

休耕田を利用した地下水涵養における水質変化(1)～無機イオンについて～

富山県立大学短期大学部 畑由紀・(正会員)奥川光治・村塚理恵・広瀬慎一

1. はじめに

富山県では市街地を中心に冬期における消雪用水の利用による地下水位の低下が見られるため、休耕田を利用した地下水涵養が注目されている。しかし、その水質に関しては必ずしも調査研究が進められていない。本研究の目的は、砺波市で実施している休耕田を利用した地下水涵養実験において、流入水や休耕田湛水、地下水中の栄養塩と無機塩類などの水質変化を調査し、水質形成機構を明らかにすること、ならびに地下水の水質への影響を検討することである。本稿では、おもに無機イオンに関する調査結果について報告する。

2. 方法

涵養実験は 2005 年より休耕中の砺波市柳瀬の庄川左岸沿いの水田(図 1 参照)で実施した。5 枚続きの田越し灌漑水田であり、総面積は 4430m²である。このうち上流から 2 枚目の水田で、地下浸透量の計測を行なうとともに流入水(農業用水)、休耕田湛水および地下水(観測孔)、さらに庄川河川水を採取し、水質を分析した。地下水は地下 6m 付近から揚水し、採水初期の水を捨てた後、採取した。涵養実験は 2005 年 3 月に砺波市役所により開始された。2006 年 6 月からは当研究グループにより浸透量計測を開始し、2007 年 3 月から採水・水質分析を開始した。採水・水質分析は原則として月一回実施した。現地で、水質メータにより、水温、電気伝導率(EC)、pH、溶存酸素(DO)などを測定した。また、比色法による pH も測定した。採取した水は保冷して実験室に持ち帰り、0.45 μ m メンブレンフィルターで濾過した。分析項目は濁度、全有機態炭素(TOC)、溶存性 TOC(DOC)、全窒素(TN)、溶存性 TN(DN)、全リン(TP)、溶存性 TP(DP)、溶性ケイ酸(SiO₂)、アルカリ度および主要イオン(横河 IC7000P)である。

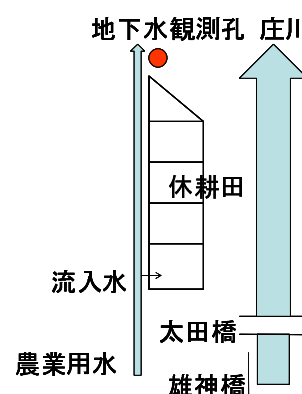


図 1 涵養実験概要図

3. 結果および考察

基礎的な水質と無機イオンの濃度を中心に、季節変化ならびに流下方向の変化について考察する。

(1)水温(図 2 参照):流入水、地下水は 3 月から 8 月にかけて水温が上昇した。休耕田は 3 月から 6 月にかけて水温が上昇し、それ以降は低下した。特に 4 月から 7 月にかけて休耕田の水温は日射の影響を受け、流入水よりも 10℃ 以上高かった。また、地下水の水温は 7 月から 10 月にかけて流入水よりも数℃高かった。8

月以降はどの地点も気温の低下と共に水温も低下し、地点どうしの水温差が小さくなった。地下水の水温は、休耕田や周辺の水田、さらに庄川の影響を受けていると考えられる。

(2)pH(図 3 参照):休耕田の pH は流入水よりも高く、アルカリ性であり、変化が大きかった。これは、藻類の光合成によるものと思われる。地下水の pH も変化が大きかったが、流入水よりも低い傾向にあった。地下水で pH が低かったのは、微生物の活動によって発生した CO₂ が地下水中に溶解したためと考えられる。地下水で pH が高くなるときは休耕田や周辺の水田の影響と思われる。

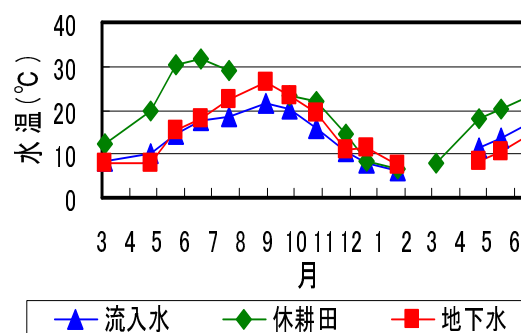


図 2 水温の季節変化[2007-8]

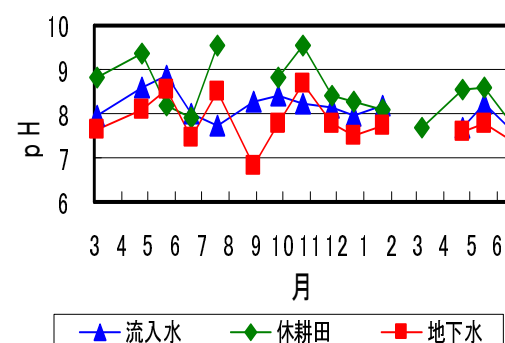


図 3 pH の季節変化[比色法, 2007-8]

(3)塩化物イオン(図4参照): Cl^- はpHが変化しても化学平衡が移動しないため、地下水の流動状況や起源の推測に利用されている。季節変化が、降水水質の影響を受けて、どの地点も夏期に低く冬期に高いことからすると、地下水の起源が庄川、農業用水、周辺の水田、休耕田のいずれであろうと観測孔までかなり早く浸透しているものと思われる。3~10月に流入水<休耕田<地下水<太田橋の順にやや高くなる傾向が認められたことからすると、近くの庄川の影響を大きく受けている可能性がある。冬期に地下水で高くなるのは灌漑が終了し、降水の直接的な浸透の影響が大きくなるためと考えられる。富山県における降水中の Cl^- 濃度は夏期には 0.01 meq L^{-1} にもならないことがあるが、冬期には $0.2 \sim 0.5 \text{ meq L}^{-1}$ に達する(富山県立大学・川上研究室および奥川研究室による)。

(4)硝酸イオン(別報(村塚ら)のIN参照):3~10月は、流入水に比べ、休耕田は $0.01 \sim 0.015 \text{ meq L}^{-1}$ 程度低下した。これは藻類による取り込みが原因と思われる。地下水では濃度が回復し、8月までは流入水と同程度であった。9月以降に変動が大きくなったのは耕起の影響の可能性があり、維持管理上、検討が必要である。庄川河川水は3地点とも流入水と同程度であった。

(5)炭酸水素イオン(図5参照):陰イオンの7割程度を占める主要イオンである。冬期を除くと、休耕田で低下する傾向にあり、藻類の光合成の影響と考えられる。地下水では変動が大きく、pH変化に伴う化学平衡の移動の影響と思われる。

(6)ナトリウムイオン(図6参照):4~9月は地下水で高くなった。土壌との接触により地下水で高くなるのは一般的に指摘されているが、3月と11月は地下水で低く、施肥など農業活動との関連の解明が必要である。地下水を除くと、 Cl^- 同様、夏期に低く冬期に高い傾向があった。これは降水水質の影響である。

(7)カルシウムイオン(図7参照):陽イオンの7割程度を占める主要イオンである。 HCO_3^- と類似の傾向を示した。 Mg^{2+} 同様、流入水と比較して休耕田で濃度が低下した。pH変化に伴う化学平衡の移動で水質が規定されていると考えられる。

4. まとめ

(1)水温の結果から判断すると、地下水は休耕田や周辺の水田、さらに庄川の影響を受けていると考えられる。(2)全地点の Cl^- と地下水を除く Na^+ では夏期に低く、冬期に高い季節変化を示した。これは降水水質の影響と思われる。 Cl^- の結果から地下水の起源が河川、水田、休耕田のいずれであろうと観測孔までかなり早く浸透しているものと考えられる。(3)流入水と比較して休耕田で濃度が低下する項目は NO_3^- 、 HCO_3^- 、 Ca^{2+} および Mg^{2+} であった。藻類による取り込みと光合成に伴うpH変化による化学平衡の移動が原因と考えられる。(4)地下水中の HCO_3^- と Ca^{2+} は類似の傾向を示した。pH変化に伴う化学平衡の移動の影響で水質が規定されていると思われる。

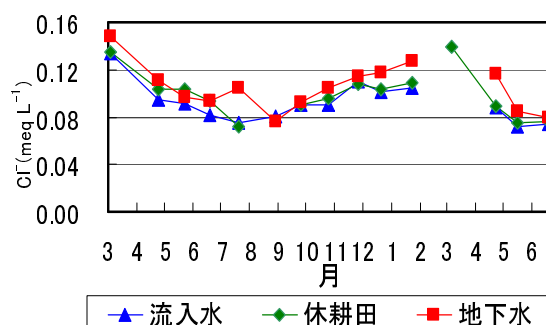


図4 塩化物イオンの季節変化[2007-8]

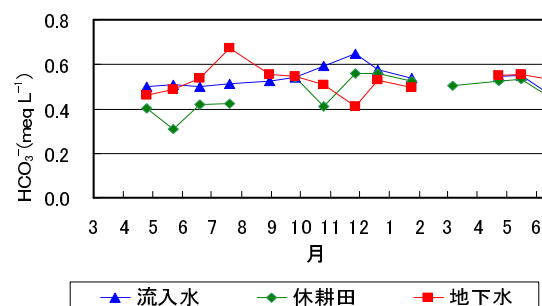


図5 炭酸水素イオンの季節変化[2007-8]

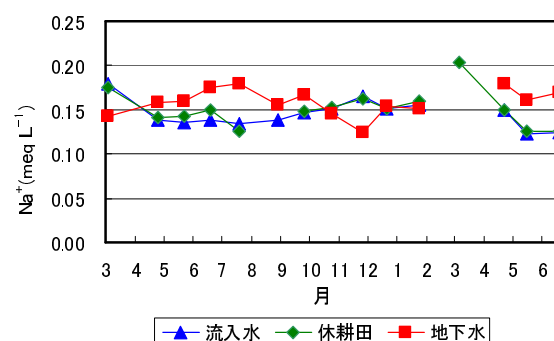


図6 ナトリウムイオンの季節変化[2007-8]

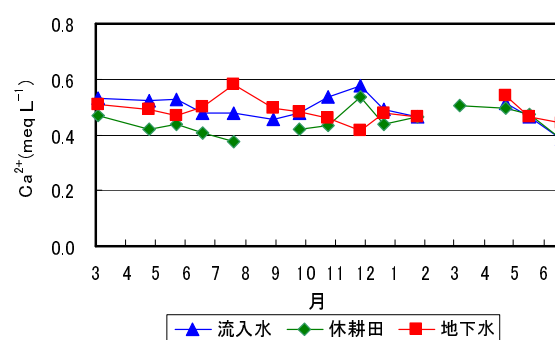


図7 カルシウムイオンの季節変化[2007-8]