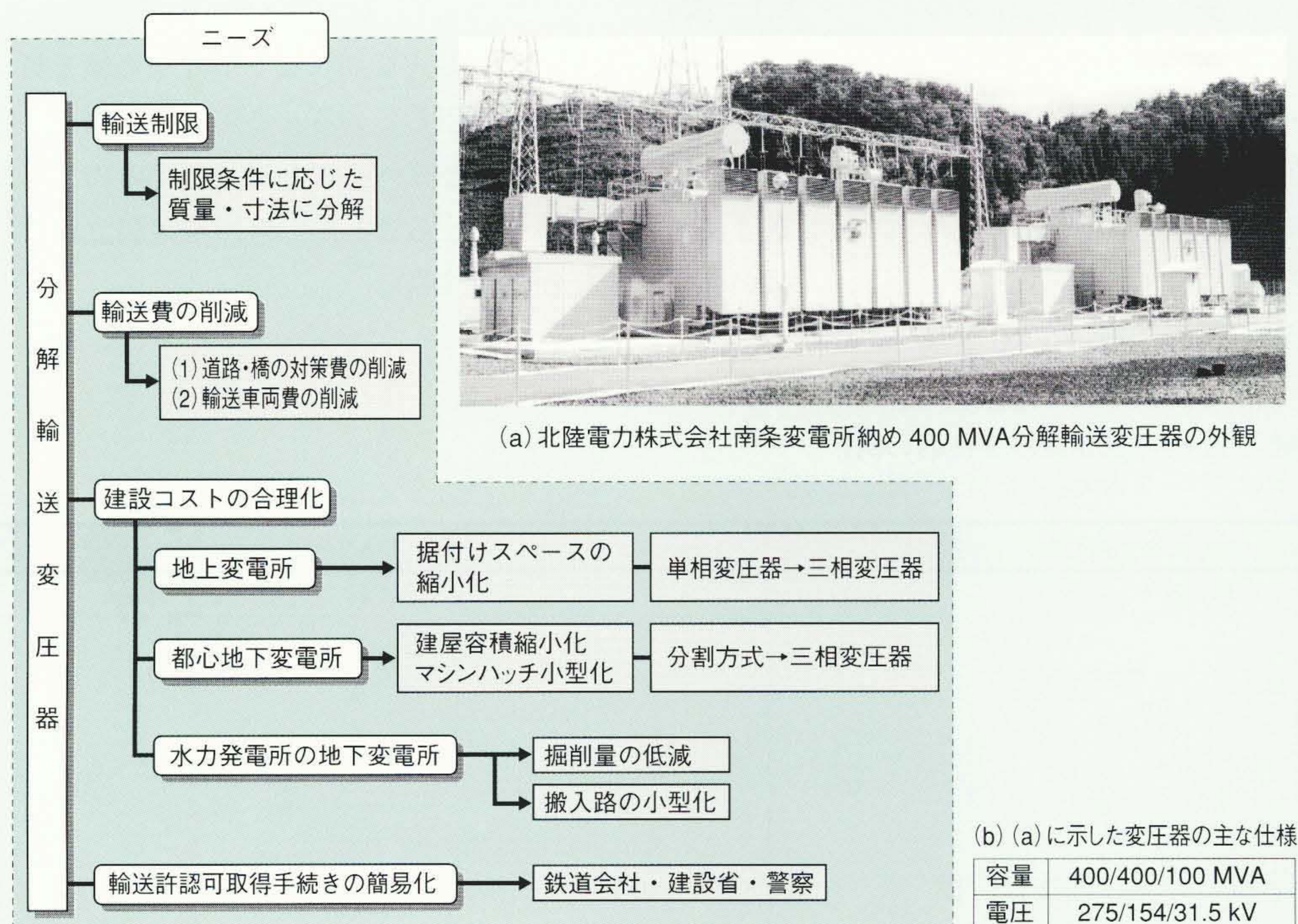


大容量分解輸送変圧器

Development of a Site-Assembly Transformer

三瓶宏幸 *Hiroyuki Sampei* 赤津勝利 *Katsutoshi Akatsu*
木内一之 *Kazuyuki Kinouchi* 太谷隆康 *Takayasu Ôya*



分解輸送変圧器のニーズ

日立製作所は、変圧器のトータルコストミニマムを達成する手段の一つとして、分解輸送変圧器の適用を図っている。

大容量変圧器については、輸送費削減によるトータルコストミニマム化や現地組立後の機器縮小化などの観点から、分解輸送方式を基本とする計画が増加している。

日立製作所は、1980年代後半に鉄心分割法・組立法の改善、防湿フィルムの再評価を織り込んだ分解輸送技術を開発し、1989年に220 kV 250 MVA分解輸送変圧器を製作し、九州電力株式会社上椎葉発電所に納入した¹⁾。

今般、これらの技術を500 kV級変圧器までに適用するにあたり、最新のフィルム材の適用や現地組立法の改善などの要素技術の見直しを行うとともに、500 kV 1,000 MVA変圧器1相分の試作モデルを製作し、製作工程ごとの検証を行った。この技術は、1999年3月に工場完成した北陸電力株式会社南条変電所納め275 kV 400 MVA変圧器に適用している。

今後、次期500 kV 1,000～1,500 MVA変圧器へも順次適用していく計画である。

1 はじめに

大容量変圧器については、輸送手段の発達していない1950年代後半に275 kVクラスまでは分解輸送方式を採用していたが、その後、シュナーベル貨車・トレーラの進歩によって組立輸送方式が全面的に採用されるようになり、現在に至っている。

一方、最近では鉄道会社の貨物取扱駅の漸減や道路通行の制限強化などで重量物輸送の環境が年々厳しくなってきたおり、一般トレーラ輸送によって輸送費の大幅な

削減が可能となる「分解輸送方式」が見直されている。また、輸送上の制限から単相構成で組立輸送を行っていたものについては、完成姿を三相一体形にできることから、機器の据付けスペースの縮小が可能となる。

ここでは、分解輸送要素技術の開発内容と、500 kV 1,000 MVA変圧器1相試作での検証結果について述べる。

2 分解輸送変圧器の概要

通常、大容量変圧器の輸送は、工場試験後にブッシングやクーラなどの外部部品を解体し、本体タンク内に鉄

心や巻線などの中身を取納した状態で行っている。一方、分解輸送変圧器では、工場試験後に鉄心・巻線・タンクなど主要部品単位に分解し、現地で再組立を行う。各分解単位は、一般の低床トレーラで輸送が可能な寸法・質量とすることが大きな特色である(表1参照)。現地での中身組立時には、組立建屋(クリーンハウス)を設置して、鉄心・巻線の組立とリード線・タンクカバーの取付けを行う。タンク取付け後は、組立輸送方式と同様に外部部品取付け・絶縁油注油・完成試験を行う。工場完成後の分解・輸送・現地組立の流れを図1に示す。

日立製作所は、組立輸送方式でこれまで実績のある標

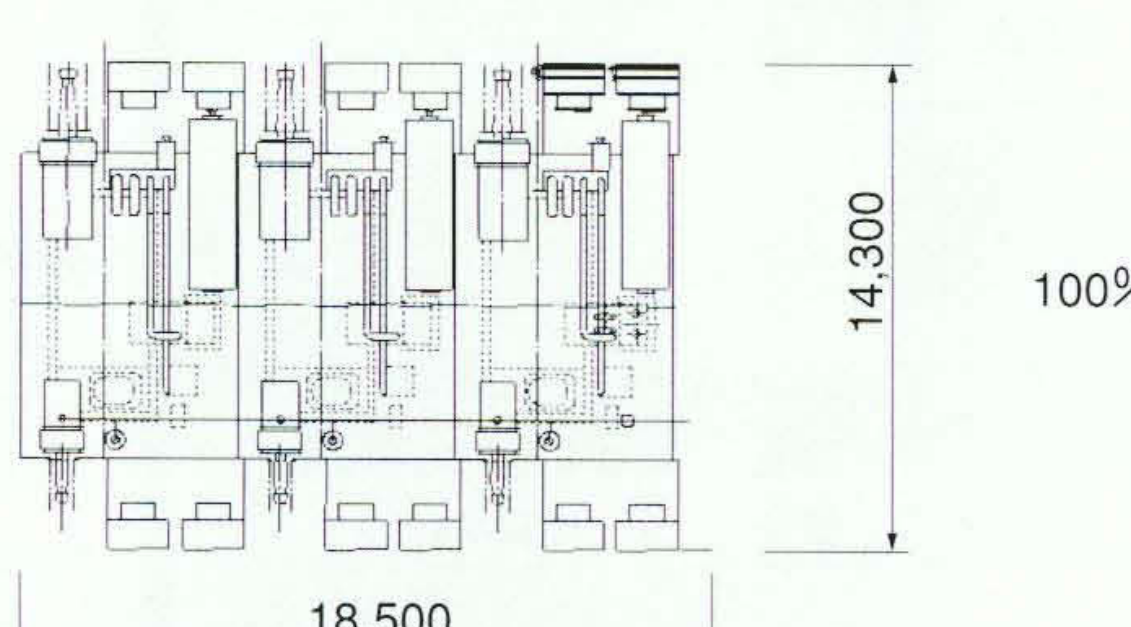
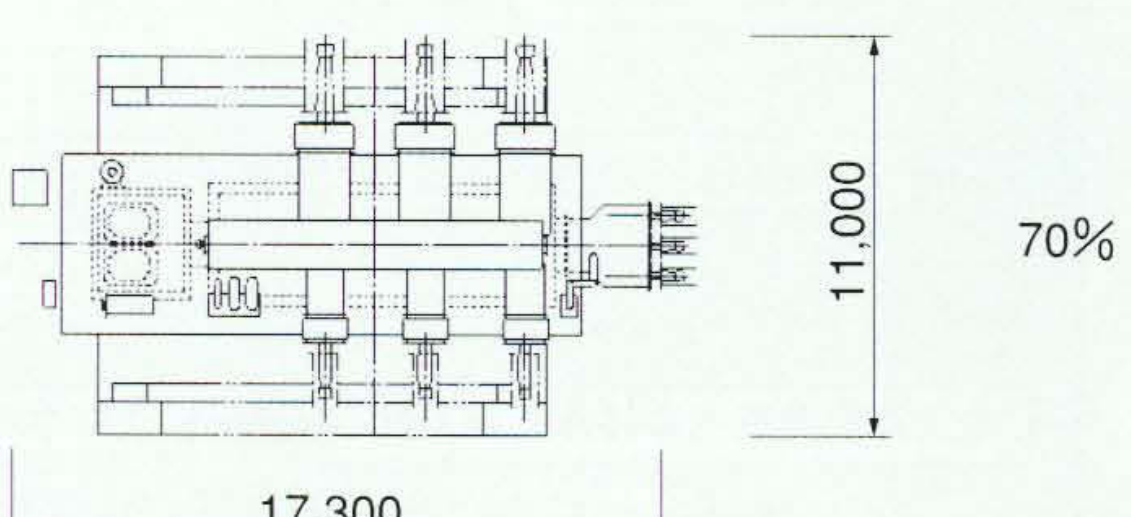
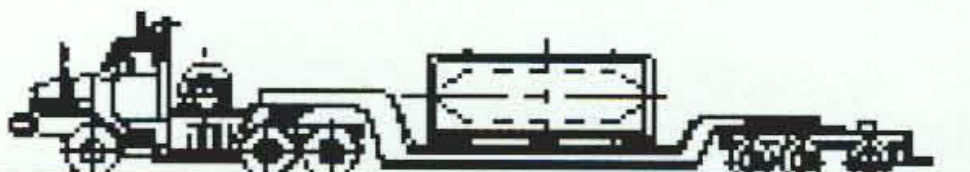
準鉄心構造を分解輸送方式にも適用することにより、変圧器の安定した性能と長期信頼性を確保している。

3 分解輸送変圧器の構造

3.1 鉄心

鉄心には、組立輸送方式でこれまで十分な実績を持つ「主脚非分割方式」を採用している。この方式は鉄心特性に優れているうえ、脚とヨークごとに分割するので、輸送寸法・質量を最小とすることができ、現地組立時の取扱いも容易となる(表2参照)。

表1 大容量変圧器の輸送方式比較(500 kV 1,000 MVA変圧器の例)
分解輸送方式では、輸送質量と据付けスペースの大幅な削減が可能となる。

輸送方式	組立輸送方式	分解輸送方式
構成	単相器×3台	三相器
据付けスペース	 100%	 70%
輸送姿	シュナーベル式トレーラ 	低床トレーラ  (鉄心輸送の例)
輸送質量	100%	25%

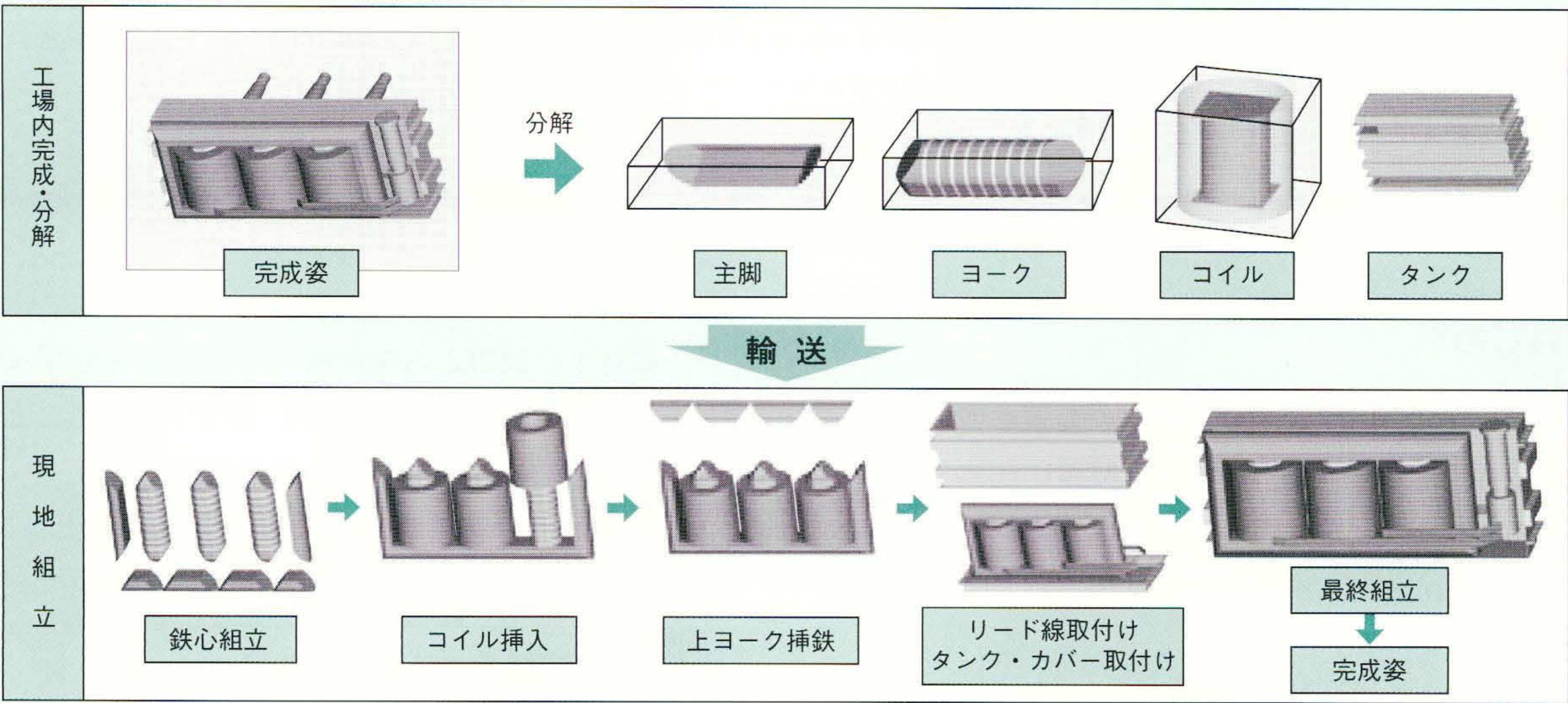
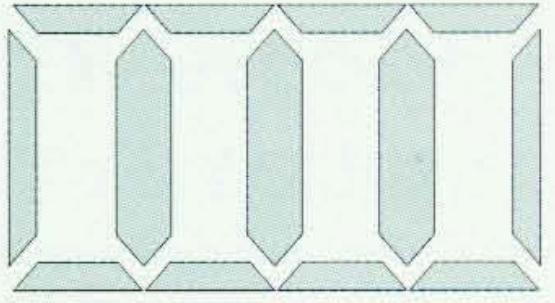
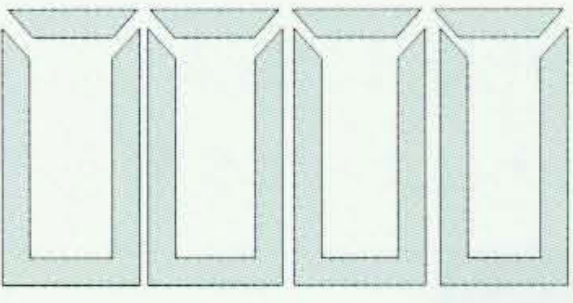


図1 分解輸送変圧器の工場完成後フロー
主要部品ごとに分解して輸送し、現地で再組立を行う。

表2 主脚非分割方式と主脚分割方式の鉄心特性比較

日立製作所は主脚非分割方式を採用し、安定した性能(鉄損，騒音の面)を確保している。

分割方式	主脚非分割方式	主脚分割方式
項目		
最大分解輸送質量	100% (輸送寸法：小)	125% (輸送寸法：大)

3.2 巻線

巻線は基本的に1相分を一体構成とし、輸送・現地作業を最小限にとどめている。輸送・現地組立時の絶縁物の吸湿防止と防じんのため、工場解体時にフィルムでコイルを梱(こん)包して外気と遮断する(フィルムパック)。フィルムはタンク取付け直前にすべて取り外し、最終的にはフィルムをタンク内に残さないようにすることにより、長期的にも変圧器の絶縁特性の安定化が図れる。

3.3 タンク

タンクは基本的に3分割(上・中・下)としているが、低床トレーラの輸送制限との兼ね合いで、分割数の増減は可能である。また、下タンクは鉄心組立時の雇い(ジグの一種，図2参照)も兼ねており，組立作業の簡素化に貢献している。

4 要素技術の開発

九州電力株式会社上椎葉発電所納め250 MVA変圧器の分解輸送実績を踏まえ，フィルムパック材質選定やクリーンハウスの検証，鉄心組立技術改良などの要素技術の開発を行った。

4.1 フィルムパック

防湿フィルムとしてこれまで使用されている材料は，フッ素系のものである。これらフッ素や塩素を含む材料は，環境への影響の観点から今後は使用が制限される方向にある。このため，取り外した後に焼却処理が可能な，地球環境に優しいポリオレフィン系樹脂フィルム(ポリエチレンやポリプロピレンなどの総称)の適用を検討した。その結果，オレフィン系樹脂フィルムは透湿度が低く，かつフィルムパックに求められるさまざまな要件[静電気が帯電しないこと(防じん安全性)など]を満たすことを確認した。

4.2 現地組立室(クリーンハウス)

工場内と同等の中身組立環境を現地に作るためのクリ

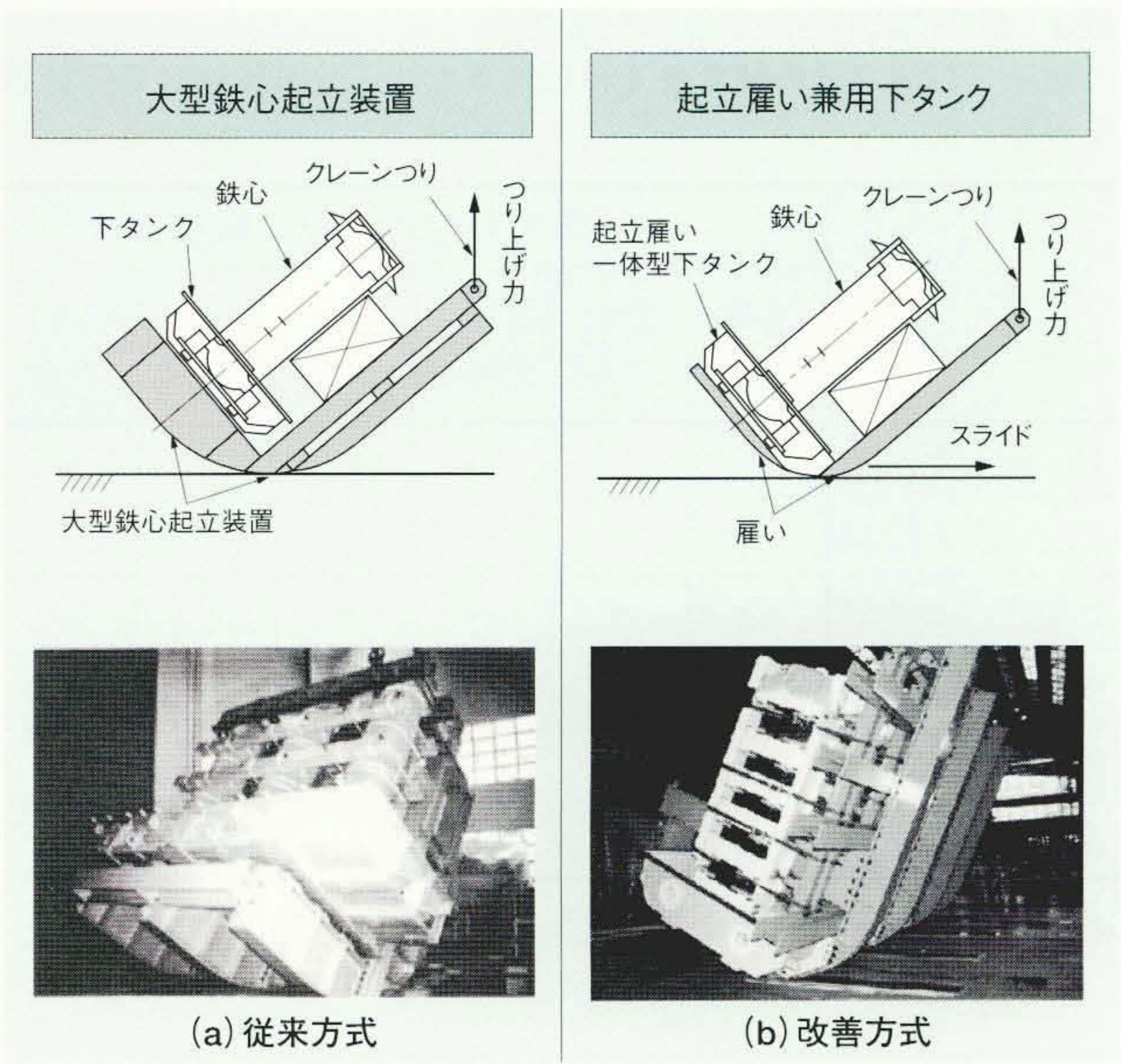


図2 鉄心組立技術の改善
下タンクを起立雇い兼用とすることにより，作業の簡素化を図った。

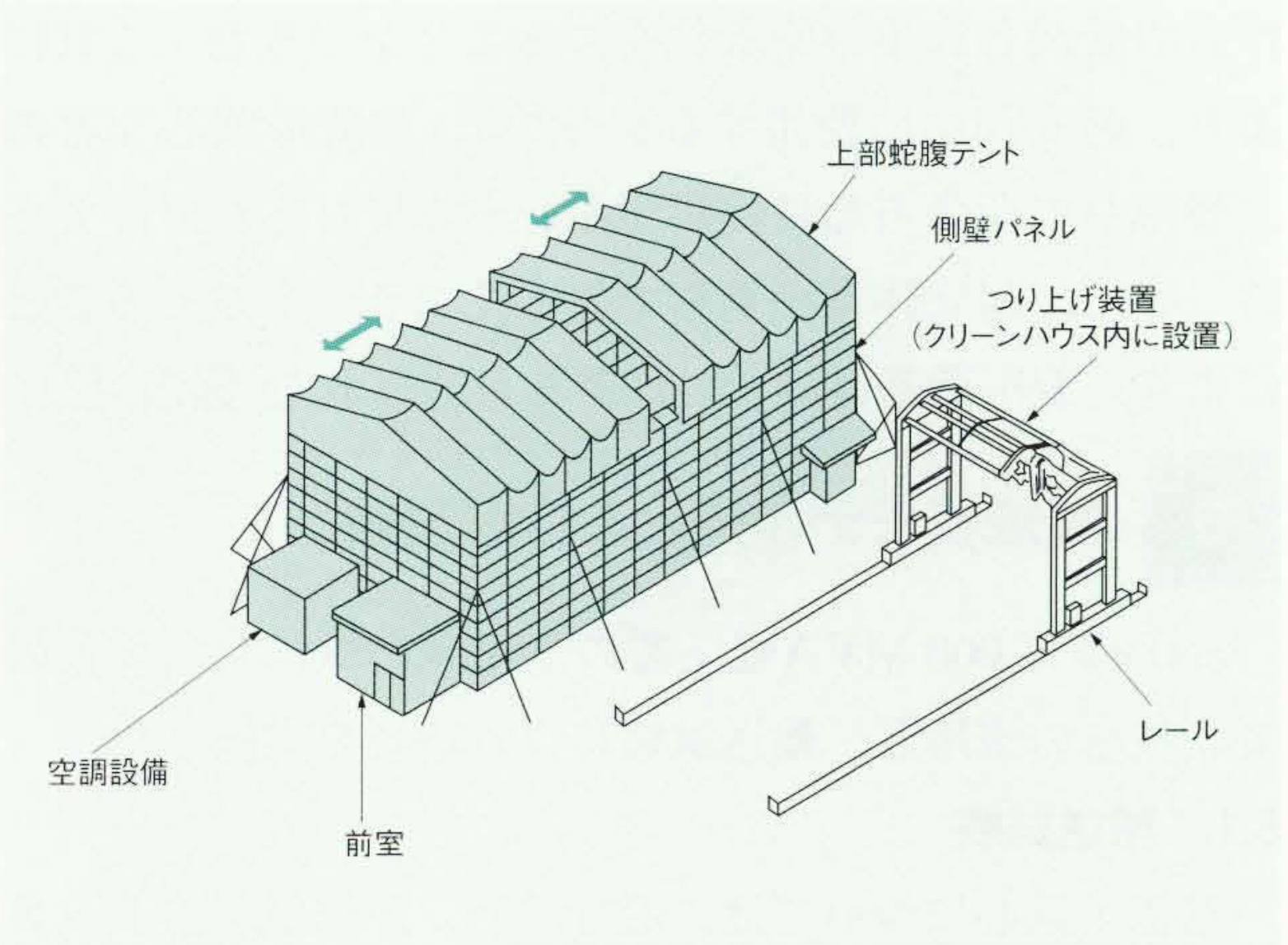


図3 クリーンハウスの構成
側壁・天井(蛇腹式)・前室で構成し，空調設備とつり上げ装置を備えている。

クリーンハウスを工場内に設置して，作業性や空調性能を検証した。クリーンハウスの構成を図3に示す。蛇腹式天井は開閉が可能であり，主要重量物の搬入は，天井側からレッカを使用して行う。防じん・防湿の観点から，屋根の開閉回数を極力少なくするため，クリーンハウス内にはつり上げ装置を設置した。

空調設備は乾燥空気発生装置・除湿機・エアコンの併用としており，特に，中身組立中のフィルムパック内には乾燥空気を送気して組立作業中のコイルの吸湿防止を図った。この構成により，クリーンハウス内を工場と同等の環境(湿度50%以下，浮遊じんあい量0.2 mg/m³以下)に維持できることを確認した。

表3 分解輸送特有の現地試験項目

輸送・再組立後の健全性を検証するため、分解輸送特有の試験を実施した。

試験項目	検証項目(輸送・組立時の異常)					
	巻線ずれ	鉄心ずれ	コイルの吸湿	異物混入	締め付け緩み	接触不良
鉄心抵抗	—	○	—	—	—	—
鉄心絶縁抵抗	—	○	—	○	—	—
低電圧インピーダンス	○	—	—	—	—	○
低電圧励磁電流	—	○	—	—	—	○
誘電体損失角	—	—	○	—	—	—
無負荷試験	—	○	—	—	○	○

注：○(各試験項目ごとの検証内容を示す。)

4.3 鉄心組立技術

鉄心組立後の起立作業では、従来の大型鉄心起立装置を廃止し、下タンクを雇い兼用とすることにより、つり上げ力の低減と作業の簡素化を図ることができた。これにより、起立作業に使用するレッカは、巻線や鉄心などの主要部品の荷降ろしに使用するレッカで対応が可能である。また、起立作業の過程で鉄心をスライドさせることにより、変圧器基礎内での作業を可能とした(図2参照)。

5 実規模モデルによる検証試験

500 kV 1,000 MVA変圧器の1相分を試作し、前述の要素技術の適用と、輸送試験による検証を実施した。

5.1 輸送試験

巻線・鉄心については、走行試験、悪路試験、レッカによる落下試験で輸送管理加速度29.4 m/s²以上の加速度を発生させた試験を実施し、輸送後の製品のずれや損傷はなく、異常がないことを確認した。

5.2 分解再組立と再組立後の性能試験

分解・輸送試験実施後の再組立作業を行い、各ステップごとに問題なく作業できることを確認した。また、輸送・再組立後の健全性を検証するため、一般試験項目のほかに表3に示す試験を実施し、異常がないことを確認した。

6 実器への適用

前述の技術を適用した分解輸送変圧器として、北陸電力株式会社南条変電所に275 kV 400 MVA変圧器2台を納入した。この変圧器は、2000年春に運転開始の予定である。

この変圧器の現地据付け期間は、前述の九州電力株式会社上椎葉発電所納め250 MVA変圧器の現地据付け日数実績に対して、70%程度に削減した。また、ユニットクーラ方式の大容量変圧器としては極低騒音仕様のこの変圧器は、磁束の流れが円滑な標準鉄心構造を適用することによって低騒音仕様にも対応できたと考える²⁾。

7 おわりに

ここでは、500 kV 1,000 MVA 1相試作による最近の分解輸送変圧器の開発内容について述べた。

分解輸送は、トータルコスト低減のための一つの手段として位置づけられてきている。今後は、ますます厳しくなると予想される変圧器輸送上の制限の対応策としての面も含めて、これらの技術とノウハウの適用の拡大を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 和田，外：変圧器の環境適合技術，日立評論，73，6，547～554(平3-6)
- 2) 見谷，外：50 dB級400 MVA低騒音変圧器の完成，平成11年電気学会 電力・エネルギー部門大会(第10回)，499(平11-8)

執筆者紹介



三瓶宏幸
1986年日立製作所入社，電力・電機グループ
電機システム事業部 国分生産本部 変圧器部 所属
現在，油入変圧器の設計に従事
電気学会会員
E-mail：hirokyu_sampe@pis.hitachi.co.jp



木内一之
1960年日立製作所入社，電力・電機グループ
電機システム事業部 国分生産本部 所属
現在，電力用変圧器の設計に従事
E-mail：kazuyuki_kinouchi@pis.hitachi.co.jp



赤津勝利
1963年日立製作所入社，電力・電機グループ
電機システム事業部 国分生産本部 変圧器部 所属
現在，変圧器の生産合理化に従事
日本機械学会会員



太谷隆康
1991年日立製作所入社，電力・電機グループ
電機システム事業部 国分生産本部 変圧器部 所属
現在，電力用変圧器の設計に従事
電気学会会員
E-mail：takayasu_ooya@pis.hitachi.co.jp