

夏に大雨が降るとつくばが隆起する - 自然と人為の微妙な関係 -

Uplift of Tsukuba GPS station due to heavy rain in summer

飛田 幹男[1]; 宗包 浩志[1]; 松坂 茂[1]

Mikio Tobita[1]; Hiroshi Munekane[1]; Shigeru Matsuzaka[1]

[1] 国土地理院

[1] GSI

要旨

5~8月につくば市に大雨が降ると、地盤が1~4mm程度隆起することがわかった。また、大雨が隆起をもたらすメカニズムについてひとつの候補とその傍証について報告する。

1. はじめに

GPS連続観測局における上下成分の測定精度は、水平成分の精度と比較して劣るものの、近年の解析方法の改良(畑中, 2003)等により、めざましい精度向上が認められ、日置(2001)、村上(2003)等の研究成果が報告されている。

飛田他(2004)は、つくば市における5~8月にかけての水田灌漑用地下水揚水が地下水の低下をもたらすこと、及び、宗包他(2004)は、この地下水位変動が、国土地理院構内のGPS連続観測点で観測される変動幅2cm(夏に沈降)の季節上下変動の原因であることを示した。これらの研究の過程で、私達は、降雨とGPS上下成分時系列に関連があることを見いだした。

今回、つくば市の国土地理院構内に設置されたGPS連続観測局上下成分時系列に見られる変動について、降雨、及び、地下水位、及び地盤沈下計との関連を調査した。

また、大雨が隆起をもたらすメカニズムについて、ひとつの候補を提案するに際し、それを裏付ける傍証を得るため、市内3カ所の土地改良区において、調査を行った。

2. 調査結果と考察

大雨によるGPS時系列の隆起時には、地盤沈下計にもほぼ同量の隆起が見られることから、大気伝搬遅延モデルに起因するartifactではなく、実際の地盤の隆起を捉えていると考えられる。

80mmを超える大雨が降った場合、GPS上下成分に隆起が見られる場合と認められない場合がある。大雨時に隆起が見られるのは、5~8月に限られる。大雨が地盤の上昇を生み出すメカニズムとして、大雨が地下水の涵養源となり地下水位を上昇させ、帯水層の弾性変形(膨張)を引き起こすメカニズムが考えられるが、9月~4月の大雨では隆起が見られないという季節性を説明することは困難である。

また、地下水位変動については、5~8月の大雨時には降雨直後から、深度4m付近、15m付近、45m付近、145m付近の全ての帯水層でほぼ同時に水位の上昇が始まり、雨水による涵養だけでは説明が難しい。

そこで、私達は、「大雨時に水田灌漑用地下水揚水を停止すること」が大雨による地盤上昇の原因であると考えた。つまり、揚水が停止されると、涵養量と揚水量のバランスが逆転し、地下水位が上昇し、帯水層の弾性変形(膨張)が引き起こされるメカニズムである。このメカニズムが正しければ、5~8月の灌漑用揚水時期にのみこのメカニズムがはたらき季節性が説明でき、また、大雨後遅れなく深い帯水層の水位上昇が起こることも説明できる。

私達の提案した大雨時揚水停止のメカニズムの妥当性を検証するため、次の2つの検証を行った。

まず、日々の地下水位記録を用いて、45m付近帯水層の大雨時の水位上昇速度を計測したところ、9月以降の揚水停止時における同水位の場合の水位回復上昇速度と近い値であった。

次に、揚水機場のポンプを大雨時に実際に停止するかどうかについて、つくば市内の3つの土地改良区において調査したところ、地下水揚水機場ポンプの稼働・停止を操作する管理委員に対し、土地改良区は、「無駄水削減のため、大雨時、及び、大雨が予想される場合には、機場を停止するように」指導しているという。さらに、2つの揚水機場の機場管理日誌によれば、たとえば、2000年7月7~8日の大雨時には、ポンプを停止していたことが確認された。以上2つの検証は、大雨時揚水停止のメカニズムを支持する。

3. まとめ

つくば市の国土地理院構内に設置されたGPS連続観測点の上下成分時系列から、5~8月の大雨時に、つくば市の地盤が1~4mm程度上昇することが見いだされた。この現象を説明するため、5~8月の水田灌漑用地下水揚水時期に大雨が降ると、揚水ポンプが停止され、自然の涵養によって該当する帯水層の地下水位が上昇し、帯水層の弾性変形(膨張)が引き起こされるメカニズムを提案した。2つの検証は、このメカニズムを支持した。

謝辞

本研究にあたって、つくば市内の土地改良区，産業技術総合研究所松本則夫氏，国土地理院大塚力氏・平井英明氏・畑中雄樹氏・佐藤浩氏・嵯峨諭氏・海津優氏・黒石裕樹氏・眞崎良光氏・加藤敏氏の御協力に感謝します。特に林文氏は、「大雨時揚水停止のメカニズム」の着想に最大の貢献をされました。