

レバノン Mtein 村における水循環機構の推定

九州大学 工学部 学生会員 奈木野竜也

九州大学大学院 工学研究院 正会員 広城吉成

1. 背景と目的

レバノンは東を地中海、北部西部をシリア、南部をイスラエルに囲まれた中東に位置する国である。ケッペンの気候区分では Csa(地中海性気候)に区分され、夏に乾季を迎える。乾季の間は無降雨日が続き、生活用水の供給時間に制限がある。また、配水管は全国に行きわたっていないうえに、既存の配水管の老朽化や不十分な維持管理により水供給の約 50%は途中で漏水し、十分な水の供給がなされていない。そのため、レバノンには 55000~60000 本もの取水許可を得てない私用井戸が存在し、多くの家庭がそれらの私用井戸からの取水で生活用水をまかなっている¹⁾。さらに、灌漑用地の拡大や都市部の開発、シリアからの数十万人の難民の流入により水需要の拡大が予想されているものの、レバノンでは水資源に関する十分な研究がなされていない。また、1975 年~1990 年まで続いた内戦、2006 年のイスラエルとヒズボラの武力衝突により国家全体のインフラやデータ観測施設に被害が生じており、十分な水文データも存在していない。このまま無計画な水資源の利用が続くと、今後のレバノンの水環境悪化は免れない。

そこで、本研究では比較的データを得やすかった、レバノンの首都ベイルートの北東のレバノン山脈南部に位置する Mtein 村(以下 Mtein)を対象として、地下水涵養モデル及び準 3 次元地下水流動モデルを用いて、Mtein における水循環機構を推定し、持続可能な水資源利用に向けた提言をすることを目的とする。

2. 内容

2-1. 解析領域概要

図 2.1 に解析領域を示す。赤で囲まれた部分が解析対象地で Mtein 周辺のエリアである。青枠は Mtein を表し、赤の点は観測井 BMME004 の位置を示す。解析対象領域は縦 16.2km、横 22.4km で、解析領域内を 100m×100m の差分格子で 36288 メッシュに分割し、それぞれのメッシュに対して土地利用、標高などの様々なデータを割り当てて解析を行った。解析期間

は 2013~2016 年の 4 年間とした。なお、Mtein の降雨データが得られなかったため、Syr el Donieh (図 2.1 の赤の矢印部分) での観測データを用いた。Syr el Donieh は Mtein から北東に約 50km 離れているが、Mtein と同じく Csa 気候に属し、レバノン山脈の麓に位置し、標高、沿岸部からの距離も概ね等しいため、Mtein の気候に近いと考え Syr el Donieh の降水データを用いた。レバノンでの地下水は中生代(白亜紀、ジュラ紀)にできた石灰岩層からの取水が大部分を占める。Mtein 周辺ではジュラ紀にできた Kesrouane 層(J4)からの取水がおこなわれているため、その層を想定した地下水流動解析を行った。ただし、有効空隙率は取水層が石灰岩であることから 30%と仮定し、透水係数は小鯛の論文を参考に 0.035m/day とした²⁾。

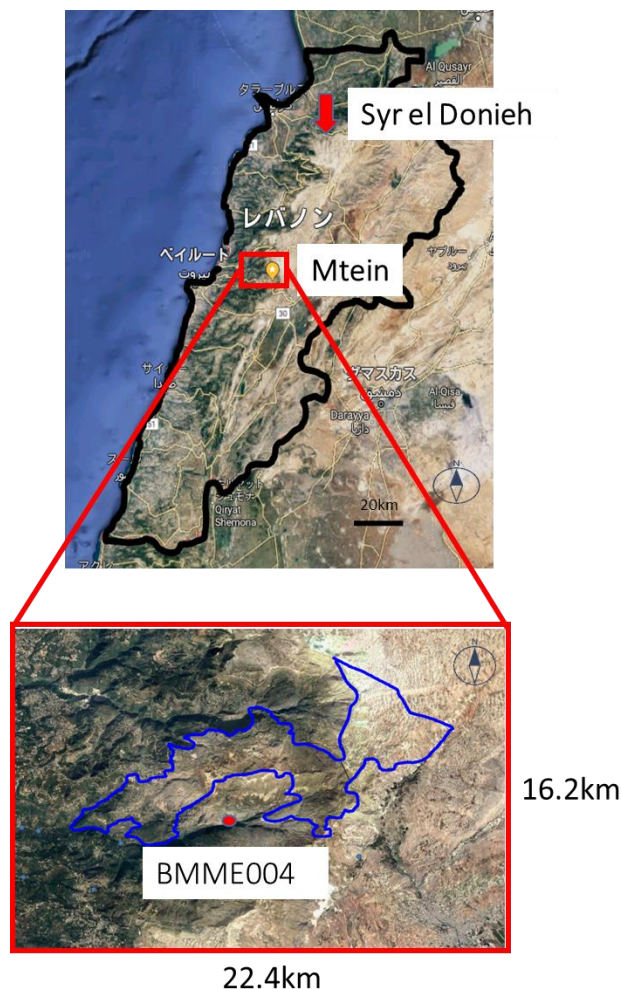


図 2.1 解析対象領域

2-2.数値モデル

地下水涵養モデル及び準3次元地下水流動モデルを用いて解析する。

地下水涵養モデル

地下水涵養モデルでは降雨量を蒸発散量、表面流出量、地下水涵養量の3成分に分離する。このモデルは1段タンクをからなり、基礎式はタンク内水位変化を表す式と、地下水涵養量を表す式からなる。蒸発散量はハモン式により推定された可能蒸発散量をもとに、タンク内からの蒸発、地下水面からの蒸発、樹冠遮断を考慮して計算を行う。表面流出量は土地利用に応じた表面流出率により降雨を表面流出とタンク内への浸透量に分けて計算する。地下水涵養モデルで計算された涵養量は、次で述べる準3次地下水流動モデルに反映される。

準3次元地下水流動モデル

本モデルは広域において水平流速に比べ、垂直流速が無視できるとした準一様流の仮定を用いて、3次元現象を平面2次元に近似したモデルである。堤・神野モデル³⁾は本来、被圧地下水及び不圧地下水分布域において淡水相塩水相の単位面積あたりに貯留される水量変化を計算する4つの式からなり、これにより地下水位、地下水流出量等を算出するモデルである。ただし、本研究では不圧地下水分布域で解析を行い、塩水の侵入は見られないものとする。

3.結果

表3.1に地下水涵養モデルにより算出した涵養量、表面流出量、蒸発散量の3成分及び降水量を示す。

表 3.1 涵養モデルによる各成分の算出結果

	降水量 (mm/year)	涵養量 (mm/year)	表面流出量 (mm/year)	蒸発散量 (mm/year)
2013	1502	943	303	252
2014	1076	692	139	246
2015	981	617	115	240
2016	979	621	106	254
平均	1134	718	166	248

地下水涵養量は毎年降水量の約63%となった。解析対象地の土地利用をみると、宅地及び建造物が全体の4.3%、緑地が39.2%、更地が43.7%となっており、降雨が地下に浸透しやすい環境であることを反映した結果であると考えられる。また、蒸発散量は毎年変動が少なく、表面流出量が降水量に応じて変動しやすいことが分かった。

次に、地下水流動モデルによる観測井 BMME004 の水位変動の結果を示す。

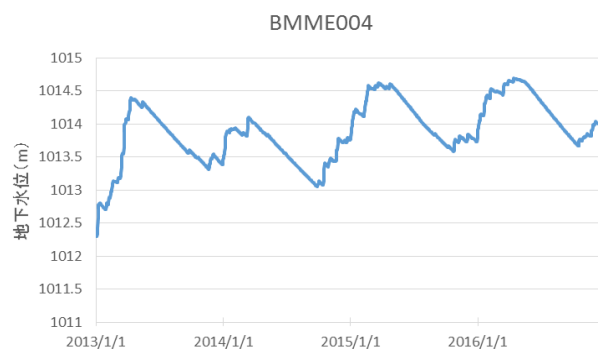


図 3.1 観測井 BMME004 の地下水位変動

この結果から2013年～2016年の平均地下水位は1014mとなった。UNDPによる調査によると2012年～2013年の平均水位は1001mであったと報告されている¹⁾。この結果と比較すると13m高い水位となった。原因は、100m×100mの差分格子内での標高差が大きいため標高データに粗さが生じたこと、私用井戸からの揚水量の考慮が不十分であったことが挙げられる。

4.結論

本研究では限られた既存データでできる限りMteinの水文地質条件を再現して解析を行い、Mteinにおける水循環機構を推定した。上記のようにレバノンには多くの私用井戸が存在し、今回の研究ではそれらの私用井戸からの揚水量をモデルに反映させることができなかった。今後はそれらの私用井戸からの揚水量が地下水位の変動にどのように影響するのかを分析し、持続可能な水資源利用に向けた提言につなげていきたい。

参考文献：

- 1) MoEW and UNDP (2014): ASSESSMENT OF GROUNDWATER RESOURCES OF LEBANON
- 2) 小鯛桂一 (1984)： 岩盤透水性のグラフ表示，地質調査所月報第9号，p. 419～434
- 3) 堤敦，神野健二，森牧人，広城吉成 (2003)：表流水ー地下水系水循環機構の解析-九州大学新キャンパス建設地を対象として-，土木学会論文集，747，29-40