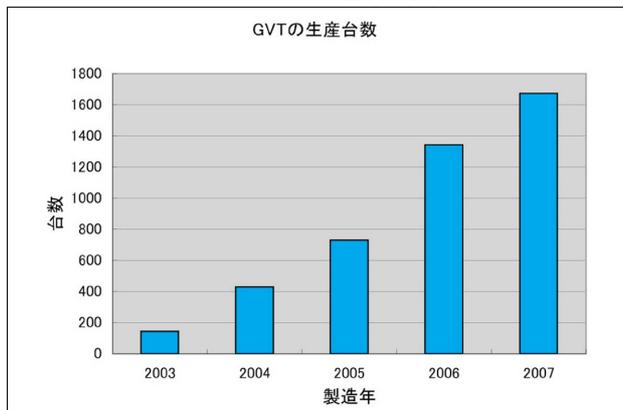
設立当初の顧客GISメーカーは国営大手、および現地進出の日系GISメーカー等6社程度であったが、GISメーカーの進出にあわせ、現在では15社程度にGVTを供給している。

中国市場では、GVTの機器定格に関しては、GB規格を始めとする国家標準が整備されており、母線用・線路用でほぼ決まっており、量産化の観点では生産しやすい。従って増産対応に関しては、日本の生産管理ノウハウが発揮しやすい状況と言える。

3.3 年度別の生産台数

2003年度の本格生産開始以降、操業は順調に推移し、表7に示すとおり毎年二桁の伸びを残している。特に中国国内では110kVおよび220kV GISが毎年50%近く増加されていることから、GVTに関しても年々増加傾向にある。

表7 GVTの生産台数推移



新工場は建設当初より日本にて培った合理化ノウハウを活用し、合理的な生産ラインを築いてきた。2008年度の生産台数は2007年を上回るのほぼ確実な状況であり、製品品質を落とすことなく更なる生産合理化に努めねばならない。

3.4 今後の課題

GISの適用が拡大されるに伴い、GVTも順調に生産を拡大してきた。GISが最終顧客に認知されると共に、GVTに対する顧客の要求も年々増加しており、特に外観に関しては容器のアルミ化、更には鋳物化等のニーズが増しており、これら要求にタイムリーに対応する必要がある。中国市場での機器定格はほぼ不変であるが、GISの競争激化とともに一部海外案件にも参加するGISメーカーもあり、GB規格からより広範なIEC規格対応のバリエーションも考慮しないとイケない。品質管理面は言うまでもなく、より一層日本との連繋を密にして対処する所存である。

4. 変流器 (CT) 事業の歩み

4.1 超高压CTの製品移管

当社の超高压CTは広く世界市場に日本から輸出しており1990年代には仕様の厳しい米国へ800kVCTの納入実績を有している。なおかつCVTのような回路並列接続機器でなく回路直列機器であるCTに関しては、運転中爆発事故を生じた例は世界中で枚挙を厭わない。しかしながら当社の油入CTは爆発事故の経験がない非常に信頼性の高いものである。

CVTの合弁会社が順調に軌道に乗った1998年当時、中国側合弁パートナーよりCTも合弁開始したい、という機運があったが、合弁側にCTの製作経験がないこと、またCTの品質上の問題などで、合弁は実現しなかった。また中国国産品のCTは信頼性の問題で、変成器のなかでは最後まで輸入品採用が続いていた。当社でも2004年迄日本から500kVCTを輸出してきた。



図7 日本製500kVCT運転状況

中国での国産化優遇政策と防爆型ガス絶縁CTの登場により、輸出対応は損益的にも厳しい事態になり、2004年NEWに対して500kV級までのCT技術移転を実施した。

4.2 NEWでの500kVCT生産状況

500kVCTに限れば高圧側の絶縁は最も信頼性を確保することが重要課題であり、高圧(一次)コイルは前橋事業部で生産したものに真空包装を施しNEW工場に搬入し、現地生産の二次コイルをはじめとする他部品と最終組立を実施することで初期の品質を確保した。弊社の超高压CTは生産性を重視し、かつ耐震性にも優れた正立形(重量物である鉄心を下部に配置し重心位置が低い)であるが、防爆型のガス絶縁CTと高圧側のコイル構成が単純なため低価格化に有利な倒立形(鉄心を頭部に配置し一次コイルが直線導体のみ)が市場に受け入れられ苦戦を強いられる状況である。一部の電管局では、信頼性重視で油入正立形が支持されるが、大多数は入札仕様書にて正立形は明記されない状況である。

表8 正立形500kVCTのNEW製作実績

2005年	2006年	2007年	2008年
30台	42台	50台	45台

4.3 中国市場向けの製品開発

世界的には正立形が耐震性に優れていることは事実であるが、近年地震のなかった中国では利点としては認められなかった。四川大地震の影響で若干の環境変化の可能性はあるが、大勢としては正立形のみでは事業として成立させるのは困難と思われる。以上より、2007年度より油入倒立形CT、ならびにガス絶縁倒立形CTの開発を実施している。

両機種とも2008年度中に国家型式試験を終了し、生産許可証受領～入札開始を目指している。図8、9に検証状況を示す。



図8 油入倒立形CT型式試験状況



図9 ガス絶縁倒立形CT型式試験状況

5. まとめ

当社の中国市場展開で先駆けとなったCVT合弁会社設立は、成功裏に推移してきた。この合弁会社（WNEC）を通じて得られたノウハウは

- ・ 中国行政当局との協力関係づくり
- ・ 合弁、外資会社設立手順
- ・ 現地会計制度と税制仕組みの対策
- ・ 現地賃金体系の構築
- ・ 現地採用者の教育訓練と中堅幹部の育成
- ・ 各種リスクを乗り越える会社運営方法

等、非常に多岐にわたるものであり、変成器のみならず、コンデンサおよびGISの電力事業展開、更にはその後のファインコーティングや電子線照射装置の事業に至るまで多大な功績を記したのは間違いのない事実であろう。

しかしながら現実には視点を移すと、中国全土に膨大な日系、韓国系をはじめとする外資企業が進出しており、あらゆる製品に関して一段と高い競争が待ち受けているのは事実である。

更に経済成長が二桁台で成長する現況で、いつ中国の法律が変わるか分からないリスクも年々増大している。

変成器に関しては、同じ電圧変成器に属するOpen変電所用のCVTとGIS用のGVTの需要がいずれ拮抗、または逆転する事体も予測される。

現在の無錫プラントは、中国市場を見据えた拠点から、よりグローバルな事業展開にむけた拠点として発展展開する必要があり、日本の関係事業部と一丸となって努力する所存である。

執筆者紹介



小林賢司 Kenji Kobayashi
日新（無錫）機電有限公司
副総経理



川淵芳樹 Yoshiki Kawabuchi
グローバル事業本部
変成器事業部
設計部長



明賀章 Akira Myoga
グローバル事業本部
変成器事業部
設計部主幹



中橋昭雄 Akio Nakahashi
グローバル事業本部
変成器事業部長