

高性能復水器の開発

Development of High-performance Condensers for Thermal and Nuclear Power Plants

火力・原子力発電プラントの大容量化が進むにつれ、復水器も大形化し、プラント全体の省エネルギーの観点から高い性能と信頼性を維持することが強く要望される。日立製作所ではこの要請に応じて、復水器冷却管の選択はもちろんのこと、早くからその配列法につきモデル復水器を用いて基礎検討を重ねてきた。その結果、タービン排気主流を管巢上部から下方に向かう強い流れを形成させることにより、管巢下部での蒸気流れを空気抽出口に向かうラジアル状とし、蒸気流動の円滑化と復水器性能の向上を可能とするバランスドダウンフロー形管配列を開発し、実機に適用して優秀な成績を収めている。特に、蒸気流動損失の低減による真空度の向上は、タービン出力の増大に有利である。

そこで、各種管配列モデルによる基礎実験、及び本配列法になる実機運転結果の考察から、本技術の特長について紹介する。

1 緒言

復水器は、タービン背圧の低減により有効利用熱量の増大を図り、排気蒸気を速やかに復水して、ボイラ給水の回収を図るものである。したがって、この機能を有効に発揮させるには、主要構成体である冷却管自体の伝熱性能の向上とともに、多数の冷却管を配列して形成する管群の伝熱性能が高い管巢形状の開発が設計のかなめとなる。一般に、伝熱性能の向上を意図して管形状を工夫したり、管内流速を高めて境膜熱伝達率を大きくすることが考えられるが、冷却水ポンプ動力の増大を招き抜本的な解決にならない。復水器性能のバロメータともいえる真空度、復水の過冷却度は管巢形状によるところが大きく、プラント全体の熱経済性を左右する。しか

し、実機を同一条件下に並べ、それらの性能を比較することは困難なため、開発に当たって、多くの模型実験による評価が不可欠である。

そこで、2次元浅底水流モデルによる管巢内蒸気流れの観察、及び実機とほぼ相似な復水器機能モデルによる復水器性能の評価、管外液滴の影響、復水の再熱などの実験検討^{1),2)}を行ない、蒸気流動及び熱的に優れたバランスドダウンフロー形管配列を開発した。その主な特長は次に述べるとおりである。(1) 管巢上部からのダウンフローを主流とし、管巢下部では、これをラジアルフローに転換することにより、停滞域のないスムーズな蒸気流動と均一な蒸気分配を達成できる。

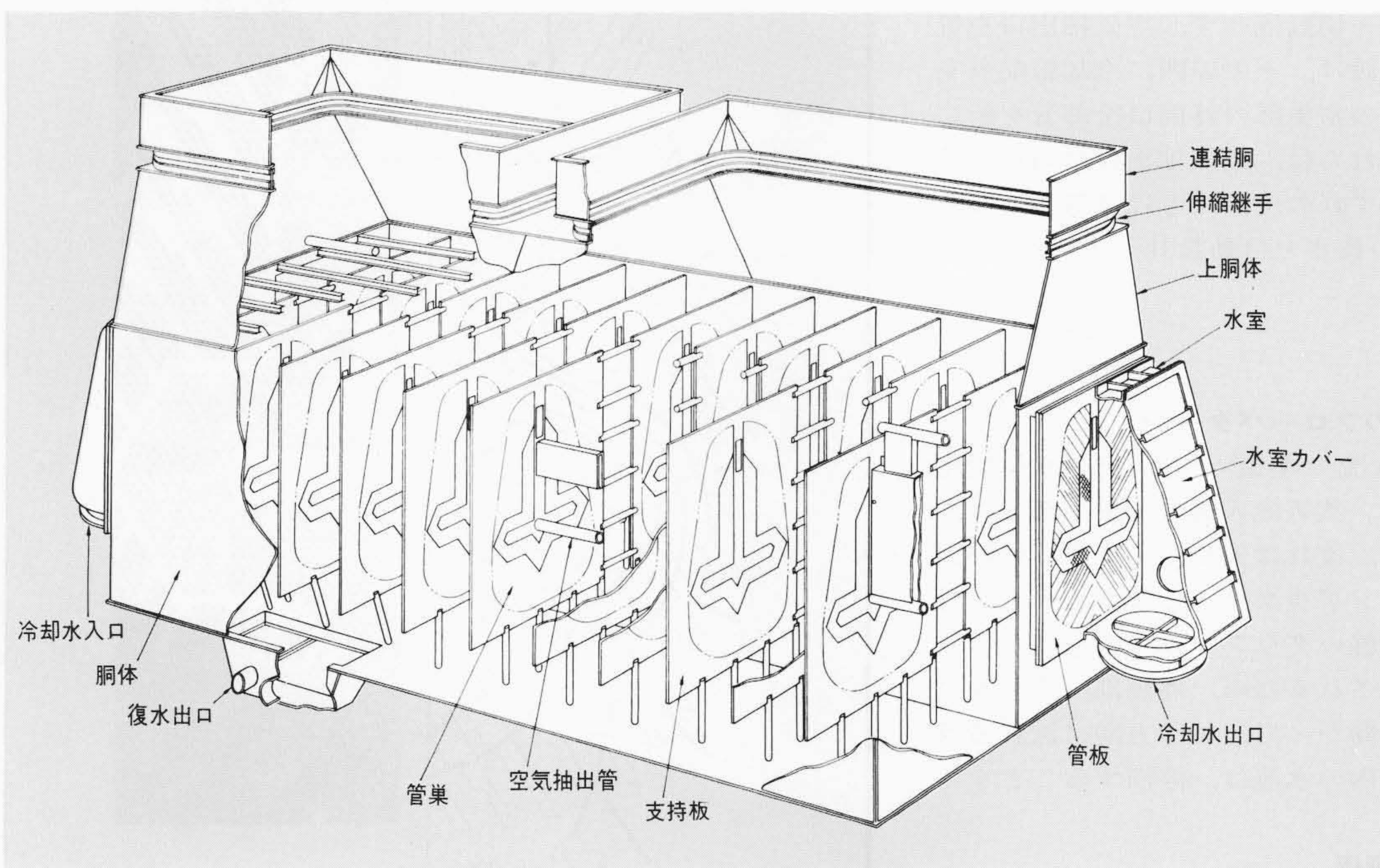


図1 バランスドダウンフロー形復水器構造図
一折流角形で、左右二つの管巢をもつ。

* 日立製作所日立研究所 ** 日立製作所日立研究所 工学博士 *** 日立製作所日立工場

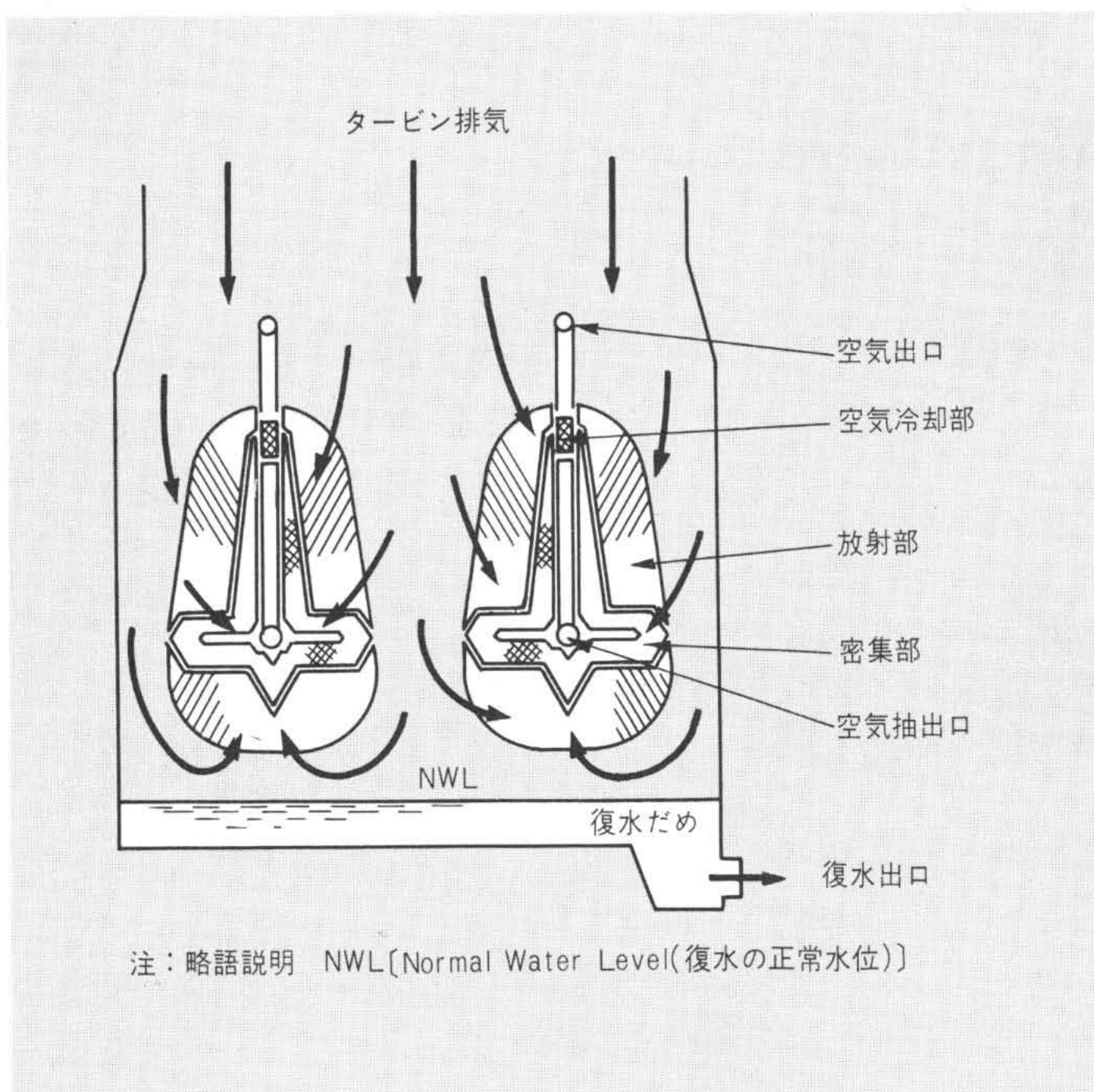


図2 管配列とフローパターン ドレン切り仕切板のないことが特徴である。

(2) ドレン切り仕切板を設置せず、蒸気流れの速度エネルギーを円滑に圧力エネルギーに換えることにより、管束の蒸気流動損失を低減し、高い真空度を達成できる。

(3) 均一な蒸気フローパターンは復水の再熱効果を助長し、復水過冷却を小さくでき、プラントの効率向上に有効である。

2 管配列基本構造

バランスドダウンフロー形管配列を半区分形に配置した復水器構造を図1に、その管配列の基本構成とフローパターンを図2に示す。蒸気流れの抵抗となるドレン切り仕切板、空気冷却部を区画する仕切板を一切設置せず、空気抽出口を管束中央よりも若干低い位置に設け、その周囲に冷却管配列を密にした密集部を設ける。この密集部の外周に冷却管を粗に配列した放射部を設ける。これらは、空気抽出口に向かう蒸気流れの管束内流動損失がいずれの位置でもほぼ等しくなるように、密集部及び放射部の長さを自動設計システム¹⁾により適正に定める。

3 管束内蒸気流動

3.1 2次元浅底水流モデルのフローパターン

冷却管外側の蒸気流動を水流で模擬^{1),3)}し、その水位変化を観察した結果を図3に示す。蒸気流入側の管束上部では、下部に向かって水位が低下し、流れは矢印で示すように外周から空気抽出口に向かってラジアルフローとなる。一方、管束下部では上部で形成された強いダウンフローの速度エネルギーが圧力エネルギーに変換されるため、外周部の水位が高まり、ここでも空気抽出口に向かって、矢印方向に流れるラジアルフローを呈する。管束内の水流は、停滞することなく円滑な流れを示している。

3.2 機能モデルによる性能評価

実機では二つの管束で構成されているが、機能モデルは、一つの管束に注目し、その形状が左右対称であることから $\frac{1}{2}$ 管束とした。そして、冷却管直径を実機の $\frac{1}{3}$ とし、冷却管本

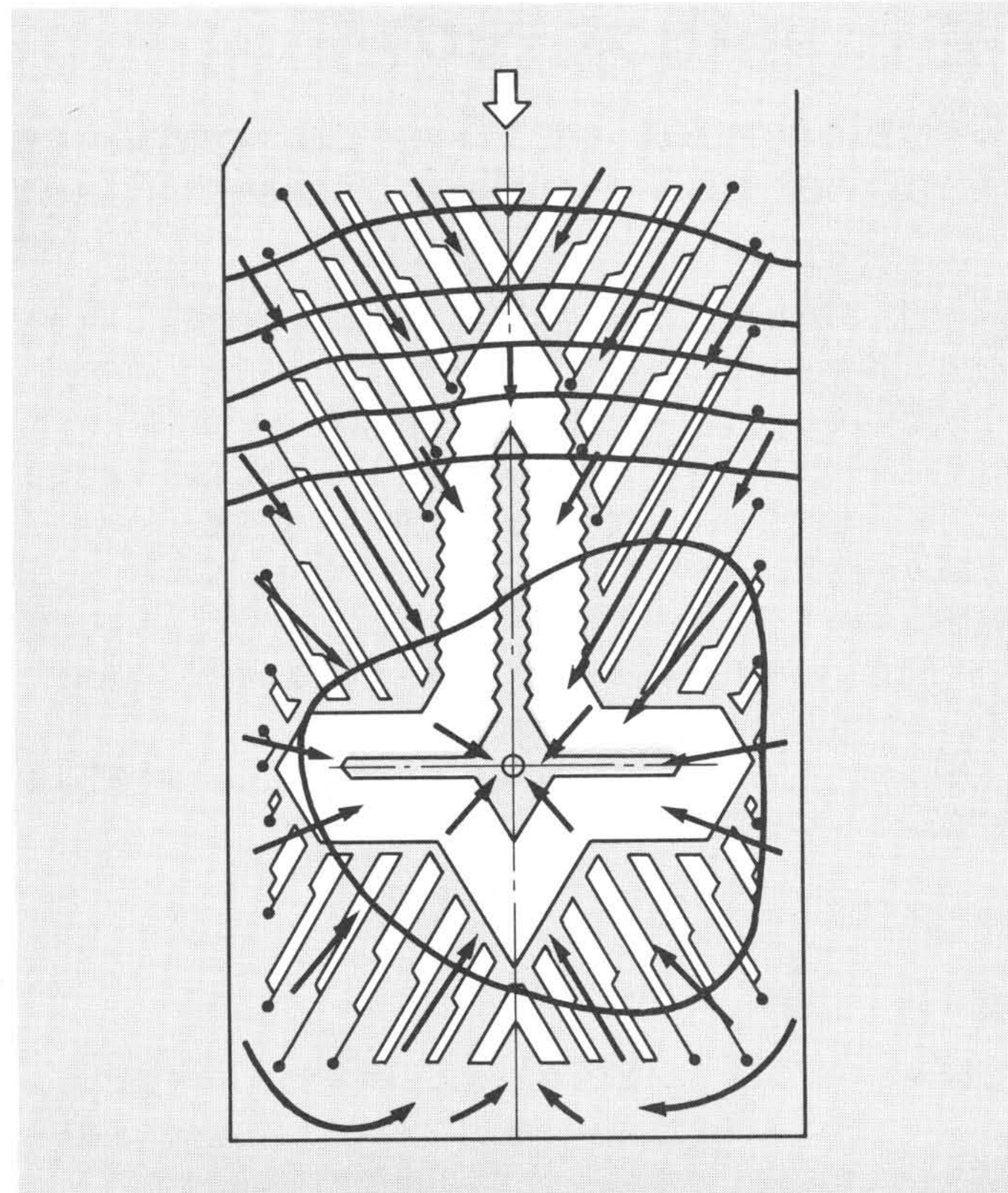


図3 等水位曲線 矢印は流れを示し、空気抽出口へ向かうフローパターンとなっている。

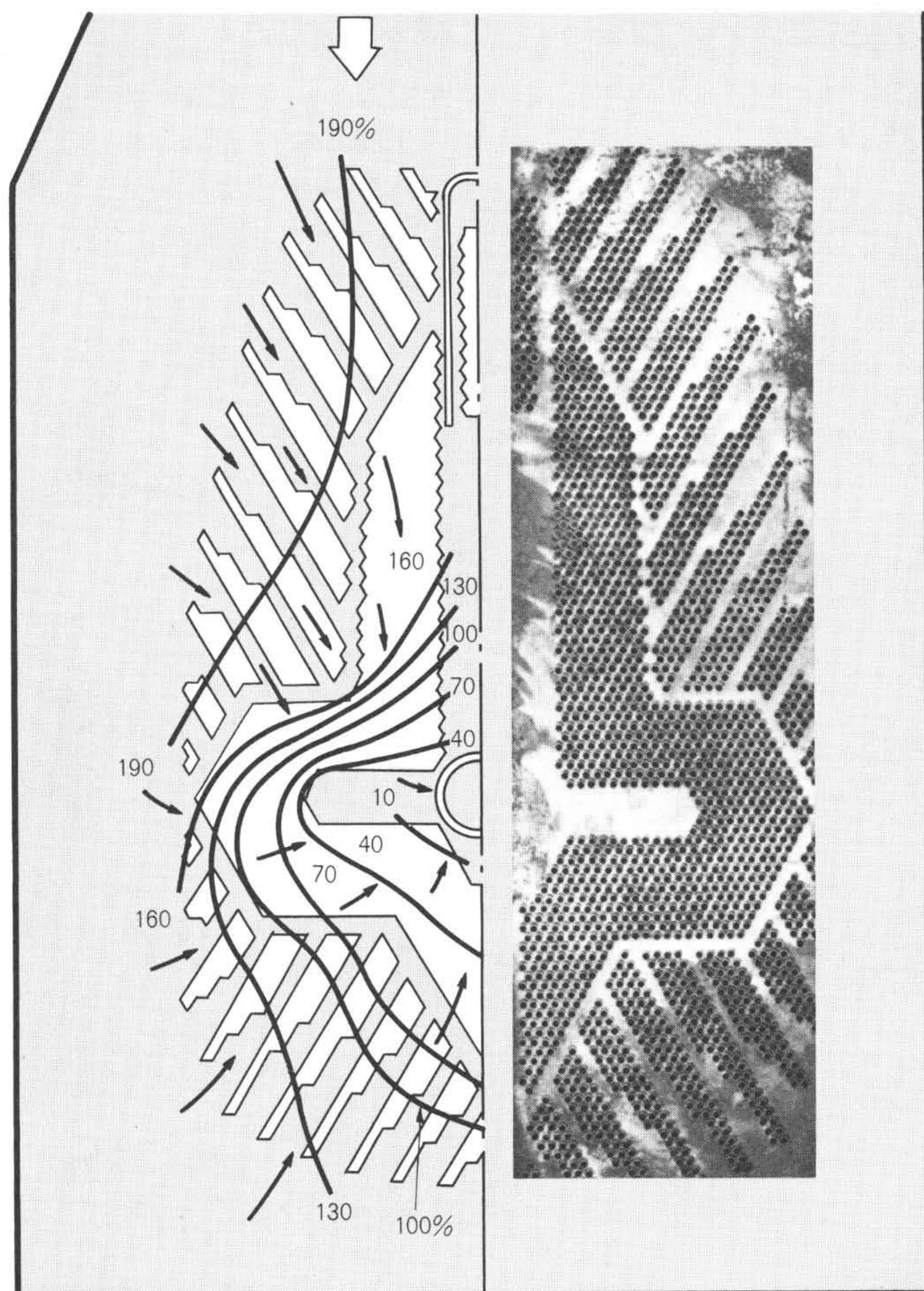


図4 管束外観と熱貫流率分布 放射部に沿う蒸気が抽出口に向かい、スムーズに流れている。

表1 主な実績 このほか、運転開始、運転開始予定を含め、二十数基に及ぶ。

出力 (MW)	冷却面積 (m ²)	冷却水量 (m ³ /h)	真空度 (mmHg・Vac)	運転開始
350	15,000	45,100	728	昭和50年12月
125	8,120	20,400	722	昭和51年12月
250	10,400	32,600	730	昭和53年5月
350	17,680	51,200	728	昭和53年10月
350	19,500	72,400	700.3	昭和54年6月
500	25,150	76,770	722	昭和56年1月
600	30,450	90,300	728	昭和56年12月
700	30,540	104,500	722	昭和57年7月
600	25,510	92,000	722	昭和57年12月
1,100	68,320	272,200	722	昭和58年8月

6 実機バランسدダウンフロー形復水器

現在、日立製作所では数多くの基礎実験結果を反映して、その基本仕様を基調とした自動設計システム¹⁾により適正な管配列を定めている。

現在までに、バランسدダウンフロー形管配列を採用したものでは、国内では出力125～1,100MW級十数基、国外では出力120～368MW級十数基など、広範囲にわたり優れた実績を収めている。主な納入実績例を表1に示すが、既に稼働のものは、いずれも真空度は計画値を上回り、復水温度につい

ても真空圧の飽和温度にはほぼ等しく、復水再熱効果も十分なことが実証され、復水器の高性能化が達成されたことを確認している。

7 結 言

復水器の性能は、タービン出力はもとより、発電プラント全体の熱効率に大きく影響する。したがって、その高性能化は、プラントの省エネルギー化、又はエネルギー利用効率の向上に貢献する。日立製作所は、水流モデル及び復水器機能モデルを供試した実験により、復水器管巢形状の最適化を進め、管巢全域に均一な蒸気分配ができるバランسدダウンフロー形管配列を開発した。その性能は、機能モデル及び実機運転から復水器真空度、復水の過冷却度などで、従来形よりも格段に優れ、高い性能をもつことを確認した。

この結果、タービン出力の増大とボイラ給水加熱量の低減となって反映され、プラントの省エネルギー化に大きく貢献している。

終わりに、本開発に当たって御協力をいただいた関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 佐々木、外：バランسدダウンフロー形復水器、火力原子力発電、25、528～535（1974-6）
2) 富田、外：バランسدダウンフロー形復水器の開発、火力原子力発電、27、1169～1174（1976-12）
3) Y. Ikenaga, K. Izumi and S. Takahashi, Tube Arrangement and Heat Transfer Characteristics of Tube Nest in Multi-stage Flash Evaporators, Hitachi Review, 28, p.323～326（1979-12）



フレキシブルオートメーションと産業用ロボット

日立製作所 後藤達生
電気学会誌 100—6、486（昭55-6）

これからの社会では多様化する人間の好みに対応し、カスタムメイドの多品種少量生産品を低価格で供給することが要求されるであろう。すなわち、従来困難であったライフサイクルの短い多品種少量生産品のためのオートメーション技術が必要となってくる。このような生産システムは、固定的な専用オートメーションに対してフレキシブルオートメーション、あるいはプログラマブルオートメーションと呼ばれている。生産品目が変わってもプログラムを変更するだけで、同じ設備で容易に新しい生産に能率よく移行できる。このようなシステムの実現のためには、産業用ロボットが不可欠である。本稿では、組立作業の自動化を中心に産業用ロボットでのフレキシビリティについて述べた。

フレキシブル組立作業用ロボットでは、部品寸法のばらつきに起因する位置づれを修正できる適応性、また組み立てる製品のモデルチェンジに対応して、部品の形状、

寸法、更には工程そのものの変更にもプログラム変更で対処できる融通性が必要である。そして、その新しい作業の指示は、ごく容易に行なえることが必要である。これらの柔軟な機能は、触覚、力感覚及び視覚の利用をはじめとするコンピュータ制御が決め手となっている。更に、作業工具を含めたロボットの手先、部品供給装置、作業台などにも同様のフレキシビリティが要求される。

まず、フレキシブル組立システムの基本要素として、ロボットの腕機構、マイクロコンピュータを用いた制御装置の構成及び制御ソフトウェア、更にロボットへの部品供給について、それぞれどのような形でフレキシビリティが導入されているか例をあげて説明した。

次に、フレキシブル組立システムの構成については、目的に応じたある程度専用のロボット群をコンベヤの周りに分散配置し、これらを運用管理するコンピュータのソフ

トウェアでフレキシビリティをもたせる構成と、すべての機能を一つのステーションに集中した万能形の構成が考えられる。

最後に、このようなロボット群を制御するコンピュータシステムの構成について述べた。すなわち、1台の処理装置で時分割集中制御する構成、更に視覚情報の専用処理装置を付加した構成、情報処理のレベルによって処理装置を上位と下位に分離した構成などの集中処理装置形、各々のロボットをマイクロコンピュータで制御し、これらを相互に網状に結合した構成や、これらをハイアラキ構成で結合した分散処理装置形などである。最近のマイクロコンピュータの普及によって、後者の分散形のシステム構成がとりやすくなってきている。

産業用ロボットを核として、作業ノウハウや人間の器用さのソフトウェア化を推進することにより、今後本格的なフレキシブルオートメーションが発展することと期待される。