

* 吉川省子・高橋英博（近畿中国四国農業研究センター）

はじめに

「21世紀は水の世紀」といわれているが、人間の長い歴史において水資源の獲得と管理の問題は常に重要課題であった。日本では経済成長期以降、急激な都市化・工業化、生活様式の変容のなかで、水質汚染や水不足などの水問題が各地で頻発している。

「持続可能な水利用社会」を目指して、水の循環利用の実態を科学的に研究し、必要な対策を科学的根拠のもとに提言することが差し迫って必要である。

私たちは、2007～2009年度に、農林水産研究高度化事業において、瀬戸内海流域の岡山県・香川県と対象として、「備讃地域陸海域の水・栄養塩動態解明と農業への再利用技術の開発」という課題に取り組んだ（図1）。この課題の成果を踏まえ、瀬戸内海流域でもっとも水資源問題が切迫している香川県を対象として、主に農業からの視点で、水環境の持続可能性について問題点の整理をおこなう。

備讃地域の水・栄養塩に関する事業概要



図1 事業の概要

本事業では、水・栄養塩の動態解明のために、備讃地域を対象として、水質データベースや河川水位－流量式を整備し、水質の実態把握と解析を行なった。また、河川や地下水を経由するものや海域へ直接加わる水量と栄養塩量を推定した。その推定値を海域の流況再現モデルに受け渡し、海域での水・栄養塩の動態解明と水産被害との関係の解析を行なった。さらに、土地利用や施肥量が変われば河川、地下水、海域への栄養塩負荷量がどう変わるかというシナリオ解析のための水・栄養塩負荷推定モデルを作成した。このようにして、陸～海域へ至る水・栄養塩の動態解析とシナリオ解析を可能とする連携モデルプロトタイプを作成した。

農業では生産コストの削減や環境への負荷低減が

求められており、施肥効率を向上させて肥料を減らすことが課題であるため、負荷削減技術を整理した。また、「水・栄養塩の農業再利用技術」を開発し、茶農家において実証した（図2）。この技術は平地に適したものであるが工夫すれば傾斜地でも使用できる。この技術がいろいろな作目に使えることを確認した。そして、前述のモデルを用い、香川県の丸亀平野において地下水量を評価して、この技術の適用可能な地域を示した。



図2 水・栄養塩再利用を茶農家にて実証

右は、日射対応型低流量灌水システム

農業側で望める栄養塩負荷の低減対策には種々の施肥（負荷）削減技術があるが、一方で増大要因として耕作放棄地や不作付地への作付け、二毛作・輪作等の自給率向上のための農業振興策が考えられる。負荷削減技術導入、不作付地への作付け等のシナリオに対応した海域への流達負荷量を予測した結果、モデル流域の高瀬川流域を含め、岡山・香川両県では、河川経由の栄養塩負荷は10%までの範囲で変化した。

第6次水質総量規制では、備讃瀬戸海域においてはこれ以上の負荷削減は必要でないとしているが、水産業からみると、赤潮発生とノリ養殖に焦点を当てた場合、栄養塩負荷は夏期に減らして冬期に増やすことが理想的と考えられる。ここで試みた日射対応型低流量灌水システムを用いた富栄養化地下水の農業再利用は夏期の負荷を減らす技術のひとつである。冬期に負荷を増やすには、秋の堆肥を投入した土作り、冬期の水田（とくに転換畑）の水張り、ダムやため池の放水などが考えられる。農業以外の負荷制御対策を考える際にも、ここで作成した陸～海域に至る水・栄養塩動態予測連携モデルが有効である。

農地から発生する栄養塩負荷は、土壌・河川を経由する過程で浄化・吸着が生じて海域への流達量が低下するため、対象地域においては生活系・産業系負荷に比べると小さいが、農業側での施肥コスト削減、農業地帯の河川・地下水の水質改善対策を示すことができたと考える。

瀬戸内海流域（主に香川県）の農業と水環境の関係

水資源賦存量は、降水量のうち河川水や地下水として利用可能な水量の目安となるもので、降水量から蒸発散によって失われる量を差し引いて、これに面積を乗じて算出する。香川県では、渇水年で年間 0.73km^3 、平水年で 1.25km^3 と推定される。一人当たりの水資源賦存量は香川県では全国平均の 40% 以下となっている。

その上、降雨は、梅雨期や台風期に集中し、かつ、河川流路が短く急勾配であるため、水資源賦存量のうち、かなりの量が利用されないまま海に流出するため、実際に水資源として利用可能な水量は、渇水年の水資源賦存量の 6～7 割程度と推察され、年間 $0.44\sim 0.51\text{km}^3$ となる。香川県の 2006 年の水需要量は 0.56km^3 （農業 62%、工業 12%、生活 26%）であることを考えると、吉野川からの導水である香川用水（ 0.247km^3 まで）により、何とかやりくりしている実情が浮き彫りになる。

地下水は、高松、坂出、丸亀、三豊の各平野の賦存量が多いとされているが、三豊を除く 3 平野で 1.51km^3 （年間降水量の 2/3 程度）である。1976 年には、地下水利用量は 0.126km^3 （農業 44%、工業 23%、上水道 25%、その他 8%）で、沿岸地下水の塩化が問題となったところもあった。1979 年 6 月からの香川用水通水後には、地下水使用量は減少し、2006 年では 0.089km^3 の地下水が利用されていて、地下水位が徐々に回復しているところもみられたが、水田の減少や都市化等による、地下水涵養能の低下が問題となりつつある。

香川県の河川水質は瀬戸内海沿岸他県に比べて特に汚染が進んでいるわけではないが、浅層地下水の窒素濃度は高めの値が報告されている。

事業の中で、香川県の河川水の年平均窒素濃度、および浅層地下水の流域平均硝酸性窒素濃度は、農地に投入される窒素のうち、吸収されない量が多い流域ほど高い傾向が明らかになった（図 3、4）。これらより、農業では施肥効率を上げることにより、河川水質や地下水水質が改善することが予測される。

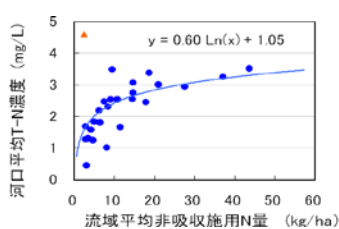


図 3 流域平均非吸収施用窒素量と河川水全窒素濃度の関係（窒素濃度は 2000～2005 年平均値、▲は市街地の短い河川；弁天川）

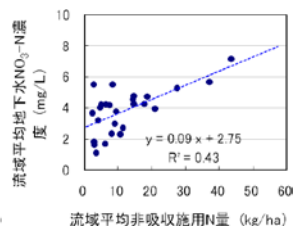


図 4 流域平均非吸収施用窒素量と地下水硝酸性窒素濃度（2000～2003 年）

水環境の保全のために農業に求められること

日本各地で降水の局在化、減少化が生じているなか、香川県では香川用水に依存する危うさが認識され、自己流域内の比較的安定な水源として地下水が注目された。しかし、調査の結果、現状のままでは水量不足、貯留施設の新設も予算的に困難として、2010 年 2 月に地下水利用を断念した経緯がある。

しかし、高松平野の非灌漑期における休耕田の面積 40%以上を 3 ヶ月間人工涵養すれば渇水リスクを回避できるという研究例があり、熊本市では地下水を生活用水として利用するため、休耕田水張りの助成事業が行なわれている。水田水張りによる地下水涵養は、今後、香川では最も有力な水資源確保の方策となると期待される。渇水時には上水が農業用水や工業用水よりも優先されるため、農業用水の安定供給には、さらにこの方策の強化が必要となろう。

香川県では、出水やため池を含む用水網により、農業用水の再利用が行なわれてきたが、都市化が進む中でもその仕組みを維持することが求められる。多度津町では、浄化処理水を溜池や出水（湧水）に戻して農業用水として再利用する再生水利用計画事業に、2004 年から取り組んでいる。

水質保全に関しては、農業では、効率的な施肥（局所施肥、緩効性肥料使用、マルチ、点滴灌水等）が奨励されている。前述の富栄養化地下水の農業再利用は、地下水の栄養塩負荷量と同時に地下水量も減らすので、地下水涵養対策として水田増加、休耕田水張りなどを並行して進めることが求められる。

森林や農地（主に水田）を増やして、土壌の保水能、蒸発散量を高め、降水－貯水－浸透－流出－蒸発散の水循環の輪を太くし、なるべく水質に負荷を与えないことが、限られた淡水資源を効率的に利用する基本である。農業はその循環系の中の大きな位置を占めていることを再認識しなければならない。

（参考文献）

- 市川正巳(1965):6. 高松平野および綾川流域の地下水. 高松平野および綾川流域における水の賦存量に関する地理学的研究, 三野(石川)与吉(編者), 135-192.
- 香川県(2010): かがわの水需給. 香川県, 香川.
- 亀田千明(2007): 香川県高松市における渇水リスクと水資源管理. 高知工科大学, 高知.
- 国土交通省土地・水資源局水資源部(2010): 平成 22 年版日本の水資源. 海風社, 大阪.
- 熊澤喜久雄(1999): 地下水の硝酸態窒素汚染の現況. 日本土壤肥科学雑誌, 70(2): 207-213.
- 新見治(2004): 持続可能な水利用と水利社会の再構築－讃岐平野の事例－. 日本水文学会誌, 34(2):91-102.
- 高桑紘(1980): 坂出・丸亀付近の地下水賦存量に関する研究. 香川大学教育学部研究報告, 50:83-123.
- 和田温之・栗原権四郎(1986): 四国地方の地下水. 日本の地下水, 農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会, 地球社, 東京.