

# 発電プラントと管路系流体解析

吉岡 逸夫\* 浜野 明千宏\*

## Power Station and Fluid Analysis of Piping System

Itsuo Yoshioka\* and Achihiro Hamano\*

東日本大震災を契機に、わが国の電力供給システムのあり方が注目されている。大規模集中電源に依存した現行の電力供給システムの限界が明らかになったことを踏まえ、今後はリスク分散と効率性を確保する分散型の次世代システムを実現していく必要がある。しかし、公共インフラに要求される電力の安定供給という観点からは、次世代システムには解決すべき技術的課題も残されている。例えば、太陽光や風力発電は、火力、揚水発電等の調整電源の確保が不可欠である。

本稿では、将来ベストミックスの電源構成を実現する上で重要な位置づけである水力発電と火力発電を取り上げ、管路系流体解析の対象という視点から解説する。

**Key word:** 電源供給システム、次世代システム、揚水式水力発電、汽力発電、石炭火力発電、ガスタービンコンバインドサイクル発電、トリプルコンバインドサイクル発電

### 1. はじめに

わが国では、豊富と言われた包蔵水力の活用から水力発電を中心とした電源開発が行われ、いわゆる「水主火従」の時代が長く続き、1955年ごろの水力と火力の比率は8:2であった。

その後、水力発電の経済的開発地点の枯渇と石油火力発電技術の著しい進歩、石油価格の低廉化に伴い、経済性に優れた大容量火力発電の開発が急速に進められ、1962年には、火力発電が水力発電を上回り「火主水従」時代へと移った。さらに、1966年には燃料供給の安定性や経済性などにより、原子力発電が開始された。その後2000年時点においては、総発電電力量に占める火力発電の割合は56%であり、原子力発電の34%、水力発電の10%を大きく上回っている[1]。

さらに2011年3月の東日本大震災を挟んで、わが国の電力供給の姿が大きく変化した。供給電力量は、2010年度が9,535億kWhであったが、2011年度は9,066億kWhに減少した。電

源種別でみると、原子力が63%減、火力が26%増で、火力発電による電力供給は2012年7月時点で全電力供給量の87%を賄っている[2]。

ここでは、管路系流体解析の対象として、水力発電と火力発電を取り上げて解説する。

### 2. 水力発電

#### 2.1. 水力発電の概要

水力発電は、数ある再生可能エネルギーの中でもコスト面、発電機出力の安定性や負荷変動に対する追従性において優れ、唯一実用化されている再生可能エネルギーとも言われる。高いところにあるダムやため池、タンクなどからの配管の途中に、発電用水車と発電機を組み合わせた「水車発電機」を設置すれば発電でき、適応性が非常に高い。

水力発電には、河川の流量をそのまま利用する「流れ込み式」（比較的小規模）、需要の少ない軽負荷時に出力を落として貯水し需要の多い重負荷時の発電運転に備える「調整池式」（中小規模な貯水量のダムを伴う）、豊水期に貯水し渇水期でも安定した発電をする「貯水池式」（大規模な貯水量を有するダムを伴う）、上下2つの

\*アドバンスソフト株式会社 第2事業部

2<sup>nd</sup> Computational Science and Engineering  
Group, AdvanceSoft Corporation

調整池を持ち軽負荷時に下部調整池から上部調整池へ水をくみ上げておき、重負荷時に発電する「揚水発電」などがある。このうち揚水発電は余剰な電気を水量の位置エネルギーとして蓄える意味で一種の蓄電池といえる。

いずれの方式でも、水の落差によって発電用水車を回転させて発電させる原理は共通である。ただし、発電に使われる有効落差は、総落差から水路の壁面摩擦や曲がりの抵抗などによるエネルギー損失を減じたものとなる。

## 2.2. 水力発電所の構成機器

河川・池・湖沼などに設ける「取水口」、水から土砂を取り除く「沈砂池」（ダムの場合はダムが兼用）、水を発電所まで導く「導水路」（トンネルや蓋渠）、発電所の出力変動による水の流量変化を吸収する「上部水槽」、水槽から発電所までの「水圧管路」、水車発電機等の発電所、発電した水を放水口に導く「放水路」、水を河川に排出する「放水口」で構成される。放水路にも水槽を設けることがある。

このうち、導水路は、水圧をかけた状態で送水する圧力水路と圧力をかけずに自然流下させる無圧水路とがある。圧力水路の場合、発電所の急激な出力変動によって発生した水撃作用を吸収するため、上部水槽にはより深さに余裕をもたせた水槽が用いられ、これをサージタンクという。圧力水路の健全性が設計上の1つの要請となる。

水圧管路には大変高い水圧が加わるため、鋼鉄など高強度の素材が使われる。発電所の急激な出力変動による水撃作用が生じるので、サージタンクや制圧機によってそれを吸収・緩和する。水圧管は、水車発電機の台数に対応した本数を設ける場合や、発電所で分岐させる場合がある。

揚水式水力発電所について、構成例を図1に示す。上下に貯水池を作り、発電機/モータ兼用のポンプ水車を介して配管で上下の貯水槽を結んでいる。揚水式水力発電所では水の流れは上

昇・下降両方運用されるため、発電所の下方にもサージタンクが設けられている。

ポンプ水車には反動水車の一種であるフランシス水車が広く用いられるが、これは有効落差にして数十メートルから数百メートルの範囲の発電で適用されるものである。水車は、高い圧力が加わっている取水口部分と圧力の低い放水口部分との間に設置され、入口部分はらせん状に形成されているケーシング（渦形室）となっており、何枚ものガイドベーン（案内羽根）により水を流入させ、水車の軸を回転させる。ガイドベーンは角度（開度）を変えることができ、使用水量に応じて効率的な運転を行うための調整をしている。

### ・ポンプ水車の特性

ポンプ水車の特性は、次のパラメータで表現される。

回転速度  $n$  (rpm)

流量  $Q$  (m<sup>3</sup>/s)

揚程または落差  $H$  (m)

軸トルク  $M$  (M・m)

このうち  $H$  は、発電運転でポンプ水車が水車として作用する場合は管路流動への落差（水頭の減少）を表し、揚水運転でポンプ水車がポンプとして作用する場合は管路流動への揚程（水頭の増加）を表わす。管路系解析プログラムの方程式には、 $Q$  と  $H$  が反映される。なお、回転速度  $n$  は、フリーにした場合は、ポンプ水車の特性である回転慣性  $I$  ( $=GD^2/4$ ) によって次のように変化する。

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{60M}{2\pi I} \quad (\text{rpm/s}) \quad (1)$$

ポンプ水車の特は、発電時と揚水時を合わせて完全特性と呼ばれ、いくつかのガイドベーン開度毎に応じ、次の独立変数  $n_{11}$  または  $K_{u1}$  の関数  $Q_{11}$  と  $M_{11}$  として与えられる。

$$n_{11} = \frac{nD}{\sqrt{H}} \quad (2)$$

$$Q_{11} = \frac{Q}{\sqrt{HD^2}} \quad (3)$$

$$M_{11} = \frac{M}{HD^3} \quad (4)$$

$$K_{u1} = \frac{\pi D}{60\sqrt{2gH}} \quad (5)$$

このうち  $D$  はポンプ水車の代表寸法[m]であり、模型に関する完全特性を利用するための乗

数である。 $Q_{11}(n_{11})$ の例を図 2 に示す ([3]を参考に作図)。ガイドベーン開度が時間変化する場合は、この図に描かれたカーブを順次移動していくことになる。

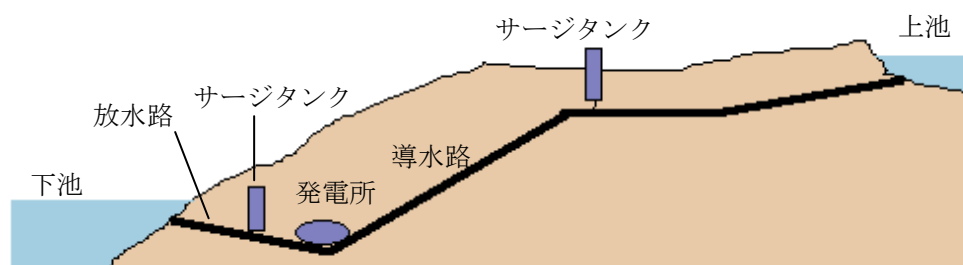


図 1 揚水式水力発電所の模式図

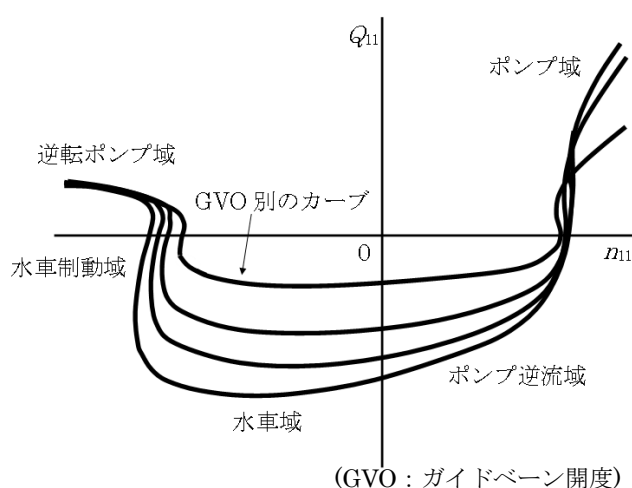


図 2 ポンプ水車の特性

### 2.3. 水力発電所の管路系流体解析

このような水力発電所で、発電時の負荷遮断や、揚水時のポンプ入力遮断時といった切換え時のガイドベーンの閉鎖によって、水路内の圧力は急変し水撃現象が生じる。圧力変動幅には設計上の許容範囲があるので、このような過渡現象を解析により予測し許容範囲との余裕度が定量的に評価される。そして水路の設計および運転時の操作方法を検討することがシミュレーションの目的である。

流体解析の観点からは、前述した構成要素からなる水力発電所では、取水口や放水口、分岐・合流の部分では 3 次元効果があるものの、導水路、

水槽、水圧管路、発電機、放水路といった主要部分は長手方向の流れが支配的という点で、1 次元流を仮定する管路系流体解析が適当である。水槽や発電機（水車）は 3 次元的流れが生じるが、次のような解析モデルによりその特性を反映することにより管路系流体解析で扱うことができる。

#### ・水車、ポンプ水車

管路系流体解析では、長い水路の途中に設けた計算点（節点）にポンプ水車モデルを適用する。これは、ガイドベーン開度も考慮したモデルで、ポンプ水車の完全特性を反映して 1 節点に圧損（落差・揚程）と流量を設定する。

管路系流体解析の過渡計算においては、各時刻における流体の圧力作用を当該節点に加算することで反映できる。例えばポンプの場合、入口圧力にポンプ揚程を次のように加えている。

$$H_{\text{pump\_exit}} = H_{\text{pump\_gate}} + \Delta H_{\text{pump}} \quad (6)$$

$\Delta H_{\text{pump}}$  はポンプ揚程である。

同様に、水車の落差や、ポンプ水車の落差と揚程を加味すればよい。

ガイドベーン開度の初期値と時系列テーブルを条件設定することにより、過渡計算ではポンプ水車の特性カーブをたどることで、回転速度を中

間変数として、時々刻々の  $Q$  と  $H$  が求められる。

ポンプ水車特性は、一部多価関数となるので、グラフに沿って推移するような工夫を要する。極座標系で表現するなどの方法もあるが、著者らはポンプ水車特性のカーブを構成する線分を局所的に追っていくことで、計算の安定化を図った。ガイドベーン開度  $GVO$  に対応する特性カーブは、 $GVO$  によって定義点異なるため、タイムステップ  $t_n$  と  $t_{n+1}$  に対応するカーブは図 3 のようになっている。ポンプ水車の状態は、この上を図の黒丸のように移動するので、当該タイムステップの特性カーブは、その時点での  $GVO$  を挟む  $GVO_i$  と  $GVO_{i+1}$  の線分から内挿される線分で表される。初期電気入出力、初期揚程または落差、初期回転速度といった解析の初期条件を入力データで指定し、過渡計算においてはその近傍の完全特性線分を、管路系流体解析の特性曲線法の節点に関する方程式と連立させて、前述の  $n_{11}$  または  $K_{u1}$ 、 $Q_{11}$  と  $M_{11}$  といった変数を計算する。このようにすることで、多価関数のカーブ上を安定的に追跡することができる。

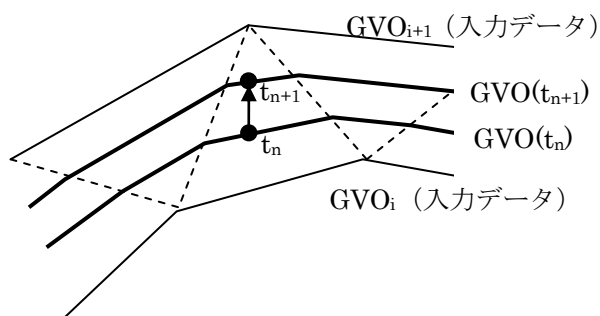


図 3 ポンプ水車特性の拡大図と計算点のイメージ

#### ・任意形状のサージタンクの水頭変化

圧力変動を緩和するために設置されるサージタンクも、長い水路の途中に設けた計算点（節点）に計算モデルを適用して模擬する。具体的には、水位変動に対応する水頭を与えることで、サージタンクの効果が計算に反映できる。タンクが円筒形であれば、水頭の計算は容易であるが、揚水発電所のサージタンクは、山をくりぬいて建造するため、特殊形状をしている場合がある。このような特殊形状のサージタンクの計算機能も導入し

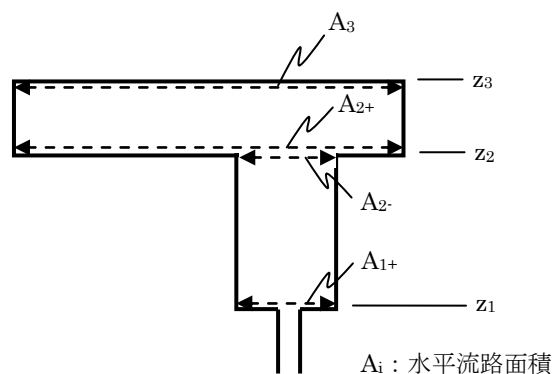


図 4 一般形状サージタンクモデル

表 1 揚水式水力発電所の過渡事象例

| 解析事象              | ガイドベーン操作<br>(開度時系列テーブル)  |
|-------------------|--------------------------|
| 全台同時遮断            | 遮断時刻で全号機<br>             |
| シリーズ遮断            | 各号機の遮断時間で遮断<br>          |
| 1 台運転遮断           | 遮断号機のみ<br>               |
| 1 台ガイドベーン<br>不作動  | (GV 不作動号機)<br>(他の号機)<br> |
| 全負荷急増             | (全号機)<br>                |
| AFC 遮断<br>(周波数調整) | (全号機)<br>                |

た。高さによって水平断面積がかわる柱体形状の

サージタンクとしてモデル化した。具体的には、タンク内径の代わりに図 4 のパラメータを入力し、貯水量と水位の関係を基礎式に反映した。

大規模な水力発電所では、管路の直径も長さも長大になり、水路も 3 列・4 列と並行分岐してそれぞれのポンプ水車・発電機を設置している。

このような管路系を対象に数値シミュレーションを行うことにより、日常的に行われる運転切換えの時の圧力過渡応答を予測することができる。この場合、号機によって遮断時間をずらした場合や、1 台のガイドベーンが不作動だった場合など、想定されるケースも表 1 のように増えてくる。ガイドベーンの閉鎖速度、ポンプ水車が複数台あるときは各号機のガイドベーンの操作の調整によって、系内の圧力衝撃を、余裕度をもって許容内におさえ、安全・効率的な運用に資することができる。

### 3. 火力発電

#### 3.1. 火力発電の概要

火力発電所は、石炭や天然ガスなどの化石燃料を燃やして、ボイラーで水を高温蒸気に変え、その蒸気のエネルギーでタービンを回し、タービンによって駆動される発電機で発電するプラントである。わが国の火力発電所の熱効率は世界トップクラスであり、さらなる高効率化に向けて技術革新が続けられている。

米国に代表されるシェールガス産出国では、シェールガスの大量導入を前提にガスタービンコンバインドサイクル発電が注目されている。石炭産出国である中国では、旧式火力発電所の環境設備増強に加え、石炭ガス化複合発電が注目されている。インドやオーストラリアなどの低品位炭産出国では、高効率な石炭火力発電の導入計画が立てられつつある。わが国における火力発電技術は、重要な輸出技術であるといえる。

#### 3.2. 火力発電所のシステム構成[1][2]

火力発電所の代表的なシステム構成を図 5 に、汽力発電の系統図を図 6 に示す。

汽力発電は、ボイラーで製造した蒸気でタービ

ンを駆動させて発電を行うもので、シンプルな構成となっている。

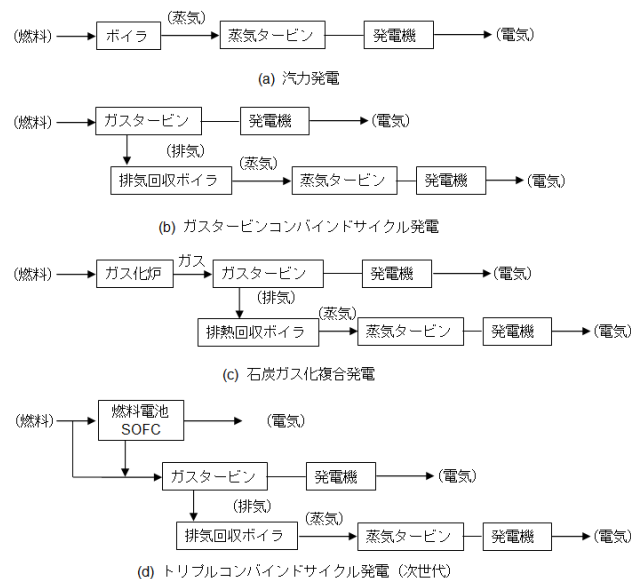


図 5 代表的な火力発電所のシステム構成

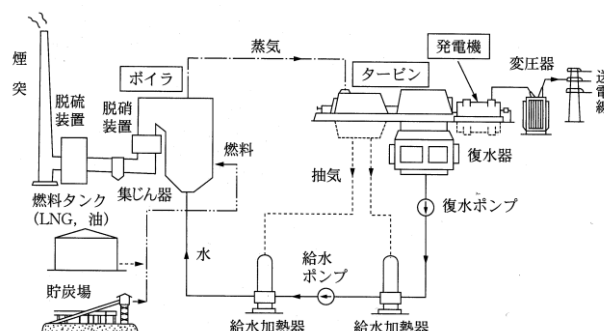


図 6 汽力発電の系統図[1]

ガスタービンコンバインドサイクル発電は、ガスタービンで発電を行うとともに、ガスタービンの排気を用いた熱回収ボイラーで蒸気を製造し、蒸気タービンでも発電するシステムである。2 段階で電気を取り出すため効率が高いという特徴がある。

石炭ガス化複合発電 (IGCC) は、石炭をガス化炉で部分燃焼させて、一酸化炭素、水素、メタンなどが含まれる可燃性ガスを製造し、これをガスタービンコンバインドサイクル発電システムに連結することで高効率な発電を行うシステムである。図では簡略化されているが、実機ではガス化炉の排熱なども利用して蒸気を製造し、一層の高効率化を図る工夫がなされている。

トリプルコンバインドサイクル発電は、燃料電

池である SOFC で発電を行い、ガスタービンコンバインドサイクル発電システムと連結を図るシステムである。3 段階で電気を取り出すことから、その発電効率は 70% に及ぶとも試算されている。極めて高い熱効率を達成することから、将来の火力発電にとって有望な選択肢の 1 つになり得る。

### 3.3. 火力発電所の構成機器

火力発電所は、蒸気サイクルを行う代表的な熱機関である。作動流体である蒸気がサイクルを行うためにはいろいろな大型の装置が必要であり、例えば作動流体が高熱源から熱エネルギーを得るための装置として、ボイラー、加熱器、再熱器、仕事を取り出すための装置として、タービン、低熱源への放熱のための装置として復水器などがある。火力発電所は、大きく燃料系統、水および蒸気系統、冷却水系統に分けられる。

現行の火力発電所では、汽力発電ならびにガスタービンコンバインドサイクル発電が主流となっていることから、汽力発電の代表例として石炭火力発電所、コンバインド発電の代表例として LNG ガスタービンコンバインドサイクル発電所の構成について紹介する。

#### 3.3.1. 石炭火力発電所[2]

石炭火力発電所の概略系統図を図 7 に示す。石炭火力発電所は、石炭をボイラーに供給する前処理設備、石炭をクリーンかつ効率的に燃焼させるボイラー、燃焼排ガスの不純物を除去してクリーン化する排ガス処理設備、高温・高圧の蒸気で発電するタービン発電機、発電した電気を送り出す変圧器、開閉器、送電線などで構成されている。

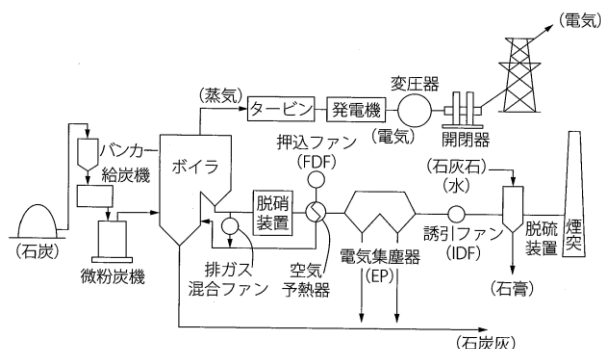


図 7 代表的な石炭火力発電所の系統[2]

石炭の前処理設備は、貯炭場、バンカー、給炭機、微粉炭機などで構成されており、石炭は給炭機で供給量をコントロールされ、微粉炭機に投入される。微粉炭機では数十  $\mu\text{m}$  程度まで粉碎される。微粉炭にすることで石炭の表面積が大きくなり、ボイラー内で空気と接触する面積が増大し、燃焼性が格段に向上する。微粉炭機からボイラーまでは空気で気流搬送され、バーナから高速で炉内に噴射される。

汽力発電の心臓部とも言えるボイラーは、最大級の 100 万 kW を例にすると、伝熱管で形成された巨大な箱形の空間（幅約 30m、奥行き約 20m、高さ約 60m）で、その空間にバーナは 50 本程度装着されており、ボイラーの能力である蒸発量は 1 時間当たり 3,000t もの規模となる。また、バーナ近傍では還元雰囲気形成することで窒素酸化物 (NOx) の生成を抑制しつつ、逆にバーナから離れた領域では酸化雰囲気を形成させ未燃分を減少させている。これはリッチリーン燃焼と呼ばれ、相反する事象の同時達成を図るため 1 つの火炎に還元領域と酸化領域を形成させる技術である。バーナ本体以外にも環境性能や燃焼効率を高めるため、バーナレイアウトの工夫や、空気の追加投入口の設置、燃焼排ガスの再投入ラインの設置などにより、ボイラー全体の温度分布や燃焼雰囲気をコントロールできるようにしている。また、運転によりボイラー内壁の伝熱管に燃焼灰が付着し伝熱阻害を引き起こすことがある。このため、蒸気を吹き込んで伝熱管の付着灰を除去するスリーブブロウ装置なども備えられている。この装置はプラントを停止させずに操作することができる。

ボイラーの役割は蒸気を効率的に製造することなので、材料の制約（圧力や温度の上限）の範囲内において、いかに少ない燃焼熱で設計条件の蒸気を製造するかが特徴となる。このため、伝熱管の内面の形状に伝熱を促進させる工夫まで施されている。

#### 3.3.2. ガスタービンコンバインドサイクル発電所[2]

ガスタービンコンバインドサイクル発電所の

概略系統図を図 8 に示す。

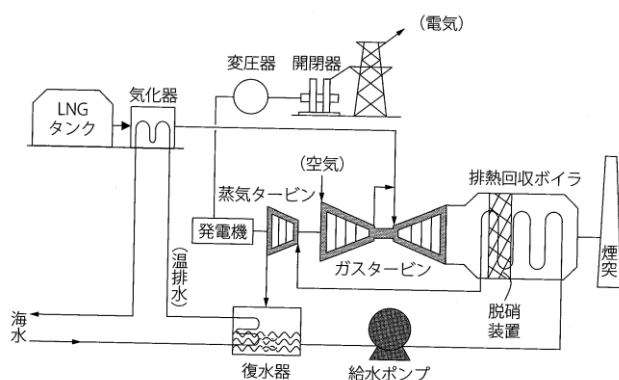


図 8 代表的なガスタービンコンバインド  
サイクル発電所の系統[2]

ガスタービンの燃料は天然ガスが用いられている。天然ガスは、産地にもよるが約 9 割以上がメタンであり、残りの成分はエタン、プロパン、ブタン、ペンタン、窒素などである。

ガスは容積が大きいので、そのままの状態では海外から輸送するのは非効率である。そこで、産地で LNG(Liquefied Natural Gas: 液化天然ガス)が製造され、濃縮した状態で日本へ運ばれている。LNG の沸点は約 $-160^{\circ}\text{C}$ 、臨界温度が約 $-82^{\circ}\text{C}$ であることから、臨界温度以上で LNG を圧縮しても液化できない。このため、一般に $-162^{\circ}\text{C}$ まで深冷却して液化されている。このとき、体積は約 600 分の 1 まで凝縮されているため、大量輸送が可能となる。海上輸送は LNG 専用船が用いられている。船のタンクは防熱構造とされているが、外部からの侵入熱により一部の LNG が気化する。気化したガスをタンクから取り出すことで内圧が一定に保たれ、LNG の温度が保たれる。抜き取られた気化ガスは LNG 船の燃料として使われる。

タンクに貯蔵された LNG は、海水の熱を使った気化器で天然ガスに戻され、ガスタービンに供給される。海水は蒸気系の復水器で温められた温排水を用いることで、より効率的な運用が図られている。

### 3.4. 火力発電所の配管[4][5]

火力発電所で用いられる流体は多種にわたり、

水・蒸気・燃料油・ガス・潤滑油・空気などがある。これらの流体は、ポンプなどにより圧送され、配管を通して各機器に運ばれる。この配管方式としては、機器間を直接結ぶ単位方式（図 9(a)）、複数の機器からのものを集合し配管で結ぶ母管方式（図 9(b)）がある。単位方式、母管方式は原動所運用上の融通性、経済性、信頼性などを考慮して選択される。

配管の基本設計は、その大半が配管スペックの作成と主要配管のレイアウトである。配管スペックの作成は、レイアウトに先行して行われ、それは配管を構成する各種部品の詳細仕様と材質を規定する基本的な仕様である。スペック作成に続き、主要な配管のレイアウトが行われる。

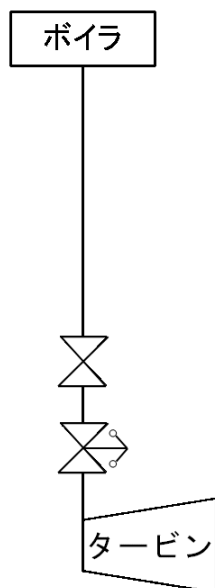
配管の設計にあたっては、騒音、保温・凍結防止、振動などのほか、表 2 に示すような各配管の特殊性を十分考慮し、管径、肉厚、材質、支持方式、継手方法、据え付け方法、配管経路などの選定を行う必要がある。

代表的な火力発電所である汽力発電所において、圧力が最も高くなる配管はボイラー給水ポンプによりボイラーへ水を供給する高圧給水管、また温度が最も高くなる配管はボイラーからタービンへ蒸気を送る主蒸気管または高温再熱蒸気管である。主蒸気の圧力、温度を上げるほど、熱効率がよくなるので、年々右肩上がりで見えてきている。最新の汽力発電所の主蒸気圧力は 31MPa、温度は $610^{\circ}\text{C}$ に達する。

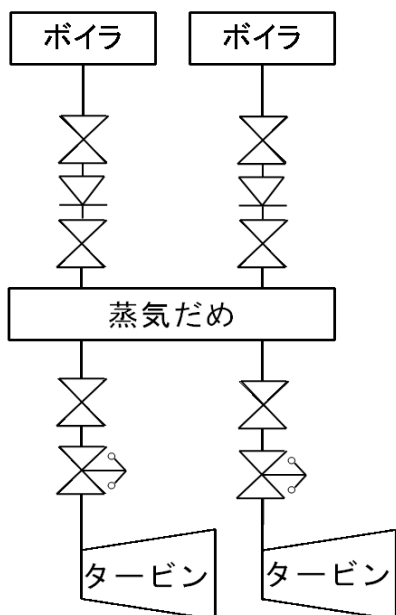
そのほかの配管としては、蒸気タービンで仕事を終えた蒸気を復水器で水に戻すための大量の冷却水を海や川から取り込み、また戻す大口径の循環水管や、復水器から復水を復水ポンプで脱気器（蒸気で加熱して水中の酸素を取り除く装置）まで送る復水管、熱効率改善のためタービンの途中段階から給水加熱用蒸気を抽気する管、給水加熱器ドレン管などがある。

表 2 配管設計上の主要考慮点[5]

| 蒸気管                                                                                | 水管                                                                                                                                      | 燃料油管                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱膨張、収縮による機器への作用力</li> <li>・緩衝方法</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・浸食</li> <li>・水撃現象</li> <li>・ドレン排出方法</li> <li>・腐食（海水管）</li> <li>・熱膨張による機器への作用力（高圧給水管）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・静電気帯電</li> <li>・熱膨張による機器への作用力</li> <li>・燃料パージ方法</li> <li>・蒸気管との交差</li> </ul> |



(a) 単位方式



(b) 母管方式

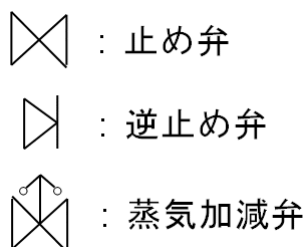


図 9 主蒸気管配管方式  
(参考文献[5]に基づき作成)

### 3.5. 火力発電所の管路系流体解析

火力発電所の計画・運転・保守に関連して、管路系流体解析が担う役割について述べる。ここでは、汽力発電所を例にとる。

計画段階では、主要機器の選定と配置が重要である。特に機器の配置については、建設費に大きな影響を及ぼすとともに、日常保守の容易性、事故発生時の処置などに重大な関係があり、考慮すべき一般事項として次の項目が挙げられる[1]。

- 機器はエネルギー移動の順序に配列する。
- 蒸気管、水管、電線管などの長さ、および石炭などの輸送距離が最短となるようにする。
- 故障時の処置がとりやすく、かつ故障の影響が波及しにくい配置とする。
- 日常の運転保守がやりやすい配置とする。
- 増設が容易な配置とする。
- 台風・地震・高潮などを考慮する。

管路系流体解析ソフトウェアによるシミュレーションが有効な事例としては、表 2 に示した水管における水撃現象が代表的なものである。その他に、上記(b)など、最適な設計をめざす上で、シミュレーションにより効率的な検討が可能となる。

運転については、起動準備から定常発電、停止にいたるそれぞれの段階および異常時、緊急時の操作についての手順を明確にした運転操作基準を遵守するとともに、高効率運転の維持などにも留意する必要がある。起動パターンは、ユニット停止から起動までの時間によって、冷機起動、週



末停止起動、深夜停止起動、急速起動の4つのパターンに分けられる。その他、通常停止、強制冷却停止、緊急停止などユニットの停止手順や、起動停止時間に関してもシミュレーションを利用することで、これらの運転パターンについてその影響を確認することができる。

また、蒸気温度の急変はタービンロータの寿命に与える影響が大きいので、蒸気温度をできるだけ高く保つことが求められる。この点に関しても、負荷変化時の熱流動状況をシミュレーションし、その影響を事前に把握しておくことが有用である。

アドバンスソフト株式会社では、水管、燃料油管など液体管路系における過渡現象については Advance/FrontNet/ $\Omega$ 、ガス管路系における熱流動の過渡現象については Advance/FrontNet/ $\Gamma$ 、水・蒸気系のような二相流過渡現象については Advance/FrontNet/TP のラインアップを用意しており、さらに Advance/FrontNet/ $\Gamma$  の定常解析機能を実装した Advance/FrontNet/ $\Lambda$  を開発した。これらのソフトウェアについては、本誌“管路系流体過渡解析ソフトウェアの紹介”を参照されたい。

実プラントを対象としたシミュレーション事例については、別の機会にご紹介したい。

#### 4. おわりに

本稿では、管路系流体解析の対象として、代表的な発電システムである水力発電と火力発電を取り上げた。これらは技術的には成熟した発電システムである。

一方、近年注目されている次世代システムは、電力の安定供給の観点から、単独では公共インフラの役割を担えない。すなわち、水力発電、火力発電など他の発電システムをバックアップとして初めて安定した電力供給システムが構築できる。

今後も水力発電、火力発電といった旧来の発電システムは、公共インフラを支える重要な役割を担っていくだろう。それに付随して、これらの発電システムの計画や運転シミュレーションとい

った分野において、管路系流体解析に対するニーズはますます増えるものと思われる。

#### 参考文献

- [1] 電気学会, “火力発電総論”, オーム社, (2012)
- [2] 高橋毅(編), “進化する火力発電—低炭素化・低コスト化への挑戦—”, 日刊工業新聞社, (2012)
- [3] 横山重吉, 細井豊, “わかる水力機械”, 日新出版(昭 56)
- [4] 西野悠司 “トコトンやさしい配管の本”, 日刊工業新聞社, (2013)
- [5] 日本機械学会(編), “機械工学便覧 応用編 B6 動力プラント”, 丸善, (1991)

※技術情報誌アドバンスシミュレーションは、アドバンスソフト株式会社 ホームページのシミュレーション図書館から、PDF ファイルがダウンロードできます。(ダウンロードしていただくには、アドバンス/シミュレーションフォーラム会員登録が必要です。)