

\*小野寺真一（広島大・院・総合）・齋藤光代（愛媛大・沿岸）

清水裕太（広島大・院）

## 1. はじめに

陸域における貴重な淡水資源のひとつが、地下水である。瀬戸内海沿岸は日本でも渇水被害の頻発する地域であり、河川を含む地表水はたびたび干上がり、地下水の資源としての利用も効率性が健全性が求められる。しかも、最近40年間の降水量変動は明瞭な減少傾向を示し、広島県福山ではおおよそ10年で40mmという大きな減少幅である。すなわち、今後、さらに干ばつ被害が拡大することが予想される（Onodera et al., 2007）。

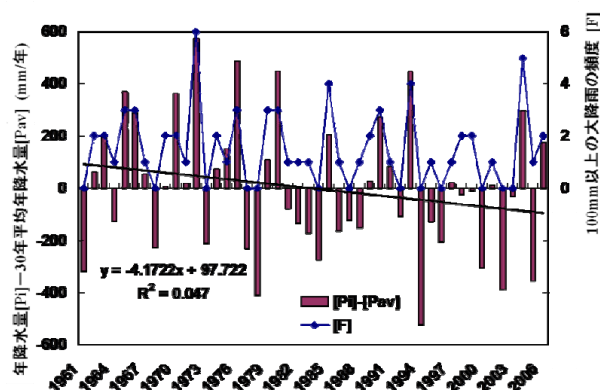


図1 広島県福山市の年降水量変動と100mm以上イベント降雨の回数

以上の渇水対策として国土交通省の進めてきた利水案は、大規模ダムによる対処である。例えば、人口30万人の広島県福山市は、1994年の大規模渇水の際には大きな被害が出たものの、その後同レベルの2002年の渇水時には、1998年に中流域に建設された大型ダム（八田原ダム）の貯水によって、大事には至らなかった。一方、台湾では、度重なる台風の襲来によってダムの堆砂が進みその機能を失っている（嶋田, 2010）。日本列島でも、渇水傾向とは裏腹に、豊水年には台風並みの豪雨が数回にわたり襲来しており、ダムのみで頼った利水対策では、将来に不安を残すことになる。

本発表では、水資源として地表水と地下水の相互有効利用に関する議論の課題を確認し、また地下水の肥料資源としての利用可能性についても評価することを目的とする。

## 2. 河川-地下水相互作用

一般に、河川と地下水は地下水面（大気圧平衡

面）を介して連続系であり、その高低によって流動方向が決定されている。そのため、水資源としても総合的に利用することは補完関係の範囲では問題が少ないと考えられる。しかし、流速という点ではオーダーが大きく異なるため、分けて考えられることが多い。日本全体の流域水収支の試算の結果、丸井ら（2010）は海岸に到達する地下水の10%程度しか利用されていないと指摘した。濱崎ら（2006）は、香川県丸亀平野で地下水-河川流出量の計算を行い、降水量の20%が河川流量で、地下水流出量と同程度であることを示した。これは、渇水地域である瀬戸内海沿岸域の場合には、特に地下水の利用が有効であることを示している。

図2（小野寺ら, 2010a）は浅層及び深層地下水の水位変化を標高値で示す。浅層地下水は降雨にともない速やかに回復しているのに対して、深層地下水はほとんど回復していない。図から明らかに、浅層地下水は早い地下水涵養機構が存在するのに対して、深層地下水はゆっくりとした流れであることが推定される。

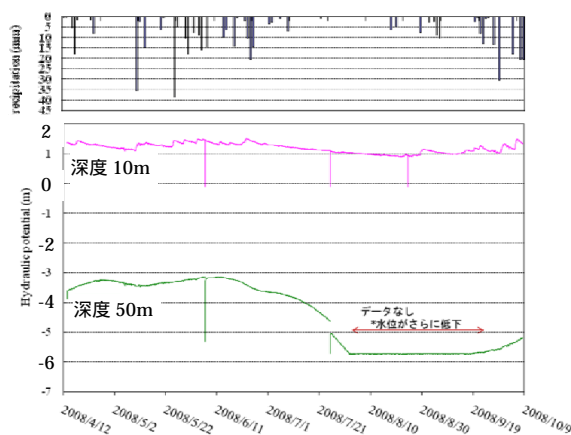


図2 香川県丸亀市沿岸の浅層地下水及び深層地下水の水圧変動

また、この地域の地下水涵養年代（CFCsで計測）は、浅層地下水と深層地下水でほぼ同程度で、比較的よく混合している状態にあることが明らかになっている。すなわち、深層地下水の水圧低下（図2）が、浅層地下水の深層への局所的な涵養を引き起こしていることを示している。このような現象は、大阪平野でも確認されている（小野寺ら, 2010b）。このように、深層地下水では、水質の良

好さゆえにやや涵養量を上回る利用が生じ、水位が低下しがちであると考えられる。

これに対して、従来からの浅層地下水の利用法は参考になる。香川県の「出水(ですい)」である。いわゆる、水みち(旧河道)の下流側にトレンチを掘り、そこから湧出した地下水を、同レベルの地形面まで数100m程度導水し農業利用するものである。この利用はまさに河川-地下水相互作用を活用したものであり、今後も有効であろう。

### 3. 肥料資源としての利用可能性

渇水地域である瀬戸内海流域においては、地下水の需要は都市水源としてだけでなく農業用水源としても高くなっている。従来は、地下水中の硝酸性窒素濃度が高い場合にも、化学肥料が散布されていた。これに対して、吉川ら(2010)は、富栄養地下水の散水により肥料の削減を提案し、香川県の茶園でその効果と有効性を実証した。

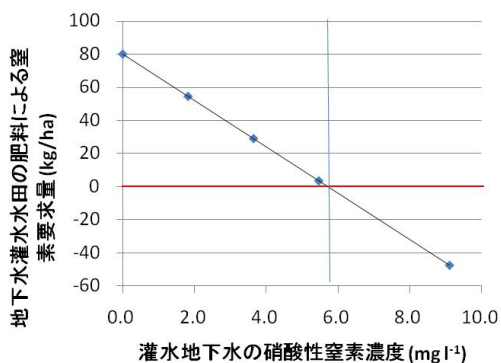


図3 水田を想定した場合における灌水地下水中の硝酸性窒素濃度と肥料要求量の関係

また、小野寺ら(2010a)はこの点を加味して、丸亀平野全域におけるこのシステムの適用可能性を、主に水田の場合を想定して評価した。ここでは、葉面蒸散量と等しい量の水が水稻によって吸収され、その水に溶存している濃度の窒素が100%の効率で吸収されると仮定した。水田に灌水される地下水の濃度については、測定値から内挿して250mメッシュでの平均値を決め、その濃度を各メッシュの代表値とし、さらに農地面積と積算して地下水による窒素負荷量を推定した。ちなみに、対象地域における施肥による水田への平均的な窒素負荷量は80kg/haである(愛媛県農林水産研究所普及情報室, 2009)。例えば、硝酸性窒素濃度が6mg/Lの地下水を用いて年間灌水量である14000m<sup>3</sup>/haをまかなうとすると、窒素負荷量は年間84kg/haとなるため、通常の施肥量に匹敵することになる(図3)。すなわち、地下水の硝酸性窒素濃度が6mg/L以上であれば、施肥は不要ということになる。上記の物質収支と地形依存の地下水流出量を加味した水収支法により、削減が可能な肥

料量の空間分布や地下水利用可能量などをメッシュごとに推定した。地下水の濃度に応じて、肥料をほぼ100%削減できるエリアが存在することを確認した。また、前述したように対象地域の地下水の滞留時間は数十年(30-50年)であるため、この濃度は少なくとも20年以上は保持されると予想され、数十年スケールで施肥量を削減することが可能であると考えられる。

図4は、果樹園の分布する生口島での硝酸性窒素濃度分布である。図中、横軸の0mが海岸線、海岸から1.2kmの範囲にはかんきつ系果樹園が分布し大量の窒素肥料が施用されている。前述の議論を適用すれば、同様に肥料の削減が可能である。当概地域の散水はほとんど地下水に依存しており、吉川システムの導入によって、海岸から300m上流においては、250kg/ha/yearの窒素肥料の半分程度、500m上流ではすべて削減可能になるであろう。しかし、源流域付近は濃度が低く、また下流側は脱窒の影響で濃度が減衰しており、現位置システムは適用できない。すなわち、中流域からの導水が必要であり、流域一帯となった肥料削減システムネットワークの構築によって、より効率的な利用が可能になるであろう。

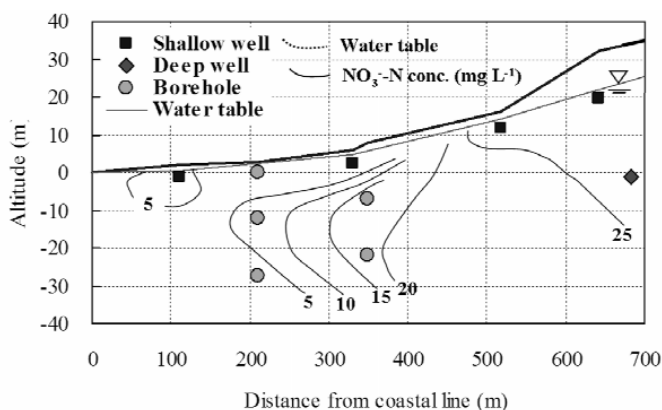


図4 広島県生口島の地下水中の硝酸性窒素濃度分布

\*なお、本研究は、農林水産研究高度化事業(1947, H19-H21代表;吉川)及び科研費(A18201007; H18-H20代表;福岡, B19310010; H19-H21代表:小野寺)を受けて行われた。

### 引用文献

- 濱崎ら(2006) 水工論文集
- 丸井ら(2010) 地下水学秋季大会会講演要旨集
- Onodera et al. (2007) IAHS Publication
- 小野寺ら(2010a) 農水高度化事業報告書
- 小野寺ら(2010b) 地下水地盤シンポジウム論文集
- 嶋田(2010) 学報社
- 吉川ら(2010) 農水高度化事業報告書