

濃尾平野の地下水流動と地下の温度分布

内田 洋平¹⁾

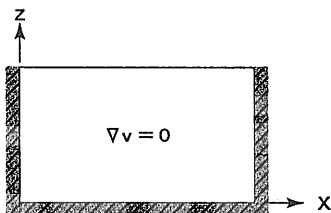
地下水は、私たち人間にとって大切な地下資源の一つで、その量は湖や川の水よりもたくさんあります。しかし、地下を流れる地下水の速度はとても遅く、1日にせいぜい数メートルほどしか流れません。このゆっくりとした地下水の流れによって、濃尾平野の地下の温度分布が形作られています。濃尾平野の地下100メートルの温度は岐阜県で14度と低く、一方、愛知県の蟹江町では20度以上になります。同じ深さなのになぜでしょうか。

1. 地下水は、どのように流れるのかな？

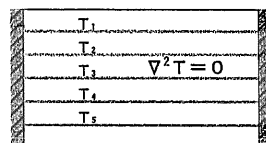
地下水は、山地や丘陵地など標高の高いところで雨水が地面へしみ込んで、ゆっくりと地下へ降りていきます。これを地下水の“涵養”といいます。また、地下水の涵養される場所を涵養域と呼びます。地下水の流れる速さは非常に遅く、1日に速くて数メートル、遅い場合は数センチしか移動するこ

とが出来ません。地下水の流れる速さは、地質によって異なります。礫や砂の場合は地層の隙間が大きいので流れやすいのですが、粘土層などは隙間が小さいために地下水は流れにくくなります。地下水は、地下深く浸透した後、水平移動を始めます。その後、上向きに流れて地表や海底に湧き出るので、これを地下水の“流出”といいます。また、地下水が流出する場所を“流出域”と呼びます。

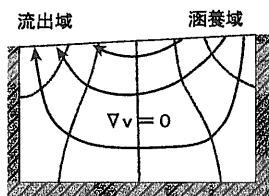
基本的には、地下水は標高の高いところで涵養されて、標高の低いところで流出します。川の流れが、高いところから低い方へ流れることと同じです。地下水の流れが川の流れと大きく違う点は、いったん地下深く降りていった水が、その後、上昇して再び地表面や海底に湧き出ることです。地下水の大きな流れを広域流動系といい、それに対して小さな流れを局地流動系、その中間を中間流動系と



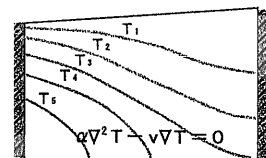
(a) 地下水の流れがない場合



(b) 地下の温度分布は平行になる



(c) 地下水の流れがある場合

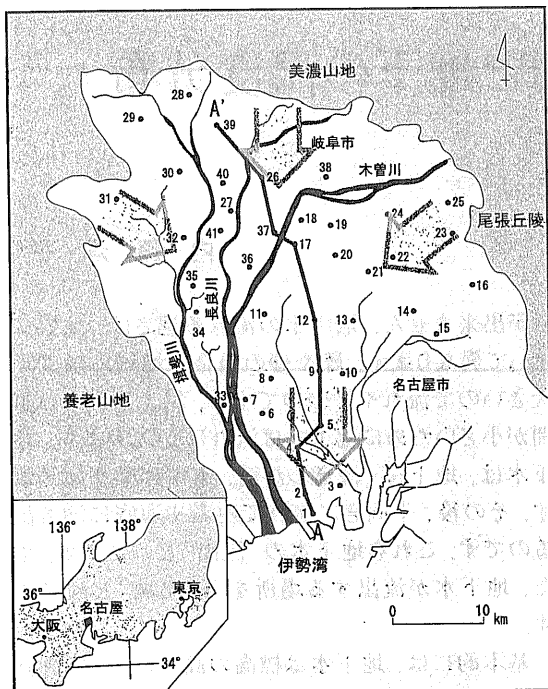


(d) 地下の温度分布が歪んでしまう

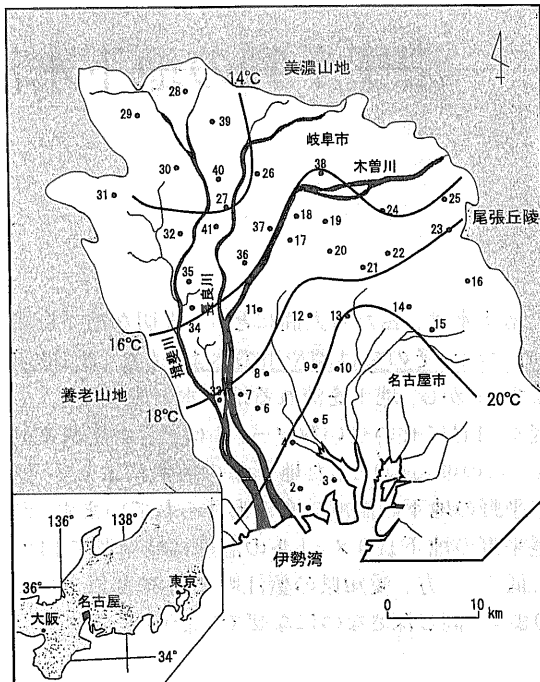
第1図
 地下水の流動と地下の温度分布の関係 (Domenico and Palciauskas, 1973に加筆).

1) 地質調査所 環境地質部

キーワード: 濃尾平野, 地下水流動, 地下水温度分布, 熱輸送



第2図 濃尾平野の観測井の分布と地下水の流動方向 (内田, 1998に加筆).



第3図 濃尾平野の地下-100メートルの温度分布 (内田, 1998; 内田・佐倉, 1999).

呼びます。濃尾平野や関東平野では、広域流動系は地下1,000メートルよりも深いところを流れていると考えられています。また、“等ポテンシャル線”とは、地形図の等高線に相当します。地下水は、ポテンシャルの高いところから低いところへ向かって流れます。

2. 地下水が熱を運ぶ!?

地下の温度は深いほど高くなり、これを“温度勾配”と言います。一般に、日本では100メートル深くなると地温は3℃上昇します。ところが、地下の温度を測定すると、場所によって温度が違うことがわかってきました。これは、地下水の流れによって、地下の温度分布が歪んでしまうためなのです。その原理を第1図に示してあります (Domenico and Palciauskas, 1973)。

第1図は、地下の断面図です。(a)は、地下水の流れが無いことを表しています。地下水の流れがないと、(b)の様に地下の温度分布は平行になります。つまり、同じ深度であれば、どの場所でも地下の温度は等しくなります。しかし、実際には地下水の流れが存在しています。(c)は、地下水の流れが

あることを表しています。この図では、右側が地下水の涵養域で、地下水は下向きに流れています。反対に、左側が地下水の流出域で、地下水は上向きに流れています。このように地下水が流れていると、地下の温度分布は(d)の様に歪んでしまうのです。右側の涵養域では、地下水が下向きに流れているために上部の低い温度を下方へ運ぶため、地下水の流れのない(b)の場合の地下温度分布と比較して、温度は低くなります。一方、図の左側の流出域では、地下水は上向きに流れているために下部の高い温度を上方へ運ぶため、地下水の流れのない(b)の場合と比較して、温度は高くなります。このように、地下水が熱を運ぶことを“地下水の熱輸送”と言います。

3. 濃尾平野の地下水はどうなっているのかな?

1993年から1994年にかけて、千葉大学理学部が濃尾平野の地下水と地下温度の測定を行いました。第2図は、測定した場所を示しています。濃尾平野には地盤沈下対策用の観測井が多く設置されており、その中から41ヶ所の地下水のポテンシャルと温度を測定しました。地下水のポテンシャルを測

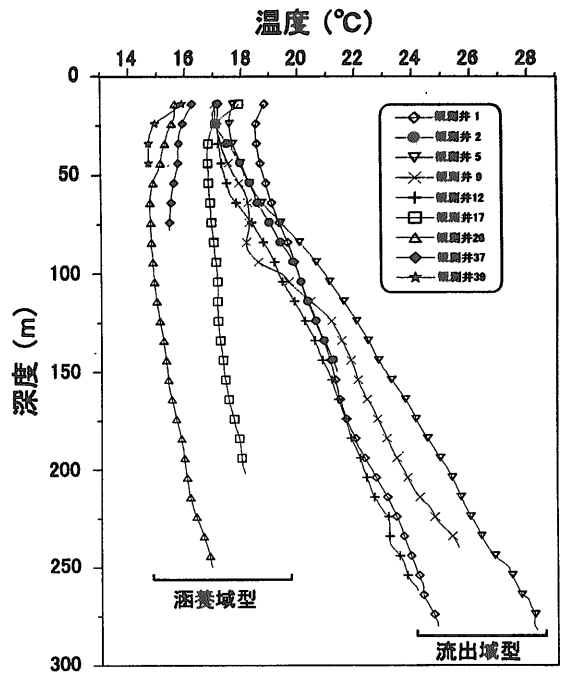
定することによって、濃尾平野の地下水の流れがわかります。濃尾平野全体では、北部周辺で地下水は涵養され、中心部に集まった後、伊勢湾方面へ流れていくと考えられています(内田, 1998)。

4. 濃尾平野の地下の温度分布

観測井は普通の井戸とは違って、水を汲み上げていません。井戸の口径も小さいため井戸内の水は全く動かず、観測井内の水の温度は、観測井周囲の地層の温度と同じになっています。したがって、観測井内の地下水温を測定するという事は、地下の温度を測定していることと同じ意味になるのです。

第3図は、濃尾平野の地下-100メートルの温度分布です(内田, 1998; 内田・佐倉, 1999)。これを見ると、場所によって地下の温度が違うということがおわかりになるでしょう。岐阜県では温度が14℃で、南へ行くに従い温度は高くなっていきます。そして、中心部から伊勢湾にかけては20℃以上になります。第4図は、A-A'断面(南北断面)に位置している観測井内の地下温度のグラフです(内田・佐倉, 1999)。観測井1から12までは、温度勾配も大きいしグラフの温度も全体的に高くなっているのに対して、観測井17から39は、温度勾配も小さく、グラフの温度も全体的に低くなっています。そして、このグラフが北の観測井から南の観測井の順番に左から右へ並んでいることに注目してください。

以上の観測結果は、濃尾平野の地下の温度分布には、地下水の流れによる“熱輸送”の影響が大きく現れていることを示しています。



第4図 A-A'断面の地下温度プロファイル(内田・佐倉, 1999)。

文 献

- Domenico, P. A. and Palciauskas, V. V. (1973): Theoretical analysis of forced convective heat transfer in regional groundwater flow. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 84: 3803-3814.
- 内田洋平 (1998): 濃尾平野における揚水の地下温度場を与える影響について. *日本水文科学会誌*, 28, 45-60.
- 内田洋平, 佐倉保夫 (1999): 濃尾平野における地下温度プロファイル. *地質調査所月報*, 50, 635-659.

UCHIDA Youhei (2000): Groundwater flow system and distribution of subsurface temperature in Nobi Plain.

< 受付: 1999年12月21日 >