

揚水発電の予備力計上方法の見直しについて

2023年10月16日

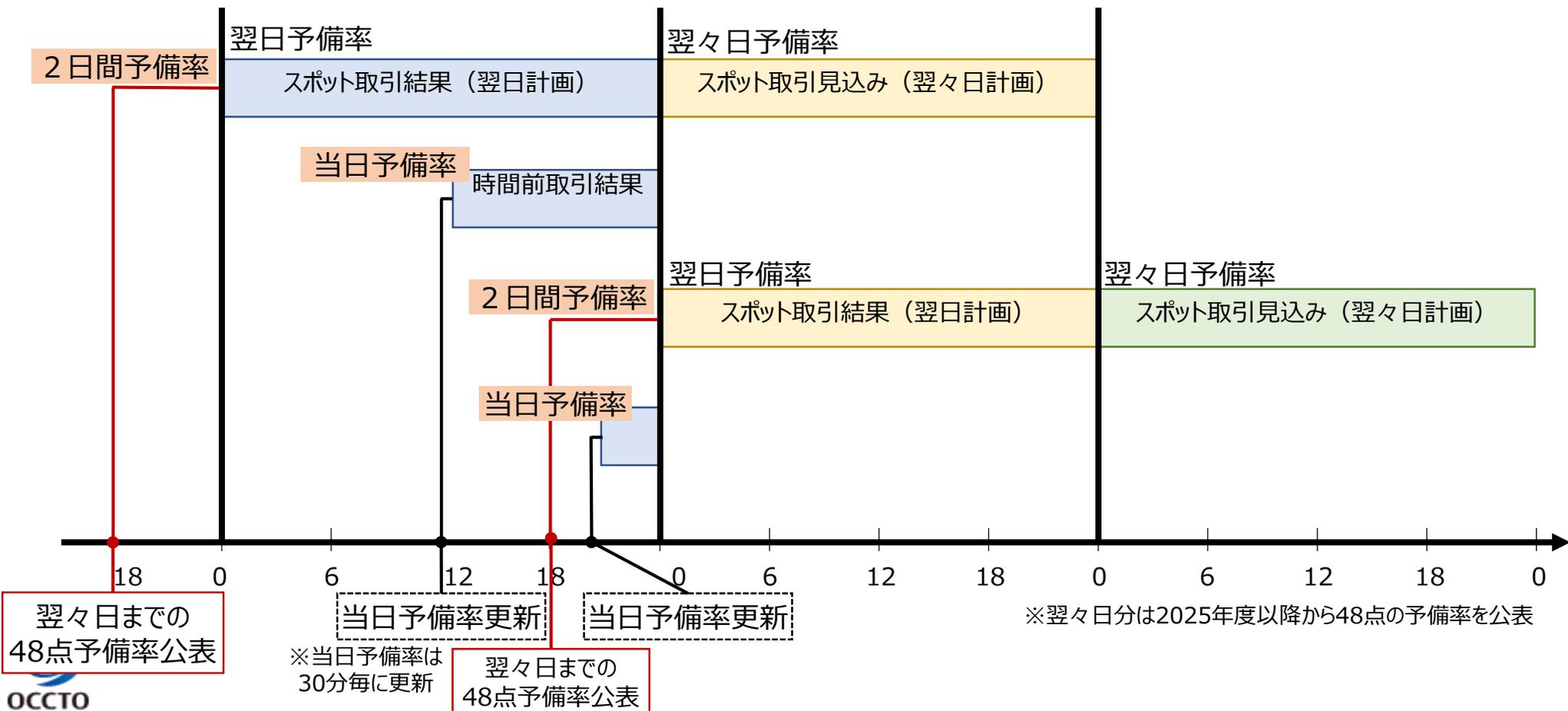
調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 事務局

- 第86回の本委員会において、翌々日までの2日間における揚水発電の予備力計上方法についてご議論いただいた。
- 具体的には、2日間予備率（前日18時公表）と当日予備率（ゲートクローズごと公表）の整合性や需給ひっ迫に向けた需給対策を行う観点等から計上方法の見直しについて検討を行った。
- その中で、常に24時間の範囲で予備率を計算する「24時間スライド案」を中心に検討を進めることとなったが、翌日の需給状況が反映されることによる課題が見つかった。
- 今回は、2024年度以降の揚水発電の供給力を評価する観点から改めて検討を行い、ケーススタディの結果を含めて計上方法の見直しの方向性についてご議論いただきたい。

■ 本資料について以下のとおり用語を用いる。

- ✓「2日間予備率」：毎日18時頃に公表する48点の翌日及び翌々日計画で算定する2日間の予備率
- ✓「当日予備率」：30分毎に更新する当日の予備率

本資料の予備率の名称

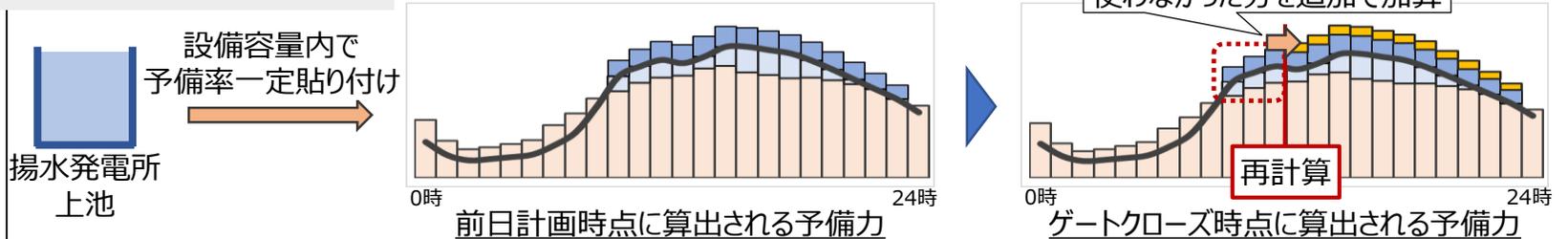


1. 揚水発電の予備力計上方法の検討の振り返り
2. 新たな揚水発電の予備力計上方法とケーススタディ
3. 2024年度以降の揚水発電の運用と予備力
4. まとめ

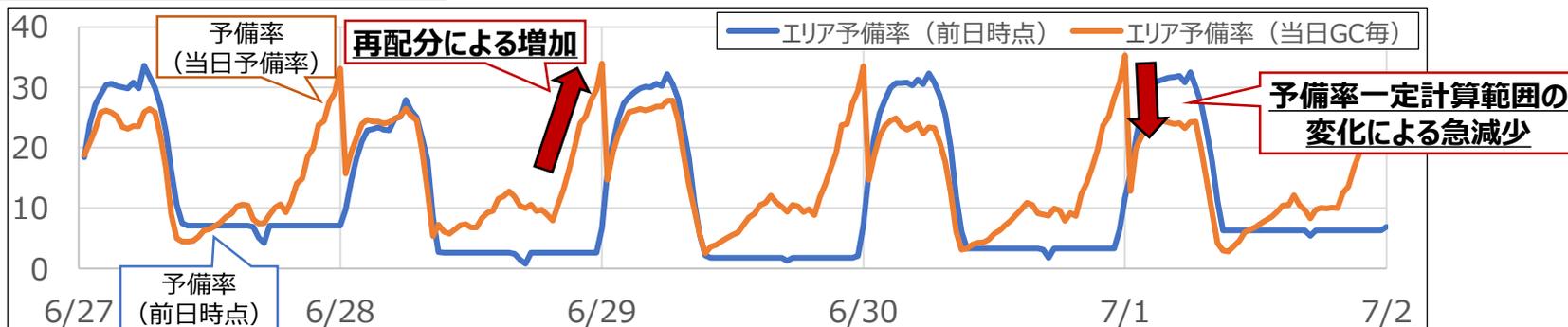
- 検討にあたり、①**毎日18時に公表する翌日・翌々日計画における揚水発電の計上方法**と、②**当日30分毎に算定・更新する広域予備率における揚水発電の計上方法**のそれぞれについて整理したい。
- ②については当日の30分毎（ゲートクローズ毎）に行う更新（再配分）時に、その時点における上池の残量（未使用分）を以後の時間に再配分していることから、当日夜間の実需給が近づくにつれて改善する傾向があり、日付けが変わるところでギャップも生じている。
- また、冬季は夜間にポンプアップできる時間が短く、上池水量を十分に確保できない可能性があるため、翌日の需給が厳しい場合には前日の段階で追加供給力対策を実施する必要もある。
- 特に24年度以降は、調整力として調達した量を除き、揚水発電はBGによる運用※になることも踏まえれば、シグナルとしての広域予備率への影響にも注意が必要になる。

※ 需給ひっ迫時については一時的に一般送配電事業者に池全体の水位を運用

揚水発電予備力の計上方法



東京エリアの予備率（6/27～7/1）



- 深夜の電源Ⅲ発電計画が減少している時間帯においても揚水発電が発電していた。

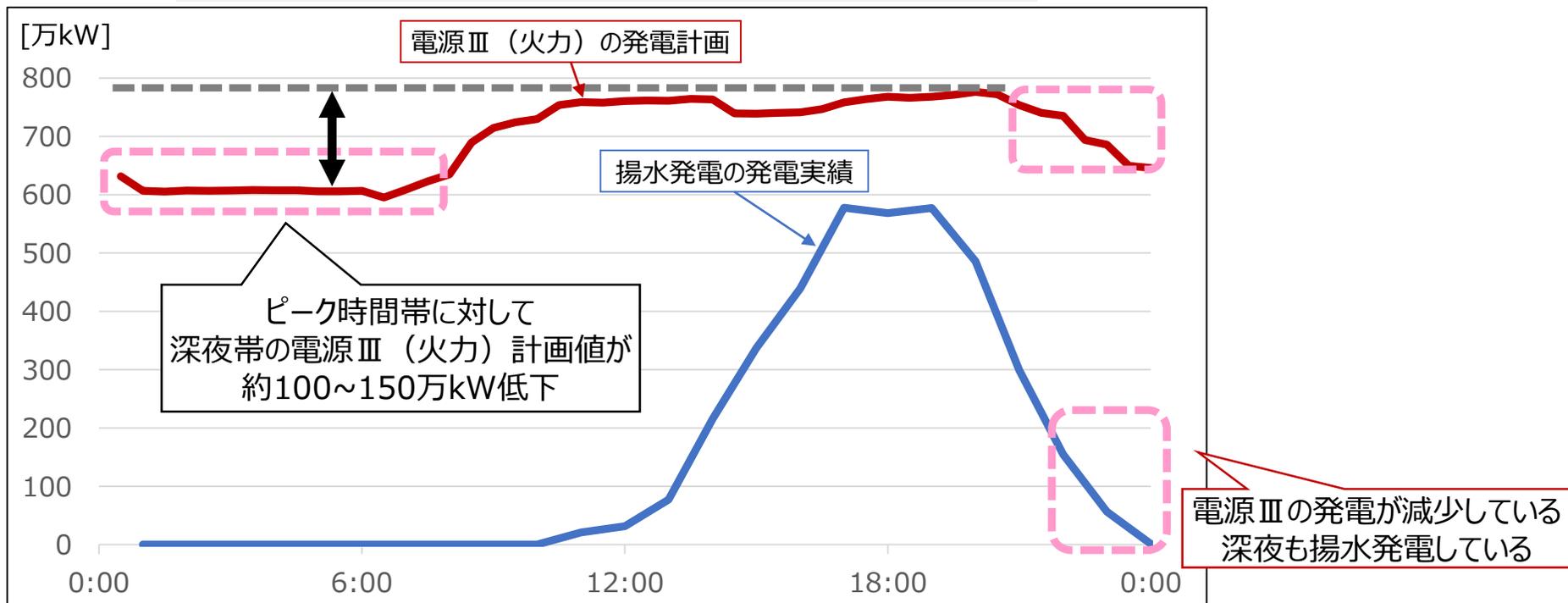
第76回制度設計専門会合 資料6 P.15 一部抜粋 (2022年8月30日)

【参考】電源Ⅲ(火力)発電計画

15

- 6/29(水)の電源Ⅲ火力の発電計画については、ピーク時間帯(10時頃～20時頃)に対して、深夜帯(23時頃～8時頃)の計画値が約100～150万kW程度低い状況であった。
- 各電源の燃料事情などの影響もあると推察されるが、仮にこれらの電源をピーク時間帯並みに増出力することができた場合、更に約700～1000万kWh程度の揚水ポンプアップ原資を確保することができた可能性がある。

6/29の東京エリアの電源Ⅲ (火力) 発電計画と揚水発電実績



- 需給が厳しい日が続き、さらに翌日に厳しい需給が想定される場合は、前日の段階で揚水発電の上池水位の回復のために融通指示や追加供給力対策を行う場合がある。
- 本来、この断面においてもできるだけ市場において調整されることが期待されるが、前日夕方時点での予備率は高くなっていることから、電源が稼働に至るようなシグナルがない。また、広域機関としても特に融通指示の実施に対しては市場を停止させることから慎重な判断が必要であるものの、広域予備率だけでは判断が難しくなっている。

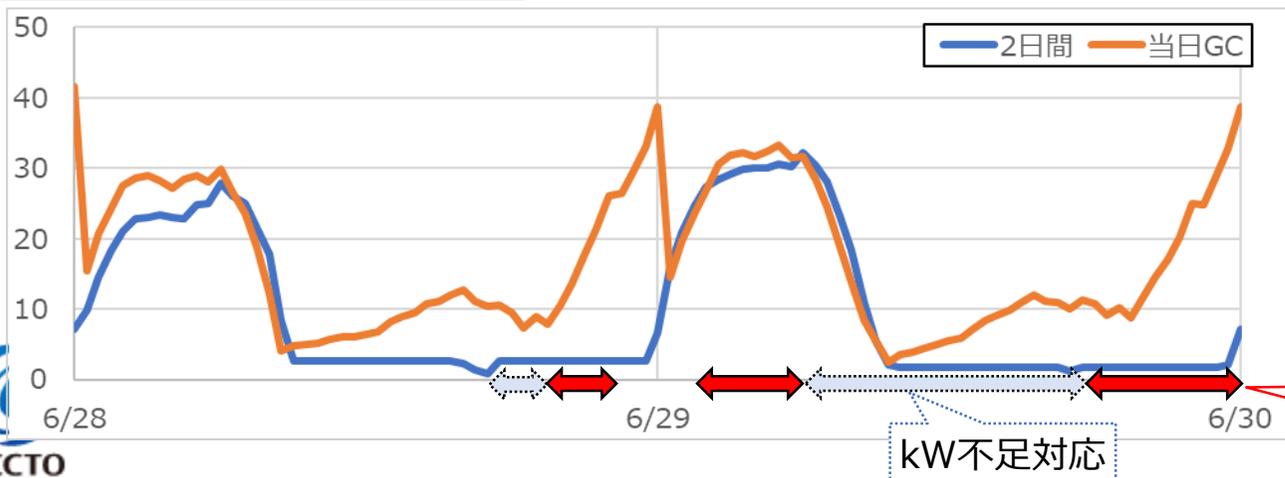
6/28夜間～6/29深夜から早朝の東京エリアへの融通指示

日付	融通時間	最大電力	合計電力量
6/28	18:00～22:00	110万kW	306万kWh
6/29	2:00～6:00	60万kW	240万kWh
6/29	6:00～8:00	60万kW	120万kWh

(指示をした理由(広域機関Webサイト公表文))
高気温により想定以上に需要が増加したことにより、東京電力パワーグリッドエリアの供給力が不足し、最終的な需給調整手段となる揚水発電所の電気を大量に使用することにより、**上池水量が枯渇し、需給ひっ迫に至ることが想定されたため、広域的な融通を行い上池水量の維持および回復を図ったもの**です。引き続き断続的に需給ひっ迫融通等を活用しながら上池水量を維持および回復する場合があります。

※6/27～6/30は同様に夜間に上池水位のための融通指示を実施

6/28～6/29の東京エリアの予備率

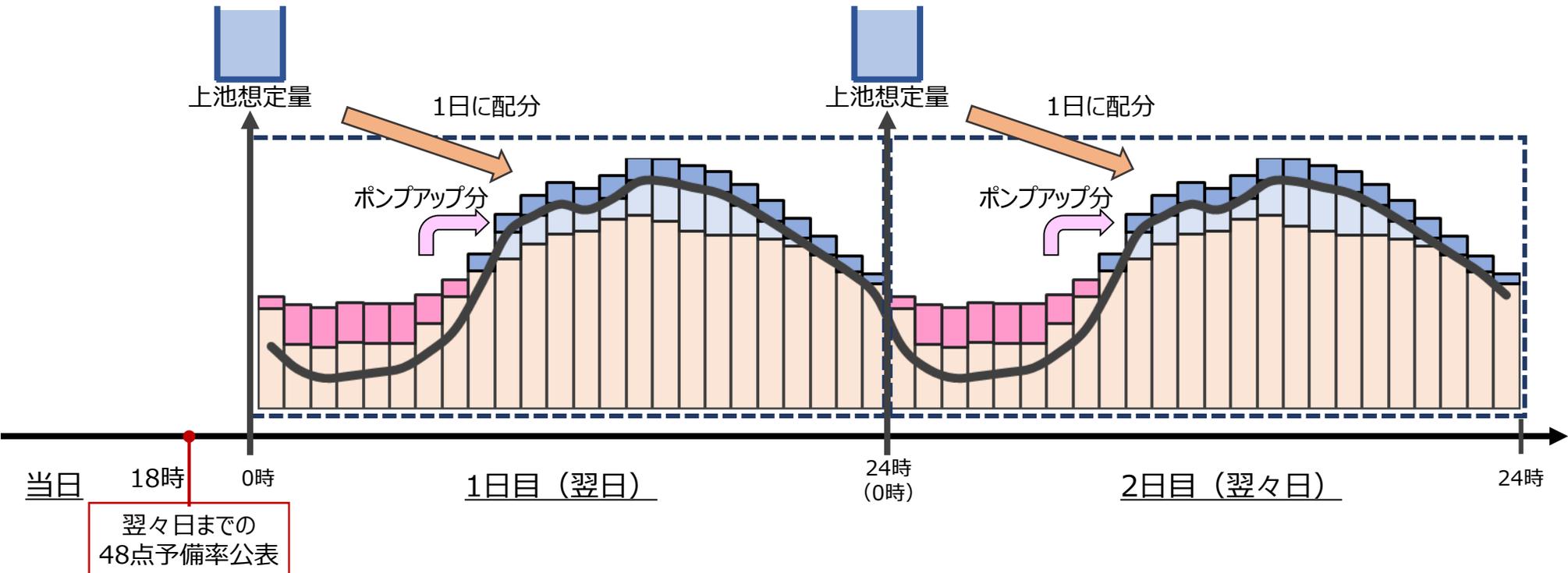


上池水位のための融通指示を行った時間

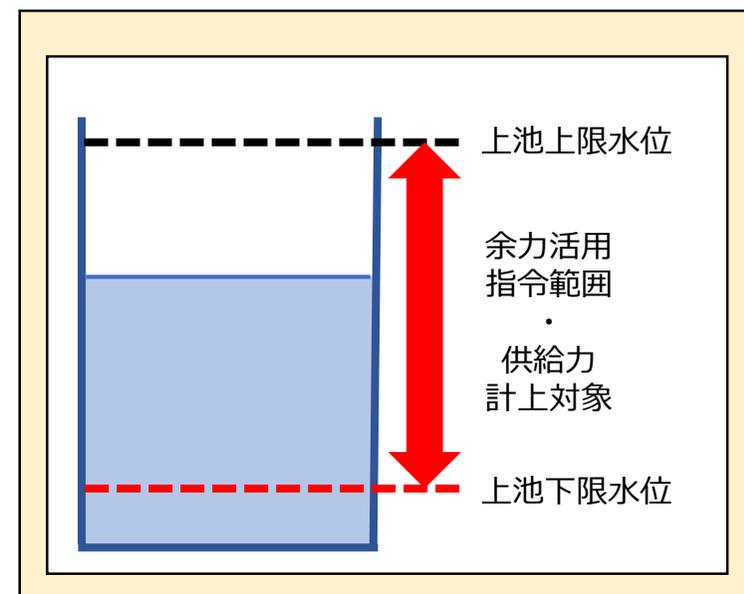
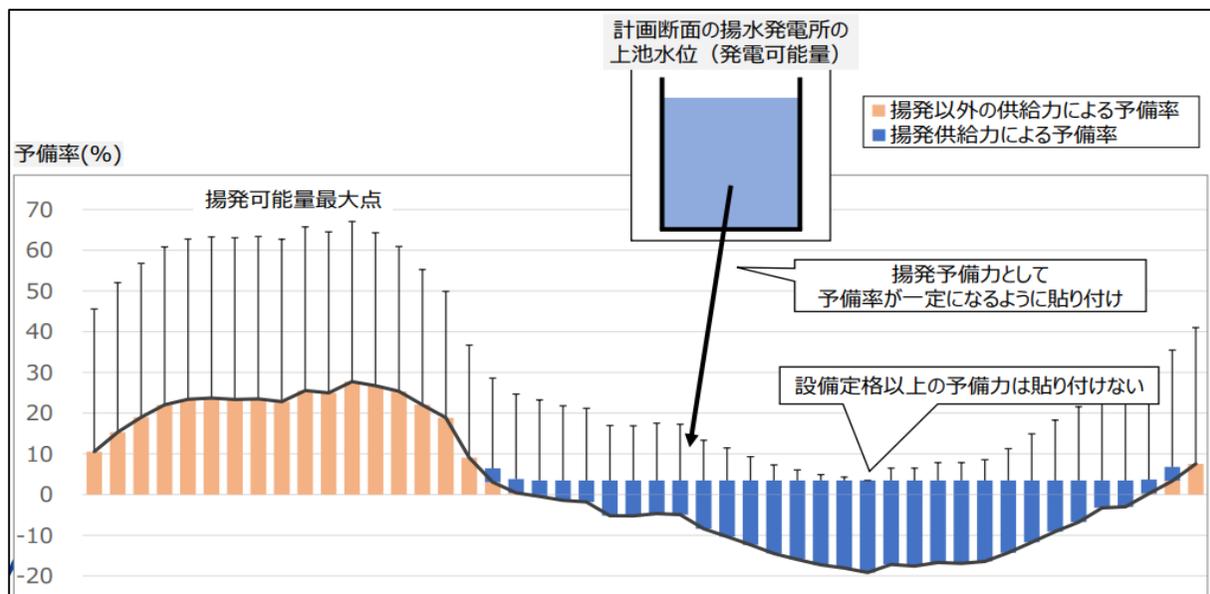
kW不足対応



- 2日間予備率は、現状の毎日18時公表の予備率の計上方法と同様に、上池のkWhを考慮した配分方法として、それぞれ1日で上池を使い切るように予備率一定で貼り付ける手法を用いることが議論された。



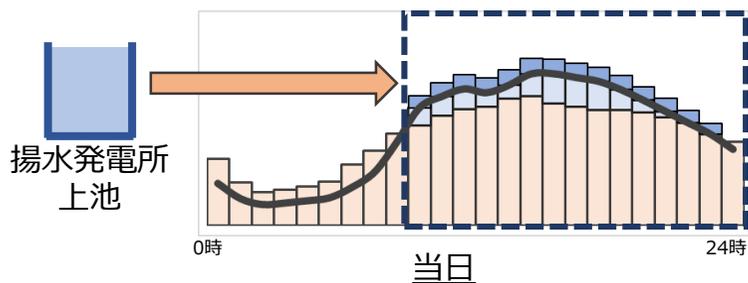
- 一般送配電事業者が活用するゲートクローズ後の余力は卸電力市場の約定結果等により結果的に残ったものであり、調整力提供者は余力活用範囲として設備定格に基づく発電上限と、1日1点等の上下限水位を提出することとなるため、ゲートクローズごとに余力の量を提出する必要はない。
- また、広域予備率における揚水発電の供給力計上方法は、基本的には設備定格等に基づく発電上限値と、揚水発電の供給力として見込める上池貯水量（調整力提供者が1日1点等提出する上下限水位）を各指定時間へ予備率一定となるよう貼り付け（潜在計算）された値の小さい方が供給力に計上される。



- 予備率は、事業者の供給力の計画や一般送配電事業者の調整力を積み上げ、さらに揚水発電は上池の想定を行い各コマにその水量を配分することで、kWhを考慮したkW予備力として算定している。
- 2日間予備率の計算手法の上池を1日（24時間）で使い切るように供給力を評価する考え方を維持しつつ、**当日予備率の課題を解消するため**、第86回の本委員会で「24時間スライド手法」を提案した。

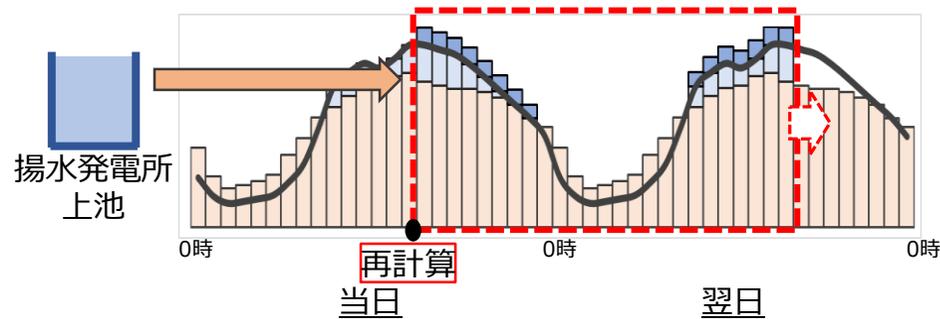
現行手法：当日に使い切るように配分

当日のGC以降の時間のみで使い切るように配分



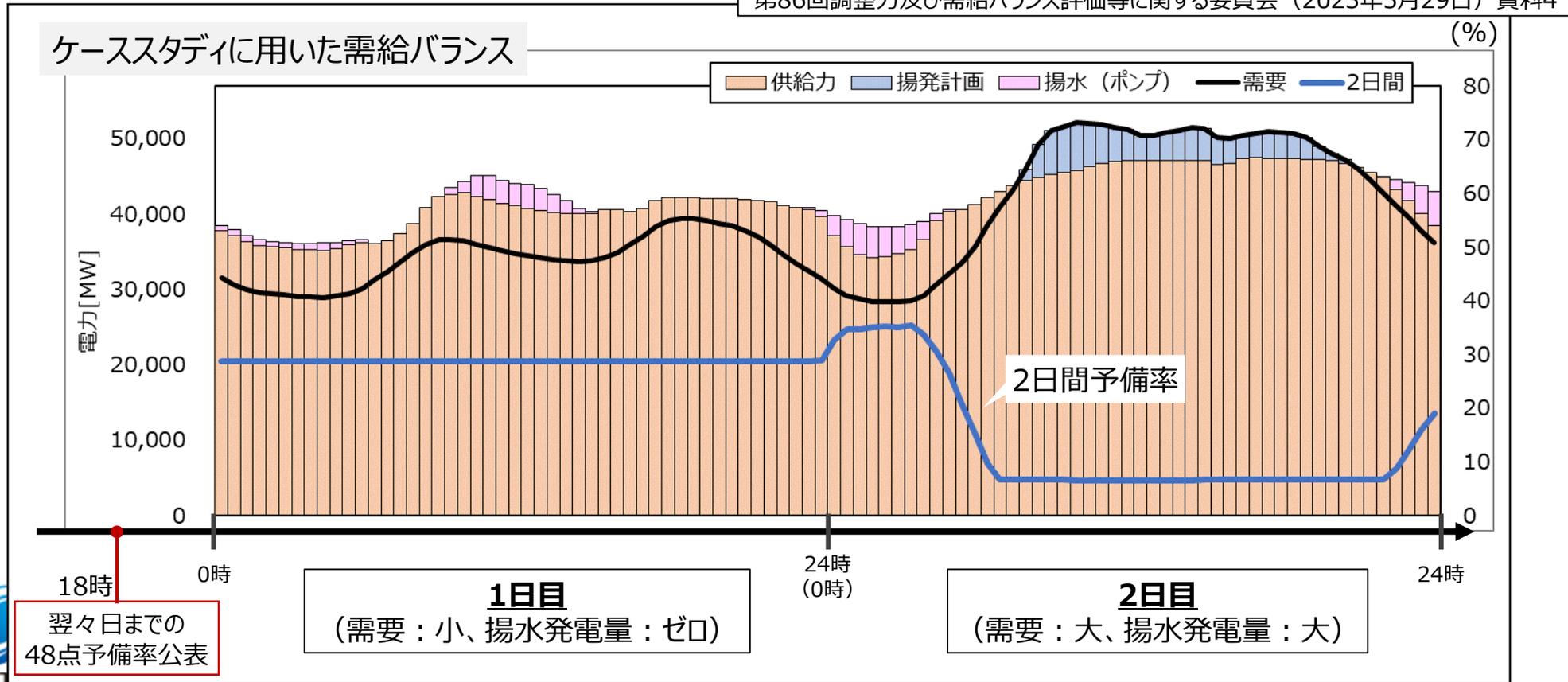
見直し案：GC以降の24時間をスライドしながら配分

常に24時間で配分



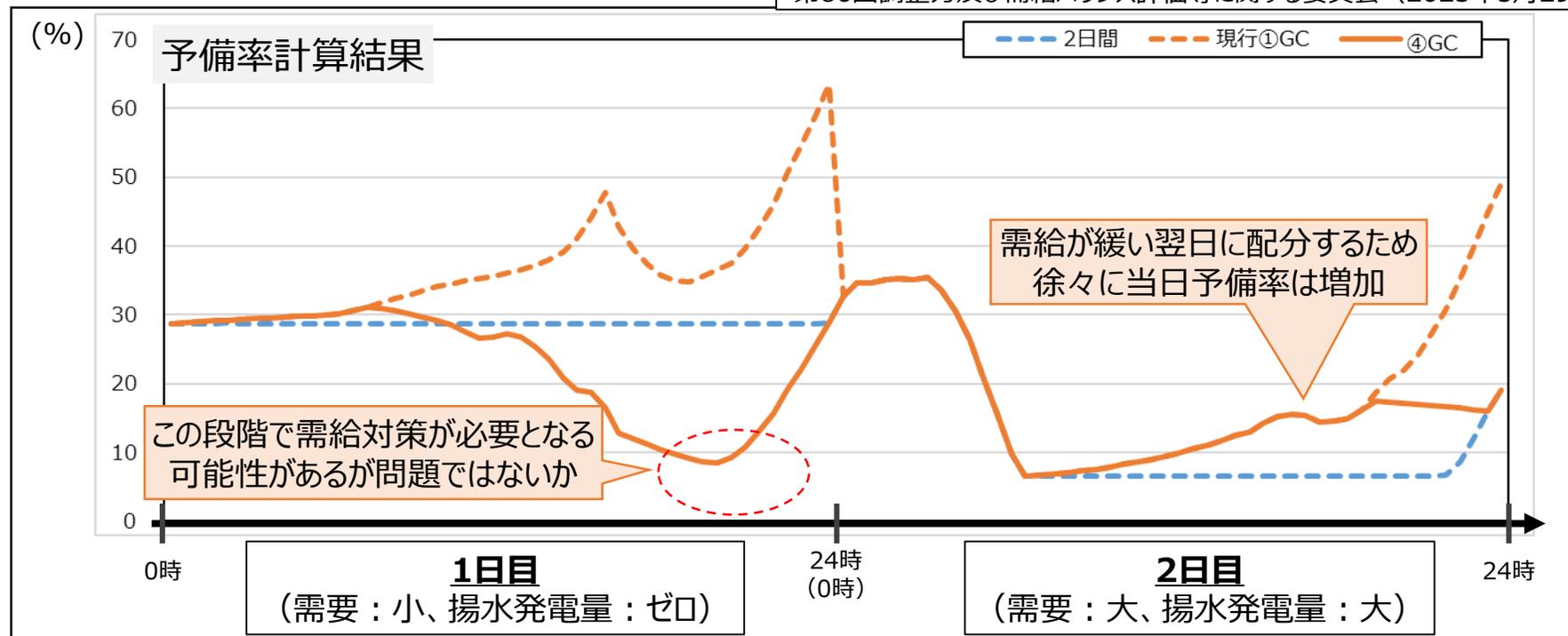
- 翌々日まで48点化された後には、現行手法によって2日目の予備率まで可視化されることで、2日目に向けたスポット市場の入札段階における市場のシグナルや供給指示、発動指令電源など様々なアラートとして有効であると考える。
- 当日予備率に2日目の需給バランスを考慮する場合、需給状況が大きく変わることにより、その影響がどのように予備率に現れるかがポイントとなる。このため、ケーススタディとして、1日目が高需要、2日目が高需要となる需給バランスを用い、バランスの違いによる予備率の計算結果を確認した。

第86回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（2023年5月29日）資料4



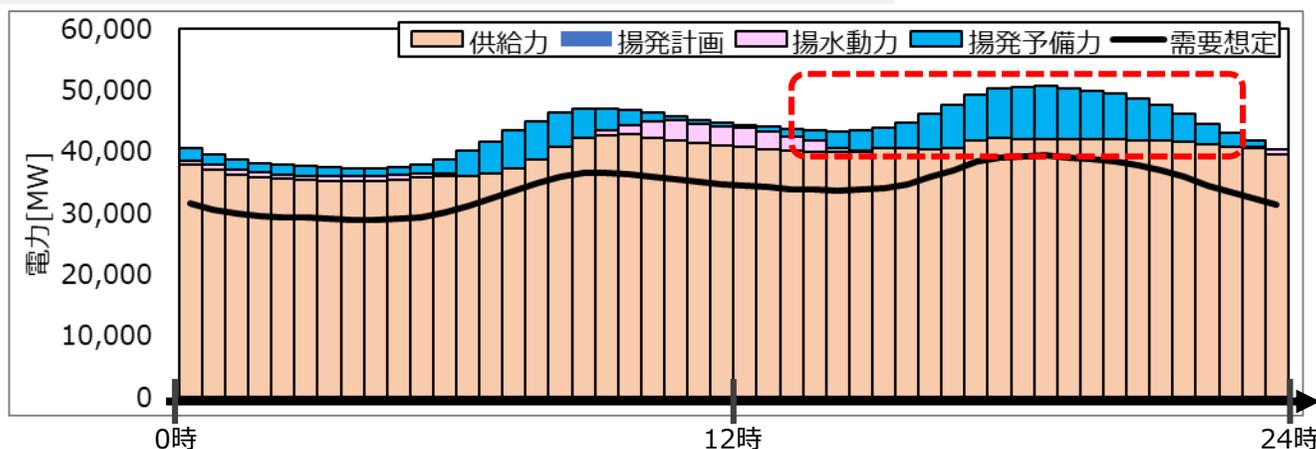
- 計算範囲を常に24時間一定とすることにより、当日予備率は日付が変わるタイミングにおいても連続性が保たれている。また、需要が大きく、揚水発電の供給力が必要になる2日目の需給状況が1日目の予備率に先行的に示されている。これにより翌日を見越した融通指示なども考えられる。
- ただし、揚水発電可能量（kWh）の状態を加味して需給運用を考える必要がある。

第86回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（2023年5月29日）資料4

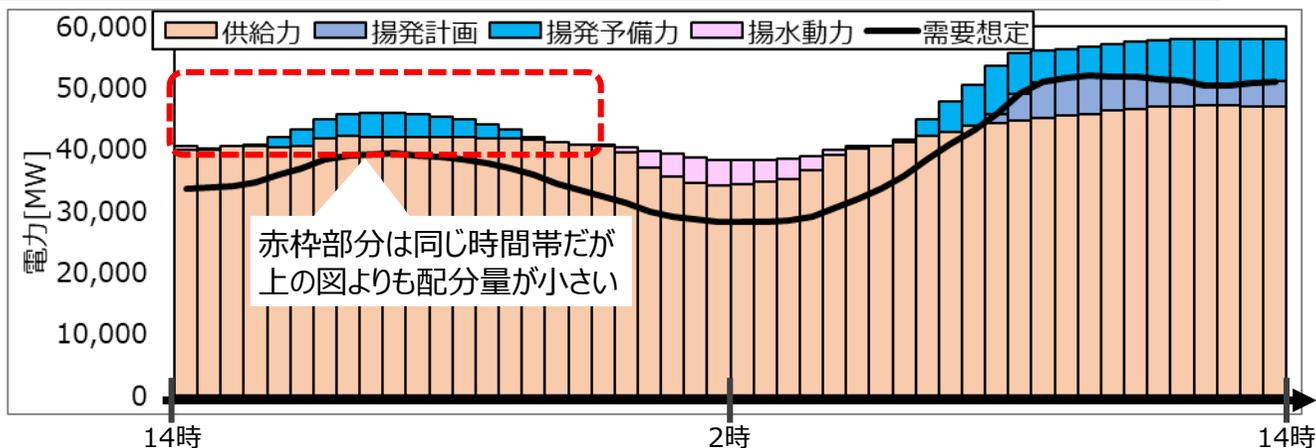


- 予備率の結果において、当日予備率が2日間予備率より低下する断面の赤枠の時間帯に着目して確認する。
- 赤枠部分の時間帯に配分された予備力は、2日目の高需要が計算範囲に入る1日目14時～2日目14時の計算結果においては翌日の高需要に上池水量が配分され、前日の計算結果より配分量が小さくなっていることが分かる。

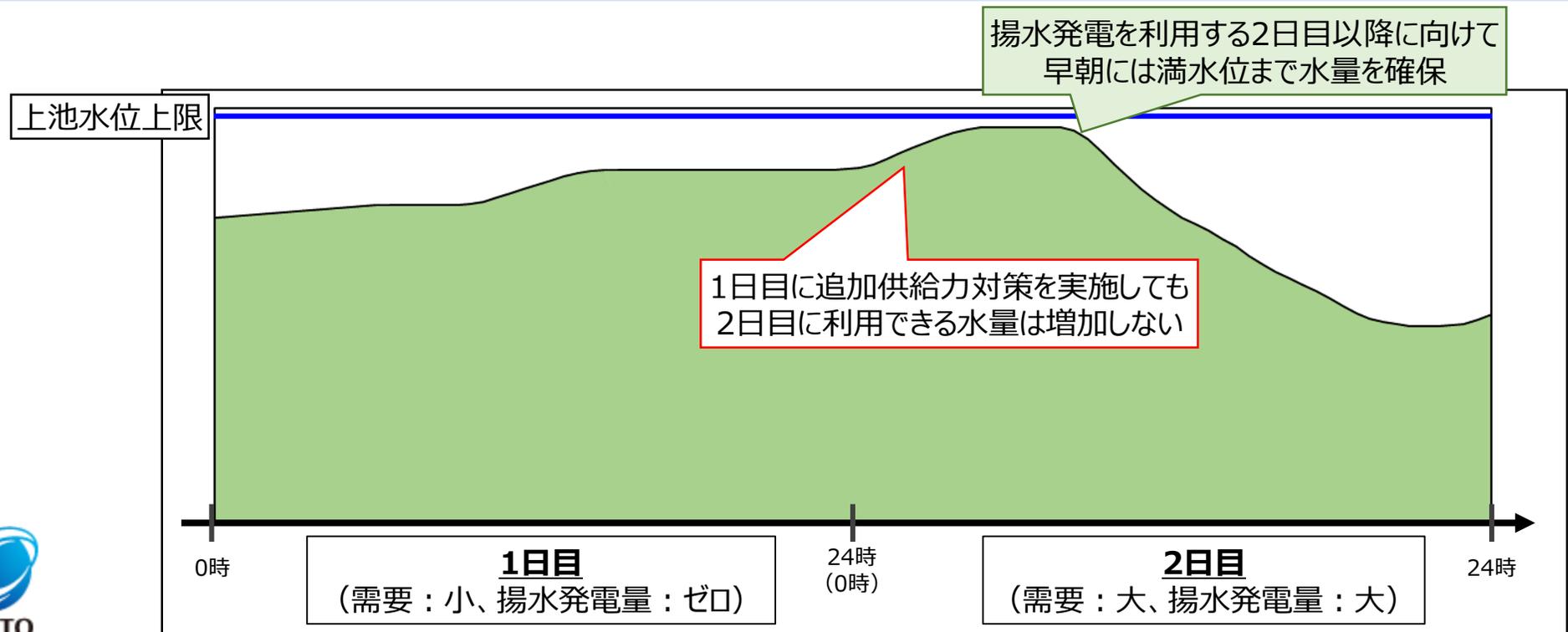
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



当日予備率算出時（1日目14時～2日目14時）の需給バランスと揚発予備力の計算結果



- 今回のケーススタディにおいては、1日目は需給が緩く、火力予備力が十分にあるものの、上池が満水位になるためポンプアップする量が頭打ちになっている。
- 提案している24時間スライド案では、24時間の範囲に需給が厳しい翌日が含まれ、揚水発電予備力が翌日に大きく配分されることから、当日の需給が緩い断面の予備率も低下した。
- この予備率の低下を踏まえて発動指令電源の発動等の追加供給力対策を実施し、ポンプアップや揚水発電の抑制を行っても、既に揚水の上池が高い水位にあるため、翌日の予備力が増加することにはならない。
- すなわち、このケースでは**1日目に追加供給力対策を行っても、上池水位は増加せず、2日目の需給改善に寄与しない**ことが分かる。

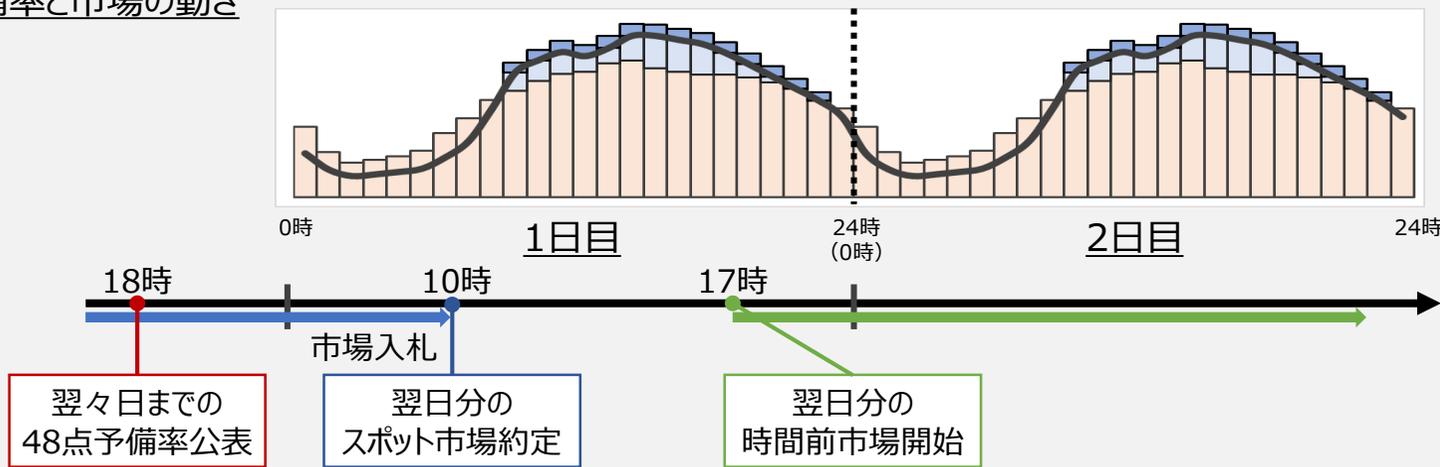


1. 揚水発電の予備力計上方法の検討の振り返り
2. 新たな揚水発電の予備力計上方法とケーススタディ
3. 2024年度以降の揚水発電の運用と予備力
4. まとめ

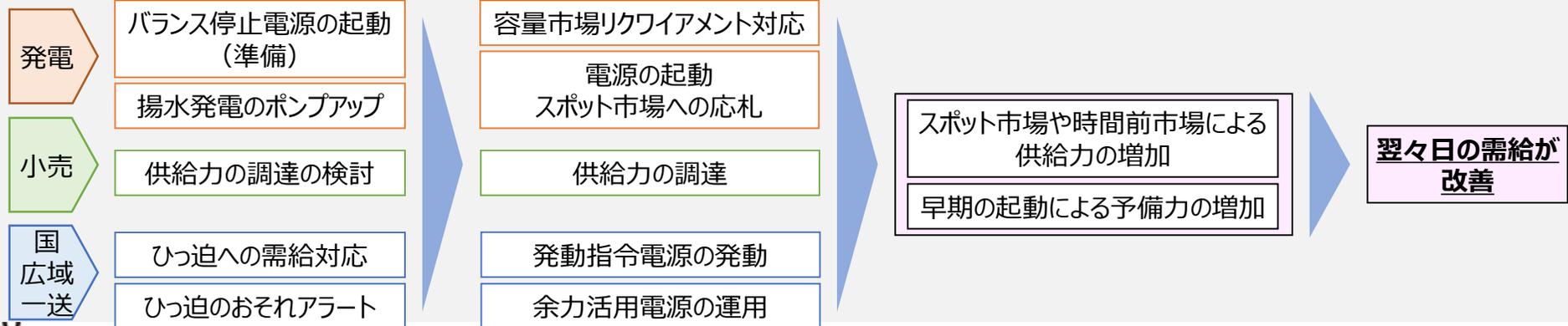
- 2024年度以降は、翌日計画の公表以降に広域予備率が8%未満になった場合には「供給力提供通知」が通知され、容量市場におけるリクワイアメントが「平常時」から「需給ひっ迫のおそれがあるとき」に切り替わる。
- これによって、容量確保契約事業者は稼働可能な計画になっている電源等について、バランス停止機は起動（準備）を、揚水発電機は上池へポンプアップを行うことで、市場応札等によって供給力を供出する必要がある。
- 揚水発電は上池のkWhを考慮してkW指標である予備率に計上しており、この計上方法によって予備率が大きく変わる。予備率による通知で、事業者がリクワイアメントの対象になることも踏まえ、揚水発電の供給力を十分に評価する方法について検討した。

- 各事業者は**翌々日分は公表された予備率を踏まえてスポット市場に入札**できるため、翌々日までの時間を考慮したさらなる供給力の供出などを期待できる。
- さらに、2日前から準備を行った上で容量市場のリクワイアメントなどに対応できるようになるため、翌々日の予備率は容量市場におけるリクワイアメントや発動指令電源の発動などの重要な指標となる。

予備率と市場の動き

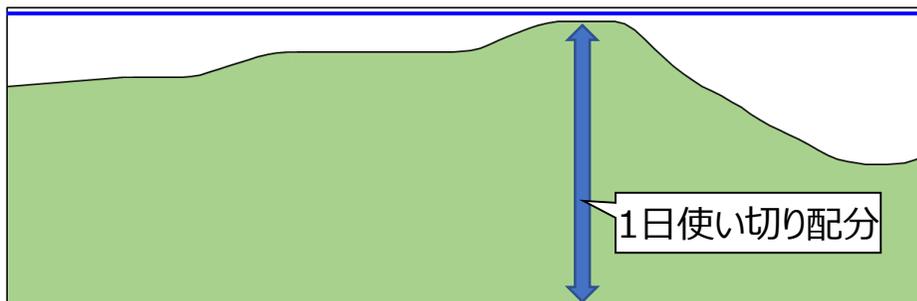


事業者の動き

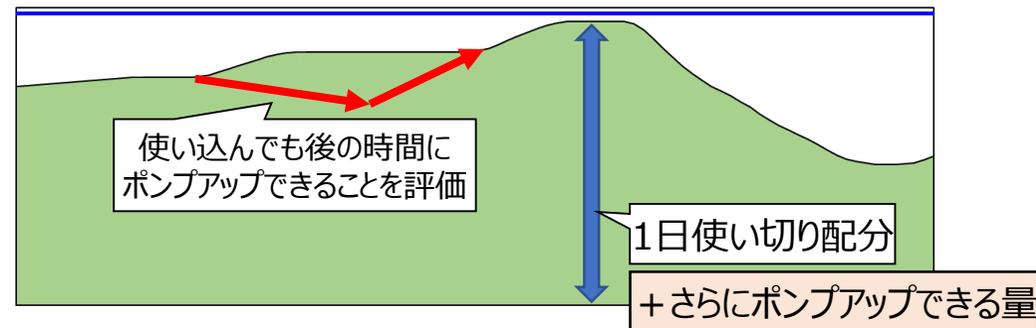


- 一般に揚水発電所の上池水位の運用は、必ずしも最大限の予備力を使ってポンプアップする想定ではなく、翌日以降の需給状況の変化に対する対応や各コマの経済性等を考慮して想定している。
- このポンプアップの想定についてコマごとに着目すると、実際にはさらにポンプアップに活用できる火力等の予備力が存在することになる。需給が厳しい断面ではポンプアップに活用できる予備力は小さいものの、このさらに活用できる予備力でポンプアップできる分は、当初の計画以上に上池を使い込んだ場合でもポンプアップできる水量となる。
- 実際の需給運用において想定以上の不足インバランスの発生によって上池を使い込んだ場合には、さらにポンプアップを行って上池水量を回復させることで翌日に向けた水量を確保することになる。
- このように柔軟にkWh供給力を提供できる揚水発電について、1日の中でポンプアップできる量を柔軟に供給力として計上し、さらに最大限ポンプアップする場合として評価することで、kWh供給力を十分に評価できることになる。
- この**さらにポンプアップできる量を揚水発電予備力として配分する**ことで、揚水発電の予備力を適切に評価する手法について検討し、当日予備率だけでなく、2日間予備率の算定時にも適用し、一連の検討と同様にケーススタディを行って提案手法の効果を確認した。

現行手法の上池水量の考え方

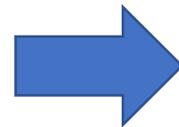
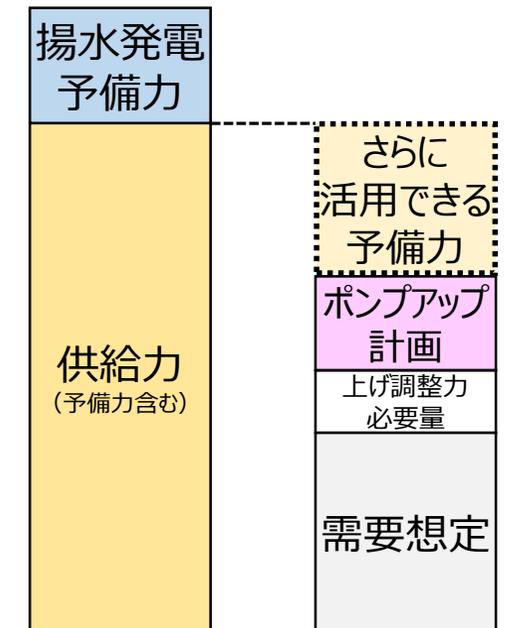


提案手法の上池水量の考え方

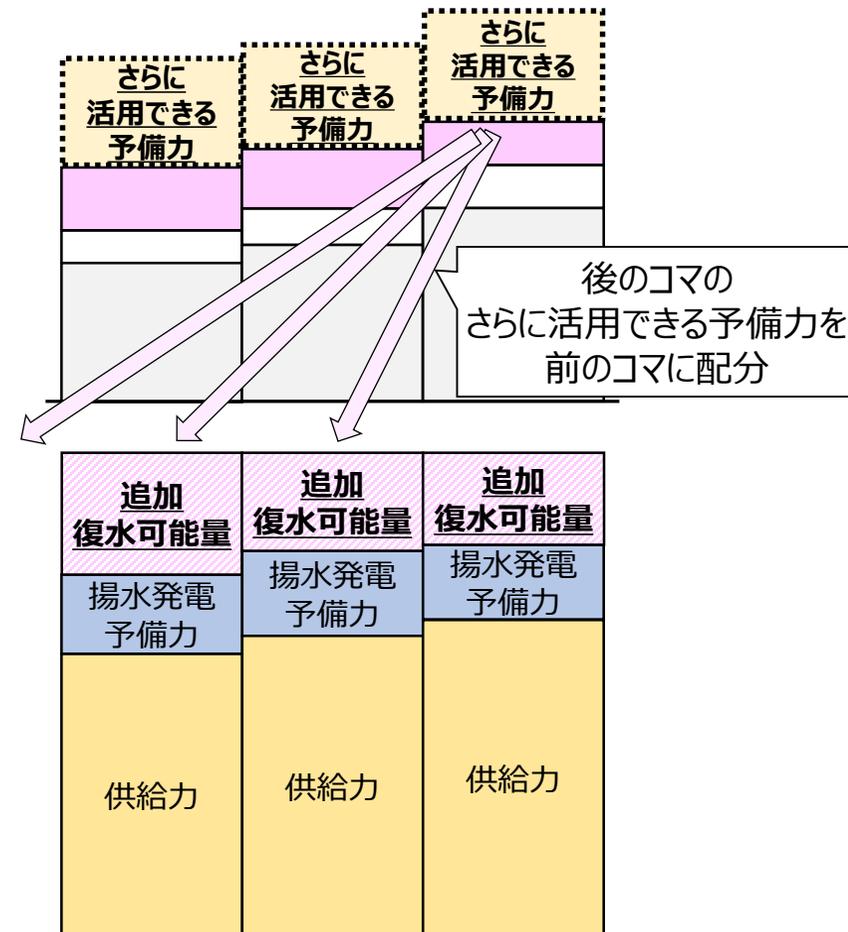


- **当初のポンプアップ計画に加え、さらにポンプアップできる量を追加復水可能量と定義する。** 全体の供給力に対して、需要想定やポンプアップ計画、上げ調整力の必要量等を差し引いて、**さらに活用できる予備力があれば、ポンプアップの原資になる。** この予備力によりポンプアップできる分が**計画以上に使い込んだ場合の追加復水可能量**となる。
- 追加復水可能量をコマごとに算出し、**そのコマより前のコマに予備率が一定になるように配分**し、予備率を算出する。

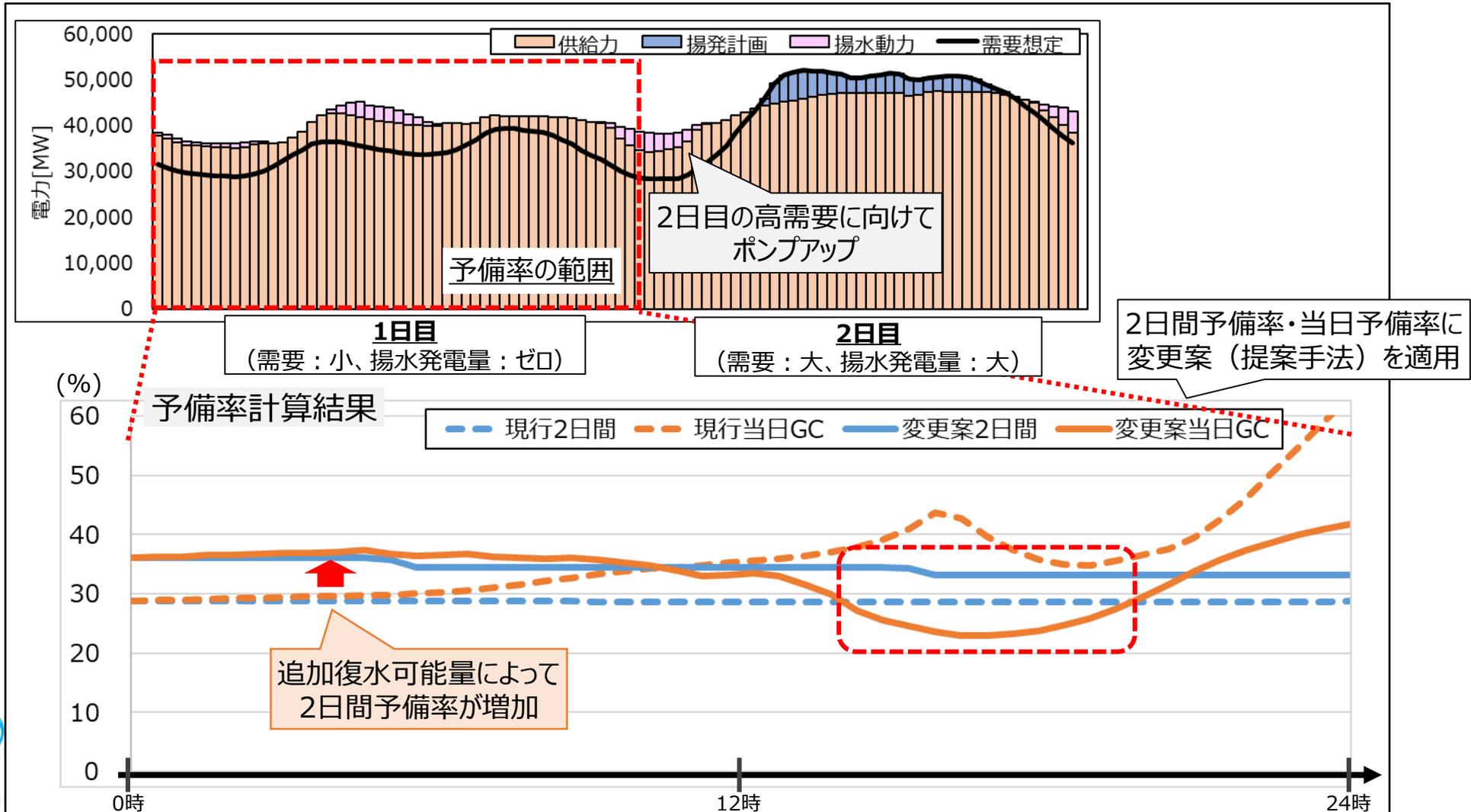
追加復水可能量の考え方（コマごと）



追加復水可能量の配分方法

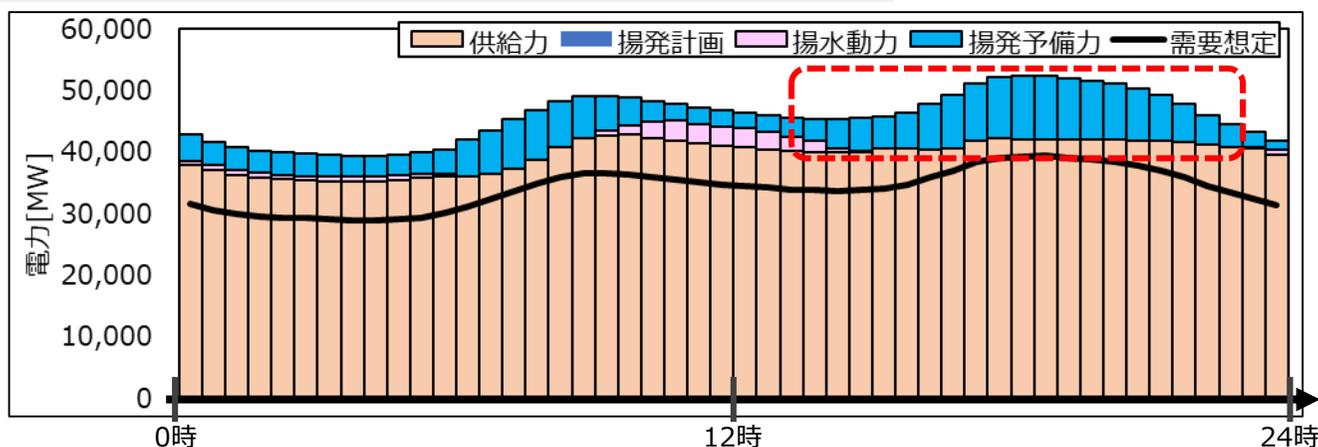


- ケーススタディの結果によれば、2日目の高需要に上池を配分することで2日間予備率よりも当日予備率は減少するが、P.12で示した当日予備率に比べて増加していることがわかる。全体的に2日間予備率と当日予備率の差異も小さくなっており、追加供給力対策の実施の判断指標や市場のシグナルとして当日予備率が有効なものになっている。

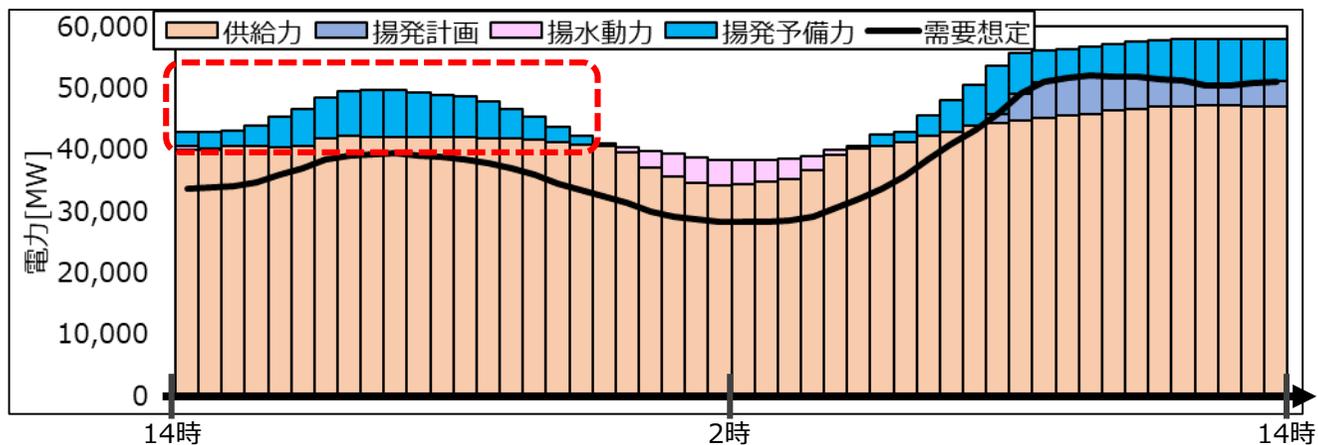


- P.13の予備力と比較すると、追加復水可能量の計上により、予備力が大きくなっていることがわかる。

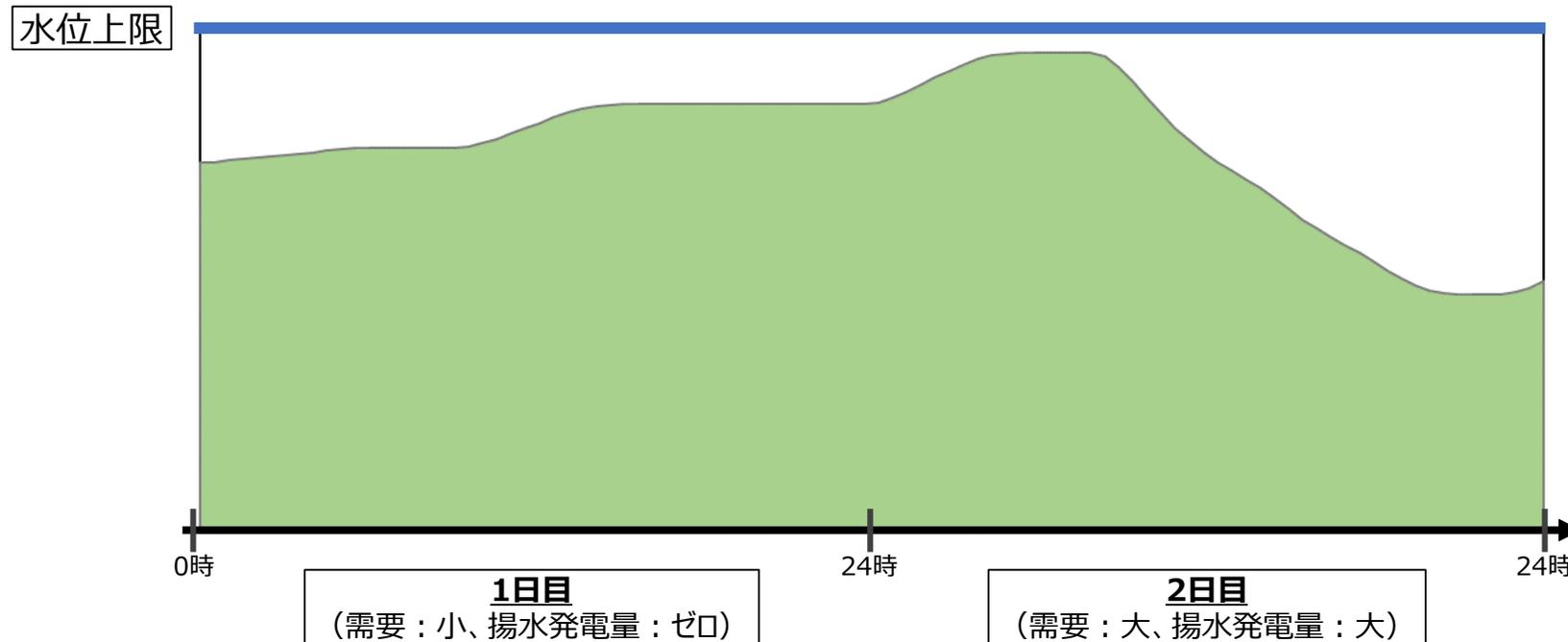
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



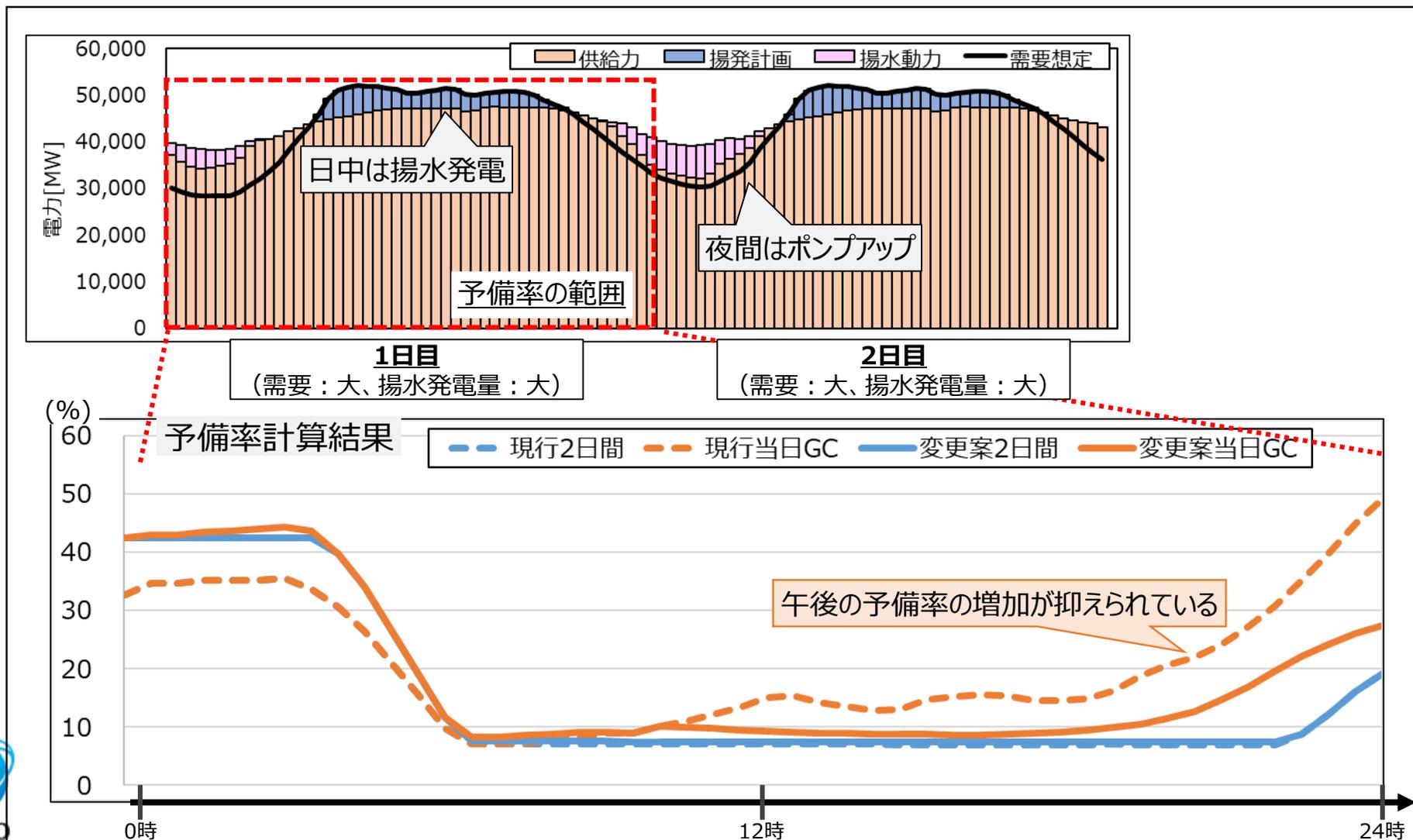
当日予備率算出時 (1日目14時~2日目14時) の需給バランスと揚発予備力の計算結果



- 翌日の高需要に対応するため、1日目から2日目の早朝にかけてポンプアップし、満水位にしている。
- 2日間予備率または当日予備率の算出時には、この水量を使い切るように配分し、揚水発電の予備力としている。

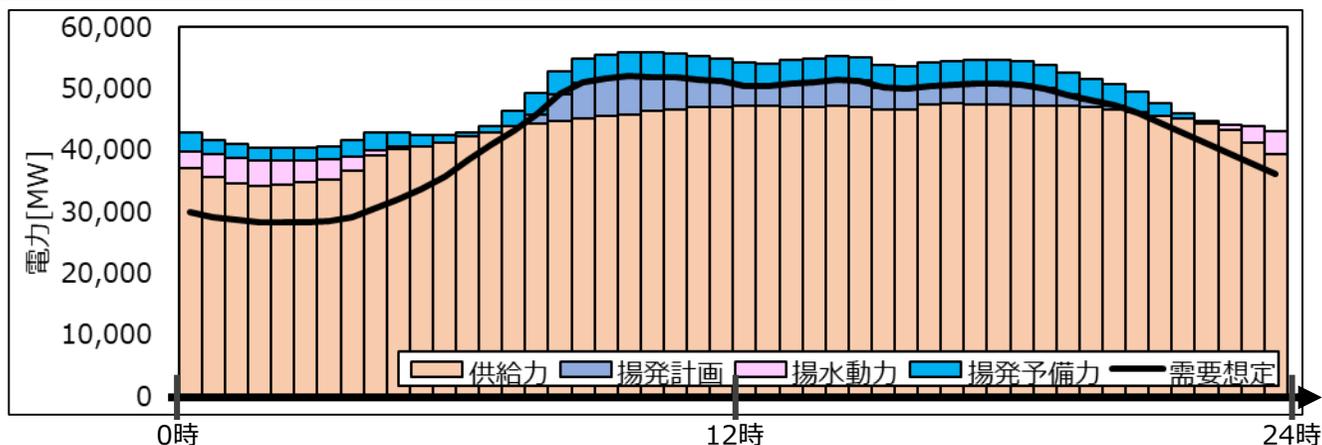


- 日中に揚水発電するほどの高需要においては、揚水発電の予備力も小さいことから、現行の手法と24時間スライド手法の予備率の差異は小さい。24時間スライド手法によって午後の予備率の増加が抑えられている。

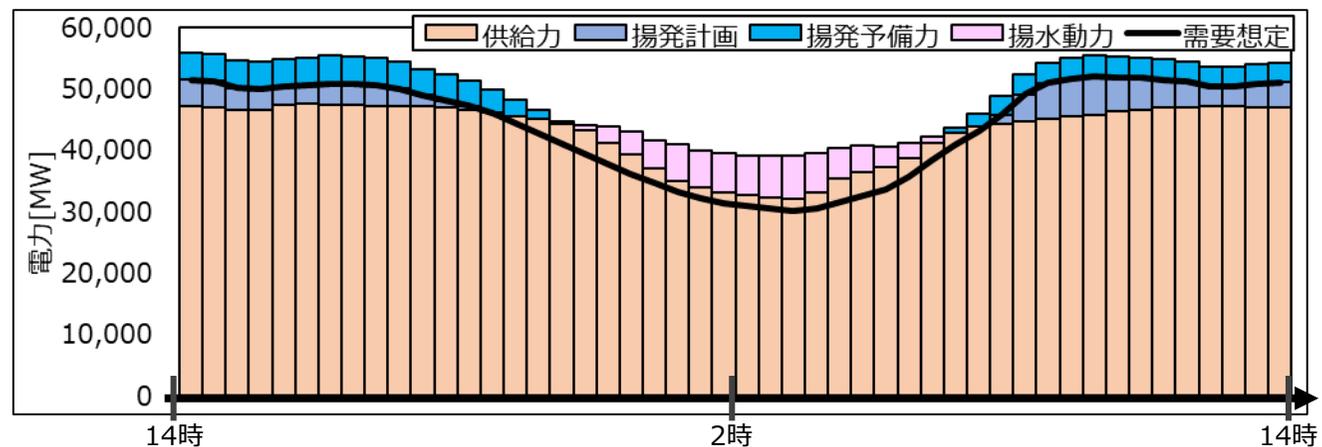


- 高需要が続いているため、24時間の計算範囲の需給状況に大きな違いがなく、揚水発電の予備力の配分量も大きな違いがない。

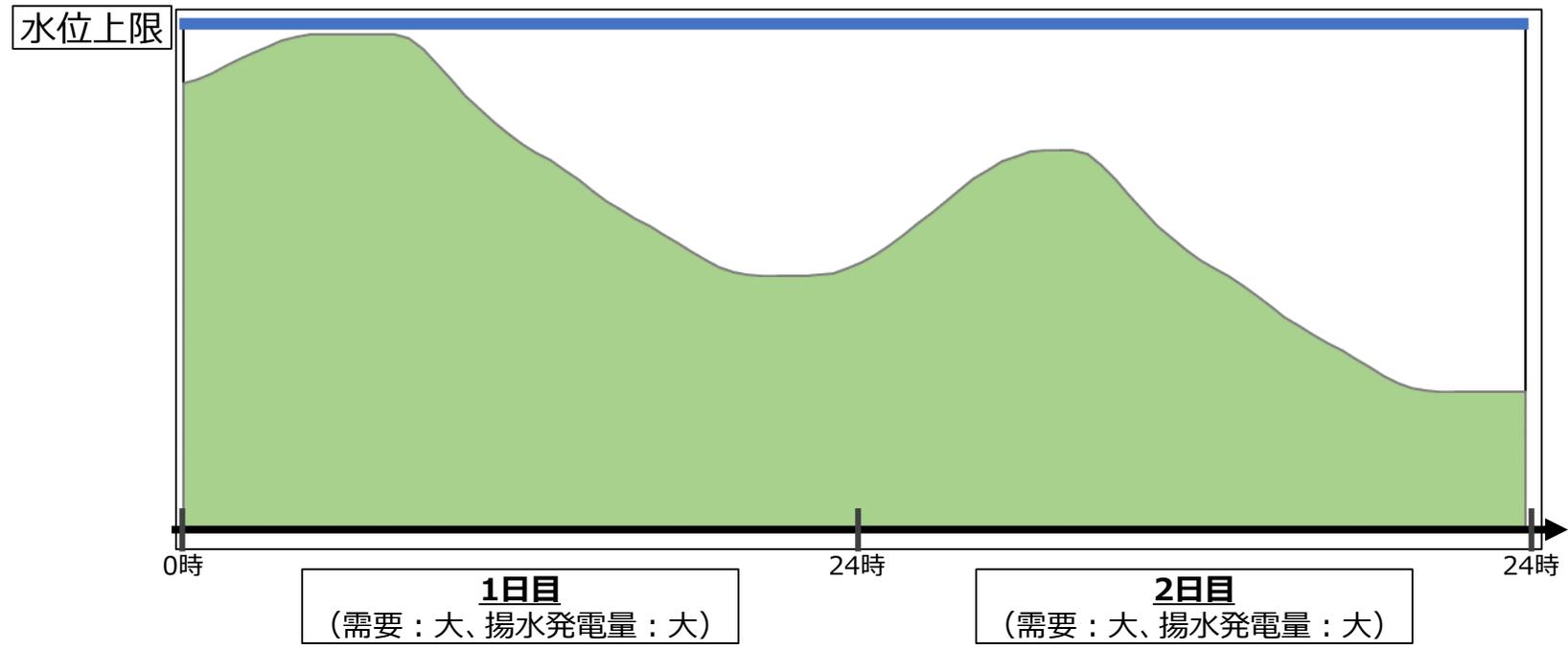
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



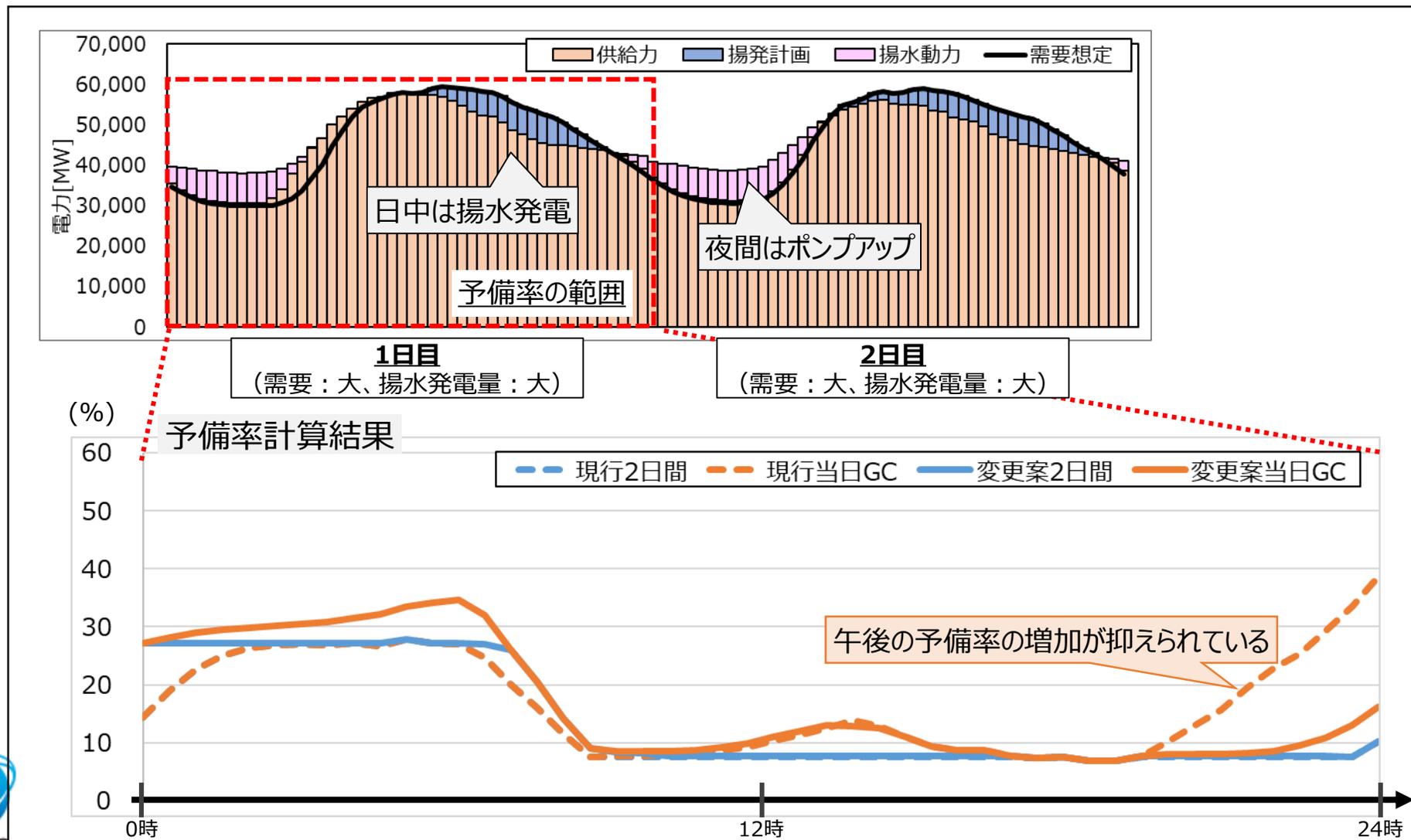
当日予備率算出時 (1日目14時~2日目14時) の需給バランスと揚発予備力の計算結果



■ 高需要に対応するため、水位が高い状態から1日目は始まっているが、ポンプアップ量が少なく、2日目は水位が低下している。

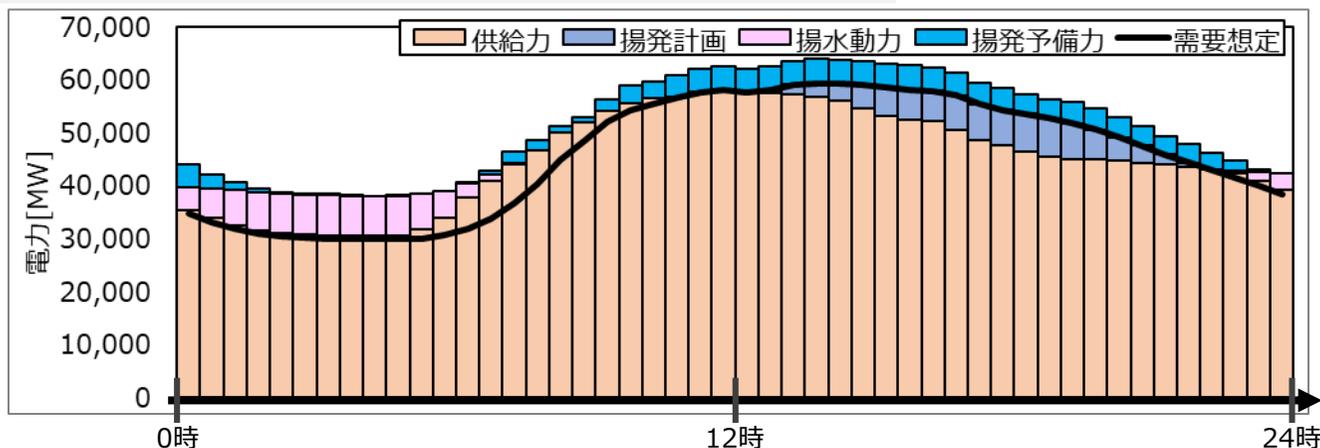


- 夏の高需要時においても2日間予備率と当日予備率が整合的になっている。

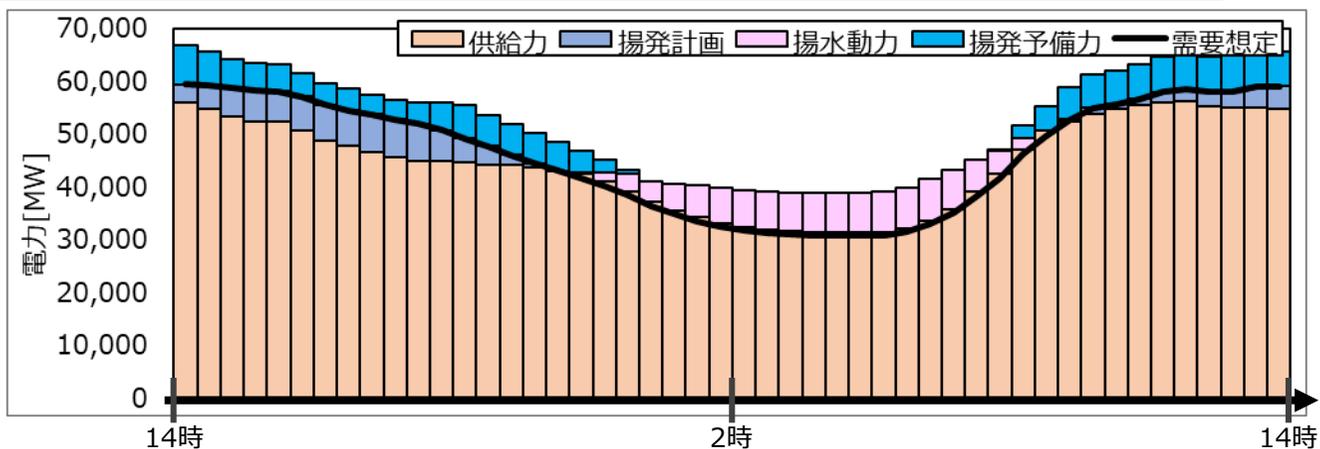


- 冬の高需要時と同様に、高需要が続いているため、24時間の計算範囲の需給状況に大きな違いがなく、揚水発電の予備力の配分量も大きな違いがない。

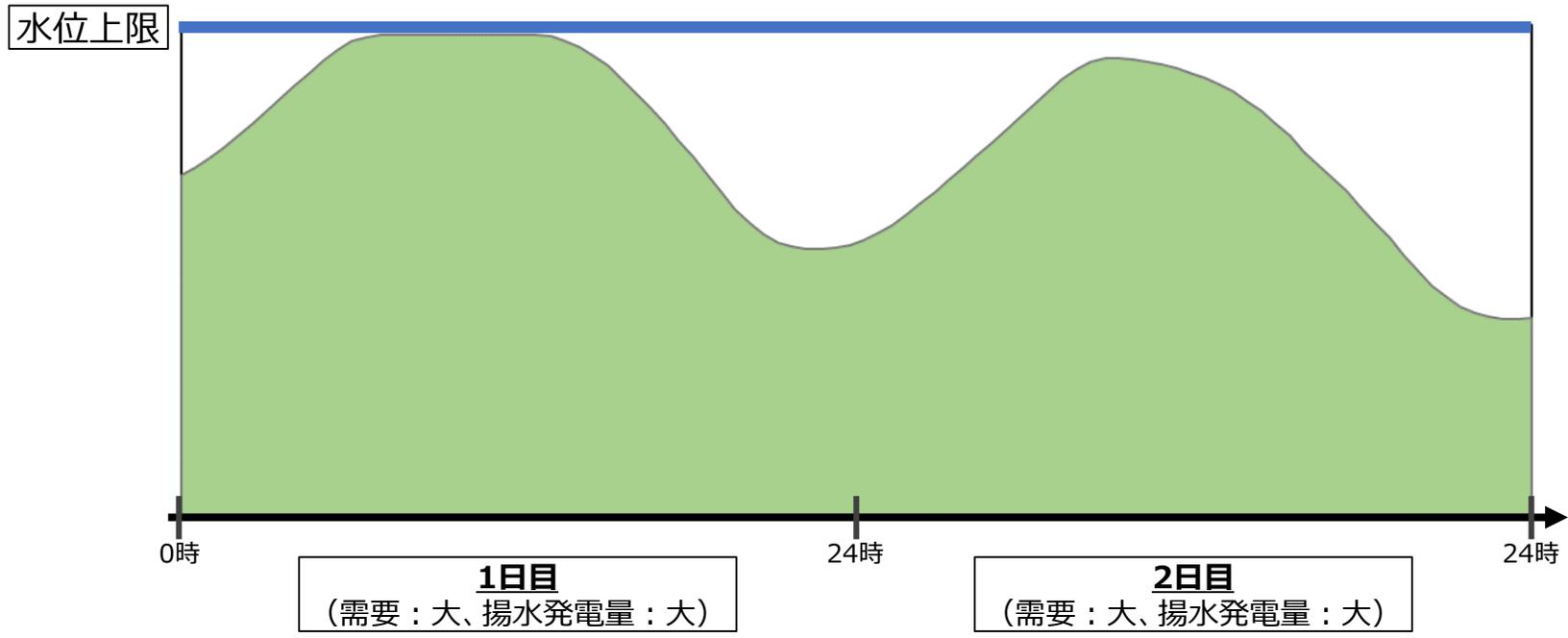
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



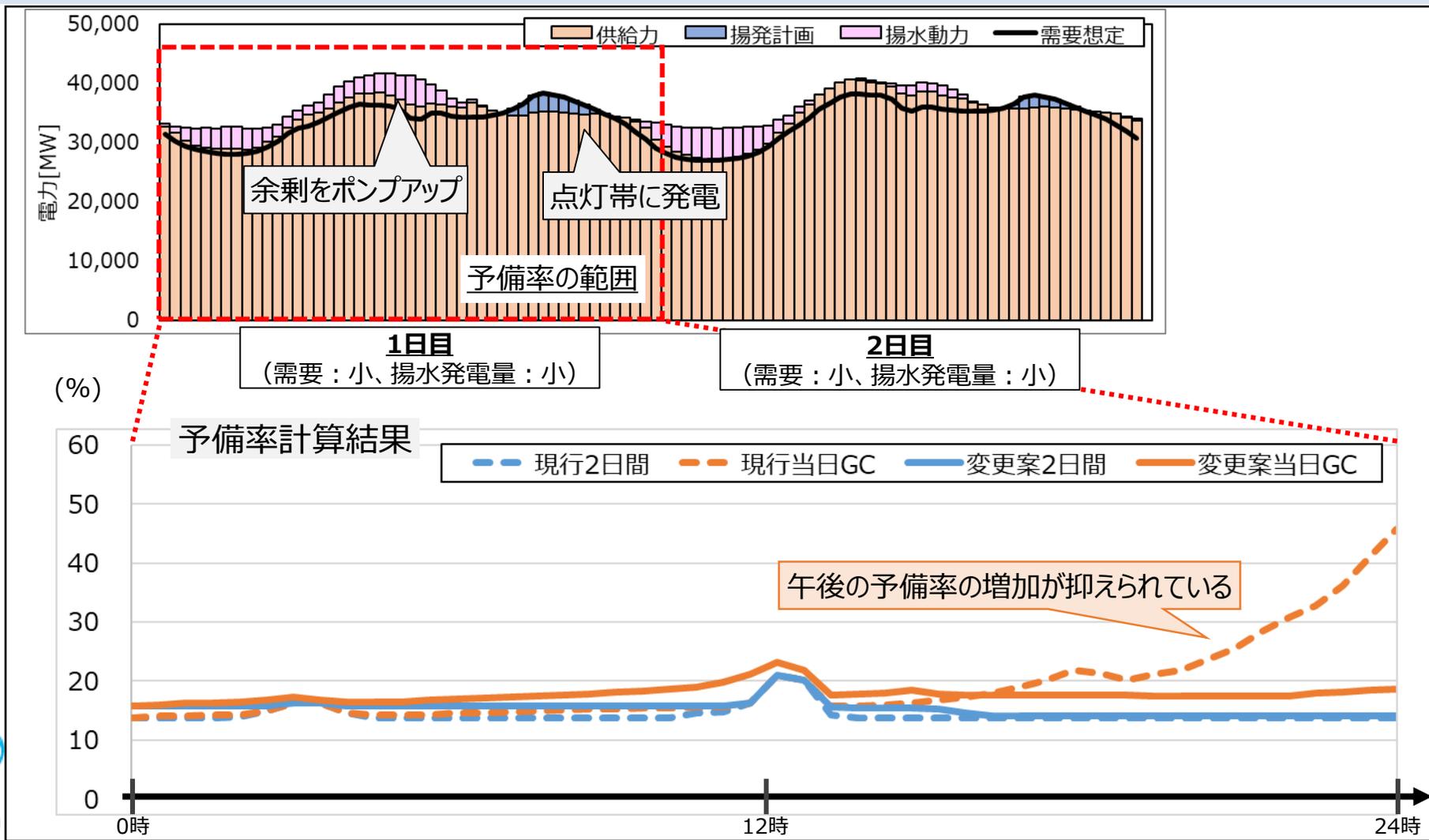
当日予備率算出時 (1日目14時~2日目14時) の需給バランスと揚発予備力の計算結果



- 高需要に対応するため、2日間ともに上池水位を高い状態にしている。

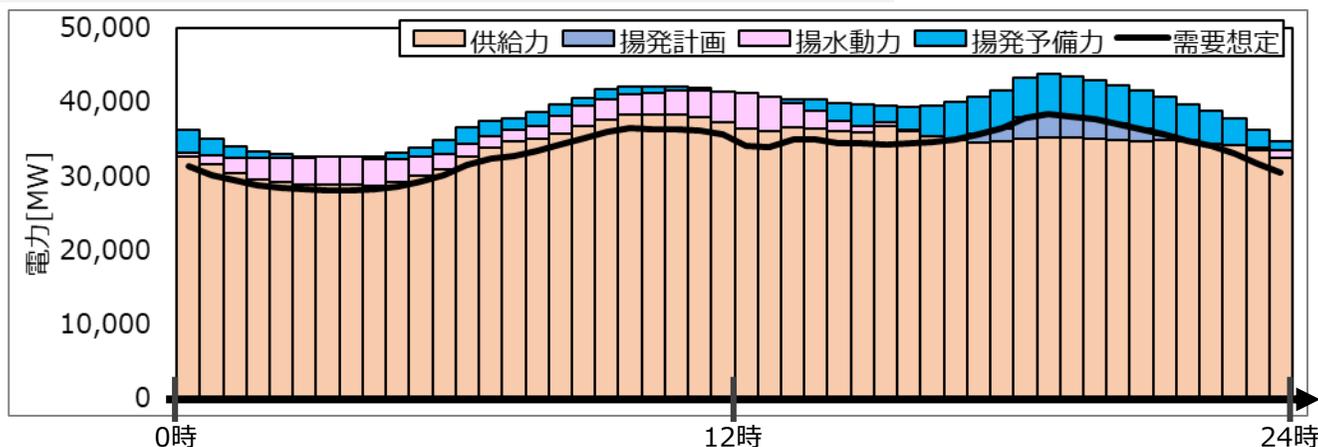


- 春や秋の需給バランスが緩い時期については、需給対策の判断指標や市場シグナルとして予備率の重要性は大きくなく、計算手法の変更の影響は小さいが、参考としてケーススタディを行った。
- 24時間スライド案によって、午後の予備率の増加が抑えられていることがわかる。

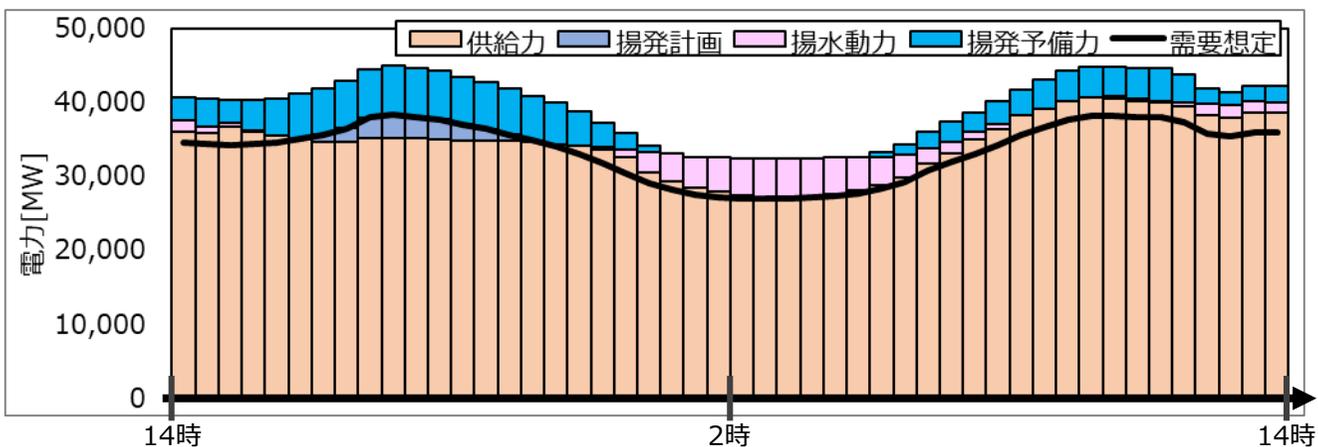


- 揚水発電の予備力が大きく配分されていることが分かる。

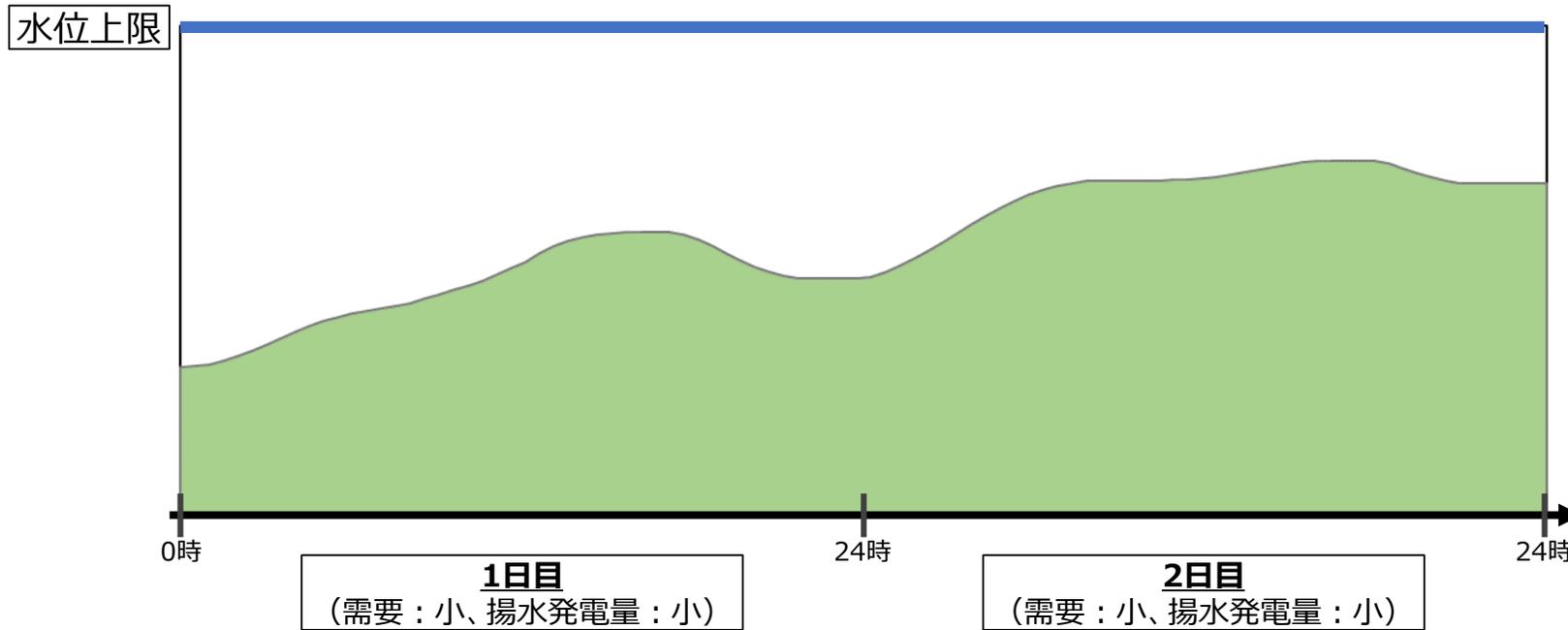
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



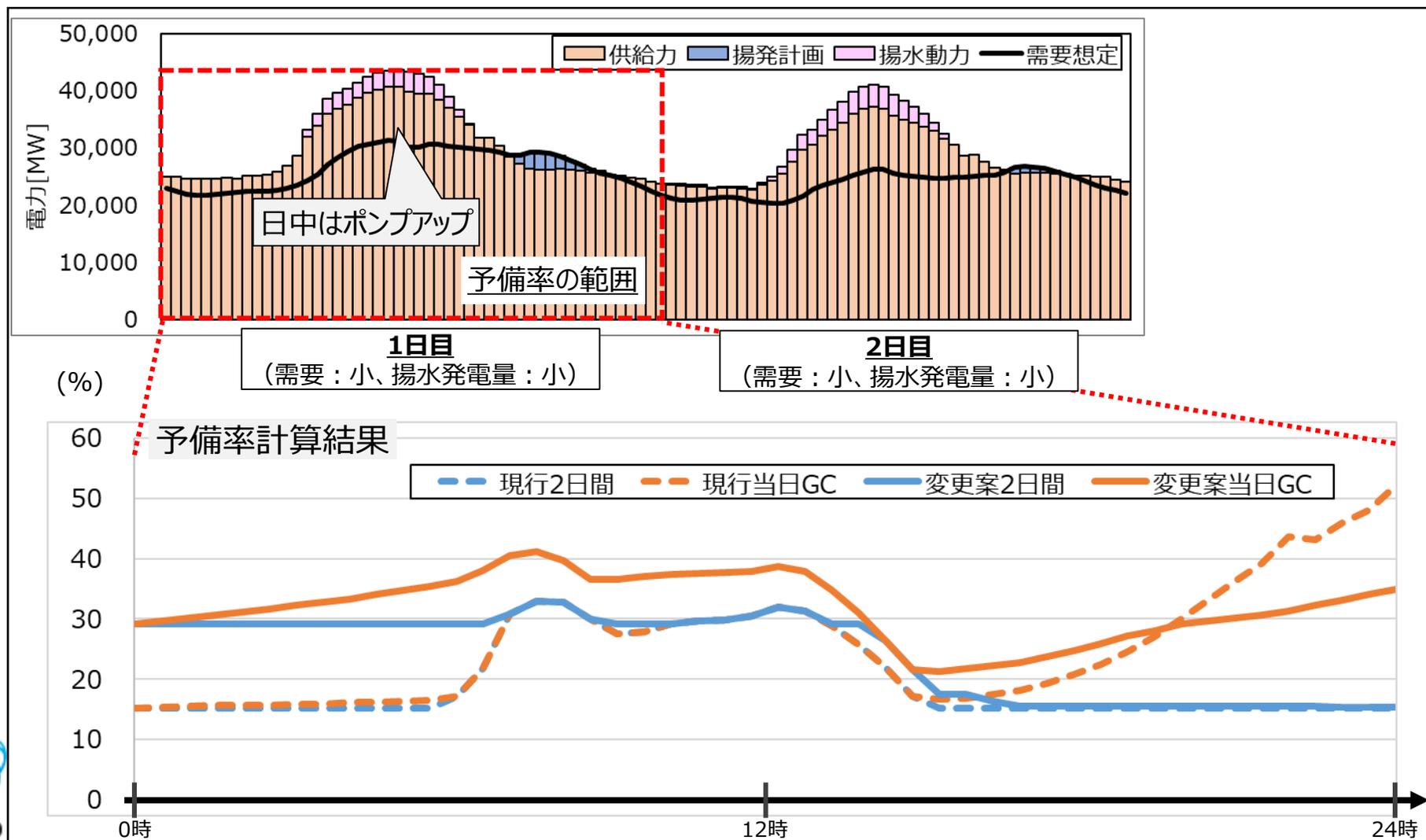
当日予備率算出時 (1日目14時~2日目14時) の需給バランスと揚発予備力の計算結果



- 日中に余剰電力でポンプアップするため、水位が上昇している。

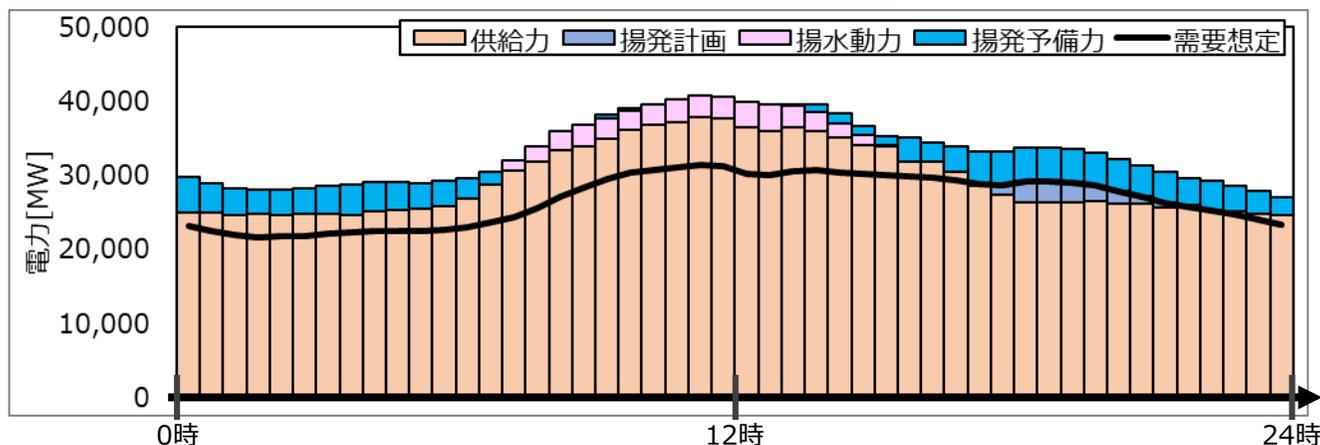


- さらに需要が小さいケースであるが、参考としてケーススタディを行った。
- 上池に水が十分にあり、供給力も十分にある状況であるため、追加復水可能量が大きくなる。

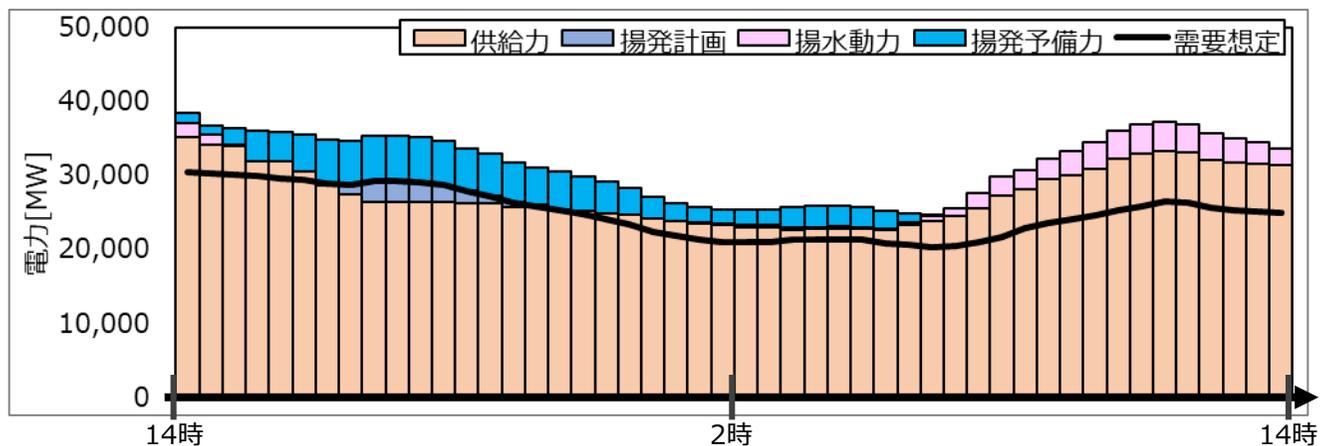


■ 日中はポンプアップを行っているが、それ以外の時間帯には大きく揚水発電の予備力が配分されていることがわかる。

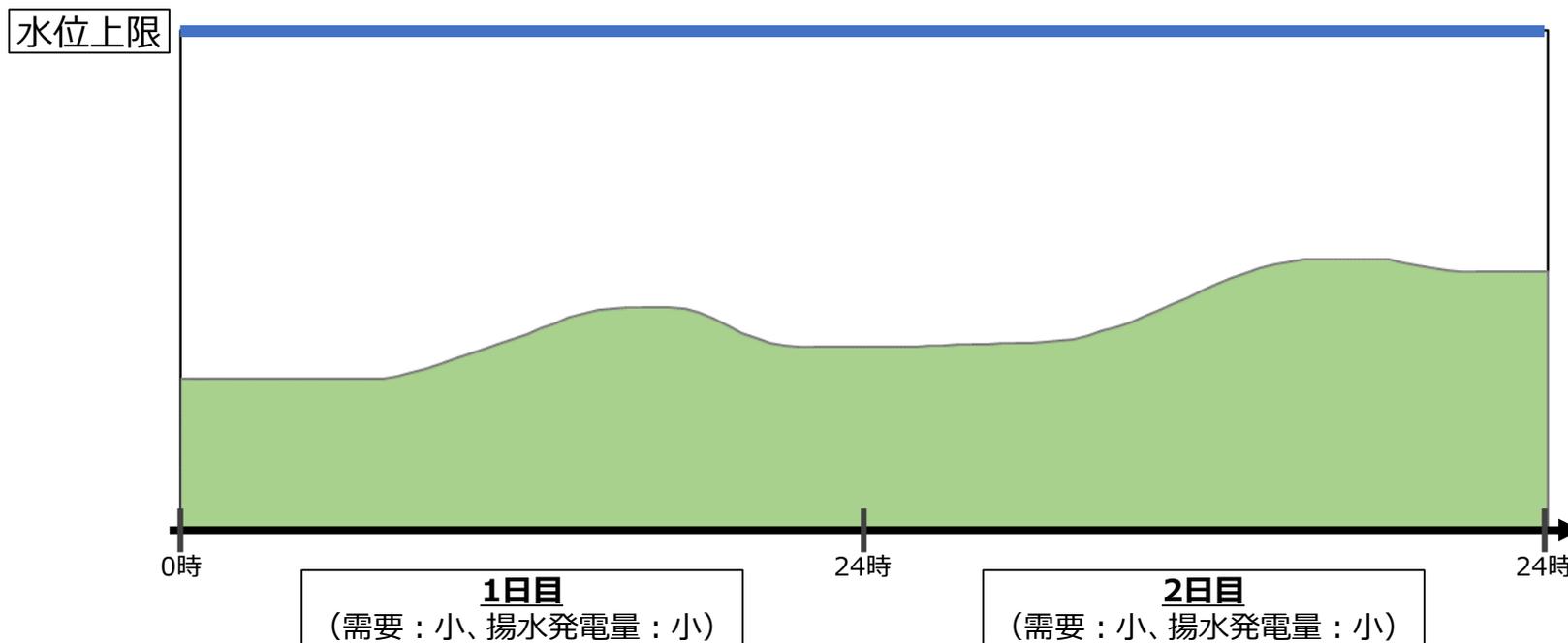
2日間予備率算出時の1日目の需給バランスと揚発予備力の計算結果



当日予備率算出時 (1日目14時~2日目14時) の需給バランスと揚発予備力の計算結果



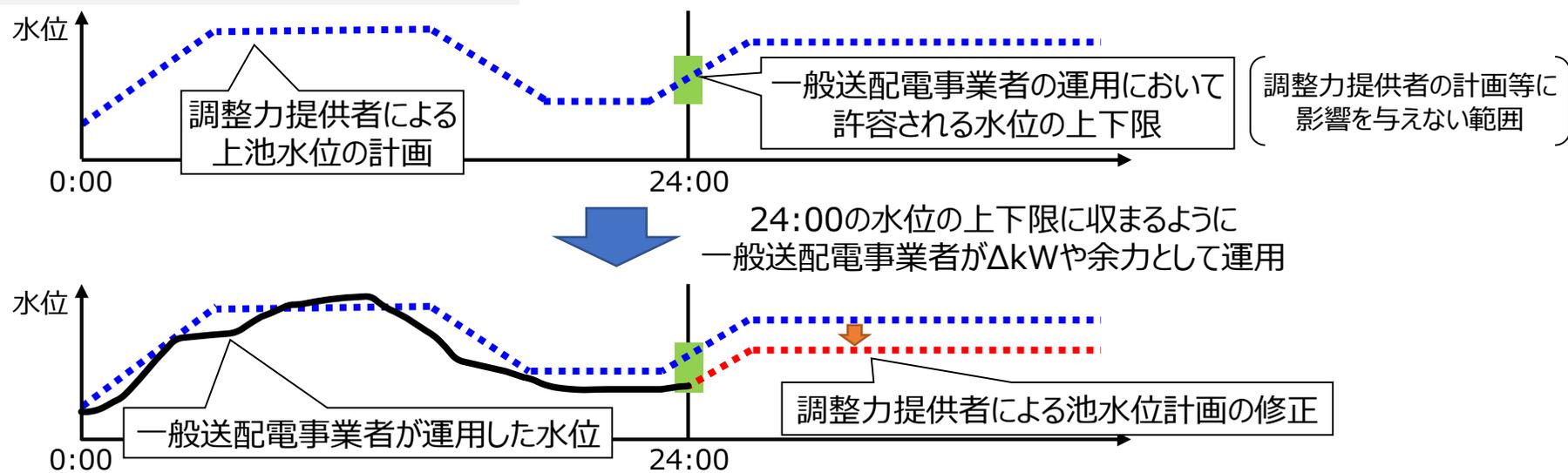
- 日中に余剰電力でポンプアップするため、水位が上昇している。



1. 揚水発電の予備力計上方法の検討の振り返り
2. 新たな揚水発電の予備力計上方法とケーススタディ
3. 2024年度以降の揚水発電の運用と予備力
4. まとめ

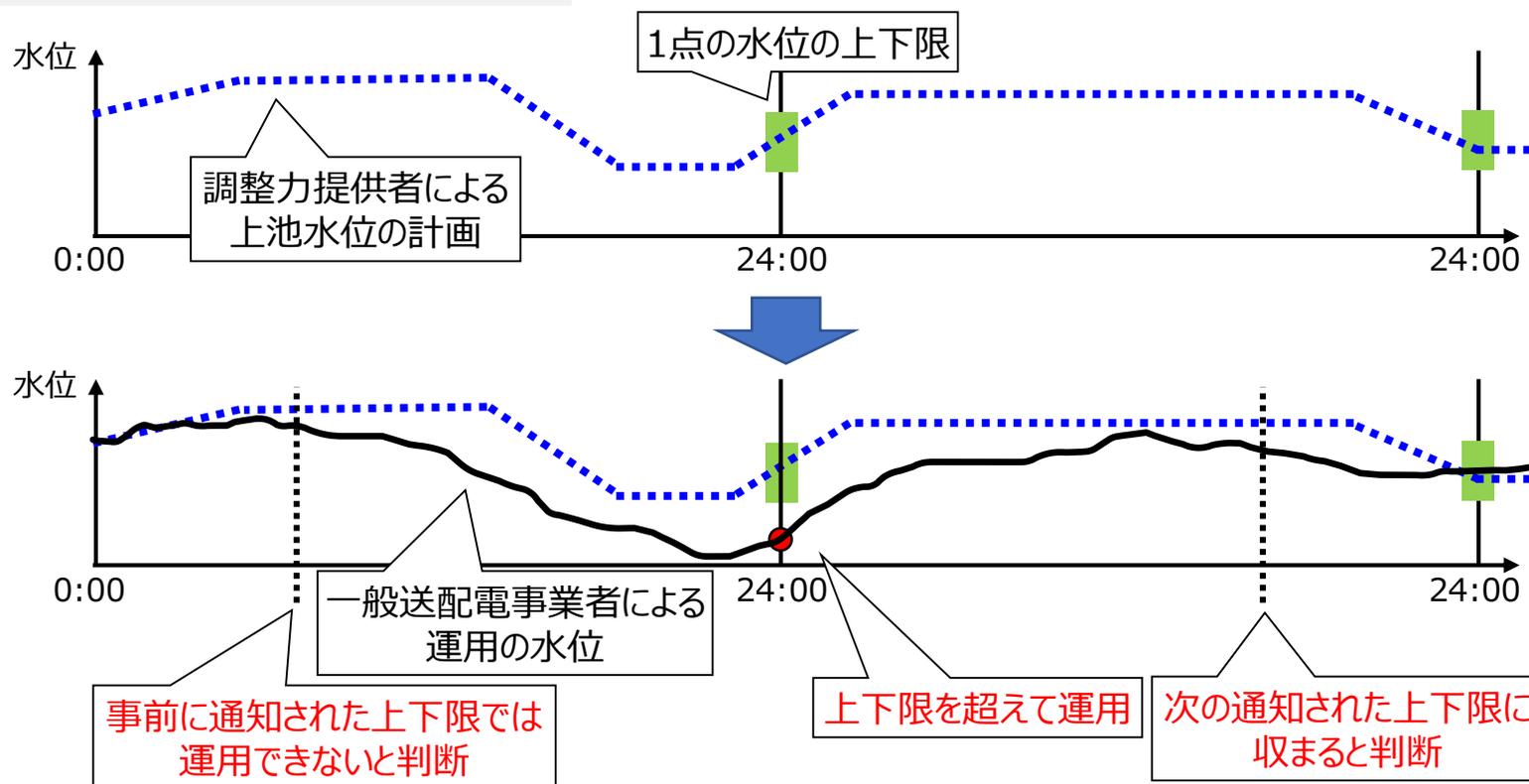
- 2024年度以降揚水発電の池の水位の運用主体は調整力提供者になり、調整力提供者が物理的な上池や下池の制約等を考慮しながら、数日先までの市場取引等の経済合理性のある計画に基づいて池の水位を管理する。
- 調整力提供者は自らの計画に影響がないことを前提として、一般送配電事業者の運用において許容される水位の上下限を一般送配電事業者に通知し、一般送配電事業者はその範囲で揚水発電等を運用することになる。
- 許容される水位の上下限は調整力提供者から一般送配電事業者に1日1点等で通知される。その上下限值については、スポット市場等における販売予定分として確保する水位を基本として、販売予定の増減分や ΔkW として利用するために確保する水位、池の制約等を加味して設定されると想定される。このため、例えば下限水位について、市場入札したものが全量約定した場合に想定される水位より上の水位が提示されることは基本的にはないと考えられる。
- 一般送配電事業者は指定されている断面の上下限に収まるように ΔkW や余力を活用する。すなわち、一般送配電事業者は通知された水位の上下限を認識しながら、周波数調整や広域需給調整における経済運用を考慮して、需給バランスの調整のために発電やポンプアップを行うこととなると考えられる。

調整力提供者による上池水位の計画 (例)

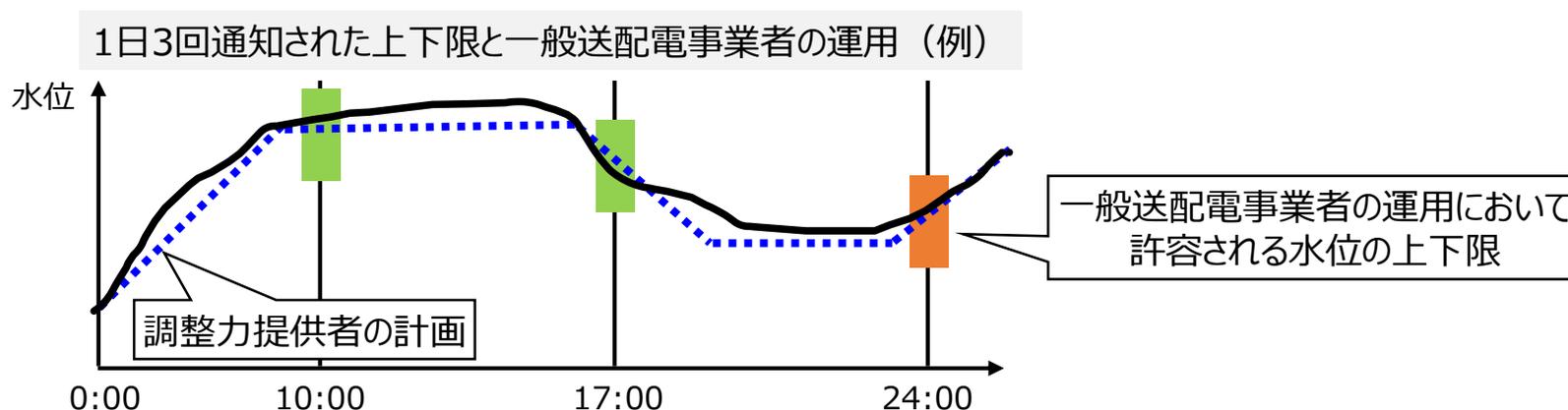


- 需給ひっ迫時等は一般送配電事業者が一時的に池全体の水位を主体的に運用できることとされているが、具体的には**一般送配電事業者が調整力提供者に通知された水位の上下限を超えて運用すること**を指す。上下限を超えて運用した後は、改めて通知された上下限に水位を戻すことで調整力提供者の運用に戻ることになる。
- なお、このような状況においても、調整力提供者は一般送配電事業者の運用に制約を受けず自らの計画を策定できる。そのため、一般送配電事業者が上下限を超えて運用しても、調整力提供者の市場取引等に影響はない。
- 揚水発電の緊急時の運用については、この手法を前提として整理する。

通知された上下限と一般送配電事業者の運用 (例)

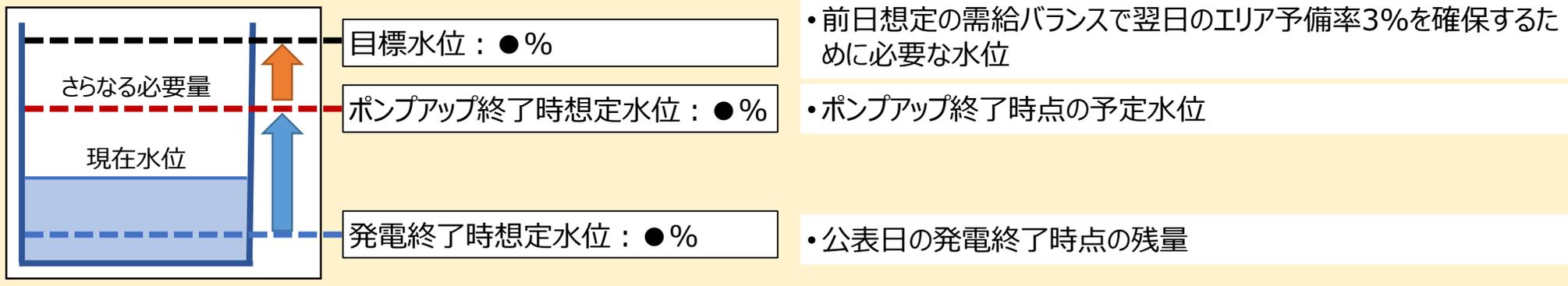


- 第88回本委員会において整理した通り、2024年度以降は余力活用契約に基づいて調整力を提供しているBG（以下「調整力提供者」という。）は一般送配電事業者に1日に1点等の水位の上下限を通知し、一般送配電事業者はその範囲で揚水発電を運用することになる。
- 一般送配電事業者は調整力提供者が通知した上下限を認識しながら運用することになるが、全エリアで統一する観点から、揚水発電の予備力は全エリアで24時の上下限をもとに算出することになる。
- 予備力については、24時の上下限に対して当日中に利用可能な上池水量を算出し、その水量を当日中に使い切るように予備率一定で配分することになる。そのため、**2024年度以降も現状の予備率の課題は表れる**と考えられる。
- 需給ひっ迫等の緊急時には上下限を超えて運用する場合がある。その際には、揚水発電の予備力は上下限に関係なく当日中に使い切るように予備率一定で配分することになり、特に現状の予備率における課題が表れることになる。



- 予備力の計上方法の見直し（システム改修）に時間を要するため、翌日の揚水発電の発電可能量の確保等を目的とした対策の判断指標が必要になる。第86回の本委員会で提案したエリア全体の揚水発電可能量に関する情報の公表について、さらに検討を行った。
- 翌日のエリア予備率3%を確保できる残量を明示し、当日の発電終わり時点の残量等を管理し、公表することで、需給対策の実施や翌日の需給ひっ迫状況を把握しやすくなる。
- 広域機関や各一般送配電事業者だけでなく、ひっ迫状況の社会的な理解の醸成に有効となる。そのため、今年度冬季は需給ひっ迫注意報または警報の発令時に、2024年度以降は発令時かつ緊急時の上下限を超えた運用を行う場合に公表することとする。各エリアの関係する事業者には情報の公表に協力をお願いしたい。
- エリアによっては図を用いた公表が難しいことから、テキストで公表する可能性がある。また、簡易に算定するため、エリア需給バランスを基準としたデータを公表することになる。

(例) 揚水式水力発電所の発電可能量について (前日時点)

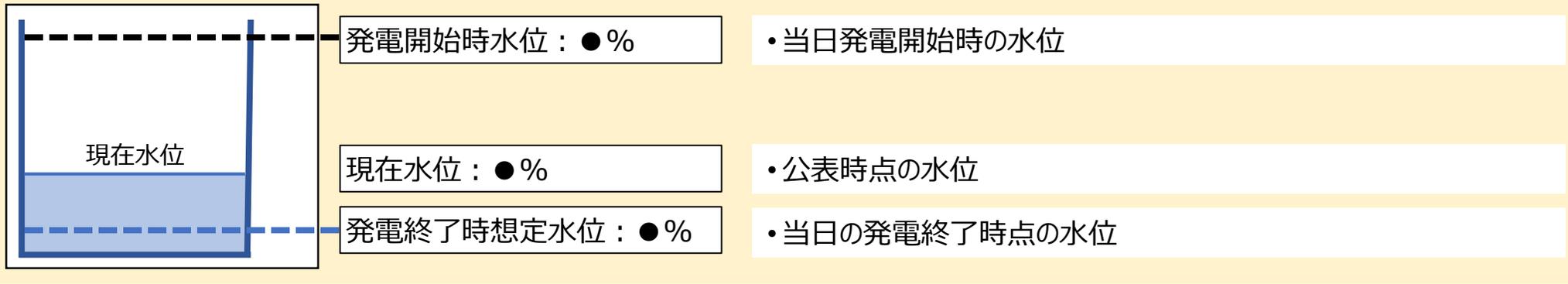


(例) 揚水式水力発電所の発電可能量について (前日時点、テキストバージョン)

目標水位 : ●%、ポンプアップ終了時想定水位 : ●%、発電終了時想定水位 : ●%、さらなる必要量 : ●%

- ・ 公表のタイミングは前日18~19時、ひっ迫日の8~9時、12~13時とし、その他の時間の公表は各社の任意とする。
- ・ 上池水位及びエリア予備率が十分に確保されている場合には公表しない。

(例) 揚水式水力発電所の発電可能量について (当日時点)



(例) 揚水式水力発電所の発電可能量について (当日時点、テキストバージョン)

発電開始時水位 : ●%、現在水位 : ●%、発電終了時想定水位 : ●%

1. 揚水発電の予備力計上方法の検討の振り返り
2. 新たな揚水発電の予備力計上方法とケーススタディ
3. 2024年度以降の揚水発電の運用と予備力
4. まとめ

- 今回は、揚水発電の予備力計上方法の新たな手法の有効性について、様々な需給状況におけるケーススタディを示した。それによれば、新たな手法によって市場のシグナルや追加供給力対策の判断指標として活用しやすい予備率となることがわかった。
- 2024年度以降は調整力提供者が通知した上下限をもとに予備率を算出することになるが、今回のケーススタディでは一般送配電事業者が通知された水位の上下限を超えて上池を運用できる前提における予備率を示した。
- 今回のケーススタディを踏まえ、揚水発電の予備力計上方法は今回提案した常に24時間に配分し、追加復水可能量を考慮する手法に変更していく。その計上方法の詳細については一般送配電事業者と検討を進める。
- 他方で、計上方法を変更するためにはシステムを改修する必要があり、一般送配電事業者によればシステム改修案件が輻輳しているため、3年程度かかることが想定されている。できるだけ早い時点で変更できるように一般送配電事業者と検討を進めていく。
- 計上方法の変更が完了するまでは揚水発電の発電可能量等のデータを公表することで、需給ひっ迫状況について周知していきたい。