

2章 水循環解析の基礎

2章 1節 水循環解析の定義

水循環解析とは、河川流域もしくは狭窄部の上流域等を対象とし、降雨、融雪、蒸発散、表面流出、地下浸透、地下水流動、河道流、地下水揚水、及び河川水と地下水の水交換などの水文プロセスを、地表水モデル・地下水モデルを基幹とした解析モデルに反映し、一体的かつ広域的に解析を行うことである。

<解説>

水循環基本法においては、「水循環」とは、水が、蒸発、降下、流下又は浸透により、海域等に至る過程で、地表水又は地下水として河川の流域を中心に循環することと定義されている。

現在、水循環解析という言葉に必ずしも定まった定義はないが、本書においては、水循環基本法に基づく水循環の定義を参考にし、水循環解析とは、河川流域もしくは狭窄部の上流域等を対象とし、降雨、融雪、蒸発散、表面流出、地下浸透、地下水流動、河川、地下水揚水、及び河川水と地下水の水交換などの水文プロセスを、地表水モデル・地下水モデルを基幹とした解析モデルに反映し、一体的かつ広域的に解析を行うことと定義する。近年、計算機の能力向上とも相まって、この定義に合致するモデルが開発されている⁴⁾。

この水循環解析は、図2に水循環解析モデルの概念図に示すとおり、地形関係、

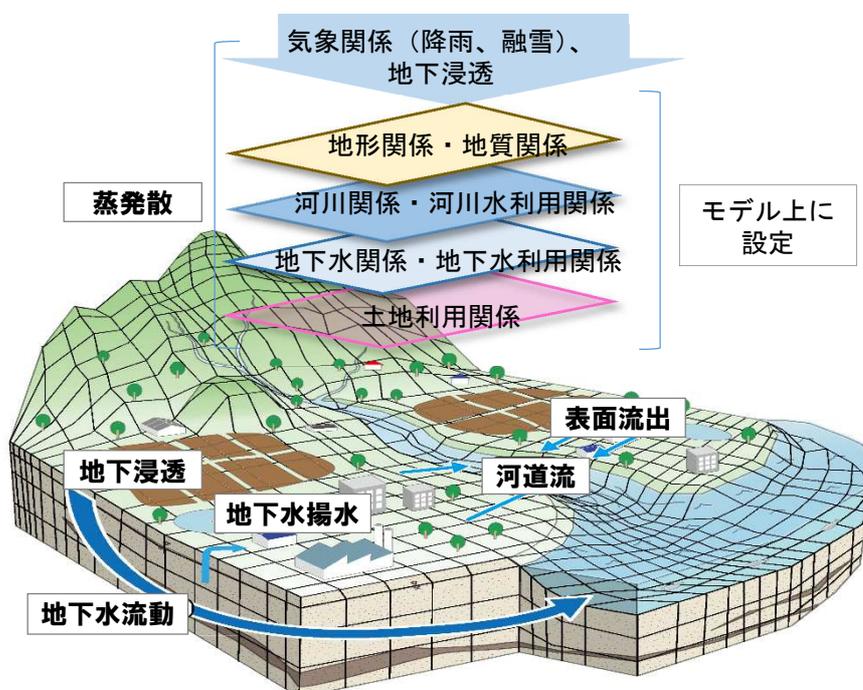


図2 水循環解析モデルの概念図

地質関係、河川関係、河川水利用関係、地下水関係、地下水利用関係、土地利用関係の情報をモデル上に設定し、これに、降雨、融雪、地下浸透、蒸発散をタンクモデルでモデル化し、地表水モデルと地下水モデルへ入力することで解析している⁵⁾。近年は、これらの水文プロセスも水循環解析モデルに組み込み、一体として地表水と地下水の流れを計算する水循環解析モデルも開発されている⁴⁾。

2章 2節 水循環解析の目的

水循環解析を実施するには様々な目的が考えられ、対象エリアにおける水収支や地下水位等の水循環に関する「基礎的な情報」を得ることのほか、地下水の流れの「視覚的情報」を得ること、さらには、地下水の涵養や地下水の揚水規制等の「施策評価の根拠となる情報」を得ることなどが挙げられる。

<解説>

水循環解析の目的例を表1に示す。

「基礎的な情報」は、離散的な観測情報を補完して得られる流域の面的な地下水位の分布や変動、水収支等の情報である。「視覚的な情報」は、流線軌跡図や地下水流向流速ベクトル図等、通常見えない地下水の流動等を可視化した情報である。

「施策評価の根拠となる情報」は、例えば、地下水の涵養策を行った場合や地下水の揚水規制を行った場合のシナリオを設定し、with/withoutでの解析結果を比較した情報である。

表1 水循環解析の目的例

解析の目的		概要
基礎的な情報の取得		<ul style="list-style-type: none"> 離散的な流域情報を水循環解析により補完し、地下水位、河川流量、地下水流動、水収支などの情報を得る。
視覚的な情報の取得		<ul style="list-style-type: none"> 解析結果を用いて、地下水の流線軌跡図や流向・流速ベクトル図等を作成し、地下水流動の状態を可視化する。
施策評価の根拠となる情報の取得		<ul style="list-style-type: none"> 地下水の涵養策等を行った場合のシナリオを水循環解析モデルへ設定し、with/withoutで解析結果を比較する。 得られた情報は、施策を実施するか否かの判断のほか、合意形成を図るための資料として活用する。
その他	感度解析	<ul style="list-style-type: none"> 水循環解析モデルの水文地質構造や透水性などのパラメータを変更することにより、対象エリアの水文地質特性や水循環特性を把握する。
	将来予測	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動モデルの出力結果等を水循環解析モデルへ設定し、将来の水循環を予測する。

* 「4章 3節 水循環解析の解析ケースの設定」を参照

2章 3節 水循環解析に用いる資料

水循環解析に一般的に用いられる資料は、モデルの構築では気象関係、地形関係、地質関係、河川関係、河川水利用関係、地下水関係、地下水利用関係、土地利用関係等がある。また、水循環解析で施策評価等を行う場合は、その評価対象に関する資料も必要となる。

<解説>

以下に、水循環解析モデルの構築に一般に用いることが想定される「対象エリア」に関する資料について示す。また、表2に、これらの具体的な資料名および入手先、モデル構築における主な用途を示す。

1) 気象関係

水循環解析では、雨量データが必要となる。これには、気象庁アメダス雨量データ、国土交通省水文水質データベースのテレメータ雨量データ等が使用できる。また、蒸発散量等の算出のための気温データ、積雪地域においては融雪量を考慮するための積雪深データ等も上記データベース等から収集する必要がある。山地等の高標高域では解析雨量データが使用できる。

2) 地形関係

水循環解析では、山地の尾根や谷、河川などの地形が地下水流動の形成に影響することから、地形形態の再現性を高めたモデルを構築できる地形データが必要となる。これには、国土地理院の1/25,000地形図(10mメッシュDEM)が使用できる。さらに、河道や湧水等の地形を詳細に再現する必要がある場合には、レーザープロファイラーにより測定されている詳細な地形データ(1mメッシュ程度のDEM)や都市計画図の1/2,500の地形等高線や河道縦断・横断図などを収集し用いるが、これらの資料がない場合には、現地踏査により川幅や河床高さの測定を行うことが望ましい。また、対象エリアが海に面する場合には海底地形も必要となる場合があり、1/50,000の沿岸海底地形図などを用いる。

3) 地質関係

水循環解析では、地質構造のデータが必要となる。これには、表層地質データである(国研)産業技術総合研究所の20万分の1のシームレス地質図が使用できる。また、地方公共団体や学会による土木地質図や地盤図、土壌分布図などを利用できる場合もある。

4) 河川関係

水循環解析では、再現性の検討に河川流量データを用いる。一般的には、国土交通省水文水質データベースの観測データが使用できる。また、ダム流入量・放流量を使用して、ダムによる貯留・補給をモデル化する場合や、河川流量とみなして利用する場合は、これらのデータをダム管理者等から収集する場合もある。

5) 河川水利用関係

水循環解析では、河川からの取水量等に関するデータが必要となる。一般的には、河川の利水系統図や河川取水量を、国や地方公共団体等の関係部局から収集する。

6) 地下水関係

水循環解析では、再現性の検討に地下水位を用いる。一般的には、国土交通省水文水質データベースの観測データが使用できる。また、地方公共団体では独自に地下水位や湧水量の観測等を行っている場合もあり、関係部局から収集する。

7) 地下水利用関係

水循環解析では、再現解析等に地下水の採取量を用いる。地下水の採取量報告を義務付けている地方公共団体の場合は、その関係部局から収集する。

8) 土地利用関係

水循環解析では、土地利用により地下浸透量等が異なることから、土地利用データが必要となる。一般的には、国土交通省の国土数値情報等のデジタルデータが使用できるほか、国土地理院の数値地図 5000（土地利用）が使用できる。また、過去から現在までの市街化による水循環の変化を検討する場合などは、国土地理院の 1/25,000 地形図や空中写真、都市計画図などの古い資料を収集する。なお、水田の多い地域で詳細なモデル化を行う場合については、その位置情報を地方公共団体の関係部局から収集する。

また、水循環健全化のための施策評価のために必要な資料の例を以下に示す。

9) 水田湛水による地下水涵養

水田湛水を実施する地域の水田分布や水田の減水深データを地方公共団体の関係部局から収集する。なお、これらのデータが入手できない場合には、既存文献（農業土木ハンドブック等）や類似事例等を収集する。

1 0) 地下水採取規制

地下水利用関係で収集した情報をもとに、用途別、季別等で地下水採取規制の条件を設定し、その設定に基づいた地下水採取の仮想データ（平面分布・深度別）を設定する。

1 1) 雨水浸透施設の設置

想定している雨水浸透施設の諸元を設定するとともに、雨水浸透施策を導入する地域の土地利用図や都市計画図及び用途地域の情報のほか、事業所や施設、建物の数や規模、そして土地の建ぺい率などの情報を、地歩公共団体の関係部局から収集する。また、既存の雨水施設の設置状況も収集する。

表2 水循環解析に一般に用いられる資料の例

分類	項目	資料名：入手先等	主な用途
地形・地質関係	陸域地形 (標高)	<ul style="list-style-type: none"> ・1/25,000 地形図 (10m メッシュ DEM)：国土地理院 ・LP データ (1m または 5m メッシュ DEM)：国・地方公共団体、国土地理院等 ・都市計画図：地方公共団体 ・河道縦断・横断面図：河川管理者 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル構造の設定 (地形モデル等) ・解析条件の設定 (境界条件等)
	海底地形 (標高)	<ul style="list-style-type: none"> ・沿岸の海底地形図 (1/50,000)、海底地形デジタルデータ：日本水路協会 	
	地質平面図、地質断面図	<ul style="list-style-type: none"> ・20 万分の 1 シームレス地質図：(国研) 産業技術総合研究所 ・土木地質図、地盤図：地方公共団体、学会等 ・地質調査資料、土壌分布図：国、地方公共団体等 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル構造の設定 (地質モデル等)
	透水係数等の水理定数	<ul style="list-style-type: none"> ・水理地質図：(国研) 産業技術総合研究所 ・地質調査資料：国、地方公共団体等 ・揚水試験資料：国、地方公共団体等 	<ul style="list-style-type: none"> ・解析条件の設定 (透水係数等)
気象関係	雨量、気温、積雪深	<ul style="list-style-type: none"> ・アメダスデータ：気象庁 ・解析雨量データ：気象庁、(一社) 気象業務支援センター ・テレメータ雨量：国土交通水文水質データベース ・C バンドレーダ雨量データ・X バンド MP レーダ雨量データ：国土交通省 ・ダム管理事務所データ：ダム管理者 (国、地方公共団体等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・解析期間の設定 ・再現解析 (雨量条件等) ・予測解析 (雨量条件等)
河川・河川水利用関係	河川流量	<ul style="list-style-type: none"> ・テレメータ水位：国土交通省水文水質データベース ・河川流量調査資料：国、地方公共団体等 	<ul style="list-style-type: none"> ・解析期間の設定 ・再現解析 (再現性の指標)
	ダム流入量・放流量	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム管理年報：ダム管理者 (国、地方公共団体等) 	
	河川水の取水量	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム管理年報：ダム管理者 (国、地方公共団体等) ・農業用水取水年報等：地方公共団体等 	<ul style="list-style-type: none"> ・再現解析 (過去の取水量) ・予測解析 (計画取水量)
地下水・地下水利用関係	地下水位、湧水量	<ul style="list-style-type: none"> ・テレメータ水位：国土交通省水文水質データベース ・地下水位・湧水量観測資料：国、地方公共団体等 	<ul style="list-style-type: none"> ・解析期間の設定 ・再現解析 (再現性の指標)
	地下水の採取量	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水揚水量、井戸位置、取水深さ等：地方公共団体 	<ul style="list-style-type: none"> ・再現解析 (過去の取水量) ・予測解析 (計画取水量)
土地利用関係	土地利用	<ul style="list-style-type: none"> ・国土数値情報土地利用細分メッシュデータ：国土交通省 ・数値地図 5000：国土地理院 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル構造の設定 (地表面モデル等)
	水田情報	<ul style="list-style-type: none"> ・減水深：地方公共団体等 	

2章 4節 水循環解析の精度

水循環解析モデルは、流域により地形・地質等の条件に差違が大きいこと等から、流域に関わらず一律に確保される精度は未解明であり、更に、水循環解析の目的に応じて必要となる精度も異なる。そのため、対象流域及び解析目的における適用性について、解析を実施する対象エリア毎に、再現解析を行い、精度を確認する必要がある。

<解説>

水循環解析は、対象となる流域により、地形・地質の条件や、更には、2章3節で述べたモデルを設定するために必要な資料の精度に、差違が大きいと想定される。更には解析事例の蓄積も必ずしも十分でないことから、現状では、水循環解析モデルとして、流域に関わらず一律に確保される精度は未解明であり、更に、水循環解析の目的に応じて必要な精度は異なる。そのため、対象流域及び解析における適用性について、解析を実施する対象エリア毎に、再現解析を行い、精度を確認し、解析成果の取り扱いを判断する必要がある。

なお、再現解析とは、構築したモデルに、実績の降雨等の外力条件を入力し、出力された河川流量や地下水位の計算値を観測値と比較すること等により、対象エリアにおけるモデルの精度を検証することを言う。