

タリム河流域の灌漑地区における水収支と塩類の移動

Water balance and saline transfer in the irrigated district, Tarim River Basin

及川 拓* 山本 忠男** 波多野 隆介** 長澤 徹明***

○ OIKAWA Taku*, YAMAMOTO Tadao**, HATANO Ryusuke**, NAGASAWA Tetuaki***

1. 背景と目的 乾燥地である新疆ウイグル自治区・タリム盆地周辺では、農地の約8割で塩類集積が発生していると云われている。また、タリム河の下流ほど河川水の塩分濃度が高くなることが知られている。これらは灌漑農業（＝農業水利）の進展によって引き起こされたものと考えられる。そのため持続的農業を確立するためには、水利用と塩分の移動状況を把握し、適切な対策を講じる必要がある。これまで、圃場や灌漑ブロックレベルでの塩類集積対策については多くの研究があるものの、広域での塩分の動態に関する研究は少ない。本研究では、流域（灌区）規模での水・塩類収支の把握をとおして、乾燥地における灌漑農業が塩類移動に与える影響を検討した。

2. 方法 研究対象地域はタリム河の支流、オゲン河より利水するシャヤ県である。この地域の月平均気温は $-3\sim 28^{\circ}\text{C}$ 、年平均降雨量は43mmであり、7.6万haの耕地では主に綿、小麦、トウモロコシが栽培されている。灌漑効率は40%であり、地域内圃場の約2割で地下水を利用する節水灌漑が実施されている。地域内の水収支の推定には、県水利局より提供を受けた取水量・排水量データ（2007～2011.8）を用いた。年間の水収支に関して、蒸発散量は可能蒸発散量(2000mm/y)×0.1と仮定し¹⁾、降水量は年平均値43mm/yとした。取水量と降水量の和から排水量と蒸発散量を差引いた量を、深層への浸透量とした。塩類収支は、現地調査時の採水試料より求めた用水・排水の平均濃度(n=10)と、各月別流量より推定した。また、収支に関与する地域内の地下水揚水量、施肥量は考慮していない。

3. 結果と考察

3.1 灌漑に伴う水収支の推定 3月、夏期、11月は水需要が高く取水量が多い。排水量は融雪期に多く、夏期に少ない（Fig1）。蒸発散量の季節変動が影響すると考えられる。年間の水収支から、流入水の約80%が深層に浸透していると推察される（Table1）。2009年の取水量が少ない原因は、少雨による供給水量の相対的な減少と考えられる。また、この地域におけるワタの計画灌水量は540mm/y²⁾であり、節水灌漑実施地域全域で地下水からこの量を汲み上げていると仮定すると、地下浸透した水の1～2割程度が利用されているとみなせる。

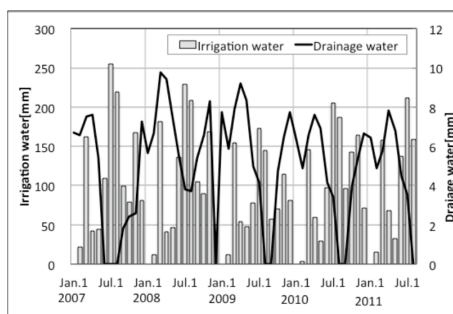


Fig1 Monthly change of irrigation and drainage water

* 北海道大学大学院農学院 Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

** 北海道大学大学院農学研究院 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

*** 北海道大学名誉教授 Professor Emeritus, Hokkaido University

[キーワード] 乾燥地 塩類集積 水収支

3.2 灌漑に伴う塩収支の推定 各物質の

濃度は用水よりも排水の方が高くなっており、土壌に元来塩が含まれている、もしくは灌漑・施肥により塩類の供給を受けていると考えられる (Table2)。用水に比べて排水の絶対量は小さいが、高濃度のために流出負荷は流入負荷の値に近い。塩類の収支をみると、Na⁺は流出負荷が流入負荷を上回る流出型であったが、それ以外は流入負荷が流出負荷を上回る貯留型であった (Table3)。Na⁺は、灌漑・施肥により供給されたとしても、植物に吸収されにくいために溶脱し、流出が大きくなったと考えられる。流出型であることから、除塩が進んでいると判断できる。K⁺は、植物に吸収され易いために流出量が小さくなったと推察できる。Ca²⁺, Mg²⁺は、年により収支の傾向がばらつくものの、流入・流出負荷の差が小さかった。施肥による投入を考慮すれば、収支はより正にシフトする可能性がある。Na⁺の4年間の変動を見ると、負荷収支は流出負荷よりも流入負荷の変動に強く影響されていることが分かる (Fig2)。つまり収支は灌漑水量に左右されると云える。他の塩類についても同様の傾向をみることが出来る。用水・排水の水質をみると、EC・SARについて、用水は灌漑の限界とされる基準値を下回り、排水は値を上回るという結果となった。下流で還元水を利用する場合、塩害発生の可能性が高くなると予想される。

3.3 土壌中の塩の動態 灌漑による Na⁺の流出が示唆されたが、一方でこの流域内では下流ほど、また圃場の下層ほど Na⁺による土壌のアルカリ化が進む傾向にある。Na⁺の流出は、アルカリ化抑制につながると考えられる。しかし、土壌中の塩類分布をみる限り、灌漑農業を継続するには十分とは云いがたい。なぜなら、灌漑用水中の Na⁺濃度は相対的に高く、土壌中の Na⁺濃度を低下させることが難しいためである。これまで以上に地域外への塩類の流出を促進するためには、適切な有機物の施与による Na⁺の土壌吸着性の低下と暗渠を含めた排水システムの整備が有効であると考えられる。

4. まとめ 灌漑により K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺は地域に蓄積されるが、Na⁺は流出する傾向にあることが示唆された。しかし、アルカリ化の抑制に至るほど Na⁺は除去されていないと判断される。Na⁺濃度の低下とともに、塩類集積を抑制するためには、適正な有機物施与及び排水システム構築が求められ、ソフト・ハード双方からの広域的対応を要すると考えられる。

[参考文献] 1) Chong-yu Xu *et al.*: Trend of estimated actual evapotranspiration over China during 1960–2002, *J. Geophys. Res.*, 112, D11120, 2007

2) 阿布都沙拉木 加拉力丁, 長澤徹明, 山本忠男: タリム河流域に展開する灌漑農業と地域環境-オゲン河流域シャヤ灌区の事例-, 農村計画論文集, 7, 73-78, 2005

なお、本研究は文部科学省科学研究費補助金 (No.21405031, 代表 長澤徹明) により実施した研究成果の一部であることを付記する。

Table1 Regional balance of water [mm]

| | 取水量 | 排水量 | 蒸発散量 | 降水量 | 地下浸透量 | 浸透割合 |
|-------|-------|-----|------|-----|-------|-------|
| 2007 | 1,281 | 48 | 200 | 43 | 1,076 | 81.3% |
| 2008 | 1,268 | 72 | 200 | 43 | 1,038 | 79.2% |
| 2009 | 987 | 67 | 200 | 43 | 763 | 74.1% |
| 2010 | 1,201 | 56 | 200 | 43 | 988 | 79.4% |
| 2011※ | 782 | 40 | 134 | 29 | 637 | 78.6% |

※2011年は8月までのデータ

Table2 Average water quality

| | 灌漑用水 | 排水 |
|--------------|------|--------|
| EC (基準値: 8) | 0.6 | 12.3 |
| SAR (基準値: 9) | 3.6 | 19.8 |
| Na | 70.3 | 1576.1 |
| K | 12.5 | 48.1 |
| Mg | 22.7 | 386.6 |
| Ca | 20.4 | 322.4 |

EC: (mS/cm) 陽イオン: (mg/L)

Table3 Load balance of cation [10⁸kg]

| | Na | K | Mg | Ca |
|-------|---------|--------|--------|--------|
| 2007 | 17,125 | 16,072 | 12,470 | 12,559 |
| 2008 | -37,752 | 12,968 | -1,752 | 501 |
| 2009 | -42,903 | 10,671 | -4,153 | -1,798 |
| 2010 | -5,491 | 17,360 | 7,974 | 9,085 |
| 2011※ | -10,936 | 11,080 | 3,387 | 4,410 |
| 平均* | -17,256 | 14,268 | 3,635 | 5,087 |

※2011年は8月までのデータ * 2007-2010の4年間の平均

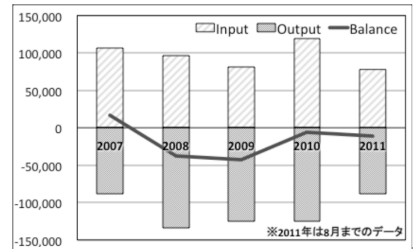


Fig2 Load balance of Na⁺ [10⁸kg]